

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Vztah vybraných kondičních schopností s výkonností ve vodním slalomu (kategorie C1).

Dizertační práce

Vypracoval: Mgr. Jan Busta

Vedoucí práce: doc. PhDr. Jiří Suchý, Ph.D

Konzultant: PhDr. Milan Bílý, Ph.D

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

Použité prameny a literární zdroje jsou citovány v souladu s citační normou APA-6 (6<sup>th</sup> edition).

.....

Mgr. Jan Busta, Praha 2019

## **Osobní poděkování**

Tímto děkuji svému školiteli, doc. PhDr. Jiřímu Suchému, Ph.D, za podporu a odborné vedení nejen při vytváření dizertační práce, ale i v průběhu celého doktorského studia. Stejnou měrou děkuji také svému konzultantovi PhDr. Milanu Bílému, Ph.D., na jehož dlouhodobou práci v oblasti výzkumu kanoistiky se snažím navázat tak, aby zůstala zachována dlouhodobá kontinuita oboru.

Poděkování patří také Mgr. Lence Kovářové, Ph.D, MBA, a celé řadě dalších akademických pracovníků za nepostradatelnou pomoc při sběru dat a odborné konzultace při vytváření výsledkové části práce. Děkuji také trenérům a pomocníkům, kteří se dobrovolně podíleli na organizaci výzkumu.

Práce by se neuskutečnila bez osobního nasazení 18 výkonnostních českých singlekanoistů, kteří se zúčastnili rozsáhlého kondičního testování jen 5 týdnů před nominačními závody na Olympijské hry. I jim za to samozřejmě patří velké poděkování.

Nakonec bych rád poděkoval manželce Adéle a dceři Emmě za klid a časový prostor, který mi pro napsání práce poskytly.

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

Jméno a příjmení	Adresa	Číslo OP	Datum výpůjčky

## Abstrakt

Cílem práce bylo identifikovat vztah vybraných kondičních schopností s výkonností prokázanou v nominačních závodech do reprezentačního družstva České republiky a na Olympijské hry 2016. Zároveň bylo naším záměrem zjistit optimální úroveň kondičních předpokladů pro vrcholovou výkonnost a na jejím základě definovat modelového singlkanoistu. Z hlediska úrovně kondičních předpokladů jsme zjišťovali také rozdíly mezi seniorským a juniorským reprezentačním družstvem.

Výzkumný soubor ( $n=17$ ) nejvyšší české soutěže (Českého poháru) byl 5 týdnů před nominačními závody podroben baterii testů zjišťující úroveň kondičních schopností - tedy silových, vytrvalostních a částečně i rychlostních předpokladů. Podrobně byly měřeny také antropometrické parametry probandů – stavba a složení těla. Výsledné hodnoty ukazatelů byly následně korelovány s výkonností v nominačních závodech. U ukazatelů, v jejichž případě byly zjištěny signifikantní a alespoň středně silné korelace, byla zjišťována také možnost výkonnostní predikce.

Nejvyšší korelace s výkonností byly zjištěny v případě sprintů na rovné vodě na vzdálenost 40m s 1 otočkou v přesahu ( $r_s=0,86$ ) a 200m se 4 otočkami ( $r_s=0,795$ ). Středně silně s výkonností koreloval také sprint na 20m ( $r_s=0,65$ ), 40m s otočkou na ruku ( $r_s=0,62$ ) a 80m sprint se 2 otočkami ( $r_s=0,58$ ). Domníváme se, že výsledky v testech na vodě jsou jedinými ukazateli, na jejichž základě lze přijatelným způsobem predikovat výkonost v nominačních závodech. Nejvyšší hodnota koeficientu determinace i nejnižší směrodatná chyba odhadu ( $R^2=0,78$ ;  $SEE=2,75$ ) byla zjištěna zahrnutím dvou 40m sprintů a 200m sprintu do vícenásobné lineární regrese. U kondičních ukazatelů nižší míry specificity byly korelační vztahy zjištěny pouze v případě silových a rychlostně-silových předpokladů. Z hlediska stavby těla byly středně silné korelace zjištěny u ukazatelů tělesného tuku.

Významné rozdíly mezi reprezentačním družstvem seniorů (RDS;  $n=3$ ) a reprezentačním družstvem juniorů (RDJ;  $n=3$ ) byly zjištěny především v úrovni silových a rychlostně-silových předpokladů a také u antropometrických parametrů, jež silové předpoklady částečně determinují.

Na základě zjištěné úrovně kondičních schopností RDS a detekovaných rozdílů mezi RDS a RDJ byla stanovena optimální úroveň těchto schopností a model elitního singlekanoisty. Toho lze charakterizovat jako sportovce průměrné tělesné výšky i hmotnosti,

s minimálním množstvím tělesného tuku a specifickou hypertrofií horních končetin i trupu, ovšem za současné minimalizace hypertrofie dolních končetin. Jeho svalová hmota se zároveň vyznačuje velmi vysokou kvalitou, o čemž svědčí velmi nízké hodnoty indexu extracelulární a intracelulární hmoty (parametru ECM/BCM). Modelový singlekanoista vyniká silovými, rychlostně-silovými a anaerobně vytrvalostními předpoklady. Aerobně vytrvalostní předpoklady jsou v porovnání s méně úspěšnými nereprezentačními závodníky na průměrné či mírně nadprůměrné úrovni. Po dosažení limitní úrovně aerobních vytrvalostních schopností lze trenérům juniorských i seniorských závodníků doporučit zaměření na oblast silových, silově-rychlostních a anaerobně vytrvalostních schopností a to především v podobě vykazující vyšší míru pohybové specifity.

**Klíčová slova:** C1, vodní slalom, kanoe, kanoistika, kondice, vrcholový sport.

## Abstract

The aim of the study was to identify the relationship between selected fitness skills and the performance demonstrated in nomination races (NR) to the Czech Republic national team (NT) and for the Olympic Games. At the same time, we wanted to determine the optimal level of conditioning assumptions and define a model single-canoe sportsman. We were also searching to determine the differences between Senior NT and Junior NT.

The research sample ( $n=17$ ) of the Czech highest competitions series (Czech Cup) participated in testing to determine level of strength, endurance and partly speed assumptions. There were also measured anthropometric parameters (body dimensions and composition) in detail. Testing took place only 5 weeks before NR. The condition indicators were subsequently correlated with the NR performance. For indicators for which significant and at least moderate correlation were found, the possibility of performance prediction was also found.

The highest correlations with performance were found in case of on-water sprints: 20m ( $r_s=0,65$ ), 40m ( $r_s=0,86$ , resp.  $r_s=0,62$ ), 80m ( $r_s=0,58$ ) and 200m ( $r_s=0,795$ ). The on-water sprints are the only indicators, which could be possibly used for the NR performance prediction. In multiple regression of the 2 40m and 1 200m sprints was found high determination coefficient ( $R^2=0,78$ ) and acceptable low standard error of estimation (SEE=2,75). For the conditional indicators of lower specificity, correlation relationships were found only in case of the strength and speed-strength assumptions. In terms of anthropometric parameters, significant correlations were found just with body fat indicators.

Significant differences between Senior NT and Junior NT were found in the level of strength and strength-speed assumptions, as well as in anthropometric parameters that partially determine these assumptions.

Based on the level of fitness skills of the Senior NT and the detected differences between Senior NT and Junior NT, the optimal level of these skills and the model of elite C1 paddler were determined. The model of elite C1 paddler can be characterized as an athlete of average body weight and height, with minimal body fat and the specific hypertrophy of the upper limbs and chest, but with the minimalization of the lower limb hypertrophy. Muscle mass of the model C1 paddler is also characterized by very high quality (index ECM/BCM) and excellence in the strength, speed-strength and anaerobic endurance assumptions. Aerobic

endurance skills are average or slightly above average compared to other less successful competitors. Upon reaching peak aerobic capability, coaches of the senior and junior competitors should focus on strength, speed-strength and anaerobic endurance capabilities, especially in the form of a higher degree of motor specificity.

**Key words:** C1, canoe slalom, canoeing, kayaking, condition, high performance sport.



## Obsah

1. Úvod.....	12
2. Teoretická východiska .....	18
2.1. Pojetí struktury sportovního výkonu .....	18
2.2. Zkoumání struktury sportovního výkonu .....	19
2.2.1. Diagnostika sportovního výkonu .....	20
2.2.2. Prioritizace .....	23
2.3. Faktory sportovního výkonu ve vodním slalomu .....	24
2.3.1. Somatické faktory .....	24
2.3.2. Kondiční faktory .....	32
2.3.3. Faktory techniky a taktiky .....	61
2.3.4. Psychické faktory .....	64
3. Cíle práce, výzkumné otázky .....	68
3.1. Cíle práce .....	68
3.2. Výzkumné otázky .....	68
4. Metodika .....	69
4.1. Výzkumný soubor.....	69
4.2. Sběr dat.....	70
4.2.1. Výsledky v nominačních závodech.....	70
4.2.2. Předzávodní testování probandů .....	71
4.2.2.5. Wingate test trupu a horních končetin .....	80
4.2.2.6. Spiroergometrie: stupňovaný zátěžový test při běhu na páse.....	82
4.2.2.7. Sprinty na klidné vodě .....	85
4.2.2.8. Spiroergometrie: Stupňovaný test při jízdě na kanoi.....	87
4.3. Analýza dat .....	91
4.3.1. Popisná statistika .....	91
4.3.2. Explorativní statistika.....	91
4.3.3. Posouzení normality dat .....	93
5. Výsledky .....	94
5.1. Sprinty na klidné vodě na vzdálenost 20m.....	94
5.2. Sprinty na klidné vodě na vzdálenost 40m.....	95
5.2.1. Rozdíly mezi RDS a RDJ u krátkých sprintů (20m, 40m).....	98

5.2.2.	Vítězové nominace .....	99
5.3.	Sprinty na klidné vodě na vzdálenost 80 a 200m .....	100
5.3.1.	Rozdíly mezi RDJ a RDS u sprintů na 80m a 200m .....	102
5.3.2.	Vítězové nominace .....	103
5.3.3.	Predikce nominačního pořadí na základě testování na vodě .....	104
5.4.	Výsledky testování silových schopností .....	105
5.4.1.	Rozdíly mezi RDS a RDJ .....	110
5.4.2.	Vítězové nominace .....	111
5.5.	Anaerobní výkon a rychlostně – silové předpoklady: Wingate test .....	112
5.5.1.	Rozdíly mezi RDS a RDJ .....	115
5.5.2.	Vítězové nominace .....	116
5.6.	Antropometrické parametry .....	118
5.6.1.	Rozdíly mezi RDS a RDJ .....	123
5.6.2.	Vítězové nominace .....	125
5.6.3.	Somatografie .....	127
5.7.	Tělesné složení: výsledky bioimpedanční analýzy .....	129
5.7.1.	Rozdíly mezi RDS a RDJ .....	131
5.7.2.	Vítězové nominace .....	133
5.8.	Aerobní výkon a vytrvalostní schopnosti: spiroergometrická vyšetření .....	134
5.8.1.	Porovnání RDS a RDJ .....	137
5.8.2.	Vítězové nominace .....	138
6.	Diskuse .....	140
6.1.	Výzkumný soubor, personální zajištění výzkumu .....	140
6.2.	Antropometrické parametry .....	141
6.2.1.	Tělesná výška, hmotnost a somatotyp .....	141
6.2.2.	Rozpětí paží .....	143
6.2.3.	Diference mezi výkonnostními skupinami .....	144
6.2.4.	Vztahy vybraných parametrů s výkonností .....	146
6.3.	Silové schopnosti .....	146
6.3.1.	Bench-press a bench-pull .....	147
6.3.2.	Maximální stisk ruky (hand grip) .....	148
6.3.3.	Testování silové vytrvalosti .....	149
6.4.	Anaerobní výkon a rychlostně-silové předpoklady: Wingate test .....	150

6.5.	Sprinty na klidné vodě .....	152
6.6.	Tělesné složení .....	154
6.6.1.	Tělesný tuk .....	155
6.6.2.	Parametr ECM/BCM.....	156
6.7.	Aerobní výkon a vytrvalostní předpoklady .....	157
6.7.1.	Testování při komplexním pohybu .....	158
6.7.2.	Testování při jízdě na vodě nebo při zatížení horních končetin.....	158
6.7.3.	Vztah spotřeby kyslíku s výkonností v závodech .....	159
6.8.	Limity výzkumu .....	161
7.	Závěry .....	163
	Přílohy .....	170
	Příloha I: Vyjádření etické komise .....	170
	Příloha II: Zvací a vysvětlující dopis.....	171
	Příloha III: Detailní časový harmonogram výzkumu .....	173
	Příloha IV: Formulář pro zápis maximální síly .....	177
	Příloha V: Formulář pro zápis antropometrických parametrů.....	178
	Příloha VI: Formulář pro zápis ruční dynamometrie.....	179
	Příloha VII: Formulář pro zápis časů na vodě .....	180
	Příloha VIII: Seznam tabulek .....	181
	Příloha IX: Seznam obrázků.....	183
	Příloha X: Seznam grafů.....	183
	Příloha XI: Seznam somatografů.....	184
	Příloha XII: Seznam zkratek.....	185
	Referenční seznam .....	187

## 1. Úvod

Soutěžní výkon v současném vodním slalomu je determinován řadou vzájemně úzce souvisejících faktorů. Trenéři i závodníci se všeobecně shodují, že nejvýznamnějším faktorem je technika, resp. koordinačně–technické předpoklady. Společně proto usilují o zdokonalování techniky po celou dobu kariéry sportovce. Závodí se totiž na různých přírodních i umělých slalomových drahách, které se vzájemně odlišují stupněm obtížnosti a charakterem vodního prostředí. Obtížnost i charakter jsou přitom dány spádem vodního koryta, průtokem, rozestavením překážek, proměnlivostí vodního prostředí a jeho nestálostí, tzv. pulzací (Pollert et al., 2015). Na takové dráze může být v mezích pravidel konfigurováno prakticky nekonečné množství originálních brankových kombinací. Řada brankových kombinací poskytuje možnost volby individuálně–optimálního způsobu řešení průjezdu. Navíc se závodí v přirozených podmínkách vnějšího prostředí, což vede k nutnosti vyrovnat se například s různými povětrnostními podmínkami.

Závodníci se proto soustředěně připravují tak, aby dokázali v co nejkratším čase absolvovat úspěšně téměř jakoukoliv trať. Z výše uvedeného vyplývá, že závodníkům ve vodním slalomu nestačí naučit se jediný vhodný, biomechanicky opodstatněný, lokomoční vzorec a ten pouze v maximální možné míře stabilizovat. Musejí naopak ovládat účelnou techniku desítek vzájemně propojených pohybových dovedností. Na vrcholové úrovni je vyžadována značná lokomoční plasticita, tedy schopnost variabilním způsobem upravovat techniku jízdy v závislosti na aktuální konfiguraci branek i vodního prostředí. V neposlední řadě potřebují závodníci dokázat rychle a správně reagovat na nečekané změny vyvolané například již zmíněnou pulzací. Elitní závodníci vynikají schopností tvůrčím způsobem efektivně spojovat relativně samostatné pohybové dovednosti do vysoce efektivních, vnější situaci dokonale přizpůsobených, celků (Kratochvíl & Bílý, 1996).

Špičkových výkonů nelze dosáhnout pouze zdokonalováním techniky. Ta je totiž přímo ovlivněna, částečně dokonce podmíněna, odpovídající úrovní silových, rychlostních a vytrvalostních schopností (Bílý, 2012). Například bez určité silové úrovně nelze udržet správnou polohu trupu při pádlování či provádět specifické záběrové pohyby o dostatečné propulzní energii nutné nejen k dosahování maximálních rychlostí lokomoce, ale i k překonávání silných proudů, rozhraní apod. Efektivní a rychlý pohyb v členitém vodním terénu rychle tekoucího proudu není možný bez dostatečně rozvinutých silových schopností. Upozornění na dostatečnou úroveň především silových schopností bývají trenéry obzvlášť

akcentována v případě lodní kategorie single-canoe (C1). K ovládní tohoto typu lodě, ve které závodník klečí, je používáno pádlo s jedním listem. K dosažení plynulé jízdy je přitom nutné, aby závodníci ovládali tzv. záběr „v přesahu“ (známý také jako záběr „na přehmat“ či „přesruku“), který zvláště v některých situacích vyžaduje vysokou úroveň silové připravenosti. Závodění na velmi obtížných tratích bez odpovídající silové připravenosti lze považovat dokonce za nebezpečné, protože jsou to právě silové schopnosti, které umožňují závodníkovi zachránit se z řady vznikajících problematických situací. Bez dostatečné úrovně vytrvalostních schopností by na trati o délce přibližně 100 sekund mohlo předčasné vyčerpání vést nejen k časovým ztrátám v závěrečných pasážích trati, ale i k závažným problémům jakými jsou zranění. Nízká úroveň vytrvalostních schopností je zároveň limitující pro déletrvající tréninky techniky i speciální rychlostní vytrvalosti (Bílý, 2002). Dopady nedostatečné úrovně rychlostních schopností ve vrcholovém sportu, ve kterém je úspěšný výkon definován co možná nejkratším časem, považujeme za logické.

Ve vodním slalomu, či kanoistice obecně, uvažujeme o silových, rychlostních a vytrvalostních schopnostech často ve vzájemné souvislosti (např. Bílý, 2012; Folgar, Cárceles & Mangas, 2015). Do jisté míry může vyšší úroveň kondičních předpokladů kompenzovat i horší techniku. Každopádně ale všichni závodníci, kteří chtějí ve vrcholovém vodním slalomu uspět, musejí mít kondiční předpoklady rozvinuté minimálně na určitou – tzv. limitující úroveň. Otázkou zůstává, jaká přesně tato úroveň je? Jak musí být závodník silný, rychlý a vytrvalý k tomu, aby mohl aspirovat na zařazení do reprezentačního družstva České republiky (ČR) a v rámci tohoto družstva se pak účastnit mistrovství Evropy, světa nebo dokonce olympijských her? Existují mezi kondičními schopnostmi závodníků a výkony či výkonností v závodech nějaké kvantifikovatelné vztahy? Jsou některé schopnosti pro výkon významnější? Jak se z hlediska kondice od sebe odlišují závodníci zařazení do reprezentačního družstva seniorů a družstva juniorů? Jsou kondičně nejlépe připravení jedinci zároveň i nejúspěšnější v závodech? Lze stanovit určitou optimální (cílovou) úroveň kondičních předpokladů? Je možné z hlediska kondičních a somatických faktorů definovat optimálního vodního slalomáře, resp. singlkanoistu? Odpovědi na některé z uvedených otázek jsme chtěli nalézt předkládaným výzkumem.

Odpovědi na výše uvedené otázky chybějí ve vodním slalomu obecně. Stále se jedná o relativně novou, menšinovou a vědecky pouze málo zkoumanou sportovní disciplínu, a to zvláště v případě kategorie C1. Provedené výzkumy se totiž obvykle týkají spíše kategorie kajakářské (K1).

Výrazně větší počet vědeckých studií byl publikován v případě rychlostní kanoistiky. Jelikož se jedná o sporty příbuzné, vycházející ze společné historie a podobných fyziologických nároků, čerpáme, s určitým přihlédnutím k logicky patrným odlišnostem, z těchto studií ve slalomu chybějící poznatky. Také v případě rychlostní kanoistiky se ovšem studie soustředí bohužel spíše na kategorii K1.

Vodní slalom byl trvale do programu Olympijských her (OH) zařazen teprve v roce 1992 (Kössl a kol., 2013). OH jsou od té doby ve vodním slalomu nejvýše postavenou soutěží. Pro sportovce, trenéry, odbornou i laickou veřejnost převyšují svou prestiží Mistrovství světa i přesto, že se zde nesejde kompletní špičková světová konkurence. Je tomu tak v důsledku omezení daných Mezinárodním olympijským výborem (MOV), která dávají národním federacím možnost nominovat v dané kategorii pouze jediného závodníka ([www.olympic.org](http://www.olympic.org); ICF, 2018). Nominace v tradičních slalomářských zemích, mezi které patří i Česká republika (ČR), tak bývají neúprosné a sportovci jsou na ně zpravidla velice dobře připraveni.

Každá národní federace má možnost stanovit si vlastní nominační kritéria. Český svaz kanoistů (ČSK) zvolil pro olympijskou sezónu 2016 dlouhodobě prověřený objektivní postup 4 samostatných nominačních závodů (NZ) konaných ve dvou po sobě následujících dubnových víkendech. Celkové nominační pořadí bylo stanoveno na základě olympijského bodového hodnocení 3 ze 4 závodů, resp. soutěžních výkonů. Při bodové shodě rozhodoval o výsledném pořadí vzájemný poměr vítězství a porážek nebo, v případě shodného poměru, procentuální rozestupy od vítěze ([www.kanoe.cz](http://www.kanoe.cz); Pultera, 2016).

Již jsme naznačili, že zařazení do olympijského družstva a možnost bojovat na OH o medaile je všeobecně považováno za vysoce prestižní a tedy silně motivující. Závodníci se proto na nominaci dlouhodobě pečlivě připravují a lze usuzovat, že se při ní představí v daném okamžiku v individuálně vrcholné formě. Z tohoto pohledu je velmi cenné, že veškeré výzkumné testy sloužící pro sběr dat byly uskutečněny přesně 5 týdnů před prvním NZ. Tedy na přelomu předzávodního a závodního období ročního tréninkového cyklu. Tedy v období, kdy se sportovci snažili o dosažení maximální sportovní formy.

Testování výzkumného souboru 17 vrcholových a výkonnostních singlkanoistů nebylo organizačně jednoduché, proto se na něm podílelo mnoho odborných, vědeckých a speciálně školených pracovníků. Náročnější ovšem bylo rozsáhlý soubor sportovců pro výzkum získat. Sportovci se oprávněně obávali narušení tréninkové přípravy. Aby se výzkumu zúčastnili, bylo zapotřebí pečlivě naplánovat celou jeho organizaci. Tedy nejen samotné testy, jejich

průběh a časovou posloupnost, ale i dopravu lodí a osob nebo stravování. Fyzické testování ke zjištění úrovně komplexu silových, rychlostních a vytrvalostních schopností, kterému byli sportovci pod odborným dohledem podrobováni celkem ve třech dnech, nesmělo způsobit žádné dlouhodoběji přetrvávající přetížení. Zároveň muselo být časově maximálně efektivní tak, aby sportovci měli čas pro vlastní redukováný trénink i odpočinek. Testovaným osobám byly opakovaně vysvětlovány záměry, metody i racionální opodstatnění práce. I přesto by se podobným způsobem nadstandardní výzkumný soubor pravděpodobně nepodařilo zajistit bez dlouhodobých osobních kontaktů, přátelských či trenérských vazeb.

Věříme, že nejen námi předkládané výsledky a závěry, ale i jim předcházející literární rešerše aktuálního stavu vědeckého poznání ve vodním slalomu, a částečně i kanoistice obecně, může v praxi přispět k lepšímu rozhodování trenérů o cílech a obsazích tréninkového procesu. Pokud trenér zná cílový stav kondičních předpokladů nutných pro vrcholovou úroveň, může se v tréninku vhodnějším způsobem zaměřit na konkrétní úkoly. Může lépe identifikovat silné a slabé stránky svých svěřenců. Znalost vztahu jednotlivých ukazatelů trénovanosti s výkonností naznačuje, co je pro úspěch v závodech důležitější a co naopak méně. Na základě toho jsme schopni s větší určitostí říct, které faktory v tréninku prioritizovat. Princip prioritizace nabývá smyslu především v multifaktoriálních sportovních disciplínách jako je vodní slalom. Trenéři i sportovci mohou bez znalosti prioritizace lehce ztrácet drahocenný tréninkový čas v malicherném ovlivňování maličností nebo v nadměrném rozvíjení již dostatečně rozvinutých faktorů.

Česká škola vodního slalomu je celosvětově uznávaná. Naši sportovci pravidelně přivážejí medaile z nejprestižnějších světových akcí. V současné době se nám daří především ve věkově omezených kategoriích ([www.canoeicf.com](http://www.canoeicf.com)). Pokud ale chceme i v budoucnu nadále patřit mezi elitu, je nutné správně rozpoznat nastupující vývojové trendy sportovní disciplíny a uzpůsobovat podle nich přípravu. Jedním ze směrů vývoje posledních dvou desetiletí je zkracování délky tratí. Zatímco v Atlantě roku 1996 měřila vítězná jízda Slováka Michala Martikána 151,03 sekund, o dvacet let později zvítězil v brazilském Rio de Janeiru Francouz Gargaud Chanut Denis časem 95,02 sekund ([www.sportscene.tv](http://www.sportscene.tv)). K na první pohled viditelným změnám výkonu ve vodním slalomu přispěly také úpravy pravidel. Konkrétně především možnost zkrácení lodí ze 4 na 3,5 metru v roce 2005 (ICF, 2017). Tato změna přispěla k výrazně vyšší točivosti a obratnosti lodí. Lodě se navíc, nejen v souvislosti se změnou pravidel, v posledních letech velmi intenzivně vyvíjely – jejich tvar se neustále zdokonaloval tak, aby loď měla co možná nejvýhodnější vlastnosti v točení, jízdě dopředu,

jízdě ve vlnách apod. Zlepšená obratnost lodí vedla následně k vytyčování obtížnějších brankových kombinací. Nastupujícím trendem je nynější zužování singlkanoií tak, že tvarem připomínají spíše kajaky. Od roku 2009 navíc přestal o výsledku v závodě rozhodovat součet semifinálové a finálové jízdy. Dnes rozhoduje o úspěchu či neúspěchu pouze jedna jediná finálová jízda (ICF, 2017). Trenéři i sportovci, kteří dobře zažili časy před zmíněnými úpravami i po nich, zmiňují, že to vše přispělo k vyrovnání konkurence. Vyrovnaná a stále se rozšiřující konkurence jedinců schopných dosáhnout na medaili vede následně k akceptaci vyšší míry rizika, extrémnějším a těsnějším průjezdům, zkracování dráhy. Tedy k celkově vyšší agresivitě, což je atribut spojovaný snad ve všech sportech se silově-rychlostními schopnostmi. Naší pracovní hypotézou proto bylo, že právě silové a rychlostní schopnosti mají pro výkon v současném vodním slalomu vyšší význam než schopnosti vytrvalostní.

Olympijské heslo „*Citius, Altius, Fortius*“ platí ve vodním slalomu stejně jako například v hokeji. I v něm se výkonnostní úroveň sportovců zvyšuje každým rokem. Čeští hokejisté hrající v NHL pro média uvádějí, že „*tamní hokej je stále rychlejší a dokonalejší*“ (Zbyněk Michálek pro ČTK, [www.ceskenoviny.cz](http://www.ceskenoviny.cz)), a že nesmírně vysoká konkurence dovolí setrávat pouze talentovaným hráčům, kteří své „*schopnosti a dovednosti zvyšují až na pokraj svých možností*“ (Martin Erat pro MF Dnes, [www.hokej.idnes.cz](http://www.hokej.idnes.cz)). Podobně, ovšem v důsledku početně významně nižší konkurence možná méně progresivním způsobem, se vyvíjí i vodní slalom. Můžeme také očekávat zvyšování schopností a dovedností až na pokraj svých možností? Nepochybně ano a výsledky předkládaného výzkumu mohou napovědět, jakým směrem efektivně zaměřit omezenou energii, čas i finanční prostředky. Věříme, že klíčem k úspěchu je racionalizace a precizace tréninkového procesu. Právě díky těmto aspektům tréninku se může vodní slalom nadále vyhýbat dopingovým skandálům, které v olympijském roce 2016 dle Endicotta (2016) nechvalně zasáhly do dění v rychlostní kanoistice.

Výzkumná práce byla podpořena z grantu Progres Q41 (Biologické aspekty zkoumání lidského pohybu) a Specifického vysokoškolského výzkumu (SVV 260466, SVV 260346). Veškerá přístrojová zařízení nutná pro výzkum byla poskytnuta laboratořemi UK FTVS.

Níže uvádíme chronologicky seřazené publikační výstupy výzkumně spjaté s předkládanou dizertační prací:

1. Busta, J., Suchý, J. & Bílý, M. (2016). Vztah vybraných kondičních schopností s výkonností ve vodním slalomu (kategorie C1). *Sborník příspěvků z mezinárodní studentské vědecké konference Scientia Movens*, 8-13.



2. Busta, J. & Suchý, J. (2016). Comparison of anthropometric parameters and strength qualifications of junior and senior representatives of the Czech republic in white-water slalom (category C1). *Slovak Journal of Sport Science*, 1(2): 43–52.
3. Busta, J., Kinkorová, I., Tufano, J. J., Bílý, M. & Suchý, J. (2018). Anthropometric and somatotype differences between C1 paddlers who were and were not selected for the Czech national team. *Acta Universitatis Carolinae Kinanthropologica*, 54(1): 53 – 61.
4. Busta, J., Tufano, J. J., Suchý, J. & Bílý, M. (2018). Anthropometric, physiological and performance profiles of Elite and Sub-Elite Canoe Slalom Athletes. *Journal of Outdoor Activities*, 12(1): 9 – 17.

## 2. Teoretická východiska

V teoretických východiscích se zabýváme pojetím struktury sportovního výkonu a problematikou jejího zkoumání se zvláštním zaměřením na oblast kondičních a jim částečně předcházejících somatických faktorů. Podrobně proto rozebíráme aktuální pojetí kondičních schopností a jejich testování, ve stručnosti zachycujeme i jejich anatomické a fyziologické determinanty. Snažíme se postupovat vždy od všeobecně přijímané teoretické koncepce k specifickým vodního slalomu.

Již v úvodu jsme se zmiňovali o literární rešerši, která by měla zprostředkovat aktuální vědecké poznání v oblasti vodního slalomu a částečně i kanoistiky obecně. Usilovali jsme především o zařazení impaktovaných vědeckých článků. Prostřednictvím expertně vybraných klíčových slov („*canoe slalom*“, „*white-water*“, „*canoe*“, „*kayak*“) jsme systematicky v letech 2016 a 2017 prohledávali elektronické vědecké databáze Web of Science, Scopus, EbscoHost, PubMed a SportDiscuss. Na základě referenčních seznamů těchto článků jsme dohledávali případně další, převážně zahraniční, relevantní zdroje. Účelně jsou doplněny také recenzované vědecké články převážně českého původu, monografie, knihy a učební texty.

### 2.1. Pojetí struktury sportovního výkonu

Podle Dovalila a kol. (2008) je sportovní výkon obecně obvykle chápán jako průběh i výsledek činnosti v daném sportovním odvětví či disciplíně a reprezentuje aktuální možnosti sportovce. Úroveň výkonů jakožto výsledek činnosti se hodnotí způsobem, který je v souladu s pravidly příslušné specializace a snaha po dosažení maximálních výkonů je charakteristickým rysem výkonnostního a zejména vrcholového sportu. Rozlišovány jsou přitom výkony relativně maximální a absolutně maximální. Za relativně maximální považujeme v souladu s Dovalilem a kol. (2008) takové výkony, které jsou nejvyšší vzhledem k možnostem a schopnostem jedince. Za absolutně maximální výkony považujeme různé rekordy. Podle typu sportovních činností je dále nutné rozlišovat individuální a týmové sportovní výkony. Týmový výkon je sice také založen na výkonech jednotlivců, ale jeho výsledná úroveň je dána především kvalitou vztahů uvnitř skupiny a koordinací činností, včetně toho, jak jednotlivci dokáží podřídit svůj výkon výkonu celku. Podle Dovalila a kol. (2008) se ve sportovním výkonu vždy odráží vliv dědičnosti, sociálního prostředí a

tréninkového procesu. Těmto vlivům přitom nelze přisuzovat jednoznačný podíl, protože se vzájemně podmiňují a doplňují.

Ve vodním slalomu se setkáváme převážně s výkony individuálními a relativně maximálními. Vzhledem k značně proměnlivým podmínkám soutěží se s výkony absolutně maximálními v podobě rekordů setkat nelze. V rámci závodu hlídek, ve kterém společně závodí tři závodníci daného oddílu nebo státu s cílem projet společně co nejrychleji vytyčenou trati, se setkáváme s výkonem týmovým (ICF, 2017). Závod hlídek bohužel není na programu Olympijských her, vždy se ale objevuje v programu mistrovství světa a mistrovství Evropy a nepravidelně také ve Světových pohárech. V rámci závodů Světového poháru ovšem sílí snaha o jejich nahrazování jinými, novými a alternativními způsoby závodění, které by potenciálně mohli vést k vyšší divácké atraktivnosti vodního slalomu. Tak se v posledních letech můžeme setkat například s novou disciplínou kayak–cross.

Obsah sportovních výkonů je v jednotlivých sportech velice proměnlivý, což vyplývá z různorodosti jejich úkolů. Tento obsah je bezprostředně určen i souborem požadavků, které daný sportovní výkon klade na člověka a který nazýváme strukturou sportovního výkonu. Jedná se o komplex faktorů somatických, kondičních, faktorů techniky a taktiky a faktorů psychických. Právě ze struktury tohoto obsahu se odvíjí zaměření tréninkového procesu v daném sportu. Pro potřeby účinného tréninku má správné pochopení všech komponent výkonu mimořádný význam a proto se zkoumá, co je jeho podstatou, proč dochází k jeho změnám, co má být obsahem tréninku a jak postupovat. Jedná se přitom o složitý proces získávání, integrace a transformace empirických a vědeckých informací. Značnou důležitost zde hraje také predikce výkonu a kvalifikovaný odhad jeho struktury v budoucnu s cílem včas zachytit daný vývojový trend a díky tomu zůstat konkurenceschopný. (Dovalil a kol., 2008)

Vodní slalom řadíme mezi individuální a z hlediska výkonové struktury multifaktoriální sportovní disciplíny (Bílý, 2012).

## **2.2. Zkoumání struktury sportovního výkonu**

Zkoumání komponent (faktorů) struktury sportovního výkonu je samotnou podstatou vědy o sportu, jejíž úloha bývá spatřována v hledání nových cest ke zlepšování výkonů a překonávání dosud platných hranic lidské výkonnosti. Získat potřebné znalosti o sportovních výkonech a jejich faktorech znamená nejen vyhledávat a shromažďovat četné dílčí (empirické i vědecké) informace, ale také tyto informace následně integrovat do souvislostí a

transformovat je do didaktické roviny pro účely sportovního tréninku (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010; Dovalil a kol., 2008).

Hovoříme-li o získávání a shromažďování dílčích vědeckých poznatků, hovoříme o tzv. tréninkově–vědecké diagnostice sportovního výkonu. V případě, že chceme tyto poznatky integrovat a transformovat pro praktické účely, hovoříme o tzv. prioritizaci. Uvedené koncepty diagnostiky výkonu a prioritizace (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010), respektované a zmiňované především v německé vědě o sportovním tréninku – Die Trainingswissenschaft (např. Schnabel, Harre & Borde, 1997), jsou pro pochopení předkládaného výzkumu stěžejní.

### 2.2.1. Diagnostika sportovního výkonu

Při vědecky prováděném získávání informací o sportovních výkonech a jejich faktorech přistupujeme tedy v souladu s Hohmannem, Lamesem & Letzelterem (2010) k tréninkově–vědecké diagnostice výkonu. Ta dokáže odpovědět na zásadní otázky, kterými se můžeme v případě vodního slalomu například ptát na rozdíl v pohybových schopnostech mezi mistrem světa či olympijským vítězem a těmi, kteří jsou v cíli za ním. Nebo se můžeme ptát, v čem se liší první desítka nejlepších světových kanoistů od třetí nebo páté desítky.

#### 2.2.1.1. Testování

Diagnostika výkonu se provádí často prostřednictvím testování, především v případech, kdy zjišťujeme úroveň pohybových schopností. Za test je považována standardizovaná zkouška ke zjišťování (měření) určitých znaků. Někdy se nepřesně jako test označuje každá zkouška, od jiných zjišťovacích postupů se však testy odlišují standardizací, tj. přesným vymezením úkolu, stanovením podmínek postupu obsahu, záznamu i zpracování. Výsledek testu bývá zpravidla vyjádřen skórem testu (číselné vyjádření hodnoceného znaku). Hlavní smysl testů spočívá v jejich využití jakožto diagnostických prostředků nejčastěji pro kontrolu *trénovanosti*, kterou lze definovat jako „*souhrnný stav připravenosti sportovce, charakterizující komplexní míru jeho přizpůsobení požadavkům příslušné sportovní specializace*“. (Dovalil a kol., 2008)

Trénovanost je logickým souhrnným předpokladem nejen samotného výkonu ale i výkonnosti, která je Dovalilem a kol. (2008) definována jako „*schopnost podávat výkony opakovaně v delším časovém úseku na poměrně stabilní úrovni*“.

Protože pohybové schopnosti jsou latentními objekty, jež jsou samy o sobě neměřitelné, můžeme měřit pouze jejich projevy. „Z těchto vnějších projevů můžeme schopnosti nejen identifikovat, ale i odhadovat jejich stupeň či velikost“ (Dovalil, 2008). Jedná se ovšem o nepřímé možnosti testování prostřednictvím tzv. indikátorů. Indikátory (ukazatele) schopností mívají nejčastěji podobu *testů*, o nichž „se důvodně domníváme, že jsou validní vzhledem k určité schopnosti“ (Měkota, 2005). Právě usuzování o úrovni pohybových schopností prostřednictvím výsledných hodnot indikátorů je specifikem problematiky diagnostiky pohybových schopností.

V závislosti na místě, kde jsou testy prováděny, je všeobecně akceptováno (např. Měkota & Blahuš, 1983, Heller & Vodička, 2011) rozdělení testů na:

1. Laboratorní testování - je prováděno za standardních podmínek v laboratoři. Výhodou testů prováděných v laboratoři je jejich relativně snadná opakovatelnost, a to díky přesnému nastavení vnějších podmínek. Laboratorní testování nám většinou poskytuje také větší množství objektivních dat o předpokladech pohybových schopností, například o fyziologických parametrech jedince.
2. Terénní testování - je prováděno v prostředí, kde se pohybová aktivita přirozeně odehrává. Příkladem mohou být některé vysoce standardizované zátěžové testy, jako je například Cooperův test (Cooper, 1968) nebo některé základní cviky (např. Měkota & Blahuš, 1983). Samozřejmě jsou to i sportovně-specifické testy, v případě kanoistiky například sprinty na různé vzdálenosti (např. Bílý et al., 2010).

V předkládaném výzkumu kombinujeme jak testy laboratorní, tak i testy terénní. Oba způsoby testování mají své výhody i nevýhody. V souladu např. s Reimanem (2009) se domníváme, že jedině jejich kombinací je možné dosáhnout komplexního obrazu o úrovni pohybových schopností testovaných jedinců.

#### **2.2.1.2. Kritéria kvality testování**

Aby test mohl plnit svoje funkce, musí vyhovovat určitým požadavkům. Měřicí metody by měly naplňovat kritéria kvality (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010; Hendl, 2012) – validitu, reliabilitu, objektivitu a v ideálním případě také normy (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010; Měkota & Blahuš, 1983). Objektivní test poskytuje jednoznačné výsledky nezávisle na osobě, která ho používá. Test by neměl být závislý, nebo jen velmi omezeně, na examinátorovi. Spolehlivý, reliabilní test poskytuje přibližně stejné výsledky při opakovaném

měření u týchž osob. U validity obecně se jedná o posouzení povahy a charakteru jevu, který měříme a hodnotíme. V zásadě jde o zjišťování vztahu mezi testem a tzv. kritériem. Ve sportu bývá nejčastějším kritériem výkon v samotné specializaci. Otázka validity je potom otázkou souvislosti obsahu testu s obsahem specializace. (Dovalil a kol., 2008)

Validita motorického testu, pomocí kterého odhadujeme dané kritérium, je míra shody mezi odhady kritéria a jeho výsledky. Koeficient validity v klasické teorii testování má podobu absolutní hodnoty korelace mezi testem a kritériem. Bez pojmu kritérium nemá pojem validita smysl. Test vždy validujeme vzhledem „k něčemu“. Někdy však může být kritérium vyjádřeno tak volně a široce, že jej nelze číselně vyjádřit. V praxi se využívají dva takové druhy validity „bez kritéria“: validita obsahová (a logická) a validita „zjevná“ (tzv. „přesvědčivost“ testu). Obsahovou validitu lze stručně charakterizovat jako stupeň, do jakého je daný motorický test svým pohybovým obsahem věcně relevantní k danému účelu testování. Zjišťovat obsahovou validitu testu znamená hodnotit adekvátnost jeho pohybového obsahu a posuzovat vhodnost výběru položek s ohledem na účel testování. V některých případech obsahové validity hovoříme o tzv. validitě logické (v nejvýraznějších případech pak dokonce validitě triviální). „Zjevná“ validita souvisí úzce s validitou obsahovou. Jde však o to, jak je účel testu zřejmý testovaným osobám. Některé motorické testy se mohou některým souborům testovaných osob, například reprezentantům v daném sportu, zdát nepřesvědčivé. Tento fakt může zhoršit jejich spolupráci a ovlivnit výkon. (Měkota a Blahuš, 1983)

Je tedy nutné upozornit na fakt, že rozdílné úrovně motivace jsou nevýhodou všech výkonových testů. Předpoklad vysoké a vyrovnané motivace jedinců není samozřejmý (Měkota, 2005). V praxi to obecně znamená navození takového zájmu a vztahu k prováděnému testu, aby byl požadovaný úkol splněn co možná nejlépe (Dovalil a kol., 2008). Pozitivní efekt motivace byl zjištěn například u síly stisku ruky (Perkins, Wilson & Kerr, 2001).

### **2.2.1.3. Diagnostické úkoly a normy**

Jedině měřicí metody naplňující zmíněná kritéria kvality mohou být v praxi využity pro dva hlavní diagnostické úkoly (Hohmann, Lames, Letzelter, 2010), kterými jsou:

1. Identifikace silných a slabých stránek pomocí srovnávání existujících a požadovaných hodnot (stavová diagnostika).

2. Kontrolu úspěšnosti tréninku pomocí srovnání existujících hodnot, nebo existujících a požadovaných hodnot (procesní diagnostika).

Uvedli jsme, že testovací metody by měly mít v ideálním případě také normy. To je samozřejmě v případě některých sportovně-specifických testů problematické. Vědeckým způsobem stanovené normy v nich často chybí. Sportovní specializace by ovšem měly usilovat o jejich vytvoření, protože trénink je zvláště dobře vědecky fundován teprve v případě, kdy mohou být normy použity. Hohmann, Lames & Letzelter (2010) rozlišují tři třídy norem:

1. Ideální – odvozují se od nejlepších světových sportovců nebo z teoretických modelů.
2. Statistické – sestávají ze středních hodnot a standardních odchylek u náhodných vzorků a jsou závazné pro určenou skupinu adresátů.
3. Funkční – minimální požadavky, o kterých se předpokládá, že jejich splnění je nezbytné, aby bylo možné realizovat určité výkony.

Při pohledu na třídy norem je zřejmé, že se prakticky jedná o stanovení limitního a optimálního pásma výkonnostních požadavků (např. Wood, 1986; Kovářová, 2010) či požadavků nutných pro expertní úroveň v dané specializaci (např. Phillips, Davids, Renshaw & Portus, 2010).

### 2.2.2. Prioritizace

Prioritizace hraje z hlediska praktické upotřebitelnosti výzkumů diagnostikujících výkon rozhodující roli. V jejím rámci odvozujeme hodnotu tréninkový cílů, resp. relevantnost určitých znaků (indikátorů, ukazatelů) pro výkon. Hypoteticky relevantní pro výkon jsou přitom všechny znaky, které jsou v tréninkové praxi považovány za důležité. Takové znaky se již osvědčily v praxi, i když jejich význam nebyl možná ještě vědecky dokázán. Hohmann, Lames & Letzelter (2010) tyto znaky dále dělí na logicky relevantní pro výkon a empiricko–statisticky relevantní pro výkon. Znaky logicky relevantní mají bezprostřední logický vliv na výkon. Empiricko–statisticky relevantní jsou potom všechny znaky, v nichž se výkonnostně silnější statisticky významně liší od výkonnostně slabších. Podle Hohmanna, Lamese & Letzeltera (2010) je přitom možné uplatnit dvě kritéria:

1. Variančně – analytické kritérium. Zde se ověřuje, zda jsou nebo nejsou signifikantní difference středních hodnot mezi výkonnostními skupinami.

2. Korelačně – statistické kritérium. Vztah mezi ovlivňující a cílovou veličinou (mezi prediktorem a kritériem) je statisticky významný. Indikátorem velikosti vlivu jsou potom korelační koeficienty.

V rámci předkládaného výzkumu uplatňujeme a kombinujeme obě uvedená kritéria. V jejich rámci se pokoušíme integrovat výsledky a interpretovat naše zjištění. Jedná se o obecně známý princip (např. Dovalil a kol., 2008), kdy se jednotlivé diagnostické údaje pokoušíme spojit do celkového názoru či obrazu, protože praktického smyslu nabývají teprve v určitých souvislostech. Upozorňováno bývá ovšem také na obtížnost integrace velkého množství údajů a správnost jejich interpretace.

Při správné interpretaci výsledků je například nutné vzít v úvahu, že korelace, resp. výběrová šetření, vypovídají o příčinném působení vztahu (kauzalitě) pouze neúplně. Podle Hendla (2012) je kauzální interpretace skutečně přesvědčivá pouze na základě experimentu. Proto bychom při použití výše uváděného korelačně-statistického kritéria měli hovořit především o vztahu, jenž o velikosti vlivu vypovídá nepřímou a při určování příčinného působení tedy postupovat opatrně.

### **2.3. Faktory sportovního výkonu ve vodním slalomu**

Sportovní výkon v každé sportovní disciplíně se skládá z jedinečného komplexu faktorů somatických a kondičních, faktorů techniky, taktiky a faktorů psychických. A právě ze struktury tohoto komplexu se odvíjí zaměření tréninkového procesu v daném sportu (Dovalil a kol., 2012). Ne jinak je tomu i v případě multifaktoriálního vodního slalomu.

V následujících podkapitolách rozebíráme nejprve obecné pojetí zmíněných faktorů, podrobně se ale následně zabýváme výzkumy uskutečněnými ve vodním slalomu nebo alespoň ve sportovních (především kanostických) disciplínách jemu příbuzných.

#### **2.3.1. Somatické faktory**

Somatické faktory jsou relativně stále a ve značné míře geneticky podmíněné činitele (např. Malina & Bouchard, 1991; Rowland, 1996), které v řadě sportů včetně kanoistiky představují významnou roli.

Podle Dovalila (2012) k hlavním somatickým faktorům patří: tělesná výška a hmotnost, délkové rozměry a poměry, složení těla a tělesný typ (somatotyp). Zapotřebí je ovšem dodat



ještě rozměry obvodové a šířkové. Z absolutních rozměrů lze navíc vypočítat indexy a relativní rozměry, které mohou poskytnout přehlednější informaci o celkovém tělesném stavu, proporcionalitě či disproporcionalitě jedince (Pavlík, 2003). V zásadě přitom rozeznáváme výškové a váhové indexy a indexy tělesných rozměrů (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

### 2.3.1.1. Somatotyp

Somatotyp můžeme definovat jako „*souhrn tvarových znaků jedince*“, který umožňuje vyjádřit tělesný typ komplexním způsobem a hledat vztahy k různým typům sportovních výkonů (Dovalil, 2012, s. 19). Historicky vzniklo již několik pokusů, snažících se o systematickou typologii tělesné konstituce lidí (např. Kretschmer, 1921; Kretschmer, 1951; Conrad, 1941). První pokusy o typologii můžeme podle Pavlíka (2003) nalézt již u Hippokrata a například Douillard (1994) uvádí jako nejvhodnější typologii založenou na prastaré ajurvédě. Za nejdůkladněji vědecky propracovanou a také ve sportu nejčastěji uplatňovanou bývá ovšem všeobecně považována typologie Sheldona (Sheldon, 1940; Sheldon, Dupertius & McDermote, 1954), resp. její pozdější modifikace (Heath & Carter, 1990). Vychází z výzkumu velkého množství antropometrických dat a snaží se definovat tělesnou stavbu jedince tak, aby plně vynikla jeho individualita (Pavlík, 2003).

Podle prozatím definitivní, aktuálně všeobecně uznávané, a námi také uplatňované, metodiky Heathové & Cartera (1990) uvedené v antropometrické příručce Riegerové, Přidalové & Ulbrichové (2006), Nortona & Oldse (1996) aj., je somatotyp vyjádřen pomocí číselného vyjádření tří jeho komponent, kterými jsou endomorfie, mezomorfie a ektomorfie. Označení jedince třemi čísly, nabývajících hodnot 1 až 7 a extrémně i více, představuje možnost detailního rozlišení variability tělesné stavby (Pavlík, 2003). „*Zjednodušeně řečeno endomorfie vyjadřuje relativní tloušťku osoby (množství podkožního tuku), mezomorfie označuje stupeň rozvoje svalstva a kostry, ektomorfie vyjadřuje relativní linearitu (stupeň podélného rozložení tělesné hmoty, křehkost, vytáhlost, útlost)*“ (Dovalil, 2012).

Uvedené publikace uvádějí celou řadu antropometrických příkladů, nechybí v nich srovnání somatotypů napříč různými sportovními disciplínami apod. Je logické, že vrcholový vzpěrač se svým somatotypem výrazně odlišuje od vrcholového běžce na střední tratě. Méně viditelné jsou ovšem už rozdíly například mezi rychlostními kanoisty a vodními slalomáři, nebo mezi kajakáři a kanoisty. V těchto případech se na základě pouhého pozorování můžeme

dopustit značných zjednodušení i chybných odhadů. Ještě než přejdeme k shrnutí aktuálních zjištění v oblasti somatických faktorů ve vodním slalomu, potažmo kanoistice obecně, je vhodné zmínit těsnou souvislost somatických a kondičních faktorů.

#### **2.3.1.2. Souvislost somatických a kondičních faktorů**

Somatické a kondiční faktory společně vytvářejí rozhodující předpoklady, které jsou odpovědné za kvality procesu fyziologického zajišťování energie a biomechanického přenosu energie při provádění sportovního výkonu. Mezi somatickými a kondičními faktory výkonnosti existuje řada velmi těsných vzájemných souvislostí, z nichž vyplývá neostrý přechod mezi těmito faktory. (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010)

Také podle Hohmanna, Lamese & Letzeltera (2010) představuje stavba těla víceméně geneticky danou dispozici, v jejímž rámci se může kondice sportovce v průběhu dlouholetého tréninkového procesu teprve rozvíjet. Proto bývá v některých modelech sportovního výkonu hierarchicky zařazována pod kondici (např. Hohmann & Brack, 1983). Kvůli nespecifičnosti předpokladů vyplývajících z tělesné stavby musí být jejich vliv na sportovně specifický výkon teprve transformován kondičními schopnostmi sportovce. Hohmann, Lames & Letzelter (2010) to uvádějí na příkladu elitního plavce, veslaře a volejbalisty. Zatímco jejich stavba těla může působit velice podobně, stupeň rozvoje jednotlivých kondičních schopností se může diametrálně odlišovat v důsledku zcela odlišného mechanického výkonu a mechanického působení v průběhu pohybu.

#### **2.3.1.3. Somatické faktory ve vodním slalomu**

Somatické výkonnostní faktory jsou poměrně intenzivně zkoumány napříč celým spektrem existujících sportovních disciplín, rychlostní kanoistiku a vodní slalom nevyjímaje. Na základě studia relevantních zdrojů jsme se pokusili nalézt průsečíky současného vědeckého poznání v oblasti antropometrických parametrů, somatotypu a složení těla elitních vodních slalomářů, resp. kanoistů obecně. Podle Dovalila (2012, s. 21) se „*jako obecně dobrý somatický předpoklad k motorickým výkonům jeví somatotyp ektomorfních mezomorfů s převažující mezomorfní komponentou a minimální endomorfii*“, což bylo ve vodním slalomu částečně potvrzeno (tabulka. č. 1).

Studie provedené ve vodním slalomu	Ridge et al. (2007)	Vaccaro et al. (1984)	Vedat (2012)	Bílý et al. (2011)	Sklad et al. (1994)
Výzkumný soubor	Závodníci na OH v Sydney kategorie C1 a C2 ( $n=19$ )	Reprezentační závodníci USA ( $n=13$ )	Reprezentační družstvo Turecka, všechny mužské kategorie ( $n=10$ )	Závodníci Světového poháru (SP) v Praze roku 2010, kategorie C1 ( $n=17$ )	Elitní závodníci Polska, kategorie K1 ( $n=10$ )
Věk (r)	$28,2 \pm 5,9$	$20,1 \pm 2,1$	$19,1 \pm 2,68$	$25,2 \pm 5,2$	$19,2 \pm 2,2$
Průměrná tělesná výška (cm)	$177,0 \pm 8,0$	$180,0 \pm 7,0$	$176,2 \pm 5,69$	$181,6 \pm 6,3$	$178,0 \pm 7,0$
Průměrná tělesná hmotnost (kg)	$73,1 \pm 6,5$	$76,3 \pm 6,1$	$74,54 \pm 10,71$	$77,4 \pm 7,3$	$73,8 \pm 6,0$
Průměrný somatotyp	$1,7 - 5,4 - 2,5^{a)}$	$2,9 - 5,2 - 2,4$	$2,2 - 5,0 - 1,86$	Neuvedeno.	Neuvedeno.
Průměrné rozpětí paží (cm)	$183,8 \pm 7,9$	Neuvedeno.	Neuvedeno.	$188,0 \pm 7,9$	$184,3 \pm 7,5$

<sup>a)</sup>Somatotyp je Ridgem et al. (2007) uveden pro C1, C2 i K1 společně.

*Tab. č. 1: Základní antropometrické parametry a somatotyp vodních slalomářů.*

V tab. č. 1 sledujeme vysokou podobnost zjištěných průměrných hodnot. Vodní slalomáře lze při porovnání s populačními hodnotami (např. Riegerová, Kapuš, Gába & Ščotka, 2010) na základě uvedených studií charakterizovat jako průměrně vysoké i průměrně vážící sportovce. Podle Bílého et al. (2013) jsou nejvyšší singlekanoisté, jejichž výška mírně přesahuje hranici 180cm.

S přihlédnutím ke studiím staršího data (např. Kadaňka, 1977; Štěpnička, 1974; Freeman et al., 1987) můžeme jednoznačně tvrdit, že dominantní komponentou somatotypu vodních slalomářů je komponenta mezomorfní. Podlé Bílého et al. (2011) je navíc tato komponenta ještě výraznější u závodníků kategorie C1. Nemůžeme ale zdaleka tvrdit, že ektomorfní komponenta převyšuje vždy komponentu endomorfní. V některých případech jsou tyto komponenty vyrovnané nebo se neliší o více než půl bodu a v takovém případě hovoříme o vyrovnaných mezomorfech. V případě, že endomorfní komponenta převyšuje ektomorfní o více než půl bodu, hovoříme o endomorfní mezomorfii (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

Z charakteristik výzkumných souborů studií uvedených v tab. č. 1 je patrné, že naše poznání týkající se konkrétně kategorie C1 je přinejlepším neúplné. Výzkumníci se dopouštěli časté chyby slučování závodníků všech lodních kategorií dohromady, sledovali jen velmi omezenou výšeč antropometrických parametrů, nebo se jedná o studie staršího data, která nemohou reprezentativně vypovídat o realitě v neustále se rozvíjející sportovní disciplíně. Nedostatek vědecky potvrzeného poznání tělesné stavby singlkanoistů je tak jedním z opodstatňujících východisek pro předkládaný výzkum. Již jsme zmiňovali, že dle Hohmanna, Lamese & Letzeltera (2010) je nutné na somatické a kondiční faktory nahlížet s vědomím jejich těsné vzájemné souvislosti. Chybí-li pro slalomářské singlekanoisty studie upřesňující jejich konstituci a její vztahy s výkonností, není překvapující, že podobná je situace i v případě kondičních faktorů.

#### **2.3.1.4. Somatické faktory v rychlostní kanoistice**

Stejně jako ve vodním slalomu, převažuje i v rychlostní kanoistice mezomorfní komponenta somatotypu napříč převažující většinou dostupných studií. Mezomorfní komponenta elitních rychlostních kanoistů je navíc v porovnání s elitními slalomáři vyšší (např. Gutnik et al., 2015). Rychlostní kanoisté vykazovali v rozsáhlém antropometrickém výzkumu provedeném v rámci OH v Sydney (2000) vůbec nejvyšší mezomorfní komponentu somatotypu (1,6–5,7–2,2) ze všech sportovců, kteří používali svalstvo horních končetin a trupu k vytváření propulzních sil (Ackland et al., 2001). Ackland et al. (2001) vysvětlují, že „výkonnost v rychlostní kanoistice závisí na generování maximálního a opakovaného úsilí více než ve vodním slalomu.“ I v případě rychlostní kanoistiky se můžeme setkat se somatotypy ektomorfních mezomorfů (např. Ackland, Ong, Kerr & Ridge, 2003), endomorfních mezomorfů (např. Gutnik et al., 2015) či mezomorfů vyrovnaných (např. Van Someren & Howatson, 2008; Van Someren & Palmer, 2003). Vzhledem k vyšší mezomorfní rychlostních kanoistů není překvapující, že vodní slalomáři jsou v porovnání s nimi lehčí. Podle Acklanda et al. (2003) a Ridge et al. (2007) jsou ovšem vodní slalomáři také starší a disponují menší tělesnou výškou.

### 2.3.1.5. Srovnání kanoistických disciplín

V tabulce č. 2 porovnááme pro ilustraci základní antropometrické parametry vodních slalomářů s rychlostními kanoisty a také s dalšími disciplínami sdruženými pod Mezinárodní kanoistickou federací (ICF, 2017; [www.canoeicf.com](http://www.canoeicf.com)). V tabulce srovnáváme pouze studie, jejichž výzkumným souborem byli mezinárodně vrcholově soutěžící sportovci.

Disciplína kanoistiky	Vodní slalom		Rychlostní kanoistika		Kanoe polo	Kanoe Freestyle
	Autoři studie	Ridge et al. (2007)	Bílý et al. (2013)	Ackland et al. (2003)	Sitkowski (2002)	Alves et al. (2012)
Výzkumný soubor	Závodníci na OH v Sydney 2000, C1 a C2 muži (n=19)	Závodníci SP 2000, C1 a C2 muži (n=17)	Závodníci na OH v Sydney 2000, všechny kategorie (n=50)	Světově úspěšní závodníci (medaile z MS, OH), K1 muži (n=6)	Brazilský národní tým (n=10)	Závodníci Evropského poháru 2012, K1 muži (n=16)
Věk (r)	28,2 ± 5,9	25,2 ± 5,2	24,7 ± 2,9	> 21	26,7 ± 4,1	25,7 ± 3
Průměrná tělesná výška (cm)	177 ± 8	181,6 ± 6,4	185 ± 6	185,3 ± 1,9	177,1 ± 6,5	178,7 ± 5,2
Průměrná tělesná hmotnost (kg)	73,1 ± 6,5	77,4 ± 7,5	84,8 ± 6,2	87,0 ± 4,6	76,8 ± 9,0	75 ± 7,3
Průměrný somatotyp	1,7–5,4–2,5	Neuvedeno.	1,6–5,7–2,2	Neuvedeno.	Neuvedeno.	Neuvedeno.
Procento tělesné tuku (%)	Neuvedeno.	10,1 ± 3,5 <sup>a)</sup>	Neuvedeno.	8,7 ± 1,4 <sup>b)</sup>	12,3 ± 4,0 <sup>b)</sup>	9,6 ± 2,6 <sup>a)</sup>

<sup>a)</sup>Zjištěno bioimpedanční metodou.

<sup>b)</sup>Zjištěno kaliperační metodou.

Tab. č. 2: Základní antropometrické parametry a somatotyp porovnáující vodní slalomáře s dalšími disciplínami kanoistiky.

Všimněme si, že rychlostní kanoisté disponují největší tělesnou výškou i hmotností. Vodní slalomáři jsou z hlediska těchto dvou základních antropometrických parametrů srovnatelní spíše se zbývajícími porovnávanými neolympijskými disciplínami - slalomáři jsou výškově i hmotnostně velmi podobní hráčům kanoe-pola i jezdcům kanoe-freestyle.

### 2.3.1.6. *Vztahy somatických faktorů s výkonností v kanoistice*

Zatímco v rychlostní kanoistice se vztahem antropometrických parametrů s výkonem prokázaným v modelovém či skutečném závodě zabývalo již několik studií (např.: Van Someren & Howatson, 2008; Fry & Morton, 1991; Bishop, 2000), ve vodním slalomu se nám žádné podobné studie vyhledat nepodařilo. Níže se proto pokoušíme popsat situaci v rychlostní kanoistice.

Misigoj-Durakovic & Heimer (1992) našli signifikantní rozdíly některých antropometrických parametrů (konkrétně tělesné výšky, výšky v sedu, BMI, obvodu předloktí a nadloktí) mezi australskými závodníky zařazenými a nezařazenými do reprezentačního družstva (500m a 1000m vzdálenost). Také podle Van Somerena & Palmera (2003) se britští závodníci mezinárodní úrovně (200m) lišili od ostatních britských závodníků nejen větším obvodem nadloktí a předloktí, ale také větším obvodem hrudníku, šířkou humeru a vyšší mezomorfii. Van Someren & Howatson (2008) našli středně silný až silný korelační vztah mezi obvodem hrudníku, šířkou humeru a výkonem na 200 i 500 metrů. Akca & Muniroglu (2008) nejenže potvrdili silnou korelaci mezi šířkou humeru a časem na 200m, ale u 200m a 500m vzdálenosti našli korelaci i u již zmiňovaného obvodu nadloktí a předloktí. Korelace zjištěné Van Somerenem & Howatsonem i Akcou & Muniroglem uvádíme pro větší přehlednost v tabulce č. 3. Nejsilnější korelace mezi obvodem hrudníku, předloktí i nadloktí byly detekovány Hamanem et al. (2015). Pro úplnost ovšem dodejme, že v případě Hamana et al. (2015) nebyly antropometrické parametry korelovány s výkonem na vodě, nýbrž se 120s trvajícím all-out testem na kanoistickém nebo kajakářském ergometru. Středně silné vztahy mezi obvody nadloktí, předloktí i hrudníku byly zjištěny i v případě 1000m vzdálenosti Fryem & Mortonem (1991).

Výše uvedené studie se relativně shodují na významném vztahu některých antropometrických parametrů s výkonem nebo představují signifikantní rozdíly v těchto parametrech mezi elitními a sub-elitními závodníky. Dodejme ale, že například Domumaci & Cakir-Atabek (2015) žádné významné vztahy mezi antropometrickými parametry a výkonem (1000m) nenalezli. Zmíněné studie se navíc téměř výhradně zabývají pouze kajakáři. Poznání vztahů somatických parametrů s výkonem (potažmo výkonností) v kategorii C1 zůstává, podobně jako v případě vodního slalomu, nadále nedostatečné.

	Korelace s výkonem na 200m	Korelace s výkonem na 500m	Korelace s výkonem na 1000m
Tělesná hmotnost	$r = -0,32; p = 0,199^a)$ $r = -0,51; p > 0,05^b)$	$r = -0,43; p < 0,076^a)$ $r = -0,78; p < 0,01^b)$	$r = 0,07; p = 0,786^a)$ $r = -0,71; p < 0,05^b)$
Tělesná výška	$r = 0,49; p = 0,846^a)$ $r = -0,18; p > 0,05^b)$	$r = -0,11; p = 0,656^a)$ $r = -0,42; p > 0,05^b)$	$r = 0,27; p = 0,283^a)$ $r = -0,43; p > 0,05^b)$
Obvod flexovaného předloktí	$r = -0,28; p = 0,266^a)$	$r = -0,34; p = 0,163^a)$	$r = -0,02; p = 0,954^a)$
Obvod flexovaného nadloktí	$r = -0,44; p = 0,067^a)$ $r = -0,80; p < 0,01^b)$	$r = -0,43; p = 0,077^a)$ $r = -0,86; p < 0,01^b)$	$r = -0,02; p = 0,931^a)$ $r = -0,58; p > 0,05^b)$
Obvod hrudníku	$r = -0,53; p = 0,023^a)$ $r = -0,25; p > 0,05^b)$	$r = -0,50; p = 0,034^a)$ $r = -0,54; p > 0,05^b)$	$r = 0,18; p = 0,467^a)$ $r = -0,37; p > 0,05^b)$
Humerus šířka	$r = -0,83; p = 0,001^a)$ $r = -0,72; p < 0,05^b)$	$r = -0,65; p = 0,008^a)$ $r = -0,85; p < 0,01^b)$	$r = -0,13; p = 0,647^a)$ $r = -0,59; p > 0,05^b)$
Mezomorfie	$r = -0,44; p = 0,092^a)$ $r = -0,29; p > 0,05^b)$	$r = -0,28; p = 0,300^a)$ $r = -0,31; p > 0,05^b)$	$r = -0,13; p = 0,632^b)$ $r = -0,21; p > 0,05^b)$
Procento tělesného tuku	$r = -0,31; p = 0,209^a)$ $r = -0,69; p < 0,05^b)$	$r = -0,28; p = 0,264^a)$ $r = -0,82; p < 0,01^b)$	$r = 0,10; p = 0,707^a)$ $r = -0,61; p < 0,05^b)$

<sup>a)</sup>van Someren & Howatson (2008)

<sup>b)</sup>Akca & Minuroglu (2008)

Tab. č. 3: Korelace mezi vybranými antropometrickými parametry a výkonem v rychlostní kanoistice.

### 2.3.1.7. Tělesná stavba a jednostranné zatížení, zranění

Považujeme za vhodné zmínit se také o vlivu jednostranného zatížení na stavbu těla. Jednostranné zatížení může mít zcela nepochybně neblahý dysbalanční vliv na tělesnou stavbu (např. Bak & Magnusson, 1997; Knapik et al., 1991), v jehož důsledku může docházet nejen k bolestivým projevům, ale i pohybovým dysfunkcím. V případě zatížení v kanoistice se jedná především o syndromy přetížení horních končetin a oblasti bederní páteře (Kizer, 2016). Typickým chronickým problémem je zánět šlach, který se vyskytuje převážně na dominantní paži (du Toit et al., 1999) a kterým podle Krupnický, Coxe & Summerse (1998) někdy ve své kariéře trpělo přibližně 20% vrcholových kanoistů a kajakářů. Podle Krupnicka et al. (1998) se jedná také o nejčastější chronické zranění. Chronické problémy bývají velmi

často spojeny i s ramenními klouby sportovců (Edwards, 1993). Převládajícím zraněním akutního charakteru je potom vykloubení (luxace) ramene (Kizer, 2016). Vysvětlením může být mimo jiné i fakt, že intenzivní trénink ve svém důsledku vede k omezení pohyblivosti ramenního kloubu (McKean & Burkett, 2010). Zmiňme ale také, že v rozsáhlých vědeckých studiích sledujících výskyt nemocí a zranění na OH 2016 v Riu de Janeiro (Soligard et al., 2017) a OH 2012 v Londýně (Engebretsen et al., 2013) byl vodní slalom zařazen mezi sporty, ve kterých se vyskytovalo nejméně zranění a onemocnění. Jak v Riu, tak i v Londýně se ale soutěžilo na přečerpávacích slalomových drahách, ve kterých se nacházela čistá a chlorovaná voda. Při závodění na znečištěných nížinných řekách se u sportovců v nadprůměrné míře vyskytují onemocnění horních cest dýchacích a gastrointestinální symptomy. Voda slalomových drah umístěných v korytech nížinných řek vykazuje v porovnání s horními toky řek několikanásobně vyšší koncentrace enterovirů i koliformních bakterií (Fewtrell et al., 1992).

Vzhledem k potenciálním negativním dopadům byl vliv jednostranné zátěže na tělesnou stavbu ve vodním slalomu sledován. Byl přitom zjištěn signifikantní efekt držení pádla na morfologickou asymetrii horních končetin (Bílý et al., 2013). Prostřednictvím bioelektrické impedance byla stanovena segmentální distribuce tekutin v těle, která dle Fullera et al. (1999) vypovídá i o svalovém objemu. V kategorii C1 měla spodní záběrová paže statisticky významně ( $p < 0,05$ ) větší svalový objem než paže horní. Podobný efekt byl pozorován také v kategorii C2 a dokonce i v kategorii K1, ve které ovšem nebyl vyhodnocen jako podstatný (Bílý et al., 2013). Přímý signifikantní efekt držení pádla na asymetrii horních končetin může následně vést k bilaterální morfologické asymetrii trupu a zvýšenému výskytu chronických i akutních zranění (Baláš et al., 2015).

### 2.3.2. Kondiční faktory

Ve shodě s Dovalilem a kol. (2012), i my považujeme za kondiční faktory soubor pohybových (motorických) schopností. Schopnost obecně definujeme v behaviorálních vědách jako relativně upevněný, více či méně generalizovaný individuální předpoklad výkonu v určité činnosti (např. Nakonečný, 1997). V souladu s Čelikovským (1990) potom rozumíme pohybovou schopností jednoduše „*integraci vnitřních vlastností organismu, která podmiňuje splnění určité skupiny pohybových úkolů a současně je jimi podmíněna*“. Respektive dle systémového přístupu uplatněného Čelikovským, Blahušem, Buncem & Walterem (1990) pojímáme motorickou schopnost jako „*soubor integrovaných, vnitřních, relativně*



*samostatných předpokladů splnit pohybový úkol. Soubor těchto integrovaných předpokladů se považuje za systém, který má více rozlišovacích úrovní (buněčnou, tkáňovou, orgánovou). Prvky tohoto systému (subsystému) jsou orgány lidského těla a jejich anatomické, fyziologické, mechanické a motorické funkce“.* Vratíme-li se ale k stručnějším definicím, potom podle Dovalila (2008) chápeme pohybové schopnosti jako „*relativně samostatné soubory vnitřních předpokladů lidského organismu k pohybové činnosti. V ní se také projevují a považují se za kondiční faktory sportovních výkonů“.*

Schopnost jako souhrn vnitřních předpokladů se navenek manifestuje určitými svými projevy, jinak se jedná o skrytou a latentní vlastnost člověka. Schopnosti lze zjišťovat pouze při jejich projevech v přirozených či laboratorních podmínkách, zejména v náročných situacích. Jedná se tedy o nepřímé měření, které je zprostředkované jednotlivými indikátory. Vědeckými studiemi (korelace mezi pohybovými výsledky rodičů a dětí, zkoumáním stability individuálních výsledků v ontogenezi, studium rodokmenů vynikajících sportovců, srovnávací výzkumy u jednovaječných a dvouvaječných dvojčat) bylo zjištěno, že motorické schopnosti jsou více či méně geneticky podmíněny. Schopnosti se vyvíjejí z vrozených dispozic, kterým říkáme vlohy. Vlohy potom determinují různé cesty a způsoby formování schopností. Ovlivňují úroveň, stupeň úspěšnosti i rychlost rozvoje schopností. Samy o sobě však vlohy rozvoj schopností nezajišťují, přestože v jejich rozvoji mají podstatnou úlohu. Vlastní rozvoj a specifikace pohybových schopností probíhá na základě učení a adaptace (tréninku). Prostřednictvím tréninku (resp. pohybovou činností) mohou být schopnosti výrazně ovlivněny v dětství, pubertě i adolescenci. (Měkota In Měkota & Blahuš, 1983)

Proces rozvíjení schopností je vždy dlouhodobý a pozvolný. Probíhá pomaleji než osvojování dovedností. Motorické schopnosti jsou ovlivnitelné i v dospělosti, nicméně již těžko měnitelné. Vyznačují se tedy určitou stálostí. Podle Měkoty (2000) je v názorových odborných diskusích zpřesňována definice pohybových schopností vždy ve smyslu předpokladu pohybové činnosti. Vycházíme tedy také z encyklopedické formulace Röhliga & Prohla (2003), že „*motorické schopnosti jsou komplexní individuální předpoklady lidských pohybových výkonů, které jsou primárně determinovány fyziologickými a neurofyziologickými systémy a znaky tělesné stavby.“* Ve výzkumu tak hovoříme o schopnostech jako o předpokladech pohybové činnosti, schopnost a předpoklad jsou pro nás v tomto ohledu synonyma a v textu s nimi tak i pracujeme. Dále plně akceptujeme hierarchickou strukturu komplexu motorických schopností sestavenou Měkotou (2000) a logicky tak

vycházíme z všeobecně relativně akceptovaného rozdělení pohybových schopností na kondiční (energetické), koordinační (informační) a kondičně–koordinační (hybridní).

### **2.3.2.1. Kondiční schopnosti**

Označení kondiční schopnosti zavedli již autoři bývalé NDR (Grundlach, 1968) a dodnes jsou za ně považovány ty schopnosti, které jsou primárně determinovány energetickými procesy (Měkota & Blahuš, 1983; Měkota, 2000). Komplex kondičních schopností tvoří schopnosti silové, schopnosti vytrvalostní a částečně schopnosti rychlostní (např. Schnabel et al., 1997; Hohmann, Lames & Letzelter, 2010).

Každá z kondičních schopností má poněkud odlišný metabolický, řídicí i psychický základ. Její úroveň je závislá na více či méně odlišných anatomických, fyziologických, neurofyziologických, biomechanických a psychických předpokladech. Mylná je ovšem představa, že jednotlivé kondiční schopnosti vystupují zcela nezávisle. V každé pohybové činnosti lze podle Dovalila (2012, s. 22) identifikovat projevy „vytrvalosti“, „síly“ a „rychlosti“. Žádná z pohybových schopností tedy neexistuje izolovaně. Na většině sportovních činností se podílí všechny pohybové schopnosti, i když jejich poměr zastoupení je různý a je závislý na charakteru dané činnosti. Rozvoj jedné pohybové schopnosti působí částečně i na rozvoj ostatních (např. Dovalil, 2012).

### **2.3.2.2. Vymezení zdatnosti a kondice**

V souvislosti s pohybovými schopnostmi člověka a jejich úrovní je nutné vymezit termíny zdatnost a kondice. Zdatností obecně je nazývána schopnost organismu optimálně reagovat na různé podněty z prostředí. Jinými slovy se jedná o „*souhrn předpokladů člověka pro optimální reakci na jakoukoliv náročnou činnost a vlivy vnějšího prostředí*“ (Kasa, 2000). Tělesná zdatnost, jakožto složka zdatnosti obecné (např. Měkota & Cuberek, 2007), potom může být definována dle Bunce (1995) jako „*způsobilost vykonávat každodenní úkoly energicky, bez známek únavy, využívat s potěšením volný čas, čelit nepříznivým jevům, vzdorovat stresu, snášet je a přežívat v obtížných podmínkách, které by nezdatný jedinec musel opustit*“. Na základě společenského vývoje a z něho vyplývajících potřeb přistoupila většina autorů (např. Dobrý, 1993; Bouchard & Shephard, 1994; Bunc 1995) k rozdělení na zdravotně orientovanou a výkonnostně orientovanou zdatnost.

Výkonnostně orientovaná zdatnost podle Bunce (2002) i Měkoty & Novosada (2005) zahrnuje více složek (např. výbušné silové schopnosti či schopnosti rychlostní), než zdatnost orientovaná zdravotně, jejíž je ovšem ve své podstatě nadstavbou. Zatímco výkonnostně orientovanou zdatnost vnímáme jako předpoklad pro podávání maximálních výkonů ve sportovním prostředí, zdatnost zdravotně orientovanou chápeme dle Corbina & Pangraziho (1992) jako „*zdatnost ovlivňující zdravotní stav, nebo také vztahující se k dobrému zdravotnímu stavu a působící preventivně na zdravotní problémy vzniklé v důsledku hypokinézy*“. Podle Bunce (1995) do zdravotně orientované zdatnosti řadíme tyto složky: aerobní (kardiovaskulární) zdatnost, svalová zdatnost (svalová síla a vytrvalost), kloubní pohyblivost (flexibilita) a složení těla. Někteří autoři (např. Skopová & Zítka, 2008) zařazují mezi složky zdravotně orientované zdatnosti také držení těla v základních posturálních polohách a kvalitu základních pohybových stereotypů.

V prostředí výkonnostního a vrcholového sportu pracujeme spíše než s termínem *zdatnosti* s mnohem frekventovaněji uplatňovaným termínem kondice. Toto označení se podle Novosada (In Měkota & Novosad, 2005) užívá „*ve smyslu všestranné fyzické a psychické připravenosti k motorickému, především sportovnímu výkonu*“. Úroveň kondice je interpretována jako výsledek složitých vazeb a funkcí různých systémů bioenergetického zabezpečení organismu a jako výsledek morfologicko-funkční adaptace. Úroveň kondice je spolu se zvládnutím určitého stupně techniky pohybu a psychickou odolností základní podmínkou růstu výkonnosti (Novosad In Měkota & Novosad, 2005). Vzhledem k zaměření předkládané práce na kondiční schopnosti, pracujeme v textu s termínem kondice a nikoli s termínem zdatnosti, který považujeme za obecnější a který z našeho pohledu méně vyhovuje pojetí předkládané práce orientované na výkonnostní a vrcholový sport. Pojem kondice je podle naší zkušenosti ve sportovním prostředí srozumitelnější a sportovní praxi velmi dobře reflektuje díky rozlišení na kondici všeobecnou a speciální.

Pojmem všeobecná kondice rozumíme tréninkem rozvinutou úroveň pohybových schopností. Speciální kondice je pokračováním všeobecné kondice, navazuje na ni. Je to nová kvalita reprezentovaná úrovní speciálních pohybových vlastností, jejichž rozvoj odpovídá požadavkům daného sportovního výkonu a tvoří jeho součást (Choutka a kol., 1981). Problém obecného a specifického (resp. speciálního) v pohybové činnosti je podle Měkoty (2000) stále otevřený, „*nicméně se zdá, že specifická pohybových projevů je větší, než se předpokládalo*“. Takové tvrzení přitom nabývá ve vrcholovém sportu značného významu. Pro vrcholový trénink může být v případě sportovně-specifické vědecké verifikace dokladem, že

rozvoj speciálních schopností nabývá pravděpodobně mnohem vyššího významu, než je tomu v případě rozvoje všeobecných kapacit. To by například v případě vodního slalomu vedlo k mnohem vyššímu objemu specifického tréninku „na vodě“ na úkor všeobecného tréninku „na suchu“. Rozvoj speciální kondice je ovšem nepochybně do jisté míry ovlivněn úrovní kondice všeobecné. Každá sportovní specializace musí prostřednictvím sledování a výzkumu dospět k vlastnímu řešení problému poměru speciálního a všeobecného tréninku. K tomu podle Hohmanna, Lamese & Letzelera (2010) vede právě pochopení vztahů tréninkových ukazatelů různé míry specifčnosti s výkonností v závodech nebo studium odlišností více úspěšných subpopulací od subpopulací méně úspěšných. A o to se pokouší i tato práce. Navíc je nutné pochopit, že optimální poměr je také otázkou konkrétních jednotlivců – je tedy individuální.

### **2.3.2.3. Pohybové schopnosti a dovednosti**

Vztah mezi pohybovými schopnostmi a dovednostmi je dynamický a má charakter vzájemného podmiňování a ovlivňování. Pohybový potenciál člověka, který je daný úrovní jeho pohybových schopností se účinně realizuje ve formě sportovně specifických pohybových dovedností a návyků. Pohybové dovednosti mohou být definovány jako účelné způsoby realizace pohybových schopností (Juřinová & Stejskal, 1987) nebo podle Dovalila (2012, s. 34) jako „*učením získaná pohotovost (předpoklad) řešit správně, rychle a úsporně určitý úkol*“. Aby mohl být jakýkoli pohyb osvojen, musí dojít k učení se tomuto pohybu. Tento proces se nazývá motorické učení a je přirozenou součástí tréninkového procesu, v jehož rámci se pohybové dovednosti formují a stabilizují. Jako „*účelný způsob řešení*“ pohybové dovednosti je potom definována technika (Dovalil, 2012, s. 34). Motorické učení a rozvoj pohybových schopností tvoří nedělitelný celek, jednotu pohybového projevu člověka. Při dobře zvládnuté technice pohybové dovednosti se účelně využívá pohybových schopností a tím dochází k menší ztrátě energie při stejném výkonu. Podle Juřinové & Stejskala (1987) je vztah mezi pohybovými schopnostmi a dovednostmi oboustranný, což znamená, že pohybové schopnosti umožňují efektivnější nácvik pohybových dovedností a ty zpětně příznivě ovlivňují rozvoj pohybových schopností.

V následujících podkapitolách rozebíráme jednotlivé kondiční pohybové schopnosti v kontextu vodního slalomu. Stručně je definujeme a zmiňujeme se o jejich anatomicko-fyziologických základech, v každé podkapitole shrnujeme aktuální poznání v oblasti vodního slalomu a kanoistiky obecně. Nezabýváme se, nebo pouze v nejnutnější možné míře nutné pro

porozumění textu, stimulací kondičních schopností. Předkládaný text by tím byl neúnosně rozšířen.

#### 2.3.2.4. *Silové schopnosti*

Silové schopnosti (síla) jsou ty schopnosti, které člověku umožňují překonávat odpor nebo proti odporu působit, a to prostřednictvím svalového napětí (Zatsiorsky & Kraemer, 2006). Síla bývá ve vodním slalomu považována za nejdůležitější kondiční faktor. Vyplývá to jednak z dotazníkového šetření provedeného Bílým (2002; 2012) mezi trenéry, kterými byl síle v roce 1998 a 2011 přisouzen přibližně 20% podíl na celkové struktuře sportovního výkonu. Také to ale vyplývá z rozhovorů se samotnými sportovci, např. s několikanásobným mistrem Evropy, mistrem světa a olympijským medailistou v kategorii K1 Jiřím Prskavcem (<http://www.bezfrazi.cz/cesticka-vyjimecnosti/>).

Tělesná stavba elitních světových slalomářů (např. Ridge et al., 2007, Bílý et al., 2011 aj.) vypovídá o poměrně vysoké úrovni svalového rozvoje vodních slalomářů a to především k vlastní tělesné hmotnosti. Výraznějšího svalového rozvoje dosahují kanoisté a kajakáři rychlostní (např. Ackland et al., 2003; Sitkowski, 2002), kteří mohou v porovnání se slalomáři disponovat vyšší tělesnou hmotností. Vodní slalom je totiž charakteristický neustálým rozjížděním lodi, rychlými změnami směru a točením s následnými prudkými zrychleními (Bílý, 2012). Tyto činnosti vyžadují vysoký silový potenciál při zachování nízké tělesné hmotnosti. Rychlostní kanoisty naopak akce rychlého rozjezdu lodi čeká pouze na začátku závodu, následně již využívají v daleko vyšší míře setrvačné rychlosti.

Dostatečně rozvinuté silové schopnosti jsou „*podmínkou pro rozvoj rychlostních schopností, jejichž rozvoj je při současném trendu zkracování tratí stále důležitější*“ a navíc „*jsou podmínkou pro rozvoj technické složky výkonu*“ (Bílý, 2002). Určitá dosažená úroveň síly jakožto složky kondice (či zdatnosti) je skutečně klíčová pro osvojení efektivních lokomočních vzorců. Hovoříme v tomto ohledu o základní či obecné síle, jejímž základem je správné držení těla spojené s funkcí hlubokého stabilizačního systému (Dvořák & Vařeka, 2000) a posílené tělesné jádro tvořené převážně svalstvem trupu (Jebavý & Zumr, 2009). Optimální držení těla je individuální, ve všech případech ovšem umožňuje vstup příslušných svalů (primárně autochtonní páteřní muskulatury, sekundárně muskulatury trupu včetně bránice, svalstva pánevního dna, svalstva pletenců a svalstva periferie končetin) do optimální synergie (Véle, 1994). Takové držení těla umožňuje plnit optimální posturální a motorické

funkce v rámci adaptace na vlivy zevního a vnitřního prostředí a přitom není reálnou ani potenciální příčinou potíží (Dvořák & Vařeka, 2000). Jedinec s vadným držením těla (funkční poruchou posturální funkce) způsobeného svalovými dysbalancemi (např. Lewit, 1998; Lewit, 2000) obecně nemůže dosáhnout optimálních pohybových stereotypů a svalové koordinace. V kanoistice je pravděpodobně nejdůležitější správné nastavení optimální posturální a motorické funkce pletence ramenního (Kračmar et al., 2016). V opačném případě lze očekávat nejen sníženou výkonnost, ale také zdravotní problémy v oblasti ramenního kloubu (Berglund & McKenzie, 1994; Folland & Strachan In Mei-Dan & Carmont, 2013), na které si podle Edwardse (1993) stěžuje nadpoloviční většina kajakářů.

### Klasifikace silových schopností

Silové schopnosti klasifikujeme v souladu s taxonomií pohybových schopností dle Měkoty (2000) a všeobecně akceptovaným přístupem (např. Bompa, 2009; Dovalil, 2012; Hohmann, Lames & Letzelter, 2010; Zatsiorsky & Kraemer, 2006) vyplývajícím z velikosti a rychlosti svalového stahu, trvání pohybu a počtu opakování v čase, následovně:

1. Maximální síla – schopnost spojená s nejvyšším možným odporem, může být realizována při dynamické (koncentrické a excentrické) i statické svalové činnosti.
2. Rychlá a výbušná síla – spojená s překonáváním nemaximálního odporu vysokou až maximální rychlostí, realizována při dynamické (koncentrické) svalové činnosti.
3. Vytrvalostní síla – schopnost překonávat nemaximální odpor opakováním pohybu v daných podmínkách nebo dlouhodobě odpor udržovat, může být realizována jak při dynamické tak při statické svalové činnosti.

Bílý (2012) považuje pro vodní slalomáře za nejdůležitější sílu rychlou a výbušnou. Uvádí, že vrcholového výkonu ve vodním slalomu nelze dosáhnout bez dostatečně vysoké úrovně rychlé a výbušné síly. Bílý (2012, s. 14). Dále uvádí, že u „výbušných typů kanoistů“ dochází ke „zvýhodnění na počátku sportovního výkonu (startu závodu)“ a „ke zkracování přechodné fáze záběru“. Bílého výše uvedená tvrzení lze podložit výzkumy týkajícími se časové délky trvání tažné fáze záběrového cyklu v průběhu pádlování maximální rychlostí u sprintů na vzdálenost 200, resp. 1000 metrů v rychlostní kanoistice. Tažná fáze záběru trvá v průměru 0,200 sekundy u sprintu na 200 metrů, resp. 0,340 sekundy u 1000 metrů (Folgar, Cárceles & Mangas, 2015). Přitom jestliže má sportovec k vytvoření silového impulzu časový interval menší než 0,250 sekundy, potom má rozhodující význam co nejrychlejší nárůst síly

při zahájení pohybu (Měkota & Novosad, 2005). Cílem je potom provedení pohybu maximální rychlostí v nejkratším možném čase a v souladu s Dovalilem a kol. (2012) aj. hovoříme o rychlé síle. V případě, že má sportovec k provedení pohybu a vytvoření silového impulzu dostatečně dlouhý časový interval, potom častěji hovoříme o schopnosti maximálního zrychlení v závěrečné fázi pohybu. Hovoříme o výbušné neboli explozivní síle (Měkota & Novosad, 2005; Dovalil a kol., 2012).

Ve vodním slalomu se můžeme skutečně setkat jak s projevy rychlé síly (pádlování maximální rychlostí), tak i s projevy síly výbušné (rychlé rozjíždění lodi). Jednoznačnost významu rychlé a výbušné síly, stejně jako jednoznačnost významu jejich uplatnění ve vodním slalomu ovšem komplikuje specifická odporu, který je kladen vodním prostředím. Při pádlování dochází k odlišnému typu svalové kontrakce, než je tomu například při cvičení s vlastní vahou nebo činkami v posilovně (Zatsiorsky & Kraemer, 2006). Stejně jako například pro plavce, je i pro kanoisty pro vytvoření vysokých propulzních záběrových sil nutné správné „uchopení“ vody. V souvislosti s tím všichni hovoří o tzv. „*citu pro vodu*“ (např. Endicott, 1979; 1980; 2014; Bílý, 2012), tento termín potom bývá trenéry donekonečna opakován jako kouzelná mantra. Nejde se ho podle nich naučit a vysvětlují jim rozdíly v technické i výkonnostní úrovni jednotlivců. Když ho mají definovat, potom často jen pokrčí rameny s tím, že „*to prostě vidíš*“. Kolář (2016) se zmiňuje o *citu pro vodu* (resp. obecně o *citu pro pohyb*) jako o „*schopnosti vyvíjet při pohybové činnosti adekvátní sílu. Jde o pohyb se zpětnou vazbou. Budeme-li například pádlovat, tak nemůžeme vyvinout maximální sílu v krátkém okamžiku, ale sílu musíme podřídít odporu, který vystavuje voda našemu pádlu*“. Pro efektivní pohyb a špičkový výkon musí být rychlá a výbušná síla ve slalomu uplatňována ve vzájemné kombinaci s „*citem pro vodu*“, který v souladu s Kolářem (2016) řadíme mezi diferenciatní koordinační schopnosti člověka. Je tedy otázkou, do jaké míry je trénink tohoto druhu síly přenositelný do výkonu na vodě. Přitom podobně jako v rychlostní kanoistice, ani ve vodním slalomu pravděpodobně nelze dosáhnout dostatečné úrovně silového rozvoje bez posilovacího tréninku na suchu (Berglund & McKenzie, 1994). Úroveň rychlé a především výbušné síly navíc do vysoké míry souvisí s úrovní síly maximální (Zatsiorsky & Kraemer, 2006). Význam maximální síly roste s velikostí odporu, který musí být svalovým úsilím překonáván a jejíž trénink je na vodě prakticky nerealizovatelný. Při samotném tréninku na vodě (v anglicky psané literatuře označovaného jako „*water-based*“) není svalům nikdy kladen odpor dostatečný k rozvoji celého komplexu silových schopností. Podle Folgara, Cárcelese & Mangase (2015) byla maximální naměřená síla při záběru pádla ve vodě během

all-out zatížení stále menší než 40kg. Vyšší síla nutná pro záběr může být vynucena prostřednictvím brzd či jiných přidavných odporů. Maximální síly ovšem stejně dosáhnout nelze kvůli hydrodynamickým vlastnostem listu pádla (Folgar, Cárceles & Mangas, 2015). Samotný trénink na vodě tedy nevede k produkci požadované síly (Tesch, 1983). Z uvedených důvodů se při rozvoji silových schopností neobejdeme bez podstatného tréninku na suchu („*land-based*“) sloužícího nejen k rozvoji silových schopností (Fekete, 1998; Folgar, Cárceles & Mangas, 2015), ale i ke kompenzaci jednostranného zatížení a prevenci zranění (Edwards, 1993).

Také vytrvalostní síla má ve vodním slalomu vysoký význam vyplývající z relativně dlouhé doby trvání soutěžního výkonu. V porovnání s výše uvedenými druhy je ovšem relativně snadno ovlivnitelná (Dovalil a kol., 2012) prostřednictvím tzv. kruhového tréninku v posilovně či intervalového tréninku na vodě. Rozvoji všech druhů síly by ovšem měla předcházet základní silová příprava a především správné nastavení držení těla a pohybových stereotypů. V tomto smyslu hovoříme o tzv. pohybové gramotnosti či všeobecném pohybovém základu (např. Čechovská & Dobrý, 2010; Whitehead, 2001). Sportovec může být sebevíc silný, ovšem pokud při pádlování nedokáže udržet správnou polohu trupu a držení těla, nedokáže ani svaly generovanou sílu efektivně přenést do pohybu lodi. Sportovec může disponovat velmi silnými pažemi, ovšem pokud jsou z funkce pohybového stereotypu pádlování vypojeny dolní fixátory lopatek, potom se na pohonu lodi prakticky nepodílí *latissimus dorsi* a jiné zádové svaly, a výsledné propulzní síly jsou nízké (Kračmar et al., 2016). Nehledě na značnou neefektivitu, předčasnou únavu paží a především jejich „křečovitost“, která znemožňuje jemné motorické akce sloužící k řízení lodi.

### Rozvoj silových schopností

Na základě studia uváděné odborné literatury jsme schopni stručně interpretovat ideální přípravu cílenou na rozvoj silových schopností ve vodním slalomu u dospělých a adolescentních sportovců. Ta by měla vycházet z vytvořeného či obnoveného zdravého základu v podobě správného držení těla, nastavení funkčních lokomočních vzorců především v oblasti pletence ramenního i pánevního a celkového zpevnění tělesného jádra. Kromě pravidelné spolupráce s fyzioterapeuty využíváme v rámci metod a prostředků rozvoje především cviky s vlastní vahou, cvičení s balančními pomůckami (Jebavý & Zumr, 2009) či vybrané prvky kondiční gymnastiky (Křištofič, 2004). Následovat by měly metody rozvíjející absolutní, maximální sílu jedince. Za základní lze považovat cviky zapojující velké skupiny



svalů, jejichž silový rozvoj je ve vztahu k pádlování relevantní. Navíc ovšem v pohybech, které jsou ve vztahu k pádlování relevantní.

Naprostě tradičním (např. Akca & Muniroglu, 2008; McKean & Burkett, 2010; Hamano et al., 2015; McKean & Burkett, 2014) je v kanoistice obecně využití cviků jako je bench-press či přítah (bench-pull). V metodice Velké Británie je často využívaným cvikem v rozvoji maximální síly také nadhoz a trh ([www.canoeslalom.co.uk](http://www.canoeslalom.co.uk)). Využití nalézají ale i další komplexní cviky. Na rozvoj maximální síly navazuje rozvoj rychlé a výbušné síly. Oblíbenou metodou rozvoje je tzv. kontrastní trénink, který využívá kontrastu ve využití vysokých (cca. 70 – 80% RM) a nízkých (30 – 40% RM) odporů (Zatsiorsky & Kraemer, 2006). Cvičení je prováděno s maximální rychlostí či s maximálním zrychlením. Vytrvalostní síla a její rozvoj je v tréninkovém procesu vodních slalomářů přítomná celoročně – především v podobě specifických intervalových tréninků na vodě nebo obecných kruhových tréninků v posilovně. Kruhové tréninky bývají nejfrekventovaněji zařazovány na začátku přípravných období pro rychlý nárůst celkové práce schopnosti organismu. Pro trénink vytrvalostní síly v posilovně, ovšem v její specifičtější podobě, bývá využíváno také pádlovacího trenažéru. Ten je podle Kračmara a kol. (2016) z hlediska zapojených svalů nejpodobnější samotnému výkonu.

Zatsiorsky & Kraemer (2006) upozorňují, že v případě tréninku vrcholových sportovců by měl silový trénink odpovídat vysokým nárokům na specifitu. Obecná cvičení s nízkou mírou specifity doporučují pouze v počátečních fázích přípravných období. Autoři argumentují tím, že obecný trénink se v případě velmi vyspělých sportovců projevuje na výkonu jen velmi omezeně, resp. že silové přírůstky se jen ve velmi omezené míře přenášejí do sportovně-specifických pohybových vzorců. Zároveň vysvětlují, že obecný silový trénink může dokonce narušovat velmi vyspělou, jemnou motoriku těchto jedinců – může tak docházet k určitému jejímu „zhrubnutí“. Argumentaci těchto významných teoretiků i praktiků silového tréninku zmiňujeme proto, že ji považujeme v případě vodního slalomu, jež má vysoké nároky na přesnou a jemnou motoriku, za vysoce relevantní. Rychlostní kanoisté v rámci specifického posilování využívají například speciálních bazének a k vidění jsou dokonce i historické fotografie sovětských kanoistů zabírajících do vytesané díry v ledu. Velmi oblíbené jsou v jejich případě také trenažéry. Výhodou trenažerů je přesná kvantifikace výkonu. Je nutné si ale uvědomit, že ani specifičtější formy tréninku „na suchu“ nejsou nikdy z hlediska svalové práce a koordinace stejné jako samotná činnost pádlování na lodi. Obzvláště v případě vodního slalomu, jehož pohybový obsah je velmi pestrý a na suchu téměř

nenapodobitelný. Vodní slalomáři proto na rozdíl od rychlostních kanoistů pádlují celoročně. Aby docházelo ke kýženému transferu silového potenciálu získaného „na suchu“ do záběrové techniky, je pravděpodobně nutné absolvovat ihned po posilovně trénink na vodě. Nejčastěji se sportovci chodí pouze „vypádlovat“, nebo trénují techniku. Můžeme se setkat ale i s lehkými rychlostními nebo naopak vytrvalostními tréninky na klidné vodě. Po náročných posilovacích trénincích se jen málokdy setkáváme s tréninky soutěžně specifickými či technicky velmi náročnými.

### Korelace silových schopností s výkony v kanoistice

V souvislosti s výše popsanou mírou specificity a pojetím síly v kanoistice se dostáváme ke zjištění konkrétních studií. Není nám doposud známý žádný zdroj, který by se zabýval korelací silových schopností závodníků ve vodním slalomu s jejich výkony v závodech. Podobné výzkumy, s poměrně značně se rozcházejícími výsledky, byly ovšem provedeny v rychlostní kanoistice.

Akca & Muniroglu (2008) zjistili vysoké korelace mezi výkonem na 500 metrů a 1RM (repetition maximum - opakovací maximum) cviku bench-pull ( $r=0,80$ ;  $p<0,01$ ), maximálním počtem opakování v jedné minutě se zátěží odpovídající 40% uzvednutého maxima u téhož cviku ( $r=0,85$ ;  $p<0,01$ ) i cviku bench-press ( $r=0,89$ ;  $p<0,01$ ). Studii lze ovšem vytknout, že velikost odporu pro jednominutový test silové vytrvalosti vypočítávala z uzvednutého maxima a nikoliv z tělesné hmotnosti, což bychom vzhledem k povaze výkonu v kanoistice považovali za vhodnější.

Podobného, nicméně výraznějšího metodologického nedostatku jako Akca & Muniroglu (2008), se dopustil také Hamano et al. (2015). Autoři u 12 univerzitních výkonnostních kanoistů našli pozitivní korelaci mezi silou stisku ruky ( $r=0,745$ ;  $p<0,01$ ), silou zádočných svalů ( $r=0,846$ ;  $p<0,01$ ), 1RM cviku bench-press ( $r=0,760$ ;  $p<0,01$ ) a řady ukazatelů síly dolních končetin s dvouminutovým výkonnostním testem na kanoistickém ergometru. V rámci tohoto testu ovšem nebyl hodnocen výsledný čas na určitou danou trať, ale pouze výkonnostní ukazatele jako je síla a frekvence záběru či maximální a průměrný výkon (P) měřený podobně jako u Wingate testu ve Watech. Není proto divu, že vysoké pozitivní korelace byly autory nalezeny téměř u všech absolutních hodnot výkonnostních ukazatelů, zatímco korelace u hodnot relativních byly střední nebo nízké. V reálném výkonu přitom sportovec pracuje vždy s vlastní tělesnou hmotností a vysoké absolutní hodnoty

spojené zpravidla i s vyšší hmotností nemusí být výhodou. Podle Grasgrubera a Cacka (2008) jsou v kanoistice rozhodující naopak relativní hodnoty ukazatelů.

Za nejzajímavější studii z oblasti sledování vzájemného vlivu síly a výkonnosti považujeme tříleté sledování 9 kajakářů ( $24,8 \pm 5,5$ ) národní výkonnostní úrovně provedené McKeanem & Burkett (2014). Maximální síla jak při cviku bench–press, tak i při cviku bench–pull (přítah) byla středně silně až silně korelována ( $p < 0,01$ ) s výsledným časem na 200, 500 i 1000 (tab. č. 4).

	K1 1000m	K1 500m	K1 200m
Bench - pull (1RM)	$r = -0,70$	$r = -0,73$	$r = -0,79$
Bench – press (1RM)	$r = -0,66$	$r = -0,71$	$r = -0,76$

*Tab. č. 4: Korelace mezi silovými ukazateli a výslednými časy na různé vzdálenosti.*

McKean & Burkett (2014) dále v rámci svého experimentu začleněného do longitudinální deskriptivní studie vypočítali, že 10% zvýšení síly při cviku bench-pull odpovídalo 1% snížení výsledného času u tratí všech délek. Jednoprocentnímu zlepšení odpovídalo také 13% zvýšení síly při cviku bench-press. Jinými slovy, se zlepšujícími se výkony u vybraných cviků se zlepšoval také výkon v závodech a odstup na medailové pozice při národních mistrovstvích.

Nezbytné je uvést, že existují i práce (McKean & Burkett, 2010; Dokumaci & Cakir-Atabek, 2015), které nenalezly žádnou korelaci mezi výkonností v kanoistice reprezentovanou výkony na 200, 500 či 1000 metrů a výsledky v testech silových schopností. Ani Marek (2006) ve své výzkumné práci zabývající se strukturou sportovního výkonu v disciplíně K1 neprokázal žádnou signifikantní korelaci mezi výkonem při sprintu na 1000m a obecnými silovými testy. Výzkumný soubor byl tvořen 7 elitními českými kajakáři, většinou dlouholetými reprezentanty České republiky. Z cviků bench-press (1 RM), přítah v lehu na lavici (1 RM) a shybů (maximální počet opakování s vlastní hmotností) se ale k příslušné hladině autory zvolené hladině významnosti korelace ( $p < 0,01$ ) přibližoval pouze cvik bench-press ( $r = 0,77$ ).

Výkon ve vodním slalomu je realizován především prostřednictvím svalstva horních končetin. Zmiňovali jsme již výzkum Bílého et al. (2013), kteří prokázali statisticky významnou ( $p < 0,001$ ) diferenci mezi objemem spodní (z hlediska pádlování dominantní,

tažné) a horní paže u kategorie C1 a C2. Při výzkumu bylo také zjištěno, že tento rozdíl v asymetrii paží nereflektuje vyšetření síly stisku ruky – vyšší síla stisku ruky nebyla spojena s větším objemem dané paže (Baláš et al., 2015). Baláš et al. (2015) nicméně využili vyšetření síly stisku ruky jako validního ukazatele silových schopností paží, které by teoreticky měly být asociovány i s jejich větším objemem. Ručními dynamometry je standardně prováděno měření maximální izometrické síly ruky, které je využitelné i pro zjištění silových schopností jedince (Skirven, 2011). Stisk ruky je generován především flexory ruky a kromě svalové síly je ovlivněn také lateralitou, věkem či únavou (Vyskotová a kol., 2013). Existuje možnost, že vyšší únava záběrové spodní paže negativně ovlivnila výzkum Baláše et al. (2015), protože vyšetření probíhalo krátce před závodem Světového poháru. Výkon ve stisku ruky je udáván v kg a je tomu tak i v případě světově nejrozšířenějšího dynamometru značky Takei ([www.takei-si.co.jp](http://www.takei-si.co.jp)). Wood (2012) uvádí normy pro mužskou populaci ve věku 16 až 17 let v rozmezí od 32,6 do 52,4kg, pro věk 18 až 19 potom 35,7 – 55,5kg. Ve věku od 20 do 24 let se norma nachází mezi 36,8 – 56,6kg a mezi 25. a 29. rokem, kdy dochází ke kulminaci silových schopností, se norma pohybuje mezi 37,7 – 57,5kg. Podle Wooda (2008) dosahují velmi vysokých hodnot v testu hokejisté či hráči amerického fotbalu, v ojedinělých případech sportovců se jedná o hodnoty dosahující hranice až 80 kg. Je to i proto, že na velikost stisku ruky má pozitivní vliv vyšší hmotnost (Kuh et al., 2005). Vytrvalostní sportovci, jako jsou například cyklisté či triatlonisté, dosahovali hodnot spíše na spodní hranici normy nebo dokonce i pod ní. Průměrná hodnota velikosti stisku ruky jedenáctičlenné výzkumné skupiny kanoistů univerzitní úrovně ve věku 20,6±0,9 let činila 50,0±11,5 kg (Hamano et al., 2014). Desetičlenné brazilské reprezentační družstvo ve hře kanoe-polo dosáhla průměrné velikosti stisku ruky 47,6±8,7 kg (Alves et al., 2012). Vodní slalomáři pravděpodobně dosahují velmi podobných hodnot jako univerzitní kanoisté či hráči kanoe pola.

### Determinanty silových schopností

V kapitole silových schopností jsme se doposud nezmínili o anatomických a fyziologických determinantách silových schopností. Jedná se o rozsáhlou problematiku, k jejímuž důkladnému pochopení je nutné obrátit se na specializovanou literaturu (např. Šťastný & Petr, 2012; Zatsiorsky & Kraemer, 2006; Tlapák, 2010) a odbornou literaturu pojednávající o obecné teorii sportovního výkonu a tréninku (např. Dovalil a kol., 2012, Perič & Dovalil, 2010; Hohmann, Lames & Letzelter, 2010; Bompa & Haff, 2009). Tuto problematiku zmiňujeme ve stručnosti nutné k dovykreslení pojetí předkládaného výzkumu.

Jak uvádí Zatsiorsky & Kraemer (2006), k pochopení rozdílu mezi sportovci z hlediska silových schopností bývají zkoumány nejen periferní faktory (vlastnosti jednotlivých svalů), ale také centrální faktory (koordinace svalové činnosti centrálním nervovým systémem). Mezi svalové vlastnosti přísluší značný význam jejich rozměrům. Svaly s velkým fyziologickým průřezem vyvíjejí větší sílu. Růst svalů podmiňuje zvětšování plochy průřezu jednotlivých vláken (hypertrofie), méně pak zvýšení jejich počtu (hyperplazie). Protože svalová hmota tvoří podstatnou část lidského těla, vyvíjejí sportovci s velkou tělesnou hmotností také větší síly než srovnatelně trénovaní sportovci, kteří jsou ale menší. Síla na kilogram tělesné hmoty se označuje jako relativní síla. Bez vztahu k tělesné hmotnosti se svalová síla označuje jako síla absolutní (např. Zatsiorsky & Kraemer, 2006; Měkota & Blahuš, 1983). O vyšším významu relativní síly pro výkon v kanoistice (Grasgruber & Cacek, 2008) jsme se již zmiňovali. A vzhledem ke vztahu svalového průřezu (velikosti svalu) se svalovou silou nás nepřekvapí, proč autoři studií (např. van Someren & Howatson, Akca & Muniroglu, 2008; Bishop, 2000; Hamano et al., 2015) zjišťují vztah například mezi obvodem nadloktí (bicepsu) a výkonem v dané disciplíně.

K nervosvalovým (centrálním) faktorům patří intermuskulární a intramuskulární koordinace. Pohybové jednání vyžaduje komplexní koordinaci četných svalových skupin, prvořadým cílem tréninku proto podle Zatsiorskyho & Kraemera (2009) musí být „*pohybový vzorec, nikoli síla jednoho jediného svalu nebo pohyb v jednom kloubu*“. Koordinace svalových skupin je zajištěna intermuskulární koordinací, zatímco koordinace uvnitř svalu samotného je zajištěna způsobem intramuskulárním. Nervový systém při něm využívá tři možností, jak variovat vyvíjenou svalovou sílu (Zatsiorsky & Kraemer, 2006): rekrutaci (odstupňování absolutní svalové síly pomocí zapojení a vyřazení aktivních motorických jednotek), frekventaci (změna vybíjecí frekvence motorických jednotek) a synchronizaci (více či méně současná aktivace motorických jednotek). Motorická jednotka je souborem svalových vláken inervovaných jedním motoneuronem a je také nejmenší jednotkou, kterou lze samostatně aktivovat (Ambler, 2006). Na základě kontraktlních vlastností lze motorické jednotky (MJ) rozdělit (Edington & Edgerton, 1976) na motorické jednotky s rychlou unavitelností (FF, fast fatigue), rychlé motorické jednotky s malou unavitelností (FR, fatigue resistant) a pomalé, neunavitelné motorické jednotky (S, slow). Ke třem typům MJ lze přiřadit 4 typy svalových vláken (Steinnacker, Wang, Lormes, Reissenecker & Liu, 2002):

1. Typ I, ST (slow-twitch) vlákna – pomalá svalová vlákna s vysokou odolností vůči únavě, nízkým obsahem glykogenu a vysokým obsahem mitochondrií, mohou metabolizovat laktát.
2. Typ II A, FTO (fast-twitch oxidative) vlákna – rychlá svalová vlákna s vysokou odolností vůči únavě, se středním obsahem glykolytických a vysokým obsahem oxidačních enzymů.
3. Typ II D, FTG (fast-twitch glykolytic) vlákna – rychlá, lehce unavitelná svalová vlákna s vysokým obsahem glykogenu a malým obsahem mitochondrií.
4. Typ II C, Intermediární vlákna – se řadí mezi typ I a II.

Rozdělení svalových vláken, tedy výchozí poměr rychlých a pomalých vláken, je geneticky podmíněn a obecně činí 1:1 (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010). Prostřednictvím tréninku se dá ovšem tento poměr změnit, především směrem k pomalým vláknům. Přeměna pomalých vláken na rychlé je ovšem možná jen obtížně. Málokdo si uvědomuje, že při obvyklém silovém tréninku dochází téměř neodvratně k přechodné přeměně omezující rychlost. FTG vlákna se mění na FTO, popřípadě FTO na vlákna ST. Teprve po několikátýdenní regeneraci přitom dochází k reverzi do výchozího stavu (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010). Možná to je jedním z důvodů, proč si v případě některých jedinců, kteří nasadí silový trénink v nadměrné míře, můžeme všimnout určitého zpomalení, možná až těžkopádnosti. Endicott (1980) uvádí, že podíl rychlých svalových vláken je v případě horních končetin vždy intraindividuálně vyšší, než je tomu v případě ostatních tělesných částí. Bílý (2012) tento fakt interpretuje spíše tak, že podíl rychlých svalových vláken není v případě horních končetin u nikoho tak nízký, aby byl ve vodním slalomu limitující. Epstein (2014) naproti tomu uvádí příklad rychlostního kanoisty s pouze 20% podílem rychlých svalových vláken deltového svalu. Takto nízký podíl rychlých vláken ho v kanoistice limitoval, zatímco v případě veslování byl považován za vhodný. Nízký podíl rychlých vláken tak pravděpodobně může být limitující jak ve vodním slalomu, tak především v případě rychlostní kanoistiky, kde je obtížnější tuto limitaci kompenzovat vyšší úrovní jiného výkonového faktoru. Za klíčové lze přitom považovat především zastoupení FTO vláken, která jsou na rozdíl od vláken FTG schopná anaerobně-laktátového energetického metabolismu.

#### **2.3.2.5. Rychlostní schopnosti**

Vodní slalom je sportovní disciplínou „na čas“. Trénink rychlosti tak nelze vnímat jen jako stimulaci schopnosti podporující výkon, jedná se o výkon samotný. Z rozhovorů s řadou

elitních sportovců vyplývá, že výkon ve vodním slalomu se zrychluje neustále sezónu od sezóny. Například dvojnásobná olympijská vítězka Elena Kaliská v osobním rozhovoru uvedla „že člověk nemůže zaspát jedinou sezónu v posouvání vlastní hranice“ (Elene Kaliská, osobní komunikace, leden 2016). Naráží tak na neustálou nutnost kreativně vyhledávat nové, „drzejší“, agresivnější možnosti průjezdů vytyčených brankových kombinací a na zvyšující se konkurenci. Kaliská upozorňuje na nutnost neustálé snahy projet danou brankovou kombinací ve stále kratším čase.

Projevy rychlosti ve vodním slalomu jsou do značné míry podobné projevům ve sportovních hrách. V těch je rychlost hráče dána schopností rychle měnit směr, akcelarovat, prudce zastavovat a protipohybu (Dufour, 2015). Ve vodním slalomu se setkáváme jak s rychlostí akční (cyklickou, acyklickou i kombinovanou), tak i s rychlostí reakční, protože sportovec je nucen rychle reagovat na proměnlivé vodní prostředí. Stejně jako ve sportovních hrách (Dufour, 2015) může i ve vodním slalomu být deformující přísně atletický a akademický přístup. Ten nepochybně nalezne vyšší uplatnění v rychlostní kanoistice. Jak ve vodním slalomu, tak i ve sportovních hrách je celková rychlost pohybu determinována nejen způsobem metabolismu ATP-CP, podílem rychlých svalových vláken či přenosem nervosvalového vzruchu, ale i technikou, koordinačními schopnostmi nebo psychickými faktory (např. vnímáním apod.).

Rychlostní schopnosti jsou předpokladem pohybu provedeného vysokou až maximální rychlostí (ve smyslu fyzikálním). Takový pohyb je prováděn maximálním úsilím a intenzitou, může proto trvat jen krátce (Novosad In Měkota & Novosad, 2005). Uvádí se, že do 20 sekund (Dovalil a kol., 2012). Nejedná se přitom pouze o rychlost pohybového jednání při působení minimálních odporů, ale také o schopnost co nejrychleji reagovat na podněty. I oblast rychlostních schopností je strukturovaná, tvoří ji komplex spíše slabě korelovaných a relativně samostatných podschopností. Lze přitom tvrdit, že v podrobném členění rychlostních schopností nepanuje všeobecná shoda s výjimkou základního rozlišení rychlosti akční a reakční (Novosad In Měkota & Novosad, 2005).

### Klasifikace rychlostní schopností

Reakční rychlost je definována jako „*psychofyzická schopnost reagovat v co nejkratším čase na přijaté podráždění či informaci*“, indikátorem její úrovně je přitom doba

reakce (Novosad In Měkota & Novosad, 2005). Dobu reakce lze definovat jako časový interval od vzniku smyslového podnětu k zahájení volní reakce (Grosser, 2007).

Z teoretického i praktického hlediska je nezbytné rozlišit jednoduchou a výběrovou reakci. Zatímco jednoduchá reakce se uplatňuje při působení neměnného, přesně určeného podnětu, po kterém následuje přesně stanovená pohybová odpověď, výběrová reakce je odpovědí na rozličné očekávané i neočekávané podněty. Sportovec na ně může reagovat celou řadou, učením a tréninkem zvládnutých pohybových činností (Novosad in Měkota & Novosad, 2005). Výběrová reakce se uplatňuje v situačních sportech, ve kterých je pro úspěch rozhodující rychlost jednání. V této skupině sportů, do které řadíme i vodní slalom, jsou vítězství nebo porážka často určovány na základě rozhodovacího tlaku vyplývajícího z adekvátně zvoleného provedení pohybu s ohledem na cíl, dále na základě tlaku vyplývajícího z včasného provedení pohybu s důrazem na rychlost, a také na základě tlaku na přesnost provedení daného pohybu (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010). Rozhodnutí o způsobu pohybové odpovědi jsou úzce spojena s anticipací. Ta je definována jako „*psychický proces, pomocí kterého je odhadován další průběh a konečný výsledek pohybu podle jeho náznaků a určité situace*“ (Novosad In Měkota & Novosad, 2005). Situační sporty včetně vodního slalomu, které jsou „*spojené s rychlostí výběrové reakce*“ jsou proto výrazně „*ovlivněny individuálními zkušenostmi, které umožňují předvídat další průběh pohybových činností zaměřených k dosažení maximálního sportovního výkonu*“ (Novosad in Měkota & Novosad, 2005)

Podle Novosada (In Měkota & Novosad, 2005) je akční rychlost pohybu „*výsledkem svalové kontrakce a činnosti nervosvalového systému*“. Výsledkem pohybu, který je prováděn ve vymezeném prostoru a čase, je změna polohy těla nebo jeho částí. Na základě prováděné pohybové činnosti rozlišujeme cyklickou a acyklickou rychlost. Zatímco rychlost acyklická se týká jednorázového provedení pohybu s maximální rychlostí, rychlost cyklická je dána vysokou frekvencí opakujících se pohybů (Novosad In Měkota & Novosad, 2005). Dovalil a kol. (2008) hovoří navíc o rychlosti komplexní (kombinované), která je dána „*kombinací cyklických i acyklických pohybů včetně reakce*“ a která se nejčastěji vyskytuje jako rychlost lokomoce, přemístování v prostoru. V souvislosti s pojetím komplexní rychlosti ovšem bývá uváděna také rychlost elementární (např. Weineck & Köstermeyer, 1998; Hohmann et al., 2001; Bauersfeld & Voss, 1992). Rozlišování elementární a komplexní rychlosti vychází podle Hohmanna, Lamese & Letzeltera (2010) „*z pochopitelné úvahy, že maximálně rychlé pohyby jsou možné jen u pohybů na malém prostoru bez (patrného) vnějšího odporu*“. Takové



pohyby představují ve sportu výjimku, ale vysoká kvalita motorických řídicích a funkčních procesů potřebná k jejich provedení vytváří cenný koordinační základ pro co nejrychlejší jednání při strukturálně podobných komplexnějších pohybech nebo při odporech brzdících pohyb (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010).

Komplexní rychlostní schopnosti jsou naopak ovlivněny i jinými pohybovými schopnostmi, při malých a středních odporech především schopnostmi silovými. Můžeme se setkat i s pojetím, kdy lze rychlost dokonce chápat jako specifickou schopnost v rámci koncepce rychlé síly (Bührlé & Schmidbleicher, 1981). Rychlosti je v tomto pojetí přičítán primárně kondičně determinovaný charakter. Zmíněné pojetí je v relativním vzájemném souladu s pojetím Bílého (2012), který ve svých pracích, zabývajících se vodním slalomem, rychlostní a silové schopnosti prakticky slučuje. S podobným přístupem se můžeme přitom setkat i v rychlostní kanoistice (např. Folgar, Cárceles & Mangas, 2015). Tento přístup je logický, protože v kanoistice je lokomoce vytvářena silovým působením plochy listu pádla ve vodním prostředí – jinými slovy, pohybům je kladen relativně vysoký odpor vodního prostředí a k jejich rychlému vykonání jsou tak ve zvýšené míře nutné silové schopnosti.

Podle Psotty (2006) je navíc pohybová rychlost do značné míry specifickou kvalitou. To znamená, že je vázána ke konkrétní pohybové struktuře. Rychlost provedení činnosti ve vodním slalomu tak samozřejmě nezávisí jen na úrovni silových a rychlostních schopností, ale i na stupni osvojení pohybové dovednosti.

### Determinanty rychlostních schopností

Zatímco silové a vytrvalostní schopnosti lze jednoznačně přiřadit ke kondici, protože závisí na vymezených anatomicko-fyziologických strukturách a funkcích, konkrétně na nervosvalovém a šlachovém, kardiovaskulárním a respiračním systému, přiřazení schopností rychlostních podobnou jednoznačností postrádá. Rychlost je totiž významně spolurčována také účastí centrálního nervového systému (CNS), tj. kognitivními a řídicími mechanismy. Rychlostní schopnosti jsou proto v klasifikaci pohybových schopností považovány za schopnosti hybridní – svou povahou by se dali částečně řadit jak mezi kondiční, tak i mezi koordinační schopnosti. Rychlé a opakované aktivace a inhibice svalů prostřednictvím nervových vzruchů způsobují lokomoční pohyb. Jde přitom o rychlost vedení elektrického vzruchového impulsu z mozkové kůry až do motorických jednotek a svalových vláken, jejichž

typ je zásadní anatomicko/neuro-fyziologickou determinantou rychlosti. (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010)

O typech motorických jednotek a svalových vláken se podrobněji zmiňujeme v kapitole silových schopností. Zde pouze dodejme, že anatomicko-fyziologické i nervové determinanty rychlosti jsou do značné míry geneticky podmíněny (Tucker & Collins, 2012).

### Korelace rychlostních schopností s výkony v kanoistice

U rychlostních schopností a jejich vlivu na výkonnost ve vodním slalomu shledáváme značnou mezeru v současném vědeckém poznání. Překvapivě podobná mezera ve výzkumu rychlostních schopností jako takových je i v rychlostní kanoistice. Situace se nicméně ozřejmuje přístupem, který většina výzkumníků k rychlostním schopnostem v kanoistice zastává. Již jsme zmiňovali, že například Bílý (2012) či Folgar, Cárceles & Mangas (2015) vnímají rychlostní schopnosti v těsné spojitosti se schopnostmi silovými a že za velmi logický by se v případě kanoistiky dal považovat přístup Bührla & Schmidtbleichera (1981), ve kterém lze rychlost chápat jako specifickou schopnost v rámci koncepce rychlostní síly. Těsné sepjetí silových a rychlostních schopností v kanoistice obecně velmi dobře vystihuje termín *power*, který je často používán v anglosaské literatuře. *Power* (síla, moc, energie) je podle Colemana (1994) „*funkcí síly a rychlosti*“ a vystihuje rychlost v těch sportech a pohybových aktivitách, kde nemůžete být „*rychlý a slabý zároveň*“. Není proto divu, že se u Wingate testu, který o rychlostních schopnostech jedince vypovídá právě jen v naprosto těsném vzájemném vztahu se silovou připraveností, setkáváme s termínem *power* zcela běžně.

O Wingate testu, jenž ovšem neslouží pouze ke zjišťování maximálního anaerobního výkonu, ale také ke zjišťování úrovně anaerobní kapacity (Heller & Vodička, 2011) a mohl by proto být řazen i pod schopnosti vytrvalostní, se proto zmiňujeme už nyní.

Wingate test horních končetin patří mezi velmi rozšířené diagnostické prostředky a výzkumné metody především v případě rychlostní kanoistiky. Studie Sitkowskiho (2002) porovnává vysoce úspěšné kajakáře (držitele medailí z OH a MS) s ostatními kajakáři mezinárodní úrovně (tab. č. 5). Sitkowski (2002) zjistil, že mezinárodně úspěšní kajakáři vynikají vyššími hodnotami relativního (normalizovaného) maximálního výkonu.

Indikátor Wingate testu	Méně úspěšní kajakáři mezinárodní úrovně ( $n = 9$ )	Vysoce úspěšní kajakáři mezinárodní úrovně ( $n = 6$ )	Statistická významnost rozdílu
Maximální výkon $P_{MAX}$ (W)	$837 \pm 70$	$891 \pm 38$	$p > 0,05$
Maximální výkon $P_{MAX}$ (W.kg <sup>-1</sup> )	$9,47 \pm 0,49$	$10,28 \pm 0,73$	$p < 0,05$

Tab. č. 5: Rozdíly mezi velmi úspěšnými a méně úspěšnými kajakáři mezinárodní úrovně (Sitkowski, 2002).

Sitkowski (2002) nezjišťoval korelace mezi testovými indikátory Wingate testu a výkony v závodech, ale pouze porovnával velmi úspěšnou subpopulaci se subpopulací méně úspěšnou. Učinili tak ale Van Someren & Howatson (2008), v tabulce č. 6 proto uvádíme korelace zjištěné mezi indikátory Wingate testu a výkony na různou vzdálenost v rychlostní kanoistice.

Podle Hellera & Vodičky (2004) disponují vodní slalomáři v porovnání s rychlostními kanoisty v průměru nižším anaerobním výkonem. Zdá se to logické, protože výkon ve vodním slalomu pravděpodobně není tak přísně fyziologicky determinován jako výkon v rychlostní kanoistice. Na druhou stranu ovšem Bílý, Süß & Jančar (2010) našli u skupiny šesti seniorských, U23 a juniorských reprezentantů kategorie C1 relativně vysoké hodnoty normalizovaného maximálního výkonu ( $10,4 \pm 0,7$  W.kg<sup>-1</sup>) Wingate testu. Zatímco ale průměrná tělesná hmotnost souboru elitních rychlostních kajakářů výzkumu Sitkovského (2002) činila  $87 \pm 4,6$  kg, v případě reprezentačních singlekanoistů to bylo pouze  $75,5 \pm 6,9$  kg. Elitní rychlostní kajakáři tak dosáhli vyššího absolutního výkonu, singlekanoisté ale prokázali stejně vynikající připravenost ve vztahu k vlastní hmotnosti jako oni. Korelace zjištěná Bílým, Süßem & Jančarem (2010) mezi indikátorem relativního maximálního výkonu při Wingate testu a nominačním pořadím do reprezentačního družstva pro rok 2007 byla středně vysoká ( $r_s = 0,638$ ;  $p > 0,05$ ). Vzhledem k velikosti výzkumného souboru ( $n = 6$ ) ovšem nebyla zjištěná korelace vyhodnocena jako signifikantní.

Ukazatele Wingate testu	Korelace s výkonem na 200m	Korelace s výkonem na 500m	Korelace s výkonem na 1000m
Maximální výkon $P_{MAX}$ (W)	$r = -0,68$ ; $p = 0,03$	$r = -0,84$ ; $p < 0,001$	$r = -0,65$ ; $p = 0,05$

Index únavy IU (%)	$r = -0,54; p = 0,024$	$r = -0,52; p = 0,033$	$r = -0,27; p = 0,299$
Laktát LA (mmol.l <sup>-1</sup> )	$r = -0,14; p = 0,594$	$r = -0,37; p = 0,146$	$r = -0,09; p = 0,713$
30 s práce (kJ)	$r = -0,74; p = 0,001$	$r = -0,87; p < 0,001$	$r = -0,74; p = 0,001$

Tab. č. 6: Korelace mezi vybranými indikátory Wingate testu s výkony v závodech na různé vzdálenosti.

Bílý, Süß & Jančar (2010) zjišťovali také vztah mezi specifickými testy na vodě (sprinty na klidné vodě bez otoček) a pořadím v nominačních závodech. V případě 40 metrového sprintu o časové délce  $13,06 \pm 0,48$  sekundy činila korelace ( $r_s = 0,6; p > 0,05$ ), ani tento vztah ale nelze vzhledem k velikosti výzkumného souboru ( $n=6$ ) považovat za významný. Silnější vztah byl ovšem zjištěn u sprintu na 80m ( $r_s = 0,943; p < 0,01$ ) o časové délce  $28,0 \pm 0,59$  sekundy. Pořadí v nominačních závodech prakticky kopírovalo pořadí v tomto testu.

### 2.3.2.6. Vytrvalostní schopnosti

Vytrvalostní schopnosti člověku dovolují vzdorovat při pohybové činnosti únavě. Kritériem vytrvalosti je potom čas, po který je člověk schopen udržet zadanou intenzitu činnosti, popřípadě čas, po který je schopen určitou činnost vůbec provádět (Měkota a Blahuš, 1983). Podle Hohmanna, Lamese a Letzelera (2010) tato odolnost vůči únavě umožňuje:

1. udržet co nejdéle zvolenou intenzitu,
2. udržovat co nejmenší ztráty intenzity,
3. stabilizovat sportovní techniku a taktické jednání po delší dobu.

### Klasifikace vytrvalostních schopností

Komplex vytrvalostních schopností tvoří lokální vytrvalost, která se dále člení na dynamickou a statickou, a globální vytrvalost, která může být typu aerobního nebo anaerobního.

Lokální vytrvalost nazýváme také vytrvalostí svalovou. Jedná se o schopnost vzdorovat místní svalové únavě. Uplatňuje se při činnostech vyžadujících zapojení menších

svalových skupin (méně než 1/3 svalstva). Podle typu svalové kontrakce rozlišujeme lokální vytrvalost statickou a dynamickou (Měkota a Blahuš, 1983). Globální vytrvalost je schopnost vykonávat dlouhodobě pohybovou činnost, která zatěžuje velké svalové skupiny, klade značné nároky na oběhový a dýchací systém a vyžaduje překonávání pocitu únavy volným úsilím. Pokud energii potřebnou pro svalovou činnost zajišťuje anaerobní metabolismus, hovoříme o globální vytrvalosti anaerobní. V případě převládajícího aerobního metabolismu hovoříme o aerobní, nebo také obecné, vytrvalosti. Ta se uplatňuje především při dynamické práci, která vyžaduje využití více než 50% kardiopulmonální kapacity a trvá nejméně 3 minuty (Měkota & Blahuš, 1983).

Vytrvalostní schopnosti můžeme dále třídit podle typu činnosti, v níž se uplatňují. Vedle relativně nespecifické obecné vytrvalosti, která nemusí být primárně zaměřena na přímé zvyšování výkonnosti v dané disciplíně, zde existuje vytrvalost speciální. Obecná vytrvalost vytváří základ pro vytrvalost speciální, pomáhá sportovci vyrovnávat se s vysokým tréninkovým i soutěžním zatížením a přispívá také k rychlejšímu zotavení. V dlouhodobé koncepci zvyšování vytrvalostní výkonnosti potom v tréninku rozvoj obecné vytrvalosti předchází rozvoji vytrvalosti speciální. Speciální vytrvalost je schopnost, která sportovci umožňuje efektivně vykonávat specifickou pohybovou činnost po dobu, která je určena požadavky specializace. Samotná doba trvání v ní přitom ztrácí význam, hlavní význam má udržení vysoké intenzity činnosti. Úroveň speciální vytrvalosti není zdaleka ovlivněna jen úrovní vytrvalosti globální, ale také úrovní participujících silových a rychlostních schopností a kvalitou specifické nervosvalové koordinace. (Grosser, Starischka & Zimmerman, 2014)

Celkově a obecně vzato „o úrovni vytrvalostních schopností rozhoduje především výkonnost dýchacího a srdečně-cévního systému při přijímání a transportu kyslíku a energetických zdrojů do činných svalů. Dále metabolismus – látková výměna a uvolňování energie ve svaly, vytváření optimálních zásob energie a jejich mobilizace a využívání za přístupu kyslíku i při jeho nedostatku, enzymatický systém svalů“ (Dovalil, 2012). Praktickým tréninkovým potřebám často vyhovuje klasifikační pojetí podle doby trvání pohybové činnosti, které velmi úzce souvisí s rozdíly v energetickém zajištění pohybové činnosti, resp. v poměrovém zastoupení anaerobních a aerobních procesů energetického krytí. Tak v souladu s Dovalilem a kol. (2012) a Lehnertem a kol. (2014) rozlišujeme:

1. Dlouhodobou, schopnost vykonávat pohybovou činnost dané intenzity déle než 10 minut. Dominantní jsou aerobní procesy energetického krytí – za využití kyslíku se

metabolizuje glykogen, později i lipidy. Hlavní příčinou únavy je vyčerpání zdrojů energie.

2. Střednědobou, schopnost vykonávat pohybovou činnost intenzitou odpovídající nejvyšší možné spotřebě kyslíku, tj. po dobu do 10 minut. Limitující je doba využití individuálně nejvyšších aerobních možností (hovoříme v této souvislosti o aerobním výkonu a aerobní kapacitě), dochází k aktivaci anaerobního metabolismu a vzhledem ke značné délce submaximální intenzity i ke značné kumulaci laktátu. Energetickým zdrojem je glykogen, jehož vyčerpání (u trénovaných jedinců méně časté) a kumulace laktátu v organismu jsou hlavními příčinami únavy.
3. Krátkodobou, schopnost vykonávat pohybovou činnost maximální možnou intenzitou (submaximální intenzita) přibližně po dobu do 2 minut. Dominantním způsobem energetického krytí je anaerobní glykolýza – tedy štěpení glykogenu s omezeným přístupem kyslíku za současné tvorby a kumulace laktátu.
4. Rychlostní, schopnost vykonávat činnost absolutně nejvyšší intenzitou co možná nejdéle – do 20 až 30 sekund, podle Lehnerta a kol. (2014) až 35 sekund. Hlavním energetickým zajištěním je tzv. ATP–CP systém, tedy štěpení kreatinfosfátu bez využití kyslíku. Kromě zásoby kreatinfosfátu a anaerobním metabolismem vznikajícího laktátu, omezuje činnost také únava nervového systému.

#### Význam vytrvalosti pro výkon

*„Vytrvalost má přímý a nepřímý význam pro výkon, omezuje současně výkon i trénink. Důkladný a intenzivní trénink je možný jen na základě dobré vytrvalosti. Proto se musí navíc přihlížet k ústřední funkci vytrvalosti, jíž je schopnost regenerace. Vytrvalost způsobuje také to, že se člověk po zátěži dokáže rychle zotavit“* (Hohmann, Lames a Letzelter, 2010). Podle Bílého (2012) je nutné vytrvalostní schopnosti vodního slalomáře chápat *„jednak jako celkovou kardiorespirační zdatnost, jednak jako schopnost práce organismu v laktátové zóně po co nejdelší dobu submaximální intenzitou“*. V souladu s tvrzením Hohmanna, Lamese & Letzeltera (2010) Bílý (2012) dále uvádí, že *„pro vlastní výkon je nejdůležitější krátkodobá a rychlostní vytrvalost“*, zatímco *„střednědobá a dlouhodobá vytrvalost je důležitá pro trénink, zejména pro specifický trénink techniky“*. Střednědobou a dlouhodobou vytrvalost tak chápeme jako obecný základ pro vytrvalost krátkodobou a rychlostní, kterou rozvíjíme téměř výhradně při sportovně–specifickém pohybu, tedy pádlování.

## Determinanty vytrvalostních schopností

Výše uvedené dělení je ve své podstatě podmíněno intenzitou pohybu a dobou jeho trvání. Intenzita pohybu je primárně určována prostřednictvím procesů odbourávání u substrátů bohatých na energii, takže za fyziologickou odolnost vůči únavě a za opětovné doplnění zásob energie při zotavení jsou odpovědné procesy zajištění energie. Primární zajištění energie pro kontrakci svalových vláken probíhá díky rozkladu ATP na ADP (a malá množství AMP). Tuto reakci spouští enzym myosin ATPasa. Lokálně dostupné ATP však vystačí jen na přibližně 2 sekundy. Trvají-li svalové kontrakce déle nebo následují-li častěji po sobě, pak musí být resyntéza ATP zajištěna pomocí sekundárních zdrojů energie. U sekundárního zajištění energie se zcela obecně rozlišuje anaerobní zajištění energie od aerobního. (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010)

Anaerobní zajištění energie dominuje především u zátěže v délce trvání do 2 minut. Rozlišujeme přitom ještě dvě formy anaerobního zajištění energie – alaktacidní (bez vytváření laktátu) a laktacidní (vytváření laktátu). Anaerobně–alaktacidní forma zajištění energie je prvním mechanismem sekundárního zajištění energie (ATP–resyntézy). Nastupuje štěpením kreatinfosfátu (CrP), který je uložen ve svalech a vystačí u netrénovaných asi na 6 sekund, u velmi trénovaných asi na 12 – 20 sekund vysoce intenzivní činnosti. Odbourávání CrP probíhá bez vytváření laktátu. Jestliže se ovšem CrP vyčerpá, pak se potřebná energie nadále získává pomocí anaerobního štěpení glykogenu (anaerobní glykolýzy). Vysoká potřeba energie vede k intenzivní produkci pyruvátu, který následně hydrogenuje na laktát. Výše jeho hladiny vypovídá o stupni překyselení svalů. Zatímco pro alaktacidní formu anaerobního metabolismu je rozhodující enzym kreatinkináza, pro anaerobní glykolýzu je to enzym fosfofruktokináza. Enzym fosfofruktokináza je při nadměrně vysokých koncentracích laktátu inhibován, což způsobuje pokles intenzity pohybu. Anaerobní glykolýza dosahuje svého vrcholu asi po 45 sekundách a dominuje pak zajištění energie asi 2 minuty. Aerobní procesy posléze převáží nad anaerobními, což vede k poklesu výkonu. (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010)

V rámci aerobního mechanismu zajištění energie hovoříme o aerobní oxidaci zásob glykogenu, jejímž katalyzátorem je enzym citrátsynteáza. To je sice spojeno se zřetelně menší rychlostí zajištění energie, za to ale s jejím lepším využitím. Zásoby glykogenu jsou u netrénovaných jedinců vyčerpány přibližně po 30 minutách, u trénovaných až vysoce trénovaných po 60 až 100 minutách. V případě trvání vysoce intenzivního zajištění, kdy není

zajištěn přísun energie zvenčí formou vhodných sacharidů, získává se potřebná energie formou biopozitivní (jaterní glykogenové zásoby), nebo bionegativní (metabolizování tělu vlastních bílkovin na aminokyseliny) glukogenezí. Při návazném snížení nebo již od počátku málo intenzivního zatížení jsou zásoby glykogenu ušetřeny a energie je zajišťována pomocí aerobní oxidace (lipolýza) triglyceridů (tělu vlastní forma tuků). Rychlost získávání energie tímto způsobem je opět zřetelně nižší a podávat výkon je ještě možné jen při intenzitě asi 50% maximální spotřeby kyslíku. (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010)

Z obecně platných anatomicko-fyziologických determinant sportovního výkonu je patrné, že vodní slalom je anaerobně-laktacidní vytrvalostní zátěží. Při takovém typu zátěže vzniká laktát v koncentracích od 4 do 20 mmol.l<sup>-1</sup> krve (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010). Baker (1982) sledoval hladiny laktátu ve 4. – 5. minutě zotavení po slalomovém závodě a našel průměrné hodnoty mezi 10,8 – 16,2 mmol.l<sup>-1</sup>. Jeho výsledky byly potvrzeny také Hellerem a kol. (1995), kteří zjistili, že průměrná koncentrace laktátu v krvi závodníka dosahuje 11 mmol.l<sup>-1</sup> a odhadli, že 52% energetického výdeje bylo zajištěno prostřednictvím anaerobního metabolismu. *„Protože však přínos anaerobních a aerobních mechanismů velice silně závisí na rozsahu, typu a individuálním stavu zatížených svalů jakož i na stavu tréninku jednotlivého sportovce, dají se zevšeobecněné procentní údaje ospravedlnit jen sotva“* (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010). Tento fakt lze doložit velmi rozdílně uváděnými poměrovými zastoupeními například při výkonu v plaveckých sprintech (např. Maglischo, 1993; Neumann, Pfützner & Berbalk, 1998). Také v rychlostní kanoistice se ale setkáváme s poměrně rozdílnými odhady poměrového zastoupení energetického krytí. Závod ve vodním slalomu se časově nejvíc přibližuje závodě na 500m v rychlostní kanoistice, u kterého byl na příkladu amerických reprezentačních závodníků vypočítán 38% podíl anaerobního krytí (Byrnes & Kearney, 1997), v případě 7 mezinárodních kajakářů byl anaerobnímu krytí přisouzen pouze 22% podíl (Zouhal et al., 2012). Je tedy možné, že skutečný podíl anaerobního metabolismu ve vodním slalomu je nižší. Může být ale i vyšší. Obzvlášť s přihlédnutím ke skutečnosti, že výkon zkoumaný Bakerem (1982) i Hellerem a kol. (1995) trval déle než 140 sekund, zatímco časová délka dnešních tratí je kratší (nejčastěji 90 až 100 sekund). Poměr zastoupení anaerobního a aerobního metabolismu bude ve vodním slalomu pravděpodobně silně závislý na charakteru trati. Koncentrace od 6 do 8 mmol.l<sup>-1</sup> se již projevuje zřetelným narušením techniky. Překyselení svalů je hlavním omezením možné doby trvání anaerobně-laktacidního zatížení (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010).



V případě vodního slalomu je nutné si uvědomit, že hodnoty fyziologických ukazatelů jsou proměnlivé nejen v závislosti na individuálních dispozicích jedince, ale také na „obtížnosti vodního terénu, vytyčené trati a době trvání jízdy“ (Bílý, 2012). Výkon ve vodním slalomu není proto jednoduché jednoznačně fyziologicky definovat. Situaci samozřejmě neusnadňuje ani kriticky nízký počet výzkumných prací, které by složitou problematiku fyziologie zatížení ve vodním slalomu uspokojivě vysvětlili. Není proto divu, že oporu hledáme v příbuzné kanoistice rychlostní, ve které lze výkon považovat za vysoce standardizovaný a ve které bylo, pravděpodobně i díky této standardizaci, publikováno výrazně více vědeckých prací. Michael et al. (2008) a později také Li (2012) publikovali dokonce na téma fyziologie zatížení v rychlostní kanoistice systematické přehledové studie. Přihlédnout ovšem musíme také k zásadní okolnosti, že většina publikovaných studií se týká kajakářů. Přitom v odborných kruzích sílí názor týkající se odlišnosti fyziologických nároků zatížení kategorie K1 a C1.

### Maximální spotřeba kyslíku

Maximální ( $VO_{2max}$ ) či vrcholná ( $VO_{2peak}$ ) spotřeba kyslíku charakterizuje aerobní kapacitu a velmi dobře odráží integrované fyziologické adaptace na zatížení vysoké energetické náročnosti vykonávané po delší časový úsek. Jedná se o nejzásadnější fyziologický ukazatel vytrvalostních schopností (Bunc a kol., 2013; O'Toole & Douglas, 1995). Jak je nám prozatím známo, ve vodním slalomu bylo doposud uskutečněno pouze několik studií, které prostřednictvím funkčních zátěžových testů sledovali vrcholné spotřeby kyslíku ( $VO_{2peak}$ ) při práci horních končetin. Jejich výsledky shrnujeme v tabulce č. 7.

Podle Haluwaerta (2003) se, v rámci každoročních lékařských vyšetření,  $VO_{2max}$  výkonnostních vodních slalomářů pohybuje při práci dolních končetin nejčastěji v rozmezí 50 – 65 ml.kg.min<sup>-1</sup>. Již dříve Sidney & Shephard (1972) zjistili při běhu na pásu u 10 kanadských reprezentantů ve vodním slalomu průměrnou hodnotu  $VO_{2max}$  60 ml.kg.min<sup>-1</sup>. Je nutné upozornit na obecně platný fakt, že při práci horních končetin je i u specificky trénovaných jedinců dosahováno nižších hodnot  $VO_{2peak}$  než při práci končetin dolních (Heller & Vodička, 2011). Tento fakt byl potvrzen i u rychlostní kanoistiky (Hahn et al., 1988). Podle Tesche et al. (1976) koresponduje  $VO_{2peak}$  v závodě na 500 metrů 77%  $VO_{2max}$  zjištěného při práci dolních končetin. Trať na 500 metrů je přitom nejpodobnějším časové délce zatížení ve vodním slalomu.

Studie	Výzkumný soubor	Metodika testování	VO <sub>2</sub> peak (ml.kg.min <sup>-1</sup> )	VO <sub>2</sub> peak (l.min <sup>-1</sup> )
Heller & Vodička (2004)	14 mužů RD ČR, všechny kategorie	Kliková ergometrie horních končetin (stupňované funkční zátěžové vyšetření do vita maxima)	47,1 ± 3,4	-
Busta & Bílý (2014)	8 členů RD ČR, kategorie K1	Kliková ergometrie horních končetin (stupňované funkční zátěžové vyšetření do vita maxima)	66,3 ± 3,2	4,86 ± 0,41
Busta a kol. (2018)	5 členů RD ČR, kategorie C1	Stupňovaný zátěžový test do vita maxima při pádlování na kanoi na klidné vodě	45,20 ± 1,15	3,74 ± 0,46
	5 členů reprezentačních družstev ČR kategorie C1	Kliková ergometrie horních končetin (stupňované funkční zátěžové vyšetření do vita maxima)	53,0 ± 2,54	4,89 ± 0,53
Busta, Bílý, Suchý & Kovářová (2017)	6 členů reprezentačních družstev ČR kategorie K1	Kliková ergometrie horních končetin (stupňované funkční zátěžové vyšetření do vita maxima)	56 ± 4,88	4,15 ± 0,41
	6 členů reprezentačních družstev ČR kategorie K1	Stupňovaný zátěžový test do vita maxima při pádlování na kajaku na klidné vodě	56 ± 6,31	4,13 ± 0,51
Bielik et al. (2018)	42 slovenských vodních slalomářů, členů RD v letech 2006-2016	Stupňovaný zátěžový test do vita maxima na pádlovacím ergometru.	46,9 ± 6,5	-

Tab. č. 7: Vrcholné spotřeby kyslíku vodních slalomářů při práci horních končetin.

Jak jsme již zmiňovali, v případě rychlostní kanoistiky bylo doposud učiněno rozsáhlejší množství vědeckých studií zabývajících se VO<sub>2max</sub> a dalšími fyziologickými výkonnostními ukazateli sportovců při zatížení horních i dolních končetin. Vyčerpávající přehledovou studii publikovaných výzkumů představil Michael et al. (2008). Na základě výsledků výzkumných prací (např. Hahn et al., 1988; Tesch et al., 1976; Tesch, 1983; Pendergast et al., 1989; Zamparo et al., 1999 a dalších) uvádí, že rychlostní kajakáři dosahují při zatížení horních končetin VO<sub>2peak</sub> kolem 58 ml.kg.min<sup>-1</sup>. VO<sub>2max</sub> při zatížení dolních končetin je následně úměrně vyšší (Tesch et al., 1976, Tesch, 1983) stejně jako je tomu velmi pravděpodobně i v případě vodního slalomu a v zásadě lze souhlasit s tvrzením, že „i přes

odlišnosti v nárocích kanoistiky na divoké vodě a rychlostní kanoistiky je úroveň aerobní a anaerobní kapacity horní části těla u vodních slalomářů relativně vysoká a odpovídá okolo 87 až 93 % úrovně zjištěné u rychlostních kanoistů“ (Heller & Vodička, 2004).

### Vztah spotřeby kyslíku se soutěžním výkonem

Podíváme se nyní podrobněji na sílu korelace mezi maximální či vrcholnou spotřebou kyslíku, zjištěnou jak při práci dolních tak i horních končetin, s výkonem v závodech. Podle Bunce a kol. (2013) korelují hodnoty  $VO_{2max}$  a  $VO_{2peak}$  dobře s výkony u vytrvalostních disciplín. Jak je to ovšem ve vodním slalomu, kde, jak jsme již uvedli výše, rozhodují o výkonu spíše anaerobní metabolické procesy zajištění energie a na výkonu se nepochybně podílí více faktorů než například v atletických bězích. Bohužel nám doposud není známá žádná studie, která by zjišťovala vztah mezi spotřebou kyslíku a výkony v závodech vodního slalomu. Jinak je tomu ovšem v příbuzné rychlostní kanoistice, kde byly zjišťovány korelace s výkony na 200, 500 i 1000 metrů (tab. č. 8).

Ani výkon v ryze vytrvalostních disciplínách přitom není determinován převážně jen hodnotami  $VO_{2max}$ . Maximální rychlost pohybu závisí jak na aerobní a anaerobní kapacitě, tak i na ekonomice (technice) pohybu (Bunc & Heller, 1989; Di Prampero et al., 1986).

K výsledkům uvedeným v tabulce č. 7 ještě dodejme, že pouze Lopéz-Plaza et al. (2017) zjistili statisticky významné vztahy s výkonností. Ani Sitkowski (2002) nenalezl v případě parametrů  $VO_{2peak}$  statisticky významný rozdíl mezi vysoce úspěšnými kajakáři ( $61,9 \pm 2,9 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ ), držiteli medailí z MS či OH, a méně úspěšnými kajakáři mezinárodní úrovně ( $59,4 \pm 5,0 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ ). Domníváme se proto, že vyšší hodnoty  $VO_{2max}$  či  $VO_{2peak}$  nejsou automaticky předpokladem lepšího výkonu a to dokonce ani na trati 1000m, což dokazují i výsledky sledování Marka & Periče (2006). Ti zjistili pouze nízkou korelaci ( $r=0,26$ ) mezi  $VO_{2max}$  zjištěným při progresivní práci dolních končetin a výkonem na 1000m. Pravděpodobně je ale nutné dosáhnout určité limitující úrovně spotřeby kyslíku.

$VO_{2peak}$	Korelace s výkonem na 200m	Korelace s výkonem na 500m	Korelace s výkonem na 1000m
<p>Hodnota: <math>54,7 \pm 5,5 \text{ ml.kg.min}^{-1}</math>.</p> <p>Ergometr: kajakářský ergometr.</p> <p>Soubor: 8 dospělých výkonnostních kajakářů.</p>	$r = -0,02; p = 0,953$	$r = 0,21; p = 0,403$	$r = -0,01; p < 0,967$

<i>Studie:</i> van Someren & Howatson (2008). <i>Hodnota:</i> 48,3 ± 3,6 ml.kg.min <sup>-1</sup> . <i>Ergometr:</i> běžecký test. <i>Soubor:</i> 82 žákovských a juniorských singlekanoistů. <i>Studie:</i> López-Plaza et al. (2017)	$r = -0,334; p < 0,01$	$r = -0,286; p < 0,05$	$r = -0,326; p < 0,01$
<i>Hodnota:</i> 54,3 ± 4,3 ml.kg.min <sup>-1</sup> . <i>Ergometr:</i> běžecký test. <i>Soubor:</i> 11 dospělých singlekanoistů univerzitní úrovně. <i>Studie:</i> Hamano et al. (2015)	-	$r = -0,576; p > 0,05^a)$	-

<sup>a)</sup>Nebyla zjišťována korelace s výkonem na 500m na vodě, ale s výkonem ve 120 sekund trvajícím „all out“ testu na pádlovacím trenážeru.

Tab. č. 8: Korelace  $VO_{2max}/VO_{2peak}$  s výkony v rychlostní kanoistice.

### Srdeční frekvence a laktát

Srdeční frekvence závodníků při závodech vodního slalomu dosahuje nejčastěji hodnot blízkých se 95% individuálního maxima (Heller a kol., 1995), což potvrzuje i výzkum González-de-Susa a kol. (1999). Hodnoty laktátu po dojetí závodu se pohybují nejčastěji v rozmezí 10 – 16 mmol.l<sup>-1</sup> (Baker, 1982; Heller a kol., 1995). Podobné, nebo mírně vyšší (11 – 17,5 mmol.l<sup>-1</sup>) hodnoty vykazují rychlostní kajakáři (Tesch, 1983) a vůbec nejvyšší hodnoty byly sledovány v případě veslování, kde se koncentrace laktátu běžně pohybuje mezi 11 – 19 mmol.l<sup>-1</sup> a v některých případech až 25 mmol.l<sup>-1</sup> (Shephard, 1998). Marek (2006) zjistil vysokou a významnou korelaci ( $r=0,86; p<0,01$ ) mezi laktátovou tolerancí, indikovanou hladinou laktátu po zakončení spiroergometrického testu, a výkonem na 1000m. Lepší závodníci jsou schopní pokračovat v intenzivním sportovním výkonu s velmi vysokými koncentracemi laktátu.

### Rozdíly mezi kajakáři a kanoisty

Z výsledků Busty a kol. (2017; 2018) vyplývá, že kajakáři dosahují při specifickém zatížení vyšších hodnot  $VO_{2peak}$  než kanoisté. Uvedené rozdíly potvrzuje také Jousellin et al. (1990) v případě rychlostní kanoistiky, když uvádí průměrné hodnoty  $VO_{2peak}$  58,1ml.kg.min<sup>-1</sup> u kajakářů, zatímco u kanoistů pouze 52,2 ml.kg.min<sup>-1</sup>. A podobný rozdíl vyplývá také z porovnání výsledků kajakářů a kanoistů ve studii Hahna et al. (1988). Domníváme se, že je

to způsobeno odlišnými nároky na technickou a kondiční, resp. silovou a vytrvalostní složku výkonu. Při výkonu na C1 se zapojí pravděpodobně menší procento  $VO_{2max}$  než při výkonu na K1, přičemž tento rozdíl je dán odlišností v lokomočních vzorcích i z toho pramenícího rozdílného podílu zapojení svalové hmoty na C1 a K1. Tyto naše předpoklady jsou založeny na výsledcích Busty a kol. (2018), kteří porovnávali výsledky klikové ergometrie a pádlování na kanoi. Kanoisté dosahovali při klikové ergometrii nejen vyšších hodnot  $VO_{2peak}$  (tab. č. 7), ale i tepové frekvence ( $184 \pm 4$  vs.  $171 \pm 4$ ), zatímco u hodnot laktátu byl rozdíl opačný ( $9,25 \pm 1,8$  vs.  $10,75 \pm 0,88$ ). Kajakáři (Busta a kol., 2017) dosahovali při pádlování a při klikové ergometrii velmi podobných a vzájemně silně korelovaných hodnot v obou testech.

### 2.3.3. Faktory techniky a taktiky

Přestože se faktory techniky a taktiky v rámci předkládané práce výzkumně nezabýváme, považujeme za vhodné stručně vymezit jejich význam pro podávání vrcholových výkonů ve vodním slalomu.

Obecně platí, že vysoký mechanický výkon použitých svalů ještě přímo nezaručuje výsledek v podobě vysokého sportovního výkonu. „*K tomu musí ještě přistoupit vysoký stupeň mechanického působení při produkci pohybu, který závisí především na kvalitě pohybové koordinace a efektivitě sportovní techniky, jakož i na chytrém taktickém a psychologickém soutěžním jednání*“ (Hohmann, Lames a Letzelter, 2010). Podle Bílého (2002) vytváří racionální technika „*podmínky pro nejlepší projev tělesných schopností a připravenosti*“ závodníka ve vodním slalomu a tvrdí, že „*při její nedostatečné úrovni je i při vysokých funkčních možnostech nemožné dosahovat vrcholných výsledků*“. Bílý (2012) svá tvrzení dokládá mimo jiné vysokým podílem (cca. 40%) „*technické části specifické přípravy*“ elitních českých sportovců a upozorňuje na velmi vysokou souvislost výkonnostních faktorů techniky a taktiky. „*Faktory taktiky úzce souvisí s technickou vyspělostí závodníka. Ten si vzhledem k variabilitě vodního prostředí, obtížnosti brankové kombinace a vlastním dispozicím volí svou variantu průjezdu mezi slalomovými brankami na trati závodu*“, přičemž „*správné rozhodnutí a výběr řešení konkrétního pohybového úkolu v dané situaci ukazuje na míru zkušeností a kvalitu závodníka*“ (Bílý, 2012). Z uvedených důvodů se proto hovoří o „*technicko-taktických dovednostech*“ či faktorech (Bílý, 2002; Bílý, 2012).

Kvůli proměnlivosti vodního prostředí, změnám vodních terénů, vytyčených tratí i dalších vnějších podmínek výkonu je nesmírně obtížné předpovídat výsledky v závodech. Nibali,

Hopkins & Drinkwater (2011) sledovali pořadí v závodech Světového poháru, Mistrovství světa a Olympijských her v letech 2000 – 2007 s cílem zjistit variabilitu výkonů a možnost jejich predikce. Korelace v pořadí mezi jednotlivými závody, sezónami a dokonce i mezi jednotlivými výkony v daném závodě byly nízké nejen v kategorii C1 ( $r < 0,28$ ), vůbec nejnižší byly v konkurenčně nejvyrovnanější kategorii K1 ( $r < 0,13$ ). Korelace nasvědčují tomu, že v závodech vodního slalomu se vyskytuje mnohem vyšší variabilita výkonů sportovce v rámci jediného závodu, sezóny i více sezón než je tomu například v případě vrcholového plavání (Pyne, Trewin & Hopkins, 2004). Obtížnou predikci výkonů autoři vysvětlují především závoděním na nestejných tratích, které svým charakterem kladou na závodníky vždy poněkud odlišné dovednostní a schopnostní nároky. Nibali, Hopkins & Drinkwater (2011) nicméně také vypočítali, že vliv domácí trati na výkony závodníků je nižší, než se všeobecně předpokládalo. Pouze 0,3 – 0,8% výsledného času. Jejich výsledek vlivu domácí trati na výkon je ovšem nutné brát se značnou rezervou. Vždy je třeba přihlídnout ke kvalitě domácích závodníků, specifčnosti trati či možnostem dlouhodobého tréninku pro zahraniční závodníky. Výsledky Světového poháru v pražské Troji, olympijském kanálu v Augsburgu či velmi specifické trati ve slovinské Ljubljani vypovídají spíše ve prospěch vyššího procentuálního vlivu domácí trati na výkon.

Technické dovednosti závodníka jsou do jisté míry determinovány koordinačními schopnostmi. „*Koordinační schopnosti jsou jednotlivé aspekty řízení pohybů, které jsou co do kvality provedení považovány za přetrvávající dispozice k jednání*“ (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010). Koordinací potom Hohmann et al. (2010) myslí „*souhrnné označení pro řadu koordinačních schopností*.“ Uváděné taxonomie koordinačních schopností (např. Hirtz, 2002; Měkota, 2000; Zimmerman, Schnabel & Blume, 2002) mají ovšem „*v současné době status empiricky nikoliv jednoznačně doložitelných, heuristických konceptů*“ (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010). V této taxonomii je každopádně pod koordinačními schopnostmi řazena i schopnost *diferenciační*. Pokládáme ji za schopnost řízení pohybu v prostoru a čase s ohledem na silové požadavky, na základě přesně rozlišené a rozpracované kinestetické informace přicházející ze svalů, šlach, vazů a kloubních pouzder. V řízení pohybu má zvláštní význam pro tzv. zpětnou vazbu. Ta souvisí se schopností řízení a regulace pohybu a rozhoduje o ekonomičnosti, preciznosti, souladu jednotlivých pohybových fází a přesnosti pohybu (Měkota In Měkota & Novosad, 2005; Kolář, 2016). Diferenciační schopnost zkrátka rozhoduje o tzv. „*pohybovém cítění*“. Zmiňovaný „*cit pro vodu*“ je tak ve své podstatě pouze sportovně-specifickým aspektem diferenciační schopnosti (Kolář, 2016).

Schopnost provádět pohyby s vyšší kvalitou má obecně ve sportovním kontextu velký význam. Technika a koordinace jsou důležité ve všech skupinách sportů, protože zajišťují optimální využití kondičních schopností a ekonomizaci průběhu pohybu (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010). Při diagnostice pohybových schopností v rámci předkládané práce se ovšem přikláníme k přístupu Böse (1987), který argumentuje pro to, aby se z koordinace vyšlo jen tehdy, když je možné v co největší míře vyloučit souvislosti s kondičními schopnostmi.

Oproti kajaku je singlekanoe charakteristická nejen odlišným pádlem s jedním listem, ale také základní pozicí těla v lodi, kterou je klečení, a v jehož důsledku je výše umístěné těžiště těla. V porovnání s kajakem jsou tak singlekanoe k vynahrazení chybějící stability obvykle širší a mají placatější tvar. Především v posledních letech ovšem čím dál tím více závodníků přechází na loď, jejichž tvar je podobný kajaku. Tvar lodi samozřejmě výrazným způsobem determinuje její jízdní vlastnosti a tím i techniku, resp. styl závodníka.

Závodníci hledají stále rychlejší způsoby průjezdu vytyčenou tratí a lze říci, že technika i styl průjezdu brankami vytyčené trati se neustálým, progresivním způsobem vyvíjí, zatímco základní technické charakteristiky výkonu úzce související s biomechanickými zákonitostmi zůstávají podobné (srov. Rohan, 1991; Pinkava, 2006). Můžeme si ale například všimnout menšího vytáčení ramen při přímém záběru a také menšího zapojení zádových svalů. Pádlování je ve vyšší míře závislé pouze na „rychlých“ horních končetinách. Při záběru dochází k větší a dřívější flexi v loketním kloubu a příliš se nezapojuje vrchní horní končetina držící hlavičku pádla.

Současný styl jízdy ve vodním slalomu lze označit za agresivnější, závodníci mohou díky velmi snadno ovladatelným lodím volit nejkratší možnou dráhu a více energie a síly investovat do pohonu lodi vpřed a nikoliv do jejího řízení. Výzkum Huntera (2009) prokázal, že úspěšnější závodníci se v porovnání s ostatními závodníky dokáží udržet hlavou blíže u vnitřních tyček branek a mezi délkou trajektorie lodi a výsledným časem modelového zkráceného závodu našli silnou korelaci ( $r=0,89-0,93$ ). Současní závodníci kvůli stabilitě klečí obvykle velmi nízko, v důsledku čehož, stejně jako v důsledku tlaku na co nejvyšší obratnost mezi brankami, mají kratší pádla. Nižší výška sezení může mít sice negativní vliv na efektivitu pádlování (Broomfield & Lauder, 2014), výhody v podobě vyšší stability a možnosti agresivnějších průjezdů pod tyčkami nicméně převažují.

### 2.3.4. Psychické faktory

Považujeme za vhodné, se ve stručnosti zmínit o aktuálních zjištěních v oblasti psychických faktorů výkonu. Psychickými faktory jsme se ovšem výzkumně nezabývali a shrnujeme tak pouze několik výzkumů, které pomohou k vytvoření kompletní představy o struktuře výkonu ve vodním slalomu.

Podle Bílého (2012) klade vodní slalom zvýšené nároky na psychiku závodníka hned z několika důvodů. Ty jsou spojeny převážně s charakterem zatížení v proměnlivém a náročném vodním terénu, kladoucím nároky na rychlé a správné rozhodování. Bílý (2012) uvádí relativně krátký výčet žádoucích psychických vlastností a tvrdí, že „*při vyrovnanosti světové špičky bývá psychická složka limitujícím faktorem úspěšnosti*“. Hohmann, Lames & Letzelter (2010) přitom důsledně varují před generalizačními tvrzeními podobného typu, neboť jsou jen málokdy podloženy vědeckými důkazy. Tímto způsobem údajně vznikají „*módní tendence nejen v tréninkové, ale i ve vědecké činnosti*“ (s. 112), které mohou bránit v rozvoji daného sportu. Doporučují proto, aby se vycházelo z toho, že „*ve všech oblastech sportovní výkonnosti ještě existují kvalitativní i kvantitativní rezervy*“. Nechceme se v oblasti vlivu psychických faktorů na výkon pouštět do hlubších polemik, a proto pouze v krátkosti shrnujeme, co je v této oblasti prozatím zřejmé z nám dostupných vědeckých studií.

#### Prožívání, stav „flow“ a motivace

Nadprůměrná výkonnost v závodech vodního slalomu s elitní konkurencí byla vykazována převážně jedinci, vyznačujícími se spontánním způsobem prožívání, v samotném závodě orientovanými na přítomný okamžik a prožívajícími hrdost a radost při vítězství. Závodní vzrušení pro takové jedince není nepříjemné, ale vyhledávají naopak jeho vyšší intenzitu. Jsou silně motivovaní bezprostředním prováděním vzrušující aktivity a méně se znepokojují následky jejího provádění (Males, Kerr & Gerkovich, 1998). Soutěžení takových závodníků probíhá často ve stavu *flow* a vysokých sportovních výkonů dosahují subjektivně bez vysokého úsilí či dokonce „*bez námahy*“ (Csikszentmihalyi, 1990). Samotný stav *flow*, který je v posledních letech ve sportovním prostředí značně diskutovaný (např. Elkington, 2011; Chang, 2016; Jelínek & Jetmarová, 2014), se totiž vyznačuje téměř totožnými charakteristikami (např. Nakamura, Csikszentmihalyi & Snyder, 2002), kterými Males, Kerr & Gerkovich (1990) popisuje zkušenost vynikajících závodníků.



Takový přístup k soutěžnímu jednání se lze, alespoň částečně, naučit. Jednotlivec by ke sportovní činnosti měl přistupovat jako ke hře, kterou charakterizujeme jako „nevšední“ a „nevážnou“ činnost, kterou jsme ale ve stejném okamžiku plně pohlceni (Huizinga, 1970). Taková činnost není primárně motivována materiálními zájmy či profity, ale samotným prováděním činnosti. V souvislosti s takovým přístupem k soutěžím i tréninku, lze hovořit dokonce o spirituální dimenzi sportu (Cooper, 1998), transcendentních zkušenostech (Murphy & White, 1995) či spirituální praxi (Hutch, 2012). Domníváme se, že vzhledem k nevyzpytatelnosti soutěží, nutnému těsnému sepejetí s vodou jakožto přírodním živlem skrze naše vnímání, je minimálně v případě vodního slalomu uvedená spirituální souvislost ospravedlnitelná.

Nadprůměrné výkonnosti ve vodním slalomu tak dosahují spíše jedinci s vysokou vnitřní motivací a zároveň se silnějším motivem dosáhnout úspěchu, než vyhnout se selhání (viz. Hošek In Slepíčka, Hošek & Hátlová, 2011). To souvisí pravděpodobně i s větší ochotou riskovat, resp. dle Bílého (2012) „vyšší specifickou odvahou“.

## Temperament

Způsob prožívání soutěže a z něho částečně pramenící soutěžní jednání je ovlivněno temperamentovými vlastnostmi závodníka. Bílý & Süs (2007) zjistili u patnáctičlenného reprezentačního družstva ČR převážně flegmatický typ temperamentu. Flegmatici byli podle Bílého & Süsse (2007) také nejúspěšnějšími českými závodníky v závodech mezinárodních a tvrdí, že flegmatický jedinec „*se dokáže více oprostit od vnějších podnětů v průběhu závodu a tím se více koncentrovat na právě prováděný výkon*“. Stejní závodníci zároveň v testech vykazovali spíše nižší hodnoty výkonové motivace, brzdící anxiozity i neuroticismu.

## Aktivační a aspirační úroveň

Vysoká výkonová motivace úzce souvisí s tzv. aktivační úrovní. Silně výkonově motivovaní jedinci se mohou často nacházet mimo optimální úroveň aktivace, trpět předstartovní horečkou apod. (Hošek & Hátlová In Slepíčka a kol., 2011). Takový jedinci se ovšem často dopouštějí chyb v technicky náročných pasážích, kde je zapotřebí „zvolnit“ a upřednostňovat přesnost a přehled před maximálním fyzickým nasazením. Optimální úroveň aktivační úrovně se přitom může lišit závod od závodu, ale dokonce i kombinace od kombinace uvnitř jediného závodu (Fleurance, 1998; Daille, 2011). Především v případě

nezkušených a vysoce výkonově motivovaných sportovců si na základě pozorování všímáme až příliš vysoké aktivační úrovně, v jejímž důsledku se dopouštějí chyb.

Výkonová motivace souvisí také s úrovní aspirační. Jedná se o subjektivní nároky sportovce na svůj vlastní výkon, jež vyjadřují sportovcovo sebehodnocení. Splnění či dokonce překročení aspirace (očekávání) znamenají úspěch, naopak nižší výkon znamená frustraci. Odolnost vůči frustraci nazýváme frustrační tolerancí (Hošek & Hátlová In Slepíčka a kol., 2011). Ze značné nepredikovatelnosti soutěžních výkonů ve vodním slalomu (Nibali, Hopkins & Drinkwater, 2011) vyplývá, že naplnit vlastní vysoká očekávání v každém závodě je téměř nemožné i pro nejlepší závodníky.

Vysoká frustrační odolnost je nutná zejména v případech, kdy se závodníkovi dlouhodobě nedaří podávat „svůj“ očekávaný výkon v závodě. Nenaplnění vlastních očekávání přitom není jediným zátěžovým, frustračním vlivem. Mezi další zátěžové vlivy lze počítat nespravedlivé udělení penalizace (dvousekundové nebo padesátisekundové), nebo naopak nepřidělení spravedlivé penalizace soupeřovi. S oběma situacemi se setkáváme poměrně často, protože hodnocení „čistoty“ průjezdů provádějí rozhodčí, jejichž úsudek není neomylný. Frustračně působí také chyby v závodě způsobené proměnlivostí vodního prostředí nebo nerovnoměrně vytyčenou tratí (Pion & Raimbault, 2008). Frustrace, vyskytující se potom zejména u perfekcionista sportovců, může vést k syndromu vyhoření a předčasnému ukončení kariéry (Hill, Hall, Appleton & Muray, 2010).

### Úzkost, sebevědomí a imaginace

Bílý, Süß & Jančar (2010) zjistili silnou závislost ( $r_s=0,928$ ;  $p<0,01$ ;  $R^2=0,899$ ;  $p<0,05$ ) mezi výkonem v nominačních závodech v kategorii C1 a somatickou komponentou výkonnostní úzkosti. Čím vyšší somatickou úzkost závodník pociťoval, tím horší byl jeho výkon. Takový závěr je v souladu s teoretickými předpoklady pociťované úzkosti (Hošek & Hátlová In Slepíčka a kol., 2011). Předcházející výzkum Bílého, Kubričana & Süsse (2009) ovšem závislost mezi výkonností ve vodním slalomu a somatickou či kognitivní komponentou úzkosti, ani komponentou sebevědomí nenalezli.

Protože výkonnost ve vodním slalomu je do značné míry determinována zkušenostmi získanými v závodech i tréninku během kariéry (Ridge et al., 2007), není bez překvapení, že se tyto zkušenosti projevují i v kvalitě imaginačních procesů před samotným výkonem. Délka imaginativního výkonu elitních českých závodníků se reálnému soutěžnímu času blížila

těsněji, než tomu bylo u závodníků nižší výkonnosti (Bílý, Buchtel, Süß & Hendl, 2009). Signifikantní vztah mezi časem imaginativního a skutečného výkonu ( $r=0,78$ ;  $p<0,05$ ) byl potvrzen Moranem & MacIntyrem (2012).

### **3. Cíle práce, výzkumné otázky**

#### **3.1. Cíle práce**

Identifikovat vztah vybraných kondičních schopností s výkonností prokázanou v nominačních závodech do reprezentačního družstva ČR a na OH 2016.

Zjistit diference vybraných kondičních schopností mezi reprezentačním družstvem seniorů a reprezentačním družstvem juniorů.

Zjistit optimální úroveň vybraných kondičních schopností pro vrcholovou výkonnost a definovat modelového singlkanoistu.

#### **3.2. Výzkumné otázky**

1. Jaký je vztah kondičních schopností s výkonností prokázanou v nominačních závodech do reprezentačního družstva a Olympijské hry?
2. Jaké jsou rozdíly v kondičních schopnostech mezi členy seniorského reprezentačního družstva a členy juniorského reprezentačního družstva?
3. Jaká je optimální úroveň kondičních schopností vrcholové výkonnosti?
4. Lze na základě úrovně některých kondičních schopností predikovat výkonnost v závodech?

## 4. Metodika

Předkládaná studie byla prováděna v rámci empirické kvantitativní strategie neexperimentálního charakteru. Jedná se proto o studii observační, resp. o výběrové šetření deskriptivního, korelačně-prediktivního a komparativního typu.

Při výběrovém šetření obecně sledujeme jedince a měříme proměnné. Žádnou z proměnných se ovšem nepokoušíme ovlivňovat (Hendl, 2012). Specifikem námi prováděného výběrového šetření je, že o každém jedinci shromažďujeme značné množství údajů.

Jak dále uvádí Hendl (2012), správně provedená výběrová studie poskytuje pouze informaci o závislosti mezi explanační a cílovou proměnnou – „*doklady o kauzálním vztahu jsou v tomto typu výzkumu jen slabé*“.

Výzkum byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem 052/2016 (příloha č. 1). V souladu se zněním tzv. Helsinské deklarace (2013) byli před začátkem testování všichni probandi seznámeni s obsahem výzkumu a časovým harmonogramem. Zdůrazněna byla dobrovolnost výzkumu. Probandům byl vysvětlen význam výzkumu a byli upozorněni na důležitost maximálního nasazení. Informovaný souhlas byl všemi probandy odevzdán před začátkem výzkumu. Osobní data byla zpracována v souladu se zněním Obecného nařízení o ochraně osobních údajů, které vstoupilo ve známost pod zkratkou GDPR ([www.gdpr.cz](http://www.gdpr.cz)) a v jehož rámci osoby souhlasily se zpracováním osobních údajů.

### 4.1. Výzkumný soubor

Výzkumným souborem práce bylo 18 vrcholových a výkonnostních vodních slalomářů kategorie C1, kteří se v dubnu roku 2016 zúčastnili série 4 nominačních závodů konaných v rámci soutěžního seriálu Českého poháru (ČP). Nejprve byli osloveni pouze závodníci s mistrovskou ( $n=3$ ) a I. výkonnostní třídou ( $n=17$ ). V případě, že se někdo z těchto závodníků nemohl nebo nechtěl zúčastnit, byl nahrazen dalším závodníkem v pořadí ČP za podmínky, že splňoval expertní požadavek výkonnostního tréninku 400 a více hodin v ročním tréninkovém cyklu (RTC). Původní myšlenku tzv. totálního výběru všech sportovců s I. a Mistrovskou výkonnostní třídou se nepodařilo uskutečnit. Pět sportovců účast ve výzkumu odřeklo z důvodů pobytu v cizině, ukončení profesionální závodní kariéry, nemoci či obavy

z náročného testování relativně krátkou dobu před nominačními závody. Uplatněn tak byl modifikovaný kvótní výběr s účastí na základě dobrovolnosti.

Z první dvacítky nejlepších českých singlekanoistů se nám podařilo otestovat 15 sportovců, z první desítky potom 8. Zbylí 3 zařazení sportovci se v seriálu Českého poháru 2015 umístili do 25. místa a splňovali expertní požadavek výkonnostního tréninku 400 a více hodin v RTC. Podařilo se nám také otestovat všechny sportovce, kteří byli o několik týdnů později zařazení do RD seniorů, U23 i juniorů pro rok 2016. Kompletní testování se podařilo provést u 17 z 18 testovaných sportovců, a to včetně vítěze nominace, který v srpnu 2016 úspěšně reprezentoval ČR na OH.

Celý výzkumný soubor byl k účasti ve výzkumu pozván prostřednictvím elektronické pozvánky a vysvětlujícího dopisu (příloha č. 2). V tomto dopisu byly probandům vysvětleny nejen všechny požadavky, ale i očekávané vědecké výstupy, osobní benefity i možná rizika. Probandům byly trpělivě zodpovídány všechny dotazy týkající se výzkumu. Z důvodu časové efektivity výzkumu i zachování rovnosti testovacích podmínek jsme postupovali přesně podle stanoveného harmonogramu, jehož podrobný pracovní rozpis včetně organizačních poznámek uvádíme v příloze č. 3.

## **4.2. Sběr dat**

V předkládaném výzkumu představuje nominační pořadí stanovené na základě výsledků v závodech závisle (cílovou) proměnnou, zatímco výsledky v testech představují nezávisle (explanační) proměnnou.

Níže podrobně představujeme metody sběru dat závisle i nezávisle proměnných.

### **4.2.1. Výsledky v nominačních závodech**

Datová kolekce výsledků nominačních závodů byla zajištěna odborným personálem soukromé firmy results.cz s.r.o. ([www.results.cz](http://www.results.cz)), která zajišťuje služby v oblasti zpracování výsledků závodů více než 30 let. Výsledky jednotlivých závodů i celkové pořadí nominace jsou veřejně dostupné na oficiálních internetových stránkách Českého svazu kanoistů ([www.kanoe.cz](http://www.kanoe.cz)) nebo na výsledkovém ([www.rvp.results.cz](http://www.rvp.results.cz)) a statistickém portálu ([www.slalom-world.com](http://www.slalom-world.com)).

Na základě pořadí ve 3 ze 4 nominačních závodů bylo stanoveno nominační pořadí, na jehož podkladě mohou být vždy 3 závodníci zařazeni do seniorského a U23 reprezentačního družstva ČR. Absolutní vítěz pořadí nominace získal právo startu na OH v Riu de Janeiro (Pultera, 2016). Nominační pořadí představuje v našem výzkumu tzv. závisle proměnnou, výsledky v testech potom proměnnou nezávislou.

Čtvrtý a poslední nominační závod Českého poháru byl zároveň prvním z 5 závodů nominace do RD juniorů (RDJ). Juniorští závodníci postupovali tedy do RDJ na základě z větší části odlišných závodů, než závodníci U23 či seniorští závodníci. Všichni se ovšem zúčastnili jak testování, tak i všech 4 nominačních závodů do RDS a RD U23.

Porovnáváme-li vítěze seniorské a juniorské nominace, nepřihlížíme v juniorské nominaci k udělení bonifikačních bodů za výsledky z roku 2015. Cílem tohoto opatření bylo, aby porovnání bylo založeno striktně na výkonnosti prokázané v závodech daného roku.

#### 4.2.2. Předzávodní testování probandů

Výzkumný soubor ( $n=18$ ) byl testován ve třech po sobě následujících dnech (středa, čtvrtek, pátek) 5 týdnů před prvním z nominačních závodů, tedy v předzávodním období RTC (např. Dovalil a kol., 2012). 17 probandů se zúčastnilo všech měření, 1 z probandů potom pouze silových testů a terénního testování v Račicích. Průběh testování byl dopředu podrobně naplánován a sestaven tak, aby byl u všech účastníků aplikován identický postup jak z hlediska následnosti testů, tak i časových prodlev (odpočinků) mezi testy. Rámcový harmonogram a celkový základní výčet všech prováděných testování je znázorněn v tabulce č. 9. Pro efektivnější organizaci rozsáhlého testování a minimalizaci časových prodlev byli probandí rozděleni do 4 – 5 členných skupin, proto byl vytvořen i detailní časový harmonogram (příloha č. 3).

<i>Středa 16. 3. 2016</i>	
Seminární místnost loděnice UK FTVS Troja	Administrativa  Ozřejnění smyslu výzkumné práce (seznámení s teoretickými výstupy)  Představení schválení Etickou komisí UK FTVS  Odevzdání podepsaných informovaných souhlasů  Detailní obeznámení s časovým harmonogramem výzkumu

	Rozdělení do 4 - 5 členných skupin
Posilovna loděnice FTVS – Troja	Doporučené či individuální rozcvičení  Testování maximální síly při cviku bench – press dle předem stanoveného postupu  Testování maximální síly při cviku bench – pull dle předem stanoveného postupu
<i>Čtvrtek 17. 3. 2018</i>	
Laboratoř sportovní motoriky	Měření tělesné výšky a tělesné hmotnosti  Analýza tělesného složení (Tanita)  Analýza tělesného složení (BIA 2000)  Ruční dynamometrie (Takei)
Biomedicínská laboratoř	Antropometrické vyšetření, somatotypologie  Wingate test horních končetin včetně odběru laktátu
Laboratoř sportovní motoriky	Spiroergometrie: stupňovaný zátěžový test při běhu na pásu
<i>Pátek 18. 3. 2016</i>	
Sportovní centrum Račice	Sprinty na klidné vodě na vzdálenosti 20, 40, 80 a 200 metrů včetně odběrů laktátu
Sportovní centrum Račice	Spiroergometrie: stupňovaný zátěžový test při jízdě na C1

*Tab. č. 9: Rámcový harmonogram a celkový výčet využitých metod.*

Při sběru dat byl výzkumný soubor podroben 10 komplexním měřícím procedurám, datová kolekce nezávisle proměnných každého probanda obsahovala více než 100 číselných údajů.

Testování probandů probíhalo v Biomedicínské laboratoři a Laboratoři sportovní motoriky UK FTVS, jejíž personál se odborně účastnil také terénního testování v areálu vodních sportů Sportovního centra Račice i v loděnici pražské Troji. Na rozsáhlém sběru dat se přímo podílelo 10 odborných akademických pracovníků, 4 zkušení trenéři nejvyšší trenérské licence a několik proškolených dobrovolníků.

Konkrétní metody testování jsou podrobně popsány v následujících podkapitolách v pořadí, v jakém po sobě následovaly.



#### 4.2.2.1. Testování maximálních silových schopností

Při testování maximálních silových schopností u cviku bench–press i bench–pull (přítah) jsme zvolili postup dle studie Bakera & Newtona (2004) tak, jak byl použit i ve studii McKeana & Burketta (2010) v případě rychlostních kajakářů. Stanovení jednoho opakovacího maxima (1RM) probíhalo po individuálním zapracování následovně:

- 4 opakování s váhou odpovídající 50% očekávaného maxima.
- Odpočinek 3 - 4 minuty.
- 3 opakování s váhou odpovídající 70% očekávaného maxima.
- Odpočinek 3 - 4 minuty.
- 2 opakování s váhou odpovídající 90% očekávaného maxima.
- Odpočinek 3 – 4 minuty.
- 1 opakování s váhou odpovídající 95% očekávaného maxima.
- Odpočinek 3 – 4 minuty.
- V případě úspěšného předchozího pokusu další zvýšení hmotnosti činky o 2,5 – 5%.
- Hmotnost činky byla případně dále opakovaně zvyšována o 2,5 – 5%, dokud proband nedosáhl 1RM. Odpočinek mezi jednotlivými pokusy byl vždy 3 – 4 minuty.

**Bench press**, neboli *tlak nadhmatem v lehu* (Měkota & Blahuš, 1983) byl prováděn v lehu na zádech, s chodidly opřenými o zem, držení nadhmatem mírně širším než byla šíře ramen probanda (obr. č. 1). Probandi byli vyzváni ke stálému kontaktu zad s lavicí při zachování fyziologické bederní lordózy. Zakázáno tak bylo tzv. „mostování“, které je charakteristické kontaktem hýždí a ramen s lavicí při značném prohnutí v oblasti bederní a hrudní páteře. Probandi byli poučeni také o správném dýchání v průběhu cviku (např. Tlapák, 2010), kdy by u vysokých překonávaných hmotností měl nádech probíhat v začátku spuštění činky na prsa a výdech v závěrečné části tlaku nahoru. Správné dýchání je nutné pro stabilizaci trupu, resp. celého těla, v průběhu cviku.

Probandi byli vyzváni k provádění cviku v korektním pohybovém rozsahu. Tedy z polohy blížící se plné extenzi do polohy, kdy se osa činky dotkla hrudníku, nebo kdy byl alespoň splněn požadavek úhlu  $<90^\circ$  v loketním kloubu v nejnižším bodě dráhy osy činky. Zakázán byl „odraz“ činky od relativně pružného hrudního koše.



*Obr. č. 1: Bench press - počáteční a závěrečná fáze správného provedení cviku (Archiv autora, 2016).*

Po celou dobu byly u testovaného probanda přítomny školené osoby poskytující v případě nutnosti záchranu před pádem činky.

**Bench pull**, *tah v lehu na břiše na lavici* (Měkota & Blahuš, 1983), neboli *přítah* byl prováděn v lehu na lavici, činka ležela před prsy rovně pod ním (obr. č. 2), hlava v prodloužení trupu (obr. č. 3). Zakázáno bylo zapření dolních končetin (pat, kolen) o spodní hranu lavice. Pro lepší stabilizaci těla mohli ovšem probandi chodidly svírat lavici ze stran.



*Obr. č. 2: Přítah - počáteční fáze cviku (Archiv autora, 2016).*



*Obr. č. 3: Přítah - postavení hlavy v průběhu cviku (Archiv autora, 2016).*

Pro uznání opakování bylo nutné, aby se při zvednutí osa činky dotkla rovnoměrně na obou stranách lavice přibližně v úrovni hrudníku či horní části břicha (obr. č. 4) a byla kontrolovaně spuštěna zpět do výchozí polohy.



*Obr. č. 4: Přítah - zdvih činky (Archiv autora, 2016).*

Bez zapření o spodní hranu lavice patami či koleny nebyli probandi schopní provádět hyperextenzi trupu. Díky tomu cvik vypovídá více o silové úrovni horních končetin.

Výsledky bench-pressu i bench-pullu byly zaznamenány do předem připraveného formuláře (příloha č. 4).

#### 4.2.2.2. Antropometrické vyšetření

Veškerá měření byla provedena jedinou zkušenou examinátorkou z Biomedicínské laboratoře UK FTVS. Důvodem byla minimalizace chyby měření. U každého probanda bylo zjišťováno celkem 40 antropometrických parametrů. Konkrétně se jednalo o:

1. tělesnou hmotnost,
2. 3 základní rozměry (tělesná výška, výška v sedu, rozpětí paží),
3. 4 délkové rozměry (délka nadloktí, předloktí, stehna a bérce),
4. 4 šířkové rozměry (epikondyly humeru a femuru, šířka ramen, hloubka hrudi),
5. 11 obvodových rozměrů (předloktí a nadloktí pravé i levé horní končetiny, hrudník, pas, boky, stehno a lýtko pravé i levé dolní končetiny); vše dle Riegerové, Přidalové & Ulbrichové (2006),
6. 10 kožních řas dle Pařízkové (1977) In Riegerová, Přidalová & Ulbrichová (2006),
7. 4 kožní řasy nutné pro stanovení somatotypu dle Heathové & Cartera (1990),
8. byl vypočítán koeficient poměru rozpětí paží / výška, výška v sedu / výška v souladu s Nortonem & Oldsem (1996) i Riegerovou et al. (2006), BMI index dle WHO (2017).

Tělesná výška byla stanovena pomocí antropometru s přesností na 0,1cm. Tělesná hmotnost byla měřena pomocí digitální váhy s přesností na 0,1kg. Obvodové míry i rozpětí paží byly stanoveny použitím neelastického pásma (šířka 0,7cm) s přesností na 0,1cm. Šířkové rozměry byly stanoveny pomocí antropometrického měřítka s přesností na 0,5mm. Všechny nepárově měřené proměnné byly získány na pravé straně těla.

Pro měření tloušťky kožních řas nutných pro stanovení somatotypu (triceps, scapula, spina, lýtko) byl v souladu s Bloomfieldem et al. (2003) i Heathovou & Carterem (1990) použit kaliper Harpendenského typu, u kterého je tlak na kožní řasu  $10.0 \text{ g/mm}^2$ . Při měření 10 kožních řas nutných pro stanovení procenta tělesného tuku (tvář, podbradek, hrudník, triceps, záda, břicho, hrudník II, bok, stehno, lýtko) dle postupu Pařízkové (1977) byl použit doporučený kaliper typu Best.

Somatotyp byl vypočítán dle metodiky Heathové & Cartera (1990) in Riegerová, Přidalová & Ulbrichová (2006).

S výjimkou měření procenta tělesného tuku dle Pařízkové (1977) jsme při všech měřeních postupovali v souladu s postupy využitými při rozsáhlých antropometrických šetřeních

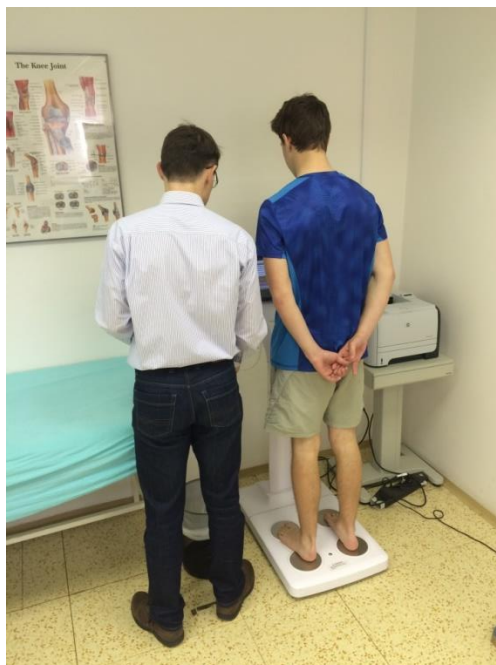
olympijských rychlostních kanoistů i vodních slalomářů v Sydney roku 2000 (Ridge et al., 2007; Ackland et al., 2001; Ackland et al., 2003).

Výsledné hodnoty všech měření byly pomocnou osobou zaznamenány do speciálně vytvořených formulářů (příloha č. 5).

#### **4.2.2.3. Analýza tělesného složení: bioimpedance**

Bioimpedanční analýza pro zjištění tělesného složení byla provedena prostřednictvím dvou přístrojových technik proto, abychom získali co možná nejdetailnější a nejkompexnější informace. Obě metody bioimpedanční analýzy jsou založeny na měření elektrického odporu tkání lidského těla.

**Bioimpedanční přístroj Tanita MC-980** (Tanita, Japonsko) podává na základě naměřených údajů a predikčních rovnic informace o celkovém množství tělesného tuku, celkové tělesné vodě, extracelulárním a intracelulárním podílu tělesné vody, množství svalové a kostní tkáně. Dále odhaduje bazální metabolismus a množství viscerálního tuku. Umožňuje sledovat zastoupení svalové hmoty a tuku v pěti tělesných segmentech – trupu, horních a dolních končetinách ([www.tanita.com](http://www.tanita.com)).

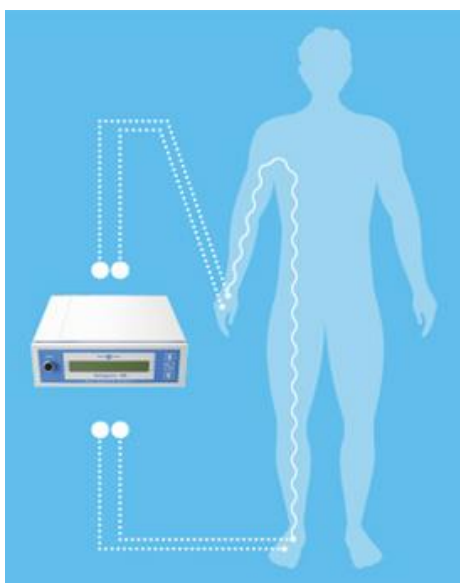


*Obr. č. 5: Tanita (Archiv autora, 2016).*

**Bioimpedanční přístroj BIA 2000** (Data Input Body Composition, Německo) umožňuje vedle zhodnocení tělesného tuku, celkové tělesné vody a podílu extracelulární –

intracelulární vody také zhodnocení poměru extracelulární hmoty k buněčné hmotě, parametr ECM/BCM ([www.data-input.de](http://www.data-input.de)). Jedná se o důležitý parametr k hodnocení předpokladů pro svalovou práci (Bunc a kol., 2013). K výpočtům tělesného složení se používají rovnice verifikované pro českou populaci prostřednictvím metody duální emisní rentgenová absorpciometrie – metody DEXA (Bunc, 2001). Z tohoto důvodu lze metodu BIA 2000 považovat za prokazatelnější.

Vyšetření probíhá v lehu na zádech, přičemž na nártu s kotníkem a zápěstí se zápěstím jsou umístěny elektrody (obr. č. 6), jež jsou spojené s multifrekvenčním analyzérem a počítačem s příslušným softwarovým vybavením.



Obr. č. 6: Schéma znázorňující vyšetření přístrojem BIA 2000 ([www.data-input.de](http://www.data-input.de)).

V souladu s instrukcemi výrobců muselo vyšetření probíhat s minimem oblečení, pouze ve spodním prádle. Vyšetření probíhalo před sportovní aktivitou. Sportovci byli dále poučeni, že hodinu před vyšetřením by neměli přijímat žádné tekutiny ani stravu.

### Limity bioimpedanční analýzy

Přestože metody bioimpedanční analýzy jsou ve výzkumu (v případě vodního slalomu např.: Bílý, Süß & Buchtel, 2011; Bílý et al., 2013) často využívány, je nutné zmínit se o některých jejich závažných limitech. Výsledky mohou být významně ovlivněny úrovní hydratace organismu (Lukaski, Bolonchuk, Hall & Siders, 1986), konzumací potravin (Slinde, Rossander-Hulthén, 2011) i předcházející pohybovou zátěží (Abu Khaled, McCutcheon, Reddy, Pearman, Hunter & Weinsier, 1988). Pro výzkumníky je velmi obtížné uvedeným

vlivům zamezit. Proto jsou pro náš výzkum směrodatné především výsledky kaliperace. Také tato metoda má své limity především v podobě nutnosti zkušeného examinátora. Odborníky (např.: Graves et al., 2006; Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006) je ovšem všeobecně doporučována.

#### 4.2.2.4. *Ruční dynamometrie*

Velikost síly stisku pravé i levé ruky byla změřena japonským ručním dynamometrem Takei A5401 (obr. č. 7), který je celosvětově nejpoužívanějším dynamometrem pro hodnocení aktuální síly stisku ruky ([www.takei-si.co.jp](http://www.takei-si.co.jp)), resp. síly flexorových svalů předloktí.



Obr. č. 7: Ruční dynamometr Takei A5401 ([www.takei-si.co.jp](http://www.takei-si.co.jp)).

Testování probíhalo pod dohledem zkušených výzkumných pracovníků Laboratoře sportovní motoriky UK FTVS. Proband byl vyzván k sedu na židli, s volně nataženými pažemi spuštěnými k zemi (obr. č. 8). Po řádném individuálním vysvětlení a několika rozcvičovacích pokusech spojených s individuální úpravou přístroje vyhovující velikosti ruky byl proband vyzván k maximálnímu stisku.



Obr. č. 8: Maximální stisk ruky v sedu na židli (Archiv autora, 2016).

Proband provedl maximální stisk madel přístroje každou rukou dvakrát. Mezi jednotlivými pokusy na stejnou ruku byl vždy sledován minutový odpočinek. Postupovali jsme v souladu s prováděcími pokyny, přístrojovým manuálem i studií provedenou Hamanem et al. (2015).

Údaje o výsledných hodnotách testu, dominantní paži z hlediska pádlování a dominantní paži z hlediska činností jemné motoriky (např. psaní) byly zaznamenány do speciálně vytvořeného formuláře (příloha č. 6).

#### 4.2.2.5. Wingate test trupu a horních končetin

Protokol Wingate testu horních končetin (Inbar, Bar-Or & Skinner, 1996) nemá celosvětově rozšířené a uplatňované standardy (Heller & Vodička, 2011). Námi uplatňovaný protokolární přístup dle Hellera, Vodičky & Příbaňové (2001) vychází z poznatku, že trénované osoby při práci horních končetin dosahují výkonu odpovídajícímu asi 2/3 výkonu dolních končetin. Proto pokud se u trénovaných mužů pro Wingate test dolních končetin užívá brzdící odpor odpovídající  $6 \text{ W.kg}^{-1}$  ( $=0,104 \text{ kg.kg}^{-1}$ ), lze pro práci horních končetin použít brzdící odpor na úrovni  $4 \text{ W.kg}^{-1}$  ( $=0,069 \text{ kg.kg}^{-1}$ ). Provedením testu jsme získali absolutní i relativní hodnoty maximálního, průměrného i minimálního anaerobního výkonu jak (W, resp.  $\text{W.kg}^{-1}$ ), anaerobní kapacity ( $\text{J.kg}^{-1}$ ), počtu otáček za 30 sekund, indexu únavy (%), srdeční frekvence ( $\text{min}^{-1}$ ) a koncentrace laktátu ( $\text{mmol.l}^{-1}$ ).

Test proběhl v Biomedicínské laboratoři UK FTVS na klikovém ergometru Rump–Rokos 4.0 značky Monark (obr. č. 9 a 10). Klikový ergometr umožňoval individuální úpravu pro vyšetřované osoby různých tělesných parametrů (zejména tělesné výšky a délky horních končetin) tak, že každý proband měl vhodný sed, oporu nohou a střed otáčení ergometru odpovídal úrovni ramenního kloubu. Možnost nastavení délky klik umožňovala při střídavé (asynchronní) práci horních končetin každému z probandů na jedné straně plnou či téměř plnou extenzi horní končetiny ve vzdálené poloze a přiměřenou flexi v blízké poloze kliky ergometru.

Testování probíhalo pod vedením zkušeného personálu Biomedicínské laboratoře dle postupu Hellera et al. (2001) In Heller & Vodička (2011). Velikost odporu byla každému z probandů vytvořena individuálně prostřednictvím umístění závaží odpovídající velikosti. Začátku testu předcházelo individuální rozcvičení, instruktáž a specifické zapracování



v individuálně potřebném časovém rozsahu, obvykle se jednalo o 3 až 5 minut. Laktát byl odebrán přesně 5 minut po dokončení testu kvalifikovanou pracovnící laboratoře.



*Obr. č. 9: Klikový ergometr Rump-Rokos 4.0 značky Monark (Archiv autora, 2016).*



*Obr. č. 10: Wingate - chvíle před začátkem testu (Archiv autora, 2016).*

#### 4.2.2.6. Spiroergometrie: stupňovaný zátěžový test při běhu na páse

Spiroergometrie je vyhodnocením funkční odezvy organismu na zátěž. Při stupňovaném zátěžovém testu byly metabolickým analyzátozem (ADI Instrument, Cortex–Metalyzer, Metamax 3B, Německo; [www.cortex-medical.com](http://www.cortex-medical.com)) snímány vybrané fyziologické parametry, snímána byla také tepová frekvence (model S810, Polar, Finsko). Pozátěžová koncentrace laktátu byla stanovena na konci 5. minuty po ukončení testu. Výčet zjišťovaných fyziologických ukazatelů s jejich stručnou charakteristikou uvádíme v tabulce č. 10.

Fyziologický ukazatel	Charakteristika fyziologického ukazatele
Maximální spotřeba kyslíku ( $VO_{2max}$ )	<p>Udává nejvyšší možnou individuální hodnotu spotřeby kyslíku. Sumárně odráží dýchání, činnost srdce a oběhu i látkovou výměnu ve svalové buňce. Lze použít i termín maximální aerobní výkon nebo jen aerobní výkon. (Vránová, Dovalil &amp; Bunc In Dovalil a kol., 2012).</p> <p>Maximální spotřeba kyslíku je nejcennějším ukazatelem při posuzování aerobní kardiorespirační zdatnosti. Vyjadřuje schopnost organismu transportovat co největší množství kyslíku pracujícím svalům při maximálním zatížení. Je tedy měřítkem maximálních aerobních schopností organismu (Vilikus, 2012).</p>
Maximální plicní ventilace ( $VE_{max}$ )	<p>Minutová ventilace plicní závisí na velikosti dechového objemu a dechové frekvenci, jichž je součinem. Je závislá na intenzitě konané práce. Přízpůsobuje se nejen potřebám zvýšeného přísunu kyslíku, ale především zvýšené koncentraci oxidu uhličitého a jeho potřebě vyloučení z organismu. Klidové hodnoty se pohybují kolem <math>8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}</math>. 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., 2004).</p>
Dechová frekvence (DF)	<p>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, 2004)</p> <p>Klidové hodnoty DF jsou asi 10 až 16 dechů za minutu (Bartůňková, 2014). Je třeba si uvědomit, že zvyšování dechové frekvence může vést ke snížení dechového objemu a tím i minutové ventilace (Havlíčková, 2004).</p> <p>S výkonností se DF mění. U trénovaných jedinců dochází k poklesu klidových</p>

	hodnot dechové frekvence a naopak ke zvyšování hodnot dechového objemu (Vránová, Dovalil & Bunc In Dovalil a kol., 2012).
Anaerobní práh (ANP)	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 $4 - 5 \text{ mmol.l}^{-1}$ (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. U netrénovaných jedinců se ANP pohybuje mezi 50 - 70% $\text{VO}_{2\text{max}}$ , 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. (Vránová, Dovalil & Bunc In Dovalil a kol., 2012).
Tepová frekvence (TF)	Srdeční frekvence (SF) vyjadřuje počet srdečních stahů za minutu. Často užívaný výraz tepová frekvence (TF) odpovídá měření periferní odpovědi – nejčastěji na vřetení tepně na zápěstí a na tepně spánkové. 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 (Havličková a kol., 2004).

Tab. č. 10: Fyziologické ukazatele zjišťované při spiroergometrických vyšetřeních.



Obr. č. 11: Běhátko Quasar ([www.ftvs.cuni.cz](http://www.ftvs.cuni.cz)).

Test byl uskutečněn na běhátku Quasar (h/p/cosmos, Německo), které umožňovalo plynulé zvyšování rychlosti od 0 do 25 km/h a sklonu od 0 – 28% (obr. č. 11 a 12). Disponuje velikostí běžecké plochy 170 cm na délku a 65 cm na šířku ([www.h-p-cosmos.com](http://www.h-p-cosmos.com)).

Celé vyšetření proběhlo pod vedením školených výzkumných pracovníků Laboratoře sportovní motoriky UK FTVS dle příslušné metodiky. Postup byl podobně jako např. v případě studie Bunce a kol. (2013) po individuálním rozcvičení, vysvětlení přesného průběhu testu, umístění sporttesteru a spiroergometrického náustku následující:

- 2 minuty běhu při rychlosti 10 km.h<sup>-1</sup>,
- 2 minuty běhu při rychlosti 12 km.h<sup>-1</sup>,
- 2 minuty měřeného odpočinku,
- 1 minuta běhu při rychlosti 12 km.h<sup>-1</sup>,
- stupňování rychlosti o 1 km.h<sup>-1</sup> každou dokončenou minutu až do odmítnutí („*vita maxima*“),
- ukončení testu po subjektivním vyčerpání a vydýchání,
- odběr laktátu v 5. minutě po ukončení testu.

Sklon běžeckého pásu činil 5% po celou dobu zátěžového testu. Test probíhal do tzv. „*vita maxima*“, „odmítnutí“ či subjektivního vyčerpání probanda.



Obr. č. 12: Běhátka - začátek testu (Archiv autora, 2016).

Data byla ze softwaru Cortex vytištěna ihned po dokončení testu. Definitivní výsledné hodnoty fyziologických ukazatelů byly definovány a zaměstnanci laboratoře určeny jako hodnoty nejvyšší v poslední minutě testu.

#### 4.2.2.7. Sprinty na klidné vodě

Pro co nejvyšší regulérnost podmínek probíhalo terénní testování v kanoistickém a veslařském areálu Račice ([www.racice.info](http://www.racice.info)). Kanál je charakteristický nulovým prouděním vody, čímž se liší od proudění řek, které se mění v závislosti na denním čase, ročním období, vzdálenosti od břehu i místě měření. V umělém kanálu jsou navíc bójemi přesně vyznačené vzdálenosti. Bóje jsou umístěny v desetimetrových intervalech v celé potřebné délce kanálu a lze tak snadno vypočítat patřičnou vzdálenost pro testování. Vzhledem k pořádání nejvyšších národních i mezinárodních soutěží jsou vzdálenosti přesné. Prostřednictvím bójí jsou také vyznačeny dráhy. Všichni probandi byli testováni ve stejné dráze (č. 2), tedy i ve stejné vzdálenosti od břehu.



Obrázek č. 13: Labe Aréna Račice ([www.racice.info](http://www.racice.info)).

V terénním testování jsme zvolili modifikovaný postup dle Bílého, Süsse & Jančara (2010). Ti testovali reprezentanty ve vodním slalomu při hladkých sprintech na 40, 80 a 200 metrů bez otoček. V porovnání s rychlostní kanoistikou či sjezdem na divoké vodě je ovšem slalom charakteristický mimojiné právě točením. Zařadili jsme navíc také kratší vzdálenost na 20 metrů, která vypovídá o úrovni tzv. startovní síly (např. Hohmann, Lames & Letzelter, 2010) a akcelerace.

Po individuálním rozcvičení a vysvětlení postupu jsme postupovali podle schématu uvedeného v tabulce č. 11. Testy za sebou následovaly dle uvedeného pořadí, celý výzkumný soubor absolvoval vždy jednu vzdálenost a teprve poté bylo zahájeno testování na další, delší vzdálenosti. Všichni probandi měli přibližně stejnou a dostatečnou délku odpočinku (min. 5 minut) mezi jednotlivými starty.

Vzdálenost sprintu	Počet otoček	Bližší specifikace testu
20m	0	Sprinty bez otoček s pevným startem.
20m	0	
40m	1	Sprint s otočkou o 360° „na ruku“ na 20. metru, tedy na stranu pádlování.
40m	1	Sprint s otočkou o 360° „v přesahu“ na 20. metru, tedy na stranu opačnou pádlování.
80m	2	Sprint s otočkou o 360° „na ruku“ na 20. metru, o 360° „v přesahu“ na 60. metru.
200m	4	Sprint s otočkou o 360° „na ruku“ na 40. a 120. metru, o 360° „v přesahu“ na 80. a 160. metru.

*Tab. č. 11: Specifikace testování – sprinty na klidné vodě.*

Odběry kapilární krve z prstu ruky sloužící ke zjištění hladiny laktátu byly provedeny vždy na konci 1. a 5. minuty po dojetí sprintu na 80 a 200m. Odběry byly zajištěny kvalifikovaným pracovníkem soukromé společnosti ([www.scymca.cz](http://www.scymca.cz)), která k analýze využívá přístroj SenzoStar GL ([www.diasys-diagnostics.com](http://www.diasys-diagnostics.com)), jenž koncentraci laktátu měří s variačním koeficientem <2,5% při 24 vzorcích.

Čas byl měřen ručně. Stejně jako v případě studie Bílého et al. (2010). Start probíhal z místa, pánví vedle startovní bóje. Proband dostal mávnutím povel ke startu. Po povelu mohl vystartovat podle vlastního rozhodnutí. Teprve v okamžiku, kdy zahájil pohyb (zasazením listu pádla do vody nebo zahájením tažné záběrové fáze), byl na stopkách spuštěn čas třemi instruovanými, zkušenými časoměřiči (trenéry vodního slalomu I. třídy). V cíli byl čas stopnut v momentě, kdy pánev probanda protнула cílovou linii definovanou bójemi – resp. přesně v momentě, kdy se vzdálenější bójka nacházela v zákrytu pánve závodníka.

Změřené časy byly zaznamenány do předem vytvořeného archu (příloha č. 7).

Ze tří změřených časů byl vyškrtnut čas s nejvyšším odchýlením, ze zbývajících dvou časů s nižší vzájemnou odlišností byl vypočítán průměr. Postup uvádíme na příkladu (tab. č. 12).

Např.: sprint na 20 metrů (1)		
Časoměřič 1	Časoměřič 2	Časoměřič 3
7,67	7,55	7,59
X – nezapočítán (nejvíc odchýlený čas)	7,55	7,59
	Průměr: 7,57	

Tab. č. 12: Příklad výpočtu výsledného času sprintu na klidné vodě.

#### 4.2.2.8. Spiroergometrie: Stupňovaný test při jízdě na kanoi

Ještě před samotným testem byla u všech probandů změřena maximální možná rychlost při sprintu s letným startem. Rychlost byla změřena prostřednictvím GPS systému (obr. č 15) Speed Coach GPS-2 ([www.nkhome.com](http://www.nkhome.com)) etablované americké firmy Nielsen-Kellerman, která se dlouhodobě zabývá vývojem a výrobou podobných zařízení určených pro rekreační i vrcholové sportovní účely. Po změření maximální rychlosti všech závodníků byla vypočítána průměrná maximální rychlost, z níž byly následně odvozeny jednotlivé zátěžové stupně.



Obr. č. 14: Speed Coach GPS-2([www.nkhome.com](http://www.nkhome.com)).

Stupňovaný zátěžový test při rovném pádlování bez otoček na klidné vodě byl proveden dle Busty, Bílého, Suchého & Kovářové (2017) následovně:

1. důkladné individuální rozevření a „rozježdění“ kanoisty,
2. pauza v délce cca. 5 – 10 minut, umístění sporttesteru a spirometru na tělo kanoisty (obr. č. 15), umístění GPS-2 na dobře viditelné místo před tělo sportovce, vysvětlení stupňování zátěže postupným zvyšováním rychlosti jízdy,

3. čtyřminutové zapracování v intenzitě 50% maximální rychlosti,
4. měřená minuta klidu,
5. stupňovaný zátěžový test do „*vita maxima*“ (obr. č. 16), intenzita prvního zátěžového stupně byla vypočítána jako  $v = v_{\max} \cdot 0,65$ ,
6. na konci každé minuty se rychlost jízdy zvýšila o 5% (tab. č. 13),
7. test byl ukončen subjektivním vyčerpáním probanda, vzhledem k homogenitě souboru byly koncové časy i vzdálenosti podobné.



Obr. č. 15: Jízda na kánoi - umístění spiroergometru (Archiv autora, 2016).

Zátěžový stupeň	Čas testu	Rychlost jízdy / stupeň zátěže
Stupeň 1.	0. – 1.	$v_{\max} \cdot 0,65$
Stupeň 2.	1. – 2.	$v_{\max} \cdot 0,70$
Stupeň 3.	2. – 3.	$v_{\max} \cdot 0,75$
Stupeň 4.	3. – 4.	$v_{\max} \cdot 0,80$
Stupeň 5.	4. – 5.	$v_{\max} \cdot 0,85$
Stupeň 6.	5. – 6.	$v_{\max} \cdot 0,90$
Stupeň 7. (teoretický)	6. – 7.	Maximální možná intenzita.

Tab. č. 13: Zátěžové stupně a jejich intenzita.

Zásadní komplikaci v průběhu testování na vodě mohou představovat povětrnostní podmínky. Přístroj Cortex Metamax 3B je podle výrobce schopen měřit i v extrémních podmínkách ([www.cortex.medical.com](http://www.cortex.medical.com)). Chladné, větrné či deštivé počasí by ovšem



nepůsobilo pozitivně na sportovce a manipulaci s drahým přístrojem by činilo výrazně obtížnější. Teplota při testování činila 18° Celsia, skoro jasno až jasno, bez srážek, velmi mírný severozápadní vítr do 3 m.s<sup>-1</sup> ([www.portal.chmi.cz](http://www.portal.chmi.cz)).



Obr. č. 16: Rovná jízda v průběhu celého testu (Archiv autora, 2016).

Zjištěná průměrná rychlost probandů činila 10,5±0,4 km.h<sup>-1</sup>. Stupně zátěže tak odpovídaly konkrétním rychlostem uvedeným v tabulce č. 14.

Stupeň zátěže	Rychlost jízdy (km.h <sup>-1</sup> )
v <sub>max.</sub> * 0,65	6,8
v <sub>max.</sub> * 0,70	7,4
v <sub>max.</sub> * 0,75	7,9
v <sub>max.</sub> * 0,80	8,4
v <sub>max.</sub> * 0,85	8,9
v <sub>max.</sub> * 0,90	9,5
Maximální možná intenzita.	Maximální možná rychlost.

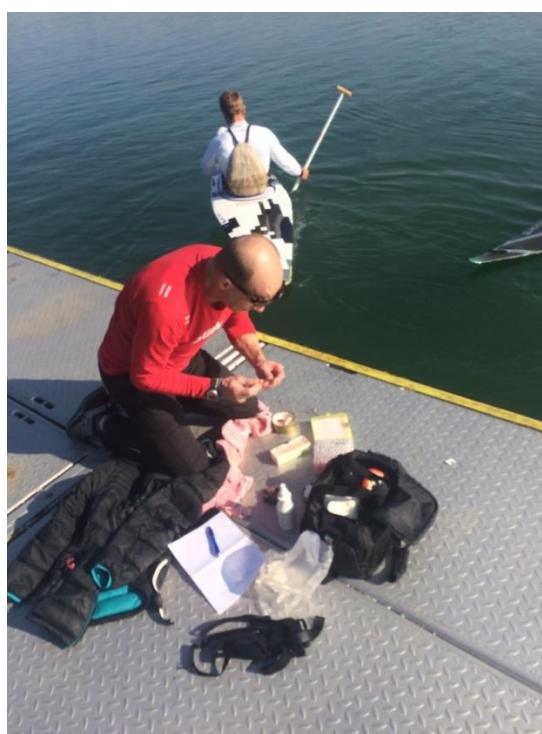
Tab. č. 14: Konkrétní vypočítané rychlosti.

Odběry krve pro zjištění laktátu prováděl opět kvalifikovaný pracovník soukromé společnosti ([www.scymca.cz](http://www.scymca.cz)), vždy na konci 1. a 5. minuty po dojetí testu. Odběry probíhaly na mole v těsné blízkosti cíle stupňovaného testu i sprintů (obr. č. 17 a obr. č. 18).

Teprve po odběrech laktátu následovalo individuální vypádlování v trvání cca 10 minut.



*Obr. č. 17: Odběry laktátu (Archiv autora, 2016).*



*Obr. č. 18: Evidence odběrů (Archiv autora, 2016).*

### 4.3. Analýza dat

Jak uvádí Hendl (2012), důležitá je jasná prezentace výsledků. Ta určuje i styl analýzy, který by „měl dát přednost jednoduchým metodám, zvláště pokud budeme oslovovat širší okruh příjemců výsledků.“

#### 4.3.1. Popisná statistika

Základní metodou námi uplatňovaného stylu analýzy dat je popisná statistika. Podle Hendla (2012) jejím „účelem je přehledně zpřístupnit data graficky, tabulkově a výpočtem různých statistických charakteristik tak, aby byly dobře patrné jejich statistické vlastnosti a umožnilo se také srovnání různých podskupin dat a kategorií“. Konkrétně jsme v rámci našeho výzkumu uplatnili 2 míry centrální tendence (průměr a medián), 1 míru rozptýlenosti (směrodatnou odchylku) a datové rozpětí. Aritmetický průměr je definován jako součet všech naměřených údajů vydělený jejich počtem. Omezenost průměru spočívá v tom, že může být silně ovlivněn odlehlými hodnotami. O nich vypovídá směrodatná odchylka, která měří rozptýlenost kolem průměru. Stejně jako průměr může ovšem být extrémně odlehlými hodnotami ovlivněna i směrodatná odchylka. Medián znamená hodnotu, jež dělí řadu podle velikosti seřazených výsledků na dvě stejné poloviny. Na rozdíl od průměru je rezistentní vůči odlehlým hodnotám a jeho využití je vhodné i v případě, kdy není splněna podmínka normálního rozdělení (Hendl, 2012).

#### 4.3.2. Explorativní statistika

Kromě statistiky popisné jsme ve výzkumu použili i statistiku explorativní. Konkrétně se jednalo o testy statistické významnosti (t-testy), testy pro zjištění míry asociace dvou proměnných – korelační analýzu (Pearsonův a Spearmanův korelační koeficient) a lineární regresní analýzu (jednoduchou i vícenásobnou), která vypovídá více i o tvaru vztahu mezi proměnnými. Zároveň nám dává možnost predikce závisle proměnné na základě znalosti proměnné nezávislé.

##### 4.3.2.1. Korelační analýza

Postupem podle Spearmana (Hendl, 2012) byla zjišťována míra asociace (síla vztahu) mezi nezávisle proměnnou (pořadí v konkrétním testovém ukazateli) a závisle proměnnou

(výsledné nominační pořadí). Spearmanův korelační koeficient je navržen tak, že postupem podle Pearsona koreluje pořadí proměnných. Spearmanova korelace je díky tomuto kroku rezistentní vůči odlehlým hodnotám a sílu vztahu mezi proměnnými měří dokonce i v případě, kdy nemůžeme předpokládat linearitu očekávaného vztahu nebo normální rozdělení proměnných. Koeficient podle Spearmana je možné vypočítat v MS Excel tak, že před výpočtem přiřadíme oběma řadám proměnných X a Y jejich pořadí, která následně korelujeme prostřednictvím funkce Pearson. Jestliže dvě čísla v řadě hodnot  $X_i$ , resp.  $Y_i$  jsou stejná, přiřadíme jim průměrnou hodnotu příslušných pořadí. Obdobnou úpravu provádíme i pro více hodnot, v řadě ovšem nesmí být více než 1/5 pozorování stejných, v takovém případě by bylo nutné upravit celý postup. Při předběžné analýze dat bylo zjištěno, že stejné hodnoty v rámci jedné datové řady nepřekročily nikdy 1/5 všech pozorování a tudíž nebylo nutné postup upravovat.

Pearsonova korelace byla v našem výzkumu použita především ke zjištění reliability a objektivitu terénních testů. Nekoreluje pořadí proměnných, ale přímo jejich konkrétní hodnoty.

„*Pásma síly asociace dvou proměnných podle velikosti korelačního koeficientu*“ určujeme v případě obou typů korelace v souladu s Hendlem (2012) – malá síla asociace  $|0,1 - 0,3|$ , střední síla asociace  $|0,3 - 0,7|$  a velká  $|0,7 - 1,0|$ .

#### **4.3.2.2. Regresní analýza**

Regresní analýza byla použita pouze v případě zásadních testových indikátorů. Tedy těch indikátorů, které ve sportovní praxi bývají považovány za důležité (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010) anebo těch, u kterých byla zjištěna signifikantní korelace ( $r > 0,412$ ;  $p < 0,05$ ). V případě tří nejsilněji korelovaných ukazatelů byla použita také vícenásobná lineární regresní analýza. Ta nám umožňuje odhadovat hodnotu závisle proměnné na základě znalosti několika nezávisle proměnných (Hendl, 2012).

Při regresní analýze nám jde o přesnější popis tvaru vztahu mezi proměnnými X a Y i charakterizaci vhodnosti tohoto vztahu pro predikci hodnoty závisle proměnné pomocí hodnoty nezávisle proměnné. V případě tohoto výzkumu se tedy pokoušíme predikovat pořadí v nominačních závodech (resp. výkonnost) na základě výsledků v kondičních testech různé specificity. Rozdílu mezi naměřenou a predikovanou hodnotou závisle proměnné říkáme reziduální hodnota predikce nebo chyba predikce. V souvislosti s regresní analýzou

používáme také koeficient determinace ( $R^2$ ). Ten je vypočítán na základě podílu variability vysvětlené modelem a celkové variability závisle proměnné. Platí potom matematické tvrzení, že  $100R^2$  udává v procentech tu část celkové variability proměnné Y, která je vysvětlena znalostí hodnoty nezávisle proměnné X. (Hendl, 2012)

#### **4.3.3. Posouzení normality dat**

Protože ve výzkumu používáme parametrické i neparametrické testy a kromě statistické významnosti hodnotíme i absolutní věcnou významnost, přistoupili jsme pouze k orientačnímu posouzení datové normality podle Netolické (2008). Podmínku normality rozdělení dat můžeme považovat za splněnou v případě, že se průměr neliší od mediánu o více než 10%. Průměr se od mediánu lišil ve všech případech pouze minimálně.

## 5. Výsledky

V následujících podkapitolách jsou zaznamenány výsledky nezávisle proměnných a jejich vztahy se závisle proměnnými. Nejprve prezentujeme výsledky zjištěné při specifických formách testování a terénních testech, následně potom výsledky laboratorních měření. Zároveň se snažíme postupovat od výsledků, které obsahují zjištění o významném vztahu daného ukazatele s výkonností či o signifikantním rozdílu mezi skupinami, k výsledkům, které podobné zjištění neobsahují.

Výsledky závisle proměnné, tedy pořadí v nominačních závodech, jsou k dohledání ve výsledkovém archivu [www.rvp.results.cz](http://www.rvp.results.cz), [www.slalom-world.com](http://www.slalom-world.com) nebo na [www.kanoe.cz](http://www.kanoe.cz).

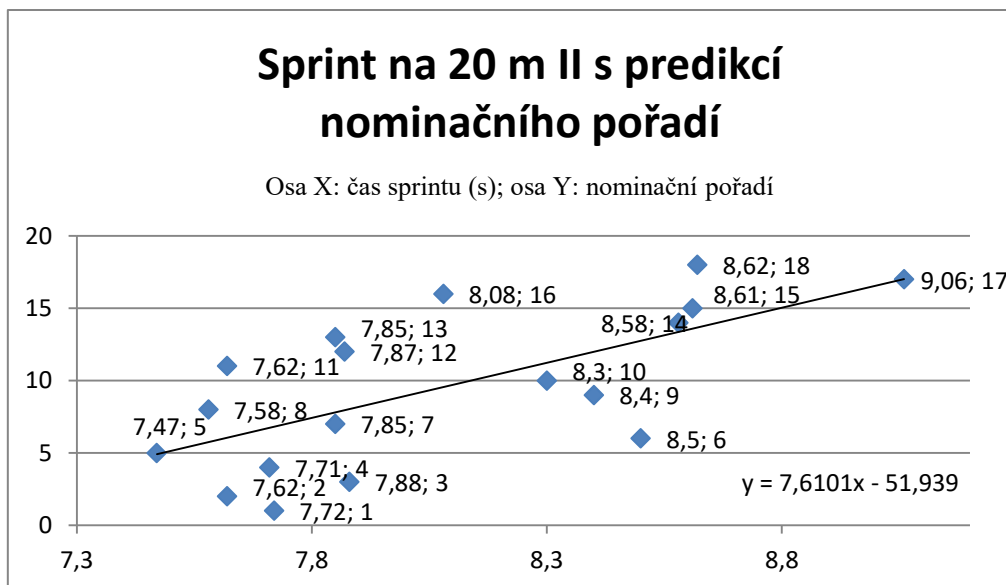
### 5.1. Sprinty na klidné vodě na vzdálenost 20m

	Sprinty na klidné vodě na vzdálenost 20 metrů ( $n = 18$ )			
	Průměr ( $\bar{x}$ ) ± směrodatná odchylka ( $\sigma$ )	Rozpětí hodnot ( $R$ )	Median ( $Me$ )	Spearmanův korelační koeficient ( $r_s$ )
Čas při hladkém sprintu na 20 metrů I (s)	8,09 ± 0,38	7,58 – 9,08	8,04	0,49 $p < 0,025$
Čas při hladkém sprintu na 20 metrů II (s)	8,07 ± 0,44	7,47 – 9,06	7,87	<b>0,65</b> $p < 0,005$

Tab. č. 15: Výsledky dvacetimetrového sprintu.

Korelace mezi pořadím v NZ a výkonem při sprintu na 20 metrů činila 0,49 – 0,65. Jedná se o středně vysokou míru závislosti. Při druhém sprintu dosáhli závodníci lepšího průměrného času. Zrychlit se dokázali především v závodech lépe umístění závodníci, o čemž svědčí i vyšší hodnota korelace.

V grafu č. 1 predikujeme nominační pořadí v závislosti na sprintu č. 2. Vypočítáme-li podle v grafu uvedené rovnice  $y=7,6101x-51,939$  příslušné nominační pořadí pro vzdálenější body od regresní přímky, dostává se nám predikcí značně nepřesných. Svědčí o tom také nízká hodnota spolehlivosti predikce ( $R^2=0,43$ ) a vysoká hodnota chyby středního odhadu ( $SEE=4,15$ ).



Graf č. 1: Predikce nominačního pořadí v závislosti na sprintu na 20 m II.

Pomocí Pearsonova korelačního koeficientu jsme vypočítali také reliabilitu mezi oběma sprinty ( $r=0,920$ ;  $p<0,0005$ ). Vysoká reliabilita svědčí o spolehlivosti tohoto testu. Vedle reliability byla zjištěna i velmi vysoká míra objektivity měření časů ( $r=0,932-0,970$ ;  $p<0,0005$ ) svědčící o velmi vysoké podobnosti naměřených časů a tedy i nízké chybě měření časoměřiči.

## 5.2. Sprinty na klidné vodě na vzdálenost 40m

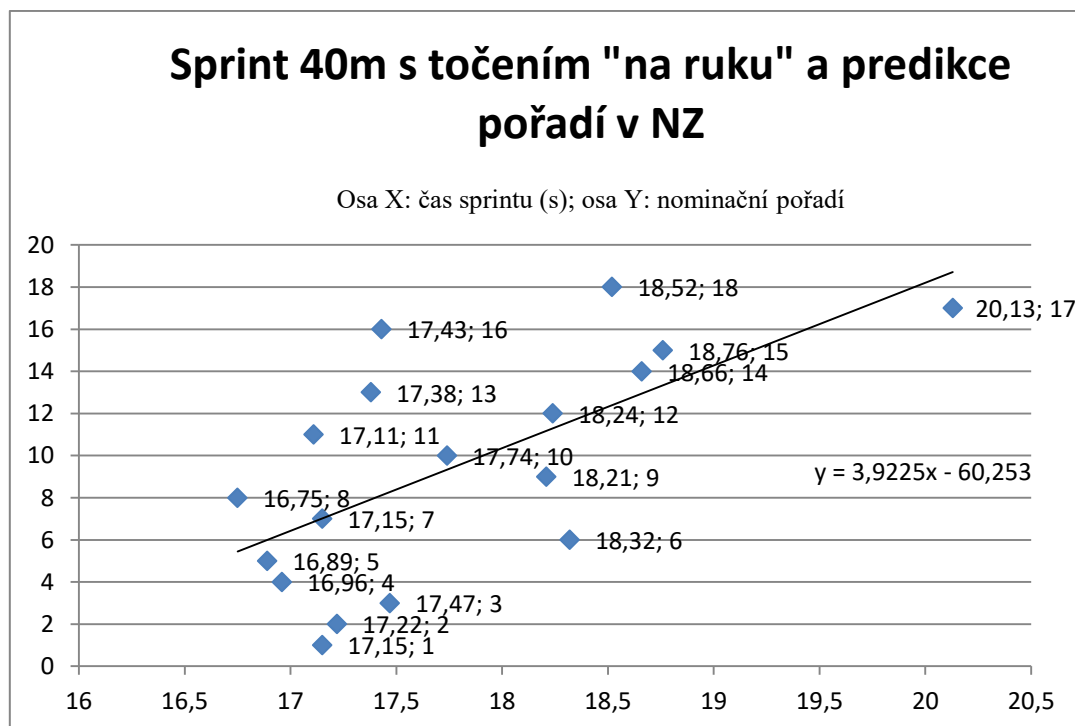
Vysoká hodnota korelace ( $r_s=0,86$ ;  $p<0,005$ ) byla zjištěna mezi výkonností v závodech a sprintem s otočkou „v přesahu“ (označováno častěji jako točení a záběr „na přehmat“ či „v přehmatu“). Točení „v přesahu“ s následujícím rozjezdem patří mezi koordinačně i silově nejnáročnější specifické dovednosti a vysoce obtížné je především velmi rychlé provedení. Pravděpodobně to svědčí o vysokém významu „přehmatu“ pro výkon.

	Sprinty na klidné vodě na vzdálenost 40 metrů ( $n = 18$ )			
	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$	$Me$	$r_s$
Čas při hladkém sprintu na 40 metrů s otočkou uprostřed „na ruku“	$17,78 \pm 0,84$	16,75 – 20,13	17,45	<b>0,62</b> $p<0,01$
Čas při hladkém sprintu na 40 metrů s otočkou uprostřed „na přehmat“	$19,01 \pm 1,00$	17,5 – 21,33	19,13	<b>0,86</b> $p<0,005$

Tab. č. 16: Výsledky čtyřicetimetrového sprintu.

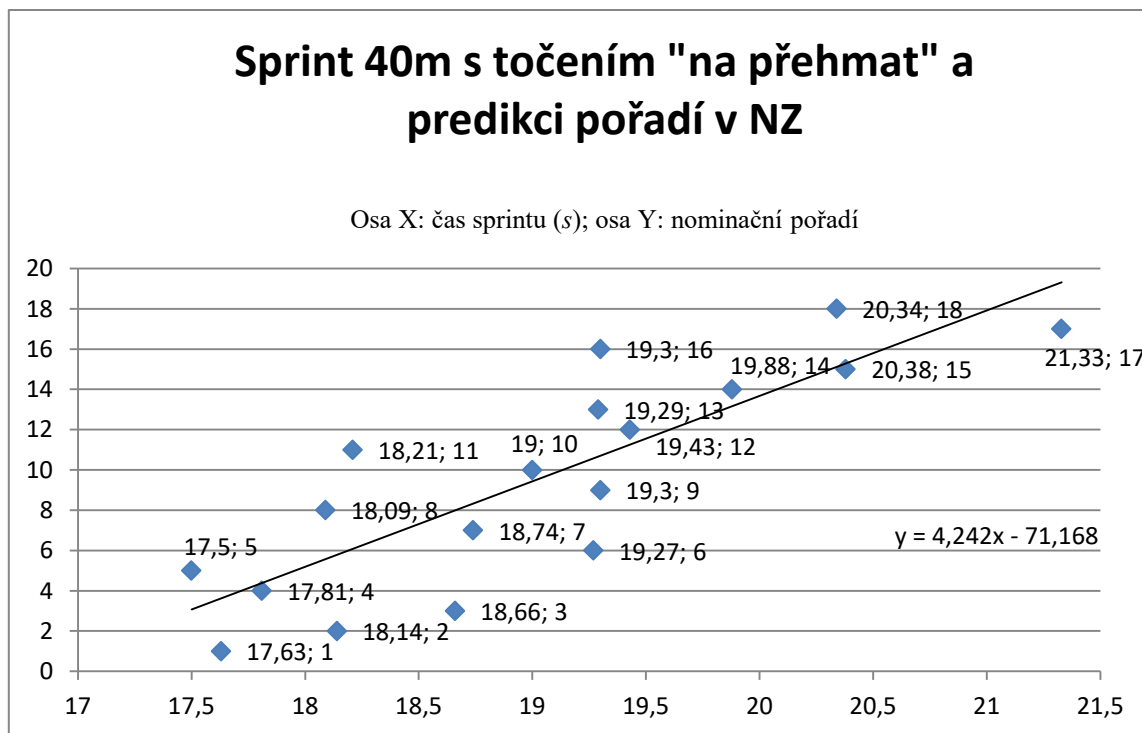
V případě sprintu s točením na ruku byla zjištěna středně silná korelace ( $r_s=0,62$ ).

Podle uvedených regresních rovnic (graf č. 2, 3) můžeme predikovat pořadí v NZ při znalosti výsledných časů 40m sprintů. V případě sprintu s točením „na ruku“ je hodnota spolehlivosti nízká a střední směrodatná chyba odhadu vysoká ( $R^2=0,41$ ;  $SEE=4,22$ ). A přestože v případě sprintu „na přehmat“ se můžeme dobrat přesnějšího odhadu ( $R^2=0,68$ ;  $SEE=3,11$ ), nelze takový odhad stále považovat za uspokojující.



Graf č. 2: Predikce nominačního pořadí v závislosti na znalosti výsledného času při sprintu na 40m s točením „na ruku“.





Graf č. 3: Predikce nominačního pořadí v závislosti na znalosti výsledného času při sprintu na 40m s točením „na přehmat“.

Mezi sprintem s točením „na ruku“ a „na přehmat“ byl zjištěn silný vzájemný vztah ( $r=0,923$ ;  $p<0,0005$ ).

Objektivita měření při sprintech na 40 metrů byla vysoká ( $r=0,971-0,993$ ;  $p<0,0005$ ).

### 5.2.1. Rozdíly mezi RDS a RDJ u krátkých sprintů (20m, 40m)

V tabulce č. 17 zaznamenáváme rozdíly mezi seniorským RD a juniorským RD.

	Závodníci zařazení do seniorského reprezentačního družstva České republiky ( $n = 3$ )		Rozdíl mezi družstvy			Závodníci zařazení do juniorského reprezentačního družstva ( $n = 3$ )	
	$\bar{x} \pm \sigma$ $Me$	$R$	$t (s)$	%	$p$	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$
Čas při hladkém sprintu na 20 metrů 1	$7,90 \pm 0,15$ 7,96	7,69 – 8,06	0,43	5,16	0,04	$8,33 \pm 0,22$ 8,49	8,02 – 8,49
Čas při hladkém sprintu na 20 metrů 2	$7,74 \pm 0,10$ 7,72	7,62 – 7,88	0,42	5,15	0,14	$8,16 \pm 0,41$ 8,4	7,58 – 8,5
Čas při hladkém sprintu na 40 metrů s otočkou uprostřed „na ruku“	$17,28 \pm 0,13$ 17,22	17,15 – 17,47	0,48	2,7	0,22	$17,76 \pm 0,71$ 18,21	16,75 – 18,32
Čas při hladkém sprintu na 40 metrů s otočkou uprostřed „na přehmat“	$18,14 \pm 0,42$ 18,14	17,63 – 18,66	0,74	4	0,1	$18,88 \pm 0,56$ 19,27	18,09 – 19,3

Tab. č. 17: Sprinty na klidné vodě - rozdíly mezi RDS a RDJ.

Průměrné rozdíly mezi juniory a seniory ve vysoké míře ovlivnil jeden z juniorských reprezentantů. Jak je vidět v kolonce rozpětí hodnot tabulky č. 17, dosahoval časů zcela srovnatelných nebo dokonce rychlejších jako nejlepší seniorští sportovci a výrazně rychlejších než zbylí junioři. I tak ale junioři dosahovali v průměru o 3 – 5% pomalejších časů. Největší absolutní rozdíl byl zjištěn v případě sprintu s otočkou „na přehmat“, což odpovídá i zjištěnému vysokému korelačnímu vztahu mezi tímto testem a výkonností v závodech.

### 5.2.2. Vítězové nominace

V tabulce č. 18 sledujeme rozdíly mezi vítězem seniorské a juniorské nominace. Vítězem juniorské nominace se stal proband, který v testech mezi juniory nepředvedl nejlepší výkony.

	Vítěz seniorské nominace	Rozdíl		Vítěz juniorské nominace
		<i>t (s)</i>	%	
Čas při hladkém sprintu na 20 metrů 1	7,69	0,8	9,4%	8,49
Čas při hladkém sprintu na 20 metrů 2	7,72	0,68	8,1%	8,40
Čas při hladkém sprintu na 40 metrů s otočkou uprostřed „na ruku“	17,15	1,06	5,8%	18,21
Čas při hladkém sprintu na 40 metrů s otočkou uprostřed „na přehmat“	17,63	1,67	8,7%	19,3

*Tab. č. 18: Sprinty na klidné vodě - srovnání vítězů nominace.*

Vítěz seniorské nominace dosáhl ve všech sprintech rychlejšího času minimálně o 5,8%. Nejvyšší absolutní rozdíl byl opět zaznamenán u 40m sprintu s točením „na přehmat“.

### 5.3. Sprints na klidné vodě na vzdálenost 80 a 200m

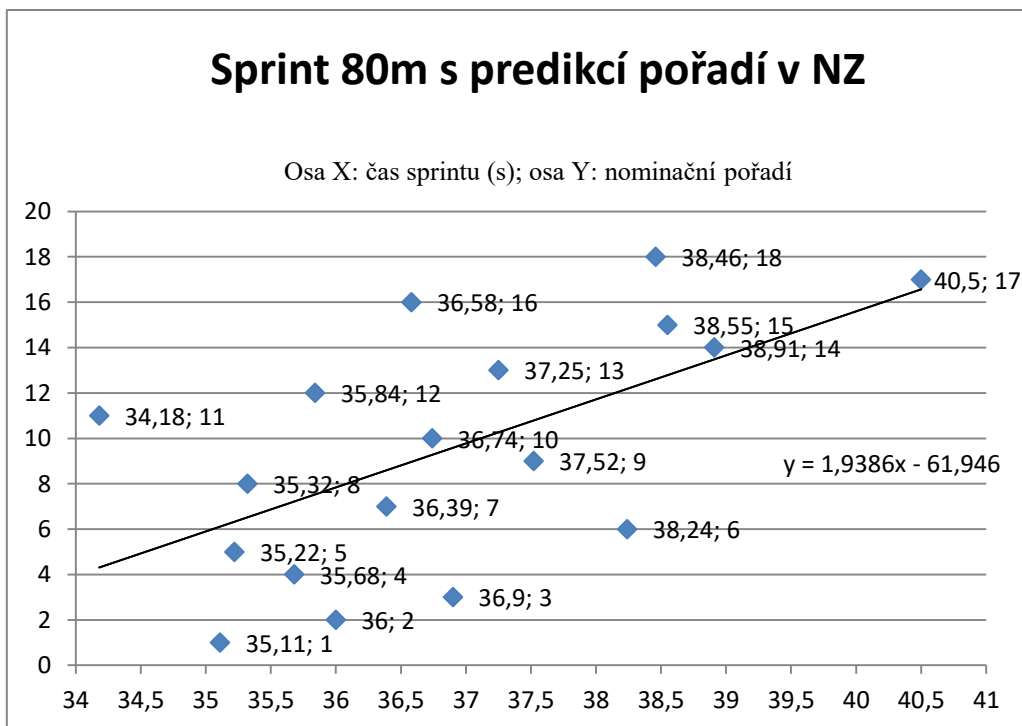
Silný korelační vztah ( $r_s=0,795$ ;  $p<0,0005$ ) byl zjištěn mezi nominačním pořadím a výkonem na 200m. 200m vzdálenost je přitom z hlediska časového trvání pohybové činnosti nejpodobnějším samotným výkonům ve vodním slalomu.

	Sprints na klidné vodě na vzdálenost 80 a 200 metrů ( $n = 18$ ) včetně měření hladiny laktátu			
	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$	$Me$	$r_s$
Čas při sprintu na 80 metrů s 1 otočkou „na ruku“ a 1 „na přehmat“ (s)	36,85 ± 1,56	34,18 – 40,5	36,66	<b>0,58</b> $p<0,025$
Laktát (LA) změřený na konci 1. minuty po dojetí 80m sprintu (mmol.l <sup>-1</sup> )	8,1 ± 1,9	5,1 – 11,9	7,9	0,42 $p<0,005$
LA změřený na konci 5. minuty po dojetí 80m sprintu (mmol.l <sup>-1</sup> )	8,5 ± 2,1	4,8 – 12,6	8,4	0,40 $p<0,05$
Čas při sprintu na 200 se 2 otočkami „na ruku“ a 2 „na přehmat“ (s)	95,21 ± 4,54	88,74 – 107	95,55	<b>0,795</b> $p<0,005$
LA změřený na konci 1. minuty po dojetí 200m sprintu (mmol.l <sup>-1</sup> )	9,7 ± 2,2	5,7 – 13,8	9,9	0,51 $p<0,025$
LA změřený na konci 5. minuty po dojetí 200m sprintu (mmol.l <sup>-1</sup> )	10,9 ± 2,9	5,6 – 17,9	11,1	0,29

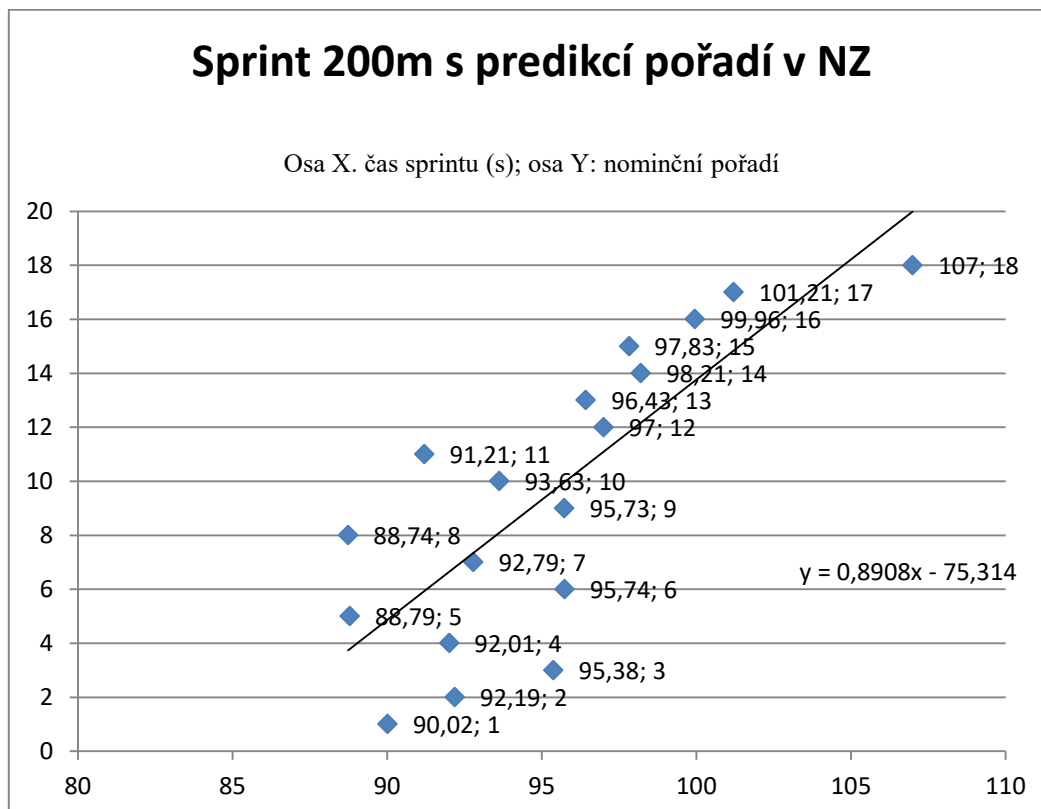
Tab. č. 19: Výsledky sprintu na 80 a 200 m.

Stejně jako v případě krátkých sprintů, i teď predikujeme pořadí v NZ v závislosti na výsledném času v testech. Grafy včetně regresní rovnice pro odhad pořadí uvádíme níže (graf č. 4, 5).

V případě 80m sprintu jsou odhady nespolehlivé a značně nepřesné ( $R^2=0,34$ ;  $SEE=4,46$ ). V případě 200m sprintu se jednotlivé datové body (výsledné časy probandů) nacházejí v relativní blízkosti datové spojnice (regresní přímky). V porovnání se sprintem na 80m je predikce přesnější ( $R^2=0,61$ ;  $SEE=3,43$ ), zároveň se ovšem stále jedná o relativně nespolehlivý nástroj predikce.



Graf č. 4: Predikce nominačního pořadí v závislosti na znalosti výsledného času při sprintu na 80m.



Graf č. 5: Predikce nominačního pořadí v závislosti na znalosti výsledného času při sprintu na 200m.

### 5.3.1. Rozdíly mezi RDJ a RDS u sprintů na 80m a 200m

	Závodníci zařazení do seniorského reprezentačního družstva České republiky ( $n = 3$ )		Rozdíl mezi družstvy			Závodníci zařazení do juniorského reprezentačního družstva ( $n = 3$ )	
	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$	$t(s)$	%	$p$	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$
	$Me$						
Čas při sprintu na 80 metrů s 1 otočkou „na ruku“ a 1 „na přehmat“ (s)	$36,0 \pm 0,73$  36,0	35,11 – 36,9	1,03	2,8	0,19	$37,03 \pm 1,24$  37,52	35,32 – 38,24
LA změřený na konci 1. minuty po dojetí 80m sprintu ( $\text{mmol.l}^{-1}$ )	$8,3 \pm 0,9$  8,6	7,1 – 9,2	0	0	0,38	$8,3 \pm 0,8$  8,7	7,2 – 8,9
LA změřený na konci 5. minuty po dojetí 80m sprintu ( $\text{mmol.l}^{-1}$ )	$8,6 \pm 1,3$  8,9	6,8 – 10,0	0,5	6,2	0,48	$8,1 \pm 1,1$  7,7	7 – 9,7
Čas při sprintu na 200 se 2 otočkami „na ruku“ a 2 „na přehmat“ (s)	$92,53 \pm 2,20$  92,19	90,02 – 95,38	0,87	0,95	0,37	$93,40 \pm 3,30$  95,73	88,74 – 95,74
LA změřený na konci 1. minuty po dojetí 200m sprintu ( $\text{mmol.l}^{-1}$ )	$10,7 \pm 1,5$  10,9	8,8 – 12,4	1,8	20	0,11	$8,9 \pm 0,7$  9,2	8 – 9,5
LA změřený na konci 5. minuty po dojetí 200m sprintu ( $\text{mmol.l}^{-1}$ )	$11,2 \pm 2,6$  11,8	7,8 – 14,1	0,2	1,8	0,45	$11 \pm 1,1$  10,2	10,1 – 12,6

Tab. č. 20: Sprinty na 80 a 200m - rozdíly mezi RDS a RDJ.

Průměrné rozdíly mezi juniory a seniory ve vysoké míře znovu ovlivnil jeden z juniorských reprezentantů. Jak je vidět ve sloupci rozpětí hodnot tabulky č. 20, dosahoval časů zcela srovnatelných nebo dokonce rychlejších jako nejlepší seniorští sportovci a výrazně rychlejších než zbylí junioři. Junioři tak dosahovali v průměru jen přibližně o 1 – 3% pomalejších časů.

### 5.3.2. Vítězové nominace

Porovnání vítězů nominace u sprintů na 80 a 200m představuje tab. č. 21.

	Vítěz seniorské nominace	Rozdíl		Vítěz juniorské nominace
		<i>t(s)</i>	%	
Čas při sprintu na 80 metrů s 1 otočkou „na ruku“ a 1 „na přehmat“ (s)	35,11	2,41	6,45	37,52
LA změřený na konci 1. minuty po dojetí 80m sprintu (mmol.l <sup>-1</sup> )	9,2	0,5	5,74	8,7
LA změřený na konci 5. minuty po dojetí 80m sprintu (mmol.l <sup>-1</sup> )	10	0,3	3,1	9,7
Čas při sprintu na 200 se 2 otočkami „na ruku“ a 2 „na přehmat“ (s)	90,02	5,71	5,97	95,73
LA změřený na konci 1. minuty po dojetí 200m sprintu (mmol.l <sup>-1</sup> )	12,4	4,4	55	8
LA změřený na konci 5. minuty po dojetí 200m sprintu (mmol.l <sup>-1</sup> )	14,1	1,5	11,9	12,6

Tab. č. 21: Sprinty na 80 a 200m - porovnání vítězů nominace.

Vítěz juniorské nominace byl při sprintech na 80 a 200 metrů přibližně o 6% pomalejší než vítěz nominace seniorské. Ještě lépe je tento rozdíl patrný, sledujeme-li absolutní časový rozdíl mezi vítězi. Především více než pětisekundový rozdíl na 200m sprintu shledáváme jako významný.

### 5.3.3. Predikce nominačního pořadí na základě testování na vodě

Na základě s výkonem dvou silně korelovaných a jednoho středně silně korelovaného sprintu jsme se prostřednictvím vícenásobné lineární regresní analýzy pokusili predikovat výsledné nominační pořadí.

Do predikční rovnice  $y = -58,16 + 0,079x_1 - 4,85x_2 + 7,70x_3$  tak vstupovaly výsledky ze sprintů na 40m a výsledek 200m sprintu.

Vysoká hodnota koeficientu determinace ( $R^2 = 0,78$ ) přitom svědčí o poměrně vysoké spolehlivosti predikce. Směrodatná chyba odhadu ( $SEE = 2,75$ ) je nižší, než tomu bylo v případě predikcí založených na samostatných sprintech. Náš odhad je spolehlivější, ovšem v tabulce č. 21 uvedená očekávaná a skutečná vzájemná nominační pořadí se liší téměř ve většině případů pozorování.

<i>Nominační pořadí</i>	<i>Očekávané nominační pořadí</i>	<i>Reziduální hodnoty predikce</i>
1	1,481653243	-0,481653243
2	5,241132241	-3,241132241
3	8,284558835	-5,284558835
4	3,947574841	0,052425159
5	1,645281352	3,354718648
6	8,884740535	-2,884740535
7	10,24911249	-3,249112491
8	6,864624277	1,135375723
9	9,64894339	-0,64894339
10	9,453919866	0,546080134
11	6,236654658	4,763345342
12	10,60493591	1,395064089
13	13,65625457	-0,65625457
14	12,12744855	1,872551445
15	15,46258049	-0,462580486
16	13,76978891	2,230211089
17	16,39590016	0,604099842
18	17,04489568	0,95510432

Tab. č. 22: Skutečné a odhadované nominační pořadí - reziduální hodnoty predikce.

Pro přibližný odhad předpokladů sportovce a posouzení jeho šancí na umístění v nominačních závodech by ovšem mohla být navržena predikční rovnice využitelná.



## 5.4. Výsledky testování silových schopností

Uvádíme zde výsledky cviku bench-press, bench-pull a ruční dynamometrie Takei. Se silovými schopnostmi ovšem souvisejí také některé parametry tělesné stavby, složení a Wingate testu. Uvádíme je nicméně ale až v následujících samostatných kapitolách.

	Výsledky testování silových schopností ( $n = 17$ )			
	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$	$Me$	$r_s$
Věk (roky)	20,9 ± 5,1	16 – 32	18,1	-0,59 <b><math>p &lt; 0,01</math></b>
Hmotnost (kg)	74,4 ± 4,6	65 – 81,4	75,7	-0,08
Výška (cm)	180,6 ± 4,1	175,6 – 191,7	179,5	-0,13
BMI (kg.m <sup>2</sup> )	22,8 ± 1,7	18,6 – 25,8	22,8	0,04
Bench press 1RM (kg)	94,7 ± 15,9	80 – 130	85	<b>0,57</b> <b><math>p &lt; 0,025</math></b>
Bench press – poměr 1RM/tělesná váha (kg.kg <sup>-1</sup> )	1,26 ± 0,17	1,04 – 1,61	1,22	<b>0,60</b> <b><math>p &lt; 0,01</math></b>
Přítah 1RM (kg)	93 ± 9,5	80 – 110	88	0,21
Přítah – poměr 1/RM/tělesná váha (kg.kg <sup>-1</sup> )	1,23 ± 0,1	1,1 – 1,4	1,25	0,33
Takei dominantní HK (N)	49,3 ± 7,5	36,4 – 63	47,9	0,16
Takei pravá HK (N)	48,4 ± 6,8	36,4 – 59,6	46	0,007
Takei levá HK (N)	48,8 ± 7,5	37,5 – 63	48,3	0,27

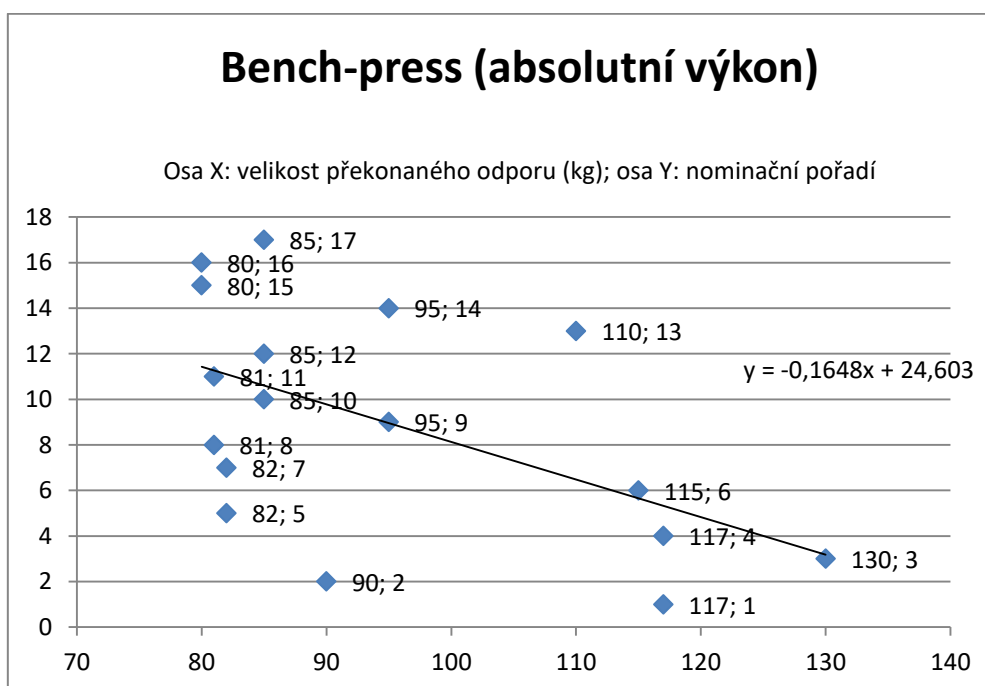
Tab. č. 23: Výsledky testování silových schopností.

Středně vysoká míra korelace s nominačním pořadím byla zjištěna u ukazatelů cviku bench-press. Rozpětí uzvednutých hmotností zde bylo širší, než je tomu u cviku přítah (bench-pull), který ovšem dle Kračmara a kol. (2016) vykazuje s pádlováním vyšší kinematickou podobnost. Lze to vysvětlit tím, že závodníci jsou v přítahu díky podobnosti s pádlováním přirozeně vyrovnanější, ale i tím, že někteří závodníci cvik bench-press ve svém tréninku nezařazují, nebo jej zařazují pouze nepravidelně. Na druhou stranu, koeficient korelace mezi cvikem bench-press a bench-pull byl vysoký ( $r=0,79$ ;  $p < 0,005$ ). Jedná se o

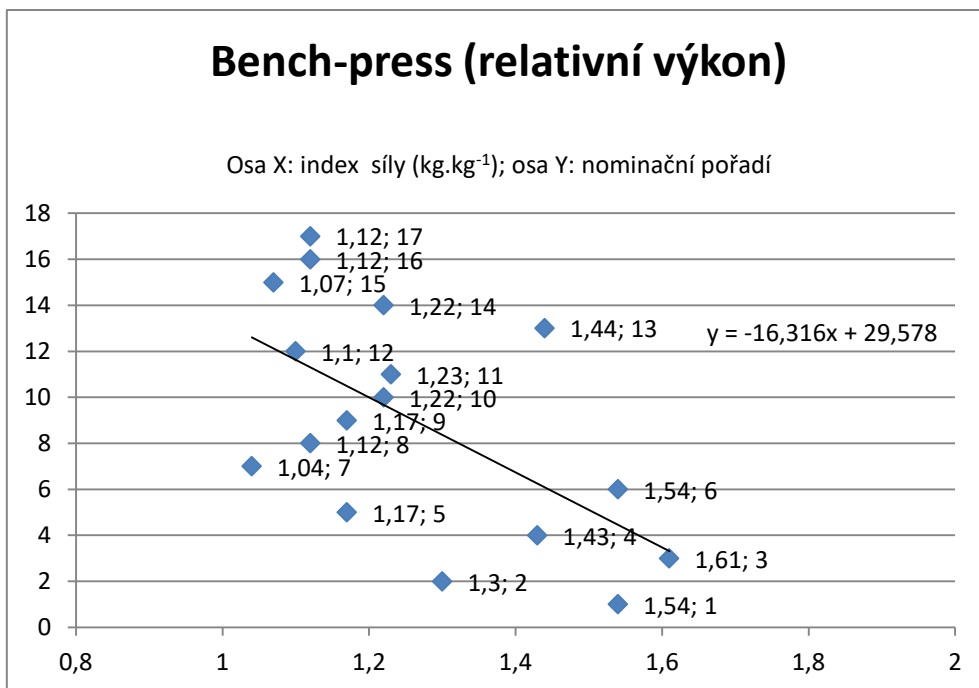
vysokou míru korelace, která upozorňuje na obecně lepší silovou připravenost některých sportovců.

Graf č. 6 a 7 ukazuje trendy zjištěné u cviku bench-press. Prostřednictvím regresní rovnice můžeme znovu predikovat pořadí v NZ. Spolehlivost odhadu je ovšem v obou případech nízká a chyba predikce značná ( $R^2=0,29$ ;  $SEE=4,40$  pro absolutní hodnoty cviku, resp.  $R^2=0,34$ ;  $SEE=4,21$  pro hodnoty relativní).

Z trendu je patrné, že v nominaci úspěšnější závodníci dokázali při cviku bench-press vzepřít vyšší hmotnost absolutně i ve vztahu k vlastní tělesné hmotnosti.



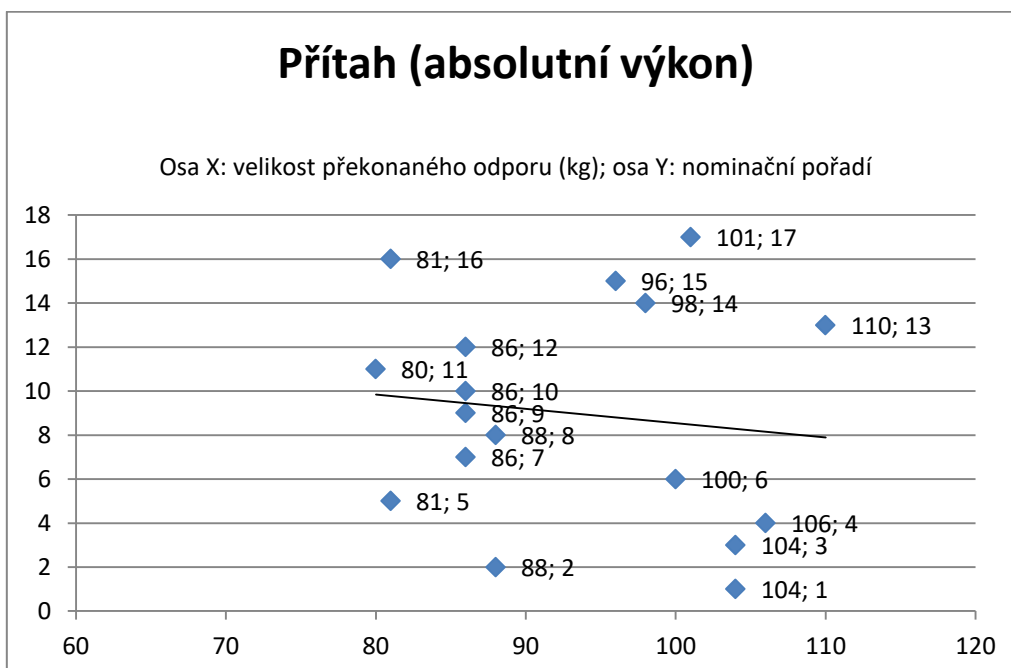
Graf č. 6: Absolutní výkon při cviku bench-press (kg).



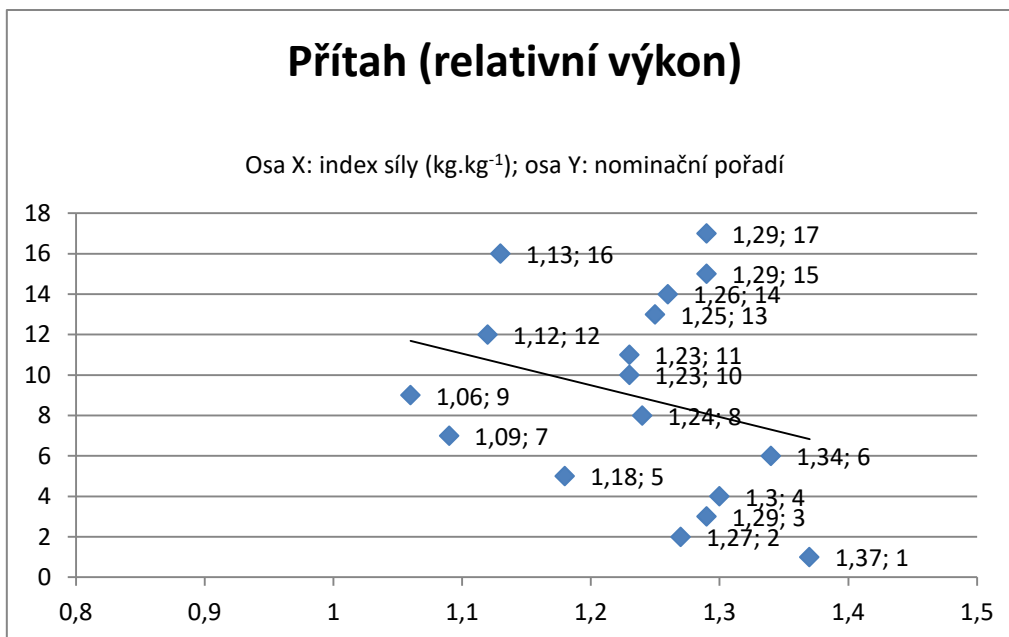
Graf č. 7: Relativní výkon při cviku bench-press (kg/tělesná hmotnost).

Závodníci, kteří se umístili na 1. – 6. místě nominačního pořadí, vynikali vyšším koeficientem udávajícím relativní sílu (graf č. 7). Při bench-pressu dokázali překonat hmotnost rovnající se 1,3 – 1,6 násobku vlastní tělesné hmotnosti.

Korelace zjištěné v případě cviku bench-pull byly jen nízké ( $r_s=0,21$ , resp.  $r_s=0,33$ ). V grafu č. 8 a 9 uvádíme rozložení naměřených výsledků včetně spojnice trendu.



Graf č. 8: Maximální síla zjištěná při cviku přítah.



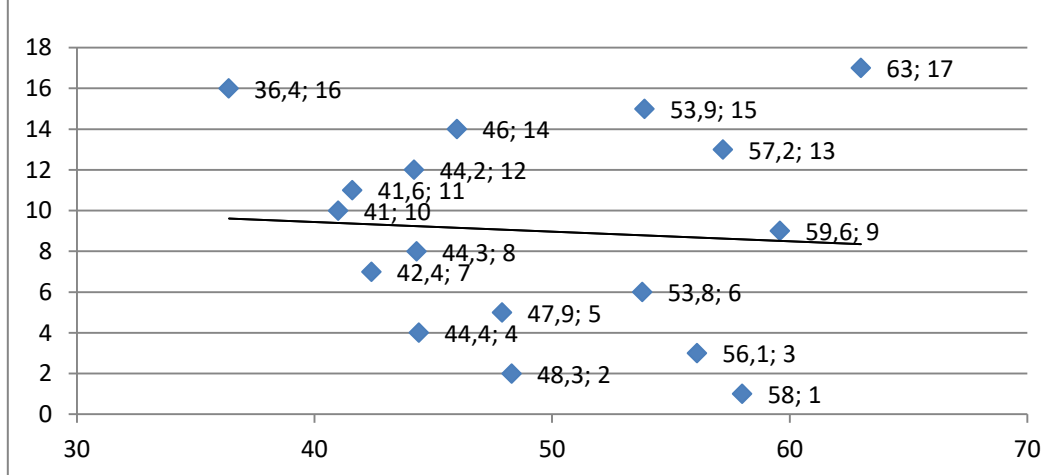
Graf č. 9: Maximální relativní síla zjištěna při přitahu (kg/tělesná hmotnost).

Z grafů č. 8 a 9 je patrné, že zjištěné hodnoty se neshlukují kolem očekávaného lineárního trendu. Na rozdíl od cviku bench-press shledáváme jedince, kteří dokázali překonat vysoký odpor, ovšem v závodech obsazovali v rámci výzkumného souboru až poslední místa. Nicméně nejlepší čeští závodníci dokázali s výjimkou jediného překonat odpor o hmotnosti vyšší než 100kg. Z grafu č. 9 je patrné, že nejlepší závodníci dosahovali při přitahu i nejlepšího poměru síla/tělesná hmotnost, tedy nejvyšší relativní maximální síly.

V tab. č. 23 uvádíme výsledky ruční dynamometrie (Takei A5401) pro pravou i levou horní končetinu a také pro končetinu dominantní z hlediska pádlování (spodní paži). V grafu č. 10 uvádíme hodnoty síly stisku ruky dominantní HK. Zjištěná korelace stisku ruky s výkonností v závodech byla nízká ( $r_s=0,15$ ).

## Maximální síla stisku dominantní horní končetiny

Osa X: síla stisku ruky (kg); osa Y: nominační pořadí



Graf č. 10: Síla stisku ruky dominantní (záběrové) paže (kg).

Regresní analýza byla provedena pouze v případě alespoň středně silně korelovaných indikátorů (viz. kapitola č. 4, metodika práce).

### 5.4.1. Rozdíly mezi RDS a RDJ

Rozdíly v silové připravenosti sportovců dobře demonstruje tabulka č. 24 porovnávající RDS a RDJ. Junioři se od seniorů statisticky významně lišili v ukazatelích cviku bench-press, bench-pull i ruční dynamometrie provedené z hlediska pádlování dominantní paži (spodní ruka).

Nejvýznamnější byl rozdíl u cviku bench-press. Seniori dokázali vzepřít o 41% větší hmotnost než junioři. U cviku bench-pull se jednalo pouze o 15%.

	Závodníci zařazení do seniorského reprezentativního družstva České republiky ( $n = 3$ )		Rozdíl mezi družstvy			Závodníci zařazení do juniorského reprezentativního družstva ( $n = 3$ )	
	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$	$J.$	$\%$	$p$	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$
Věk (roky)	27,5 ± 4,7	21 – 32	<b>10</b>	<b>57,1</b>	<b>0,02</b>	17,5 ± 0,5	16,9 – 18,1
Hmotnost (kg)	75,1 ± 4,6	69,2 – 80,4	2,6	3,6	0,36	72,5 ± 4,4	68,1 – 78,5
Výška (cm)	179,1 ± 1,9	176,6 – 181,1	0,9	0,5	0,29	180,0 ± 2,8	176,8 – 183,7
BMI (kg.m <sup>2</sup> )	23,5 ± 1,9	21,2 – 25,7	1,1	4,9	0,22	22,4 ± 0,72	21,8 – 23,4
Bench press 1RM (kg)	114 ± 14,5	95 – 130	<b>33,3</b>	<b>41,3</b>	<b>0,01</b>	80,7 ± 0,9	80 – 82
Bench press – poměr 1RM/tělesná váha	1,51 ± 0,1	1,37 – 1,62	<b>0,39</b>	<b>34,8</b>	<b>0,00</b>	1,12 ± 0,05	1,04 – 1,17
Přítah 1RM (kg)	98 ± 8,5	86 – 104	<b>13</b>	<b>15,3</b>	<b>0,03</b>	85 ± 2,9	81 – 88
Přítah – poměr 1RM/tělesná váha	1,30 ± 0,05	1,24 – 1,37	<b>0,12</b>	<b>10,2</b>	<b>0,03</b>	1,18 ± 0,06	1,1 – 1,24
Takei dominantní HK (N)	54,1 ± 4,2	48,3 – 52,0	<b>9,2</b>	<b>20,5</b>	<b>0,02</b>	44,9 ± 2,3	42,4 – 47,9
Takei pravá HK (N)	50,2 ± 5,1	43,6 – 56,1	5,3	11,8	0,12	44,9 ± 2,3	42,4 – 47,9
Takei levá HK (N)	52,3 ± 4,1	48,3 – 58	5,8	12,4	0,09	46,5 ± 3,1	42,3 – 49,7

Tab. č. 24: Rozdíly v silových schopnostech mezi RDS a RDJ.

Rozdíly v silových schopnostech mezi členy RDS i RDJ shledáváme jako významné statisticky i věcně. O významně nižších silových schopnostech juniorských závodníků svědčí

všechny měřené ukazatele (absolutní i relativní). Přitom z hlediska tělesné výšky a tělesné hmotnosti neshledáváme významné rozdíly.

Nutné je ovšem zmínit, že členové RDJ byly významně mladší než členové RDS. Silové schopnosti přitom dosahují vrcholu (kulminují) teprve kolem 25. roku života (např. Zatsiorsky & Kraemer, 2006). Mezi výkonností v závodech a věkem byla zjištěna středně vysoká míra korelace ( $r_s = -0,59$ ;  $p < 0,01$ ). Znamená to, že starší sportovci byly v nominaci spíše úspěšnější než sportovci mladší. Toto zjištění by potvrzovalo již dřívější závěry některých autorů (např. Ridge et al., 2007; Bílý, 2012) o vysokém vlivu zkušeností na výkonnost ve vodním slalomu.

#### 5.4.2. Vítězové nominace

Velmi podobné rozdíly jako v případě RDS a RDJ byly zjištěny i mezi vítězem seniorské a juniorské nominace. Juniorský závodník dosahoval nižších hodnot ve všech měřených ukazatelích.

	Vítěz seniorské nominace	Rozdíl mezi závodníky		Vítěz juniorské nominace
	$\bar{x} \pm \sigma$	Jednotky (J.)	%	$\bar{x} \pm \sigma$
Hmotnost (kg)	75,8	5	7,1	70,8
Výška (cm)	179,5	0	0	179,5
BMI	23,5	1,7	7,8	21,8
Bench press 1RM (kg)	117	37	46,3	80
Bench press – poměr 1RM/tělesná váha	1,54	0,42	37,5	1,12
Přítah 1RM (kg)	104	16	18,2	88
Přítah – poměr 1RM/tělesná váha	1,37	0,13	10,5	1,24
Takei dominantní HK (N)	58	13,7	30,9	44,3
Takei pravá HK (N)	51	6,7	15,1	44,3
Takei levá HK (N)	58	10,4	21,8	47,6

Tab. č. 25: Silové schopnosti - porovnání vítěze seniorské a juniorské nominace.

Mezi vítězi nominace byl patnáctiletý věkový rozdíl. Nejvyšší rozdíl byl zjištěn u ukazatelů cviku bench-press, kdy nejlepší senior dokázal překonat odpor o téměř 50% vyšší než nejlepší junior. Vysoké rozdíly v ukazatelích silových schopností tak lze částečně vysvětlit samotným věkovým rozdílem a samozřejmě i výrazně nižším absolvovaným tréninkovým objemem.

### 5.5. Anaerobní výkon a rychlostně – silové předpoklady: Wingate test

Také výsledky Wingate testu vypovídají o silových schopnostech závodníků, především o úrovni jejich výbušné a rychlé síly (Heller & Vodička, 2011).

Středně vysoké míry korelace ( $r_s=0,53-0,60$ ;  $p<0,025$ ) byly zjištěny u následujících ukazatelů (tab. č. 25): relativní maximální výkon (W/kgPmax.), minimální výkon (Pmin.), relativní minimální výkon (W/kgPmin.), průměrný výkon (Pprům.) a relativní průměrný výkon (W/kgPprům.). Protože závodník ve vodním slalomu pracuje neustále se svou vlastní hmotností, a potřebuje jak dynamickou výbušnou sílu nutnou k neustálým rozjezdům lodi, tak i silovou vytrvalost nutnou ke zvládnutí těchto rozjezdů po dobu 80 – 120 sekund, považujeme za nejzásadnější ukazatele Wingate testu všechny výše zmíněné relativní ukazatele výkonu ( $r_s=0,57-0,58$ ;  $p<0,025$ ). Středně silná korelace byla zjištěna také v případě ukazatele počtu otáček ( $r_s=0,56$ ;  $p<0,025$ ).

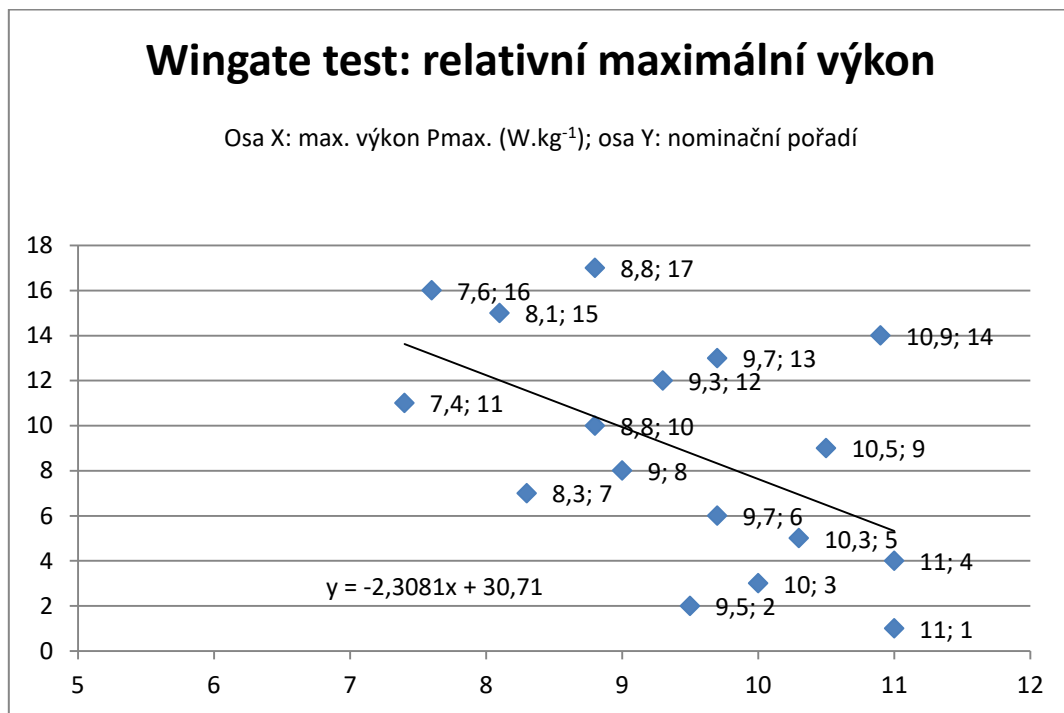
Průměrná velikost odporu při Wingate testu činila  $298 \pm 18,4$  W, tedy 4 W na kg tělesné hmotnosti. Průměrná anaerobní kapacita potom činila  $223 \text{ kJ} \pm 21,6 \text{ kJ}$ , čili  $16,6 \pm 2,3$  kJ/kg.

	Wingate test ( $n = 17$ )			
	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$	$Me$	$r_s$
Hmotnost (kg)	$74,4 \pm 4,6$	65 – 81,4	75,7	-0,08
Výška (cm)	$180,6 \pm 4,1$	175,6 – 191,7	179,5	-0,13
BMI ( $\text{kg.m}^2$ )	$22,8 \pm 1,7$	18,6 – 25,8	22,8	0,04
Maximální výkon Pmax. (W)	$702,8 \pm 110,5$	482,8 – 899,2	703,2	-0,41
W/kg Pmax. ( $\text{W.kg}^{-1}$ )	$9,4 \pm 1,1$	7,4 – 11,0	9,5	<b>0,57</b> $p<0,025$
Minimální výkon Pmin. (W)	$411,2 \pm 51,1$	317,9 – 512,6	411,8	<b>0,60</b> $p<0,01$
W/kg Pmin. ( $\text{W.kg}^{-1}$ )	$5,6 \pm 0,5$	4,5 – 6,4	5,7	<b>0,58</b> $p<0,025$



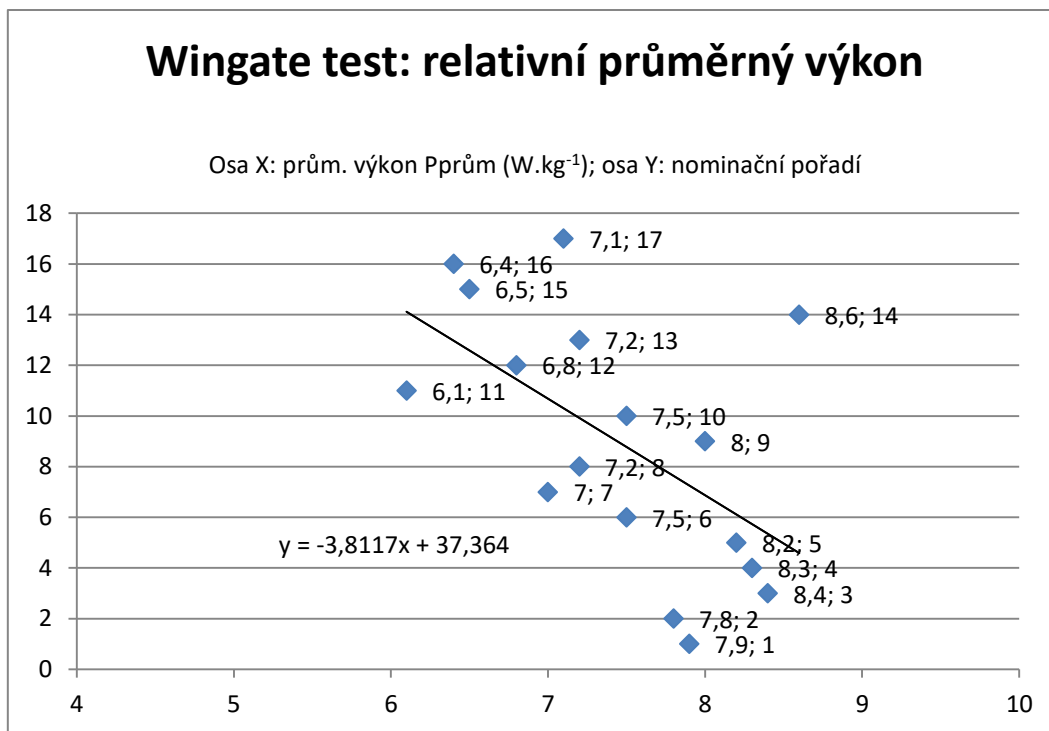
Průměrný výkon Pprům. (W)	554,5 ± 75,5	398 – 679	548	<b>0,53</b> <i>p</i> <0,025
W/kg Pprům. (W.kg <sup>-1</sup> )	7,44 ± 0,72	6,1 – 8,6	7,5	<b>0,57</b> <i>p</i> <0,025
Pprům./Pmax. (%)	79,3 ± 3,8	72,3 – 84,8	80	-0,007
Počet otáček	55,2 ± 5,2	46 – 63	56	<b>0,56</b> <i>p</i> <0,025
Tepová frekvence TF (tep.min <sup>-1</sup> )	160,5 ± 10,5	140 – 179	162	0,28
Laktát LA (mmol.l <sup>-1</sup> )	11,4 ± 2,4	7,9 – 16,4	11,6	-0,37

Tab. č. 26: Výsledky Wingate testu.

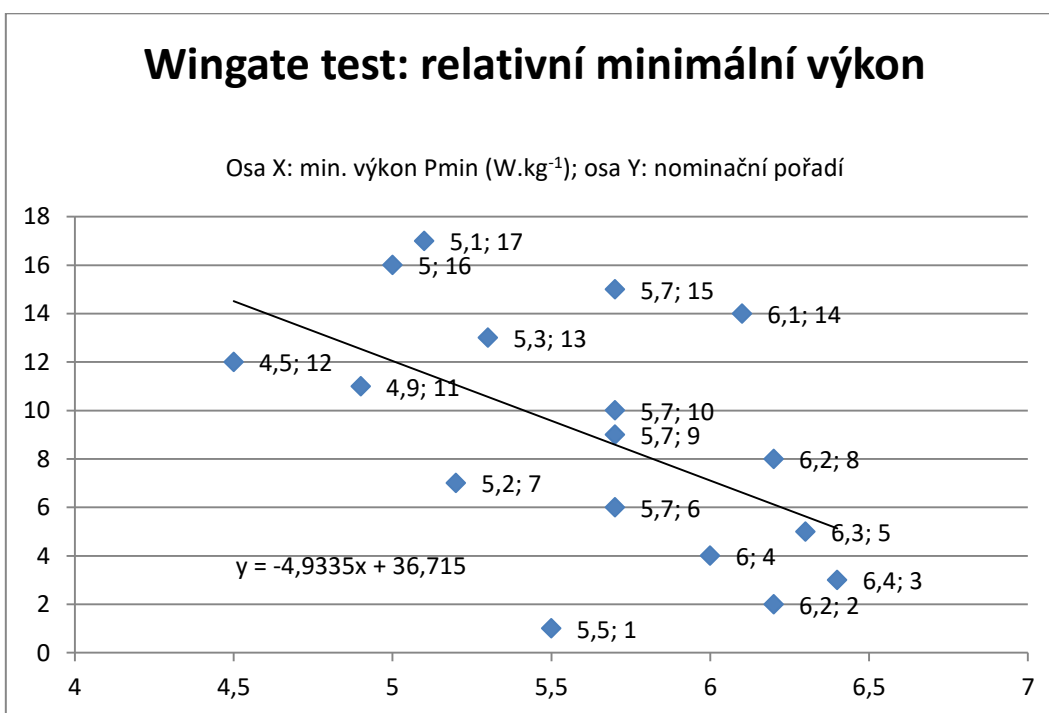


Graf č. 11: Relativní maximální výkon při Wingate testu.

V grafu č. 11, 12 a 13 prezentujeme relativní ukazatele výkonu při Wingate testu, včetně spojnice trendu a možnosti predikce (predikční rovnice) nominačního pořadí.



*Graf č. 12: Relativní průměrný výkon při Wingate testu.*



*Graf č. 13: Relativní minimální výkon při Wingate testu.*

Z grafu č. 11, 12 a 13 lze vyčíst, že v nominaci nejúspěšnější závodníci vynikali vyššími hodnotami relativních ukazatelů. Také uvedené spojnice trendu svým sklonem a směřováním vypovídají o tom, že s klesajícími relativními ukazateli Wingate testu jsou spjatý spíše horší umístění v nominačním pořadí.

Přestože v nominaci nejúspěšnější závodníci dosahovali při Wingate testu většinou i nejlepších hodnot relativních ukazatelů, ani tyto ukazatele nelze považovat za dobré prediktory výkonnosti ve vodním slalomu. Svědčí o tom hodnoty spolehlivosti a směrodatné chyby odhadu uvedené v tabulce č. 27.

Indikátor Wingate testu	Hodnota spolehlivosti ( $R^2$ )	Směrodatná chyba odhadu ( $SEE$ )
W/kg Pmax. ( $W \cdot kg^{-1}$ )	0,27	4,44
W/kg Pprům. ( $W \cdot kg^{-1}$ )	0,31	4,31
W/kg Pmin. ( $W \cdot kg^{-1}$ )	0,29	4,39

Tab. č. 27: Wingate test - koeficienty determinace a směrodatné chyby odhadu.

### 5.5.1. Rozdíly mezi RDS a RDJ

	Závodníci zařazení do seniorského reprezentačního družstva ČR ( $n = 3$ )		Rozdíl mezi družstvy			Závodníci zařazení do juniorského reprezentačního družstva ČR ( $n = 3$ )	
	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$	$J$	%	$p$	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$
Věk (roky)	27,5 ± 4,7	21 – 32	10	57,1	0,02	17,5 ± 0,5	16,9 – 18,1
Hmotnost (kg)	75,1 ± 4,6	69,2 – 80,4	2,6	3,6	0,36	72,5 ± 4,4	68,1 – 78,5
Výška (cm)	179,1 ± 1,9	176,6 – 181,1	0,9	0,5	0,29	180,0 ± 2,8	176,8 – 183,7
BMI ( $kg \cdot m^{-2}$ )	23,5 ± 1,9	21,2 – 25,7	1,1	4,9	0,22	22,4 ± 0,72	21,8 – 23,4
Maximální výkon Pmax. (W)	764,0 ± 76,3	657 – 831	<b>100</b>	<b>15,0</b>	0,098	664 ± 28,9	634 – 703
W/kg Pmax. ( $W \cdot kg^{-1}$ )	10,16 ± 0,62	9,5 – 11	0,94	10,4	0,13	9,2 ± 0,82	8,3 – 10,3
Minimální výkon Pmin. (W)	453,1 ± 42,16	419,9 – 512,6	50,2	12,5	0,11	402,9 ± 25,4	368,3 – 428,6
W/kg Pmin. ( $W \cdot kg^{-1}$ )	6,0 ± 0,4	5,5 – 6,4	0,1	1,7	0,39	5,9 ± 0,5	5,2 – 6,3
Průměrný výkon Pprům. (W)	603 ± 54,7	537 – 671	65	12,1	0,11	538 ± 19,3	511 – 555
W/kg Pprům. ( $W \cdot kg^{-1}$ )	8,0 ± 0,26	7,8 – 8,4	0,5	6,7	0,13	7,5 ± 0,5	7 – 8,2
Pprům./Pmax. (%)	79,3 ± 5,0	72,3 – 83,7	-1,7	2,1	0,34	81 ± 2,0	78,9 – 83,6
Index únavy (IU)	40,2 ± 6,6	35 – 49,5	0,8	2,0	0,44	39,4 ± 1,98	37,2 – 42
Pokles výkonu (W)	310,3 ± 75,4	230 – 411,1	48,8	18,7	0,23	261,5 ± 13,1	243,5 – 274,6
Počet otáček	59,3 ± 2,1	57 – 62	<b>4</b>	<b>7,2</b>	<b>0,001</b>	55,3 ± 3,4	52 – 60
Tepová frekvence	164,3 ± 3,3	162 – 169	2	1,23	0,35	162,3 ± 5,8	156 – 170

TF (tep.min <sup>-1</sup> )							
Laktát LA (mmol.l)	12,1 ± 3,2	8,4 – 16,2	0,7	7	0,40	12,8 ± 2,6	10,5 – 16,4
Velikost odporu – zátěže (W)	300,5 ± 18,4	276,8 – 321,6	10,6	4,6	0,29	289,9 ± 17,6	272,4 – 314
Anaerobní kapacita ANK (kJ)	240,5 ± 7,4	233 – 250,6	17	7,6	0,12	223,5 ± 15,1	209,5 – 244,5
kJ/kg ANK (kJ.kg)	18,1 ± 1,6	16,1 – 20,1	2	12,4	0,11	16,1 ± 0,6	15,3 – 16,7

Tabulka č. 28: Wingate test – rozdíly mezi RDS a RDJ.

Absolutní maximální výkon seniorů byl v porovnání s juniory vyšší o 100 W (15%), přibližně o 12% byly vyšší i hodnoty výkonu minimálního a průměrného. Z relativních hodnot byl největší rozdíl zjištěn v případě ukazatele Pmax. (10,4%) a Pprům. (12,1%). Významný rozdíl byl zjištěn také v případě počtu otáček.

Senioři dosáhli vyšších absolutních hodnot maximálního výkonu, ten měl ale posléze strmější a hodnotově větší sestup. Svědčí o tom ukazatele indexu únavy, minimálního výkonu i indexu průměrného/maximálního výkonu. Z toho lze vyvodit, že senioři mají vyvinutější schopnost rychlé a výbušné síly, zároveň ale lze poukázat i na určité jejich limity týkající se krátkodobé anaerobní vytrvalosti.

### 5.5.2. Vítězové nominace

	Vítěz seniorské nominace	Rozdíl mezi závodníky		Vítěz juniorské nominace
	$\bar{x} \pm \sigma$	J.	%	$\bar{x} \pm \sigma$
Hmotnost (kg)	75,8	5	7,1	70,8
Výška (cm)	179,5	0	0	179,5
BMI (kg.m <sup>2</sup> )	23,5	1,7	7,8	21,8
Maximální výkon Pmax. (W)	831	<b>188</b>	<b>29,2</b>	643
W/kg Pmax. (W.kg <sup>-1</sup> )	11	2	22,2	9
Minimální výkon Pmin. (W)	420	52	14,1	368
W/kg Pmin. (W.kg <sup>-1</sup> )	5,5	0,7	-11,3	6,2
Průměrný výkon	601	<b>90</b>	<b>17,6</b>	511

Pprům. (W)				
W/kg Pprům. (W.kg <sup>-1</sup> )	7,9	0,7	9,7	7,2
Pprům./Pmax. (%)	72,3	8,2	11,2	80,5
Index únavy (IU)	49,5	7,5	17,9	42
Pokles výkonu (W)	411,1	145,1	54,5	266
Počet otáček	59	5	9,2	54
Tepová frekvence TF (tep.min <sup>-1</sup> )	169	8	5	161
Laktát LA (mmol.l)	16,2	<b>5,7</b>	<b>54,3</b>	10,5
Velikost odporu – zátěže (W)	303	20	7,1	283
Anaerobní kapacita ANK (kJ)	240	23	10,5	217
kJ/kg ANK (kJ.kg)	18	2,7	17,6	15,3

*Tabulka č. 29: Wingate test - rozdíly mezi vítězi nominace.*

Vítěz seniorské nominace dosáhl lepších hodnot téměř ve všech měřených parametrech. Největší rozdíl byl zjištěn u maximálního výkonu (188 W). To vypovídá o významně vyšší úrovni schopnosti výbušné a rychlé síly nejlepšího seniora. V případě seniorského sportovce byla zjištěna také výrazně vyšší hodnota laktátu, což svědčí o vyšší laktátové toleranci.

## 5.6. Antropometrické parametry

V tabulce č. 30 uvádíme střední hodnoty antropometrických parametrů a somatotypu celého výzkumného souboru a vztah jednotlivých parametrů s výkonností v nominačních závodech.

	Antropometrické parametry a somatotyp celého výzkumného souboru.			
	$\bar{x} \pm \sigma$	<i>R</i>	<i>Me</i>	<i>r<sub>s</sub></i>
Věk (roky)	20,9 ± 5,1	16 – 32	18,1	<b>-0,59</b> <i>p</i> <0,025
Hmotnost (kg)	74,4 ± 4,6	65 – 81,4	75,7	-0,08
Výška (cm)	180,6 ± 4,1	175,6 – 191,7	179,5	-0,13
BMI (kg.m <sup>2</sup> )	22,8 ± 1,7	18,6 – 25,8	22,8	0,04
Výška v sedu (cm)	93,2 ± 2,6	87,1 – 99,7	93,1	-0,28
Poměr výšky/výšky v sedu (%)	51,6 ± 1,1	49,4 – 53,6	51,7	-0,39
Rozpětí paží (cm)	186,4 ± 3,8	181 – 195	185	-0,41
Poměr výšky/ rozpětí paží (%)	103,3 ± 2,0	99,8 – 107,7	103,1	-0,35
Délka nadloktí (cm)	32,3 ± 1,6	29,5 – 35,2	32,5	-0,24
Délka předloktí (cm)	26,4 ± 1,6	24,5 – 30,2	26	-0,02
Délka stehna (cm)	42,5 ± 2,40	37 – 47	42,5	-0,09
Délka bérce (cm)	38,3 ± 2,4	34,2 – 42,5	38,2	-0,03
Šířka ramen (cm)	39,72 ± 1,06	38 – 42	39,6	-0,04
A-P hloubka hrudi (cm)	20,0 ± 1,7	17,8 – 24	19,9	0,08
Humerus šířka (cm)	7,2 ± 0,40	6,1 – 7,8	7,3	0,06
Femur šířka (cm)	10,0 ± 0,50	9,1 – 10,8	9,8	-0,21
Obvod flexované paže dominantní HK (cm)	34,2 ± 2,0	30,0 – 37,6	34,2	0,14
Obvod předloktí dominantní HK (cm)	27,1 ± 1,3	25 – 29,8	27	0,07
Obvod flexované paže pravé HK (cm)	34,0 ± 1,89	30,5 – 37,6	34,2	0,16
Obvod flexované paže levé HK (cm)	33,6 ± 2,2	29,5 – 37,2	33,2	0,11
Obvod předloktí pravé HK (cm)	27,0 ± 1,3	25 – 29,1	27	0,02
Obvod předloktí levé HK (cm)	26,5 ± 1,6	23,7 – 29,8	27	0,03

Obvod hrudník (cm)	95,2 ± 4,6	85 – 102	95,5	0,33
Obvod pasu (cm)	77,9 ± 3,1	70 – 83,2	78,5	0,14
Obvod boků (cm)	92,6 ± 2,4	87 – 95,7	93	0,31
Obvod stehna P (cm)	49,3 ± 2,5	44,5 – 53,5	50	-0,13
Obvod lýtky P (cm)	34,8 ± 1,8	31,5 – 38,2	35	0,08
Součet 4 kožních řas (mm)	23,6 ± 3,2	17,5 – 28	25	<b>0,53</b> <b>p&lt;0,025</b>
Endomorphy	1,6 ± 0,3	1 – 2	1,7	-0,25
Mesomorphy	4,9 ± 1,2	3,1 – 7,1	5	-0,02
Ectomorphy	2,8 ± 0,9	1,4 – 5,4	2,8	-0,02
Součet 10 kožních řas (mm)	52,8 ± 7,5	39 – 68	53	<b>0,43</b> <b>p&lt;0,05</b>
Tělesný tuk (%)	8,6 ± 2,0	4,8 – 12,2	8,7	<b>0,43</b> <b>p&lt;0,05</b>

Tab. č. 30: Antropometrické parametry a somatotyp.

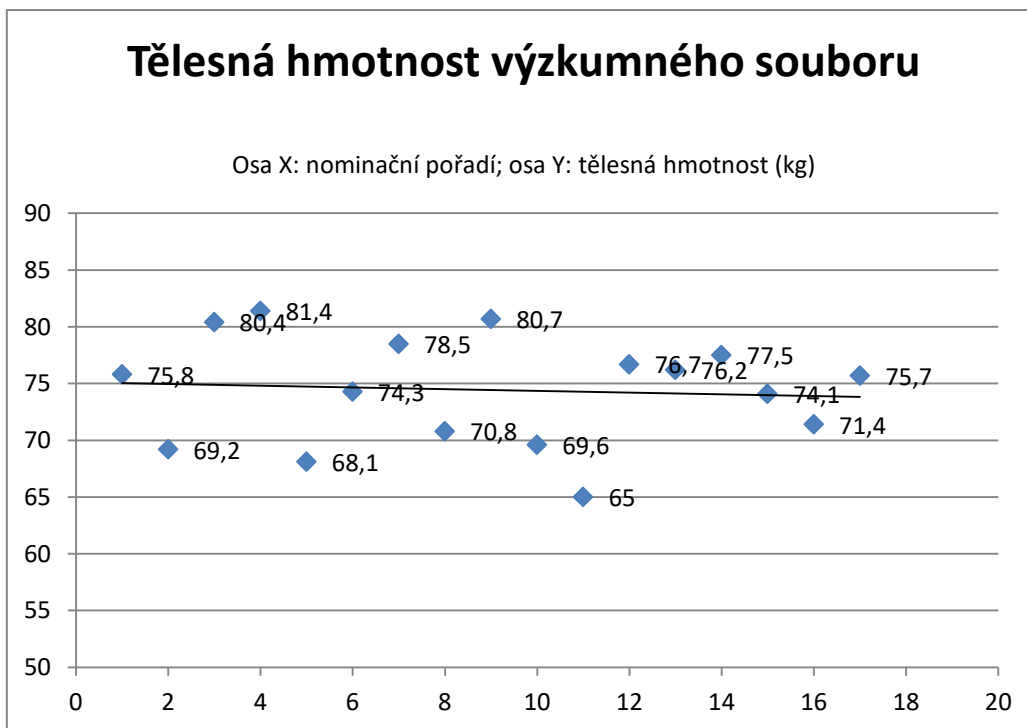
Nebyla nalezena silná korelace ( $r_s > 0,7$ ) mezi kterýmkoliv z vybraných antropometrických parametrů a výkonností.

Středně vysoké míry korelace s výkonností byly ovšem zjištěny u součtů kožních řas ( $r_s = 0,43$ , resp. 0,53) a % tělesného tuku ( $r_s = 0,43$ ) vypočítaného dle Pařízkové (1977) In Riegerová a kol. (2006).

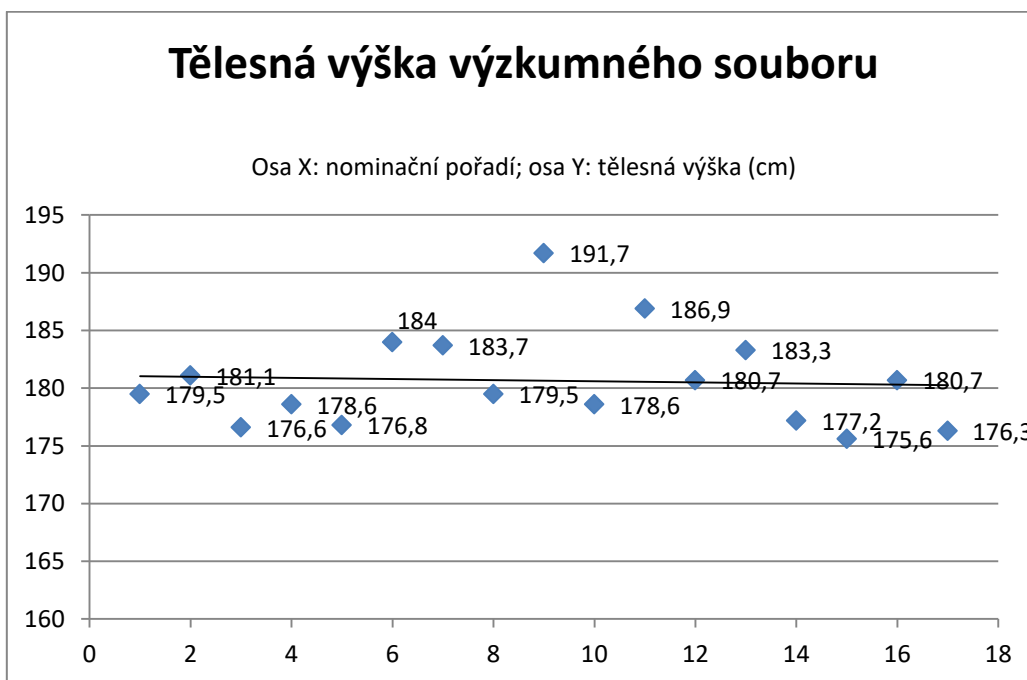
V případě antropometrických parametrů jsme se, z důvodu větší přehlednosti a nízkých hodnot zjištěných korelací a tedy i neprováděné predikční rovnice, rozhodli zaměnit osu X s osou Y.

Patrná je značná homogenita výzkumného souboru v parametru tělesné hmotnosti. Pouze tři závodníci výzkumného souboru přesáhli 80 kg hranici. V závodech úspěšnější probandi nevykazovali nižší hmotnost. Podobná je situace i v případě tělesné výšky (graf. č. 15).

Pouze jediný závodník výzkumného souboru měřil přes 190 cm. Zjištěná průměrná tělesná výška 180,6 cm a hmotnost 74,4 kg charakterizuje velmi dobře populaci vrcholových a výkonnostních vodních slalomářů. Je vysoce pravděpodobné, že vysoká tělesná výška a s ní spjatá vyšší hmotnost jsou limitujícími faktory výkonu kategorie C1. Zároveň je třeba uvést, že žádný ze závodníků neměřil pod hranici 175 cm a nevážil pod hranici 65 kg. Nižší tělesná výška a nízká tělesná hmotnost tak mohou být pro výkon stejně limitující jako vysoké hodnoty těchto parametrů.



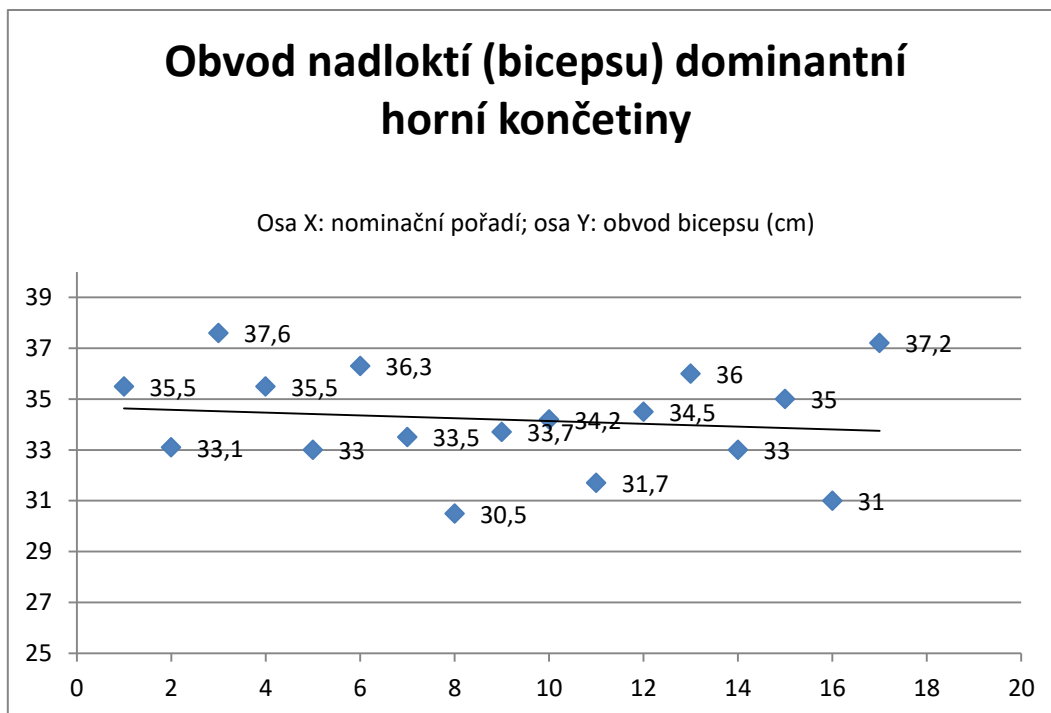
*Graf č. 14: Tělesná hmotnost závodníků.*



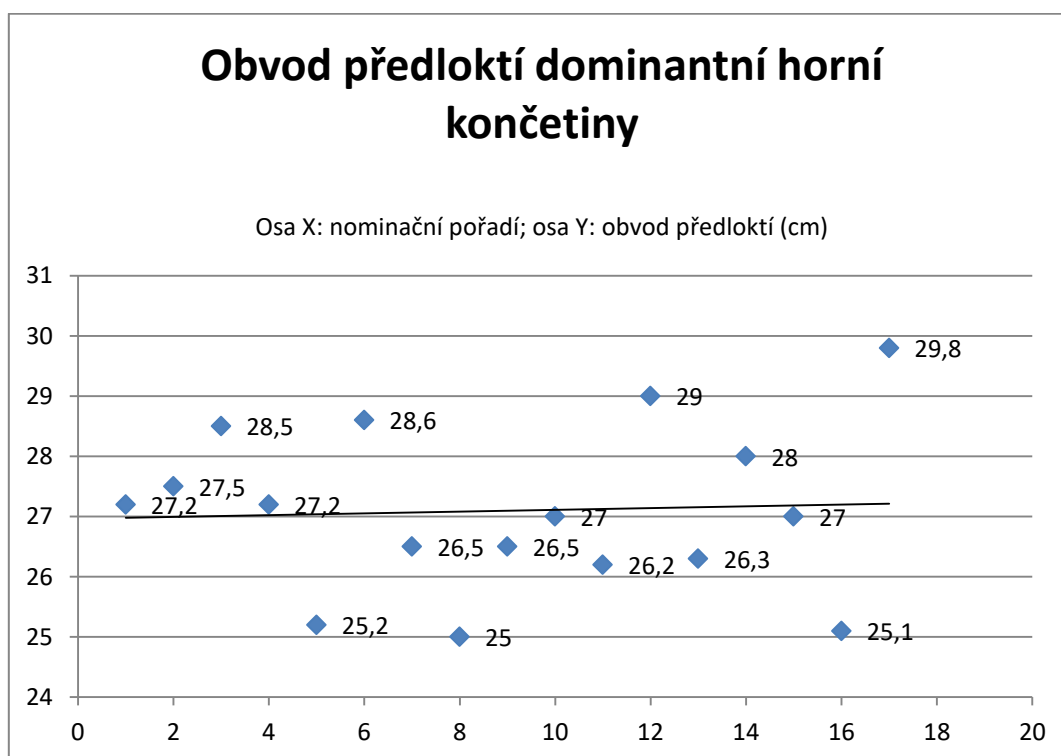
*Graf č. 15: Tělesná výška probandů.*

Nebyly zjištěny žádné korelace mezi výkonností a antropometrickými parametry úzce souvisejícími se silovými schopnostmi singlekanoistů. Konkrétně se jedná o obvod nadloktí (bicepsu), předloktí a hrudníku (graf č. 16, 17 a 18).

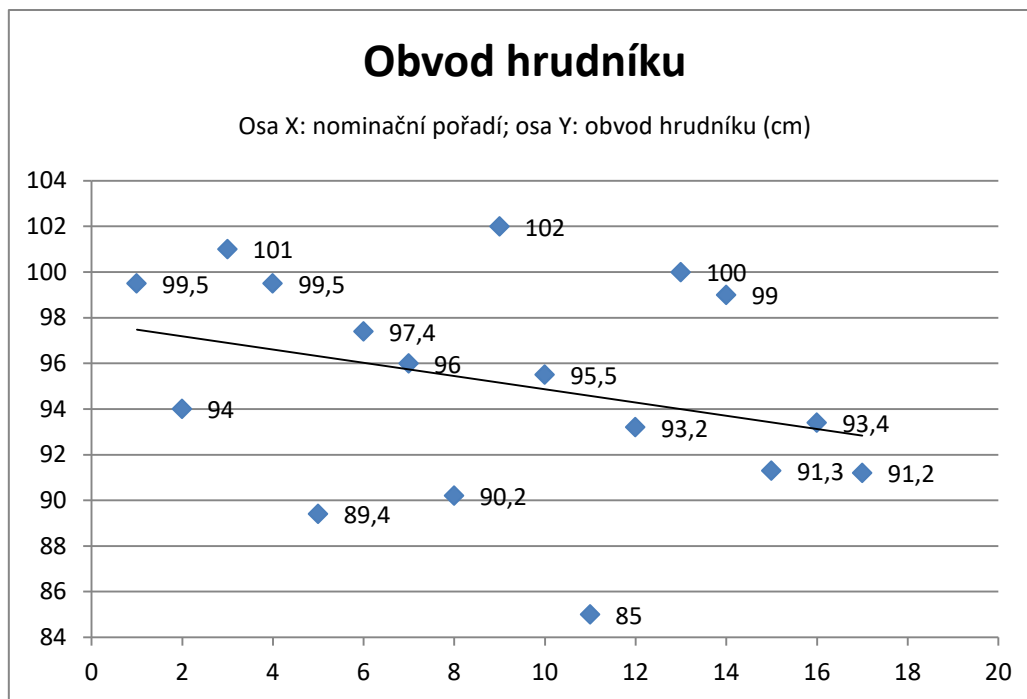




*Graf č. 16: Obvod bicepsu dominantní horní končetiny (cm).*



*Graf č. 17: Obvod předloktí dominantní horní končetiny (cm).*



*Graf č. 18: Obvod hrudníku (cm).*

Uvedené obvody se vzhledem k zjištěným nízkým korelacím pro predikci výkonnosti v závodech nehodí. Přesto si můžeme všimnout, že výkonnostně nejúspěšnější sportovci výzkumného souboru vykazují ve většině případů spíše nadprůměrné hodnoty obvodových parametrů.

### 5.6.1. Rozdíly mezi RDS a RDJ

V tabulce č. 31 porovnáváme antropometrické parametry mezi členy RDS a RDJ. Přestože v oblasti antropometrických parametrů nebyly nalezeny žádné významné korelace s výkonností v závodech, mezi členy RDS a RDJ byla zjištěna celá řada věcně i statisticky významných rozdílů.

	Závodníci zařazení do seniorského reprezentačního družstva České republiky ( $n = 3$ )		Rozdíl mezi družstvy			Závodníci zařazení do juniorského reprezentačního družstva ( $n = 3$ )	
	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$	$J.$	$\%$	$p$	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$
Věk (roky)	27,5 ± 4,7	21 – 32	10	57,1	0,02	17,5 ± 0,5	16,9 – 18,1
Hmotnost (kg)	75,1 ± 4,6	69,2 – 80,4	2,6	3,6	0,36	72,5 ± 4,4	68,1 – 78,5
Výška (cm)	179,1 ± 1,9	176,6 – 181,1	0,9	0,5	0,29	180,0 ± 2,8	176,8 – 183,7
BMI (kg.m <sup>2</sup> )	23,5 ± 1,9	21,2 – 25,7	1,1	4,9	0,22	22,4 ± 0,72	21,8 – 23,4
Výška v sedu (cm)	93,1 ± 1,3	91,8 – 94,9	0,4	0,4	0,37	92,7 ± 1,2	91,1 – 94,1
Poměr výšky/výšky v sedu (%)	51,9 ± 1	50,5 – 52,9	0,4	0,8	0,29	51,5 ± 0,2	51,2 – 51,7
Rozpětí paží (cm)	189,2 ± 4,7	183,5 – 195,0	2,2	1,2	0,29	187 ± 1,6	185 – 189
Poměr výšky/ rozpětí paží (%)	105,7 ± 1,5	104 – 107,7	1,8	1,7	0,14	103,9 ± 1,3	102,9 – 105,8
Délka nadloktí (cm)	32,9 ± 1,9	30,5 – 35,2	1,2	3,8	0,24	31,7 ± 1,3	30,0 – 33,0
Délka předloktí (cm)	27,1 ± 2,3	25,0 – 30,2	1,4	5,4	0,23	25,7 ± 0,5	25,0 – 26,0
Délka stehna (cm)	41 ± 3,5	37 – 45,5	0,5	1,2	0,43	41,5 ± 1,1	40 – 42,5
Délka bérce (cm)	37,8 ± 3,3	35 – 42,5	0,5	1,3	0,42	38,3 ± 0,6	37,5 – 39,0
Šířka ramen (cm)	39,8 ± 0,4	39,5 – 40,3	0,7	1,7	0,28	40,5 ± 1,5	38,5 – 42,0
A-P hloubka hrudi (cm)	19,6 ± 1,3	18,2 – 21,4	0	0	0,46	19,6 ± 1,1	18,3 – 21,0
Humerus šířka (cm)	7,4 ± 0,4	6,8 – 7,8	0,6	8,8	0,14	6,8 ± 0,5	6,1 – 7,2
Femur šířka (cm)	10,3 ± 0,5	9,6 – 10,7	0,8	8,4	0,06	9,5 ± 0,3	9,1 – 9,9
Obvod flexované paže dominantní HK (cm)	35,4 ± 1,6	33,1 – 37,6	2,1	9,6	0,06	32,3 ± 1,1	30,5 – 33,5
Obvod flexovaného předloktí dominantní HK (cm)	27,6 ± 0,5	27,2 – 28,5	2	7,8	<b>0,01</b>	25,6 ± 0,6	25 – 26,5
Obvod flexované paže pravé HK (cm)	35,3 ± 2,0	32,7 – 37,6	3,1	9,3	0,08	32,3 ± 1,3	30,5 – 33,5

Obvod flexovaného předloktí pravé HK (cm)	27,5 ± 0,8	26,7 – 28,5	1,9	7,4	<b>0,02</b>	25,6 ± 0,7	25,0 – 26,5
Obvod flexované paže levé HK (cm)	35,0 ± 1,4	33,1 – 36,5	3,9	12,5	<b>0,02</b>	31,1 ± 1,2	29,5 – 32,5
Obvod flexovaného předloktí levé HK (cm)	27,4 ± 0,2	27,2 – 27,6	2,2	8,7	<b>0,05</b>	25,2 ± 1,1	24,2 – 26,8
Obvod hrudníku (cm)	98.2 (± 3.0)	94 – 101	6,3	6,9	<b>0,05</b>	91,9 ± 2,9	89,4 – 96,0
Obvod pasu (cm)	78,7 ± 1,4	77,0 – 80,5	5	6,8	0,07	73,7 ± 3,3	70 – 78
Obvod boků (cm)	91,1 ± 2,6	88,5 – 94,7	1,3	1,4	0,29	92,4 ± 1,6	91 – 94,7
Obvod stehna (cm)	49,8 ± 1,8	47,5 – 52	1,3	2,7	0,25	48,5 ± 1,8	47 – 51
Obvod lýtky (cm)	35,2 ± 0,9	34,0 – 36,2	2,1	6,3	0,09	33,1 ± 1,6	31,5 – 35,2
Součet 4 kožních řas (mm)	19,3 ± 0,9	18 – 20	5,7	22,8	<b>0,00</b>	25,0 ± 0,8	24 – 26
Endomorfie	1,3 ± 0,2	1,1 – 1,5	0,3	18,7	0,08	1,6 ± 0,1	1,5 – 1,8
Mesomorfie	5,7 ± 1,2	4,1 – 7,0	1,7	42,5	0,08	4,0 ± 0,6	3,1 – 4,6
Ektomorfie	2,4 ± 0,9	1,4 – 3,5	0,6	20	0,20	3,0 ± 0,1	2,9 – 3,1
Součet 10 kožních řas (mm)	44 ± 3,7	39,0 – 48,0	11,7	30	<b>0,01</b>	55,7 ± 1,3	54,0 – 57,0
Tělesný tuk (%)	6,3 ± 1,1	4,8 – 7,4	3	32,3	<b>0,00</b>	9,3 ± 0,3	8,9 – 9,6

Tab. č. 31: Porovnání antropometrických parametrů RDS a RDJ.

Významné rozdíly mezi seniory a juniory byly shledány v oblasti množství tělesného tuku. Junioři disponují sice mírně nižší tělesnou hmotností než senioři, zároveň ovšem mají vyšší součty kožních řas (4 kožní řasy: 19,3±0,9 vs. 25,0±0,8mm; 10 kožních řas: 44±3,7 vs. 55,7±1,3mm) a tedy i vyšší procento tělesného tuku (6,3±1,1 vs. 9,3±0,3%). Díky minimalizaci tělesného tuku se seniorům podařilo udržet nízkou tělesnou hmotnost i přes významné rozdíly v hypertrofii horních končetin a hrudníku.

Senioři vynikají významně většími obvody nadloktí i předloktí v případě pravé, levé i dominantní horní končetiny. Zároveň senioři vynikají významně větším obvodem hrudníku. Rozdíly v obvodu pasu, boků a dolních končetin jsou přitom nízké a nebyly vyhodnoceny jako statisticky významné. Lze tedy předpokládat, že senioři vynikají dokonaleji přizpůsobenou stavbou těla, kdy hypertrofie v oblasti hrudníku a horních končetin nebyla doprovázena nadměrnou hypertrofií dolních končetin. Větší obvody hrudníku a HK i rozdíly

v somatotypu (1,3–5,7–2,4 vs. 1,6–4,0–3,0) jsou dokladem zmiňovaných rozdílů v úrovni silových schopností. Senioři vynikají mezomorfně vyhranějším somatotypem.

### 5.6.2. Vítězové nominace

Tab. č. 32 představuje porovnání antropometrických parametrů vítězů seniorské a juniorské nominace.

	Vítěz seniorské nominace	Rozdíl mezi závodníky		Vítěz juniorské nominace
		<i>J.</i>	<i>%</i>	
Věk (roky)	32	15,1	89	16,9
Hmotnost (kg)	75,8	5	7,1	70,8
Výška (cm)	179,5	0	0	179,5
BMI (kg.m <sup>2</sup> )	23,5	1,7	7,8	21,8
Výška v sedu (cm)	94,9	2,2	2,4	92,7
Poměr výšky a výšky v sedu (%)	52,9	1,2	2,3	51,7
Rozpětí paží (cm)	189	4	2,2	185
Poměr rozpětí paží a výšky (%)	105,3	2,2	2,1	103,1
Délka nadloktí (cm)	30,5	0,5	1,7	30
Délka předloktí (cm)	25	1	3,8	26
Délka stehna (cm)	45,5	5,5	13,8	40
Délka bérce (cm)	35	2,5	6,7	37,5
Šířka ramen (cm)	39,6	2,4	5,7	42
A-P hloubka hrudi (cm)	21,4	1,9	9,7	19,5
Humerus - šířka (cm)	7,8	0,7	9,9	7,1
Femur – šířka (cm)	10,5	1,1	11,7	9,4
Obvod dominantní flexované paže (cm)	35,5	<b>5</b>	<b>16,4</b>	30,5
Obvod flexovaného dominantního předloktí (cm)	27,2	<b>2,2</b>	<b>8,8</b>	25
Obvod hrudi (cm)	99,5	<b>9,3</b>	<b>10,3</b>	90,2
Obvod pasu (cm)	78,6	5,6	7,7	73
Obvod boků (cm)	88,5	2,5	2,7	91
Obvod stehna (cm)	50	2,5	5,3	47,5
Obvod lýtky (cm)	34	1,5	4,6	32,5

Součet 4 kožních řas <sup>a</sup> (mm)	18	<b>6</b>	<b>25</b>	24
Endomorfie	1,1	<b>0,4</b>	<b>26,7</b>	1,5
Mesomorfie	6	<b>1,4</b>	<b>30,4</b>	4,6
Ektomorfie	2,5	<b>1,5</b>	<b>37,5</b>	4
Součet 10 kožních řas <sup>b</sup> (mm)	39	<b>18</b>	<b>31,6</b>	57
Tělesný tuk (%)	4,8	<b>5,7</b>	<b>54,3</b>	10,5

*Tab. č. 32: Antropometrické parametry – porovnání vítězů nominace.*

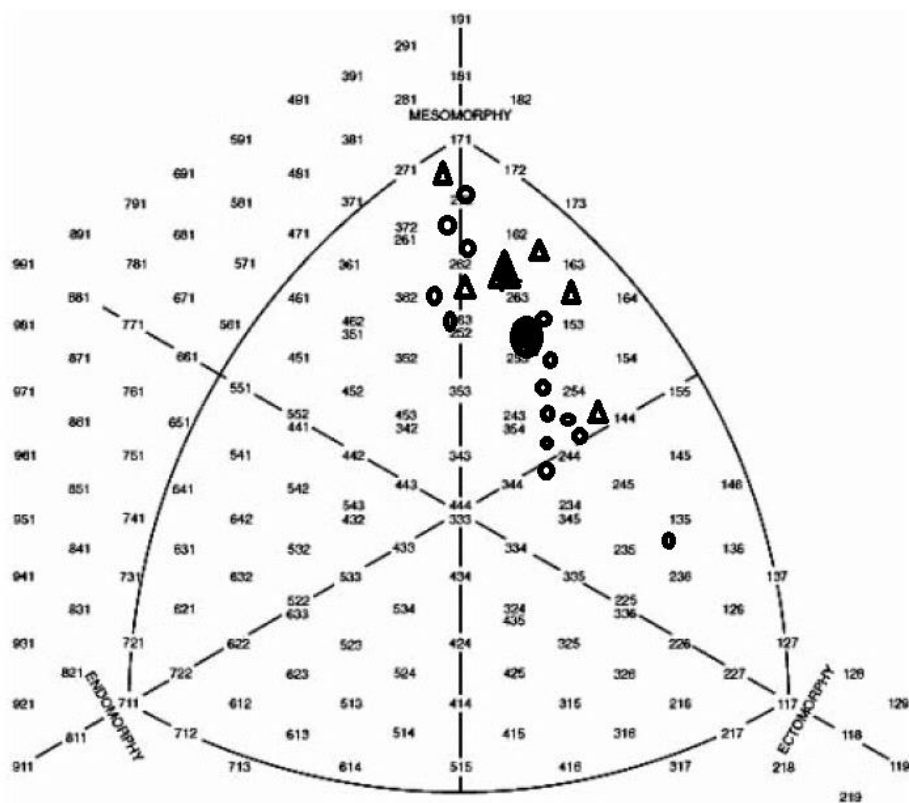
Rozdíl mezi reprezentanty je kromě věku nejvyšší v parametrech vypovídajících o tělesném tuku. Rozdíl v součtu kožních řas přesahoval 31% a rozdíl ve vypočítaném procentu tělesného tuku činil dokonce 54%. Zatímco tělesný tuk tvořil pouze 4,7% tělesné hmotnosti vítěze seniorské nominace, v případě nejlepšího juniora to bylo 10,5%. Vítěz seniorské nominace byl přesto o 5 kilogramů těžší, přičemž při relativně stejných obvodech dolních končetin dosahoval výrazně vyšších obvodů horních končetin a hrudníku. Svědčí to o dokonalejší fyzické připravenosti seniorského závodníka především v oblasti silových schopností.

Somatotyp vítěze seniorské nominace je výrazněji mezomorfní a lze ho ve vztahu k výkonnosti ve vodním slalomu označit za kvalitnější. To vše jen potvrzuje zjištěné rozdíly mezi seniory a juniory v oblasti silových schopností.

### 5.6.3. Somatografie

Stejně jako v jiných sportovních disciplínách, i v případě vodního slalomu může být stavba těla velmi dobře definována prostřednictvím číselného vyjádření tzv. endomorfie, mezomorfie a ektomorfie.

Na somatografu č. 1 jsou trojúhelníkovými body znázorněny výsledné somatotypy 5 nejúspěšnějších sportovců výzkumného souboru (rozšířené reprezentační družstvo seniorů), velkým trojúhelníkovým bodem potom znázorňujeme průměr jejich hodnot. Kruhovitými body jsou znázorněny somatotypy ostatních sportovců ( $n=12$ ), velký černý kruhovitý bod potom znázorňuje jejich průměr.



△ somatotypy nejlepších 5 závodníků ( $n=5$ )    ○ somatotypy zbývajících závodníků ( $n=12$ )

▲ somatotypy nejlepších 5 závodníků ( $n=5$ )    ● somatotypy ostatních závodníků ( $n=12$ )

*Somatograf č. 1: Porovnání probandů z hlediska vypočítaného somatotypu.*

Pro větší přehlednost uvádíme v tabulce č. 33 pouze číselná vyjádření somatotypu. Nejvyšší mezomorfni komponenty dosahovalo v průměru samotné RDS ( $n=3$ ), nejnižší potom RDJ. Všechny skupiny lze charakterizovat jako ektomorfni mezomorfy.

Část výzkumného souboru	Průměrný somatotyp
Celý výzkumný soubor (n=17)	1,6 – 4,9 – 2,8
Reprezentačního družstvo seniorů (RDS) (n=3)	1,3 – 5,7 – 2,4
Reprezentační družstvo juniorů (RDJ) (n=3)	1,6 – 4,0 – 3,0
Rozšířené reprezentační družstvo seniorů (n=5)	1,4 – 5,6 – 2,3
Ostatní závodníci (n=12)	1,6 – 4,6 – 3,1

*Tab. č. 33: Přehledné porovnání somatotypů ve výzkumném souboru.*



## 5.7. Tělesné složení: výsledky bioimpedanční analýzy

Složení těla bylo určováno prostřednictvím přístrojové bioimpedanční analýzy. Domníváme se, že je vhodné zde zmínit vysoké znepokojení týkající se hodnověrnosti níže publikovaných výsledků, které může pramenit z pravděpodobné nepřesnosti těchto metod.

Bioimpedanční metodou Tanita bylo stanoveno rozdílné procento tuku nejen ve srovnání s kaliperací, ale dokonce i ve srovnání s druhou bioimpedanční metodou BIA 2000 (tab. č. 34).

	Kaliperace	Tanita	BIA 2000
Průměr ± SD	8,3 ± 1,9	9,1 ± 2,0	12,4 ± 1,7
Median	8,8	9,9	12,4
Rozpětí hodnot	4,8 – 11,8	5,7 – 11,4	9,3 – 15,1

Tab. č. 34: Rozdíly ve stanovení procentuálního množství podkožního tuk (n=17).

Výsledky kaliperace použitých bioimpedančních metod pro určení procenta tělesného tuku spolu navzájem nekorelují a mezi výsledky jednotlivých metod byl zjištěn také významný rozdíl (tab. č. 35).

	Kaliperace (n=17)		Tanita (n=17)		Bia 2000 (n=17)	
	R	p	r	p	r	P
Kaliperace			0,58 p<0,01	0,18	0,21	0,0001
Tanita	0,58 p<0,01	0,18			0,76 p<0,001	0,0006
BIA 2000	0,21	0,0001	0,76	0,0006		

Tab. č. 35: Analýza množství tuku - vztahy zjištěné mezi výsledky jednotlivých metod.

Metodou podle Pařízkové (1977) in Riegerová a kol. (2006) bylo změřeno nejnižší procento tělesného tuku. Metodou BIA 2000 bylo naopak ve všech případech naměřeno nejvyšší procento. Přestože výsledky bioimpedančních metod spolu korelují, vzhledem k jejich značně odlišným výsledným hodnotám jsme se rozhodli primárně respektovat metodu Pařízkové. Rozhodli jsme se tak i proto, že bioimpedance může být negativně ovlivněna aktuální úrovní hydratace organismu (Lukaski, Bolonchuk, Hall & Siders, 1986), konzumací jídla (Slinde, Rossander-Hulthén, 2011) i předcházející fyzickou aktivitou (Abu Khaled, McCutcheon, Reddy, Pearman, Hunter & Weinsier, 1988; Dehghan & Merchant, 2008).

Pokud bychom měli ze dvou bioimpedančních metod zvolit tu spolehlivější, zvolili bychom metodu BIA 2000, jejíž měření je standardizované pro střeoevropskou populaci.

V případě, že zpochybníme správnost Tanitou určeného množství tělesného tuku, musíme logicky zpochybnit i všechny zbývající změřené parametry tělesného složení (tab. č. 36).

	Výsledky bioimpedance Tanita ( $n = 17$ )			
	$\bar{x} \pm \sigma$	R	Me	
Hmotnost (kg)	74,4 ± 4,6	65 – 81,4	75,7	<i>Korelace uvedených parametrů s výkonností nebyla počítána. Vzhledem ke snížené hodnověrnosti výsledků bioimpedance Tanita bychom uvedené korelace považovali za zavádějící.</i>
Výška (cm)	180,6 ± 4,1	175,6 – 191,7	179,5	
BMI (kg.m <sup>2</sup> )	22,8 ± 1,7	18,6 – 26,0	22,8	
Tukuprostá hmota (kg)	68,7 ± 4,0	60,7 – 75,8	69,6	
Tělesný tuk (%)	7,7 ± 2,6	3,1 – 11,4	7,5	
Svalová hmota (kg)	65,0 ± 4,3	55,4 – 72,1	66,2	
Tělesná voda TBW (%)	66,2 ± 2,3	60,5 – 69,9	66,2	
Svalová hmota trupu (kg)	35,0 ± 2,2	30,6 – 39,1	35,4	
Svalová hmota dominantní HK (kg)	4,3 ± 0,4	3,6 – 4,9	4,3	
Svalová hmota pravé HK (kg)	4,2 ± 0,4	3,6 – 4,9	4,3	
Svalová hmota levé HK (kg)	4,2 ± 0,4	3,4 – 4,7	4,3	
Svalová hmota pravé DK (kg)	10,9 ± 0,6	9,4 – 11,8	11	
Svalová hmota levé HK (kg)	10,8 ± 0,7	9,1 – 11,6	10,9	

Tab. č. 36: Výsledky tělesného složení: Tanita.

Metodou BIA 2000, která je standardizována i pro českou populaci, byly zjištěny výsledky uvedené v tab. č. 37.

	Metoda BIA 2000 (n=17)			
	$\bar{x} \pm \sigma$	R	Me	$r_s$
ECM/BCM	0,67±0,04	0,66-0,75	0,66	0,29
Aktivní tělesná hmota	66,5±3,9	59,4-73,2	67,6	-0,06
Tělesný tuk (%)	12,2±1,8	9,3-15,1	12	0,03

Tab. č. 37: Výsledky tělesného složení: BIA 2000.

S výkonností nekoreloval žádný z parametrů zjišťovaný metodou BIA 2000.

### 5.7.1. Rozdíly mezi RDS a RDJ

Vzhledem k uvažované nepřesnosti využití metody Tanita je nutné s určitou rezervou přihlížet i k rozdílům mezi RDS a RDJ (tab. č. 38).

	Závodníci zařazení do seniorského reprezentačního družstva České republiky (n = 3)		Rozdíl mezi družstvy			Závodníci zařazení do juniorského reprezentačního družstva (n = 3)	
	$\bar{x} \pm \sigma$	R	J.	%	p	$\bar{x} \pm \sigma$	R
Hmotnost (kg)	75,1 ± 4,6	69,2 – 80,4	2,6	3,6	0,36	72,5 (± 4,4)	68,1 – 78,5
Výška (cm)	179,1 ± 1,9	176,6 – 181,1	0,9	0,5	0,29	180,0 (±2.8)	176,8 – 183,7
BMI (kg.m <sup>2</sup> )	23,5 ± 1,9	21.2 – 25.7	1,1	4,9	0,22	22,4 (± 0.72)	21,8 – 23,4
Tukuprostá hmota (kg)	69,3 ± 3,5	64,4 – 72,0	3,7	5,6	0,22	65,6 ± 5,1	60,7 – 72,6
Tělesný tuk (%)	7,7 ± 2,0	5,7 – 10,4	0,8	11,6	0,25	6,9 ± 0,7	5,9 – 7,4
Svalová hmota (kg)	65,9 ± 3,3	61,2 – 68,4	5,2	8,6	0,18	60,7 ± 5,9	55,4 – 69,0
Tělesná voda TBW (%)	66,8 ± 1,5	65,4 – 68,9	3,4	5,4	0,08	63,4 ± 2,4	60,5 – 66,4
Svalová hmota trupu (kg)	33,2 ± 2,6	29,6 – 35,0	2,3	7,4	0,31	30,9 ± 3,7	27,2 – 34,5
Svalová hmota dominantní HK (kg)	4,3 ± 0,5	3,6 – 4,7	<b>0,6</b>	<b>16,2</b>	0,16	3,7 ± 0,7	2,8 – 4,6
Svalová hmota pravé HK (kg)	4,4 ± 0,5	3,6 – 4,7	<b>0,7</b>	<b>18,9</b>	0,21	3,7 ± 0,7	2,8 – 4,6
Svalová hmota levé HK (kg)	4,2 ± 0,3	3,8 – 4,5	<b>0,6</b>	<b>16,7</b>	0,18	3,6 ± 0,7	2,8 – 4,6

Svalová hmota pravé DK (kg)	10,8 ± 0,4	10,4 – 11,3	0,4	3,8	0,27	10,4 ± 0,9	9,4 – 11,6
Svalová hmota levé DK (kg)	10,8 ± 0,6	10,1 – 11,5	0,7	6,9	0,22	10,1 – 1,0	9,1 – 11,5

Tab. č. 38: Tanita – rozdíly mezi RDS a RDJ.

Uvedené výsledky bioimpedance pokládáme spíše za orientační. Částečně sice odpovídají výsledkům antropometrickým, ty se ovšem zakládají na skutečném fyzickém měření, které může být ovlivněno maximálně chybou lidského faktoru – a to spíše v případě jednotlivců. Upozornit lze ale především na značné rozdíly ve svalovém objemu horních končetin mezi seniorskými a juniorskými sportovci. Zjištěné rozdíly v objemu horních končetin jsou přitom výrazně vyšší než rozdíly zjištěné u končetin dolních.

Metodou BIA 2000 byl zjištěn významný rozdíl v případě parametru ECM/BCM (tab. č. 39), který vypovídá o kvalitě svalové hmoty a objemu absolvovaného vysoce intenzivního tréninku převážně silově a rychlostně vytrvalostního tréninku. Tento parametr tak představuje kvalitativní charakteristiku svalu (Talurri et al., 1999).

	RDS ( $n = 3$ )		Rozdíl mezi družstvy			RDJ ( $n = 3$ )	
	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$	$J.$	%	$p$	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$
ECM/BCM	0,63±0,01	0,62-0,65	0,1	13,7	0,001	0,73±0,01	0,72-0,75
Aktivní tělesná hmota	66,1±2,5	62,8-68,8	2,2	3,5	0,29	63,9±4,4	59,4-69,8
Tělesný tuk (%)	11,9±2,1	9,3-14,4	0,1	0,8	0,48	11,8±0,7	11,1-12,8

Tab. č. 39: BIA 2000 – porovnání RDS a RDJ.

Vzhledem k značnému věkovému rozdílu mezi seniorskými a juniorskými reprezentanty je rozdíl v kvalitě svalové hmoty daný objemem intenzivního tréninku logický.

Nakonec je nutné zmínit, že obě bioimpedanční metody uvádějí v případě seniorů vyšší procento tělesného tuku než v případě juniorů. Kaliperace přitom vedla k opačnému zjištění. Již jsme zmiňovali, že vzhledem k diskutované nepřesnosti bioimpedančních metod se přikláníme k výsledkům kaliperace.

### 5.7.2. Vítězové nominace

V tab. č. 40 porovnááme tělesné složení, zjištěné bioimpedanční analýzou Tanita, vítěze seniorské a juniorské nominace.

	Vítěz seniorské nominace	Rozdíl mezi závodníky		Vítěz juniorské nominace
		J.	%	
Hmotnost (kg)	75,8	5	7,1	70,8
Výška (cm)	179,5	0	0	179,5
BMI (kg.m <sup>2</sup> )	23,5	1,7	7,8	21,8
Tukuprostá hmota (kg)	71,5	8,1	12,8	63,4
Tělesný tuk (%)	5,7	4,8	45,7	10,5
Svalová hmota (kg)	68	12,6	22,7	55,4
Tělesná voda TBW (%)	52,2	9,5	22,2	42,7
Svalová hmota trupu (kg)	37,3	6	19,2	31,3
Svalová hmota dominantní HK (kg)	4,5	1,7	60,7	2,8
Svalová hmota pravé HK (kg)	4,5	1,7	60,7	2,8
Svalová hmota levé HK (kg)	4,5	1,7	60,7	2,8
Svalová hmota pravé DK (kg)	10,8	1,4	14,9	9,4
Svalová hmota levé HK (kg)	10,9	1,8	19,8	9,1

Tab. č. 40: Tanita - porovnání vítězů nominace.

Vysokých rozdílů si můžeme všimnout jak u % tělesného tuku, tak i u množství svalové hmoty. Nejlepší senior disponoval o 22,7% vyšším množstvím svalové hmoty než nejlepší junior i přesto, že tělesná hmotnost se nelišila o více než 5 kg. Vítěz seniorské nominace disponoval významně nižší hodnotou parametru ECM/BCM (tab. č. 41) zjištěným metodou BIA 2000, což dle Bunce a kol. (2013) vypovídá o kvalitnější svalové hmotě, především ve vztahu k silově-rychlostním činnostem.

	Vítěz seniorské nominace	Rozdíl mezi závodníky		Vítěz juniorské nominace
		<i>J.</i>	%	
ECM/BCM	0,65	0,1	13,4	0,75
Aktivní tělesná hmota	66,7	4,1	6,5	62,6
Tělesný tuk (%)	12	0,4	3,4	11,6

Tab. č. 41: BIA 2000 – rozdíly mezi vítězi nominace.

## 5.8. Aerobní výkon a vytrvalostní schopnosti: spiroergometrická vyšetření

Aerobní výkon, globální (resp. obecné) vytrvalostní schopnosti byly testovány při spiroergometrickém zátěžovém vyšetření na běžeckém pásu.

Mezi zjišťovanými fyziologickými ukazateli výkonnosti a výsledným pořadím v nominačních závodech ovšem nebyly zjištěny významné korelace (tab. č. 42).

	Spiroergometrie: běh na pásu ( $n=17$ )			
	$\bar{x} \pm \sigma$	<i>R</i>	<i>Me</i>	$r_s$
Hmotnost (kg)	74,4 ± 4,6	65 – 81,4	75,7	-0,08
Výška (cm)	180,6 ± 4,1	175,6 – 191,7	179,5	-0,13
BMI (kg.m <sup>-2</sup> )	22,8 ± 1,7	18,6 – 25,8	22,8	0,04
VO <sub>2</sub> max. (ml.kg.min <sup>-1</sup> )	62,7 ± 3,0	57,1 – 66,7	64,1	-0,17
VE <sub>max.</sub> (l.min <sup>-1</sup> )	133 ± 14	112 – 158	128	-0,17
ANP při SF (tepů.min <sup>-1</sup> )	179,7 ± 4,4	167 – 184	181	0,32
Tepová frekvence TF (tep.min <sup>-1</sup> )	188,4 ± 3,2	183 – 196	188	0,38
Laktát LA (mmol.l)	11,2 ± 0,5	10,3 – 11,9	11,3	0,20

Tab. č. 42: Běhátka - fyziologické ukazatele a jejich korelace s nominačním pořadím.

Mezi maximální spotřebou kyslíku a výkonností v závodech nebyl zjištěn žádný významný korelační vztah. Sportovci s nižším VO<sub>2max</sub> tak mají v závodech pravděpodobně stejnou šanci jako ti s vysokou schopností spotřebovávat kyslík. Korelační vztah nebyl zjištěn ani u žádného z dalších zjišťovaných ukazatelů.

Lze to vysvětlit tím, že všichni sportovci dosahovali relativně vysokých hodnot  $VO_{2max}$ . Minimální hodnota, se kterou jsme se v rámci výzkumného souboru setkali, činila  $57,1 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ . Všichni sportovci tak pravděpodobně dosahovali dostatečné, nelimitující úrovně obecných vytrvalostních schopností. Ze spiroergometrického vyšetření provedeného při specifickém typu zatížení navíc vyplývá, že fyziologická odezva při jízdě na kánoji je odlišná a významně nižší (tab. č. 43), než je tomu při běhu na pásu (tab. č. 42 a 44).

Všechny fyziologické hodnoty dosažené při pádlování jsou významně nižší, než hodnoty dosažené při běhu na pásu. Nejvýznamnější rozdíl byl zjištěn v případě ukazatele  $VO_{2max}$ . Zatímco na běhátku probandi dosáhli průměrné spotřeby  $62,7 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ , při pádlování to bylo jen  $44,1 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ . Tedy o 44% nižších hodnot. Maximální hodnoty ventilace byly v průměru nižší o 13%, hodnoty laktátu o necelých 27%. Porovnání obou testů předkládáme v tabulce č. 44. Kromě srovnání průměrné hodnoty obou testů, vypočítáváme také procentuální rozdíl a zjišťujeme statistickou významnost rozdílu výsledných hodnot. Nakonec zjišťujeme i korelace mezi hodnotami dosaženými při běhu na pásu a při jízdě na kánoji.

	Spiroergometrie: jízda na kánoji ( $n=17$ )			
	$\bar{x} \pm \sigma$	$R$	$Me$	$r_s$
$VO_{2max}$ . ( $\text{ml.kg.min}^{-1}$ )	$44,1 \pm 4,6$	37 – 51	43	0
$VE_{max}$ . ( $\text{l.min}^{-1}$ )	$118,4 \pm 12,8$	96,9 – 135	117,7	0,15
ANP při SF ( $\text{tepů.min}^{-1}$ )	$147,2 \pm 10,2$	135 – 165	142	0,28
Tepová frekvence TF ( $\text{tep.min}^{-1}$ )	$170,2 \pm 3,5$	165 – 175	170	0,25
Laktát LA ( $\text{mmol.l}$ )	$8,9 \pm 1,9$	5,1 – 12,6	9,1	-0,31

Tab. č. 43: Jízda na kánoji - fyziologické ukazatele a jejich korelace s nominačním pořadím.

Žádný z fyziologických ukazatelů zjištěných při jízdě na kánoji nekoreloval s nominačním pořadím.

	Spiroergometrie při jízdě na kánoji (n=17)			Posouzení rozdílu a vztahu mezi testy			Spiroergometrie při běhu na pásu (n=17)		
	$\bar{x} \pm \sigma$	R	Me	%	p	r	Me	R	$\bar{x} \pm \sigma$
VO <sub>2</sub> max. (ml.kg.min <sup>-1</sup> )	44,1 ± 4,6	37 – 51	43	42,9	0,00	0,48	64,1	57,1 – 66,7	63 ± 2,6
VE <sub>max.</sub> (l.min <sup>-1</sup> )	118,4 ± 12,8	96,9 – 135	117,7	13,7	0,00	0,44	128	112 – 158	134,6 ± 14,9
ANP při SF (tepů.min <sup>-1</sup> )	147,2 ± 10,2	135 – 165	142	22,1	0,00	0,32	182	167 – 184	179,8 ± 4,9
Tepová frekvence TF (tep.min <sup>-1</sup> )	170,2 ± 3,5	165 – 175	170	11,2	0,00	-0,31	188	186 - 196	189 ± 3,0
Laktát LA (mmol.l)	8,9 ± 1,9	5,1 – 12,6	9,1	27	0,002	0,48	11,3	10,3 - 11,9	11,3 ± 0,5

Tab. č. 44: Porovnání spiroergometrických vyšetření.

Rozdíly v hodnotách VO<sub>2max</sub> nepovažujeme za překvapivé. Vzhledem k množství zapojených svalových skupin při běhu a při pádlování na singlekánoji lze očekávat, že kyslíková spotřeba bude nižší. Překvapily nás ale výsledky týkající se tepové frekvence. Probandi dosahovali při pádlování o více než 10% nižší tepové frekvence a anaerobního prahu bylo podle měření dosaženo již v průměru kolem 150 tepů/min. Navíc korelace mezi výsledky na běhátku a při pádlování na vodě jsou nízké nebo jen středně silné. Probandi s vyššími hodnotami dosaženými na běhátku nedosahovali automaticky vyšších hodnot při pádlování a naopak.

Uvedené výsledky naznačují, že výkon v kategorii C1, anebo přinejmenším výkon ve stupňovaném zátěžovém testu, je do vysoké míry závislý na úrovni speciálních, lokálních silově-vytrvalostních schopností relativně malých svalových skupin horních končetin a trupu.

Protože spiroergometrie prováděná prostřednictvím mobilního zařízení přímo při specifické činnosti je novým testem, u kterého teprve probíhá jeho standardizace, považovali jsme za důležité získat zpětnou vazbu probandů. Většina probandů shodně uváděla, že k ukončení testu je vedlo svalové vyčerpání horních končetin, nikoliv kardiopulmonální limity. Test začal být značně silově náročný po zvýšení rychlosti na 8,4km.h<sup>-1</sup> (4. zátěžový stupeň). Udržení rychlosti lodi kolem této hranice vyžadovalo značné svalové úsilí, při kterém již docházelo k zapojení anaerobních mechanismů energetického krytí a tvorbě laktátu. A to i



přes nízkou tepovou frekvenci a ventilaci. Vyšší odpor je pravděpodobně částečně podmíněn také samotnou konstrukcí slalomových lodí.

### 5.8.1. Porovnání RDS a RDJ

Rozdíly hodnot fyziologických parametrů zjištěných při běhu (tab. č. 45) jsou mezi seniory a juniory jen minimální. Junioři dosahují přibližně stejné úrovně fyziologických předpokladů, jež podmiňují obecnou vytrvalost. Vzpomeneme-li na vysoké rozdíly v některých antropometrických či silových parametrech, jedná se o poměrně neočekávané zjištění.

	Seniorské reprezentační družstvo ( <i>n</i> = 3)		Rozdíl mezi družstvy			Juniorské reprezentační družstvo ( <i>n</i> = 3)	
	$\bar{x} \pm \sigma$ <i>Me</i>	<i>R</i>	<i>Př.</i> <i>j.</i>	%	<i>P</i>	$\bar{x} \pm \sigma$	<i>R</i>
Hmotnost (kg)	75,1 ± 4,6	69,2 – 80,4	2,6	3,6	0,36	72,5 ± 4,4	68,1 – 78,5
Výška (cm)	179,1 ± 1,9	176,6 – 181,1	0,9	0,5	0,29	180,0 ± 2,8	176,8 – 183,7
BMI (kg.m <sup>-2</sup> )	23,5 ± 1,9	21,2 – 25,7	1,1	4,9	0,22	22,4 ± 0,72	21,8 – 23,4
VO <sub>2</sub> max. (ml.kg.min <sup>-1</sup> )	61,8 ± 3,3 64,1	57,1 – 64,3	1,9	3	0,28	63,7 ± 2,2 62,5	61,8 – 66,7
VE <sub>max.</sub> (l.min <sup>-1</sup> ) 1)	139,3 ± 12,3 147	122 – 149	19,1	15,9	0,07	120,2 ± 5,9 123,7	112 – 125
ANP při SF (tepů.min <sup>-1</sup> )	180 ± 2,2 181	177 – 182	2	1,1	0,15	182 ± 1,7 183	180 – 184
Tepová frekvence TF (tep.min <sup>-1</sup> )	188 ± 1,4 187	187 – 190	2	1,1	0,29	190 ± 4,3 188	186 – 196
Laktát LA (mmol.l)	11,3 ± 0,2 11,3	11,1 – 11,6	0	0	0,5	11,3 ± 0,5 11,3	10,8 – 11,9

Tab. č. 45: Porovnání RDS a RDJ u spiroergometrického vyšetření na běhátku.

Podobně jako na běhátku, ani na vodě nebyly zjištěny významné rozdíly mezi seniory a juniory (tab. č. 46). Junioři pouze dosáhli mírně vyššího VO<sub>2max</sub> při nižší maximální ventilaci (VE<sub>max</sub>), což je pravděpodobně zapříčiněno jejich nižší tělesnou hmotností.

	Seniorské reprezentační družstvo (n = 3)		Rozdíl mezi družstvy			Juniorské reprezentační družstvo (n = 3)	
	$\bar{x} \pm \sigma$ Me	R	J.	%	P	$\bar{x} \pm \sigma$ Me	R
VO <sub>2</sub> max. (ml.kg.min <sup>-1</sup> )	43,7 ± 3,3 43,0	40 – 48	2,3	6,2	0,33	46 ± 6,4 50	37 – 51
VEmax. (l.min <sup>-1</sup> )	123,6 ± 12,7 129,8	105,9 – 135	13,4	12,1	0,16	110,2 ± 11,5 108,7	96,9 – 125
ANP při SF (tepů.min <sup>-1</sup> )	151 ± 7,8 150	142 – 161	3,7	2,7	0,5	147,3 ± 12,5 139	138 – 165
Tepová frekvence TF (tep.min <sup>-1</sup> )	171 ± 4,3 173	165 – 175	0	0	0,11	171 ± 3,6 173	166 – 174
Laktát LA (mmol.l)	7,6 ± 1,8 8,5	5,1 – 9,1	2	20,8	0,37	9,6 ± 0,5 9,3	9,2 – 10,3

Tab. č. 46: Porovnání RDS a RDJ u spiroergometrického vyšetření na vodě.

### 5.8.2. Vítězové nominace

	Vítěz seniorské nominace	Rozdíl mezi družstvy		Vítěz juniorské nominace
		J.	%	
Hmotnost (kg)	75,8	5	7,1	70,8
Výška (cm)	179,5	0	0	179,5
BMI (kg.m <sup>2</sup> )	23,5	1,7	7,8	21,8
VO <sub>2</sub> max. (ml.kg.min <sup>-1</sup> )	40,0	10	20	50,0
VEmax. (l.min <sup>-1</sup> )	135	38,1	39,3	96,9
ANP při SF (tepů.min <sup>-1</sup> )	150	15	9,1	165
Tepová frekvence TF (tep.min <sup>-1</sup> )	175	3	1,2	173
Laktát LA (mmol.l)	9,1	0,1	1	9,2

Tab. č. 47: Jízda na kánoji - porovnání vítězů nominace.

Rozdíly mezi vítězi nominace jsou do vysoké míry totožné s rozdíly mezi RD. Nejlepší junior dosáhl lepšího VO<sub>2</sub>max při nižších hodnotách ventilace.

	Vítěz seniorské nominace	Rozdíl v %	Vítěz juniorské nominace
VO <sub>2</sub> max. (ml.kg.min <sup>-1</sup> )	57,1	7,9	61,8
VEmax. (l.min <sup>-1</sup> )	149,0	24,8	112
ANP při SF (tepů.min <sup>-1</sup> )	181	0,5	180
Tepová frekvence TF (tep.min <sup>-1</sup> )	187	0,5	186
Laktát LA (mmol.l)	11,6	6,9	10,8

*Tab. č. 48: Běžecský pás - porovnání vítězů nominace.*

## 6. Diskuse

Před diskusí týkající se samotných výsledků výzkumu, bychom rádi upozornili na problematiku vyplývající z elitního výzkumného souboru i odborného personálního zajištění. Dále diskutujeme výsledky práce v pořadí teoretických východisek, ze kterých jsme vycházeli na samém počátku předkládaného výzkumu.

### 6.1. Výzkumný soubor, personální zajištění výzkumu

Setkání tak rozsáhlého výzkumného souboru vrcholových českých sportovců ve třech po sobě následujících dnech pro bezmála celodenní testování, a to pouhých 5 týdnů před nominačními závody, nebylo jednoduché. Sportovci se oprávněně obávali možného negativního vlivu na výkonnost pramenícího nejen ze samotného testování, ale i cestování či vzájemného porovnání, které by mohlo ohrozit jejich soutěžní sebedůvěru. Navíc se jednalo o nominaci olympijskou. Na jedné straně tak stála příležitost otestovat sportovce v jejich dosavadně nejlepší formě, na straně druhé stály možná rizika potenciálně formu ohrožující.

Ve snaze o snížení těchto obav a odstranění všech příčin, které by potenciálně mohly ohrozit výkonnost probandů v olympijské nominaci, bylo zapotřebí učinit celou řadu organizačních opatření. Za prvé bylo zapotřebí všem probandům trpělivě vysvětlit význam i přesný postup testování. Za druhé bylo nutné v maximální možné míře vyhovět časovým možnostem probandů tak, aby zároveň nedošlo k interindividuálním odlišnostem v postupu. Za třetí bylo nutné splnit několik praktických požadavků jako zajistit občerstvení, teplou místnost pro převlékání, dopravu apod.

Veškerá testování na vodě probíhala v areálu vodních sportů (Labe aréně) v Račicích. Testování bylo celodenní a kromě 17 - 18 probandů se na jeho vykonání podílelo dalších 9 osob. Konkrétně tři časoměřiči, jeden zapisovatel, jeden startér, pověřená osoba pro odběr laktátu, pověřená osoba Laboratoře sportovní motoriky provádějící spiroergometrii a dva řidiči, jejichž úkolem byl svoz a rozvoz všech zúčastněných osob i s loděmi. K důkladnému a přesnému testování tak bylo zapotřebí devět provádějících, nebo výzkumu pomáhajících, osob.

Z personálního hlediska podobně náročné bylo testování i v laboratořích UK FTVS. Na něm se podílelo celkem 7 osob z řad odborného personálu laboratoří a 4 další osoby v podobě organizátorů, asistentů či zapisovatelů.

Ve sportovní vědě se samozřejmě setkáváme s mnohem rozsáhlejšími výzkumnými soubory. Jen v ojedinělých případech se ovšem jedná o soubory složené z reprezentačních sportovců. V našem výzkumu přitom bylo o každém z probandů shromážděno více než 100 číselných hodnot náležejících k příslušným kondičním indikátorům. Náročnost výzkumu tak spočívala především v rozsahu testovacích procedur spíše než v rozsahu výzkumného souboru.

V rámci co nejvyšší exaktnosti měření bylo nutné po celou dobu zachovávat stejné postupy. Všechny tělesné parametry probandů tak byly například zjišťovány jedinou zkušenou examinátorkou.

## 6.2. Antropometrické parametry

Na výkonnostní faktory kondice je třeba pohlížet s ohledem na velmi těsné vzájemné souvislosti s faktory somatickými, s nimiž vytváří rozhodující předpoklady, které jsou odpovědné za kvality procesu fyziologického zajišťování energie a biomechanického přenosu energie při provádění sportovního výkonu (Hohmann, Lames a Letzelter, 2010). Vzhledem ke vztahu s biomechanikou (resp. efektivností pohybu) v době, kdy ve sportu rozhodují minimální rozdíly, není překvapující, že se napříč různými sportovními disciplínami v uplynulých desetiletích vyhranily úspěšné somatotypy. Jako o „výbuchu somatotypů“ o tom pojednává například Epstein (2014), příklady optimálních somatotypů v různých sportovních disciplínách uvádí například Grasgruber & Cacek (2008).

### 6.2.1. Tělesná výška, hmotnost a somatotyp

Z výzkumného souboru 17 singlekanoistů dosahoval tělesné výšky 190 cm pouze jediný. Šest sportovců měřilo 180 – 185 cm, všichni ostatní potom 175 – 179,9 cm. Hranici tělesné hmotnosti 80 kg mírně překračovali pouze 3 probandi. Výškový průměr činil 180,6 cm, hmotnostní potom 74,4 kg. Lze shrnout, že v uvedených základních tělesných parametrech si byli všichni probandi velmi podobní a naprosto přesně by singlekanoisty vystihovaly například průměrné hodnoty mladých mužů ve věku 18 až 25 let zjištěné Jirkovským (2003) u vojáků základní služby.

Můžeme se ptát, jaký je optimální somatotyp v případě vodního slalomu? Celá řada závodníků či trenérů by odpověděla, že žádný optimální somatotyp neexistuje. Z výsledků naší studie a jejich porovnání se studiemi doposud publikovanými (např. Ridge et al., 2007;

Bílý et al., 2010 aj.) vyplývá ovšem poněkud odlišný závěr. Pro vrcholový vodní slalom existuje optimální somatotyp, dal by se charakterizovat jako „téměř dokonalý průměrnák“. Tedy přibližně 180 cm měřící, kolem 75 kg vážící muž s víceméně populačně standardními tělesnými rozměry i poměry. Hmotnost nad 80 kg je u elitních slalomářů stejně neobvyklá jako výška nad 190 cm. Tím netvrdíme, že se v elitní české či světové špičce nevyskytují výjimky. Jejich výskyt je ovšem v řádu jednotlivců. Zároveň je třeba uvést, že žádný ze závodníků neměřil pod hranici 175 cm a nevážil pod hranici 65 kg. Nižší tělesná výška a nízká tělesná hmotnost tak mohou být pro výkon stejně limitující jako vysoké hodnoty těchto parametrů.

Vodní slalomáři jsou výškově i váhově velmi podobní závodníkům v disciplíně Canoe Freestyle. U souboru 16 kajakářů účastnících se Evropského poháru ve slovenském Čunovu zjistili Csonková & Vajda (2017) průměrnou tělesnou výšku  $178,8 \pm 5,1$  cm při hmotnosti  $73,3 \pm 7,3$  kg.

Tělesné rozměry vodních slalomářů jsou ovšem menší než tělesné rozměry rychlostních kanoistů. Při OH v Sydney 2000 byla u výzkumného souboru elitních světových závodníků zjištěna průměrná výška  $185 \pm 6,0$  cm, hmotnost  $84,8 \pm 6,2$  kg (Ackland et al., 2003). Somatotyp rychlostních kanoistů vykazoval vysokou mezomorfní komponentu (1,6–5,7–2,2), vyšší než tomu bylo u olympijských vodních slalomářů (1,7-5,4-2,5), nebo našeho výzkumného souboru (1,6-4,9-2,9). Velmi vysoká mezomorfní komponenta (3,5-6,2-2,8) byla v případě rychlostní kanoistiky potvrzena také studií Gutnika et al. (2015). Větší tělesné rozměry rychlostních kanoistů potvrzuje také výzkum Sitkowskiho (2002), v němž světově úspěšní závodníci dosahovali průměrné tělesné hmotnosti  $87,0 \pm 4,6$  kg při výšce  $185,3 \pm 1,9$  cm.

V posledních desetiletích se přitom somatotyp kanoistů na divoké vodě zásadně neproměňoval. Velmi úspěšná generace amerických slalomářů z roku 1983 měla velmi podobný somatotyp 1,7-5,4-2,5 (Vaccaro, Gray, Clarke & Morris, 1984) jako čeští reprezentanti pro rok 2016. Průměrný somatotyp celého našeho výzkumného souboru se potom podobal somatotypu australských reprezentantů 2,1-4,7-3,0 (Freeman, Chennells, Sandstrom & Briggs, 1987).

### 6.2.1.1. Porovnání single-kanoistů a kajakářů

Z exaktního pohledu je také velmi obtížné potvrdit obecně převládající přesvědčení, že singlekanoisté jsou vyšší než kajakáři. Průměrná výška kanoistů byla na OH v Sydney 2000 stejná (177 cm) jako u kajakářů (Ridge et al., 2007). V roce 2004 byla průměrná tělesná výška 9 českých vrcholových kajakářů  $179,9 \pm 5,6$  cm a hmotnost  $74,8 \pm 4,7$  kg. U singlekanoistů potom  $182,3 \pm 2,1$  cm při  $76,6 \pm 6,7$  kg (Bílý, 2005). Výzkum byl zopakován Bílým, Süssem & Buchtelem (2010), přičemž výsledky byly podobné - tělesná výška kajakářů  $176,8 \pm 6$  cm při hmotnosti  $74,0 \pm 6,7$  kg proti výšce  $181,6 \pm 6,3$  cm při hmotnosti  $77,4 \pm 7,3$  kg u singlekanoistů. Rozdíly přitom nebyly ani u jednoho z výzkumů statisticky významné. Hodnoty výškového rozpětí napříč uvedenými výzkumy ovšem ukazují, že s extrémnějšími hodnotami se setkáváme v případě kanoistické kategorie více než v případě kategorie kajakářské. Větší tělesná výška je tak v případě kategorie C1 pravděpodobně menším handicapem, než je tomu v případě kategorie K1. Lze pro to snad najít vysvětlení v oblasti biomechaniky a techniky. Vysocí kajakáři mají z biomechanického hlediska nevýhodu v podobě delších dolních končetin před sebou a tím pádem zhoršeného točení lodi. Protože se navíc v kategorii K1 jezdí agresivněji na vnitřní tyče, je nutné se tělem pod 20cm vysoko visící tyče vejít. Pro vyšší závodníky je tento technický aspekt jízdy samozřejmě složitější realizovat. V některých brankových kombinacích tak mohou mít značnou nevýhodu.

Velmi vysocí kanoisté mají nevýhodu v logicky vyšší tělesné hmotnosti. Na zhoršený vztah mezi hmotností a jízdními vlastnostmi lodi (např. Grasgruber & Cacek, 2008) doplácí především od roku 2005, kdy bylo pravidly umožněno zkrácení lodí z původních 4,0 m na 3,5 m (ICF, 2018).

### 6.2.2. Rozpětí paží

V případě, že si vysocí singlekanoisté udrží nízkou tělesnou hmotnost, lze ovšem naopak polemizovat o dostatečnosti jejich silových předpokladů. Ty jsou přitom podle Nortona & Oldse (1996) zcela klíčové pro to, aby dokázali využít teoretickou výhodu v podobě delších horních končetin. Delší horní končetiny mohou být výhodou v průběhu cyklického záběrového pohybu, kdy se loď nachází ve skluzu. Jak už ale bylo zmíněno, současný výkon ve vodním slalomu je plný rozjezdů, změn směru s následným znovuzrychlováním lodi. V těchto úkonech mohou být vysoké pákové poměry nevýhodou, zvláště v případě nedostatečné silové připravenosti či vyšší hmotnosti závodníka. V praxi tak před námi stojí obtížný úkol.

Na jedné straně totiž po kanoistech s větším rozpětím paží musíme požadovat i odpovídající silové schopnosti, které jsou ovšem zcela logicky spojeny se svalovou hypertrofií a tím i vzrůstající tělesnou hmotností.

Bílý (2012) se na základě dříve publikovaných výzkumů (Bílý, 2004; Bílý, Süß & Buchtel, 2010) přesto domnívá, že úspěšní singlekanoisté velmi pravděpodobně disponují vyššími hodnotami rozpětí paží než singlekanoisté méně úspěšní a zároveň, že singlekanoisté obecně disponují větším rozpětím paží než závodníci ostatních kategorií. Těžko bychom ovšem hledali výsledky, které by takové domněnky dokázali verifikovat. Ve výzkumu z roku 2004 disponují singlekanoisté skutečně vyšším indexem rozpětí paží a tělesné výšky ( $104,6 \pm 1,5$  vs.  $101,8 \pm 1,4$ ). Výzkumným souborem bylo ovšem pouze 6 singlekanoistů a 9 kajakářů národní úrovně. Z metodologického hlediska tak mohou být uvedené výsledky těžko prokazatelné, neboť jsou logicky velmi silně ovlivněny extrémními hodnotami. Rozdíly mezi kajakáři a singlekanoisty v indexu rozpětí a výšky z roku 2010 už zdaleka tak jednoznačné nejsou ( $103,6 \pm 2,6$  vs.  $103,0 \pm 2,1$ ). Výzkumným souborem totiž bylo 17 mezinárodních singlekanoistů a 29 kajakářů.

V případě našeho výzkumu činila hodnota pořadové korelace mezi rozpětím paží a výkonností v závodech 0,411. Podle Hendla (2012) se jedná o středně silný vztah, který je ovšem dle tabulky kritických hodnot pro Spearmanův koeficient korelace těsně pod hranicí statistické míry signifikance ( $p < 0,05$ ). Jakkoliv se tedy jedná o středně silnou korelaci, nelze ji na úrovni přijatelné pravděpodobnosti považovat za významnou.

Mezi RDS ( $n=3$ ) a RDJ ( $n=3$ ) nebyly navíc v případě rozpětí paží zjištěny ani věcně (2,2 cm) ani statisticky významné rozdíly ( $p=0,29$ ). Zatímco rozpětí paží činilo v případě RDS  $189,2 \pm 4,2$  cm a RDJ  $187,0 \pm 1,6$ , v případě zbylých sportovců to bylo  $185,4 \pm 3,4$  cm. Ani tento rozdíl ovšem nepovažujeme za významný.

Potvrzujeme tak závěry Ridge et al. (2007), že mezi neúspěšnějšími a méně úspěšnými vrcholovými sportovci neexistují v rozpětí paží signifikantní difference. Nakonec, není nám znám žádný výzkum, který by zmíněnou diferencí prokázal.

### **6.2.3. Diference mezi výkonnostními skupinami**

Byly tedy vůbec zjištěny nějaké antropometrické rozdíly mezi úspěšnými a neúspěšnými závodníky nominace? Na základě vypočítaných pořadových korelací lze jen těžko poukázat



na jakýkoliv parametr, který by měl k výkonnosti významný a silný vztah. Určitá korelační závislost byla zjištěna u parametrů týkajících se tělesného tuku ( $r_s=0,43-0,53$ ;  $p<0,05$ ). Závodníci kvalifikovaní do RDS disponovali v porovnání s ostatními závodníky skutečně nižším množstvím tělesného tuku, podobná pravidelnost se ovšem na dalších příčkách již nevyskytovala.

Jak jsme již zmiňovali ve výsledkové kapitole i metodice, při zjišťování procenta tělesného tuku je pro nás kaliperace preferovanou metodou. V tabulce č. 49 porovnáваме součty kožních řas a z nich vypočítaného % tělesného tuku.

Část výzkumného souboru	Součet kožních řas (mm)	Procento tělesného tuku (%)
Reprezentační družstvo seniorů RDS (n=3)	44±3,7	6,3±1,1
Reprezentační družstvo juniorů RDJ (n=3)	55,7±1,2	9,3±0,3
Zbývající sportovci (n=11)	54,4±7,5	9,1±2,0

*Tab. č. 49: Porovnání tělesného tuku probandů.*

Členové RDS tedy při velmi podobné tělesné hmotnosti vynikali nejnižším součtem 10 kožních řas a tedy i vypočítaného % tělesného tuku. Vzpomeňme ovšem, že zároveň vynikali nejvyššími hodnotami mezomorfní komponenty somatotypu. Jejich stavbu těla tak lze ve vztahu ke sportovnímu výkonu považovat za kvalitnější – při udržení nízké tělesné hmotnosti dosáhli odpovídající hypertrofie, přičemž těchto protichůdných kvalit dosáhli na základě minimalizace tělesného tuku. Velmi dobře o tom svědčí především rozdíly mezi RDS a RDJ. Junioři měli i přes podobnou výšku a hmotnost významně nižší obvody předloktí (27,6±0,5 vs. 25,6±0,6), nadloktí (35,4±1,6 vs. 32,3±1,1) i hrudníku (98,2±3,0 vs. 91,9±2,9). Senioři navíc disponovali nižším procentuálním množstvím tělesného tuku (6,2±1,1 vs. 9,3±0,3). A jak jsme již zmiňovali, jejich somatotyp byl vyhraněnější směrem k mezomorfii (1,3-5,7-2,4 vs. 1,6-4,0-3,0).

Uvedené rozdíly lze částečně přičítat rozdílu věkovému (Sigmund et al., 2016), částečně potom i prozatím stále krátkým působením intenzivního tréninku. Juniorští sportovci byli v průměru o deset let mladší než ti seniorští. Somatotyp a tělesné rozměry nejlepších seniorů mohou do budoucna posloužit jako vzor juniorům, potažmo i všem dalším sportovcům usilujícím o RDS. Členové RDS mají více svalové hmoty v oblasti klíčových partií paží a hrudníku. Zároveň si ovšem udržují nízkou tělesnou hmotnost prostřednictvím minimalizace tělesného tuku. Navíc rozdíly v obvodech dolních končetin a boků byly pouze

minimální. Podařilo se jim tedy dosáhnout specifické hypertrofie pouze u svalových partií, které se podílejí na vytváření propulzních sil při pádlování.

Nebylo by ale správné domnívat se, že seniorští reprezentanti připomínají v porovnání s juniory kulturisty. Není tomu tak, a podle všech doposud provedených výzkumů by tomu tak být ani nemělo. Podobné představy by mohly vést k nadměrnému rozvoji silových schopností na úkor potřebného rozvoje jiných pohybových schopností a především techniky.

#### 6.2.4. Vztahy vybraných parametrů s výkonností

Protože nám nejsou známe žádné studie, které by přímo zjišťovaly korelační vztahy antropometrických parametrů s výkonností ve vodním slalomu, referujeme alespoň o některých výzkumech provedených v případě rychlostní kanoistiky. Akca & Muniroglu (2008) našli v případě 11 rychlostních kajakářů turecké národní úrovně vysoké korelační hodnoty s výkonem na 500m u obvodu flexovaného bicepsu ( $r=-0,86$ ;  $p<0,01$ ). Van Someren & Palmer (2003) zjistili korelaci mezi obvodem hrudníku a výkonem na 200m ( $r=-0,63$ ;  $p<0,01$ ) v případě 13 rychlostních kajakářů britské národní úrovně. Zjištění obou výše uvedených potom částečně potvrzuje starší výzkum Fry & Mortona (1991) na vzdálenost 1000m, a to jak v případě obvodu bicepsu ( $r=-0,64$ ;  $p<0,05$ ), tak i hrudníku ( $r=-0,65$ ,  $p<0,01$ ). Studie zabývající se korelačním vztahem antropometrických parametrů s výkonem v singlekanoistických kategoriích nám ovšem nejsou známy ani v případě rychlostní kanoistiky. Výjimkou je práce Hamana et al. (2015), který prokázal vysoké korelace mezi obvodem nadloktí ( $r=0,876$ ;  $p<0,01$ ), předloktí ( $r=0,820$ ;  $p<0,01$ ) i hrudníku ( $r=0,928$ ;  $p<0,01$ ) s výkonem v testu na kanoistickém trenažéru. Jeho výzkumným souborem nebyly vrcholoví závodníci, ale závodníci univerzitní úrovně. Takto silné a signifikantní korelace se nám ovšem v případě sledovaného souboru závodníků kategorie C1 prokázat nepodařilo.

Vzhledem k již zmiňované těsné souvislosti kondičních a somatických faktorů (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010), rozdíly v antropometrických předpokladech předznamenávají částečně rozdíly v předpokladech silových.

### 6.3. Silové schopnosti

Silové schopnosti jsou významným kondičním faktorem výkonu ve vodním slalomu, obzvlášť potom v kanoistických kategoriích (Bílý, 2012). Při jejich testování lze vybírat z poměrně široké palety cviků, problémem může být ovšem jejich standardizace. Pro

diagnostiku silových schopností by se daly jistě zvolit cviky s vyšší mírou koordinační podobnosti s pádlováním. Kračmarem a kol. (2016) byla prostřednictvím EMG záznamu svalové aktivace sledována podobnost se záběrem na kajaku a přitahováním gumového lana ve střídavém režimu při předklonu trupu, přitahování závaží na laně ve střídavém režimu při vzpřímeném trupu, shyby na hrazdě, šplhem na laně bez dopomoci dolních končetin a pádlovacím trenažérem. Největší souvislost s pádlováním na kajaku vykazoval pádlovací trenažér, i při něm byly ovšem nalezeny značné rozdíly v zapojení či timingu některých svalů ovlivňujících lokomoci pletence ramenního. Nejzásadnější odlišností bylo podle Kračmara a kol. (2016) pasivní natahování horní paže vpřed vlivem navíjení lanka trenažeru, což vedlo k vyřazení předního pilovitého svalu. Přední pilový sval je ale rozhodující pro nastavení lopatky při pohybu horní končetiny vpřed, čímž byla porušena celková souhra pletence ramenního. To je pro pádlování, jakožto lokomaci realizovanou výhradně přes pletence ramenní věci zásadního významu (Kračmar a kol., 2016; Wassinger et al., 2011).

Výše uvedené cviky lze navíc pro testování maximálních silových schopností použít jen obtížně. Problémem je také jejich často chybějící standardizace. V rychlostní kanoistice jsou maximální silové schopnosti dlouhodobě testovány prostřednictvím cviků bench-press a bench-pull (např. McKean & Burkett, 2014) a setkáváme se v ní samozřejmě také s jednoduchou funkční zkouškou maximálního stisku ruky (Hamano et al., 2015). Proto jsme i my v rámci příbuznosti kanoistických disciplín přistoupili k testování prostřednictvím těchto základních cviků.

### 6.3.1. Bench-press a bench-pull

Korelace s výkonností byla zjištěna pouze u cviku bench-press. A to jak v případě absolutní uzvednuté hmotnosti ( $r_s=0,60$ ;  $p<0,01$ ), tak i koeficientu této uzvednuté hmotnosti k hmotnosti tělesné ( $r_s=0,57$ ;  $p<0,025$ ).

Rozptyl uzvednutých vah byl při bench-pressu vyšší, než u cviku přitah (bench-pull), který ovšem s pádlováním vykazuje vyšší souvislost logickou i kinematickou (Kračmar a kol., 2016). Lze to vysvětlit tím, že závodníci jsou v přitahu díky pádlování přirozeně vyrovnanější, ale i tím, že řada závodníků cvik bench-press ve svém tréninku nezařazuje. Na druhou stranu, koeficient korelace mezi cvikem bench-press a bench-pull činil 0,79 ( $p<0,001$ ). Jedná se o vysokou a signifikantní míru korelace, která upozorňuje na obecně lepší

silovou připravenost některých sportovců. V nominaci nejúspěšnější závodníci vykazovali zároveň i nejvyšší absolutní a relativní maximální sílu při cviku bench-pull.

Maximální síla prokázaná při cviku bench-press i bench-pull korelovala s výkony v rychlostní kanoistice na 200, 500 i 1000m ( $r=-0,66-0,79$ ;  $p<0,05$ ). Výzkumným souborem studie byli ovšem kajakáři (McKean & Burkett, 2014). Jedná se o vyšší korelace, než jaké jsme zjistili my. Některé studie ovšem neprokázaly žádné vztahy maximální síly reprezentované výkonem při bench-pressu a bench-pullu s výkonností na všechny uvedené vzdálenosti (McKean & Burkett, 2010; Dokumaci & Cakir-Atabek, 2015).

Dobře o rozdílech v silové připravenosti sportovců svědčí porovnání mezi RDS a RDJ. Junioři se od seniorů statisticky významně lišili v ukazatelích cviku bench-press ( $114\pm 14,5$  vs.  $80,7\pm 0,9$ ;  $p=0,01$ ) i bench-pull ( $98\pm 8,5$  vs.  $85\pm 2,9$ ,  $p=0,03$ ). V tabulce č. 50 porovnáme RDS, RDJ i zbývající sportovce.

Část výzkumného souboru	Bench-press (kg)	Bench-press (kg.kg <sup>-1</sup> )	Bench-pull (kg)	Bench-pull (kg.kg <sup>-1</sup> )
RDS (n=3)	112,3±16,7	1,48±0,13	98,7±7,5	1,31±0,04
RDJ (n=3)	80,7±0,9	1,11±0,05	85±2,9	1,17±0,06
Zbývající sportovci (n=11)	93,5±13,6	1,24±0,15	93,6±9,8	1,22±0,08

Tab. č. 50: Porovnání silových indikátorů probandů.

Z porovnání vyplývá, že sportovci zařazení do RDS jsou na tom v případě silových indikátorů znovu nejlépe, podobně jako v případě souvisejících indikátorů antropometrických. Významné jsou rozdíly především v přepočtu k tělesné hmotnosti probandů.

Věcně nejvýznamnější byl rozdíl u cviku bench-press. Seniori dokázali vzepřít o 41% větší hmotnost než junioři, resp. o 34,8% více ve vztahu k vlastní tělesné hmotnosti. U cviku bench-pull se jednalo o 15%, resp. o 10%. Ještě výraznější přitom byly rozdíly mezi vítězem seniorské a juniorské nominace.

### 6.3.2. Maximální stisk ruky (hand grip)

Vyšetření maximálního stisku ruky je jednoduchou a standardizovanou funkční zkouškou, prostřednictvím které vyšetřujeme silové schopnosti flexorů předloktí a nepřímo poukazujeme na silovou připravenost horních končetin.

Průměrná hodnota maximálního stisku ruky výzkumného souboru singlekanoistů činila  $49,3 \pm 7,5$  kg. Nejnižší zjištěná hodnota činila 36,4 kg, nejvyšší potom 63 kg. Mezi výkonností v závodech a silou stisku ruky nebyla zjištěna signifikantní korelace. Porovnáme-li ovšem seniorské a juniorské reprezentanty, zjistíme, že seniorští závodníci dosáhli o 20,5% silnějšího stisku ruky ( $54,1 \pm 4,2$  vs.  $44,9 \pm 2,3$ ;  $p=0,02$ ). Juniorští závodníci dosáhli v průměru podobného stisku jako účastníci brazilského parakanoistického mistrovství (de Sousa et al., 2016) a mírně nižšího ( $50,0 \pm 11,5$ kg) než rychlostní kanoisté univerzitní úrovně sledovaní Hamanem et al. (2014) či hráči brazilského národního týmu ve hře kanoje-polo ( $47,6 \pm 8,7$ ) sledovaných Alvesem et al. (2011). Seniorští reprezentanté dosáhli u dominantní paže hodnoty v průměru velmi podobné jako výkonnostní sportovní lezci ( $53,2 \pm 7,4$  kg) uvedené Balášem, Strejcovou & Hrdličkovou (2008).

Průměrnou silovou úroveň RDS lze doporučit jako úroveň požadovanou pro vrcholovou výkonnost. Vrcholoví vodní slalomáři jsou obecně silově méně disponováni než rychlostní kanoisté, především v úrovni absolutních výkonů nepřečtených k tělesné hmotnosti. Svědčí o tom především výsledky dlouhodobého testování vrcholových rychlostních kanoistů ([www.kanoje.cz](http://www.kanoje.cz)). Vyplyvá to pravděpodobně z rozdílných nároků na silově-rychlostní schopnosti a významný rozdíl v důležitosti dalších faktorů výkonu. Nadměrný rozvoj silových schopností brání vodním slalomářům v efektivním tréninku techniky. Pro vodní slalomáře jsou s největší pravděpodobností důležité především relativní ukazatele silové připravenosti.

### 6.3.3. Testování silové vytrvalosti

Csonková & Kutlík (2017) provedli studii zjišťující vztah mezi obecnými i speciálními silovými předpoklady s výkonností v disciplíně Canoe Freestyle ([www.canoeicf.com/discipline/canoe-freestyle](http://www.canoeicf.com/discipline/canoe-freestyle)). Silný korelační vztah byl zjištěn pouze v případě speciálních testů silové vytrvalosti (po dobu 30s opakovaný trik zvaný Cartwheels,  $r=0,86$ ) a dynamické síly (12 provedení triku zvaného Airloop s dodržení patřičných úhlů optimálního provedení,  $r=0,85$ ). Takový test je nejpodobnější samotnému výkonu. V případě testu maximálního výkonu na pádlovacím stroji byla zjištěná korelace nízká ( $r=0,27$ ). Z obecných testů byl zjištěn středně silný vztah ( $r=0,51$ ) pouze u vytrvalostní síly při cviku bench-pull.

Podle Szanta (2010) je silová vytrvalost základem kanoistických sportů, protože umožňuje sportovci aplikovat přiměřenou sílu při každém záběru, ve stejný čas ovšem i odolávat vzrůstající únavě. Skutečně, Akca & Muniorglu (2008) prokázal v RK vysoké korelace mezi výkonem na 500 metrů a minutovým opakovacím maximem při bench-pressu ( $r=-0,89$ ;  $p<0,01$ ) i bench-pullu ( $r=-0,85$ ;  $p<0,01$ ). Zde je vhodné zmínit, proč se v předkládané práci nevyskytuje více testů silové vytrvalosti. V původním plánu testování byl vedle Wingate testu zařazen i test silové vytrvalosti při cviku bench-press a bench-pull, podobně jako ve zmíněné studii Akcy & Muniorglu (2008). Jednalo by se o standardizované provedení opakovacího maxima v jedné minutě tak, jak je to dlouhodobě používáno například i při testování sportovců RDJ ([www.kanoe.cz](http://www.kanoe.cz)). Tedy s velikostí odporu rovnajícím se jedné třetině tělesné hmotnosti závodníka. Závodníci ovšem již s předstihem tento test odmítli z obavy před svalovou bolestí, která podle jejich zkušenosti po podobném cvičení přetrvává i několik dní a která by jim potenciálně znemožnila uspokojivě trénovat v následujících dnech. Připomeneme-li, že testování se uskutečnilo pouze 5 týdnů před nominačními závody na OH, podobné obavy musíme pochopit.

Ze studie Csonkové & Kutlíka (2017) je zřejmé, že se samotnou výkonností korelovali pouze vysoce specifické testy, které kromě silových předpokladů testovaly i expertní dovednosti a celkovou integritu výkonu. A podobně vysoké korelace převážně velmi specifických ukazatelů lze předpokládat i v případě vodního slalomu.

O silových předpokladech vypovídá do vysoké míry také Wingate test, o němž podrobně pojednáváme v následující kapitole. Wingate test kromě anaerobního výkonu testuje úroveň explozivní a rychlé síly. Lovel, Mason, Delphinus, Eagles, Shewring & McLellan (2011) prokázali značnou regresní závislost mezi úrovní výbušné síly prokázané při cviku bench-press a výkonem při Wingate testu. Explozivní síla je přitom do vysoké míry závislá na síle maximální (Zatsiorsky & Kraemer, 2006).

#### **6.4. Anaerobní výkon a rychlostně-silové předpoklady: Wingate test**

Středně vysoké míry korelace s výkonností byly zjištěny u ukazatele relativního maximálního výkonu ( $r_s=0,57$ ;  $p<0,025$ ), minimálního výkonu ( $r_s=0,60$ ;  $p<0,01$ ) a relativního minimálního výkonu ( $r_s=0,58$ ;  $p<0,025$ ). Signifikantní korelace byla zjištěna i u průměrného ( $r_s=0,53$ ;  $p<0,025$ ) a relativního průměrného výkonu ( $r_s=0,57$ ;  $p<0,025$ ). Protože závodník ve vodním slalomu pracuje neustále se svou vlastní hmotností a potřebuje jak dynamickou

výbušnou sílu nutnou k neustálým rozjezdům lodi, tak i silovou vytrvalost nutnou ke zvládnutí těchto rozjezdů po dobu 80 – 120 sekund, považujeme za nejzásadnější ukazatele Wingate testu ukazatele relativních výkonů ( $r_s=0,57-0,58$ ).

Uvedené korelace samozřejmě neprokazují přímou závislost s výkonností. Ovšem podíváme-li se navíc znovu na rozdíly mezi RDS a RDJ, musíme konstatovat, že výsledky Wingate testu jsou poměrně zásadními výkonnostními indikátory. Absolutní maximální výkon (Pmax.) seniorů byl v porovnání s juniory vyšší o celých 100W (15%), přibližně o 12% byly vyšší i hodnoty výkonu minimálního a průměrného. Z hodnot přepočtených k tělesné hmotnosti byl největší rozdíl (10,4%) zjištěn u maximálního výkonu uváděného ve W/kg (Pmax.W/kg). Je ovšem zapotřebí znovu uvést, že anaerobní výkonnost horní poloviny těla vzrůstá nejen s tréninkem, ale také s věkem. A to minimálně do 20 let věku sportovce (Sitkowski & Gruzca, 2009).

Zajímavé je, že senioři dosáhli vyšších absolutních hodnot maximálního výkonu, ten měl ale posléze strmější a hodnotově větší sestup. Svědčí o tom ukazatele indexu únavy, minimálního výkonu i indexu průměrného/maximálního výkonu. To vypovídá o dokonalejší schopnosti výbušné a rychlé síly, zároveň ale i o určitých rezervách v krátkodobé anaerobní vytrvalosti. Na druhou stranu, juniorský výkon měl sice pozvolnější sestup, stále se ale pohyboval poměrně výrazně pod úrovní RDS.

Některé studie (např. Sitkowski, 2002; Van Someren & Howatson, 2008; Van Someren & Palmer, 2003) považují Wingate test za silný prediktor výkonu v rychlostní kanoistice, především potom v případě kajakářské kategorie. Ve vodním slalomu (resp. kategorii C1) ovšem Wingate test pravděpodobně není silným prediktorem, alespoň to bylo zjištěno na základě naší provedené regresní analýzy ( $R^2=0,27-0,31$ ;  $SEE=4,31-4,44$ ). Z obecných kondičních indikátorů se ovšem stále jedná pravděpodobně o prediktory nejsilnější. V minulosti také Bílý, Süß & Jančar (2010) uvedli, že některé indikátory Wingate testu by mohly být dobrými prediktory výkonnosti ve vodním slalomu. Výzkumy provedené v rychlostní kanoistice jejich úvahy do vysoké míry potvrzují. Například Van Someren & Palmer (2003) přišli na základě výzkumu, jehož součástí bylo 26 dospělých kajakářů národní i mezinárodní úrovně, se zjištěním, že jen samotný ukazatel anaerobní kapacity dokáže indikovat více než 50% variance výkonů subjektů při kajakářském sprintu na 200m ( $R^2=0,52$ ;  $SEE=1,11s$ ). Řada studií se vzácně shoduje na silném vztahu ukazatelů Wingate testu

s výkonností (Van Someren & Howatson, 2008; Sitkowski, 2002; Van Someren, Backx & Palmer, 2001; Isaka & Takahashi, 1998; Fry & Morton, 1991).

Nejsilnější vztahy mezi Wingate testem a výkonností byly zjištěny v případě studie Van Somerena & Howatsona (2008). Korelace maximálního výkonu při Wingate testu s výkonem na 500m byla vysoká ( $r=-0,84$ ;  $p<0,001$ ). Ve studii provedené Sitkovským (2002) byly významné ( $p<0,05$ ) rozdíly mezi Olympijskými a světově úspěšnými kajakáři a ostatními, méně úspěšnými reprezentačními kajakáři, nalezeny pouze v oblasti ukazatelů Wingate testu.

Silný vztah anaerobních ukazatelů byl v případě rychlostní kanoistiky částečně potvrzen i u kategorie C1 (Hamano et al., 2015). Je nicméně zřejmé, že vztah Wingate testu s výkonností v multifaktoriálním vodním slalomu, navíc v kategorii C1, bude slabší než u rychlostních kajakářů i kanoistů. Přesto byl určitý vztah zjištěn především v případě relativních funkčních hodnot ( $r_s=0,53-0,60$ ). Hodnoty RDS lze považovat za požadované hodnoty pro dosažení vrcholové výkonnosti.

Doporučit lze tedy hodnoty, kdy relativní maximální výkon přesahuje 10W/kg, průměrný 8W/kg a minimální 6W/kg. Záměrně uvádíme hodnoty vztažené k hmotnosti sportovce, protože Wingate test je významný především díky vlastnosti vypovídat věrně o silově-rychlostních a krátkodobě vytrvalostních schopnostech ve vztahu k vlastní hmotnosti.

## 6.5. Sprinty na klidné vodě

Hned na úvod je třeba zmínit, že mezi sprinty na klidné vodě a výkonností v NZ byly zjištěny nejsilnější vztahy. Zároveň také lze testy na vodě považovat za nejlepší prediktory nominačního pořadí. Použili jsme modifikovaný postup dle Bílého, Süsse & Jančara (2010). Navíc jsme přidali sprinty na 20m vzdálenost, které by měly reflektovat především úroveň tzv. startovní síly (např. Hohmann, Lames & Letzelter, 2010) a akcelerace.

Bílý, Süsse & Jančar (2010) prokázali silný korelační vztah ( $r=0,943$ ;  $p<0,01$ ) mezi výkony na 80 m a 200 m s výkonností v NZ pro rok 2007, tedy o necelých deset let dříve. Použili sprinty bez otoček a výzkumný soubor jejich studie tvořilo pouze 6 sportovců soutěžících na mezinárodní úrovni. Autoři použili testovou baterii bez modifikace dané vloženými povinnými otočkami. Vložené otočky přitom lépe reflektují nejen samotný výkon ve vodním slalomu, ale také rozdíly v lodích, na kterých závodníci absolvují testy i závody. Různé typy lodí mají odlišné jízdní vlastnosti (Galuška, 2005). Zpravidla lodě vynikající



v rychlosti jízdy vpřed ztrácí v točení a naopak. Lze říci, že vložení otoček do sprintového výkonu je ve vyšší míře zastoupena i technická složka výkonu.

V rámci našeho výzkumu činila korelace mezi pořadím v NZ a výkonem při sprintu na 20 metrů 0,49–0,65. Jedná se o středně vysokou míru signifikantní závislosti. Středně vysoká korelace ( $r_s=0,58$ ;  $p<0,025$ ) byla zjištěna také u 80m vzdálenosti.

Vyšší míra závislosti byla zjištěna při sprintech na 40m, a to  $r_s=0,62$  ( $p<0,01$ ) při točení „na ruku“ a  $r_s=0,86$  ( $p<0,005$ ) při točení „na přehmat“. Točení „na přehmat“ s následujícím rozjezdem patří mezi koordinačně i silově nejnáročnější specifické dovednosti a vysoce obtížné je především velmi rychlé provedení. Může to svědčit o vysokém významu „přehmatu“ pro výkonnost v kategorii C1. Silná korelační závislost ( $r_s=0,79$ ;  $p<0,05$ ) byla zjištěna také u výkonu na 200m. Tato vzdálenost je z hlediska časové délky trvání (88,74–107 sekund) nejpodobnější výkonu ve vodním slalomu.

O vztahu výkonů v testech s výkonností v NZ svědčí částečně i rozdíly mezi seniorskými a juniorskými reprezentanty. Junioři dosahovali v průměru mírně pomalejších časů než senioři a to i přesto, že jeden z juniorů dosáhl hned ve 3 z 6 testů absolutně nejrychlejšího času. V testech nejrychlejší junior se ovšem nestal vítězem nominace. Jednalo se o závodníka pocházejícího z oddílu, kde se převážná většina tréninků odehrávala na klidné vodě ve velmi vysoké intenzitě. Z expertního pohledu ovšem zmíněnému závodníkovi chyběla vyšší úroveň vysoce specifických dovedností uplatňovaných na divoké vodě. Z porovnání vítěze seniorské a juniorské nominace vyplývají větší rozdíly. Junior dosahoval času o 5,8 - 9,4% pomalejších. Z expertního pohledu byl tento závodník označován naopak jako technicky velmi vyspělý, ovládající specifické dovednosti nutné pro efektivní jízdu na divoké vodě, ovšem s dílčími rezervami v oblasti obecné i speciální kondice.

Za velmi zajímavý lze považovat model vícenásobné regrese. Do něho vstupují výsledky testu na 40m s otočkou „na ruku“, 40m s otočkou „na přehmat“ a 200m se čtyřmi otočkami. Na základě těchto tří testů jsme schopni podle rovnice  $y=-58,16+0,079x1-4,85x2+7,70x3$  predikovat pořadí v NZ. Vysoký koeficient determinace ( $R^2=0,78$ ) dokazuje, že výsledky v těchto testech vysvětlují necelých 80% variability v nominačním pořadí a to s relativně přijatelnou směrodatnou chybou odhadu ( $SEE=2,75$ ). Jinými slovy, výsledky ve třech sprintech na klidné vodě vysvětlují necelých 80% celkové variability proměnné Y, tedy nominačního pořadí v závodech. Vzhledem k velikosti směrodatné chyby odhadu nejsme

schopni stanovit na základě uvedené regresní rovnice přesné pořadí nominace, jsme ale schopni relativně přesně předpovídat oblast pořadí, na kterou může daný závodník aspirovat.

Sprinty na klidné vodě jsou dle zjištěných korelací, rozdílů mezi RDS a RDJ, regresních analýz i dle rozdílů mezi vítězi nominace vhodnými prediktory výkonnosti v závodě a lze je doporučit pro testování speciálních výkonnostních předpokladů. Výsledné hodnoty RDS, potažmo vítěze seniorské nominace lze doporučit jako vhodné cílové hodnoty, o jejichž dosažení by mělo být v tréninku usilováno.

Výše uvedené korelace i možnost predikce jsou navíc působivější při porovnání s výzkumem provedeným Vieirou et al. (2015). Autoři zjišťovali výkonovou (čas jízdy), technickou (počet záběrů, délka dráhy, rychlost jízdy) a fyziologickou (tepová frekvence, laktát) charakteristiku simulovaného závodu a jeho reprodukovatelnost. Zjišťovali tedy difference a vztahy uvedených hodnot získaných ve dvou identických závodech uskutečněných během 72 hodin u výzkumného souboru 6 totožných výkonnostních brazilských kajakářů. Korelace mezi změřenými časy v závodech činila 0,83. Jedná se o korelační vztah ne o mnoho silnější, než byl námi zjištěn u testu na 200m. Ani samotný závod tedy není dokonalým prediktorem toho stejného závodu. Navíc jsme již několikrát zmiňovali studii Nibaliho, Hopkinse & Drinkwatera (2011), kteří na základě sledování umístění v závodech Světového poháru, Mistrovství světa a Olympijských her v letech 2000 až 2007, uvedli, že korelace semifinálových a finálových výkonů jednotlivých závodů ( $r=0,17$ ) byly stejně slabé jako korelace mezi výkony v jedné sezóně ( $r=0,28$ ) i mezi sezónami ( $r=0,27$ ). „*Variabilita výkonnosti ve vodním slalomu je vyšší než u srovnatelných sportů a výsledky závodů jsou do značné míry nepředvídatelné,*“ uzavřeli autoři australsko-zélandské studie. S ohledem na tyto skutečnosti se námi zjištěné korelace a možnosti predikce jeví jako poměrně přijatelné.

## 6.6. Tělesné složení

Vystačit si v současné sportovní praxi s pouhým stanovením tělesné hmotnosti a případně z ní odvozených indexů nelze. Je zapotřebí stanovit množství tělesného tuku i dalších proměnných, které pojem složení těla zahrnuje (Bunc & Dlouhá, 1998). Tyto proměnné mohou být totiž vhodným ukazatelem nejen nutričního stavu jedince, ale i vlivu pohybové aktivity na organismus (Pařízková, 1998).

### 6.6.1. Tělesný tuk

Ve výsledkové části jsme zmiňovali značnou diskrepanci výsledných hodnot tělesného složení zjištěných prostřednictvím dvou bioimpedančních metod (BIA 2000, Tanita MC-980) a kaliperace dle Pařízkové (1977) In Riegerová, Přidalová & Ulbrichová (2006). Bioimpedanční metodou Tanita bylo stanoveno rozdílné procento tuku nejen ve srovnání s kaliperací, ale dokonce i ve srovnání s druhou bioimpedanční metodou BIA 2000.

Kaliperací bylo změřeno nejnižší procento tělesného tuku. Metodou BIA 2000 bylo naopak ve všech případech naměřeno nejvyšší procento. Toto zjištění je ve vzájemném souladu se zjištěními Bužgy a kol. (2012). Autoři porovnávali metodu kaliperace podle Pařízkové a bioimpedanční analýzu (Tanita BC-418) s referenční metodou duální rentgenové absorpciometrie (DXA). Přestože jak kaliperace, tak i BIA s referenční metodou DXA korelovala (0,925-0,929), v absolutním vyjádření množství tuku se jednotlivé metody v rámci daného výzkumného souboru významně lišily ( $p < 0,001$ ). Metoda dle Pařízkové přitom ve srovnání s DXA procentuální i absolutní množství tuku podhodnocovala více než metoda BIA, tedy stejně jako v našem případě.

Přestože výsledky bioimpedančních metod spolu korelují ( $r=0,76$ ;  $p < 0,005$ ), vzhledem k jejich značně odlišným výsledným hodnotám jsme se rozhodli primárně respektovat metodu Pařízkové. Rozhodli jsme se tak i proto, že bioimpedance může být negativně ovlivněna aktuální úrovní hydratace organismu (Lukaski, Bolonchuk, Hall & Siders, 1986), konzumací jídla (Slinde, Rossander-Hulthén, 2011) i předcházející fyzickou aktivitou (Abu Khaled et al., 1988; Dehghan & Merchant, 2008).

Podle Bunce (2009) může stav hydratace organismu způsobit chybu měření o velikosti 2 - 4%. Máček & Máčková (2011) doporučují pro sportovní praxi měření kožních řas kaliperem. Bioelektrickou impedanci nepovažují pro vyšetření za vhodnou, protože výsledek je závislý právě na hydrataci. K používání antropometrie se ve svých publikacích přiklánějí např. Graves et al. (2006) či Riegerová a kol. (2006). Je nicméně nutné přihlídnout k pravděpodobnému chronickému podhodnocování procenta tělesného tuku kaliperací metodou.

Relativní funkční a časová nenáročnost kaliperace z ní činí metodu nejdostupnější. Procento tuku se stanovuje pomocí rovnic nebo tabulek, jež byly odvozeny z výsledků

referenční metody hydrodenzitometrie (Pařízková, 1977). Podmínkou pro získání kvalitních výsledků u metod kaliperace je erudice vyšetřujícího.

Správnost využití metody Tanita byla zpochybněna, proto jsme nezjišťovali korelace měřených parametrů s výkonností. Orientační jsou i rozdíly mezi RDJ a RDS a stejně tak i rozdíly mezi vítězi nominace.

Součet 10 kožních řas a z něho vypočítané procento tělesného tuku korelovalo s výkonností středně silně ( $r_s=0,43$ ;  $p<0,05$ ). Mezi juniorskými a seniorskými reprezentanty byl nalezen statisticky významný rozdíl v součtu kožních řas ( $p=0,01$ ) i vypočítaném % ( $p=0,00$ ). Senioři měli v průměru o 3% méně tělesného tuku.

Uvědomujeme si, že nejlepší pro přesné zjištění tělesného tuku by bylo aplikovat některou z referenčních metod. Ať už se jedná o DXA nebo hydrodenzitometrii. Vzhledem ke své finanční, personální, technické i prostorové náročnosti jsou ovšem velmi obtížně dostupné (Bužga a kol., 2012).

#### 6.6.2. Parametr ECM/BCM

Jak jsme již zmiňovali, byly použity dvě bioimpedanční metody. Kromě Tanity ještě metoda BIA 2000, která dokáže na základě poměru intracelulární a extracelulární tělesné vody vypočítat cenný parametr (index) ECM/BCM (extracellular mass/intracellular mass). Čím nižší tento index je, tím větším množstvím tukuprosté hmoty využitelné pro pohybovou aktivitu jedinec disponuje. Trénovaní jedinci disponují nižší hodnotou tohoto indexu než netrénovaní (Koralewski, Gunga & Kirsch, 2003). Index ECM/BCM tak představuje kvalitativní charakteristiku kosterního svalu (Talurri et al, 1999; Talurri, 1998) a je u dospělých zdravých jedinců vždy menší než 1 (Deurenberg et al., 1992). U sportovců se do hodnoty indexu promítá i charakter tréninkové přípravy ve smyslu poměru objemu a intenzity. Vyšší podíl intenzivní přípravy znamená nižší hodnotu indexu (Skorocká, Bunc & Kinkorová, 2004). Průměrná hodnota indexu celého výzkumného souboru činila  $0,67\pm 0,04$ . Jedná se o hodnotu, kterou dle Bunce (In Psotta a kol., 2006) disponují prvoligoví fotbaloví hráči. Sportovci RDS měli dokonce ještě nižší průměrnou hodnotu tohoto indexu ( $0,63\pm 0,01$ ;  $0,62-0,65$ ). Průměrná hodnota RDJ byla statisticky významně ( $p<0,001$ ) vyšší ( $0,73\pm 0,01$ ;  $0,72-0,75$ ). Velmi pravděpodobně to svědčí o výrazně nižším objemu absolvovaného intenzivního rychlostně-silového tréninku a tím i horších morfologicko-funkčních vlastnostech kosterních

svalů. Jedná se přitom ale o hodnoty srovnatelné s adolescentními sportovci napříč všemi sporty (Bunc In Silva et al., 2010).

Členové RDJ měli horší poměr ECM/BCM než starší závodníci výzkumného souboru, kteří si ovšem na základě své výkonnosti nezařadili do žádného RD. To potvrzuje výše uvedený předpoklad, že ve svém relativně nízkém věku ještě nedokázali odtrénovat dostatek vysoce intenzivních tréninků postačujících k vyššímu morfologickému zkvalitnění svalové tkáně. Index ECM/BCM členů RDS může posloužit jako cíl pro všechny, kdo aspirují na vrcholovou národní i mezinárodní výkonnost.

## 6.7. Aerobní výkon a vytrvalostní předpoklady

Výzkumy bylo opakovaně zjištěno, že výkon ve vodním slalomu řadíme mezi aerobně-anaerobní. Zamparo et al. (2006) stanovili energetické krytí výkonu za z 50% aerobní a z 50% anaerobní. Bílý, Heller, Pultera & Sadilová (1995) uvedli, že anaerobní způsob metabolického krytí výkonu představuje dokonce 52%.

Mluvíme-li o aerobním výkonu a vytrvalostních předpokladech, zabýváme se převážně ukazatelem maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$ ). Ten představuje maximální množství kyslíku, které je jedinec schopen dopravit do organismu během stupňující se dynamické zátěže a které se i přes opakování zátěže již dále nezvyšuje (plató, leveling-off). Označuje se též jako maximální aerobní kapacita. Vypočítává se z arterio-venózního rozdílu mezi přijatým a spotřebovaným kyslíkem vynásobeného minutovým objemem (Chaloupka in Štejfa et al., 2007). Více kyslíku spotřebovaného svalovou tkání znamená více energie vytvářené efektivním aerobním způsobem, při němž vzniká méně odpadních látek. To vede k oddálení únavy a lepšímu sportovnímu výkonu.

Hodnoty  $VO_{2max}$  se udávají buď v absolutních číslech, nebo přepočtené na kg tělesné hmotnosti za minutu ( $ml.kg.min^{-1}$ ). V klidu je kyslíková spotřeba přibližně  $3,5ml.kg.min^{-1}$ . Během maximální zátěže ovšem mnohonásobně stoupá. Za normální hodnotu  $VO_{2max}$  u zdravé mužské netrénující populace ve věku od 20 do 29 let bývá považována hodnota  $43ml.kg.min^{-1}$  (Chaloupka in Štejfa et al., 2007). Vysoce trénovaní vytrvalostní sportovci dosahují hodnot mezi  $70-80ml.kg.min^{-1}$ , v extrémních případech ale atakují hranici  $90ml.kg.min^{-1}$  (Robergs & Roberts, 1996).

Využití potenciálu kardiorespiračního systému závisí na energetické náročnosti pohybu a na schopnosti svalů spotřebovat kyslík. Závisí také na množství zapojených svalových skupin. Při běhu bývá obvykle změřená  $VO_{2max}$  o 5-10% vyšší než při jízdě na rotopedu, v některých případech to ale může být i 20%. Podobným způsobem nižší je spotřeba i při zatížení horních končetin. Pouze v případě vysoce specificky trénovaných jedinců se  $VO_{2max}$  přibližuje zatížení při běhu (Heller & Vodička, 2011).

### 6.7.1. Testování při komplexním pohybu

Tesch (1983) zjistil v případě elitních rychlostních kajakářů při stupňovaném běhu  $VO_{2max}$   $67,1 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ . Podobně Hahn et al. (1988) zjistili při stupňované kombinované práci horních a dolních končetin  $VO_{2max}$   $65,4 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ . Výzkumný soubor předložené práce dosáhl  $62,7 \pm 3,0 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ . Jedná se o mírně nižší hodnotu, která i tak ale svědčí o relativně vysokém potenciálu aerobní produkce energie. Juniorští reprezentanti přitom dosáhli mírně vyšších hodnot ( $63,7 \pm 2,1$ ) než ti seniorští ( $61,8 \pm 3,3$ ), rozdíl ovšem nebyl významný ( $p=0,27$ ). Heller a kol. (2004) již dříve prokázali, že maximální aerobní kapacita rychlostních kanoistů je vyšší než kapacita slalomářů a to přibližně o 10 až 15%. Vyplývá to z odlišného významu vytrvalostních předpokladů v celkové struktuře sportovního výkonu. Surfaři (Lowdon et al., 1989) dosahovali při běhu hodnot  $56,3 \pm 3,9 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ , tedy méně než vodní slalomáři. Britští veslaři klubové úrovně vykazovali ve studii Cosgrova et al. (1999) hodnoty  $VO_{2max}$  kolem  $64 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ .

### 6.7.2. Testování při jízdě na vodě nebo při zatížení horních končetin

Při stupňovaném zátěžovém testu na kánoi ovšem námi testovaný výzkumný soubor dosáhl průměrného  $VO_{2max}$  pouze  $44,1 \pm 4,6 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ . Jedná se o výrazně nižší hodnotu, která je ale ve vzájemném souladu s dříve publikovanou studií Hahna et al. (1988). Autoři u skupiny rychlostních kanoistů prokázali při specifickém zatížení taktéž výrazně nižší hodnoty ( $44,2 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ ) než při nesespecifickém testu, jenž zahrnoval práci dolních končetin (přes  $60 \text{ ml.min.kg}^{-1}$ ). Podobně i Bunc & Heller (1991) prokázali u výkonnostních rychlostních kanoistů v případě specifického zatížení na kanoistickém trenažéru průměrnou hodnotu  $VO_{2max}$   $51,9 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ . Humpries et al. (2000) naměřili na trenažéru v případě rekreačních kanoistů („outrigger canoe paddlers“)  $VO_{2max}$   $37,5 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ , což je podobná hodnota, jaká byla zjištěna i v případě specifického testování posádky dračí lodi (Singh et al., 1995).

Zatímco přitom na kajakářském trenažéru bývá dosahováno velmi podobných hodnot jako při pádlování na vodě (Van Someren, Phillips & Palmer, 2000), na kanoistickém trenažéru bývá pravděpodobně dosahováno spíše vyšších hodnot  $VO_{2max}$ , než při zatížení za reálných výkonových podmínek na vodě. To je pravděpodobně dáno odlišnými požadavky na stabilitu a techniku závodníka. Obecně zároveň platí, že při specifickém zatížení na kánoi i kajaku je dosahováno nižších hodnot  $VO_{2max}$ , než je tomu při zatížení na běhátko nebo při zatížení dolních končetin obecně (Michael et al., 2008). Potvrzují to i výsledky studie Bielika et al. (2019). Autoři sledovali reprezentační slovenské kajakáře v průběhu posledních 3 olympijských cyklů. Zatímco při běhu na pásu bylo autory zjištěno  $VO_{2max}$   $57,7 \pm 6,8 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ , při pádlování na kajakářském trenažéru činila hodnota  $VO_{2max}$  pouze  $46,9 \pm 6,5 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ .

Ze souhrnné analýzy Michaela et al. (2008) vyplývá i to, že kajakáři dosahují na rozdíl od kanoistů při specifickém zatížení podobnějších hodnot jako při zatížení dolních končetin. Ve studii Hahna et al. (1988) dosahovali kajakáři při specifickém zatížení na kajaku průměrné  $VO_{2max}$   $58,5 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ , ve studii Tesche (1983) potom  $58,8 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ . A podobně i ve studii Busty a kol. (2017) dosahovali kajakáři při stupňovaném zátěžovém testu na kajaku  $VO_{2max}$   $56,6 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ .

### 6.7.3. Vztah spotřeby kyslíku s výkonností v závodech

Individuální hodnota  $VO_{2max}$  je výsledkem vzájemné interakce centrálních (kardiorespiračních) a periferních (svalových) faktorů. Ve vytrvalostních sportech je hlavním limitujícím činitelem výkon srdce a schopnost krevního oběhu transportovat kyslík. V některých případech může být  $VO_{2max}$  limitováno i kapacitou plic, protože malé plíce nedokáží kyslíkem nasytit zvětšený objem krve vytlačený ze srdce (Chaloupka In Štejfa et al., 2007).

Přestože hodnoty  $VO_{2max}$  bývají ve sportovní fyziologii používány jako základní ukazatel vytrvalostní zdatnosti, jako prediktor výkonnosti u vytrvalostních sportů nebývají vždy spolehlivé.  $VO_{2max}$  je nutné chápat pouze jako ukazatel maximálního potenciálu aerobní produkce energie. Reálná vytrvalecká výkonnost se odvíjí také od jiných faktorů, jako je pohybová ekonomika (efektivní technika), výše anaerobního prahu či anaerobní kapacita. Podle Bunce, Hráskýho, Baláše & Skalské (2013) je  $VO_{2max}$  nutným, nikoliv ale postačujícím předpokladem vytrvalostního výkonu.

Proto není překvapující, že nebyla nalezena žádná korelace mezi hodnotami  $VO_{2max}$  s výkonností v NZ a to jak v případě testu na běžeckém ergometru ( $r_s=-0,17$ ), tak i v případě stupňovaného testu na kánoí ( $r_s=-0,11$ ). Korelace mezi výkony a hodnotami  $VO_{2max}$  nebyla zjištěna ani v případě studií provedených v rychlostní kanoistice (Van Someren & Howatson, 2008; Hamano et al., 2015). Van Someren & Howatson (2008) zjistili velmi podobně nízké korelační hodnoty mezi ukazatelem  $VO_{2max}$ , zjištěným při testu na kajakářském ergometru, a výkonem na 500m ( $r=-0,21$ ,  $p=0,403$ ) i 200m ( $r=-0,02$ ,  $p=0,953$ ). López-Plaza et al. (2017) zjistili velmi nízké korelace mezi ukazatelem  $VO_{2max}$  a výkonností na 500m v případě kanoistů (-0,286) i kajakářů (-0,218) ve věku 13-14 let. Ve studii López-Plazy et al. (2017) přitom byly korelace podobně nízké i s výkonností na vzdálenost 200m, a dokonce i na vzdálenost 1000m. Naproti tomu Bielik et al. (2018) prokázal v případě juniorských rychlostních kanoistů juniorského reprezentačního družstva Slovenska, že mezinárodně velmi úspěšní závodníci dosahovali vyšších hodnot  $VO_{2max}$ , než zbývající členové národního týmu. V případě vodních slalomářů se ovšem Bielikovi et al. (2019) podobné výsledky prokázat nepodařilo. Naopak, ve studii sledující více než 40 slovenských reprezentantů od roku 2006 do roku 2016 bylo zjištěno, že velmi úspěšní slalomáři (medailisté z OH) disponují v porovnání s ostatními členy reprezentace stejnými nebo dokonce mírně nižšími hodnotami ukazatele  $VO_{2max}$ .

Hodnoty  $VO_{2max}$  všech závodníků této studie se při běhu pohybovaly mezi 57,1 – 66,7 ml.kg.min<sup>-1</sup>. Takové hodnoty lze u všech závodníků považovat na dostatečné, tedy takové, které by jejich výkonnost neměly limitovat. Není potom příliš pravděpodobné, že by vyšší hodnoty měly vést k lepším výkonům v závodech. Ve shodě se studií Yanga et al. (2017) se domníváme, že po dosažení limitní úrovně obecné vytrvalosti reprezentované především ukazatelem  $VO_{2max}$  by se měla pozornost závodníků i trenérů zaměřit především na vysoce intenzivní specifický intervalový trénink ve snaze zvýšit speciální, převážně anaerobní, lokální vytrvalostní schopnosti

Z terénních testů na vodě lze navíc usuzovat, že jejich výkon není ani tak limitován centrálními předpoklady, jako spíše svalovou, resp. silovou nedostatečností. Všichni testovaní závodníci také po testu uvedli, že je v lepším výkonu limitovala „bolest rukou“, tedy vysoká lokální únava horních končetin. Již jsme zmiňovali, že využití potenciálu kardiorepiračního systému závisí na energetické náročnosti pohybu, na schopnosti svalů spotřebovávat kyslík a na množství zapojených svalových skupin. Při pádlování na C1 pravděpodobně nejsou naplněny požadavky pro dosažení limitní funkce kardiorepiračního systému.



Z našeho výzkumu navíc vyplývá, že se do energetického krytí pohybové činnosti pádlování relativně brzy zapojují anaerobní procesy. Anaerobní práh (ANP) byl v průměru detekován již při 147 tepech. Probandi shodně uváděli, že test začal být subjektivně velmi náročný v momentě, kdy rychlost jízdy musela mírně přesahovat hranici 8 km.h<sup>-1</sup>. Tato zjištění jsou ovšem ve vzájemném souladu s dříve publikovanou prací Ušaje (2002). Autor testoval prostřednictvím dvou specifických testů opakovaně 7 elitních slovinských kajakářů, z nichž 3 byly nominovány na Olympijské hry, a zbylí 4 soutěžili v mezinárodních závodech. První z testů byl stupňovaný. Skládal se z 5 úseků o délce 600 metrů. První úsek absolvoval kajakář při TF 110, druhý při TF 130, třetí při TF 150, čtvrtý při TF 165 a pátý při TF<sub>max</sub>. Odpočinek mezi úseky činil 1 minutu. Druhý test autor pojmenoval jako test *Eight*. Jednalo se o jízdu maximální intenzitou na 200 metrů skrze dvě slalomové brány umístěné od sebe 50 metrů. Závodník těmito bránami projížděl protivodným způsobem, test tak pomyslně vytvářel „osmičku“. Ušaj (2002) se snažil při stupňovaném testu zjistit, jaké jsou rozdíly mezi skupinou olympijských a neolympijských atletů v následujících parametrech: maximální dosažená rychlost, TF<sub>max</sub> při maximální rychlosti ( $v_{max}$ ), LA<sub>max</sub>, rychlost při aerobním prahu ( $v_{ap}$ ), TF při  $v_{ap}$ , rychlost při anaerobním prahu ( $v_{anp}$ ) a TF při  $v_{anp}$ . Olympionici se od neolympijských sportovců významně nelišili ani v jediném parametru. Hodnoty obou skupin byly naopak velmi podobné. Zajímavé ale je, že i v této studii dosahovali závodníci při testu na vodě anaerobního prahu v průměru již kolem TF 150 tepů.min<sup>-1</sup> a při rychlosti kolem 8,3 km.h<sup>-1</sup>. Také TF<sub>max</sub> zjištěná Ušajem (2002) byla podobná té, kterou jsme zjistili my (183±6 vs. 180±5).

Zatímco ale v Ušajovu (2002) stupňovaném testu průměrná koncentrace laktátu přesahovala v případě kajakářů hodnoty 14 mmol.l<sup>-1</sup>, v případě singlekanoistů našeho výzkumu se hodnoty laktátu pohybovaly nejčastěji kolem 9 mmol.l<sup>-1</sup>. Porovnáme-li hodnoty laktátu získané v „all out“ testu *Eight* s hodnotami získanými v našem testu na 200 metrů s otočkami, shledáváme podobný rozdíl (14,2±4,0 vs. 10,9±2,9). Na kajaku se pravděpodobně dosahuje vyšších koncentrací laktátu než na singlekánoji.

## 6.8. Limity výzkumu

Jednou z hlavních limitací předkládaného výzkumu je velikost výzkumného souboru. Uvědomujeme si, že v rámci korelačně-prediktivních studií je doporučován větší rozsah výzkumného souboru (např. Hendl, 2012). Znovu je ovšem nutné zdůraznit, že námi testovaný výzkumný soubor byl složen výhradně z vrcholových a výkonnostních sportovců,

kterých je ze své podstaty omezený počet. U omezených výzkumných souborů lze obecně zpochybnit výsledky statistických metod. Zpochybněna může být například statistická významnost v případě porovnání seniorského a juniorského reprezentačního družstva. Proto jsme se ale vždy snažili doplnit kromě významnosti statistické také i relativní a absolutní významnost věcnou.

Za další limitaci výzkumu může být považováno striktní zaměření na kondiční a s nimi souvisejícími somatickými faktory výkonu. Přes zaměření na kondiční předpoklady výkonnosti v závodech byla datová kolekce každého sportovce velmi rozsáhlá. Na faktory psychické a technicko-taktické je nutné se zaměřit při samostatných výzkumech.

Dalším pochopitelným požadavkem by mohlo být zopakování výzkumu a zjištění reliability zjištěných vztahů testovaných předpokladů s výkonností v nominačních závodech. V souvislosti s tímto požadavkem je ale nutné znovu uvést, že získání výzkumného souboru vysoké výkonnostní kvality je velmi obtížně realizovatelné, o čemž se podrobně zmiňujeme v podkapitole 6.1. Do budoucna by ale bylo vhodné ověřit alespoň možnost predikce pořadí v nominačních závodech na základě znalosti výsledku ve 3 sprintech.

Ve výzkumu se zabýváme kondičními schopnostmi. Schopnosti jsou ovšem latentními proměnnými, o jejichž úrovni usuzujeme nepřímou na základě výsledku v testech tréninkových ukazatelů (Měkota & Novosad, 2005). Relevantní námitkou tak může být, že bychom měli hovořit spíše o vztahu tréninkových ukazatelů s výkonností. Přístup podobný tomu, který jsme zvolili, ovšem není neobvyklý (např. Dovalil a kol., 2012) a věříme, že přispívá k větší přehlednosti celé studie.

## 7. Závěry

Podarilo se nám podrobně otestovat rozsáhlý výzkumný soubor elitních českých singlekanoistů. Nejednalo se o lehký úkol, neboť u každého z 18, resp. 17 sportovců jsme měli necelou stovku výsledných hodnot nezávisle proměnných (testů). U většinové části těchto hodnot bylo následně stanoveno pořadí, jež bylo teprve korelováno s pořadím v nominaci. Svým rozsahem se jednalo o výzkum unikátní nejen v českém kontextu, ale i v kontextu světovém. Níže se snažíme shrnout zjištění v odpovědi na naše výzkumné otázky dle pořadí stanoveného v kapitole Cíle práce.

V práci se nám podařilo naplnit všechny cíle, v jejichž rámci jsme hledali odpovědi na stanovené výzkumné otázky.

**Výzkumná otázka č. 1:** Jaký je vztah kondičních schopností s výkonností prokázanou v nominačních závodech do reprezentačního družstva a Olympijské hry?

Nejsilnější vztah s výkonností byl zjištěn v případě testů na vodě, konkrétně se jednalo o výkon na 40m s otočkou „v přesahu“ ( $r_s=0,86$ ;  $p<0,005$ ) a 200m se čtyřmi otočkami ( $r_s=0,795$ ;  $p<0,005$ ). Středně silná korelace byla zjištěna u 40m s otočkou „na ruku“ ( $r_s=0,62$ ;  $p<0,01$ ) a také v případě sprintu na 20m ( $r_s=0,65$ ;  $p<0,01$ ), což svědčí o pravděpodobném vysokém vlivu tzv. startovní síly na výkon. Na základě tří testů (40m s otočkou „na ruku“, 40m s otočkou „v přesahu“ a 200m se 4 otočkami) lze prostřednictvím vícenásobné regresní analýzy predikovat výsledné nominační pořadí. Výsledky těchto tří testů společně vysvětlují necelých 80% variability ( $R^2=0,78$ ;  $SEE=2,75$ ) výkonnosti v nominačních závodech u kategorie C1. Zároveň se jedná o jediné testy, které mohou být s přijatelnou mírou spolehlivosti a směrodatné chyby odhadu k predikci použity.

Z obecnějších kondičních předpokladů byly zjištěny signifikantní a středně silné korelace ( $r_s=0,53-0,60$ ;  $p<0,025$ ) v případě několika parametrů Wingate testu a v případě maximální síly (1RM) při bench-pressu ( $r_s=0,57-0,60$ ;  $p<0,025$ ). Vyšší korelace byly přitom zjištěny vždy u ukazatelů, které byly normalizovány vzhledem k tělesné hmotnosti závodníka. Vodní slalom je sportem, ve kterém závodník neustále pracuje s hmotností vlastního těla, proto toto zjištění není nijak překvapující. Na základě uvedených korelací lze konstatovat, že s výkonností mají vztah ukazatele anaerobně-laktátových, rychlostně-silových a silových schopností. A vzhledem k tomu, že nebyl zjištěn žádný vztah mezi aerobní kapacitou a výkonností, a to jak v obecném ( $r_s=-0,17$ ) tak i specifickém testování ( $r_s=0,0$ ), můžeme tvrdit,

že právě ukazatele rychlostně-silových, silových a anaerobně vytrvalostních schopností nabývají v dnešním výkonu u kategorie C1 velmi vysokého významu.

Z antropometrických parametrů byl zjištěn signifikantní a středně silný vztah s výkonností pouze v případě součtu 4 kožních řas nutných pro výpočet somatotypu ( $r_s=0,53$ ;  $p<0,025$ ), součtu 10 kožních řas ( $r_s=0,43$ ;  $p<0,05$ ) a procenta tělesného tuku ( $r_s=0,43$ ;  $p<0,05$ ) dle Pařízkové (1977) In Riegerová a kol. (2006). Pro dosažení vrcholové výkonnosti je nízké množství tělesného tuku významným faktorem. Na hranici statistické významnosti vztahu se potom ocitl parametr rozpětí paží ( $r_s=-0,41$ ). Korelace mezi rozpětím paží a výkonností v závodech tak nebyla znovu prokázána.

Významným faktorem výkonnosti v kategorii C1 je pravděpodobně věk sportovce. Byla zjištěna signifikantní a středně vysoká korelace mezi věkem a nominačním pořadím ( $r_s=-0,59$ ;  $p<0,025$ ). Korelace svědčí o středně vysoké míře nepřímo uměrného vztahu a upozorňuje tak na fakt, že v nominaci úspěšnější bývají spíše starší závodníci. O významném vlivu zkušeností na výkon v kategorii C1 referoval také Bílý (2012) nebo Ridge et al. (2007). Tento vliv je dán pravděpodobně technickou i silovou obtížností kategorie.

Ukazatel	Hodnota Spearmanova korelačního koeficientu ( $r_s$ )	Ukazatel	Hodnota Spearmanova korelačního koeficientu
Sprint na 20m hladký	0,65	Bench-press (1RM)	0,57
Sprint na 40m s toččkou „na ruku“	0,62	Bench press 1RM/tělesná hmotnost	0,60
Sprint na 40m s toččkou „v přesahu“	0,86	Wingate: W.kg Pmax. ( $W.kg^{-1}$ )	0,57
Sprint na 80m s 2 otočkami	0,58	Wingate: W.kg Pprům. ( $W.kg^{-1}$ )	0,60
Sprint na 200m se 4 otočkami	0,795	Wingate: Pprům. (W)	0,53
Součet 4 kožních řas	0,53	Wingate: W.kg Pmin. ( $W.kg^{-1}$ )	0,58
Součet 10 kožních řas	0,43	Wingate: počet otáček	0,56

Tab. č. 51: Signifikantní korelace mezi ukazateli a výkonností.

V tabulce č. 51 uvádíme přehledně ukazatele, u kterých byla zjištěna signifikantní a alespoň středně silná korelace.

**Výzkumná otázka č. 2:** Jaké jsou rozdíly v kondičních schopnostech mezi členy seniorského reprezentačního družstva a členy juniorského reprezentačního družstva?

Členové RDS byli se závodníky RDJ podobně vysocí, základní tělesné parametry se významně nelišily. Při stejné nebo velmi podobné tělesné hmotnosti ovšem v průměru vykazovali významně větší obvody horních končetin a hrudníku, vyšší mezomorfni komponentu somatotypu, vyšší silové, silově-rychlostní a anaerobně vytrvalostní schopnosti. Vykazovali v průměru také nejlepší výsledky ve specifických testech na vodě. U testů na vodě ovšem byl průměrný rozdíl mezi družstvy minimalizován excelentními výkony jednoho z juniorů. V oblasti aerobní kapacity v jejím obecném i specifickém pojetí nebyly zjištěny ani věcně ani statisticky významné rozdíly. Kardiorespirační předpoklady RDS a RDJ pro výkon jsou v průměru velmi podobné.

Většina rozdílů zmíněných kondičních předpokladů byla vyhodnocena jako věcně významná a to i vzhledem k nízkému rozsahu porovnávaných subsouborů. Je nutné upozornit, že mezi RDS a RDJ byl zjištěn desetiletý věkový rozdíl. Seniorští sportovci tak za sebou mají nesrovnatelně vyšší množství obecného i speciálního tréninku. Svědčí o tom i značný rozdíl u parametru ECM/BCM, který do vysoké míry vypovídá o absolvovaném intenzivním tréninku převážně rychlostně a silově-vytrvalostního charakteru. Největší rozdíly byly zjištěny v oblasti silových a silově-rychlostních ukazatelů.

Přestože seniorští sportovci měli velmi podobnou hmotnost jako sportovci juniorští, disponovali významně většími obvody horních končetin a hrudníku. Disponovali přitom také výrazně vyšší hodnotou mezomorfni komponenty somatotypu. Dosáhli toho díky minimalizaci podkožního tuku a také díky zabránění svalové hypertrofii v oblasti dolních končetin. Členové RDS měli v průměru o 3% tuku méně než členové RDJ.

Přehledně o všech zjištěných rozdílech mezi RDS a RDJ, které pokládáme za statisticky či věcně významné, vypovídá tabulka č. 52.

Parametr	RDS (n=3)		Rozdíl mezi družstvy			RDJ (n=3)	
	$\bar{x} \pm \sigma$	R	Př. j.	%	P	$\bar{x} \pm \sigma$	R
Věk (r)	27,5±5,7	21 – 32	10	57,1	0,02	17,5±0,5	16,9 - 18,1
Bench-press 1RM (kg)	114±14,5	95 – 130	23,7	41,2	0,01	80,7±0,9	80 - 82
Bench press – poměr 1RM/tělesná hmotnost	1,51±0,1	1,37 – 1,62	0,39	34,8	0,00	1,12±0,05	1,04-1,17
Přítah 1RM (kg)	98±8,5	86 – 104	13	15,3	0,03	85±2,9	81 - 88
Přítah – poměr 1RM/tělesná hmotnost	1,30±0,05	1,24-1,37	0,12	10,2	0,03	1,18±0,06	1,1 – 1,24
Wingate test: Pmax. (W)	764±76,3	657 – 831	100	15	0,098	664±28,9	634 - 703
Wingate test: W/kg Pmax. (W.kg <sup>-1</sup> )	10,16±0,62	9,5 – 11	0,94	10,4	0,13	9,2±0,82	8,3 - 10,3
Wingate test: počet otáček	59,3±2,1	57 – 62	4	7,2	0,001	55,3 ± 3,4	52 - 60
Obvod flexovaného nadloktí dominantní HK (cm)	35,4±1,6	33,1 – 37,6	2,1	9,6	0,06	32,3±1,1	30,5 - 33,5
Obvod flexovaného předloktí dominantní HK (cm)	27,6±0,5	27,2-28,5	2	7,8	0,01	25,6±0,6	25 – 26,5
Obvod hrudníku (cm)	98,2±3,0	94 – 101	6,3	6,9	0,05	91,9±2,9	89,4 – 96,0
Součet 4 kožních řas (mm)	19,3±0,9	18 – 20	5,7	22,8	0,00	25,0±0,8	24 - 26
Součet 10 kožních řas (mm)	44,0±3,7	39,0 – 48,0	11,7	30	0,01	55,7±1,3	54,0 – 57,0
Tělesný tuk (%)	6,3±1,1	4,8 – 7,4	3	32,3	0,00	9,3±0,3	8,9 – 9,6
Endomorfie	1,3±0,2	1,1 - 1,5	0,3	18,7	0,08	1,6±0,1	1,5 – 1,8
Mesomorfie	5,7±1,2	4,1 – 7,0	1,7	42,5	0,08	4,0±0,6	3,1 – 4,6
Ektomorfie	2,4±0,9	39,0 – 48,0	11,7	30	0,01	55,7±1,3	54,0 – 57,0
ECM/BCM	0,63±0,01	0,62 - 0,65	0,1	13,7	0,001	0,73±0,01	0,72-0,75

Tab. č. 52: Významné rozdíly zjištěné mezi RDS a RDJ.

**Výzkumná otázka č. 3:** Jaká je optimální úroveň kondičních schopností vrcholové výkonnosti?

Na výzkumnou otázku č. 3 odpovídáme jednak na základě zjištěných korelací mezi kondičními indikátory a výkonností v NZ, dále na základě zjištěných rozdílů mezi RDS a RDJ, mezi RDS a ostatními závodníky a také na základě vizuálního a logického vyhodnocení grafického znázornění jednotlivých kondičních parametrů ve vztahu k výkonnosti.

Lze konstatovat, že členové RDS byli nejlépe a především komplexně vybavení sportovci. Žádný ze sledovaných indikátorů u těchto jedinců nebyl na podprůměrné úrovni, v převažující většině ukazatelů vykazovali naopak vysoce nadprůměrné hodnoty. Zjištěné korelace potom nasvědčují tomu, že v nominaci úspěšnější byli především jedinci s vynikajícím silovým a silově-rychlostním potenciálem, vynikajících nízkým podílem tělesného tuku, výrazně specificky adaptovanou tělesnou stavbou a vysoce nadprůměrnými nebo nejlepšími výsledky na vodě.

Vítěze nominace a následně i úspěšného účastníka Olympijských her lze považovat za kondičně jednoznačně nejlépe připraveného závodníka. Prakticky ve všech sledovaných parametrech se umístil v prvním kvartilu a velmi často byl u daného ukazatele nejlepší.

U ukazatelů, které s výkonností přímo nekorelují, je nutné dosáhnout určité limitující úrovně. Jedná se například o parametr  $VO_{2max}$ , u kterého je velmi žádoucí dosáhnout alespoň úrovně, kterou jsme v souladu se studií Michaela et al. (2008) určili v rozmezí 56 - 58 ml.kg.min<sup>-1</sup>. Taková úroveň obecné aerobní kapacity by měla být v případě singlekanoistů dostatečná i proto, že při specifickém zatížení na vodě dochází k významně nižší kyslíkové spotřebě. Připomeňme, že zatímco závodníci dosahovali při zatížení na běžeckém pásu hodnoty  $VO_{2max}$  62,7±3,0 ml.min.kg<sup>-1</sup>, při pádlování na klidné vodě to bylo jen 44,1±4,6 ml.min.kg<sup>-1</sup>. V tabulce č. 53 se pokoušíme číselně vyjádřit optimální úrovně vybraných zjišťovaných předpokladů. Nemusí se jednat vždy o absolutně nejvyšší zjištěnou úroveň, vycházíme z průměrné hodnoty závodníků zařazených do RDS.

Kondiční parametr	Optimální úroveň	Vítěz nominace
Tělesná výška (cm)	179,1 ± 1,9	179,5
Tělesná hmotnost (kg)	75,1 ± 4,6	75,8
Rozpětí paží (cm)	189,2 ± 4,7	189
Index rozpětí paží	105,7 ± 1,5	105,3
Obvod nadloktí dominantní HK (cm)	35,4 ± 1,6	35,5

Obvod předloktí dominantní HK (cm)	27,6 ± 0,5	27,2
Obvod hrudníku (cm)	98,2 ± 3,0	99,5
Obvod pasu (cm)	78,7 ± 1,4	78,6
Obvod boků (cm)	91,1 ± 2,6	88,5
Obvod stehna (cm)	49,8 ± 1,8	50
Obvod lýtky (cm)	35,2 ± 0,9	34
Tělesný tuk (%)	6,3 ± 1,1	4,8
Endomorfie	1,3 ± 0,2	1,1
Mezomorfie	5,7 ± 1,2	6
Ektomorfie	2,4 ± 0,9	2,5
ECM/BCM	0,63±0,01	0,65
Maximální síla bench-press (kg.kg <sup>-1</sup> )	1,51 ± 0,1	1,54
Maximální síla bench-pull (kg.kg <sup>-1</sup> )	1,30 ± 0,05	1,37
Stisk ruky dominantní HK (kg)	54,1 ± 4,2	58
Wingate: Pmax. (W.kg <sup>-1</sup> )	10,16 ± 0,62	11
Wingate: Pprům. (W.kg <sup>-1</sup> )	8,0 ± 0,26	7,9
Sprint na 20m (s)	7,74 ± 0,10	7,72
Sprint na 40m s otočkou „na ruku“	17,28 ± 0,13	17,15
Sprint na 40m s otočkou „na přehmat“ (s)	18,14 ± 0,42	17,63
Sprint na 80m s 2 otočkami (s)	36,0 ± 0,73	35,11
Sprint na 200m se 4 otočkami (s)	92,53 ± 2,20	90,02
VO <sub>2MAX</sub> . (ml.kg.min <sup>-1</sup> ) Běhátko	61,8 ± 3,3	57,1

Tab. č. 53: Optimální úroveň kondičních předpokladů, charakteristika vítěze nominace.

Na základě tabulky č. 53 si můžeme vytvořit poměrně dobrou představu o modelovém singlekanoistovi s vynikajícími předpoklady pro vrcholovou výkonnost. Při průměrné tělesné výšce by jeho tělesná hmotnost neměla výrazněji přesahovat hranici 80kg. V somatotypu by měla jednoznačně vynikat mezomorfní komponenta. Hypertrofie svalové hmoty v oblasti horních končetin a trupu by měla být u takového jedince doprovázena pouze minimálními změnami v oblasti dolních končetin. Udržení nízké tělesné hmotnosti a optimálního svalového rozvoje je možné jen díky minimalizaci podkožního tuku a to dokonce pod hranici 6%. Singlekanoista by měl nepochybně dosáhnout dostatečné aerobní kapacity. Tu lze vyjádřit parametrem VO<sub>2max</sub>, jehož hodnota by se měla blížit hranici 60ml.kg.min<sup>-1</sup>. Vysoké rozdíly



mezi  $VO_{2max}$  zjištěným při běhu a při pádlování svědčí o tom, že samotný výkon je determinován především úrovní lokálních silově-vytrvalostních předpokladů horních končetin a trupu spíše než velmi vysokou úrovní globální kardiorepirační zdatností. Po dosažení dostatečné úrovně aerobní zdatnosti by tedy měla být pozornost soustředěna na vysoký rozvoj silových a rychlostně-silových a silově-vytrvalostních schopností. Snahou by přitom mělo být maximalizovat jejich úroveň ve vztahu k hmotnosti vlastního těla. Modelový singlekanoista by měl být schopen uzvednout alespoň 1,5 násobek vlastní hmotnosti při cviku bench-press a 1,3 násobek při cviku bench-pull. Dále by měl modelový singlekanoista vynikat kvalitou svalové hmoty, o které svědčí parametr ECM/BCM. Tento parametr svědčí také o vysokém objemu intenzivního tréninku rychlostně a silově-vytrvalostního charakteru. S výkonností v závodech nejvíce korelovaly výkony v testech na vodě. I v nich by měl optimální singlekanoista vynikat. Nejvyšší korelace byla přitom zjištěna u sprintu se samotnou otočkou „v přesahu“ ( $r_s=0,85$ ;  $p<0,001$ ). To svědčí o velmi vysokém významu, který dovednost perfektního točení a pádlování, a s tím spojenými specifickými silovými schopnostmi, v dnešním výkonu představuje.

Obecně lze říci, že korelace zjištěné v případě obecných kondičních ukazatelů nejsou silné. Po dosažení optimální úrovně předpokladů je zapotřebí věnovat pozornost především rozvoji specifických schopností a dovedností. Tedy nezdokonalovat už tolik předpoklady výkonu jako spíš výkon samotný.

Faktorů podílejících se na výkonu ve vodním slalomu je mnoho a nadměrná prioritizace určité schopnosti by mohla snadno vést k zanedbání schopností ostatních. I ve vodním slalomu zároveň platí princip kompenzace. Tedy že některé sportovcovi kondiční nedostatky mohou být kompenzovány velmi vysokou úrovní jiných faktorů výkonu.

**Výzkumná otázka č. 4:** Lze na základě úrovně některých předpokladů predikovat výkonnost v závodech?

Přestože signifikantní a alespoň středně silný vztah byl zjištěn u celé řady ukazatelů, k predikci jsou využitelné pouze výsledky v testech na vodě. Nejvyšší hodnotu koeficientu determinace i nejnižší směrodatnou chybu odhadu ( $R^2=0,78$ ;  $SEE=2,75$ ) vykazuje zahrnutí 2 40m sprintů a 200m sprintu s otočkami do vícenásobné lineární regrese. Ostatní kondiční indikátory nelze považovat za vhodné výkonnostní prediktory.

## **Přílohy**

### **Příloha I: Vyjádření etické komise**

## Příloha II: Zvací a vysvětlující dopis

Vážení sportovci a přátelé,

dovoluji si Vás oslovit s žádostí o účast ve výzkumu prováděného v rámci dizertační práce na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze. Cílem této práce je objasnit vliv kondičních schopností na výkonnost prokázanou v nominačních závodech do reprezentačního družstva seniorů. Výzkumný soubor bude tvořen 20 – 25 výkonnostními českými singlekanoisty, kteří v žebříčku Českého poháru dosáhli minimálního zisku 100 bodů. Tento soubor, jehož byste měli být součástí i Vy, bude testován prostřednictvím laboratorních a terénních diagnostických metod zjišťujících úroveň silových, silově – rychlostních a vytrvalostních schopností. Výzkum se uskuteční od středy 16. března (17:00) do pátku 18. března (cca. 16:00). Sraz všech účastníků bude ve středu 16. března v 17:00 v loděnici Troja. Na čtvrteční a páteční testování je nutné vyhradit si celý den. Časový harmonogram a taxativní výčet použitých metod je uveden v tabulce na druhé straně pozvánky. Výzkum je financován díky Programu rozvoje vědních oblastí na Univerzitě Karlově – konkrétně díky programu P38 (Biologické aspekty zkoumání lidského pohybu). Souhrnná cena provedených diagnostických metod je přibližně 12 000,- Kč na osobu. V rámci výzkumu je hrazen také oběd a veškeré další občerstvení. Bohužel program neumožňuje proplácet náklady na dopravu a ubytování. Usilujeme ale o zvýšení finančních prostředků z jiných zdrojů (ČSK) tak, abychom tyto náklady mohli mimopražským závodníkům uhradit. Požádat lze také domácí kluby. Se zajištěním ubytování všem mimopražským závodníkům rád pomohu. Doprava při samotném výzkumu bude zajištěna prostřednictvím vypůjčeného mikrobusu ČSK. Vzhledem k finanční náročnosti celého výzkumu neudělujeme za účast ve výzkumu žádné odměny.

Před uskutečněním samotného výzkumu je nutné podepsat Informovaný souhlas, který Vám bude zaslán v elektronické podobě na základě přijetí účasti ve výzkumu. Závodníci mladší 18 let musí dát dokument podepsat zákonnému zástupci. Podepsaný dokument je nutné odevzdat v den zahájení výzkumu.

Pro účast ve výzkumu potřebujete:

- podepsaný informovaný souhlas,
- perfektně připravenou loď, pádlo a vybavení pro pádlování na klidné vodě,
- oblečení do posilovny,
- čisté běžecké boty,
- občanský průkaz.

Jedná se o rozsáhlou výzkumnou práci, která nemá prozatím u nás a pravděpodobně ani ve světě vodního slalomu obdoby. Domníváme se, že může významně přispět ke zdokonalení tréninkového systému v České republice. Díky výzkumu může vzniknout řada vědeckých článků v národních i mezinárodních vědeckých časopisech. Každý účastník české širší špičky je pro relevantnost celého výzkumu velmi důležitý. Tato pozvánka Vás bohužel nemůže

detailně a ve všech souvislostech obeznámit s designem celého výzkumu (především s oblastí statistického zpracování dat). Obeznámení budete ovšem v úvodní den výzkumu.

Všem účastníkům výzkumu budou ihned poskytnuty všechny výsledky měření včetně porovnávacích tabulek a dokonce i odborných doporučení k tréninku od špičkových pracovníků laboratoře. Každý účastník obdrží později dizertační práci v elektronické i tištěné podobě.

Celý výzkum bude veden vysoce kvalifikovanými odbornými pracovníky UK FTVS (lékaři, zdravotníci a sportovními vědci).

*Mgr. Jan Busta*

*doc. PhDr. Jiří Suchý, Ph.D.*

Autor výzkumného projektu

Školitel

*PhDr. Milan Bílý, Ph.D.*

Konzultant

## Příloha III: Detailní časový harmonogram výzkumu

Časový rozpis výzkumu			
Středa 16. března 2016			
Čas	Místo	Personální zajištění	Obsah
17:00	Seminární místnost Troja	Doc. Suchý Dr. Bílý Mgr. Busta	Úvodní slovo k výzkumu, představení výzkumu.  Podepsání informovaného souhlasu.  Rozdělení do čtyřčlenných skupin na čtvrtek a pátek – časový rozpis na další dva dny výzkumu.  Slovo k významu rozcvičení.
17:30	Posilovna Troja	Dr. Bílý Mgr. Busta	Testování maximálních silových schopností – výkon v bench-pressu a výkon v přitahu po individuálním rozcvičení.  Všichni sportovci začnou na cviku bench a poté se plynule přesunou na přítah. Jedná se kruhový provoz (rozcvička, bench, přítah).
Časový rozpis výzkumu			
Čtvrtek 17. března 2016			
8:00 – 8:30 <b>SK. 1</b>	Laboratoř sportovní motoriky.	Dr. Kovářová Dr. Bačáková (?) Dr. Bílý Mgr. Busta	Tělesné složení stanovené 2 metodami a síla stisku pravé a levé paže (Takei) u první skupiny 4 osob.
8:30 – 9:00 <b>SK. 1</b>	Biomedicínská laboratoř.	Doc. Heller Ing. Vodička	Wingate test 30s u první skupiny 5 osob včetně odebrání laktátu po 3 minutách.
9:00 – 9:30 <b>SK. 1</b>	Biomedicínská laboratoř.	Doc. Heller Dr. Kinkorová	Měření somatotypu, vybraných délek, výšek a obvodů u první skupiny 5 osob.
9:30 – 10:30 <b>SK. 1</b>	Laboratoř sportovní motoriky.	Dr. Kovářová Dr. Bačáková Dr. Bílý	Spirometrie.  Spiroergometrický test na běhátku.

		Mgr. Busta	
8:30 – 9:00 SK. 2	Laboratoř sportovní motoriky.	Dr. Kovářová Dr. Bačáková Dr. Bílý Mgr. Busta	Tělesné složení stanovené 2 metodami a síla stisku pravé a levé paže (Takei) u druhé skupiny 5 osob.
9:00 – 9:30 SK. 2	Biomedicínská laboratoř.	Doc. Heller Ing. Vodička	Wingate test 30s u druhé skupiny 5 osob včetně odebrání laktátu po 3 minutách.
9:30 – 10:00 SK. 2	Biomedicínská laboratoř.	Doc. Heller Dr. Kinkorová	Měření somatotypu, vybraných délek, výšek a obvodů u druhé skupiny 5 osob.
10:00 – 11:30 SK. 2	Laboratoř sportovní motoriky.	Dr. Kovářová Dr. Bačáková Dr. Bílý Mgr. Busta	Spirometrie. Spiroergometrický test na běhátku.
9:00 – 9:30 SK. 3	Laboratoř sportovní motoriky.	Dr. Kovářová Dr. Bačáková Dr. Bílý Mgr. Busta	Tělesné složení stanovené 2 metodami a síla stisku pravé a levé paže (Takei) u třetí skupiny 5 osob.
9:30 – 10:00 SK. 3	Biomedicínská laboratoř.	Doc. Heller Ing. Vodička	Wingate test 30s u třetí skupiny 5 osob včetně odebrání laktátu po 3 minutách.
10:00 – 10:30 SK. 3	Biomedicínská laboratoř.	Doc. Heller Dr. Kinkorová	Měření somatotypu, vybraných délek, výšek a obvodů u třetí skupiny 5 osob.
11:00 – 12:30 SK. 3	Laboratoř sportovní motoriky.	Dr. Kovářová Dr. Bačáková Dr. Bílý Mgr. Busta	Spirometrie. Spiroergometrický test na běhátku.
9:30 – 10:00 SK. 4	Laboratoř sportovní motoriky.	Dr. Kovářová Dr. Bačáková Dr. Bílý Mgr. Busta	Tělesné složení stanovené 2 metodami a síla stisku pravé a levé paže (Takei) u čtvrté skupiny 5 osob.
10:00 – 10:30 SK. 4	Biomedicínská laboratoř.	Doc. Heller Ing. Vodička	Wingate test 30s u čtvrté skupiny 5 osob včetně odebrání laktátu po 3 minutách.
10:30 – 11:00	Biomedicínská laboratoř.	Doc. Heller	Měření somatotypu, vybraných délek, výšek a obvodů u čtvrté skupiny 5 osob.

SK. 4		Dr. Kinkorová	
11:30 – 12:30 SK. 4	Laboratoř sportovní motoriky.	Dr. Kovářová Dr. Bačáková Dr. Bílý Mgr. Busta	Spirometrie. Spiroergometrický test na běhátku.
<b>Časový rozpis výzkumu</b> <b>Pátek 18. března 2016</b>			
8:00 Odjezd z Troji SK. 1 8:45 Příjezd Račice 9:00 Začátek měření	Loděnice Troja – odjezd 1. skupiny osob (8) mikrobusem, lodě na vleku.	Ing. Novotný Dr. Bílý Dr. Bačáková Mgr. Busta Jiří Vašina p. Choutka Bc. Bustová	9:00 Začátek měření po rozježdění. RT – zkouška měření, vzdáleností apod.
9:00 SK. 1 (8)	Račice.	Ing. Novotný Dr. Bílý Dr. Bačáková Mgr. Busta Jiří Vašina p. Choutka Bc. Bustová	Sprinty na vzdálenost 20, 20, 40, 40, 80 a 200 metrů (LA).
10:00 – 12:00 SK. 1 (8)	Račice.	Ing. Novotný Dr. Bílý Dr. Bačáková Mgr. Busta Jiří Vašina p. Choutka Bc. Bustová	Spiroergometrie ihned poté. Každý účastník cca. 20 minut.
11:30 SK. 2 (8)	Odjezd z Troji do Račic.	Mgr. Busta Radek Fusek	Druhá skupina nasedne ve vodu cca. ve 12:15.
12:30 – 13:30 SK. 2 (8)	Račice.	Ing. Novotný Dr. Bílý Dr. Bačáková	Sprinty na vzdálenost 20, 20, 40, 40, 80 a 200 metrů (LA).

		Mgr. Busta Jiří Vašina p. Choutka Bc. Bustová	
12:00 – 12:30 <b>SK. 1</b>	Oběd – centrum Račice pro první skupinu.		
12:30 <b>SK. 1</b>	Odvoz z Račic do Troji skupiny 1 mikrobusem (8).	Radek Fusek	Příjezd do Troji cca. ve 13:15. <b>SK. 1</b>
13:15 <b>SK. 3</b> (zbylé osoby – školní docházka)	Odvoz z Troji do Račic skupiny 3 mikrobusem (zbylé osoby).	Radek Fusek	Příjezd do Račic cca. ve 14:00.
13:30 – 15:00 <b>SK. 2 (8)</b>	Račice.	Ing. Novotný Dr. Bílý Dr. Bačáková Mgr. Busta	Spiroergometrie ihned poté. Každý účastník cca. 20 minut.
<b>SK. 3</b> Veškerá měření po příjezdu – cca. do 16:00	Račice.	Ing. Novotný Dr. Bílý Dr. Bačáková Mgr. Busta	Sprinty na vzdálenost 20, 20, 40, 40, 80 a 200 metrů (LA). Tenzometrie (sprint na laně) a spiroergometrie ihned poté. Každý účastník cca. 20 minut.
15:15 <b>SK. 2 (8)</b>	Račice.	V případě zájmu si mohou dojít na oběd. Poté je hned odveze Radek domů mikrobusem (8).	
16:00 <b>SK. 3</b> a personální zajištění.	Račice.	Zakončení akce a odjezd zpět do Prahy. Autem zde bude Milan, Lenka, možná já. Společně odvezeme také zbylé sportovce.	



## Příloha IV: Formulář pro zápis maximální síly

FORMULÁŘ MAXIMÁLNÍ SÍLY		
STŘEDA 16. BŘEZNA 2016		
Jméno	Maximální váha uzvednutá na bench – press	Maximální váha uzvednutá na bench - pull

## Příloha V: Formulář pro zápis antropometrických parametrů

Proband č.		Jméno a příjmení:		Datum narození:
Výška		Obvod předloktí		
Výška v sedu		Hodnoty 10 kožních řas dle metodiky Pařízkové		
Rozpětí paží		1.		
Šířka ramen		2.		
Délka předloktí		3.		
Délka nadloktí		4.		
Délka stehna		5.		
Délka bérce		6.		
A-P chest depth		7.		
Šířka humerus		8.		
Šířka femur		9.		
Obvod flexované paže (biceps P)		10.		
Obvod flexované paže (biceps L)		Suma kožních řas (10)		
Obvod hrudníku		Suma kožních řas (8)		
		Suma kožních řas (6)		
Obvod pasu (waist)		SOMATOTYP		
		ČÍSELNĚ:		

Obvod boků (hip)		SLOVNĚ:
Obvod stehna (pravé stehno)		
Obvod stehna (levé stehno)		Poznámky k probandovi:
Obvod lýtka (pravé lýtka)		
Obvod lýtka (levé lýtka)		

### Příloha VI: Formulář pro zápis ruční dynamometrie

FORMULÁŘ SÍLY STISKU RUKY – TAKEI						
ČTVRTEK 17. BŘEZNA 2016						
Jméno a příjmení	Spodní ruka při pádlování	Dominantní ruka (kterou píšu, maluju, manipuluju apod.)	Stisk pravá 1	Stisk levá 1	Stisk pravá 2	Stisk levá 2

## Příloha VII: Formulář pro zápis časů na vodě

Jméno	20 metrů sprint letmo rovně	20 metrů sprint letmo rovně	40 metrů sprint s otočkou na ruku	40 metrů sprint s otočkou na přehmat	80 metrů sprint s otočkou na ruku (40 m) a přesruku (60 m)	200 metrů sprint s otočkou na ruku (40, 120) a přesruku (80, 160)
Poznámky:						

## Příloha VIII: Seznam tabulek

- Tab. č. 1: Základní antropometrické parametry a somatotyp vodních slalomářů.
- Tab. č. 2: Základní antropometrické parametry a somatotyp porovnávající vodní slalomáře s dalšími disciplínami kanoistiky.
- Tab. č. 3: Korelace mezi vybranými antropometrickými parametry a výkonností v rychlostní kanoistice.
- Tab. č. 4: Korelace mezi silovými ukazateli a výslednými časy na různé vzdálenosti.
- Tab. č. 5: Rozdíly mezi velmi úspěšnými a méně úspěšnými kajakáři mezinárodní úrovně (Sitkowski, 2002).
- Tab. č. 6: Korelace mezi vybranými indikátory Wingate testu s výkony v závodech na různé vzdálenosti.
- Tab. č. 7: Vrcholné spotřeby kyslíku vodních slalomářů při práci horních končetin.
- Tab. č. 8: Korelace  $VO_{2max}/VO_{2peak}$  s výkony v rychlostní kanoistice.
- Tab. č. 9: Rámcový harmonogram a celkový výčet využitých metod.
- Tab. č. 10: Fyziologické ukazatele zjišťované při spiroergometrických vyšetřeních.
- Tab. č. 11: Specifikace testování – sprinty na klidné vodě.
- Tab. č. 12: Příklad výpočtu výsledného času sprintu na klidné vodě.
- Tab. č. 13: Zátěžové stupně a jejich intenzita.
- Tab. č. 14: Konkrétní vypočítané rychlosti.
- Tab. č. 15: Výsledky dvacetimetrového sprintu.
- Tab. č. 16: Výsledky čtyřicetimetrového sprintu.
- Tab. č. 17: Sprinty na klidné vodě – rozdíly mezi RDS a RDJ.
- Tab. č. 18: Sprinty na klidné vodě – srovnání vítězů nominace.
- Tab. č. 19: Výsledky sprintu na 80 a 200m.
- Tab. č. 20: Sprinty na 80 a 200m – rozdíly mezi RDS a RDJ.
- Tab. č. 21: Sprinty na 80 a 200m – porovnání vítězů nominace.
- Tab. č. 22: Skutečné a odhadované nominační pořadí – reziduální hodnoty predikce.
- Tab. č. 23: Výsledky testování silových schopností.
- Tab. č. 24: Rozdíly v silových schopnostech mezi RDS a RDJ.
- Tab. č. 25: Silové schopnosti – porovnání vítěze seniorské a juniorské nominace.
- Tab. č. 26: Výsledky Wingate testu.
- Tab. č. 27: Wingate test – koeficienty determinace a směrodatné chyby odhadu.
- Tab. č. 28: Wingate test – rozdíly mezi RDS a RDJ.

- Tab. č. 29: Wingate test – rozdíly mezi vítězi nominace.
- Tab. č. 30: Antropometrické parametry a somatotyp.
- Tab. č. 31: Porovnání antropometrických parametrů RDS a RDJ.
- Tab. č. 32: Antropometrické parametry – porovnání vítězů nominace.
- Tab. č. 33: Přehledné porovnání somatotypů ve výzkumném souboru.
- Tab. č. 34: Rozdíly ve stanovení procentuálního množství tělesného tuku.
- Tab. č. 35: Analýza množství tuku – vztahy zjištěné mezi výsledky jednotlivých metod.
- Tab. č. 36: Výsledky tělesného složení – Tanita.
- Tab. č. 37: Výsledky tělesného složení: BIA 2000.
- Tab. č. 38: Tanita: rozdíly mezi RDS a RDJ.
- Tab. č. 39: BIA 2000 – porovnání RDS a RDJ.
- Tab. č. 40: Tanita – porovnání vítězů nominace.
- Tab. č. 41: BIA 2000 – rozdíly mezi vítězi nominace.
- Tab. č. 42: Běhátko – fyziologické ukazatele a jejich korelace s nominačním pořadím.
- Tab. č. 43: Jízda na kánoi – fyziologické ukazatele a jejich korelace s nominačními pořadím.
- Tab. č. 44: Porovnání spiroergometrických vyšetření.
- Tab. č. 45: Porovnání RDS a RDJ u spiroergometrického vyšetření na běhátku.
- Tab. č. 46: Porovnání RDS a RDJ u spiroergometrického vyšetření na vodě.
- Tab. č. 47: Jízda na kánoi – porovnání vítězů nominace.
- Tab. č. 48: Běhátko – porovnání vítězů nominace.
- Tab. č. 49: Porovnání tělesného tuku probandů.
- Tab. č. 50: Porovnání silových indikátorů probandů.
- Tab. č. 51: Signifikantní korelace mezi ukazateli a výkonností.
- Tab. č. 52: Významné rozdíly zjištěné mezi RDS a RDJ.
- Tab. č. 53: Optimální úrovně kondičních předpokladů, charakteristika vítěze nominace.

## **Příloha IX: Seznam obrázků**

- Obr. č. 1: Bench - počáteční a závěrečná fáze správného provedení cviku.
- Obr. č. 2: Přítah - počáteční fáze cviku.
- Obr. č. 3: Přítah - postavení hlavy v průběhu cviku.
- Obr. č. 4: Přítah - zdvih činky.
- Obr. č. 5: Tanita.
- Obr. č. 6: Schéma znázorňující vyšetření přístrojem BIA 2000.
- Obr. č. 7: Ruční dynamometr Takei A5401.
- Obr. č. 8: Maximální stisk ruky v sedu na židli.
- Obr. č. 9: Klikový ergometr Rump-Rokos 4.0 značky Monark.
- Obr. č. 10: Wingate - chvíle před začátkem testu.
- Obr. č. 11: Běhátko Quasar.
- Obr. č. 12: Běhátko - začátek testu.
- Obr. č. 13: Labe Aréna Račice.
- Obr. č. 14: Speed Coach GPS-2.
- Obr. č. 15: Jízda na kánoji - umístění spiroergometru.
- Obr. č. 16: Rovná jízda v průběhu celého testu.
- Obr. č. 17: Odběry laktátu.
- Obr. č. 18: Evidence odběrů.

## **Příloha X: Seznam grafů**

- Graf č. 1: Predikce nominačního pořadí v závislosti na sprintu na 20m II. Graf č. 2: Predikce nominačního pořadí v závislosti na znalosti výsledného času při sprintu na 40m s točením „na ruku“.
- Graf č. 3: Predikce nominačního pořadí v závislosti na znalosti výsledného času při sprintu na 40m s točením „na přehmat“.
- Graf č. 4: Predikce nominačního pořadí v závislosti na znalosti výsledného času při sprintu na 80m.
- Graf č. 5: Predikce nominačního pořadí v závislosti na znalosti výsledného času při sprintu na 200m.
- Graf č. 6: Absolutní výkon při cviku bench-press (kg).
- Graf č. 7: Relativní výkon při cviku bench-press (kg/tělesná hmotnost).

- Graf č. 8: Maximální síla zjištěná při cviku přítah (kg).
- Graf č. 9: Maximální relativní síla zjištěná při přitahu (kg/tělesná hmotnost).
- Graf č. 10: Síla stisku ruky dominantní (záběrové) paže.
- Graf č. 11: Relativní maximální výkon při Wingate testu.
- Graf č. 12: Relativní průměrný výkon při Wingate testu.
- Graf č. 13: Relativní minimální výkon při Wingate testu.
- Graf č. 14: Tělesná hmotnost závodníků.
- Graf č. 15: Tělesná výška probandů.
- Graf č. 16: Obvod bicepsu.
- Graf č. 17: Obvod předloktí.
- Graf č. 18: Obvod hrudníku.

## **Příloha XI: Seznam somatografů**

Somatograf č. 1: Porovnání probandů z hlediska vypočítaného somatotypu.



## Příloha XII: Seznam zkratk

AP	Aerobní práh
ANP	Anaerobní práh
ANK	Anaerobní kapacita
BMI	Body mass index
C1	single-canoe, typ lodě, označení lodní kategorie
C2	double-canoe, typ lodě, označení lodní kategorie
ČSK	Český svaz kanoistů
ČR	Česká republika
FTG	Fast twitch glycolitic; rychlá, lehce unavitelná svalová vlákna
FTO	Fast-twitch oxidative; rychlá svalová vlákna s vysokou odolností vůči únavě
ICF	International Canoe Federation
IÚ	Index únavy
J	Jednotky
K1	kajak, typ lodě, označení lodní kategorie
LA	laktát
ME	Mistrovství Evropy
MJ	Motorická jednotka
MOV	Mezinárodní olympijský výbor
MS	Mistrovství světa
NDR	Německá demokratická republika
NZ	nominační závod(y)
OH	Olympijské hry
P	Výkon (W)
RD	Reprezentační družstvo

RDJ	Reprezentační družstvo juniorů
RDS	Reprezentační družstvo seniorů
RM	Repetition maximum; opakovací maximum
SF	Srdeční frekvence
SP	Světový pohár
ST	Slow-twitch, pomalý typ svalových vláken
TF	Tepová frekvence
UK	Univerzita Karlova
VO <sub>2</sub>	Spotřeba kyslíku
FTVS	Fakulta tělesné výchovy a sportu

## Referenční seznam

1. Abu Khaled, M., McCutcheon, M. J., Reddy, S., Pearmen, P. L., Hunter, G. R., Weinseier, R. L. (1988). Electrical impedance in assessing human body composition: the BIA method. *American Journal of Clinical Nutrition*, 47(5): 789-92.
2. Ackland, T. R., Ong, K. B., Kerr, D. A. & Ridge, B. (2003). Morphological characteristics of Olympic sprint canoe and kayak paddlers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(3): 285-294.
3. Ackland, T., Kerr, D., Hume, P., Norton, K., Ridge, B., Clark, S. et al. (2001). Anthropometric normative data for Olympic rowers and paddlers. In *Proceedings of the SMA Annual Scientific Conference*, Perth, WA.
4. Akca, F. & Muniroglu, S. (2008). Anthropometric-Somatotype and Strength Profiles and On-Water Performance in Turkish Elite Kayakers. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 20(1): 22-34.
5. Alves, CH. R. R., Pasqua, L., Artioli, G. G., Roschel, H., Solis, M., Tobias, G., Klansener, CH., Bertuzzi, R., Franchini, E., Lancha Jr., A. H. & Gualano, B. (2012) Anthropometric, physiological, performance, and nutritional profile of the Brazil National Canoe Polo Team. *Journal of Sports Sciences*, 30(3): 305-311.
6. Ambler, Z. (2006). *Základy neurologie*. Praha: Galén. ISBN 80-7262-433-4.
7. Bak, K. & Magnusson, S. P. (1997). Shoulder strength and range of motion in symptomatic and pain-free elite swimmers. *American Journal of Sports Medicine*, 25(4): 454-459.
8. Baker, S. J. (1982). Post competition lactate levels in canoe slalomists. *British Journal of Sports Medicine*, 16: 112.
9. Baker, D., Newton, R. (2004). An analysis of the ratio and relationship between upper body pressing and pulling strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3): 367-372.
10. Baláš, J., Bílý, M., Coufalová, K., Martin, A. J., Cochrane, D. J. (2015). Effect of paddle grip on segmental fluid distribution and injuries occurrence in elite slalom paddlers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(3): 185-190.
11. Baláš, J., Strejcová, B., & Hrdličková, A. (2008). Srovnání úrovně svalové síly a tělesného složení u rekreačních a výkonnostních lezců. *Česká kinantropologie*, 12(3): 104–114.

12. Bartůňková, S. (2014). *Fyziologie člověka a tělesných cvičení*. Praha: Karolinum. ISBN 9788024628110.
13. Bauersfeld, M. & Voss, G. (1992). *Neue Wege im Schnelligkeitstraining*. Münster: Philippka. 110 s. ISBN-13: 978-3922067924.
14. Berglund, B. & McKenzie, D. (1994). Injuries in canoeing and kayaking, In: Pafh, R. (ed.). *Clinical sports medicine*. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 633-640.
15. Bielik, V., Lendvorský, L., Lengvarský, L., Lopata, P., Petriska, R. & Pelikánová, J. (2018). Road to the Olympics: Physical fitness of medalists of the Canoe Sprint Junior european and World championship events over the past 20 years. *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 58(6).
16. Bielik, V., Messias, L. H. D., Vajda, M., Lopata, P., Chudý, J. & Manchado-Gobatto, F. B. (2019). Is the aerobic power delimiting factor for performance on canoe slalom? An analysis of Olympic Slovak canoe slalom medalists and non-Olympics since Beijing 2008 to Rio 2016. *Journal of Human Sport and Exercise*, in press. Doi: <https://doi.org/10.14198/jhse.2019.144.16>.
17. Bishop, D. (2000). Physiological predictors of flatwater kayak performance in women. *European Journal of Applied Physiology*, 82(1-2): 91-97.
18. Bishop, D., Bonetti, D., Dawson, B. (2002). The influence of pacing strategy on VO<sub>2</sub> and supramaximal kayak performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(6), 1041-1047.
19. Bílý, M. (2002). *Komplexní analýza techniky pádlování a jízdy na divoké vodě*. Rigorózní práce FTVS UK. Praha, 2002. Vedoucí rigorózní práce: Vladimír Süs.
20. Bílý, M. (2012). *Výkonové aspekty ve vodním slalomu*. Dizertační práce na FTVS UK. Praha, 2012. 144s. Vedoucí dizertační práce: Vladimír Süs.
21. Bílý, M. (2004). *Systém sportovního tréninku ve vodním slalomu*. Kreditní práce. Praha: FTVS UK.
22. Bílý, M., Buchtel, M., Süs, V. & Hendl, J. (2009). Influence of imagination on the competitor's performance in white-water slalom. *Acta Universitatis Carolinae Kinantropologica* 45(1): 57-68.
23. Bílý, M., Süs, V. & Buchtel, M. (2011). Selected somatic factors of white water canoeists. *Journal of outdoor activities*, 5(2): 30-42.
24. Süs, V., Bílý, M. & Bunc, V. (2008). Evaluation of specific speed and endurance preconditions of white-water canoeists. *International Journal of Fitness*, 4(1): 15-25.

25. Bílý, M. & Süß, V. (2007). Temperamentové vlastnosti a výkonová motivace závodníků ve vodním slalomu. *Studia Kinanthropologica*, 8(1):23-28.
26. Bílý, M., Süß, V. & Jančar, D. (2010). Influence of selected fitness and mental factors on the sport performance of a competitor in white water slalom. *Acta Universitatis Carolinae Kinanthropologica*, 46(1): 123-132.
27. Bílý, M., Kubričan, P. & Süß, V. (2009). Vliv vybraných psychických faktorů na výkon závodníka ve vodním slalomu na divoké vodě. *Česká kinantropologie*, 13(2): 19-27.
28. Bílý, M., Baláš, J., Martin, A. J., Cochrane, D., Coufalová, K. & Süß, V. (2013). Effect of paddle grip on segmental fluid distribution in elite slalom paddlers. *European Journal of Sport Science*, 13(4): 372-377.
29. Bloomfield, J., Ackland, T. R. & Elliot, B. C. (2003). *Applied anatomy and biomechanics in sport*. Melbourne, VIC: Blackwell Science.
30. Bompa, T. O. & Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Champaign, IL: Human Kinetics. 413 s. ISBN -13: 9780736074834.
31. Bouchard, C. & Shephard, R. J. (1994). *Physical activity, fitness, and health: international proceedings and consensus statement*. Champaign, IL: Human Kinetics. 1055 s. ISBN 0873225228.
32. Bös, K. (1987). *Handbuch sportmotorischer Tests*. Göttingen. 539 s. ISBN 3-8017-0258
33. Broomfield, S. A. L. & Lauder, M. (2015) Improving paddling efficiency through raising sitting height in female white water kayakers. *Journal of Sports Sciences*, 33(14): 1440-1446.
34. Bunc, V. (2010). Physiological and functional characteristics of adolescent athletes in several sports: implications for talent identification. In Coelho, E. S. et al. (2010). *Youth Sports – Growth, Maturation and Talent*. Imprensa da Universidade de Coimbra. DOI:[http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0506-7\\_8](http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0506-7_8).
35. Bunc, V., Hráský, P., Baláš, J. & Skalská, M. (2013). Funkční profil mladých trénovaných sportovců. *Česká kinantropologie*, 17(4): 95-107.
36. Bunc, V. (1995). Pojetí tělesné zdatnosti a jejích složek. *Tělesná výchova a sport mládeže*, 61(5): 6-9.
37. Bunc, V. (2001). Prediction equations for the determination of body composition in children using bioimpedance analysis. In Jurimae, T., Hills, A. V. (eds.) *Body composition assessment in children and adolescents*. *Medicine and Sport Science*, 44: 46–52.

38. Bunc, V. (2002). Včasné objavovanie športovne talentovaných jedinců. *Tělesná výchova a sport mládeže*, 68(3): 37-46.
39. Bunc, V. (2009). Tělesné složení u adolescentů jako indikátor aktivního životního stylu. *Česká kinantropologie*, 13(3): 11-17.
40. Bunc, V. Hodnocení tělesného složení. In Psotta a kol. (2006). *Fotbal: kondiční trénink*. Praha: Grada.
41. Bunc, V. & Heller, J. (1991). Ventilatory threshold and work efficiency on a bicycle and paddling ergometer in top canoeists. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31: 376-379.
42. Bunc, V. & Heller, J. (1989) Energy cost of running in similarly trained men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 59: 178–183.
43. Bunc, V. & Dlouhá, R. (1998). Možnosti stanovení tělesného složení bioimpedanční metodou u netrénovaných a trénovaných jedinců. *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*, 7(3): 89.
44. Busta, J., Bílý, M., Suchý, J. & Kovářová, L. (2017). Porovnání funkčního zátěžového testu do vita maxima při jízdě na slalomovém kajaku a klikové ergometrie horních končetin u elitních českých kajakářů. *Česká kinantropologie*, 21(1-2): 88-95.
45. Busta, J. & Bílý, M. (2014). Comparison of the results of aerobic loading diagnostic while kayaking in counter-current pool and while arm crank ergometry. *Journal of outdoor activities*, 7(2): 18–27.
46. Busta, J., Bílý, M., Kovářová, L. & Říha, M. (2018). Comparison of results in C1 paddling functional test and in arm crank ergometrics in canoe slalom elite athletes. *Studia sportiva*, 12(2) [přijato do tisku].
47. Bužga, M., Zavadilová, V., Vlčková, J., Oleksiaková, Z., Šmajstrla, V., Tomášková, H., Jiráček, Z. & Kavková, J. (2012). Porovnání výsledků různých metod stanovení tělesného tuku. *Hygiena*, 57(3): 105-109.
48. Bührle, M. & Schmidtbleicher, D. (1981). Die Komponenten der Maximal- und Schnellkraft. *Sportwissenschaft*, 11: 11–27.
49. Byrnes, W. C. & Kearney, J. T. (1997). Aerobic and anaerobic contributions during simulated canoe/kayak events. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 29: 220.
50. Coleman, S. G. S. (1994). *The measurement of maximal power output during short-term cycle ergometry*. Dissertation Thesis. Leicestershire: Loughborough University Institutional Repository.
51. Conrad, K. (1941). *Die Konstitutionstypen als genetisches Problem*. Springer, Berlin.

52. Cooper, K. H. (1968). A means of assessing maximal oxygen uptake. *JAMA*, 1968. 203: 201–204.
53. Cooper, A. (1998). *Playing in the Zone: Exploring the Spiritual Dimensions of Sports*. Boston: Shambhala.
54. Corbin, C. B. & Pangrazzi, R. P. (1992). Are American children and youth fit? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 63(2): 12-17.
55. Cosgrove, M. J., Wilson, J., Watt, D. & Grant, S. F. (1999). The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000m ergometer test. *Journal of Sports Science*, 17(11): 842-852.
56. Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. New York: Harper and Row.
57. Csonková, N. & Vajda, M. (2017). Vztah vybraných parametrů k športovému výkonu v disciplíne kajak freestyle. *Tělesná výchova a sport*, 27(2): 23-26.
58. Csonková, N. & Kutlík, D. (2017). Relationship between upper body strength and performance at canoe Freestyle. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae*, 57(1): 59-67.
59. Čechovská, I. & Dobrý, L. (2010). Význam a místo pohybové gramotnosti v životě člověka. *Tělesná výchova a sport mládeže*, 76(3): 2-5.
60. Čelíkovský, S. a kol. (1990). *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. ISBN 8004232485.
61. Čelíkovský, S., Blahuš, P., Bunc, V. & Walter, J. (1990). *Analýza, teorie a matematické modely pohybových schopností*. 251 s. Praha: Univerzita Karlova. ISBN 80-7066-211-5.
62. Daille, E. (2011). *Les déterminants et caractéristiques associés à la performance chez les athlètes de haut-niveau en canoë-kayak de slalom*. Master 1ère année mention. Université de Pau et des Pays de l'Adour: Département S.T.A.P.S. de Tarbes. Schouten
63. Deurenberg, P. & Schouten, F. J. M. (1992). Loss of total body water and extracellular water assessed by multifrequency impedance. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46: 247-255.
64. Di Prampero, P. E., Atchou, G., Brueckner, J. C. & Moia, C. (1986). The energetics of endurance running. *European Journal of Applied Physiology*, 55: 259–266.
65. Dobrý, L. (1993). Zdravotně orientovaná tělesná zdatnost. *Tělesná výchova a sport mládeže*, 59(4): 1–11.

66. Dokumaci, B. & Cakir-Atabek, H. (2015). Relationship between anthropometric variables, respiratory function and bio-motoric properties in Turkish flat water canoe athletes. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 1(3): 759-767.
67. Douillard, J. *Tělo, mysl a sport*. Praha: Nakladatelství Pragma, 1994. ISBN 80-7205-069-9.
68. Dovalil, J. a kol. (2012). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2012.
69. Dovalil, J. a kol. (2008). *Lexikon sportovního tréninku*. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2008. ISBN 9788024614045
70. Du Toit, P., Sole, G., Bowerband, P. & Noakes, T. D. (1999). Incidence and causes of tenosynovitis of the wrist extensors in long distance paddle canoeists. *British Journal of Sports Medicine*, 33(2): 105-109.
71. Dvořák, R. & Vařeka, I. (2000). Několik poznámek k názorům na držení těla. *Fyzioterapie*, 1(3): 1-12.
72. Dufour, M. (2015). *Pohybové schopnosti v tréninku: rychlost*. Mladá fronta: Edice Českého olympijského výboru. 192 s. ISBN 978-80-204-3461-6.
73. Edington, D. W. & Edgerton, V. R. (1976). *The Biology of Physical Activity*. Boston: Houghton Mifflin. ISBN-13: 978-0395185797.
74. Edwards, A. (1993). Injuries in kayaking. *Sport Health*, 11: 8-11.
75. Elkington, S. (2010) Articulating a systematic phenomenology of flow: an experience-process perspective. *Leisure/Loisir*, 34(3): 327-360.
76. Endicott, W. T. (1979). *The River Masters*. USA, Publisher: Endicott, 184 p. ISBN-13: 978-0960303618.
77. Endicott, W. T. (1980). *To Win the World*. USA, Publisher: Endicott.
78. Endicott, W. T. (2014). *The King of Slalomia*. USA: CreateSpace Independent Publishing Platform, 1. edition. 122 p. ISBN-13: 978-1505500585
79. Endicott, W. T. (2016). *Doping problem in canoe/kayak worse than reported* [on line]. [Cit. 2016-12-10.]. Dostupné z: <http://sportsceen.tv/paddlesports/2016/07/doping-problem-in-canoe-kayak-worse-than-reported/>.
80. Engebretsen, L. et al. (2013). Sport injuries and illnesses during the London Summer Olympic Games 2012. *British Journal of Sports Medicine*, 47(7): 407–414.
81. Epstein, D. (2014). *Sportovní gen*. Brno: Computer press. ISBN 9788026405603
82. Fekete, M. (1998). Periodized strength training for sprint kayaking/canoeing. *Strength and Conditioning Journal*, 20: 8-14.



83. Fewtrell, L., Godfree, A. F., Jones, F., Kay, D., Salmon, R. L. & Wyer, M. D. (1992). Health effects of white-water canoeing. *Lancet*, 339(8809): 1587-1589.
84. Fleurance, P. (1998). *Entrainement mental et sport de haute performance*. INSEP – Publications.
85. Folgar, M. I., Cárceles, F. A., Mangas, J. J. R. et al. (2015). *Training sprint canoeing*. 2.0 Editora. 344 s. ISBN: 978-84-943815-7-7.
86. Folland, J. P. & Strachan, K. Whitewater Canoeing and Rafting. In Mei-Dan, O. & Carmont, M. R. (2013). *Adventure and Extreme Sports Injuries*. Springer, London. 113-142.
87. Freeman, P. L., Chennells, M. H. D., Sandstrom, E. R. & Briggs, E. R. (1987). *Specificity in performance: Determination of the antropometric and physiological chracteristics of canoeists (National Sport Science Research Program)*. Canberra, ACT: Australian Sport Commision.
88. Fry, R.W. & Morton, A.R. (1991). Physiological and kinanthropometric attributes of elite flatwater kayakists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(11): 1297-1301.
89. Fuller, N. J., Hardingham, C. R., Graves, M., Screatton, N., Dixon, A. K., Ward, L. C. et al. (1999). Predicting composition of leg sections with anthropometry and bioelectrical impedance analysis, using magnetic resonance imaging as reference. *Clinical Science*, 96(6): 647-657.
90. Galuška, V. (2005). Vliv tvaru slalomového kajaku na jízdní vlastnosti. Závěrečná práce školení trenérů B. Vedoucí práce: Milan Bílý.
91. Gonzáles-de-Suso, J. M., D'Angelo, R. & Prono, J. M. (1999). Physiology of slalom training. In *International coaching conference*. Sydney, 1999.
92. Grasgruber, P. & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer press, 384 s. ISBN 9788025118733.
93. Graves, J. E. et al. (2006). Anthropometry and body composition measurement. In: Maud, J. M., Foster, C. (eds.). *Physiological assessment of human fitness*. Champaign: Human Kinetics. 185-225.
94. Grosser, M. (2007). *Schnelligkeitstraining*. München: BLV Sportwissen. 184 s. ISBN-13: 978-3835401587.
95. Grosser, M., Starischka, S. & Zimmermann, E. (2014). *Das neue Konditionstraining*. München: BLV Buchverlag. 248 s. ISBN 9783835461307.
96. Grundlach, H. (1968), Systembeziehungen körperlicher Fähigkeiten und Fertigkeiten. In: *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 17: 198-205.

97. Gutnik, B., Zuoza, A., Zuoziene, I., Alekrinskis, A., Nash, D. & Scherbina S. (2015). Body physique and dominant somatotype in elite and low – profile athletes different specializations. *Medicina*, 51(4): 247–252.
98. Hahn, A. G., Pang, P. M., Tumilty, D. M. & Telford, R. D. (1988). General and specific aerobic power of elite marathon kayakers and canoeists. *Excel* 5, 14-19.
99. Hamano, S., Ochi, E., Tsuchiya, Y., Muramatsu, E., Suzukawa, K. & Igawa, S. (2015). Relationship between performance test and body composition/physical strength characteristic in sprint canoe and kayak paddlers. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6: 191–199.
100. Havlíčková, L. a kol. (2004). *Fyziologie tělesné zátěže I. – obecná část*. Praha: Karolinum.
101. Heath, B. H. & Carter, J. E. L. (1990). *Somatotyping – Development and Applications*. Cambridge: University Press.
102. Heller, J. & Vodička, P. (2004). Upper body aerobic and anaerobic capacity in elite white-water slalom paddlers. *Acta Universitatis Carolinae Kinanthropologica*, 40(1): 00-00.
103. 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*: 30, 59 -74.
104. Heller, J., Vodička, P. & Příbaňová, L. (2001). Modes of upper-body exercise used in aerobic and anaerobic tests. In Válková, H., Hanelová, Z. (Ed.) *Movement and Health, Proceedings of the 2nd International Conference, Olomouc, September 15-18, 2001*. Olomouc: Palacký University, 2001, s. 191-195.
105. Heller, J. & Vodička, P. (2011). *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2011. ISBN 9788024638614.
106. Heluwaert, H. (2003). Place de l'exploration du métabolisme énergétique dans la préparation des sportifs de haut-niveau à la FFCK. *Documents de la fédération française de canoë-kayak*.
107. Hendl, J. (2012). *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. 736 s. Praha: Portál, 2012. ISBN 978-80-262-0981-2.
108. Hill, A. P., Hall, H. K., Appleton, P. R. & Murray, J. J. (2010). Perfectionism and burnout in canoe polo and kayak slalom athletes: The mediating influence of validation and growth-seeking. *The Sport Psychologist*, 24(1): 16-34.

109. Hirtz , P. et al. (2002). Untersuchungen zur Entwicklung koordinativer Fähigkeiten im Kindes – und Jugendalter. In Ludwig, G. & Ludwig, B. (Eds.), *Koordinative Fähigkeiten – koordinative Kompetent* (pp. 104-112). Kastel: Universität Kasel 2002.
110. Hohmann, A. & Brack, R. (1983). Theoretische Aspekte der Leistungsdiagnostik im Sportspiel. *Leistungssport*, 13(2): 5-10.
111. Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2010). *Úvod do sportovního tréninku*. 336 s. Prostějov: Sdružení sport a věda, 2010. ISBN: 9788025492543.
112. Hohmann, A., Dierks, B., Lühnenschloss, D., Seidel, I., Daum, M., Griebisch, A. & Wichamann, E. (2001). *Schnelligkeit im Nachwuchsleistungssport (unv. Forschungsbericht)*. Magdeburg: IfS.
113. Humphries, B., Abt, G. A., Stanton, R. & Sly, N. (2000). Kinanthropometric and physiological characteristics of outrigger canoe paddlers. *Journal of Sports Sciences*, 18(6): 395-399.
114. Huizinga, J. (1970). *Homo Ludens: A Study of Play Element in Culture*. London: Paladin.
115. Hunter, A., Cochrane, J. & Sachlikidis, A. (2007). Canoe slalom – competition analysis reliability. *Sports Biomechanics*, 6(2): 155-170.
116. Hunter, A. (2009). Canoe slalom boat trajectory while negotiating an upstream gate. *Sports Biomechanics*, 8(2): 105-113.
117. Hutch, R. (2012). Sport and Spirituality: Mastery and Failure in Sporting Lives. *Practical Theology*, 5(2): 131-152.
118. Chaloupka, V. (2007). Hemodynamika při zátěži. In. Štejfá, M. et al. *Kardiologie*. (2007). Praha: Grada. S. 59-68.
119. Chang, H. H. (2016): Gender differences in leisure involvement and flow experience in professional extreme sport activities. *World Leisure Journal*, 59(2): 124-139.
120. Choutka, M. a kol. (1981). *Sportovní výkon*. Praha: Olympia.
121. Inbar, O., Bar-Or, O. & Skinner, J. S. (1996). *The Wingate Anaerobic Test*. Champaign: Human Kinetics.
122. International Canoe Federation ICF. (2017). *Canoe slalom rules* [online]. [Cit. 2018-05-30]. Dostupné on-line: [www.canoeicf.com](http://www.canoeicf.com).
123. International Canoe Federation ICF. (2018). *Canoe slalom competition handbook* [online]. [Cit. 2018-10-30]. Dostupné on-line: [www.canoeicf.com](http://www.canoeicf.com).
124. International Canoe Federation ICF. (2018). *Tokyo 2020 Olympic Games – Canoe slalom* [online]. [Cit. 2018-10-30]. Dostupné on-line: [www.canoeicf.com](http://www.canoeicf.com).

125. Isaka, T. & Takahashi, K. (1998). Aerobic and anaerobic power and muscle thickness of varsity kayak paddlers. *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 47(3): 295-303.
126. Jebavý, R. & Zumr, T. (2009). *Posilování s balančními pomůckami*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5130-6.
127. Jelínek, M. & Jetmarová, K. (2014). *Sport, výkon a metafyzika*. Mladá fronta. ISBN 978-80-204-3288-9.
128. Jirkovský, D. (2003). Tělesná výška a hmotnost mladých mužů ve věku 18-25 let v druhé polovině 20. století. *Vojenské zdravotnické listy*, 72(5): 217-220.
129. Jousselein, E., Desnus, B. & Fraisse, F. et al. (1990). La consommation maximale d'oxygène des équipes nationales françaises de 1979 à 1988 (sportifs de plus de 20 ans). *Science et Sports*, 5: 39-45.
130. Juřinová, I. & Stejskal, F. (1987). *Rozvoj pohybových schopností ve školní tělesné výchově*. 202 s. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
131. Kadaňka, F. Somatická typologie závodníků ve vodním slalomu. In Havlík a kol. (1977). *Racionalizace tréninkového procesu a zvyšování úrovně výkonnosti ve vodním slalomu*. Metodický dopis ČSTV, Praha, s. 38-47.
132. Kasa, J. (2000). *Športová antropomotorika*. 209 s. Bratislava: SVSTVŠ. ISBN 9788096825233.
133. Kizer, K. W. (1987). Medical Aspects of White-Water Kayaking. *The Physician and Sportsmedicine*, 15(7): 127 – 138.
134. Knapik, J. J., Baumann, C. L., Jones, B. H., Harris, J. M., Vaughan, L. (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 19(1): 76-81.
135. Kolář, J. (2016). Koordinace – předpoklad úspěchu ve sportu. *Coach*, 1(2): 38-39.
136. Koralewski, H. E., Gunga, H. C. & Kirsch, K. A. (2003). *Bioinformatik. Körperzusammensetzung und Energiehaushalt*. Berlin: Verlag J. Springer.
137. Kovářová, L. (2013). *K identifikaci předpokladů v triatlonu*. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2013. ISBN 9788024621241.
138. Kössl, J. a kol. (2013). *100 let kanoistiky v českých zemích*. Praha: Olympia, 2013. ISBN: 978-80-7376-349-7.
139. Kračmar, B. a kol. (2016). *Fylogeneze lidské lokomoce*. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-3379-4.

140. Kratochvíl J. & Bílý M. (1997). 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.
141. Kretschmer, E. (1921). *Körperbau und Charakter*. Springer, Berlin.
142. Kretschmer, E. (1951). *Physique and Character. An Investigation of the Nature of Constitution and of the Theory of Temperament*. New York: The Humanities Press.
143. Křištofič, J. (2004). *Gymnastická příprava sportovce*. Praha: Grada. 192 s. ISBN 80-247-1006-4.
144. Krupnick, J. E., Cox, R. D. & Summers, R. L. (1998). Injuries sustained during competitive white-water paddling: a survey of athletes in the 1996 Olympic trials. *Wilderness Environment Medicine.*, 9(1): 14-18
145. Kuh, D., Bassegy, E. J., Butterworth, S., Hardy, R., & Wawsworth, M. E. (2005). Grip strength, postural control, and functional leg power in a representative cohort of British men and women: associations with physical activity, health status, and socioeconomic conditions. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(2), 224-231.
146. Li, Y. (2015). *Energetics in Canoe Sprint*. Dissertation Thesis. Sportwissenschaftlichen Fakultät der Universität Leipzig.
147. Lehnert, M. a kol. (2014). *Sportovní trénink I*. Olomouc: Univerzita Palackého. Dostupné z: <https://publi.cz/books/148/Cover.html>.
148. Lewit, K. (1998). Některá zřetězení funkčních poruch ve světle koaktivačních svalových vzorců na základě vývojové neurologie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 5(4): 148-151.
149. Lewit, K. (2000). Vztah struktury a funkce v pohybové soustavě. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 7(3): 99-101.
150. López-Plaza, D., Alacid, F., Muyor, J. M. & López-Minarro, P. A. (2017). Sprint kayaking and canoeing performance prediction based on the relationship between maturity status, anthropometry and physical fitness in young elite paddlers. *Journal of Sports Sciences*, 35(11): 1083-1090.
151. Lovell, D., Mason, D., Delphinus, E., Eagles, A., Shewring, S. & McLellan, C. (2011). Does Upper Body Strength and Power Influence Upper Body Wingate Performance in Men and Women? *International Journal of Sports Medicine*, 32(10): 771– 775.
152. Lowdon, B. J., Bedi, J. F. & Horvath, S. M. (1989). Specificity of aerobic fitness testing of surfers. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 21: 7-10.

153. Lukaski, H. C., Bolonchuk, W. W., Hall, C. B. & Siders, W. A. (1986). Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *Journal of Applied Physiology*, 60(4): 1327-32.
154. Maglischo, E. W. (1993). *Swimming even better*. Mountain View, (Ca.): Mayfield Publishers.
155. Males, J. R., Kerr, J. H. & Gerkowich, M. M. (1998) Metamotivational states during canoe slalom competition: A qualitative analysis using reversal theory. *Journal of Applied Sport Psychology*, 10(2): 185-200.
156. Malina, R. M. & Bouchard, C. (1991). *Growth, maturation and physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics.
157. Marek, S. (2006). *Pokus o analýzu struktury sportovního výkonu v rychlostní kanoistice v disciplíně K1 1000m muži*. Diplomová práce: UK FTVS. Vedoucí práce: Tomáš Perič.
158. Máček, M. & Máčková, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.
159. McKean, M. R. & Burkett, B. J. (2014). The Influence of Upper Body Strength on Flat-Water Sprint Kayak Performance in Elite Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(4): 707-714.
160. McKean, M. R. & Burkett, B. J. (2010). The relationship between joint range of motion, muscular strength, and race time for sub-elite flat water kayakers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(5): 537-542.
161. Měkota, K. (1983). Testování motorických schopností a dovedností. In. Měkota, K. & Blahuš, P. (1983). *Motorické testy v tělesné výchově*. 331 s. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1983.
162. Měkota, K. (2000). Definice a struktura motorických schopností. (Novější poznatky a střety názorů). *Česká kinantropologie*, 4(1): 59-69.
163. Měkota, K. & Cuberek, R. (2007). *Pohybové dovednosti – činnosti - výkony*. 163 s. Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN 9788024417288.
164. Měkota, K. & Novosad, J. (2005). *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN 80-244-0981-X.
165. Michael, J. S., Rooney, K. B., Smith, R. (2008). The metabolic demands of kayaking: A review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7(1): 1-7.
166. Misigoj-Durakovic, M. & Heimer, S. (1992). Characteristics of the morphological and functional status of kayakers and canoeists. *Journal of Sports Medicine and Fitness*, 32(1): 45-50.

167. Moran, A., MacIntyre, T. (1998). There's more to an image than meets the eye: A qualitative study of kinaesthetic imagery among elite canoe-slalomists. *The Irish Journal of Psychology*, 19(4): 406–423.
168. Murphy, M. & White, R. A. (1995). *In the Zone: Transcendent Experience in Sports*. New York: Penguin/Arkana.
169. Nakamura, J. & Csikszentmihalyi, M. (2002). The Concept of Flow. In Snyder, C. R. & Lopez, S. J. (Ed). (2002). *Handbook of positive psychology*, (p. 89-105). New York, NY, US: Oxford University Press, 848 p.
170. Nakonečný, M. (1997). *Encyklopedie obecné psychologie*. 437 s. Academia. ISBN 80-200-0625-7.
171. Netolická, V. (2008). *Testy normality*. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci: Katedra matematické analýzy a aplikací matematiky.
172. Neumann, G., Pfützner, A. & Berbalk, A. (1998). *Optimiertes Ausdauertraining*. Aachen: Meyer & Meyer.
173. Nibali, M., Hopkins, W. G. & Drinkwater, E. (2011). Variability and predictability of elite competitive slalom canoe-kayak performance. *European Journal of Sport Science*, 11(2): 125-130.
174. Norton, K. & Olds, T. (1996). *Anthropometrica*. Sydney, NSW: UNSW Press.
175. O'Toole, M. L. & Douglas, P. S. (1995) Applied physiology of triathlon. *Sports Medicine*, 19(4): 251–267.
176. Pařízková, J. (1977). *Body fat and physical fitness: body composition and lipid metabolism in different regimes of physical activity*. The Hague: Martinus Nijhoff.
177. Pařízková, J. (1998). Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a lékařské praxi. *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*. ISSN: 1210-5481.
178. Pavlík, J. (2003). *Tělesná stavba jako faktor výkonnosti sportovce*. Brno: Pedagogická fakulta, 2003, ISBN 80-210-2130-6.
179. Pendergast, D., Bushnell, D., Wilson, D. W. & Cerrettelli, P. (1989). Energetics of kayaking. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 59: 342-350.
180. Perkins, D., Wilson, G. W. & Kerr, J. H. (2001). The Effects of Elevated Arousal and Mood on Maximal Strength Performance in Athletes. *Journal of Applied Sport Psychology*, 13(3): 239-259, DOI: 10.1080/104132001753144392
181. Perič, T. & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. Praha: Grada.

182. Petr, M. & Šťastný, P. (2012). *Funkční silový trénink*. Univerzita Karlova v Praze: Fakulta tělesné výchovy a sportu. 214 s. ISBN 978-80-86317-93-9.
183. Pinkava, O. (2006). *Vodní slalom – technika jízdy na singlkanoi*. (White water slalom – technic of paddling on C1). Diplomová práce. Praha: UK FTVS. Vedoucí práce: Milan Bílý.
184. Pion, J. & Raimbault, N. (2008). *La préparation mentale en sports individuels*. Chiron éditeur.
185. Phillips, E., Davids, K., Renshaw, I. & Portus, M. (2010). Expert performance in sport and the dynamics of talent development. *Sports Medicine*, 40(4): 271-283.
186. Pollert, J. et al. (2015). Physical and Mathematical Modelling for Canoe Slalom Whitewater and the 2016 Olympic Games in Rio de Janeiro. In: *14th International Symposium – Water Management and Hydraulic Engineering*. Brno, p. 65-76.
187. Psotta, R. (2006). *Fotbal – kondiční trénink*. Praha: Grada. 220 s. ISBN 80-247-0821-3.
188. Pyne, D. B., Trewin, C. B. & Hopkins, W. G. (2004). Progression and variability of competitive swimming performance of Olympic swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 22: 613-620.
189. Pultera, J. (2016). Nominační kritéria do reprezentačního družstva A. Český svaz kanoistů. Praha, 23. 2. 2016. Dostupné z: [www.kanoe.cz](http://www.kanoe.cz).
190. Reiman, M. (2009). *Functional testing in human performance*. Champaign, IL: Human Kinetics. 310 p. ISBN 978-0-7360-6879-6.
191. Ridge, B. R., Broad, E., Kerr, D. A. & Ackland, T. R. (2007). Morphological characteristics of Olympic slalom canoe and kayak paddlers. *European Journal of Sport Science*, 7(2): 107-113.
192. Riegerová, J., Kapuš, O., Gába, A. & Ščotka, D. (2010). Rozbor tělesného složení českých mužů ve věku 20 až 80 let (hodnocení tělesné výšky, hmotnosti, BMI, svalové a tukové frakce). *Česká antropologie*, 60(1): 20-23.
193. Riegerová, J., Přidalová, M. & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Hanex.
194. Robergs, A. R. & Roberts, S. O. (1996). *Exercise Physiology: Exercise, Performance, and Clinical Applications*. Mosby.
195. Rohan, J. (1991). *Rozbor techniky pádlování a jízdy na C1*. (Evaluation of paddling technique and ride on C1). Diplomová práce. Praha: FTVS UK. Vedoucí práce: Milan Bílý.



196. Rowland, T. W. (1996). *Developmental exercise physiology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
197. Röthig, P. & Prohl, R. (2003). *Sportwissenschaftliches Lexikon*. 664 s. Hofmann. ISBN-13: 9783778044971.
198. Sidney, K. H. & Shephard, R. J. (1973). Physiological characteristics and performance of the white-water paddler. *European Journal of Applied Physiology*, 32(1): 55-70.
199. Sigmund, M., Rozsypal, R., Kudláček, M., Kratochvíl, J. & Sigmundová, D. (2016). Influence of one-year sport activities on the changes in morphological parameters and somatotypes in the current junior members of the Czech national whitewater slalom team. *Journal of Physical Education and Sport*, 16(1): 118-124.
200. Singh, R., Singh, R. J. & Sirisinghe, R. G. (1995). Physical and physiological profiles of Malaysian dragon boat rowers. *British Journal of Sports Medicine*, 29(1): 13-15.
201. Sitkowski, D. (2002). Some indices distinguishing olympic or world championship medallists in sprint kayaking. *Biology of Sport*, 19(2): 133-147.
202. Sitkowski, D. & Grucza, R. (2009). Age-related changes and gender differences of upper body anaerobic performance in male and female sprint kayakers. *Biology of Sport*, 26(4): 325-338.
203. Sheldon, W. H. (1940). *The varieties of human physique*. New York: Harper & Brothers.
204. Sheldon, W. H., Dupertius, C. W. & McDermote, E. (1954). *Atlas of men*. New York: Harper & Brothers, 1954.
205. Shephard, R. J. (1998). Science and medicine of rowing : A review. *Journal of Sports Sciences*, 16(7): 603 – 620.
206. Schnabel, G., Harre, D. & Borde, A. (1997). *Trainingswissenschaft*. Berlin: Sportverlag. 556 s. ISBN-10: 3328006370
207. Sklad, B., Krawczyk, B. & Majle, B. (1994). Body build profiles of male and female rowers and kayakers. *Biology of Sport*, 11(4): 249-256.
208. Skopová, M. & Zítko, M. (2008). *Základní gymnastika*. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-2194-4.
209. Skorocká, I., Bunc, V. & Kinkorová, I. (2004). Určení distribuce tělesných tekutin přístrojem In Body 3.0. *Česká Kinantropologie*, 2: 9-25
210. Skirven, T. M. (2011). *Rehabilitation of the hand and upper extremity*. Philadelphia: Elsevier/Mosby. ISBN 9780323056021

211. Slepíčka, P., Hošek, V. & Hátlová, B. (2006). *Psychologie sportu*. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-1602-5.
212. Slinde, F. & Rossander-Hulthén, L. (2001). Bioelectrical impedance: effect of 3 identical meals on diurnal impedance variation and calculation of body composition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 74(4): 474-8.
213. Soligard, T. et al. (2017). Sports injury and illness incidence in the Rio de Janeiro 2016 Olympic Summer Games: A prospective study of 11274 athletes from 207 countries. *British Journal of Sports Medicine*, 51(17): 1265-1271.
214. Steinnacker, J. M., Wang, L., Lormes, W., Reissenecker, S. & Liu, Y. (2002). Strukturanpassungen des Skelettmuskels auf Training. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 53(12): 354-360.
215. Štěpnička, J. (1974). Typology of Sportsmen. *Acta Universitatis Carolinae Gymnica*, 1: 67-90.
216. Šťastný, P. & Petr, M. (2012). *Funkční silový trénink*. 214 s. Praha: FTVS UK. ISBN 978-80-86317-93-9.
217. Süß, V., Bílý, M. & Bunc, V. (2008). Evaluation of specific speed and endurance preconditions of white-water canoeists. *International Journal of Fitness*, 4(1): 15-25.
218. Szanto, C. (2010). Transition of training structure from junior to senior level. In: *Coach's Symposium*. Canada.
219. Talluri, T., Lietdke, R. J., Evangelisti, A., Talluri, J. & Maggia, G. (1999). Fat-free mass qualitative assessment with bioelectric impedance analysis (BIA). *Annals of the New York Academy of Sciences*, 20(873): 94-98.
220. Talluri, T. (1998). Qualitative human body composition analysis assessed with bioelectrical impedance. *Collegium Antropologicum*, 22(2): 427-32.
221. Tesch, P., Piehl, K., Wilson, G. & Karlsson, J. (1976) Physiological investigations of Swedish elite canoe competitors. *Medicine and Science in Sports*, 8: 214-218.
222. Tesch, P. A. (1983). Physiological characteristics of elite kayak paddlers. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 8(2): 87-91.
223. Tlapák, P. (2010). *Tvarování těla pro muže a ženy*. ARSCI. 264 s. ISBN 978-80-7420—001-4.
224. Tucker, R. & Collins, M. (2012). What makes champions? A review of the relative contribution of genes and training to sporting success. *British Journal of Sports Medicine*, 46(8): 555–61.

225. Ušaj, A. (2002). Kinetics of basic endurance and basic speed endurance characteristics throughout one olympic season in white water slalom kayak. *Kinesiologica Slovenica*, 8(1): 30-37.
226. Vaccaro, P., Gray, P. R., Clarke, D. H. & Morris, A. F. (1984). Physiological characteristics of World class white-water slalom paddlers. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 55(2): 206-210.
227. Van Someren, K. A., Backx, K. & Palmer, G. S. (2001). The anthropometric and physiological profile of the international 200-m sprint kayaker. *Journal of Sports Science*, 19:32.
228. Van Someren, K. A. & Howatson, G. (2008). Prediction of flatwater kayaking performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(2): 207-218.
229. Van Someren, K. A. & Palmer, G. S. (2003). Prediction of 200-m sprint kayaking performance. *Canadien Journal of Applied Physiology*, 28(4): 505-517.
230. Van Someren, K. A., Phillips, G. R. & Palmer, G. S. (2000). Comparison of physiological responses to open water kayaking and kayak ergometry. *International Journal of Sports Medicine*, 21(3): 200-204.
231. Vedat, A. (2012). Somatotypes of male whitewater canoe athletes of the Turkish National Canoe Team. *Educational Research and Reviews*, 7(24): 526-531.
232. Véle, F. (1995). *Kineziologie posturálního systému*. Praha: Karolinum.
233. Vieira, N. A., Mesias, L. H., Cardoso, M. V., Ferrari, H. G., Cunha, S. A., Terezani, D. R., & Manchado-Gobatto, F. B. (2015). Characterization and reproducibility of canoe slalom simulated races: physiological, technical and performance analysis. *Journal of Human Sport and Exercise*, 10(4): 835-846.
234. Viličič, Z. (2012). *Funkční diagnostika*. Vysoká škola tělesné výchovy a sportu Palestra. Praha, 2012. ISBN 978-80-904815-8-9.
235. Vyskotová, J. & Macháčková, K. (2013). *Jemná motorika: vývoj, motorická kontrola, hodnocení a testování*. Praha: Grada. 176 s. ISBN 978-80-247-4698-2
236. Wassinger, C. A., Myers, J. B., Sell, T. C., Oyama, S., Rubenstein, E. N. & Lepharts, S. M. (2011). Scapulohumeral kinematic assessment of the forward kayak stroke in experienced whitewater kayakers. *Sports Biomechanics*, 10(2): 98-109.
237. Weineck, J. & Köstermeyer, G. (1998). Zur Bedeutung der Elementaren Schnelligkeitfähigkeiten für die Laufleistung und Talentdiagnose. *Leistungssport*, 28(2): 22-25.

238. Wood, G. A. (1986). Optimal performance criteria and limiting factors in sprint running. *I.A.A.F. NSJ*, 2: 53-65.
239. Wood, R. (2008). Hand Grip Strength Test. *Topend Sports* [online]. [10.4.2016]. Dostupné z: <http://www.topendsports.com/testing/tests/handgrip.htm>.
240. Wood, R. (2012). Handgrip Strength Norms. *Topend Sports* [online]. [10.4.2016]. Dostupné z: <http://www.topendsports.com/testing/norms/handgrip.htm>.
241. Whitehead, M. (2001). The concept of physical literacy. PE and Sport Pedagogy. *European Journal of Psychical Education*. 6(2): 127-138.
242. World Health Organization WHO. (2017). *Overweight and obesity* [online]. [10.4.2016]. Dostupné z: [www.who.int/en](http://www.who.int/en).
243. Yang, M., Lee, M., Hsu, S. & Chan, K. (2017). Effects of high-intensity interval training on canoeing performance. *European Journal of Sport Science*, 17(7): 814-820.
244. Zamparo, P., Capelli, C. & Guerinni, G. (1999). Energetics of kayaking at submaximal and maximal speeds. *European Journal of Applied Physiology*, 80: 542-548.
245. Zamparo, P., Tomadini, S., Didoné, F., Grazzina, F., Rejc, E. & Capelli, C. (2006). Bioenergetics of a slalom kayak (K1) competition. *International Journal of Sports Medicine*, 27(7): 546-552.
246. Zatsiorsky, V. M. & Kraemer, W. J. (2006). *Science and Practice of Strength Training*. Champaign, IL: Human Kinetics, 264 s.
247. Zimmermann, K., Schnabel, G. & Blume, D. Koordinative Fähigkeiten. In Ludwig, G. & Ludwig, B. (Eds.), *Koordinative Fähigkeiten – koordinative Kompetent*, (pp. 104-112). Kastel: Universität Kassel 2002.
248. Zouhal, H., Le Douairon Lahaye, S., Ben Abderrahaman, A., Minter, G., Herbez, R. & Castagna, C. (2012). Energy system contribution to Olympic distances in flat water kayaking (500 and 1,000m) in highly trained subjects. *Journal of strength and conditioning*, 26(3): 825-831.

## Internetové zdroje

Bez-frazi.cz: <http://www.bezfrazi.cz/cesticka-vyjimecnosti/> [online] [Cit. 2017-11-23].

Cortex: [www.cortex-medical.com](http://www.cortex-medical.com) [online] [Cit. 2017-11-23].

Český hydrometeorologický ústav: [www.portal.chmi.cz](http://www.portal.chmi.cz) [online] [Cit. 2016-03-30].

ČTK: [www.ceskenoviny.cz](http://www.ceskenoviny.cz) [online] [Cit. 2016-10-21].

GDPR: [www.gdpr.cz](http://www.gdpr.cz) [online] [Cit. 2018-10-23].

H-p Cosmos: [www.h-p-cosmos.com](http://www.h-p-cosmos.com) [online] [Cit. 2017-10-21].

Internazional Canoe Federation (ICF): [www.canoeicf.com](http://www.canoeicf.com) [online] [Cit. 2017-11-23].

Labe Aréna Račice: [www.racice.info](http://www.racice.info) [online] [Cit. 2016-03-10].

MF iDnes: [www.hokej.idnes.cz](http://www.hokej.idnes.cz) [online] [Cit. 2016-10-23].

Nielsen-Kellerman: [www.nkhome.com](http://www.nkhome.com) [online] [Cit. 2017-11-23].

Oficiální stránka Českého svazu kanoistů: [www.kanoe.cz](http://www.kanoe.cz). [online] [Cit. 2016-05-30].

Polar: [www.polarcz.cz](http://www.polarcz.cz) [online] [Cit. 2017-11-23].

Registrační a výsledový portál, oficiální porát ČSK: [www.rvp.results.cz](http://www.rvp.results.cz) [online] [Cit. 2016-05-30].

Sportcentrum Ymca: [www.scymca.cz](http://www.scymca.cz) [online] [Cit. 2016-03-10].

Takei Medical: [www.takei-si.co.jp](http://www.takei-si.co.jp) [online] [Cit. 2017-11-23].

Výsledkový a statistický portál pro vodní slalom: [www.slalom-world.com](http://www.slalom-world.com) [online] [Cit. 2016-05-30].

