

Univerzita Karlova v Praze
Fakulta tělesné výchovy a sportu

Diplomová práce

Praha 2023

Pavel Foukal

Univerzita Karlova v Praze
Fakulta tělesné výchovy a sportu

DESKRIPCE FYZIKÁLNÍCH
CHARAKTERISTIK PŘÍMÉHO ZÁBĚRU
NA C1 U VYBRANÝCH ELITNÍCH VODNÍCH
SLALOMÁŘŮ
(Diplomová práce)

Vedoucí práce: PhDr. Milan Bílý, Ph.D.

Vypracoval: Bc. Pavel Foukal

Praha 2023

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a k práci jsem použil literatury a pramenů uvedených v seznamu.

.....

Pavel Foukal v r. 2023

Osobní poděkování

Děkuji panu PhDr. Milanu Bílému, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a užitečné rady při tvorbě diplomové práce. Dále děkuji Martinovi Kuciánovi za pomoc, zapůjčené vybavení a rady při realizaci tenzometrických vyšetření a v neposlední řadě děkuji Českému svazu kanoistů, z.s. za svolení použít naměřená data ke své práci.

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

Abstrakt

Název: Deskripce fyzikálních charakteristik přímého záběru na C1 u vybraných elitních vodních slalomářů.

Cíle práce: Cílem práce bylo popsat fyzikální charakteristiky přímého záběru na C1 pomocí tenzometrického šetření u vybraných elitních vodních slalomářů při jízdě na klidné vodě. Zjištěné výsledky utřídít do přehledné formy.

Metody: K získání dat jsme využili jednoosý foliový tenzometr, který byl připevněn na vlastní pádlo každé testované osoby a akcelerometr (G-link 200), který byl umístěn na přední části lodi. Vše bylo propojeno se sběrnou jednotkou (V-link 200). Ke zpracování dat jsme využili program Sensor Connect od Lord Microstrain.

Výsledky: Podařilo se popsat základní fyzikální charakteristiky přímého záběru na dominantní a nedominantní straně i záběr v přehmatu. Ukazuje se, že větší síla použitá v záběru nevede nutně k rychlejšímu výslednému času daného úseku. Stejně tak vyšší frekvence záběrů neznamena automaticky zrychlení a lepší čas. Rychlost lodi není dominantně determinována žádným ze zkoumaných fyzikálních ukazatelů záběrového cyklu, je pravděpodobně dána spíše jejich kombinací související ještě s dalšími faktory, jakými jsou tvar lodě, předozadní pohyb trupu závodníka, přenos síly do rychlosti lodi a samozřejmě i individuálně proměnlivé ukazatele jako jsou aktuální forma závodníka a jeho chuť podat v daný moment svůj maximální výkon.

Klíčová slova: tenzometrie, přehmatový záběr, technika, závody, kánoe.

Abstract

Title: Description of physical characteristics of the C1 forward stroke in selected elite canoe slalom athletes

Objectives: The aim of this study was to describe the physical characteristics of a forward stroke in C1 using strain gauge measurement among selected elite canoe slalom athletes during flatwater paddling, and to organize the obtained results into a clear format.

Methods: We used a single-axis foil strain gauge attached to each tested person's paddle and an accelerometer (G-link 200) positioned at the front of the boat to obtain the data. Everything was connected to a data acquisition unit (V-link 200). We processed the data using the Sensor Connect software developed by Lord Microstrain.

Results: We have been able to describe the basic physical characteristics of the forward stroke on the dominant and non-dominant side as well as the cross stroke. It turns out that a greater force applied in the stroke does not necessarily lead to a faster resultant time for a given segment. Similarly, a higher frequency of strokes does not automatically lead to faster and better times. Boat speed is not dominantly determined by any of the physical indicators of the stroke cycle studied, but is probably determined by a combination of them, related to other factors such as the shape of the boat, the forward movement of the racer's hull, the transfer of power to the boat speed and, of course, individually variable indicators such as the current form of the racer and his willingness to give his maximum performance at a given moment.

Key words: strain gauge, cross stroke, technique, competition, canoe.

Obsah

1. ÚVOD	8
2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA	9
2.1. CO JE TO TENZOMETRIE	9
2.1.1. <i>Rozdělení odporových tenzometrů</i>	11
2.1.2. <i>Matematicko – fyzikální princip chování tenzometru</i>	12
2.1.3. <i>Tenzometr na pádle</i>	13
2.2. TENZOMETRIE VE VYBRANÝCH VODNÍCH SPORTECH A SOUVISEJÍCÍ VÝKONOVÉ ASPEKTY	14
2.3. PŘÍMÝ ZÁBĚR	19
2.3.1. <i>Fáze přímého záběru na slalomové singlekanoi:</i>	19
2.3.2. <i>Přímý přehmatový záběr</i>	20
3. CÍLE, ÚKOLY A VÝZKUMNÉ OTÁZKY PRÁCE	21
4. METODIKA PRÁCE	22
4.1. POUŽITÉ METODY MĚŘENÍ A PŘÍSTROJE	22
4.1.1. <i>Příprava tenzometru a dalších pomůcek</i>	23
4.1.2. <i>Příprava na videozáznam</i>	25
4.1.3. <i>Analýza dat</i>	29
5. VÝSLEDKY	30
5.2. PROBAND 1.....	30
5.2.1. <i>Přímý záběr na dominantní straně</i>	31
5.2.2. <i>Přímý záběr v přehmatu</i>	32
5.2.3. <i>Přímý záběr na nedominantní straně</i>	33
5.3. PROBAND 2.....	33
5.3.1. <i>Přímý záběr na dominantní straně</i>	35
5.3.2. <i>Přímý záběr v přehmatu</i>	36
5.3.3. <i>Přímý záběr na nedominantní straně</i>	36
5.4. PROBAND 3.....	37
5.4.1. <i>Přímý záběr na dominantní straně</i>	39
5.4.2. <i>Přímý záběr v přehmatu</i>	40
5.4.3. <i>Přímý záběr na nedominantní straně</i>	40
5.5. PROBAND 4.....	41
5.5.1. <i>Přímý záběr na dominantní straně</i>	43
5.5.2. <i>Přímý záběr v přehmatu</i>	43
5.5.3. <i>Přímý záběr na nedominantní straně</i>	44
6. DISKUZE	45
7. ZÁVĚR	49
POUŽITÁ LITERATURA	51
INTERNETOVÉ ZDROJE	54
ZDROJE OBRÁZKŮ	54
SEZNAM OBRÁZKŮ	54
PŘÍLOHY	55

Použité značky a jednotky

Tab. 1 Značky a jednotky

ZNAČKA	VELIČINA	JEDNOTKA
l	délka	m
d	průměr	m
W	šířka	m
R	elektrický odpor	Ω
A	Obsah	m ²
T	Teplota	°C
E	Youngův modul pružnosti v tahu	N.m ⁻²
ε	relativní deformace	m
ν	Poissonovo číslo	-
α	součinitel tvaru	-
σ	napětí	N.m ⁻²
ρ	měrný odpor materiálu vodiče	$\Omega.m^{-1}$
k	součinitel deformační citlivosti konstantanu	-
F	síla	N
ε_{pod}	Deformace v podélném směru	m
$\varepsilon_{př}$	Deformace v příčném směru	m
α_R	Roztažnost materiálu vinutí tenzometru	K ⁻¹
α_K	Roztažnost materiálu tělíska senzoru	K ⁻¹
α_c	Teplotní součinitel délkové roztažnosti součásti	K ⁻¹
α_m	Teplotní součinitel délkové roztažnosti mřížky	K ⁻¹
α_R	Teplotní součinitel elektrického odporu	K ⁻¹
k_t	Deformační součinitel tenzometru ve směru příčném	-
σ_{max}	Maximální napětí	N.m ⁻²
σ_{nom}	Nominální napětí	N.m ⁻²

1. ÚVOD

Vodní slalom na divoké vodě je disciplína kanoistiky a je také součástí programu letních Olympijských her. Jde o velmi atraktivní vodní sport, ve kterém je cílem sportovce v lodi (kánoi nebo kajaku) projet vytyčenou trať, zpravidla v peřejích různé obtížnosti, v co nejkratším čase. Závodní trať tvoří jednotlivé branky, které jsou zavěšeny nad vodou a musí se projet ve správném směru a pořadí. Délka trati bývá kolem 250-350 metrů a branek může být podle pravidel od 18 do 25. V závislosti na průběhu jízdy a výkonnostní úrovni závodníka se doba trvání závodního výkonu pohybuje mezi 90 – 120 sekundami (Nibali et al., 2011). V nejrychlejší kategorii kajakářů na nejvyšší úrovni někdy i jen kolem 80 vteřin. Jde tedy o sport, kde rozhodují desetiny a někdy i setiny vteřiny.

Jde o relativně mladý sport, první závod se uspořádal v roce 1933 na řece Aare ve Švýcarsku a první MS se konalo v roce 1949 v Ženevě (Bílý et al., 2001). Na letní Olympiádě byl vodní slalom zatím celkem 9 krát. Za tuto poměrně krátkou dobu ale prošel již několika zásadními změnami. Na jednu stranu se stále vyvíjí znění pravidel a druhou „větví“ je vývoj materiálu. Zde je asi nejvíc patrný progres použitých materiálů, technologií při výrobě a tvary slalomové lodě, kdy aktuální závodní modely jsou o tolik dál, že prakticky nikdo ze světové špičky nejedí na modelu starším než jen pár sezon a tento trend je patrný už dlouhodobě. I když jde vývoj i v tomto sportu kupředu, doposud se analýzou techniky na vědecké úrovni zabývá pouze omezené množství publikací. Přitom v přípravě reprezentantů nejen v seniorské kategorii se už dávno hledají a vylepšují různé detaily, aby se posunul výkon sportovce o nějakou tu desetinu vpřed. V posledních letech narůstají realizační týmy, ať už národních reprezentací, nebo i jednotlivců. Přibyli fyzioterapeuti, kondiční trenéři, sportovní psychologové a výživoví poradci. Technika jako taková ale dál zůstává většinou na odborném oku osobních trenérů. Daleko dál je v tomto ohledu například veslování nebo rychlostní kanoistika, kde pomocí tenzometrie řeší realizační týmy reprezentací složení posádek, nebo se hledají nedostatky v technice záběru každého sportovce individuálně.

Toto téma jsem si vybral proto, že jsem byl aktivním závodníkem a reprezentantem ČR ve vodním slalomu a tento sport je mi tak velmi blízký. Závodil jsem v kategorii C1, proto jsem zvolil měření účinnosti záběru právě na singlkanoi. Věřím, že tato práce by mohla být

přínosem pro trenéry a jejich svěřence ve zdokonalení techniky jízdy ve slalomové singlkanoi.

2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

2.1. Co je to tenzometrie

V naší práci pracujeme s daty a grafy z tenzometrických snímačů. Přijde nám proto vhodné alespoň v kostce osvětlit pojem tenzometrie, aby si případný čtenář mohl udělat základní obrázek o principu, na jakém tenzometry pracují.

Veškeré snímače, zařízení a přístroje, které slouží pro měření deformací v bodě nebo jeho okolí, se označují jako tenzometry. Všechny tenzometry pracují na základě snímání poměrných nebo absolutních prodloužení. Složky napětí zjišťujeme nepřímo, nejčastěji z poměrného prodloužení ε nebo zkosu γ , dále to lze i z posuvů u , v , w ve všech směrech zvoleného souřadného systému x , y , z . Dle vztahů mezi napětím a deformací lze ze změřených hodnot deformace určit napjatost v jakémkoliv místě. (Valenta, 2002)

Robert Hooke jako první objevil v roce 1676 závislost mezi napětím materiálu a výslednou deformací, kterou roku 1807 popsal Thomas Young. Deformace, která se v anglickém jazyce a v odborných kruzích nazývá „strain“ se objevuje na povrchu objektu a je tak přístupná pro měření a je známa jako Hookův zákon. (Řezníček, 2014)

Tenzometr je elektrotechnická součástka, která měří mechanické napětí na povrchu jiné součástky. Můžeme ho definovat také jako snímač, jehož odpor se mění dle působící síly. Převádí sílu, tlak, pnutí, hmotnost apod. na změnu elektrického odporu, který pak může být změřen. (Hošek, 2014) Když vnější síly začnou působit na statické těleso, výsledkem jsou pnutí a deformační síla. Pnutí je definováno jako výslednicí vnitřních působících sil a tlaku. Deformační síla je definována při posunu a deformaci. (Omega – tenzometry, 2015) Tenzometr je jeden z nejdůležitějších prvků moderní techniky k měření mechanických veličin. Technický termín pnutí (povrchové napětí) obsahuje jak tahovou tak i tlakovou složku a rozdělují se na pozitivní a negativní. Proto jsou tenzometry využívány pro snímání expanze i kontrakce. Deformace daného tělesa jsou vždy způsobeny nějakými vnějšími vlivy (popř. vnitřním působením). Deformační napětí bývá často způsobeno silami, tlaky,

momenty, teplem a strukturálními změnami v materiálu. V experimentální silové analýze, která počítá s celkovými hodnotami deformačního napětí, je nutné dodržet určité podmínky. Poté se dá využít tato analýza pro měření deformační síly přímo na povrchu zkušebního materiálu a také určit bezpečnost a dobu trvání. (Omega – tenzometry, 2015) Mechanické napětí nelze měřit přímo, a proto se přepočítává ze změřené deformace. K tomu je nutná znalost modulu pružnosti zkoumaného materiálu, při analýze plošné napjatosti také jeho Poissonova konstanta. Přepočet deformace na mechanické napětí se v praxi obvykle děje analogově, nastavením konstantního zesílení měřícího zesilovače, takže uvedené skutečnosti nejsou příliš zjevné. Přístroje navenek udávají mechanické napětí, po překročení meze úměrnosti tedy jen fiktivní. Princip funkce tenzometru lze jednoduše vysvětlit, že vlivem zatížení se materiál deformuje a jeho výsledná deformace se projevuje i na povrchu materiálu (obr. 1). Tato změna se přenáší na tenzometr, který mění svůj odpor, jenž je lineárně úměrný prodloužení na povrchu materiálu.

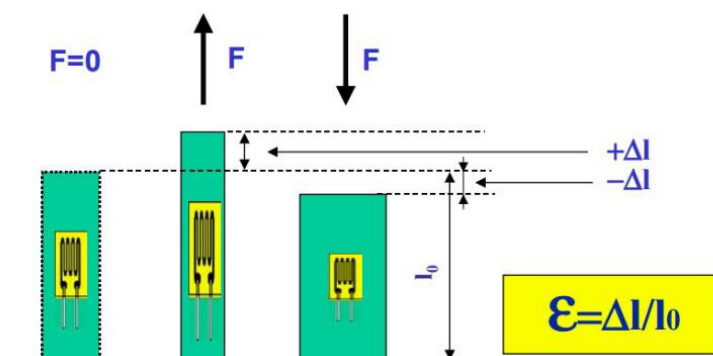
Při měření poměrných prodloužení používáme vodič, který zaznamenává deformaci povrchu součásti, na které je připevněn. Odporové tenzometry pracují na základě změny elektrického odporu, tzn., že ze snímaných změn odporu jsou následně vyhodnoceny deformace testovaného vzorku. V oblasti pružné deformace platí Hookův zákon, kde:

σ ... normálové napětí [$\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$]

E ... Youngův modul pružnosti v tahu [$\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$]

ε ... relativní (poměrná) deformace [-]

Způsob relativní deformace je zobrazen na obr.1



Obrázek 1: Princip tenzometru – zdroj (hbm.cz)

2.1.1. Rozdělení odporových tenzometrů

Odporové tenzometry dělíme dle materiálu na kovové a polovodičové. Kovové tenzometry pak dále dělíme na drátkové, fóliové a vrstvé. Přehledné dělení viz obr.2



Obrázek 2: Dělení odporových tenzometrů (Varinský, 2018)

Pro měření jsme v naší práci využili kovový jednoosý tenzometr fóliový, který jsme připevnili na žerd' pádel testovaných osob. Zvolili jsme tento tenzometr pro jeho velikost a snadnou aplikaci.

Fóliové tenzometry

Jde o druh kovových tenzometrů, které jsou v současné době nejpoužívanějším typem odporových tenzometrů. Je to dáno kvalitní výrobní technologií, která umožňuje dosažení stejných, ne-li lepších vlastností, než mají ostatní typy tenzometrů. Jejich měřicí mřížka je vyrobena z folie o tloušťce pouhých 5 μ m a je připevněna na podložku lepidlem. Podložka bývá nejčastěji z polyamidu, nebo to jsou skelnými vlákny vyztužené fenolové filmy, které mají tloušťku opět jen kolem 20 μ m. Životnost fóliových tenzometrů se uvádí přes 10 milionů cyklů. (Varinský, 2018)



Obrázek 3: Zobrazení fóliového tenzometru (hbm.cz)

2.1.2 Matematicko – fyzikální princip chování tenzometru

Pro lepší pochopení, na jakém principu vlastně tenzometry fungují, si pomocí rovnic vyjádříme jejich fyzikální podstatu.

Vycházíme z předpokladů elektrotechniky – definujeme si odpor vodiče

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad \rho = \rho(T)$$

respektive když $\rho = \text{konst.}$,

$$dR = \rho \cdot d\left(\frac{l}{A}\right) = \rho \cdot \frac{dlA - ldA}{A^2} \text{ a diferenciály nahradíme diferencemi, tedy}$$

$$\Delta R = \rho \cdot \frac{\Delta l \cdot l \Delta A}{A^2}$$

a z pružnosti a pevnosti, konkrétně z Poissonova zákona

$$\varepsilon_{pr} = -\nu \cdot \varepsilon_{pod}$$

Poté tedy platí, že:

$$\Delta l = \varepsilon_{pod} \cdot l,$$

$$\Delta a = -\nu \cdot \varepsilon_{pod} \cdot a,$$

$$\Delta b = -\nu \cdot \varepsilon_{pod} \cdot b.$$

Po matematickém propojení těchto fyzikálních vztahů a následných úpravách dostáváme následující rovnice.

$$\Delta A = -\nu \cdot \varepsilon_{pod} \cdot a \cdot b + a \cdot (-\nu \cdot \varepsilon_{pod} \cdot b) = -2 \cdot \nu \cdot \varepsilon_{pod} \cdot A.$$

Tento vztah nám vyjadřuje změnu průřezu s použitím Poissonova zákona. Pakliže tento vztah dosadíme do rovnice pro změnu odporu, dostáváme vztah následující:

$$\Delta R = \rho \cdot \frac{l}{A} \cdot \varepsilon_{pod} \cdot (1 + 2 \cdot \nu)$$

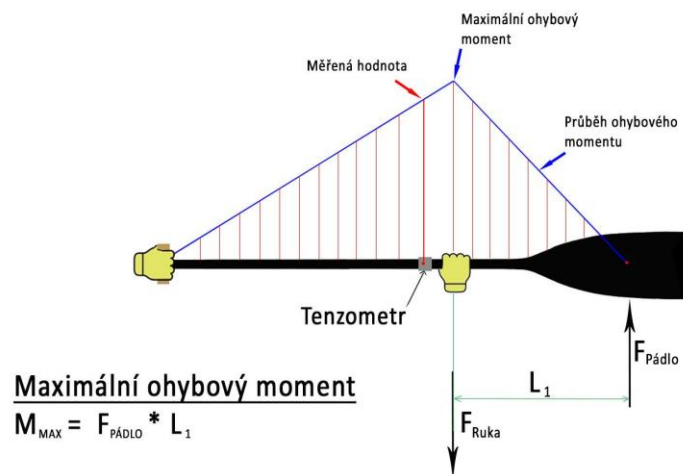
Po zavedení poměrné změny odporu jako změny odporu ΔR ku původnímu odporu R dostáváme vztah

$$\frac{\Delta R}{R} = \varepsilon_{pod} \cdot (1 + 2 \cdot \nu)$$

kde $(1 + 2 \cdot \nu)$ zavedeme jako veličinu k , která se obecně nazývá k -faktor tenzometru. Tato veličina nám říká, jak se chová vinutí tenzometru v odezvě na deformaci ve směru vinutí. Obecně je hodnota k -faktoru dodávána k jednotlivým tenzometrům od výrobce. (Varinský, 2018)

2.1.3. Tenzometr na pádle

V našem případě jsme tenzometrický senzor připevnili na žerď kanoistického pádla. Z obrázku je patrné, že senzor je umístěný nad spodní rukou kanoisty a není přesně v místě s nejvyšší hodnotou deformace pádla, neboli v místě maximálního ohybového momentu (M_{max}). Ta se nachází v místě úchopu spodní ruky. Umístění tenzometru přímo do místa maximálního ohybového momentu by ale vzhledem k nepřírozenosti úchopu pádla nebylo vhodné. Zároveň není nutné pro prováděné měření měřit přímo maximální hodnotu, neboť tu lze dopočítat z podobnosti trojúhelníků díky lineárnímu průběhu ohybového momentu.



Obrázek 4: umístění tenzometru na pádle

2.2. Tenzometrie ve vybraných vodních sportech a související výkonové aspekty

Snaha maximalizovat výkon pomocí moderních technologií je dnes ve sportu, ale nejen v něm již naprostým standardem. Vědecké výzkumy a nejmodernější tréninkové postupy spojené s technologickým pokrokem jsou jedním z klíčových faktorů zlepšujících výkon sportovce v průběhu tréninkového procesu. Baca (2015) popisuje analýzu výkonnosti jako objektivní způsob zaznamenávání a interpretace sportovního výkonu pomocí nejnovějších technologií, aby bylo možné kvantifikovat klíčové prvky validním a konzistentním způsobem. Tyto znalosti se pak využívají ke zvýšení výkonu sportovce a efektivnímu rozhodování v plánování tréninkového procesu. Pro výzkum jako takový je zásadní sběr dat a jejich následná analýza. Dnes je možné už na amatérské úrovni měřit pohybovou aktivitu díky snadno dostupným technologiím široké veřejnosti. Pro posouvání hranic a zlepšení závodního výkonu v profesionálním sportu je ale zapotřebí detailnějšího výzkumu. Čím kvalitněji můžeme měřit výkonnost, tím lépe a rychleji se můžeme dostat ke stanovenému cíli (Lehnert, 2010).

Jedním z diagnostických nástrojů používaných pro analýzu v kanoistice nebo i ve veslování je právě tenzometrie. Díky tenzometrii můžeme získat cenná data o deformaci a chování materiálu pádel, vesel, ale i lodí při používání v různých situacích v tréninku, nebo v závodě. To nám může pomoci při vývoji použitých materiálů a technologií na výrobu nových typů lodí a zejména závodních speciálů. Pro zdokonalení techniky a posunutí samotného výkonu sportovce dostaneme také data o použité síle závodníka a fyzikálních jevů, které to způsobí v různých fázích každého použitého záběru. Jde o často využívanou metodu diagnostiky zejména v rychlostní kanoistice (např. Szanto, 2014; Mononen & Viitasalo, 1995; Gomes et al., 2015). Tenzometrie slouží v rychlostní kanoistice například k výběru ideálního složení posádky do čtyřkajaku, kde je sehranost týmu klíčová. Podle výsledků měření se také snadněji určuje, kdo by měl na kterém postu ideálně pádlovat. Například český olympijský čtyřkajak na hry v Londýně 2012, který získal bronzovou medaili, byl poskládán právě i díky tenzometrickému měření. (www.idnes.cz) Tímto způsobem se také může zkoumat účinnost záběrové techniky jednotlivce, což může pozitivně ovlivnit výkonnost sportovce. Jde o metodu, kterou dle Procházky (2016) vynalezl polák Ing., Mgr. Zbigniew Staniak, působící v institutu sportu ve Varšavě. Jeho metoda je založena na sbírání a zpracování dat získaných z tenzometrů a akcelerometrů umístěných na těle sportovce, pádle a také na lodi. Z akcelerometru umístěného na bedrech testované osoby vycházejí data o pohybu v oblasti

pánve a boku. Tenzometr umístěný na pádle snímá prohnutí žerdi pádla a dává tak informace o vynaložené síle jednotlivých záběrů. Další akcelerometr umístěný v lodi přináší data o pohybu lodi.

Český svaz kanoistů se Zbigniewem Staniakem spolupracuje dlouhodobě na testování našich reprezentantů jeho metodou. Speciální tenzometrické měření využívají k odhalení rezerv v technice pádlování. V roce 2015 například testoval Staniak 14 našich reprezentantů různými kombinacemi deblkajaků s následným doporučením vhodnosti jednotlivých variant a náš aktuálně nejlepší kajakář Josef Dostál využil měření k posouzení, který model lodi zvolit jako nejoptimálnější pro jeho techniku (www.kanoe.cz).

Jacob S. Michael, Kieron B. Rooney & Richard M. Smith (2012) zkoumali pomocí tenzometrie na 10 elitních kajakářích, pádlujících na kajakářském trenažeru, klíčové biomechanické determinanty během pádlování maximálním úsilím. Analýza zahrnovala změření efektivnosti záběru levé i pravé strany v celém průběhu jednotlivých záběrů. Změřili sílu jednotlivých záběrů i jejich časování. Tenzometrická čidla měli připojená na konci každé strany pádla kajakářského trenažeru a data přenášeli do 3D modelu analýzy pohybu. Výsledky ukázaly signifikantně vyšší mechanickou účinnost při pravém záběru pádla ve srovnání s levým ($P < 0,025$). Navíc při analýze vlivu časování záběru maximální síla na pádle prokázala významné snížení při srovnání začátku se středem a konce simulovaného závodu ($P < 0,025$). Vyšetření jednotlivých silových profilů odhalilo značnou individualitu s výraznými odchylkami v časovém průběhu aplikace síly. Výsledky studie Bakera (1998) ukázaly, že při frekvenci přibližně 100 záběrů za minutu bylo pádlo ve vodě po dobu 0,47 s (což odpovídá 70 % doby záběru) a vytvořilo maximální sílu 375 N.

Procházka (2016) se věnoval teoretickému rozboru pádlování na C1, svalovou prací v průběhu kanoistického záběru a jeho diagnostikou. Součástí práce je videodokument s rozбором jízdy na rychlostní kanoi. Ve videodokumentu je i ukázka stylů v té době aktuální světové špičky.

Sobíšek (2023) využil tenzometrii a video analýzu k porovnání účinnosti záběru rychlostních kajakářů v kategorii K1 a K2. Zjišťoval odlišnosti vybraných hodnot mezi záběrem na singl kajaku a debl kajaku. V práci dospěl k závěrům, že rozdíl doby trvání záběru u testovaných osob mezi K1 a K2 byl statisticky nevýznamný u posádek s preferovaným sezením. U opačného sezení byl rozdíl 7% a 8%, což už považuje jako rozdíl významný. V práci navíc

dospěl v měření k podobným výsledkům jako Gomesová (2015) a zjistil také, že úhel při maximální síle může mít vliv na čas dosažení maximální síly od začátku záběru.

Ve veslování najdeme také zajímavé studie zabývající se diagnostikou techniky záběrů, analýzou průběhu jednoho záběrového cyklu a další komparativní studie zaměřené na posunutí pokroku v technice nebo vývoji použitých materiálů. Ze zahraničních studií například Bettinelli et al. (2010) používali k měření akcelerometry, které byly umístěné na veslech a také na trupu lodi. Měřili pohyb loď, záběr vesla pod vodou a jednotlivé výkony porovnávali mezi sebou. James et al. (2005) ve své práci používali akcelerometr a také GPS lokátor pro zjištění přesné pozice lodi. Cílem práce bylo přenést měření veslařů a jejich výkonů z laboratoře do tréninkových podmínek. Zaoral (2016) zkoumal využitelnost akcelerometru pro trénink ve veslování. Pomocí 3-osého akcelerometru analyzoval veslařské zátahy při různých frekvencích jízdy na starém i novém typu lodi. Zjistil, že s celkovou dobou zátahu na staré lodi i nové lodi nejvíce koreluje čtvrtá mikrofáze, méně potom druhá mikrofáze. Největší rozdíly v času se objevovaly u čtvrté mikrofáze, nicméně v závěrech konstatuje, že rozdíl mezi starou a novou lodí není nijak signifikantní a že celkové zrychlení obou typů lodí je téměř totožné. Potvrzuje však, že využití akcelerometrie v tréninku veslařů má své opodstatnění a nesporné výhody. Zbořilová (2013) ve své práci použila podobně jako my k analýze pohybu videozáznamů. Zabývala se metodou povrchové elektromyografie, synchronizované s videozáznamem a analyzovala průběh pohybu v rámci jednoho cyklu veslařského tempa. Zbořilová (2017) zkoumala podobnost, či rozdílnost při veslování na lodi a na trenažeru. Nesledovala tak křivky změn deformace materiálu, ale svalovou práci při veslařském zátahu a při výzkumu používala videozáznam a akcelerometr. Podobným tématem, tedy rozdílností veslování na vodě a na pádlovacím trenažeru se například zabývali autoři Kleshnev (2005) a Marcolin et al. (2015). Ti v analýze používali i tenzometrických čidel, která umístili na list vesla.

Ve vodním slalomu je využití tenzometrie doposud spíše výjimkou (Wakeling, 2022). Výzkum Wakelinga (2022) přitom naznačuje, že ve vodním slalomu může být tenzometrie velmi užitečná. Zejména v kategorii C1, ve které je v posledních letech neustále řešeno, zda je výhodnější a rychlejší technika přehazování nebo přehmatového záběru. Podle Tildena et al. (2021) je přehazování častěji využíváno v ženské kategorii C1. Příčinou častějšího přehazování ženami je pravděpodobně vysoká silová a technická náročnost přehmatového záběru, jehož síla je determinována zejména mohutnou kontrakcí prsního svalstva na straně

záběru (Kračmar et al., 2016). Ve světové špičce kategorie C1 mužů se s přehazováním stále setkáváme pouze omezeně, ačkoli v posledních letech jejich počet mírně narůstá. V naší práci jsme se rozhodli zabývat detailněji i tímto způsobem techniky jízdy na C1 v mužské kategorii.

Wakeling et al. (2021) ve své výzkumné práci dospěl k závěrům, že přehazování vede k pomalejšímu času v závodech, více přehazování čas v závodě dále prodlužuje a že dosažený čas v závodě může být dalším způsobem negativně ovlivněn pravolevou svalovou a silovou asymetrií. Wakeling (2022) v rámci své přednášky na ECSS konferenci v Seville 2022 uvedl, že přehmatový záběr je pouze tak silný, jako je silný záběr na ruku. Nicméně dále uvádí, že pouze velmi dobře trénovaní singlkanoisté mají přehmatový záběr podobně silný jako záběr na své ruce. Wakeling (2022) uvedl také, že přehazování je pravděpodobně výhodou jen v případě, kdy je delší sekvence branek výrazně výhodnější na jednu či druhou stranu. Výzkum Baláše et al. (2020) v podstatě potvrzuje, že přehmatový záběr společně s přehmatovým točením a zejména kombinace přehmatového záběru ihned po přehmatovém točení je nejvýznamnější základní technickou dovedností ve vodním slalomu. Závodníci využívající techniku přehazování by ji podle Wakelinga (2022) měli racionalizovat tak, aby samotná závodní jízda obsahovala přehození co možná nejméně. Samotné přehazování je koordinačně náročné a zvyšuje pravděpodobnost chyby. Přehazování je výhodné také pro závodníky, kteří při přehmatovém záběru nedokáží generovat dostatečnou sílu.

Náš výzkum vychází také z práce J. Sperlicha a J. Klaucka (1992), kteří využili tenzometr k měření deformace na listu pádla a také akcelerometr, který byl připevněn k lodi a zaznamenával zrychlení. Zkoumané osoby stejně jako v našem případě mohli při výzkumu použít vlastní pádlo, protože byl snímač tenzometru poměrně malý a snadno odnímatelný. Předešli tak adaptačním potížím během procesu měření.

Rohan (1991) ve své práci napsal, že nároky na úroveň techniky ve vodním slalomu jsou tak vysoké a neustále se přetvářející, že to, co bylo napsáno nebo řečeno pět let nazpátek už nemusí zcela platit. Bylo to v době, kdy se vodní slalom opět vracel do olympijského programu po 20 leté pauze, i proto šel vývoj techniky i sportovního materiálu strmě nahoru. Také Bílý (2002) a Busta (2020) hovoří o neustálém vývoji techniky a materiálu. Rohan (1991) provedl deskripci současné techniky pádlování na slalomové singlekanoi a také vyhodnocoval zatížení pádla při jednotlivých záběrech pomocí tenzometrie a výstupem jeho práce je i videodokument o pojetí současné techniky jízdy na slalomové C1. Rohan společně s Bílým publikovali v ročence vodního slalomu článek s názvem Dokonalý přímý záběr (1992),

v němž se, jak už z názvu vyplývá, zabývali optimálním a efektivním provedením přímého záběru na slalomové singlekanoi. O optimální technice a způsobu jízdy na divoké vodě také píše Bílý (2002) ve své rigorózní práci.

Wakeling společně s Bustou na jaře 2022 prováděli tenzometrické vyšetření kategorie C1 v Roudnici nad Labem. Kromě samotné síly záběru měřili i rychlost lodi a její akceleraci. Vše natáčeli tak, aby následně mohli vyhodnotit každý jednotlivý záběr. Sledovali, jakým způsobem se síla záběru projevuje ve zrychlení lodi, k jakým ztrátám rychlosti mezi jednotlivými záběrovými impulsy dochází apod. Výzkum bude teprve publikován ve speciálním čísle věnovaného vodnímu slalomu prestižního vědeckého časopisu *Frontiers in Physiology*. Podobný výzkum byl uskutečněn v rychlostní kanoistice např. Sandersem & Kendalem (1992) nebo Gomesovou et al. (2020), podle kterých se nejvýznamněji na rychlosti lodi podílí záběrová frekvence. Zatímco Wakeling s kolegy používali při výzkumu jediné pádlo novozélandské výroby se zabudovaným tenzometrem, Gomesová ve svém příspěvku *Kayaking paddle stroke performance* na ECSS konferenci v Seville 2022 apelovala na to, aby tenzometrie byla prováděna vždy s takovým pádlem, na který je závodník zvyklý. V případě, že tomu tak není, jsou výsledky podle Gomesové značně zkreslené. Zajímavý byl i další závěr Gomesové, a to, že větší list pádla nemusí vést automaticky k vyšší generované síle – zejména v ženských kategoriích tomu může být naopak (slabší výsledný impuls).

Další studie, která využívá tenzometru pro svůj výzkum v rámci vodního slalomu je od autorů Macdermid, P.W. a T. Olazabal (2022) Obsahem jejich práce byla studie, které se zúčastnilo 12 výkonostních kajakářů ze Španělska a autoři posuzovali vztah mezi frekvencí záběrů, jejich délkou a samotným výkonem v simulovaném závodě na divoké vodě. Tenzometry měli umístěné na žerdi kajakářského pádla.

Busta (2019) ve své dizertační práci sledoval korelace mezi somatickými a kondičními parametry s výkonností elitních singlekakanoistů. Nejvyšší hodnoty korelace byly zjištěny u 40m sprintů s přehmatovou otočkou, což potvrzuje zjištění Baláše et al. (2020) i Wakelinga (2022) o vynikajících parametrech přehmatového záběru u elitních závodníků. Jinými slovy, s rostoucí výkonností závodníka roste kvalita jeho přehmatového záběru a naopak.

Vondra (2016) zjišťoval vztah vybraných specifických pohybových schopností s výkonností elitních závodníků na C1ve vodním slalomu. Pro výzkum použil modifikovanou testovou baterii, jejímž obsahem byla jízda na 40,80 a 200m s povinnými otočkami v průběhu jízdy. Získaná data porovnával s dosaženým umístěním v nominačních závodech a také v celkovém

pořadí seriálu Českého poháru v sezoně 2015. Výsledky jeho výzkumu potvrdily jednu ze dvou hypotéz a to statisticky významný vztah mezi testovou baterií na 40 a 80m a výkonností závodníků. U 200m testu se hypotéza nepotvrdila.

Vašina (2019) shrnul dosavadní dostupné studie (české i zahraniční) zabývající se biomechanikou pádlování, aby vytvořil teoretický základ pro budoucí výzkum účinnosti a působení sil listu kajakářského pádla. Macdermid et al. (2020) se zabývali analýzou kajakářského záběru při závodě ve vodním slalomu power-metrem, který byl umístěn v žerdi pádla. Zjistili například, že se závodní výkon skládá daleko více ze záběrů korigujících směr nebo přímo točících záběrů, než ze záběrů přímých. Toto zjištění potvrdil i Buchtel (2018) ve své diplomové práci.

2.3. Přímý záběr

V naší práci provádíme deskripci přímého záběru vpřed (na dominantní i nedominantní straně) a přímého záběru vpřed v přehmatu. Jedná se o základní záběry, které pohání loď vpřed a udržují její stabilitu a rychlost. Na záběru vpřed se podílí celá řada svalů a to postupně ve třech fázích.

Je důležité si připomenout jednotlivé fáze kanoistického přímého záběru, jelikož právě s tímto fázováním dále v měření pracujeme.

2.3.1. Fáze přímého záběru na slalomové singlekanoi:

a) Zasazení

Při zasazení se dolní paže pohybuje nesilově, uvolněně dozadu a rychle dolů. Pohyb paže dolů je způsoben inhibicí předních deltových svalů. Zasazení je plynulé, hladké a rychlé. Nedochozí při něm k „utržení“ vody, které je charakteristické „cáknutím“ a víry kolem listu pádla.

b) Tažení

Při tažné fázi záběru je žerď téměř kolmá k hladině. Záběrová fáze je prováděna v těsné blízkosti boku lodi. To minimalizuje přetáčení lodi. Přestože se snažíme o „kolmost“ záběru, horní paže není křečovitě tlačena výrazně přes vertikální středovou osu trupu (to se projevuje zkroucením závodníka a úklonem hlavy na stranu pádlování).

c) **Vytažení a přenos**

Po ukončení záběru nastává vytažení listu pádla z vody plynulým obloukem, kdy obě paže mají pokrčené lokty. Pádlo je z vody vytaženo vedle těžiště závodníka. Těsně před vytažením pádla z vody dochází k prudkému poklesu záběrového úsilí (tahu) a vytažení pádla směrem nahoru a dopředu. Horní paže se v této chvíli nachází v rovině ramenního kloubu.

(Zpracováno dle Busty, 2020, Endicotta, 1980, Bílého et al., 2001 a Rohana, 1991).

2.3.2. Přímý přehmatový záběr

Záběr v přehmatu je proveden plynule, podél lodi. V konci záběrové fáze před vytažením se záběrová plocha listu natáčí k boku lodi, vytažení je následně provedeno vnitřní hranou listu směrem vpřed. Jedná se o technicky i silově náročný záběr, který vyžaduje vysokou úroveň specifické koordinace, síly a silové vytrvalosti. (Busta, 2020)

3. CÍLE, ÚKOLY A VÝZKUMNÉ OTÁZKY PRÁCE

Cíle práce:

- Deskripce fyzikálních charakteristik přímého záběru na C1 u vybraných elitních vodních slalomářů při jízdě na klidné vodě.

Úkoly práce:

- Pomocí tenzometrie získat měřitelná data u vybraných záběrů na C1
- Provést deskripci naměřených dat
- Porovnat charakteristiky přímého záběru vpřed na dominantní, nedominantní (technika přehazování) stranu a přehmatový záběr vpřed.
- Vytvořit videozáznam z terénního měření a promítnout do něj grafy s daty z tenzometru.

Výzkumná otázka:

Lze pomocí tenzometrického vyšetření s video analýzou provést deskripci fyzikálních charakteristik přímého záběru na slalomové singlekanoi?

4. METODIKA PRÁCE

Design studie

Předkládaná výzkumná práce lze charakterizovat jako observační studie deskriptivního a komparativního charakteru při kvantitativní výzkumné strategii. Jejím cílem byla deskripce fyzikálních charakteristik přímého záběru na C1 u vybraných elitních vodních slalomářů při jízdě na divoké vodě. Prostřednictvím tenzometrie kombinované s videoanalýzou byly zjišťovány základní fyzikální charakteristiky (síla, zrychlení, moment síly) přímého záběru v časoprostoru u 4 elitních českých singlekanoistů. I přes omezenost výzkumného souboru jsme se pokusili o zjištění vztahu mezi těmito charakteristikami a rychlostí lodi (resp. výsledným časem u sprintu na 40 metrů). Popisujeme difference mezi jednotlivými členy RD, které považujeme za velmi užitečné. Sběr dat byl proveden Českým svazem kanoistů, z. s. na jaře roku 2021, který Fakultě tělesné výchovy a sportu poskytl data pro další analýzu formou závěrečné (diplomové) práce. Z tohoto důvodu nepřikládáme v příloze 1 souhlas etické komise, ale souhlas Českého svazu kanoistů, z. s. o poskytnutí dat Fakultě tělesné výchovy a sportu za účelem vzniku této diplomové práce.

Výzkumný soubor

Výzkumný soubor práce byl tvořen 4 elitními českými singlekanoisty, kteří byli v letech 2020-2022 členy reprezentačního družstva České republiky. Výběr výzkumného souboru byl záměrný – podmínkou pro zařazení do výzkumného souboru bylo právě zařazení v reprezentačním družstvu ČR (včetně B týmu). Věkový průměr probandů byl 26 let \pm 6 let.

4.1. Použité metody měření a přístroje

Na jaře 2021 jsme provedli měření účinnosti vybraných záběrů na hladké vodě v pražské Troji nad umělou slalomovou dráhou pro Český svaz kanoistů, z.s. Klidnou vodu jsme vybrali záměrně, aby okolní prostředí ovlivňovalo měření co možná nejméně. Stanovili jsme úsek, který každá testovaná osoba absolvuje. Pro snazší orientaci měřených osob jsme pro měřený úsek vybrali vzdálenost mezi kovovými sloupy, které slouží pro brankový systém. Sloupy jsou umístěny přímo ve vodě a jsou dobře vidět pro testované i testujícího. Start jsme nechali

letný a měřený úsek měřil 40 metrů. Před instalací tenzometru a další měřicí techniky, jsme testované osoby seznámili s obsahem měření i celé práce, která bude z tohoto měření vycházet.

4.1.1. Příprava tenzometru a dalších pomůcek

Pro měření byly použity validní přístroje, které se běžně využívají ve strojním a stavebním průmyslu. Použili jsme jednoosý fóliový tenzometr od firmy OMEGA. Snímač tenzometru byl připevněn objímkou na žerdi pádla těsně nad úchopem spodní ruky kanoisty. Objímka se utahovala dvěma šrouby na těle objímky na pevno k žerdi. Objímka byla vyrobená na zakázku, aby dobře seděla na průměr žerdi kanoistického pádla. Martin Kucián měřil již v minulosti pomocí tenzometrie kajakáře a kanoisty v rychlostní kanoistice a proto disponoval pro naše účely potřebným vybavením. Od pádla vedl z objímky s tenzometrickými čidly tenký drát pod špicdeku do měřicí stanice V-LINK-200 od firmy LORD Microstrain.



Obrázek 5: Měřicí stanice V-Link-200 (microstrain.com)

Měřicí stanice byla napevno umístěna v lodi ve vodotěsném obalu před kolena kanoisty. Připevněna byla samolepící páskou, držela velmi dobře a sportovce nijak neomezovala v běžném pohybu. Na přední palubu jsme testovaným kanoistům připevnili také samolepící vodotěsnou páskou akcelerometr LORD Microstrain G-Link-200.



Obrázek 6: Akcelerometr LORD-G-link (lisab.se)

Umístěn byl záměrně blíž límci kanoe, z důvodů ochrany před sražením při manipulaci s pádlem při přehazování nebo při záběru v přesahu. V tomto případě ale příliš na přesné poloze akcelerometru nezáleželo. Důležité bylo, že byl přilepen pevně na jedno místo a pak už se s ním nemanipulovalo. Ještě před nasednutím měřených kanoistů do lodi jsme museli kalibrovat tenzometr na pádlo. To jsme provedli na připravených stojanech pomocí 10kg kotouče. Pádlo leželo žerdí na stojanu ve stejném místě, jako má testovaná osoba úchop a bylo drženo za hlavičku tak, aby se nepřevážilo a v okamžiku kalibrace vůbec nehýbalo.



Obrázek 7: Kalibrace pádla pomocí závaží

Závaží jsme zavěsili pomocí popruhu s háčkem na střed listu, který byl záběrovou plochou směrem nahoru. Bylo to z důvodů simulace ohybu, jako při záběru na vodě. Počkali jsme až do úplného klidu visícího závaží, aby nebyly výsledky zkreslené, jelikož i drobné kývání znamená velké rozdíly v naměřených hodnotách tenzometru.



Obrázek 8: Akcelerometr umístěný na palubě kanoe



Obrázek 9: Fixace měřicí jednotky v kanoi

Před samotným zahájením měření se pomocí softwaru Sensor Connect od Lord Microstrain synchronizovali jednotlivé měřicí body (akcelerometry a tenzometry) a po předání všech instrukcí, zahřátí a několika minutách rozpádlování testovaných kanoistů se zahájilo měření. Pro pořízení videozáznamu jsme použili kameru Sony HDR-CX405, snímkování 50/s. Synchronizace kamery a tenzometrického měření probíhalo na počítači až po terénním měření. Čas sledovaného 40 m úseku jsme měřili na ručních stopkách.

Instrukce pro měřené osoby byly:

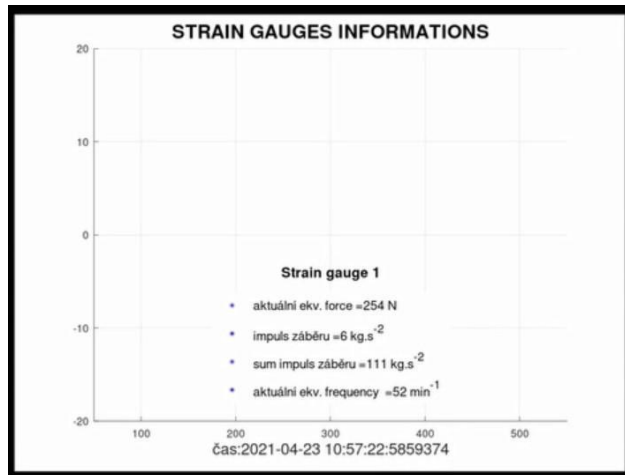
- Absolvovat dvakrát měřený úsek za co nejkratší čas s využitím záběrů vpřed na dominantní straně a záběry v přesahu, kdykoli budou cítit potřebu jich využít pro optimální výkon.
- Absolvovat dvakrát měřený úsek za co nejkratší čas s využitím záběrů vpřed na obou stranách, neboli přehazovat pádlo z dominantní na nedominantní stranu a naopak. Bylo na sportovcích samotných, jakým stylem a s jakou frekvencí přehazování měřený úsek projedou.

Dosažený čas jednotlivých úseků jsme probandům ihned hlásili, abychom je motivovali k maximálnímu úsilí v každém dalším pokusu. Měření jednotlivých záběrů a jejich fází jsme pro výzkum prováděli až z pořízeného videa.

Mezi jednotlivými úseky měli testované osoby pauzu několik minut, aby zvládnuli opět vyvinout maximální úsilí v každém dalším úseku.

4.1.2. Příprava na videozáznam

Chtěli jsme vytvořit přehledná, vypovídající videa z terénního měření, která by obsahovala veškeré potřebné informace pro námi stanovený cíl práce. Vytvořili jsme pro tyto účely dva grafy, které jsme umístili do pravé části videozáznamu.

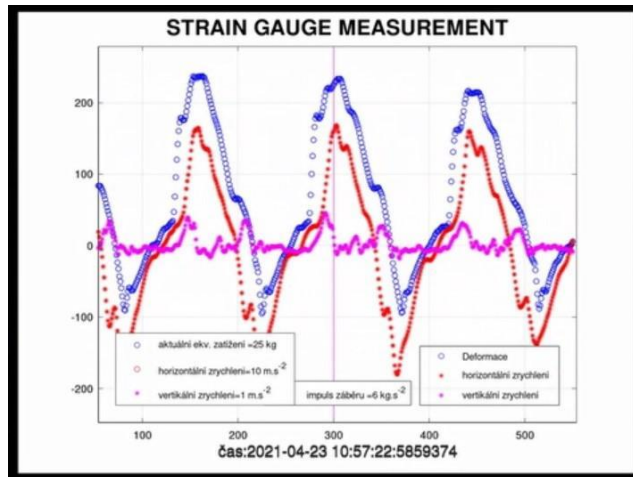


Obrázek 10: informace z tenzometru v „Grafu 1“

Na obrázku 12 je „Graf 1“ použitý ve video příloze. Zobrazuje naměřené hodnoty použitým tenzometrem měnící se v čase. V tomto případě je osa x i osa y v grafu irelevantní, jelikož jsme standartní zobrazení grafu využili pouze, jako světlé pozadí pro přehlednější, rychle se měnící hodnoty. Ve spodním řádku je zobrazen datum a čas měření konkrétního probanda. Následně ve 4 bodech ukazuje graf tyto hodnoty:

- Aktuální Ekv. Force = což je momentální síla vyjádřená v Newtonech, působící na pádlo v místě tenzometrického senzoru (žerď nad spodní rukou kanoisty).
- Impulz záběru = ukazuje nejvyšší hodnotu kilogramů působících na pádlo v daném záběrovém cyklu.
- Sum. Impulz záběru = Sčítá všechny předchozí hodnoty, včetně té aktuální.
- Aktuální ekv. frequency = Informuje o momentální frekvenci záběrů za min.

Druhý graf, který jsme umístili do videa, již ukazuje různé křivky, které jsme odlišili barevně a také jsme do spodní části tohoto grafu umístili tabulky s hodnotami, které jsou pro další práci a analýzu záběrů zásadní. Na ose x je čas vyjádřený časovými body měření. Jednotka měří 256hz tedy 256 bodů za sekundu. Hodnota 256 dole na ose tedy odpovídá jedné sekundě. Na svislé ose y jsou hodnoty poměrné deformace (mikro strain). To je bezrozměrná veličina udávající poměr, o kolik se každá křivka protáhne. Hodnoty na svislé ose tak odpovídají tenzometru.

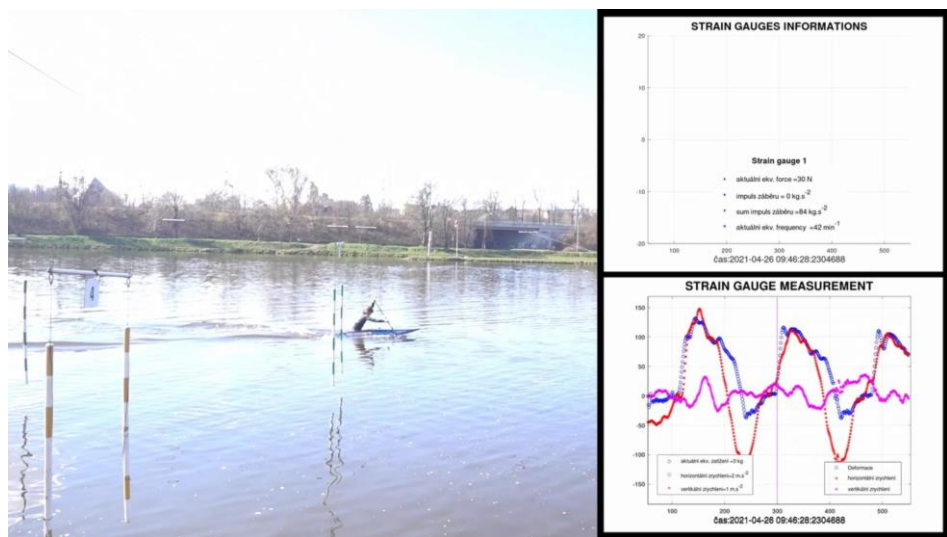


Obrázek 11: informace z tenzometru v „Grafu 2“.

Na obrázku 13 je „Graf 2“ použitý ve video příloze. Zobrazuje jednotlivé křivky, které se mění v čase. Spodní řádek je opět informace o tom, kdy měření konkrétní testované osoby proběhlo. V tabulce vlevo jsou tyto hodnoty:

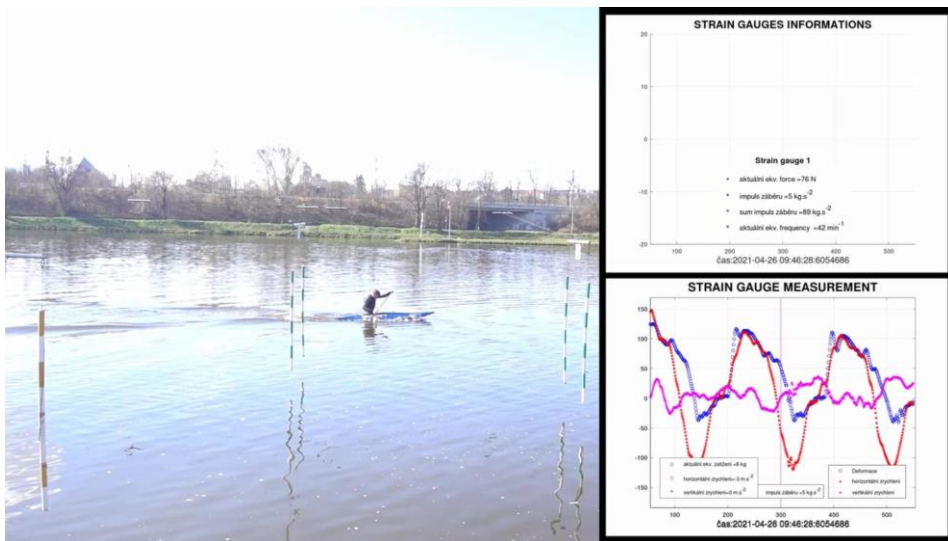
- Aktuální Ekv. Zatížení nám zobrazuje, kg působí v daný moment na pádlo.
- Horizontální zrychlení lodi v daný moment, které je vyjádřeno v $m.s^{-2}$.
- Vertikální zrychlení lodi v daný moment, které je vyjádřeno v $m.s^{-2}$.
- MODRÁ KŘIVKA znázorňuje změny v hodnotách deformace pádla,
- ČERVENÁ KŘIVKA znázorňuje, jak roste anebo klesá horizontální zrychlení lodi.
- FIALOVÁ KŘIVKA znázorňuje, jak roste anebo klesá vertikální zrychlení lodi.

Pro lepší představu o finální podobě videozáznamu z měření přikládáme snímky pořízené přímo z videa.



Obrázek 4: pořízený z videozáznamu v příloze DP

Na obrázku 14 je kanoista ve fázi zasazení pádla do vody na pravé straně. Na grafu je vidět modrá křivka, která znázorňuje zvyšující se hodnotu deformace pádla. Nejvyšší hodnotu deformace a s tím spojenou největší hodnotu použité síly působící na pádlo je vidět v úvodu záběrové fáze a nejvyšší hodnotu horizontálního zrychlení má loď zpravidla ve stejnou chvíli, nebo těsně po ní. Ta je na grafu znázorněna červenou křivkou. V průběhu záběrové fáze klesá hodnota zrychlení i míra deformace pádla.



Obrázek 13: pořízený z videozáznamu v příloze DP

Na obrázku 15 je vidět kanoista při záběru vpřed vpravo na konci záběrové fáze. V grafu je vidět ztlačeně klesající hodnota deformace pádla, kterou znázorňuje modrá křivka. Těsně před tímto bodem začala podobně klesat i míra zrychlení lodě a vzhledem k nastupující fázi přechodu pádla do dalšího záběrového cyklu stoupá hodnota vertikálního zrychlení lodě.

Vertikální zrychlení je znázorněno fialovou křivkou a je vhodné ho udržet na co nejmenší hodnotě, jelikož to způsobuje nežádoucí kývání lodě nahoru a dolů, které loď při jízdě vpřed brzdí.

4.1.3. Analýza dat

U každého probanda jsme analyzovali jednotlivé záběry, které použili ve sledovaném 40m úseku. Počítali jsme, kolik v tomto úseku použili záběrů a rozdělili je na záběry vpřed na dominantní straně, záběry vpřed v přehmatu a záběry vpřed na nedominantní straně. U takto rozdělených záběrů jsme zprůměrovali naměřené hodnoty a vytvořili přehledné tabulky. Změřili jsme délku trvání všech použitých záběrů ve sledovaném úseku od fáze zasazení pádla do fáze ukončení tažení a i tyto data jsme zprůměrovali a dali do tabulky. Zaznamenali jsme všechny hodnoty impulzu záběru u všech použitých záběrů jednotlivých probandů v každé jízdě. Podobně jsme postupovali při zaznamenávání maximálního horizontálního zrychlení, tam jsme hledali nejvyšší dosaženou hodnotu u každého použitého záběru a v tabulce jsme jí zprůměrovali a nazvali jí „Horiz. zrych. PEAK“. Stejně jsme postupovali u hledání hodnoty maximální vynaložené síly, tento řádek jsme nazvali „Ekv. síly, PEAK“, a maximální hodnotu ekvivalentu zatížení, tu jsme nazvali „Ekv. zatížení, PEAK“.

Zkoumali jsme křivku horizontálního zrychlení, křivku deformace pádla a křivku vertikálního zrychlení v průběhu záběrové fáze každého záběru u každého probanda a dle expertního posouzení jsme vybrali tři nejúčinnější záběry v jednotlivých variantách záběrů (přímý na dominantní straně, přehmatový záběr, přímý záběr na nedominantní straně). Při analýze záběrů na dominantní straně jsme pracovali se všemi záběry, které probandi použili pouze ve sledovaném 40m úseku v jízdě s povoleným pouze přehmatovým záběrem (kdykoli k tomu budou cítit potřebu ho použít). Nepočítali jsme tedy do statistiky záběrů na dominantní straně záběry v jízdách s přehazováním. Přehmatové záběry jsme zahrnuly všechny ty, které probandi použili ve všech jízdách ve sledovaném úseku. Záběry na nedominantní straně jsme započítaly všechny ty, které použili ve sledovaném úseku v jízdách s povoleným přehazováním.

Z nashromážděných dat jsme vytvořili přehledné výsledky, které zmiňujeme v následující kapitole.

5. VÝSLEDKY

5.2. Proband 1

V tabulce 1 jsou průměrné hodnoty všech záběrů použitých ve sledovaném 40m úseku v každé jízdě. Proband 1 je dominantně pravoruký kanoista, který využívá přehazování i v závodech.

Jízda	Proband 1	průměr	Čas úseku
Vpřed s přehmatem A	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	6,17 ± 0,64	14,12 s
	Ekv. síly, PEAK (N)	275 ± 17,3	
	Ekv. zatížení, PEAK (Kg)	27,58 ± 1,41	
	Horiz. zrych. PEAK (m.s ⁻²)	9,29 ± 1,23	
	Doba trv. záběru (s)	0,28 ± 0,03	
Vpřed s přehmatem B	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	5,86 ± 0,71	13,98 s
	Ekv. síly, PEAK (N)	266 ± 19,1	
	Ekv. zatížení, PEAK (Kg)	26,68 ± 1,84	
	Horiz. zrych. PEAK (m.s ⁻²)	9,27 ± 1,61	
	Doba trv. záběru (s)	0,29 ± 0,03	
Vpřed s přehozením A	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	6,29 ± 1,74	15,48 s
	Ekv. síly, PEAK (N)	257 ± 50,1	
	Ekv. zatížení, PEAK (Kg)	25,67 ± 5,1	
	Horiz. zrych. PEAK (m.s ⁻²)	7 ± 1,7	
	Doba trv. záběru (s)	0,31 ± 0,04	
Vpřed s přehozením B	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	6,86 ± 1,62	14,67 s
	Ekv. síly, PEAK (N)	284 ± 31,3	
	Ekv. zatížení, PEAK (Kg)	28,48 ± 3,08	
	Horiz. zrych. PEAK (m.s ⁻²)	9,43 ± 1,5	
	Doba trv. záběru (s)	0,32 ± 0,05	

Tabulka 1. Průměrné hodnoty všech záběrů v jízdě

V jízdě „A“ s přehmatovými záběry dosáhl času 14,12 s. Celkem ve sledovaném 40m úseku použil 24 záběrů s průměrnou dobou trvání záběru 0,28 ± 0,03 s. V této jízdě použil 4 záběry vpřed v přehmatu.

V jízdě „B“ s přehmatovými záběry dosáhl času 13,98 s a byla to rychlejší jízda. Celkem ve sledovaném 40m úseku použil 22 záběrů s průměrnou dobou trvání záběru 0,29 ± 0,03 s. V této jízdě použil 3 záběry vpřed v přehmatu.

V jízdě „A“ s přehazováním proband 1 dosáhl času 15,48 s. Celkem ve sledovaném 40 m úseku použil 21 záběrů, z toho 11 záběrů na nedominantní straně. Průměrná doba trvání záběru byla $0,31 \pm 0,04$ s. První přehození trvalo od začátku fáze vytažení do fáze zasazení 0,77 s, druhé přehození zpět na dominantní stranu trvalo 0,82 s. Proband si přehodil v této jízdě celkem 3x a do cíle tak dojel na nedominantní straně. Poslední přehození trvalo 0,81 s.

V jízdě „B“ s přehazováním dosáhl času 14,67 s a byl to rychlejší pokus. Celkem ve sledovaném 40 m úseku použil 21, z toho 10 záběrů na nedominantní straně. Průměrná doba trvání záběru byla $0,32 \pm 0,05$ s. První přehození trvalo od začátku fáze vytažení do fáze zasazení 0,92 s, druhé přehození zpět na dominantní stranu trvalo 0,81 s. Proband si přehodil v této jízdě celkem 3x a do cíle dojel na nedominantní straně. Poslední přehození trvalo 0,92 s.

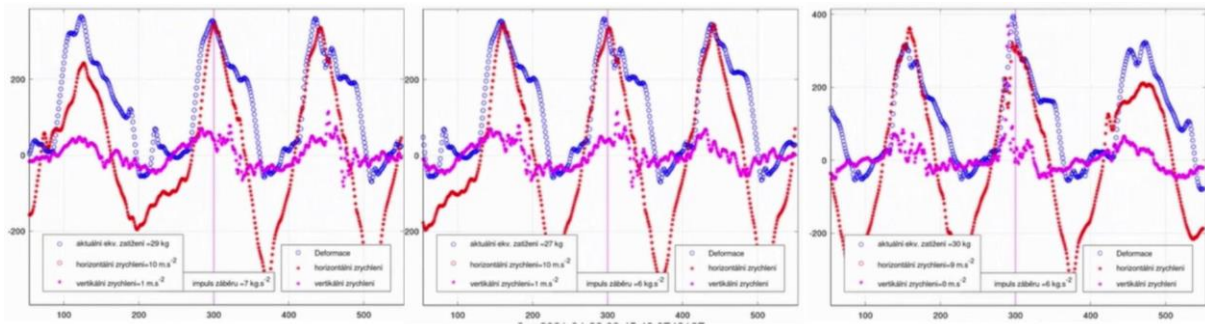
V tabulce 2, která přehledně zobrazuje průměrné hodnoty všech použitých variant přímého záběru, vidíme u probanda 1, že jeho přímý záběr vpřed dosahuje průměrně nižších hodnot výsledného impulzu záběru, než jeho záběr v přehmatu. U záběru v přehmatu je impulz záběru průměrně nižších hodnot, než u záběru vpřed na nedominantní straně.

Proband 1	Záběry domin. strana	záběry v přehmatu	Záběry nedom. strana
Impulz záběru ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$)	$5,85 \pm 0,59$	$7,00 \pm 0$	$7,19 \pm 2,06$
Ekv. síly, PEAK (N)	$270 \pm 17,2$	$271 \pm 20,9$	$272 \pm 60,8$
Ekv. zatížení, PEAK (Kg)	$27,18 \pm 1,64$	$27,00 \pm 2,00$	$27,14 \pm 6,14$
Horiz. zrych. PEAK ($\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$)	$9,74 \pm 0,91$	$6,71 \pm 0,76$	$7,10 \pm 1,89$
Doba trv. záběru (s)	$0,28 \pm 0,03$	$0,32 \pm 0,02$	$0,32 \pm 0,05$

Tabulka 2. Průměrné hodnoty záběrů odděleně

5.2.1. Přímý záběr na dominantní straně

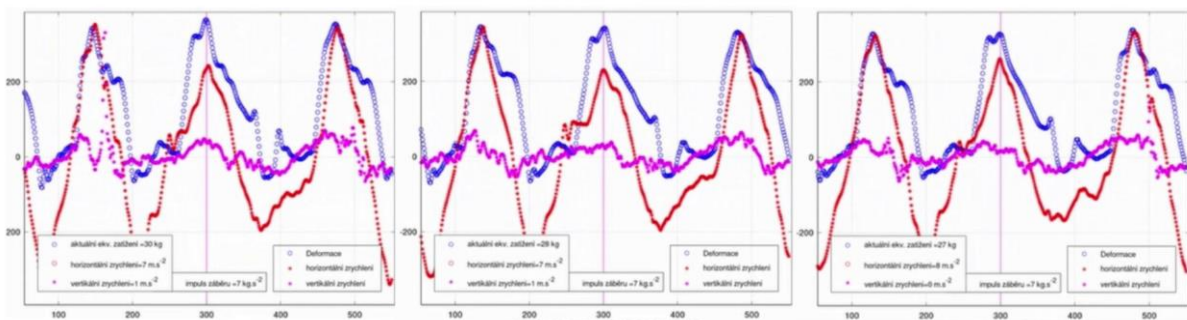
Tento proband použil v jízdách s povoleným přehmatem „A“ i „B“ celkem 39 záběrů na dominantní (pravé) straně. Tyto záběry měl s poměrně krátkou dobou trvání záběrové fáze. Průměrně trval jeho záběr pouze $0,28 \pm 0,03$ s. Na obrázku 16 můžeme vidět, že červená křivka znázorňující růst nebo klesání horizontálního zrychlení po prudkém nárůstu také velmi rychle klesá. Jeho výsledný impulz záběru dosáhl průměrně hodnoty $5,85 \pm 0,59 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-2}$ a maximální síla na pádle byla průměrně $270 \pm 17,2$ N. Jeho maximální horizontální zrychlení přímých záběrů na dominantní straně mělo průměrnou hodnotu $9,74 \pm 0,91 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.



Obrázek 5: Křivky z tenzometru u probanda 1 (záběry na dom.straně)

5.2.2. Přímý záběr v přehmatu

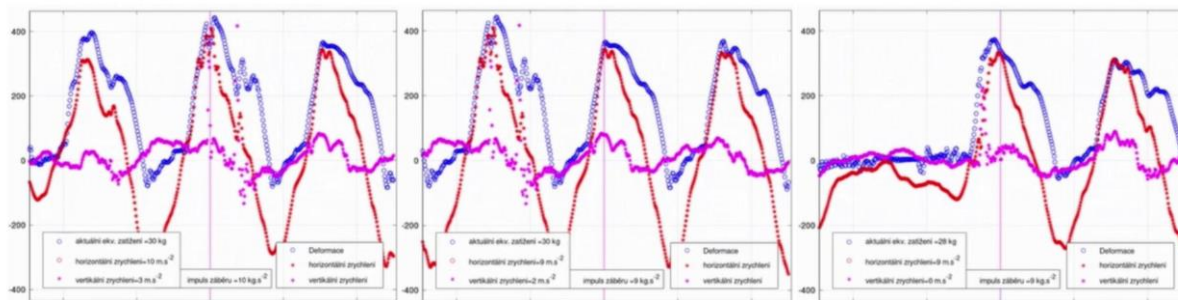
Přímých záběrů v přehmatu použil proband celkem 7 a průměrná doba těchto záběrů byla $0,32 \pm 0,02$ s. Na obrázku 17 jsou tři záběry v přehmatu probanda, které dosahovaly nejvyšších hodnot. Červená křivka horizontálního zrychlení nestoupá lineárně s modrou křivkou, jako tomu bylo v případě přímého záběru na dominantní straně. Znamená to, že účinnost přehmatového záběru bude pravděpodobně nižší, jelikož proband vynaloženou sílu nepřevěděl do dostatečného horizontálního zrychlení. Jeho maximální horizontální zrychlení záběrů v přehmatu má průměrnou hodnotu $6,71 \pm 0,76 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Jeho výsledný impuls záběru dosáhl průměrně hodnoty $7 \pm 0 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-2}$ a síla na pádle u záběrů v přehmatu byla průměrně $271 \pm 20,9 \text{ N}$.



Obrázek 6: Křivky z tenzometru u probanda 1 (přehmatové záběry)

5.2.3. Přímý záběr na nedominantní straně

Proband 1 použil celkem 21 záběrů na nedominantní (levé) straně v jízdě s povoleným přehazováním „A“ i „B“. Přímé záběry na nedominantní straně měl proband 1 s delší dobou trvání záběrové fáze, než u záběrů na dominantní straně. Průměrně trval záběr $0,32 \pm 0,05$ s.



Obrázek 7: Křivky z tenzometru u probanda 1 (záběry na nedom.straně)

Na obrázku 18 můžeme vidět, že červená křivka v grafu znázorňující růst nebo klesání hodnoty horizontálního zrychlení stoupá souběžně s modrou křivkou a dosahuje vrcholu zhruba v podobných hodnotách. Jeho maximální horizontální zrychlení mělo průměrnou hodnotu $7,10 \pm 1,89$ m.s⁻². Jeho výsledný impuls záběru na nedominantní straně dosáhl průměrně hodnoty $7,19 \pm 2,06$ kg.s⁻² a síla na pádlo byla průměrně $272 \pm 60,8$ N. Je nutné dodat, že proband 1 vzhledem ke svému stylu rychlého, frekvenčního pádlování s kratší dráhou tažné fáze záběru nestíhal ve dvou případech optimálně chytit pádlo a první záběr po přehození měl velmi slabý s vysoce podprůměrnými hodnotami. I tak průměrné hodnoty nedominantních přímých záběrů byly vyšší než průměrné hodnoty záběrů v přehmatu.

5.3. Proband 2

V tabulce 3 jsou průměrné hodnoty všech záběrů použitých ve sledovaném 40 m úseku v každé jízdě. Proband 2 je dominantně pravoruký kanoista, který běžně nevyužívá přehazování v závodech.

Jízda	Proband 2	Průměr	Čas úseku
Vpřed s přehmatem A	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	5,07 ± 0,38	15,37 s
	Ekv. síly, PEAK (N)	251 ± 11,9	
	Ekv. zatížení, PEAK (Kg)	25,18 ± 1,22	
	Horiz. zrych. PEAK (m.s ⁻²)	13,36 ± 2,33	
	Doba trv. záběru (s)	0,28 ± 0,04	
Vpřed s přehmatem B	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	4,97 ± 0,27	15,21 s
	Ekv. síly, PEAK (N)	258 ± 13,1	
	Ekv. zatížení, PEAK (Kg)	25,86 ± 1,27	
	Horiz. zrych. PEAK (m.s ⁻²)	14,07 ± 1,87	
	Doba trv. záběru (s)	0,25 ± 0,02	
Vpřed s přehozením A	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	5,04 ± 0,62	15,95 s
	Ekv. síly, PEAK (N)	242 ± 18,8	
	Ekv. zatížení, PEAK (Kg)	24,25 ± 1,87	
	Horiz. zrych. PEAK (m.s ⁻²)	11,00 ± 1,96	
	Doba trv. záběru (s)	0,28 ± 0,03	
Vpřed s přehozením B	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	5,38 ± 0,82	16,17 s
	Ekv. síly, PEAK (N)	247 ± 27,1	
	Ekv. zatížení, PEAK (Kg)	24,67 ± 2,76	
	Horiz. zrych. PEAK (m.s ⁻²)	11,46 ± 1,61	
	Doba trv. záběru (s)	0,28 ± 0,02	

Tabulka 6. Průměrné hodnoty všech záběrů v jízdě

V jízdě „A“ s přehmatovými záběry dosáhl času 15,37 s. Celkem ve sledovaném 40m úseku použil 28 záběrů s průměrnou dobou trvání záběru $0,28 \pm 0,04$ s. V této jízdě použil 2 záběry vpřed v přehmatu.

V jízdě „B“ s přehmatovými záběry dosáhl času 15,21 s a byla to rychlejší jízda. Celkem ve sledovaném 40 m úseku použil 29 záběrů s průměrnou dobou trvání záběru $0,25 \pm 0,02$ s. V této jízdě použil pouze 1 záběr vpřed v přehmatu.

V jízdě „A“ s přehazováním proband 1 dosáhl času 15,95 s a byla to rychlejší jízda. Celkem ve sledovaném 40 m úseku použil 24 záběrů, z toho 11 na nedominantní straně. Průměrná doba trvání záběru byla $0,28 \pm 0,03$ s. První přehození trvalo od začátku fáze vytažení do fáze zasazení 1,21 s, druhé přehození zpět na dominantní stranu trvalo 1,08 s. Proband si přehodil v této jízdě celkem 3x a do cíle tak dojel na nedominantní straně. Poslední přehození trvalo 1,01 s.

V jízdě „B“ s přehazováním dosáhl času 16,17 s. Celkem ve sledovaném 40 m úseku použil 24 záběrů, z toho 11 na nedominantní straně. Průměrná doba trvání záběru byla $0,28 \pm 0,02$ s. První přehození trvalo od začátku fáze vytažení do fáze zasazení 0,98 s, druhé přehození zpět

na dominantní stranu trvalo 1,34 s. Proband si přehodil v této jízdě celkem 3x a do cíle dojel na nedominantní straně. Poslední přehození trvalo 0,96 s.

Proband 2 měl nejméně použitých přehmatových záběrů (3) ve sledovaném 40 m úseku, naopak nejvíce záběrů na dominantní straně celkem (54).

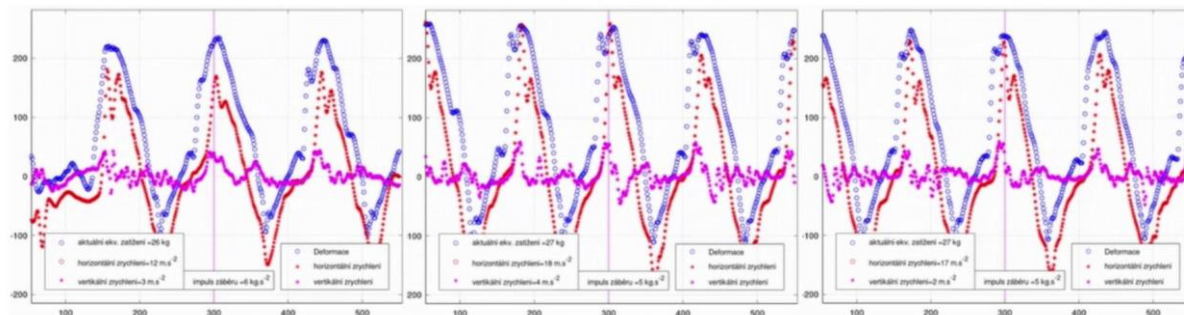
V tabulce 4, která přehledně zobrazuje průměrné hodnoty všech použitých variant přímého záběru, vidíme u probanda 2, že jeho přímý záběr vpřed dosahuje průměrně nižších hodnot výsledného impulzu záběru, než jeho záběr v přehmatu a také záběr na nedominantní straně.

Proband 2	Záběry domin. strana	záběry v přehmatu	Záběry nedom. strana
Impulz záběru (kg.s ⁻²)	4,98 ± 0,31	5,67 ± 0,58	5,14 ± 0,64
Ekv. síly, PEAK (N)	256 ± 11,8	228 ± 6,0	232 ± 15,1
Ekv. zatížení, PEAK (Kg)	25,69 ± 1,15	22,67 ± 0,58	23,18 ± 1,50
Horiz. zrych. PEAK (m.s ⁻²)	14,00 ± 1,79	8,67 ± 0,58	10,41 ± 1,79
Doba trv. záběru (s)	0,26 ± 0,03	0,32 ± 0,05	0,29 ± 0,03

Tabulka 4. Průměrné hodnoty záběrů odděleně

5.3.1. Přímý záběr na dominantní straně

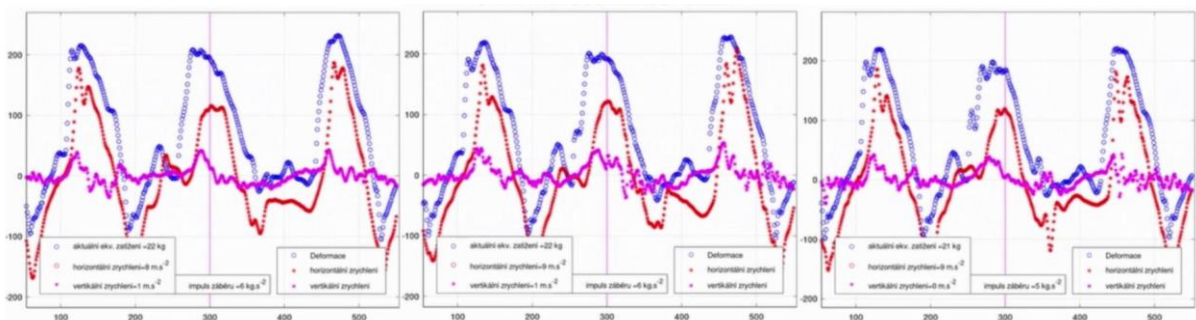
Tento proband použil v jízdách s povoleným přehmatem „A“ i „B“ celkem 54 záběrů na dominantní (pravé) straně. Tyto záběry měl s nejkratší dobou trvání záběrové fáze ze všech testovaných kanoistů. Průměrně trval jeho záběr pouze 0,26 ± 0,03 s. Na obrázku 19 můžeme vidět, že křivka horizontálního zrychlení, i použité síly velmi prudce stoupá, ale také prudce a velmi rychle klesá. Jeho výsledný impulz záběru dosáhl průměrně hodnoty 4,98 ± 0,31 kg.s⁻² a maximální síla na pádle byla průměrně 256 ± 11,8 N. Jeho maximální horizontální zrychlení přímých záběrů na dominantní straně mělo průměrnou hodnotu 14,00 ± 1,79 m.s⁻². To je absolutně nejvyšší naměřená hodnota ze všech testovaných probandů.



Obrázek 8: Křivky z tenzometru u probanda 2 (záběry na dom.straně)

5.3.2. Přímý záběr v přehmatu

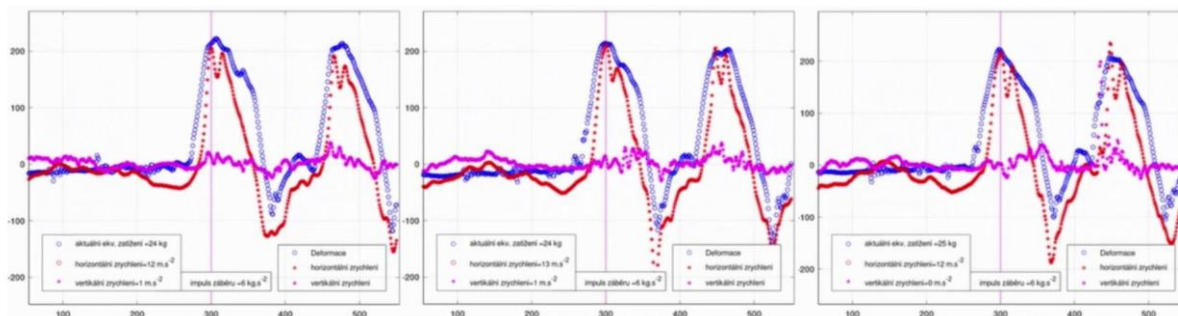
Přímé záběry v přehmatu použil proband celkem pouze 3 a průměrná doba těchto záběrů byla $0,32 \pm 0,05$ s. Na obrázku 20 jsou grafy z tenzometru jeho přehmatových záběrů v momentu nejvyššího horizontálního zrychlení (červená křivka). Je vidět, že křivka nestoupá lineárně s modrou křivkou, jako tomu bylo v případě přímého záběru na dominantní straně. Znamená to, že účinnost přehmatového záběru bude pravděpodobně nižší, jelikož proband vynaloženou sílu nepřevodil do dostatečného horizontálního zrychlení. Ve třetím grafu je dokonce vidět, že maximální hodnoty horizontálního zrychlení dosáhl až téměř u konce tažné fáze záběru. Jeho maximální horizontální zrychlení záběrů v přehmatu mělo průměrnou hodnotu $8,67 \pm 0,58$ $m \cdot s^{-2}$. Jeho výsledný impulz záběru dosáhl průměrně hodnoty $5,67 \pm 0,58$ $kg \cdot s^{-2}$ a síla na pádle u záběrů v přehmatu byla průměrně $228 \pm 6,0$ N.



Obrázek 18: Křivky z tenzometru u probanda 2 (záběry v přehmatu)

5.3.3. Přímý záběr na nedominantní straně

Proband 2 použil celkem 22 záběrů na nedominantní (levé) straně v jízdě s povoleným přehazováním „A“ i „B“. Přímé záběry na nedominantní straně měl s delší dobou trvání záběrové fáze, než u záběrů na dominantní straně. Průměrně trval záběr $0,29 \pm 0,03$ s.



Obrázek 9: Křivky z tenzometru u probanda 2 (záběry na nedom.straně)

Na obrázku 21 můžeme vidět, že červená křivka v grafu znázorňující růst nebo klesání hodnoty horizontálního zrychlení stoupá souběžně s modrou křivkou a dosahuje vrcholu zhruba v podobných hodnotách. Jeho maximální horizontální zrychlení mělo průměrnou hodnotu $10,41 \pm 1,79 \text{ m.s}^{-2}$. Jeho výsledný impuls záběru na nedominantní straně dosáhl průměrně hodnoty $5,14 \pm 0,64 \text{ kg.s}^{-2}$ a síla na pádle byla průměrně $232 \pm 15,1 \text{ N}$. Průměrné hodnoty nedominantních přímých záběrů byly nižší než průměrné hodnoty záběrů v přehmatu u výsledného impulsu síly a průměrné době trvání záběru. Maximální zrychlení měl proband 2 u těchto záběrů naopak vyšší.

5.4. Proband 3

V tabulce 5 jsou průměrné hodnoty všech záběrů použitých ve sledovaném 40 m úseku v každé jízdě. Proband 3 je dominantně pravoruký kanoista, který přehazování v závodech obvykle nepoužívá, ale do tréninku ho již několikrát zařadil.

Jízda	Proband 3	průměr	Čas úseku
Vpřed s přehmatem A	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	4,59 ± 0,63	13,93 s
	Ekv. Síly, PEAK (N)	152 ± 13,5	
	Ekv. Zatížení, PEAK (Kg)	15,18 ± 1,46	
	Horiz. Zrych. PEAK (m.s ⁻²)	5,41 ± 0,90	
	Doba trv. Záběru (s)	0,36 ± 0,02	
Vpřed s přehmatem B	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	5,19 ± 0,40	13,44 s
	Ekv. Síly, PEAK (N)	167 ± 9,8	
	Ekv. Zatížení, PEAK (Kg)	16,81 ± 1,14	
	Horiz. Zrych. PEAK (m.s ⁻²)	5,43 ± 0,67	
	Doba trv. Záběru (s)	0,35 ± 0,01	
Vpřed s přehozením A	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	5,56 ± 0,62	14,81 s
	Ekv. Síly, PEAK (N)	163 ± 9,5	
	Ekv. Zatížení, PEAK (Kg)	16,28 ± 1,13	
	Horiz. Zrych. PEAK (m.s ⁻²)	5,11 ± 1,13	
	Doba trv. Záběru (s)	0,38 ± 0,04	
Vpřed s přehozením B	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	5,53 ± 0,61	14,27 s
	Ekv. Síly, PEAK (N)	164 ± 11,2	
	Ekv. Zatížení, PEAK (Kg)	16,47 ± 1,22	
	Horiz. Zrych. PEAK (m.s ⁻²)	5,32 ± 1,29	
	Doba trv. Záběru (s)	0,37 ± 0,04	

Tabulka 5

V jízdě „A“ s přehmatovými záběry dosáhl času 13,93 s. Celkem ve sledovaném 40 m úseku použil 22 záběrů s průměrnou dobou trvání záběru $0,36 \pm 0,02$ s. V této jízdě použil 2 záběry vpřed v přehmatu.

V jízdě „B“ s přehmatovými záběry dosáhl času 13,44 s a byla to rychlejší jízda. Celkem ve sledovaném 40 m úseku použil 21 záběrů s průměrnou dobou trvání záběru $0,35 \pm 0,01$ s. V této jízdě použil 2 záběry vpřed v přehmatu.

V jízdě „A“ s přehazováním proband 1 dosáhl času 14,81 s. Celkem ve sledovaném 40 m úseku použil 18 záběrů, z toho 9 na nedominantní straně a jednou si omylem zabral na přehmat téměř v závěru jízdy. Průměrná doba trvání záběru byla $0,38 \pm 0,04$ s. První přehození trvalo od začátku fáze vytažení do fáze zasazení 1,22 s, druhé přehození zpět na dominantní stranu trvalo 1,45 s. Proband si přehodil v této jízdě celkem 3x a do cíle tak dojel na nedominantní straně. Poslední přehození trvalo 0,88 s.

V jízdě „B“ s přehazováním dosáhl času 14,27 s. Celkem ve sledovaném 40 m úseku použil 19 záběrů, z toho 11 na nedominantní straně. Průměrná doba trvání záběru byla $0,37 \pm 0,04$ s. První přehození trvalo od začátku fáze vytažení do fáze zasazení 0,95 s, druhé přehození zpět na dominantní stranu trvalo 0,92 s. Proband si přehodil v této jízdě celkem 3x a do cíle dojel

na nedominantní straně. Poslední přehození trvalo 0,79 s. Počet záběrů na nedominantní straně byl v této jízdě vyšší (11:8), než počet záběrů na preferované (dominantní) straně.

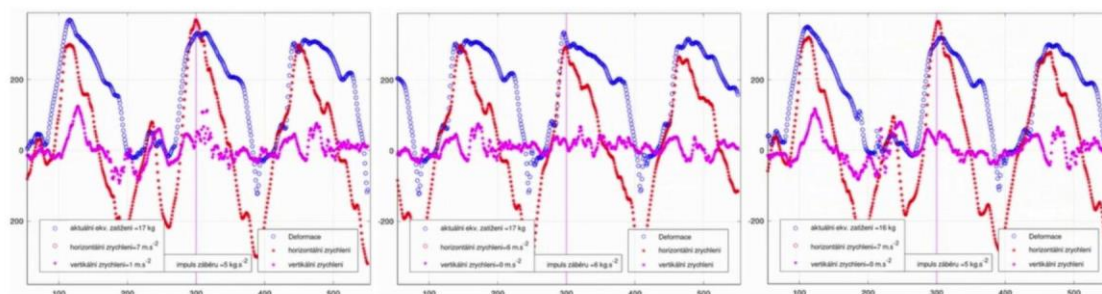
V tabulce 6, která přehledně zobrazuje průměrné hodnoty všech použitých variant přímého záběru, vidíme u probanda 3, že jeho přímý záběr vpřed dosahuje průměrně nižších hodnot výsledného impulzu záběru, než jeho záběr v přehmatu a také záběr na nedominantní straně. Vidíme také, že výsledný impulz záběru má průměrnou nejvyšší hodnotu u záběru na nedominantní straně. Moment síly i nejvyšší průměrnou hodnotu horizontálního zrychlení má naopak záběr v přehmatu.

Proband 3	Záběry domin. Strana	záběry v přehmatu	Záběry nedom. Strana
Impulz záběru (kg.s ⁻²)	4,87 ± 0,77	5,00 ± 0	5,75 ± 0,64
Ekv. Síly, PEAK (N)	157 ± 14,6	183 ± 9,3	158 ± 9,5
Ekv. Zatížení, PEAK (Kg)	15,72 ± 1,59	18,60 ± 1,14	15,85 ± 1,14
Horiz. Zrych. PEAK (m.s ⁻²)	5,36 ± 0,84	5,80 ± 0,84	4,80 ± 0,95
Doba trv. Záběru (s)	0,36 ± 0,02	0,34 ± 0,02	0,39 ± 0,04

Tabulka 6

5.4.1. Přímý záběr na dominantní straně

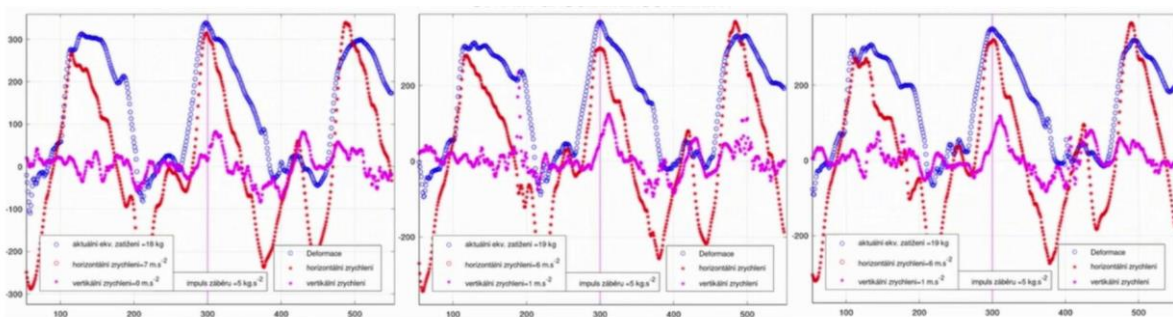
Tento proband použil v jízdách s povoleným přehmatem „A“ i „B“ celkem 39 záběrů na dominantní (pravé) straně. Průměrně trval jeho záběr $0,36 \pm 0,02$ s. Na obrázku 22 můžeme vidět, že červená křivka horizontálního zrychlení ve dvou případech dokonce převyší modrou křivku použité síly. Jeho výsledný impulz záběru dosáhl průměrně hodnoty $4,87 \pm 0,77$ kg.s⁻² a maximální síla na pádle byla průměrně $157 \pm 14,6$ N. Proband 3 měl tyto hodnoty vůbec nejnižší ze všech testovaných kanoistů. Jeho maximální horizontální zrychlení přímých záběrů na dominantní straně mělo průměrnou hodnotu $5,36 \pm 0,84$ m.s⁻².



Obrázek 20: Křivky z tenzometru u probanda 3 (záběry na dom.straně)

5.4.2. Přímý záběr v přehmatu

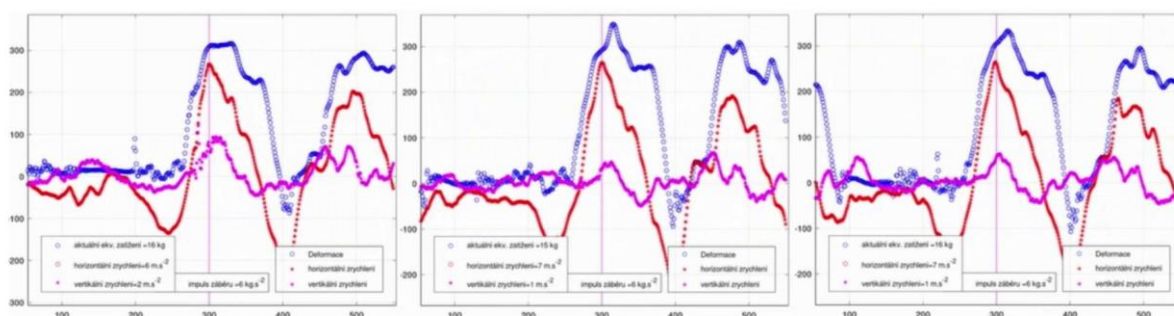
Přímých záběrů v přehmatu použil proband celkem 5 a průměrná doba těchto záběrů byla $0,34 \pm 0,02$ s. Na obrázku 23 jsou grafy z tenzometru jeho přehmatových záběrů v momentu nejvyššího horizontálního zrychlení (červená křivka). U tohoto probanda stoupá červená křivka relativně lineárně s modrou a maximálního horizontálního zrychlení dosahuje na začátku tažné fáze záběru, jako tomu zpravidla bývá u záběrů na dominantní straně. Jeho maximální horizontální zrychlení záběrů v přehmatu mělo průměrnou hodnotu $5,80 \pm 0,84$ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. Jeho výsledný impulz záběru dosáhl průměrně hodnoty $5,00 \pm 0$ $\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$ a síla na pádle u záběrů v přehmatu byla průměrně $183 \pm 9,3$ N.



Obrázek 10: Křivky z tenzometru u probanda 3 (záběry v přehmatu)

5.4.3. Přímý záběr na nedominantní straně

Proband 3 použil celkem 20 záběrů na nedominantní (levé) straně v jízdě s povoleným přehazováním „A“ i „B“. Přímé záběry na nedominantní straně měl s delší dobou trvání záběrové fáze, než u záběrů na dominantní straně nebo záběrů v přehmatu. Průměrně trval záběr $0,39 \pm 0,04$ s. Na obrázku 24 máme tři grafy nejučinnějších záběrů na nedominantní straně probanda 3. Jeho maximální horizontální zrychlení mělo průměrnou hodnotu $4,8 \pm 0,95$ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. Jeho výsledný impulz záběru na nedominantní straně dosáhl průměrně hodnoty $5,75 \pm 0,64$ $\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$ a síla na pádle byla průměrně $158 \pm 9,5$ N. Průměrné hodnoty nedominantních přímých záběrů byly vyšší než průměrné hodnoty záběrů v přehmatu i záběrů na dominantní straně u výsledného impulzu síly a průměrné době trvání záběru. Maximální zrychlení měl proband 3 u těchto záběrů naopak nižší.



Obrázek 11: Křivky z tenzometru u probanda 3 (záběry na nedom.straně)

5.5. Proband 4

V tabulce 7 jsou průměrné hodnoty všech záběrů použitých ve sledovaném 40 m úseku v každé jízdě. Proband 4 je dominantně levoruký kanoista, který využívá přehazování i v závodech.

Jízda	Proband 4	Průměr	Čas úseku
Vpřed s přehmatem A	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	6,25 ± 0,64	14,38 s
	Ekv. síly, PEAK (N)	194 ± 13,0	
	Ekv. zatížení, PEAK (Kg)	19,40 ± 1,35	
	Horiz. zrych. PEAK (m.s ⁻²)	5,85 ± 1,09	
	Doba trv. záběru (s)	0,45 ± 0,06	
Vpřed s přehmatem B	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	5,95 ± 0,76	14,47 s
	Ekv. síly, PEAK (N)	188 ± 16,2	
	Ekv. zatížení, PEAK (Kg)	18,95 ± 1,64	
	Horiz. zrych. PEAK (m.s ⁻²)	5,90 ± 1,29	
	Doba trv. záběru (s)	0,43 ± 0,05	
Vpřed s přehozením A	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	5,53 ± 0,61	15,02 s
	Ekv. síly, PEAK (N)	176 ± 12,7	
	Ekv. zatížení, PEAK (Kg)	17,74 ± 1,37	
	Horiz. zrych. PEAK (m.s ⁻²)	5,47 ± 1,02	
	Doba trv. záběru (s)	0,42 ± 0,04	
Vpřed s přehozením B	Impulz záběru (kg.s ⁻²)	5,37 ± 0,76	15,15 s
	Ekv. síly, PEAK (N)	171 ± 15,2	
	Ekv. zatížení, PEAK (Kg)	17,16 ± 1,64	
	Horiz. zrych. PEAK (m.s ⁻²)	5,32 ± 0,75	
	Doba trv. záběru (s)	0,42 ± 0,05	

Tabulka 7: Přehled průměrných hodnot, proband 4

V jízdě „A“ s přehmatovými záběry dosáhl času 14,38 s a byl to rychlejší pokus. Celkem ve sledovaném 40 m úseku použil 20 záběrů s průměrnou dobou trvání záběru 0,45 ± 0,06 s. V této jízdě použil 3 záběry vpřed v přehmatu.

V jízdě „B“ s přehmatovými záběry dosáhl času 14,47 s. Celkem ve sledovaném 40 m úseku použil 20 záběrů s průměrnou dobou trvání záběru $0,43s \pm 0,05$. V této jízdě použil 3 záběry vpřed v přehmatu.

V obou dvou jízdách použil proband 4 celkem 3 přehmatové záběry v každé jízdě. Je zajímavé, že záběry v přehmatu byly ze všech použitých záběrů ve sledovaném úseku průměrně účinnější, než záběry vpřed na dominantní straně.

V jízdě „A“ s přehazováním proband 4 dosáhl času 15,02 s a byl to rychlejší pokus. Celkem ve sledovaném 40 m úseku použila 19 záběrů, z toho 5 na nedominantní straně. Průměrná doba trvání záběru byla $0,42 \pm 0,04$ s. První přehození trvalo od začátku fáze vytažení do fáze zasazení 0,86 s, druhé přehození zpět na dominantní stranu trvalo 1,27 s.

V jízdě „B“ s přehazováním dosáhl času 15,15 s. Celkem ve sledovaném 40 m úseku použil 19 záběrů, z toho 7 na nedominantní straně. Průměrná doba trvání záběru byla $0,42 \pm 0,05$ s. První přehození trvalo od začátku fáze vytažení do fáze zasazení 0,85 s, druhé přehození zpět na dominantní stranu trvalo 1,29 s.

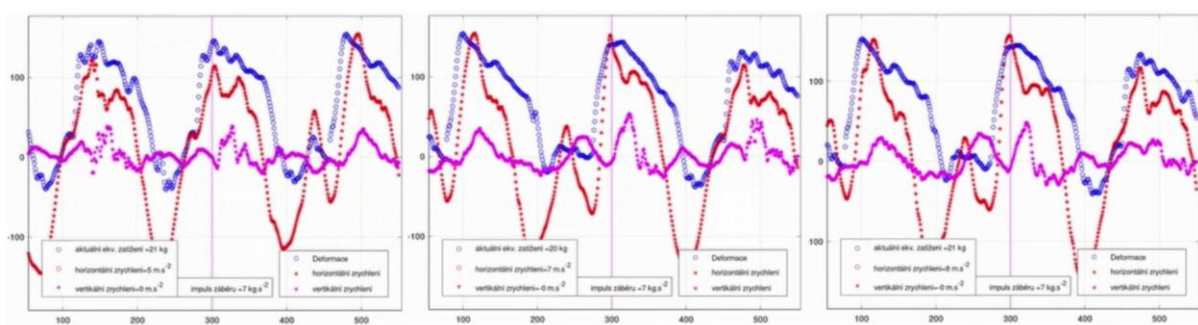
V tabulce 8, která přehledně zobrazuje průměrné hodnoty všech použitých variant přímého záběru, vidíme u probanda 4 nejvyšší průměrné hodnoty bez výjimky u přehmatového záběru. Naměřené zprůměrované hodnoty jsou druhé nejnižší z hlediska použité síly na pádle, avšak jeho průměrná doba trvání záběru je ze všech testovaných kanoistů absolutně nejvyšších hodnot.

Proband 4	Záběry domin. strana	záběry v přehmatu	Záběry nedom. strana
Impulz záběru (kg.s ⁻²)	5,94 ± 0,65	7,0 ± 0,0	5,0 ± 0,43
Ekv. Síly - PEAK (N)	187 ± 11,7	211 ± 11,6	162 ± 11,8
Ekv. Zatížení - PEAK (Kg)	18,76 ± 1,21	21,14 ± 1,07	16,08 ± 1,17
Horiz. Zrych - PEAK (m.s ⁻²)	5,53 ± 0,90	7,71 ± 0,49	5,58 ± 0,70
Doba trv. záběru (s)	0,44 ± 0,06	0,44 ± 0,04	0,39 ± 0,02

Tabulka 8: Průměrné hodnoty všech použitých záběrů probanda 4

5.5.1. Přímý záběr na dominantní straně

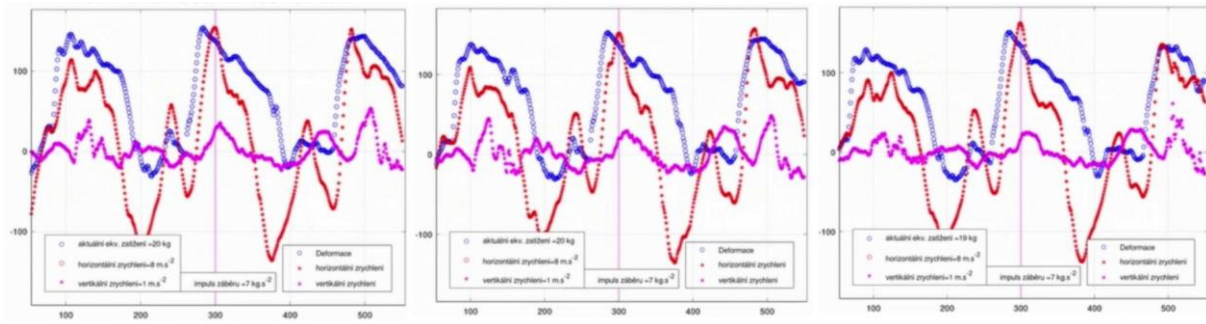
Tento proband použil v jízdách s povoleným přehmatem „A“ i „B“ celkem 34 záběrů na dominantní (levé) straně. Průměrně trval jeho záběr $0,44 \pm 0,06$ s. Na obrázku 25 můžeme vidět, že červená křivka horizontálního zrychlení ve dvou případech dokonce převyší modrou křivku použité síly a co je hlavní, křivka se v kladných hodnotách udržela po téměř celý záběrový cyklus. Jeho výsledný impulz záběru dosáhl průměrně hodnoty $5,94 \pm 0,65 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-2}$ a maximální síla na pádle byla průměrně $187 \pm 11,7 \text{ N}$. Jeho maximální horizontální zrychlení přímých záběrů na dominantní straně mělo průměrnou hodnotu $5,53 \pm 0,90 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.



Obrázek 23: Křivky z tenzometru u probanda 4 (záběry na dom.straně)

5.5.2. Přímý záběr v přehmatu

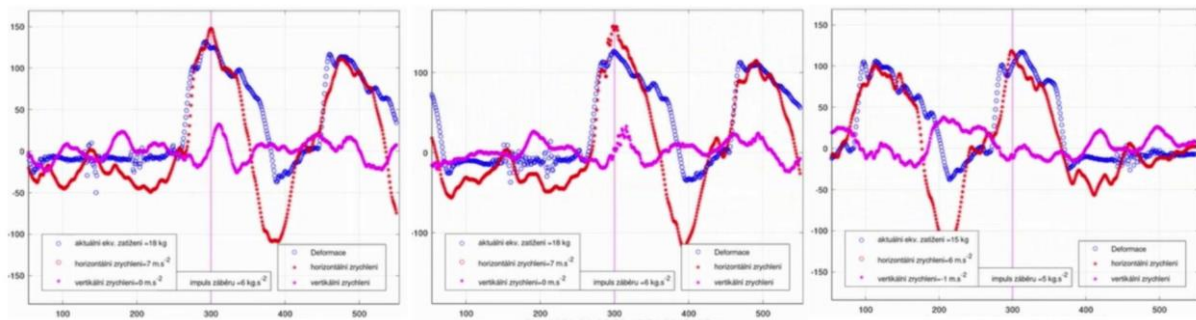
Přímých záběrů v přehmatu použil proband celkem 7 a průměrná doba těchto záběrů byla $0,44 \pm 0,04$ s. Na obrázku 26 jsou grafy z tenzometru jeho přehmatových záběrů v momentu nejvyššího horizontálního zrychlení (červená křivka). U tohoto probanda stoupá červená křivka z počátku relativně lineárně s modrou ale maximálního horizontálního zrychlení dosáhne později v tažné fázi záběru. Jeho maximální horizontální zrychlení záběrů v přehmatu mělo průměrnou hodnotu $7,71 \pm 0,49 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Jeho výsledný impulz záběru dosáhl průměrně hodnoty $7,00 \pm 0 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-2}$ a síla na pádle u záběrů v přehmatu byla průměrně $211 \pm 11,6 \text{ N}$. Křivky jsou velmi podobné, což značí vyrovnanost a preciznost v použití těchto záběrů.



Obrázek 24: Křivky z tenzometru u probanda 4 (záběry v přehmatu)

5.5.3. Přímý záběr na nedominantní straně

Proband 4 použil celkem 12 záběrů na nedominantní (pravé) straně v jízdě s povoleným přehazováním „A“ i „B“. Přímé záběry na nedominantní straně měl s kratší dobou trvání záběrové fáze, než u záběrů na dominantní straně nebo i záběrů v přehmatu. Průměrně trval záběr $0,39 \pm 0,02$ s. Na obrázku 27 máme tři grafy nejúčinnějších záběrů na nedominantní straně probanda 4. Jeho maximální horizontální zrychlení mělo průměrnou hodnotu $5,58 \pm 0,70$ m·s⁻². Jeho výsledný impulz záběru na nedominantní straně dosáhl průměrně hodnoty $5,0 \pm 0,43$ kg·s⁻² a síla na pádle byla průměrně $162 \pm 11,8$ N. Průměrné hodnoty nedominantních přímých záběrů byly nižší ve všech případech v porovnání se záběry v přehmatu nebo záběry na dominantní straně, s výjimkou maximálního horizontálního zrychlení, které bylo nepatrně vyšší, než u záběrů na dominantní straně. Z grafů je také patrné, že ve dvou případech se mezi nejúčinnější záběry se řadily ty, které byly prvním záběrem po přehození.



Obrázek 25: Křivky z tenzometru u probanda 4 (záběry na nedom. straně)

6. DISKUZE

Tenzometrická vyšetření jsou často využívána v rychlostní kanoistice i veslování. V těchto sportech je záběr, resp. tempo rozhodujícím činitelem výkonu a i setinová časová ztráta v každém záběru se v součtu na výsledku projeví velmi negativně. Časoprostorová charakteristika záběru jednotlivců je navíc důležitá při skladbě optimálních posádek. Je důležité vidět, kde loď nabývá největší rychlosti, v kterém momentě záběrového cyklu loď nejvíc zrychluje, v kterém momentě a při jakém úhlu žerdi vůči vodní hladině je vyvinuta největší síla, jaký je celkový impuls každého záběru, jak dlouhé jsou jednotlivé záběry a jaká je časová délka jejich trvání. Stejně tak je důležité vědět, v jaké fázi záběrového cyklu loď začíná zpomalovat, jaká je hodnota decelerace, jak velká je ztráta rychlosti lodi při fázi vytažení a přenosu. Odpovědi na tyto otázky poskytuje právě tenzometrie, čímž může významně přispět k precizaci pádlování u každého závodníka. Ve vodním slalomu naštěstí nepotřebujeme řešit detailní nuance, protože dokonalé přímé pádlování samo o sobě nedeterminuje úspěch rozhodující měrou. Závodník ale potřebuje dosáhnout takové precizace, kdy jeho pádlování je rychlé, plynulé, a především ekonomické a efektivní, což znamená, že se vynaložená síla (energie) v co možná největší míře manifestuje v dopředné rychlosti a současně dochází k co nejnižším ztrátám rychlosti ve fázích zasazení, vytažení a přenosu.

Technika pádlování na C1 je poměrně složitá. Závodník pádluje pouze na jedné straně, loď musí efektivně řídit kombinací činnosti břicha, mírného odklonu od strany pádlování a mírného vytáčení záběrové strany listu vně při fázi vytažení (Busta, 2020). Jedná se v podstatě o rychlostní ulomení (např. Bílý, Kračmar & Novotný, 2001), ovšem ve velmi zrychlené podobě. Udržet loď v přímém směru tímto způsobem ovšem nelze donekonečna, při větším přetáčení lodi je již nutné použít přehmatový záběr nebo přehození. Celé generace závodníků v kategorii C1 se učily pádlovat pouze na jedné straně a pro řízení lodi i jakoukoliv operaci na druhé straně používat přehmatový záběr. Například fenomenální Slovák, držitel 5 olympijských medailí, Michal Martikán, pádloval na levé straně a na straně pravé operoval vždy pouze v přehmatu. Francouz Tony Estanguet, trojnásobný olympijský vítěz, pádloval naopak na pravé straně. Oba fenomenální kanoisté měli přehmatový záběr dokonale zvládnutý, což ovšem u obou vyžadovalo tisíce hodin specifického tréninku. I tak navíc

platilo, že je výhradní využívání přehmatového záběru v některých situacích limitovalo, nebo mohlo limitovat. Při fázi vytažení v přehmatovém záběru dochází vždy k vytočení nezáběrové plochy listu vně od lodi, do které se například při přehmatovém naskočení válce může opřít zeshora proudící voda a rychlý průjezd kombinace znemožnit. Fáze vytažení u přehmatového záběru je výrazně pomalejší než u záběru na ruku. Současně platí, že při přehmatovém záběru nelze aplikovat specifickou techniku průjezdu protivodnými brankami “na krček”. To potvrzují i zjištění Wakelinga et al. (2020), které lze shrnout asi následovně: přehmatová technika u elitních mužů stále dominuje, přehazování je u nich obvykle na divoké vodě spjaté s větší pravděpodobností chybného průjezdu. Elitní muži mají při záběru na přehmat velmi podobné silové a další parametry jako při záběru na ruku a dosahují při něm vyšších hodnot než při záběru na nedominantní straně po přehození. Velmi odlišná je ovšem situace v kategorii C1 ženy.

Skutečná pozornost technice přehazování začala být věnována teprve nedávno, konkrétně se vstupem kategorie C1 žen do programu mezinárodních závodů v roce 2010 s příslibem zařazení do programu OH. Tam se kategorie poprvé objevila v roce 2021 v Tokiu. Většina singlekanoistek se zpočátku rekrutovala z kajakářek a bylo pro ně snadnější a přirozenější osvojit si techniku přehazování spíše než specifickou techniku přehmatu. Výhodou kajakářek byl i vyrovnaný svalový rozvoj, který jim od počátku umožňoval pádlování na obou stranách alespoň z hlediska silového. Perfektně zvládnutá technika přehazování u žen na rozdíl od kategorie mužů podmiňuje úspěch v závodech, což znovu potvrzuje i výzkum Wakelinga (2020). Zdá se, že ženy nejsou schopné absolvovat celou trať na jednu stranu. I závodnice vynikajících fyzických parametrů, mezi které patřila například rakouská kanoistka Nadine Weratschnig, se nedokázaly bez přehazování vyvarovat chybám v koncových částech vytyčených tratí. Podle Busty (2020) je tomu tak v důsledku vysoce specifické silové náročnosti přehmatového záběru, jehož síla je podmíněna zejména vysokou úrovní síly a silové vytrvalosti prsního svalstva. Svou roli hraje také biomechanika, ženy se svým nižším věkem a logicky i nižším rozpětím paží v porovnání s muži (Coufalová, Busta, Cochrane & Bílý, 2021) nedosahují při přehmatovém záběru dostatečného rozsahu, nedokážou se dostat dostatečně daleko od středu otáčení lodi, což opět zvyšuje silové nároky přehmatu.

Dalo by se říci, že ženy ukázaly cestu. Technika přehazování se začala postupně po vzoru žen prosazovat i mezi muži, mezi singlekanoisty začali zkoušet štěstí i perfektně přehazující kajakáři a to poměrně úspěšně, důkazem čehož je čerstvé umístění (4. místo) Jiřího Prskavce

na Evropských hrách v Krakově. Mezi současnou singlekanoistickou elitou je stále minoritní zastoupení těch, kteří techniku přehazování využívají, což je ale dáno zejména jejich poměrně vysokým věkem. Vždyť Tasiadisovi, Savšekovi, Beňušovi, Gargaud Chanutovi a dalším je přes 30 let, Slafkovskému dokonce 40. Ti všichni se od útlého věku učili přehmatové technice. Mezi generací současných úspěšných juniorů je ovšem přehazování již mnohem rozšířenější a ti nejmladší se technice přehazování učí již od dětství.

Souhlasíme s Bustou (2020), že *“začínajícím singlkanoistům lze od samých začátků doporučit pádlování na obě strany. Neznamena to ovšem, že ani na jednu stranu neumějí přehmatový záběr. Naopak. Dokonalé ovládnutí přehmatového záběru je pro dosažení mistrovské úrovně nevyhnutelné. Pokud sportovec přehazuje, potom musí přehmat ovládat a rozvíjet na obě strany. Výborně přehazující singlkanoisté si totiž nepřehazují kvůli každému záběru. Přehazují si na celé, pro jednu ruku výhodnější pasáže”*. Podle Busty (2020) by dále bylo chybné přesvědčení, že přehazování může sportovce obohatit pouze v případě, kdy ho bude pravidelně aktivně využívat v závodech. Tvrdí, že *“Pádlování na druhou stranu je motoricky obohacující i bez pravidelného využití v závodech. A to z důvodu kompenzace jednostranné zátěže a také z důvodů koordinačních. Pádlování na druhou, méně rozvinutou stranu, se může pozitivně projevit v celkovém pohybovém projevu”*. U singlkanoistů, kteří byli celý život vedeni k tomu, aby nepřehazovali a precizovali svou jízdu na jedné straně doporučuje následující: *“soustředit se v tréninku dále na dominantní ruku, ale při zpětném vyjíždění tratí apod. si přehazovat. To se projeví pozitivně minimálně zmíněným kompenzačním efektem. V případě, že sportovec bude získávat na druhou stranu rychle jistotu, může přistoupit i k přehazování v samotných tratích”*.

Podarilo se provést důkladné tenzometrické vyšetření u 4 elitních českých singlekanoistů a popsat jejich záběrový cyklus. Interindividuální porovnání sportovců je problematické, například proto, že každý z nich vlastní a využívá jinou loď. Lodě se přitom od sebe vzájemně liší svým tvarem, tedy příčným a podélným profilem a odlišnými hydrodynamickými vlastnostmi. Přesto ale nemůžeme opomenout některé na první pohled viditelné rozdíly. Nejmarkantnější jsou pravděpodobně mezi probandem číslo 4 a probandem číslo 2. Zatímco proband k překonání 40m vzdálenosti v čase 14,38 s potřeboval 20 záběrů s průměrnou dobou trvání záběru $0,45 \pm 0,06$ s a 3 záběry v přehmatu, proband číslo 2 k dosažení času 15,21 s na stejně dlouhém úseku použil 29 záběrů s průměrnou dobou trvání záběru $0,25 \pm 0,02$ s a pouze jediný přehmatový záběr v přehmatu. Proband 4 v každém záběru dosahoval velmi

vysoké produkce síly $259 \pm 13,1$ N, zatímco proband 4 pouze $194 \pm 13,0$ N. Výsledný impuls záběru ovšem již hovoří výrazně ve prospěch probanda 4 ($6,27 \pm 0,64$ vs $4,97 \pm 0,27$ kg.s⁻²). Co to ukazuje? Zejména to, že celý záběrový cyklus probanda číslo 2 je značně neefektivní. Na velmi krátkém úseku, a ve velmi krátkém čase, dosahuje velmi vysoké produkce síly, ovšem časová a vzdálenostní délka působení této síly je natolik krátká, že výsledný impuls síly je celkově nízký. Ani velmi vysoká frekvence mu nepomohla k překonání vzdálenosti v rychlejším čase? Gomesová et al. (2022) přitom při jízdě na rychlostním kajaku prokázala, že je to právě frekvence, která nejvýrazněji koreluje s výslednou rychlostí kajakáře ($r = 0.904$, $p < 0.001$). Rychlostní kajak je samozřejmě od slalomu značně odlišný a porovnání je tak obtížné, nicméně se ukazuje, že na slalomové lodi nemusí být záběrová frekvence rozhodujícím faktorem rychlé jízdy vpřed. Na základě posouzení zbývajících dvou probandů se zdá, že rychlost lodi je dána individuálně optimální kombinací impulsu záběru (tedy síly působící po určitý čas) a frekvence pádlování. Na celkové rychlosti lodi se podílí také poloha těla, resp. předozadní pohyb trupu. V případě, že je tento pohyb nadměrný (proband 1) způsobuje charakteristické “houpání” lodi. Taková jízda je charakteristická explozivním nárůsem vysoké síly a akcelerací v tažné fázi záběru, stejně tak ovšem i decelerací a celkové ztrátě rychlosti při přenosu. Z důvodu studia těchto aspektů jsou součástí této práce zpracované videozáznamy s křivkami fyzikálních ukazatelů.

Věříme, že námi získaná data by mohla posloužit k lepšímu pochopení souvislostí mezi zvolenou technikou jízdy na C1 a výsledným časem v závodě stejně jako k precizaci techniky pádlování závodníků. Užitečné může být i pro trenéry, kteří by u svých závodníků měli dbát na kvalitní provedení tažné fáze záběru i při vysoké frekvenci pádlování. Dohlížet by měli také na zrychlování fáze vytažení i přenosu a zejména na plynulé a rychlé zasazení bez tzv. “utržení” vody. Jsme si vědomi, že měření mohlo být ovlivněno mírou snahy jednotlivých testovaných osob a také úrovní jejich techniky, zejména na nedominantní straně pro kanoisty, kteří obvykle přehazování nevyužívají.

7. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo pomocí tenzometrie propojené s video-analýzou popsat fyzikální charakteristiky přímých záběrů na slalomové singlekanoi. Závěry jsme shrnuli do 4 následujících bodů.

Charakteristika záběru na ruku (dominantní strana)

Přímý záběr na dominantní straně je logicky nejvíce zastoupeným záběrem ze všech využívaných záběrů. Na 40m sprint (<16 s) bylo v případě 4 českých reprezentantů zapotřebí 20 - 29 záběrů o průměrné časové délce tažné fáze 0,25 - 0,45 s a s použitím 1 - 3 záběrů v přehmatu. Podobně široké bylo rozpětí hodnot: 4,97 - 6,25 kg.s⁻², Ekvivalent síly PEAK (N) : 167 - 266 N, ekvivalent zatížení PEAK (kg): 16,8 - 26,7 kg. Výsledky ukazují, že pro celkovou rychlost lodi nejsou důležité samostatné hodnoty ekvivalentu síly, ani impulzu síly a dokonce ani frekvence. Rozhodující je vyrovnaná kombinace uvedených veličin, minimální ztráty rychlosti lodi mimo hnací fázi záběru a maximálně efektivní přenos síly do rychlosti lodi.

Záběr na přehmat

K překonání 40m vzdálenosti bylo zapotřebí 1 - 3 záběry v přehmatu. Z tohoto hlediska je pochopitelné, že sprint bez přehazování byl u všech probandů vždy rychlejší než sprint spojený s využitím techniky přehazování. Můžeme tak uzavřít, že při krátkém sprintu na klidné vodě se nevyplatí přehazovat. S rostoucí časovou délkou zatížení by ovšem pozitivní vliv přehazování na výkon pravděpodobně rostl v souvislosti se zvyšujícími metabolickými nároky anaerobního metabolismu a lokálního překyselení dominantní horní končetiny.

Časová délka přehmatového záběru činila 0,32 - 0,44 s, při ekvivalentu síly PEAK (N): 183 - 271 N a impulzu síly: 5 - 7 kg.s⁻². Elitní závodníci dosahují v některých případech při přehmatovém záběru vyšší síly na pádle než při záběru na ruku.

Odlišnost záběru na nedominantní straně a přehmatového záběru

Záběr na nedominantní straně po přehození měl u všech závodníků horší parametry než záběr na straně dominantní. U některých závodníků byly ale tyto parametry horší i ve srovnání se záběrem na přehmat. Již jsme zmínili, že u 40m se technika přehazování nevyplatí, jiná

ovšem může být situace v případě, kdy je určitá konfigurace branek výrazně výhodnější pro singlíře pádlující na pravé/levé straně.

Charakteristika optimálního pádlování

Ukazuje se, že větší síla použitá v záběru nevede nutně k rychlejšímu výslednému času daného úseku. Stejně tak vyšší frekvence záběrů neznamená automaticky zrychlení a lepší čas. Rychlost lodi není dominantně determinována žádným ze zkoumaných fyzikálních ukazatelů záběrového cyklu, je pravděpodobně dána spíše jejich kombinací související ještě s dalšími faktory, jakými jsou tvar lodě, předozadní pohyb, přenos síly do rychlosti lodi a samozřejmě i individuálně proměnlivé ukazatele jako jsou aktuální forma závodníka a jeho chuť podat v daný moment svůj maximální výkon.

Do budoucna by bylo určitě velmi zajímavé v daném tématu pokračovat. Skutečně vyčerpávajícím způsobem by bylo možné ho naplnit prostřednictvím navazujících korelačně-prediktivních a komparativních studií využívajících rozsáhlejšího výzkumného souboru.

POUŽITÁ LITERATURA

1. Baca, A. (Ed.). (2014). *Computer science in sport: research and practice*. Routledge.
2. Baláš, J., Busta, J., Bílý, M., & Martin, A. (2020). Technical skills testing of elite slalom canoeists as a predictor of competition performance. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(5), 870-878.
3. Baker, J. (1998). Evaluation of biomechanic performance related factors with on-water tests. In *International seminar on kayak-canoe coaching and science* (pp. 50-66). University of Gent Press: Gent, Belgium.
4. Bettinelli, S., Placido, A., Susmel, L., & Tovo, R. (2010). An Integrated Data Acquisition System for on-Water Measurement of Performance in Rowing. *Strain*, 46(5), 493-509.
5. Bílý, M. (2002). *Komplexní analýza techniky pádlování a jízdy na divoké vodě*. Rigorózní práce. Praha: UK FTVS.
6. Bílý, M., Kračmar, B., & Novotny, P. (2001). *Kanoistika*. Praha: Grada.
7. Bílý, M. & Rohan, J. (1992). Dokonalý přímý záběr. Ročenka vodního slalomu. Praha: ČSKF, s. 69 - 76.
8. Buchtel, M. (2018). *Analýza techniky jízdy na kajaku při závodech ve slalomu na divoké vodě*. Diplomová práce na UK FTVS.
9. Busta, J. (2020). *Za úspěchem ve vlnách: trénink vrcholových vodních slalomářů*. Praha: Euromedia Group.
10. Coufalová, K., Busta, J., Cochrane, D. J. & Bílý, M. (2021). Morphological characteristics of European slalom canoe and kayak paddlers. *International Journal of Morphology*, 39(3): 896-901.
11. Endicott, W. T. (1980). *To win the worlds*. Publisher: William Endicott.

12. Gomes, B. B., Ramos, N. V., Conceição, F., Sanders, R., Vaz, M. & Vilas-Boas, J. P. (2022). Paddling time parameters and paddling efficiency with the increase in stroke rate in kayaking, *Sports Biomechanics*, 21:10, 1303-1311, DOI: [10.1080/14763141.2020.1789204](https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1789204)
13. Gomes, B. B., Ramos, N. V., Conceição, F. A., Sanders, R. H., Vaz, M. A., & Vilas-Boas, J. P. (2015). Paddling force profiles at different stroke rates in elite sprint kayaking. *Journal of Applied Biomechanics*, 31(4), 258-263.
14. Wakeling, J. M., Pratt, J. S. & Smiešková, S. (2022) Stroke technique in C1 canoe slalom: a simulation study, *Sports Biomechanics*, DOI: [10.1080/14763141.2022.2088401](https://doi.org/10.1080/14763141.2022.2088401)
15. Janura, M., Kubu, M., Kratochvíl, J., & Stromšík, P. (2000). Kinematic analysis of forward stroke at wild water kayak paddling. In Proceedings of the conference *BIOMECHANICS OF MAN* (pp. 251-254).
16. Sobíšek, M. (2023). Porovnání účinnosti záběru rychlostních kajakářů v kategorii K1 a K2. Bakalářská práce. Praha: UK FTVS
17. Sperlich, J. & Klauck, J. (1992). Biomechanics of canoe slalom: measuring techniques and diagnostic possibilities. 10 International Symposium on Biomechanics in Sports.
18. Kendal, S. J., & Sanders, R. H. (1992). The technique of elite flatwater kayak paddlers using the wing paddle. *Journal of Applied Biomechanics*, 8(3), 233-250.
19. Kleshnev, V. (2005). Comparison of on-water rowing with its simulation on Concept2 and Rowperfect machines. In: *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
20. Kračmar et. al. (2016). Fylogeneze lidské lokomoce. Praha: *Karolinum*.
21. Lehnert, M., Novosad, J., Neuls, F., Langer, F., & Botek, M. (2010). *Trénink kondice ve sportu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
22. Macdermid, P. W., Gilbert, C., & Jayes, J. (2019). Using a kayak paddle power-meter in the sport of whitewater slalom. *Journal of Human Sport and Exercise*, 15(1), 105–118. <https://doi.org/10.14198/jhse.2020.151.10>
23. Marcolin, G., Lentola, A., Paoli, A., & Petrone, N. (2015). Rowing on a boat versus rowing on an ergo-meter: a biomechanical and electromyographycal preliminary study. *Procedia engineering*, 112, 461-466.

24. Molly L. Tilden, Avleen R. Oberoi & James M. Wakeling (2021): Canoe slalom C1 stroke technique during international competitions, *Sports Biomechanics*, DOI: 10.1080/14763141.2021.1942968
25. Mononen, H., & Viitasalo, J. (1995). Stroke parameters and kayak speed during 200 m kayaking. *Congr. Int. Soc. Biomech*, 632-633.
26. 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.
27. ROHAN, J. Rozbor techniky pádlování a jízdy na C1. Praha: FTVS UK, 1991, Diplomová práce. Vedoucí práce Milan Bílý.
28. Szanto, C. (2014). *Canoe Sprint Coaching Manual Level 2 and 3*. ICF Canoe Coaches Education Programme. ICF Editions.
29. Tilden, M. L., Oberoi, A. R., & Wakeling, J. M. (2021). Canoe slalom C1 stroke technique during international competitions. *Sports Biomechanics*, 1-12.
30. Valenta, F. (2002). *Pružnost a pevnost III. České vysoké učení technické*.
31. Varinský, M. (2018). *Odporové tenzometry-vlastnosti a jejich experimentální ověření* (Bachelor's thesis, České vysoké učení technické v Praze. Vypočetní a informační centrum.).
32. Vašina, J. (2019). *Teoretická příprava pro porovnání účinnosti vybraných typů kajakářských pádel při přímém záběru*.
33. Vondra, J. (2016). *Vliv vybraných kondičních faktorů na výkonnost ve vodním slalomu*.
34. Wakeling, J. M., Pratt, J. S., & Smiešková, S. (2022). Stroke technique in C1 canoe slalom: a simulation study. *Sports Biomechanics*, 1-11.
35. ZBOŘILOVÁ, Martina. *Kineziologická analýza veslařského tempa*. 2013. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Sporty v přírodě. Vedoucí práce Bačáková, Radka.
36. ZBOŘILOVÁ, Martina. *Komparativní kineziologická analýza záběru při veslování na skifu a při jízdě na trenažeru Concept 2 D PM3*. Praha, 2017. Dizertační práce. Univerzita

Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Sporty v přírodě. Vedoucí práce Kračmar, Bronislav.

Internetové zdroje

1. https://www.idnes.cz/oh/londyn-2012/cesky-trener-doktor-rozhodl-o-slozeni-cytrkajaku-pro-londyn.A120604_123026_sporty_ten
2. https://www.kanoe.cz/img/rychlost/2015/Informace_o_cinnosti_2015.pdf
3. ŘEZNIČEK, J. 2014 Přednášky Experimentální metody certifikace strojů, ČVUT v Praze, 2015 <www.pruznost.unas.cz>
4. Hošek (2014) <https://docplayer.cz/18009859-Mereni-malych-deformaci-pomoci-odporovych-tenzometru.html>

Zdroje obrázků

- 1) Lineární tenzometry. In: HBM [online]. Darmstadt: HBM, 2018 [cit. 2018-07-18]. Dostupné z: <https://www.hbm.cz/wp-content/uploads/LY-prehled.jpg>
- 2) Obrázek 1. - WASGESTIAN, Petr. Tenzometry HBM[online]. [cit. 2015-06-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.hbm.cz/Aplikace/tenzometry.pdf>>
- 3) Obrázek akcelerometr - <https://lisab.se/product/g-link-200-8g/>
- 4) Obrázek měřicí stanice - <https://www.microstrain.com/wireless-sensors/V-LINK-200>
- 5) Použitý tenzometr - <https://jaka.s18.cdn-updates.com/x/x60c0817ea35d9-sgd-linear1-axis-spec-sheet.pdf>
- 6) <https://dSPACE.cvut.cz/handle/10467/79878> – Varinský (2018)

Seznam obrázků

Obrázek 1: Princip tenzometru – zdroj (hbm.cz)	10
Obrázek 2: Dělení odporových tenzometrů (Varinský, 2018)	11
Obrázek 3: Zobrazení fóliového tenzometru (hbm.cz)	12
Obrázek 4: umístění tenzometru na pádle	13
Obrázek 5: Měřicí stanice V-Link-200 (microstrain.com).....	23
Obrázek 6: Akcelerometr LORD-G-link (lisab.se)	23
Obrázek 7: Kalibrace pádla pomocí závaží.....	24
Obrázek 8: Akcelerometr umístěný na palubě kanoe v kanoi	Obrázek 9: Fixace měřicí jednotky 24
Obrázek 10: informace z tenzometru v „Grafu 1“	26
Obrázek 11: informace z tenzometru v „Grafu 2“:	27
Obrázek 12: pořízený z videozáznamu v příloze DP	28
Obrázek 13: pořízený z videozáznamu v příloze DP	28
Obrázek 14: Křivky z tenzometru u probanda 1 (záběry na dom.straně).....	32
Obrázek 15: Křivky z tenzometru u probanda 1 (přehmatové záběry)	32
Obrázek 16: Křivky z tenzometru u probanda 1 (záběry na nedom.straně).....	33
Obrázek 17: Křivky z tenzometru u probanda 2 (záběry na dom.straně).....	35
Obrázek 18: Křivky z tenzometru u probanda 2 (záběry v přehmatu).....	36
Obrázek 19: Křivky z tenzometru u probanda 2 (záběry na nedom.straně).....	37
Obrázek 20: Křivky z tenzometru u probanda 3 (záběry na dom.straně).....	39
Obrázek 21: Křivky z tenzometru u probanda 3 (záběry v přehmatu).....	40
Obrázek 22: Křivky z tenzometru u probanda 3 (záběry na nedom.straně).....	41
Obrázek 23: Křivky z tenzometru u probanda 4 (záběry na dom.straně).....	43
Obrázek 24:Křivky z tenzometru u probanda 4 (záběry v přehmatu).....	44
Obrázek 25: Křivky z tenzometru u probanda 4 (záběry na nedom. straně).....	44

Přílohy

Příloha č. 1. Předávací protokol dat

Příloha č. 2. Flash disk s videozáznamy

Příloha č. 3. Seznam videozáznamů

Příloha č. 1

Předávací protokol dat

Český svaz kanoistů, z.s. se sídlem Zátokova 100/2, 169 00 Praha 6 vydává **souhlas** s předáním naměřených dat z tenzometrického vyšetření vybraných kanoistů, které proběhlo ve dnech 23. a 26.4.2021 diplomantovi **Bc. Pavlu Foukalovi**, datum narození 1.1.1987, Trnová 276, 330 13 Plzeň-sever.

Data se týkají výsledků měření, která budou zpracována, uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci (aj.), případně v odborných časopisech, monografiích, případně využita pro další výzkumy na UK FTVS. Přístup k datům bude mít pouze řešitel práce. Veškerá data budou uchována na heslem zajištěném počítači.

Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s nařízením EP a Rady (EU) 2016/679 o ochraně osobních údajů a zákona č. 110/2019 Sb., Zákon o zpracování osobních údajů.

V Praze dne: 10.2.2022

Foukal

Diplomant



J. J. J.
Český svaz kanoistů, z.s.

Příloha č. 2

Flash disk s videozáznamy

Příloha č. 3

Seznam videozáznamů

1. Proband 1 - Záběr vpřed s přehmatem „A“
2. Proband 1 - Záběr vpřed s přehmatem „B“
3. Proband 1 - Záběr vpřed s přehozením „A“
4. Proband 1 - Záběr vpřed s přehozením „B“
5. Proband 2 - Záběr vpřed s přehmatem „A“
6. Proband 2 - Záběr vpřed s přehmatem „B“
7. Proband 2 - Záběr vpřed s přehozením „A“
8. Proband 2 - Záběr vpřed s přehozením „B“
9. Proband 3 - Záběr vpřed s přehmatem „A“
10. Proband 3 - Záběr vpřed s přehmatem „B“
11. Proband 3 - Záběr vpřed s přehozením „A“
12. Proband 3 - Záběr vpřed s přehozením „B“
13. Proband 4 - Záběr vpřed s přehmatem „A“
14. Proband 4 - Záběr vpřed s přehmatem „B“
15. Proband 4 - Záběr vpřed s přehozením „A“
16. Proband 4 - Záběr vpřed s přehozením „B“