



KOMPLEXNÍ SIMULTÁNNÍ DIAGNOSTIKA VE VODNÍCH SPORTECH – VODNÍ SLALOM

**Vědecko-výzkumná podpora závodníků ve vodním slalomu a
kayak-crossu**

Praha, říjen 2025



**HIGH PERFORMANCE
PROGRAM**



Základní informace o projektu



- HIGH PERFORMANCE PROGRAM (grant vědecko-výzkumné podpory českých vrcholových sportovců)
- POSKYTOVATEL: ČOV a NSA
- 1 000 000,- Kč
- 2 svazy: Český svaz kanoistů, Český veslařský svaz + Fakulta tělesné výchovy a sportu
- Cíl: Identifikace limitujících fyziologických a biomechanických předpokladů výkonu ve vodních sportech.



Výzkumný tým

- PhDr. Jan Busta, Ph.D.
- Mgr. Jaroslav Hellebrand
- Doc. Mgr. Jiří Baláš, Ph.D.
- Ing. Martin Kucián
- Ing. Jiří Kučera
- Ing. Tomáš Pošepný

Studenti FTVS UK: Martin Kratochvíl, Radovan Zach, Kateřina Mílová a další



Identifikace individuálních limitací sportovce

Fyziologické limitace určují „**co tělo zvládne**“, zatímco biomechanické limitace ovlivňují „**jak efektivně to provede**“.

- Fyziologické limitace (kondiční): představují **vnitřní omezení organismu**, která určují, jak velkou a dlouhou zátěž je schopen sportovec zvládnout. Patří sem například maximální spotřeba kyslíku (VO_2max), srdeční a dechová frekvence, kapacita plicní ventilace, schopnost okysličovat svaly, úroveň ANP. Tyto faktory určují, jak efektivně tělo vyrábí a využívá energii při zátěži.
- Biomechanické limitace (technické): se týkají **vnějších, pohybových a technických faktorů výkonu** – tedy toho, jak efektivně je pohyb prováděn. Zahrnují sílu a délku záběrů, frekvenci pádlování či veslování, úhly kloubů, držení těla, sekvenci zapojení svalů, odporové síly působící na loď, optimální využití síly v daném pohybovém řetězci.

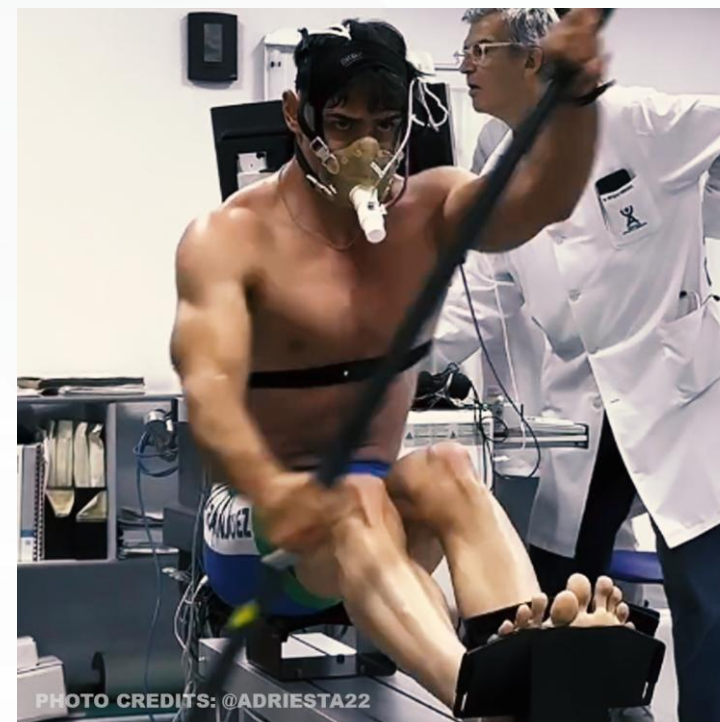
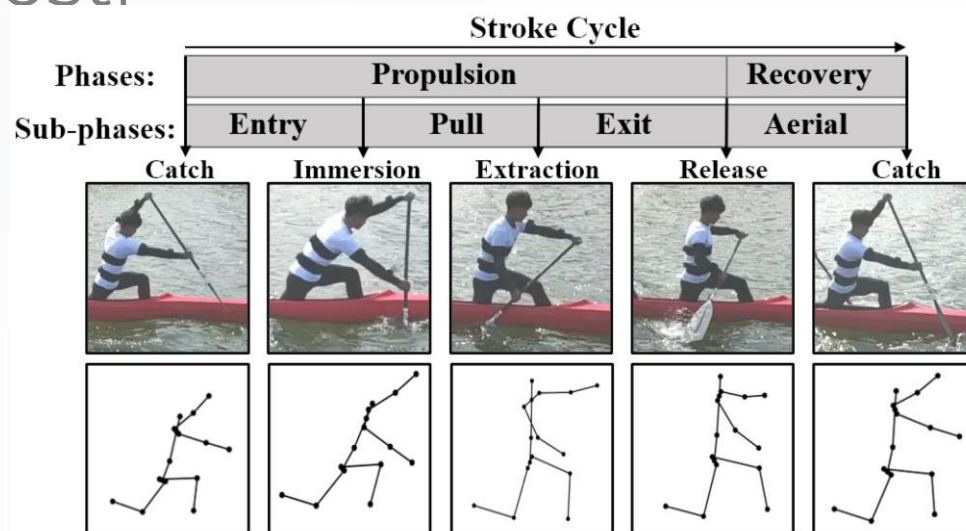
Fyziologie – motor a palivový systém

Biomechanika – konstrukce a přenos výkonu



Testování ve vodních sportech doposud

- Mimo vodní prostředí
- Nepropojené metodiky
- Neodhalují souvislosti



Co je komplexní simultánní diagnostika?

- Propojení stávajících diagnostických metod, ale **NA VODĚ**
- **Tenzometrie, spiroergometrie, oxygenometrie, kineziologický rozbor** (videoanalýza), zjištění **koncentrace laktátu** v jednom vyšetření
- Dohromady s **analýzou tělesného složení + antropometrií + základní posouzení síly**
- **Konzultace se sportovcem a trenérem.**
- **Výsledný protokol: hodnocení + doporučení pro trénink**
- Dopoledne/odpoledne sportovce i trenéra (4 h)



Jaké testy se provádí?

Vodní slalomář absolvuje celkem **2 testy na vodě**:

- 1) **Stupňovaný spiroergometrický zátěžový test** (5 x 4 minuty stupňovaně)
- 2) **12x15m ALL OUT SHUTTLE TEST** (cca. 100 sekund max. rychlostí)

Doplňkově provádíme:

- Antropometrická měření (rozpětí paží, obvod předloktí a bicepsu)
- Analýzu tělesného složení (bioimpedance)
- Handgrip (maximální síla stisku ruky)





1) Spiroergometrický protokol + oxygenometrie

- 5 x 4 minuty stupňovaný zátěžový test
- Odběry laktátu v pauze
- Přesná identifikace zón intenzity (aerobního a anaerobního prahu)
- Dodávka a utilizace kyslíku – je limitující centrální nebo periferní adaptace?
- Jak se okysličující svaly?





On-line sledování fyzilogických funkcí

- On-line sledování v čase (SF, DF, VO₂, ventilace, dechový objem, prahy ad.)
- Přímé instrukce
- Stupňování zátěže podle frekvence pádlování a rychlosti



Fyziologické limitace výkonu

Centrální limitace

→ omezení **v dodávce kyslíku** do svalů.

- zahrnuje funkci **srdce, plic a krevního oběhu**,
- tedy **ventilaci, srdeční výdej, transport O₂ krví**, množství hemoglobinu apod.
- Spiroergometrie METAMAX 3B.
 „Kolik kyslíku se dostane k svalu?“

Periferní limitace

→ omezení **v přenosu kyslíku ze systému do svalové tkáně**.

- týká se **kapilarizace, prokrvení a difuze kyslíku** ze svalových kapilár do buněk,
- souvisí s **lokální perfuzí a oxygenací** (např. měřenou pomocí MOXY®).
 „Kolik kyslíku se dostane ze žíly do svalového vlákna?“

Buněčná (intracelulární) limitace

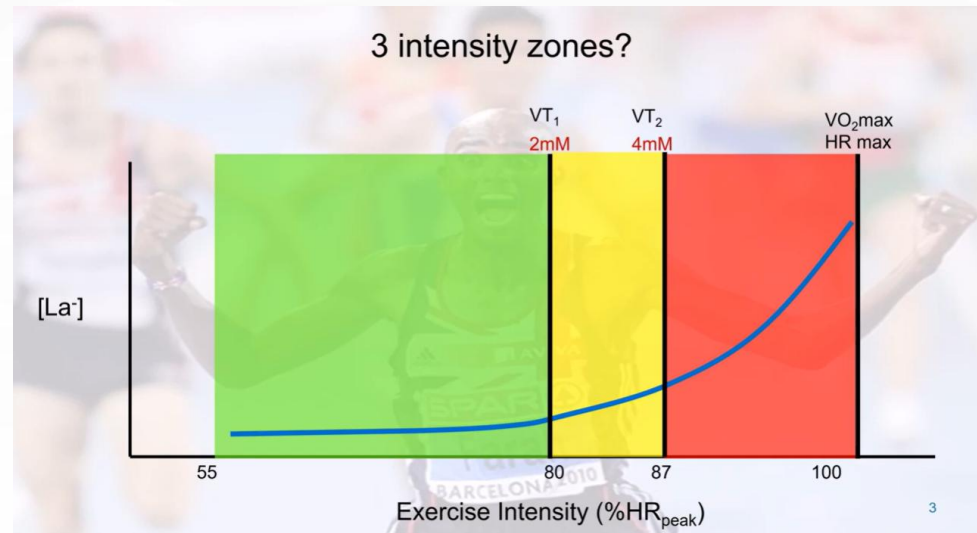
→ omezení **v samotném využití kyslíku a tvorbě energie v buňce**.

- rozhodují **mitochondrie**, enzymy oxidativního metabolismu, pH, Ca²⁺ homeostáza a oxidační stres,
- tedy schopnost buňky **efektivně využít kyslík k tvorbě ATP**.
 „Jak dobře umí svalová buňka s kyslíkem pracovat?“
- Prakticky lze na buněčnou limitaci *usuzovat nepřímo* — kombinací údajů z **MOXY, spiroergometrie, laktátové křivky a časové dynamiky reoxygenace po zátěži**.
Pokud všechny vyšší úrovně (centrální, periferní) fungují optimálně, ale výkon stagnuje, jde s velkou pravděpodobností právě o **buněčné omezení mitochondriální efektivity**.

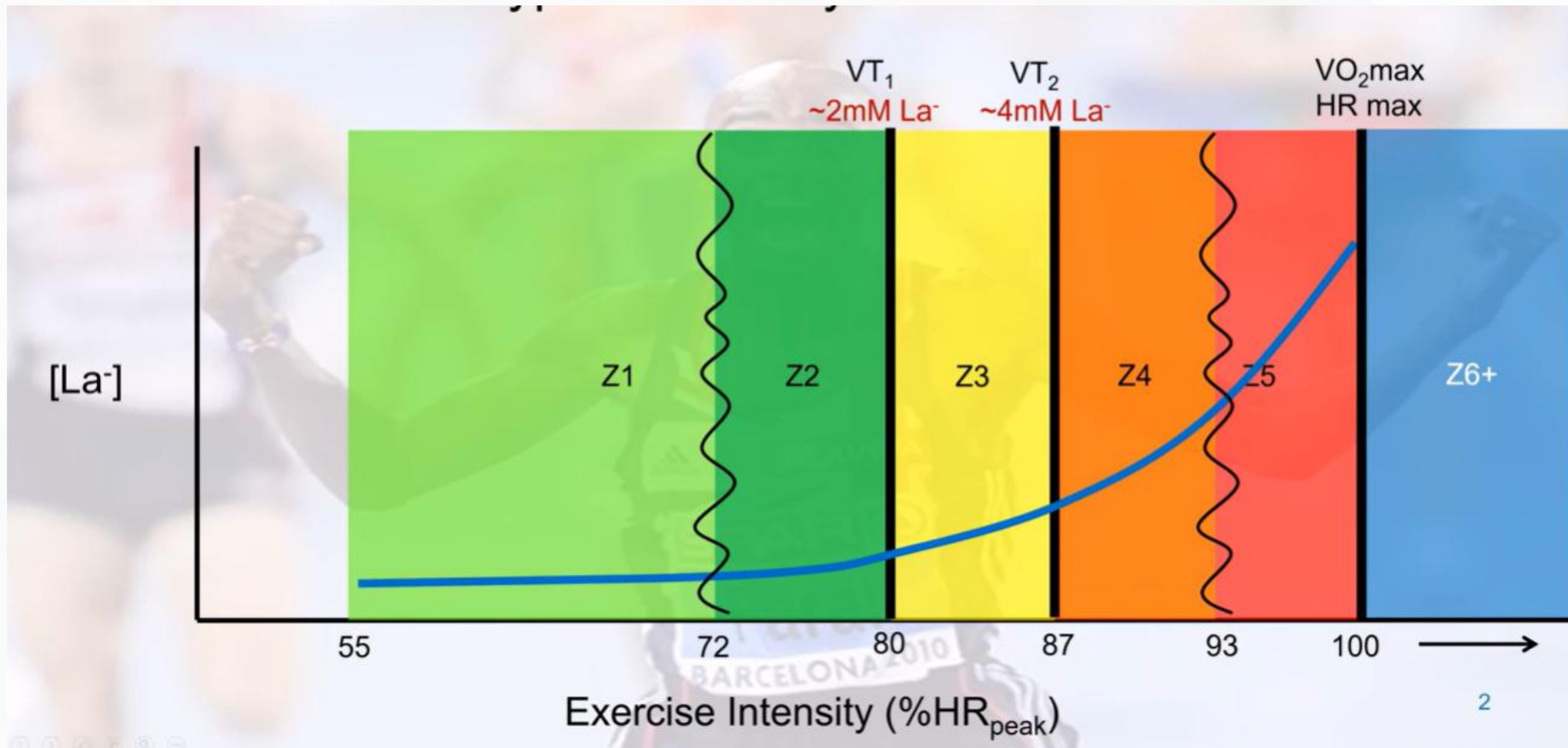


Fyziologické limitace – zjednodušeně

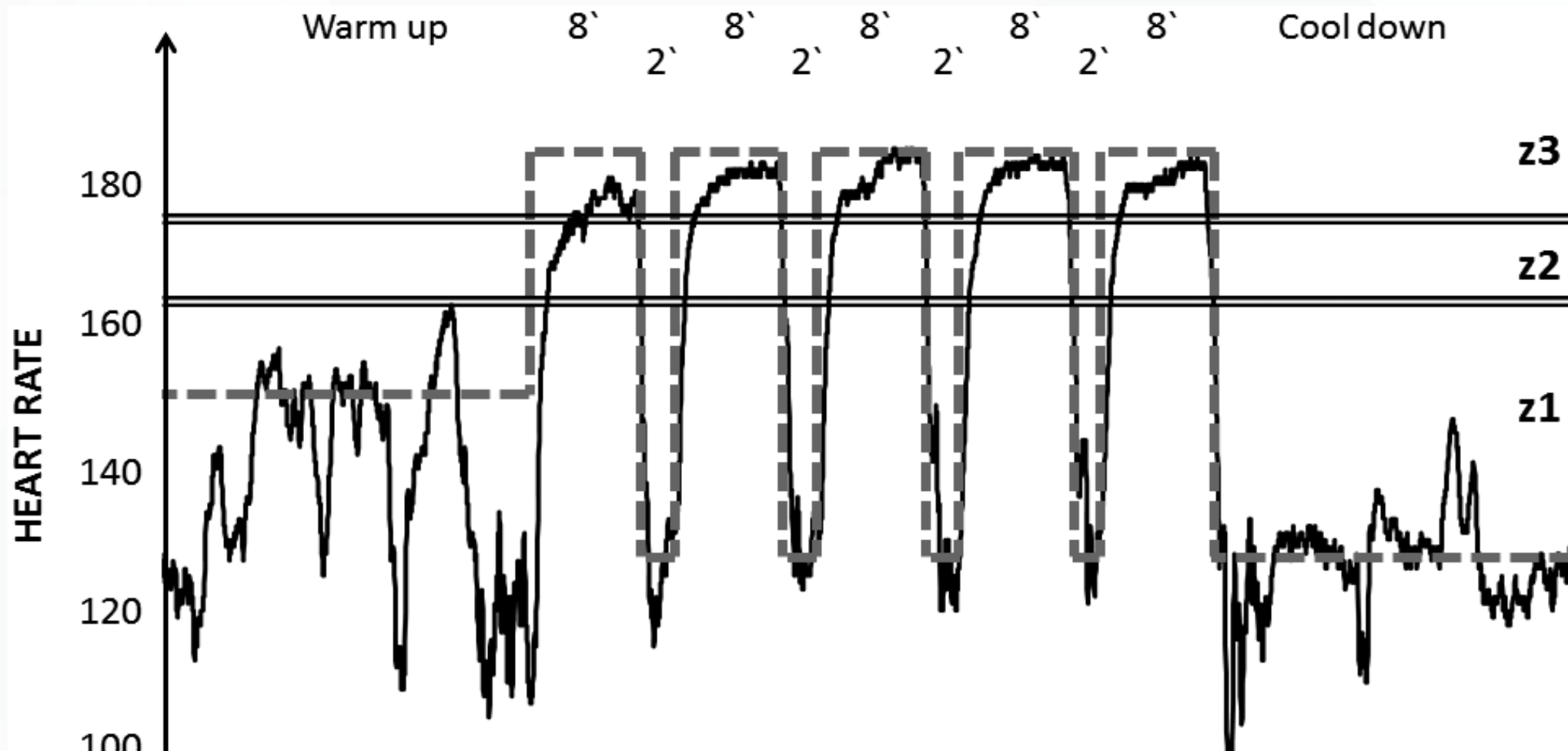
 centrální = **dodávka**
 O_2 ,
 periferní =
distribuce O_2 ,
 buněčná = **využití**
 O_2 .



Zóny intenzity



Intervalový trénink – příklad



Rozložení zón tréninkové intenzity

Seiler, 2010

Table 1 Example of a five-zone intensity scale to prescribe and monitor training of endurance athletes

Intensity zone	VO ₂ (% max)	Heart rate (% max)	Lactate (mmol·L ⁻¹)	Typical accumulated duration within zone
1	50–65	60–72	0.8–1.5	1–6 h
2	66–80	72–82	1.5–2.5	1–3 h
3	81–87	82–87	2.5–4	50–90 min
4	88–93	88–92	4.0–6.0	30–60 min
5	94–100	93–100	6.0–10.0	15–30 min

Note. This scale is typical of intensity zone scales used for endurance training prescription and monitoring. The scale above was developed by the Norwegian Olympic Federation as a general guideline



3-zónový model

Sylta, Tonessen & Seiler, 2019

Table| 1 The 5-Zone Intensity Scale Used by the Norwegian Olympic Federation and the 3-Zone and Binary Models Used in the Current Study

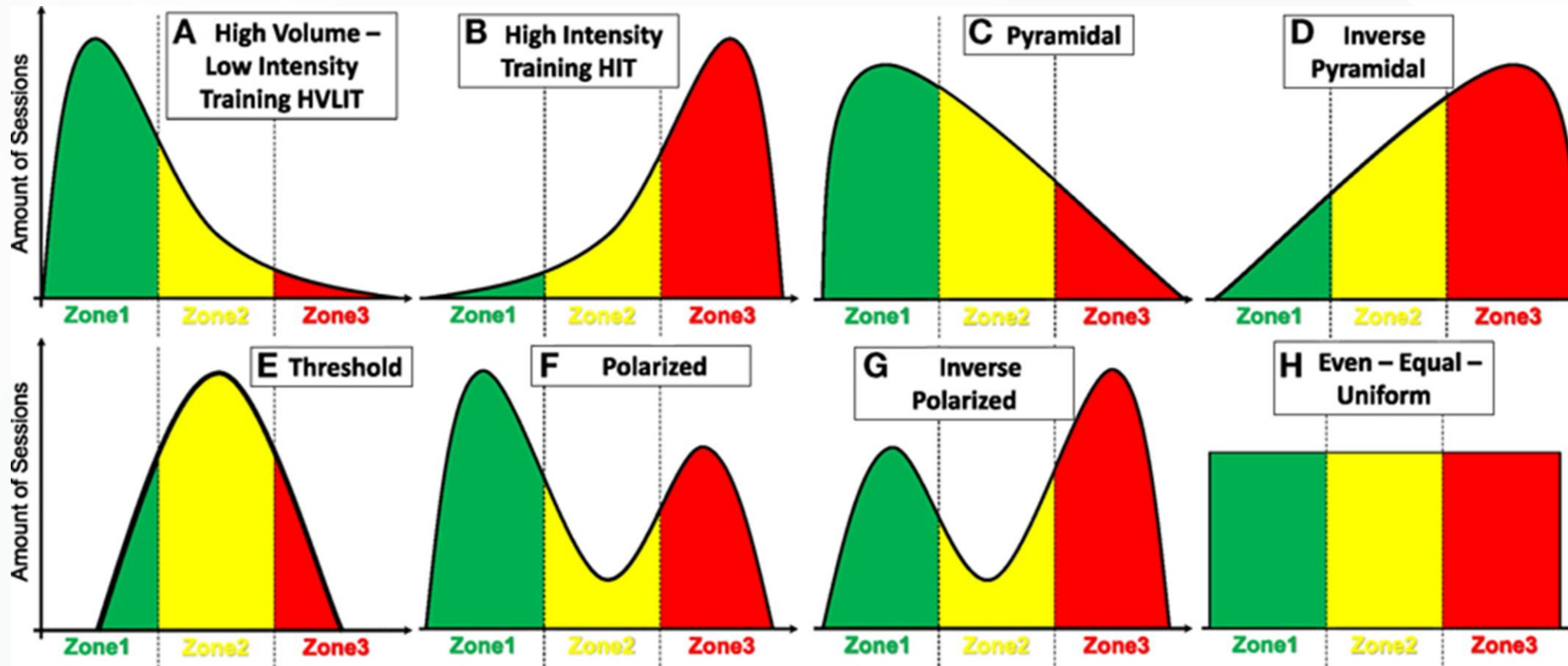
Intensity zone	Lactate ^a (mmol/L)	Heart rate (% max)	3-zone model	Binary model
5	6.0–10.0	92–97	Zone 3	high-intensity training
4	4.0–6.0	87–92	Zone 3	high-intensity training
3	2.5–4.0	82–87	Zone 2	high-intensity training
2	1.5–2.5	72–82	Zone 1	low-intensity training
1	0.8–1.5	55–72	Zone 1	low-intensity training

Note: The reference values in this scale are guidelines only, and individual adjustments are required.

^a Measured with lactate pro LT-1710.



Modely distribuce tréninkové intenzity



Je tento model aplikovatelný ve vodním slalomu?

Horní polovina těla je ale **menší, hůře prokrvená** a má **nižší lokální oxidativní kapacitu**, což způsobuje:

NIRS (MOXY) měří **poměr světla absorbovaného okysličeným a neokysličeným hemoglobinem**.

Díky tomu dokážeme **v reálném čase sledovat, jak konkrétní sval využívá kyslík při zátěži i regeneraci**.

Fyziologický rozdíl

Důsledek

Nižší kapilarizace a menší objem svalu

Dřívější přechod k anaerobní glykolýze

Menší žilní návrat → menší objem srdce při specifickém zatížení

Vyšší tepová frekvence při stejné VO_2

$C1 > K1$

Méně mitochondrií v horních končetinách

Rychlejší nárůst laktátu

Lokální hypoxie a menší průtok

Lokální únava dříve než systémová



Mechanismus vysoké TF při nízké spotřebě kyslíku

Faktor	Mechanismus	Důsledek
Izometrie, vysoký odpor	Komprese cév, zvýšený TPR	Rychlý vzestup HR bez odpovídajícího VO_2
Malá svalová hmota	Menší tepový objem	HR musí kompenzovat snížený SV
Pressor reflex	Aktivace mechanoreceptorů	Reflexní sympatická tachykardie
Zpevnění trupu	Zvýšený nitrohruční tlak	Zhoršený venózní návrat, vyšší HR
Stres a anticipace	Adrenalinová reakce	HR↑ ještě před zátěží

- Při silovém pádlování (záběh proti odporu vody) dochází k **izometricko-koncentrické kontrakci** horních svalových skupin (triceps, latissimus, core).
 - Tyto kontrakce **stlačují cévy ve svalu**, omezují průtok krve a zvyšují **periferní cévní odpor (TPR)**.
 - Srdce musí zvýšit tlak i frekvenci, aby zachovalo perfuzi → **HR roste, aniž by rostl VO_2** .
- Tento efekt je známý jako **mechanická tachykardie**



2) 12x15M ALL OUT SHUTTLE TEST



OPEN ACCESS

EDITED BY
Filipe A. B. Sousa,
Federal University of Alagoas, Brazil

REVIEWED BY
Alisson M. A. R. N. S. M.,
Federal University of Paraná, Brazil
Cristian Romagnoli,
Università telematica San Raffaele, Italy

*CORRESPONDENCE
Matej Vajda,
✉ matej.vajda@uniba.sk

RECEIVED 13 August 2023
ACCEPTED 09 October 2023
PUBLISHED 01 November 2023

CITATION
Vajda M, Krupa F, Busta J and Pratt J
(2023), Test–retest reliability of four
flatwater performance-related tests in
canoe slalom athletes.
Front. Physiol. 14:1277057.

Test–retest reliability of four flatwater performance-related tests in canoe slalom athletes

Matej Vajda^{1*}, Felix Krupa², Jan Busta³ and Jaylene Pratt⁴

¹Hamar Institute for Human Performance, Faculty of Physical Education and Sports, Comenius University, Bratislava, Bratislava, Slovakia, ²Faculty of Physical Education and Sports, Comenius University, Bratislava, Slovakia, ³Department of Swimming Sports, Faculty of Physical Education and Sport, Charles University, Prague, Prague, Czechia, ⁴Auckland University of Technology, Auckland, Auckland, New Zealand

Purpose: This study aims to evaluate the test–retest reliability of four flatwater performance-related tests in canoe slalom athletes.

Methods: Twenty-two Slovak national team members of junior and U23 age group racing in a category K1 men (K1M), K1 women (K1W) or C1 men (C1M) volunteered to take part in this study. During both test and retest testing sessions athletes performed 4 flatwater tests: SPS—Sprints with a turn to the preferred side

- Test velmi vysoce korelovaný s výkonem v závodě
- Jeho součástí je tenzometrie zobrazující sílu záběru, frekvenci pádlování, impuls síly a především pokles záběrové síly v čase
- Sportovec má vlastní pádlo, na kterém je tenzometr, na lodi je umístěn akcelerometr
- C1 mohou přehazovat
- Videozáznam (porovnání s nejrychlejšími jezdci a odpověď na otázku *kde ztrácím?* + posouzení techniky pádlování)
- V Kayak-crossu se test proveden na poloviční vzdálenost na crossových brankách



Výstup z 12x15 ALL OUT SHUTTLE TEST

- Čas + porovnání s ostatními (Jak jsem na tom?)
- Mezičasy + porovnání s ostatními (ve které části ztrácím?)
- Síla záběru + pokles této síly v čase (jaká je síla mého záběru a jak klesá s rostoucí únavou?)
- Analýza techniky pádlování (Je efektivní? Jede lod' za záběrem?)
- Jaká je moje laktátová tolerance?
- Stanovení záběrové efektivity (Jak rychle dokážu zrychlit do plné rychlosti?)



Výsledky K1

ON-WATER 12X15M ALL OUT TEST						
split 1	split 2	split 3	split 4	split 5	split 6	total time
12,88	13,79	14,24	14,86	15,36	15,39	86,51
13,15	13,98	14,55	14,72	14,93	15,78	87,12
13,17	13,96	14,5	15,19	15,86	16,35	89,03
12,71	13,69	14,65	15,45	16,02	16,79	89,31
12,93	14,16	15,33	15,67	15,69	15,67	89,46
13,12	14	14,95	15,75	16,35	16,7	90,87
13,5	14,34	14,91	15,59	16,16	16,42	90,93
13,28	14,42	15,26	15,84	16,17	16,24	91,22
13,27	14,21	15,47	15,78	16,55	16,76	92,03
14,14	14,93	15,2	15,45	16,02	16,34	92,08
13,58	14,29	14,98	15,76	16,68	17,03	92,33
13,72	14,54	15,4	15,84	16,49	16,4	92,38
13,9	14,88	15,58	15,64	16,09	16,4	92,49
13,97	14,9	15,53	16,02	16,33	16,4	93,16
13,95	14,9	15,67	15,88	16,52	16,28	93,16
14,25	15,12	15,73	15,77	16,17	16,19	93,23
13,43	14,61	15,54	16,24	17,1	17,38	94,31
13,84	14,51	15,39	16,27	17,05	17,4	94,46
14,19	15,15	15,81	16,38	16,77	16,76	95,06
14,74	15,52	15,71	16,38	16,42	16,38	95,15
14,03	14,66	16,02	16,66	17,01	17,41	95,77
14,77	15,24	16,09	16,59	16,96	16,91	96,45



Výsledky K1W

ON-WATER 12X15M ALL OUT TEST						
Split 1	Split 2	Split 3	Split 4	Split 5	Split 6	Total time
14,55	15,29	15,98	16,42	17	16,68	95,94
14,85	15,64	16,26	16,93	17,16	17,16	98
14,99	15,74	16,47	16,98	17,44	17,9	99,52
15,4	16,17	16,87	17,48	17,37	17,56	100,85
15,42	16,17	16,9	17,3	17,6	17,61	101
15,86	16,76	17,33	17,38	17,15	17,33	101,81
15,43	15,84	16,74	17,31	18,24	18,48	102,04
16,29	16,76	17,56	17,37	17,61	17,45	103,04
15,46	16,14	17,27	17,79	18,28	18,18	103,12
15,99	16,57	17,12	17,49	17,86	18,13	103,16
16,54	16,9	17,1	17,65	17,91	17,61	103,71
15,95	17,04	17,52	17,51	17,84	18,24	104,11
16,15	16,98	17,26	18,09	18,32	17,9	104,7
16,18	16,8	17,52	18,09	18,42	18,33	105,33
16,57	17,23	18,18	17,85	18,52	18,43	106,79
17,19	17,67	17,8	17,9	18,07	18,6	107,24
16,28	17,37	17,73	18,78	18,96	19	108,12
16,74	17,65	18,55	18,55	18,6	18,46	108,55



Výsledky C1

ON WATER 12X15 ALL OUT TEST						
split 1	split 2	split 3	split 4	split 5	split 6	total time
14,52	15,31	15,96	16,31	16,67	16,61	95,37
14,94	15,77	16,38	16,37	17	16,74	97,19
14,67	15,62	16,24	16,94	16,95	17,1	97,52
15,06	15,99	16,4	16,66	16,78	17,02	97,91
15,12	15,55	16,24	16,75	17,01	17,25	97,92
14,6	15,69	16,42	16,9	17,18	17,64	98,43
15,45	16,26	16,31	16,91	17,3	17,22	99,46
15,38	16,47	16,53	17,15	17,31	17,01	99,84
15,05	16,38	16,55	17,62	17,78	17,92	101,3
15,83	16,58	16,9	17,24	17,57	17,24	101,36
15,48	16,26	16,67	17,64	17,88	17,69	101,62
15,24	16,11	17,13	17,68	18,04	18,06	102,26
16,08	16,51	16,95	17,93	17,88	17,85	103,2
15,4	16,4	17,07	17,8	18,33	18,35	103,35
16,2	16,61	16,94	17,69	18,02	17,96	103,42
15,64	16,7	17,35	18,03	18,32	18,05	104,08
16,3	16,79	17,06	17,47	18,15	18,29	104,06
16,18	16,66	17,23	17,58	18,28	18,59	104,51
15,9	16,87	17,52	18,08	18,35	18,85	105,56
16,27	16,72	17,05	18,09	18,9	19,02	106,04
15,57	16,83	17,68	18,31	18,8	18,87	106,06
16,64	17,59	17,88	18,13	18,21	18,25	106,69

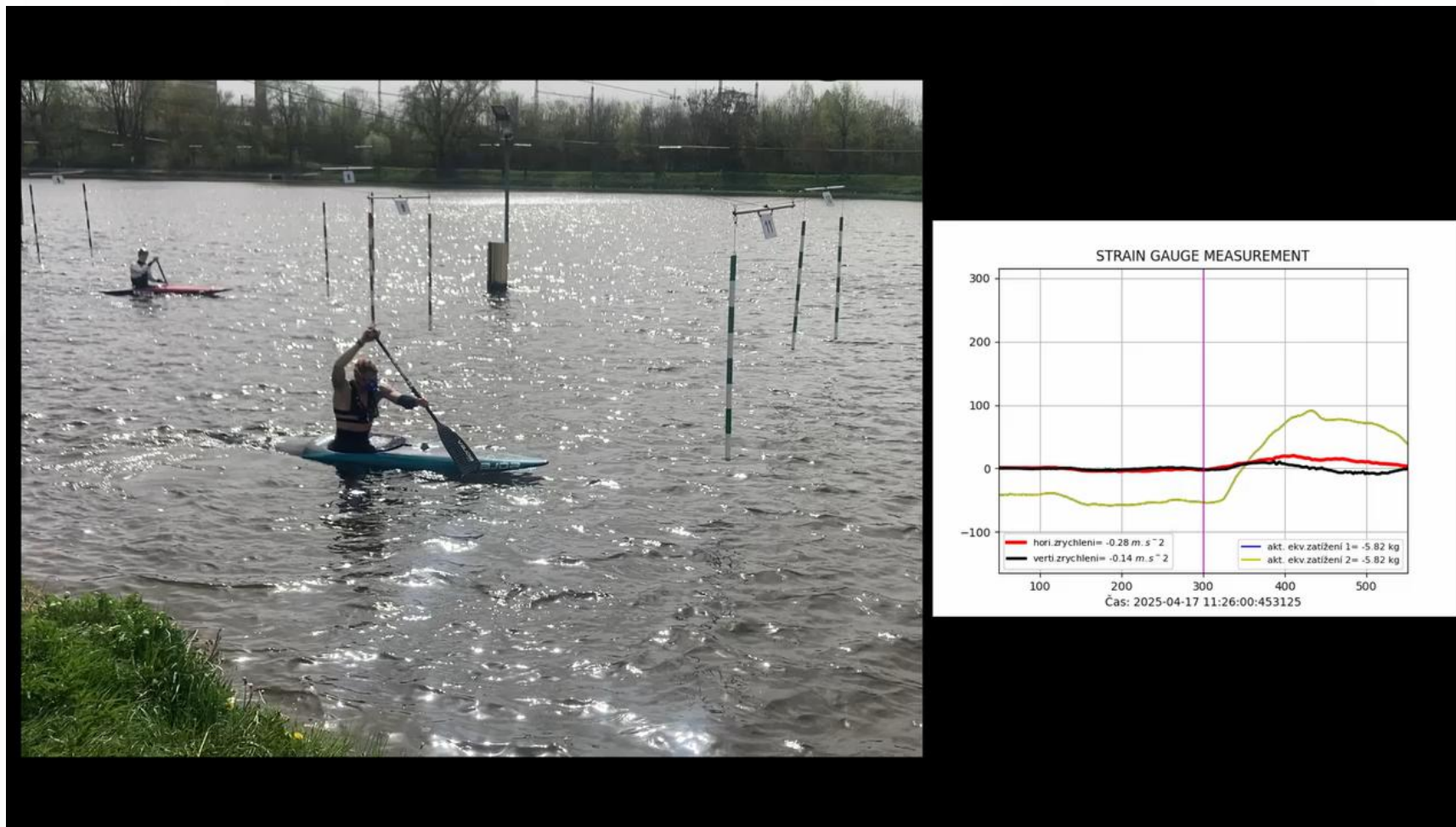


Výsledky CTW

ON-WATER 12X15M ALL OUT TEST						
split 1	split 2	split 3	split 4	split 5	split 6	total time
16,37	17,4	17,56	18,16	18,44	18,94	106,87
16,99	17,72	17,91	18,18	18,65	18,58	108,03
17,25	17,69	17,98	18,28	18,58	18,47	108,25
18,28	18,21	18,83	19,27	19,43	19,52	113,54
18,37	18,76	19,14	19,37	19,08	19,13	113,85
17,54	18,61	19,34	19,81	19,77	19,79	114,86
19,21	19,59	20,51	20,01	20,28	19,88	119,48



Tenzometrická data



Co sledovat...?

- Nejdůležitější je rychlost lodě
- Zrychlení z „protivod“
- Síla záběru (?), pokles síly záběru v čase
- Držení těla
- Brzdné síly (odklon, houpání)



3) Analýza tělesné stavby a tělesného složení



- Nejmodernější přístroj: hmotnost, FFM, % tuku, rozložení hmotnosti aj.
- Antropometrie se vztahem k výkon: výška, rozpětí paží, klíčové obvody





Handgrip test

- Velmi základní posouzení silových schopností
- Doptáváme se na silové výkony z testování



Pro koho je KSD určena?

- Vrcholoví sportovci a sportovkyně: juniorská reprezentace, U23 reprezentace, seniorská reprezentace + nejtalentovanější závodníci SCM
- Cenné je otestovat nejlepší lodě v kategoriích, abychom měli referenční hodnoty pro porovnání
- Všechny lodní kategorie



Co na konci diagnostiky získám? VÝHODY PRO SPORTOVCE A TRENÉRY

- Komplexní protokol s identifikací limitací výkonu a tréninkovými doporučeními
- Protokoly z diagnostik, jejichž zpracování by na komerční bázi stálo cca. 15 000,- korun
- Konzultace a doporučení pro další trénink (**společně s trenérem!**)
- Vyplacení cestovného
- Zajištěna strava



Nechám se otestovat... kdo všechno to vidí a co se stane s mými daty?

- Výzkum **schválen Etickou komisí UK FTVS**
- Účast je dobrovolná
- Data podléhají tajemství a je **zveřejněno pouze to, k čemu bude dopředu udělen souhlas**

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-[Veleslavín](#)

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

Název projektu:	HIGH PERFORMANCE PROGRAM: Komplexní simultánní diagnostika specifického výkonu ve vodních sportech
Forma projektu:	výzkumná práce
Období realizace:	04/2025 – 12/2025
Předkladatel:	PhDr. Jan Busta, Ph.D.
Hlavní řešitel:	PhDr. Jan Busta, Ph.D.
Místo výzkumu (pracoviště):	Katedra plaveckých, vodních a technických sportů, Biomedicínská laboratoř UK FTVS a Katedra biomedicínského základu, Katedra atletiky, sportů a pobytu v přírodě, Český svaz kanoistů, z. s., Český veslařský svaz, z. s., Labe Arena Račice – veslařská dráha, Loděnice FTVS UK Troja.
Spoluřešitel(é):	Mgr. Jaroslav Hellebrand, doc. PhDr. Jiří Baláš, Ph.D., Mgr. Radka Bačáková, Ph.D., PhDr. Milan Bílý, Ph.D., Mgr. Tomáš Mačas, Ph.D., Ing. Jakub Zavřel, Ing. Martin Kucián, MUDr. Eliška Olivíková, Ing. Stanislav Ježek
Vedoucí práce:	PhDr. Jan Busta, Ph.D.
Finanční podpora:	Program vědeckého-výzkumné podpory vrcholových českých sportovců: HIGH PERFORMANCE PROGRAM Českého olympijského výboru



VÝHODY PRO VODNÍ SLALOM A SVAZ



Case Report

Performance Prediction Criteria Based on Yearling Training Cycle Data for World-Class Athletes' Tiny 1000-Meter Kayak Teams: A Case Study

Stanislav Dadelo ^{1,*}, Ričardas Nekriošius ² and Rūta Dadelienė ³

¹ Department of Entertainment Industry, Vilnius Gediminas Technical University, 10223 Vilnius, Lithuania

² Department of Coaching Science, Lithuanian Sports University, 44221 Kaunas, Lithuania; ricardas.nekriosius@lsu.lt

³ Institute of Health Sciences, Vilnius University, 01513 Vilnius, Lithuania; ruta.dadeliene@mif.vu.lt

* Correspondence: s.dadelo@vilniustech.lt

Abstract: This research aimed to identify optimal performance needs based on physiological tests of kayakers, revealing body adaptations and critical training periods within a yearly training cycle. It sought to develop performance selection protocols for teams and provide evidence-based strategies for future training. **Methods:** The male athletes underwent routine physiological testing, considering medical limitations. A preparation year plan was established: six months for preparation, one month for the first competition, two months for further preparation, one month for the second competitor, and two months for transition.

- Školení trenérů (sobota, 13. prosinec 2025).
- Nová metodická publikace obsahující nejen výsledky měření, ale především provázanost s desítkami zahraničních vědeckých studií publikovaných v posledních letech.
- Podklady pro dokonalejší vzdělávání vysokoškolsky vzdělaných trenérů.



Děkuji za pozornost



KONTAKT

Jan Busta

jan.busta@ftvs.cuni.cz

+420 774 214 412

VICTORIA VSC & FTVS





**Univerzita
Karlova**

Fakulta tělesné výchovy a sportu

**MĚNÍME
SVĚT POHYBEM**



**MOTION
IS OUR PASSION**

www.ftvs.cuni.cz