

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

**ANALÝZA OBRÁTKOVÉHO ÚSEKU ZE ZNAKU NA PRSA V  
DISCIPLÍNĚ 200 METRŮ POLOHOVÝ ZÁVOD**

Diplomová práce

Autor: Bc. Jan Slíva

Studijní program: Trenérství a management sportu

Vedoucí práce: Mgr. Jakub Březina

Olomouc 2023



## Bibliografická identifikace

**Jméno autora:** Bc. Jan Slíva

**Název práce:** Analýza obrátkového úseku ze znaku na prsa v disciplíně 200 metrů polohový závod

**Vedoucí práce:** Mgr. Jakub Březina

**Pracoviště:** Katedra společenských věd v kinantropologii

**Rok obhajoby:** 2023

### Abstrakt:

**Východiska:** Tato diplomová práce se zaměřuje na analýzu a hodnocení obrátkového úseku ze znaku na prsa v polohovém závodě na 200 metrů při závodech mistrovství Evropy na dlouhém bazénu. Práce analyzuje čtyři typy obrátek: Open, Somersault, Bucket a Crossover.

**Cíle:** Cílem studie je porozumět vlivu sledovaného obrátkového úseku na výsledný čas, zkoumat, jak se různé typy obrátek promítají do výkonu plavců a jak lze optimalizovat jejich provedení pro dosažení nejlepších výsledků. **Metodika:** Práce analyzovala videozáznamy závodů mistrovství Evropy na dlouhém bazénu v letech 2016-2021 a zahrnovala 64 plavkyň a 60 plavců s výkonovým rozpětím  $849 \pm 43$ , respektive  $856 \pm 40$  FINA bodů. **Výsledky:** Existuje silný vztah mezi časem obrátkového úseku ze znaku na prsa a výsledným časem ( $r=0,71$  u mužů,  $r=0,74$  u žen). Nejlepších výsledků je dosaženo při využití obrátky Crossover u obou pohlaví. Úsek 5 metrů od stěny má silný vliv na celkový čas obrátkového úseku ( $r=0,69$  u mužů,  $r=0,59$  u žen). **Závěry:** Pro dosažení nejvyšší výkonnosti v polohovém závodě je důležité optimalizovat obrátkový úsek ze znaku na prsa a využívat při jeho provedení obrátku Crossover.

### Klíčová slova:

Plavání, polohový závod, obrátkový úsek, obrátka ze znaku na prsa, crossover, mistrovství Evropy

Studie vznikla v rámci projektu IGA (IGA\_FTK\_2022\_008) „analýza vnitřních mechanismů plaveckého závodního výkonu: porozumění výkonnosti u elitních světových plavců a plavců s ploutvemi“.

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

## Bibliographical identification

**Author:** Bc. Jan Slíva  
**Title:** Analysis of the turn segment from backstroke to breaststroke in the 200-meter individual medley race

**Supervisor:** Mgr. Jakub Březina  
**Department:** Department of Social Sciences in Kinanthropology  
**Year:** 2023  
**Abstract:**

**Background:** This master's thesis focuses on the analysis and evaluation of the backstroke to breaststroke turn segment in the 200-meter individual medley race at the long course European Championships in swimming. The study examines four types of turns: Open, Somersault, Bucket, and Crossover. **Objectives:** The aim of this study is to understand the influence of the observed backstroke to breaststroke turn segment on the final time, explore how different types of turns affect swimmers' performance, and optimize their execution to achieve the best results. **Methods:** The research involved analyzing video recordings of European Championships races held between 2016 and 2021. The dataset comprised 64 female swimmers and 60 male swimmers, with performance ranging from  $849 \pm 43$  to  $856 \pm 40$  FINA points. **Results:** A strong correlation was found between the breaststroke turn segment time and the overall time ( $r=0.71$  for males,  $r=0.74$  for females). The best results were achieved using the Crossover turn for both genders. Additionally, the 5-meter distance from the wall had a strong impact on the overall time of the turn segment ( $r=0.69$  for males,  $r=0.59$  for females). **Conclusions:** To achieve the highest performance in the race, it is crucial to optimize the backstroke to breaststroke turn segment and utilize the Crossover turn technique during its execution.

### Keywords:

Swimming, individual medley, turn segment, backstroke to breaststroke turn, crossover, European championships

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Jakuba Březiny, uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

Ve Zlíně dne 28. června 2023

.....

Děkuji Mgr. Jakubu Březinovi za cenné rady, doporučení a asistenci při vypracování této diplomové práce.

## OBSAH

1	Úvod .....	10
2	Přehled poznatků .....	12
2.1	Polohový závod.....	12
2.1.1	Pravidla polohového závodu .....	13
2.1.2	Plavecký výkon v disciplíně 200 m polohový závod .....	13
2.2	Plavecký způsob prsa.....	14
2.3	Plavecký způsob znak .....	15
2.4	Působení fyzikálních sil ve vodním prostředí.....	15
2.5	Hnací síly.....	16
2.6	Hnací síly u prsového způsobu .....	16
2.6.1	Prsový záběr .....	17
2.6.2	Prsový kop .....	17
2.6.3	Celková účinnost plaveckého způsobu prsa.....	18
2.7	Hnací síly u znakového způsobu .....	19
2.7.1	Hnací síla horních končetin .....	19
2.7.2	Hnací síla dolních končetin.....	20
2.8	Brzdící neboli odporové síly.....	20
2.8.1	Laminární a turbulentní proudění .....	20
2.8.2	Odpor tření.....	21
2.8.3	Tvarový odpor .....	23
2.8.4	Vlnový odpor .....	24
2.9	Části plaveckého závodu.....	26
2.9.1	Obrátkový úsek.....	27
2.9.2	Obrátka.....	27
2.9.3	Fáze pod vodou .....	28
2.10	Obrátkový úsek ze znaku na prsa v polohovém závodě.....	29
2.10.1	Nájezd ze znaku na prsa v polohovém závodě.....	29
2.10.2	Obrátka ze znaku na prsa v polohovém závodě.....	29
2.10.3	Technika jednotlivých typů obrátek ze znaku na prsa v polohovém závodě ....	31

2.10.4	Charakteristika rychlé obrátky ze znaku na prsa v polohovém závodě.....	32
2.10.5	Porovnání jednotlivých typů obrátek ze znaku na prsa v polohovém závodě ..	33
2.10.6	Odraz.....	33
2.10.7	Trénink odrazu.....	35
2.10.8	Splývání.....	36
2.10.9	Pohybový cyklus pod hladinou u prsou .....	36
2.11	Analýza plaveckého výkonu .....	39
2.11.1	Závodní analýza .....	39
2.11.2	Analýza plavecké techniky.....	40
2.12	Faktory plaveckého výkonu .....	41
3	Cíle .....	44
3.1	Hlavní cíl.....	44
3.2	Dílčí cíle .....	44
3.3	Výzkumné otázky .....	44
4	Metodika.....	45
4.1	Výzkumný soubor.....	45
4.2	Metody sběru dat .....	45
4.3	Statistické zpracování dat .....	46
5	Výsledky.....	48
5.1	Zhodnocení obrátkového úseku ze znaku na prsa u mužů.....	49
5.2	Zhodnocení jednotlivých typů obrátek ze znaku na prsa u mužů.....	51
5.3	Zhodnocení obrátkového úseku ze znaku na prsa u žen .....	53
5.4	Zhodnocení jednotlivých typů obrátek ze znaku na prsa u žen.....	55
5.5	Souhrn výsledků.....	58
6	Diskuse.....	59
6.1	Vliv obrátkového úseku ze znaku na prsa na výsledný čas.....	59
6.2	Porovnání jednotlivých typů obrátek ze znaku na prsa .....	59
6.3	Porovnání částí obrátkového úseku.....	60
6.4	Nejvyužívanější typ obrátky ze znaku na prsa .....	60
7	Závěry .....	62
8	Souhrn .....	63
9	Summary.....	64



10	Referenční seznam .....	65
11	Přílohy.....	73
11.1	Vyjádření etické komise.....	73

# 1 ÚVOD

Plavání je objektivním, měřitelným sportem, kde o vítězi a poraženém rozhoduje pouze a jen čas. V plaveckých závodech je každá setina sekundy klíčová a může rozhodnout o úspěchu nebo neúspěchu. Proto je hlavním cílem každého plavce dosáhnout co nejrychlejšího času. Dosažení tohoto cíle vyžaduje nejen vynikající kondiční schopnosti, ale také ovládnutí široké škály plaveckých dovedností.

Tato diplomová práce bude zaměřena na analýzu a hodnocení obrátkového úseku a různých typů obrátek používaných ze znaku na prsa v polohovém závodu na vzdálenosti 200 metrů při závodech mistrovství Evropy na dlouhém bazénu. Cílem je porozumět, jaký má sledovaný obrátkový úsek vliv na výsledný čas, jakým způsobem se různé obrátky promítají do výkonu plavců, a jak lze optimalizovat jejich provedení pro dosažení co nejlepších výsledků.

Polohový závod patří mezi nejnáročnější a nejkompexnější plavecké disciplíny, jelikož plavci musí v průběhu jednoho závodu zvládat plavat všemi čtyřmi plaveckými způsoby – motýlkem, znakem, prsou a volným způsobem – a to v přesně daném pořadí (FINA, 2017). Specifikum polohového závodu se však neskryvá pouze ve střídání čtyř plaveckých způsobů, ale zároveň v používání odlišných typů obrátek mezi jednotlivými způsoby (Neuls, Viktorjeník, Dub, Kunicki, & Svozil, 2018). V neposlední řadě musí plavci zvládat různé techniky plavání pod hladinou po provedení obrátky. Souhrn všech těchto dovedností a jejich kvalitní provedení je základem pro úspěch v polohových závodech (Bjørn H. Olstad, Gonjo, Conceição, Šťastný, & Seifert, 2022).

Současné výzkumy, zaměřující se na analýzu plaveckého výkonu, stále více zdůrazňují důležitost tzv. acyklických částí závodu – startů a obrátek. Samotná rychlost plavání se v posledních letech ustálila, avšak nejlepší plavci své výkony stále zlepšují díky lepším provedením acyklických částí závodu (Born, Romann, & Stöggl, 2022).

Obrátka ze znaku na prsa je ze všech obrátek v polohovém závodech nejvíce variabilní. Dle pravidel FINA (2017) se plavec musí stěny dotknout na zádech a odrazit se na prsou, mezi tím je mu umožněno se přetočit libovolným způsobem. To dovoluje plavcům využívat různé způsoby otočení. V závodním plavání se setkáme se čtyřmi druhy obrátek ze znaku na prsa: Open, Somersault, Bucket a Crossover (Chainok, de Jesus, et al., 2022). V plavání není žádná jiná dovednost, která by byla právě tak rozdílná, jako způsob obrátky ze znaku na prsa. I přes to existuje jen málo studií zkoumajících, která obrátka je pro plavce vlastně nejlepší volbou (Chainok, de Jesus, et al., 2022).

Purdy, Hurley, Bengry a Jensen (2012) porovnávali tři typy obrátek – Open, Bucket a Crossover – pomocí silových plošin, kdy měřili produkovanou sílu v čase na stěně. Nejlepších

výsledků dosáhla obrátka Bucket, kdy plavkyně ve studii při ní vyprodukovali největší sílu, a zároveň v nejkratším čase. Avšak účastnice studie nedosahovaly tak vysoké úrovně výkonnosti a jejich preferovaným typem obrátky do té doby byla obrátka Open, která je provedením nejjednodušší a nejpodobnější právě obrátce Bucket (Chainok, de Jesus, et al., 2022). Obrátka Crossover naopak vyžaduje větší technickou zdatnost, než obrátka Open (Chainok, de Jesus, et al., 2022), a tak pouze dvoutýdenní nácvik této obrátky před samotným testováním nemusel být dostatečný pro objektivní hodnocení této techniky otočení.

Chainok (2022) ve své disertační práci zpracoval výzkumné studie zaměřujících se na obrátky ze znaku na prsa u žactva. Zaměřil se na postupné porovnání čtyř typů obrátek v oblastech: biomechanika, dynamometrie, hydrodynamika a kinematika. Z výsledků práce vychází, že obrátka Crossover při správném provedení má největší potenciál k dosažení nejlepších časů. Limitace práce je však ve věku zkoumaných účastníků. Plavci v žákovském věku ještě nejsou tak technicky a silově vybaveni jako plavci účastníci se mistrovských kontinentálních soutěží v kategorii dospělých.

Tato práce se prostřednictvím detailního rozboru technických aspektů obrátek, jako je načasování, rotace, odraz a jejich vliv na navazující plavecké úseky, snaží vytvořit ucelený pohled na jejich vliv na výkonnost plavců na nejvyšší úrovni v disciplíně 200 m polohový závod. Dále budou zkoumány souvislosti dílčích částí obrátkového úseku na celý obrátkový úsek a spojitost provedené obrátky a podaného výkon, aby bylo možné identifikovat klíčové faktory, které přispívají k úspěšnému provedení obrátek a rychlému plaveckému výkonu.

Tato diplomová práce přinese nové informace ohledně obrátek ze znaku na prsa u plavců dosahujících vrcholné výkonnosti. Výsledky následně přispějí k lepšímu porozumění obrátek ze znaku na prsa a pomohou plavcům zefektivnit jejich tréninkové postupy s cílem dosáhnout vynikajících výsledků v této náročné disciplíně.

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

V přehledu poznatků se budeme věnovat popisu jednotlivých částí, abychom dospěli k hlubšímu porozumění zkoumaného tématu. Budeme se věnovat plaveckému způsobu znak a prsa, fyzikálním silám působícím ve vodním prostředí, jednotlivým částem plaveckého závodu a jejich analýze. V neposlední řadě se podíváme na literaturu, která se věnovala obrátkovému úseku za znaku na prsa v polohovém závodě a jejím jednotlivým částem.

### 2.1 Polohový závod

V polohovém závodě plave závodník čtyřmi plaveckými způsoby v tomto pořadí: motýlek, znak, prsa a volný způsob. Každý způsob musí pokrývat jednu čtvrtinu celkové délky závodu. (FINA, 2017)

Avšak nebylo tomu vždycky tak. První zmínky o polohovém závodě se datují z padesátých let 20. století, ještě před oficiálním vznikem plaveckého způsobu motýlek. V tu dobu se plavalo pouze třemi platnými způsoby – prsa, znak a kraul. Závody tedy byly dlouhé buď tři nebo šest délek. Po uznání motýlka jako samostatného plaveckého způsobu v roce 1952 se polohový závod rozšířil do podoby, která je stejná až po současnost. Do programu olympijských her byl polohový závod na 400 metrů zařazen od roku 1964, poloviční distance je pravidelně součástí nejprestižnější plavecké soutěže od roku 1984. Nejkratší polohový závod na 100 metrů se plave pouze na 25metrovém bazénu. (Swim England, 2023)

V současnosti se podle Českého svazu plaveckých sportů (2022) oficiálně závodí v těchto disciplínách polohového závodu: 100 m polohový závod (jen na 25 m bazénu), 200 m polohový závod a 400 m polohový závod.

Specifikum polohového závodu se neskývá pouze ve střídání čtyř plaveckých způsobů, ale zároveň v používání odlišných typů obrátek mezi jednotlivými způsoby, kdy z motýlku na znak plavci dohmatávají na břicho a odráží se na zádech, ze znaku na prsa se otáčí ze zad zpět na břicho pomocí několika různých možností obrácení a z prsou na volný způsob využívají otevřenou obrátku (Neuls et al., 2018). V neposlední řadě musí plavci zvládat různé techniky plavání pod hladinou po provedení obrátky, kdy u motýlku, znaku a volného způsobu využívají motýlové vlnění, zatímco u prsou používají rozložený pohybový cyklus pod hladinou. Souhrn všech těchto dovedností a jejich kvalitní provedení je základem pro úspěch v polohových závodech (Bjørn H. Olstad et al., 2022).

### **2.1.1 Pravidla polohového závodu**

Každou část závodu je třeba plavat i dokončit v souladu s příslušnými pravidly pro daný plavecký způsob. U podvodní části obrátkových úseků je tedy plavcům dovoleno být u motýlku, znaku a volného způsobu zanoření do hranice 15 metrů. Podvodní fáze u prsou není vzdáleností nijak omezena, je však pevně stanoveno její technické provedení, kdy plavec může provést jeden záběr pažemi až k nohám, během kterého může být plavec zanořen. Kdykoli před prvním prsovým kopem po startu a po každé obrátce je povolen jeden motýlkový kop (FINA, 2017).

Velice důležitým pravidlem je dokončení znakového úseku. Podle FINA (2017) se plavec při dohmatu na stěnu musí v přidělené dráze dotknout v poloze nznak. Normální poloha nznak dovoluje rotaci těla z vodorovné polohy až do 90 stupňů od vodorovné polohy, nikoli však včetně. Rozhodující je především poloha těla, poloha hlavy není rozhodující faktor. Plavci si musí při provádění obrátek ze znakového úseku na prsový úsek dát pozor, aby nedohmátli již v pozici na bříše. Především jeden typ obrátky – Crossover – je velice riskantní, jelikož plavec dohmatává právě téměř na úrovni 90 stupňů, více v kapitole „Obrátka ze znaku na prsa v polohovém závodě“.

### **2.1.2 Plavecký výkon v disciplíně 200 m polohový závod**

Vzhledem k výzkumnému cíli této diplomové práce se zaměřuji na 200 m polohový závod plavaném na dlouhém bazénu. Toto rozdělení podle délky bazénu je důležité, jelikož v polohových závodech na krátkém bazénu jsou plavci rychlejší průměrně o  $4.3 \pm 3.2$  %, oproti stejné disciplíně plavané na dlouhém bazénu. (Wolfrum, Rüst, Rosemann, Lepers, & Knechtle, 2014)

Celkový výkon na 200 m polohový závod trvá u plavců na elitní úrovni od 114 s do 120 s, kdy čas potřebný ke kvalifikaci na olympijské hry v Paříži v roce 2024 je 1:57,94. U plavkyň se výsledný čas pohybuje mezi 126 s až 133 s, přičemž kvalifikační čas na olympijské hry v Paříži je 2:11,47. (Strnad, 2023)

Procentuální zastoupení jednotlivých způsobů (v pořadí motýlek–znak–prsa–volný způsob) v rámci celkového času bylo u mužů na vrcholných soutěžích od roku 2000 do roku 2011 21,7–25,3–29,0–24,0 %. U žen ve stejném sledovaném období bylo procentuální rozložení 21,8–25,5–29,1–23,6 % (Saaverdra, Escalante, Garcia-Hermoso, Arellano, & Navarro, 2012). Můžeme tedy vidět, že prsa jsou způsob, které zabírají nejvíce času z celkového výsledku. Zároveň se jedná o způsob, který je mezi závodníky nejvíce variabilní z pohledu čisté rychlosti. Kroll (2021) ve své analýze nejlepších 16 závodníků v polohových závodech z Olympijských her roku 2016 a mistrovství světa 2017 a 2019 zjistil, že časový rozptyl jednotlivých úseků byl u mužů: 2,02–2,99–

3,40–3,09 a u žen: 2,64–3,49–4,96–4,67. Z toho vyplývá, že se největší rozdíly mezi plavci tvoří právě na třetím (prsovém) úseku polohového závodu. Plavci excelující v prsovém způsobu jsou díky jejich největšímu časovému zastoupení v polohovém závodě schopni získat větší náskok oproti plavcům, kteří mají tento způsob na horší úrovni.

Plavci v polohovém závodě jsou schopni dosahovat podobných mezičasů, jako specialisté na jeden určitý způsob. Gonjo, Polach, Olstad, Romann, a Born (2022) porovnávali plavce na 200 m polohově se specialisty na 200m závod plavaný pouze jedním způsobem. Například znak je druhý způsob v polohovém závodě, takže porovnávali tento úsek s druhým mezičasem disciplíny 200 m znak. Při porovnávání několika metrik došli k výsledku, že největší rozdíly jsou na prsovém úseku, kdy specialisté na prsové disciplíny dosahují při třetím úseku na 200 m prsa o 3–4,5 % vyšší čisté rychlosti plavání. Specialisté také dosahovali až o 17 % větší délku záběrového cyklu oproti závodníkům v polohovém závodě, zatímco frekvence obou skupin byla stejná, což značí lepší efektivitu prsové techniky u specialistů. Autoři této studie vzhledem k výsledkům doporučují plavcům závodícím v polohovém závodě se zaměřit na trénink prsové techniky.

## 2.2 Plavecký způsob prsa

Prsa jsou nejstarším plaveckým způsobem. Ve dvacátém století si prošly celou řadou technických změn. Největší změna nastala v 80. letech, kdy bylo umožněno plavcům pokládat hlavu do vody a dostat se tak to hydrodynamické polohy. (Hannula & Thornton, 2001)

Prsový způsob je upraven největším množstvím pravidel ze všech plaveckých způsobů. Mezi pravidla, která cíleně určují techniku patří:

- Od začátku prvního záběru pažemi, po startu a po každé obrátce musí tělo plavce spočívat na prsou
- Od startu po celou dobu závodu musí po záběru pažemi následovat kop nohou v tomto pořadí. Všechny pohyby pažemi musí být současné, ve stejné horizontální rovině a bez střídavých pohybů. Všechny pohyby nohama musí být prováděny současně a ve stejné vodorovné rovině bez střídavých pohybů
- Paže musí být vytrčeny současně vpřed od prsou na hladině vody, pod ní nebo nad vodou. Lokty musí být ponořeny pod vodou s výjimkou posledního záběru před obrátkou, v průběhu obrátky a při posledním záběru v cíli. Paže se musí vracet zpět na hladině nebo pod hladinou. Ruce nesmí při záběru překročit úroveň kyčlí, s výjimkou prvního tempa po startu a po každé obrátce.

- Chodidla musí být v aktivní části kopu otočena směrem ven. Nůžkový pohyb, střídavý kop nebo pohyb nohou směrem dolů jako při delfínu není povolen.
- V průběhu každého celého cyklu (záběr paží a nohou) musí nějaká část hlavy plavce protínat hladinu vody. (FINA, 2017)

### 2.3 Plavecký způsob znak

Znak je jediný plavecký způsob plavaný na zádech. Znaková technika je odvozena z kraulové techniky, tudíž u nich najdeme podobné technické prvky, jako je technika kopání, rotace a střídavá práce paží. (Čechovská & Miler, 2008)

Z důvodu plavání na zádech se do popředí dostává nejen významnost dokonalého technického provedení, ale též otázka horší orientace. Seriózně musí plavci adresovat možné riziko zranění (Neuls et al., 2018)

Dle pravidel plavání při znaku plavec musí jakákoliv část těla plavce protínat vodní hladinu, dovoleno je být zanořen po startu a obrátce do vzdálenosti 15 metrů. Při samotném plavání musí udržovat polohu naznak, což dovoluje otáčení celého těla z vodorovné polohy až do 90 stupňů od vodorovné osy. To platí i při dohmatu na stěnu, jak bylo popsáno v kapitole 2.1.1. (FINA, 2017)

### 2.4 Působení fyzikálních sil ve vodním prostředí

Důležitým mezníkem ve vývoji plavání byl počátek zkoumání fyzikálních principů, ovlivňujících pohyb člověka ve vodním prostředí. Roku 1794 napsal italský mnich Oronzio de Bernardi učebnici plavání, ve které se zmiňuje o uplatnění Archimédova zákona na plavající tělo či vztlaku vody jakožto podstatě plavání. (Kučerová, 2013)

Plavání je výsledkem působení vnitřních (svalových) sil a vnějších (hydrodynamických) sil. Při pohybu plavce v bazénu vznikají hydrodynamické síly, díky kterým se tvoří propulze. Současně však vzniklé hydrodynamické síly plavce brzdí. Proto je nutné rozlišit síly hnací a brzdící neboli odporové. (Neuls et al., 2018)

„Optimalizace rychlosti plavání zahrnuje interakci hnacích a odporových sil“ (Benjanuvatra, Blanksby, & Elliott, 2001). Zkušenější plavci zlepšují techniku zvýšením hnací síly, a zároveň díky minimalizaci hydrodynamického odporu (D. Marinho, Barbosa, Rouboa, & Silva, 2011).

## 2.5 Hnací síly

Hnací síla v plavání se vztahuje k síle generované plavcem prostřednictvím činností horních a dolních končetin k podpoře pohybu vpřed. Existuje však malé povědomí o roli, kterou může hnací síla hrát, když interaguje s jinými proměnnými. I když je hnací síla klíčovým faktorem pro zlepšení rychlosti plavání, zdá se být velmi důležité pochopit její interakci s jinými klíčovými faktory, jako je třeba odpor prostředí. (Morais, Barbosa, Nevill, Cobley, & Marinho, 2022)

Při pohybu plavce vpřed je jeho vlastní tělo jeho největší brzdou. Části těla, které se aktivně nepodílejí na lokomoci (hlava a trup) a části horních a dolních končetin, které nevytváří hnací sílu, jsou zdrojem odporu proti pohybu. (Neuls et al., 2018) Pokud plavec nevyvine žádnou další hnací sílu, pohybovat se bude pouze vlivem setrvačné síly. (Neuls et al., 2018)

## 2.6 Hnací síly u prsového způsobu

U prsou, jako u všech plaveckých způsobů, vytváří plavci hnací síly pomocí horních a dolních končetin. Konkrétně se bavíme o prsovém záběru a prsovém kopu (Hofer, Felgrová, Jasan, & Smolík, 2019). Optimální koordinace pohybů horních a dolních končetin zaručuje plynulé vytváření hnacích sil (Čechovská & Miler, 2008).

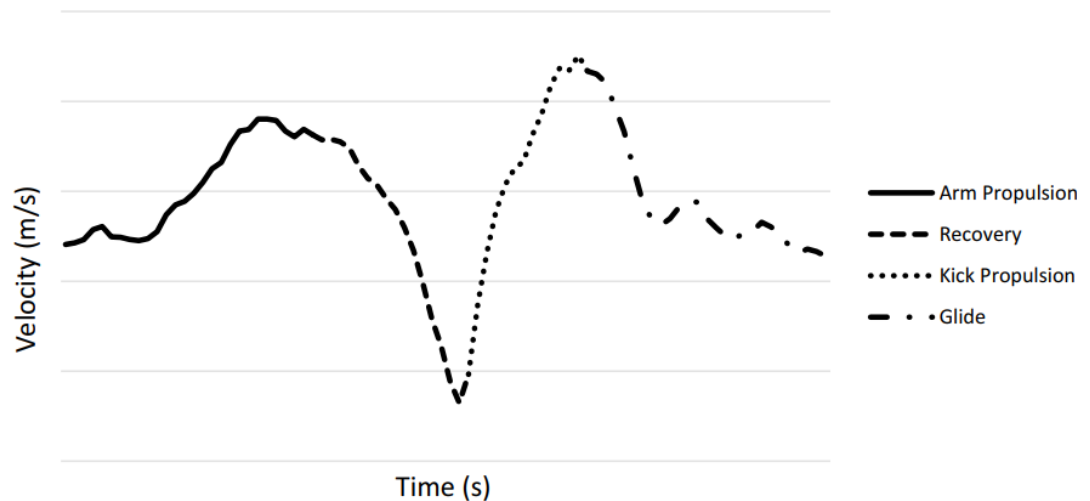
Tento plavecký způsob má největší oscilaci rychlosti ze všech čtyř plaveckých způsobů, jak můžeme vidět na obrázku 1. Dochází u něj jak k vysoké akceleraci, tak zároveň k výrazné deceleraci, která je nejvyšší ze všech plaveckých způsobů. To je dáno především působením tvarového odporu na skrčené dolní končetiny před iniciací prsového kopu. Správné technické provedení je tedy pro dosažení rychlosti zásadní. (Craig, Termin, & Pendergast, 2006)

U prsou plavci dosahují nejnižší celkové rychlosti při plavání na hladině ze všech plaveckých způsobů, a proto všichni prsaři využívají po odraze pohybový cyklus pod hladinou, při kterém dosahují v určitých momentech vyšší rychlostí než při plavání na hladině (Morais, Marinho, Arellano, & Barbosa, 2019).



## Obrázek 1

Graf znázorňující oscilaci rychlosti při jednotlivých částech prsového záběrového cyklu (Nicol, Pearson, Saxby, Minahan, & Tor, 2022)



### 2.6.1 Prsový záběr

Prsový záběr můžeme rozdělit do 4 fází: přípravná, záběrová, přenos, splývání. Přípravná fáze začíná ve vzpažení a paže se pod hladinou pohybují od sebe do stran. Na ni navazuje záběrová fáze, která začíná ohnutím paží v loketním kloubu a záběrem šikmo dolů, s předloktím do stran. Důležité v této fázi je nastavení záběrových ploch – vnitřní strany předloktí a dlaní. Když dlaně dosáhnou úrovně loktů, přitahuje plavec ohnuté lokty k sobě a k hrudníku. Při přitahování loktů se tělo plavce prohýbá s cílem dostat hlavu a ramena nad hladinu. Poté začne fáze přenosu, kdy se paže pohybují švihem vpřed až do vzpažení, kdy následuje fáze splývání. (Čechovská & Miler, 2008)

Prsový záběr generuje asi 50 až 80 % hnací síly oproti prsovému kopu (Hall & Murphy, 2020)

### 2.6.2 Prsový kop

Provedení prsového kopu dělíme do 3 fází: přípravnou, záběrovou a splývání. V průběhu přípravné fáze se nohy ohýbají v kolenou (skrčují) se snahou dostat chodidla k hladině. Vzdálenost kolen od sebe navzájem je maximálně v šíři boků (Čechovská & Miler, 2008). Při porovnání plavců na národní úrovni a plavců na mistrovství světa, plavci na mezinárodní soutěži tráví méně času v přípravné fázi prsového kopu (0,46 s  $\pm$ 0,06 a 0,37 s  $\pm$ 0,09). Při dokončení

přípravné fáze je důležité provést vytočení chodidel do stran, zatímco dostaneme kotníky do dorzální flexe. V tomto postavení začne probíhat záběr nohama, kdy chodidla a bérce směřují vzad. Záběrová fáze končí snožením a následuje splývání. (Čechovská & Miler, 2008)

Důležitou roli hraje flexibilita dolních končetin. Prsový kop je velice náročný na správné provedení (Čechovská & Miler, 2008). Plavci u prsového kopu potřebují dobrou flexibilitu kotníku, kolen i kyčlí. Největším determinantem z pohledu flexibility je vnější rotace kolene, poté následuje dorzální flexe kotníku a vnější rotace v kyčlích (Jagomägi & Jürimäe, 2005).

Lepší prsový kop je také ovlivněn určitými somatickými charakteristikami, nejvíce délkou dolních končetin, kdy tato charakteristika pomáhá k větší rychlosti generované při prsovém kopu (Saharuddin, 2018).

Barbosa, Fernandes, Keskinen, & Vilas-Boas (2008) ve výsledcích zjistili, že prodloužení uplavané vzdálenosti na jeden prsový záběrový cyklus snižuje celkový výdej energie u prsou. Toho se dosáhne především většího využití splývání, před nímž musí předcházet silný prsový kop. Prsaři tedy díky silnému kopu ušetří více energie.

### **2.6.3 Celková účinnost plaveckého způsobu prsa**

Nicol, Pearson, Saxby, Minahan, a Tor (2022) ve své práci popisují metodu pro hodnocení účinnosti prsového způsobu plavání. Nazývá se intracyklická variabilita rychlosti (IVV). IVV je měřena pomocí informací o čase a rychlosti plavce. Vypočítává se podle rovnice  $IVV = \frac{(\text{Max L} - \text{Min L}) + (\text{Max A} - \text{Min T})}{v}$ , kde:

- MaxL odpovídá maximální dosažené rychlosti během prsového kopu
- MinL odpovídá minimální dosažené rychlosti během maximálního skrčení nohou
- MaxA odpovídá maximální dosažené rychlosti během fáze prsového záběru
- MinT odpovídá minimální dosažené rychlosti během splývání

Velké hodnoty IVV jsou považovány za nevýhodné pro výkon v plavání. Toto je způsobeno potřebou překonat vyšší setrvačné síly během propulzních fází po příliš velkých deceleracích. IVV lze snížit pomocí kratšího času splývání a následného snížení času stráveného v fázi decelerace. V porovnání s typickým závodem na 200 m je závod na 50 m charakterizován relativním nárůstem času fází pohybu paží, přenosu paží, fází pohybu noh a návratu nohou. Změny ve délce splývání jsou také patrné mezi délkami závodu, přičemž poklesy ve splývání paží a nohou jsou běžné s klesající délkou závodu. Schopnost elitních plavců překonávat větší vzdálenosti během každé temporální fáze je přisuzována jejich schopnosti udržovat hydrodynamickou polohu jednoho páru končetin během propulzní fáze druhého páru končetin. (Nicol et al., 2022)

Individuálním parametrem je frekvence plaveckých záběrů (počet záběrů za minutu) a délka plaveckého záběru. Invernizzi, Scurati, Longo, Gatta, & Michielon (2014) ve své práci doporučují, aby plavci adaptovali určitou frekvenci a délku záběru podle jejich silových předpokladů, s přihlédnutím k flexibilitě, antropometrickým parametrům, technice a koordinaci. Podle silových předpokladů je pro plavce s lepšími výsledky ve výskoku s protipohybem využijí techniku s větší délkou plaveckého záběru. Naopak plavci, kteří dosáhli lepších výkonů u shybu do selhání měli lepší plavecké výsledky při využití vyšší záběrové frekvence. Souhrn těchto informací značí o důležitosti individuálnímu přístupu k optimálnímu poměru délky plaveckého záběru a frekvence plaveckého záběru.

## **2.7 Hnací síly u znakového způsobu**

Hnací síly u znaku tvoří střídavé pohyby horních končetin a střídavý pohyb dolních končetin (Neuls et al., 2018). Hnací sílu jednotlivých končetin zesílíme správným postavením těla a využitím rotace trupu se správným načasováním (Hannula & Thornton, 2001).

Nejlepší plavci ve znakových disciplínách jsou schopni udržovat vysokou rychlost v průběhu celého plaveckého cyklu s minimální fluktuací v rychlosti. (Formosa, Sayers, & Burkett, 2014)

Horní končetiny produkují více hnací síly než dolní končetiny, kdy samotné rychlost znakových paží dosahuje až 90 % rychlosti znakové souhry, kdežto u nohou plavci dosahují okolo 80 % oproti rychlosti znakové souhry. (Shahbazi-Moghaddam, 2007)

### **2.7.1 Hnací síla horních končetin**

Pohyb horních končetin můžeme dělit do dvou částí: záběrová fáze a fáze přenosu. Záběrová fáze začíná zasunutím natažené paže do vody v šíři ramen, následně je záběr veden dlaní podél těla pod hladinou s ohnutou paží v lokti s úhlem 90 až 120 stupňů. Při záběru se tělo rotuje za ramenem do strany zabírající paže. Ke konci záběru se paže postupně napíná a pohyb končí u stehna. Fáze přenosu začíná vytažením paže z vody. Přenos se provádí nataženou paží, kdy záběrově svalstvo odpočívá. Pohyby paží probíhají proti sobě. (Čechovská & Miler, 2008)

Pro dosažení vyšších rychlostí by se plavci měli zaměřit na delší působení hnacích částí záběru a snížit ty části, kde chybí přírůstky k působení hnacích sil, především na začátku a konci záběru. Na konci záběrové fáze, kdy se dlaň dostane na úroveň stehna, by plavci měli čekat co nejkratší dobu. V této fázi přestala paže generovat hnací sílu, a tudíž je výhodnější začít paži po dokončení tvorby hnací síly přejít hned do fáze přenosové. (Chollet, Seifert, & Carter, 2008)

Koordinace paží u znaku je náročná, což souvisí s omezeným pohybem způsobeným anatomickými omezeními při plavání na zádech ve srovnání s ostatními třemi styly. Z mechanických důsledků tohoto způsobu musí plavci používat tzv. dobíhání. Dobíhání nastává, když je jedna ruka již na začátku fáze přenosu a druhá ruka teprve na začátku záběrové fáze, což způsobuje mezeru mezi fázování hnacích sil a odebírá kontinuitu pohonu paží. Všichni plavci prokázali tendenci snižovat tento čas bez hnací síly s nárůstem rychlosti, tudíž u 200metrových tratí je dobíhání vyšší. (Cortesi, Fantozzi, & Gatta, 2012)

### **2.7.2 Hnací síla dolních končetin**

U znaku se stejně jako u kraulu využívá střídavý kop. Pohyb je iniciován v kyčlích, přechází přes uvolněná kolena a hlezenní klouby. Zdůrazňuje se kop směrem vzhůru s mírným pokrčením v koleni, ten by se však neměl dostat nad hladinu. (Neuls et al., 2018)

Kvalitní střídavý kop je velice důležitý pro podání dobrého výkonu ve znakových disciplínách. Pomáhá k udržení rychlosti, vysoké polohy těla a minimalizuje odpor. (Hannula & Thornton, 2001)

Plavci jsou schopni díky kopání dosahovat vyšších rychlostí. Efekt kopání se skrývá především ve stabilizaci trupu, což následně zlepšuje celkovou koordinaci paží a jejich produkci síly. (Shahbazi-Moghaddam, 2007)

## **2.8 Brzdící neboli odporové síly**

Podle Marinho, Barbosa, Rouboa a Silva (2011) se celkový odpor vodního prostředí působící proti pohybu plavce se skládá ze tří složek: odpor tření, odpor tvarový nebo též nazýván tlakový a odpor vlnový. Ve vodě se projevují brzdící síly pouze v takzvané mezní vrstvě, tedy ve vrstvě, která přiléhá k povrchu tělesa. Zásadním faktorem při působení odporových sil je také způsob proudění vody kolem těla plavce (Naemi, Easson, & Sanders, 2010).

### **2.8.1 Laminární a turbulentní proudění**

Podle charakteru proudění kapaliny kolem tělesa v kapalině rozlišujeme: proudění laminární a proudění turbulentní. Obě jsou znázorněné na obrázku 3.

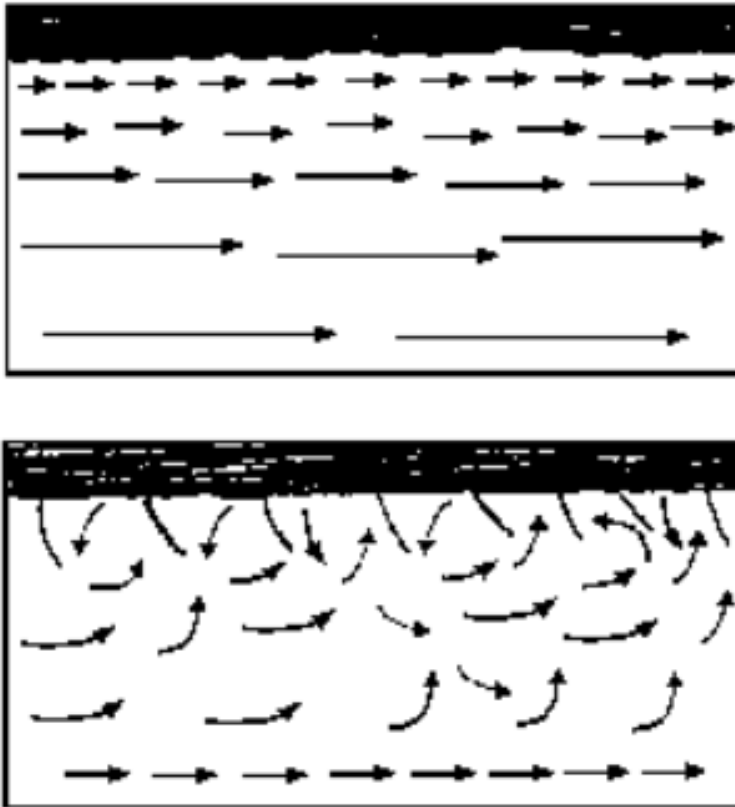
Laminární proudění lze charakterizovat jako hladký pohyb vody ve vrstvách, které jsou rovnoběžné s povrchem tělesa. Trajektorie jednotlivých částic kapaliny (neboli proudnic) jsou navzájem také rovnoběžné a částice nepřechází mezi jednotlivými vrstvami. V těchto podmínkách má těleso v kapalině minimální odpor. (Naemi et al., 2010)

Turbulentní proudění je výsledkem rostoucí rychlosti plavání. Při turbulentním proudění dochází k náhodným pohybům molekul a jejich mísení mezi jednotlivými vrstvami, což způsobuje zpomalení tělesa při pohybu vpřed. (Naemi et al., 2010)

Pro udržení co nejvyšších rychlostí je

## Obrázek 2

Znázornění laminárního a turbulentního proudění (Rushall, Sprigings, Holt, & Cappaert, 1994)



### 2.8.2 Odpor tření

Rozhodující vliv na velikost odporu tření má druh proudění, který se nachází v mezní vrstvě. V ideálním případě bychom udrželi co nejvyšší zastoupení laminárního proudění kolem těla plavce. Pokud je laminární proudění udržené, tak voda působí jako mazání, které dovoluje plavci klouzat vodou s malým odporem. Je velmi obtížné udržet laminární proudění. Nejmenší nepravidelnost, výstupek, ostrá hrana nebo přirozená hrubost kůže stačí k tomu, aby to narušilo trajektorii proudnic a způsobilo turbulentní proudění. Turbulentní proudění, kdy se voda v kontaktu s kůží víří v divoké spleti mikroskopických vírů, způsobuje tření, které okrádá plavce o rychlost, sílu a efektivitu. Je nepravděpodobné, že by lidské tělo mohlo dosáhnout a udržet laminární proudění kromě několika málo míst na těle. Pro efektivitu plavání je pravděpodobně

lepší se snažit snížit turbulentní proudění, což povede k lepšímu "klouzání" vodou. (Rushall et al., 1994)

Tělesa s výhodným tvarem obtékání (např. těla rychlých ryb) mají velmi tenkou mezní vrstvu, a díky tomu na větší části těla zůstává proudění prolaminární (Neuls et al., 2018). Člověk nemá narozdíl od ryb dobře tvarované tělo k pohybu ve vodě, a proto při jeho pohybu ve vodě dochází k většímu poměru turbulentního proudění (Naemi et al., 2010).

Třecí odpor není zanedbatelný, jelikož na celkové velikosti odporu se podílí zhruba z 15 procent (D. Marinho et al., 2011).

Pro snížení třecího odporu plavci využívají různé technologie. Technologický posun umožňuje plavcům závodit s hydrofobními plavkami, hydrodynamickými brýlemi či speciální plaveckou čepicí.

Hagedorn (2013) popisuje, že závodní plavky jsou nyní navrhovány tak, aby byly hydrofobní, což umožňuje vodě čistší proudění bez nasáknutí částic vody do materiálu plavek. Celkový odpor plavce je tak díky této technologii zmenšen až o 36 %. Autor tvrdí, že plavky tuto vlastnost po prvním použití ztrácí, nikdy však nebylo prováděné měření, o kolik je hydrofobní funkce zhoršena při jejich používání.

Kopulovité čepice jsou také příkladem této nové technologie. Jsou lepší, protože se zbavují efektu standardního vlnění, který se vyskytuje u běžných plaveckých čepic. Kopulovité čepice mají kousek pružného plastu procházející středem čepice, který tento efekt snižuje. Cílem je minimalizovat odpor vytvářený těmito vlnkami a tím podpořit rychlejší plavání. Hagedorn (2013) ve své studii naměřil, že při využití této čepice se odpor plavce zmenšil o 12 % a čas do vzdálenosti 5,6 metrů po odraze pouze splýváním zkrátit o 0,05s. Pokud došlo ke zrychlení o 5 setin na tak krátké vzdálenosti (5,6 metrů), tak efekt kopulovité může být mnohem větší v kontextu celého závodu. V plaveckých soutěžích může tento rozdíl rozhodovat o finálním umístění závodníků.

Už jen samotné používání plaveckých brýlí snižuje odpor hlavy o 4-9 % oproti plavání bez brýlí. Návrh brýlí může vylepšit tvar a snížit tvarový odpor tím, že zlepší proudění vody kolem obličeje. Konstrukce brýlí a použité materiály umožňují, aby voda procházela přes brýle efektivněji díky hladkému a nepřerušovanému povrchu rámu, a tím snížila i třecí odpor. (D. A. Marinho et al., 2021)

Jako metoda snižování tření se využívá holení. Sharp, Hackney, Cain a Ness (1988) zjistili, že se nejedná pouze o psychologický efekt, jak si mnoho plavců i trenérů myslelo, ale existuje fyziologický benefit holení tělesného ochlupení. Ve své studii zjistili, že po oholení plavci měli při stejné rychlosti plavání nižší akumulaci laktátu o 28 % a nižší úroveň pociťované únavy. Plavci

také zmiňovali benefit v lepším citění vody. Autoři studie tento efekt přikládají menšímu odporu tření.

Je důležité zmínit, že všechny závodní plavky, čepice i brýle musí podléhat kritériím stanovené mezinárodní plaveckou federací (Fina, 2017).

### **2.8.3 Tvarový odpor**

Tvarový odpor, nebo také nazýván tlakový odpor, je typ hydrodynamického odporu, který je ovlivňován velikostí, tvarem a průřezovou plochou těla. Hodnota tvarového odporu stoupá s rychlostí plavce (Hagedorn, 2013). Při ponoření pod vodu je tento typ odporu dominantní (D. Marinho et al., 2011). Z toho důvodu se při plavání pod hladinou nebo splývání využívá tzv. streamline pozice, kdy plavec zaujme co nejefektivnější polohu pro snížení tvarového odporu (Hagedorn, 2013). Tato pozice je efektivní, protože zcela natažené paže vpředu vytvářejí více hydrodynamický proudnicový tvar těla, zejména u hlavy a ramen. Možná jedním z hlavních faktorů spojených se sníženým odporem těla v této poloze je „kompresní“ efekt, kdy natažené paže stáhnou celkovou velikost ramen a hrudníku (D. Marinho et al., 2011). Dosažení tohoto efektu však není úplně jednoduché. Plavci mohou mít problém s dostatečnou flexibilitou ramenních pletenců, a tudíž pro ně bude téměř nemožné se do takové pozice dostat.

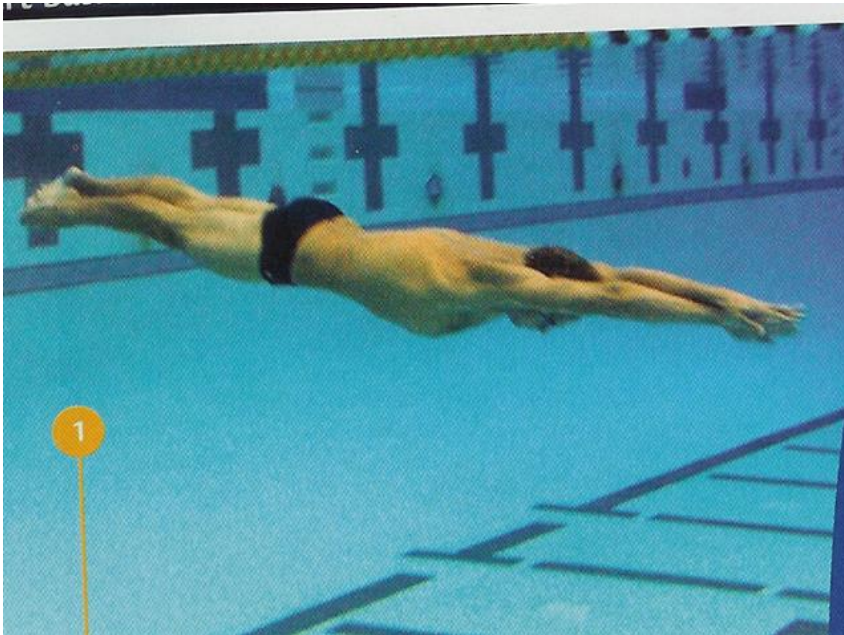
Pozice dolních končetin také ovlivňuje celkovou velikost tvarového odporu. Přesněji se bavíme o důležitosti plantární flexe chodidel, kdy chodidla díky „vytažení špiček“ kopírují tvar těla a nezpůsobují tak brzdící síly. (Novais et al., 2012)

Důležitost tvarového odporu je však stejně důležitá i při plavání na hladině, jak můžeme vidět na obrázku 4. Při špatné pozici na hladině dochází ke zvýšení tvarového odporu, jelikož průřez těla vodou je mnohem větší. Tento fakt je patrný především u prsařských disciplín, kdy plavci prochází streamline pozicí v každém plaveckém cyklu (Hannula & Thornton, 2012).

Proudění vody je ovlivněno také špatnou pozicí těla ve vodě. Vzhledem k nepříznivým podmínkám dochází k mísení jednotlivých vrstev proudnic, a tedy vzniku turbulentního proudění. Dochází také k dřívějšímu bodu odtržení molekul vody od mezní vrstvy, čímž také vzniká turbulentní proudění, viz. obrázek 4 (Rushall et al., 1994)

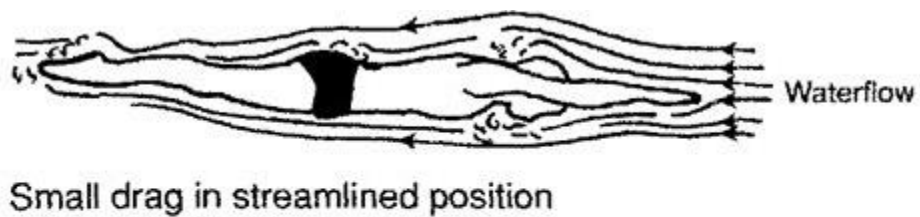
**Obrázek 3**

*Plavec ve streamline pozici snažící se minimalizovat tvarový odpor (Hagedorn, 2013)*



**Obrázek 4**

*Působení tvarového odporu v ideální streamline pozici a v neideální streamline pozici (Rushall et al., 1994)*



#### **2.8.4 Vlnový odpor**

S vlnovým odporem se setkáváme pouze u těles pohybujících se na vodní hladině nebo v její blízkosti. Při určitém množství energie dochází při takovém pohybu ke vzniku vln. Zdrojem vlnění jsou všechny části povrchu těla plavce, zejména hlava a ramena, které tvoří tzv. přední



vlnu, a boky, které dávají vznik tzv. zadní vlně. Při pomalém plavání je vlnový odpor zanedbatelný, s narůstající rychlostí však začíná strmě stoupat. (Neuls et al., 2018)

Protože vlny nesou energii, zdrojem této energie je samotný plavec. Energie, která by mohla být využita k užitečnému pohybu, se ztrácí v důsledku zbytečné produkce vln. Ty vznikají z nadměrných vertikálních (například při příliš houpavé motýlkové technice nebo zvednutí hlavy při nádechu u kraulové techniky) nebo horizontálních pohybů (například houpání kyčlí u znaku, které je způsobené umístěním ruky za hlavu při dokončování fáze přenosu). Jakékoli skákání nebo trhání v plaveckém stylu také vytváří vlnový odpor. Kvůli anatomii lidského těla není možné odstranit všechny pohyby mimo přímou horizontální-longitudinální rovinu, ale když jsou přehnané, vlnový odpor se stává hlavním problémem v dosahování vysokých rychlostí (Rushall et al., 1994)

Při zanoření 0,6 metrů a více pod hladinu hraje vlnový odpor minimální roli v celkovém odporu působícím na plavce (Lyttle, Elliott, Blanksby, & Lloyd, 1999). Při přiblížení se k hladině hodnota vlnového odporu rapidně stoupá (Vennell, Pease, & Wilson, 2006).

Avšak při zanoření do hloubky začíná na plavce působit místo vlnového odporu indukovaný odpor. Ten funguje následovně: Ve vodě dochází pod tělem k přetlaku a nad tělem k podtlaku, přičemž na konci těla se tyto tlaky vyrovnávají. Voda proudí z míst vyššího tlaku do míst s nižším tlakem. Rychlost tohoto proudění je nazývána indukovanou rychlostí, ta vytváří volné víry kolem koncových částí těla. Vytvářením těchto vírů se odpor zvyšuje, a právě ten odpor je nazýván indukovaný. Bude-li se plavec pohybovat pod takovým úhlem náběhu, přičemž tlakové rozdíly mezi přetlakovou a podtlakovou stranou trupu budou minimální (co nejvíce horizontálně), bude minimální i indukovaný odpor. Tím se dá zdůvodnit proč je plavání pod hladinou rychlejší, než na hladině a hlavní odpor bude tvořen odporem tření a tvarový odpor (Hofer et al., 2019)

Vennell, Pease, a Wilson (2006) zjistili, že při rychlosti 1,7 m/s na hladině tvoří vlnový odpor 50-60 % z celkového odporu působícího na plavce. Autoři této studie doporučují využívat při ty části závodu, kdy na plavce tak velký odpor nepůsobí, tedy pod hladinou. Ke stejnému doporučení došli také Veiga, Roig a Gómez-Ruano (2016), kteří doporučují prodloužit dobu pod hladinou při startu a obrátkových úsecích, pokud to schopnosti plavce dovolují.

## 2.9 Části plaveckého závodu

Plavecký závod se skládá ze dvou složek: z cyklických částí a acyklických částí (Morais et al., 2019).

Do cyklické části zařazujeme čisté plavání. Acyklická část zahrnuje startovní úsek, obrátkový úsek. Každá část má různý podíl na výsledek závodu, každopádně každá z nich je významná. (Beretić, Durovic, Okičić, & Dopsaj, 2013)

Dle pravidel FINA (2017) mohou být plavci zanořeni pod hladinou až do vzdálenosti 15 metrů. To znamená, že při závodech na 25m bazénu mohou acyklické úseky pokrývat až 60 % z celkové délky závodu. Při podvodní fázi jsou plavci schopni dosahovat vyšších průměrných rychlostí oproti plavání na hladině, kdy při podvodní fázi po startu dosahují prsaři na průměrnou rychlost přesahující 2 m/s, zatímco při plavání na hladině pouze na rychlost 1,4 m/s (D. A. Marinho, Barbosa, Neiva, Silva, & Morais, 2020). Průměrná rychlost podvodní fáze po obrátce je také vyšší, průměrně přes 1,5 m/s (D. A. Marinho et al., 2020).

Při startu a při odraze od stěny po obrátce plavci dosahují vysokých rychlostí –  $4.6 \pm 0.3$  m/s respektive  $3.0 \pm 0.2$  m/s (Gonjo & Olstad, 2020). Cílem podvodní fáze je tak schopnost udržet tuto vysokou rychlost do dalších částí závodu.

Analytici plaveckých výkonů tvrdí, že rychlost plavání (cyklické části) se v posledních letech ustálila. Avšak nejlepší plavci své výkony stále zlepšují svůj výkon na startu a obrátkách. Tento posun umožňují lepší znalosti o biomechanice startů a obrátek, podvodní fázi plavání a silovém tréninku na suchu. (Born et al., 2022)

Posun v úrovni podvodní fáze ukazuje i porovnání aktuálních elitních výkonů s výkony z roku 1984. Délka podvodní fáze po startu a obrátkách se značně posunula, kdy u znakových disciplín byl tento posun o 49 až 81 %. U mužů se konkrétně posunula délka podvodní fáze po znakovém startu z 8,5 metru na aktuálních 13,5 metru. Délka podvodní fáze po obrátce u prsařských disciplín se prodloužila až o 18 % u mužů a o 16 % u žen, což značí zvýšenou efektivitu pohybového cyklu pod hladinou u prsou. (Gonjo & Olstad, 2021)

Avšak tyto faktory mohly být ovlivněné technologií či pravidly. U znakových disciplín byl posun oproti roku 1984 nejmarkantnější, avšak to může být odůvodněno nepoužíváním tzv. skřípce na nos. Bez něj nejsou plavci, až na pár výjimek, schopni zacpat nosní dírky při podvodní fázi pod vodou a musí vydechnout nosem, což způsobuje ještě vyšší nároky na dodávky kyslíku. Plavci tak pravděpodobně zkracovali podvodní fázi především kvůli fyziologii metabolismu při zátěži. V současnosti tak mají plavci výhodu, protože mohou tento doplněk používat.

U prsařských disciplín došlo v roce 2005 k zásadní změně pravidel dovolující provedení motýlového kopu při pohybovém cyklu pod hladinou (McCabe, Mosscrop, Hodierne, & Tor,

2022). Přidání další hnací síly pravděpodobně umožnilo plavcům dosahovat vyšších rychlostí a delších vzdáleností při pohybovém cyklu pod hladinou u prsou.

Celkově se dá říci, že plavci excelující v acyklických částech závodu mohou získat značnou výhodu oproti plavcům, kteří nemají tyto dovednosti – start, obrátka, podvodní fázi – na dobré úrovni

### **2.9.1 Obrátkový úsek**

Do obrátkového úseku řadíme: 5 metrů před obrátkovou stěnou (neboli nájezd), obrátka, odraz, výjezd a 10 nebo 15 metrů od stěny (Bjørn Harald Olstad, Wathne, & Gonjo, 2020). Obrátkový úsek byl identifikován jako klíčový faktor v plaveckém výkonu ve všech disciplínách, ve kterých je obrátkový úsek absolvován (Webster, West, Conway, & Cain, 2011). Například při analýze všech distancí polohového závodu na krátkém bazénu čas obrátkového úseku vysoce koreluje ( $r \geq 0.93$ ,  $P < 0.001$ ) s výsledným časem (Born et al., 2022). Na dlouhém bazénu však taková korelace není pravděpodobná, jelikož obrátkový úsek pokrývá pouze zhruba 20 % z celkové doby závodu (Morais et al., 2019).

Správné provedení obrátkových úseků je zásadní i u delších závodů, což ve své studii potvrdili Polach, Thiel, a Svozil (2019), kteří zjistili významný rozdíl v rychlosti provedení obrátkových úseků mezi závodníky na 1500 m volným způsobem. V porovnání českého plavce na 6. místě a medailisty byl český závodník na každé obrátce zhruba o 2 desetiny pomalejší ( $5,27 \pm 0,14$ ) vs. ( $5,00 \pm 0,06$ ;  $5,09 \pm 0,09$ ;  $5,01 \pm 0,05$ ). Rozdíl výsledného závodního času mezi českým plavcem a vítězem disciplíny byl 18,59 s, nicméně český závodník plaval pouze o 2,68 s pomaleji než vítěz. Ztrátu tedy nabral primárně na obrátkových úsecích. To dokazuje důležitost obrátkových úseků a shoduje se to s tvrzením Maglischo (2003), že optimalizace obrátkového úseku může plavci přinést redukci až o 0,2 s.

### **2.9.2 Obrátka**

„Obrátka je změna směru plavání, kterou využíváme v případě, je-li délka tratě delší než jedna délka bazénu“ (Čechovská & Miler, 2008). Technicky precizní a rychlé provedení obrátky je zásadní při snaze o dosažení co nejlepšího plaveckého výkonu (Hannula & Thornton, 2012).

Podle Neulse et al. (2018) rozlišujeme obrátky dle jejich způsobu provedení na:

- Běžné nebo též „kyvadlové“ (motýlek a prsa)
- Kotoulové (kraul a znak)

Dále existují specifické obrátky pro polohový závod

- Z motýlku na znak – z polohy na prsou do polohy na zádech
- Ze znaku na prsa – z polohy na zádech do polohy na prsou
- Z prsou na kraul – využití běžné obrátky

Všechny obrátky musí podléhat platným závodním pravidlům (FINA, 2017).

### **2.9.3 Fáze pod vodou**

Po startu a obrátce je vzdálenost pod vodou limitována na 15 metrů kromě prsařských disciplín (FINA, 2017).

Při výjezdu u volného způsobu, znaku a motýlku se využívá delfínové vlnění. Vlnění je bráno jako pátý plavecký způsob, jelikož při správně zvládnuté technice a dostatečné síle je plavec schopný plavat rychleji pod vodou vlněním než ostatními způsoby na hladině (Hannula & Thornton, 2012).

U prsou se využívá pohybový cyklus pod hladinou, kdy plavec pod vodou může použít jeden delfínový kop, zátah horními končetinami od vzpažení až po připažení k dolním končetinám, a nakonec jeden prsový kop s přenosem paží opět do vzpažení. (Březina, 2022)

Plavci při zanoření pod hladinou překonávají plavci nižší odpor (viz. kapitola 2.8.4), než kdyby plavali na hladině, a proto v případě dostatečných schopností plavce je tato vzdálenost pod vodou maximálně využívána (Born, Kuger, Polach, & Romann, 2021). Důležité je najít optimum mezi délkou výjezdu a jeho rychlostí. Například při porovnání závodů na 100 m prsa a 200 m prsa využívají plavci v poloviční trati po startu i obrátce kratší délku výjezdu než závodníci na 200 metrů (D. A. Marinho et al., 2020). To může být odůvodněno, že plavci na poloviční distanci jsou schopni při plavání na hladině dosáhnout vyšších rychlostí oproti déle strávenému času pod hladinou a ve snaze o prodloužení podvodní fáze by již byli pomalejší. Plavci na 200 metrů prsa naopak využijí delší výjezd s dostatečnou rychlostí s cílem ušetřit energii do dalších fází závodů.

Naopak při porovnání obrátkových úseků u znakových a motýlkových závodů na 100 a 200 metrů na dlouhém bazénu je delší vzdálenosti pod hladinou využívána u kratších tratí, kdy u znaku je rozdíl v délce okolo 12 % a u motýlku 26 %. U žen je tento rozdíl přesně opačný, kdy u znakařek je délka výjezdu na 100 m o 27 % delší než u 200 m trati. (D. A. Marinho et al., 2020) Rozdíl mezi tratěmi může být způsoben měřením, kdy se na 200 m tratě vypočítával průměr všech tří obrátkových úseků oproti jednomu obrátkovému úseku na 100 m trati. Rozhodujícím faktorem tedy je únava a dechová náročnost provést delší fázi pod vodou bez přísunu kyslíku. Jelikož 200metrový závod je více pokrýván aerobním metabolismem než 100metrový, tak je stálý přísun kyslíku zásadní (Figueiredo, Zamparo, Sousa, Vilas-Boas, & Fernandes, 2011).

## **2.10 Obrátkový úsek ze znaku na prsa v polohovém závodě**

Obrátkový úsek je po startovním úseku druhou nejrychlejší částí plaveckého závodu (Thompson, Haljand, & Maclaren, 2000). Obrátkový úsek je definován jako vzdálenost 5 metrů před obrátkovou stěnou a 15 metrů od obrátkové stěny (Morais et al., 2019). Ten můžeme dále rozdělit na část před obrátkou, kam řadíme: nájezd na stěnu (vzdálenost 5 metrů před stěnou), rotace (pouze v případě obrátek kyvadlových) a první kontakt se stěnou (Puel et al., 2012). Následuje samotná obrátka. Část po obrátce můžeme rozdělit na 3 další části: odraz, splývání a výjezd (Webster et al., 2011).

### **2.10.1 Nájezd ze znaku na prsa v polohovém závodě**

Obrátkový úsek začíná nájezdem na stěnu, což je vzdálenost začínající 5 metrů od dotykové stěny (Bjørn Harald Olstad et al., 2020).

Ve chvíli 5 metrů od stěny se plavec nachází na zádech, jelikož před plaveckým způsobem prsa se v polohovém závodě plave znak. Plavec je povinen dodržovat pravidla, dle kterých platí, že při znaku musí jakákoli část těla protínat vodní hladinu (FINA, 2017). Nesmí být tedy při nájezdu na stěnu při obrátce zcela zanořen.

Nicol, Ball, a Tor (2021) zjistili, že rychlost plavání v posledních 5 metrech před obrátkovou stěnou nejvíce koreluje s celkovým časem obrátkového úseku u mužských závodníků v disciplínách volný způsob ( $r=0.854$ ). Silná korelace byla i obrátky motýlkové ( $r=0,79$ ). Téměř velmi silná korelace tedy vyšla u dvou různých typů obrátek (kotoulová a kyvadlová), můžeme tedy předpokládat, že podobného výsledku bychom dosáhli i u obrátek ze znaku na prsa.

Chainok, de Jesus, et al., (2022) toto tvrzení ve své studii potvrzují, kdy při porovnávání biomechanických vlastností všech typů obrátek ze znaku na prsa zjistili, že rychlost při posledních 7,5 metrech před stěnou je prediktorem celkového času obrátkového úseku u všech typů. Jaké typy obrátek ze znaku na prsa existují bude popsáno v další podkapitole 2.10.2.

Plavci by se tak dle studií měli snažit udržet co nejvyšší rychlost plavání až do kontaktu se stěnou. Toho docílí udržením stejných hodnot záběrové frekvence a délky záběru, kterých dosahovali v průběhu plavání na hladině.

### **2.10.2 Obrátka ze znaku na prsa v polohovém závodě**

Obrátka začíná dohmatem na stěnu. Po dohmatu na stěnu dle regulí je plavci umožněno se přetočit libovolným způsobem, tělo však musí při odraze spočívat na prsou (FINA, 2017). Vzhledem k takto volné definici obrátky v pravidlech to dovoluje k používání několika způsobů

obrátek na stěně. Tyto způsoby se vyznačují odlišnou pozicí těla při dotyku stěny, otočení a odražení (Chainok, de Jesus, et al., 2022).

Purdy, Hurley, Bengry, a Jensen (2012) popisují 4 způsoby provedení obrátky ze znaku na prsa v polohovém závodě:

A) Open-turn neboli „otevřená“ obrátka

Otevřená obrátka se provádí tak, že se při dotyku stěny plavec otočí v diagonálním směru na záda, změni směr otočení tím, že se při dotyku stěny stočí a překlopí na bok a dolní končetiny nakloní směrem ke stěně. Poté se odrazí od stěny na boku a přejde do streamline pozice na břiše.

B) Somersault-turn neboli „kotoul vzad“

Při tomto provedení obrátky se plavci otáčejí kolem horizontální osy, dotknou se zdi v poloze na zádech a zároveň přitáhnou dolní končetiny nahoru k hlavě tak, aby se tělo otočilo kolem horizontální příčné osy do polohy skoro-ležící na břiše. Následně se odrazí a splývají s tělem úplně na břiše.

C) Bucket-turn neboli „kýbl“

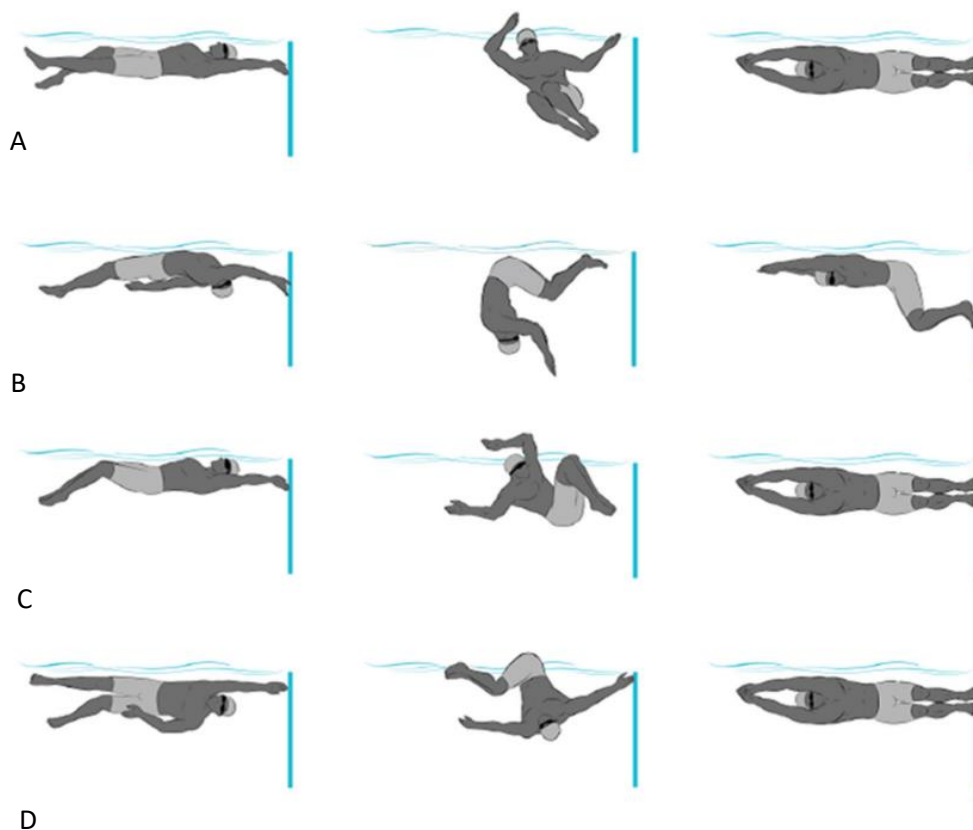
Při této technice plavání se plavci otáčejí tak, že přenášejí dolní končetiny na hladině v ohnuté pozici, přičemž záda jsou paralelně se dnem bazénu. Následně se odrazí od stěny v pozici streamline na boku a otočí se při první fázi výjezdu na břicho.

D) Crossover-turn neboli „překřížená“ obrátka

Při této technice plavec překříží ruku přes obličej a dotkne se rukou stěny, zatímco je v pozici na zádech. Nesmí však přejít hranic 90 stupňů. Poté plavec zatlačí hlavu dolů a přitáhne boky tak, že provede kotoul, po kterém skončí jejich chodidla na stěně a tělo je na boku ve streamline pozici připravené k odrazu.

## Obrázek 5

Grafické znázornění obrátek používaných v polohovém závodě v popisovaném pořadí  
(Chainok et al., 2021)



Jelikož v České republice neexistuje zdroj, který by oficiálně pojmenoval všechny čtyři obrátkové techniky, budu pro lepší přehlednost v dalších částech práce využívat anglické názvy těchto obrátek.

### 2.10.3 Technika jednotlivých typů obrátek ze znaku na prsa v polohovém závodě

Mladí plavci se nejdříve učí obrátku open, protože to je typ obrátky, který mohou použít při jakémkoli otočení na stěně. Používání tohoto typu obrátky můžeme vidět už u těch nejmladších plavců, kteří se teprve učí základy plavání. Teprve až plavec zestárne a získá víc zkušeností, tak trenér přejde k učení složitějších druhů obrátek, jako je například bucket nebo crossover (Purdy et al., 2012).

Optimalizace obrátkové techniky může zredukovat čas otočení až o 0,2s (Maglischo, 2003). S ohledem na technickou úroveň soutěžního plavání nelze považovat snížení času o 0,20 s během závodu za "malý detail". Pereira et al. (2008) popisují, že schopnost provádět rychlý a efektivní obrat je zásadním požadavkem pro úspěch v plaveckých závodech. V důsledku toho se

ve studiích analyzují faktory související s výkonem obrátky, jako je: maximální síla, doba kontaktu chodidel se stěnou, impulz, úhly mezi jednotlivými segmenty těla. (Araujo et al., 2010)

Dle základního rozdělení obrátek v kapitole 2.2.2 můžeme rozdělit obrátky ze znaku na prsa do dvou kategorií podle jejich způsobu provedení a kinematiky.

Crossover a somersault patří mezi kotoulové obrátky, zatímco obrátky bucket a open zařadíme do obrátek kyvadlových.

#### **2.10.4 Charakteristika rychlé obrátky ze znaku na prsa v polohovém závodě**

K indikaci toho, jak blízko je plavec u stěny při provádění obrátek, se využívá tzv. Tuck index, v překladu index sbalení. Vyšší Index sbalení znamená nataženější nohy při dopadu chodidel na stěnu, tudíž větší úhel flexe v kolenním kloubu (Prins & Patz, 2006).

Statistické výsledky ukázaly, že nejlepší obrátky byly charakterizovány zkrácenou délkou jejich cesty. Plavci by se tedy měli snažit využít vždy nejkratší možnou dráhu pohybu potřebnou k realizaci obrátky. To znamená vyhnout se zbytečným pohybům mimo cílenou dráhu. Jako příklad můžeme uvést vytažení těla vertikálně z vody při provádění obrátky či naopak příliš velké zanoření těla na konci obrátky, což v obou případech způsobí, že na plavce bude působit větší hydrodynamický odpor, jelikož jeho tělo není v ideální pozici. (Puel et al., 2012)

Místo, kde začíná rotace, je definována jako vodorovná vzdálenost mezi hlavou plavce a stěnou v momentu, kdy hlava začne pohyb do směru plavání po obrátce. Výsledky naznačují, že plavci s nejrychlejšími obrátkami začínají rotaci v optimálnější vzdálenosti než horší plavci. Horší plavci začínají rotaci blíže ke stěně, musí tedy absolvovat delší dráhu plavání a mají následně nižší index sbalení, což způsobí větší flexi v kolenním kloubu a prodloužení času odrazu. (Puel et al., 2012) Tato informace je důležitá pro kotoulové obrátky crossover a somersault, kdy by se plavci měli vyvarovat přílišnému přiblížení hlavy ke stěně.

Umístění nohou na stěnu během obrátky ovlivní pozici těla na stěně a následnou hloubku odrazu, což poté rozhoduje o velikosti odporu působícího na plavce při splývání po odraze (Chakravorti, Slawson, Cossor, Conway, & West, 2012). Umístění nohou příliš vysoko na stěnu může vést k odrazení s hlubokou trajektorií. Naopak umístění chodidel příliš hluboko pod hladinu může vést k tomu, že se plavec vynoří příliš rychle (Prins & Patz, 2006). Z hydrodynamického hlediska byla optimální hloubka umístění nohou přibližně 30-40 cm pod hladinou silně spojena s vodorovnou silou odrazu (Lyttle, Elliott, Blanksby, & Lloyd, 1998).



### **2.10.5 Porovnání jednotlivých typů obrátek ze znaku na prsa v polohovém závodě**

Literatura zaměřující se na porovnání biomechaniky jednotlivých typů obrátek prováděných ze znaku na prsa v polohových závodech je velmi vzácná. Avšak pár studií se věnovalo porovnání těchto obrátek.

Chainok et al., (2021) v porovnání hydrodynamické efektivity jednotlivých obrátek zjistili, že nejvyšší rychlost při odraze vykazuje obrátka crossover. Index sbalení nebyl mezi různými typy obrátek rozdílný. Pozice chodidel byla nejvyšší u crossover obrátky, následovala bucket, open a nejnižší postavení chodidel měla somersault obrátka. Ta se zároveň oproti třem ostatním odlišovala větší hloubkou při výjezdu, což může být způsobené právě hlubším postavením chodidel na stěně při odraze.

Při porovnání jednotlivých druhů obrátek Chainok, Lauer, et al., (2022) zjistili, že každá z nich má jiné rotační mechanismy, a tudíž i jiné zapojení a aktivaci svalů. Obrátka crossover vyžaduje složitou kombinaci celotělových pohybů, které zahrnují točení a rotaci v různých směrech. Tento pohyb zapojuje mnoho svalů v dolních a horních končetinách, které jsou zodpovědné za pohyb na horizontálních a mediolaterálních osách. Svým provedením je tak mezi všemi typy nejnáročnější. Při open obrátce působí jako hlavní hybné svaly biceps femoris a rectus abdominis, které se neaktivněji zapojují při pokrčení kolen a pomáhají s flexí kyčle v následující fázi rotace. U kotoulových obrátek – crossover a somersault – se pozorovala se vysoká aktivace vastus lateralis, pravděpodobně proto, že je hlavním zodpovědným svalem za flexi kyčle. U obrátek bucket, open a somersault dochází k důraznému přitažení kolen k hrudníku pro co nejvyšší redukci odporu při otáčení za pomoci svalů kyčle a břišních svalů.

V obou citovaných studiích porovnávající jednotlivé typy obrátek ze znaku na prsa však autoři pracovali s 12letými plavci, což sami označili za limitaci těchto studií, jelikož plavci v tomto věku nemusí mít dostatečnou úroveň, silové předpoklady a zkušenosti pro efektivní provedení všech typů těchto obrátek.

Na základě znalostí obnovy elastické energie je pravděpodobné, že při provádění obrátky je menší rozsah protipohybu žádoucí. Dlouhé období flexe, vyvolané pomalou počáteční rychlostí a velkou amplitudou protipohybu je nežádoucí, protože by to snížilo elastickou energii a přispívalo ke zvýšení celkové doby kontaktu. (Sanders, Psycharakis, Naemi, & McCabe, 2008)

### **2.10.6 Odraz**

Fáze odrazu začíná kontaktem chodidel se stěnou a končí odrazem od konečků prstů (Webster et al., 2011).

Pro silnější odraz je lepší mít nižší index sbalení, tedy více pokrčené nohy. Avšak vyšší rychlost při odrazu se nemusí nutně odrazit v celkově lepším času obrátkového úseku. Čas nutný k dosažení větší flexe v kolenním kloubu po provedení obrátky je větší, než kdyby měl plavec otevřenější úhel v kolenou, a tedy vyšší index sbalení. (Prins & Patz, 2006)

Proto odraz s úhlem flexe v kolenou mezi 100° a 120° poskytuje optimální úhel k vytvoření vysokých svalových impulsů, které zároveň umožňují plavci trávit při obrátce méně času s chodidly na stěně. Výsledkem je potřeba menšího použití síly, a tedy méně energie (Araujo et al., 2010). Toto potvrzují také Pereira et al. (2006), kteří zjistili ideální úhel flexe v kolenním kloubu je v rozmezí 110-120°. Menší úhel by způsobil, že svaly čtyřhlavého svalu stehenního by byly v méně optimální délce vzhledem ke schopnosti rychle produkovat dostatečný svalový výkon.

Svou roli hraje celková doba kontaktu chodidel se stěnou. To je čas od prvního dotyku chodidel až po jejich opuštění stěny. Čas kontaktu chodidel se stěnou pohybuje kolem 0,4s. (Araujo et al., 2010) Plavci musí během této krátké časové doby vynaložit maximální úsilí pro následný efektivní odraz. Tuto informaci by měli brát v potaz kondiční trenéři, kteří by měli při tréninku v posilovně cílit na co největší zapojení svalových vláken za co nejkratší čas, což odpovídá plyometrickému tréninku, který byl vyhodnocen jako jeden z neefektivnějších pro zrychlení obrátek (Amaro et al., 2019)

Efektivita odrazu závisí na optimální kombinaci mezi silou, kterou se odrazíme od stěny a redukcí odporové síly, hledající nejvíce zarovnanou a hydrodynamickou pozici. Použitá síla by měla být vyvinuta s ohnutím kolene nepřesahujícím 100 stupňů (s ohledem na to, že celkové natažení kolene je 180 stupňů), zatímco zůstaneme dostatečně dlouho na zdi, abychom vyvinuli dostatečný impuls pro co nejrychlejší provedení otáčky. Jak bylo již zmíněno, pro zkrácení doby kontaktu se zdí je nutné kolena příliš neohýbat. (Araujo et al., 2010)

Když je impuls síly působící na stěnu větší, následný pohyb plavce bude rychlejší, jelikož dosáhne předem stanovené vzdálenosti za kratší dobu. Důvodem toho je větší aplikovaná síla plavce na stěnu. Maximální normalizovaná síla je míra maximální síly, kterou může sportovec vyvinout, přizpůsobená jeho tělesné hmotnosti. Tato proměnná má vliv na rychlost obrátky a celého obrátkového úseku, a zároveň koreluje s výslednou rychlostí při splývání po odraze. (Araujo et al., 2010)

Výsledky další studie ukázaly, že nejlepší obrátky byly charakterizovány schopností dosáhnout maximální síly za co nejkratší čas. Autoři zjistili pozitivní korelaci ( $r=0.58$ ,  $p<0.1$ ) mezi délkou fáze odrazu od stěny a rychlostí na konci této fáze a naznačili, že delší doba strávená na stěně může vést ke zvýšení rychlosti. Zároveň ale varovali, že příliš dlouhý kontakt se stěnou může být přímo škodlivý pro výkon plavců tím, že zvýší dobu obrátky a sníží celkový výkon.

Strategie přijímaná elitními plavci je založena na snížení doby kontaktu se stěnou namísto maximalizace síly odrazu. Nízké časy obrátek těchto elitních plavců jsou spojeny s krátkými dobami kontaktu a odrazu, tedy rychlou extenzi dolních končetin. (Puel et al., 2012)

Sekvence aktivit svalových skupin při obrátce může být přirovnána k odrazu skokem s protipohybem. To znamená, že po počátečním kontaktu následuje období flexe, během kterého hlavní extenzory kyčle, kolena a kotníku pracují excentricky, aby pohltily energii, kterou plavec získal pohybem směrem ke stěně. Následuje fáze koncentrické práce svalů, při níž dochází k extenzi kyčle, kolena a kotníků za účelem generování rychlosti pryč od stěny. Cílem je minimalizovat dobu kontaktu a zároveň maximalizovat rychlost odrazu. (Sanders et al., 2008)

### **2.10.7 Trénink odrazu**

Tréninkem maximální a výbušné síly umožňuje plavcům aplikovat větší sílu na stěnu za kratší čas. Trenéři by proto měli předepsat takové programy, aby zlepšili sílu a výkon svalů plavců. Tréninky s vysokou intenzitou a nízkým počtem opakování jsou často prováděny pro rozvoj maximální síly. Naopak, cvičení s nižším zatížením prováděné při vyšších rychlostech se provádí k vývoji výbušné síly. Trénink v posilovně by měl obsahovat obě tyto tréninkové metody, pokud je cílem zrychlení odrazu se zároveň vyšší rychlostí. Trénink plyometrie může být také užitečnou metodou tréninku pro rozvoj neuromuskulárních faktorů potřebných během odrazu při obrátkách. (Hermosilla, Sanders, González-mohíno, Yustres, & González-rave, 2021)

Hlavní svalové aktivity během odrazu byly pozorovány v gastrocnemius medialis a tibialis anterior, pravděpodobně kvůli jejich roli během výbušného natažení dolních končetin. Tento vysoký stupeň aktivace může být vysvětlen přispěním souběžné svalové kontrakce a kinetického řetězce monoartikulárních a biartikulárních (svalů procházejících přes více kloubů) svalů, postupujících od proximálních (kyčel) k distálním (kotník) kloubům. (Chainok, Lauer, et al., 2022)

S. M. Pereira et al., (2015) ve své práci porovnávali rozdíly mezi odrazem na břicho nebo na boku po dokončení kotoulové obrátky. Ve své studii nenašli žádné rozdíly v celkovém výsledku mezi těmito technikami. I když Marinho et al., (2011) při porovnání odporu ve splývání zjistili, že při pozici na boku je odpor působící na plavce menší, tak S. M. Pereira et al., (2015) při porovnání obrátek žádný rozdíl nenašli a čas do dosažení 5 metrů byl stejný. To je zřejmě odůvodněné tím, že Marinho et al., (2011) ve své práci pracovali pouze s efektivitou splývání do 2 metrů, a ne s celkovým obrátkovým časem.

### **2.10.8 Splývání**

Pasivním odporem nazýváme odpor, který brání plavci pohybovat se vpřed, když se sám nepokouší aktivně vytvářet hnací síly pomocí pohybu tělem. Tato fáze se oficiálně nazývá splývání. Kromě toho, že je splývání významnou součástí startů a obrátek, vyskytuje se nějaká fáze splývání během přechodových fází všech způsobů a je zvláště důležité u prsou, kdy splývání pokrývá přes 40 procent jednoho záběrového cyklu. Schopnost minimalizovat odpor během splývání závisí na tvaru těla plavce, orientaci plavce vzhledem ke směru plavání a zaujaté pozici. (Sanders et al., 2008)

Podvodní splývání po obrátce hraje klíčovou roli v celkovém výkonu plavání, proto musí plavci zaujmout během splývání co nejvíce hydrodynamickou pozici (D. Marinho et al., 2011). Plavci obvykle zaujmou „streamline“ pozici, charakterizovanou protaženým tělem s rukama nataženými vpřed s dlaněmi směřujícími dolů a překrývajícími se, nohama přitisknutými k sobě a s kotníky v plantární flexi. Udržování pasivní protáhlé pozice během podvodní fáze startů a obrátů je výhodné, dokud je rychlost těla vyšší než rychlost udržovaná kopáním. (Naemi et al., 2010) Plavec musí zaujmout streamline pozici ještě předtím, než se plavec odrazí od stěny (Webster et al., 2011), jinak na něj bude působit vyšší tvarový odpor, protože jeho průřez skrz vodu bude větší. Tím pádem nevyužije dostatečně potenciál dosáhnout vysoké rychlosti díky odrazu od stěny.

Průměrná rychlost během splývání závisí na počáteční rychlosti, velikosti zpomalení a celkové délce splývání. Počáteční rychlost splývání je spojena s předcházejícími akcemi a ovlivňuje ji charakteristika před-splývavé fáze, včetně vstupu do vody po startu nebo síly odrazu a pozice těla během kontaktu se stěnou při obrátce. Podle druhého Newtonova zákona o pohybu zpomalení během splývání závisí na odporových silách, které působí na tělo. (Naemi et al., 2010) Pro redukci odporových sil by plavec měl splývat v hloubce minimálně 0,4m pod vodní hladinou (Lyttle et al., 1998)

Pokud tedy bude plavec splývat v hloubce, která umožňuje minimalizaci odporu a sám bude mít správnou hydrodynamickou pozici, tak za stejný čas dosáhne větší vzdálenosti během splývání, což zvýší celkovou obrátkového úseku. (Lyttle et al., 1998)

### **2.10.9 Pohybový cyklus pod hladinou u prsou**

Pohybový cyklus pod hladinou označuje časové období od chvíle, kdy se plavec buď dostane do vody po startu nebo když se odrazí od stěny na konci bazénu, až do okamžiku, kdy plavec opět vyplave na hladinu a začne plavat prsa (McCabe et al., 2022). Ze znalostí o působení fyzikálních sil ve vodním prostředí víme, že pod vodou plavci překonávají nižší odpor, proto jsou

pohybové cykly pod hladinou všemi vrcholnými plavci využívány. Správně provedený cyklus je zásadní pro celkový výkon v prsařských disciplínách a trenéři by se se svými plavci měli zaměřit na naučení se ideální techniky celého pohybového cyklu pod hladinou. (Sánchez, Arellano, & Cuenca-Fernández, 2021)

S ohledem na pravidla stanovená světovou plaveckou organizací FINA plavci obvykle provádějí pohybový cyklus pod hladinou následujícím způsobem: (1) pasivní splývání s nataženými pažemi v poloze streamline nad hlavou, (2) provedení tahového pohybu rukou tak, aby skončily prodloužené po stranách trupu, (3) návrat rukou a kopnutí prsového kopu směrem k protnutí hladiny, (4) jeden motýlový kop probíhá někdy před prsovým kopem. Umístění motýlového kopu vzhledem v rámci pohybového cyklu pod hladinou se u plavců liší. (McCabe et al., 2022)

McCabe et al., (2022) z analýz mezinárodních soutěží identifikovali tři různé techniky pohybového cyklu pod hladinou vzhledem k jejich načasování:

- 1) technika s motýlovým kopem na začátku, kdy je motýlový kop proveden a dokončen před pohybem paží dolů – Typ 1
- 2) kombinovaná technika, kdy je pohyb paží dolů zahájen před dokončením motýlového kopu, a tudíž dochází k překrývání těchto fází – Typ 2
- 3) technika s pohybem paží na začátku, kdy tažení paží dolů je dokončeno před motýlovým kopem – Typ 3

U elitních prsařů McCabe et al., (2022) zjistili, že nejvíce využívají Typ 2 (60 %), následovanou Typem 1 (35 %). Typ 3 byl využíván minimálně, zhruba v 5 % případů. U prsařek byl naopak Typ 1 využíván nejvíce (50 %), následován Typem 2 (38 %) a Typem 3 (12 %).

Podle Březiny (2022) lze průběh výjezdu podrobněji rozdělit na čtyři dílčí sub-fáze, které na sebe bezprostředně navazují:

- První splývavá poloha (sub-fáze 1)
- Zátah pažemi a delfínový kop (sub-fáze 2)
- Druhá splývavá poloha (sub-fáze 3)
- Přenos a prsový kop (sub-fáze 4)

Po startech a obrátkách při prsovém výjezdu je první splývavá pozice (sub-fáze 1) hydrodynamicky výhodnější než druhá (sub-fáze 3). Z tohoto důvodu by plavci a trenéři měli tuto pozici upřednostňovat a zdůrazňovat potřebu kontroly polohy těla během jejího provádění (D. Marinho et al., 2011). Avšak Březina (2022) ve své práci zjistil, že obě sub-fáze mají při excelentním provedení velký vliv na efektivitu prsového výjezdu a výkonu do prvních 15 metrů.

Avšak také zmiňuje, že někteří plavci nevyužívají dostatečně potenciál sub-fáze 1, kdy příliš brzy přechází do sub-fáze 2. To je především případ u výjezdu Typ 1.

Vzhledem k důležitosti první sub-fáze je důležitý správný odraz od stěny a nastavení těla do streamline polohy, díky čemuž může být sub-fáze 1 efektivnější a celkový čas obrátkového úseku zkrácený. (Sanders et al., 2008)

Neexistuje aktuálně žádná studie, která by hodnotila různé typy pohybového cyklu pod hladinou v polohovém závodě. Zatím tedy nevíme jistě, které typy zátahů plavci využívají a jestli jsou nějaké typy efektivnější přímo v polohovém závodě. Nicméně vzhledem k hlavnímu cíli práce se můžeme podívat na pohybový cyklus pod hladinou prováděný u disciplíny 200 m prsa, který je délkou stejný jako zkoumaná disciplína 200 m polohový závod.

Strzala et al., (2014) ve své práci zjistil, že v závodě na 200 m prsa při obrátkovém úseku (definovaný jako 5 metrů před obrátkou a 10 metrů po obrátce) dosahovali plavci vyšší rychlosti než při plavání na hladině. To znamená, že pohybový cyklus pod hladinou by u plavců měl být využíván v každé situaci, jelikož je rychlejší než samotné plavání.

K dosažení efektivní techniky u prsou je potřeba talentovaného plavce s mnoha roky tréninku. Jako v žádné jiné závodní plavecké technice je úsilí věnováno nejen tvorbě hnacích sil, ale i překonávání odporu vody v regeneračních fázích horních a dolních končetin. (Strzala et al., 2014)

Plavci, kteří nejsou tak dobrými prsaři, se budou snažit využít co nejvíce z obrátkového úseku. Zvládnutí dobrého pohybového cyklu pod hladinou nevyžaduje tak technickou náročnost, jako samotné plavání prsou. Plavci tak svou slabinu mohou schovat pod efektivní pohybový cyklus pod hladinou, především na krátkém bazénu. (Hannula & Thornton, 2001)

Výsledky práce Veiga et al. (2016), kdy zjistili, že při prsové dvoustovce, tedy trati s provedením výjezdu nejpodobnější analyzovanému polohovému závodě na 200 metrů, je délka výjezdů u mužů  $10.25 \pm 0.59$  metrů a u žen  $8.55 \pm 0.48$  metrů.

Na dlouhém bazénu obrátkový úsek u prsou nepokrývá tak velké procentuální zastoupení. Thompson, Haljand, & Maclaren (2000) ve své studii u mužů na 200 metrů prsa našli pouze mírný vztah mezi rychlostí obrátkových úseků a výsledným časem. Mezi závodníky v polohových závodech je vysoká variabilita prsařských dovedností, a tak bude mít obrátkový úsek různý efekt na celkový čas prsového úseku.

Bjørn H. Olstad, Gonjo, Conceição, Šťastný, a Seifert, (2022) ve své práci zmiňují, že všichni plavci na 200 metrů prsa využívají po startu pohybový cyklus pod hladinou Typu 1. Avšak McCabe et al., (2022) zjistili, že z celkového počtu 56 plavců devět z nich změnilo typ využívaného pohybového cyklu pod hladinou po startu/obrátkě v průběhu prsového závodu na 200 metrů. To znamená, že nemůžeme jasně predikovat, jaký typ pohybového cyklu pod hladinou plavci využijí

po absolvování předcházejících 100 metrů v polohovém závodě, protože i pro specialisty na prsové distance je volba prsového výjezdu variabilní.

## **2.11 Analýza plaveckého výkonu**

„Na nejvyšší úrovni výkonnostních sportů je úspěch během soutěže určován malými rozdíly ve výkonnosti a při plavání dělají rozdíl i setiny sekundy. Proto je nutné optimalizovat výkonnost sportovců tak, aby byli schopni dosáhnout vysoké výkonnosti“ (da Silva, dos Santos, Favaro, Lirani, & Osiecki, 2019). Pro plavce na mezinárodní úrovni mají fáze závodu jako start, obrátky a finiš zásadní vliv na celkový výsledek a mohou být brány jako kritérium k úspěchu na této úrovni (Kjendlie, Haljand, Fjørtoft, & Stallman, 2006). Vyhodnocení techniky plaveckého výkonu je nezbytným faktorem vrcholové sportovní přípravy (Mooney, Corley, Godfrey, Quinlan, & ÓLaighin, 2016)

Avšak abychom byli schopni skutečně detekovat tyto malé rozdíly ve výkonech mezi jednotlivými závodníky, tak je nutné využití analýzy. Video-analýza výkonu plavců je hlavním nástrojem pro trenéry a výzkumníky a běžnou strategií pro získání kvantitativních a kvalitativních dat během soutěží. (Sánchez et al., 2021)

### **2.11.1 Závodní analýza**

Plavečtí trenéři se snaží o komplexní monitorování závodního výkonu, aby mohli zdokonalit soutěžní výkon svých svěřenců. Při plavání od zdi ke zdi plavci prochází několika fázemi: start nebo odraz od zdi, splývání, přechod do plavání, samotné plavání až po stěnu, kde buď zastaví, nebo se otočí a opakují celý proces znovu. Proto k tomu, aby bylo možné provést komplexní hodnocení výkonu, se vědci a trenéři zaměřují na různé fáze výkonu, protože cílem je zvládnout co nejlépe všechny tyto fáze. (Mooney et al., 2016)

Protože hlavním cílem plavce je zkrátit čas plavání zvýšením rychlosti, metriky cílů hodnocení výkonnosti v různých fázích jsou založeny na časových záznamech a rychlosti plavce. (Hamidi Rad, Aminian, Gremeaux, Massé, & Dadashi, 2021)

Video analýza plaveckého výkonu umožňuje výpočet frekvence záběru, délky záběru a posouzení obecných charakteristik stylu plavce; například úhly kloubů paží nebo stupně naklonění těla. (Callaway, Cobb, & Jones, 2009)

Mezičasy v rámci plaveckého úseku jsou určovány tak, že horní části hlavy protne určenou značku na oddělovací plavecké dráze. (Born et al., 2021)

Stejně jako závod je složen ze dvou částí (cyklických a acyklických), tak i závodní analýza se zaměřuje na každou část zvlášť, nicméně jsou na sebe navazující (Morais et al., 2019).

Přestože je běžnou praxí dělit plavecký závod na úsek startu, čistého plavání, obrátky a finiše, definice těchto úseků se liší mezi jednotlivými autory (Gonjo & Olstad, 2021).

Například do analýzy obrátkového úseku elitních plavců Morais et al., (2019) použili tyto proměnné:

- celkový čas obrátkového úseku (tj. čas mezi 45metrovou hranicí a 15metrovou hranicí dalšího plaveckého úseku)
- nájezd na obrátku (tj. čas mezi 45metrovou hranicí a dotykem stěny)
- délka výjezdu (tj. vzdálenost mezi stěnou a hlavou při protnutí hladiny)
- čas protnutí hladiny (tj. čas mezi dotykem stěny a protnutím hladiny hlavou)
- 15 metrů od stěny, což je čas od dotyku stěny a protnutím 15metrové hranice.

Born, Romann a Stöggel (2022) ve své práci však použili hranici 10 metrů od stěny jako metriku výkonu v rámci obrátkového úseku, nepracovali tedy s 15metrovou hranicí. To však bylo především z důvodu analýzy závodů na 25m bazénu, kde je označena i hranice 10 metrů, což na 50m bazénu není.

Některé další studie definují segment obrátkového úseku od 5 metrů před stěnou až do 15 metrů po odrazu od stěny, zatímco jiné studie považují stejný segment za 7,5 metru před a po odrazu od stěny. (Gonjo & Olstad, 2021) Z toho důvodu je při porovnávání výsledků vždy pečlivě číst použitou metodiku analyzování obrátkového úseku.

### **2.11.2 Analýza plavecké techniky**

Plavečtí trenéři často sledují videa plavců z různých úhlů nad a pod hladinou a podrobně analyzují jejich pohyb. Z těchto analýz si mnozí utvářejí názor na nejlepší techniku plavání. Nicméně, při pohybu rukou a nohou okolo těžiště těla je velice obtížné odhadnout rychlost a někdy jsou tak činěny nesprávné závěry o správné technice plaveckého záběru. Avšak nová technologie umožňuje analyzovat podvodní záběry plavců synchronizované s jejich rychlostí. Rychlost je měřena připojením jemného nestahovatelného lanka na zadní stranu opasku, který je upevněn kolem pasu plavce. Tomuto zařízení se obecně říká speedometer. Obraz je natočen podvodními kamerami. Následně se vše zaznamenává a promítne na počítačovém displeji. Trenéři jsou tak schopni vidět přesný okamžik, kdy plavec ztrácí nebo získává rychlost a při jakém pohybu se tak nastane. (Craig et al., 2006)

Stále více rozšířená alternativa k analýze založené na videu je využití malého elektronického akcelerometru umístěného na různých místech plavcova těla (Callaway et al.,



2009). V poslední době se využívají také nositelné IMU (inerciální měřicí jednotky) pro analýzu plaveckého pohybu ve všech závodních plaveckých způsobech. (Hamidi Rad et al., 2021)

## 2.12 Faktory plaveckého výkonu

Plavecký výkon je složen z mnoha faktorů, které dohromady tvoří celkový plavecký výkon, viz obrázek 3. Piños (2007) rozděluje faktory ovlivňující plavecký výkon do těchto skupin:

1. Somatické faktory – výška, délkové rozměry, složení těla
2. Kondiční faktory – silové, vytrvalostní a rychlostní schopnosti
3. Faktory techniky – biomechanika pohybu
4. Faktory taktiky – účelné využívání techniky v závodě, rozložení sil
5. Psychické faktory – procesy emoční a volní, motivace

Alves, Carvalho, Fernandes, a Vilas-Boas (2022) potvrzují důležitost somatických faktorů v rámci výkonnosti juniorských plavců, kdy plavci s vyšší postavou a větším rozpětí paží dosahují lepší výkonnosti, zřejmě kvůli zlepšené efektivitě záběru. Naopak u prsařských disciplín je hlavním somatickým faktorem délka dolních končetin (Lima-Borges, Portilho, Araújo, Ravagnani, & Almeida, 2022). Znalost těchto předpokladů je důležitá pro trenéry při identifikaci plaveckých talentů (Lima-Borges et al., 2022).

Kondiční faktory výkonu v plavání zahrnují silové, rychlostní a vytrvalostní schopnosti. Podíl jednotlivých složek kondičních předpokladů závisí na věku a úrovni trénovanosti. V tréninku je nezbytné respektovat specifika trénované sportovní disciplíny. (Neuls et al., 2018) Jelikož plavání lze považovat za aerobní sport, ve kterém má významný podíl anaerobní systém, maximální spotřeba kyslíku (VO<sub>2</sub>max) hraje klíčovou roli mezi energetickými mechanismy (Fernandes & Vilas-Boas, 2012). Born et al. (2022) při analýze polohového závodu na 400 metrů zjistili, že u pomalejších závodníků, kteří se nekvalifikovali do finále závodu, byla zvláště patrná pozitivní strategie rozložení sil. Tito plavci měli časy obrátkových úseků a rychlost plavání stejnou jako finalisté v první polovině závodu, ale v druhé polovině závodu byli výrazně slabší. Důležité jsou schopnosti udržení rychlosti plavání a odolnost proti únavě. Strzala et al., (2014) také zjistili, že při 200metrových závodech na dlouhém bazénu jsou 2. a 3. obrátkový úsek postupně pomalejší než první obrátkový úsek, přičemž hlavním důvodem jsou fyziologické příčiny.

Technická příprava je jednou ze složek sportovního tréninku, zaměřující se na osvojování pohybových a sportovních dovedností, jejich stabilizaci a příslušnou míru variability. Všechny tyto úkoly jsou obvykle spojovány pod pojmem technika (Dovalil, 1992).

Při optimalizaci plavecké techniky řešíme její efektivitu, přičemž můžeme použít index efektivity (plavecký krok [m] x rychlost [ $m \cdot s^{-1}$ ]). Nejúčinnější technika je tedy taková, kdy plavec dosahuje vysoké rychlosti při relativně nižším počtu záběrů, což je výhodné především při delších distancích při rozložení úsilí a „šetření sil“. (Neuls et al., 2018)

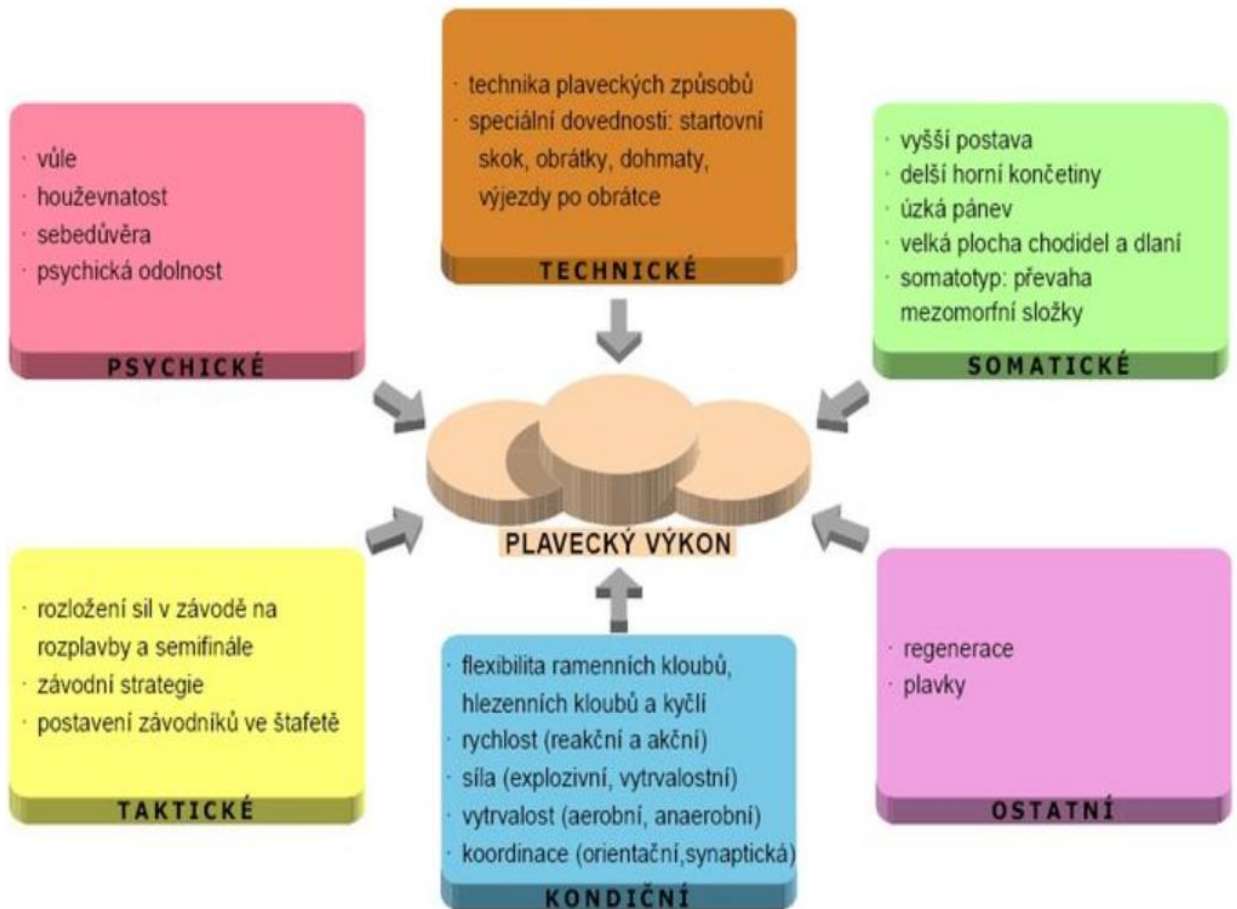
Technika samotné obrátky hraje zásadní roli v závodním plavání. Pouhá optimalizace obrátky může snížit čas o 0,2s na každý bazénový úsek (Maglischo, 2003)

Závod s rovnoměrně rozloženým úsilím je z fyziologického hlediska nejvýhodnější při využívání energetických zásob. To platí pro dospělé plavce, kteří vědí, jaký čas chtějí zaplavat, jsou psychicky silní, zvyklí na bolest a kteří využívají všechnu svou energii. Příliš rychlé plavání na začátku závodu znamená pro plavce, že brzy nadměrně využívá anaerobní metabolismus, a to sníží jeho rychlost v závěru závodu. (Sedláček, 2019)

Správné rozložení sil hraje roli při provedení obrátkových úseků, kdy příliš velké úsilí na začátku závodu může navýšit čas obrátkových úseků v dalších fázích plaveckého výkonu (Born et al., 2022)

## Obrázek 6

Faktory sportovního výkonu – plavání (Bernaciková, Kapounková, & Novotný, 2010)



## **3 CÍLE**

### **3.1 Hlavní cíl**

Cílem práce posoudit vliv obrátkového úseku ze znaku na prsa na celkový čas v polohovém závodě na 200 metrů u mužů a žen na úrovni mistrovství Evropy.

### **3.2 Dílčí cíle**

1. Dílčí cíl: Zjistit, jestli existuje rozdílnost v čase obrátkového úseku při využití různých typů obrátek využívaných ze znaku na prsa u mužů.

H1. Existují signifikantní rozdíly v čase u obrátkovém úseku mezi různými typy obrátek ze znaku na prsa u mužů.

2. Dílčí cíl: Zjistit, jestli existuje rozdílnost v čase obrátkového úseku při využití různých typů obrátek využívaných ze znaku na prsa u žen

H2. Existují signifikantní rozdíly v čase u obrátkovém úseku mezi různými typy obrátek ze znaku na prsa u žen.

3. Dílčí cíl: Zjistit, zda čas rotace souvisí s celkovým časem obrátkového úseku ze znaku na prsa u mužů a u žen.

H3. Existuje souvislost času rotace s celkovým časem obrátkového úseku u mužů a u žen.

### **3.3 Výzkumné otázky**

VO1 – Který typ obrátky v rámci obrátkového úseku ze znaku na prsa je nejvyužívanější u mužů a u žen?

VO2 – Zjistit, která část obrátkového úseku má nejsilnější vztah k celkovému času obrátkového úseku ze znaku na prsa u mužů a u žen.

## 4 METODIKA

Výzkum byl zaměřen na získání dat z plavecké disciplíny 200 m polohový závod z posledních 4 soutěží mistrovství Evropy (dále jen ME) na dlouhém bazénu, do kterých patří ME v Londýně roku 2016, ME v Glasgow roku 2018, ME v Budapešti roku 2021 (ta byla odsunuta z roku 2020 kvůli pandemii Covid-19) a ME v Římě roku 2022.

Z výsledků soutěží byly získány informace o jednotlivých výkonech. Následně byly využity profesionální kamerové záznamy soutěží k analýze obrátkového úseku ze znaku na prsa u všech zkoumaných závodníků. Tyto výsledky jsou následně analyzovány.

Data byla před započítáním analýzy anonymizována a studie byla schválena Etickou komisí FTK UP (jednací číslo 102/2021) v souladu s Helsinkou deklarací.

### 4.1 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor tvořili plavci a plavkyně, které se kvalifikovali do semifinále a finále v disciplíně 200 m polohový závod. Do semifinále se kvalifikovalo vždy 16 nejrychlejších závodníků z ranních rozplaveb, kteří následně byli zařazeni do výzkumu.

U plavci, kteří se kvalifikovali do finále, byl do analýzy zařazen pouze jeden výkon, a to ten hodnotnější ze semifinále/finále.

Do výzkumu nemohli být zařazeny výkony ze semifinále číslo 1 na 200 m polohový závod na ME 2018, jelikož záznam z tohoto závodu, na kterém by se daly analyzovat potřebné úseky, nelze získat. Plavcům, kteří se z tohoto semifinále kvalifikovali do finále, se analyzoval pouze finálový závod, i když mohl být pomalejší než výkon v semifinále.

Celkově bylo do výzkumu zařazeno 124 plavců ( $n=124$ ), kdy 64 tvořily ženy a 60 muži. Výkonnost plavců v disciplíně 200 m polohový závod ve výzkumu byla dle bodů světové plavecké organizace FINA  $856\pm 40$ , výkonnost plavkyň byla  $849\pm 43$ .

Plavci, kteří soutěží na mezinárodních akcích pořádaných Evropskou plaveckou asociací (Ligue Européenne de Natation – LEN), souhlasí s tím, že budou během závodů monitorováni videokamerou pro analýzu závodů.

### 4.2 Metody sběru dat

Data o závodech a závodnících byla získána z oficiálních výsledků zpracovatele výsledků těchto soutěží společnosti MicroPlus. Z těchto výsledků bylo získáno: výsledný čas, umístění, mezičasy jednotlivých úseků, FINA body, ročník narození, rozpis drah, finále a semifinále.

Pro získání dat byla použita metoda záznamu 2D kinematická analýza. Společnost Spiideo z Malmö ve Švédsku se specializuje na záznamy ze sportovních soutěží a natočila záznamy závodů ME Londýn 2016 a ME Glasgow 2018. Firma InnoSportLab z Eindhoven v Nizozemsku se stala novým dodavatelem této služby pro LEN a pořídila záznamy z ME Budapešť 2021 a ME Řím 2022. Obě společnosti používají stejný typ záznamu a výsledky z nich jsou tak porovnatelné. Všechny použité videozáznamy mají shodný formát (MP4, Full HD 1920x1080, 50 snímků/s). Pro zajištění synchronizace analýzy ve stejném časovém okamžiku u všech závodů se využívá světelného signálu, který je součástí elektronické časomíry závodu.

Analýzu videozáznamů zpracovala externí firma umimplavat.cz, která se profesionálně zaměřuje na analýzy plaveckých výkonů.

Vzdálenost jednotlivých úseků závodu byla určena pomocí referenčního označení na plaveckých drahách v závodním bazénu. Značení na drahách bylo pro přesnost kontrolně přeměřováno. Pomocí videozáznamu byly následně analyzovány obrátkové úseky ze znaku na prsa. V analýze byly použity tyto části obrátkového úseku:

- 15-5 metrů do stěny
- 5-0 metrů do stěny
- Doba rotace
- 0-5 metrů od stěny
- 5-15 metrů od stěny

Do výzkumu byl zařazen i úsek 15-25 metrů od stěny, který však již neřadíme do obrátkového úseku.

Čas v jednotlivých úsecích byl určen momentem, kdy hlava plavce protнула stanovenou hranici. Doba rotace odpovídá času od prvního doteku vodní hladiny posledního prováděného záběru před dotekem na stěnu.

Ze záznamů byl určen typ použité obrátky.

### **4.3 Statistické zpracování dat**

Všechny závody a účastníci byli analyzováni pomocí softwaru Dartfish. Sledované parametry byly získány extrahováním dat z videí pomocí tohoto programu. Dartfish umožňuje měření s přesností až na setiny nebo tisíciný sekundy a také měření délkových jednotek. Pro ověření spolehlivosti analýzy v programu Dartfish byla data hodnocena dalšími dvěma analytiky. Hodnota koeficientu vnitrotřídní korelace (ICC) se pohybovala v rozmezí 0,988-0,989.

Data následně byla propojena s oficiálními výsledky mistrovských soutěží a jednotlivými plavci. V programu Microsoft Excel byla data připravena k podkladům do statistického programu Statistica 14.

Všechna data byla přepočtena do průměrných hodnot. Následně byla dopočtena směrodatná odchylka a rozptyl. Ke všem závodům a měřeným úsekům byl taktéž přiřazen typ použité obrátky. Pro určení vztahů mezi jednotlivými fázemi obrátkového úseku byl spočítán Pearsonův korelační koeficient k jednotlivým parametrům. Intervaly hodnot Pearsonova korelačního koeficientu byly klasifikovány podle Evans D., (1996) <0,19; 0,20-0,39; 0,40-0,59; 0,60-0,79; 0,80-1,00 (velmi slabé, slabé, středně silné, silné a velmi silné). Pro další statistické zpracování dat bylo nutno ověřit normální rozložení dat pomocí Shapiro-Wilkova testu. Následně po potvrzení normality dat byl využit jednofaktorový ANOVA test.

## 5 VÝSLEDKY

Výsledky práce zahrnují celkový výsledek závodu na 200 m polohově, čas každého plaveckého způsobu (mezičas), věk závodníků, FINA body, typ použité obrátky, čas analyzovaných úseků. Mezi analyzované úseky patří:

- 15-5 m do stěny (čas mezi hranicí 15metrovou hranicí a 5metrovou hranici do stěny)
- 5 m do stěny (čas mezi 5metrovou hranicí a dotykem stěny)
- Rot (čas mezi dotykem stěny paží a odrazem nohou)
- 5 m od stěny (čas mezi odrazem od stěny a 5metrovou hranicí)
- 5-15 m od stěny (čas mezi 5metrovou hranicí a 15metrovou hranici od stěny)
- 15-25 m od stěny (čas mezi 15metrovou hranicí a 25metrovou hranicí)

Do samotného obrátkového úseku řadíme vzdálenost 5 metrů do stěny + 15 metrů od stěny.



## 5.1 Zhodnocení obrátkového úseku ze znaku na prsa u mužů

Průměrná doba obrátkového úseku ze znaku na prsa u mužů byla  $12,63 \pm 0,33$  s (viz. Tabulka 1). I přes to, že tento obrátkový úsek zabírá zhruba 10,5 % z celkové doby závodu, tak existuje silná korelace mezi časem obrátkového úseku a výsledným časem ( $r=0,71$ ) (viz. Tabulka 2). Další silná korelace z dílčích úseků polohového závodu vůči výslednému času existuje pouze u znakového úseku ( $r=0,79$ ), z čehož vychází, že tento způsob je ze všech plaveckých způsobů v polohovém závodě nejvíce rozhodující. Nicméně oproti obrátkovému úseku pokrývá celý znak 25,4 % celkového času závodu.

Každopádně důležitost právě samotného obrátkového úseku ze znaku na prsa je zřetelná. V korelační analýze dílčích úseků obrátkového úseku (viz. Tabulka 1) měl úsek 5 m do stěny + 5 m od stěny velmi silnou korelaci k času obrátkového úseku ( $r=0,84$ ). Vztah je i vyšší než při srovnání se stejně dlouhým úsekem 5-15 m od stěny ( $r=0,77$ ).

Při porovnání stejně dlouhých úseků – 5 m do stěny a 5 m od stěny – a jejich vztahu k celkovému času obrátkového úseku (viz. Tabulka 1) bylo zjištěno, že silná korelace existuje pouze v úseku 5 m od stěny ( $r=0,69$ ). Z toho vychází, že pro rychlejší obrátkový úsek je důležitější dovednost odrazu a splývání od stěny než rychlost při nájezdu na stěnu. Zároveň při zjišťování časových rozdílů mezi dílčími úseky obrátkového úseku s ohledem na typ využití obrátky (viz. Tabulka 5) byl výsledek v úseku 5 m od stěny signifikantní.

Čas rotace měl středně silný vztah ( $r=0,44$ ) vůči času obrátkového úseku.

### Tabulka 1

Korelační analýza dílčích úseků obrátkového úseku ze znaku na prsa a celkového času obrátkového úseku u mužů

Analyzovaný úsek	M±SD	r-value
Obrátkový úsek [s]	12,63±0,33	
5 m do stěny [s]	2,96±0,12	0,55
Rotace [s]	1,28±0,21	0,44
5 m od stěny [s]	2,61±0,18	0,69*
5-15 m od stěny [s]	7,07±0,19	0,77*
5 m do stěny + 5 m od stěny [s]	5,56±0,22	0,84**

*Poznámka.* M = aritmetický průměr; SD = směrodatná odchylka, r-value = hodnota korelačního koeficientu, \*silná korelace, \*\*velmi silná korelace

### Tabulka 2

Korelační analýza dílčích úseků polohového závodu a celkového výsledného času u mužů

Analyzovaný úsek	M±SD	r-value
Výsledný čas [s]	120,07±1,85	
Motýlek [s]	25,81±0,51	0,62*
Znak [s]	30,50±0,96	0,79*
Prsa [s]	34,78±0,70	0,60*
Volný způsob [s]	28,98±0,67	0,52
Znak + Prsa [s]	65,27±1,28	0,92**
Obrátkový úsek [s]	12,63±0,33	0,71*

*Poznámka.* M = aritmetický průměr; SD = směrodatná odchylka, r-value = hodnota korelačního koeficientu, \*silná korelace, \*\*velmi silná korelace

## 5.2 Zhodnocení jednotlivých typů obrátek ze znaku na prsa u mužů

Jak můžeme vidět v tabulce 3, značně nejrychlejšího času obrátkového úseku dosahovali plavci, kteří využívali obrátku Crossover ( $12,55 \pm 0,29$  s), kdy oproti všem ostatním obrátkám byl průměrný čas minimálně o 42 setin rychlejší. Zbylé obrátky dosahovaly podobných časů, nejpomalejší však byla obrátka Open.

Z výsledků dále vyplývá, že obrátka Crossover byla kromě celkového času také nejrychlejší ve všech sledovaných částech obrátkového úseku (viz. Tabulka 3).

Největší časový zisk obrátky Crossover byl v úsecích „Čas rotace“ a „5 m od stěny“ (viz. Tabulka 3), kdy v času rotace oproti nejbližší nejrychlejší obrátce v této kategorii Somersault je rychlejší o 24 setin. Důležité je brát v potaz krátkou dobu samotného času rotace, proto při přepočtu na procenta je Crossover o 16 % rychlejší než další nejbližší obrátka, což je velký rozdíl. Nejhuře v rychlosti rotace vychází Bucket.

V úseku 5 m od stěny je opět Crossover nejrychlejší, a to minimálně o 24 setin oproti dalšímu nejrychlejšímu typu obrátky Bucket (viz. Tabulka 3). Výsledek v této části u zbytku obrátek je srovnatelný. V tomto úseku existují signifikantní rozdíly ( $p < 0,001$ ) mezi obrátkami (viz. Tabulka 5). V žádném jiném úseku signifikantní rozdíly neexistují.

V úseku 15-5 metrů od stěny byla obrátka Somersault výrazně pomalejší než u ostatních obrátek. Tento výsledek je spojen s tím, že tento typ obrátky využívali plavci, kteří měli průměrně nejhorší znakový úsek (viz. Tabulka 4).

Časové rozdíly v úseku 5 metrů do stěny nebyly mezi obrátkami významné rozdíly.

Úsek 5-15 metrů od stěny byl rychlejší u obrátky Crossover, těsně následován obrátkou Somersault. Výsledky tohoto úseku korespondují s faktem, že plavci využívající tyto obrátky měli také nejrychlejší mezičas na prsou (viz. Tabulka 4).

Z celkových výsledků je možné pozorovat fakt, že plavci využívající obrátku Crossover dosahují nejlepších výsledných časů (viz. Tabulka 4). V rámci sledovaného souboru byla také obrátka Crossover nejvyužívanější, jelikož z celkového počtu 60 analyzovaných výkonů byla použita v 50 případech. Ostatní typy obrátek jsou využívány mnohem méně.

Nejstarší plavci využívali obrátky Bucket a Crossover. Mladší plavci průměrně využívali obrátku Open a Somersault.

**Tabulka 3**

Průměrné časové hodnoty dílčích úseků obrátkového úseku u různých typů obrátek ze znaku na prsa u mužů

Typ obrátky	Open (n = 4)	Somersault (n = 2)	Bucket (n = 4)	Crossover (n = 50)
	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
15-5 m do stěny [s]	6,56±0,27	6,80±0,14	6,66±0,13	6,53±0,23
5 m do stěny [s]	3,00±0,09	3,05±0,03	2,98±0,08	2,95±0,12
Rotace [s]	1,50±0,36	1,47±0,05	1,57±0,30	1,23±0,15
5 m od stěny [s]	2,89±0,12	2,82±0	2,80±0,10	2,56±0,15
5-15 m od stěny [s]	7,21±0,13	7,10±0,14	7,22±0,14	7,04±0,18
15-25 m od stěny [s]	7,23±0,16	7,27±0,11	7,21±0,12	7,15±0,19
Čas obrátkového úseku [s]	13,09±0,20	12,97±0,11	13,00±0,23	12,55±0,29

*Poznámka.* M = aritmetický průměr; SD = směrodatná odchylka

**Tabulka 4**

Průměrné časové hodnoty dílčích úseků polohového závodu u různých typů obrátek ze znaku na prsa u mužů

Typ obrátky	Open (n = 4)	Somersault (n = 2)	Bucket (n = 4)	Crossover (n = 50)
	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
Výsledný čas [s]	121,19±0,73	121,94±0,81	121,39±0,84	119,80±1,87
Motýlek [s]	26,14±0,42	26,65±0,32	26,30±0,08	25,72±0,48
Znak [s]	30,56±0,67	32,25±0,53	31,14±0,33	30,37±0,94
Prsa [s]	35,66±0,59	34,69±0,47	35,16±0,63	34,68±0,66
Volný způsob [s]	28,83±0,18	28,36±0,44	28,79±0,45	29,04±0,70
Znak + Prsa [s]	66,22±0,96	66,93±0,05	66,30±0,85	65,05±1,23
FINA body	832,00±14,85	817,00±16,00	828,00±17,31	862,48±40,11
Věk	21,25±14,85	21,00±0,00	25,75±3,77	25,22±3,96

*Poznámka.* M = aritmetický průměr; SD = směrodatná odchylka

## Tabulka 5

Jednofaktorový ANOVA test pro zjištění časových rozdílů mezi dílčími úseky obrátkového úseku s ohledem na typ využití obrátky ze znaku na prsa u mužů

Analyzovaný úsek	F	p
5 m do stěny [s]	0,824	0,486
5 m od stěny [s]	20,856	<0,001*
5-15 m od stěny [s]	1,551	0,211

Poznámka. \* = signifikantní rozdíl

### 5.3 Zhodnocení obrátkového úseku ze znaku na prsa u žen

Průměrná doba obrátkového úseku ze znaku na prsa u žen byla  $14,15 \pm 0,32$  (viz. Tabulka 7). Důležitost obrátkového úseku značí silný korelační vztah mezi jeho časem a časem výsledným ( $r=0,74$ ) (viz. Tabulka 7). Podobně jako u mužů pokrývá obrátkový úsek ze znaku na prsa pouze 10,6 % z celkového času závodu. Vůči výslednému času dosahuje silné korelace úsek motýlek ( $r=0,78$ ) a znak, u kterého byla velmi silná korelace ( $r=0,81$ ) (viz. Tabulka 7), které však pokrývají 21,6, respektive 25,6 procent. Stejně tedy jako u mužů je znakový úsek nejvíce rozhodujícím i u žen.

Při zjišťování vztahu dílčích úseků obrátkového úseku a celkovým časem obrátkového úseku (viz. Tabulka 7) bylo zjištěno, že úseky 5-15 m od stěny a 5 m do stěny + 5 m od stěny mají stejně silnou korelaci ( $r=0,66$ ) k času obrátkového úseku.

Středně silné korelace ( $r=0,56$ ) dosáhl úsek 5 m od stěny (viz. Tabulka 7). Je to výrazně vyšší než úseky 5 m do stěny ( $r=0,32$ ) a čas rotace (0,20), u kterých existuje pouze slabá korelace s celkovým časem obrátkového úseku. Z toho vychází, že rychlost po odraze od stěny a při splývání je důležitější, než rychlost nájezdu na stěnu a rychlost rotace pro rychlý obrátkový úsek.

### Tabulka 6

Korelační analýza dílčích úseků obrátkového úseku a celkového času obrátkového úseku u žen

Analyzovaný úsek	M±SD	r-value
Obrátkový úsek [s]	14,15±0,32	
5 m do stěny [s]	3,27±0,14	0,32
Rotace [s]	1,36±0,24	0,20
5 m od stěny [s]	2,93±0,19	0,59
5-15 m od stěny [s]	7,95±0,24	0,66*
5 m do stěny + 5 m od stěny [s]	6,20±0,24	0,66*

*Poznámka.* M = aritmetický průměr; SD = směrodatná odchylka, r-value = hodnota korelačního koeficientu, \*silná korelace, \*\*velmi silná korelace

### Tabulka 7

Korelační analýza dílčích úseků polohového závodu a celkového výsledného času u žen

Analyzovaný úsek	M±SD	r-value
Výsledný čas [s]	133,27±2,24	
Motýlek [s]	28,74±0,56	0,78*
Znak [s]	34,15±1,00	0,81**
Prsa [s]	38,58±0,98	0,61*
Volný způsob [s]	31,80±0,64	0,63*
Znak + Prsa [s]	72,72±1,51	0,93**
Obrátkový úsek [s]	14,15±0,32	0,74*

*Poznámka.* M = aritmetický průměr; SD = směrodatná odchylka, r-value = hodnota korelačního koeficientu, \*silná korelace, \*\*velmi silná korelace

## 5.4 Zhodnocení jednotlivých typů obrátek ze znaku na prsa u žen

Nejlepšího celkového času obrátkového úseku dosahovaly ženy využívající obrátku Crossover (viz. Tabulka 9). S odstupem 26 setin následovala obrátka Open, ještě s menším rozdílem za ní byly srovnatelné obrátky Somersault a Bucket.

V úseku 15-5m do stěny měly nejlepší čas závodnice s obrátkou Crossover, avšak rozdíl oproti zbytku obrátek nebyl významný. Pouze u obrátky Open závodnice více zaostávaly o více než 2 desetiny (viz. Tabulka 9), což odpovídá horšímu času při celém znakovém úseku (viz. Tabulka 9). Úsek 5 metrů do stěny byl nejrychlejší při obrátce Crossover, avšak rozdíl mezi všemi obrátkami nebyl výrazný.

Velké rozdíly byly u času rotace (viz. Tabulka 9). Nejlépe vyšla obrátka Somersault, která byla o 15 setin rychlejší než nejbližší obrátka Crossover, v přepočtu 11,2 %, což je signifikantní rozdíl. Při porovnání nejrychlejší obrátky a nejpomalejší obrátky v rámci času rotace – v tomto případě Open – dostaneme časový rozdíl 42 setin a přepočtených 26 %, což je významný rozdíl.

Obrátka Crossover měla největší časový zisk na úseku 5 metrů od stěny, kdy mezi ní a další nejrychlejší obrátkou byl rozdíl 27 setin. Na tak krátkém časovém úseku tento rozdíl dělá v přepočtu 8,7 %, což je velký rozdíl (viz. Tabulka 9). Diference mezi obrátkami potvrzuje využití ANOVA testu (viz. Tabulka 10), ze kterého vychází, že existuje signifikantní ( $p < 0,001$ ) rozdíl právě v úseku 5 metrů od stěny mezi jednotlivými typy použitých obrátek. V žádném jiném úseku signifikantní rozdíly neexistují.

V úseku 5-15 metrů od stěny byla nejrychlejší obrátka Open, následovanou obrátkou Crossover (viz. Tabulka 9). To odpovídá vyšší úrovni prsařských dovedností u plavkyň využívající tento typ obrátky, jelikož samotný mezičas prsového úseky měly nejrychlejší (viz. Tabulka 9).

Nejlepších výsledných časů dosahovaly plavkyně využívající obrátku Crossover (viz. Tabulka 9). V rámci sledovaného souboru je také obrátka Crossover nejvyužívanější, z celkového množství 64 obrátek byla analyzovaná ve 45 případech. Ostatní obrátky jsou využívány mnohem méně.

Obrátku Crossover využívaly nejzkušenější závodnice. Naopak nejmladší závodnice využívaly obrátku Open.

**Tabulka 8**

Průměrné časové hodnoty sledovaných úseků u různých typů obrátek ze znaku na prsa u žen

Typ obrátky	Open (n = 5)	Somersault (n = 7)	Bucket (n = 7)	Crossover (n = 45)
	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
15-5 m do stěny [s]	7,46±0,19	7,25±0,26	7,22±0,23	7,16±0,23
5 m do stěny [s]	3,35±0,13	3,22±0,16	3,28±0,16	3,27±0,13
Rotace [s]	1,61±0,14	1,19±0,13	1,52±0,36	1,34±0,21
5 m od stěny [s]	3,19±0,06	3,11±0,18	3,13±0,13	2,84±0,14
5-15 m od stěny [s]	7,77±0,09	8,06±0,18	8,01±0,28	7,94±0,24
15-25 m od stěny [s]	7,73±0,27	7,95±0,28	7,90±0,27	7,90±0,22
Čas obrátkového úseku [s]	14,31±0,22	14,39±0,31	14,42±0,42	14,05±0,26

*Poznámka.* M = aritmetický průměr; SD = směrodatná odchylka**Tabulka 9**

Průměrné časové hodnoty dílčích úseků polohového závodu u různých typů obrátek ze znaku na prsa u žen

Typ obrátky	Open (n = 5)	Somersault (n = 7)	Bucket (n = 7)	Crossover (n = 45)
	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
Výsledný čas [s]	134,83±2,02	134,26±1,63	134,56±2,31	132,74±2,12
Motýlek [s]	29,17±0,50	28,98±0,27	29,19±0,48	28,59±0,53
Znak [s]	35,06±0,79	34,34±0,71	34,64±1,02	33,94±0,96
Prsa [s]	38,20±1,07	39,16±0,94	38,99±1,18	38,46±0,88
Volný způsob [s]	32,41±0,40	31,77±0,64	31,74±0,50	31,74±0,65
Znak + Prsa [s]	73,25±1,57	73,51±1,10	73,63±1,85	72,40±1,37
FINA body	818,80±36,98	829,14±30,24	824,29±43,36	858,60±41,59
Věk	19,20±2,23	22,43±3,77	20,29±4,06	24,20±4,35

*Poznámka.* M = aritmetický průměr; SD = směrodatná odchylka



**Tabulka 10**

Jednofaktorový ANOVA test pro zjištění časových rozdílů mezi dílčími úseky obrátkového úseku s ohledem na typ využití obrátky ze znaku na prsa u žen

Analyzovaný úsek	<i>F</i>	<i>p</i>
5 m do stěny [s]	0,691	0,562
5 m od stěny [s]	10,328	<0,001*
5-15 m od stěny [s]	2,031	0,120

*Poznámka.* \* = signifikantní rozdíl

## 5.5 Souhrn výsledků

Hlavní cíl: Čas obrátkového úseku ze znaku na prsa má vliv na celkový čas v polohovém závodě na 200 metrů u plavců i plavkyň.

Dílčí cíl 1: Data prokázala, že mezi jednotlivými obrátkami existují časové rozdíly v rámci času obrátkového úseku ze znaku na prsa u mužů

Hypotéza 1 se potvrdila, bylo tudíž prokázáno, že existují časové rozdíly mezi jednotlivými typy obrátek, a to v úseku 5 metrů od stěny

Dílčí cíl 2: Data prokázala, že mezi jednotlivými obrátkami existují časové rozdíly v rámci času obrátkového úseku ze znaku na prsa u žen

Hypotéza 2 se potvrdila, bylo tudíž prokázáno, že existují časové rozdíly mezi jednotlivými typy obrátek, a to v úseku 5 metrů od stěny

Dílčí cíl 3: Data prokázala, že čas rotace nemá výrazný vliv na celkový čas obrátkového úseku ze znaku na prsa u mužů, ani u žen.

Hypotéza 3 byla zamítnuta, tudíž nebyla prokázána souvislost mezi časem rotace a celkovým časem obrátkového úseku ze znaku na prsa u mužů, ani u žen

VO1: Podle zjištění je obrátka Crossover u nejvyužívanějším typem při obrátce v rámci obrátkového úseku ze znaku na prsa v polohovém závodě.

VO2: Podle zjištění má nejsilnější vztah k celkovému času obrátkového úseku ze znaku na prsa úsek 5 metrů od stěny, a to jak u mužů, tak u žen

## 6 DISKUSE

### 6.1 Vliv obrátkového úseku ze znaku na prsa na výsledný čas

Z výsledků můžeme konstatovat, že obrátkový úsek ze znaku na prsa i přes svou krátkou dobu trvání v kontextu celého závodu na 200 m polohově (10,5-10,6 %) je důležitým faktorem ve snaze o optimalizaci výkonu. Korelační analýza odhalila, že existuje silný vztah mezi časem obrátkového úseku a výsledným časem jak u mužů ( $r=0,71$ ), tak u žen ( $r=0,74$ ).

Důležitost obrátkových úseků na 25m bazénu je prokázána v mnoha studiích (Born et al., 2021, 2022; Polach et al., 2019). Význam obrátkových úseků na 25m bazénu je větší než na 50m bazénu, a to díky většímu množství obrátkových úseků a většímu procentuálnímu podílu vůči celému závodu (Morais et al., 2019). Avšak na 50m bazénu není čas obrátkového úseku zanedbatelný, jak zjistily výsledky této práce. Dokonce jediný plavecký způsob v rámci polohového závodu, který měl silnější vztah k celkovému času než sledovaný obrátkový úsek, byl znak (muži  $r=0,79$ ; ženy  $r=0,81$ ). Z výsledků vyplývá, že plavci a trenéři by se neměli zaměřovat pouze na vylepšování kondičních a technických schopností jednotlivých plaveckých způsobů, ale také by se měli soustředit na optimalizaci obrátkových úseků.

### 6.2 Porovnání jednotlivých typů obrátek ze znaku na prsa

V rámci obrátkového úseku ze znaku na prsa byly porovnány čtyři využívané typy obrátek – Open, Somersault, Bucket a Crossover. Výsledky zjistili, že nejlepších časů v rámci celého obrátkového úseku dosahují plavci a plavkyně využívající obrátku Crossover. Při využití této obrátky byl značný časový zisk u obou pohlaví v úseku 5 m od stěny. Toto zjištění odpovídá studii Chainok et al., (2021) ve které žákovští plavci dosahovali právě při obrátce Crossover nejvyšší odrazové rychlosti ( $2.17\pm 0.05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  vs.  $2.02\pm 0.05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Právě rychlost při odrazu je jednou ze základních faktorů pro rychlost v prvních pěti metrech od stěny. Důvodem pro vyšší odrazovou rychlost můžeme najít ve studii Chainok, Lauer, et al., (2022) ve které byl analyzovaná velikost aktivace svalů při použití různých typů obrátek. Pomocí integrované elektromyografie bylo zjištěno, že nejvyšší svalová aktivace při odrazu je právě u obrátky Crossover. Nicméně v obou studiích se jednalo o plavce žákovských kategorií, která je velice odlišná od plavců na úrovni semifinále a finále mistrovství Evropy.

Výsledky práce rozporují s prací Purdy et al., (2012), ve které byla měřena vyprodukovaná síla v čase na stěnu u obrátek Open, Bucket a Crossover. V této studii dosáhla nejlepších výsledků obrátka Bucket, kde plavkyně byly schopny dosáhnout sice srovnatelných odrazových sil

s obrátkou Crossover, ale v rychlejším čase. Nicméně ve studii plavkyně nebyly seznámeny s obrátkou Crossover dříve než 2 týdny před provedením testování. Právě studie zkoumající učení nových dovedností ukazuje, že rozsáhlejší zastoupení trénované dovednosti se objevuje v primárním motorickém kortexu po 3 týdnech intenzivního tréninku (Karni et al., 1998).

### 6.3 Porovnání částí obrátkového úseku

Při analyzování dílčích úseků obrátkového úseku se nepotvrdila hypotéza, že úsek 5 metrů do stěny bude nejdůležitějším faktorem pro rychlý čas celého obrátkového úseku. Předpokladem bylo, že nájezdová rychlost přímo ovlivní následnou rychlost rotace a schopnost silného a rychlého odrazu od stěny (Chainok, 2022; Nicol et al., 2021). Výsledky této práce však zjistili, že důležitější částí pro rychlejší čas je úsek 5 metrů od stěny ( $r=0,69$  u mužů,  $r=0,59$  u žen). Fáze 5 metrů před stěnou neboli nájezd měla slabší korelační vztah k obrátkovému času ( $r=0,55$  u mužů,  $r=0,32$  u žen). To může být způsobené tím, že při obrátce ze znaku na prsa je těžší orientace než u obrátek kraulu nebo motýlku, které byly zkoumány ve studii Nicol et al., (2021). Závodníci pro orientaci v bazénu mají pouze natažené lano s praporky, které nad nimi značí 5metrovou hranici. Poté se spoléhají pouze na natrénovaný odhad, což je většinou určitý počet záběrových cyklů, než se dotknou stěny. Oproti ostatním způsobům tak může scházet jistota před provedením obrátky, čímž je možné odůvodnit nižší rychlost před dotykem stěny.

Porovnání časů rotace mezi obrátkami vychází nejlépe pro obrátku Crossover u mužů, kde byl časový zisk oproti další nejbližší obrátce v této části 24 setin, což činil rozdíl 16 procent. U žen však nejrychlejšího času rotace dosáhly plavkyně s obrátkou Somersault také se značným náskokem 15 setin. Proč byli muži schopni dosáhnout nejrychlejších časů s obrátkou Crossover a ženy nikoliv? Možnou odpověď je možné nalézt v již zmíněné práci Chainok, Lauer, et al., (2022), ve které porovnávaly svalovou aktivaci středu těla a dolních končetin při rotaci u různých typů obrátek. Značně největších svalových svalové aktivity bylo dosaženo právě při obrátce Crossover, a to jak pro svalů středu těla, tak i pro svaly dolních končetin. Dle autorů je celková aktivace svalů měřena elektromyografie markerem intenzity dovednosti. Můžeme tedy usuzovat, že pro provedení efektivní obrátky pomocí typu Crossover je vyžadována vyšší dynamická síla svalů středu těla, která je u mužů vyšší (Yaprak & Küçükkubaş, 2020).

### 6.4 Nejvyužívanější typ obrátky ze znaku na prsa

Obrátka Crossover byla využita ve většině zkoumaných závodů. U žen se objevila u 70 % výkonů, u mužů dokonce v 83 % případů. Jelikož je obrátka Crossover u závodníků na úrovni

semifinále a finále mistrovství Evropy nejčastěji využívaná, tak můžeme usuzovat, že závodníci a trenéři ví, že je obrátka Crossover pro ně z časového hlediska nejvýhodnější.

Z výsledků této práce však není možné zcela jistě říct, že jsou tito plavci rychlejší pouze díky využití obrátky Crossover. Aby bylo možné skutečně potvrdit, že je Crossover pro plavce nejlepší volbou, tak by bylo nutné vytvořit studii, kde by každý závodník byl analyzován při použití každého typu obrátky a tyto obrátky měl na stejné dovednostní úrovni. Jak však již bylo zmíněno, je pravděpodobné, že závodníci taková data o svém výkonu z tréninku mají.

## 7 ZÁVĚRY

Hlavní cíl práce bylo posouzení vlivu obrátkového úseku ze znaku na prsa v polohovém závodě na 200 metrů u plavců a plavkyň na úrovni mistrovství Evropy. Z analýzy dat vyplývá, že existuje silný vztah mezi časem sledovaného obrátkového úseku a výsledným časem u obou pohlaví. Z toho vyplývá, že plavci i trenéři by se měli zaměřit na optimalizaci této části závodu.

Prvním a druhým dílčím cílem bylo zjistit, zda existuje rozdílnost v čase obrátkového úseku ze znaku na prsa u mužů a u žen při využití čtyř odlišných typů obrátek: Open, Somersault, Bucket a Crossover. Výsledky jak u mužů, tak u žen ukazují, že nejlepších výsledků se dosahuje při využití obrátky Crossover. Při využití ostatních typů obrátek dosahovaly plavci i plavkyně v rámci obrátkového úseku srovnatelných časů, které však v porovnání s využitím obrátky Crossover časově zaostávaly. Statisticky signifikantní rozdíly mezi obrátkami byl konkrétně v úseku 5 metrů od stěny. V tomto úseku zároveň dosahovali plavci i plavkyně s obrátkou Crossover lepších časů. Je možné se domnívat, že díky při využití této obrátky mají plavci lepší odraz, který je se splýváním primárně zodpovědný za časový zisk v této části. Je tedy potvrzena hypotéza, že mezi jednotlivými typy využívaných obrátek ze znaku na prsa existují časové rozdíly jak u mužů, tak u žen. V rámci dalšího zkoumání obrátkového úseku ze znaku na prsa by bylo vhodné zkoumat způsob, jak optimalizovat úsek 5 metrů od stěny, jakožto důležitý faktory v rámci celého obrátkového úseku.

Třetím dílčím cílem bylo zjistit, zda čas rotace ovlivňuje celkový čas obrátkového úseku. Bylo předpokládáno, že lepší čas rotace bude mít vliv na rychlost v další části obrátkového úseku. Tato hypotéza však byla zamítnuta. Čas rotace nemá vliv na celkový čas obrátkového úseku ze znaku na prsa ani u mužů, ani u žen.

VO1: Který typ obrátky v rámci obrátkového úseku ze znaku na prsa je nejvyužívanější u mužů a u žen?

Nejvíce využívanou obrátkou mezi plavci i plavkyněmi je typ Crossover, což odpovídá zjištěním, že plavci i plavkyně využívající Crossover dosahují nejlepších časů v rámci obrátkového úseku.

VO2: Zjistit, která část obrátkového úseku má nejsilnější vztah k celkovému času obrátkového úseku ze znaku na prsa u mužů a u žen.

Nejsilnější vztah k celkovému času obrátkového úseku má úsek 5 metrů od stěny, a to jak u mužů, tak u žen.

## 8 SOUHRN

Práce pojednává o vlivu obrátkového úseku ze znaku na prsa na výsledný čas v disciplíně 200 metrů polohový závod. Dále zkoumá rozdíly mezi různými typy obrátek využívaných v této části závodu. V pravidlech plavání je otevřená definice provedení obrátky, což dovoluje pro využití několika způsobů otočení. Práce tedy porovnává obecně využívané čtyři typy obrátek: Open, Bucket, Somersault a Crossover.

V první části práce je popsána problematika polohového závodu a obrátkového úseku ze znaku na prsa. Detailněji se práce zaměřovala na plavecké způsoby znak a prsa, dále na působení fyzikálních sil ve vodních prostředí, techniky různých obrátek ze znaku na prsa a faktorů ovlivňující obrátkový úsek ze znaku na prsa.

Práce při analýze dat pracovala s videozáznamy ze závodů mistrovství Evropy na dlouhém bazénu v rozpětí let 2016 až 2021. Celkem bylo do studie zařazeno 64 plavkyň a 60 plavců s výkonovým rozpětím  $849 \pm 43$ , respektive  $856 \pm 40$  FINA bodů. V rámci statistického šetření byl u vybraných parametrů spočten Pearsonův korelační koeficient.

Výsledky práce zjistily, že obrátkový úsek ze znaku na prsa má silný vliv na výsledný čas závodu 200 metrů polohový závod. Dále bylo zjištěno, že obrátka plavci i plavkyně využívající Crossover dosahují nejlepších časů v rámci sledovaného obrátkového úseku. Největší faktor pro obrátkového úseku byla část 5 metrů od stěny.

Z výsledků práce vychází doporučení plavcům a trenérům, kteří cílí na dosažení co nejvyšší výkonnosti v disciplíně 200 metrů polohový závod, aby se snažili optimalizovat obrátkový úsek ze znaku na prsa a využívali při jeho provedení obrátku Crossover. Pro správné provedení této obrátky se doporučuje práce na posílení svalů středu těla.

## 9 SUMMARY

The thesis examines the impact of the turn segment from the backstroke to breaststroke on the overall time in the 200-meter individual medley race. It also investigates the differences between various types of turns used in this part of the race. The swimming rules provide an open definition of performing the turn, allowing for several methods of rotation. The thesis compares four commonly used types of turns: Open, Bucket, Somersault, and Crossover.

The first part of the thesis describes the issues related to the individual medley race and the turn segment from backstroke to breaststroke. Specifically, it focuses on the swimming techniques of backstroke and breaststroke, the influence of physical forces in the aquatic environment, techniques of turns from backstroke to breaststroke, and factors affecting the turn segment from backstroke to breaststroke.

In the data analysis, the thesis utilizes video recordings from the European Long Course Championships spanning from 2016 to 2021. A total of 64 female swimmers and 60 male swimmers were included in the study, with a performance range of  $849\pm 43$  and  $856\pm 40$  FINA points, respectively. Pearson's correlation coefficient was computed for selected parameters as part of the statistical investigation.

The results of the thesis revealed that the turn segment from backstroke to breaststroke has a strong effect on the overall time in the 200-meter individual medley race. Furthermore, it was found that swimmers utilizing the Crossover turn achieved the best times within the observed turn segment. The most significant factor for the turn segment was the 5-meter distance from the wall.

Based on the findings, recommendations are made for swimmers and coaches, who aim to achieve the highest performance in the 200-meter individual medley race, to optimize the turn segment from backstroke to breaststroke and to employ the Crossover turn. Proper execution of this turn is recommended to be supported by strengthening the core muscles.



## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Alves, M., Carvalho, D. D., Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. (2022). How Anthropometrics of Young and Adolescent Swimmers Influence Stroking Parameters and Performance? A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(5). <https://doi.org/10.3390/ijerph19052543>
- Amaro, N. M., Morouço, P. G., Marques, M. C., Batalha, N., Neiva, H., & Marinho, D. A. (2019). A systematic review on dry-land strength and conditioning training on swimming performance. *Science and Sports*, *34*(1), e1–e14. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.07.003>
- Araujo, L., Pereira, S., Gatti, R., Freitas, E., Jacomel, G., Roesler, H., & Villas-Boas, J. (2010). Analysis of the lateral push-off in the freestyle flip turn. *Journal of Sports Sciences*, *28*(11), 1175–1181. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.485207>
- Barbosa, T. M., Fernandes, R. J., Keskinen, K. L., & Vilas-Boas, J. P. (2008). The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, *103*(2), 139–149. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0676-z>
- Benjanuvatra, N., Blanksby, B. A., & Elliott, B. C. (2001). *Morphology and Hydrodynamic Resistance in Young Swimmers*. 246–255.
- Beretić, I., Durovic, M., Okičić, T., & Dopsaj, M. (2013). Relations between lower body isometric muscle force characteristics and start performance in elite male sprint swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, *12*(4), 639–645.
- Bernaciková, M., Kapounková, K., & Novotný, J. (2010). Plavání. Retrieved from Fakulta sportovních studií website: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fsp/ps10/fyziol/web/sport/plavani.html>
- Born, D. P., Kuger, J., Polach, M., & Romann, M. (2021). Turn fast and win: The importance of acyclic phases in top-elite female swimmers. *Sports*, *9*(9). <https://doi.org/10.3390/sports9090122>
- Born, D. P., Romann, M., & Stöggel, T. (2022). Start Fast, Swim Faster, Turn Fastest: Section Analyses and Normative Data for Individual Medley. *Journal of Sports Science and Medicine*, *21*(2), 233–244. <https://doi.org/10.52082/jssm.2022.233>
- Březina, J. (2022). *Vliv rozloženého záběrového cyklu pod hladinou na výkon v acyklických úsecích u disciplíny 50 m prsa*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Callaway, A. J., Cobb, J. E., & Jones, I. (2009). A Comparison of Video and Accelerometer Based Approaches Applied to Performance Monitoring in Swimming. *International Journal of Sports Science & Coaching*, *4*(1), 139–153. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.4.1.139>

- Čechovská, I., & Miler, T. (2008). *Plavání* (2nd ed.). Praha: Grada.
- Český svaz plaveckých sportů. (2022). Soutěžní řád plavání. Retrieved from file:///C:/Users/42073/Downloads/Soutezni\_rad\_plavani\_novela\_2022 (4).pdf
- Chainok, P. (2022). *Biomechanical analysis of backstroke to breaststroke turns in age-group swimmers : An intervention study*. University of Porto.
- Chainok, P., de Jesus, K., Mourão, L., Fonseca, P. F. P., Zacca, R., Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. (2022). Biomechanical Features of Backstroke to Breaststroke Transition Techniques in Age-Group Swimmers. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4(March), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.802967>
- Chainok, P., Lauer, J., Gonçalves, P., de Jesus, K., Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. (2022). Backstroke-to-Breaststroke Turns Muscular Activity. A Study Conducted in Age Group Swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 21(3), 402–412. <https://doi.org/10.52082/jssm.2022.402>
- Chainok, P., Machado, L., de Jesus, K., Abraldes, J. A., Borgonovo-Santos, M., Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. (2021). Backstroke to breaststroke turning performance in age-group swimmers: Hydrodynamic characteristics and pull-out strategy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041858>
- Chakravorti, N., Slawson, S. E., Cossor, J., Conway, P. P., & West, A. A. (2012). Swimming turn technique optimisation by real-time measurement of foot pressure and position. *Procedia Engineering*, 34, 586–591. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.04.100>
- Chollet, D., Seifert, L. M., & Carter, M. (2008). Arm coordination in elite backstroke swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 26(7), 675–682. <https://doi.org/10.1080/02640410701787791>
- Cortesi, M., Fantozzi, S., & Gatta, G. (2012). Effects of distance specialization on the backstroke swimming kinematics. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(3), 526–532.
- Craig, A. B., Termin, B., & Pendergast, D. R. (2006). Simultaneous Recordings of Velocity and Video During Swimming. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 6(2), 32–35.
- da Silva, J. K. F., dos Santos, P. S., Favaro, S. O. V. B., Lirani, L. da S., & Osiecki, R. (2019). Reaction time on swimming block start in competitors swimmers on world swimming championship. *Journal of Physical Education and Sport*, 19(2), 376–380. <https://doi.org/10.7752/jpes.2019.s2056>
- Dovalil, J. (1992). *Sportovní trénink (Lexikon základních pojmů)*. Praha: Univerzita Karlova v Praze.
- Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. (2012). Time to exhaustion at the VO 2max velocity in swimming: A review. *Journal of Human Kinetics*, 32(1), 121–134.

<https://doi.org/10.2478/v10078-012-0029-1>

- Figueiredo, P., Zamparo, P., Sousa, A., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). An energy balance of the 200 m front crawl race. *European Journal of Applied Physiology*, *111*(5), 767–777. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1696-z>
- Fina. (2017). *Fina Requirements for Swimwear Approval (FRSA)*. 1–26.
- FINA. (2017). Pravidla plavání. Retrieved March 15, 2020, from <http://czechswimming.cz/index.php/dokumenty/pravidla?download=98:pravidla-plavani-novela-2017>
- Formosa, D. P., Sayers, M. G. L., & Burkett, B. (2014). Stroke-coordination and symmetry of elite backstroke swimmers using a comparison between net drag force and timing protocols. *Journal of Sports Sciences*, *32*(3), 220–228. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.823222>
- Frömel, K. (2002). *Kompendium psaní a publikování v kinantropologii*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Gonjo, T., & Olstad, B. H. (2020). Start and turn performances of competitive swimmers in sprint butterfly swimming. *Journal of Sports Science and Medicine*, *19*(4), 727–734.
- Gonjo, T., & Olstad, B. H. (2021). Race analysis in competitive swimming: A narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(1), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010069>
- Gonjo, T., Polach, M., Olstad, B. H., Romann, M., & Born, D. P. (2022). Differences in Race Characteristics between World-Class Individual-Medley and Stroke-Specialist Swimmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph192013578>
- Hagedorn, E. (2013). *Physics of Swimming: Conditions that Affect the Passive Drag on a Swimmer in Streamline Position*.
- Hall, G., & Murphy, D. (2020). *Fundamentals of Fast Swimming*. Bowker.
- Hamidi Rad, M., Aminian, K., Gremeaux, V., Massé, F., & Dadashi, F. (2021). Swimming Phase-Based Performance Evaluation Using a Single IMU in Main Swimming Techniques. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *9*(December), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.793302>
- Hannula, D., & Thornton, N. (2001). *The Swim Coaching Bible*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hannula, D., & Thornton, N. (2012). *The Swim Coaching Bible Volume II*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hermosilla, F., Sanders, R., González-mohíno, F., Yustres, I., & González-rave, J. M. (2021). Effects of dry-land training programs on swimming turn performance: a systematic review.

- International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17).  
<https://doi.org/10.3390/ijerph18179340>
- Hofer, Z., Felgrová, I., Jasan, L., & Smolík, P. (2019). *Technika plaveckých způsobů* (4. vydání). Praha: Karolinum.
- Invernizzi, P. L., Scurati, R., Longo, S., Gatta, G., & Michielon, G. (2014). Relationships between swimming style and dry-land strength in breaststroke. *Sport Sciences for Health*, 10(1), 11–16. <https://doi.org/10.1007/s11332-013-0165-6>
- Jagomägi, G., & Jürimäe, T. (2005). The influence of anthropometrical and flexibility parameters on the results of breaststroke swimming. *Anthropologischer Anzeiger*, 2(Juni 2005), 213–219.
- Karni, A., Meyer, G., Rey-Hipolito, C., Jezzard, P., Adams, M. M., Turner, R., & Ungerleider, L. G. (1998). The acquisition of skilled motor performance: Fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(3), 861–868. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.3.861>
- Kjendlie, P.-L., Haljand, R., Fjørtoft, O., & Stallman, R. K. (2006). The temporal distribution of race elements in elite swimmers. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 6(2), 54–56. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/267389801>
- Kroll, H. (2021). Which Stroke is Truly the Decider in the Individual Medley? Retrieved April 17, 2023, from <https://www.swimmingworldmagazine.com/news/which-stroke-is-truly-the-decider-in-the-individual-medley-long-course-edition-stats-included/>
- Kučerová, K. (2013). *Historický vývoj plaveckých způsobů*. Masarykova Univerzita.
- Lima-Borges, D. S., Portilho, N. O., Araújo, D. S., Ravagnani, C. F. C., & Almeida, J. A. (2022). Anthropometry and physical performance in swimmers of different styles. *Science and Sports*, 37(7), 542–551. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2021.07.007>
- Lyttle, A. D., Elliott, B. C., Blanksby, B. A., & Lloyd, D. G. (1998). The effect of depth and velocity on drag during the streamlined glide. *The Journal of Swimming Research*, 13, 15–22.
- Lyttle, A. D., Elliott, B. C., Blanksby, B. A., & Lloyd, D. G. (1999). An instrument for quantifying the hydrodynamic drag of swimmers - A technical note. *Journal of Human Movement Studies*, 37(5), 261–270.
- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming Fastest*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Neiva, H. P., Silva, A. J., & Morais, J. E. (2020). Comparison of the start, turn and finish performance of elite swimmers in 100 m and 200 m races. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(2), 397–407.
- Marinho, D. A., Willemsen, D., Barbosa, T. M., Silva, A. J., Vilas-Boas, J. P., Neiva, H. P., & Forte, P. (2021). Numerical simulations of a swimmer's head and cap wearing different types of

- goggles. *Sports Biomechanics*, 00(00), 1–13.  
<https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1923793>
- Marinho, D., Barbosa, T., Rouboa, A., & Silva, A. (2011). The hydrodynamic study of the swimming gliding: A two-dimensional computational fluid dynamics (CFD) analysis. *Journal of Human Kinetics*, 29(1), 49–57. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0039-4>
- McCabe, C., Moss crop, E., Hodierne, R., & Tor, E. (2022). The characteristics of the breaststroke pullout in elite swimming. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.963578>
- Mooney, R., Corley, G., Godfrey, A., Quinlan, L. R., & ÓLaighin, G. (2016). Inertial sensor technology for elite swimming performance analysis: A systematic review. *Sensors*, 16(1). <https://doi.org/10.3390/s16010018>
- Morais, J. E., Barbosa, T. M., Nevill, A. M., Cobley, S., & Marinho, D. A. (2022). Understanding the Role of Propulsion in the Prediction of Front-Crawl Swimming Velocity and in the Relationship Between Stroke Frequency and Stroke Length. *Frontiers in Physiology*, 13(April), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.876838>
- Morais, J. E., Marinho, D. A., Arellano, R., & Barbosa, T. M. (2019). Start and turn performances of elite sprinters at the 2016 European Championships in swimming. *Sports Biomechanics*, 18(1), 100–114. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1435713>
- Naemi, R., Easson, W. J., & Sanders, R. H. (2010). Hydrodynamic glide efficiency in swimming. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(4), 444–451. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.04.009>
- Neuls, F., Viktorjeník, D., Dub, J., Kunicki, M., & Svozil, Z. (2018). *Plavání (teorie, didaktika, trénink)*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Nicol, E., Ball, K., & Tor, E. (2021). The biomechanics of freestyle and butterfly turn technique in elite swimmers. *Sports Biomechanics*, 20(4), 444–457. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1561930>
- Nicol, E., Pearson, S., Saxby, D., Minahan, C., & Tor, E. (2022). Stroke Kinematics, Temporal Patterns, Neuromuscular Activity, Pacing and Kinetics in Elite Breaststroke Swimming: A Systematic Review. *Sports Medicine - Open*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00467-2>
- Novais, M., Silva, A., Mantha, V., Ramos, R., Rouboa, A., Vilas-Boas, J., ... Marinho, D. (2012). The effect of depth on drag during the streamlined glide: A three-dimensional CFD analysis. *Journal of Human Kinetics*, 33(1), 55–62. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0044-2>
- Olstad, Bjørn H., Gonjo, T., Conceição, A., Šťastný, J., & Seifert, L. (2022). Arm–leg coordination during the underwater pull-out sequence in the 50, 100 and 200 m breaststroke start.

- Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(1), 95–100.  
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.08.006>
- Olstad, Bjørn Harald, Wathne, H., & Gonjo, T. (2020). Key factors related to short course 100 m breaststroke performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176257>
- Pereira, S., Gonçalves, P., Figueiredo, P., Sónia, V., Fernandes, R., Vilas-Boas, J. P., & Roesler, H. (2008). A combined biomechanical analysis of the flip turn technique. *26 International Conference on Biomechanics in Sports*, (July 2017), 699–702. Retrieved from [internal-pdf://141.155.153.9/1989-3903-1-PB.pdf](http://internal-pdf://141.155.153.9/1989-3903-1-PB.pdf)
- Pereira, S. M., Ruschel, C., Hubert, M., Machado, L., Roesler, H., Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. (2015). Kinematic, kinetic and emg analysis of four front crawl flip turn techniques. *Journal of Sports Sciences*, 33(19), 2006–2015. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1026374>
- Piňos, A. (2007). Sportovní trénink. Retrieved from <https://www.gjb-spgs.cz/media/cache/file/62/sportovni-trenink.pdf>
- Polach, M., Thiel, D., & Svozil, Z. (2019). Turns as an important factor of swimming performance. *Tělesná Kultura*, 42(1), 9–13. <https://doi.org/10.5507/tk.2019.006>
- Prins, J. H., & Patz, A. (2006). The influence of tuck index, depth of foot-plant, and wall contact time on the velocity of push-off in the freestyle flip turn. *Methods*, 6 s2(l), 46–46.
- Puel, F., Morlier, J., Avalos, M., Mesnard, M., Cid, M., & Hellard, P. (2012). 3D kinematic and dynamic analysis of the front crawl tumble turn in elite male swimmers. *Journal of Biomechanics*, 45(3), 510–515. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.11.043>
- Purdy, E., Hurley, N., Bengry, A., & Jensen, R. (2012). *Force and Time Analysis of Backstroke To Breaststroke Turns*. (132), 196–199.
- Rushall, B., Sprigings, E., Holt, L., & Cappaert, J. (1994). Forces in Swimming - A Re-evaluation of Current Status. Retrieved from Swimming Science Bulletin website: <https://coachsci.sdsu.edu/swim/bullets/forces4.htm>
- Saaverdra, J. M., Escalante, Y., Garcia-Hermoso, A., Arellano, R., & Navarro, F. (2012). A 12yr analysis of pacing strategies in 200- 400- Ind Medley in International Swimming Competitions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3289–3296.
- Saharuddin, I. (2018). Dominant Physical Factors for Breaststroke Swimming Speed. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 4531, 165–175.
- Sánchez, L., Arellano, R., & Cuenca-Fernández, F. (2021). Analysis and influence of the underwater phase of breaststroke on short-course 50 and 100m performance. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 21(3), 307–323.

<https://doi.org/10.1080/24748668.2021.1885838>


- Sanders, R., Psycharakis, S., Naemi, R., & McCabe, C. (2008). *Routledge Handbook of Biomechanics and Human Movement Science*. Human Kinetics.
- Sedláček, V. (2019). Závodní taktika. Retrieved from <https://docplayer.cz/114856415-Zavodni-taktika-obecna-taktika.html>
- Shahbazi-Moghaddam, M. (2007). Determination of arms and legs contribution to propulsion and percentage of coordination in backstroke swimming. *Proceedings of the 25th International Symposium of Biomechanics in Sports*, (c), 208–211.
- Sharp, R. L., Hackney, A. C., Cain, S. M., & Ness, R. J. (1988). The Effect of Shaving Body Hair on the Physiological Cost of Freestyle Swimming. *The Journal of Swimming Research*, 4(1), 9–13. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31579275> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC6774642>
- Strnad, J. (2023). Základy projektu pro sezonu 2023/2024. *Český Svaz Plaveckých Sportů*.
- Strzala, M., Stanula, A., Głab, G., Glodzik, J., Ostrowski, A., Kaca, M., & Nosiadek, L. (2014). Shaping physiological indices, swimming technique, and their influence on 200m breaststroke race in young swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(1), 110–117.
- Swim England. (2023). The history of individual medley swimming. Retrieved March 21, 2023, from <https://www.swimming.org/sport/history-of-individual-medley/>
- Thompson, K. G., Haljand, R., & Maclaren, D. P. (2000). An analysis of selected kinematic variables in national and elite male and female 100-m and 200-m breaststroke swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 18(6), 421–431. <https://doi.org/10.1080/02640410050074359>
- Veiga, S., Roig, A., & Gómez-Ruano, M. A. (2016). Do faster swimmers spend longer underwater than slower swimmers at World Championships? *European Journal of Sport Science*, 16(8), 919–926. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1153727>
- Vennell, R., Pease, D., & Wilson, B. (2006). Wave drag on human swimmers. *Journal of Biomechanics*, 39(4), 664–671. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2005.01.023>
- Webster, J. M., West, A., Conway, P., & Cain, M. (2011). Development of a pressure sensor for swimming turns. *Procedia Engineering*, 13, 126–132. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.05.062>
- Wolfrum, M., Rüst, C. A., Rosemann, T., Lepers, R., & Knechtle, B. (2014). The effect of course length on individual medley swimming performance in national and international Athletes. *Journal of Human Kinetics*, 42(1), 187–200. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0073>
- Yaprak, Y., & Küçükkubaş, N. (2020). Gender-related differences on physical fitness parameters

after core training exercises: A comparative study. *Progress in Nutrition*, 22(3).  
<https://doi.org/10.23751/pn.v22i3.9334>



# 11 PŘÍLOHY

## 11.1 Vyjádření etické komise



Fakulta  
tělesné kultury

Genius loci

**Vyjádření Etické komise FTK UP**

**Složení komise:** doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně  
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.  
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.  
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.  
prof. Mgr. Erik Sigmund, Ph. D.  
doc. Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph. D.  
Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.

Na základě žádosti ze dne 6. 12. 2021 byl projekt výzkumné práce

**autor /hlavní řešitel/:** **Mgr. Marek Polach**  
**spoluřešitelé:** **Mgr. Tomáš Michalica, Bc. Jakub Březina**

s názvem **Analýza vnitřních mechanismů plaveckého závodního výkonu: porozumění výkonnosti u elitních světových a českých plavců a plavců s ploutvemi**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: **102/2021**  
dne: **13. 12. 2021**

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

**Řešitelé projektu splnili podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.**

za EK FTK UP  
doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.  
předsedkyně  
Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury  
Komise etická  
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci  
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc | T: +420 585 636 009  
www.ftk.upol.cz