

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



Fakulta
tělesné kultury

**POROVNÁNÍ VÝKONŮ V OBRÁTKOVÝCH ÚSECÍCH U ELITNÍCH
ČESKÝCH A SVĚTOVÝCH PLAVCŮ V
DISCIPLÍNÁCH 100 A 200 METRŮ VOLNÝ ZPŮSOB**

Diplomová práce

Autor: Bc. Markéta Zetochová

Studijní program: Trenérství a management sportu

Vedoucí práce: Mgr. Marek Polach

Olomouc 2023

Bibliografická identifikace

Jméno autora: Bc. Markéta Zetochová
Název práce: Porovnání výkonů v obrátkových úsecích u elitních českých a světových plavců v disciplínách 100 a 200 metrů volný způsob

Vedoucí práce: Mgr. Marek Polach
Pracoviště: Katedra společenských věd v kinantropologii
Rok obhajoby: 2023

Abstrakt:

Analýza sportovního výkonu hraje ve světě sportu čím dál tím větší roli a plavání není výjimkou. Cílem této diplomové práce bylo porovnání výkonů v obrátkových úsecích u elitních českých a světových plavců v disciplínách 100 a 200 m volný způsob, a zároveň bylo dílčím cílem určit vztah mezi dílčími fázemi obrátkového úseku a výsledným časem obrátkového úseku. Data byla získána na základě videozáznamu a jeho následného zpracování v softwaru Dartfish. Videozáznamy byly pořízeny na Mistrovství světa v Budapešti 2022 a Mistrovství České republiky v Praze 2022. Podle výsledků statistického zpracování existují signifikantní rozdíly mezi českými a světovými plavci, a to skoro ve všech dílčích fázích. Korelační analýzou bylo zjištěno, která dílčí fáze nejvíce ovlivňuje výsledný čas obrátkového úseku. V disciplíně 100 m volný způsob muži na MS to byl čas 5-15 m po obrátce ($r=0,88$), u mužů na MČR to byl čas 5 m před obrátkou, čas 5 m po obrátce a čas 5-15 m po obrátce ($r=0,92$; $r=0,88$; $r=0,88$). Ani jedna z dílčích fází u žen v disciplíně 100 m volný způsob na MS nekorelovala silně a na MČR to byl čas 5 m po obrátce ($r=0,85$). V disciplíně 200 m volný způsob muži na MS to byl čas 5 m před obrátkou a čas 5-15 m po obrátce ($r=0,83$ a $r=0,86$). Na MČR korelovala velmi silně pouze fáze čas 5 m před obrátkou ($r=0,84$). V disciplíně 200 m volný způsob ženy na MS neprojevovaly dílčí fáze silnou, ani velmi silnou korelaci a na MČR projevily velmi silnou korelaci čas 5 m před obrátkou a čas 5-15 m po obrátce ($r=0,89$ a $r=0,96$). Elitní světoví plavci dosahovali delších vzdáleností uplavaných pod hladinou, než čeští, s výjimkou disciplíny 200 m volný způsob ženy, kde české plavkyně dosáhly větší průměrné hodnoty. Elitní světoví plavci dosahovali větší rychlosti pod hladinou, než čeští, kromě disciplíny 100 m volný způsob ženy, kde byly průměrné hodnoty stejné. Výsledky této práce a jí podobných by měly být využity v tréninkových procesech.

Klíčová slova:

analýza sportovního výkonu, videoanalýza, plavání, kraul, obrátkový úsek

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 knihovnických služeb.

Bibliographical identification

Author: Bc. Markéta Zetochová
Title: Comparison of performances in turning sections of elite Czech and world swimmers in 100 and 200 m freestyle

Supervisor: Mgr. Marek Polach
Department: Department of Social Sciences in Kinanthropology
Year: 2023

Abstract:

Analysis of sports performance plays an increasingly significant role in the world of sports, and swimming is no exception. The aim of this master's thesis was to compare turn performances among elite Czech and world swimmers in the 100m and 200m freestyle events. Additionally, a partial objective was to determine the relationship between specific components of the turns and the overall turn time. Data was obtained based on video recordings and subsequent analysis using Dartfish software. The recordings were taken at the 2022 World Championships in Budapest and the 2022 Czech Republic Championships in Prague. According to the results of the statistical analysis, significant differences exist between Czech and world swimmers in almost all specific components. Correlation analysis revealed which specific component most strongly affects the overall time of the turn section. In the men's 100m freestyle event at the World Championships, it was the time 5-15m out ($r=0.88$), while in the Czech Republic Championships, it was the time 5m in, the time 5m out, and the time 5-15m out ($r=0.92$, $r=0.88$, $r=0.88$). None of the specific components in the women's 100m freestyle event at the World Championships showed a strong correlation, while in the Czech Republic Championships, it was the time 5m out ($r=0.85$). In the men's 200m freestyle event at the World Championships, it was the time 5m in and the time 5-15m out ($r=0.83$, $r=0.86$). In the Czech Republic Championships, only the component of time 5m in showed a very strong correlation ($r=0.84$). In the women's 200m freestyle event, the specific components did not show a strong or very strong correlation at the World Championships, while at the Czech Republic Championships, the time 5m in and the time 5-15m out demonstrated a very strong correlation ($r=0.89$, $r=0.96$). Elite world swimmers achieved longer breakout distances than Czech swimmers, except for the women's 200m freestyle event, where Czech swimmers achieved a higher average value. Elite world swimmers achieved greater breakout speeds than Czech swimmers, except in the women's 100m freestyle event, where the average values were the same. The results of this study and similar studies should be utilized in training processes.

Keywords:

analysis of sports performance, video analysis, swimming, freestyle, turn section

This study was supported by specific research project IGA (IGA_FTK_2022_008) "Analysis of the inertial mechanisms of swimming race performance: understanding of elite world and czech swimmers and finswimmers".

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

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Marka Polacha, uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 30. června 2023

.....

Chtěla bych poděkovat Mgr. Marku Polachovi za vedení mé diplomové práce, odborný dohled a vstřícnost během konzultací.

OBSAH

Obsah.....	7
1 Úvod.....	9
2 Přehled poznatků	10
2.1 Plavání.....	10
2.2 Historie závodního plavání.....	10
2.3 Charakteristika závodního plavání	11
2.4 Fyzikální základy plavání	11
2.5 Části plaveckého závodu.....	14
2.5.1 Startovní úsek.....	14
2.5.2 Plavecké úseky.....	18
2.5.3 Obrátkové úseky.....	18
2.5.4 Finiš	21
2.6 Specifika plaveckého způsobu kraul.....	21
2.6.1 Poloha těla.....	22
2.6.2 Práce paží.....	22
2.6.3 Práce nohou.....	22
2.6.4 Dýchání.....	23
2.7 Analýza sportovních výkonů v plavání.....	24
2.7.1 Analýza obrátkového úseku.....	26
3 Cíle	27
3.1 Hlavní cíl.....	27
3.2 Dílčí cíle	27
3.3 Hypotézy	27
3.4 Výzkumné otázky	27
4 Metodika	28
4.1 Metody zpracování dat.....	28
4.2 Metody vyhodnocení dat.....	30
4.2.1 Statistické zpracování dat.....	30
5 Výsledky.....	32

5.1	Porovnání dílčích výkonnostních parametrů v obrátkovém úseku elitních českých a světových plavců v disciplíně 100 m a 200 m volný způsob	32
5.1.1	Rozdíly mezi muži v disciplíně 100 m volný způsob.....	32
5.1.2	Rozdíly mezi ženami v disciplíně 100 m volný způsob	34
5.1.3	Rozdíly mezi muži v disciplíně 200 m volný způsob.....	36
5.1.4	Rozdíly mezi ženami v disciplíně 200 m volný způsob	38
5.2	Vliv dílčích výkonnostních parametrů na celkový výkon v obrátkovém úseku	40
5.2.1	Výkony mužů v obrátkovém úseku v disciplíně 100 m volný způsob MS a MČR 41	
5.2.2	Výkony žen v obrátkovém úseku v disciplíně 100 m volný způsob MS a MČR.	42
5.2.3	Výkony mužů v obrátkovém úseku v disciplíně 200 m volný způsob MS a MČR 43	
5.2.4	Výkony žen v obrátkovém úseku v disciplíně 200 m volný způsob MS a MČR .	44
6	Diskuse	45
7	Závěry.....	47
8	Souhrn.....	48
9	Summary.....	49
10	Referenční seznam.....	50

1 ÚVOD

Závodní plavání, stejně jako většina sportů, vzniklo v 19. století. O dvě století později je plavání stále oblíbeným sportem a je olympijskou disciplínou. Mezi výkony elitních světových i tuzemských plavců jsou často jen malé rozdíly, které ale hrají velkou roli v celkovém umístění a v dosaženém čase. Proto je pro plavce i jejich trenéry důležité objektivně vyhodnocovat jejich výkony.

Plavecký závod dělíme na cyklické a acyklické úseky. Výkony plavců v acyklických úsecích, kterými jsou startovní úseky a obrátkové úseky, jsou zpravidla zásadní pro celkový výkon v plaveckém závodě (Born et al., 2021). Je to především z toho důvodu, že v těchto úsecích plavci dosahují nejvyšších rychlostí. Těchto rychlostí dosahují díky odrazu ze startovního bloku a odrazu od stěny bazénu po obratu (Veiga et al., 2014). V posledních letech vzniká větší počet článků, které se věnují analýze výkonu ve startovním a obrátkovém úseku v plavání. Nicméně měření dat pro odborné články probíhá u větší části z nich v laboratorních podmínkách. Analýz na základě dat z mezinárodních závodů je podstatně méně (Born et al., 2021).

Z důvodu důležitosti pro celkový výkon v plaveckém závodě se v této diplomové práci budu zabývat acyklickými úseky, konkrétně obrátkovými úseky. V práci budu porovnávat výkony elitních světových a českých plavců v disciplínách 100 a 200 m volný způsob. Práce je rozdělena do dvou částí, a to do části teoretické a do části praktické. V první, teoretické části, se budu věnovat historii a představení závodního plavání, včetně stručné části věnující se fyzikálním základům plavání. Uvedu specifika jednotlivých úseků plaveckého závodu a jejich vliv na celkový výkon v plaveckém závodě. V druhé, praktické části, budu statisticky zpracovávat naměřená data a analyzovat výkony v obrátkových úsecích.

Výsledky zkoumání naměřených dat mohou být přínosem pro další práci se zmíněnými úseky plaveckého závodu. Dají se využít v tréninkovém procesu nebo při volbě závodní strategie, případně mohou pomoci pochopit dynamiku závodního výkonu v plavání jako celku.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Plavání

Plavání je individuální sport, který je typický cyklickým pohybem ve vodním prostředí. Plavec je po dobu strávenou ve vodě vystaven specifickým vlastnostem vodního prostředí (např. hydrostatickému tlaku, vzlaku vody, zvýšené tepelné vodivosti prostředí) (Bernaciková et al., 2010). Tradičními plaveckými způsoby jsou motýlek, znak, prsa a kraul neboli volný způsob (Bernaciková et al., 2010). V rámci závodních disciplín se můžeme setkat také s polohovým závodem (PZ), během kterého dochází ke střídání způsobů motýlek, znak, prsa a kraul, a to v tomto pořadí.

2.2 Historie závodního plavání

Počátky závodního plavání byly spjaté spíše s vytrvalostními výkony. V roce 1875 anglický kapitán Matthew Webb jako první na světě přeplaval kanál La Manche v čase 21 hod a 45 min (Neuls et al., 2018). Pro zajímavost, aktuálně nejrychlejší čas překonání kanálu La Manche je z roku 2012, v čase 6 hodin a 55 minut (CSA, 2023). Po dlouhá léta byly překonávány nejrůznější mořské průlivy, pořádaly se distanční závody, přeplavávaly se řeky a závodů se účastnili muži i ženy nejrůznějšího věku. Oblibě se také těšilo plavání pod vodou, a to na vzdálenost, rychlost nebo výdrž pod hladinou (Neuls et al., 2018).

Rozvíjely se i další sporty spojené s vodním prostředím. První zápas vodního póla se odehrál v roce 1869. Ve 20. stol. se skoky do vody již děly na standardizovaných zařízeních (Štumbauer et al., 2018). V roce 1896 byly v Aténách zahájeny první novodobé Olympijské hry. V rámci těchto her se také soutěžilo v plavání (Vacek, 2020).

V roce 1908 byla založena mezinárodní plavecká federace FINA (Fédération internationale de natation amateur). Díky této instituci vznikly směrnice a pravidla, kterými byly položeny základy k soutěžení v mezinárodním měřítku. V rámci FINA vznikly i další komise – pro skoky do vody, vodní pólo a synchronizované plavání. V roce 1927 byla v Itálii založena evropská plavecká liga LEN (*Ligue Européenne de Natation*) (Neuls et al., 2018). Počátkem roku 2023 byla mezinárodní plavecká federace FINA přejmenována na World Aquatics (World Aquatics, 2023).

Mistrovství Evropy (ME) je v plavání pořádáno od roku 1926 (Maďarsko) a Mistrovství světa (MS) od roku 1973 (Jugoslávie) (Štumbauer et al., 2013).

2.3 Charakteristika závodního plavání

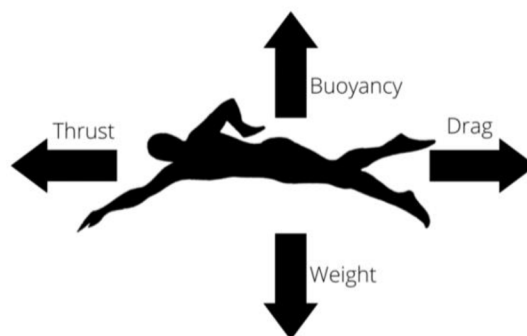
Cílem všech plaveckých disciplín je uplatit danou trať v co nejkratším čase. Zatížení během plaveckého výkonu je kontinuální a intenzita se mění dle délky tratě (Bernaciková et al., 2010). Aktuální platná pravidla, jejichž poslední verze byla aktualizována 1. 1. 2023, pro závody na 25 m bazénu a 50 m bazénu stanovuje mezinárodní federace World Aquatics. Čas je měřen od startovního signálu po finální dohmat. Časy závodníků jsou měřeny automatickou elektronickou časomírou s přesností na 0,01 s (World Aquatics, 2023). Plaveckými disciplínami jsou tratě dlouhé 50, 100 a 200 m. Polohový závod se plave na tratích dlouhých 100, 200 a 400 m. U plaveckého způsobu volný způsob jsou to, kromě již zmíněných tratí, tratě 800 a 1500 m. V této práci nás budou zajímat především disciplíny 100 m a 200 m volný způsob.



Obrázek 1. Plavecký závod (ČSPS, 2023).

2.4 Fyzikální základy plavání

V plavání je klíčovou složkou vztlak, který způsobuje, že těleso ponořené do kapaliny se stává lehčím. Vztlak závisí na objemu a hustotě plavce. Jak při plavání na hladině, tak při aktivním plavání je důležitý vztah mezi vztlakem a těžištěm těla. Ve vzpřímené poloze se těžiště těla nachází několik centimetrů pod osou kyčelních kloubů, ale v horizontální poloze těla působí na



Obrázek 2. Síly působící na plavce.

tělo blíže k hlavě (než je těžiště). Tento jev nastává kvůli rozdílné hmotnosti segmentů těla a způsobuje, že je horizontální poloha více labilní, dochází k poklesu nohou a přetáčení těla (Hoch et al., 1968). Plavání se řadí mezi cyklické lokomoční pohybové aktivity. Pohyb plavce je výsledkem působení vnitřních (svalových) a vnějších (hydrodynamických) sil (Obrázek 2). Během jeho pohybu ve vodním prostředí vznikají tyto hydrodynamické síly, které následně slouží k vytvoření propulze (vyvozování tahu potřebného k překonání odporu). Hydrodynamické síly plavce ale zároveň i brzdí (působení sil na Obrázku 2) (Neuls et al., 2018).

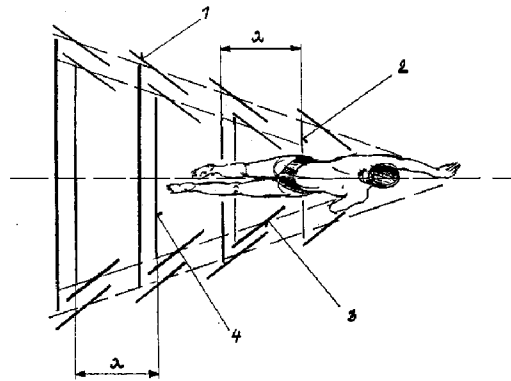
Odpor tvarový

Tvarový odpor, nebo také odpor tlakový či vírový, závisí z velké části na poloze těla plavce ve vodě, ale i jeho tvaru a štíhlosti tělesa (poměr výška : šířka ramen) (Neuls et al., 2018). Čím více je tělo plavce v horizontální poloze, tím menšímu odporu musí vzdorovat a naopak (Troup, 1999). Vznik tohoto jevu je nejčastěji vysvětlován na příkladu obtékání trupu se zaobleným tvarem zádě. U takového tělesa lze pozorovat oddělení mezní vrstvy v důsledku silného vírového proudu kapaliny, nazývaného vírový souputný proud. Oddělení mezivrstvy vzniká kvůli tomu, že částice kapaliny pohybující se poblíž povrchu tělesa v mezivrstvě postupně ztrácejí svou energii při překonávání brzdícího účinku vazkých sil. Jsou-li částice kapaliny blíže k zádi, rychlostní rozložení v mezní vrstvě se více mění. Kvůli zvýšení tlaku v externím proudu kapaliny klesá rychlost částic v mezní vrstvě (v místech blízkých tělesu) až k nule, přičemž jejich rychlost získává opačný směr. Tím vzniká vratný proud. Mezní vrstva se následně odpoutá od povrchu tělesa a vytvoří vír, zvětšující se do určité velikosti. Poté se odtrhne a vzniká další vír. Opakováním tohoto děje se tvoří tzv. Kármánova řada vírů. Tomuto ději říkáme odpor tvarový (vírový). Jsou situace, kdy dochází k výraznějšímu projevu této odporové složky – např. u plaveckého způsobu prsa ve fázi skrčování nohou nebo u kraulu či znaku při nevhodné poloze těla (Neuls et al., 2018).

Odpor vlnový

Je způsoben pohybem plavce na vodní hladině, při němž vzniká vlnění. Má při plavání značný význam a plavci vyšších postav bývají v tomto ohledu ve výhodě (Neuls et al., 2018). Plavec před sebou a kolem sebe vytváří svým pohybem vlny. Vlnový odpor bere plavci energii, přičemž pokud plavec plave v hloubce (od 60 cm pod hladinou) vlnový odpor je téměř nulový (Naemi et al., 2010). Proto jsou plavci teoreticky rychlejší pod hladinou než nad ní. Plavec se ovšem nemůže ponořit příliš hluboko (dle Mullen (2018) je ideálně nízký vlnový odpor v hloubce 3 metry), proto je třeba najít kompromis, kterým by mohla být hloubka 0,9 metru pod hladinou (Mullen, 2018). Vlnový odpor závisí na velikosti a rychlosti plavce. Plavec může při určité rychlosti soustavu vln před sebou, podobně jako loď, utlumit druhou soustavou vln, která

vzniká za ním. V tom případě se minimalizuje jeho vlnový odpor (Motyčka, 2001). Vlnění pokračuje po hladině (Obrázek 3) ke stěnám a dnu bazénu, od kterých se odráží zpět. Proto jsou hlubší bazény považovány za „rychlejší“. Rozptýlení vlny v hlubším bazénu je daleko větší oproti bazénům s menší hloubkou (Troup, 1999).



Obrázek 3. Vlnový systém, vznikající při pohybu plavce na vodní hladině (Hofer, 2011).

Indukovaný odpor

Jak bylo výše zmíněno, pohybuje-li se plavec dostatečně hluboko pod hladinou (1-1,5 m) (Neuls et al., 2018), odpadá z působení na jeho tělo vlnový odpor. Na těle plavce místo něj ale vzniká odpor indukovaný. Jeho vznik by se dal popsat na příkladu obtékání leteckého křídla, kdy pod křídlem dochází k přetlaku a nad křídlem k podtlaku. Tlaky se na konci křídla vyrovnávají a vzduch (resp. voda ve vodním prostředí) proudí z místa vyššího tlaku do místa nižšího tlaku. Tyto procesy vedou k vytváření volných vírů kolem konců křídel, což se projeví zvýšením celkového odporu (Neuls et al., 2018).

Odpor tření

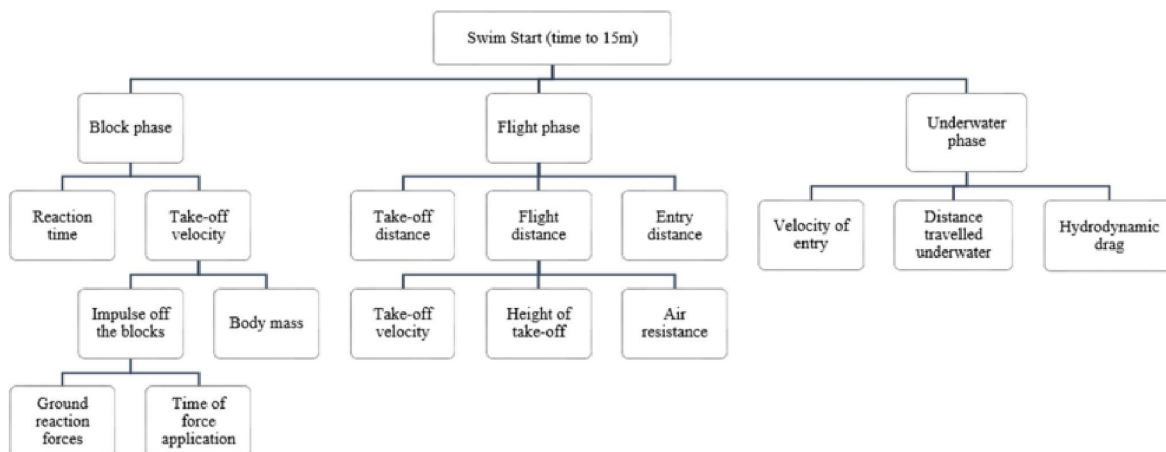
Odpor tření vzniká kontaktem povrchu těla plavce (kůže, vlasy atp.) s vodním prostředím. Roli může hrát i přiléhavost plavek. Pro plavce je běžné vyholování celého těla. V minulosti byl považován spíše za účinek psychologického charakteru, nicméně novější studie toto tvrzení vyvrací (Naemi et al., 2010). Stále ale platí, že větší roli v odporu vodního prostředí hrají vlnový a tvarový odpor (Troup, 1999). Tento odpor se projeví v tzv. mezní vrstvě (vrstva přiléhající k povrchu tělesa). V mezní vrstvě rychlost proudění narůstá od nuly až do své maximálně hodnoty ve vnějším nerozrušeném proudu. Rozlišujeme dva typy proudění: laminární a turbulentní, přičemž se oba druhy mohou vyskytovat současně. Na velikost odporu má druh proudění zásadní vliv a tento druh závisí na tvaru tělesa, jeho rozměrech a přítokové rychlosti kapaliny. Z hlediska tvaru je nejvýhodnějším „proudnicovitý tvar“ (dobrým příkladem je tělo rychlých ryb) (Neuls et al., 2018).

2.5 Části plaveckého závodu

V případě, že bychom plavecký závod chtěli rozdělit, z hlediska motorického by to byly úseky cyklické (plavecké úseky, finiš) a acyklické (starty a obrátky) (Veiga & Roig, 2016). V rámci těchto úseků je primárně sledován čas, popř. rychlost a dále jsou děleny na kratší fáze (popř. sub-fáze), ve kterých jsou sledovány dílčí výkonnostní parametry (např. záběrová frekvence, délka plaveckého kroku či vzdálenost uplavaná pod hladinou) (Mason & Cossor, 2000). Startovní a obrátkové úseky jsou kratší než plavecké úseky, ale často bývají rozhodující pro výsledný čas závodu, jelikož se plavec v těchto úsecích pohybuje největší rychlostí (Veiga et al., 2014). Rychlost plavce během plaveckého úseku je potom výsledkem optimálního poměru mezi záběrovou frekvencí (stroke rate) a délkou plaveckého kroku (stroke length) (Craig & Pendergast, 1979).

2.5.1 Startovní úsek

Rychlost startovního úseku v prvních 15 m závodu výrazně přispívá k celkové rychlosti závodu, nicméně procento podílu na výsledném čase se liší dle délky disciplíny. Může se pohybovat od 0,8 % do 26,1 % (Lyttle and Benjanuvatra, 2005). Startovní úsek je velmi odlišný od ostatních částí plaveckého závodu. S výjimkou znakových disciplín, kde plavec startuje z vody, je start proveden ze startovního bloku. Start lze rozdělit do tří fází (Slawson et al., 2013). Níže popisují fázi na bloku, letovou fázi a fázi vstupu do vody (Thng et al., 2019). Každá z těchto fází má ještě podrobnější dělení (Obrázek 4). Fází na bloku rozumíme čas od startovního signálu do okamžiku, kdy plavec zcela opustí blok, letová fáze je doba od okamžiku, kdy plavec opustí blok do okamžiku, kdy pažemi, popř. hlavou, vstoupí do vody. Konečnou fází pod hladinou, která bývá nejdelší, rozumíme dobu od vstupu plavce do vody, po vynoření plavce na hladinu („break-out“) (Cossor & Mason, 2001), maximálně do vzdálenosti 15 m u volného způsobu, motýlka a znaku (Pease et al., 2014). Procentuálně bychom plavecký start rozdělili zhruba na 11 %, 5 % a 84 % mezi výše zmíněné fáze (Slawson et al., 2013).



Obrázek 4. Schéma fází plaveckého startu (Thng et al., 2019).

Fáze na bloku

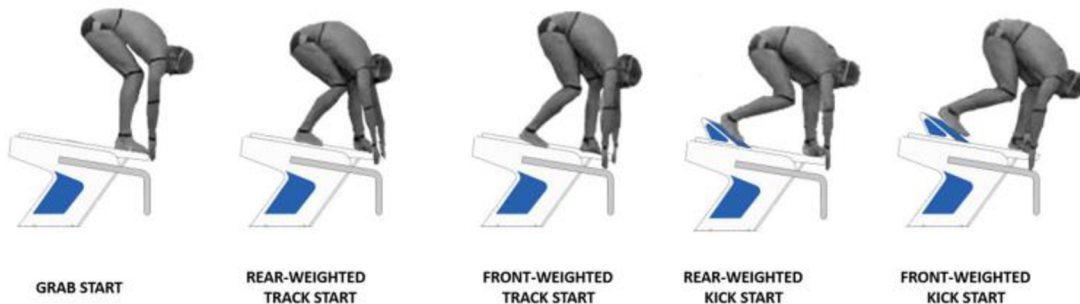
Fází na bloku se rozumí iniciační fáze celého startovního úseku, potažmo celého závodu. Začíná startovním signálem a končí opuštěním startovního bloku, které je definováno posledním dotekem těla plavce. Rychlost startu ve sprinterských disciplínách sehrává větší roli než v disciplínách na delší vzdálenosti (Vantorre et al., 2014). Reakční čas musí být co nejkratší, zatímco fáze pohybu na bloku musí trvat dostatečně dlouho na to, aby plavec vyvinul maximální impuls síly k dosažení co největší vertikální rychlosti (Breed & Young, 2003). Maglischo (1993) uvádí, že za efektivní start lze považovat ten, kde plavec splní tři předpoklady: rychlou reakci, velkou odrazovou sílu a nízký odpor po skoku do vody. Jinými slovy je třeba najít optimální poměr mezi vytvářením velké odrazové síly (dlouhý čas strávený na bloku po startovním signálu) a příliš rychlém odskoku s malou silou odrazu. Je žádoucí, aby plavec nebyl tzv. „left at the start“, tedy aby neztratil čas pomalou reakcí po startovním signálu (Lyttle et al., 1999). Fáze na bloku určuje, co se stane v letové fázi a následně i ve fázi pod vodou (Mason & Cossor, 2001). Využívají se dvě varianty skoků. Je to klasický start, tzv. „grab start“ (Obrázek 5, vpravo), který je v dnešní době již méně využíván. Nohy jsou v jedné rovině, prsty jsou zaklesnuté za hranu startovního bloku. Zároveň je v této pozici těžiště posunuto hodně dopředu k nestabilní poloze. Dalším typem je atletický start, tzv. „kick start“ (Obrázek 5, vlevo), kdy je poloha nohou na bloku jako u atletů při nízkém startu a za hranu startovního bloku jsou zaklesnuty pouze prsty jedné nohy. Tento typ je v dnešní době využíván častěji díky tomu, že se používají bloky s oporou pro zadní nohu (Obrázek 6). Existují různé verze atletického startu v závislosti na tom, kde je plavcovo těžiště (Neuls et al., 2014). Těžištěm je ovlivněna celá fáze, protože přenesení hmotnosti více na zadní nohu bude znamenat vygenerování vyšší síly odrazu, ale za cenu pomalejší startovní reakce (Hall W. & Murphy, 2020).



Obrázek 5. Atletický start a klasický start (Tor, 2015).



Obrázek 6. Blok s oporou pro zadní nohu.

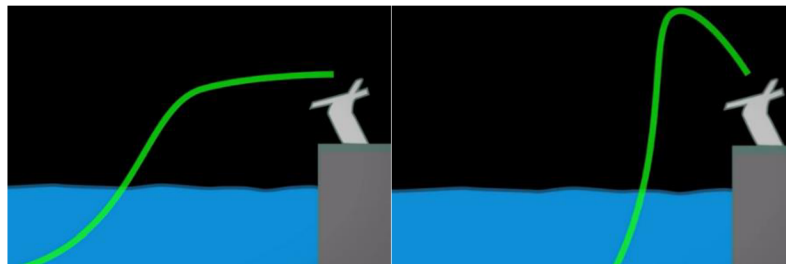


Obrázek 7. Různé varianty skoků (Silveira et al., 2018).

Letová fáze

Letová fáze plaveckého startu navazuje na fázi na bloku. Začíná tedy posledním dotekem těla plavce s hranou startovního bloku a končí prvním kontaktem paží nebo hlavy plavce s vodní hladinou (Pease et al., 2014). Letovou fází přímo ovlivňuje předchozí postavení na bloku, které je předpokladem pro dostatečnou odrazovou sílu a následnou trajektorii letu (Vantorre et al., 2014). Letovou fází je rovněž možné ovlivnit např. pohybem hlavy a končetin (Hall W. & Murphy, 2020). Pohyb končetin, trupu nebo těla se může lišit a záleží na způsobu provedení plavce. Liší se i na úrovni elitních plavců (Vantorre et al., 2010b). Během letové fáze by měl plavec překonat co největší vzdálenost ve vzduchu relativně vysokou rychlostí, kterou vyvinul při odrazu z bloku.

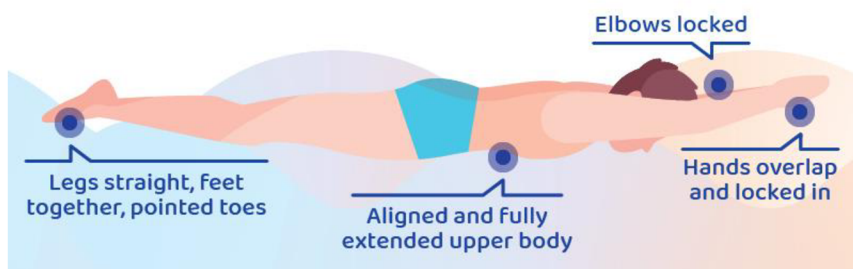
Zároveň však musí ovlivnit úhel, pod kterým vstoupí do vody neboli „entry angle“ (Vantorre et al., 2010). Výhodu odrazové rychlosti by měl co nejlépe využít ve fázi pod hladinou (Yang, 2018). Plavec může do vody vstupovat pod různými úhly. V případě, že dojde k odskoku typu „flat start“ (Obrázek 8, vlevo), je plavcovotělo spíše rovné a hlava protíná vodní hladinu dříve, než v případě „pike start“ (Obrázek 8, vpravo), kdy plavec vstupuje do vody vyšší rychlostí. Vyšší rychlost získá díky působení gravitace, protože úhel, pod kterým plavec vstupuje do vody, je v tomto případě více kolmý. Je ale třeba, aby bylo tělo plavce po odrazu spíše v horizontální poloze (vzhledem k hladině) a poté se přemístilo do polohy vertikální (Vantorre et al., 2014).



Obrázek 8. „Flat start“ a „pike start“.

Fáze pod hladinou

Fáze pod hladinou je zpravidla definovaná jako doba od prvního kontaktu hlavy/paží plavce s vodní hladinou až do chvíle vynoření („breakout“) (Yang, 2018). Po odskoku z bloku a fázi ve vzduchu vstupuje plavec do vody. V tomto okamžiku by mělo tělo plavce setrvat co nejdéle v poloze „streamline“ (splývavá, hydrodynamická poloha) (Obrázek 7) dostatečně dlouho na to, aby bylo maximálně využito rychlosti, kterou plavec nabral v předchozích fázích. Postupně zaujímá vodorovnou polohu, tzv. „glide phase“. Ztráta rychlosti ve vodním prostředí oproti vzduchu je nevyhnutelná, nicméně se dá oddálit co nejdelším udržením polohy těla v poloze s nízkým odporem (Vantorre et al., 2010). Fáze pod hladinou se liší u různých plaveckých způsobů (Mason & Cossor, 2001). Závodník smí pod vodou plavat pomocí střídavých či vlnivých pohybů dolních končetin, maximálně do vzdálenosti 15 m. U plaveckého způsobu prsa není vzdálenost omezena, je však povoleno provedení pouze na jednoho pohybového cyklu (Neuls et al., 2014). Fáze pod hladinou je společná a velmi podobná jak u startu, tak u obrátek. V zásadě se liší pouze rychlostmi. Po startu je rychlost fáze pod hladinou zpravidla vyšší než po odrazu od stěny (Veiga & Roig, 2016).



Obrázek 9. Pozice "streamline" (NSW Institute of Sport, 2021).

2.5.2 Plavecké úseky

Dle Gonjo a Olstad (2021) byly ve většině článků na téma analýzy závodního výkonu v plavání plavecké úseky závodu definované jako všechno, kromě startovních a obrátkových úseků a finiše. Zároveň je nutné konstatovat, že se vzdálenost plaveckých úseků mění v závislosti na definici ostatních úseků (Gonjo & Olstad, 2021).

2.5.3 Obrátkové úseky

Obrátkové úseky neboli obrátky tvoří jednu z největších částí celkového plaveckého výkonu, konkrétně 20 až 40 % z celého plaveckého výkonu na 25 m bazénu (Thayer & Hay, 1984). K tomuto tvrzení se přiklání i Maglischo (2003), který říká, že plavci v obrátkovém úseku stráví 20 % až 38 % celkového výsledného času. Při obrátce je nutné dotknout se stěny bazénu a změnit směr plavání (Nicol et al., 2018). Cílem plavce v obrátkového úseku je kromě změny směru plavání také získat rychlosti odrazem od stěny a využití tohoto zrychlení v plaveckém úseku. Výkony na 25m bazénu bývají díky těmto úsekům rychlejší než výkony na 50m bazénu (Neuls et al., 2014). Na samotnou obrátku navazuje fáze vlnění pod hladinou. Tuto fázi závodníci nejčastěji využívají především v disciplínách od 50 m do 200 m (protnou hladinu dál od stěny bazénu) (Polach et al., 2019). Pokud bychom se drželi měření obrátkových úseků od 5 m před stěnou bazénu po 5 m po obrátce, tvořily by obrátkové úseky například v nejdelší plavecké disciplíně 1500 m volný způsob asi 39 % celkové uplavané vzdálenosti (Polach et al., 2019).

Technika obrátek

Správné technické provedení obrátky je klíčovým prvkem závodního plavání. Technika obrátky je mimořádně důležitá, protože správné provedení umožňuje plavci maximalizovat svou rychlost a efektivitu při odrazu od stěny bazénu. Během obrátky se plavec musí soustředit na správné načasování a koordinaci pohybů. Samotný pohyb rotace těla musí být proveden rychle, efektivně a bez ztráty rychlosti. Po obrátce plavci využívají vlnění, aby maximalizovali svou

rychlost a efektivitu při odrazu od stěny bazénu. Správné a efektivní vlnění může pomoci plavci získat náskok před soupeři, špatné a neefektivní může plavce naopak zpomalit (Neuls et al., 2018).

Polach et al. (2019) ve své práci porovnávali výkony na obrátkových úsecích z MS v plavání Hangzhou 2018. Porovnávali výkony medailistů v disciplíně 1500 m volný způsob s výkonem českého reprezentanta. Byl zjištěn významný rozdíl v dosažených časech na obrátkových úsecích mezi českým reprezentantem a medailisty na 1. – 3. místě, přičemž v plavaných úsecích byl český závodník rychlejší než závodník, který se výsledně umístil na 3. místě. Zajímavé je i to, že plavec na 2. místě byl v plavaných úsecích rychlejší, než plavec na 1. místě. Z těchto výsledků vyplynulo, že obrátkové úseky mohou být zcela zásadní pro výsledek závodu (Polach et al., 2019).

Existují v podstatě dva typy obrátek, těmi jsou už zmíněné kotoulové obrátky („tumble turn“), které se používají u kraulu a znaku, a kyvadlové obrátky („open turn“) používané u plaveckých způsobů motýlek, prsa či při polohových závodech (Neuls et al., 2014).

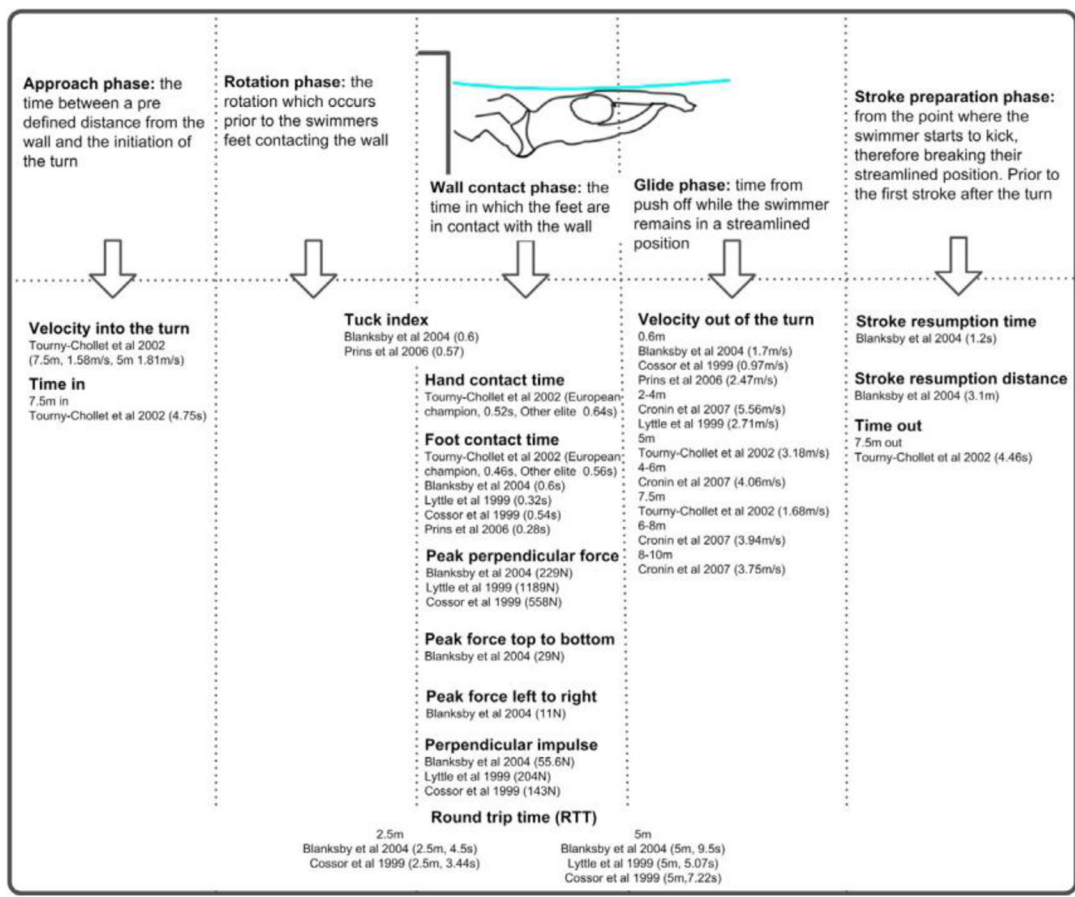
Kotoulová obrátka

Kotoulovou obrátku tvoří několik fází – naplávání, rotace, odraz od stěny, fáze pod hladinou a protnutí hladiny. Celý proces obrátky a pohybu těla bychom mohli připodobnit k výskoku z protipohybu („countermovement jump“) (Sander et al., 2008).

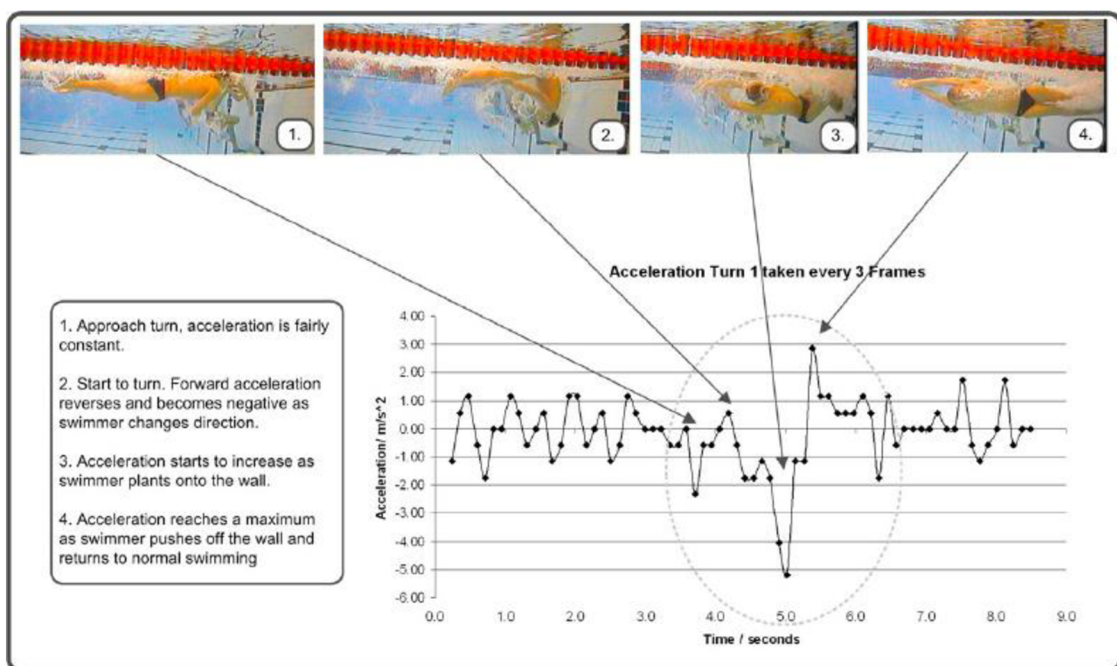
Slawson et al. (2010) rozděluje obrátkový úsek na tři fáze:

1. naplávání (Approach),
2. rotační fáze (Rotation phase),
 - a. rotace (Rotation),
 - b. dotek stěny (Wall contact),
3. fáze pod hladinou (Underwater phase),
 - a. odraz (Push off),
 - b. fáze splývání (Glide phase),
 - c. přípravná fáze (Stroke preparation phase).

Po naplávání (fáze 1.), kdy se tělo plavce přetáčí do rotace (fáze 2a.), dochází ke kontaktu se stěnou bazénu (fáze 2b.). V této chvíli se dolní končetiny dostanou do skrčené polohy a dochází k flexi kotníku, kolenou i kyčle. Díky tomu je plavec schopen absorbovat energii, se kterou se dostal ke stěně bazénu (Obrázek 11). Je důležité provést obrátku v optimální vzdálenosti od stěny. Následuje extenze dolních končetin, čímž dojde k odrazu od stěny (fáze 3a.) (Obrázek 10) (Slawson et al., 2010).



Obrázek 10. Fáze kotoulové obrátky (Slawson et al., 2014).



Obrázek 11. Akcelerační křivka průběhu kotoulové obrátky (Slawson et al., 2013).

Kyvadlová obrátka

Kyvadlové obrátky se využívají v disciplínách prsa a motýlek, popř. během polohového závodu, proto se o ní v mé práci zmíním pouze okrajově. Plavec zahajuje obrátku napláváním ke stěně bazénu. Následuje dotek obou rukou současně, pod hladinou nebo nad ní. Následně dojde k povolení pažív loktech a odrazu rukou od stěny. Po odrazu obou rukou se jedna paže (na straně obratu) přitahuje k hrudníku a druhá ruka odrazem od stěny pomáhá k obratu o 180°. Nohy má plavec pod tělem a u sebe a setrvačností se přenáší na stěnu bazénu. Jakmile je plavec ve splývavé poloze, je možné se odrazit z nohou od stěny bazénu. Tělo je v poloze „streamline“ a paže jsou vytaženy z ramen vpřed (Brooks, 2011).

2.5.4 Finiš

Finiš je poslední částí plaveckého závodu a také možná tou nejvíce atraktivní z pohledu diváka, protože ve finiši se rozhoduje o celkovém čase (případně pořadí) a plavci v tomto úseku nechají „vše“. Provedení finiše může být rozhodujícím aspektem výhry či prohry. Mezi trenéry a plavci se traduje, že rychlý finiš je zásadní pro podání dobrého výkonu (Marinho et al., 2020). Přesto Marinho et al. (2020) ve své práci uvádějí, že ve zkoumaném souboru 128 plavců v disciplínách všech plaveckých způsobů bylo zjištěno výrazné zrychlení v úseku finiše pouze u volného způsobu (posledních 5 m). U ostatních způsobů bylo zrychlení zanedbatelné (Marinho et al., 2020). Plavec dokončuje závod dotekem konce bazénu (stěny) (Brooks, 2011).

2.6 Specifika plaveckého způsobu kraul

Kraul je považovaný za nejrychlejší plavecký způsob, a to především díky stálé a vysoké poloze těla plavce na hladině a minimálnímu kolísání intra-cyklické rychlosti (Maglischo, 2003). U kraulu dochází k neustálému střídání záběrových pohybů horních i dolních končetin. Za hlavní hnací sílu se považují horní končetiny (Neuls et al., 2014), které provádí cyklický pohyb. Když jedna ruka vykonává záběr pod vodou druhá je vytahována z vody a přenášena vpřed. Plavec se mezi záběry nadechuje. Dolní končetiny jsou narovnané, ale uvolněné. Kop vychází z kyčle (McLeod, 2009). Správné provedení techniky plavání vyžaduje efektivní polohu těla ve vodě. Při kraulu je ideální, aby tělo bylo na hladině šikmo, přičemž ramena jsou mírně nad boky a spodní část hrudníku je zanořená nejhluběji pod hladinou. Tato poloha umožňuje plynulý pohyb (Motyčka et al., 2001).

2.6.1 Poloha těla

Úhel mezi hladinou vody a podélnou osou těla při plavání kraulem se pohybuje v rozmezí 5° až 10°, a výjimečně může dosáhnout nulové hodnoty. Mění se podle rychlosti plavání, snižuje se při vyšší rychlosti plavce. Správná poloha těla při plavání kraulem je také spojena s rotací podél vertikální osy těla, protože umožňuje lepší záběr, nádech a uvolněný přenos druhé paže. Výraznější rotace těla je vždy na té straně, kde se plavec nadechuje. Hlava by měla být mírně skloněná, při plavání plavec protíná vodní hladinu temenem hlavy. Pokud plavec hledí příliš dolů nebo příliš dopředu, dochází k prohnutí nebo vyhrbení, čímž dochází ke zvýšení odporu a zpomalení. Další chyby se plavec může dopustit při spuštění nohou příliš nízkou. To opět zvyšuje odpor, snižuje rychlost a plavec musí vyvinout větší svalové úsilí (Motyčka et al., 2001).

2.6.2 Práce paží

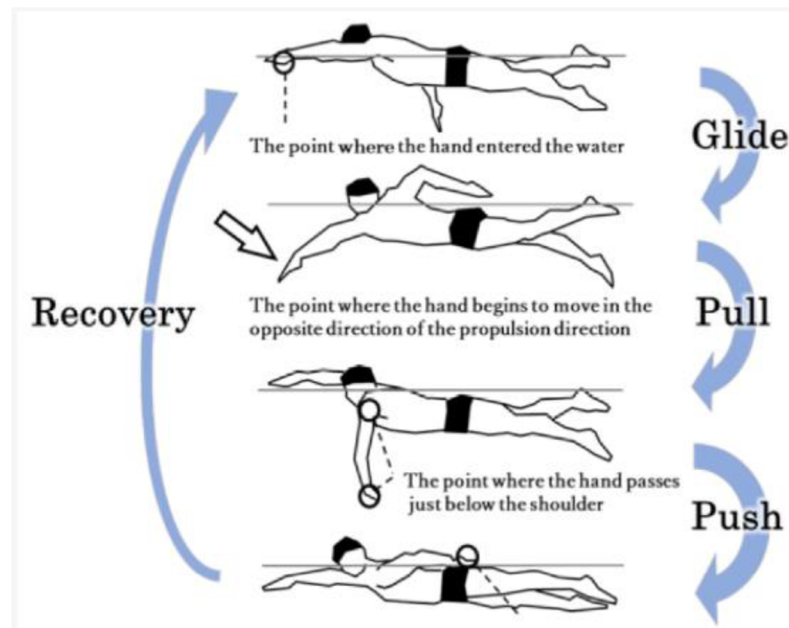
Paže pracují střídavě, jeden cyklus zahrnuje záběr pravou i levou paží. S délkou trati zpravidla roste i doba potřebná k provedení jednoho záběrového cyklu. Pohyb paží lze rozdělit do několika fází (Obrázek 12). První začíná průnikem prstů, předloktí a lokte přes hladinu směrem do vody a vpřed a iniciuje se pohyb směrem dolů. Přechodová fáze zahrnuje přechod paže do záběrové fáze. Záběrová fáze je hlavní pracovní fáze cyklu. Ruka plavce se nejprve pohybuje dolů k dosažení optimální hloubky, potřebné pro zahájení záběru a poté se začíná ohýbat v loketním kloubu směrem k tělu. Záběrová fáze se dělí na přitahování a odtlačování. Fáze vytažení je poslední část záběru, kdy se ruka pohybuje nahoru směrem vpřed, přičemž první z vody vychází loket a následně zbytek paže. Následuje fáze přenosu, kdy se paže přenáší nad hladinou v uvolněném stavu, tak dlouho, dokud nejsou vytvořeny optimální podmínky pro zahájení dalšího záběru (Hofer & Felgrová, 2011).

2.6.3 Práce nohou

Dolní končetiny provádějí opakující se pohyb, který je rytmický. Tento pohyb by měl být omezen na maximální rozsah asi 50 cm (Neuls et al., 2018). Špičky nohou jsou protažené a směřují k sobě. Hlezenní kloub by měl být uvolněný, a zároveň by nemělo docházet k "pedálovitému" pohybu nohou. Pohyb nohou při kopu vychází z kyčelního kloubu, takže kop je proveden celou nohou (Čechovská & Miler, 2001). Kraulový kop se liší v závislosti na typu disciplíny. Ve vytrvalostních disciplínách se nejčastěji používá dvoudobý či čtyřdobý kop, ve sprinterských šestidobý.

2.6.4 Dýchání

Dýchání úzce souvisí s pohyby horních končetin. Plavec se nadechuje na stranu, kde paže právě dokončuje záběr a druhá paže se na záběr připravuje. Nádech je proveden rychle, vydatně a co nejbližší k hladině. Hlava se mírně otáčí na stranu a využívá sestupnou vlnu před hlavou jako pomocný prvek prostoru k nádechu. Během celého cyklu je výdech prováděn ústy a částečně také nosem (Hofer & Felgrová, 2011).



Obrázek 12. Technika kralu a síly, působící na plavce (Hyodo et al., 2023).

2.7 Analýza sportovních výkonů v plavání

Už od začátku druhého desetiletí 21. století se začal zvyšovat zájem o vědecké články a studie na téma „plavání“ (Vantorre et al., 2014). Ve vrcholovém sportu je velmi důležité, aby trenéři a sportovci svým výkonům rozuměli a chápali, jakým způsobem dosahují svých výsledků v dané disciplíně. Z tohoto důvodu je analýza závodního výkonu zásadní při podpoře rozvoje sportovců z vědeckého i praktického hlediska (Gonjo & Olstad, 2020). Bez podrobné analýzy výkonů nelze v současnosti vhodně nastavit efektivní trénink a jeho specifikaci. V závodním plavání je analýza výkonu náročnější, jelikož vodní prostředí (a všechny jeho fyzikální aspekty) často tuto práci výrazně ztěžují (Gonjo & Olstad, 2020).

Nejčastěji využívaným typem analýzy v plavání je analýza závodního výkonu, případně simulovaného závodního výkonu dle oficiálních předpisů závodu. Tvorba těchto analýz vyžaduje kombinaci videozáznamu a informací z oficiálních výsledků soutěže. Oficiální výsledkové časy či mezičasy v kombinaci s tzv. úsekovými mezičasy (v rámci plaveckých úseků), slouží především k zhodnocení zvolené strategie tempa, zatímco videozáznamy jsou nezbytné pro analýzu dílčích výkonnostních parametrů v jednotlivých fázích závodu (např. délka plaveckého kroku, čas strávený pod hladinou, záběrová frekvence) (Gonjo & Olstad, 2020).

Gonjo a Olstad (2020) ve své rešerši odborných článků týkajících se analýzy plaveckých výkonů upozorňují, že studie mnohdy nejsou konsistentní v analytických metodách. Hlavním rozdílem bývají definice vzdáleností, např. u obrátkových úseků. Některé studie definují obrátkový úsek jako 5 m před stěnou a 15 m po obrátce, zatímco jiné tento úsek definují jako 7,5 m před a po obrátce. Definice úseků je pro interpretaci výsledků zcela zásadní. Variant je několik, ale běžně se užívají:

- 7,5 m před a 7,5 m po obrátce, včetně samotné obrátky (Chow, Hay, Wilson, & Imel, 1984; Mason & Cossor, 2001),
- 5 m před a 10 m po obrátce včetně samotné obrátky (Silveira et al., 2011; Slawson et al., 2010),
- 5 m před a 15 m po obrátce, včetně samotné obrátky (Morais et al., 2018; Silveira et al., 2011).

Výběr varianty definice úseků závisí na specifikacích konkrétní analýzy (na tom, co autora zajímá). V této práci je použita varianta 5 m před a 15 m po obrátce, včetně samotné obrátky.

Segment	Definition
Start (16 articles)	1. From the start signal until the swimmer's head reaches the first 15 m point
	2. From the start signal until the swimmer's head reaches the first 10 m point
	3. From the start signal until the swimmer's head breaks the water surface after the underwater locomotion
	4. From the start signal until the swimmer completes the first arm cycle after the breakout
	5. Unclear
Turn (21 articles)	1. 15 m around (7.5 m before and after) the turn
	2. From the last hand entry before the turn to the head breakout after the underwater locomotion
	3. From the last head surfacing before the turn to the head breakout after the underwater locomotion (breaststroke)
	4. From 5 m before the wall until the swimmer's head reaches the 15 m point after the turn
	5. From 5 m before the wall until the swimmer's head reaches the 10 m point after the turn
	6. From the wall contact to the head breakout after the underwater locomotion
	7. From the last hand entry before the turn (front crawl only) or wall contact (the other three strokes) until the swimmer completes the first arm cycle
	8. Unclear
Finish (8 articles)	1. Last 10 m of the race
	2. Last 7.5 m of the race
	3. Last 5 m of the race
	4. Unclear
Clean swimming (15 articles)	1. The rest of the race
	2. From 15 m to 35 m in each lap
	3. Unclear

Obrázek 13. Přehled definicí úseků plaveckého závodu (Gonjo & Olstad, 2020.)

Obrázek 13 ukazuje, že definice fází plaveckého závodu se v různých odborných člancích liší, a to nejen v rámci obrátkových úseků.

Další proměnnou mohou být změny v pravidlech, které je třeba sledovat a respektovat, chceme-li výsledky analýzy aplikovat v tréninkovém procesu. Od začátku roku 2023 to byla například změna v provedení dohmatu u znakových disciplín. Nyní může být dohmat proveden kompletně pod hladinou (plavec je zcela ponořen) již od hranice 5 m před stěnou bazénu (World Aquatics, 2023). Většina studií se zaměřuje na 100 a 200 m disciplíny. Méně z nich se zabývá daty z 50 m disciplín a z dálkového plavání, polohového závodu a štafet (Gonjo & Olstad, 2020), nicméně v posledních dvou letech těchto studií přibývá (Baldassarre et al, 2019; Marinho et al, 2021).

Kupříkladu Marinho et al. (2020) provedli studii, ve které se zabývali analýzou výkonů 128 finalistů 100 a 200 m disciplín (mužů i žen). Zkoumali startovní, obrátkový úsek a finiš. Výsledky nasvědčovaly tomu, že tyto úseky mohou mnohdy signifikantně ovlivnit celkový výsledek závodu. Na základě výsledků studie doporučují trenérům zaměřit se právě na ty úseky, které dokážou ovlivnit výsledný čas (Marinho et al., 2020).

2.7.1 Analýza obrátkového úseku

Obrátkové úseky tvoří velkou část z celkové vzdálenosti závodní tratě. Nejznatelnější vliv mají v závodech na 25 m bazénu (Polach et al., 2019). V disciplíně 800 m volný způsob na 50 m bazénu udělá plavec 15 obrátek. Jestliže by se plavec zlepšil v každém obrátkovém úseku např. o 0,1 vteřiny, ve výsledném čase by došlo ke zlepšení o 1,5 vteřiny (Morais et al., 2016). Pokud bychom tyto počty aplikovali na 800 m disciplínu na krátkém bazénu, bylo by zlepšení více než dvojnásobné.

Dle Silveiry et al. (2011) je ideální vzdálenost pro analýzu obrátkových úseků 5 m před a 5 m po obrátce. Uvádí, že je to z důvodu lepšího odlišení obrátkového úseku od plaveckého úseku. Obrátkový úsek je v tomto případě kratší než v případě jiných definic. Toto odlišení je ideální u vytrvalostních plaveckých disciplín (800 m a 1500 m) (Silveira et al., 2011).

Slawson et al. (2010) ve své práci uvádí analýzu obrátkových úseků v rámci Olympijských her v Pekingu a jejich vliv na celkový výsledek závodu. Zkoumány byly tři ženské disciplíny (50 m, 100 m a 200 m volný způsob). Obrátkový úsek byl definován jako 5 m před obrátkou a 10 m po obrátce. Bylo zjištěno, že pouze 1% zlepšení v obrátkovém úseku by ovlivnilo výsledné umístění plavkyň na 1. a 2. místě ve 100 m disciplíně. Na 200 m trati by mělo 1% zlepšení ještě větší dopad na první tři nejrychlejší časy. Zlepšení o 1% se rovná 0,24 vteřinám, což je větší časový rozdíl než časový rozdíl mezi prvními třemi plavci. V tomto případě obrátkový úsek tvořil ve výsledném čase 21%. Zdánlivě zanedbatelné rozdíly v provedení obrátek mohou ovlivnit umístění na vrcholných soutěžích jako např. ME nebo MS. Morais et al. (2016) ve své práci analyzovali data ze startovních a obrátkových úseků ve finálových disciplínách na 100 m na 50 m bazénu. Start a obrátkový úsek tvořily téměř třetinu výsledného času ve všech disciplínách. Analýza dat a následná prezentace výsledků v této oblasti může být velmi přínosná pro trenéry a jejich svěřence v rámci zlepšování výkonů (Polach et al., 2019).

3 CÍLE

3.1 Hlavní cíl

Posoudit výkon v obrátkovém úseku u elitních plavců a plavkyň v disciplínách 100 m a 200 m volný způsob.

3.2 Dílčí cíle

- 1) Posoudit výkon v dílčích fázích obrátkového úseku u elitních českých a světových plavců v disciplíně 100 m volný způsob.
- 2) Posoudit výkon v dílčích fázích obrátkového úseku u elitních českých a světových plavců v disciplíně 200 m volný způsob.

3.3 Hypotézy

- 1) Elitní světoví plavci dosahují delších vzdáleností uplavaných ve fázi pod hladinou než elitní čeští plavci.
- 2) Elitní světové plavkyně dosahují delších vzdáleností uplavaných ve fázi pod hladinou než elitní české plavkyně.

3.4 Výzkumné otázky

- 1) Jaká dílčí fáze obrátkového úseku ovlivňuje nejvíce celkový výkon obrátkového úseku plavců na MS v disciplíně 100 m volný způsob?
- 2) Jaká dílčí fáze obrátkového úseku ovlivňuje nejvíce celkový výkon obrátkového úseku plavců na MČR v disciplíně 100 m volný způsob?
- 3) Jaká dílčí fáze obrátkového úseku ovlivňuje nejvíce celkový výkon obrátkového úseku plavců na MS v disciplíně 200 m volný způsob?
- 4) Jaká dílčí fáze obrátkového úseku ovlivňuje nejvíce celkový výkon obrátkového úseku plavců na MČR v disciplíně 200 m volný způsob?

4 METODIKA

V diplomové práci se zabývám zhodnocením a porovnáním výkonů na obrátkových úsecích a jeho dílčích fázích, dosažených plavci a plavkyněmi ve finálových rozplavbách disciplín 100 a 200 metrů volný způsob na MS v Budapešti a na Mistrovství České republiky (MČR) v Praze. Oba závody proběhly v roce 2022. V obou případech šlo o soutěž v 50 m bazénu.

Součástí datového souboru jsou dosažené výsledky v mužské i ženské kategorii. Dohromady je ve výzkumném souboru 64 individuálních výkonů plavců (32 žen a 32 mužů) z obou soutěží (MS i MČR).

Na výzkumném souboru byla provedena analýza výkonů v obrátkovém úseku a parametrech jeho dílčích fázích. Poté byla provedena komparativní analýza mezi soutěžemi MČR Praha 2022 a MS Budapešť 2022.

V rámci zachování etiky výzkumu byla všechna data anonymizována. Studie byla schválena Etickou komisí FTK UP v souladu s Helsinskou deklarací (jednací číslo 102/2021).

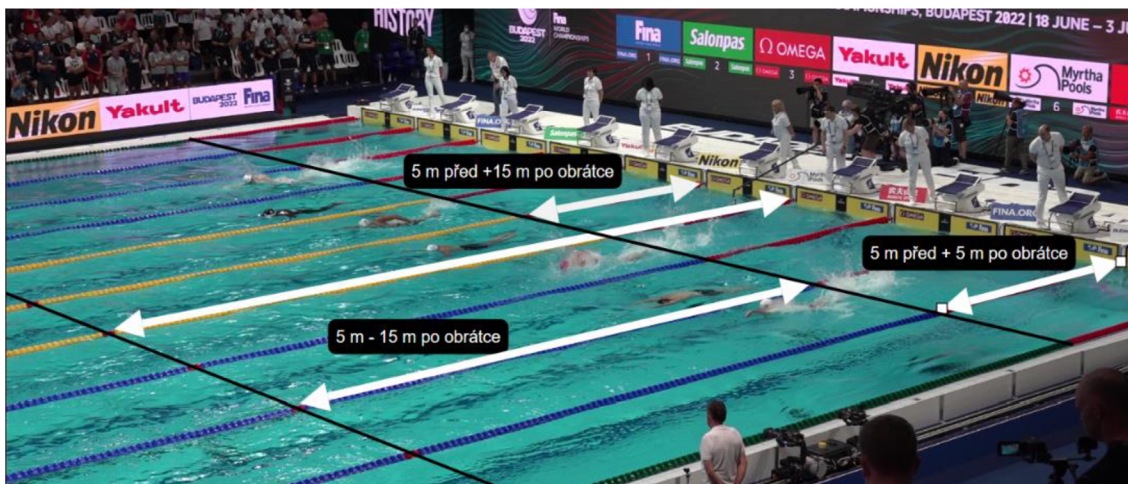
4.1 Metody zpracování dat

Videozáznamy byly pro účely této práce poskytnuty společností Umimplavat.cz. s.r.o., která je smluvním partnerem několika evropských svazů v oblasti video-analytiky. Videokamera (Sony FDR-AX700) byla umístěna na tribuně a její optická osa byla po celou dobu umístěna kolmo k podélné ose bazénu.

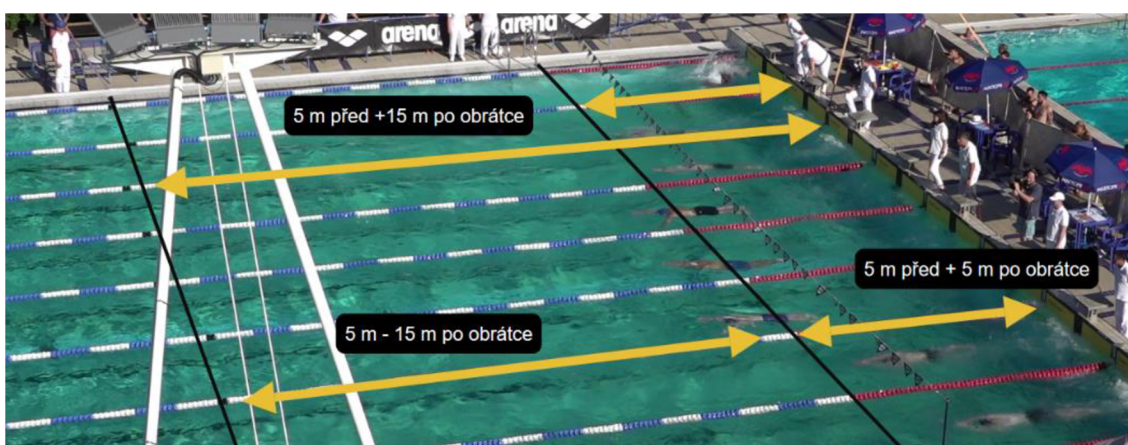
Analýza obrátkového úseku byla provedena pomocí softwaru Dartfish (verze Live S). Tento software umožňuje přesný rozbor požadovaného sportovního výkonu z videa. V tomto softwaru byly analyzovány všechny pořízené videozáznamy. Všechny videozáznamy jsou ve shodném formátu (MP4, Full HD 1920x1080, 50 snímků/s).

Základem této analýzy bylo porovnat časy obrátkových úseků a jejich dílčích výkonnostních parametrů, které byly získány extrahováním dat z výše uvedeného softwaru. Reliabilita analýzy v tomto programu byla dále posouzena dvěma dalšími analytiky. K ověření shody mezi opakovanými měřeními byl použit Koeficient vnitřní korelace (ICC) a jeho hodnota se pohybovala v rozmezí 0,988 až 0,989. Časy byly měřeny elektronicky pomocí elektronických dotykových stěn. Výsledné časy a mezičasy byly získány z oficiálně zveřejněných výsledků soutěží (www.worldaquatics.com; vysledky.czechswimming.cz).

Referenční značení závodního bazénu na jednotlivých drahách posloužilo jako podklad k ohraničení obrátkového úseku. Přesnost byla ověřena kontrolním měřením. V případě MČR bylo nutno provést dodatečnou kontrolní kalibraci kvůli odlišnému typu plaveckých drah.



Obrázek 14. Schéma obrátkového úseku (MS Budapešť 2022)



Obrázek 25. Schéma obrátkového úseku (MČR Praha 2022)

Aby bylo možné obrátkové úseky podrobněji analyzovat, byly rozděleny do následujících dílčích fází (Obrázek 14 a Obrázek 15):

- Čas 5 m před obrátkou [s],
- Čas 5 m po obrátce [s],
- Čas 5–15 m po obrátce [s],
- Čas 15 m po obrátce [s],
- Čas 5 m před + 5 m po obrátce [s],
- Čas 5 m před + 15 m po obrátce [s],
- Čas do protnutí hladiny (fáze pod hladinou) [s],
- Vzdálenost fáze pod hladinou [m],
- Rychlost během fáze pod hladinou (rychlost fáze pod hladinou) [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$].

Tyto parametry proměnných byly zvoleny pro jejich snadnou pozorovatelnost a možnost dalšího porovnání. Všechny proměnné zahrnuté do této studie by měly důkladně zmapovat celý průběh obrátkového úseku.

4.2 Metody vyhodnocení dat

Ze získaných data z MS v Budapešti a MČR v Praze byly vypočteny průměrné hodnoty, dopočtena směrodatná odchylka, rozptyl a medián. Za účelem zjištění, zda má základní soubor normální rozdělení, byl použit test normality (Shapiro – Wilkův test). Poté byl proveden *t*-test a získána *p*-hodnota. Výsledky výpočtů jsou zaznamenány v tabulkách.

4.2.1 Statistické zpracování dat

Směrodatná odchylka (nebo σ) je metrika, která udává, jak moc jsou záznamy odlehle od jejich průměru. V tomto případě se jednalo o odlehlost časů jednotlivých plavců od vypočtené průměrné hodnoty. Vzorec pro výpočet směrodatné odchylky:

Rovnice 1. Výpočet směrodatné odchylky.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum |x_1 - \mu|^2}{N}}$$

Kde x_1 je zaznamenaná hodnota, μ je průměr a N je počet pozorování.

T-test, nebo také Studentův *t*-test, slouží k testování rozdílů mezi dvěma sledovanými skupinami. Byl proveden mezi naměřenými hodnotami dílčích výkonnostních parametrů obrátkového úseku u plavců mezi oběma soutěžemi. S jeho pomocí jsme zjistili významnost rozdílů. V tomto případě se jedná o dvou výběrový *t*-test, u kterého se stanoví nulová hypotéza, která znamená, že mezi výběry není statisticky významný rozdíl. Naproti ní se stanoví alternativní hypotéza, která říká, že rozdíl existuje (případně, že je v průměru jeden výběr větší či menší než druhý v naměřených hodnotách). Před testem byla určena takzvaná hladina statistické významnosti (tedy pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy o nezávislosti výběrů v případě, že nulová hypotéza ve skutečnosti platí). S hladinou statistické významnosti na konci testu poměříme *p*-hodnotu. Hodnota hladiny významnosti byla stanovena na $\alpha = 0,05$. Vzorec pro výpočet *t*-testu:

Rovnice 2. Výpočet t-testu.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Kde \bar{x}_1 je průměr hodnot sledované skupiny 1 a \bar{x}_2 je průměr sledované skupiny 2, s^2 je hodnota rozptylu hodnot ve skupinách.

V rámci zjišťování vlivu dílčích výkonnostních parametrů na celkový výkon v obrátkovém úseku byl vypočten Pearsonův korelační koeficient oproti celkovému dosaženému času v obrátkovém úseku. Korelační koeficient může nabývat hodnot od -1 do 1. Je-li hodnota korelačního koeficientu -1, znamená to zcela nepřímou závislost, tedy čím více se zvětší hodnoty v první skupině znaků, tím více se zmenší hodnoty v druhé skupině znaků. V případě, že se hodnota korelačního koeficientu rovná 1, značí zcela přímou závislost. Pokud je korelační koeficient roven 0 (nekorelovanost), pak mezi znaky není žádná statisticky zjištělná lineární závislost. Vzorec pro výpočet Pearsonova korelačního koeficientu:

Rovnice 3. Výpočet Pearsonova korelačního koeficientu.

$$r_{XY} = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sigma_X \cdot \sigma_Y}$$

Kde $\text{cov}(X, Y)$ je kovariance dvou sledovaných skupin, σ_x je směrodatná odchylka skupiny 1 a σ_y směrodatná odchylka skupiny 2.

Klasifikace hodnot Pearsonova korelačního koeficientu (v absolutních hodnotách), která je použita v této práci:

- <0,19 – velmi slabé,
- 0,20-0,39 – slabé,
- 0,40-0,59 – středně silné,
- 0,60-0,79 – silné,
- 0,80-1,00 – velmi silné (Evans, 1996).

5 VÝSLEDKY

Výsledky této diplomové práce byly zpracovány na základě naměřených dat dílčích výkonnostních parametrů v obrátkovém úseku závodů 100 m a 200 m volný způsob muži i ženy. Ve výsledcích je rozebrán a analyzován celý obrátkový úsek. Jsou uvedeny veškeré hodnoty (čas, vzdálenost, rychlost) dílčích výkonnostních parametrů.

Soubor, který byl použit pro analýzu a zpracování výsledků, obsahoval 64 plavců (32 žen a 32 mužů).

Výsledky jsou rozděleny do dvou částí. První podkapitola výsledků se věnuje porovnání dílčích výkonnostních parametrů v obrátkovém úseku elitních českých a světových plavců v disciplíně 100 m a 200 m volný způsob, druhá podkapitola se věnuje vlivu dílčích výkonnostních parametrů na celkový výkon v obrátkovém úseku.

5.1 Porovnání dílčích výkonnostních parametrů v obrátkovém úseku elitních českých a světových plavců v disciplíně 100 m a 200 m volný způsob

Analýza získaných dat ukázala, že elitní světoví plavci jsou lepší téměř ve všech sledovaných parametrech.

5.1.1 Rozdíly mezi muži v disciplíně 100 m volný způsob

V disciplíně mužů na 100 m volný způsob vykazují nejvýznamnější rozdíly tyto dílčí parametry: čas 5 m po obrátce, čas 5 m před – 15 m po obrátce, čas 15 m po obrátce, čas 5 m před + 15 m po obrátce, čas do protnutí hladiny (fáze pod hladinou) a vzdálenost fáze pod hladinou (Tabulka 1).

U dílčích výkonnostních parametrů byl vypočten statisticky signifikantní rozdíl ($p=0,004$; $p<0,001$; $p<0,001$; $p=0,001$; $p=0,034$; $p=0,004$). Ostatní dílčí výkonnostní parametry obrátkového úseku významné odlišnosti nevykazovaly. Průměrné hodnoty dosažených výkonnostních parametrů elitních světových plavců byly lepší než průměrné hodnoty českých elitních plavců.

Tabulka 1

Průměrné hodnoty dílčích výkonnostních parametrů obrátkového úseku 100 m volný způsob muži.

Muži	100 m volný způsob				
	MS		MČR		<i>p</i>
	M	SD	M	SD	
Čas 5 m před obrátkou [s]	2,84	± 0,09	3,00	± 0,19	=0,057
Čas 5 m po obrátce [s]	1,51*	± 0,07	1,77	± 0,18	=0,004
Čas 5 m před – 15 m po obrátce [s]	5,17*	± 0,12	5,86	± 0,28	<0,001
Čas 15 m po obrátce [s]	6,68*	± 0,16	7,63	± 0,43	<0,001
Čas 5 m před + 5 m po obrátce [s]	4,34	± 0,12	4,77	± 0,34	=0,010
Čas 5 m před + 15 m po obrátce [s]	9,51*	± 0,21	10,63	± 0,59	=0,001
Čas do protnutí hladiny (fáze pod hladinou) [s]	2,83*	± 0,68	2,17	± 0,33	=0,034
Vzdálenost fáze pod hladinou [m]	7,57*	± 1,32	5,61	± 0,83	=0,004
Rychlost během fáze pod hladinou (rychlost fáze pod hladinou) [m.s ⁻¹]	2,71	± 0,17	2,59	± 0,07	=0,106

Poznámka. M = průměr; SD = směrodatná odchylka; *p* = statistická signifikance; * statisticky významný rozdíl.

5.1.2 Rozdíly mezi ženami v disciplíně 100 m volný způsob

Mezi ženami, v disciplíně 100 m volný způsob, vykazují nejvýznamnější rozdíly tyto dílčí výkonnostní parametry: čas 5 m po obrátce, čas 5 m před – 15 m po obrátce, čas 15 m po obrátce, čas 5 m před + 15 m po obrátce, čas do protnutí hladiny, vzdálenost fáze pod hladinou (Tabulka 2).

U dílčích výkonnostních parametrů byl vypočten statisticky signifikantní rozdíl ($p=0,002$; $p<0,001$; $p<0,001$; $p<0,001$; $p=0,029$; $p=0,013$). Ostatní dílčí výkonnostní parametry obrátkového úseku významné odlišnosti nevykazovaly a průměrné hodnoty dosažených výkonnostních parametrů elitních světových plavkyň byly lepší než průměrné hodnoty českých elitních plavkyň, kromě parametru: rychlost během fáze pod hladinou (rychlost fáze pod hladinou). U tohoto parametru se průměry shodovaly, nicméně elitní světové plavkyně touto rychlostí uplavaly delší vzdálenost. Průměr vzdálenost fáze pod hladinou byl u světových plavkyň 8,47 m a u českých plavkyň 5,64 m.

Tabulka 2

Průměrné hodnoty dílčích výkonnostních parametrů obrátkového úseku 100 m volný způsob ženy.

Ženy	100 m volný způsob				
	MS		MČR		<i>p</i>
	M	SD	M	SD	
Čas 5 m před obrátkou [s]	3,14	± 0,09	3,19	± 0,10	=0,310
Čas 5 m po obrátce [s]	1,62*	± 0,17	1,93	± 0,14	=0,002
Čas 5 m před – 15 m po obrátce [s]	5,82*	± 0,12	6,46	± 0,14	<0,001
Čas 15 m po obrátce [s]	7,43*	± 0,14	8,39	± 0,21	<0,001
Čas 5 m před + 5 m po obrátce [s]	4,75	± 0,2	5,12	± 0,23	=0,005
Čas 5 m před + 15 m po obrátce [s]	10,57*	± 0,14	11,58	± 0,27	<0,001
Čas do protnutí hladiny (fáze pod hladinou) [s]	3,57*	± 1,26	2,32	± 0,48	=0,029
Vzdálenost fáze pod hladinou [m]	8,47*	± 2,42	5,64	± 1,00	=0,013
Rychlost během fáze pod hladinou (rychlost fáze pod hladinou) [m.s ⁻¹]	2,45	± 0,24	2,45	± 0,17	=0,994

Poznámka. M = průměr; SD = směrodatná odchylka; *p* = statistická signifikance; * statisticky významný rozdíl.

5.1.3 Rozdíly mezi muži v disciplíně 200 m volný způsob

U mužů v disciplíně 200 m volný způsob vykazovaly významné rozdíly všechny dílčí parametry, kromě času do protnutí hladiny (fáze pod hladinou). Byly to tyto dílčí parametry: čas 5 m před obrátkou, čas 5 m po obrátce, čas 5 m před – 15 m po obrátce, čas 15 m po obrátce, čas 5 m před + 5 m po obrátce, čas 5 m před + 15 m po obrátce, vzdálenost fáze pod hladinou, rychlost během fáze pod hladinou (rychlost fáze pod hladinou) (Tabulka 3). U dílčích výkonnostních parametrů byl vypočten statisticky signifikantní rozdíl $p < 0,001$; $p < 0,001$; $p < 0,001$; $p < 0,001$; $p < 0,001$; $p < 0,001$; $p < 0,001$; $p = 0,029$ a $p < 0,001$.

V dílčím parametru čas do protnutí hladiny (fáze pod hladinou) byla průměrná hodnota elitních světových i českých plavců shodná (při zaokrouhlení na dvě desetinná místa). Hodnota statistické signifikance se proto blíží hodnotě 1. Elitní světoví plavci uplavali v průměru delší vzdálenost pod hladinou, konkrétně o 0,78 m.

Tabulka 3

Průměrné hodnoty dílčích výkonnostních parametrů obrátkového úseku 200 m volný způsob muži.

Muži	200 m volný způsob				
	MS		MČR		<i>p</i>
	M	SD	M	SD	
Čas 5 m před obrátkou [s]	3,06*	± 0,13	3,38	± 0,23	<0,001
Čas 5 m po obrátce [s]	1,59*	± 0,08	1,98	± 0,17	<0,001
Čas 5 m před – 15 m po obrátce [s]	5,57*	± 0,16	6,07	± 0,22	<0,001
Čas 15 m po obrátce [s]	7,16*	± 0,19	8,05	± 0,31	<0,001
Čas 5 m před + 5 m po obrátce [s]	4,65*	± 0,17	5,35	± 0,38	<0,001
Čas 5 m před + 15 m po obrátce [s]	10,22*	± 0,28	11,42	± 0,48	<0,001
Čas do protnutí hladiny (fáze pod hladinou) [s]	2,44	± 0,61	2,44	± 0,64	=0,998
Vzdálenost fáze pod hladinou [m]	6,55*	± 1,14	5,77	± 1,21	=0,029
Rychlost během fáze pod hladinou (rychlost fáze pod hladinou) [m.s ⁻¹]	2,73*	± 0,19	2,41	± 0,25	<0,001

Poznámka. M = průměr; SD = směrodatná odchylka; *p* = statistická signifikance; * statisticky významný rozdíl.

5.1.4 Rozdíly mezi ženami v disciplíně 200 m volný způsob

Mezi ženami, v disciplíně 200 m volný způsob, vykazují nejvýznamnější rozdíly tyto dílčí výkonnostní parametry: čas 5 m po obrátce, čas 15 m po obrátce, čas 5 m před + 5 m po obrátce, čas 5 m před + 15 m po obrátce, čas do protnutí hladiny (fáze pod hladinou), vzdálenost fáze pod hladinou, rychlost během fáze pod hladinou (rychlost fáze pod hladinou) (Tabulka 4).

U těchto dílčích výkonnostních parametrů byl vypočten statisticky signifikantní rozdíl ($p < 0,001$; $p = 0,031$; $p = 0,003$; $p = 0,039$; $p < 0,001$; $p = 0,001$; $p < 0,001$). V dílčím parametru čas 5 m před obrátkou a čas 5 m před – 15 m po obrátce se statisticky signifikantní rozdíl neprokázal.

Průměrné hodnoty dosažených výkonnostních parametrů elitních světových plavkyň byly lepší než průměrné hodnoty českých elitních plavkyň.

Tabulka 4

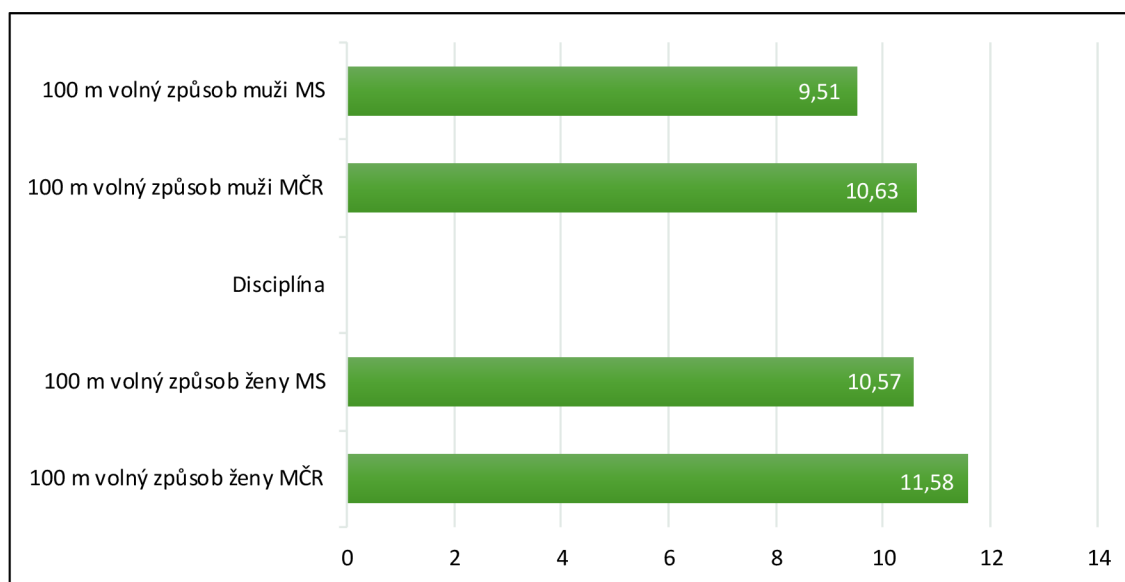
Průměrné hodnoty dílčích výkonnostních parametrů obrátkového úseku 200 m volný způsob ženy.

Ženy	200 m volný způsob				
	MS		MČR		<i>p</i>
	M	SD	M	SD	
Čas 5 m před obrátkou [s]	3,40	± 0,12	3,47	± 0,23	=0,188
Čas 5 m po obrátce [s]	1,88*	± 0,15	2,07	± 0,14	<0,001
Čas 5 m před – 15 m po obrátce [s]	6,08	± 0,11	6,20	± 0,55	=0,279
Čas 15 m po obrátce [s]	7,96*	± 0,15	8,27	± 0,64	=0,031
Čas 5 m před + 5 m po obrátce [s]	5,28*	± 0,18	5,54	± 0,34	=0,003
Čas 5 m před + 15 m po obrátce [s]	11,36*	± 0,18	11,74	± 0,84	=0,039
Čas do protnutí hladiny (fáze pod hladinou) [s]	2,30*	± 0,67	3,91	± 1,05	<0,001
Vzdálenost fáze pod hladinou [m]	5,79*	± 1,38	7,43	± 1,89	=0,001
Rychlost během fáze pod hladinou (rychlost fáze pod hladinou) [m.s ⁻¹]	2,55*	± 0,18	1,92	± 0,18	<0,001

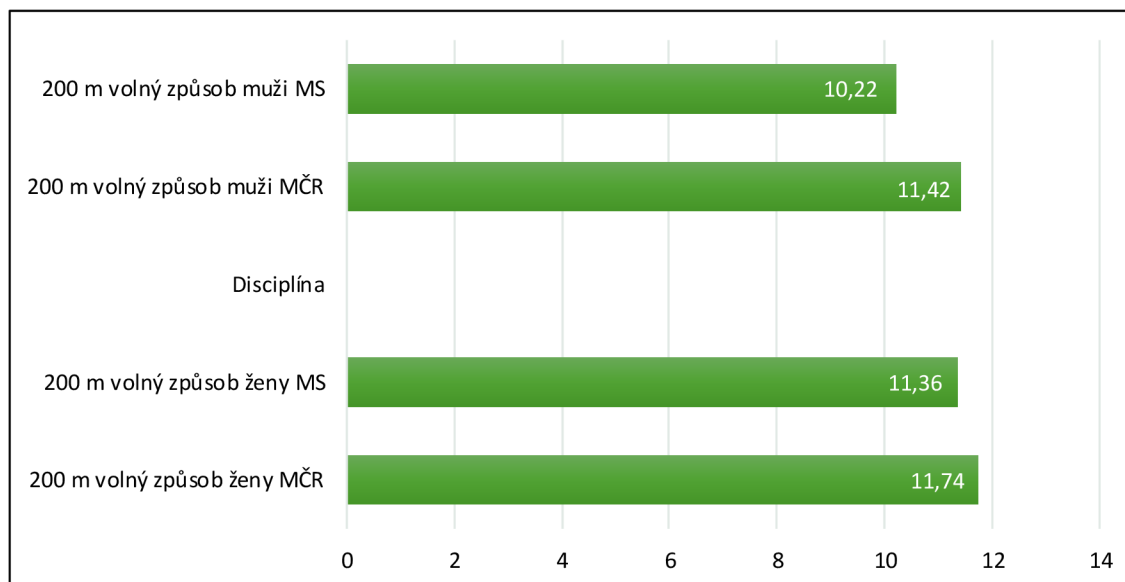
Poznámka. M = průměr; SD = směrodatná odchylka; *p* = statistická signifikance; * statisticky významný rozdíl.

5.2 Vliv dílčích výkonnostních parametrů na celkový výkon v obrátkovém úseku

Na datech z obrátkových úseků a jejich dílčích fázích byla provedena korelační analýza zvláště pro každou disciplínu a úroveň závodu. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 5, Tabulce 6, Tabulce 7 a v Tabulce 8.



Obrázek 16. Průměr výsledných časů [s] dosažených v obrátkovém úseku v disciplíně 100 m volný způsob.



Obrázek 17. Průměr výsledných časů [s] dosažených v obrátkovém úseku v disciplíně 200 m volný způsob.

5.2.1 Výkony mužů v obrátkovém úseku v disciplíně 100 m volný způsob MS a MČR

Elitní světoví plavci na MS dosáhli na obrátkovém úseku v disciplíně 100 m volný způsob průměrného výsledného času 9,51 s (Obrázek 16). Korelační analýza dílčích fází obrátkového úseku a dosaženého celkového času obrátkového úseku ukázala, že výsledný výkon v obrátkovém úseku nejvíce ovlivnila fáze: čas 5–15 m po obrátce (Tabulka 5). Tato dílčí fáze obrátkového úseku vykazovala silnou korelaci ($r=0,88$). Dílčí fáze: čas 5 m před obrátkou vykazovala středně silnou korelaci ($r=0,66$) a dílčí fáze: čas 5 m po obrátce vykazovala nejslabší vztah ($r=0,55$).

Elitní čeští plavci na MČR dosáhli na obrátkovém úseku v disciplíně 100 m volný způsob průměrného výsledného času 10,63 s (Obrázek 16). Korelační analýza dílčích fází obrátkového úseku a dosaženého celkového času obrátkového úseku ukázala, že výsledný výkon v obrátkovém úseku nejvíce ovlivnila fáze: čas 5–15 m po obrátce (Tabulka 5). Tato dílčí fáze obrátkového úseku vykazovala velmi silnou korelaci ($r=0,92$). Ostatní dílčí fáze (čas 5 m před obrátkou; čas 5 m po obrátce) ovšem vykazovaly také velmi silnou korelaci ($r=0,88$; $r=0,88$).

Tabulka 5

Korelační analýza dílčích fází obrátkového úseku a celkového času dosaženém v obrátkovém úseku v disciplíně 100 m volný způsob muži

Čas obrátkového úseku [s]	Časy dílčích fází [s]		
	Čas 5 m před obrátkou	Čas 5 m po obrátce	Čas 5–15 m po obrátce
MS			
9,51	2,84	1,51	5,17
<i>r</i> -value	0,66*	0,55	0,88**
MČR			
10,63	3,00	1,77	5,86
<i>r</i> -value	0,88**	0,88**	0,92**

Poznámka. *r*-value = hodnota korelačního koeficientu, * silná korelace, ** velmi silná korelace.

5.2.2 Výkony žen v obrátkovém úseku v disciplíně 100 m volný způsob MS a MČR

Elitní světové plavkyně na MS dosáhly na obrátkovém úseku v disciplíně 100 m volný způsob průměrného výsledného času 10,57 s (Obrázek 16). Z korelační analýzy dílčích fází obrátkového úseku a dosaženého celkového času bylo zjištěno, že výsledný výkon v obrátkovém úseku nejvíce ovlivnila fáze: čas 5 m po obrátce (Tabulka 5). Tato dílčí fáze obrátkového úseku vykazovala středně silnou korelaci ($r=0,75$). Dílčí fáze: čas 5 m před obrátkou vykazovala slabou korelaci ($r=0,33$) a dílčí fáze: čas 5–15 m po obrátce nevykazovala žádný vztah ($r=-0,13$) (Tabulka 6).

Elitní české plavkyně na MČR dosáhly na obrátkovém úseku v disciplíně 100 m volný způsob průměrného výsledného času 11,58 s (Obrázek 16). Korelační analýza dílčích fází obrátkového úseku a dosaženého celkového času obrátkového úseku ukázala, že výsledný výkon v obrátkovém úseku nejvíce ovlivnila fáze čas 5 m po obrátce (Tabulka 6), stejně jako u elitních světových plavkyň na MS, přičemž korelace byla velmi silná ($r=0,85$). Dílčí fáze: čas 5 m před obrátkou, čas 5–15 m po obrátce vykazovaly korelaci ($r=0,73$; $r=0,52$).

Tabulka 6

Korelační analýza dílčích fází obrátkového úseku a celkového času dosaženém v obrátkovém úseku v disciplíně 100 m volný způsob ženy

Čas obrátkového úseku [s]	Časy dílčích fází [s]		
	Čas 5 m před obrátkou	Čas 5 m po obrátce	Čas 5–15 m po obrátce
MS			
10,57	3,14	1,62	5,82
<i>r</i> -value	0,33	0,75*	-0,13
MČR			
11,58	3,19	1,93	6,46
<i>r</i> -value	0,73*	0,85**	0,52

Poznámka. *r*-value = hodnota korelačního koeficientu, * silná korelace, ** velmi silná korelace.

5.2.3 Výkony mužů v obrátkovém úseku v disciplíně 200 m volný způsob MS a MČR

U mužů na MS na obrátkovém úseku v disciplíně 200 m volný způsob byl stanoven průměrný výsledný čas na hodnotu 10,22 s (Obrázek 17). Díky korelační analýze dílčích fází obrátkového úseku a dosaženého celkového času obrátkového úseku bylo zjištěno, že výsledný výkon v obrátkovém úseku nejvíce ovlivnily fáze: čas 5–15 m po obrátce a čas 5 m před obrátkou (Tabulka 7). Tyto dílčí fáze obrátkového úseku vykazovaly velmi silnou korelaci ($r=0,86$; $r=0,83$). Dílčí fáze: čas 5 m po obrátce vykazovala slabší korelaci ($r=0,50$).

Elitní čeští plavci na MČR dosáhli na obrátkovém úseku v disciplíně 200 m volný způsob průměrného výsledného času 11,42 s (Obrázek 17). Korelační analýza dílčích fází obrátkového úseku a dosaženého celkového času obrátkového úseku ukázala, že výsledný výkon v obrátkovém úseku nejvíce ovlivnila fáze: čas 5 m před obrátkou (Tabulka 7). Tato dílčí fáze obrátkového úseku vykazovala silnou korelaci ($r=0,84$), nicméně ostatní dílčí fáze (čas 5 m po obrátce; čas 5–15 m po obrátce) projevily také relativně silný vztah k celkovému času obrátkového úseku ($r=0,79$; $r=0,65$).

Tabulka 7

Korelační analýza dílčích fází obrátkového úseku a celkového času dosaženém v obrátkovém úseku v disciplíně 200 m volný způsob muži

Čas obrátkového úseku [s]	Časy dílčích fází [s]		
	Čas 5 m před obrátkou	Čas 5 m po obrátce	Čas 5–15 m po obrátce
MS			
10,22	3,06	1,59	5,57
<i>r</i> -value	0,83**	0,50	0,86**
MČR			
11,42	3,38	1,98	6,07
<i>r</i> -value	0,84**	0,79*	0,65*

Poznámka. *r*-value = hodnota korelačního koeficientu, * silná korelace, ** velmi silná korelace.

5.2.4 Výkony žen v obrátkovém úseku v disciplíně 200 m volný způsob MS a MČR

Ženy v disciplíně 200 m volný způsob na MS dosáhly průměrného výsledného času v obrátkovém úseku 11,36 s (Obrázek 17). Ani jedna z dílčích fází neprojevovala silnou nebo velmi silnou korelaci (Tabulka 8). Všechny korelační koeficienty dílčích fází obrátkového úseku můžeme považovat za středně silné ($r=0,51$; $r=0,56$; $r=0,30$).

České plavkyně ve stejné disciplíně na MČR dosáhly průměrného času v obrátkovém úseku 11,74 s (Obrázek 17), což je o 0,38 s více než průměr výsledných časů obrátkových úseků plavkyň na MS. Jako velmi silná se projevila korelace dílčí fáze: čas 5–15 m po obrátce ($r=0,96$). Ostatní dílčí fáze projevily taktéž silnou korelaci (Tabulka 8). Konkrétní hodnoty korelačních koeficientů pro dílčí fáze: čas 5 m před obrátkou a čas 5 m po obrátce jsou $r=0,89$ a $r=0,73$.

Tabulka 8

Korelační analýza dílčích fází obrátkového úseku a celkového času dosaženém v obrátkovém úseku v disciplíně 200 m volný způsob ženy

Čas obrátkového úseku [s]	Časy dílčích fází [s]		
	Čas 5 m před obrátkou	Čas 5 m po obrátce	Čas 5–15 m po obrátce
MS			
11,36	3,40	1,88	6,08
<i>r</i> -value	0,51	0,56	0,30
MČR			
11,74	3,47	2,07	6,20
<i>r</i> -value	0,89**	0,73*	0,96**

Poznámka. *r*-value = hodnota korelačního koeficientu, * silná korelace, ** velmi silná korelace.

6 DISKUSE

V této práci jsem porovnávala výkony v obrátkových úsecích elitních světových a českých plavců v disciplínách 100 m a 200 m volný způsob. Po statistickém zpracování dat bylo zjištěno, že obrátkový úsek tvoří průměrně 19,85 % z výsledného času celkového výkonu u elitních světových plavců a 20,07 % z výsledného času celkového výkonu u elitních českých plavců v disciplíně 100 m volný způsob. V disciplíně 200 m volný způsob tvořil obrátkový úsek u elitních světových plavců 29,21 % a 29,79 % u elitních českých plavců. U žen bylo rozpětí výsledků podobné. U elitních světových plavkyň v disciplíně 100 m volný způsob tvořil obrátkový úsek 19,85 % výsledného času a u elitních českých plavkyň tvořil 20,17 % výsledného času. V disciplíně 200 m volný způsob plavkyň na MS tvořil obrátkový úsek 29,25 % a u žen na MČR tvořil 27,94 %. Pouze u této disciplíny dosáhly české plavkyně nižšího průměru než světové plavkyně, nicméně z porovnání průměrů součtů dílčích fází času 5 m před a 15 m po obrátce všech tří obrátkových úseků vychází lépe elitní světové plavkyně, které dosáhly průměrné hodnoty 34,07 s, zatímco české elitní plavkyně dosáhly průměrné hodnoty 35,22 s. Poměr času, který plavci strávili na obrátkovém úseku (19,85 – 29,79 %) souhlasí s tvrzením, které uvádí Thayer & Hay (1984), tedy že obrátkové úseky tvoří až 33 % z celého plaveckého výkonu. Rozmezí 20 % až 40 % uvádí Veiga (2014) a Maglischo (2003), který uvádí 20 % až 38 %.

Ukázalo se, že pouze v pěti z osmi závodů vyhrál plavec nebo plavkyně s nejrychlejším výsledným časem obrátkového úseku (čas 5 m před a 15 m po obrátce). V závodě na 100 m volný způsob elitních světových plavců se plavec, který měl nejrychlejší čas 5 m před a 15 m po obrátce (9,23 s) umístil až na druhém místě. Podobně tomu bylo u závodu na 200 m volný způsob elitních světových plavců, ve kterém vyhrál plavec s třetím nejlepším časem obrátkových úseků (součtu všech časů 5 m před a 15 m po obrátce), a to 30,39 s. Naopak plavec s nejrychlejším časem obrátkových úseků (29,92 s) se umístil až na čtvrtém místě. U žen se podobná situace objevila pouze v disciplíně 200 m volný způsob na MS. Plavkyně s nejrychlejším časem obrátkových úseků (33,26 s) se umístila až na druhém místě. Vítězka dosáhla v obrátkových úsecích času 34,03 s. Toto pozorování nasvědčuje tomu, že se plavci, kteří dosáhnou nejrychlejších časů v obrátkových úsecích, nemusí nutně umísťovat na prvním místě, dokonce ani na medailových pozicích. K podobnému výsledku ve své studii dospěli i Mason & Cossor (2000).

Rozpětí hodnot korelačního koeficientu při korelační analýze výsledného času obrátkového úseku s jeho dílčími fázemi se pohybovalo od hodnoty $r = -0,13$ do hodnoty $r = 0,96$. Minimální i maximální hodnota korelačního koeficientu se objevila v dílčí fázi: čas 5–15 m po obrátce.

Pomocí korelační analýzy bylo zjištěno, že výsledné časy obrátkových úseků elitních světových i českých plavců v disciplíně 100 m volný způsob nejvíce ovlivňovala dílčí fáze 5 m po obrátce, zatímco v disciplíně 200 m volný způsob to byla dílčí fáze 5 m před obrátkou. U světových i českých plavců tedy s výsledným časem nejvíce korelovaly stejné dílčí fáze obrátkového úseku, rozdíl byl pouze mezi disciplínami. Plavci a plavkyně v disciplíně 100 m volný způsob (nehledě na úroveň závodu) dosáhli rychlejšího průměrného času obrátkového úseku (10,57 s) než plavci a plavkyně v disciplíně 200 m volný způsob (11,18 s). Tento poznatek je ve shodě s Marinho et al. (2020), kteří uvádí, že plavci na 100m tratích dosahují rychlejších časů obrátkových úseků než plavci na 200m tratích. Je pravděpodobné, že tyto rozdíly způsobuje získ rychlosti v rámci startovního úseku v disciplíně 100 m volný způsob a únava během závodu na 200 m volný způsob. V rámci 200m tratě plavci absolvují tři obrátkové úseky, kdežto na 100m trati pouze jeden (Veiga et al., 2014). Vantorre et al. (2014) uvádí, že mají plavci na výběr ze dvou možností. Buď setrvávají déle ve fázi pod hladinou a tím pádem ušetří více energie pro plavecký úsek nebo ukončí fázi pod hladinou dříve a zahájí plavecký úsek rychleji. Pro plavce může být fáze pod hladinou výhodnější z hlediska poměru vydané energie a uplavané vzdálenosti, nicméně lze diskutovat o tom, že je pro tuto fázi zásadní úroveň trénovanosti nebo např. hodnota plicní vitální kapacity.

Elitní světoví plavci dosahovali v průměru větší vzdálenosti uplavané pod hladinou než elitní čeští plavci, a to v obou disciplínách. Důvodem může být výše zmíněné. Rozdíl byl markantnější u disciplíny 100 m volný způsob, kde čeští plavci dosahovali průměrné vzdálenosti 5,61 m, oproti plavcům na MS, kteří dosahovali průměrné vzdálenosti 7,57 m.

U žen totéž platilo pouze v disciplíně 100 m volný způsob. V disciplíně 200 m volný způsob uplavaly elitní světové plavkyně v průměru kratší vzdálenost pod hladinou (5,79 m), než elitní české plavkyně (7,42 m), přičemž průměr výsledných časů obrátkového úseku měly světové plavkyně lepší než ty české. Plavkyně na MS navíc dosáhly vyšší průměrné rychlosti pod hladinou. Veiga et al. (2014 a 2016) ve svých studiích porovnávali průměrné vzdálenosti uplavené pod hladinou na mezinárodních a národních úrovních závodu. Výsledky obou studií shrnuje rešerše Gonjo & Olstad (2021) a lze z nich vyvodit stejné závěry, jako z porovnání průměrných vzdáleností uplavaných pod hladinou v této diplomové práci. Výsledky se shodují v tom, že elitní světoví plavci uplavali delší vzdálenost pod hladinou než tuzemští elitní plavci, kromě disciplíny 200 m volný způsob ženy. Světoví plavci a plavkyně ve všech ostatních disciplínách dosáhli vyšší rychlosti pod hladinou než čeští plavci.

7 ZÁVĚRY

Hlavním cílem práce bylo porovnat výkon v obrátkovém úseku u elitních plavců a plavkyň v disciplínách 100 m a 200 m volný způsob. Data, která byla získána na MS v Budapešti a MČR v Praze, byla statisticky zpracována a analyzována. Výsledky ukazují, že významný statistický rozdíl existuje u všech disciplín v téměř každém dílčím výkonnostním parametru.

Dílčími cíli bylo posoudit výkony v dílčích fázích obrátkového úseku u elitních českých a světových plavců v disciplíně 100 m a 200 m volný způsob. Ve výsledcích se ukázalo, že největší rozdíly mezi dílčími fázemi obrátkového úseku vykazovaly tyto: čas 5 m po obrátce, čas 15 m po obrátce a vzdálenost fáze pod hladinou. První stanovená hypotéza byla potvrzena, protože elitní světoví plavci dosahovali delších vzdáleností uplavaných pod hladinou, nicméně druhá hypotéza potvrzena nebyla. Hypotézu číslo 2 vyvrátila skutečnost, že elitní světové plavkyně v disciplíně 200 m volný způsob dosahovaly menších vzdáleností než české elitní plavkyně.

VO1: Jaká dílčí fáze obrátkového úseku ovlivňuje nejvíce celkový výkon obrátkového úseku plavců na MS v disciplíně 100 m volný způsob?

Vyhodnocení získaných dat ukázalo, že obrátkový úsek plavců na MS v disciplíně 100 m volný způsob nejvíce ovlivňuje dílčí fáze čas 5–15 m po obrátce.

VO2: Jaká dílčí fáze obrátkového úseku ovlivňuje nejvíce celkový výkon obrátkového úseku plavců na MČR v disciplíně 100 m volný způsob?

Vyhodnocení získaných dat ukázalo, že obrátkový úsek plavců na MČR v disciplíně 100 m volný způsob nejvíce ovlivňuje dílčí fáze čas 5 m po obrátce.

VO3: Jaká dílčí fáze obrátkového úseku ovlivňuje nejvíce celkový výkon obrátkového úseku plavců na MS v disciplíně 200 m volný způsob?

Vyhodnocení získaných dat ukázalo, že obrátkový úsek plavců na MS v disciplíně 200 m volný způsob nejvíce ovlivňují dílčí fáze čas 5 m před obrátkou a čas 5-15 m po obrátce.

VO4: Jaká dílčí fáze obrátkového úseku ovlivňuje nejvíce celkový výkon obrátkového úseku plavců na MČR v disciplíně 200 m volný způsob?

Vyhodnocení získaných dat ukázalo, že obrátkový úsek plavců na MČR v disciplíně 200 m volný způsob nejvíce ovlivňuje dílčí fáze čas 5 m před obrátkou.

Z výsledků nelze odvodit pouze jednu dílčí fázi obrátkového úseku, která by ovlivňovala celkový výkon v obrátkovém úseku, nicméně výsledky mohou posloužit jako podklad pro zaměření tréninku na více dílčích fázích zmíněných výše.

8 SOUHRN

Hlavním tématem mé diplomové práce bylo porovnání výkonů v obrátkových úsecích u elitních plavců a plavkyň v disciplínách 100 m a 200 m volný způsob. Dílčími cíli bylo posoudit výkony v dílčích fázích obrátkového úseku u elitních českých a světových plavců v disciplíně 100 m a 200 m volný způsob.

Data, která jsou v této práci zpracována, byla získána na základě videozáznamů z Mistrovství světa v Budapešti 2022 a z Mistrovství České republiky v Praze 2022. Videozáznamy byly zpracovány softwarem Dartfish (verze Live 5).

Obrátkový úsek byl rozdělen do dílčích fází. Byl zjištěn statisticky významný rozdíl u všech disciplín a v téměř všech dílčích fázích obrátkového úseku. Pomocí Paersonova korelačního koeficientu bylo zjištěno, jaké dílčí fáze obrátkového úseku nejvíce korelovaly s celkovým výkonem v obrátkovém úseku. U elitních světových plavců v disciplíně 100 m volný způsob nejvíce korelovala dílčí fáze čas 5-15 m po obrátce. U elitních světových plavkyň to byla dílčí fáze čas 5 m po obrátce. U českých plavců v disciplíně 100 m volný způsob korelovaly velmi silně všechny dílčí fáze obrátkového úseku, zatímco u českých plavkyň to byl pouze čas 5 m po obrátce. U disciplíny 200 m volný způsob elitních světových plavců korelovaly nejvíce fáze: čas 5 m před obrátkou a čas 5-15 m po obrátce. Na MČR tomu bylo podobně. V disciplíně 200 m volný způsob žen na MS nekorelovala silně ani velmi silně ani jedna z dílčích fází a u českých plavkyň to byly fáze: čas 5 m před obrátkou a čas 5-15 m po obrátce.

Výsledky zkoumání uvedené v této práci se dají využít v tréninkové praxi.

9 SUMMARY

The main topic of my master's thesis was the comparison of turn performances of elite Czech and world swimmers in 100 and 200 m freestyle events. The partial objectives were to evaluate performances in the individual parts of the turn section among elite Czech and international swimmers in the 100m and 200m freestyle events.

The data processed in this study were obtained based on video recordings from the 2022 World Championships in Budapest and the 2022 Czech Republic Championships in Prague. The videos were analyzed using Dartfish software (Live S version).

The turn section was divided into individual parts. As part of the statistical analysis, the Shapiro-Wilk test for normality of data was conducted, followed by the Student's *t*-test. A statistically significant difference was found in all events and in nearly all individual parts of the turn section. The Pearson correlation coefficient was calculated to determine which individual parts of the turn section were most correlated with the overall turn performances. For elite international swimmers in the 100m freestyle event, the individual part that correlated the most was the time from 5-15m out. For elite international female swimmers, it was the time 5m out. For Czech swimmers in the same events, all individual parts of the turn section were strongly correlated, while for Czech female swimmers, it was only the time 5m out. In the 200m freestyle event for elite international swimmers, the most correlated parts were the time 5m in and the time from 5-15m out. Similar results were observed in the Czech Republic Championships. In the 200m freestyle event for women at the World Championships, none of the individual parts correlated strongly or very strongly, and for Czech female swimmers, it was the time 5m in and the time from 5-15m out.

The findings of this study can be applied in training practice.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Association, C. S. (n.d.). *CSA Records | Channel Swimming Association*. Channel Swimming Association. Retrieved June 30, 2023, from <https://www.channelswimmingassociation.com/records>
- Baldassarre, R., Pennacchi, M., La Torre, A., Bonifazi, M., & Piacentini, M. (2019). Do the Fastest Open-Water Swimmers have A Higher Speed in Middle- and Long-Distance Pool Swimming Events? *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(1), 15. <https://doi.org/10.3390/jfmk4010015>
- Bernaciková, M., Kapounková, K., & Novotný, J. (2011). *Fyziologie sportovních disciplín*. Brno: Masarykova univerzita.
- Breed, R. V. P., & Young, W. B. (2003). The effect of a resistance training programme on the grab, track and swing starts in swimming. *Journal of Sports Sciences*, 21(3), 213–220. <https://doi.org/10.1080/0264041031000071047>
- Brooks, M. (2011). *Developing swimmers: a comprehensive program for identifying, training, and coaching excellence*. Human Kinetics.
- Chow, J. W., Hay, J. G., Wilson, B. D., & Imel, C. (1984). Turning techniques of elite swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 2(3), 241–255. <https://doi.org/10.1080/02640418408729720>
- Colwin, C. (1999). *Swimming Dynamics*. Contemporary Books.
- CRAIG, A. B., & PENDEEGAST, D. R. (1979). Relationships of stroke rate, distance per stroke, and velocity in competitive swimming. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 11(3), 278–283. <https://doi.org/10.1249/00005768-197901130-00011>
- Evans, J. D. (1996). *Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences*. Thomson Brooks/Cole.
- Gonjo, T., & Olstad, B. H. (2020). Race Analysis in Competitive Swimming: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph18010069>
- Hall, G., & Murphy, D. (2020). *Fundamentals of Fast Swimming*. Bowker.
- Hofer, Z., & Felgrová, I. (2011). *Technika plaveckých způsobů*. Praha: Karolinum.
- Hoch, M., et al. (1968). *Plavání*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Hyodo, H., Koga, D., Sengoku, Y., & Wada, T. (2023). Relationship between swimming velocity and trunk twist motion in short-distance crawl swimming. *Biomechanics*, 3(2), 193–203. <https://doi.org/10.3390/biomechanics3020017>
- Jaroslav Motyčka. (2001). *Teorie plaveckých sportů*. Brno: Masarykova Univerzita.

- Keiner, M., Wirth, K., Fuhrmann, S., Kunz, M., Hartmann, H., & Haff, G. G. (2019). The influence of upper- and lower-body maximum strength on swim block start, turn, and overall swim performance in sprint swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *35*(10), 1. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003229>
- Lyttle, A., Blanksby, B., Elliott, B., & Lloyd, D. (1998). Optimal depth for streamlined gliding. *Biomechanics and Medicine in Swimming*, *VIII*, 165–170.
- Maglischo, E. W. (1993). *Swimming Even Faster*. McGraw-Hill Humanities, Social Sciences & World Languages.
- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming fastest*. Human Kinetics.
- Marinho, D. A., Barbosa, T. M., 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 & Medicine*, *19*(2), 397–407.
- Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Neiva, H. P., Moriyama, S.-I., Silva, A. J., & Morais, J. E. (2021). The effect of the start and finish in the 50 m and 100 m freestyle performance in elite male swimmers. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *21*(6), 1041–1054. <https://doi.org/10.1080/24748668.2021.1969514>
- Mason, B. R., & Cossor, J. (2001). Swim turn performances at the Sydney 2000 Olympic Games. *International Society of Biomechanics in Sports, International Symposium XIX*, 65–69.
- McLeod, I. A. (2009). *Swimming Anatomy*. Human Kinetics.
- Morais, J. E., Marinho, D. A., Arellano, R., & Barbosa, T. M. (2018). 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., Dušan Viktorjeník, Dub, J., Kunicki, M., & Zbyněk Svozil. (2018). *Plavání*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Nicol, E., Ball, K., & Tor, E. (2018). The characteristics of an elite swimming turn. *ISBS Proceedings Archive*, *36*(1), 210. <https://commons.nmu.edu/isbs/vol36/iss1/210>
- Nicol, E., Ball, K., & Tor, E. (2019). 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>
- NSW Institute of sport. (2021, July 23). *3 principles to follow for freestyle swimming*. NSW Institute of Sport (NSWIS). <https://www.nswis.com.au/high-performance-at-home/advice-from-our-experts/3-principles-to-follow-for-freestyle-swimming/>

- Pease, D., Tor, E., & Ball, K. A. (2014). Characteristics of an elite swimming start. *Biomechanics and Medicine in Swimming*.
- Peterson Silveira, R., Stergiou, P., Figueiredo, P., Castro, F. de S., Katz, L., & Stefanyshyn, D. J. (2018). Key determinants of time to 5 m in different ventral swimming start techniques. *European Journal of Sport Science*, *18*(10), 1317–1326. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1486460>
- Polach, M., Thiel, D., & Zbyněk Svozil. (2019). Turns as an important factor of swimming performance. *Tělesná Kultura*, *42*(1), 9–13. <https://doi.org/10.5507/tk.2019.006>
- Sanders, R., Naemi, R., McCabe, C., Machtsiras, G., & Psycharkis, S. (2008). *Routledge Handbook of Biomechanics and Human Movement Science: Swimming* (pp. 323–339). Taylor & Francis.
- Silveira, G. A., Araujo, L. P., Freitas Schütz, E. dos S., Schütz, G. R., de Souza, T. G., Pereira, S. M., & Roesler, H. (2011). Proposal for standardization of the distance for analysis of freestyle flip-turn performance. *Revista Brasileira de Cineantropometria E Desempenho Humano*, *13*(3). <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2011v13n3p177>
- Slawson, S. E., Conway, P. P., Cossor, J., Chakravorti, N., & West, A. A. (2013). The categorisation of swimming start performance with reference to force generation on the main block and footrest components of the Omega OSB11 start blocks. *Journal of Sports Sciences*, *31*(5), 468–478. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.736631>
- Slawson, S., Conway, P., Justham, L., Le Sage, T., & West, A. (2010). Dynamic signature for tumble turns performance in swimming. *Procedia Engineering*, *2*(2), 3391–3396. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.04.163>
- Štumbauer, J., Malečeka, J., & Šimberová, D. (2013). *Odborná terminologie vybraných sportovních disciplín*. Brno: Masarykova Univerzita.
- Thayer, A. L., & Hay, J. C. (1984). Motivating start and turn improvement. *Swimming Technique*. Feb/Apr 17-20.
- Thng, S., Pearson, S., & Keogh, J. W. L. (2019). Relationships Between Dry-land Resistance Training and Swim Start Performance and Effects of Such Training on the Swim Start: A Systematic Review. *Sports Medicine*, *49*(12). <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01174-x>
- Tor, E. (2015). *Factors affecting the underwater phase of the swimming start BAppSc (Human Movement) BAppSc (Human Movement) (Honours)*. https://vuir.vu.edu.au/34057/1/TOR%20Elaine%20-%20thesis_nosignatures.pdf
- Troup, J. P. (1999). The physiology and biomechanics of competitive swimming. *Clinics in Sports Medicine*, *18*(2), 267–285. [https://doi.org/10.1016/s0278-5919\(05\)70143-5](https://doi.org/10.1016/s0278-5919(05)70143-5)

- Vacek, P. (2020). *Památný 6. duben: den, kdy byly zahájeny první novodobé olympijské hry*. Olympijský Tým. <https://www.olympijskytym.cz/article/pamatny-6-duben-den-kdy-byly-zahajeny-prvni-novodobe-olympijske-hry>
- Vantorre, J., Chollet, D., & Seifert, L. (2014). Biomechanical analysis of the swim-start: a review. *Journal of Sports Science & Medicine*, *13*(2), 223–231.
- Vantorre, J., Seifert, L., Fernandes, R. J., Vilas-Boas, J. P., & Chollet, D. (2010). Biomechanical Influence of Start Technique Preference for Elite Track Starters in Front Crawl. *The Open Sports Sciences Journal*, *3*(1), 137–139. <https://doi.org/10.2174/1875399x01003010137>
- Veiga, S., Cala, A., G. Frutos, P., & Navarro, E. (2014). Comparison of starts and turns of national and regional level swimmers by individualized-distance measurements. *Sports Biomechanics*, *13*(3), 285–295. <https://doi.org/10.1080/14763141.2014.910265>
- Veiga, S., & Roig, A. (2016). Effect of the starting and turning performances on the subsequent swimming parameters of elite swimmers. *Sports Biomechanics*, *16*(1), 34–44. <https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1179782>
- Yang, F. (2018). Kinematics research progress of swim-start on the new start block. *Physical Activity and Health*, *2*(1), 15–21. <https://doi.org/10.5334/paah.7>
- World Aquatics. (2023). *Competition Regulations*. World Aquatics. <https://www.worldaquatics.com/rules/competition-regulations>