

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



Fakulta
tělesné kultury

Vliv rozloženého záběrového cyklu pod hladinou na výkon v
acyklických úsecích u disciplíny 50 m prsa

Diplomová práce

Autor: Jakub Březina

Studijní program: Učitelství tělesné výchovy pro 2.st. ZŠ a SŠ (maior)
v kombinaci se Zeměpisem (minor)

Vedoucí práce: Mgr. Marek Polach

Olomouc 2022

Bibliografická identifikace

Jméno autora: Jakub Březina

Název práce: Vliv rozloženého záběrového cyklu pod hladinou na výkon v acyklických úsecích u disciplíny 50 m prsa

Vedoucí práce: Mgr. Marek Polach

Pracoviště: Katedra Kinantropologie

Rok obhajoby: 2022

Abstrakt:

Východiska: Současná pravidla plavání umožňují v rámci prsařských disciplín provedení dvou odlišných způsobů rozloženého záběrového cyklu pod hladinou. TYP 1 provádí delfinový kop současně se zátahem pažemi, TYP 2 provádí delfinový kop před zátahem.

Cíle: Cílem studie bylo posoudit dva typy rozloženého záběrového cyklu pod hladinou s ohledem na celkový dosažený čas a dosažený čas v úseku 15 m po startu a po obrátce. Posouzen byl také vztah jeho dílčích sub-fází a dosaženého času podvodní fáze v závodě.

Metodika: Pro účely studie byly analyzovány videozáznamy účastníků ($n=59$, věk, 23.6 ± 6.9 , FINA body 822 ± 95) Mistrovství Evropy v Glasgow 2019 a v Kazani 2021 na 25 m bazénu. **Výsledky:** Dosažený čas v úseku 15 m po startu a po obrátce se významně nelišil, oba typy výjezdů se tedy jeví jako stejně účinné. Sub-fáze 1 a Sub-fáze 3 silně korelovaly s časem podvodní fáze startovního úseku u výjezdu TYP 1 ($r\geq 0.81$; $r\geq 0.71$) a TYP 2 ($r\geq 0.63$; $r\geq 0.62$) u obrátkového úseku TYP 1 ($r\geq 0.81$; $r\geq 0.72$) a TYP 2 ($r\geq 0.57$; $r\geq 0.65$). Ze sub-fází se významně lišila pouze sub-fáze 1 po startu ($p=0.027$). Dále se významně lišila celá podvodní fáze startovního a obrátkového úseku TYP 1 od TYP 2 ($p<0,006$) ($p<0,002$). **Závěry:** TYP 2 splývá po startu v rámci sub-fáze 1 významně kratší dobu než TYP 1 a zahajuje delfinový kop v příliš vysoké rychlosti, což negativně ovlivňuje další průběh výjezdu. V případě optimálního načasování delfinového kopu výsledky naznačují větší potenciál pro TYP 2 po startu.

Klíčová slova: video-analýza; biomechanika; start, obrátky, výjezd

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Author: Jakub Březina
Title: Influence of the pull-out technique on start and turn performances in elite male 50 m breaststroke swimmers
Supervisor: Mgr. Marek Polach
Department: Department of Kinantropology
Year: 2022

Abstract:

Background: In breaststroke, it is possible to use two types of pull-out techniques during the underwater phase. In TYPE 1 the dolphin kick is performed at the same time as the arm pullout. In TYPE 2 the dolphin kick is finished before arm pull-out. However, it is unclear which technique is more effective. **Objective:** The aim was to assess two types of pull-out technique and their influence on the time 15 m after the start and turn. Moreover, the relationship of all sub-phases in both techniques during the underwater phases after the start and turn was assessed. **Methods:** Video footages of all male participants ($n=59$, age, 23.6 ± 6.9 , FINA points 822 ± 95) at the 2019 and 2021 European swimming short-course championships were analyzed. **Results:** No differences in 15 m after the start and turn were found. Both pull-out techniques seem to be equally effective. Sub-phase 1 and sub-phase 3 strongly correlated with the time of the underwater phase in start section TYPE 1 ($r\geq 0.81$; $r\geq 0.71$) and TYPE 2 ($r\geq 0.63$; $r\geq 0.62$) and turn section TYPE 1 ($r\geq 0.81$; $r\geq 0.72$) and TYPE 2 ($r\geq 0.57$; $r\geq 0.65$). After the start and turn a significant difference was found in sub-phase 1 ($p=0.027$). Second significant difference was found in whole underwater start and turn sequence between both pull-out techniques ($p<0,006$) ($p<0,002$). **Conclusions:** TYPE 2 spent less time gliding after the start and initiated the dolphin kick at a higher speed, which negatively affected the rest of the underwater phase. When optimal timing of the dolphin kick, our results suggest a greater potential for TYPE 2.

Keywords: video-analysis, biomechanics, start, turns, exit

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

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně s odbornou pomocí Mgr. Marka Polacha. Všechny použité literární a odborné zdroje jsem uvedl v referenčním seznamu a v průběhu práce jsem se řídil zásadami vědecké etiky.

V Olomouci dne

Děkuji Mgr. Marku Polachovi za cenné rady a doporučení, které mi poskytl během zpracování mé diplomové práce.

OBSAH

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | Úvod | 9 |
| 2 | Přehled poznatků | 11 |
| 2.1 | Obecné části plaveckého závodu | 11 |
| 2.1.1 | Startovní úsek | 11 |
| 2.1.2 | Fáze na bloku..... | 13 |
| 2.1.3 | Letová fáze | 15 |
| 2.1.4 | Fáze vstupu do vody | 16 |
| 2.1.5 | Plavecké úseky | 17 |
| 2.1.6 | Obrátkový úsek..... | 18 |
| 2.1.7 | Finiš | 20 |
| 2.2 | Odpor vody působící na tělo | 21 |
| 2.3 | Specifické části plaveckého závodu plaveckého způsobu prsa..... | 23 |
| 2.3.1 | Start plaveckého způsobu prsa | 23 |
| 2.3.2 | Hnací síla u prsového výjezdu..... | 23 |
| 2.3.3 | První a druhá splývavá poloha u prsového výjezdu (sub-fáze 1 a 3)24 | |
| 2.3.4 | Zátah pažemi a delfinový kop (sub-fáze 2) | 27 |
| 2.3.5 | Přenosová fáze (sub-fáze 4)..... | 28 |
| 2.3.6 | Prsový kop (sub-fáze 4)..... | 29 |
| 2.3.7 | Prsový záběr | 31 |
| 2.3.8 | Přechodová fáze..... | 32 |
| 2.3.9 | Prsový cyklus..... | 33 |
| 2.3.10 | Prsový obrátkový úsek..... | 35 |
| 2.3.11 | Fáze nájezdu | 35 |
| 2.3.12 | Fáze obratu..... | 36 |
| 2.3.13 | Fáze odrazu | 37 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.3.14 | Délka výjezdu | 38 |
| 2.3.15 | Rychlost výjezdu | 38 |
| 3 | Cíl práce a výzkumné otázky | 39 |
| 4 | Metodika..... | 40 |
| 4.1 | Podmínky získávání dat | 41 |
| 4.2 | Metody zpracování dat..... | 42 |
| 4.3 | Měřené parametry a důvod jejich zařazení | 43 |
| 4.3.1 | Schématické znázornění analyzovaných parametrů..... | 44 |
| 4.4 | Metody vyhodnocení dat..... | 45 |
| 4.4.1 | Statistické vyhodnocení dat..... | 45 |
| 5 | Výsledky..... | 47 |
| 5.1 | Zhodnocení času sub-fází startovního úseku TYP 1..... | 48 |
| 5.2 | Zhodnocení času sub-fází startovního úseku TYP 2..... | 48 |
| 5.3 | Porovnání startovních sub-fází výjezdu TYP 1 a TYP 2 | 48 |
| 5.4 | Zhodnocení sub-fází obrátkového úseku TYP 1..... | 49 |
| 5.5 | Zhodnocení času sub-fází obrátkového úseku TYP 2..... | 49 |
| 5.6 | Porovnání obrátkových sub-fází výjezdu TYP 1 a TYP 2..... | 49 |
| 5.7 | Porovnání rychlostí jednotlivých referenčních úseků u výjezdů TYP 1 a TYP 2 | 52 |
| 5.8 | Porovnání časů jednotlivých referenčních úseků u výjezdů TYP 1 a TYP 2 | 54 |
| 5.9 | Porovnání rychlosti dílčích sub-fází výjezdů TYP 1 a TYP 2..... | 56 |
| 5.10 | Porovnání uplavaných vzdáleností dílčích sub-fází výjezdu TYP 1 a TYP 2 | 58 |
| 5.11 | Shrnutí výsledků..... | 60 |
| 6 | Diskuze..... | 61 |
| 7 | Závěry..... | 63 |

| | | |
|----|------------------------|----|
| 8 | Shrnutí | 65 |
| 9 | Summary..... | 66 |
| 10 | Referenční seznam..... | 67 |
| 11 | Přílohy | 73 |

1 Úvod

Plavecký závod je z motorického hlediska členěn na úseky cyklické („čistě plavecké úseky“, finiš) a acyklické (starty a obrátky) (Veiga & Roig, 2017). Současné výzkumy v biomechanice plaveckého závodního výkonu čím dál více zdůrazňují důležitost acyklických úseků zejména na „krátkém“ 25m bazénu (D. P. Born et al., 2021a; D.-P. Born et al., 2021b). Konkrétně v disciplíně 50 m prsa muži představuje výkon v rámci startovních a obrátkových úseků zhruba 55% podílu na výsledném čase závodu (D. P. Born et al., 2021a). Vzhledem k takto velkému podílu na výsledném závodním výkonu, je tedy potřebné tyto úseky důkladněji zkoumat. Důležitou roli hraje především pohyb pod hladinou, kdy závodníci dosahují značně vyšších rychlostí ($2-3,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) v porovnání s plaváním na hladině (Olstad et al., 2020b; Sánchez et al., 2021b; Welcher et al., 2008). Zatímco u ostatních plaveckých způsobů závodníci po startu a po obrátce využívají delfinového vlnění, prsaři musí v rámci podvodní fáze efektivně zkombinovat několik velmi specifických pohybů souhrnně nazývaných jako rozložený záběrový cyklus pod hladinou (výjezd) (Hofer, 2016; Olstad et al., 2022). Průběh výjezdu lze podrobněji rozdělit na čtyři dílčí sub-fáze, které na sebe bezprostředně navazují:

- První splývavá poloha [*first glide phase*] (sub-fáze 1)
- Zátah pažemi a delfinový kop [*pull-out*] (sub-fáze 2)
- Druhá splývavá poloha [*second glide phase*] (sub-fáze 3)
- Přenos a prsový kop [*breakout*] (sub-fáze 4)

(Sánchez et al., 2021a)

Závodníci musí v závislosti na prsařské disciplíně využívat odlišných strategií, které povedou k nejlepšímu možnému výkonu. Tyto odlišnosti můžeme pozorovat v jednotlivých disciplínách či v závislosti na typu bazénu. V disciplíně 50 m prsa závodníci využívají kratších výjezdů v porovnání se 100 a 200 m tratěmi. Na „krátkém“ 25m bazénu navíc hraje roli dvojnásobný počet obrátek v porovnání s „dlouhým“ 50m bazénem (Březina, 2020).

Pravidla plavání umožňují v prsařských disciplínách využít během podvodní fáze po startu a po obrátce jeden delfinový kop (FINA, 2017). V závislosti na jeho načasování existují od roku 2014 dva základní způsoby provedení prsového výjezdu (Hayashi & Luo, 2015). Někteří závodníci provádí delfinový kop současně se zátahem pažemi (TYP 1),

jiní naopak časují tento kop nezávisle na pohybu horních končetin, zpravidla před samotným zátahem (TYP 2) (Olstad et al., 2022; Seifert et al., 2021).

Předchozí výzkumy zjistily, že zejména u sprintu je poměr využití obou typů výjezdu u elitních závodníků velmi vyrovnaný (Březina, 2020). Vliv obou typů výjezdu na výkon v rámci startovního a obrátkového úseku však dosud nebyl detailně prozkoumán. Není tedy jasné, zda by některý z nich mohl být pro případný výkon v závodě výhodnější.

Tato práce tak bude navazovat na předchozí práci bakalářskou a bude se detailněji zabývat důležitostmi jednotlivých sub-fází v rámci podvodní fáze během prsového výjezdu s ohledem na výsledný výkon v závodě 50 m prsa. Závěry z této práce pomohou osvětlit celý průběh prsového výjezdu a poskytnout trenérům potřebné kvantitativní údaje, na základě, kterých mohou prsový výjezd svých svěřenců zefektivnit.

V práci se vyskytuje několik anglických výrazů z důvodu velmi složitého či nepřesného překladu do češtiny. Tyto výrazy mohou být v práci částečně interpretovány.

Práce vznikla v rámci projektu IGA (jednací číslo 102/2021).

2 Přehled poznatků

Následující kapitoly se věnují zprvu obecné problematice a charakteristice průběhu plaveckého závodu. Po obecné charakteristice je dále popsána specifická problematika týkající se prsařských disciplín. Všechny zmíněné parametry se určitou částí projevují v podaném výkonu na 50 m prsa. Vzhledem k povaze práce je nejvíce prostoru věnováno startovním a obrátkovým úsekům. Kapitoly dále charakterizují nezbytné pojmy, jež se s danou problematikou pojí a vysvětlují další důležité skutečnosti.

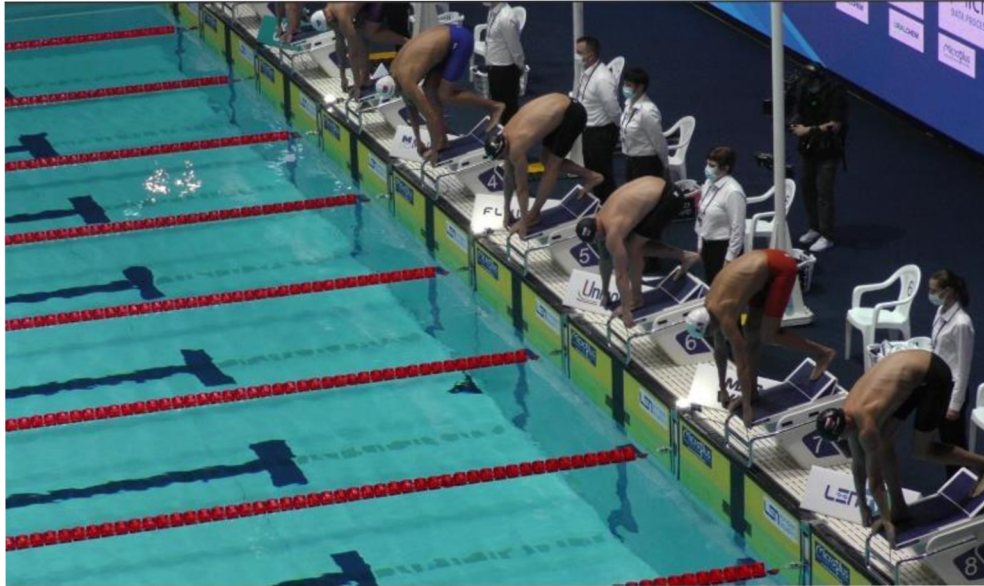
2.1 Obecné části plaveckého závodu

Při analýze plaveckého výkonu se závod dělí do cyklických a acyklických úseků (Morais et al., 2019). Závod může být dále segmentován na startovní úsek, plavecký úsek („úsek čistého plavání“), obrátkové úseky a závěrečný finiš (Morais et al., 2019). Důležitost těchto jednotlivých plaveckých částí se mění s délkou plavané tratě (Tor et al., 2014). Pro kratší tratě jsou například starty velmi důležité, jelikož tvoří podstatnou část výkonu. Konkrétně u 50 m prsa je startovní úsek zastoupen z 23-25 % celkového času na 25m bazénu (Born et al., 2021). V případě delších tratí, však důležitost startu klesá a vzrůstá důležitost obrátkových úseků (Tor et al., 2014). Dle Smith et al., (2002) je taktéž pravdou, že vítěz závodu není vždy plavec s nevyšší plaveckou rychlostí v „čistém plavání“. Ukazuje se, že vítězem je spíše plavec, jenž je dobrý ve všech závodních segmentech (nikoliv pouze v jednom) (Smith et al., 2002). V následujících kapitolách budou popsány obecně části plaveckého výkonu.

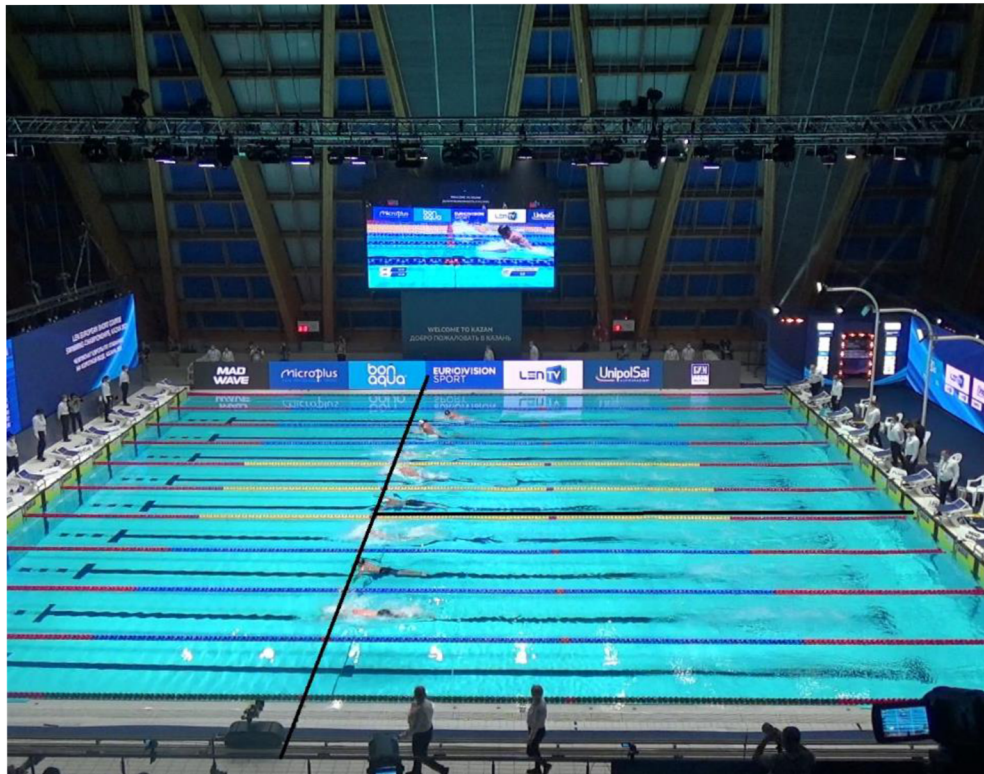
2.1.1 Startovní úsek

Startovní úsek je částí závodu, do které spadá vše od startovního povelu (obrázek 1) až po 15m hranici (obrázek 2) (Olstad et al., 2020b). Startovní úsek je část plaveckého závodu, kde plavci dosahují nejvyšších rychlostí (Olstad et al., 2020b). Start je kombinací mnoha parametrů, jež plavec musí zkoordinovat pro získání nejvyšší možné rychlosti (Mourão et al., 2015). Mezi tyto parametry patří rychlá reakce, síla odrazu, letová rychlost po odrazu a optimální přechod do vodního prostředí (Beretić et al., 2013). V případě 50m tratí může start zahrnovat až 26,1 % celkového času závodu (Cossor & Mason, 2001). Startovní úsek podle Sánchez et al., (2021a) patří mezi ty, kde jsou kladeny nejvyšší požadavky na sílu plavce ($r = -0,77$). Síla plavce má tak na celou startovní fázi od startovního povelu po protnutí hladiny velký vliv, což se týče podaného výkonu na 15 m a tím pádem snížení výsledného času (neboli zlepšení celkového výkonu v závodě). Efektivitu startovního úseku v kterékoliv jeho části ovlivňuje závodníkova schopnost

vědomé organizace pohybů těla (Cuenca-Fernández et al., 2019). Podaný výkon na startovním úseku u sprinterů může být z hlediska výkonnostních parametrů diferenciací.



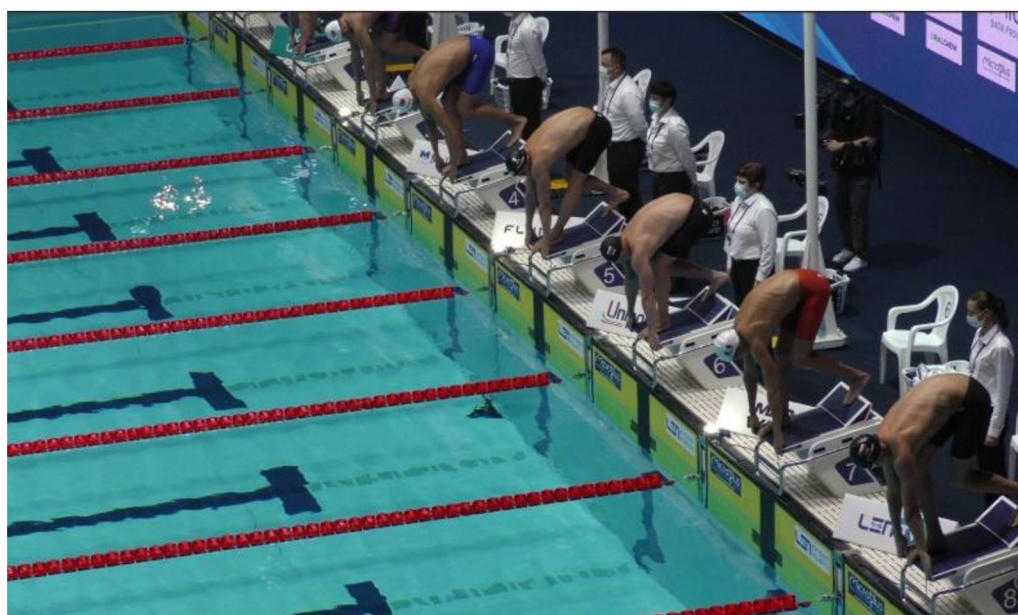
Obrázek 1. Startovní povel - počátek startovního úseku (ME Kazan 2021)



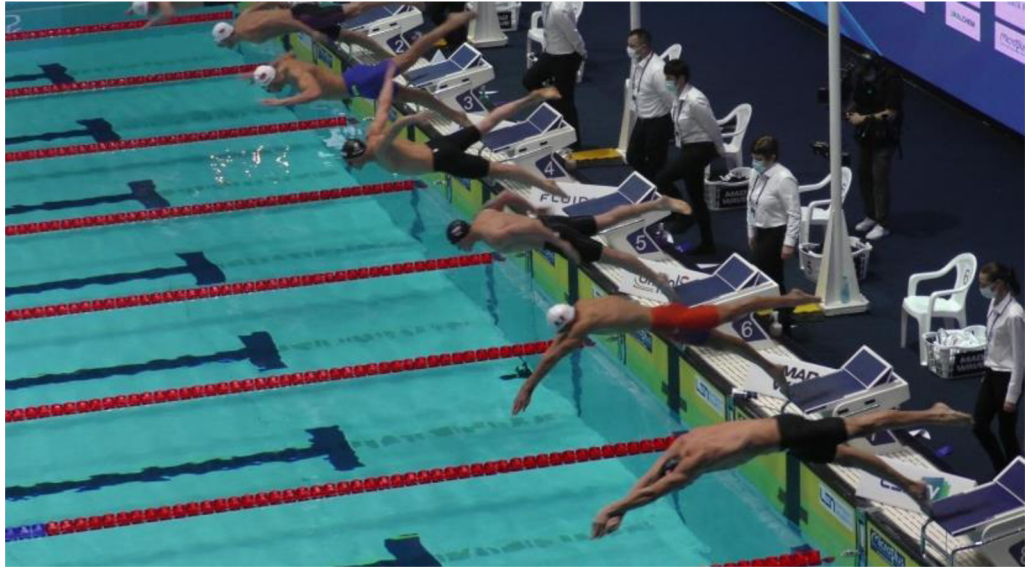
Obrázek 2. 15m hranice - konec startovního úseku (ME Kazan 2021)

2.1.2 Fáze na bloku

Fáze na bloku je první fází celého startovního úseku a celého závodu. Fáze se začíná zvukovým signálem (ten lze vypožorovat na videu pomocí rozsvícení světelného signálu) (obrázek 3) a končí posledním dotekem dolní končetiny se startovním blokem (obrázek 4) (Vantorre et al., 2014). Celá fáze časově odpovídá přibližně 0,65s v kategorii mužů na 50 m prsa (u žen a delších disciplín se čas reakce prodlužuje) (da Silva et al., 2019). V rámci této fáze startovního úseku je pro plavce nejdůležitější zareagovat na startovní signál co nejrychleji, avšak zároveň musí vygenerovat co největší odrazovou sílu (Vantorre et al., 2014). Odrazová síla se dále projevuje v letové trajektorii a rychlosti (Tor et al., 2015). Vzhledem k provázanosti s fází letu a vstupu do vody si plavec musí optimálně přizpůsobit fázi, tak aby dokázal vygenerovat co nejvíce dopředné rychlosti, kterou potřebuje zužitkovat v dalších fázích startovního úseku (Vantorre et al., 2014). Plavec taktéž potřebuje kromě dopředné rychlosti vytvořit dostatek otáčivého momentu při odrazu, který ovlivňuje úhel při dopadu a přechod do vodního prostředí (Vantorre et al., 2014). Ve své podstatě tak může dojít k několika scénářům, které se mohou negativně projevit do celého startovního výkonu. Pokud plavec odstartuje, aniž by dokázal využít plnou sílu odrazu nebo bude jeho reakce až příliš pomalá, bude další vývoj závodního výkonu negativně ovlivněn (Vantorre et al., 2014). Celá fáze může být značně ovlivněna polohou těžiště závodníka, kdy přenesení hmotnosti více na zadní nohu bude znamenat v následném odrazu vygenerování vyšší síly odrazu za cenu pomalejší startovní reakce (Hall W. & Murphy, 2020).



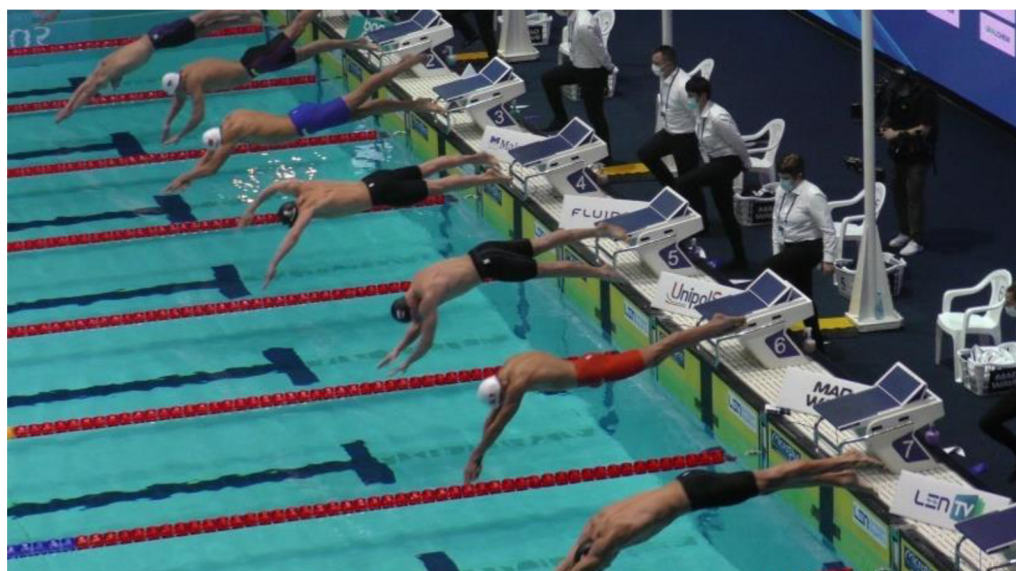
Obrázek 3. Začátek fáze na bloku (ME Kazan 2021)



Obrázek 4. Konec fáze na bloku (ME Kazan 2021)

2.1.3 Letová fáze

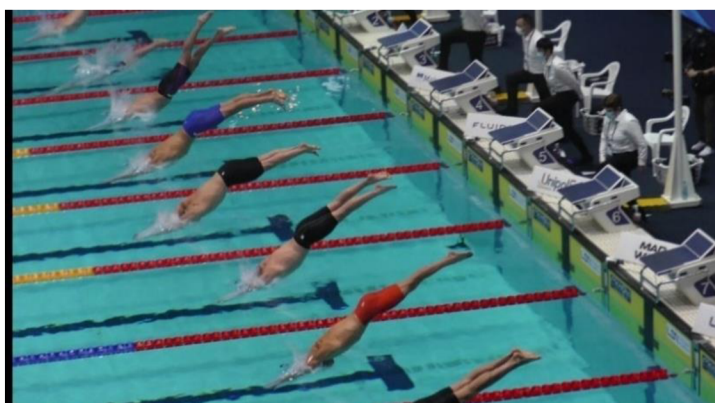
Letová fáze navazuje na fázi na bloku. Je ohraničena posledním dotekem dolní končetiny s odskokovou deskou (obrázek 4) a protnutím vodní hladiny hlavou plavce (obrázek 6) (Tor et al., 2015). Samotná letová fáze je samozřejmě nejvíce ovlivněna předchozí fází, ve které závodník předurčuje sílu odrazu a trajektorii letu (Vantorre et al., 2014). Závodník však může letovou fází ovlivnit i během letu, a to pohybem hlavy nebo pomocí končetin (obrázek 5) (Hall W. & Murphy, 2020). Výkon na startovním úseku je tak ovlivněn v případě letové fáze nejen svojí trajektorií, ale i svojí vzdáleností a úhlem dopadu (Cuenca-Fernández et al., 2019). Vyšší úhel při odrazu na startu by se projevil delší letovou fází, kratší vzdáleností dopadu závodníka a ostřejším úhlem dopadu (Vantorre et al., 2014). Takováto letová fáze by pro závodníka znamenala značné ztráty na rychlostech v průběhu další sub-fáze startovního úseku (Cuenca-Fernández et al., 2019). Průměrně letová fáze trvá 0,38 s, vyskytuje se zde však poměrně vysoká variabilita (Olstad et al., 2022). Tato variabilita je předurčena již zmíněnou trajektorií letu, proto se můžeme setkat s časem letové fáze v případě některých jedinců s o více jak 0,1 s vyšší dobou trvání letu. Celková úroveň zrychlení v této fázi startu může překročit $16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ (Hall W. & Murphy, 2020). Problém, který se vyskytuje u letové fáze, je způsob tréninku kvůli celkové rychlosti a nemožnosti separace od dalších fází startovního úseku.



Obrázek 5. Letová fáze (ME Kazan 2021)

2.1.4 Fáze vstupu do vody

Fáze vstupu do vody je charakteristická především změnou prostředí, ve kterém se závodník pohybuje. Je ohraničena protnutím vodní hladiny hlavou (obrázek 6) po ponoření dolních končetin pod vodní hladinu (obrázek 7) (Tor et al., 2015). Vzhledem k vysokým rychlostem se jedná o nejkratší fázi startovního úseku. Pro závodníka je tato fáze velmi důležitá kvůli přenosu rychlosti z letu do plavání. Pro ztrátu co nejnižší rychlosti z letové fáze je nutné, aby plavec při dopadu na vodní hladinu udržoval co nejmenší příčnou plochu těla (Cuenca-Fernández et al., 2019; Vantorre et al., 2014). Úhel dopadu plavce by měl být v takovém rozsahu, kdy je plavec schopen vytvořit co nejmenší vstupní bod (Cuenca-Fernández et al., 2019). Úhel dopadu by měl dále respektovat další fáze startovního úseku. U příliš ostrého úhlu dopadu dojde k hlubokému zanoření, kdy je značná část energie generovaná startem vytracena (Vantorre et al., 2014). Nejčastější pozorovatelnou chybou u této části závodu bývá plantární flexe chodidel, která může způsobit při vnoření zvýšení celkového čelního odporu o více než 40 % (Hall W. & Murphy, 2020). Celkově je však tato fáze závislá na provedení předchozích fází.



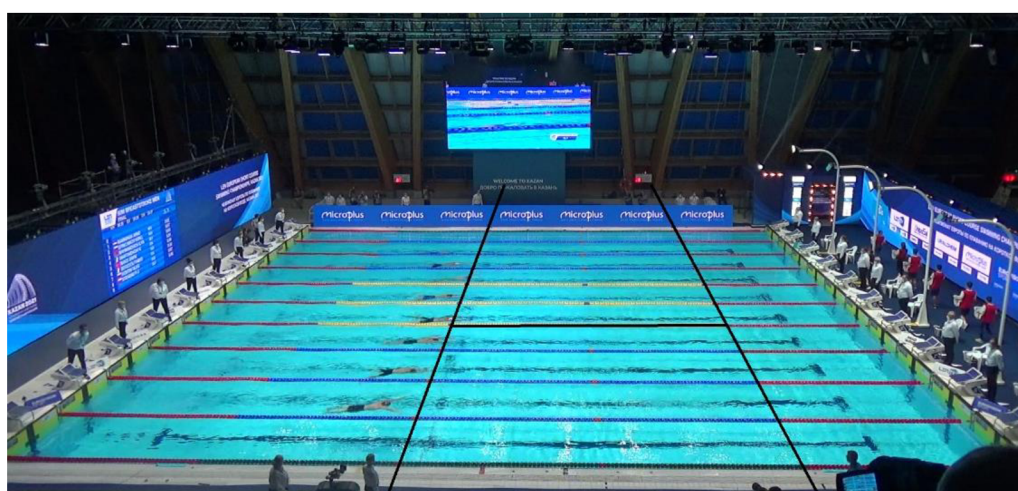
Obrázek 6. Počátek vstupní fáze (ME Kazan 2021)



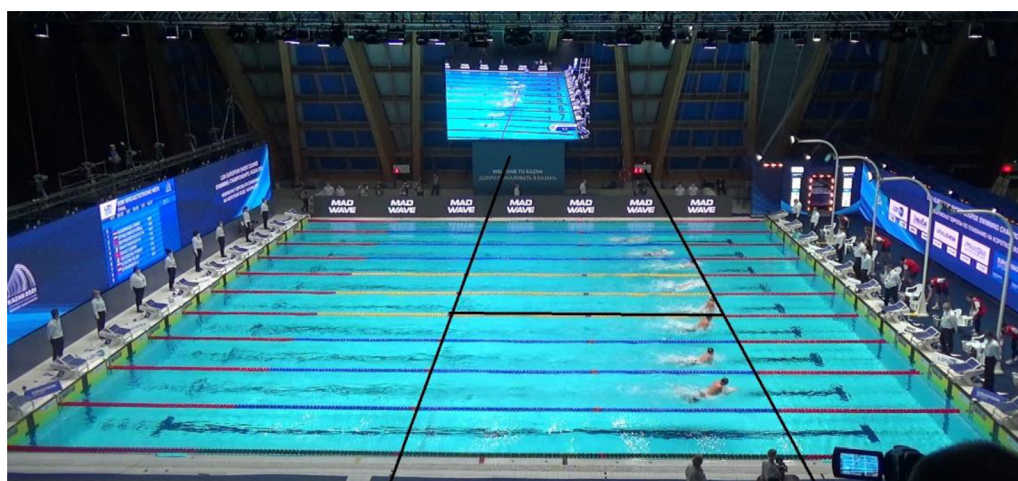
Obrázek 7. Konec vstupní fáze (ME Kazan 2021)

2.1.5 Plavecké úseky

Závodník v plaveckých úsecích provádí propulzi danou plavaným plaveckým způsobem (Olstad et al., 2020b). U 25m bazénu je většinou brán plavecký úsek mezi 10–20 m (obrázek 8 a 9) (Olstad et al., 2020b). Plavecký úsek, neboli také „čistě plavecký úsek“ je většinou ovlivněn dalšími částmi plaveckého závodu (starty, obrátkami, finišem) (Olstad et al., 2020b). Ve studii od Olstad et al., (2020b) bylo zjištěno, že v závodě na 100 m prsa je téměř v dokonalé korelaci čistě plavecký úsek s výsledným výkonem ($r=0,940$, $p<0,001$). V případě 50 m prsa tato závislost klesá, avšak stále zůstává důležitým parametrem. Plavecké úseky i přes svou vysokou korelaci většinou nedosahují napříč startovním polem vysoké variability.



Obrázek 8. Počátek plaveckého úseku (ME Kazan 2021)

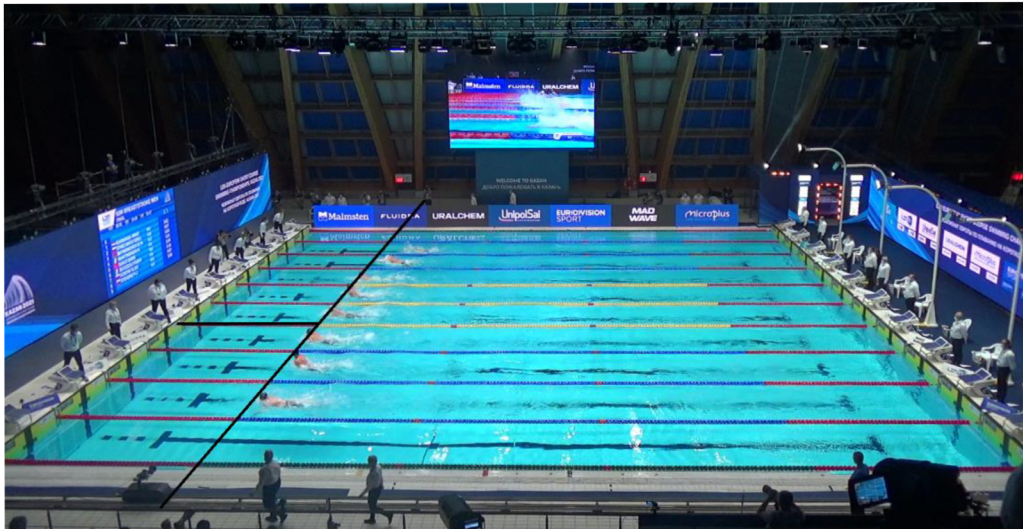


Obrázek 9. Konec plaveckého úseku (ME Kazan 2021)

2.1.6 Obrátkový úsek

Obrátkový úsek byl ohraničen 5 m před dohmatem na stěnu (nájezd do obrátky) (obrázek 10) a následně 15 m po odrazu od stěny (obrázek 11) (výjezd) (Olstad et al., 2020b). Obrátkový úsek je po startovním úseku druhou nejrychlejší částí plaveckého závodu (Thompson et al., 2000). Poměr důležitosti obrátkového úseku stoupá či klesá s rostoucí délkou tratě a s délkou plaveckého bazénu (na 25m bazénu je 2x více obrátkových úseku než na 50m) (Thompson et al., 2000). V závislosti na plaveckém způsobu se vyskytují dva typy obrátek, a to kotoulová a otevřená. Kotoulová je využívána u kraulu a znaku. V případě prsařských disciplín se neprovádí dále tak bude pojednáváno pouze o otevřených obrátkách, které jsou pro práci relevantní.

U plaveckého způsobu prsa se můžeme setkat s otevřenou obrátkou, kde se zdí jako první dotýkají ruce na rozdíl od kotoulové, kde je první kontakt se stěnou proveden chodidly. Celkově je otevřený typ obrátky považován za pomalejší (Tourny-Chollet et al., 2002). Vliv obrátky se na celkovém výkonu v závodech podílí u 50m bazénu přibližně z 20 % (Morais et al., 2019). U 25m bazénu se pak podíl na celkovém výkonu v závodech s rostoucím počtem obrátek zvyšuje (Morais et al., 2019). Obrátkový a startovní úsek se v důsledku zvýšení rychlosti a uplavané vzdálenosti pod vodou za posledních 20 let dostávají v plaveckém výkonu více do popředí. Elitní plavci v závislosti na prsařské trati urazí v těchto částech závodu od 15 do 25 % vzdálenosti tratě (Veiga & Roig, 2017). Plavci využívají podvodní části závodu záměrně kvůli vytváření nižšího odporu (plavec nemusí překonávat vlny). Zároveň je v těchto částech závodu jedna z nejvyšších měřitelných rychlostí (Nicolas & Bideau, 2009). Zkušení plavci tak mohou ovlivnit svůj výkon v závodech excelentním zvládnutím startovního a obrátkového úseku více než klasickým plaváním (Stosic et al., 2021).



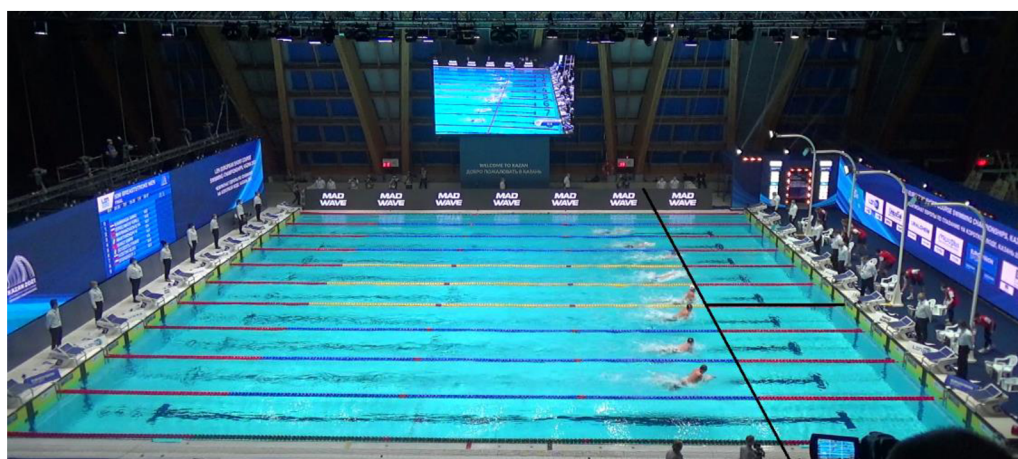
Obrázek 10. Počátek obrátkového úseku (ME Kazan 2021)



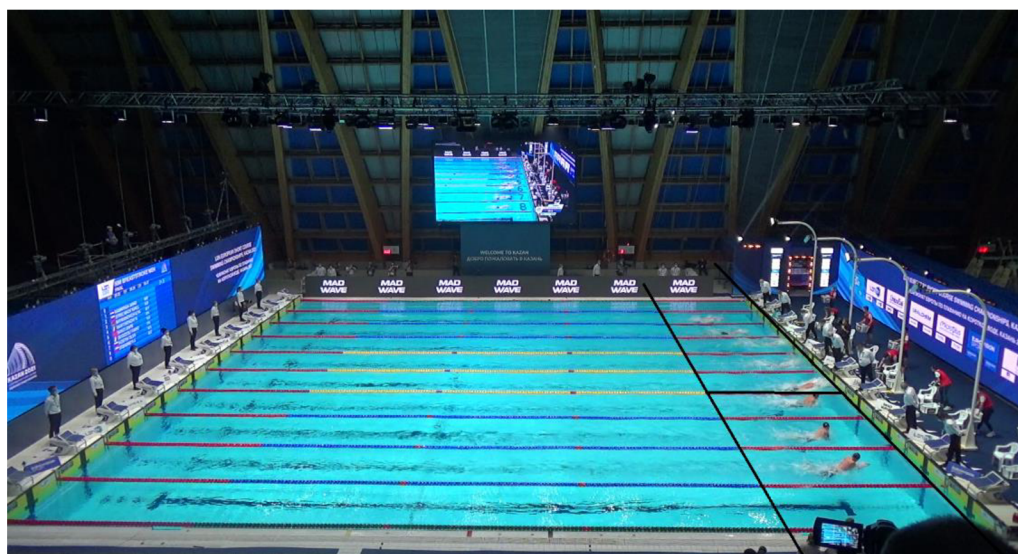
Obrázek 11. Konec obrátkového úseku (ME Kazan 2021)

2.1.7 Finiš

Finiš je posledním úsekem závodu. Finiš představuje posledních 5 m závodu (obrázek 12–13) (Morais et al., 2019; Olstad et al., 2020b). Celkově však není ovlivnění konečného výsledku finišem podle Olstad et al., (2020b) zásadní. Studie zjistila, že posledních 5 m u první obrátky má určité propojení s výsledným časem, avšak u dalších 5m úsecích nedošlo k potvrzení vzájemného vztahu (posledních 5 m a výsledného času) (Olstad et al., 2020b). Dále bylo zjištěno, že u 100 m prsa se finiš podílí přibližně 5,4 % na celkovém čase (Olstad et al., 2020b). Tento podíl je ovlivněn délkou tratě (u 50m sprintu bude finiš procentuálně více zastoupen). U prsařských a motýlkových disciplín může docházet k vyššímu ovlivnění podaného výkonu díky povaze záběrových cyklů (záběrové cykly jsou prováděny zároveň oběma pažemi).



Obrázek 12. Počátek posledního úseku (finiš ME Kazan 2021)



Obrázek 13. Konec posledního úseku (finiš ME Kazan 2021)

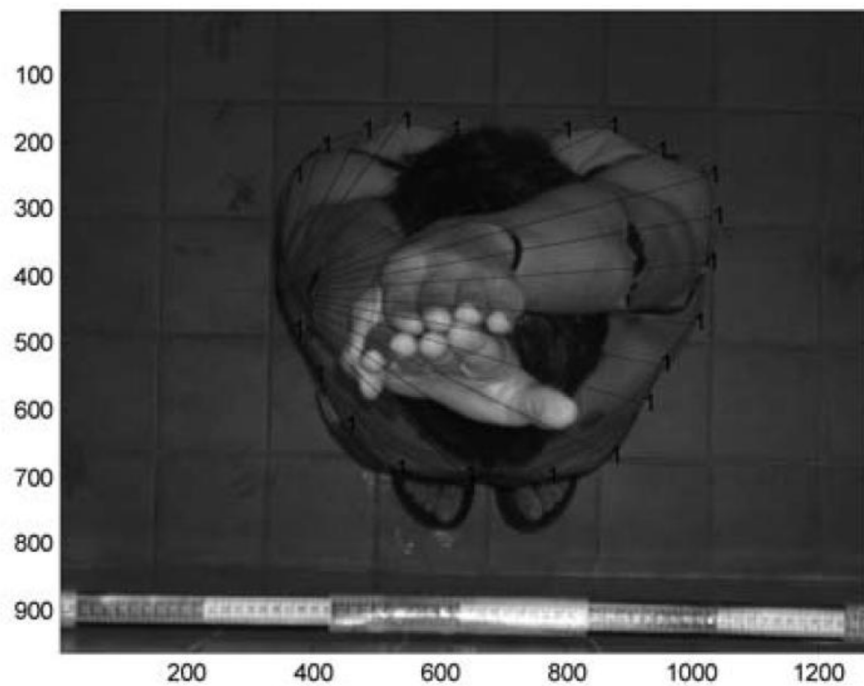
2.2 Odpor vody působící na tělo

Lidské tělo nemá ideální proudnicový tvar, který by vytvářel minimum odporu způsobeného dopředným pohybem ve vodním prostředí (Naemi et al., 2010). Některé antropometrické parametry, však významněji ovlivňují celkové hodnoty odporu (Benjanuvatra et al., 2001; Lyttle et al., 1998). Příkladem může být oblast hrudníku, kdy obvod, šířka a hloubka způsobují vyšší hodnoty odporu (obrázek 15) (Benjanuvatra et al., 2001; Lyttle et al., 1998). Tvar a celková linie těla jsou důležitými faktory ovlivňující odpor, protože tyto parametry určují, jakým způsobem bude voda kolem těla proudit (Naemi et al., 2010). Pokud se podíváme na zvířata, která žijí ve vodním prostředí, zjistíme že u jejich těl převládá laminární proudění. Turbulentní proudění, které tyto živočichy brzdí se vyskytuje až u konce jejich těl, kdy dojde k odtržení vodních molekul od ocasních ploutví (Naemi et al., 2010). Tělo člověka na rozdíl od zvířat přizpůsobených na pohyb ve vodním prostředí způsobuje spíše turbulentní proudění (Naemi et al., 2010). To je dáno tvarem těla a hrubostí kůže, kdy dříve dochází k separaci vody od těla místo toho, aby voda kolem těla „obtekla“. Například lachtan tak při stejné velikosti jako člověk vytváří přibližně pětkrát menší odpor při stejné rychlosti (Williams & Kooyman, 1985).

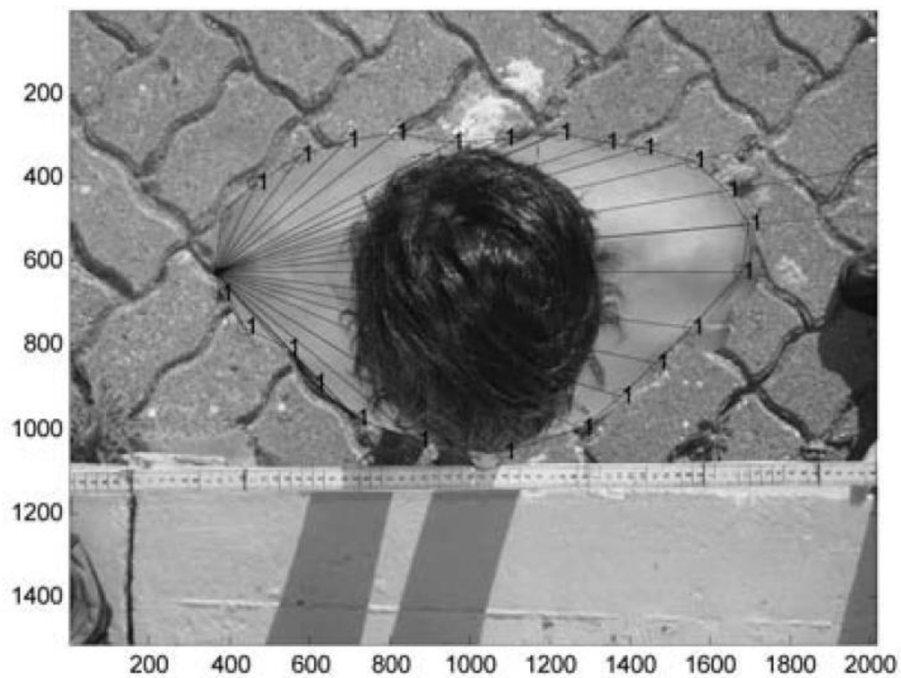
Turbulence, však může být i odpovědí pro snížení odporu (Naemi et al., 2010). Zde si můžeme uvést příklad golfového míčku, jež svým tvarem s malými důlky způsobuje turbulentní proudění v blízkosti míčku (Naemi et al., 2010). Takováto vrstva proudící hmoty je pak odolnější k odtržení molekul v tomto případě vzduchu. Tato zjištění byla a jsou stále využívána při konstrukci závodníků plavek (Naemi et al., 2010). Výrobci se tak snaží o minimalizaci odporu podobným způsobem jako u golfového míčku, tak aby voda „obtékala“ tělo co nejlépe a nedošlo k odtržení na odtokové hraně (Naemi et al., 2010).

Dalším odporem, se kterým se plavec může setkat je odpor vlnový. Při rychlosti $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ by vlnový odpor na vodní hladině tvořil přibližně 40 % z celkové hodnoty. V hloubce 40 cm by již vlnový odpor byl více než dvakrát nižší (Vennell et al., 2006). Koeficient odporu plavce splývajícího na vodní hladině se pohybuje od 0,65 – 0,75 v případě hloubky 60 cm se koeficient odporu sníží až k hodnotám kolem 0,30 (Bixler et al., 2007). Koeficient odporu se s vzrůstající rychlostí plavce zvyšuje (Vennell et al., 2006). Nejvíce ekonomická pozice z pohledu hydrodynamického odporu je tzv. „hyperstreamlined position“ (Hall W. & Murphy, 2020). V zásadě jde o pozici na obrázku

14, avšak dochází k většímu přiblížení loketních kloubů. Takováto pozice je velice nekomfortní a zvládne ji přibližně 5 % plavců (Hall W. & Murphy, 2020).



Obrázek 14. Závodník v ideální pozici splývání vytvářející minimální čelní odpor (Paulo Vilas-Boas et al., 2010)



Obrázek 15. Závodník (prsář) při druhé fázi splývání vytvářející nejvyšší možný odpor (platí u splývacích poloh těla) (Paulo Vilas-Boas et al., 2010)

2.3 Specifické části plaveckého závodu plaveckého způsobu prsa

V následujících kapitolách je dále přiblížena závislost jednotlivých částí závodního výkonu specificky vůči plaveckému způsobu prsa.

2.3.1 Start plaveckého způsobu prsa

Podle Olstad et al., (2020b) je právě startovní úsek u prsou téměř v dokonalé korelaci s výsledným časem ($r=0,979$, $p<0,001$). Tato zjištění nám podávají svědectví o tom, že s nejvyšší pravděpodobností dosahují nejlepších výkonů v závodě právě ti plavci, jež disponují perfektně zvládnutým startem a výjezdem (Olstad et al., 2020b). Největší ovlivnění startovního úseku bylo zjištěno až u části výjezdu v případě plaveckého způsobu prsa (mezi finalisty a semifinalisty Olympijských her) (Cossor & Mason, 2001). Výjezd je samozřejmě ovlivněn přechodem do vodního prostředí po letové fázi.

2.3.2 Hnací síla u prsového výjezdu

Hnací silou u prsového výjezdu je dle pravidel (FINA, 2017) pouze jeden delfinový kop, zátaž horními končetinami od vzpažení po připažení a následně jeden prsový kop společně s prsovým záběrem. Pro omezený počet propulzních pohybů plavce je více než u jakéhokoliv jiného plaveckého způsobu důležité snažit se o co nejmenší odpor vody vůči tělu (Marinho et al., 2011). V případě delfinového kopu byla publikována studie (McCabe et al., 2012), která se snažila zjistit zda existuje rozdíl v načasování delfinového kopu v případě startovního či obrátkového úseku. Studie však neobjevila v případě mužů žádnou výraznou změnu v podaném výkonu (McCabe et al., 2012). Studie ovšem zdůraznila důležitost individuálního přístupu k načasování delfinového kopu u prsového výjezdu.

Čím vyšší jsou rozdíly v rychlosti mezi jednotlivými částmi výjezdu tím více narůstá i celkový výdej energie (Schnitzler et al., 2010). To je dáno relativní silou, jež plavec musí vyvinout k dopřednému pohybu, když na něj působí pozitivní nebo negativní akcelerace (Schnitzler et al., 2010). Schnitzler et al., (2010) popisuje, že nejlepším řešením pro zvýšení propulze a zároveň snížení výdeje energie, je minimalizovat rozdíly v minimální a maximální rychlosti plavání.

2.3.3 První a druhá splývavá poloha u prsového výjezdu (sub-fáze 1 a 3)

První a druhá splývavá poloha (sub-fáze 1 a 3) neposkytuje žádný mechanismus dopředné propulze. Jedná se tak pouze o pasivní fáze prsového výjezdu. Plavec se v těchto momentech snaží pouze zredukovat svůj odpor vůči prostředí na nezbytně nutný (Marinho et al., 2011). Do sub-fáze 1 se prsař dostává hned po startu či po odrazu na obrátce (obrázek 16). Prsař má v této sub-fázi vzpažené a spojené ruce tak, aby byl jeho odpor co nejnižší. Sub-fáze 3 nastává po delfinovém kopu a zátahu (sub-fáze 2) (obrázek 17) (Marinho et al., 2011). Dle studie (Naemi et al., 2010) je důležité, aby se plavec dostal do těchto poloh v nejideálnějších podmínkách (rozuměno v takových, kde je dosaženo nejmenších vnějších odporů).

Nejoptimálnější podmínky se dle Naemi et al., (2010) vyskytují v hloubce 60 cm a níže. V těchto hloubkách je již odpor způsobený vlnami zanedbatelný. Prsař je taktéž nucen v těchto polohách setrvat pouze po nezbytně dlouhou dobu. Tato doba by v ideálním případě měla reflektovat klesající dopřednou rychlost (Houel et al., 2013). Je-li již rychlost v této fázi nižší, než rychlost plavecká je vhodné využít další možnosti propulze (Houel et al., 2013, Marinho et al., 2011). Vysoká rychlost při splývání má taktéž svá úskalí. Pokud plavec dosahuje rychlosti ve vodě přes $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (pozn. nastává u startu či odrazu při obrátkách) je odpor vody mnohem vyšší kvůli překročení Reynoldsova čísla pro lidské tělo (Naemi et al., 2010). Tělo plavce tak při překročení této rychlosti vytváří většinou turbulentní proudění a pouze krátká část paží vykazuje proudění laminární (Naemi et al., 2010). Vzhledem k těmto okolnostem je splývavá poloha těla plavce ve vodě bez další propulze nejvýhodnější v rychlostech od $1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ – $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Naemi et al., 2010). U nižších rychlostí již není dosahováno průměrných plaveckých rychlostí, popřípadě dochází k nárustu odporu kvůli snížení vztlaku.

Rychlost sub-fáze 1 a 3 je závislá nejvíce na akci předcházející této poloze těla. V počátku závodu je tedy nejvíce závislá na startu, letové fázi a přechodu do vodního prostředí (Naemi et al., 2010). Následně jsou tyto sub-fáze závislé na odrazu od stěny při obrátkách nebo propulzi. Neméně důležitou je taktéž celkové srovnání těla a zmenšení čelního profilu plavce (Naemi et al., 2010).

Větší množství svalové hmoty může způsobit (pozitivní efekt) většího přenosu síly a vyvinutí vyšší dopředné rychlosti plavce (na obrátkách, startech a čistého plaveckého

úseku), avšak v případě splývání vždy negativně ovlivňuje čelní hodnotu odporu plavce (Naemi et al., 2010).

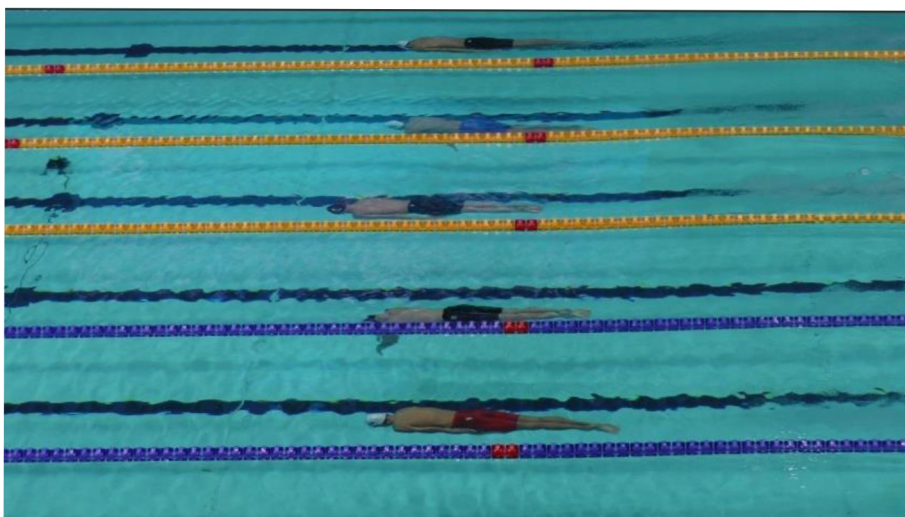
Čas, případně uražená vzdálenost strávena v těchto polohách, je závislý jak na tvaru těla, tak případné poloze plavce (myšleno pootočení těla vůči vodorovné pozici) a odporu jím způsobeným (Naemi et al., 2010). Hrubost povrchu lidského těla a to, jak kůže, tak chlupů vede k dalšímu zvýšení odporu vůči prostředí. Podle Bixler et al., (2007) může tato část odporu v případě plně ponořeného plavce na kterého nepůsobí vlnový odpor tvořit okolo jedné čtvrtiny. Zbytek vytvářeného odporu je způsoben tlakem vody (Naemi et al., 2010).

V sub-fázi 3 má plavec horní končetiny v připázení a vytváří tak větší odpor vody (Paulo Vilas-Boas et al., 2010). S touto unikátní fází splývání se můžeme setkat pouze u prsou, jelikož pouze u tohoto způsobu může plavec použít pod vodou k propulzi i horní končetiny (Paulo Vilas-Boas et al., 2010). Podle Chatard et al., (1990) právě tyto dvě sub-fáze mohou v závislosti na délce trati a bazénu činit 10–25 % z celkového času závodu. Pro závodníky je tak výhodné trénovat efektivitu těchto sub-fází výjezdu, jelikož zaujmají podstatnou část celkového podaného výkonu a vedou k žádným či minimálním zvýšením energetického výdeje (Naemi et al., 2010).

Sub-fáze 1 je pro plavce podle Paulo Vilas-Boas et al., (2010) signifikantně výhodnější z pohledu vytváření menšího odporu. Studie Naemi et al., (2010) popisuje, že při sub-fázi 3 je celkový odpor zvýšen vůči sub-fázi 1 přibližně o 21,5 %.



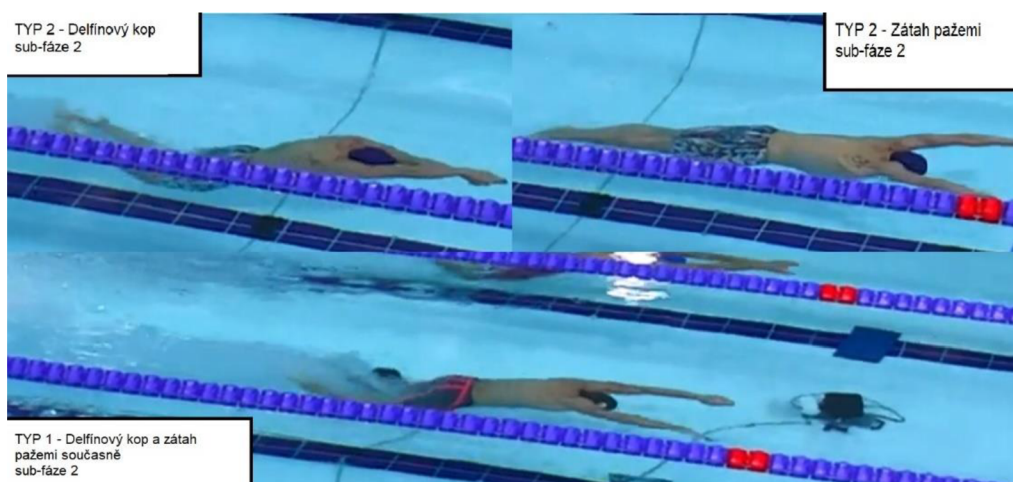
Obrázek 16. Sub-fáze 1 prsového výjezdu (rozloženého záběrového cyklu pod hladinou) (ME Kazan 2021)



Obrázek 17. Sub-fáze 3 prsového výjezdu (rozloženého záběrového cyklu pod hladinou) (ME Kazan 2021)

2.3.4 Zátah pažemi a delfinový kop (sub-fáze 2)

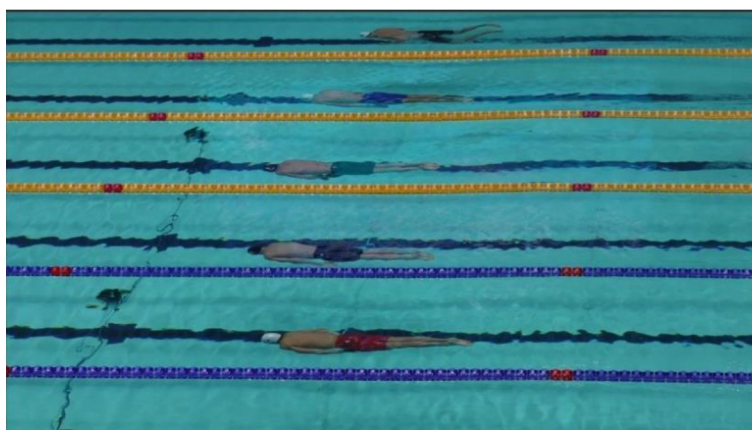
Zátah pažemi a delfinový kop je první propulzí prováděnou po startu nebo obrátce. Skládá se z jednoho delfinového kopu a prsového záběru od vzpažení po připažení (zátah) (sub-fáze 2) (Hofer et al., 2006). Sub-fázi 2 plavec zahajuje ihned po sub-fázi 1 v momentě, kdy je již dopředná rychlost nedostačující (Naemi et al., 2010). Jak již bylo zmíněno v úvodu, dle pravidel (FINA, 2017) má plavec k dispozici dva typy výjezdů (TYP 1 a TYP 2) (obrázek 18). Plavec využívající TYP 2 má k dispozici dvě slabší propulze a dosahuje tak nižší maximální rychlosti, avšak celková odchylka v rychlosti výjezdu je nižší (Březina, 2020). Podle Březina, (2020) nebyla nalezena shoda ovlivnění celkového výkonu na 50 m prsa u 25m bazénu (v zahrnutí pouze startovního úseku) a jakýmkoliv zvoleným typem sub-fáze 2. V datech ovšem nebyly zahrnuty obrátkové úseky. Jak ale zjistila práce Březina, (2020) prsaři využívají v případě 50 m prsa oba zmíněné typy výjezdu v poměru 50/50. U delších tratí byla zjištěna stoupající tendence využívat TYP 2, kdy plavci provedou nejdříve delfinový kop a následně pohyb pažemi od vzpažení do připažení (nárůst tohoto trendu byl mezi 50m a 200m disciplínou přibližně o 50 %) (Březina, 2020). Volba je pravděpodobně ovlivněna délkou výjezdu. Bylo totiž zjištěno, že v případě výjezdu TYP 2 je výjezd v průměru o 90 cm delší (Březina, 2020). Závodníci tak pravděpodobně využívají tohoto typu u delších prsařských tratí z důvodů šetření svých energetických zásob (Botek et al., 2017). U 50m sprintu je ovšem podle Březina, (2020) rychlost stěžejním parametrem, jelikož u takového závodu nedochází k naprostému převýšení pufrovacích kapacit organismu (Botek et al., 2017). Svou roli při výběru prováděného typu výjezdu může hrát i věk plavce.



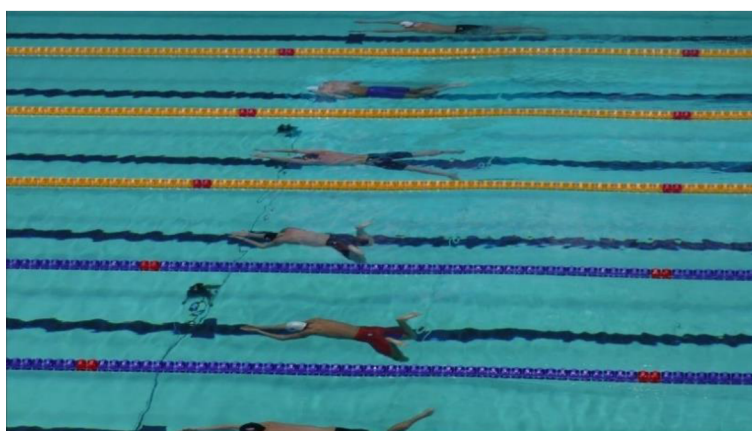
Obrázek 18. Schéma rozdílu v prsovém výjezdu v rámci sub-fáze 2 (nahore TYP 2 a dole TYP 1) (Březina, 2020)

2.3.5 Přenosová fáze (sub-fáze 4)

Přenosovou fází (sub-fáze 4) plavec vykonává po sub-fázi 3 (Maglischo, 2003). V této části výjezdu vykazuje plavec nejvyšší odpor vody (Naemi et al., 2010). Děje se tak kvůli velkému čelnímu odporu, jelikož voda neobtéká kolem paží, ale kolem hlavy a ramen (obrázek 19) (Marinho et al., 2011; Naemi et al., 2010). Následně je čelní odpor zvýšen pažemi, které se musí dostat z připažení do vzpažení a připravit se tak na první prsový cyklus (obrázek 20) (Maglischo, 2003; Marinho et al., 2011; Naemi et al., 2010). Toto zvýšení čelního odporu je navíc umocněno přípravou prsového kopu, který dále zvyšuje již vysoký čelní odpor. Vzhledem ke zmíněným faktorům můžeme v případě některých plavců sledovat negativní dopřednou rychlost. Prsať tak i přes velký zisk na maximální rychlosti v průběhu sub-fází 1-3 o tuto rychlost záhy přichází (van Houwelingen et al., 2017). Nejčastější chybu, kterou můžeme u sub-fáze 4 vidět je vedení pohybu paží nekopírující povrch těla směrem do vzpažení.



Obrázek 19. Počátek přenosové fáze prsového výjezdu (sub-fáze 4) rozloženého záběrového cyklu pod hladinou (ME Kazan 2021)

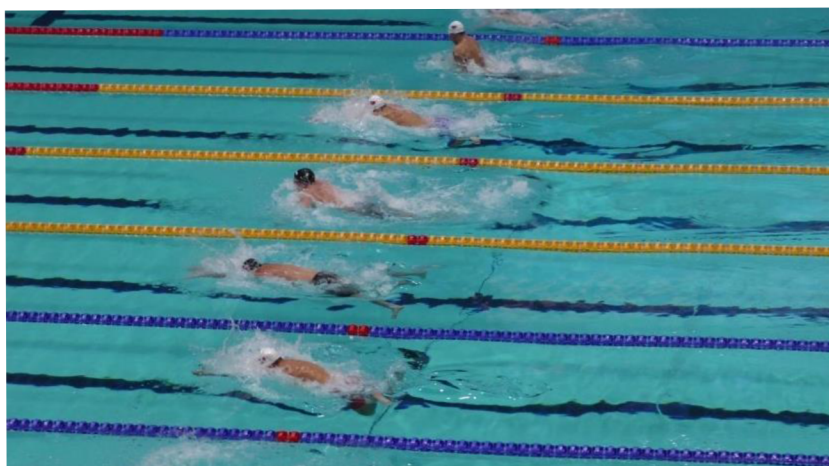


Obrázek 20. Konec přenosové fáze prsového výjezdu (sub-fáze 4) rozloženého záběrového cyklu pod hladinou (ME Kazan 2021)

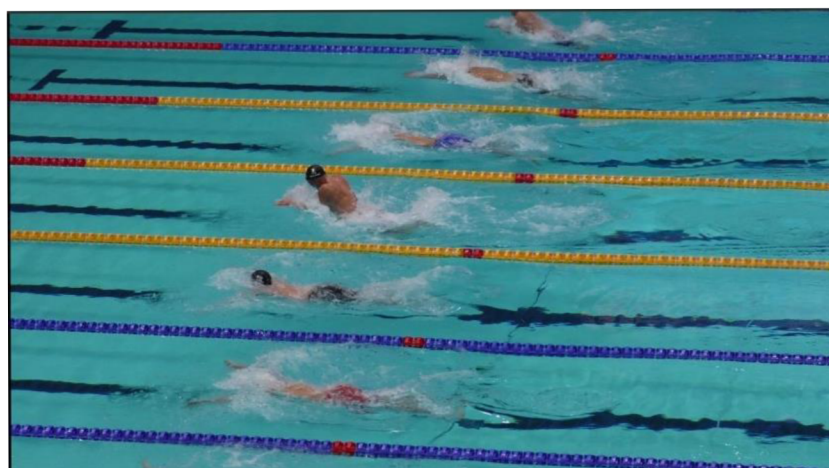
2.3.6 Prsový kop (sub-fáze 4)

Prsový kop je v rámci prsového cyklu jedna ze dvou možných propulzí (Hofer et al., 2006). Prsový kop je složen z fáze splývání, přípravy (recover) a následného kopu (obrázek 21 a 22), který již vytváří propulzi (Maglischo, 2003). Prsový kop vytváří v průběhu plaveckého cyklu u čistého plavání nejvyšší měřitelnou rychlost (van Houwelingen et al., 2017). Maximální rychlost z kopu je ovšem velmi rychle vytracena (van Houwelingen et al., 2017). Prsa na rozdíl od jiných plaveckých způsobů nemohou navázat cyklicky takovým způsobem, aby nedocházelo k výraznějším vzrůstům plaveckého odporu (Maglischo, 2003). Odpor u prsového kopu narůstá u samotné přípravy kopu (obrázek 21), kdy dochází k pokrčení dolních končetin a vytočení chodidel směrem od těla (Maglischo, 2003). Vytočení chodidel se pohybuje přibližně okolo 100-110° (Hall W. & Murphy, 2020). Nejvyšší úhel vytočení chodidel byl naměřen u Adam Peaty a Rebecca Soni a to 120° (Hall W. & Murphy, 2020). Díky takové poloze dolních končetin je možné, aby plavec dokázal přenést maximum síly do vody (Maglischo, 2003). Plavci s nižší flexibilitou kotníku, kolen či kyčlí jsou tak nuceni provést kop širší, který zákonitě vytváří větší čelní odpor (Hall W. & Murphy, 2020). Hall W. & Murphy, (2020) taktéž uvádí že každý získaný stupeň v rámci mobilizace kyčelního kloubu (tréninkem mobility) způsobí až 5% nárůst síly propulze prsového kopu.

Vůči ostatním způsobům je právě špatně provedený prsový kop zodpovědný za vyšší míru zpomalení než špatná splývavá poloha těla určovaná pažemi (Hall W. & Murphy, 2020). Prsový kop je taktéž součástí prsového výjezdu. Jedná se o poslední povolený pohyb pravidly pod hladinou a součást sub-fáze 4 (FINA, 2017). Následně již probíhá první prsový záběr (FINA, 2017). Tento konkrétní prsový kop je využit k vynoření a navázání celého prsového cyklu (FINA, 2017). Prsový kop je tak do určité míry prediktorem specifického výkonu u prsařských disciplín. Vzhledem k tomu, že prsový kop je poslední sub-fází prsového výjezdu bylo zde pro větší názornost přiloženo schéma všech sub-fází (obrázek 23).



Obrázek 21. Počátek prsového kopu (ME Kazan 2021)



Obrázek 22. Konec prsového kopu (ME Kazan 2021)



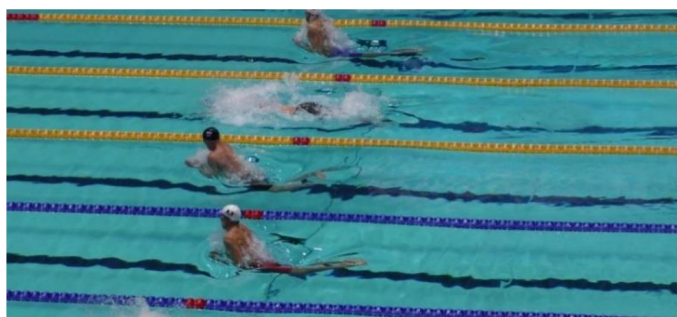
Obrázek 23. Schématické rozdělení jednotlivých sub-fází prsového výjezdu

2.3.7 Prsový záběr

Prsový záběr je druhým možným propulzním mechanismem prsového cyklu (Hofer et al., 2006). Stejně jako prsový kop je složen z přípravy (recover), splývavé polohy těla a následným záběrem pažemi (Hofer et al., 2006). Rozdílem od prsového kopu je ovšem fáze přípravy. Záběr navazuje na splývavou část (obrázek 24), tudíž jeho příprava před momentem jeho zahájení již nezpůsobuje žádný dodatečný odpor (van Houwelingen et al., 2017). Záběr je veden od vzpažení směrem od těla přibližně na úroveň ramen (obrázek 25) (Maglischo, 2003). Od tohoto bodu dochází v loketním kloubu k pokrčení, a to takovým způsobem, aby paže mohly přenášet co nejvíce energie do vody (Maglischo, 2003). Prsový záběr je ukončen přibližně v úrovni ramen (Maglischo, 2003). V tomto bodě již paže nemohou více zvýšit plaveckou rychlost dotažením záběru k připázení. Fáze přípravy by v takovémto případě negativně ovlivnila uskutečněnou propulzi. Prsový záběr je první propulzí po prsovém výjezdu a nadále tak ve spojení s prsovým kopem ovlivňuje části plaveckých úseku (van Houwelingen et al., 2017). U 50m disciplíny prsařských závodů v plaveckých úsecích můžeme naměřit záběrovou frekvenci převyšující 55 záběrů za minutu (Hall W. & Murphy, 2020). Prsový záběr generuje přibližně 50–80 % rychlosti prsového kopu (Hall W. & Murphy, 2020).



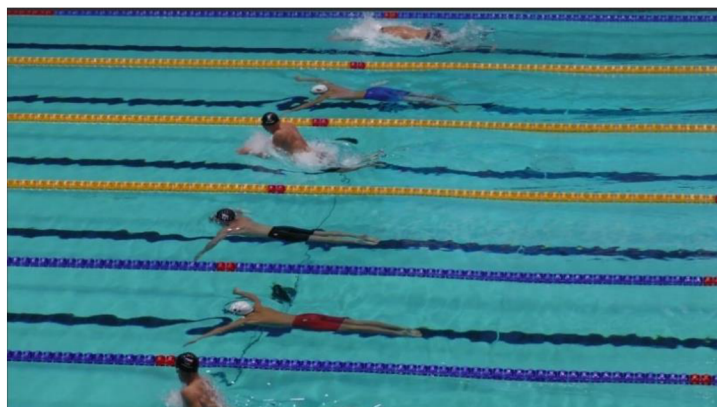
Obrázek 24. Počátek prsového záběru (ME Kazan 2021)



Obrázek 25. Poslední fáze prsového záběru před pohybem paží směrem ke vzpažení (ME Kazan 2021)

2.3.8 Přechodová fáze

Přechodová fáze je část závodu, kdy plavec provádí vynoření a přerušuje podvodní plavání (obrázek 26). Plavci v tomto okamžiku závodu musí co nejdříve začít s propulzí svých horních končetin. Efektivita hydrodynamické polohy, kterou plavec udržuje pod hladinou již v této fázi efektivní není (Naemi et al., 2010). Závodníci v tento moment závodu zvyšují svůj čelní odpor. Je pro ně tedy důležité, aby se k vodní hladině dostali co nejrychleji pod co nejnižším úhlem stoupání (Naemi et al., 2010). Bixler et al., (2007) zjistil, že při zvýšení úhlu náběhu o 3 stupně vůči nulové pozici (tělo plavce srovnané s vodní hladinou) plavec zvýší svůj odpor o 2,3 %. V bodě vynoření musí závodník taktéž načasovat svůj záběr v co nejvhodnější okamžik tak, aby byl jeho odpor vůči vodě co nejnižší (Stosic et al., 2021). Nejlepší plavci dokážou využít podvodní fázi závodu k rychlejšímu zvládnutí přechodové fáze a zvýšit tak v tomto momentu svoji rychlost o 5-10 % ve srovnání s rychlostí čistě plaveckých úseků (Veiga & Roig, 2017). V této části závodu taktéž díky vyšší rychlosti může dojít ke krátkodobému zvýšení záběrové frekvence a délky záběru (Veiga & Roig, 2017). U této fáze dle Stosic et al., (2021) je velmi pravděpodobně důležitá samotná kooperace horních a dolních končetin a mezičasu, jež je jedna z těchto částí těla nečinná (nečinnost se projevuje právě v přechodové fázi, kdy plavci na malou chvíli pozastaví propulzní mechanismy). Ukazuje se, že podle Chollet et al., (2000) kratší čas mezi zahájením propulze jak horních, tak dolních končetin vede k aktuální vyšší plavecké rychlosti. Záleží ovšem na úrovni závodníka a pohlaví (Schnitzler et al., 2010; Seifert et al., 2004). V prvním plaveckém cyklu po vynoření plavce se podle studie Stosic et al., (2021) dá očekávat 15–30 % variabilita v rychlosti, záběrové frekvenci a délce kroku. Variabilita je ovlivněna pozicí těla v místě vynoření (rychlost, úhel vynoření, začátek prvního cyklu).



Obrázek 26. Přechodová fáze plaveckého způsobu prsa (ME Kazan 2021)

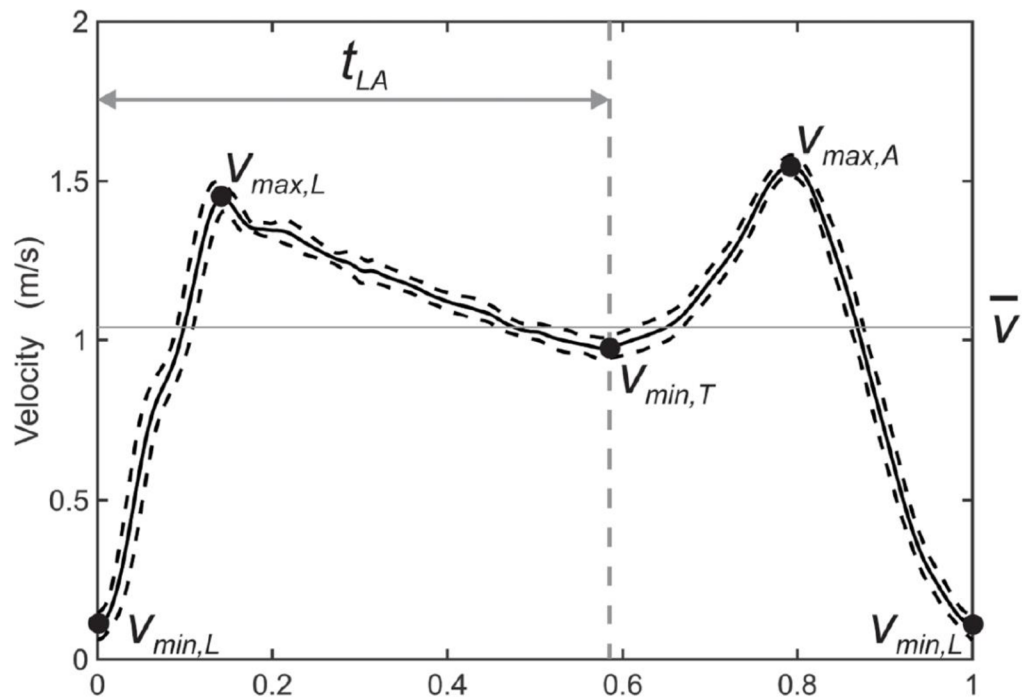
2.3.9 Prsový cyklus

Prsový cyklus plaveckého způsobu prsa se diferencuje od všech ostatních plaveckých způsobů rychlostí v různých částech cyklu (Hofer et al., 2006). Tato rozdílnost je dána prováděnou propulzí (Maglischo, 2003). Plavecké způsoby kraul a znak disponují v téměř jakémkoliv okamžiku plaveckého cyklu určitou propulzí. U kraulu a znaku střídání horních končetin v propulzi nebo znakovém či kraulovém kopu zajišťuje poměrně stabilní rychlost plavání (Maglischo, 2003). Nevyskytují se zde tak velké propady nebo vzrůsty na rychlostech v průběhu plaveckých úseků (Maglischo, 2003). Motýlek sice nedisponuje možností střídání končetin v propulzi, avšak plavec zde zaujímá „stále“ ideální polohu těla (Hofer et al., 2006). Rozdíly v rychlostech u různých částí cyklu jsou tak větší než u kraulu či znaku, avšak stále jsou menší při porovnání s prsovým cyklem (van Houwelingen et al., 2017).

Prsový cyklus se skládá z prsového záběru a kopu, avšak je nemožné na rozdíl od jiných způsobů provést tyto pohyby ve stejný moment (Hofer et al., 2006). Výsledkem takového snažení by byla velmi nízká nebo žádná dopředná rychlost (Maglischo, 2003). Důvodem by bylo vyrušení propulze paží s přípravou prsového kopu (popřípadě vyrušení propulze kopem přípravou paží). Vzhledem k těmto negativním efektům je tak nutné tyto mechanismy v průběhu plavání oddělit (obrázek 27) (Hofer et al., 2006).

Splývavá poloha těla je základní polohou, ze které plavec začíná záběrem paží. V době, kdy se začínají paže vracet zpátky do základní polohy, začíná prsař přípravou a prsovým kopem tak, aby co nejvíce dokázal využít sníženého odporu ve splývavé poloze (Maglischo, 2003). Doba setrvání ve splývavé poloze má však taktéž svá omezení. Při dlouhém setrvání v této poloze plavec přichází o dopřednou rychlost a tím pádem i o vztlak. Dolní končetiny plavce by tak vytvářely příliš velký čelní odpor, který by vedl k ještě vyšším ztrátám na rychlostech (Hall W. & Murphy, 2020). Z těchto mechanismů je jasné, že v průběhu cyklu musí docházet k velkým propadům na rychlosti plavání. U prsařů je pravděpodobně dle van Houwelingen et al., (2017) dosahováno nižších časů (dosaženo lepších výkonů) za předpokladu minimalizace těchto propadů na rychlostech. I přes nižší efektivitu prsového cyklu vůči jiným plaveckým způsobům je právě u tohoto způsobu dosaženo nejvyšší maximální rychlosti plavání. Důležité je taktéž zmínit, že je zde dosaženo taktéž nejnižších rychlostí plavání ze všech způsobů (v některých případech může být naměřena i záporná dopředná rychlost) (Hofer et al., 2006; Maglischo, 2003;

van Houwelingen et al., 2017). Celý cyklus je tak podle uvedených faktorů značně energeticky náročný.



Obrázek 27. Graf rychlosti jednoho prsového cyklu a jeho průběhu v čase (van Houwelingen et al., 2017)

2.3.10 Prsový obrátkový úsek

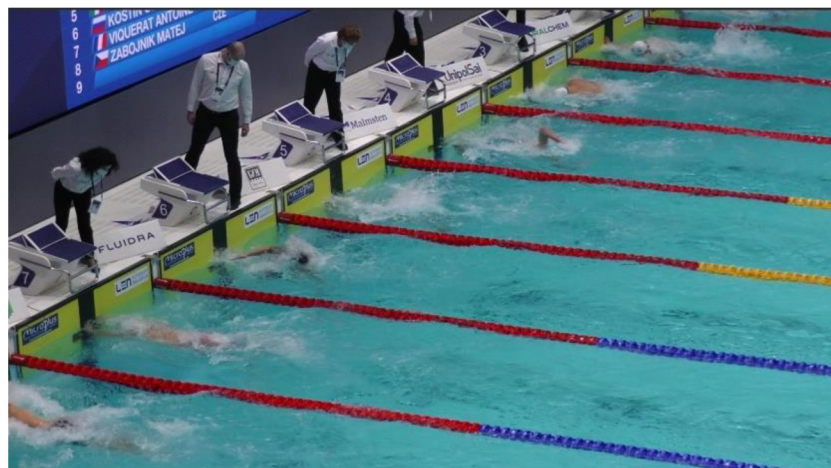
Prsový obrátkový úsek se skládá z nájezdu, obratu, odrazu a stejně jako u startu ze sub-fází 1-4 rozloženého záběrového cyklu pod hladinou (Morais et al., 2019). S plaveckým způsobem motýlek sdílejí prsa u obrátkového úseku dle pravidel dotek na stěnu a samotný typ obratu. Rozdílem mezi těmito dvěma plaveckými způsoby je na obrátkovém úseku pouze fáze výjezdu. Pravidla motýlku říkají, že plavec může použít libovolného počtu delfinových kopů k dosažení maximální hranice výjezdu 15 m (FINA, 2017). U prsou je výjezd omezen pouze počtem pohybových cyklů, kterými jsou jeden delfinový kop, zátaž a jeden prsový kop společně s prsovým záběrem. Jen tyto pohyby může plavec využít při výjezdu, avšak na rozdíl od jiných způsobů není omezen maximální délkou provedeného výjezdu (FINA, 2017). Studie Kjendlie et al., (2006) zjistila, že u 25m bazénu na 100 m prsa byl výsledný výkon tvořen z 62 % právě ze startovních a obrátkových úseků s finišem. Samotné obrátkové úseky tvořili výkon z více než 40 %. U 200 m trati byl celkový podíl na čase způsobený obrátkovými úseky reprezentován z 39 % (Kjendlie et al., 2006). Podle Olstad et al., (2020b) je část obrátkového úseku (odraz od stěny po 10m hranici) s výsledným časem v silné korelaci ($r=0,829$, $p<0,001$). To nám poskytuje jednoznačnou informaci o důležitosti výjezdu po obrátce, u kterého se pohybuje vzdálenost provedení přibližně od 9-11 m v disciplíně 100 m prsa (Olstad et al., 2020b).

2.3.11 Fáze nájezdu

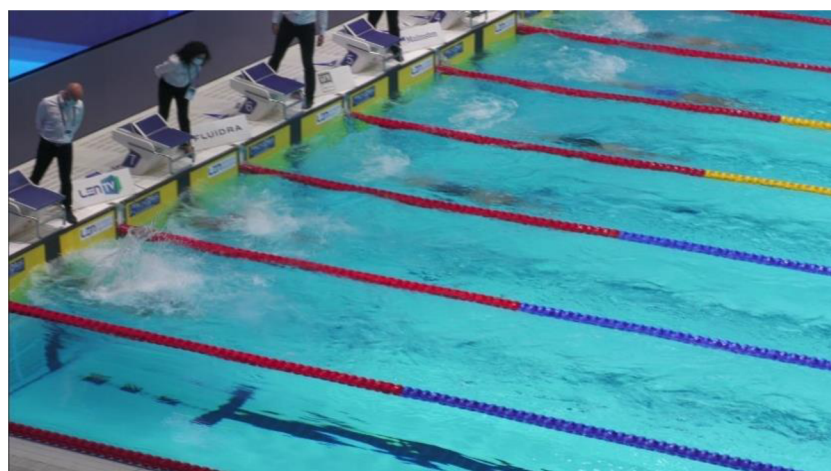
Fáze nájezdu je úsek, který je podle Olstad et al., (2020) měřen na posledních 5 m před obrátkou (obrázek 10). Na všech soutěžích je tento úsek ohraničen jak plaveckou dráhou, kde je tato část zvýrazněna červenou barvou tak v případě polohových a znakových disciplín může být označen současně i praporky. U tohoto úseku se může čistá plavecká rychlost snižovat (Tourny-Chollet et al., 2002). Neděje se tak z fyziologických důvodů ale taktických. Plavec se chce v průběhu nájezdu dostat do optimálního nastavení před obrátkou, tak aby byl jeho obrat a následný odraz od stěny co nejefektivnější (Tourny-Chollet et al., 2002). Plavec od určitého momentu již nevytváří dopřednou propulzi, a tudíž o část rychlosti přichází.

2.3.12 Fáze obratu

Fáze obratu je část obrátkového úseku, který je ohraničen dotekem obrátkové stěny pažemi (obrázek 28) a následným dotekem chodidly po otočení těla před odrazem (obrázek 29) (Olstad et al., 2020b). V tomto úseku má plavec nejnižší možnou rychlost (dopřednou, nulovou i zápornou) (Tourny-Chollet et al., 2002). Závodník tak potřebuje provést změnu směru plavání pomocí obrátky v co nejkratším čase. Jen v takovém případě bude negativní ovlivnění celkového výkonu co nejnižší (Tourny-Chollet et al., 2002). Na dopředné rychlosti se však projevuje i kontakt s obrátkovou stěnou. Závodník, který dokáže přenést více energie k odražení, získá vyšší dopřednou rychlost. Plavec může přenést více síly k odrazu pouze za předpokladu, že zaujímá co nejvhodnější polohu (nulový úhel k vodní hladině, optimální srovnání paží trupu a dolních končetin) (Tourny-Chollet et al., 2002). V případě méně efektivní polohy při odrazu by byla i přes silnější odraz závodníka rychlost vytracena.



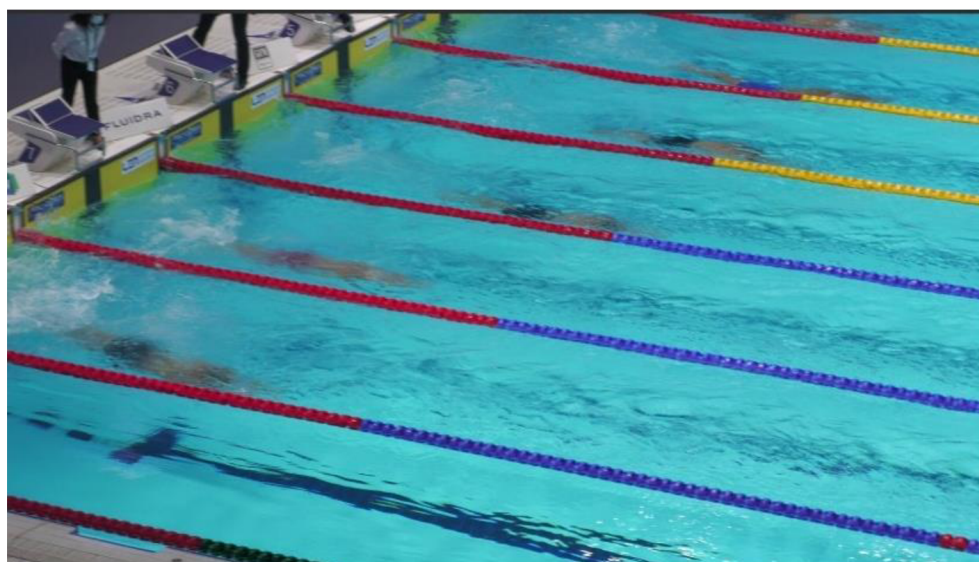
Obrázek 28. Počátek obrátové fáze u prsou (ME Kazan 2021)



Obrázek 29. Konec obrátové fáze u prsou (ME Kazan 2021)

2.3.13 Fáze odrazu

Fáze odrazu je poslední část obratové části obrátkového úseku, kdy je závodník stále v kontaktu s obrátkovou stěnou (Maglischo, 2003). Závodník navazuje bezprostředně na fázi obratu (Olstad et al., 2020b). Ihned po této části je většinou naměřena nejvyšší rychlost celého obrátkového úseku. Olstad et al., (2020b) zjistil, že prsaři dokáží získat rychlost v prvních chvílích po odrazu až $2,96 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (obrázek 30). Tato rychlost „odrazu“ má vysokou souvislost právě s časem na prvních 10 m po obrátce (Olstad et al., 2020b). Jedná se taktéž o jedinou část závodu, kdy je rychlost srovnatelná se startovním úsekem (Olstad et al., 2020b). Další zajímavostí je, že k získání této vysoké rychlosti je na rozdíl od jiných plaveckých způsobů dosaženo minimálním pohybem končetin (Naemi et al., 2010). Maximální rychlost získanou z fáze odrazu ovlivňuje především schopnost a dovednost plavce dostat se do ideální splývavé polohy těla (Marinho et al., 2011; Paulo Vilas-Boas et al., 2010). Podle Olstad et al., (2020b) právě fáze odrazu stojí za postupným snižováním podávaného výkonu v průběhu závodu při výjezdech na 100 m prsa. Toto snížení výkonu lze vidět v rozdílu mezi prvním a posledním obrátkovým úsekem, kdy dochází k dosažení nižší rychlosti při odrazu přibližně o $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Olstad et al., 2020b). Důvodem je pravděpodobně postupné převýšení pufračních kapacit organismu (Botek et al., 2017).



Obrázek 30. Poloha plavce těsně po odrazu od obrátkové stěny (ME Kazan 2021)

2.3.14 Délka výjezdu

Délka výjezdu je jeden z důležitých parametrů výjezdu společně s rychlostí (Březina, 2020). V případě kratších tratí, ale ztrácí svoji důležitost a možnost ovlivnění výsledného výkonu (Březina, 2020). Toto platí zejména u prsařských disciplín. U delších tratí lze pozorovat vzrůstající trend důležitosti výjezdu po obrátce, a to díky možným benefitům (Veiga & Roig, 2016). Plavec může pomocí delších výjezdů šetřit energii, kterou potřebuje využívat v navazujících plaveckých úsecích (Maglischo, 2003). V případě závodu na 50 m prsa je optimální vzdálenost výjezdu na startu od 12,8-13,8 m (Březina, 2020). U takového výjezdu je plavec pravděpodobně ještě schopen udržet vysokou dopřednou rychlost. Delší výjezd je tak výhodný pouze za předpokladu vyšší efektivity jednotlivých sub-fází.

2.3.15 Rychlost výjezdu

Rychlost výjezdu je další z významných parametrů prsového výjezdu. Podle Olstad et al., (2020b) se právě rychlost výjezdu v případě závodu na 50 m prsa u mužů dá označit za nejdůležitější parametr výjezdu ($r=0,84$) (Březina, 2020). Rychlost výjezdu se odvíjí zejména od celkového odporu těla, antropometrie a možného využití propulzních mechanik (Maglischo, 2003). Nejvyšších rychlostí dosahují ti plavci, kteří dokážou adekvátně využít potenciál sub-fáze 1 a 2 prsového výjezdu TYP 1 (Březina, 2020). Rychlost výjezdu taktéž úzce souvisí s jeho délkou, kdy kratší výjezd může být pozitivně ovlivněn vyšší průměrnou rychlostí v místě vynoření (Březina, 2020).

3 Cíl práce a výzkumné otázky

Cílem práce je posoudit vliv dvou typů provedení rozloženého záběrového cyklu pod hladinou na dosažený čas v úseku 15 m po startu a 15 m po obrátce s ohledem na výkon v disciplíně 50 m prsa

1. Dílčí cíl: Posoudit vztah dílčích sub-fází u obou typů rozloženého záběrového cyklu pod hladinou s ohledem na dosažený čas podvodní fáze po startu.

H1: Neexistuje vztah mezi zvoleným typem rozloženého záběrového cyklu pod hladinou a dosaženým časem podvodní fáze po startu

2. Dílčí cíl: Posoudit vztah dílčích sub-fází u obou typů rozloženého záběrového cyklu pod hladinou s ohledem na dosažený čas podvodní fáze po obrátce

H2: Neexistuje vztah mezi zvoleným typem rozloženého záběrového cyklu pod hladinou a dosaženým časem podvodní fáze po obrátce

VO1: Která část podvodní fáze od vnoření po protnutí hladiny nejvíce ovlivňuje čas v úseku 15 m po startu?

VO2: Která část podvodní fáze od vnoření po protnutí hladiny nejvíce ovlivňuje čas v úseku 15 m po obrátce?

4 Metodika

Výzkum byl soustředěn na získání a statistickou interpretaci dat ze startovních a obrátkových úseků. Tato data byla získána z disciplíny 50 m prsa muži. Do výzkumu byly zahrnuty závody Mistroství Evropy (dále jen ME) na 25m bazéně roků 2019 a 2021 a to z důvodů covidové epidemie (v roce 2020 nebyl uskutečněn žádný mezinárodní závod, který by mohl být součástí statistického souboru). Ženská část startovního pole nebyla na základě předešlého zjištění bakalářské práce zařazena do dalšího statistického šetření (Březina, 2020). Celkově tak statistický soubor této práce činí 59 plavců (n=59) ze 2 mezinárodních soutěží (ME Glasgow 2019; ME Kazaň 2021). 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 Podmínky získávání dat

Pro analýzu výsledků bylo využito videozáznamů disciplíny 50 m prsa. Statistický soubor byl tedy složen z účastníků dvou ME na 25 m z let 2019 a 2021 v disciplíně 50 m prsa. Z uvedených závodů bylo využito všech mužských závodníků ze všech rozplaveb, semifinále a finále. Výjimkou budou závodníci, kteří startují na 0 nebo 9 dráze, a to z důvodu možnosti realizace analýzy startovního a obrátkového úseku (na drahách 0 a 9 se mohou vyskytovat nepříznivé vlivy prostředí např: odraz vodní hladiny, reklamní bannery, popřípadě příliš ostrý úhel kamery vůči vodní hladině, jež analýzu znemožňuje). U všech závodníků byl vybrán pouze nejlepší podaný výkon v případě postupu do semifinále či finále. Na základě bakalářské práce (Březina, 2020) byla ze statistického souboru vyřazena ženská část startovního pole u které se zjistilo, že celkový výkon je podstatně méně ovlivněn výjezdem. Celkově tak bylo do tohoto statistického souboru zahrnuto 59 plavců ($n=59$) (věk, 23.6 ± 6.9 , FINA body 822 ± 95). V případě diskvalifikace byl jedinec ze studie vyřazen. Výzkumný soubor byl použit ke zjištění optimálního poměru a vlivu jednotlivých podvodních fází na podaný výkon. Dále se získaná data uplatnila pro zjištění, jaký vliv má načasování přenosu paží z připažení do vzpažení, které následuje po zátahu a upřesnění výkonnostního potenciálu využitého typu prvního záběrového cyklu pod hladinou v závodě.

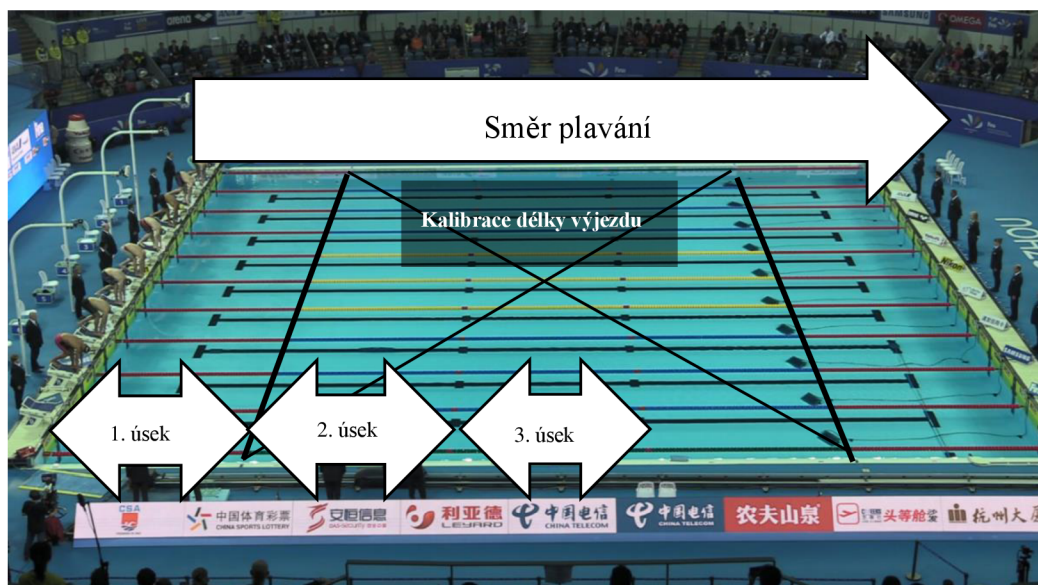
4.2 Metody zpracování dat

Pro získání dat byla využita metoda kinematografického 2D videozáznamu. Záznamy závodů ME Glasgow 2019 jsou natočeny společností (Spiideo Malmö, Sweden), která se soustředí právě na záznam plaveckých sportů. Záznamy z ME Kazan 2021 jsou pořizeny firmou (InnoSportLab Eindhoven, Netherlands), která se stala novým dodavatelem této služby pro LEN. Všechny použité video-záznamy jsou ve stejném formátu (MP4, Full HD 1920x1080, 50 snímků/s). Pro zahájení analýzy ve stejném okamžiku u všech závodů je využíváno synchronizačního světelného znamení, které je součástí oficiální elektronické časomíry závodu. Podané výkony jednotlivých plavců jsou dostupné na oficiálních webových stránkách soutěže (LEN, 2021).

Vzdálenost jednotlivých závodních úseků byla stanovena referenčním značením závodního bazénu na jednotlivých plaveckých drahách. Pro ověření přesnosti těchto vzdáleností, bylo rovněž provedeno jejich kontrolní přeměření pásmem.

Pro zpracování a následnou analýzu dat byly jednotlivé referenční úseky rozděleny následovně (Obrázek 30):

- 1. úsek 0-5 m po stratu, po obrátce
- 2. úsek 5-10 m po stratu, po obrátce
- 3. úsek 10-15 m po startu, po obrátce



Obrázek 31. Znázornění měřených úseků a kalibrace MS Hangzhou 2018 (Březina, 2020)

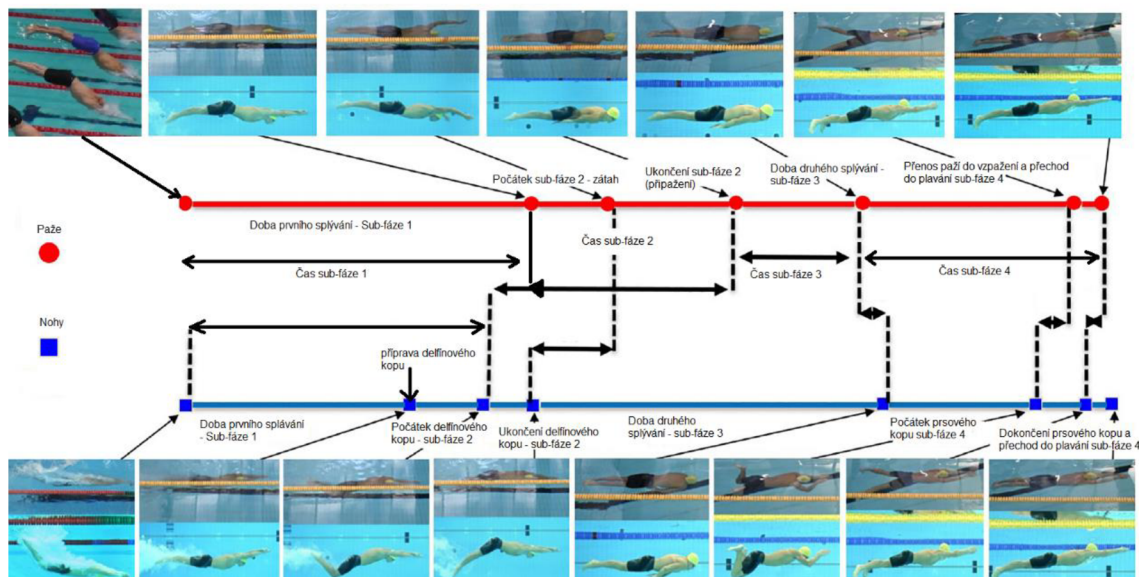
Všechny závody a závodníci byly dále analyzováni v programu Dartfish. Sledované parametry budou získány extrahováním dat z natočených videí zmíněným programem. Program dokáže měřit v setinách až tisícinách sekund či měřit délkové jednotky. Pro ověření reliability analýzy v programu Dartfish byla data posouzena dalšími dvěma analytiky. Hodnota koeficientu vnitrotřídní korelace (ICC) se pohybovala v rozmezí 0,988-0,989.

4.3 Měřené parametry a důvod jejich zařazení

Parametry proměnných použité v projektu byly vybrány pro jejich snadnou pozorovatelnost a možnost dalšího srovnání. Studie tak bude disponovat 5m úseky, které jsou v rámci plaveckého bazénu referenční. To znamená že v případě 25m bazénu budou časově měřeny úseky 5, 10, 15, 20 a 25m z těchto časových hodnot bude dále dopočítána průměrná rychlost v jednotlivých sektorech za pomoci vzorce $s=v*t$. Dalším parametrem bude délka a rychlost výjezdu společně s využitým typem výjezdu (TYP 1; TYP 2) měřen bude také čas provedení všech čtyř sub-fází rozloženého záběrového cyklu pod hladinou a získaná/odplavaná vzdálenost a rychlost jednotlivých sub-fází. Všechny zařazené proměnné, které jsou do studie zahrnuty by měly podrobně mapovat celý průběh prsového výjezdu od odrazu po cyklické plavání. Čas na jednotlivých úsecích byl určen protnutím hlavy v referenčních bodech (Olstad et al., 2020b; Polach et al., 2019; Sánchez et al., 2021b)

4.3.1 Schématické znázornění analyzovaných parametrů

Pro větší názornost bylo vytvořeno následující podrobné schéma mapující každou část prsového výjezdu. Ze schématu by mělo být přesně patrné zahájení a ukončení jednotlivých sub-fází prsového výjezdu.



Obrázek 32. Podrobné schématické zpracování sledující průběh výjezdu a sledované parametry (Olstad et al., 2022)

Analyzované parametry:

- rychlost a čas na jednotlivých úsecích
- vzdálenost a rychlost od průtnutí hladiny do vynoření
- typ provedení záběrového cyklu pod hladinou
- čas, rychlost a vzdálenost sub-fáze 1
- čas, rychlost a vzdálenost sub-fáze 2
- čas, rychlost a vzdálenost sub-fáze 3
- čas, rychlost a vzdálenost sub-fáze 4

4.4 Metody vyhodnocení dat

Všechna data z ME byla přepočtena do průměrných hodnot. Následně byla dopočtena směrodatná odchylka, rozptyl a medián. Ke všem závodům a měřeným úsekům byl taktéž přiřazen typ použitého výjezdu. Statistické soubory byly dále podrobeny testu Shapiro-Wilkovy normality dat. U jednotlivých sub-fází prsového výjezdu byly dále pro získání představy o důležitosti těchto parametrů spočten Pearsonův korelační koeficient, a to vůči času celkové podvodní fáze v daném úseku. 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) V dalším kroku byla zjišťována důležitost rozdílu mezi naměřenými hodnotami výjezdu TYP 1 a TYP 2 a jeho sub-fázemi. Tento krok byl proveden pomocí Studentova t-testu nezávislých proměnných v programu Statistica (verze 13.0). Hladina statistické významnosti byla stanovena na $\alpha=0,05$.

4.4.1 Statistické vyhodnocení dat

Pro zodpovězení první výzkumné otázky bylo využito dat získaných z již zmíněných kamerových záznamů ME. Data, která byla sbírána pro zodpovězení této otázky byl čas a délky jednotlivých sub-fází prsového výjezdu po startu. Následně bylo pomocí korelačního koeficientu určeno, která část podvodní fáze má nejvyšší závislost vzhledem k času, rychlosti a délce výjezdu na startovním úseku. Následně byl proveden Studentův t-test k ověření, zda se zde projevil významný rozdíl mezi jednotlivými typy prsového výjezdu a sledovaným parametrem.

Pro zodpovězení druhé výzkumné otázky bylo využito stejných kamerových záznamů z ME. Data, která byla sbírána jsou shodná s předchozí otázkou, avšak u obrátkového úseku již získaná data neovlivňovala letová fáze. Následně byla určena závislost pomocí korelačního koeficientu vzhledem k času, rychlosti a délce výjezdu na obrátkovém úseku. Poté byl proveden Studentův t-test k ověření, zda se zde projevil významný rozdíl mezi jednotlivými typy prsového výjezdu a sledovaným parametrem. Popřípadě byla sledována změna vůči startovnímu úseku.

K vyvrácení či potvrzení první hypotézy bylo využito kamerových záznamů z ME. Ze záznamů byla sbírána data o délce, rychlosti a času výjezdu společně s využitým typem výjezdu. Vyhodnocení dat bylo zprostředkováno Studentovým-t testem. Bylo využito dat prsového výjezdu TYP 1 a TYP 2 v testu nezávislých proměnných tak, aby došlo ke zjištění, jestli se mezi nimi vyskytuje signifikantní odchylka v dosaženém čase na 15 m (startovním úseku).

K vyvrácení či potvrzení druhé hypotézy bylo využito kamerových záznamů z ME. Ze záznamů byla sbírána data o délce, rychlosti a času výjezdu společně s využitým typem výjezdu. Vyhodnocení dat bylo zprostředkováno Studentovým-t testem. Bylo využito dat prsového výjezdu TYP 1 a TYP 2 v testu nezávislých proměnných tak, aby došlo ke zjištění, jestli se mezi nimi vyskytuje signifikantní odchylka v dosaženém čase na 15 m (obrátkovém úseku).

5 Výsledky

Výsledky zahrnuté v práci mapují důkladně celý závod na 50 m prsa. Vzhledem k celkové povaze práce je největší část zpracovaných dat věnovaných prsovým výjezdům a jeho sub-fázím. Konkrétně je tak ve výsledcích ohledně výjezdů možné dohledat hodnoty vzdálenosti, rychlosti, času, reakce, letové fáze, sub-fázi prsového výjezdu 1-4 nebo údaje o vzdálenosti či rychlosti výjezdu. Část zveřejněných výsledků se zabývá parametry, jež nespádají do prsových výjezdů. Přesněji se jedná o části plaveckých úseků (času a rychlosti v jednotlivých sekcích). Tato data byla zahrnuta do práce pro možnost více uceleného pohledu na zkoumanou problematiku. Celý statistický soubor, ze kterého byly výsledky analyzovány a vyvozeny obsahoval 59 závodníků ($n = 59$). Značnou část závodníků nebylo možné ve výsledcích zahrnout kvůli nepovoleným pohybovým cyklům. Nejedná se pouze o závodníky, kteří byli diskvalifikováni v rámci závodu, ale i o závodníky kteří daná pravidla porušili, ale diskvalifikováni nebyli. Například provedení dvou delfinových kopů v rámci výjezdu po startu. Toto pravidlo je pro rozhodčí obtížně kontrolovatelné díky zviřené vodě.

5.1 Zhodnocení času sub-fází startovního úseku TYP 1

Data týkající se dílčího cíle 1 ukázala, že z uvedených časů v sub-fázi 1 plavci setrvali průměrně nejvíce času, a to přibližně o 30–60 % času více vůči ostatním sub-fázím (viz. Tabulka 1). Výkon v rámci sub-fáze 1 u výjezdu TYP 1 dle korelační analýzy (viz. Tabulka 2) velmi silně souvisí s časem výjezdu ($r=0,81$). Další silný vztah byl zjištěn u sub-fáze 3 ($r=0,71$). Zbývající sub-fáze již nevykázaly významný vztah mezi časem sub-fáze a časem výjezdu. Sub-fáze 1 rovněž disponuje největší směrodatnou odchylkou a je tak zřejmé, že největší rozdíly napříč startovním polem byly právě v této části závodu. Druhou největší směrodatnou odchylku má sub-fáze 3, která je rovněž jako sub-fáze 1 pouze splývavou polohou. Obě sub-fáze v rámci tohoto typu výjezdu tvoří více než 50 % veškeré doby výjezdu. Sub-fáze 2 a 4 naopak vykázaly minimální odchylku vzhledem k okamžitému navázání jednotlivých pohybů.

5.2 Zhodnocení času sub-fází startovního úseku TYP 2

Data týkající se dílčího cíle 1 ukázala, že nejvíce času prsaři využívající výjezd TYP 2 stráví v sub-fázi 1 (viz. Tabulka 1). Celkově však lze vypočítat určitou vyrovnanost jednotlivých sub-fází, i když tu byla stále patrná časová rozdílnost. Největší rozdíl byl patrný mezi sub-fází 1 a sub-fází 3, ve které plavci stráví pouhých 0,6 s. U výjezdu TYP 2 byla zjištěna silná míra korelace ($r=0,63$ a $r=0,62$) mezi sub-fází 1 a 3 a celkovým časem podvodní fáze (viz. Tabulka 2). Ostatní sub-fáze již nevykazovaly významnou spojitost z časem podvodní fáze.

5.3 Porovnání startovních sub-fází výjezdu TYP 1 a TYP 2

Data týkající se dílčího cíle 1 u porovnání obou typů výjezdu ukázala, že celkově byl výjezd TYP 1 časově signifikantně kratší ($p<0,006$) než TYP 2 a to přibližně o 10 % (viz. Tabulka 1). V rámci statistických výpočtů byl u sub-fáze 1 a sub-fáze 2 spočten statisticky signifikantní rozdíl mezi oběma typy výjezdů ($p<0,027$; $p<0,001$). Další sub-fáze obou typů výjezdů již mezi sebou statisticky významné odlišnosti nevykazovaly. U korelací mezi oběma typy výjezdů je zřejmé, že rozložení výkonu prsového výjezdu u TYP 2 je lépe rozloženo napříč jednotlivými sub-fázemi (viz. Tabulka 2). Jednotlivé sub-fáze výjezdu TYP 1 jsou od sebe výrazněji rozdílné, nežli je tomu u výjezdu TYP 2. Dominantní postavení u obou typů výjezdů bylo jednoznačně zjištěno u sub-fáze 1. U sub-fází výjezdu TYP 2 již nefiguruje sub-fáze 1 vůči ostatním tak markantním způsobem.

5.4 Zhodnocení sub-fází obrátkového úseku TYP 1

Data týkající se dílčího cíle 2 ukázala, že stejně jako u startovního úseku byla sub-fáze 1 nejdelší částí prsového výjezdu (viz. Tabulka 1). Obrátkový úsek stejně jako startovní úsek vykazoval podobně silné korelace u sub-fáze 1 a 3 ($r=0,81$ a $r=0,72$) u výjezdu TYP 1 (viz. Tabulka 2). U dalších sub-fází dochází k určitým změnám, avšak korelace s časem podvodní fáze zůstává nadále velmi slabá (viz. Tabulka 2). Ostatní sub-fáze vykazovaly podobné hodnoty jako u startovního úseku, i když byl vidět určitý vzestup (viz. Tabulka 1). Vzestup byl vidět u aktivních sub-fází (2 a 4), kdy celkový nárůst dosahuje přibližně 10 % vůči startovnímu úseku. Za nárůstem sub-fáze 1 z časového hlediska stála fáze obratu, kterou není možné v rámci analýzy separovat.

5.5 Zhodnocení času sub-fází obrátkového úseku TYP 2

Data týkající se dílčího cíle 2 ukázala, že u výjezdu TYP 2 největší část času zastupuje sub-fáze 1, která společně se sub-fází 3 představovala více než 50 % z celkového času podvodní fáze (viz. Tabulka 1). Korelační analýza u sub-fází 1–4 obrátkového úseku vykazovala podobné hodnoty jako u startovního úseku ($r=0,57$; $r=0,39$; $r=0,65$; $r=0,11$) (viz. Tabulka 2). Lze ovšem vyzorovat snižující se sílu vztahu u sub-fáze 1. Další rozdíly jsou minimální. Časový nárůst byl napříč jednotlivými sub-fázemi vůči startovnímu úseku zanedbatelný. Byl tu ovšem patrný nárůst mezi časem celkové podvodní fáze mezi startovní a obrátkovou podvodní fází. Tento nárůst představuje téměř 20 % celkového času podvodní fáze.

5.6 Porovnání obrátkových sub-fází výjezdu TYP 1 a TYP 2

Data týkající se dílčího cíle 2 ukázala, že čas podvodní fáze u obrátkového úseku stejně jako v případě startovního úseku vykazoval signifikantní statistickou rozdílnost ($p<0,002$) (viz. Tabulka 1). Mezi výjezdy TYP 1 a TYP 2 bylo možné na rozdíl od startovního úseku vidět určité vyrovnání v čase u sub-fáze 1, která již nebyla nadále signifikantně rozdílná v rámci zvoleného typu výjezdu ($p>0,449$). Sub-fáze 2 stejně jako u startovního úseku vykazovala statisticky významný rozdíl mezi oběma typy výjezdů ($p<0,001$). Další sub-fáze se již od sebe nijak významně nelišily, a to jak v případě typu výjezdu, tak obrátkového či startovního úseku (viz. Tabulka 1). Rozdíl korelací byl vůči startovnímu úseku naprosto minimální a vztah vůči času podvodní fáze je tak obdobný. Dosažený čas na 15 m stejně jako u startovního úseku již signifikantně rozdílný nebyl a absolutní rozdíl v čase se vůči startovnímu úseku snížil.

Tabulka 1

Časy sledovaných úseků a dílčích sub-fází v rámci startovního a obrátkového úseku u obou typů výjezdů

| Typ výjezdu | 50 m prsa | | | | |
|-------------------------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------|
| | TYP 1 (n = 29) | | TYP 2 (n = 30) | | <i>p</i> |
| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | |
| Startovní úsek | | | | | |
| Čas 15 m po startu [s] | 6,43 | ± 0,43 | 6,53 | ± 0,35 | 0,31 |
| Čas podvodní fáze [s] | 4,08 | ± 0,45 | 4,40* | ± 0,38 | <0,006 |
| Čas Sub-fáze 1 [s] | 1,57 | ± 0,25 | 1,42* | ± 0,24 | <0,027 |
| Čas Sub-fáze 2 [s] | 0,77 | ± 0,11 | 1,24* | ± 0,23 | <0,001 |
| Čas Sub-fáze 3 [s] | 0,67 | ± 0,21 | 0,61 | ± 0,22 | 0,338 |
| Čas Sub-fáze 4 [s] | 1,08 | ± 0,18 | 1,12 | ± 0,20 | 0,386 |
| Obrátkový úsek | | | | | |
| Čas 15 m po obrátce [s] | 8,69 | ± 0,41 | 8,71 | ± 0,38 | 0,803 |
| Čas podvodní fáze [s] | 4,97 | ± 0,42 | 5,32* | ± 0,39 | <0,002 |
| Čas Sub-fáze 1 [s] | 2,27 | ± 0,27 | 2,23 | ± 0,24 | 0,449 |
| Čas Sub-fáze 2 [s] | 0,89 | ± 0,17 | 1,26* | ± 0,20 | <0,001 |
| Čas Sub-fáze 3 [s] | 0,66 | ± 0,19 | 0,68 | ± 0,23 | 0,786 |
| Čas Sub-fáze 4 [s] | 1,13 | ± 0,16 | 1,16 | ± 0,18 | 0,628 |

Poznámka: *M* = průměr; *SD* = směrodatná odchylka; *p* = statistická signifikace;

* statisticky významný rozdíl

Tabulka 2

Korelační analýza dílčích sub-fází rozloženého záběrového cyklu pod hladinou a celkového času podvodní fáze v závodě

| Čas podvodní fáze [s] | Časy dílčích sub-fází výjezdu [s] | | | |
|-----------------------|-----------------------------------|------------|------------|------------|
| | Sub-fáze 1 | Sub-fáze 2 | Sub-fáze 3 | Sub-fáze 4 |
| Startovní úsek | | | | |
| TYP 1 | | | | |
| 4,08 | 1,57 | 0,77 | 0,67 | 1,08 |
| <i>r-value</i> | 0,81** | 0,18 | 0,71* | 0,39 |
| TYP 2 | | | | |
| 4,4 | 1,42 | 1,24 | 0,61 | 1,12 |
| <i>r-value</i> | 0,63* | 0,32 | 0,62* | 0,2 |
| Obrátkový úsek | | | | |
| TYP 1 | | | | |
| 4,97 | 2,27 | 0,89 | 0,66 | 1,13 |
| <i>r-value</i> | 0,81** | 0,25 | 0,72* | 0,09 |
| TYP 2 | | | | |
| 5,32 | 2,23 | 1,26 | 0,68 | 1,16 |
| <i>r-value</i> | 0,57* | 0,39 | 0,65* | 0,11 |

Poznámka: r-value = hodnota korelačního koeficientu; ** velmi silná korelace; *silná korelace

5.7 Porovnání rychlostí jednotlivých referenčních úseků u výjezdů TYP 1 a TYP 2

Data týkající se hlavního cíle ukázala u startovního úseku a obrátkového úseku v rámci jednotlivých referenčních vzdáleností malé rozdíly na rychlostech mezi výjezdem TYP 1 a TYP 2 (viz. Tabulka 3). Výjezd TYP 1 byl však v rámci několika referenčních úseků startovního úseku rychlejší o 0,07 – 0,11 m.s⁻¹. U prvního úseku 0-5 m se vyskytoval navíc rozdíl ve výši směrodatné odchylky. V rámci plaveckých úseků se nevyskytovaly žádné významné rozdíly na rychlostech. Obrátkový úsek v rámci průměrných rychlostí taktéž nevykazoval žádnou velkou změnu v jednotlivých referenčních úsecích.

Tabulka 3

Rychlosti referenčních úseků závodu na 50 m prsa u obou typů výjezdů

| Typ výjezdu | 50 m prsa | | | | | |
|-----------------------|------------------------------|------|-------------|------------------------------|------|-------------|
| | TYP 1 (n = 29) | | | TYP 2 (n = 30) | | |
| | Rychlost v m.s ⁻¹ | | | Rychlost v m.s ⁻¹ | | |
| Parametr | M±SD | Mdn | variabilita | M±SD | Mdn | variabilita |
| Startovní úsek | | | | | | |
| 0 - 5 | 3,64±0,20 | 3,62 | 0,04 | 3,57±0,13 | 3,60 | 0,02 |
| 5 - 10 | 2,58±0,22 | 2,60 | 0,05 | 2,47±0,22 | 2,50 | 0,05 |
| 10 - 15 | 1,62±0,12 | 1,60 | 0,01 | 1,62±0,08 | 1,63 | 0,01 |
| 15 - 20 | 1,65±0,05 | 1,66 | 0,00 | 1,65±0,06 | 1,67 | 0,00 |
| Obrátkový úsek | | | | | | |
| 20 - 25 | 1,77±0,08 | 1,79 | 0,01 | 1,75±0,07 | 1,76 | 0,01 |
| 25 - 30 | 2,09±0,10 | 2,10 | 0,01 | 2,08±0,11 | 2,10 | 0,01 |
| 30 - 35 | 1,59±0,09 | 1,61 | 0,01 | 1,60±0,10 | 1,61 | 0,01 |
| 35 - 40 | 1,59±0,06 | 1,61 | 0,00 | 1,57±0,07 | 1,59 | 0,00 |
| 40 - 45 | 1,60±0,06 | 1,61 | 0,00 | 1,58±0,07 | 1,60 | 0,00 |
| 45 - 50 | 1,69±0,19 | 1,73 | 0,04 | 1,71±0,09 | 1,72 | 0,01 |

Poznámka: M = průměr; SD = směrodatná odchylka; Mdn = medián

5.8 Porovnání časů jednotlivých referenčních úseků u výjezdů TYP 1 a TYP 2

Data týkající se hlavního cíle ukázala, že mezi výjezdem TYP 1 a TYP 2 se zjistila diference pouze na startovním úseku (viz. Tabulka 4). Výjezd TYP 1 byl na startovním úseku rychlejší o 0,11 s, avšak signifikantní statistická rozdílnost zde zjištěna nebyla. Mezi dosaženým celkovým výkonem a zvoleným typem výjezdu nebyla nalezena signifikantní statistická rozdílnost. V tabulce 4 bylo stejně jako v případě tabulky 3 možnost vidět pouze malé rozdíly v časech na referenčních úsecích. Zjištěný rozdíl na startovním úseku se projevil již na 10 m (0-10 m: TYP 1: 3,32 s; TYP 2: 3,43 s) (viz. Tabulka 4). Plavci využívající výjezd TYP 1 tak dosáhnou hranice 10 m rychleji. Rozdíl startovního úseku mezi oběma typy výjezdů byl nadále udržen po celou dobu plaveckého závodu na 50 m prsa. V rámci obrátkového úseku se již tato diference nevyskytovala. Rozdíl mezi oběma typy výjezdů tak vytváří pouze část startovního úseku přesněji část od 0 do 10 m. Celkový dosažený výkon byl v rámci výjezdu TYP 1 rychlejší o 0,1 s, avšak dosahoval vyšší směrodatné odchylky.

Tabulka 4

Časy referenčních úseků závodu na 50 m prsa u obou typů výjezdů

| Typ výjezdu | 50 m prsa | | | | | |
|-----------------------|----------------|-------|-------------|----------------|-------|-------------|
| | TYP 1 (n = 29) | | | TYP 2 (n = 30) | | |
| | čas v (s) | | | čas v (s) | | |
| Parametr | M±SD | Mdn | variabilita | M±SD | Mdn | variabilita |
| Startovní úsek | | | | | | |
| 0 - 5 | 1,37±0,07 | 1,38 | 0,01 | 1,40±0,05 | 1,39 | 0,00 |
| 5 - 10 | 1,95±0,19 | 1,92 | 0,04 | 2,03±0,19 | 2,00 | 0,04 |
| 10 - 15 | 3,09±0,22 | 3,12 | 0,05 | 3,09±0,15 | 3,06 | 0,02 |
| 15 - 20 | 3,02±0,09 | 3,02 | 0,01 | 3,01±0,11 | 3,00 | 0,01 |
| Obrátkový úsek | | | | | | |
| 20 - 25 | 2,81±0,13 | 2,80 | 0,02 | 2,85±0,12 | 2,84 | 0,01 |
| 25 - 30 | 2,39±0,13 | 2,38 | 0,02 | 2,41±0,14 | 2,38 | 0,02 |
| 30 - 35 | 3,15±0,20 | 3,10 | 0,04 | 3,12±0,21 | 3,11 | 0,05 |
| 35 - 40 | 3,13±0,13 | 3,10 | 0,02 | 3,17±0,15 | 3,15 | 0,02 |
| 40 - 45 | 3,11±0,11 | 3,10 | 0,01 | 3,15±0,13 | 3,13 | 0,02 |
| 45 - 50 | 3,01±0,61 | 2,89 | 0,37 | 2,92±0,16 | 2,91 | 0,03 |
| 0 - 15 Start | 6,42±0,43 | 6,42 | 0,18 | 6,53±0,35 | 6,48 | 0,12 |
| 0 - 15 Obrátka | 8,68±0,41 | 8,58 | 0,16 | 8,70±0,38 | 8,63 | 0,14 |
| Start + obrátka | 15,11±0,81 | 15,00 | 0,66 | 15,24±0,70 | 15,09 | 0,49 |
| Celkový čas závodu | 27,08±1,48 | 26,66 | 2,20 | 27,18±1,07 | 27,05 | 1,15 |

Poznámka: M = průměr; SD = směrodatná odchylka; Mdn = medián

5.9 Porovnání rychlosti dílčích sub-fází výjezdů TYP 1 a TYP 2

Data týkající se dílčího cíle 1 ukázala rozdíl rychlostí v sub-fázi 1 mezi oběma typy výjezdu (viz. Tabulka 5). Rozdíl u sub-fáze 1 činil $0,13 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (TYP 1= $3,39 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; TYP 2= $3,52 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), který stejně jako čas vykazoval signifikantní statistickou rozdílnost mezi výjezdem TYP 1 a TYP 2 ($p < 0,029$). Sub-fáze 1 navíc u výjezdu TYP 2 vykazovala signifikantně vyšší směrodatnou odchylku. U sub-fáze 2 byla rovněž zaznamenána statisticky významná rozdílnost ($p < 0,001$) při rozdílu rychlostí $0,19 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (TYP 1= $2,24 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; TYP 2= $2,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) (viz. Tabulka 5). Důležitým zjištěním byl taktéž rozdíl v propadu rychlosti po dokončení sub-fáze 2. Výjezd TYP 1 vykazoval na konci sub-fáze 2 propad o $1,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ zatímco TYP 2 propad o $1,47 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Další sub-fáze startovního úseku, již vykazovaly velmi nízké rozdíly a nebyly signifikantně rozdílné vůči vybranému typu výjezdu.

Data týkající se dílčího cíle 2 ukázala, že rozdílnost v rychlosti u obrátkového úseku mezi jednotlivými sub-fázemi již nebyly příliš významné (viz. Tabulka 5). Nejvyšší variabilita byla zjištěna u sub-fáze 1, která se již v rámci obrátkového úseku neopakovala. Do měření nebyla zahrnuta rychlost reakce plavce, jelikož je ze své podstaty velmi špatně měřitelná (z pohledu rychlosti).

Tabulka 5

Rychlosti sledovaných dílčích sub-fází v rámci startovního a obrátkového úseku u obou typů výjezdů

| Typ výjezdu | 50 m prsa | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|------|-------------|------------------------------|------|-------------|
| | TYP 1 (n = 29) | | | TYP 2 (n = 30) | | |
| | Rychlost v m.s ⁻¹ | | | Rychlost v m.s ⁻¹ | | |
| Parametr | M±SD | Mdn | variabilita | M±SD | Mdn | variabilita |
| Startovní úsek | | | | | | |
| Letová fáze | 8,04±0,75 | 8,11 | 0,56 | 8,16±0,81 | 7,84 | 0,66 |
| Čas Sub-fáze 1 | 3,39±0,28 | 3,42 | 0,08 | 3,52±0,68 | 3,44 | 0,47 |
| Čas Sub-fáze 2 | 2,24±0,36 | 2,30 | 0,13 | 2,05±0,30 | 2,02 | 0,09 |
| Čas Sub-fáze 3 | 2,03±0,54 | 1,89 | 0,29 | 2,05±0,37 | 2,10 | 0,14 |
| Čas Sub-fáze 4 | 1,10±0,24 | 1,09 | 0,06 | 1,15±0,23 | 1,15 | 0,05 |
| Obrátkový úsek | | | | | | |
| Čas Sub-fáze 1 | 2,18±0,17 | 2,19 | 0,03 | 2,18±0,15 | 2,20 | 0,02 |
| Čas Sub-fáze 2 | 2,01±0,43 | 2,06 | 0,19 | 1,92±0,33 | 1,93 | 0,11 |
| Čas Sub-fáze 3 | 1,94±0,53 | 1,79 | 0,28 | 1,91±0,41 | 1,99 | 0,17 |
| Čas Sub-fáze 4 | 1,11±0,19 | 1,10 | 0,04 | 1,15±0,18 | 1,14 | 0,03 |
| Suma podvodní fáze po startu | 2,19±0,13 | 2,19 | 0,02 | 2,19±0,20 | 2,18 | 0,04 |
| Suma podvodní fáze po obrátce | 1,81±0,14 | 1,80 | 0,02 | 1,79±0,11 | 1,79 | 0,01 |

Poznámka: M = průměr; SD = směrodatná odchylka; Mdn = medián

5.10 Porovnání uplavaných vzdáleností dílčích sub-fází výjezdu TYP 1 a TYP 2

Data týkající se dílčího cíle 1 ukázala rozdíl v dosažené vzdálenosti mezi oběma typy výjezdů v rámci startovního úseku (viz. Tabulka 6). Největší rozdíl byl zjištěn v rámci sub-fáze 1 a 2. U sub-fáze 1 činil tento rozdíl 0,39 m, kdy výjezd TYP 1 dosahoval delších vzdáleností (TYP 1=5,27 m; TYP 2=4,86 m). U této sub-fáze byla rovněž zjištěna signifikantní statistická odlišnost ($p < 0,001$). Výjezd TYP 2 figuroval v delší vzdálenosti u sub-fáze 2, kdy byla zjištěna odlišnost 0,78 m (TYP 1=1,71 m; TYP 2=2,49 m) a taktéž byl zjištěn signifikantní statistický rozdíl ($p < 0,001$). Rozdílnost v rámci dalších sub-fází startovního úseku již signifikantní nebyla (viz. Tabulka 6). Startovní úsek byl celkově delší v případě provedení výjezdu TYP 2 a to o 0,42 m.

Data týkající se dílčího cíle 2 ukázala v případě obrátkového úseku změnu v délce sub-fáze 1, kdy již nedocházelo k tak vysokým rozdílům jako u startovního úseku mezi oběma typy výjezdu (viz. Tabulka 6). Signifikantní statistická odchylka již v rámci této sub-fáze obrátkového úseku zjištěna nebyla. Sub-fáze 2 obrátkového úseku vykazala stejně jako u startovního úseku statisticky významnou rozdílnost ($p < 0,001$). Rozdíl v délce provedení sub-fáze 2 činil 0,63 m (TYP 1= 1,74 m; TYP 2= 2,37 m). U dalších sub-fází obrátkového úseku již nebyla zjištěna žádná statisticky významná rozdílnost. Obrátkový úsek byl celkově delší v případě provedení výjezdu TYP 2 a to o 0,60 m. Celkově tak psarši provádějící výjezd TYP 2 disponovali delšími výjezdy, a to v průměru o 1,03 m. Do celkových součtů podvodních fází nebyla započtena letová fáze.

Tabulka 6

Uražené vzdálenosti všech sub-fází v rámci startovního a obrátkového úseku u obou typů výjezdů

| Typ výjezdu | 50 m prsa | | | | | |
|-------------------------------|------------------|-------|-------------|------------------|-------|-------------|
| | TYP 1 (n = 29) | | | TYP 2 (n = 30) | | |
| | Vzdálenost v (m) | | | Vzdálenost v (m) | | |
| Parametr | M±SD | Mdn | variabilita | M±SD | Mdn | variabilita |
| Startovní úsek | | | | | | |
| Letová fáze | 3,31±0,23 | 3,31 | 0,05 | 3,32±0,23 | 3,29 | 0,05 |
| Čas Sub-fáze 1 | 5,27±0,63 | 5,44 | 0,39 | 4,86±0,50 | 4,93 | 0,25 |
| Čas Sub-fáze 2 | 1,71±0,34 | 1,71 | 0,11 | 2,49±0,33 | 2,51 | 0,11 |
| Čas Sub-fáze 3 | 1,29±0,36 | 1,25 | 0,13 | 1,21±0,38 | 1,11 | 0,14 |
| Čas Sub-fáze 4 | 1,18±0,32 | 1,11 | 0,10 | 1,31±0,47 | 1,22 | 0,22 |
| Obrátkový úsek | | | | | | |
| Čas Sub-fáze 1 | 4,97±0,72 | 5,12 | 0,51 | 4,84±0,54 | 4,84 | 0,29 |
| Čas Sub-fáze 2 | 1,74±0,27 | 1,78 | 0,07 | 2,37±0,39 | 2,45 | 0,15 |
| Čas Sub-fáze 3 | 1,23±0,36 | 1,16 | 0,13 | 1,25±0,43 | 1,29 | 0,18 |
| Čas Sub-fáze 4 | 1,25±0,26 | 1,25 | 0,07 | 1,33±0,28 | 1,33 | 0,08 |
| Suma podvodní fáze po startu | 9,47±0,94 | 9,51 | 0,89 | 9,89±0,93 | 10,00 | 0,86 |
| Suma podvodní fáze po obrátce | 9,21±0,88 | 9,39 | 0,77 | 9,81±0,80 | 9,78 | 0,64 |
| Suma podvodních fází | 18,68±1,73 | 18,98 | 3,00 | 19,71±1,62 | 19,53 | 2,64 |

Poznámka: M = průměr; SD = směrodatná odchylka; Mdn = medián

5.11 Shrnutí výsledků

Hlavní cíl: Práce neprokázala rozdílný vliv některého ze zkoumaných typů výjezdu na výkon dosažený v acyklických úsecích závodu 50 m prsa.

Dílčí cíl 1: Data prokázala vztah dílčích sub-fází 1 a 3 a výjezdu TYP 1 a TYP 2 a podvodní fázi startovního úseku.

Hypotéza 1 se nepotvrdila byla tudíž prokázána souvislost mezi zvoleným typem prsového výjezdu a dosaženým časem podvodní fáze u startovního úseku

Dílčí cíl 2: Data prokázala vztah dílčích sub-fází 1 a 3 a výjezdem TYP 1 a sub-fází 3 u výjezdu TYP 2 v podvodní fázi obrátkového úseku.

Hypotéza 2 se nepotvrdila byla tudíž prokázána souvislost mezi zvoleným typem prsového výjezdu a dosaženým časem podvodní fáze u obrátkového úseku.

VO1: Podle zjištění je nejdůležitější částí prsového výjezdu na startovním úseku sub-fáze 1 a 3 pro oba typy výjezdů.

VO2: Podle zjištění je nejdůležitější částí prsového výjezdu na obrátkovém úseku sub-fáze 1 a 3 pro výjezd TYP 1 a sub-fáze 3 pro výjezd TYP 2.

6 Diskuze

Z výsledků nelze určit, který typ prsového výjezdu je z hlediska výkonu v acyklických úsecích závodu výhodnější. Korelační analýza odhalila, silný vztah mezi oběma splývavými polohami (sub-fáze 1 a sub-fáze 3) a časem podvodní fáze startovního úseku. Samotné splývání, v disciplíně 50 m prsa, představuje nejdůležitější část z celkového času výjezdu, stejně jako v případě ostatních prsařských disciplín (Olstad et al., 2022). Plnohodnotné využití potenciálu splývavé „streamline“ pozice je tedy pro zvýšení efektivity výjezdu zásadní (Hagedorn, 2013; Mullen G., 2018). Plavci, jež jsou schopni vykonat „hyperstreamline position“ budou v případě sub-fáze 1 prsového výjezdu dosahovat zásadně lepší výkonnosti (Hall W. & Murphy, 2020). Sub-fáze 1-4 prsového výjezdu disponují značným vlivem na dosažený výkon v závodě na 50 m prsa (Olstad et al., 2020b; Welcher et al., 2008). Startovní úsek je tvořen z 95 % právě sub-fázemi 1-4 (Vantorre et al., 2014). Korelace startovního úseku a výsledného času vykazuje téměř dokonalý vztah ($r=0,97$) (Olstad et al., 2020a).

U výjezdu TYP 2 však v důsledku vyšší rychlosti krátce po startu s následným započítáním delfinového kopu značně vzroste i hydrodynamický odpor (Naemi et al., 2010). Pro výjezd TYP 2 to představuje v průměru o $0,32 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vyšší pokles rychlosti od ukončení sub-fáze 1 po ukončení sub-fáze 2 v porovnání se závodníky využívajícími výjezd TYP 1. Správné načasování sub-fáze 2 může znamenat potenciálně delší výjezd při vyšší rychlosti (McCabe et al., 2012)

Efektivní přechod ze sub-fáze 1 do sub-fáze 2 by měl být načasován tak, aby během delfinového kopu rychlost plavce výrazně nepřevyšovala $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, což je moment, kdy dochází ke značné převaze turbulentního vlnění nad laminárním a hydrodynamický odpor plavce skokově roste (Naemi et al., 2010). Rychlost plavce před započítáním sub-fáze 2 by zároveň neměla být nižší než rychlost samotného plavání na hladině (Paulo Vilas-Boas et al., 2010; Veiga et al., 2013). U obrátkového úseku je efektivní setrvání v sub-fázi 1 prsového výjezdu v závislosti na tvaru postavy plavce přibližně k hranici 6 m od stěny (V případě startovního úseku bude efektivní hranice setrvání v sub-fázi 1 prolongována) (Houel et al., 2013). V této vzdálenosti od stěny již většinou rychlost plavce klesá pod rychlost plaveckých úseků.

Změřené časy jednotlivých sub-fází v této práci do určité míry korespondují s daty jiné studie od Olstad et al., (2022). Data se výrazněji rozcházejí u sub-fáze 1. Rozdíl je

pravděpodobně způsoben odlišnou interpretací počátku sub-fáze 1. Zmínění autoři vycházejí z polohy plavce plně ponořeného pod vodní hladinou, zatím co tato práce určuje za počátek sub-fáze 1 protnutí vodní hladiny hlavou závodníka. Za touto rozdílností stojí rozličné podmínky získávání dat, kdy zmínění autoři disponovali laboratorním prostředím a podvodními záznamy. Vzhledem k datům analyzovaným u této diplomové práce z prostředí ME Glasgow 2019 a ME Kazan 2021 nebylo možné získat podvodní záznamy. Odlišnosti u dalších sub-fází vůči této práci mohou být způsobeny nižší kvalitou vybraných plavců (FINA 674,94±92,23) popřípadě menším statistickým souborem (n=14).

Závodníci využívající výjezd TYP 1 začínají sub-fází 2 při nižší dopředné rychlosti v průměru o 0.16 s později a zároveň o 0.41 m dál v porovnání s výjezdem TYP 2. U výjezdu TYP 2 tak nemusí být potenciál sub-fáze 1 dostatečně využit, jelikož během přechodu do sub-fáze 2 závodníci stále udržují příliš vysokou dopřednou rychlost, která může negativně ovlivňovat další průběh výjezdu.

Nabízí se otázka, zda by pozdější načasování delfínového kopu, obdobně jako u výjezdu TYP 1, mohlo mít za následek redukcí ztráty rychlosti při přechodu ze sub-fáze 1 do sub-fáze 2 u výjezdu TYP 2. Zároveň by tak mohlo dojít k rovnoměrnějšímu rozložení celého záběrového cyklu pod hladinou a pravděpodobně i rychlejšímu času v úseku 15 m po startu. Tento předpoklad však neplatí v případě úseku 15 m po obrátce, vzhledem k významně nižším rychlostem dosažených v sub-fázi 1 (Craig B. et al., 2006).

7 Závěry

Práce měla několik základních cílů. Prvním bylo zjistit, zda dochází ke změně ve výkonu na startovním či obrátkovém úseku dle využitého typu výjezdu. Analyzovaná data předkládají svědectví o tom, že nezáleží na výběru prsového výjezdu, jelikož oba se jeví jako stejně účinné. Pro závodníky a trenéry tudíž z výsledků vyplývá, že jakýkoliv využitý typ výjezdu při závodě zásadně neovlivňuje podaný výkon.

Dílčími cíli bylo zjistit, zda existuje rozdílný vztah dílčích sub-fází v rámci vybraného typu prsového výjezdu a časem podvodní fáze u startovního a obrátkového úseku. Výsledky jednoznačně poukazují na rozdílnost jednotlivých sub-fází mezi oběma typy prsových výjezdů. Vyšší průměrná rychlost po startu v rámci sub-fáze 1 následovaná značným poklesem rychlosti během přechodu do sub-fáze 2 u výjezdu TYP 2 naznačuje, že celkový potenciál sub-fáze 1 byl využit nedostatečně. Kvůli časnému přechodu do sub-fáze 2 dochází pravděpodobně ke značným ztrátám na rychlostech. Pozdější načasování delfinového kopu u výjezdu TYP 2 by mohlo přispět k efektivnějšímu rozložení rychlosti během celého rozloženého záběrového cyklu pod hladinou a zlepšit tak dosažený čas v úseku 15 m po startu. U obrátkového úseku byla taktéž zjištěna jednoznačná rozdílnost. Nízká rychlost po odraze od stěny, ale smazává výkonnostní rozdíly mezi oběma prováděnými typy prsového výjezdu. Celkový potenciál je tak s největší pravděpodobností v rámci obrátkového výjezdu efektivně zužitkován nezávisle na provedeném typu výjezdu. Obě stanovené hypotézy byly tedy vyvráceny. Možnost dalšího výzkumu se tak týká především startovního úseku. Případová studie by mohla objasnit, zda dochází k lepším časům u startovního úseku při prodloužení sub-fáze 1 u výjezdu TYP 2. Pokud by došlo ke zlepšení výkonu na startovním úseku, tak by bylo nezbytné zjistit, zda by výjezd TYP 2 byl výhodnější než výjezd TYP 1.

VO1: Která část podvodní fáze od vnoření po protnutí hladiny nejvíce ovlivňuje čas v úseku 15 m po startu?

Dle dostupných výsledků vyplývá, že je důležité, aby se trenéři zaměřili u svých svěřenců na excelentní zvládnutí sub-fáze 1 a 3 prsového výjezdu. Vzhledem k celkové míře ovlivnění výkonu na 15 m nehledě na prováděný typ výjezdu

VO2: Která část podvodní fáze od vnoření po protnutí hladiny nejvíce ovlivňuje čas v úseku 15 m po obrátce?

Dle dostupných dat vyplývá, že u výjezdu TYP 1 je důležité stejné zaměření při tréninku jako u startovního úseku, zatím co u výjezdu TYP 2 je důležité zaměřit se především na sub-fázi 3, která vytváří nejvyšší čelní odpor.

V celkovém kontextu tak práce potvrdila, že nejzásadnější částí plaveckého výkonu je vytvářený odpor plavcem. Za nejlepšími výkony tudíž nestojí vybrané technické provedení určitého pohybového vzorce prsového výjezdu ale to, jak se daný závodník dokáže popasovat s odporem, který v případě prsařských disciplín představuje zásadní složku výkonu. Rychlost, kterou v určitých fázích závodu plavec disponuje podstatnou částí ovlivňuje další průběh závodu. Pokud tedy plavec disponoval velmi vysokou rychlostí bylo pro něj důležitější, jak s rychlostí pracoval. Vysoká rychlost ukázala do určité míry kvalitu plavce, a to jak dokáže využít splývavé polohy těla a operovat s odporem. Plavci podávající lepší výkon pravděpodobně využívají propulzní mechaniky v momentě, kdy je efekt odporu pro přechod do dalších fází závodu minimální.

8 Shrnutí

Práce pojednává o provedení dvou odlišných způsobů rozloženého záběrového cyklu pod hladinou. V současných pravidlech je dle práce využíváno výjezdu TYP 1 u kterého plavec provádí delfinový kop současně se zátahem pažemi a TYP 2, kdy plavec provádí delfinový kop před zátahem. Dále práce rozděluje rozložený záběrový cyklus do menších jednotek (sub-fázi) a zkoumá jejich ovlivnění u startovního a obrátkového úseku. V první části práce je popsána problematika prsových výjezdů a rozčlenění plaveckých závodů do specifických částí. Zkoumaná část plaveckého závodu na 50 m prsa je dle současných poznatků zásadním prvkem podaného výkonu. Práce při analýze dat pracovala s videozáznamy Evropských mistrovství z let 2019 a 2021. Analýza dat byla provedena ve speciálním programu určenému k vyhodnocení sportovních aktivit (Darhfish). Celkem bylo do výzkumu zařazeno 59 plavců ve věku 23.6 ± 6.9 a výkonovým rozpětím FINA bodů 822 ± 95 . V rámci statistického šetření byl u vybraných parametrů spočten Pearsonův korelační koeficient a Studentův t-test. Práce zjistila, že neexistuje rozdíl u podaného výkonu na startovním a obrátkovém úseku a daným typem prsového výjezdu. Zjistilo se ovšem, že existuje rozdíl mezi vybraným typem prsového výjezdu a časem podvodní fáze u startovního a obrátkového úseku. Práce rovněž zjistila, že sub-fáze 1 a 3 prsového výjezdu mají majoritní vliv na výkon prsového výjezdu. Sub-fáze 1 u prsového výjezdu TYP 2 navíc naznačuje nedokonale využitý potenciál kvůli přechodu do sub-fáze 2 v příliš vysoké rychlosti. Vysoká ztráta rychlosti u výjezdu TYP 2 na konci sub-fáze 2 naznačuje vysoký nárůst hydrodynamického odporu. Dle získaných dat práce doporučuje trenérům, aby se při tréninku prsových výjezdů u svých svěřenců zaměřili na sub-fázi 1 a 3.

9 Summary

The study deals with two different of the breaststroke pull-out technique during the underwater phase. In current rules it is possible according to this study use pull-out technique in TYPE 1 the dolphin kick is performed at the same time as the arm pullout. In TYPE 2 the dolphin kick is finished before arm pull-out. Furthermore the study deals with the sub-phases of the breast pull-out technique and their influence on the start and turn performance. The first part of the study describes the issue of pull-out technique and divide swimming races into specific parts of swimming performance. According to current knowledge, the researched part of the 50 m breaststroke is an essential element of the whole performance. Research was done by analysis video recordings of the European Championships from 2019 and 2021. The data was extract from video recordings in a special program designed to evaluate sports activities (Darhfish). In study were included up to 59 swimmers aged 23.6 ± 6.9 ; FINA 822 ± 95 . Within the statistical survey, Pearson's correlation coefficient and Student's t-test was used to calculate selected parameters. The study found that there is no difference between used pull-out technique and achieved performance on start or turn section. Nevertheless it was found there is difference between used pull-out technique and underwater phase at start and turn section. The study also found that sub-phases 1 and 3 of the pull-out technique have a major impact on the performance of the whole underwater phase. Sub-phase 1 at the TYPE 2 pull-out techniuque indicates an imperfectly exploited potential due to the transition to sub-phase 2 at too high a speed. The high loss of speed at the TYPE 2 pull-out technique at the end of sub-phase 2 indicates a high increase in hydrodynamic drag. According to the obtained data, the study recommends trainers to focus on sub-phases 1 and 3 during the training of breaststroke underwater phases.

10 Referenční seznam

- Benjanuvatra, N., Blanksby, B. A., & Elliott, B. C. (2001). Morphology and Hydrodynamic Resistance in Young Swimmers. In *Pediatric Exercise Science* (Vol. 13).
- Beretić, I., Đurović, M., Okičić, T., & Dopsaj, M. (2013). Relations between Lower Body Isometric Muscle Force Characteristics and Start Performance in Elite Male Sprint Swimmers. In *Journal of Sports Science and Medicine* (Vol. 12). <http://www.jssm.org>
- Bixler, B., Pease, D., & Fairhurst, F. (2007). The accuracy of computational fluid dynamics analysis of the passive drag of a male swimmer. *Sports Biomechanics*, 6(1), 81–98. <https://doi.org/10.1080/14763140601058581>
- 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., Kuger, J., Polach, M., & Romann, M. (2021). Start and turn performances of elite male swimmers: benchmarks and underlying mechanisms. *Sports Biomechanics*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1872693>
- Botek, M., Neuls, F., Vyhnánek, J., & Klimešová, I. (2017). *Fyziologie pro tělovýchovné obory* (1st ed.). Univerzita Palackého v Olomouci.
- Březina, J. (2020). *Technika rozloženého pohybového cyklu pod hladinou a její vliv na výkon u plaveckého způsobu prsa* [Univerzita Palackého v Olomouci]. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat03959a&AN=upol.0326859&lang=cs&site=eds-live&scope=site>
- Chatard, J. C., Bourgoïn, B., & Lacour, J. R. (1990). Passive drag is still a good evaluator of swimming aptitude. In *Euro-an oum.,o, Applied Physiology and Occupational Physiology* (Vol. 59). Springer-Verlag.
- Chollet, D., Chalies, S., & Chatard, J. C. (2000). *A New Index of Coordination for the Crawl: Description and Usefulness*. 54–59. <https://doi.org/10.1055/s-2000-8855>
- Cossor, J. M., & Mason, B. R. (2001). *SWIM START PERFORMANCES AT THE SYDNEY 2000 OLYMPIC GAMES*.

- Craig B., A., Termin, B., & Pendergast R., D. (2006). Simultaneous recordings of velocity and video during swimming. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 6(2), 32–35.
- Cuenca-Fernández, F., López-Contreras, G., Mourão, L., de Jesus, K., de Jesus, K., Zacca, R., Vilas-Boas, J. P., Fernandes, R. J., & Arellano, R. (2019). Eccentric flywheel post-activation potentiation influences swimming start performance kinetics. *Journal of Sports Sciences*, 37(4), 443–451. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1505183>
- 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, 376–380. <https://doi.org/10.7752/jpes.2019.s2056>
- Evans D., J. (1996). *Straightforward statistics for the behavioral sciences*. Thomson Brooks/Cole Publishing Co.
- FINA. (2017). *FINA Swimming Rules 2017-2021*. FINA. https://www.fina.org/sites/default/files/2017_2021_swimming_12092017_ok_0.pdf
- Hagedorn, E. (2013). *Physics of Swimming: Conditions that Affect the Passive Drag on a Swimmer in Streamline Position*.
- Hall W., G., & Murphy, D. (2020). *Fundamentals of Fast Swimming* (1st ed.). Bowker.
- Hayashi, Y., & Luo, Z. (2015). *Optimal Timing of Dolphin Kick During Breaststroke Underwater Swimming Movement*. https://doi.org/10.0/Linux-x86_64
- Hofer, Z. (2016). *Technika plaveckých způsobů* (4th ed.). nakladatelství Karolinum.
- Hofer, Z., Felgrová, I., Jasan, L., & Smolík, P. (2006). *Technika plaveckých způsobů* (2nd ed.). Univerzita Karlova v Praze.
- Houel, N., Elipot, M., André, F., Hellard, P., Houel, N., Elipot, M., André, F., Hellard, P., Houel, N., Elipot, M., André, F., & Hellard, P. (2013). *Influence of Angles of Attack, Frequency and Kick Amplitude on Swimmer's Horizontal Velocity During Underwater Phase of a Grab Start*. 29(1), 49–54. <https://doi.org/10.1123/jab.29.1.49>

- Kjendlie, P.-L., Haljand, R., Fjørtoft, O., & Stallman, R. K. (2006). The temporal distribution of race elements in elite swimmers. In *Portuguese Journal of Sport Sciences* (Vol. 6, Issue 2). <https://www.researchgate.net/publication/267389801>
- LEN. (2021). *Microplus data processing & timing*. Swimming Results. http://kazan2021.microplustiming.com/indexKazan2021_web.php
- Lyttle, D. A., Blanksby, A. B., Elliott, C. B., & Lloyd, G. D. (1998). The effect of depth and velocity on drag during the streamlined glide. *The Journal of Swimming Research*, 13(1), 15–22.
- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming Fastest* (M. Barnard & L. Hambly, Eds.; 2nd ed.). Human Kinetics.
- 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., Mason, B., & Fowlie, J. (2012). A TEMPORAL INVESTIGATION INTO THE BUTTERFLY KICK PLACEMENT FOLLOWING A BREASTSTROKE START AND TURN. In *30 th Annual Conference of Biomechanics in Sports-Melbourne*.
- 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>
- Mourão, L., de Jesus, K., Roesler, H., Machado, L. J., Fernandes, R. J., Vilas-Boas, J. P., & Vaz, M. A. P. (2015). Effective swimmer's action during the grab start technique. *PLoS ONE*, 10(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123001>
- Mullen G., J. (2018). *Swimming science* (1st ed.). Ivy press.
- Naemi, R., Easson, W. J., & Sanders, R. H. (2010). Hydrodynamic glide efficiency in swimming. In *Journal of Science and Medicine in Sport* (Vol. 13, Issue 4, pp. 444–451). <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.04.009>

- Nicolas, G., & Bideau, B. (2009). A kinematic and dynamic comparison of surface and underwater displacement in high level monofin swimming. *Human Movement Science*, 28(4), 480–493. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2009.02.004>
- Olstad, B. 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, B. H., Wathne, H., & Gonjo, T. (2020a). 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>
- Olstad, B. H., Wathne, H., & Gonjo, T. (2020b). 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>
- Paulo Vilas-Boas, J., Costa, L., Fernandes, R. J., Ribeiro, J., Figueiredo, P., Marinho, D., Silva, A. J., Rouboa, A., & Machado, L. (2010). Determination of the Drag Coefficient During the First and Second Gliding Positions of the Breaststroke Underwater Stroke. In *Journal of Applied Biomechanics* (Vol. 26).
- Polach, M., Thiel, D., & Svozil, Z. (2019). Obrátky jako jeden z důležitých faktorů plaveckého výkonu. *Tělesná Kultura*, 42(1), 9–13. <https://doi.org/10.5507/tk.2019.006>
- Sánchez, L., Arellano, R., & Cuenca-Fernández, F. (2021a). 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>
- Sánchez, L., Arellano, R., & Cuenca-Fernández, F. (2021b). 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>
- Schnitzler, C., Seifert, L., Alberty, M., & Chollet, D. (2010). Hip velocity and arm coordination in front crawl swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 31(12), 875–881. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1265149>

- Seifert, L., Boulesteix, L., & Chollet, D. (2004). Effect of gender on the adaptation of arm coordination in front crawl. *International Journal of Sports Medicine*, 25(3), 217–223. <https://doi.org/10.1055/s-2003-45253>
- Seifert, L., Conceição, A., Gonjo, T., Stastny, J., & Olstad, B. H. (2021). Arm–Leg coordination profiling during the dolphin kick and the arm pull-out in elite breaststrokers. *Journal of Sports Sciences*, 39(23), 2665–2673. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1950446>
- Smith, D. J., Norris, S. R., & Hogg, J. M. (2002). Performance Evaluation of Swimmers. *Sports Medicine*, 32(9), 539–554. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232090-00001>
- Stosic, J., Veiga, S., Trinidad, A., & Navarro, E. (2021). How should the transition from underwater to surface swimming be performed by competitive swimmers? *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.3390/app11010122>
- 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>
- Tor, E., Pease, D. L., & Ball, K. A. (2015). Comparing three underwater trajectories of the swimming start. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(6), 725–729. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.10.005>
- Tor, E., Pease, D. L., Ball, K. A., & Hopkins, W. G. (2014). Monitoring the effect of race-analysis parameters on performance in elite swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(4), 633–636. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2013-0205>
- Tourny-Chollet, C., Chollet, D., Hogie, S., & Pappardopoulos, C. (2002). Kinematic analysis of butterfly turns of international and national swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 20(5), 383–390. <https://doi.org/10.1080/026404102317366636>
- van Houwelingen, J., Roerdink, M., Huibers, A. v., Evers, L. L. W., & Beek, P. J. (2017). Pacing the phasing of leg and arm movements in breaststroke swimming to minimize intra-cyclic velocity fluctuations. *PLoS ONE*, 12(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186160>

- Vantorre, J., Chollet, D., & Seifert, L. (2014). Biomechanical analysis of the swim-start: A review. *Journal of Sports Science and Medicine*, *13*(2), 223–231. <https://search.proquest.com/docview/2295531877?accountid=16730>
- Veiga, S., Cala, A., Mallo, J., & Navarro, E. (2013). A new procedure for race analysis in swimming based on individual distance measurements. *Journal of Sports Sciences*, *31*(2), 159–165. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.723130>
- Veiga, S., & Roig, A. (2016). Underwater and surface strategies of 200 m world level swimmers. *Journal of Sports Sciences*, *34*(8), 766–771. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1069382>
- Veiga, S., & Roig, A. (2017). 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>
- 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>
- Welcher, R. L., Hinrichs, R. N., & George, T. R. (2008). Front- or rear-weighted track start or grab start: Which is the best for female swimmers? *Sports Biomechanics*, *7*(1), 100–113. <https://doi.org/10.1080/14763140701683247>
- Williams, T. M., & Kooyman, G. L. (1985). Swimming Performance and Hydrodynamic Characteristics of Harbor Seals *Phoca Vitulina*. *Physiol Zool*, *58*(5), 576–589. <http://www.journals.uchicago.edu/t-and-c>

11 Přílohy

| | |
|--|----|
| Obrázek 1. Startovní povel - počátek startovního úseku (ME Kazan 2021)..... | 12 |
| Obrázek 2. 15m hranice - konec startovního úseku (ME Kazan 2021) | 12 |
| Obrázek 3. Začátek fáze na bloku (ME Kazan 2021) | 13 |
| Obrázek 4. Konec fáze na bloku (ME Kazan 2021)..... | 14 |
| Obrázek 5. Letová fáze (ME Kazan 2021)..... | 15 |
| Obrázek 6. Počátek vstupní fáze (ME Kazan 2021) | 16 |
| Obrázek 7. Konec vstupní fáze (ME Kazan 2021)..... | 16 |
| Obrázek 8. Počátek plaveckého úseku (ME Kazan 2021) | 17 |
| Obrázek 9. Konec plaveckého úseku (ME Kazan 2021)..... | 17 |
| Obrázek 10. Počátek obrátkového úseku (ME Kazan 2021)..... | 19 |
| Obrázek 11. Konec obrátkového úseku (ME Kazan 2021)..... | 19 |
| Obrázek 12. Počátek posledního úseku (finiš ME Kazan 2021)..... | 20 |
| Obrázek 13. Konec posledního úseku (finiš ME Kazan 2021) | 20 |
| Obrázek 14. Závodník v ideální pozici splývání vytvářející minimální čelní odpor (Paulo Vilas-Boas et al., 2010) | 22 |
| Obrázek 15. Závodník (prsař) při druhé fázi splývání vytvářející nejvyšší možný odpor (platí u splývacích poloh těla) (Paulo Vilas-Boas et al., 2010)..... | 22 |
| Obrázek 16. Sub-fáze 1 prsového výjezdu (rozloženého záběrového cyklu pod hladinou) (ME Kazan 2021) | 25 |
| Obrázek 17. Sub-fáze 3 prsového výjezdu (rozloženého záběrového cyklu pod hladinou) (ME Kazan 2021) | 26 |
| Obrázek 18. Schéma rozdílů v prsovém výjezdu v rámci sub-fáze 2 (nahore TYP 2 a dole TYP 1) (Březina, 2020)..... | 27 |
| Obrázek 19. Počátek přenosové fáze prsového výjezdu (sub-fáze 4) rozloženého záběrového cyklu pod hladinou (ME Kazan 2021) | 28 |
| Obrázek 20. Konec přenosové fáze prsového výjezdu (sub-fáze 4) rozloženého záběrového cyklu pod hladinou (ME Kazan 2021) | 28 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 21. Počátek prsového kopu (ME Kazan 2021) | 30 |
| Obrázek 22. Konec prsového kopu (ME Kazan 2021) | 30 |
| Obrázek 23. Schématické rozdělení jednotlivých sub-fází prsového výjezdu | 30 |
| Obrázek 24. Počátek prsového záběru (ME Kazan 2021)..... | 31 |
| Obrázek 25. Poslední fáze prsového záběru před pohybem paží směrem ke vzpažení (ME Kazan 2021)..... | 31 |
| Obrázek 26. Přejížděcí fáze plaveckého způsobu prsa (ME Kazan 2021)..... | 32 |
| Obrázek 27. Graf rychlosti jednoho prsového cyklu a jeho průběhu v čase (van Houwelingen et al., 2017)..... | 34 |
| Obrázek 28. Počátek obrátové fáze u prsou (ME Kazan 2021) | 36 |
| Obrázek 29. Konec obrátové fáze u prsou (ME Kazan 2021)..... | 36 |
| Obrázek 30. Poloha plavce těsně po odrazu od obrátkové stěny (ME Kazan 2021) | 37 |
| Obrázek 31. Znázornění měřených úseků a kalibrace MS Hangzhou 2018 (Březina, 2020) | 42 |
| Obrázek 32. Podrobné schématické zpracování sledující průběh výjezdu a sledované parametry (Olstad et al., 2022) | 44 |