

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

Analýza akcelerační fáze krátkého překážkového sprintu

Bakalářská práce

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Jan Feher

Vypracoval:

Lukáš Větrovský

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne 27.5.2024

.....

Lukáš Větrovský

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Chtěl bych velice poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Mgr. Janu Feherovi za cenné rady a pomoc při tvorbě práce. Dále také děkuji za možnost zúčastnit se měření metodologického oddělení ČAS, díky kterému jsem získal cenné zkušenosti pro tvorbu mé práce a za následné poskytnutí dat z měření, kterými se ve své práci zabývám. Velké poděkování také patří všem překážkářům a překážkářkám, kteří se měření zúčastnili.

Abstrakt

Název: Analýza akcelerační fáze krátkého překážkového sprintu

Cíle: Cílem této bakalářské práce bylo čtenáři přiblížit problematiku krátkého překážkového sprintu s důrazem na analýzu dat týkajících se akcelerační fáze získaných z měření na probandech z kategorie dospělí, junioři a dorostenci a následně z vyhodnocených dat formulovat závěry využitelné v praxi jak pro trenéry, tak pro samotné závodníky.

Metody: Pro získání dat bylo použito měřicí zařízení Optojump společně s kamerovým záznamem od první i druhé překážky a volně přístupný počítačový program Kinovea. Získaná data ze zařízení Optojump byla převedena do programu Microsoft Excel. Následné grafy byly taktéž vytvořeny v tomto programu. Analýza vycházela z odborné literatury zejména (Pollit 2018) a Walker (2019) a porovnání dat z měření jednotlivých účastníků mezi sebou.

Výsledky: Z výsledků měření a odborné literatury jsme v následné diskusi zjistili, že většina testovaných překážkářů zvolila při náběhu osmikrokovou strategii. Naopak elitní závodníci stále více praktikují sedmikrokovou strategii při náběhu, ovšem ani ta nutně nezaručuje rychlejší náběh. Jsou případy, jak už z výsledků měření ČAS, tak z měření na vrcholových akcích, že správně zvládnutý osmikrokový náběh může být rychlejší. Dále jsme touto prací zjistili technické nebo rychlostní nedostatky u některých měřených atletů a naopak u některých překážkářů jsme zjistili dobré výsledky u konkrétních parametrů, jenž se velmi podobají nebo dokonce vyrovnají elitním závodníkům. V celkovém součtu ale nikdo z měřených atletů nedosáhl jejich úrovně. Dále vyšlo najevo, že dorostenečtí překážkáři, jenž se zúčastnili měření, i přes nižší výšku překážek nedokázali ve většině případů konkurovat rychlostně a také technicky starším atletům.

Klíčová slova: Atletika, 110 m překážek, akcelerace, délka kroků, frekvence kroků

Abstract

Title: Analysis of the acceleration phase of a short hurdle sprint

Objectives The objective of this bachelor's thesis was to familiarize the reader with the issue of short hurdle sprints, with an emphasis on data analysis concerning the acceleration phase obtained from measurements on subjects from the adult, junior, and youth categories. Subsequently, from the evaluated data, the aim was to formulate conclusions applicable in practice for both coaches and the athletes themselves.

Methods: For obtaining data, the Optojump measurement device was used together with video recordings from the first and second hurdles and the freely accessible computer program Kinovea. The data obtained from the Optojump device was transferred to Microsoft Excel. Subsequent graphs were also created in this program. The analysis was based on the professional literature, primarily (Pollit 2018) and Walker (2019), and involved comparing the data from the measurements of individual participants with each other.

Results: From the results of the measurements and the professional literature, we found in the subsequent discussion that most of the tested hurdlers chose the eight-step strategy during the approach. In contrast, elite athletes increasingly practice the seven-step strategy during the approach, but this does not necessarily guarantee a faster approach. There are cases, as seen from the ČAS measurements and measurements at top events, where a properly executed eight-step approach can be faster. Additionally, this work identified technical or speed deficiencies in some of the measured athletes, while others showed good results in specific parameters, closely resembling or even matching elite athletes. However, none of the measured athletes reached the level of elite competitors overall. It also emerged that the youth hurdlers who participated in the measurements, despite the lower height of the hurdles, were generally unable to compete in speed and technique with older athletes.

Keywords: Track and field, 110 m hurdles, acceleration, length of steps, steps frequency

OBSAH

Seznam zkratk	9
1 ÚVOD	10
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE	11
2.1 Pravidla krátkého překážkového sprintu	11
2.2 Charakteristika krátkého překážkového sprintu	12
2.3 Struktura sportovního výkonu krátkého překážkového sprintu	13
2.3.1 Technické faktory a technika	14
2.3.1.1 Start a náběh na první překážku	15
2.3.1.2 Přeběh překážky	19
2.3.1.3 Odrazová fáze překážkového kroku	20
2.3.1.4 Záslap za překážkou	20
2.3.1.5 Běh mezi překážkami	21
2.3.1.6 Doběh do cíle za poslední překážkou	22
2.3.2 Somatické faktory	22
2.3.3 Psychické faktory	23
2.3.4 Kondiční faktory	24
2.3.4.1 Silové schopnosti	24
2.3.4.2 Rychlostní schopnosti a frekvence běhu	24
2.3.4.3 Vytrvalostní schopnosti	27
2.3.4.4 Tělesná pohyblivost	27
2.3.5 Taktické faktory	27
3. VÝZKUMNÁ ČÁST	28
3.1 Cíle práce	28
3.2 Úkoly práce	28
3.3 Stanovení výzkumných otázek	28
3.4 Stanovení hypotéz	28
3.5 Metodika práce	29
3.5.1 Optojump	30
4 VÝSLEDKOVÁ ČÁST	32
5 DISKUZE	39
5.1 Porovnání muži	39
5.2 Porovnání junioři	47

5.3 Porovnání dorostenci.....	51
5.4 Shrnutí klíčových parametrů	54
5.5 Zhodnocení hypotéz	54
6. ZÁVĚR.....	56
Seznam použité literatury	58
Seznam tabulek	61
Seznam grafů.....	62
Seznam obrázků	63
Seznam příloh	0

Seznam zkratk

cm – centimetr

č. - číslo

ČAS – Český atletický svaz

HMS – halové mistrovství světa

km/h – kilometry za hodinu

m – metr

MS – mistrovství světa

ms – milisekunda

m/s – metry za sekundu

OH – Olympijské hry

Př. – překážka, překážek, překážky,

RJ – rytmická jednotka

s – sekunda

str. – strana

t 100 – čas dosažený v běhu na 100 m

t 110 – čas dosažený v běhu na 110 m přelázek

1 ÚVOD

Překážkové běhy jsou velmi zajímavou atletickou disciplínou, kde se kombinuje rychlost hladkého sprintu s technikou přeběhu překážek. Díky tomu se jedná o jednu z nejnáročnějších atletických disciplín. Na samotném výkonu se podílí hned několik faktorů, které jsou popsány v jedné z níže sepsaných kapitol. Ve své bakalářské práci jsem se chtěl věnovat problematice překážek proto, že k této disciplíně mám velmi blízko. Aktivně jsem závodil a stále závodím na krátkých i dlouhých překážkových tratích napříč všemi věkovými kategoriemi a rád bych se na ně specializoval i v budoucnu jako trenér. Pomocí této práce bych rád dospěl k lepšímu pochopení dané problematiky.

Konkrétní problematika této práce bude akcelerační fáze na krátkém překážkovém sprintu. Trenéři a i samotní závodníci se neustále snaží vylepšovat tréninkové metody a zdokonalují techniku dané disciplíny. Díky moderním technologiím jsme schopni detailně rozebrat a analyzovat biomechaniku každé sportovní disciplíny nejen v izolované laboratoři, ale i v terénu nebo dokonce během vrcholových soutěží. Tato práce se bude věnovat právě rozboru a analýze dat z měření v terénu za pomoci moderních technologií jako je měřicí zařízení Optojump a vysokofrekvenční video. Cílem této bakalářské práce bylo čtenáři přiblížit problematiku krátkého překážkového sprintu s důrazem na analýzu dat týkajících se akcelerační fáze získaných z měření na probandech z kategorie dospělí, junioři a dorostenci a následně z vyhodnocených dat formulovat závěry využitelné v praxi jak pro trenéry, tak pro samotné závodníky.

Teoretická část práce se zabývá pravidly překážkových běhů, charakteristikou a strukturou výkonu. Ve výzkumné části se seznámíme s cílem práce a stanovením výzkumných otázek a v neposlední řadě i s metodikou práce. Ve výsledkové části si představíme výsledná data z měření a v závěrečné diskuzi budeme tato data vzájemně analyzovat, porovnávat a hodnotit.

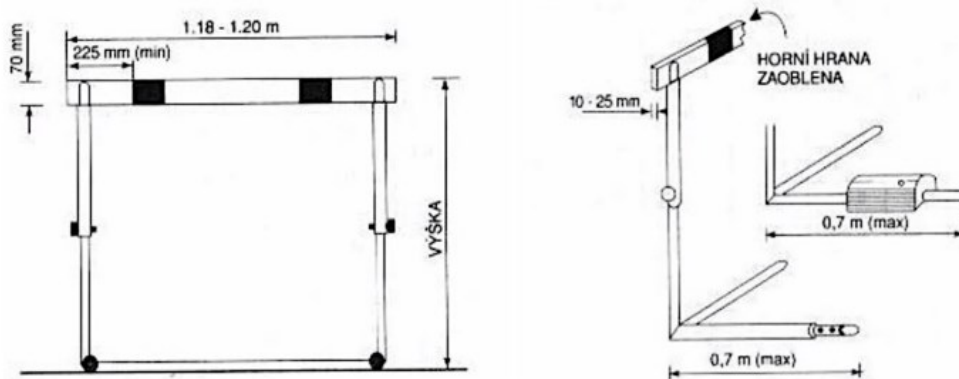
Běhu na 110 m překážek se ve svých závěrečných pracích zabývali také např. Slavíček (2020, 2022), Borovičková (2006,2008) a Matějková (2011).

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

2.1 Pravidla krátkého překážkového sprintu

Délka trati krátkého překážkového sprintu v kategorii mužů je dlouhá 110 m. V kategorii žáků tato trať měří pouze 100 m. V hale je tato vzdálenost zkrácena na 60 m kvůli dráze, jíž zpravidla neumožňuje delší závod. Na 110 m trati se vyskytuje 10 překážek, které jsou od sebe vzdáleny 9,14 m na modrých značkách a mají výšku 1,067 m, ale pouze v mužské kategorii. Juniorská kategorie má výšku překážek 0,990 m a dorostenecká 0,914 m. Vzdálenost náběhu, mezery mezi překážkami a doběhu do cíle je od kategorie dorostu až po muže stejná. Vzdálenost od startovní čáry po první překážku (tzv. náběh) činí 13,72 m. Doběh do cíle za poslední překážkou je 14,02 m. Na trati 60 m je překážek pouze 5. Náběh a doběh jsou totožné jako na 110 m trati.

Atletická překážka, jejíž podobu můžeme vidět na obrázku č. 1, podle pravidel musí být vyrobena z kovu nebo jiného vhodného materiálu. Vrchní příčka překážky je vyrobena z plastu nebo jiného vhodného materiálu. Konstrukce překážky musí být taková, aby ji bylo možné převrátit ve směru běhu závodu. Tomu napomáhá posuvné závaží, které je pravidly přizpůsobeno jednotlivým kategoriím tak, aby bylo možné překážku porazit minimální silou stanovenou na 3,6 až 4 kg.



Obrázek č. 1 - Provedení překážky (Žák 2018)

Atlet musí překonat každou překážku a po celou dobu závodu zůstat ve své dráze, pokud se tak nestane, dojde k jeho diskvalifikaci. Atlet může být také diskvalifikován, pokud při přechodu přes překážku vede chodidlo nebo nohu pod vodorovnou úroveň horní hrany jakékoliv překážky nebo pokud posune či shodí překážku rukou nebo trupem. Dále atlet může být

diskvalifikován za posunutí překážky do jiné dráhy tak, že ovlivní jiného závodníka. (Atletická pravidla 2022)

2.2 Charakteristika krátkého překážkového sprintu

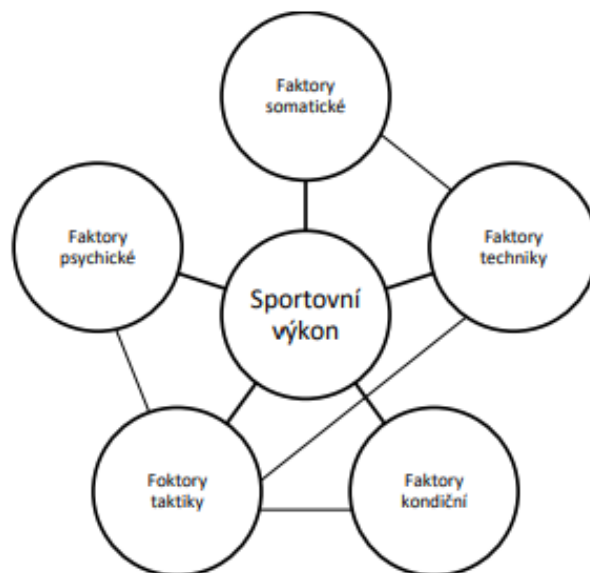
Běh na 110 m překážek se řadí do kategorie sprintů. Jedná se o rychlostně silový typ disciplíny, která se vyznačuje krátkou dobou trvání a provedením s maximální intenzitou. Samotný výkon je limitován rychlostí a speciálními technickými dovednostmi. Z hlediska struktury se jedná o pohyb kombinovaný. Cyklický pohyb běhu mezi překážkami se zde střídá s acyklickým přeběhem překážky, který je nutný k jejímu překonání. Pouze při náběhu na první překážku a doběhu do cíle za poslední překážkou lze hovořit o čistě cyklickém pohybu (Millerová 2002). Mansour (2022) uvádí, že správná technika překážkového běhu je kombinací různých kinematik běhu a skoku.

Energetické krytí je zajištěno systémy ATP-CP, LA a O₂. Millerová (2002) uvádí u krátkého překážkového sprintu následující podíl energetických systémů: ATP-CP 50 %, LA 35 % a O₂ 15 %. Žádný z těchto systémů nepracuje samostatně. Kyslíkový dluh po doběhu dosahuje hodnot 8,5 až 12 l kyslíku. Hlavním zdrojem energie pro svalovou činnost je ATP (adenosintrifosfát). ATP je uloženo ve svalech a jeho zásoba tělu vystačí 3–5 sekund. K jeho následné obnově se využívá CP (kreatinfosfát). Zásoba CP vydrží okolo 10 sekund. (Matolín 1993 in Millerová) uvádí, že „*alaktátová fáze výkonu ve sprintu trvá do 6–8 s a odpovídá dvaceti svalovým kontrakcím*“. Podle Seligera (1980) in Millerová (2002) dochází ke tvorbě makroergických fosfátů odbouráváním makroergických substrátů. Při tomto ději dojde ke štěpení, které má významnou úlohu při substrátové fosforylaci. Touto fosforylací rozumíme odbourávání sacharidů, zejména svalového a jaterního glykogenu. Jedná se o glykolytickou fosforylaci, při které dochází ke vzniku laktátu (kyseliny mléčné). (Blochin a kol. in Millerová, 2002)

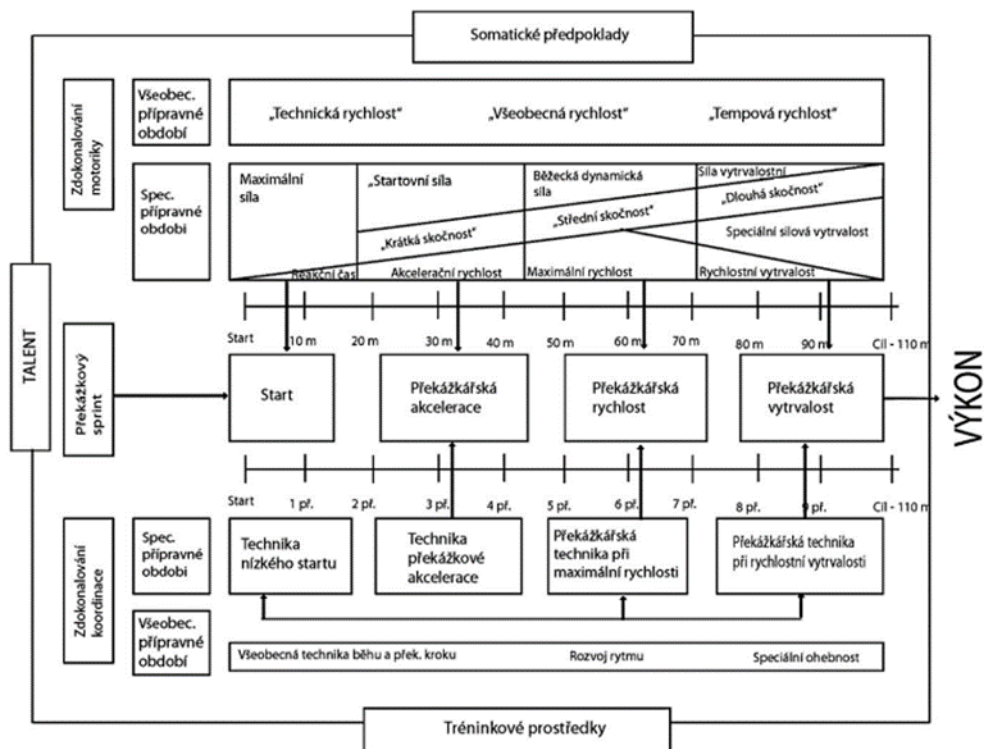
Krátké překážkové sprinty kladou značné nároky na nervosvalový aparát a to z toho důvodu, že rychlost běhu lze zvýšit pouze zvýšením frekvence běžeckých kroků. Délka kroků je v tomto případě limitována vzdáleností mezi překážkami. Frekvence kroků záleží na rychlosti procesů v CNS (centrální nervové soustavě). Rychlost těchto procesů se projeví na schopnosti svalů rychle a účinně střídát podráždění a útlum. Rychlost svalové kontrakce je dále závislá na morfologické a chemické struktuře svalových vláken. (Millerová 2002)

2.3 Struktura sportovního výkonu krátkého překážkového sprintu

Dovalil a kol. (2012) definují strukturu výkonu jako soubor faktorů, jejichž vztahy jsou vzájemně propojené a navzájem se ovlivňují. Jednotlivé faktory jsou pak chápány jako relativně samostatné součásti sportovního výkonu, jak lze vidět na obrázku č. 2 a 3. Millerová (2002) uvádí jako tradiční faktory somatické, technické, kondiční, psychické a taktické. Všechny tyto faktory lze ovlivnit tréninkem (Dovalil a kol. 2012). Sportovní výkon je výsledkem několika let intenzivního, strukturovaného a plánovaného tréninku. Sportovec se snaží adaptovat na určité prostředky. Čím vyšší je adaptace, tím vyšší je následný výkon. Tyto změny vyvolávají specifickou zátěž, která úzce souvisí s frekvencí tréninků, objemem a intenzitou cvičení (Neder in Zárubová 2022).



Obrázek č. 2 - Struktura sportovního výkonu Dovalil a kol. (2012)



Obrázek č. 3 - Struktura sportovního výkonu na 110 m překážek Lazco (2002)

2.3.1 Technické faktory a technika

Ve sportu můžeme definovat techniku jako způsob provedení daného pohybového úkonu tzv. individuálním stylem. To vše musí být v souladu s pravidly daného sportovního odvětví či disciplíny. (Perič, Dovalil 2010)

Cílem překážkáře je efektivně, koordinovaně a především ekonomicky překonávat překážky a navázat správným rytmickým během mezi nimi. Překážkový běh klade nároky zejména na techniku nízkého startu, šlapavého běhu, švihového běhu a tříkrokového běžecského období mezi jednotlivými překážkami. (Slavíček 2022)

Technika každého překážkáře by měla být individualizovaná a měla by využívat předností a předpokladů každého zvlášť. Millerová (2002) rozděluje techniku do 11 úseků. Náběh a přeběh první překážky, 9 rytmických jednotek a doběh do cíle. Rytmičkou jednotkou se rozumí tři běžecské kroky mezi překážkami a přeběh následující překážky.

Dostál (1985) ve své publikaci uvádí index techniky, kterým popisuje úroveň komplexnosti. Tento index ($IT = t_{110př} - t_{100}$) uvádí rozdíl mezi časy atleta na 110 m překážek a 100 m hladkého sprintu.

Elitní překážkáři dosahují rozdílu mezi 100 m sprintem a 110 m překážek zhruba 2 sekundy.

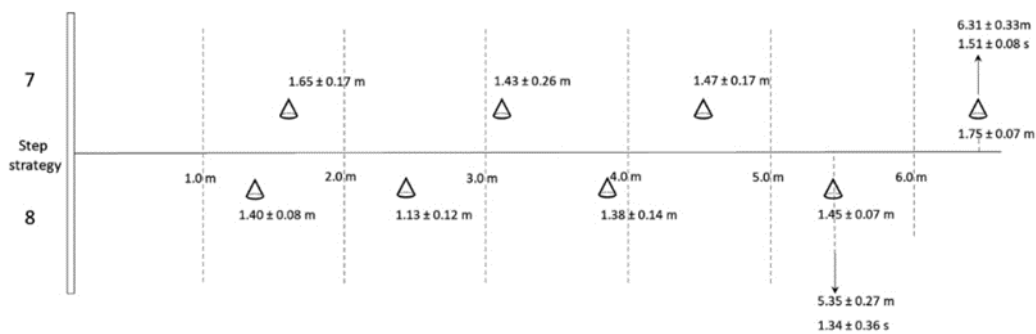
1. Výborný 2-2,5 s
2. Velmi dobrý 2.5-3 s
3. Nadprůměrný 3-3,5 s
4. Průměrný 3,5-4 s

2.3.1.1 Start a náběh na první překážku

Hlavním úkolem této fáze je dosáhnout co největší běžecké rychlosti a docílit ideálního místa pro odraz (Matějková 2011). Při startu se využívá šlapavý styl běhu. Atlet je v náklonu směrem dopředu a běží po přední části chodidel. Délka kroků se během náběhu prodlužuje a frekvence se zvětšuje.

Závod na 110 m překážek se startuje dle pravidel ze startovních bloků. Každý závodník má jinak nastavené bloky z důvodu osobních preferencí a také podle počtu kroků při náběhu. Postavení bloků se oproti hladkému sprintu výrazně liší a to především kvůli omezenému počtu kroků před první překážkou. Při osmikrokovém náběhu se startovní bloky zpravidla umísťují dále od startovní čáry. Při sedmikrokovém náběhu se naopak bloky umísťují blíže startovní čáře. Sedmikrokový náběh využívají rychlostně i silově zdatnější překážkáři. Tabulka č. 1 představuje zastoupení závodníků se strategií osmikrokového a sedmikrokového náběhu v jednotlivých finálových bězích na halových mistrovství světa od roku 1985. Z této tabulky je patrné, že sedmikrokovou strategií zvolilo od roku 1985 43 překážkářů zatímco osmikrokovou 96. V posledních deseti letech se osmikroková strategie na vrcholových akcích vytrácí (Walker 2019). Pokud závodník využívá sedmikrokový náběh, musí být jeho švihová noha umístěna ve startovních blocích vpředu. Při náběhu osmikrokovém musí být vpředu umístěna noha přetahová (Dostál 1985). Millerová (2002) ve své literatuře doporučuje u osmikrokového náběhu realizovat první tři kroky totožně se startem u hladkého sprintu a následně plynule a rychle napřímít trup, aby u šestého kroku již byl atlet plně narovnaný a měl dobrý výhled na překážku. Poslední krok je zkrácený a to z důvodu, aby atlet vytvořil optimální podmínky pro rychlý a efektivní odraz do překážky. Jako nevýhodu sedmikrokového náběhu uvádí Millerová (2002) změnu rytmu po přeběhu první překážky. I přes to je u elitních atletů preferovaný sedmikrokový náběh. Rowley (2021) uvádí, že rozhodnutí použít strategii sedmi nebo osmi kroků přímo ovlivňuje vztah mezi délkou kroků a jejich frekvencí. Překážkáři jsou nuceni maximalizovat frekvenci kroků k první překážce, aniž by ohrozili délku kroků potřebnou k úspěšnému provedení jejich vybrané strategie. Bez ohledu na strategii náběhu jsou atleti

nuceni upravit délku a frekvenci svých kroků od těch, které by použili při hladkém sprintu. Tyto úpravy mohou ovlivnit pozici atleta ve startovní pozici a techniku vyběhnutí z bloků. První krok po vyběhnutí ze startovních bloků je nejtěžší na správné provedení, ale zároveň nejdůležitější krok celého závodu (Mann, 2011). Rowley (2021) také ve své studii předpokládal, že atleti se sedmikrokovou strategií si v blokové pozici zvolí odlišnou polohu než atleti s osmikrokovou strategií, aby dosáhli odlišné kinematiky při opuštění bloků. Dále také Rowley (2021) zjistil, že u sedmikrokové strategie byla větší tendence k delšímu prvnímu kontaktu se zemí po výběhu ze startovních bloků a to průměrně o 0,03 s v porovnání se strategií osmikrokovou. McGill (2004) udává, že první krok překážkáře po výběhu ze startovních bloků by měl být kratší v porovnání s krokem sprintera. Pokud bude první krok překážkáře příliš dlouhý, může to vést k tomu, že překážkář bude příliš blízko první překážce a jeho přeběh nebude ideální z důvodu vynuceného zdvihu těžiště vertikálním směrem. Na obrázku č. 4 můžeme vidět průměrný rozdíl délek prvních čtyř kroků u sedmikrokového a osmikrokového náběhu od dvanácti anglických překážkářů, jejichž osobní rekord na 110 m překážek je pod 15 s a patřili mezi nejlepších 30 překážkářů ve Velké Británii. (Rowley 2021)



Obrázek č. 4 - Průměrné délky kroků u sedmikrokového a osmikrokového náběhu a čas do čtvrtého kroku (Rowley 2021)

Místo	7 kroků	8 kroků
1985 Paris	2	4
1987 Indianapolis	3	5
1989 Budapest	0	6
1991 Sevilla	1	7
1993 Toronto	2	6
1995 Barcelona	1	7
1997 Paris	0	8
1999 Maebashi	0	8
2001 Lisboa	1	7
2003 Birmingham	1	7
2004 Budapest	1	7
2006 Moskva	1	7
2008 Valencia	1	7
2010 Doha	3	5
2012 Istanbul	4	4
2014 Sopot	8	0
2016 Portland	7	1
2018 Birmingham	8	0

Tabulka č.1 – Počet překážkářů využívající osmikrokový a sedmikrokový náběh na jednotlivých HMS (Walker 2019)

Dostál (1985) ve své literatuře uvádí následující modelové vzdálenosti jednotlivých kroků v metrech 0,60 – 1,10 – 1,35 – 1,50 – 1,65 – 1,80 – 1,90 – 1,75. Vzdálenostně to vychází 0,60 – 1,70 – 3,05 – 4,55 – 6,20 – 8,00 – 9,90 – 11,65 m. Jako ideální místo pro odraz uvádí 2,07 m od první překážky.

Marca Mangiacotti z Harvardské univerzity udává ve své prezentaci trochu odlišná data viz obrázek č. 5.

Mann (2021) udává vzdálenost pro odraz do první překážky 2,10 až 2,40 m u elitních atletů.

7 Stride Pattern to H1

- Men:
- .76m
- 1.42 – 2.18m
- 1.62 – 3.80m
- **1.77 – 5.57m**
- 1.93 – 7.50m
- 2.08 – 9.58m
- **2.00 – 11.58m**

- Women:
- .65m
- 1.40 – 2.05m
- 1.60 – 3.65m
- **1.75 – 5.40m**
- 1.85 – 7.25m
- 1.95 – 9.20m
- **1.85 – 11.05m**

8 Stride Pattern to H1

- Men:
- .65
- 1.24 – 1.89m
- 1.36 – 3.25m
- **1.46 - 4.71m**
- 1.60 – 6.31m
- 1.74 – 8.05m
- 1.84 – 9.89m
- **1.74 – 11.63m**

- Women:
- .60
- 1.16 – 1.76m
- 1.33 – 3.09m
- **1.43 – 4.52m**
- 1.53 – 6.05m
- 1.63 – 7.68m
- 1.73 – 9.41m
- **1.63 – 11.04m**

Obrázek č. 5 – Optimální délky kroků při sedmikrokovém a osmikrokovém náběhu podle Mangiacotti

Dalším důležitým faktorem při náběhu na první překážku je startovní reakce a výběh ze startovních bloků. Reakční doba je čas, který uplyne od startovního výstřelu po zahájení pohybové činnosti. Za ulitý start se považuje, pokud závodník zahájí pohyb pod hodnotu 0,100 ms od startovního výstřelu. Hodnoty reakčního času jsou malé, přesto mohou rozhodovat o celkových vítězstvích. V tabulce č. 2 jsou k vidění reakční časy finalistů z MS a OH. Ve sprinterských závodech často rozhoduje každá tisícina sekundy (Babić 2009). Millerová (2002) na základě výzkumu uvádí kvalitu reakční doby následovně:

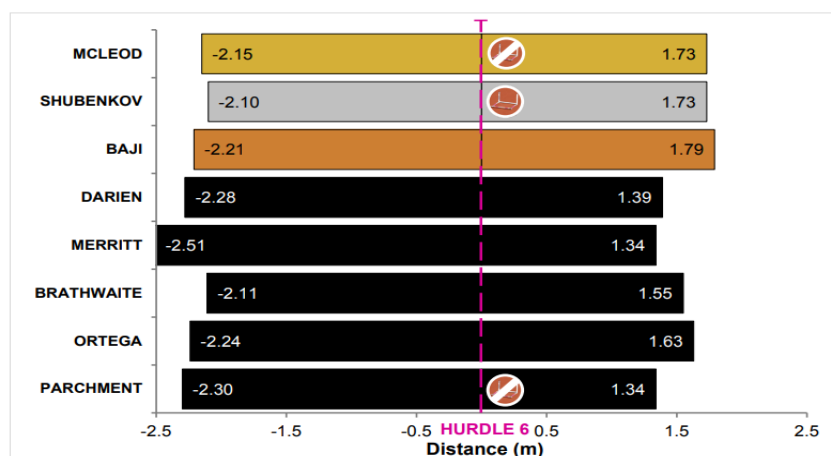
- Vynikající do 130 ms
- Nadprůměrná 131 – 150 ms
- Průměrná 151–185 ms
- Podprůměrná 186 – 210 ms
- Mimo normu nad 210 ms

Londýn 2017		Tokio 2021	
McLeod Omar	0,123 s	Parchment	0,130 s
Shubenkov Sergey	0,132 s	Holloway Grant	0,136 s
Baji Balázs	0,122 s	Levy Ronald	0,146 s
Darien Garfield	0,115 s	Allen Devon	0,133 s
Merritt Aries	0,163 s	Martinot-Lagarde Pascal	0,120 s
Brathwaite Shane	0,169 s	Martinez Asier	0,155 s
Ortega Orlando	0,140 s	Pozzi Andrew	0,140 s
Parchment Hansle	0,145 s	Manga Aurel	0,151 s

Tabulka č. 2 – Reakční časy finalistů z MS Londýn 2017 a OH Tokio 2021

2.3.1.2 Přeběh překážky

Technika přeběhu první překážky se od přeběhu ostatních překážek liší z toho důvodu, že závodník nemá maximální rychlost. Rozdílná je také vzdálenost odrazu do překážky a samotný překážkový krok. Obě tyto vzdálenosti jsou kratší než u zbytku překážek. Překážkář se připravuje na přeběh následující překážky již v náběhu na ni. Cílem atleta je překonat překážku s minimální ztrátou rychlosti a vytvoření dobrých předpokladů pro plynulé navázání tříkrokového běhu mezi překážkami (Millerová 2002). Mann (2011) upozorňuje na důležitost minimalizace letové fáze z důvodu ztráty horizontální rychlosti a kontroly nad dráhou letu. Po odrazu již nelze změnit dráhu těžiště. Důležitým předpokladem pro správný přechod překážky je vysoká poloha těžiště a náklon trupu do překážky během odrazu. Odrazová fáze by měla být co nejkratší zakončená aktivním odrazem. V letové fázi nad překážkou by mělo dojít k co možná nejmenšímu vertikálnímu zdvihu těžiště a následnému aktivnímu dokroku švihové nohy za překážkou. Pro rychlý přeběh překážky je důležitá počáteční rychlost běžce. Čím větší je rychlost, tím rychlejší a plošší je křivka těžiště při přeběhu překážky (Millerová 2002). Millerová (2002) uvádí, že délka překážkového kroku se pohybuje v rozmezí 340 až 370 cm. Někteří autoři jako např. Dostál (1985) uvádějí poměr překážkového kroku před překážkou a za překážkou 60 % a 40 %. Jiní autoři např. Vanderka a Novosád (2009) a Hanley (2021) udávají poměr 3:2. Tento poměr má každý překážkář specifický z důvodů odlišných antropomotorických vlastností (Vanderka, Novosád 2009).



Obrázek č. 6 – Vzdálenost odrazu a dokroku za šestou překážkou finalistů MS v Londýně 2017 na 110 m překážek (Pollit 2018)

Thorson (2019) považuje rychlost přeběhu překážky za klíčový prvek techniky. Protože čím více času překážkář stráví ve vzduchu, tím více rychlosti ztratí. Parabolická křivka přeběhu by měla být co nejplošší, aby došlo k co možná nejmenšímu vertikálnímu zdvihu těžiště.

Podmínky pro správný přeběh překážky se tvoří již při běhu mezi překážkami, kde s každým krokem narůstá závodníková rychlost. Poslední krok před překážkou je zkrácen, aby se ramena a trup dostaly před těžiště běžce.

Překážka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Robles D.	0,33	0,33	0,3	0,3	0,3	0,32	0,32	0,32	0,32	0,35
Payne D.	0,33	0,34	0,35	0,34	0,36	0,33	0,34	0,37	0,34	0,35
Oliver D.	0,31	0,32	0,31	0,3	0,33	0,3	0,33	0,35	0,33	0,33
Doucoure L.	0,34	0,36	0,37	0,37	0,36	0,37	0,35	0,37	0,35	0,36
Noga A.	0,36	0,32	0,32	0,33	0,3	0,31	0,35	0,36	0,33	0,31
Wignall M.	0,38	0,36	0,36	0,39	0,39	0,4	0,41	0,4	0,36	0,4
Phillips R.	0,34	0,32	0,3	0,35	0,32	0,3	0,34	0,34	0,33	0,36
Quinonez J.	0,32	0,32	0,32	0,32	0,29	0,31	0,31	0,31	0,31	0,33

Tabulka č. 3 – Délky trvání letové fáze překážkového kroku u účastníků finále OH v Pekingu 2008 (Tsiokanos 2018)

2.3.1.3 Odrazová fáze překážkového kroku

Odrazová fáze začíná zášlapem na přední část chodidla. Těžiště by mělo svírat úhel zášlapu zhruba 90 % - 100 %. V momentu vertikály, kdy by měl dle Millerové (2002) začít odraz, může být celé chodidlo v kontaktu se zemí. Odraz by měl být zakončen přes přední část chodidla, které by mělo být mírně vytočené směrem ven cca 10–15°. Odraz do překážky by měl být započat švihovým pohybem kolena vpřed a vzhůru ve směru běhu. Koleno švihové nohy by mělo ve fázi zášlapu tvořit ostrý úhel. Čím je úhel v koleni ostřejší, tím rychleji lze vést pohyb švihové nohy směrem dopředu. Aby se eliminoval odraz vzhůru, ale směřoval do překážky, je důležité, aby pata švihové nohy dolní končetiny byla téměř v kontaktu s hýžděmi (Millerová 2001). Činnost horních končetin je typická tím, že paže na protilehlé straně švihové nohy je aktivnější a její pohyb směřuje směrem vpřed. (Vindušková 2003)

2.3.1.4 Zášlap za překážkou

Zášlap za překážkou ukončuje rytmickou jednotku a má za cíl způsobit co nejmenší ztráty rychlosti po přeběhu překážky a plynule navázat na další rytmickou jednotku. Snížení ztráty horizontální rychlosti se docílí snahou udržet těžiště těla co nejvýše a zároveň aktivním

pohybem kolena přetahové nohy směrem vpřed. Dokrokem začíná oporová fáze prvního kroku mezi překážkami. Millerová (2002) dále uvádí, že ideální úhel dokroku by měl mít hodnotu 90°. Úhel mezi bércelem a chodidlem by měl být co možná nejvíce otevřený. Dokrok proto probíhá na přední část chodidla a po celou dobu oporové fáze by se pata neměla dostat do kontaktu se zemí. Koleno přetahové dolní končetiny by se při zášlapu za překážkou mělo nacházet v co nejvyšší poloze, ovšem nemělo by dosáhnout krajní polohy dříve, než dojde ke kontaktu se zemí. Úhel v kolenu je ostrý a postupně se otevírá. Vedoucí paže je ve fázi zášlapu ohnuta v lokti, který by se měl za tělem dostat až na úroveň výše ramen. Loket druhé paže by se měl nacházet na úrovni švihové nohy (Matějková 2011). Mansour (2022) prováděl analýzu na elitních překážkářích a vícebojařích z Tuniska a dospěl k výsledkům, že průměrný zášlap za překážkou u překážkářů je 1,65 m a 1,68 u vícebojařů. Držitel světového rekordu Merrit dokázal při závodě v Londýně roku 2017 stlačit zášlap za překážkou na hodnotu 1,34 m viz obrázek č. 6 na str. 19.

2.3.1.5 Běh mezi překážkami

Vzdálenost mezi překážkami je zdolávána třemi kroky, z nichž každý má svá vlastní specifika. Závodník se třemi kroky snaží dosáhnout co největší běžecké rychlosti a udržet těžiště těla v co nejvyšší poloze (Dostál 1985). Podle Vinduškové (2003) se rychlost v mezeře odvíjí od délky překážkového kroku. Proto je důležité, aby měl překážkový krok dostatečnou délku. Pokud přetahová noha neprovede dostatečně velký první krok za překážkou, musí dojít k následnému prodloužení druhého a třetího kroku, což vede ke ztrátě běžecké rychlosti. Thorson (2019) a Milerová (2002) považují za nejkratší první krok, druhý pak nejdelší a třetí kratší než druhý, ale ne tak dlouhý jako první. Millerová (2002) také udává poměr a délku jednotlivých kroků:

1. Krok 28-30%
2. Krok 25-37%
3. Krok 34-35%

1. Krok 157 cm
2. Krok 206 cm
3. Krok 190 cm

Dle Dostála (1985) je důležité, aby elitní překážkáři docílili co největší frekvence jednotlivých kroků, což vede ke zkrácení jejich délky. Dostál (1985) ve své knize uvádí délky jednotlivých kroků následovně:

1. Krok 160-170 cm
2. Krok 195–200 cm
3. Krok 185-190 cm

Hanley (2021) udává ve své publikaci následující údaje:

1. krok 165 cm
2. krok 195 cm
3. krok 185 cm

	Richardson	Xiang	Turner	Oliver
Délka 1. kroku (cm)	1,43	1,52	1,53	1,57
Délka 2. kroku (cm)	2,09	2,01	2,07	2,06
Délka 3. kroku (cm)	1,77	1,81	1,9	2,05

Tabulka č. 4 – Délka tří běžeckých kroků mezi pátou a šestou překážkou finalistů MS 2011 Park (2011)

2.3.1.6 Doběh do cíle za poslední překážkou

Doběh začíná zášlapem za poslední překážkou a končí protnutím cílové čáry. Jedná se o hladký sprint, protože se v této části tratě nenachází žádné překážky. Díky tomu nemusí překážkář nijak omezovat délku a frekvenci kroků. Po zášlapu je důležité co nejrychleji akcelarovat. Na cílové čáře je trup výrazně nakloněn vpřed. U překážkářů dochází k výraznějšímu předklonu trupu na cílové čáře než u sprinterů na hladkých tratích a to z důvodu nižší rychlosti v posledních metrech. Častou chybou je předčasný předklon nebo posunutí těžiště vzad vinou přílišného náklonu (Dostál 1985).

2.3.2 Somatické faktory

Somatické faktory dělíme na dva typy. Jeden typ je silně geneticky podmíněný. Tam řadíme tělesnou výšku a délku končetin. Druhý typ můžeme pomocí dlouhodobého působení do jisté míry ovlivnit. Do této kategorie spadají tělesná hmotnost, množství tělesného tuku a množství kosterního svalstva (Millerová 2002). Mann (2011) ve své knize udává, že každá sportovní disciplína má své specifické antropometrické rysy, podle kterých je na první pohled zřejmé, jakému typu sportovní disciplíny se daný sportovec věnuje např. pokud se podíváme na elitního koutaře a maratonce, jejich rysy budou velmi odlišné.

Somatotyp popisuje složení a rozměry tělesných proporcí a určuje morfologickou strukturu lidského těla, která představuje jeden z předpokladů pro sportovní výkonnost. Samotný somatotyp je vyjádřen pomocí tří čísel, z nich každé zastupuje jednu komponentu:

1. Endomorfní komponenta (udává procento podkožního tuku)
2. Mezomorfní komponenta (udává kosterní a svalovou složku)
3. Ektomorfní komponenta (vyjadřuje délku částí lidského těla) (Bernaciková 2013)

Podle Dostála (1985) mají elitní překážkáři nejčastěji mezomorfní typ somatotypu, ale převládá také ektomorfní komponenta. Při porovnání s hladkými sprintery jsou překážkáři v průměru vyšší o 7,4 cm, lehčí a mají delší dolní končetiny (Dostál 1985). Aktuální držitel světového rekordu Aries Merrit má výšku 185 cm, druhý nejrychlejší běžec na 110 m př. a světový rekordman na 60 m př. měří 188 cm.

Pro překážkový běh má největší vliv poměr svalových vláken. Tato vlákna jsou silně geneticky podmíněná. Poměr pomalých a rychlých svalových vláken by měl u překážkáře být 25 % : 75 %. (Millerová 2001)

Millerová (2001) ve své knize uvádí několik morfologických indexů, které slouží k určení charakteristiky závodníků a jejich porovnávání mezi sebou viz obrázek č. 7.

$$\text{Relativní délka dolních končetin} = \frac{\text{délka dolních končetin (cm)} \times 100}{\text{tělesná výška (cm)}}$$

$$\text{Výško-hmotnostní index} = [\text{tělesná výška (cm)} - 100] - \text{tělesná hmotnost (kg)}$$

$$\text{Relativní hmotnost (Quételetův index)} = \frac{\text{tělesná hmotnost (g)}}{\text{tělesná výška (cm)}}$$

Obrázek č. 7 – Morfologické indexy Millerová (2001)

2.3.3 Psychické faktory

Úspěch v závodě dle Millerové (2001) vyžaduje vysokou odolnost vůči psychické zátěži, specifické percepční, volní a intelektuální schopnosti. Dalším důležitým faktorem je určitý stupeň agresivity, cílevědomost a schopnost úspěšně řešit nepředvídatelné situace v soutěži. Velmi důležitým prvkem je také trpělivost a to nejen při soutěži, ale i v samotné

přípravě. K výkonnostnímu skoku u krátkých překážkových běhů totiž dochází až po 3 letech správné přípravy. Dovalil a Choutka (1991) udávají, že výkon u krátkého překážkového sprintu klade nároky na sebeovládání při startu závodu, schopnost koncentrace maximálního volního úsilí a schopnost setrvat v maximálním volním úsilí i při nepříznivých okolnostech.

2.3.4 Kondiční faktory

Perič a Dovalil (2010) definují kondiční faktory jako „*relativně samostatné soubory vnitřních předpokladů lidského organismu k pohybové činnosti v níž se také projevují*“. Dovalil a kol. (2012) označuje jako kondiční faktory pohybové schopnosti, které se liší podle druhu pohybu. Tyto schopnosti se dělí na vytrvalostní, rychlostní, silové a tělesnou pohyblivost neboli flexibilitu.

Pro výkon v překážkovém sprintu je důležitý výkon v hladkém sprintu. Dále o sprinterském výkonu rozhoduje startovní reakce, akcelerace, maximální běžecká rychlost a rychlostní vytrvalost. Kvůli správné překážkové technice přeběhu přes překážku je důležitá vysoká úroveň pohybových a koordinačních schopností (Millerová 2002). Překážkový běh je považován za koordinačně náročnou disciplínu. Překážkář musí běžet maximální rychlostí a k tomu zvládat techniku přeběhu překážky. Vindušková (2003) považuje za důležité spojit náběh na první překážku a navázání během mezi překážkami. Za další důležitý faktor považuje orientaci v prostoru a rovnováhu zejména ve fázi dokroku. Dostál (1985) považuje za důležité cit pro rytmus a obratnostní schopnosti.

2.3.4.1 Silové schopnosti

Silové schopnosti jsou podle Periče a Dovalila (2010) definovány jako „*schopnost překonat či udržet vnější odpor svalovou kontrakcí*“. Pro překážkový běh jsou klíčové maximální, výbušné, rychlé a vytrvalostní silové schopnosti (Millerová 2001). Z několika druhů silových schopností je pro překážkový běh podle Dostála (1985) nejdůležitější speciální dynamická síla dolních končetin, díky které dochází k rychlému odrazu do překážky a také k rychlému zášlapu za překážkou. Tato síla je také dále důležitá pro absolvování celého závodu po přední části chodidel neboli po špičkách.

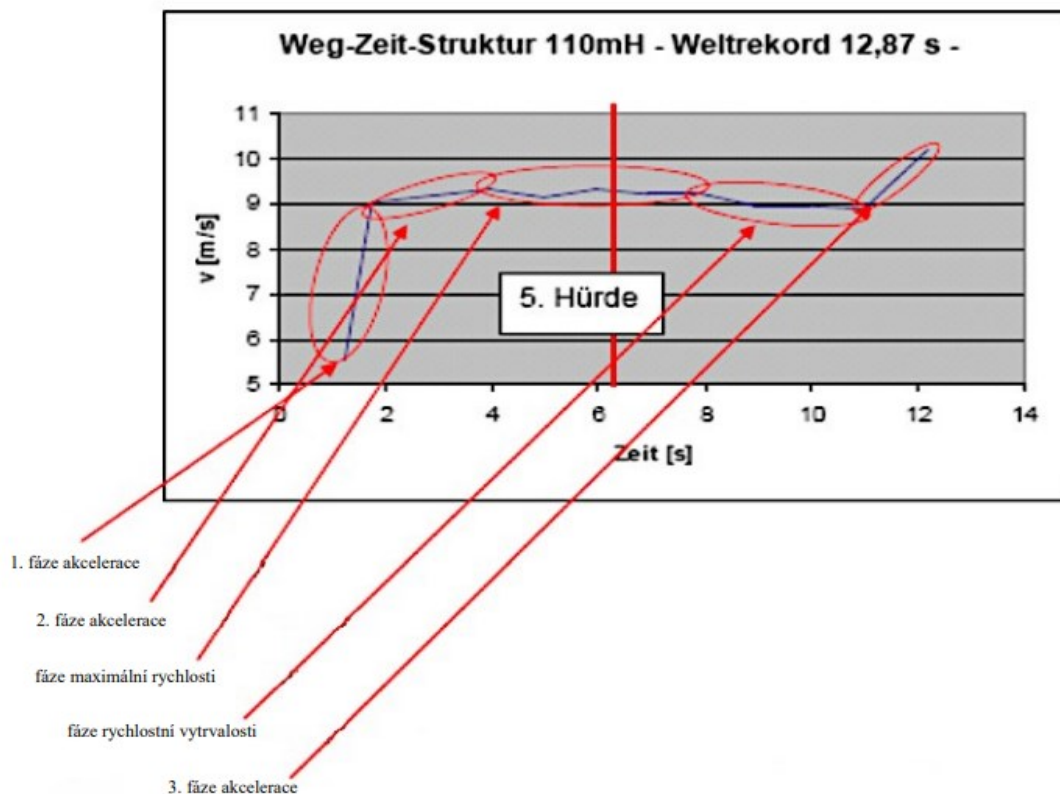
2.3.4.2 Rychlostní schopnosti a frekvence běhu

Perič a Dovalil (2010) definují rychlostní schopnosti jako pohybové schopnosti, které jsou spojené s provedením dané pohybové činnosti v maximální intenzitě a v co nejkratším čase. Tyto činnosti jsou kryté pomocí ATP-CP systému.

Klíčovým faktorem pro překážkový sprint je podle (Dostála 1985) speciální překážková rychlost, která se rozděluje na dva typy – maximální a akcelerační. Maximální rychlostí se rozumí rychlost překonání jedné rytmické jednotky. Akcelerační rychlostí je chápáno provedení náběhu na první překážku, přeběh a zášlap za ní. Čas, za který jsou elitní překážkáři schopni dosáhnout zášlapu za první překážkou, je cca 2,6 s. Čas jedné rytmické jednotky se u elitních atletů pohybuje pod 1 s. Aby závodník zaběhl překážkovou trať okolo 13 s, je potřeba, aby zvládl hladkou 100m trať za 10,2 s. Podle Dostála (1985) nelze běžet překážkovou trať stejně rychle jako hladkou a to z toho důvodu, že délka kroku překážkáře je limitována překážkou, takže jediná možnost jak zrychlit je zvýšením frekvence. Zatímco sprinter na trati bez překážek může zrychlovat i pomocí prodloužení délky kroku. Podle Ita (2006) dosahuje délka kroků sprintera v maximální rychlosti 2,3 m až 2,5 m. Zatímco překážkář má nejdelší druhý krok v překážkové mezeře, který, jak se píše v kapitole Běh mezi překážkami, je dlouhý jen lehce přes 2 m, zbytek kroků u překážkáře je kratší a to i v maximální rychlosti.

Harksen (2018) rozděluje závodní trať do následujících fází (viz obrázek č. 8):

- 1. fáze akcelerace – rychlost do první překážky
- 2. fáze akcelerace – rychlost mezi 2. až 4. překážkou
- Fáze maximální rychlosti – rychlost mezi 4. až 8. překážkou
- Fáze rychlostní vytrvalosti – rychlost mezi 8. a 10. překážkou
- 3. fáze akcelerace – rychlost po zášlapu za poslední překážkou až po doběh do cíle



Obrázek č. 8 – Průběh rychlosti v běhu na 110 m překážek (Harksen 2018)

The U.S. Track & Field and Cross Country Coaches Association (2018) udává, že u vysoce výkonnostních překážkářů je důležité dosáhnout co největší frekvence jednotlivých kroků v tříkrokovém překážkářském rytmu a to z důvodu, že vyšší frekvence kroků poslouží ke zkrácení jednotlivých kroků. Mezi parametry, jež ovlivňují zmíněnou frekvenci, řadíme např. dráždivost CNS a zastoupení určitého typu svalových vláken. Millerová (2002) dále udává, že frekvence kroků je ovlivněna pohyblivostí procesů v CNS. Projevem CNS je schopnost nervových buněk co možná nejrychleji střídat útlum s podrážděním. Dalším faktorem pro rychlost svalové kontrakce je morfologická a chemická struktura svalových vláken. Překážkový běh je z hlediska nároků na nervosvalovou koordinaci velmi náročný. CNS má v nervosvalové koordinaci řídicí funkci.

Překážkář musí být kvalitním sprinterem, avšak nemusí být tím nejrychlejším. Překážkový běh se totiž považuje za technicko – sprinterskou disciplínu, která se od hladkého sprintu velmi odlišuje. Pro překážkáře je klíčové, aby si dostatečně osvojil techniku přeběhu překážky a tím minimalizoval ztrátu rychlosti (Yeo 2013). Mansour (2022) uvádí, že rychlost běhu mezi a přes překážky musí být sladěna s technikou a obratností běžce.

2.3.4.3 Vytrvalostní schopnosti

Perič a Dovalil (2010) definují vytrvalostní schopnosti jako schopnost vykonávat danou pohybovou činnost nejvyšší možnou intenzitou po co nejdelší časový úsek. Běh na 110 m překážek klade nároky především na rychlostní vytrvalost, ale také na speciální překážkářskou vytrvalost. Tento typ vytrvalosti je důležitý pro udržení rychlosti i v závěrečné fázi závodu (Dostál 1985). Energetické anaerobní laktátové krytí vydrží cca do 10 s, což odpovídá sprintu k 7–8 překážce. Zbytek závodní tratě je zajišťován především substrátovou fosforylací (Matějková 2011).

2.3.4.4 Tělesná pohyblivost

Perič a Dovalil (2010) definují tělesnou pohyblivost neboli flexibilitu jako schopnost, již umožňuje dosahovat maximálního rozsahu prostřednicím svalové kontrakce nebo vnějších sil. Pohyblivost je jedním z limitujících faktorů pro osvojení a zdokonalování techniky překážkového běhu. Úroveň pohyblivosti musí být větší, než vyžaduje samotná technika, a to z toho důvodu, aby se pohyb mohl provádět snadněji, bezpečněji a rychleji (Millerová 2001). Překážkový běh klade zvýšené požadavky na pohyblivost v hlezenním kloubu, kyčelním kloubu v boční a čelní rovině, dále na ohebnost páteře a svalovou pružnost a uvolněnost (Matějková 2011).

2.3.5 Taktické faktory

Dovalil a kol. (2012) definuje taktické dovednosti jako způsob řešení soutěžních situací, při kterých se uplatňují zkušenosti a znalosti, které si sportovec osvojil během tréninkové činnosti. Millerová (2001) považuje krátký překážkový běh z taktického hlediska za jednoduchou disciplínu, protože se závodí odděleně a každý závodník běží ve své vlastní dráze a po celou dobu je výkon prováděn maximální intenzitou. Přesto se závodníci mohou setkat s některou nepředvídatelnou situací jako jsou:

- Kolize s překážkou
- Kolize se soupeřem ve vedlejší dráze
- Bránění soupeřem

Millerová (2001) také uvádí soutěžní podmínky na které se závodník musí takticky připravit:

- Podmínky stanovené pořadatelem
- Podmínky pro rozcvičení
- Klimatické podmínky

3. VÝZKUMNÁ ČÁST

3.1 Cíle práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je přiblížit problematiku akcelerace u krátkého překážkového sprintu a analyzovat akcelerační fázi (náběh a první RJ) u měřených probandů a jejich výsledky porovnat napříč jednotlivými věkovými kategoriemi v závislosti na jejich výkonnosti v hladkém sprintu a výškou překážky. Dále také tyto údaje porovnat s odbornou českou i zahraniční literaturou a nakonec i s výsledky elitních závodníků z vrcholových akcí nebo izolovaného měření. Na základě výsledků najít doporučení pro trenéry nebo samotné atlety, která by měla vést ke zlepšení akcelerační fáze.

3.2 Úkoly práce

1. Stanovení cílů práce
2. Prostudování odborné literatury
3. Seznámení se s problematikou krátkého překážkového sprintu
4. Sběr a zpracování výzkumného materiálu
5. Analýza dat a výzkumného materiálu
6. Odpovědět na výzkumné otázky
7. Potvrzení nebo vyvrácení hypotéz
8. Vyvození závěru

3.3 Stanovení výzkumných otázek

1. Jaký vliv na akceleraci má výška překážek u jednotlivých věkových kategorií?
2. Liší se akcelerační fáze u sedmikrového a osmikrového náběhu?
3. Je rozdíl v akceleraci u měřených probandů a profesionálních atletů?
4. Jaký z měřených technických parametrů je klíčový pro zlepšení akcelerace při překážkovém sprintu?

3.4 Stanovení hypotéz

1. Předpokládám, že měření atleti vzhledem k jejich osobním rekordům nedosáhnou stejných hodnot délek kroků, letových a oporových fází, časů náběhu a rytmické jednotky jako elitní překážkáři.

2. Předpokládám, že dorostenečtí překážkáři vzhledem k nižší výšce překážky budou mít rychlejší přeběh než muži.
3. Předpokládám, že většina měřených překážkářů zvolí osmikrokový náběh na první překážku
4. Předpokládám, že vzdálenost odrazu do překážky bude u dorostenců kratší než u mužů a juniorů vzhledem k nižší výšce překážek

3.5 Metodika práce

Pro dosažení nezbytných dat pro tvorbu bakalářské práce jsem se zúčastnil biomechanického měření metodického oddělení Českého atletického svazu pod vedením Mgr. Jana Fehera. Cílem měření byla analýza náběhu na první překážku a jedné rytmické jednotky. Měření proběhlo ve středu 21. 6. 2023 na stadionu ASK Slavia Praha Vladivostocká 10, Praha 10 – Vršovice. Měření se zúčastnili vybraní překážkáři od dorostenecké až po mužskou věkovou kategorii, kteří se přihlásili pomocí online přihlášky. Celkem se měření zúčastnilo 13 překážkářů výkonnostní úrovně, z toho 2 muži, 4 junioři a 7 dorostenců. Měření probíhalo od 15:30 do 16:15. K získání samotných dat sloužila přenosná měřicí technika Optojump, která byla zapůjčena Českým atletickým svazem a také byl pořízen kamerový záznam z jednotlivých pokusů. Dva fotoaparáty značky Panasonic DMC FZ 300 s frekvencí 100 snímků za sekundu byly umístěny na úroveň první a druhé překážky, tj. ve vzdálenosti 13,72m a 22,86m od startovní čáry. Obsluha fotoaparátů zajistila, aby závodník byl natáčen během celého pokusu. Měřicí zařízení Optojump bylo umístěno za okraj jedné dráhy od startu až ke druhé překážce.

Pokusy probíhaly v závodních podmínkách. Start se prováděl ze startovních bloků na akustický podnět. Překážky byly umístěny na závodních značkách. Náběh na první překážku měřil 13,72 m a vzdálenost mezi překážkami byla 9,14 m. Závaží na jednotlivých překážkách bylo nastaveno na 4 kg. Atleti měli přesně daný čas, kdy budou startovat, aby se mohli správně a dle jejich potřeb rozcvíčit. Bylo totiž zapotřebí, aby byli schopni podat svůj nejlepší výkon, aby data byla co nejvíce relevantní. Každý atlet měl dva pokusy. Pokus každého atleta byl zaznamenáván na kamerový záznam. Výsledná data ze zařízení Optojump následně zpravovalo metodické oddělení Českého atletického svazu a převedlo do programu Excel. Konkrétní změřené a zpracované hodnoty se týkaly délek kroků, doby oporových a letových fází jednotlivých kroků, vzdálenosti odrazu do překážky a dokroku za překážkou, celkové délky překážkového kroku a času přeběhu překážky. Já osobně jsem pomáhal zpracovat kamerový záznam a za pomoci počítačového programu Kinovea jsem ze záznamů získal data o času

dokroku za první a druhou překážkou a z těchto dvou údajů jsem vypočítal čas rytmické jednotky. Dále jsem také pro potřeby své práce z délek kroků vypočítal vzdálenost odrazu a dokroku u první i druhé překážky. U obou překážek jsem také z údajů o délce překážkového kroku a doby letové fáze vypočítal rychlost přeběhu překážky.

3.5.1 Optojump

Optojump je optický měřicí systém, který se skládá ze dvou částí – vysílací a přijímací lišty. Každá lišta obsahuje 96 LED diod, jejichž rozlišení je 1,0416 cm. LED diody na vysílací liště neustále komunikují s diodami na přijímací liště. Systém detekuje přerušení komunikace mezi jednotlivými lištami a vypočítá dobu jeho trvání. Díky tomu může systém měřit dobu letu a dobu kontaktu se zemí s přesností na 1/1000 sekundy. Na základě těchto dat software získává řadu parametrů spojených s výkonem sportovce s velkou přesností. Díky absenci pohyblivých mechanických částí zajišťuje měřicí zařízení Optojump vysokou spolehlivost. K zařízení lze připojit kamery, které lze umístit libovolně. Díky tomu lze zaznamenávat i obraz provedených testů.

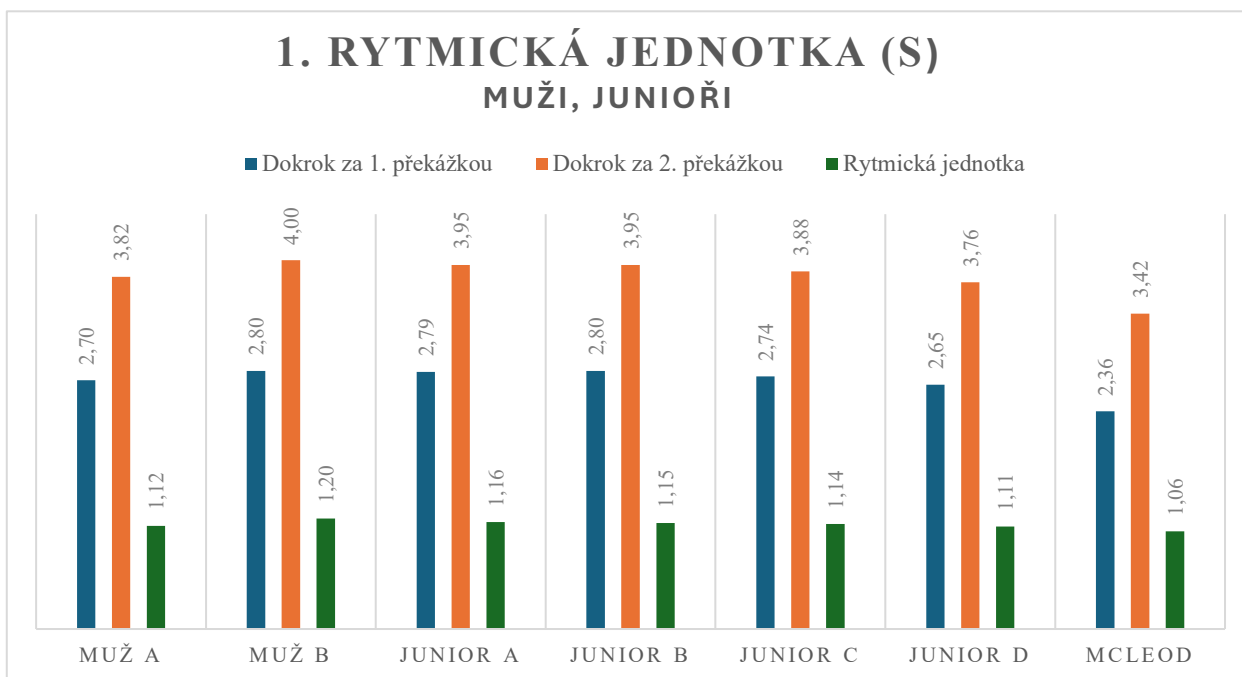
Optojump dále umožňuje:

1. Hodnotit výkony a fyzický stav sportovce
2. Identifikovat případné svalové nedostatky a měřit toleranci vůči různým zátěžím
3. Plánovat přizpůsobený a rozmanitý trénink na základně výsledků testů
4. Pravidelně kontrolovat účinnost tréninku
5. Porovnávat díky databázi výsledky různých sportovců mezi sebou
6. Zkoumat fyzický stav sportovce po zranění a během rehabilitace
7. Motivovat sportovce poskytnutím důkazu o dosaženém pokroku.
8. Usnadňovat práci trenéra
9. Posuzovat fyzické předpoklady při výběru talentů
10. A mnoho dalšího (Optomjump.com)

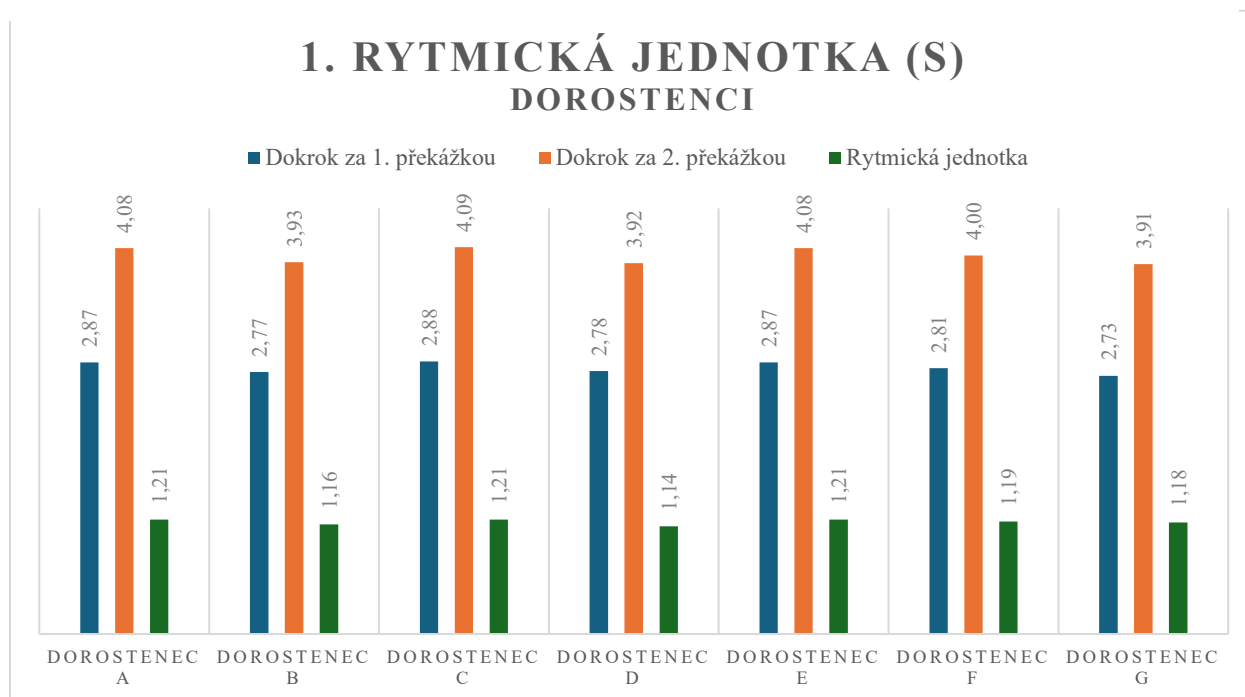


*Obrázek č. 9 – Ilustrační foto umístění měřicího zařízení
Optojump (HMG Direkt)*

4 VÝSLEDKOVÁ ČÁST

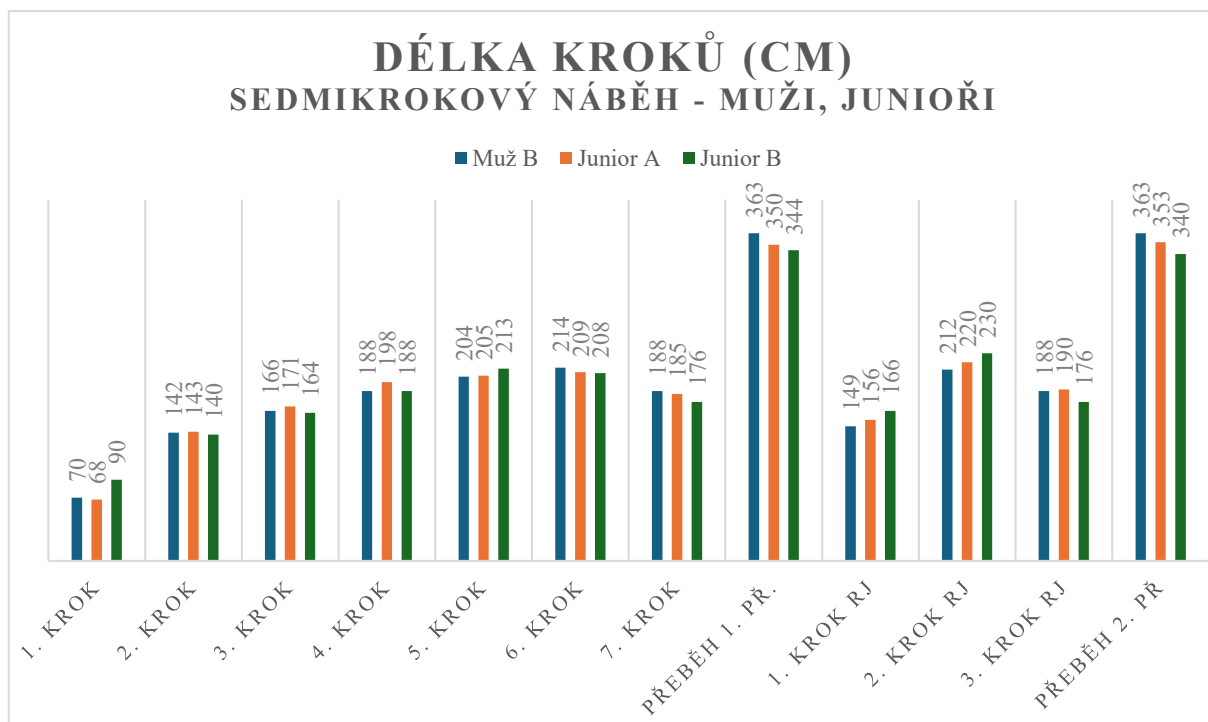


Graf č. 1 – Časy dokroků mužů a juniorů za 1. a 2. překážkou a celkový čas RJ

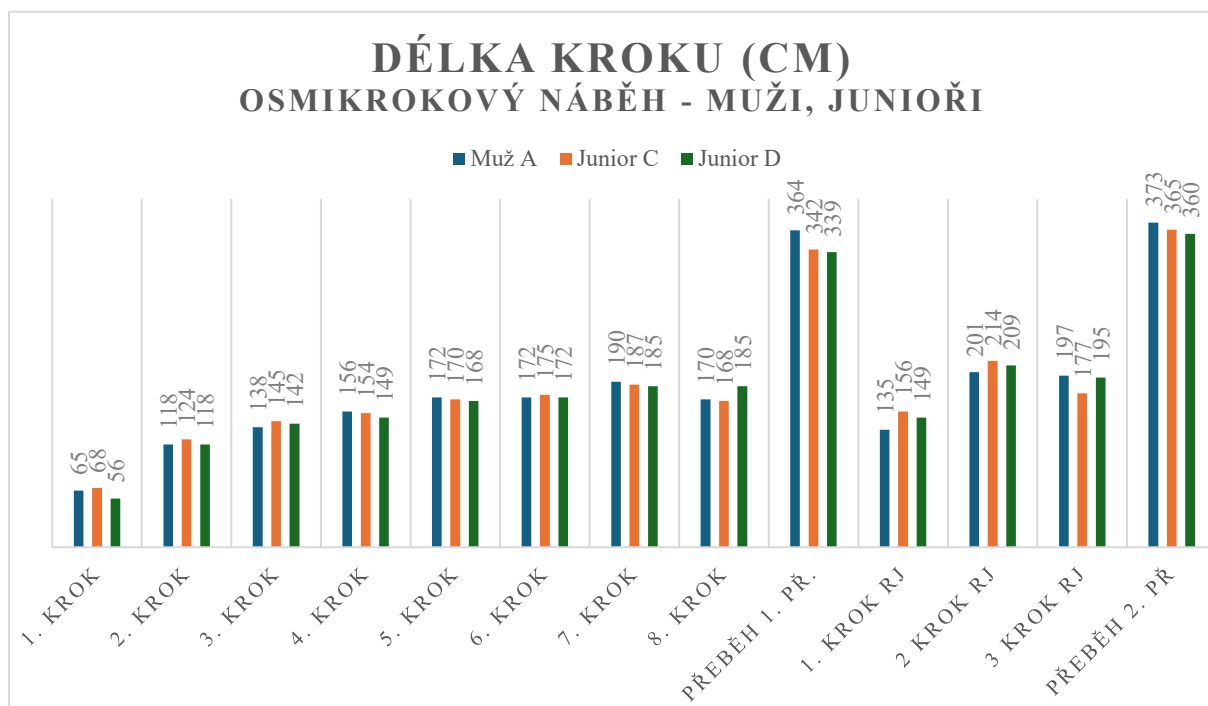


Graf č. 2 - Časy dokroků dorostenců za 1. a 2. překážkou a celkový čas RJ

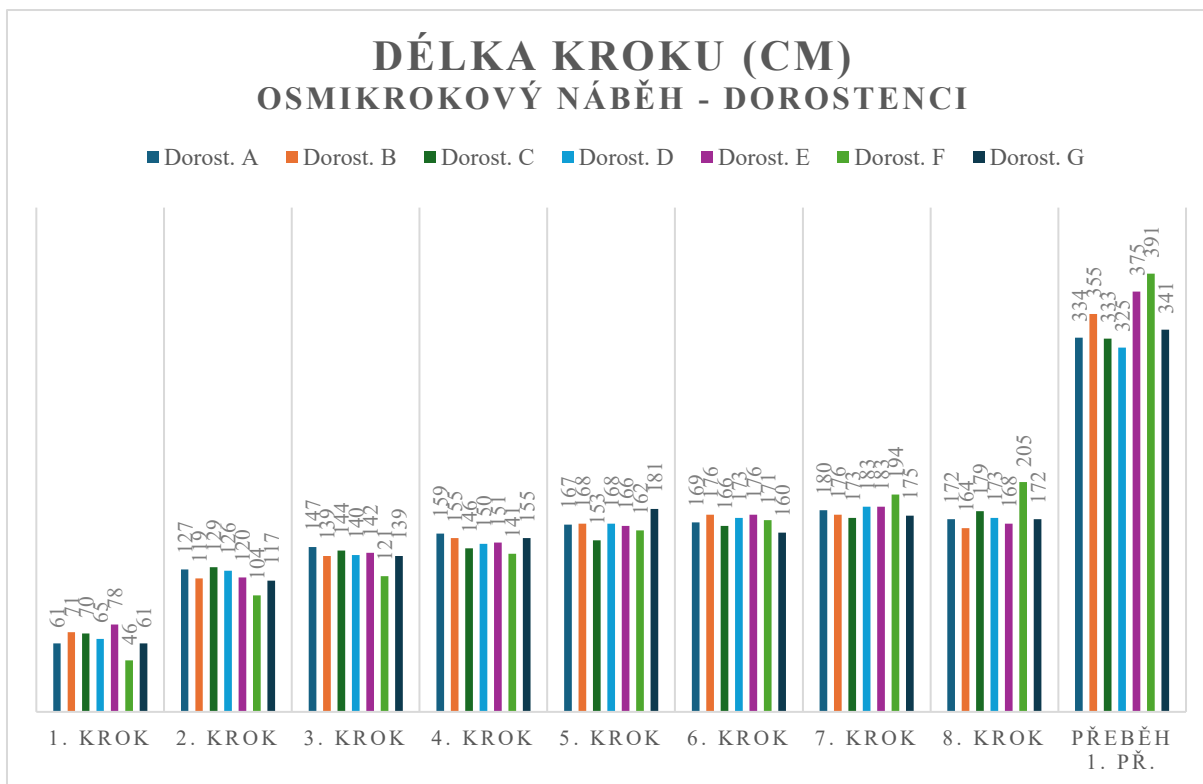
Rytmickou jednotkou se myslí čas od dokroku za překážkou a čas dokroku za překážkou následující. Elitní překážkáři jsou schopni mít čas RJ lehce pod 1 s. Dokrok za první překážkou nám poskytuje informace o rychlosti náběhu ze startovních bloků a technickém zvládnutí první překážky.



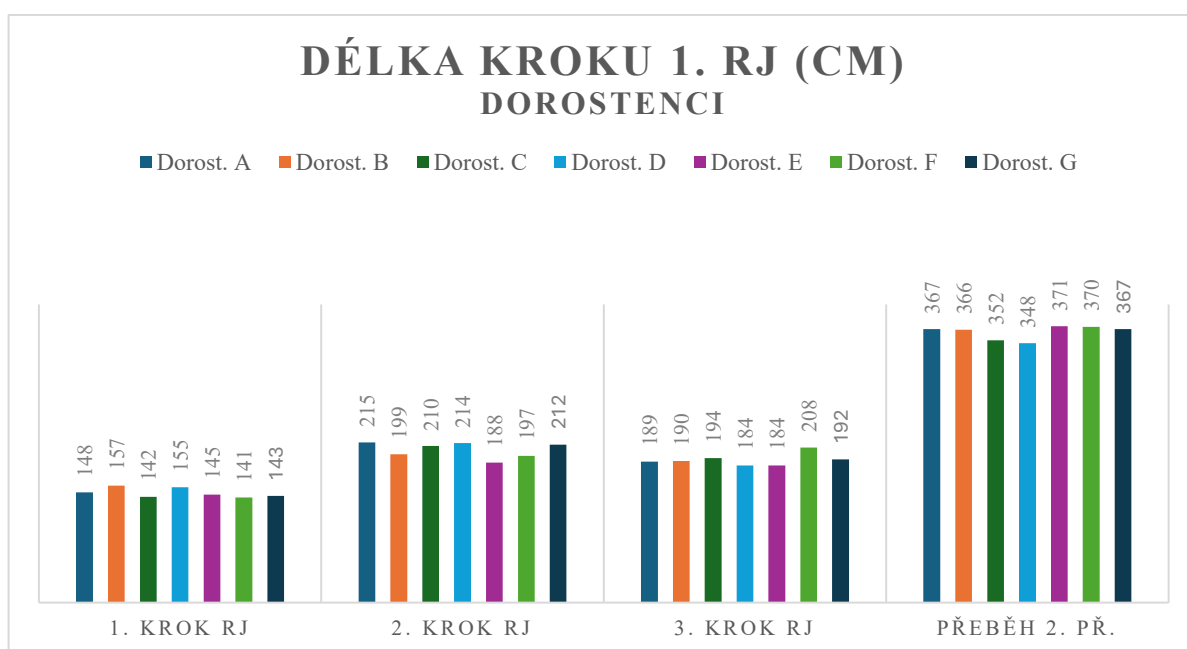
Graf č. 3 – Délky kroků mužů a juniorů při náběhu na 1. a 2. překážku, sedmikrokový náběh



Graf č. 4 - Délky kroků mužů a juniorů při náběhu na 1. a 2. překážku, osmikrokový náběh

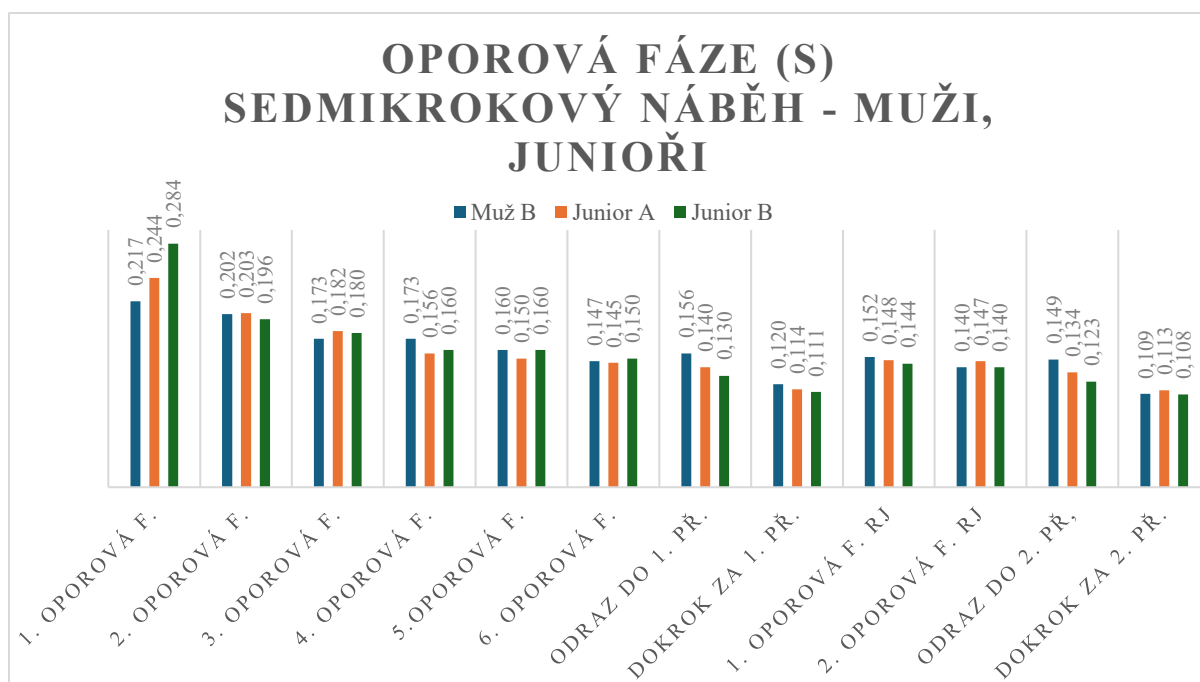


Graf č. 5 - Délky kroků dorostenců při náběhu na 1. překážku, osmikrokový náběh

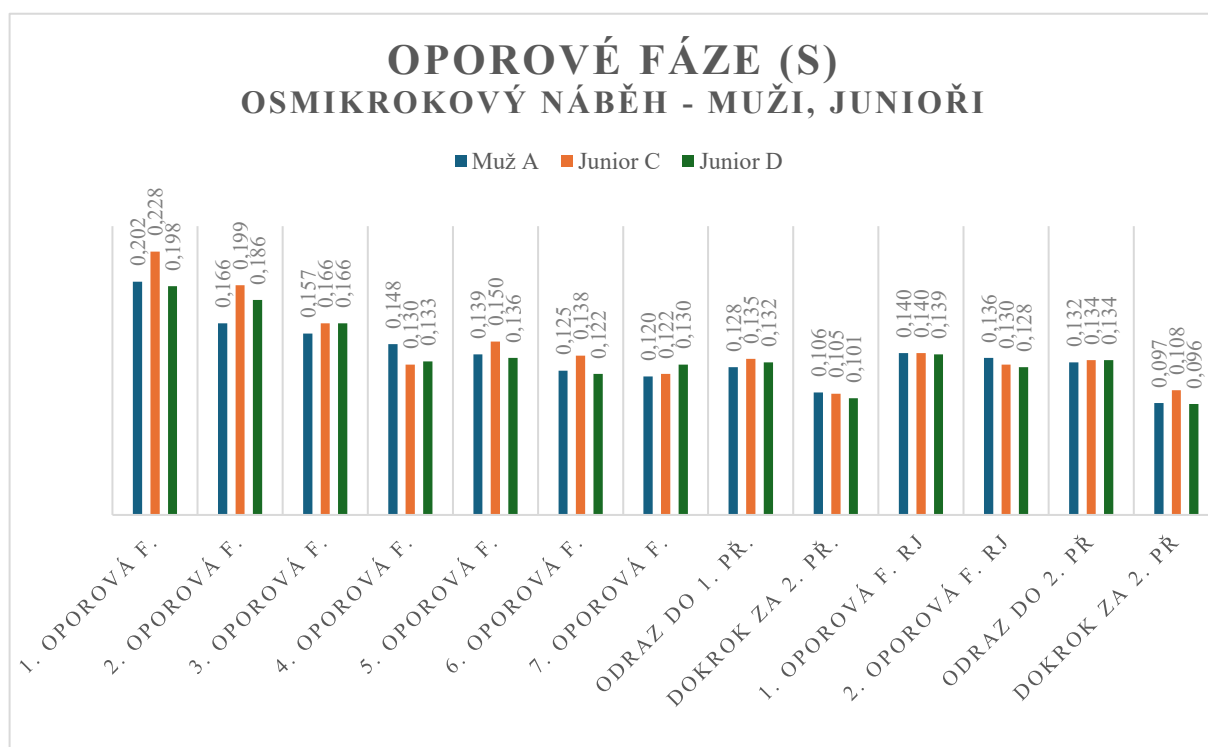


Graf č. 6 - Délky kroků dorostenců v 1. RJ

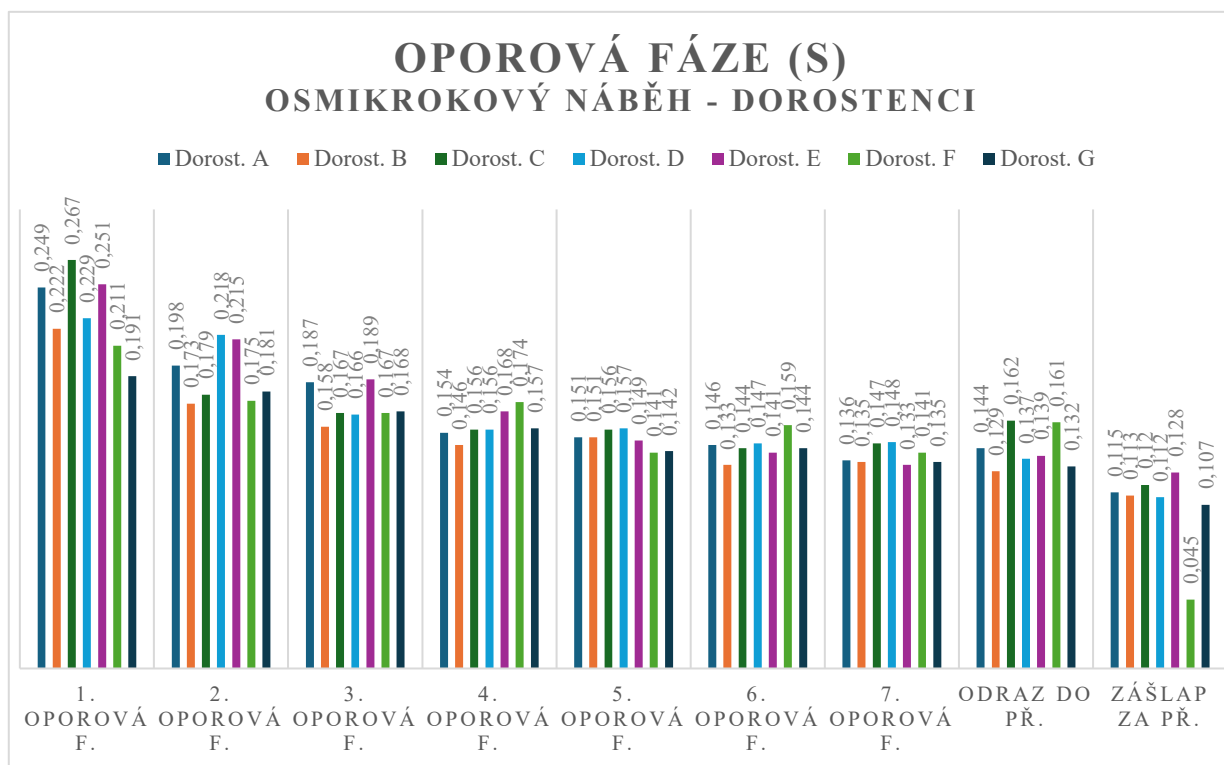
Délku kroků před první překážkou nejvíce ovlivňuje zvolená strategie náběhu. Při sedmikrokovém náběhu musí být kroky delší než u osmikrokové strategie, aby se dosáhlo ideálního místa pro odraz do překážky. Kroky v mezeře jsou již stejné neohledně na zvoleném náběhu. Jejich správnost se určuje podle jejich jednotlivých délek a poměrů.



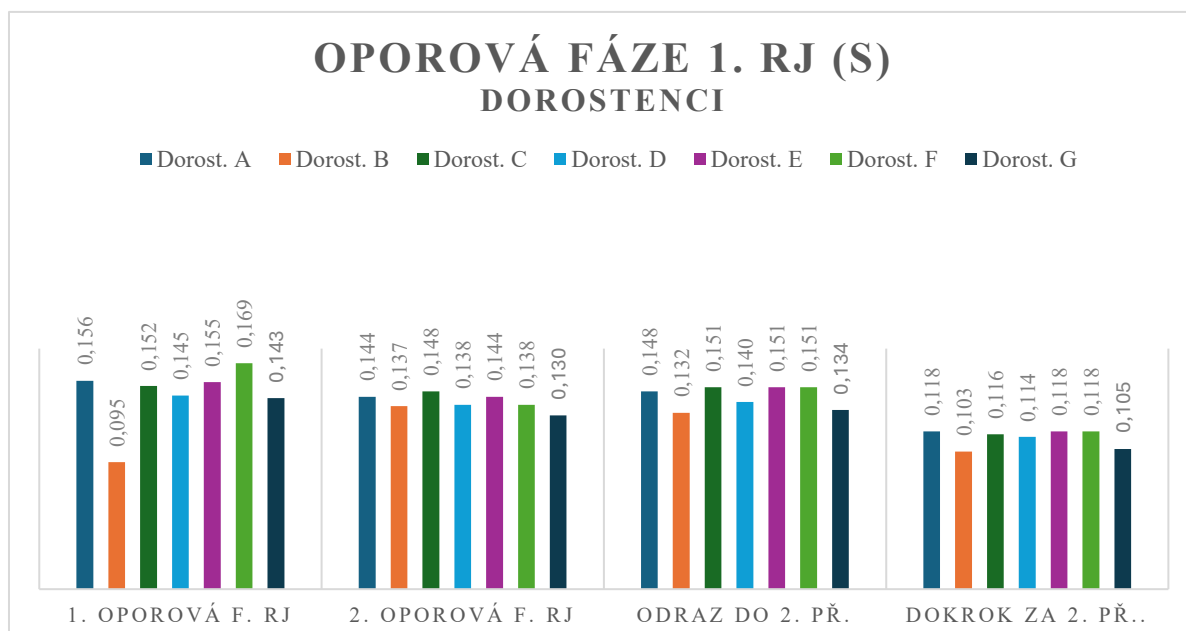
Graf č. 7 – časy oporové fáze mužů a juniorů při náběhu na 1. a 2. překážku, sedmikrokový náběh



Graf č. 8 – Časy oporové fáze mužů a juniorů při náběhu na 1. a 2. překážku, osmikrokový náběh.

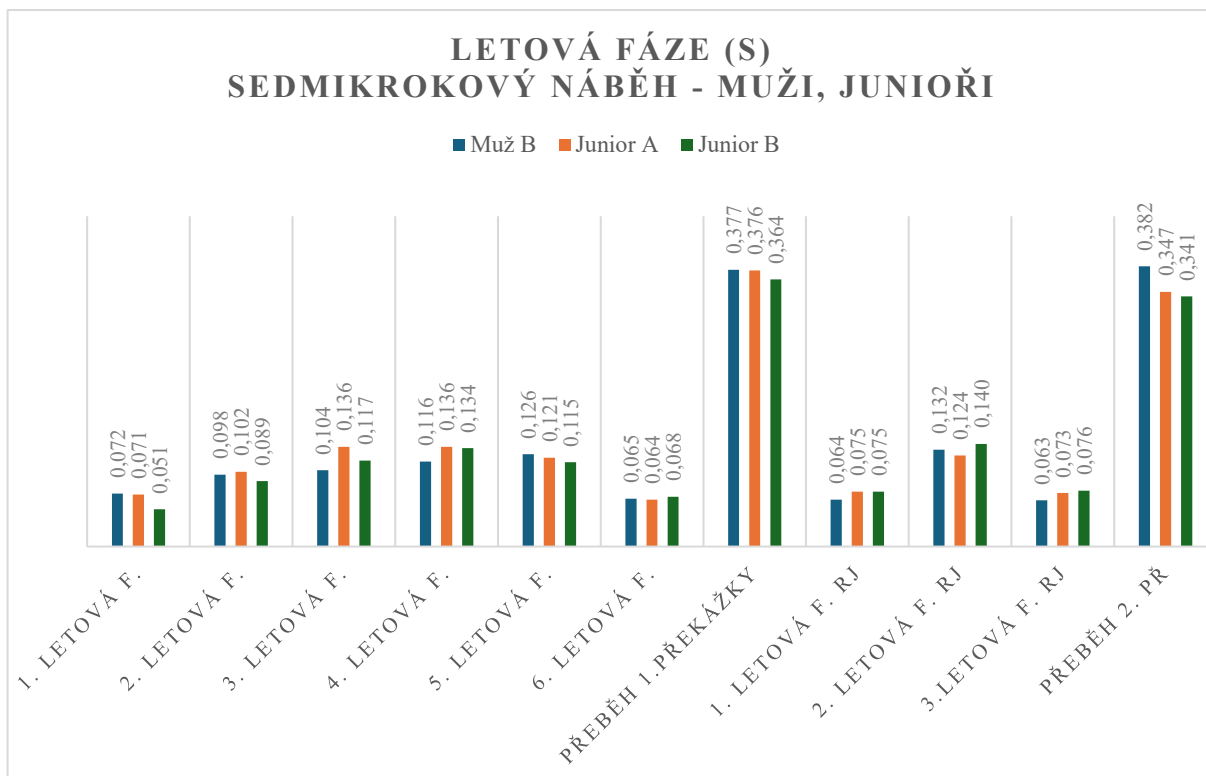


Graf č. 9 – Časy oporových fází dorostenců při náběhu na 1. překážku, osmikrokový náběh

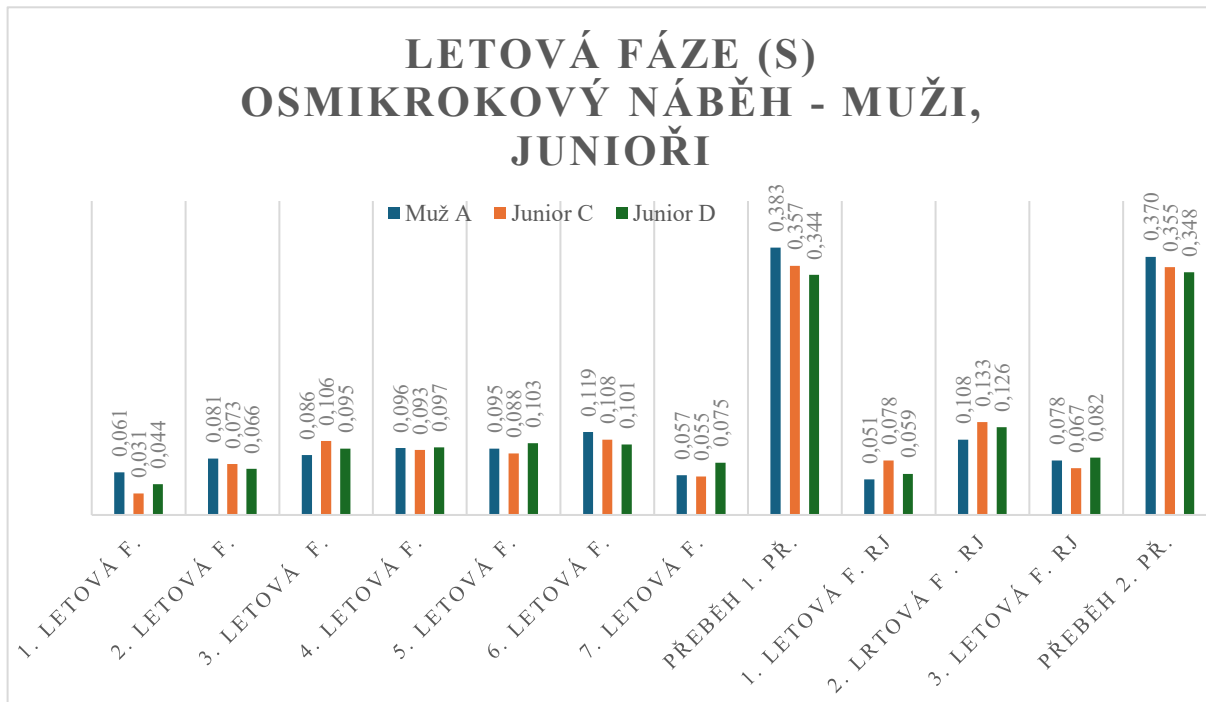


Graf č. 10 - Časy oporových fází dorostenců v 1. RJ

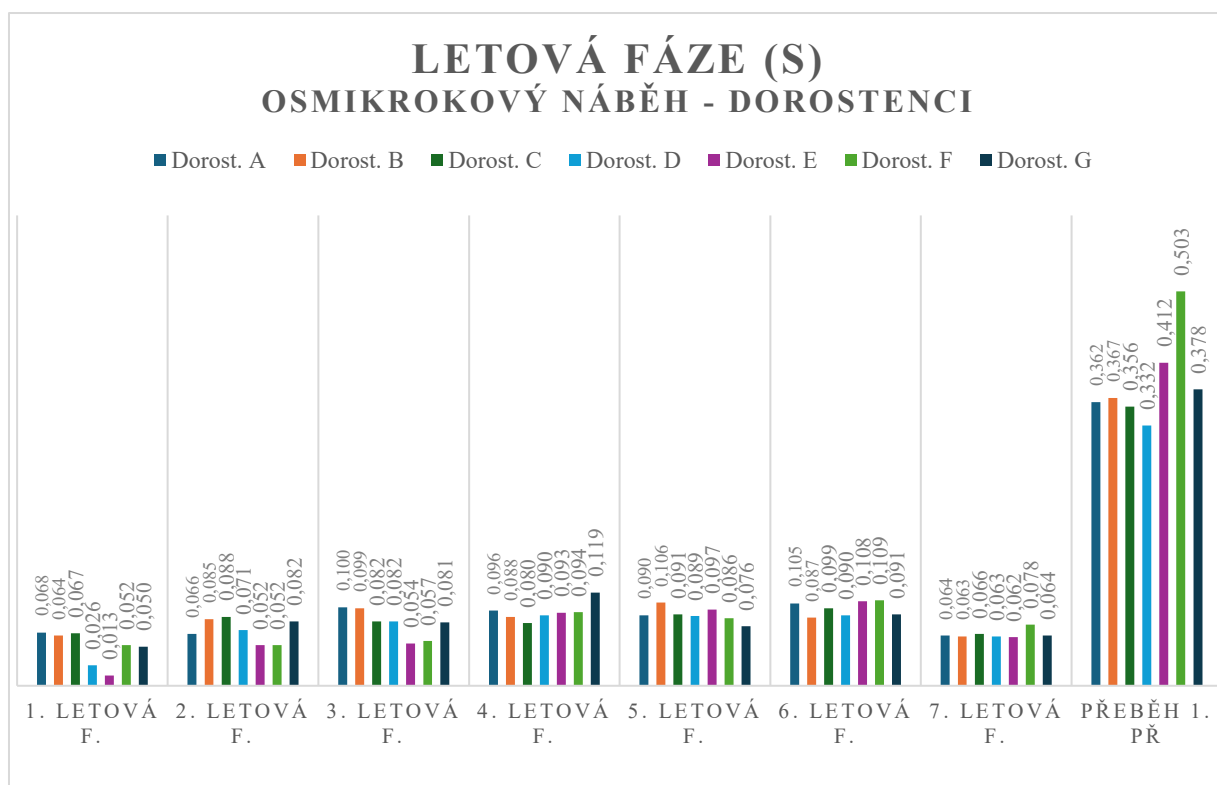
Oporová fáze je doba kontaktu atleta se zemí. Její doba je závislá především na délce kroku a silových i rychlostních schopnostech. Doba oporové fáze je klíčovým ukazatelem efektivity a dynamiky běžeckého kroku.



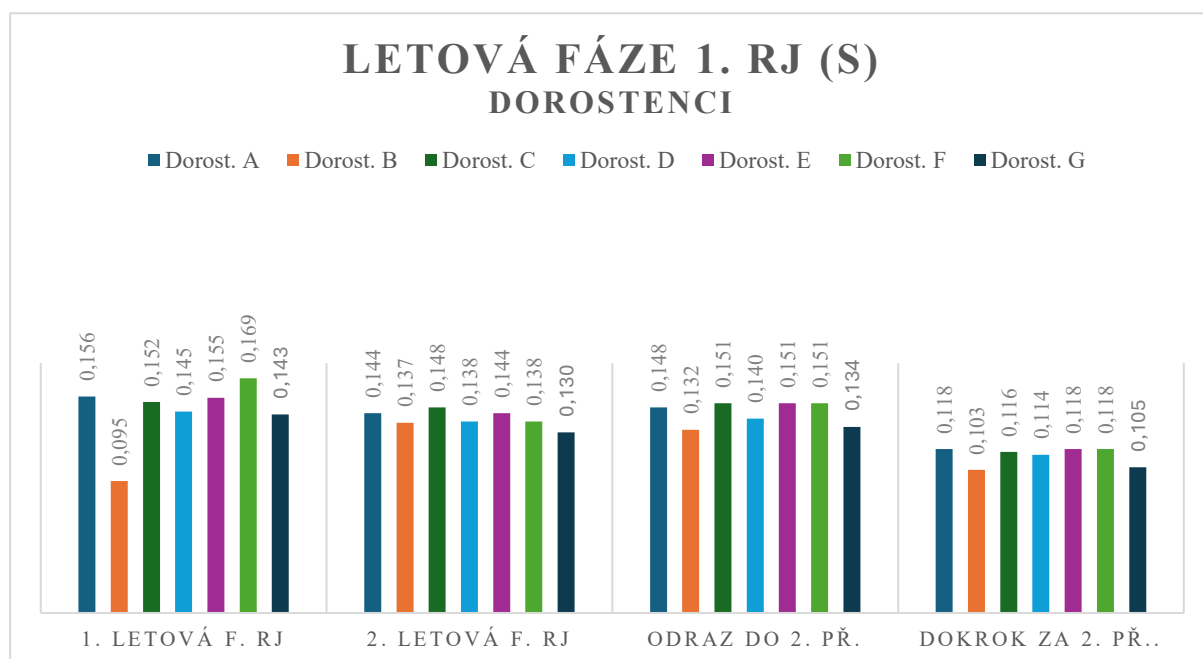
Graf č. 11 – Časy letových fází mužů a juniorů při náběhu na 1. a 2. překážku, sedmikrokový náběh



Graf č. 12 - Časy letových fází mužů a juniorů při náběhu na 1. a 2. překážku, osmikrokový náběh



Graf č. 13 – Časy letových fází dorostenců při náběhu na 1. překážku, osmikrokový náběh



Graf č. 14 – Časy letových fází dorostenců v 1. RJ

Letová fáze je opakem oporové fáze. Je to doba kdy atlet není v kontaktu se zemí. Je závislá především na délce kroku. Cílem atleta je, aby letová fáze byla co nejkratší při zachování optimální délky kroku. Velmi důležitá je letová fáze u překážkového kroku, kde společně s údaji o délce tohoto kroku můžeme získat představu o rychlosti přeběhu.

5 DISKUZE

Hlavním cílem této bakalářské práce je přiblížit problematiku akcelerace u krátkého překážkového sprintu a analyzovat akcelerační fázi (náběh a první RJ) u měřených probandů a jejich výsledky porovnat napříč jednotlivými věkovými kategoriemi v závislosti na jejich výkonnosti v hladkém sprintu a výškou překážky. Dále také tyto údaje porovnat s odbornou českou i zahraniční literaturou a nakonec i s výsledky elitních závodníků z vrcholových akcí nebo izolovaného měření. Na základně výsledků najít doporučení pro trenéry nebo samotné atlety, které by měli vést ke zlepšení akcelerační fáze.

5.1 Porovnání mužů

Jako první bych začal s porovnáním mužských překážkářů. Měření se zúčastnili dva atleti. Pro naše potřeby budou označeni Muž A a Muž B. Pro správnou analýzu dat je potřebné znát osobní rekordy jednotlivých překážkářů.

Disciplína	60 m př.	110 m př	60 m	100 m
Muž A	7,83 s	14,18 s	7,18 s	11,25 s
Muž B	8,50 s	15,03 s	7,22 s	11,19 s

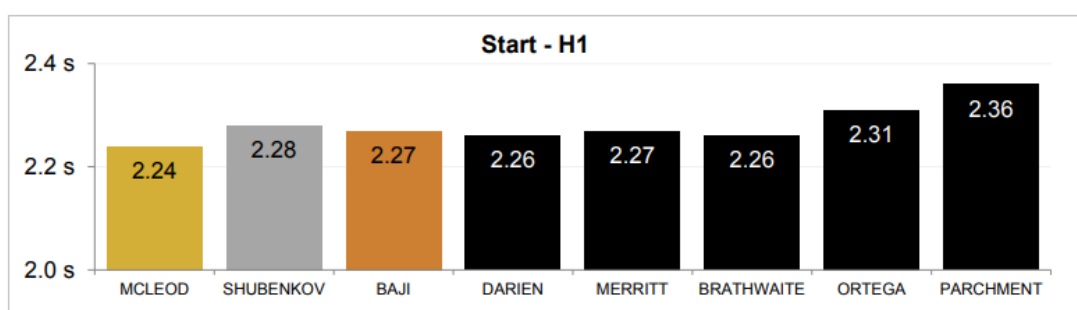
Tabulka č. 5 – Osobní rekordy měřených překážkářů z kategorie muži podle serveru Atletika.cz

Již z osobních rekordů z tabulky č. 5 je zřejmé, že Muž A má výrazně lepší čas na 60 m i 110 m překážek. Rozdíl na 60 m překážek je 0,67 s a na 110 m překážek je rozdíl dokonce 0,85 s. V hladkém sprintu na 60 m je rychlejší Muž A, ale pouze o 0,04 s, a ve sprintu na 100 m je dokonce rychlejší Muž B o 0,06 s. Z těchto dat vyplývá, že i když jsou oba atleti podobně rychlí sprinteři, tak Muž A je výrazně lepší překážkář.

Nyní se již zaměříme na výsledky z měření, které můžete vidět v grafech v kapitole výsledková část. Každý ze zmíněných překážkářů zvolil odlišný počet kroků při náběhu na první překážku tzv. náběhovou strategii. Muž B nabíhal sedmikrokovým náběhem, zatímco Muž A zvolil kroků osm. Z výsledků měření je patrné že, Muž A byl s časem 2,70 s při prvním pokusu a 2,71 s při druhém pokusu rychlejší, a to i přes to, že nabíhal na první překážku osmi kroky, zatímco Muž B, jehož časy byly o desetinu pomalejší (2,81 s a 2,80 s) nabíhal pouze sedmi kroky. V tomto případě se tedy jeví osmikrokový náběh jako rychlejší. V grafu číslo 1 můžete vidět údaje o času náběhu a času první rytmické jednotky, dále jen RJ, lepšího ze dvou

pokusů. Za lepší pokus jsem považoval ten, při kterém byl výsledný čas překážkáře při dokroku za druhou překážkou nižší, nehledě na čas zášlapu za první překážkou a čas RJ. Celková data obou pokusů můžete najít v tabulkách v kapitole přílohy na konci práce.

Pokud se podíváme na biomechanický report od IAAF z Londýna roku 2017 z finále 110 m překážek viz obrázek č. 10, tak zjistíme, že náběh na osm kroků zvolili dva závodníci McLeod a Ortega. Zatímco Ortega měl s časem 2,31 s druhý nejpomalejší zášlap za překážkou, McLeod byl za první překážkou nejrychlejší, a to s časem 2,24 s. Jelikož McLeod závod v Londýně vyhrál v čase 13,05 s, lze konstatovat, že náběh na 8 kroků nutně neznamená pomalejší čas ať už za první překážkou, nebo dokonce v cíli. Ovšem drtivá většina elitních překážkářů v dnešní době využívá náběh sedmikrokový. Dříve tomu ale tak nebylo, jak můžeme vidět v tabulce č. 1 v teoretické části práce.

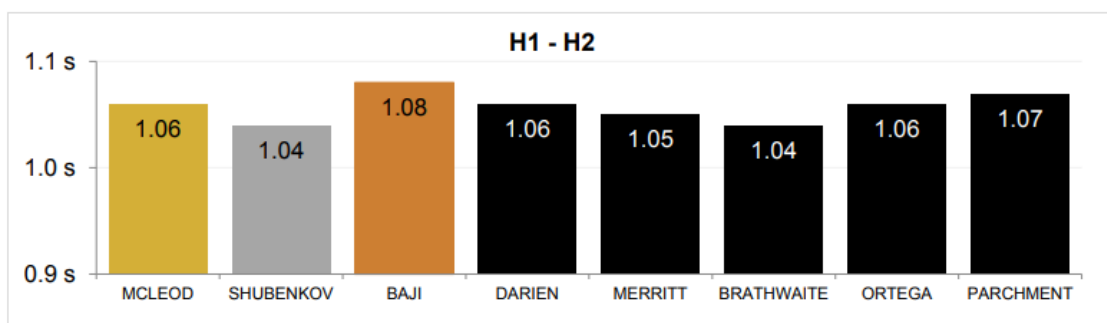


Obrázek č. 10 – Jednotlivé časy dokroku za první překážkou z finále MS 2017 (Pollit 2018)

Atlet	Překážky (s)					
	Start - 1	1-2	2-3	3-4	4-5	5- cíl
Pozzi	2,51	1,03	1,05	0,99	0,99	0,89
Eaton	2,47	1,02	1,02	0,99	1,02	0,95
Manga	2,57	1,06	1,05	1,01	0,99	0,86
Merrit	2,53	1,05	1,04	1,01	1,01	0,92
Martinot - Lagarde	2,55	1,06	1,06	1,04	1,03	0,91
Constantino	2,58	1,07	1,09	1,03	1,05	0,92
Iribarne	2,52	1,06	1,10	1,09	1,06	0,94

Tabulka č. 6 – Jednotlivé časy dokroků za překážkami z finále HMS 2018 (Walker 2019)

Pokud se podíváme na report z finálového závodu na 60 m překážek z Birminghamu na tabulku č. 6, tak zjistíme, že osmikrokový náběh nevyužil žádný ze závodníků. Nejrychleji se za první překážku dostal Eaton s časem 2,47 s, naopak nejpomalejší byl Constantino za 2,58 s., což jsou pomalejší časy než McLeoda nebo Parchmenta z Londýna 2017. To jen potvrzuje, že i správně zvládnutý osmikrokový náběh může být velmi rychlý. Ovšem většina překážkářů umí lépe využít náběh sedmikrokový. Pokud se zaměříme dále na časy rytmických jednotek, tak z našich testovaných překážkářů byl za druhou překážkou rychleji Muž A, a to při obou pokusech shodně 3,82 s, zatímco jeho kolega, Muž B, měl čas 4,00 s a 4,02 s. Z těchto časů vyplývá, že Muž A měl první rytmickou jednotku za 1,11 s a 1,12 s a Muž B za 1,20 s a 1,21 s. Pokud se podíváme na světovou elitu, tak zjistíme, že časy rytmických jednotek mezi první a druhou překážkou se pohybují v rozpětí 1,04 s až 1,08 s viz obrázek č. 11.



Obrázek č. 11 – Čas 1. RJ závodníků z finále MS 2017 (Pollit 2018)

V pozdější fázi závodu jsou nejlepší překážkáři schopni běžet rytmickou jednotku lehce pod 1 s.

Pokud se zaměříme na oporovou a letovou fázi našich atletů, kterou můžeme vidět v grafech 7,8 a 11,12, tak zjistíme, že při náběhu na první překážku měl Muž A téměř při každém kroku kratší letovou fázi a to v průměru o 0,031 s. Podobně je tomu i u oporové fáze. Tento rozdíl je zapříčiněn zvoleným typem náběhu. Muž B využívá náběh sedmikrokový zatímco Muž A osmikrokový. Směrodatnější pak jsou údaje oporových a letových časů v rytmické jednotce. Pokud se podíváme na oporové fáze, tak zjistíme, že lepších výsledků dosáhl Muž A (0,141 – 0,142 – 0,133 s) a Muž B (0,147 – 0,136 – 0,139 s). Pokud porovnáme oporové fáze prvních tří kroků po výběhu ze startovních bloků od našich překážkářů s oporovými fázemi od nejlepších závodníků, tak zjistíme, že časy Muže B 0,217 – 0,202 – 0,173 s nejsou v porovnání s finalisty z Birminghamu 2018 o tolik horší. Největší průměrná časová ztráta se

vytvořila u druhého kroku, kde každý finalista stáhl dobu kontaktu se zemí pod 0,2 s, jak lze vidět v tabulce č. 7.

Oporová fáze (s)			
Atlet	1. krok	2. krok	3. krok
Pozzi	0,180	0,153	0,133
Eaton	0,247	0,173	0,140
Manga	0,240	0,193	0,173
Merrit	0,167	0,167	0,153
Martinot - Lagarde	0,247	0,153	0,160
Constantino	0,207	0,167	0,180
Iribarne	0,187	0,147	0,140

Tabulka č. 7 – Časy oporových fází prvních 3 kroků finalistů HMS 2018 (Walker 2019)

U letových fází z grafu 12 je patrné, že při osmikrokovém náběhu na první překážku Muže A dochází k mnohem kratší letové fázi než u Muže B a jeho sedmikrokového náběhu. Zatímco doby letových fází Muže A měly všechny hodnoty pod 0,1 s u Muže B se pohybovaly v rozmezí 0,1 s až 0,126 s. Zajímavá je hodnota letové fáze posledního zkráceného kroku před překážkou, kde mají oba překážkáři téměř stejnou hodnotu 0,65 s a 0,67 s a to i přes to, že Muž B měl tento krok o 18 cm delší. Dalším velmi zajímavým údajem je letová fáze nad první překážkou a následná rytmická jednotka. Kratší letovou fází nad překážkou měl Muž B. Za zmínění také určitě stojí letová fáze kroků mezi překážkami, kde rozdíl letové fáze druhého a třetího kroku byl více než dvojnásobný, konkrétně se lišil o 0,068 s. U Muže A byl tento rozdíl pouze 0,030 s. Tento rozdíl pravděpodobně nastal kvůli přílišnému protažení druhého kroku u Muže B, jehož délka byla poměrně hodně přes 2 m.



Obrázek č. 12 – Pozice nad 1. překážkou Muže A



Obrázek č. 13 – Pozice nad 1. překážkou muže B

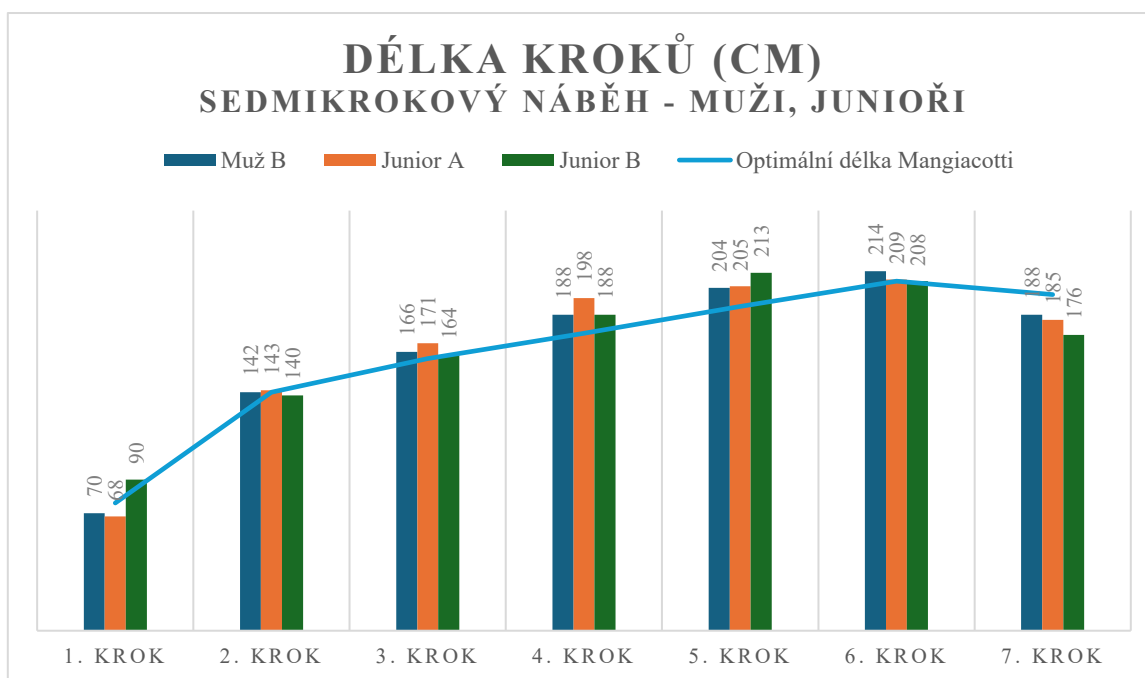
Doba letové fáze nad první překážkou neboli přeběh překážky trval Muži B v prvním pokusu 0,392 s a ve druhém 0,377 s. Muž A zvládl přeběhnout překážku za 0,383 s a 0,371 s. Druhou překážku Muž B překonal za 0,392 s a 0,382 s a Muž A za 0,370 s a 0,359 s. Zatímco Muž A dokázal využít nabrané rychlosti a překonal druhou překážku rychleji než překážku první, tak Muž B naopak na druhé překážce oproti první zpomalil. To může být důsledkem

špatně zvládnuté techniky přeběhu ve vyšší rychlosti, kdy závodník není schopen přesně koordinovat své pohyby pro optimální přeběh. Na obrázcích č. 15 a 16 můžeme vidět porovnání pozice nad překážkou u obou překážkářů. U muže B jsou na první pohled vidět některé prvky techniky, které nejsou úplně dokonalé např. pravá ruka švihá směrem vzhůru a tím zvedá těžiště. Ruka by měla směřovat rovně nebo pokud možno směrem dolů, aby neprodložovala dobu letu. Druhým nedostatkem je pravá přetahová noha, která by měla být ve vodorovné pozici se zemí, aby nedošlo při přeběhu k nechtěnému kontaktu s překážkou. Pokud se podíváme na tabulku č. 8, tak zjistíme, že nejlepší překážkáři jsou schopni překonat překážku za 0,307 s až 0,347 s podle dat z Londýna 2017. Jedná se ovšem o šestou překážku nikoliv o první nebo druhou.

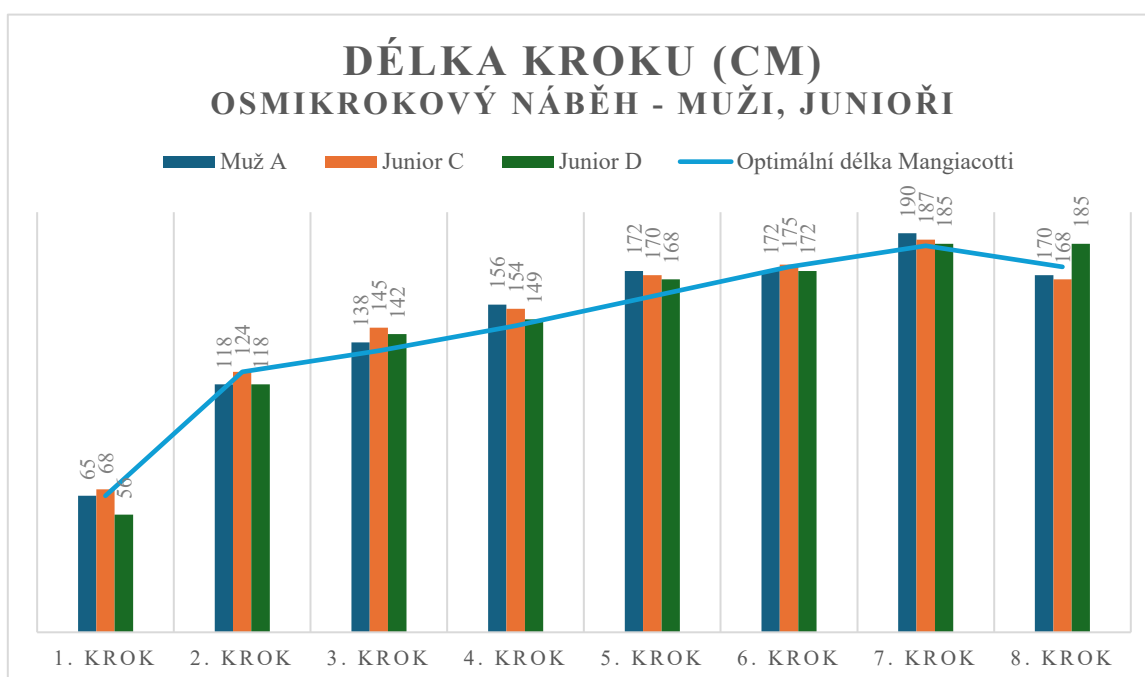
Atlet	Letová fáze nad překážkou (s)
McLeod	0,333
Shubenkov	0,320
Baji	0,347
Darien	0,313
Merrit	0,347
Bratwaite	0,327
Ortega	0,353
Parchment	0,307

Tabulka č. 8 – Doba letové fáze nad překážkou závodníků z finále MS 2017 (Pollit 2018)

Nyní se zaměříme na délky kroků jednotlivých překážkářů. Kvůli zvolenému náběhu na 7 kroků Muž B provádí delší kroky než Muž A. Zajímavé jsou ovšem kroky v první rytmické jednotce a vzdálenost odrazu do překážky a zášlapu za překážkou. Muž B se v prvním pokusu odrážel na první překážku ve vzdálenosti 1,98 m v prvním pokusu a 2,01 m ve druhém pokusu. Jeho zášlap za překážkou byl poprvé ve vzdálenosti 1,68 m a podruhé 1,62 m. Muž A se odrážel do překážky ve vzdálenosti 1,86 m v obou pokusech a zašlapával ve vzdálenosti 1,55 m a 1,48 m. Podle Mangiacotti z Harvardské univerzity (2014) je optimální vzdálenost pro odraz 2,14 m při sedmikrokovém náběhu a 2,09 m při osmikrokovém. V grafu č. 15 a 16 můžeme vidět porovnání délek kroků mužů a juniorů a optimálních délek podle Mangiacottiho.



Graf č. 15 – Délky kroků mužů a juniorů v porovnání s optimálními hodnotami dle Mangiacottiho (2014), sedmikrokový náběh



Graf č. 16 – Délky kroků mužů a juniorů v porovnání s optimálními hodnotami dle Mangiacottiho (2014), osmikrokový náběh

Pokud se podíváme na data z Londýna z roku 2017, tak zjistíme, že rozptyl odrazů a zášlapů do překážky u jednotlivých závodníků je poměrně vysoký např. vítěz závodu McLeod se odrážel do překážky ze vzdálenosti 2,15 m a za překážkou došlápl ve vzdálenosti 1,73 m, druhý závodník v cíli Shubenkov měl velmi podobné hodnoty 2,10 m a 1,73 m. Na druhé straně spektra je držitel současného světového rekordu z roku 2012 Merrit, který se v Londýně odrážel do překážky ve vzdálenosti až 2,51 m a zášlap měl 1,34 m. Zbylé závodníky a jejich vzdálenosti odrazů a zášlapů můžeme vidět na obrázku č. 6 v teoretické části práce. Ovšem zde se jedná o data z šesté překážky, nikoliv první nebo druhé. Další zajímavostí je fakt, že první tři překážkáři v cíli z Londýna 2017 McLeod, Shubenkov a Baji mají na šesté překážce nejdelší zášlap za překážkou, i když je tendence zkrátit co nejvíce dobu letu a snažit se zášlap stlačit co nejblíže za překážkou. Mansour (2022) testoval elitní překážkáře z Tuniska kteří měli průměrný zášlap za překážkou 1,65 m a také elitní vícebojaře, kteří dosahovali zášlapů ve vzdálenosti 1,68 m za překážkou.

Pokud se podíváme na délky kroků mezi první a druhou překážkou, tak zjistíme, že oba naši běžci mají délky kroků v obou pokusech relativně stejné. To značí, že mají dobře naučený a zažitý tříkrokový překážkový rytmus. Muž B měl délky kroků v prvním pokusu 149–215–187 cm a 149–212–188 cm ve druhém, v přepočtu na procenta to vychází 27–39–34 %. Muž A v prvním pokusu 135–201–197 cm a 137–198–201 cm ve druhém pokusu, v přepočtu na procenta 25–38–37 %. Za chybu se dá považovat délka kroků u obou pokusů Muže A. Jeho druhý a třetí krok jsou téměř totožné. U elitních překážkářů i v odborné literatuře (Dostál 1985 i Hanley 2021) se uvádí rozdíl minimálně 10 cm. Poslední krok je oproti druhém zkrácený z důvodu lepší pozice těžiště při odrazu do překážky. Hanley (2021) ve své publikaci uvádí optimální vzdálenosti překážkových kroků následovně 165–195–185 cm, což procentuálně vychází 30–36–34 %. Dostál (1985) a Millerová (2001) udávají ideální poměr délek kroků následovně:

1. Krok 160-170 cm
2. Krok 195-200 cm
3. Krok 185-190 cm

1. Krok 28-30 %
2. Krok 35-37 %
3. Krok 34-35 %

Ačkoliv se jedná již o starší literaturu, tak čísla, která uvádí Dostál (1985) s Millerovou (2001), jsou téměř totožná jako z novějších publikací např. Hanley (2021). Z výše uvedených dat je patrné, že oba naši měření závodníci mají první krok kratší než jsou ideální normy. Muž B 149 cm a Muž A dokonce 135 cm. Jak je uvedeno výše, ideální rozmezí délky prvního překážkového kroku je 160–170 cm. Z toho pramení, že aby naši překážkáři dosáhli optimálního místa odrazu, musí chybějící centimetry získat v kroku druhém. Ideální délka druhého kroku podle výše uvedené literatury je 195–200 cm. Muž B dosáhl 212 cm a Muž A 201 cm. Procentuálně by druhý krok měl dosahovat 35-37 % délky z celkového součtu všech tří kroků. U Muže B druhý krok má hodnotu 39 % a u Muže A 38 %. Obě tyto hodnoty jsou lehce vyšší, než by bylo ideální. U třetího kroku se Muž B trefil do optimální délky 187 cm v prvním pokusu a 188 cm v pokusu druhém. I poměr procent délek kroků odpovídá doporučeným hodnotám. Muž A ovšem musel v obou pokusech krok výrazně prodloužit a to až na hodnotu 197 cm a 201 cm, což je poměrně daleko od doporučených hodnot 185–190 cm a také o 2 % více než je doporučeno.

Musíme také brát v potaz fakt, že je velmi obtížné nasimulovat soutěžní podmínky kde jdou atleti pravděpodobně více soustředění a projevuje se zde více hladina adrenalinu, tudíž podávají lepší výkony než v tréninkových nebo jiných podmínkách.

5.2 Porovnání junioři

Disciplína	60 m př. (99,1 cm)	110 m př (99,1 cm)	60 m	100 m
Junior A	8,26 s	14,46 s	7,75 s	10,95 s
Junior B	7,87 s	13,63 s	6,90 s	10,93 s
Junior C	7,91 s	14,52 s	7,22 s	11,37 s
Junior D	7,87 s	13,84 s	7,00 s	11,00 s

Tabulka č. 9 – Osobní rekordy měřených překážkářů z kategorie junioři podle webu

Atletika.cz

Z kategorie juniorů se měření zúčastnili celkem čtyři překážkáři – Junior A, Junior B, Junior C a Junior D. Jejich osobní rekordy jak z překážkových, tak hladkých běhů můžeme vidět v tabulce č. 9. Nejlepší čas na 110 m př. má Junior B, druhý nejrychlejší Junior D ztrácí 0,21 s. Na 60 m překážek mají oba zmínění Junioři stejný osobní rekord. Junior B je také

nejrychlejším sprinterem na 100 m. Kousek za ním je Junior A. I přes to, že Junior A a Junior B mají podobný čas na 100 m, tak na 110 m překážek, Junior A ztrácí na Juniora B necelou sekundu. To může napovídat tomu, že Junior B lépe ovládá překážkovou techniku.

Junior A a Junior B nabíhali na první překážku sedmikrokovým náběhem a Junior C a Junior D využili náběh osmikrokový. Když porovnáme časy záslapu za první překážkou z grafu č.1, můžeme vidět, že Junior A a Junior B byli za první překážkou téměř nastejno. Junior A 2,79 s a 2,80 s, Junior B 2,82 s a 2,80 s. Tyto časy se výrazně neliší ani od času Muže B, který také nabíhal na první překážku sedmi kroky v časech 2,81 s a 2,80 s. Junior C a Junior D doběhli za první překážku osmi kroky nejrychleji za 2,74 s a 2,65 s. Oba časy jsou rychlejší než u měřených překážkářů, jenž využili sedmikrokový náběh. U Juniora D se dokonce jedná o nejrychlejší záslap za první překážkou ze všech účastníků měření. Z těchto dat se pro juniory jeví efektivnější osmikrokový náběh, protože měření překážkáři dosáhli lepších časů právě při náběhu na osm kroků. Za druhou překážkou byl nejrychleji Junior D s časy 3,77 s a 3,76 s. Druhý pak Junior C za 2,88. Nejpomaleji na druhou překážku naběhl Junior A za rovné 4,00 s, což je stejný čas jako Muž B.

Nyní se zaměříme na dobu oporové a letové fáze u juniorů. Pokud se podíváme na Juniora A a Juniora B, jenž zvolili náběh na 7 kroků, tak zjistíme, že Junior B měl výrazně delší oporovou fázi při prvním kroku po výběhu ze startovních bloků. Konkrétně 0,290 s a 0,284 s oproti 0,244 s a 0,237 s, jenž měl Junior A. Při dalších krocích byly oporové fáze jednotlivých kroků u obou překážkářů velmi podobné. Menší rozdíl pak vznikl při odrazu do překážky, kdy Junior B měl odraz za 0,130 s a 0,128 s, zatímco Junior A 0,140 s a 0,141 s. Tento rozdíl může být způsobený tím, že odraz Juniora B probíhal více z přední části chodidla než u Juniora A a díky tomu mu odraz trval kratší dobu, jak lze vidět na obrázcích č. 18 a 19. Junior A měl poslední krok před odrazem do překážky delší o 9 cm. Díky tomuto prodloužení kroku nedošlo k odrazu přes přední část chodidla.



Obrázek č. 14 – Dokrok sedmého kroku před odrazem do překážky Juniora A



Obrázek č. 15 – Dokrok sedmého kroku před odrazem do překážky Juniora B

Podobná data mají oba závodníci při obou pokusech i na druhé překážce. Toto jen potvrzuje výše zmíněnou teorii a to, že se nejedná o pouhou náhodu. Data oporových fází dokroku za překážkou a následných tří překážkářských kroků jsou již bez větších odchylek.

Jediná další odchylka se vyskytla na dokroku za druhou překážkou, kde Junior A dosáhl času oporové fáze 0,147 s a 0,143 s na rozdíl od Juniora B, jenž měl zde časy 0,184 s a 0,172 s. Celkový čas náběhu na první překážku a první rytmické jednotky byl i přes menší odchylky u oporových fází u obou překážkářů téměř shodný. U Juniora C a Juniora D jsou na první pohled rozdíly v oporových fázích v porovnání s překážkáři, kteří nabíhali na osm kroků. Hned při prvním kroku měl Junior D o 0,1 s kratší oporovou fázi než Junior B a o 0,05 s kratší než Junior A.

Nyní se zaměříme na délky jednotlivých kroků. Porovnááme Juniora A a Juniora B, kteří oba nabíhali sedmikrokovým náběhem. Již u prvního kroku nastává poměrně velký rozdíl a to o 22 cm. Junior A měl délku prvního kroku 68 cm, zatímco Junior B 90 cm. Veškeré délky kroků lepšího ze dvou pokusů můžeme vidět v grafu č. 3. Chybějících 22 cm získal Junior A při čtvrtém kroku, který měl o 10 cm delší než Junior B, a také v kroku sedmém, který byl delší o 11 cm. Dalším velmi zajímavým údajem je rozdíl délek kroků v prvním a druhém pokusu u Juniora B. V prvním pokusu měl Junior B délku čtvrtého a pátého kroku 206 cm a 243 cm, zatímco v pokusu druhém u čtvrtého kroku 188 cm a 213 cm u kroku pátého. To je rozdíl 48 cm na dvou krocích. Díky těmto delším krokům mohl Junior B výrazněji zkrátit poslední sedmý krok před překážkou a to o 32 cm oproti druhému pokusu. Na grafu č. 15 můžeme vidět porovnání délek kroků Juniora A a B s optimálními hodnotami dle Mangicottiho. Dalším údajem, který stojí za zmínění, je délka vzdálenosti odrazu do překážky a následnému zášlapu za překážkou. Jak Junior A, tak Junior B se odráželi do překážky ve vzdálenosti 1,93 m a zášlap za překážkou měl Junior A 1,57 m a Junior B 1,51 m, díky čemuž měl Junior B kratší letovou fázi překážkového kroku o 0,012 s.

U překážkářů, kteří využili osmikrokovou strategii při náběhu nejsou až tak velké rozdíly v délkách kroků jako u výše zmíněných atletů. Junior C měl každý krok o pár cm delší než Junior D a to vyústilo v to, že poslední osmý krok před překážkou Juniora D musel být delší o 17 cm. V grafu č. 16 můžeme vidět porovnání délek kroků Juniora C a D s optimálními hodnotami od Mangicottiho. Pokud se podíváme na místo odrazu do překážky, tak zjistíme, že Junior C se odrážel do překážky ze vzdálenosti 2,07 m a jeho zášlap byl 1,48 m. Celý překážkový krok mu trval 0,357 s. Junior D se odrážel 1,93 m od překážky a zášlap měl 1,49 m za překážkou a celý překážkový krok mu trval 0,344 s. Z vzorečku pro výpočet rychlosti, kdy $v=s/t$ je zřejmé, že Junior C měl rychlost přeběhu 9,94 m/s, což je v přepočtu na km/h 35,7. Rychlost přeběhu Juniora D byla shodná s Juniorem C 35,7 km/h.

Nyní se zaměříme na délky kroků všech juniorů v první RJ, které můžeme vidět v grafech č. 3 a 4. Nejmenší první krok v první RJ měl Junior D a to konkrétně 149 cm. Naopak nejdelší krok měl Junior B 166 cm. Všichni junioři měli správné rozvržení kroků podle délek. První krok nejkratší, druhý nejdelší a třetí zkrácený oproti druhému kroku. Třetí krok rytmické jednotky měl nejdelší Junior D 195 cm a Junior A 190 cm. Oba tito překážkáři proto měli kvůli delšímu třetímu kroku delší oporovou o 0,01 s než Junior B, jehož délka kroku byla 176 cm. Odraz do druhé překážky měli Junior A a Junior B velmi podobný a to v obou pokusech. Junior C a Junior D měli v lepším z pokusů také podobné vzdálenosti ovšem o 0,3 m dál od překážky oproti zbývajícím juniorům. Zajímavý je také rozdíl u Juniora C mezi prvním a druhým pokusem. Zatímco jeho odraz při prvním pokusu byl ve vzdálenosti 2,2 m tak v pokusu druhém byla hodnota 1,91 m. To znamená, že se Junior C ve druhém pokusu odrážel do druhé překážky o 0,3 m blíže. V dokroku za překážkou byl rozdíl ve vzdálenosti od překážky jen 16 cm a celková doba letové fáze překážkového kroku bylo kratší o 0,08 s.

5.3 Porovnání dorostenci

Disciplína	60 m př. (91,4) cm	110 m př. (91,4) cm	60 m	100 m
Dorostenec A	8,61 s	15,01 s	7,46 s	11,89 s
Dorostenec B	8,11 s	14,73 s	7,27 s	11,70 s
Dorostenec C	-	15,46 s	7,38 s	11,65 s
Dorostenec D	8,37 s	14,20 s	7,57 s	11,80 s
Dorostenec E	8,43 s	15,20 s	7,45 s	11,87 s
Dorostenec F	8,51 s	14,96 s	7,54 s	12,00 s
Dorostenec G	8,03 s	16,27 s	7,48 s	11,47 s

*Tabulka č. 10 - Osobní rekordy měřených překážkářů z kategorie dorost podle webu
Atletika.cz*

Z kategorie dorostu se měření zúčastnilo celkem 7 překážkářů. Z tabulky č. 10 je zřejmé, že nejrychlejší sprinter na hladkých tratích je Dorostenec G. Tento překážkář má také z ostatních měřených překážkářů nejlepší osobní rekord na 60 m př. Zajímavý je fakt, že jeho osobní rekord na 110 m př. výrazně zaostává za ostatními a nejedná se pouze o jeden nepovedený závod. Nejrychlejší časy na překážkách drží Dorostenec B na 60 m př. a

Dorostenec D na 110 m př. a to i přes to, že jejich časy na hladkých sprinterských tratích nepatří k nejlepším. Porovnávání časů v dorostenecké kategorii nemá takový význam jako u starších atletů. Poměrně velkou roli hraje to, zda atlet běžel závod minulý rok nebo letos. U každého atleta z výše uvedené tabulky došlo tento rok (2024) v hale k výraznému zlepšení buď na hladkém sprintu, nebo překážkách oproti roku minulému.

Nyní se podíváme na graf č. 2, kde můžeme vidět časy náběhu na první překážku a čas první RJ. Všichni dorostenci zvolili stejnou strategii náběhu a to na osm kroků. Nejrychleji zvládl náběh za 2,73 s Dorostenec G. Nejpomaleji pak Dorostenec C, jenž měl i nejpomalejší RJ za 1,21 s spolu s Dorostencem A. Za druhou překážkou byl nejrychlejší opět Dorostenec G 3,91 s a hned o 0,01 s za ním Dorostenec D. který měl zároveň nejrychlejší první RJ konkrétně za 1,14 s.

Pokud se podíváme na grafy č. 9 a 10, kde jsou naznačeny oporové fáze jednotlivých dorostenců, tak zjistíme, že průměrně mají dorostenci delší oporové fáze než muži nebo junioři, kteří také zvolili náběh na osm kroků. Zajímavý je údaj oporové fáze dokroku za první překážkou u Dorostence F. Tato oporová fáze měla hodnotu 0,045 s. Pro porovnání druhá nejkratší oporová fáze Dorostence G měla hodnotu 0,107 s, což je velký rozdíl. Po zhlédnutí videa jsem si nevšiml ničeho zvláštního z hlediska techniky, co by mělo za následek takto krátkou oporovou fázi. Všiml jsem si ale dešťových kapek na videu, které mohly negativně ovlivnit přesnost měření. Dospěl jsem k názoru, že tato hodnota bude s velkou pravděpodobností chybou měření, jenž způsobil dešť. Dalším údajem oporových fází který se výrazně odlišuje od ostatních je oporová fáze prvního kroku v RJ u Dorostence B. Tato oporová fáze měla hodnotu 0,095 s. Druhá nejkratší hodnota byla 0,143 u Dorostence G. Po zhlédnutí videa rovněž nebylo zřejmé, proč je tato hodnota výrazně menší než u ostatních testovaných atletů.

Při bližším prozkoumání dob letových fází dorostenců zjistíme, že Dorostenec E měl velmi krátkou letovou fázi oproti ostatním překážkářům a to konkrétně 0,013 s a to i přes to, že délka jeho prvního kroku byla jedna z nejdelších. To může nasvědčovat povedenému startu z bloků. Další údaj, který stojí za zmínku, je letová fáze přeběhu překážky a to konkrétně u Dorostence F, který měl výrazně delší letovou fázi než ostatní překážkáři a to až o 0,1 s v obou pokusech. Na obrázku č. 16 můžeme vidět důvod delší letové fáze překážkového kroku. Dorostenec F vystoupal výrazně výše nad překážku a tím prodloužil letovou fázi. Tento jev může nastat, pokud je překážkář příliš blízko překážce nebo pokud je příliš daleko. Pokud se podíváme na délky kroků, tak zjistíme, že poslední krok před odrazem do překážky

u Dorostence F byl jako jediný přes 2 metry dlouhý. To zapříčinilo odraz do výšky a ztrátu rychlosti. U elitních překážkářů je snaha poslední krok zkrátit, aby odraz probíhal přes přední část chodidla a minimalizoval se vertikální zdvih těžiště. Dorostenec F se odrážel ve vzdálenosti 2,27 m od překážky, což je o 30 cm dál než průměr ostatních překážkářů. Na druhé překážce měl již Dorostenec F podobné časy letové fáze při překážkovém kroku jako ostatní překážkáři.



Obrázek č. 16 – Pozice nad překážkou Dorostence F

Nyní si rozebereme délky jednotlivých kroků u dorosteneckých překážkářů. Jak můžeme vidět v grafech č. 5 a 6, nejkratší první krok měl Dorostenec F. Kvůli kratším krokům v úvodu musel natáhnout poslední osmý krok a díky tomu měl delší letovou fázi při překážkovém kroku, jak se píše výše. Dorostenec F měl také nejdelší přeběh překážky. Téměř o 0,5 m delší než zbytek atletů. Dorostenec F také jako jediný nedodržel správnou délku kroků v RJ, kdy by měl být druhý krok nejdelší a poslední krok kratší než druhý. U tohoto dorostence byl nejdelší krok třetí a to o 10 cm v obou pokusech. Prodloužení posledního kroku RJ může být způsobeno ztrátou rychlosti na první překážce a může mít za následek odraz přes zadní část chodidla a přílišný vertikální zdvih těžiště a prodloužení letové fáze. Pokud se nyní podíváme na místa odrazu do první překážky, tak zjistíme, že průměrná vzdálenost odrazu všech měřených atletů, kteří využili osmikrokový náběh, byla 1,99 m a průměrná vzdálenost pouze dorostenců byla 2,04 m. Z toho vyplývá, že dorostenci se do překážky odráželi dále než

junioři nebo muži. U druhé překážky byl celkový průměr 2,19 m a průměr u dorostenců 2,16 m. Takže u druhé překážky se naopak muži a junioři odráželi lehce dál od překážky.

5.4 Shrnutí klíčových parametrů

Z výše uvedených dat je patrné že průměrný náběh na první překážku měli muži 2,75 s stejně jako junioři 2,75 s. Dorostenci měli pomalejší čas 2,83 s. Za druhou překážkou byli nejrychleji junioři s časem 3,90 s, těsně za nimi muži 3,91 s a dorostenci, kteří lehce ztráceli, 4,02 s. Z toho vyplývá, že nejrychleji zvládli RJ junioři 1,15 s, potom muži 1,16 s a dorostenci 1,20 s. Nejdál se do první překážky odráželi dorostenci 2,02 m, poté muži 1,95 m a nejbliže junioři 1,89 m. Do druhé překážky se odráželi opět nejdál dorostenci a to poměrně výrazně 2,21 m, poté muži 2,06 m a nejbliže měli odraz junioři 2,02 m. Nejkratší průměrný dokrok za první překážkou byl naměřen vzhledem k nižším překážkám u dorostenců 1,52 m, u juniorů 1,56 m a u mužů 1,58 m a u druhé překážky měli nejkratší dokrok znovu dorostenci 1,42 m, následně junioři 1,56 m a muži 1,58 m. Nejrychlejší přeběh první překážky byl zaznamenán u juniorů a to konkrétně 34,0 km/h, druzí nejrychlejší byli muži 33,8 km/h a dorostenci 32,86 km/h a u druhé překážky byli opět nejrychlejší junioři 36,15 km/h. Muži a dorostenci měli poměrně vyrovnanou rychlost a to 34,99 km/h a 34,75 km/h. Ve prospěch mužů ovšem hraje roli výrazně vyšší překážka než u dorostenců.

5.5 Zhodnocení hypotéz

Hypotéza č.1 - Předpokládám, že měření atleti vzhledem k jejich osobním rekordům nedosáhnou stejných hodnot délek kroků, letových a oporových fází, časů náběhu a rytmické jednotky jako elitní překážkáři.

Ve většině případů měření atleti nedocílili stejných časů náběhu a rytmické jednotky, vzdáleností oporových a letových fází. **Hypotéza č.1 byla potvrzena**

Hypotéza č.2 - Předpokládám, že většina dorosteneckých překážkářů vzhledem k nižší výšce překážky budou mít rychlejší přeběh než muži.

Pět dorosteneckých překážkářů ze sedmi má průměrnou dobu přeběhu překážky kratší než muži. **Hypotéza č.2 byla potvrzena**

Hypotéza č.3 - Předpokládám že většina měřených překážkářů zvolí osmikrokový náběh na první překážku.

Deset z třinácti měřených překážkářů prováděla náběh na první překážku osmi kroky.

Hypotéza č.3 byla potvrzena

Hypotéza č.4 – Předpokládám, že vzdálenost odrazu do překážky bude u dorostenců kratší než u mužů a juniorů vzhledem k nižší výšce překážek

Průměrná vzdálenost odrazu do překážky u dorostenců byla větší než u mužů i juniorů.

Hypotéza č.4 byla vyvrácena

6. ZÁVĚR

Hlavním cílem této bakalářské práce je přiblížit problematiku akcelerace u krátkého překážkového sprintu a analyzovat akcelerační fázi (náběh a první RJ) u měřených probandů a jejich výsledky porovnat napříč jednotlivými věkovými kategoriemi v závislosti na jejich výkonnosti v hladkém sprintu a výškou překážky. Dále také tyto údaje porovnat s odbornou českou i zahraniční literaturou a nakonec i s výsledky elitních závodníků z vrcholových akcí nebo izolovaného měření. Na základě výsledků najít doporučení pro trenéry nebo samotné atlety, které by měly vést ke zlepšení akcelerační fáze.

Díky této práci se zjistilo, že nižší překážka nutně nemusí znamenat rychlejší přeběh a rychlejší akceleraci k následující překážce. Dalším zjištěním ze získaných dat je fakt, že i správně zvládnutý osmikrokový náběh může konkurovat, ba i dokonce být rychlejší než náběh sedmikrokový. Záleží vždy na konkrétním překážkáři a jeho silových a rychlostních kvalitách a správně zvládnuté technice, který typ náběhu dokáže správně využít k co nejlepšímu výkonu. Ani místo odrazu před překážkou a zášlapu za ní nemusí nutně ovlivňovat dobu, za kterou je překážka překonána. Ačkoliv z měření je zřejmé, že odraz příliš blízko před překážkou vede ke zpomalení.

Výzkumná část práce pracovala s daty dvou překážkářů z kategorie muži, čtyř překážkářů z kategorie junioři a sedmi překážkáři z kategorie dorostenci. Především v mužské kategorii byl počet probandů malý a na základě měření nelze vyvodit obecné doporučení využitelné v praxi. Byl by vhodný další výzkum se širší základnou účastníků měření. Další limitací práce je nestejná výška překážek u různých věkových kategoriích. Bylo by vhodné provést studii, kde by probandi museli překonávat stejně vysoké překážky a následně porovnat rychlosti přeběhu a další v práci rozebírané parametry. Během měření rovněž nebyl brán ohled na tělesnou konstituci sprinterů (množství svalové hmoty, tělesná výška a délka končetin), pro podrobnější závěry by bylo vhodné zahrnout i tyto parametry. Ačkoliv se měření snažilo co nejvíce nasimulovat závodní podmínky, při samotném závodě jsou atleti pravděpodobně více soustředěni a roli zde hraje i vyšší hladina adrenalinu, z čehož vyplývají lepší výsledky podané při ostrém závodě.

Na základě dosažených výsledků byly zodpovězeny veškeré výzkumné otázky a potvrzeny či vyvráceny všechny hypotézy. Stanovené cíle práce byly splněny.

Díky této práci jsem lépe pochopil problematiku překážkového sprintu a především akcelerační fáze a nově nabyté vědomosti se snažím aplikovat ve své trenérské praxi. Práci jsem tvořil samostatně a transparentně z ověřených zdrojů a dat.

Seznam použité literatury

- 1) Atletika.cz. Registr atletů. Dostupné z:
<https://online.atletika.cz/clenska-sekce/atleti/registr-atletu/>. [cit. 2024-05-08].
- 2) Atletika.cz. Pravidla atletiky Dostupné z:
<https://www.atletika.cz/organizace/souteze-a-rozhodci/rozhodci/pravidla-atletiky/>
- 3) BABIĆ, V; DELALIJA, A. *Reaction Time Trends in the Sprint and Hurdle Events at the 2004 Olympic Games: Differences Between Male and Female Athletes* [online]. 2009 [cit. 2024-4-05]. Dostupné z:
https://www.researchgate.net/publication/259980863_Reaction_Time_Trends_in_the_Sprint_and_Hurdle_Events_at_the_2004_Olympic_Games_Differences_Between_Male_and_Female_Athletes
- 4) BERNACIKOVÁ a kol. *Výzkum ve fyziologii zátěže I* [online]. 2013 [cit. 2023- 11- 11]. Dostupné z:
<https://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book16/Cover.html>
- 5) CHOUTKA, M; DOVALIL, J.. *Sportovní trénink. 2. rozšířené vydání*. Praha: Olympia, 1991. 331s. ISBN 80-7033-099-6.
- 6) DOSTÁL, E. *Sprinty*. 1. vydání. Praha: Olympia, 1985. Atletika do kapsy.
- 7) DOVALIL, J. a kol. *Výkon a trénink ve sportu*. 4. vydání. Praha: Olympia, 2012. ISBN 978-80-7376-326-8.
- 8) HANLEY, B. a kol. *Biomechanics of World-Class Men and Women Hurdlers* [online]. 2021 [cit. 2024-1-9]. Dostupné z:
https://www.researchgate.net/publication/353078852_Biomechanics_of_WorldClass_Men_and_Women_Hurdlers/link/60e6fe7530e8e50c01eff620/download
- 9) HARKSEN, R. *Překážkový běh (sprint) - Seminar Czech Athletic Federation* [online]. 2018 [cit. 2024-2-15]. Dostupné z:
<https://docplayer.cz/130414471-Prekazkovy-beh-sprint.html>
- 10) ITO, Akira, et al. Changes in the step width, step length, and step frequency of the world's top sprinters during the 100 metres. *New Studies in Athletics*, 2006, Dostupné z:
<https://centrostudilombardia.com/wp-content/uploads/IAAF-Corsa-Velocita/2006-Changes-in-the-step-width-step-lenght-and-step-frequency-in-100-m.pdf>

- 11) LACZO, E. *Formovanie špeciálnej rýchlosti v krátkom prekážkovom šprinte*. In: DREMMELOVÁ, I. *Problémy súčasnej atletiky: zborník prác z vedeckej konferencie*. Bratislava: Slovenská vedecká spoločnosť pre telesnú výchovu a šport, 2002. ISBN 80-89075-12-6.
- 12) MANGIACOTTI M. *Rhythmic Hurdling: The Search for the Holy Grail* [online]. 2014 [cit. 2024-03-4]. Dostupné z: <https://www.ustfccca.org/assets/symposiums/2014/Sprints-Mangiacotti-2014.pdf>
- 13) MANN, R. V. *The Mechanics of Sprinting and Hurdling*. USA: Copyright, 2011 ISBN 978-14-611-3631-6
- 14) MANSOUR, Hamda, et al. *Kinematic Analysis Of Hurdles Clearance Techniques And The First Inter-Hurdle Stride Over 110-Metre Hurdles: Comparisons Between Specialists And Decathletes*. 2022.
- 15) MATĚJKOVÁ, Petra. *Sledování sportovní výkonnosti v běhu na 110 m př. u nejlepšího českého překážkáře P. Svobody*. Bakalářská práce, vedoucí Kaplan, Aleš. Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Atletika, 2011.
- 16) MCGRILL, S. *From the Starting Blocks to the First Hurdle in the 110m and 100m Hurdles* [online]. 2004 [cit. 2024-01-21]. Dostupné z: <https://hurdlesfirstbeta.com/free-articles/training-tips/from-the-starting-blocksto-the-first-hurdle-in-the-110m-and-100m-hurdles/>
- 17) MILLEROVÁ, V. *Běhy na krátké tratě: trénink disciplín*. Praha: Olympia, 2002. Atletika. ISBN 80-7033-570-X.
- 18) *Optojump.com*. Online. Microgate. Dostupné z: <https://training.microgate.it/en/products/optojump-next>. [cit. 2024-05-08].
- 19) PERIČ, T; DOVALIL, J. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-2118-7.
- 20) POLLITT, L. a kol. *Biomechanical Report for the IAAF World Championships 2017: 110 m Hurdles Men's* [online]. 2018 [cit. 2021-11-14]. Dostupné z: <https://www.worldathletics.org/about-iaaf/documents/research-centre>
- 21) ROWLEY, Lee James, et al. *Effect of hurdling step strategy on the kinematics of the block start*. *Sports biomechanics*, 2021, 1-14.
- 22) SLAVÍČEK, Lukáš. *Analýza techniky přeběhu překážky u studentů UK FTVS*. Bakalářská práce, vedoucí Červinka, Pavel. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Atletika, 2020.

- 23) SLAVÍČEK, Lukáš. *Studie vztahu jednotlivých fází běhu na 110 m překážek s celkovým výkonem*. Diplomová práce, vedoucí Červinka, Pavel. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Atletika, 2022.
- 24) THE U.S. TRACK & FIELD AND CROSS COUNTRY COACHES ASSOCIATION. *The Biomechanics of Hurdling*. In: *Techniques for Track & Field and Cross Country* [online]. Metairie, 2018[cit. 2024-3-10]. 80 ISSN 1939-3849. Dostupné z: <http://e.issuu.com/embed.html#32344549/60297086>
- 25)) THORSON, M. *Sprint Hurdles*. In: *Techniques for Track & Field and Cross Country* [online]. Metairie, 2019 [cit. 2024-3-8]. ISSN 1939- 3849. Dostupné z: <http://e.issuu.com/embed.html#32344549/67409622>
- 26) TSIOKANOS a kol. *Race pattern of Men's 110-M Hurdles: Time analysis of Olympic Hurdle Performnce* [online]. 2018 [cit. 2023-11-9]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/330503420_Race_pattern_of_Men%27s_110-M_Hurdles_Time_analysis_of_Olympic_Hurdle_Performnce
- 27) VANDERKA, M; NOVOSÁD, A. *Biomechanická analýza překážkového behu u vybraných překážkarov* In: *Atletika 2009*. [online]. 2009 [cit. 2024-1-17]. Dostupné z: http://elearning.ktvs.pf.ukf.sk/publikacie/Zbornik_Atletika_2009.pdf
- 28) VINDUŠKOVÁ, J. *Abeceda atletického trenéra*. Praha: Olympia, 2003. Edice atletika. ISBN 80-7033-770-2.
- 29) WALKER, J. a kol. *Biomechanical Report for the IAAF World Indor Championships 2018: 60 m Hurdles Men's* [online]. 2019 [cit. 2024-01-21]. Dostupné z: <https://www.worldathletics.org/about-iaaf/documents/research-centre>
- 30) YEO, B. *What is the right technique for hurdles?* [online]. b.r. [cit. 2023-8-14]. Dostupné z: <https://www.myactivesg.com/Sports/Athletics/TrainingMethod/Athletics-for-beginners/How-to-improve-your-hurdles-technique>
- 31) ZÁRUBOVÁ, Denisa. *Porovnání techniky při běhu na 100 m př. u vybraných závodnic*. Bakalářská práce, vedoucí Kaplan, Aleš. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Atletika, 2022.
- 32) ŽÁK, V. *Pravidla atletiky 2018: pravidla IAAF ve znění příručky Competition Rules 2018-2019 doplněná o ustanovení platná pouze pro soutěže na území České republiky* [online]. 2017 [cit. 2023-01-21]. Dostupné z: <https://www.atletika.cz/cas-informuje/pravidla-atletiky-2018-2019/>

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 - Počet překážkářů využívající osmikrokový a sedmikrokový náběh na jednotlivých HMS (Walker 2019).....	17
Tabulka č. 2 - Reakční časy finalistů z MS Londýn 2017 a OH Tokio 2021.....	18
Tabulka č. 3 - Délky trvání letové fáze překážkového kroku u účastníků finále OH v Pekingu 2008 (Tsiokanos 2018).....	20
Tabulka č. 4 - Délka tří běžeckých kroků mezi pátou a šestou překážkou finalistů MS 2011 Park (2011).....	22
Tabulka č. 5 - Osobní rekordy měřených překážkářů z kategorie muži podle serveru Atletika.cz.....	39
Tabulka č. 6 - Jednotlivé časy dokroků za překážkami z finále HMS 2018 (Walker 2019).....	40
Tabulka č. 7 - Časy oporových fází prvních 3 kroků finalistů HMS 2018 (Walker 2019).....	42
Tabulka č. 8 – Doba letové fáze nad překážkou závodníků z finále MS 2017 (Pollit 2018)...	44
Tabulka č. 9 - Osobní rekordy měřených překážkářů z kategorie junioři podle webu Atletika.cz.....	47
Tabulka č. 10 – Osobní rekordy měřených překážkářů z kategorie dorost podle webu Atletika.....	51

Seznam grafů

Graf 1 - Časy dokroků mužů a juniorů za 1. a 2. překážkou a celkový čas RJ.....	32
Graf 2 - Časy dokroků dorostenců za 1. a 2. překážkou a celkový čas RJ.....	32
Graf 3 - Délky kroků mužů a juniorů při náběhu na 1. a 2. překážku, sedmikrokový náběh.....	33
Graf 4 - Délky kroků mužů a juniorů při náběhu na 1. a 2. překážku, osmikrokový náběh...33	
Graf 5 - Délky kroků dorostenců při náběhu na 1. překážku, osmikrokový náběh.....	34
Graf 6 - Délky kroků dorostenců v 1. RJ	34
Graf 7 - časy oporové fáze mužů a juniorů při náběhu na 1. a 2. překážku, sedmikrokový náběh.....	35
Graf 8 – Časy oporové fáze mužů a juniorů při náběhu na 1. a 2. překážku, osmikrokový náběh.....	35
Graf 9 – Časy oporových fází dorostenců při náběhu na 1. překážku, osmikrokový náběh.....	36
Graf 10 - Časy oporových fází dorostenců v 1. RJ.....	36
Graf 11 – Časy letových fází mužů a juniorů při náběhu na 1. a 2. překážku, sedmikrokový náběh.....	37
Graf 22 - Časy letových fází mužů a juniorů při náběhu na 1. a 2. překážku, osmikrokový náběh.....	37
Graf 13 – Časy letových fází dorostenců při náběhu na 1. překážku, osmikrokový náběh....	38
Graf 14 – Časy letových fází dorostenců v 1. RJ.....	38
Graf 15 – Délky kroků mužů a juniorů v porovnání s optimálními hodnotami dle Mangicottiho (2014), sedmikrokový náběh.....	45
Graf 16 – Délky kroků mužů a juniorů v porovnání s optimálními hodnotami dle Mangicottiho (2014), osmikrokový náběh.....	45

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 - Provedení překážky (Žák 2018).....	11
Obrázek č. 2 - Struktura sportovního výkonu Dovalil a kol. (2012).....	13
Obrázek č. 3 - Struktura sportovního výkonu na 110 m překážek Lazco (2002).....	14
Obrázek č. 4 - Průměrné délky kroků u sedmikrokového a osmikrokového náběhu a čas do čtvrtého kroku (Rowley 2021).....	16
Obrázek č. 5 – Optimální délky kroků při sedmikrokovém a osmikrokovém náběhu podle Mangiacotti.....	18
Obrázek č. 6 – Vzdálenost odrazu a dokroku za šestou překážkou finalistů MS v Londýně 2017 na 110 m překážek (Pollit 2018).....	19
Obrázek č. 7 – Morfologické indexy Millerová (2001).....	23
Obrázek č. 8 – Průběh rychlosti v běhu na 110 m překážek (Harksen 2018).....	26
Obrázek č. 9 – Ilustrační foto umístění měřicího zařízení Optojump (HMG Direkt).....	31
Obrázek č. 10 – Jednotlivé časy dokroku za první překážkou z finále MS 2017 (Pollit 2018).....	40
Obrázek č. 11 – Čas 1. RJ závodníků z finále MS 2017 (Pollit 2018).....	41
Obrázek č. 12 – Pozice nad 1. překážkou Muže A.....	43
Obrázek č. 13 – Pozice nad 1. překážkou muže B	43
Obrázek č. 14 – Dokrok sedmého kroku před odrazem do překážky Juniora A.....	49
Obrázek č. 15 – Dokrok sedmého kroku před odrazem do překážky Juniora B.....	49
Obrázek č. 16 – Pozice nad překážkou Dorostence F.....	53

Seznam příloh

Příloha 1 Kompletní výsledky časů rytmických jednotek z měření ČAS

Příloha 2 Kompletní výsledky časů oporových fází z měření ČAS

Příloha 3 Kompletní výsledky časů letových fází z měření ČAS

Příloha 4 Kompletní výsledky délek kroků z měření ČAS

Příloha 1 Kompletní výsledky časů rytmických jednotek z měření ČAS

	Dokrok za 1. překážkou (s)	Dokrok za 2. překážkou (s)	Čas 1.rytmické jednotky (s)
Muž A	2,70/2,71	3,82/3,82	1,12/1,11
Muž B	2,81/2,80	4,02/4,00	1,21/1,20
Junior A	2,79/2,80	3,95/4,00	1,16/1,20
Junior B	2,82/2,80	3,99/3,95	1,17/1,15
Junior C	2,74/2,80	3,88/3,95	1,14/1,15
Junior D	2,67/2,65	3,77/3,76	1,10/1,11
Dorostenec A	2,91/2,87	4,15/4,08	1,24/1,21
Dorostenec B	2,80/2,77	3,98/3,93	1,18/1,16
Dorostenec C	2,88/2,86	4,09/4,10	1,21/1,24
Dorostenec D	2,78	3,92	1,14
Dorostenec E	2,87	4,08	1,21
Dorostenec F	2,86/2,81	4,08/4,00	1,22/1,19
Dorostenec G	2,73	3,91	1,18

Příloha 2 Kompletní výsledky časů oporových fází z měření ČAS

	1. oporová f. s	2. oporová f. s	3. oporová f. s	4. oporová f. s	5. oporová f. s	6. oporová f. s	7. oporová f. s	8. oporová f. s	9. oporová f. s	10. oporová f. s	11. oporová f. s	12. oporová f. s	13. oporová f. s	14. oporová f. s
Muž A	0,202/0,185	0,166/0,177	0,157/0,148	0,148/0,136	0,139/0,139	0,125/0,131	0,120/0,126	0,128/0,127	0,106/0,099	0,140/0,141	0,136/0,143	0,132/0,133	0,097/0,095	0,141/0,135
Muž B	0,242/0,217	0,193/0,202	0,187/0,173	0,159/0,173	0,158/0,160	0,135/0,147	0,150/0,156	-	0,117/0,120	0,147/0,152	0,136/0,140	0,139/0,149	0,104/0,109	0,153/0,150
Junior A	0,244/0,237	0,203/0,196	0,182/0,184	0,156/0,170	0,150/0,173	0,145/0,0175	0,140/0,141	-	0,114/0,118	0,148/0,145	0,147/0,143	0,134/0,132	0,113/0,113	0,147/0,143
Junior B	0,290/0,284	0,203/0,196	0,177/0,180	0,161/0,160	0,152/0,160	0,141/0,150	0,128/0,130	-	0,115/0,111	0,151/0,144	0,143/0,140	0,138/0,123	0,108/0,108	0,188/0,172
Junior C	0,228/0,205	0,199/0,183	0,166/0,159	0,130/0,143	0,150/0,140	0,138/0,135	0,122/0,126	0,135/0,135	0,105/0,103	0,140/0,148	0,130/0,132	0,134/0,130	0,108/0,100	0,131/0,142
Junior D	0,187/0,198	0,174/0,186	0,156/0,166	0,146/0,133	0,136/0,136	0,166/0,122	0,123/0,130	0,131/0,132	0,096/0,101	0,138/0,139	0,133/0,128	0,133/0,134	0,094/0,096	0,136
Dorostenec A	0,237/0,249	0,241/0,198	0,175/0,187	0,159/0,154	0,148/0,151	0,133/0,146	0,131/0,136	0,146/0,144	0,126/0,115	0,160/0,156	0,149/0,144	0,149/0,148	0,110/0,118	0,171/0,159
Dorostenec B	0,215/0,222	0,176/0,173	0,157/0,158	0,136/0,146	0,140/0,151	0,124/0,133	0,131/0,135	0,129/0,129	0,099/0,113	0,152/0,095	0,153/0,137	0,141/0,132	0,114/0,103	0,145/0,141
Dorostenec C	0,267/260	0,179/0,210	0,167/0,176	0,156/0,151	0,156/0,152	0,144/0,148	0,147/0,138	0,162/0,155	0,120/0,124	0,152/0,157	0,148/0,147	0,151/0,158	0,116/0,121	0,150/0,167
Dorostenec D	0,229	0,218	0,166	0,156	0,157	0,147	0,148	0,137	0,112	0,145	0,138	0,140	0,114	0,138
Dorostenec E	0,251	0,215	0,189	0,168	0,149	0,141	0,133	0,139	0,128	0,155	0,144	0,151	0,118	0,203
Dorostenec F	0,195/0,211	0,169/0,175	0,158/0,167	0,166/0,174	0,140/0,141	0,150/0,159	0,138/0,141	0,161/161	0,125/0,045	0,173/0,169	0,139/0,138	0,157/0,151	0,113/0,118	0,166/0,231
Dorostenec G	0,191	0,181	0,168	0,157	0,142	0,144	0,135	0,132	0,107	0,143	0,130	0,134	0,105	0,140

Příloha 3 Kompletní výsledky časů letových fází z měření ČAS

	1. letová fáze	2. letová fáze	3. letová fáze	4. letová fáze	5. letová fáze	6. letová fáze	7. letová fáze	8. letová fáze	9. letová fáze	10. letová fáze	11. letová fáze	12. letová fáze	13. letová fáze
Muž A	0,061/0,059	0,081/0,082	0,086/0,096	0,096/0,091	0,095/0,090	0,119/0,110	0,057/0,067	0,383/0,371	0,051/0,055	0,108/0,098	0,078/0,082	0,370/0,359	0,058/0,065
Muž B	0,089/0,072	0,097/0,098	0,117/0,104	0,120/0,116	0,138/0,126	0,064/0,065	0,392/0,377	-	0,064/0,064	0,135/0,132	0,074/0,063	0,392/0,382	0,059/0,061
Junior A	0,071/0,064	0,102/0,084	0,136/0,115	0,136/0,113	0,121/0,142	0,064/0,073	0,376/0,374	-	0,075/0,093	0,124/0,134	0,073/0,061	0,347/0,367	0,075/0,075
Junior B	0,038/0,051	0,100/0,089	0,144/0,117	0,183/0,134	0,123/0,115	0,043/0,068	0,364/0,364	-	0,072/0,075	0,152/0,140	0,063/0,076	0,340/0,341	0,073/0,072
Junior C	0,031/0,057	0,073/0,092	0,106/0,092	0,093/0,100	0,088/0,094	0,108/0,099	0,055/0,052	0,357/0,382	0,078/0,066	0,133/0,129	0,067/0,075	0,355/0,363	0,082/0,076
Junior D	0,060/0,044	0,083/0,066	0,081/0,095	0,104/0,097	0,091/0,103	0,071/0,101	0,061/0,075	0,350/0,344	0,058/0,059	0,109/0,126	0,078/0,082	0,352/0,348	0,055/0,060
Dorostenec A	0,022/0,068	0,075/0,066	0,089/0,100	0,096/0,096	0,092/0,090	0,107/0,105	0,063/0,064	0,367/0,362	0,049/0,053	0,126/0,130	0,077/0,075	0,394/0,382	0,053/0,049
Dorostenec B	0,064/0,064	0,088/0,085	0,112/0,099	0,104/0,088	0,106/0,106	0,093/0,087	0,062/0,063	0,371/0,367	0,058/0,116	0,106/0,115	0,080/0,086	0,395/0,362	0,063/0,074
Dorostenec C	0,067/0,039	0,088/0,066	0,082/0,087	0,080/0,083	0,091/0,080	0,099/0,109	0,066/0,067	0,356/0,375	0,056/0,052	0,136/0,137	0,082/0,081	0,369/0,395	0,070/0,067
Dorostenec D	0,026	0,071	0,082	0,090	0,089	0,090	0,063	0,332	0,075	0,129	0,073	0,336	0,082
Dorostenec E	0,013	0,052	0,054	0,093	0,097	0,108	0,062	0,412	0,055	0,110	0,074	0,394	0,065
Dorostenec F	0,051/0,052	0,060/0,052	0,067/0,057	0,099/0,094	0,094/0,086	0,133/0,109	0,086/0,078	0,449/0,503	0,033/0,034	0,121/0,109	0,082/0,092	0,392/0,382	0,035/0,038
Dorostenec G	0,050	0,082	0,081	0,119	0,076	0,091	0,064	0,378	0,055	0,146	0,085	0,376	0,064

Příloha 4 Kompletní výsledky délek kroků z měření ČAS

	1.krok cm	2.krok cm	3. krok cm	4. krok cm	5. krok cm	6.krok cm	7. krok cm	8. krok cm	1. přeběh cm	1. krok cm	2.krok cm	3.krok cm	2.přeběh cm	1. krok cm
Muž A	61/65	124/118	134/138	154/156	166/172	170/172	190/190	180/170	364/353	135/137	201/198	197/201	373/363	141/143
Muž B	76/70	145/142	171/166	188/187	204/204	210/214	180/188	-	366/363	149/149	215/212	187/188	360/363	151/151
Junior A	68/62	143/133	171/156	198/190	205/207	209/246	185/194	-	350/355	156/160	220/221	190/176	353/360	156/153
Junior B	86/90	145/140	171/164	206/188	243/213	210/208	144/176	-	326/344	164/166	235/230	171/176	337/340	163/167
Junior C	68/72	124/125	145/146	154/156	170/170	175/177	187/182	168/169	342/349	156/154	214/214	177/181	365/353	162/157
Junior D	59/56	120/118	144/142	152/149	174/168	174/172	187/185	174/185	342/339	147/149	201/209	193/195	356/360	149/149
Dorostenec A	57/61	134/127	148/147	160/159	171/167	164/169	177/184	167/172	341/334	147/148	212/215	190/189	363/367	155/150
Dorostenec B	68/71	125/119	141/139	158/155	170/168	171/176	176/176	165/164	343/355	152/157	199/199	191/190	389/366	156/163
Dorostenec C	70/72	129/128	144/138	146/152	153/151	166/167	173/174	179/181	333/337	142/143	210/209	194/192	352/364	157/166
Dorostenec D	65	126	140	150	168	173	183	173	325	155	214	184	348	162
Dorostenec E	78	120	142	151	166	176	183	168	375	145	188	184	371	148
Dorostenec F	49/46	93/104	115/121	137/141	159/162	170/171	203/194	212/205	401/391	137/141	201/197	200/208	370/370	140/143
Dorostenec G	61	117	139	155	181	160	175	172	341	143	212	192	367	147