

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

**VLIV BIOLOGICKÉHO VĚKU NA RYCHLOSTNÍ  
A SILOVÉ PARAMETRY U FOTBALISTŮ KATEGORIE  
U13**

Diplomová práce

Autor: Bc. Roman Holík

Studijní program: Učitelství tělesné výchovy pro 2. stupeň ZŠ a SŠ se  
specializacemi

Vedoucí práce: Prof. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

Olomouc 2023



## **Bibliografická identifikace**

**Jméno autora:** Bc. Roman Holík

**Název práce:** VLIV BIOLOGICKÉHO VĚKU NA RYCHLOSTNÍ A SILOVÉ PARAMETRY U FOTBALISTŮ KATEGORIE U13

**Vedoucí práce:** Prof. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

**Pracoviště:** Katedra sportu

**Rok obhajoby:** 2023

### **Abstrakt:**

Cílem diplomové práce bylo posoudit vliv biologického věku na lokomoční rychlost a explozivní sílu dolních končetin u hráčů fotbalu v kategorii U13. Do studie bylo zařazeno 98 mladých hráčů na nejvyšší soutěžní úrovni. Hráči byli následně rozřazeni do tří skupiny podle somatického biologického věku na hráče biologicky opožděné (BO), biologicky průměrné (BP) a biologicky akcelerované (BA). Hodnocena byla akcelerační rychlost, maximální rychlost, výkon ve sprintu na 30 m, explozivní síla dolních končetin a reaktivní síla dolních končetin. Výsledky této práce ukázaly signifikantní efekt biologického věku u maximální rychlosti v úseku 20-30 m ( $p = 0,024$ ). Signifikantní efekt biologického věku se dále potvrdil u unilaterálního trojskoku dominantní ( $p = 0,001$ ) a nedominantní ( $p = 0,007$ ) dolní končetiny. Tím byl potvrzen vliv biologického věku na maximální rychlost a reaktivní sílu u fotbalistů soutěžní kategorie U13. Výsledky této práce naopak nepotvrdily vliv biologického věku na akcelerační rychlost, výkon ve sprintu na 30 m a na explozivní sílu dolních končetin.

**Klíčová slova:** zrání, růst, adolescence, akcelerační rychlost, maximální rychlost, explozivní síla, reaktivní síla

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

**Bibliographical identification**

**Author:** Bc. Roman Holík  
**Title:** EFFECT OF BIOLOGICAL AGE ON SPEED AND STRENGTH PARAMETERS IN FOOTBALL PLAYERS OF CATEGORY U13

**Supervisor:** Prof. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.  
**Department:** Department of Sport  
**Year:** 2023

**Abstract:**

The aim of this thesis was to assess the effect of biological age on locomotor speed and lower limb explosive power in U13 soccer players. 98 young players at the highest competitive level were included in the study. The players were then classified into three groups according to somatic biological age into late maturation group (BO), average maturation group (BP) and early maturation group (BA) players. Acceleration speed, maximum speed, 30 m sprint performance, lower limb power and lower limb reactive strength were assessed. The results of this study showed a significant effect of biological age for maximum speed in the 20-30 m section ( $p = 0,024$ ). A significant effect of biological age was further confirmed for the length of the unilateral triple jump of the dominant ( $p = 0.001$ ) and non-dominant ( $p = 0,007$ ) lower limb. This confirmed the effect of biological age on maximal speed and reactive strength in soccer players of the competitive category U13. In contrast, the results of the present study did not confirm the effect of biological age on acceleration speed, 30 m sprint performance and power of the lower limbs.

**Keywords:** maturation, growth, adolescence, acceleration speed, maximal speed, power, reactive strength

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

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně pod vedením Prof. PaedDr. Michala Lehnerta, Dr., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

Ve Zlíně dne 30. dubna 2023

.....

Děkuji Prof. PaedDr. Michalu Lehnertovi, Dr. za jeho ochotu, čas, cenné rady a odborné vedení při zpracování této práce. Dále děkuji Mgr. Davidovi Pryclovei za jeho pomoc při sběru dat. Rovněž děkuji doc. Mgr. Dagmar Sigmundové, Ph.D. za pomoc při statistickém zpracování dat.

# Obsah

1	Úvod .....	10
2	Přehled poznatků .....	11
2.1	Tělesné determinanty herního výkonu ve fotbale.....	11
2.1.1	Silové schopnosti a jejich hodnocení ve fotbale .....	14
2.1.2	Rychlostní schopnosti a jejich hodnocení ve fotbale .....	16
2.2	Růst, zrání a vývoj .....	18
2.2.1	Biologický věk a jeho hodnocení .....	20
2.2.1.1	Kostní věk.....	21
2.2.1.2	Pohlavní věk .....	22
2.2.1.3	Somatický věk .....	22
2.2.2	Zrání a tělesné složení .....	23
2.2.3	Zraní a nervosvalové mechanismy .....	25
2.3	Identifikace a vývoj talentu .....	26
2.3.1	Efekt relativity věku .....	28
2.3.2	Identifikace talentu ve fotbale .....	29
2.3.2.1	Motorické a antropometrické parametry .....	30
2.3.2.2	Psychosociální parametry .....	31
2.3.2.3	Technicko-taktické parametry .....	31
2.3.3	Aktuální modely pro rozvoj talentu .....	32
2.3.3.1	Rozvoj rychlosti a síly v modelu LTAD.....	32
2.3.3.2	Rozvoj rychlosti a síly v modelu YPD .....	34
2.3.4	Vliv zrání na rychlost a sílu ve fotbale.....	36
2.4	Souhrn přehledu poznatků .....	37
3	Cíle.....	39
3.1	Hlavní cíl .....	39
3.2	Hypotézy.....	39

4	Metodika .....	41
4.1	Design studie.....	41
4.2	Výzkumný soubor .....	41
4.3	Metody sběru dat.....	41
4.3.1	Sprint na 30 m.....	42
4.3.2	Vertikální skok .....	43
4.3.3	Unilaterální trojskok .....	44
4.3.4	Biologický věk.....	45
4.4	Statistické zpracování dat.....	45
5	Výsledky .....	47
5.1	Výsledky k hypotéze 1 .....	47
5.2	Výsledky k hypotéze 2 .....	47
5.3	Výsledky k hypotéze 3 .....	48
5.4	Výsledky k hypotéze 4 .....	49
5.5	Výsledky k hypotéze 5 .....	49
5.6	Výsledky k hypotéze 6.....	50
6	Diskuse.....	52
6.1	Vliv biologického věku na rychlost .....	52
6.1.1	Akcelerační rychlost .....	52
6.1.2	Maximální rychlost.....	53
6.1.3	Sprint na 30 m.....	54
6.2	Vliv biologického věku na explozivní sílu dolních končetin.....	55
6.2.1	Explozivní síla .....	55
6.2.2	Reaktivní síla .....	57
6.3	Vyjádření k výzkumným hypotézám .....	57
6.4	Limity práce .....	58
7	Závěry .....	60



8	Souhrn.....	61
9	Summary.....	62
10	Referenční seznam.....	64

# 1 ÚVOD

V mládežnických kategoriích ve fotbale jsou soutěže uspořádány podle chronologického věku, aby bylo respektováno postupné zatížení a přiměřená konkurence v každém týmu. Ovšem tento model nemusí být zcela přesný. Ukazuje se, že jedinci ve stejné kategorii nemusí být na stejné biologické úrovni, protože zrání v průběhu adolescence neprobíhá u každého jedince stejnou rychlostí. Úroveň zralosti může ovlivňovat aktuální výkonnost mladých sportovců, zvláště pak ve fyzických parametrech (Straton & Oliver, 2019). Trenéři při soutěžních utkáních nemusí vidět hráče, kteří mají stejný biologický věk a tedy i stejné vnitřní podmínky k dosažení maximální výkonnosti (de la Rubia, Lorenzo-Calvo, & Lorenzo, 2020).

Identifikace talentu je momentálně velmi rozšířený recept pro sportovní kluby, jak dosáhnout úspěchu napříč soutěžemi. Aktuální studie se zabývají co nejpřesnější identifikací talentu u sportovní mládeže. Identifikace talentu by rozhodně měla brát v potaz biologický věk, protože hodnocení fyzických předpokladů k ní neodmyslitelně patří. Při hodnocení fyzických parametrů v rámci jedné kategorie by tedy měl být primárně určen biologický věk a na jeho základě poté hodnoceny výsledky (Till, Emmonds. & Jones, 2019).

Úroveň zrání a tedy výše biologického věku hraje podstatnou roli také při rozvoji talentu. Biologický věk je určen jako výchozí bod pro nastavení správných metod pro rozvoj talentů. Podle aktuálního stavu zrání se volí typ tréninkových cvičení, objem a intenzita zatížení (Lloyd & Oliver, 2012).

Pokud budou odborníci co nejpřesněji vědět, které parametry biologický věk ovlivňuje, bude identifikace talentů přesnější. Také trenéři by mohli lépe hodnotit, v jakých determinantech výkonu se mohou biologicky opoždění hráči ještě zlepšit. Ve fotbale jsou rychlost a síla velmi důležitými determinantami výkonu (Murr, Raabe, & Höner, 2018). V aktuálních modelech pro rozvoj talentu jsou rychlost i síla také podstatnými složkami, přičemž síla hraje v modelu The You Physical Development přímo hlavní roli ve všech obdobích dětství a dospívání (Lloyd & Oliver, 2012). Tato práce má za úkol rozšířit právě poznatky o vlivu biologického věku na sílu a rychlost u mladých fotbalistů a přispět tak ke zvýšení přesnosti identifikace talentu.

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Tělesné determinanty herního výkonu ve fotbale

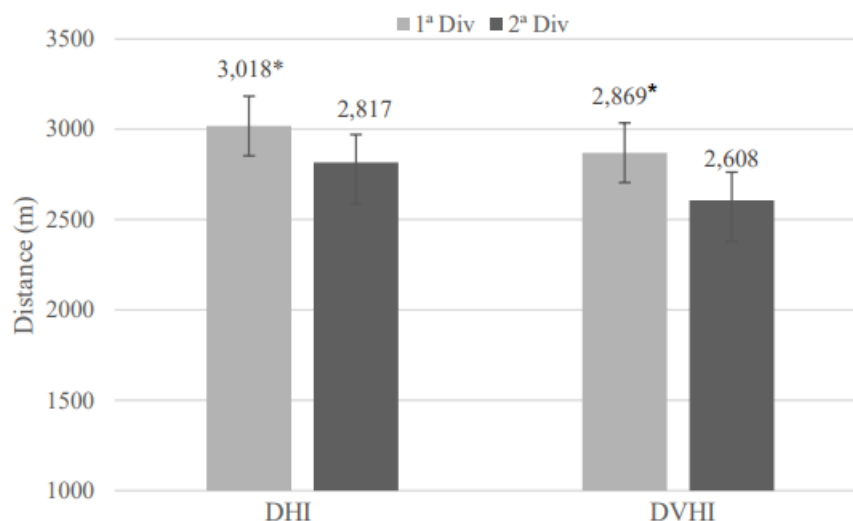
Herní výkon jednotlivce je utvářen několika složkami. Ty mohou fungovat jako samostatné determinanty výkonu, asociovat spolu nebo se i navzájem znehodnocovat. Mezi tyto základní součásti herního výkonu patří kondiční, technická, taktická, psychologická a teoretická složka. Členění herního výkonu na složky umožňuje zkvalitnění přípravy na optimální výkon. Tréninkový proces by ale i tak měl respektovat komplexnost, a to jak při utváření celého procesu, tak i při rozvoji jednotlivce (Lehnert, Kudláček et al., 2014).

Aktuálně se při tvorbě tréninkového procesu dostává do popředí klíčový pojem specifická. Ten lze rozdělit na dva hlavní koncepty. První koncept se zabývá specifickostí individuální tréninkové odpovědi na tréninkové podněty. Trenér pak může tréninkové podněty přizpůsobovat na základě hodnocení tréninkové odpovědi z dřívějších tréninků. Druhý koncept je svým způsobem důsledkem prvního konceptu. Spočívá v tom, do jaké míry se trénink podobá vnějším podmínkám, které se vyskytují při soutěžním zatížení (Gamble, 2013). K nastavení správného zatížení je tedy nutné znát determinanty sportovního výkonu v každé jednotlivé složce. Fyzickou složku herního výkonu pak ovlivňuje spousta parametrů. Ovšem mezi základní požadavky na fyzickou kapacitu sportovců lze obecně zařadit požadavky na vytrvalostní výkon, vysoce intenzivní výkon, rychlostní výkon a na rozvoj síly (Bangsbo, Mohr, Poulsen Perez-Gomez, & Krustup, 2006). Tyto požadavky jsou všeobecně respektovány i ve fotbale, přičemž na základě rozboru herního výkonu ve své publikaci Bangsbo a Mohr (2012) uvedli jako hlavní determinanty fyzického výkonu ve fotbale následující složky:

- výkonnost ve sprintu,
- výkonnost v intermitentní vytrvalosti,
- výkonnost v síle,
- výkonnost v agility,

- výkonnost v intermitentní vysoce intenzivní činnosti,
- rovnováha.

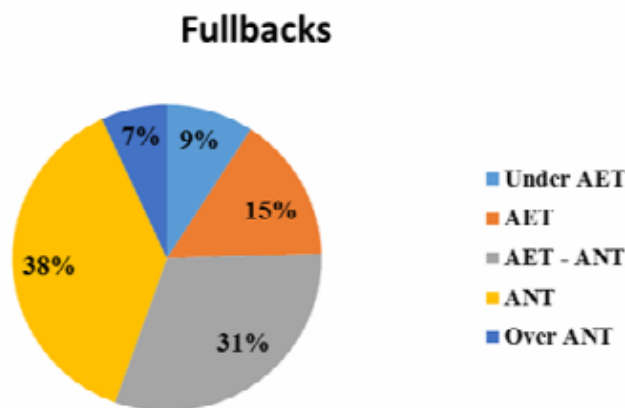
Fotbal je sport s intermitentní zátěží, kde se po hráčích vyžaduje změna aktivity v průměru každých 4-6 vteřin (Lago-Peñas, 2012). Celková uražená vzdálenost u elitních hráčů činí 9-14 km během utkání (Bradley et al., 2013). Většinu doby v utkání převládá aktivita nízkého zatížení. Z celkového času hráči stráví pouze 7-12 % ve vysoké intenzitě zatížení a 1-4 % ve sprintu (Bush, Barnes, Archer, Hogg, & Bradley, 2015). I přesto se však ukazuje, že vyšší maximální rychlost a delší doba během utkání strávená ve sprintu jsou podstatné předpoklady pro elitní výkon ve fotbale. Například mezi první a druhou španělskou ligou je signifikantní rozdíl ve vzdálenosti, kterou průměrný hráč ligy uběhne ve vysoké intenzitě a ve velmi vysoké intenzitě během utkání (Obrázek 1) (Gomez-Piqueras, Gonzalez-Villora, Castellano, & Teoldo, 2019). Di Salvo, Pigozzi, Gonzalez-Haro, Laughlin, & De Witt, (2013) pak podle dat z elitní evropské soutěže uvádí, že v chůzi a klusu stráví hráči přibližně 70-75 % času, v běhu asi 15 % času, intenzivní běh (20-25 km/h) má podíl 7-8 % a ve sprintu (> 25 km/h) stráví hráči 2-3 %. Ve fotbale se ale mimo lokomočních běhů vyskytují i jiné pohyby, které také patří ke specifickému zatížení. Nedelec et al. (2014) jako další pohyby v utkání identifikovali osobní souboje, výskoky do výšky, střely, přihrávky a skluzy.



*Vysvětlivky: 1 Div – 1. liga, 2 Div – 2. liga, DHI – vysoká intenzita zátěže, DVHI – velmi vysoká intenzita zátěže, Distance - vzdálenost*

Obrázek 1. Rozdíly mezi týmy první a druhé ligy v uražené vzdálenosti ve vysoké intenzitě a ve velmi vysoké intenzitě (Gomez-Piqueras, Gonzalez-Villora, Castellano, & Teoldo, 2019).

Pro pochopení metabolické odezvy herního výkonu ve fotbale je nutné určit intenzitu zatížení organismu. Fotbalisté se v průběhu utkání vyskytují v zatížení kolem svého anaerobního prahu. Přesný podíl energetického krytí ovšem závisí na věku, herním postu, úrovni soutěže, fyzické kapacitě hráče nebo na aktuální fázi sezóny. Na obrázku 2 je ukázáno, jak vypadá intenzita zatížení hodnocená pomocí zón srdeční frekvence v průběhu utkání na elitní úrovni u krajního obránce (Bujnovsky, Maly, Zahalka, & Mala, 2015). Dále je nutné si uvědomit, že množství osobních soubojů, výskoků, akcelerací a decelerací způsobuje svalové poškození už během utkání. Svalová bolest pak může přetrvávat 48-72 hodin po utkání. Fotbalové utkání vyvolává také vysokou nervosvalovou únavu. K plnému zotavení nervosvalových mechanismů dochází až 72 hodin po utkání (Nedelec et al., 2014).



*Vysvětlivky:* *Under AET* – zóna pod aerobním prahem, *AET* – zóna aerobního prahu  $\pm$  5 tepů/minutu *AET – ANT* – zóna mezi aerobním a anaerobním prahem, *ANT* - zóna anaerobního prahu  $\pm$  5 tepů/minutu, *Over ANT* – zóna nad anaerobním prahem

Obrázek 2. Relativní čas strávený v rozdílných zónách intenzity krajního obránce během utkání elitní úrovně (Bujnovsky et al., 2015).

Všechny výše uvedené údaje jsou ovšem velmi variabilní vzhledem k herním postům. Například na krajní hráče jsou ve hře kladeny mnohem vyšší nároky z hlediska intenzivních běhů než na ostatní posty. Hráči ve středu pole pak podstupují častěji velmi krátké intenzivní souboje (Bush et al., 2015). Aktuální studie proto rozdělují výkonnost hráčů podle postů. Nejčastěji jsou hráči rozděleni podle postů do čtyř, pěti nebo šesti skupin. Základní dělení je na brankáře, obránce, záložníky a útočníky. Obránce a záložníky pak lze ještě rozdělit na krajní a střední hráče (Bujnovsky et al., 2019; Morgans et al., 2022).

### **2.1.1 Silové schopnosti a jejich hodnocení ve fotbale**

„Sílu lze definovat jako schopnost překonávat, udržovat nebo brzdit odpor svalovou kontrakcí při dynamickém nebo statickém režimu svalové činnosti“ (Lehnert, Kudláček et al., 2014, 7). Také v tréninku síly je nutné respektovat specifčnost daného sportu, aby se silový trénink projevil ve výkonech na hřišti. Specifčnost tréninku síly by se tedy měla projevit přímo v určitém pohybu na hřišti a také v povaze tréninkové odpovědi na konkrétní silové zatížení (Gamble, 2013).

Abychom mohli pochopit význam síly ve fotbale, je nutné vysvětlit nejdříve pojmy explozivní síla a reaktivní síla. Explozivní síla charakterizuje snahu dosáhnout co nejvyššího impulzu v konečné části pohybu. Reaktivní síla se uplatňuje při svalovém cyklu protažení-zkrácení. Při tomto cyklu využívá reaktivní síla v amortizační fázi elastické energie, kterou využije v následné fázi zkrácení (Lehnert, Kudláček et al., 2014).

Trénink síly ve fotbale vede ke zlepšení ve sprintu, agility, výskocích, akceleracích, deceleracích, osobních soubojích nebo v manipulaci s míčem. Ve fotbale je důležitý cyklus protažení-zkrácení, který se na hřišti obvykle využívá ve specifických pohybech (Ramirez-Campillo et al., 2022). Vzhledem k rychlostní povaze pohybů ve fotbale jsou vysoké nároky kladeny na explozivní sílu především u dolních končetin. Maximální síla pak ovlivňuje oba uvedené druhy síly, proto by také neměla u fotbalu zůstat v pozadí zájmu trenérů (Silva, Nassis, & Rebelo, 2015).

Plyometrická metoda, která výrazně ovlivňuje reaktivní sílu, je aktuálně populární tréninková metoda ve fotbale. U fotbalistů prokazatelně zvyšuje výkonnost ve specificky zaměřených pohybech už od dětství (Meylan, Cronin, Oliver, Hughes, & Manson, 2014). Úroveň reaktivní síly ve fotbale zvyšuje výkon ve sprintu, skocích a změně směru (Ramirez-Campillo et al., 2018). Ve fotbale je pak důležité se při plyometrických cvičení zaměřit i na směr reaktivní síly. Nedávný systematický přehled Ramirez-Campillo et al. (2022) zjistil, že v rámci fotbalu má horizontální směr skoků při tréninku větší vliv například na lineární sprint. Dále pak přehled zkoumal vliv horizontálních a vertikálních skoků v tréninku na hodnocení specifické vertikální síly ve fotbale. Nebyl zjištěn rozdíl při použití obou metod. Ukazuje se tedy, že použití horizontálního směru skoků má v tréninku fotbalu více výhod, než má použití směru vertikálního.

K hodnocení reaktivní síly ve fotbale se používají testy, které využívají pohyby založené na odrazu po dopadu nebo vícenásobné skoky. Hodnotit se tedy může výška vertikálního skoku po vykročení z vyvýšené podložky neboli cvik drop jump (Ramirez-Campillo et al., 2018). Výška podložky může být různá v závislosti na dosažené úrovni sportovce, obecně od 20 cm do 60 cm (Ramirez-Campillo et al., 2022). Reaktivní síla bývá hodnocená také reaktivním silovým impulzem, který reprezentuje poměr výšky skoku a doby kontaktu chodidla s podložkou. Reaktivní silový impulz může být hodnocen

mimo výše uvedené metody také pomocí submaximálních vícenásobných vertikálních skoků (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2009).

Explozivní síla se projevuje ve specifické fotbalové výkonnosti v akcelerační rychlosti (Loturco, Pereira, Kobal, & Nakamura, 2018), změně směru (Keiner, Kadlubowski, Sander, Hartmann, & Wirth, 2022), výskocích a lineárním sprintu (Silva, Nassis, & Rebelo, 2015). Bylo například prokázáno, že výška vertikálního skoku souvisí s akcelerační rychlostí na 5 m, 10 m a 20 m (Loturco, Bishop, Freitas, Pereira, & Jeffreys, 2020). Trénink explozivní síly se ovšem může pozitivně projevit v rychlosti i v úsecích delších než 30 m (Silva, Nassis, & Rebelo, 2015). Celkově mají elitní hráči fotbalu vyšší výkonnost v explozivní síle než hráči průměrní (Dodd & Newans, 2018).

K hodnocení explozivní síly ve fotbale se využívají především různé formy vertikálních skoků, u nichž se hodnotí celková výška skoku a silový impulz při skoku. Validita vertikálního skoku k faktoru explozivní síly je obecně vysoká (Paul & Nassis, 2015). Při hodnocení explozivní síly ve fotbale se často lze setkat s vertikálním skokem s použitím paží (Williams, Oliver & Faulkner, 2011; Zahalka et al., 2019) nebo vertikálním skokem bez použití paží (Deprez et al., 2015; Radnor, Oliver, Waugh, Meyers & Lloyd, 2022). Tyto skoky mohou být testovány i unilaterálně, kvůli případné asymetrii dolních končetin (Read et al., 2021). Mimo vertikální skok je možné jako nástroj hodnocení explozivní síly využít i horizontální skok. Hodnotí se pak často délka skoku do dálky z místa (Yang & Chen, 2022).

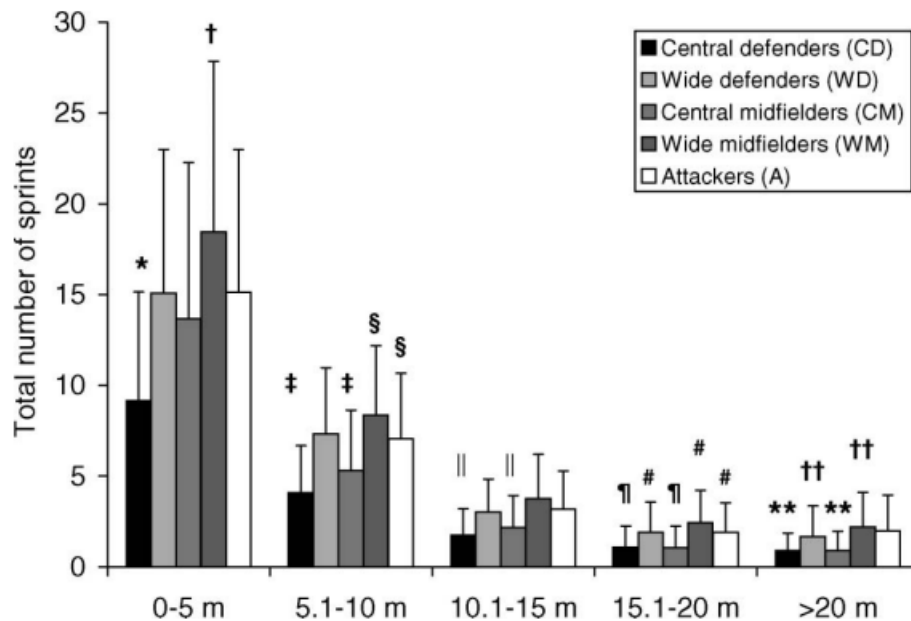
### **2.1.2 Rychlostní schopnosti a jejich hodnocení ve fotbale**

„Rychlost lze definovat jako schopnost zahájit a realizovat pohyb bez odporu nebo s malým odporem v co možná nejkratším čase“ (Lehnert, Kudláček et al., 2014, 8). Rychlostní schopnosti vyžadují vysokou úroveň nervosvalových mechanismů. Při hodnocení a tvorbě tréninkové programu u rychlostních schopností je tedy nutné brát v potaz hlavně jejich nervosvalovou specifickou (Gamble, 2013).

V utkání průměrně hráč uběhne 110-335 m sprintem (Rampinini et al., 2006). Maly, Zahalka, Mala, & Teplan (2014) identifikovali v rámci rychlostních schopností ve fotbale jako hlavní determinanty lineární sprint, rychlost změny směru a rychlost acyklických pohybů. Při hodnocení profilu hráče elitní úrovně je sprint podstatnou součástí, protože se v něm odehrávají nejdůležitější činnosti herního výkonu ve fotbale. Faude, Koch



a Meyer (2012) zjistili, že sprint je nejvíce frekventovanou pohybovou akcí v gólových situacích. Dále je zjištěno, že elitní hráči dosahují vyšší rychlosti ve sprintu než hráči průměrné úrovně (Wright & Atkinson, 2019). Naprostá většina sprintu se pak odehrává bez míče, což by se mělo odrážet v tréninku a v testování (Maly et al., 2014). Intenzitu a objem sprintů ve fotbale také hodně ovlivňují herní posty (Obrázek 3) (Di Salvo, Baron, González-Haro, Gormasz, Pigozzi, & Bachl, 2010).



*Vysvětlivky:* Total number of sprints – celkový počet sprintů, CD – střední obránce, WD – krajní obránce, CM – střední záložníci, WM – krajní záložníci, A – útočníci

Obrázek 3. Rozdíly mezi hráčskými posty v různých úsecích sprintu u elitních hráčů (Di Salvo et al., 2010).

Jak již bylo uvedeno, akcelerační rychlost a maximální rychlost spolu se schopností agility určují úroveň rychlostních schopností hráče ve fotbale. Všechny tři komponenty jsou na sobě nezávislé, proto je vhodné je hodnotit odděleně (Maly et al., 2014). Maximální rychlost hráči během utkání nevyužívají tak často jako akcelerační rychlost, proto se v rámci hodnocení fotbalistů velmi často používá akcelerační rychlost (Jovanovic, Sporis, Omrcen, & Fiorentini, 2011). Ovšem v poslední době se dostává do popředí také maximální rychlost, ve které se pak na hřišti mohou mezi hráči ukázat výraznější rozdíly v podstatných situacích (Murr, Raabe, & Höner, 2018). K hodnocení lineární rychlosti se používají testy sprintu v úsecích 5 m (Sporis, Jukic, Ostojic, & Milanovic, 2009), 10 m (Itoh & Hirose, 2020), 20 m (Nikolaidis et al., 2016), 30 m

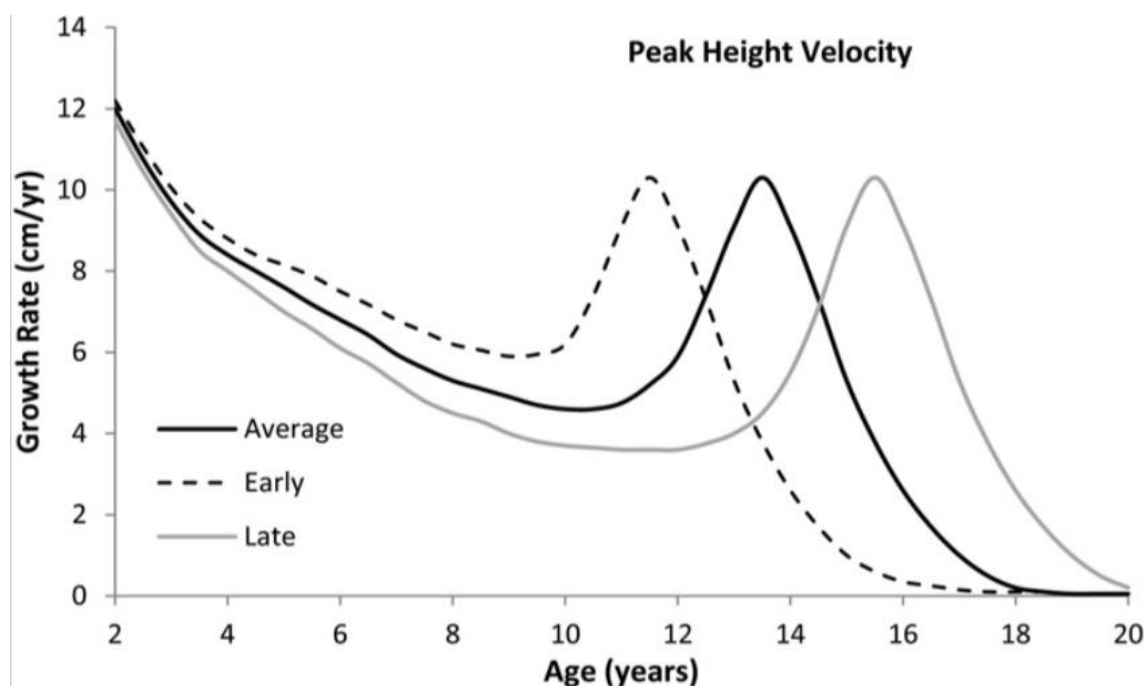
(Meyers., Oliver, Hughes, Lloyd, & Cronin, 2017a), 35 m a 40 m (Buchheit, Simpson, Peltola, & Mendez-Villanueva, 2012). K hodnocení akcelerační rychlosti se používají testy do 10 m (Yang & Chen, 2022). Maximální rychlost se nejčastěji měří v úseku 20-30 m u mladých hráčů do 15 let, protože od přibližně 16 let hráči dosahují maximální rychlosti až v úseku 30-40 m (Buchheit et al., 2012).

## **2.2 Růst, zrání a vývoj**

Pojmy růst, zrání a vývoj se používají v literatuře stabilně při popisu období od narození až po plnou dospělost člověka. U všech tří pojmů existuje více definic, vždy se ale vztahují ke specifickým biologickým aktivitám (Straton & Oliver, 2019).

Růstem se rozumí zvětšování velikosti lidského těla jako celku nebo zvětšování jeho určitých částí (Malina, Bouchard, & Bar-or, 2004). K růstu tkáně dochází kvůli kombinaci hyperplazie a hypertrofie. Zvyšuje se tedy počet a velikost buněk. Dochází ke změnám v kosterní, svalové a tukové hmotě, zvyšuje se tělesná výška a hmotnost. Je to nejvýznamnější biologická aktivita v prvních dvaceti letech života. Začíná hned po početí a trvá až do dospělosti (Straton & Oliver, 2019).

Růst dětí je nelineární, období rychlého růstu se střídají s relativními obdobími plató. V pubertě pak nastupuje růstový spurt, jehož vrchol je označován jako vrchol růstového spurtu (PHV), který se uvádí v centimetrech za rok. Je spojen se změnami v endokrinním systému a tím pádem je zahájen s počátkem pohlavního zrání. Nástup i tempo PHV je silně individuální a vliv na něj má také etnikum, prostředí a životní styl (Malina, Bouchard, & Bar-or, 2004). Věk, ve kterém se PHV může vyskytnout, je 10-15 let u dívek a 11-16 let u chlapců (Obrázek 4). Dívky rostou v průměru asi 8 centimetrů za rok, chlapci v průměru asi 10 centimetrů za rok (Lloyd, Oliver, Faigenbaum, Myer, & Croix, 2014).



*Vysvětlivky: Average* – biologicky průměrní, *Early* – biologicky akcelerovaní, *Late* – biologicky opoždění, *Growth rate* – růst (cm/rok)

Obrázek 4. Interindividuální průběh PHV u dětí (Lloyd et al., 2014).

Zrání lze charakterizovat jako proces, při kterém se člověk stává biologicky zralým. Zrání probíhá napříč různými biologickými systémy, jako jsou kosterní, pohlavní, zubní, nervosvalový, endokrinní či somatický systém (Malina et al., 2019). Průběh zrání v biologických systémech je odlišný jak v načasování, tak i v následné rychlosti zrání. Od pojmu zrání je potřeba odlišit pojem zralost. Zatímco zrání je proces, zralost je stav. Zrání je ukončeno plnou zralostí daného orgánu nebo biologického systému. Například u pohlavního systému nastává zralost ve chvíli plně funkčních reprodukčních orgánů, u kosterního systému nastává zralost při plné osifikaci kostí (Malina, 2014).

Vývoj je širší pojem než růst a zrání. Zahrnuje vývoj biologický i behaviorální. Biologický vývoj zahrnuje diferenciaci buněk v prenatálním období a pokračuje zdokonalováním buněk v období po narození, v dětství a až do dospělosti. Behaviorální vývoj odráží změny v psychomotorické, kognitivní a sociální oblasti (Malina et al., 2019). Jak se děti postupem času více socializují, začne se v této oblasti projevovat zvýšení jejich intelektuálních, morálních, sociálních a fyzických kompetencí. Ve sportovním odvětví by si měli trenéři všimnout i těchto kompetencí, které jsou důležité nejen vzhledem k výkonu, ale i vzhledem k pozitivnímu prožitku aktivit během sportovní kariéry. Vývoj je podobně

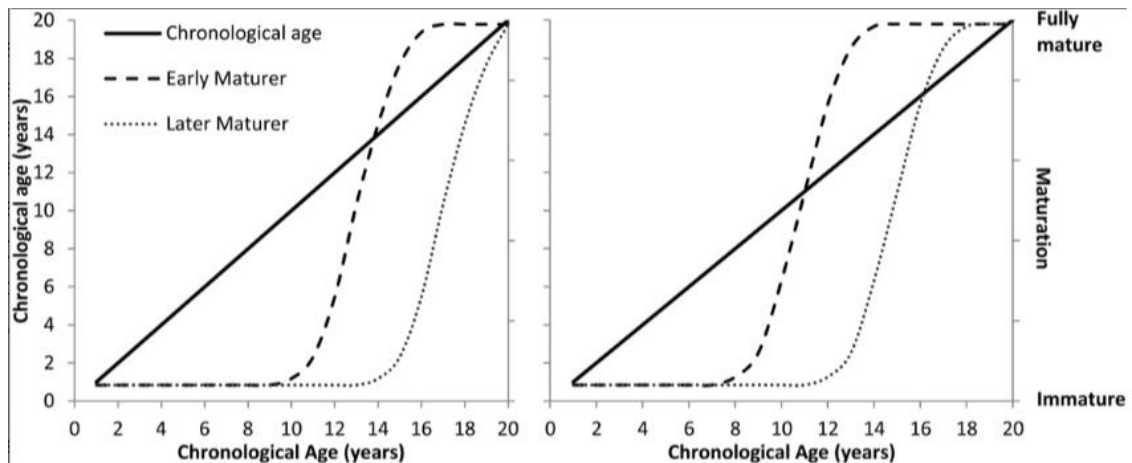
jako zrání orientován na kvalitativní měření a parametry, zatímco růst se soustředí na kvantitativní zvyšování výšky nebo velikosti (Straton & Oliver, 2019).

Všechny tři pojmy se často přirovnávají k chronologickému věku. Chronologický věk je měřený v jednom časovém schématu od bodu data narození. První rok života se označuje jako kojenecký věk. Poté nastupuje období dětství, které lze rozdělit na tři části, rané dětství 1-4,99 let, střední dětství 5-7,99 a pozdní dětství, které začíná v 8 letech a končí nástupem adolescence. Právě začátek a průběh adolescence je už silně individuální a závisí na načasování a tempu zrání. Adolescence se tedy může pohybovat ve věku 8-19 let u dívek a 10-22 let u chlapců (Straton & Oliver, 2019).

### **2.2.1 Biologický věk a jeho hodnocení**

U skupin dětí stejného chronologického věku se vyskytují velké interindividuální rozdíly v úrovni, načasování a tempu zrání (Beunen & Malina, 2008). V závislosti na těchto parametrech je pak dítě vnímáno buď jako akcelerovaný jedinec, průměrný jedinec, nebo jako opožděný jedinec oproti chronologickému věku. Existuje více způsobů, jak aktuální stav biologického zrání určit. Nejčastěji se využívá hodnocení kostního věku, pohlavního věku a somatických parametrů (Malina, Bouchard, & Bar-or, 2004). Metody hodnocení biologické zralosti spolu však vzájemně korelují, například kosterní, somatický a pohlavní věk vykazaly střední až vysoké korelace. To naznačuje vzájemnou silnou validitu metod k hodnocení biologické zralosti (Baxter-Jones, 2005).

Zatímco chronologický věk se dá měřit jednoduše a přesně, u biologického zrání je to problematictější. Je potřeba si uvědomit, že biologické zrání nepostupuje lineárně. Naproti tomu, chronologický věk je vnímán jako lineární ukazatel. Na obrázku 5 je uvedeno, jak se liší průběh chronologického věku akcelerovaných jedinců a opožděných jedinců na základě měření zrání pohlavního biologického věku. Úroveň biologického zrání u jedinců se stejným chronologickým věkem je pak odlišná a mění se v průběhu celého dospívání (Lloyd et al., 2014; Malina, 2011; Taner, 2001).



Vysvětlivky: *Chronological age* – chronologický věk, *Early Maturer*– biologicky akcelerování, *Later Maturer* – biologicky opoždění

Obrázek 5. Průběh biologického zrání ve vztahu k chronologickému věku (Lloyd et al, 2014).

### 2.2.1.1 Kostní věk

Kostní věk je označení pro aktuální stav zralosti kostní tkáně. Zrání kostních struktur je dlouhodobý přechod od chrupavčitých struktur v prenatálním stádiu až k plně vyvinuté kosti v rané dospělosti (Lloyd et al., 2014). Hodnocení kostního věku je založeno na standartních rentgenových snímcích zápěstí. Porovnává se vřetenní kost, loketní kost, kosti zápěstí, metakarpální kosti a kosti prstních článků. Specifické znaky kostí v průběhu zrání se vyskytují v pravidelném a neměnném pořadí a zaznamenávají tak aktuální stav zralosti (Malina, 2011). Nejčastěji jsou pro měření kostního věku využívány Greulich-Pyle metoda (Greulich & Pyle, 1959), Felsova metoda (Roche, Thissen, & Chumlea, 1988) a Tanner-Whitehouse metoda (Tanner, Healy, Goldstein & Cameron, 2001). Mezi metodami se ovšem vyskytují intraindividuální rozdíly v závislosti na použití metody, kdy například Felsova metoda vykazuje obecně vyšší kostní věk než Greulich-Pyle metoda (Martino et al., 2022). Greulich-Pyle metoda může být také náchylná k podhodnocení nebo nadhodnocení při využití pro různá etnika (Malina, Bouchard, & Bar-or, 2004).

I přesto díky přesnosti rentgenových snímků a znalosti zrání kostí od narození až k plné osifikaci je metoda měření kostního věku označována jako „zlatá střední cesta“ v hodnocení biologického zrání. S tímto pojmem však polemizují Malina, Rogol, Cumming, Silva a Figueiredo (2015), kteří se přiklání k názoru, že každá metoda má své silné a slabé stránky. U kostního věku se navíc jedná o velmi drahou a časově

náročnou metodu. Dále měření mohou uskutečnit pouze osoby plně kvalifikované k používání rentgenového zařízení. Proto se v praxi často využívají jiné neinvazivní metody měření biologického zrání (Lloyd et al., 2014).

#### 2.2.1.2 *Pohlavní věk*

Pohlavní věk označuje stupeň biologické zralosti vzhledem k sekundárně sexuálním charakteristikám. Hodnocení probíhá podle Tannerovy škály, která určuje úroveň zralosti podle pěti stádií. Konkrétně se u dívek pozoruje věk při menarché, vývoj prsou a ochlupení, u chlapců pak vývoj genitálií a ochlupení (Tanner, Healy, Goldstein, & Cameron, 2001). Nevýhodou Tannerovy škály může být nedostatečný počet stádií. Rozdíly mezi dítětem na začátku a na konci jednoho stádia mohou být veliké (Lloyd et al., 2014). Mimo kritéria podle Tannera lze použít i jiné méně často využívané metody, jako například hodnocení objemu varlat (Baxter-Jones, Eisenmann, & Sherar, 2005).

Při hodnocení pohlavního věku je ovšem velmi důležité vzít v potaz, že měření mohou vykonávat pouze kvalifikovaní lékaři a pouze za plného souhlasu dítěte a rodičů. Využívají se proto i techniky sebehodnocení, kdy děti přiřazují své pohlavní znaky k obrázkům (Lloyd et al., 2014). Chlapci však často svou zralost nadhodnocují, zatímco děvčata se podhodnocují (Leone & Comtois, 2007).

#### 2.2.1.3 *Somatický věk*

Somatický věk označuje úroveň růstu těla nebo jeho určitých částí. Mezi běžná měření somatického růstu patří věk při PHV, hodnocení růstových proporcí, predikce věku při PHV a procenta z odhadované tělesné výšky v dospělosti (Lloyd et al., 2014). Při měření růstu proporcí těla se většinou využívá parametrů měření končetin nebo měření výšky v sedě (Malina et al., 2015).

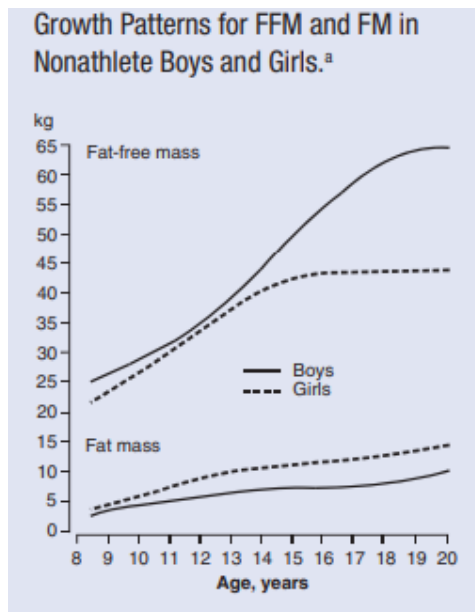
Při nedostatečných údajích z dlouhodobého měření lze použít predikci věku PHV. Mirwald, Baxter-Jones, Bailey a Beunen (2002) navrhli rovnici, pomocí které lze odhadnout posun od PHV se standartní chybou měření 6 měsíců. Rovnice využívá právě poměry trupu a nohou, přičemž vychází ze znalosti, že dlouhé kosti nohou mají růstový vrchol před krátkými kosti trupu. Dále pracuje s celkovou tělesnou výškou, hmotností a chronologickým věkem. Mirwaldova rovnice vypadá následovně:

Maturity Offset males (years) =  $-29.769 + 0.0003007 \times \text{Leg Length and Sitting Height interaction} - 0.01177 \times \text{Age and Leg Length interaction} + 0.01639 \times \text{Age and Sitting Height interaction} + 0.445 \times \text{Leg by Height ratio}$ , where  $R = .96$ ,  $R^2 = .915$ , and  $SEE = 0.490$ .

Procenta z odhadované tělesné výšky v dospělosti se počítají na základě rovnice, která závisí na datech výšky rodičů. Tato metoda ovšem neposkytuje informace o načasování a tempu zrání. Khamis a Roche (1994) navrhli rovnici, která zahrnuje i aktuální tělesnou výšku dítěte a hmotnost. Beunen et al. (1997) vytvořili rovnici, která navíc používá chronologický věk, výšku v sedě, podlopatkové a tricepsově kožní řasy. Cole a Wright (2011) zase navrhli rovnici na základě aktuální tělesné výšky s regresí k průměru. Rovnice na odhadování dospělé tělesné výšky mají obvykle standardní chybu 3-5 cm, přičemž chyba predikce se s rostoucím věkem snižuje (Cole & Wright, 2011).

### **2.2.2 Zrání a tělesné složení**

Tělesné složení v průběhu zrání závisí na pohlaví, aktuálním stavu zralosti a etniku. Změny tělesného složení v průběhu adolescence jsou charakteristické především zvyšováním aktivní tělesné hmoty (FFM). V těle přibývá i tuková hmota (FM), jejíž nárůst je ovšem signifikantně nižší oproti FFM a procentuální nárůst FM v těle není tedy tak velký. Na obrázku 6 je uveden nárůst FFM a FM u biologicky průměrných adolescentů (Malina & Geithner, 2011). Rozdíly v tělesném složení se vyskytují i mezi různě biologicky zralými jedinci, nedávná meta-analýza potvrdila rozdíly mezi biologicky akcelerovanými, průměrnými a opožděnými jedinci. Biologicky akcelerovaní jedinci mají ve studiích nejvyšší hmotnost, BMI i FM, zatímco jedinci biologicky opoždění mají tyto údaje nejnižší (Albaladejo-Saura, Vaquero-Cristóbal, González-Gálvez, & Esparza-Ros, 2021).



*Vysvětlivky: Fat-free mass – aktivní tělesná hmota, Fat mass – tuková hmota, Boys – chlapci, girls – dívky, Age – věk (roky)*

Obrázek 6. Nárůst FFM a FM v průběhu adolescence u chlapců a dívek (Malina & Geithner, 2011).

V průběhu adolescence se celkově zvyšuje průřez svalových vláken. Ukazuje se, že adolescenti po PHV vykazují větší změny v průřezu svalových vláken než jedinci, kteří jsou v průběhu nebo před PHV. Nejvyšší nárůst svalové hmoty v důsledku vývojových změn nastává do přibližně jednoho roku po PHV. U biologicky průměrně zralých chlapců se toto období objevuje mezi 13. a 15. rokem (Tumkur Anil Kumar, Oliver, Lloyd, Pedley, & Radnor, 2021). Na začátku puberty se začíná projevovat rozdíl ve změnách tělesného složení mezi chlapci a dívkami. Chlapci dosahují vyššího nárůstu FFM, a tedy i větší hypertrofie, zatímco u dívek je ve srovnání s chlapci vyšší nárůst relativní FM (Straton & Oliver, 2019). Také růst průřezu svalových vláken paží je u chlapců signifikantně vyšší. Naopak nebyly zjištěny rozdíly v růstu průřezu svalových vláken lýtek mezi chlapci a dívkami (Malina, Bouchard, & Bar-or, 2004).

Po nástupu puberty a počátku pohlavního zrání se v těle zvyšuje cirkulace steroidních hormonů, což ovlivňuje právě množství FFM a stojí i za rozdílem v tělesném složení mezi chlapci a dívkami (Straton & Oliver, 2019). Produkce steroidního hormonu testosteronu u chlapců se po skončení pohlavního zrání zvýší až třicetkrát oproti produkci před pubertou (Handelsman, Hirschberg, & Bermon, 2018).



V průběhu dospívání se mění i složení buňky jako takové. Plná zralost buňky FFM nakonec nastává tehdy, kdy se koncentrace vody, bílkovin a minerálů v buňce stává relativně konstantní. Relativní podíl vody na tělesné hmotnosti se v průběhu zrání snižuje, zatímco relativní podíl bílkovin a minerálů na tělesné hmotnosti se zvyšuje. Plné chemické zralosti buňky se dosahuje až v pozdní adolescenci, u chlapců přibližně mezi 18. a 20. rokem života (Malina & Geithner, 2011).

### **2.2.3 Zrání a nervosvalové mechanismy**

Pro rychlostní a silové výkony jsou nervosvalové mechanismy podstatné. Při cyklu protažení-zkrácení, což je základní pohyb pro sprint nebo skoky, je nervosvalová adaptace jedním z primárních parametrů výkonu. Zvláště aktivace a nábor motorických jednotek při svalové kontrakci jsou důležité pro zlepšení výkonu. Zrání nervosvalových mechanismů v průběhu puberty tedy jedincům pomáhá zlepšovat výkonnost v rychlostních a silových parametrech (Radnor et al., 2018).

Při silových a rychlostních výkonech se v rámci nervosvalových mechanismů uplatňuje maximální svalová aktivace spolu s maximální volní kontrakcí. V období puberty je zaznamenán největší přírůstek úrovně maximální volní kontrakce. Svalová činnost v průběhu dospívání následně umožní zapojení více motorických jednotek (Tumkur Anil Kumar et al., 2021). Předpokládá se, že se zapojují více motorické jednotky s vyšším prahem dráždivosti a více se tedy do svalové činnosti zapojují svalová vlákna II. typu. To vysvětluje zlepšení v oblastech maximální a rychlé síly v průběhu dospívání (Dotan et al., 2012). Výsledky nedávné meta-analýzy Tumkur Anil Kumara et al. (2021) naznačují, že předpoklady vyššího zapojení motorických jednotek s vyšším prahem dráždivosti u vyzrálějších jedinců by mohly být správné. Přímé důkazy k tomuto tvrzení ovšem stále chybí.

Vyšší zapojení nervosvalových mechanismů nepřímo dokazuje i fakt tréninkové odpovědi na silový trénink, která je u dětí podobná jako u dospělých jedinců. Ovšem u dětí a dospívajících před nebo v průběhu PHV nedochází k hypertrofické odpovědi v takové míře jako u dospělých a nevysvětluje tedy přírůstek síly. Větší odpověď na silový trénink by pak mohla vysvětlovat vyšší úroveň nervosvalových mechanismů (Dotan et al., 2012).

Pojem svalová preaktivace se používá jako popis svalové tonizace před pohybem, například těsně před dopadem při odrazu. Úroveň svalové preaktivace je také důležitou součástí výkonu při skocích a maximálních běžeckých rychlostech. Obecně mají děti při pohybu výrazně nižší svalovou preaktivaci než dospělí. Předpokládá se, že nižší úroveň svalové preaktivace by mohla být vysvětlena vztahem mezi zráním a schopností předvídat. V průběhu puberty se u dětí zvyšuje úroveň schopnosti předvídat pohyb, což má za následek vyšší svalovou preaktivaci. Poté se snižuje doba kontaktu s podložkou při odrazech a zvyšuje se silový impuls. Cyklus protažení-zkrácení svalu je tedy po pubertě mnohem efektivnější (Tumkur Anil Kumar et al., 2021).

### **2.3 Identifikace a vývoj talentu**

V posledních dvou desetiletích je evidován zvýšený zájem sportovních klubů o identifikaci talentu daného sportovního odvětví. Kluby vidí v talentovaných jedincích nejen výkonnostní potenciál pro daný klub, ale hlavně finanční zisk. Proto se nebojí investovat do identifikace talentu nemalé částky, které se jim v budoucnu mohou několikanásobně vrátit (Till, Emmonds, & Jones, 2019).

V literatuře se často lze setkat s odlišným chápáním pojmu talent. Část autorů chápe talent v kontextu převážně vrozených předpokladů. Jako například Perič a Suchý (2010), kteří ve své publikaci dosavadní charakteristiku talentu spojují s příznivým seskupením vloh, přičemž se v tomto termínu odráží nejvíce somatické a kondiční parametry. Již méně se pak podle nich na talentu podílí osobnostní rysy a morálně volní vlastnosti. Jiný pohled má na definici talentu Vičar (2018), podle kterého se talent skládá z vrozených i získaných komponent, které jsou dynamické a rozvíjejí se. Zrání, růst a vývoj talent významně ovlivňují, proto je také složitěji měřitelný. Naprostá většina definic okolo talentu se však týká pochopení budoucího potenciálu jedince vzhledem k jeho aktuální výkonnosti (Till, Emmonds & Jones, 2019). Tato práce bude vycházet z následující definice: „Talent je chápán jako komplex předpokladů pokrývajících požadavky kladené na sportovce, který má dosáhnout vysoké sportovní výkonnosti“ (Lehnert, Kudláček et al., 2014, 13).

Samotný proces identifikace talentu můžeme rozdělit do několika etap. Časté je rozdělení do čtyř etap, které jsou podle Lehnerta, Kudláčka et al. (2014) následující:

1. Etapa spontánního výběru či náboru,

2. Etapa základního výběru,
3. Etapa specializovaného tréninku,
4. Etapa výběru talentu pro vrcholový sport.

První etapa se zaměřuje na hodnocení dětí a jejich předpokladů k určitým sportovním činnostem. Týká se především vrozených dispozic a základních pohybových dovedností. Nehodnotí se výkonnost, hodnotí se potenciál výkonnosti v daných sportovních disciplínách. Druhá etapa navazuje na první, ověřuje výsledky v určité sportovní disciplíně. Hodnotí se zde už i charakterové a psychosociální rysy. Důraz je kladen na potenciál k vrcholové výkonnosti v daném sportu. Třetí etapa se týká rozvoje talentu a trvá několik let. Je nutné vytvořit optimální podmínky pro děti, aby bylo možné zvyšovat jejich potenciál k vrcholovým výkonům. Při specializovaném tréninku je pak obzvláště nutné vzít v potaz aktuální stav jejich výkonnosti a zralosti. Ve čtvrté etapě se v hodnocení zaměřuje více pozornosti na aktuální výkonnost spolu s potenciálem. Jedná se už o výběr jedinců, kteří v daném sportovním odvětví dosahují určité úrovně výkonnosti (Lehnert, Kudláček et al., 2014; Till, Emmonds & Jones, 2019). Všechny uvedené etapy jsou pak běžné v rámci každodenní sportovní praxe. Etapy identifikace talentu často využívají pyramidové schéma s tím, že vyšší číslo etapy indikuje zlepšené podmínky, vyšší vzdělání trenérů a naopak nižší počet dostupných míst a tím zvýšenou konkurenci (Till, Emmonds & Jones, 2019).

V nejnovějších zdrojích je možné se setkat i s pátou etapou identifikace talentu, která se nazývá etapou transferu. Jedná se o více či méně strukturovaný a urychlený transfer jedinců a jejich schopností a dovedností z jednoho sportu do druhého sportu. V rámci procesu transferu pak mají jedinci velkou šanci být úspěšní v druhém sportovním odvětví (Rea & Lavalley, 2017; Till, Emmonds, & Jones, 2019).

Systémy identifikace talentů jsou různé a v současné době se stále vyvíjí nové možnosti měření. Analýza talentu obsahuje data z různých oblastí, která se navzájem kombinují (Pino-Ortega, Rojas-Valverde, Gómez-Carmona, & Rico-González, 2021). Zaměření na určité oblasti měření se odvíjí od specifických nároků sportu, v němž probíhá identifikace talentu. Mezi důležité základní oblasti identifikace talentu patří měření fyzické, psychosociální, genetické nebo tréninkový věk. Napříč sporty se může lišit i věk dítěte, ve kterém se identifikace talentu realizuje (Till, Emmonds, & Jones, 2019).

### **2.3.1 Efekt relativity věku**

Jak již bylo naznačeno, jedním ze základních problémů u identifikace talentu je problematika aktuální výkonnosti oproti potenciální výkonnosti. Obvykle se mladí sportovci v jednotlivých sportech řadí do kategorií podle věku. Trenéři tak často posuzují výkonnost hráčů v dané věkové kategorii a neberou v potaz aktuální stav zralosti jedinců (de la Rubia, Lorenzo-Calvo, & Lorenzo, 2020). Datum narození poté může mít výrazný vliv na zvýšenou výkonnost v mládežnických kategoriích. Do kategorií se sportovci člení většinou podle kalendářního roku, který začíná 1. ledna. Pokud bychom měli dva jedince, kteří se narodili 1. ledna a 31. prosince necelý den od sebe, ovšem v jiném roce, prezentovali by se každý v jiné kategorii. Naopak dva jedinci narození 1. ledna a 31. prosince ve stejném roce, i když by byl mezi nimi rozdíl skoro celý rok, tak ti by se prezentovali oba ve stejné kategorii (Straton & Oliver, 2019).

Výsledky studií ukazují, že jedinci narození v dřívějších měsících kalendářního roku mají větší šanci prosadit se pro vrcholovou úroveň v daném sportu. A právě tímto fenoménem se zabývá efekt relativity věku (Relative age effect, RAE). Meta-analýza Cogleyho, Bakera, Wattieho a McKenna (2009) například zjistila, že se stoupající úrovní v mládežnických kategoriích se zvyšuje zastoupení sportovců narozených v prvním čtvrtletí kalendářního roku. Dalším zjištěním bylo, že na každé dvě děti narozené v posledním čtvrtletí v daných sportech připadaly více než tři děti narozené v prvním čtvrtletí. V rámci kategorií tedy celkově ukončilo sportovní kariéru více dětí narozených v pozdějších měsících. V dospělých kategoriích nad 18 let měl fenomén RAE mnohem menší zastoupení, ovšem zcela nevymizel.

U dospívajících dětí jsou rozdíly ve stavu zralosti větší, což by mohl být důvod, proč je v těchto kategoriích fenomén RAE více zastoupen. Trenérům se zdají být hráči narození v dřívějších měsících talentovanější, ale je zde velká pravděpodobnost, že jsou pouze aktuálně výkonnější z důvodu zralejšího stavu (Wattie, Schorer, & Baker, 2015). Zajímavé výsledky okolo RAE přinesla studie Gibbse, Jarvise a Dufure (2012) na elitních hokejstech. U elitních týmů v mládežnických kategoriích RAE působil zcela podle očekávání a větší zastoupení měli hráči narození v dřívějších měsících. U seniorských kategoriích v týmech elitní ligy NHL však RAE nepůsobil. Nakonec u elitních hokejistů v rámci NHL byl zjištěn obrácený RAE, tedy tito hráči byli narozeni spíše v pozdějších měsících. Tyto výsledky naznačují, že RAE se nezdá být vhodný prediktor identifikace

talentu. S tímto názorem se ztotožňuje i nedávný systematický přehled o identifikaci talentu vrcholových sportovců ve Velké Británii, který na základě vybraných studií nedoporučuje RAE používat u identifikace talentu. Současně navrhuje omezit negativní vliv RAE, který zapříčiňuje předčasné ukončení sportovní kariéry a špatný přístup trenérů k jedinci při rozvoji talentu (Rees et al., 2016).

Till, Emmonds a Jones (2019) pak spojují problematiku RAE s nedostatečným hodnocením zralosti jedinců v rámci identifikace talentu. Navrhují redukci rozdělení mladých sportovců do obsáhlých skupin podle chronologického věku. Společně s tímto návrhem by odborníci v oblasti sportu a trenéři měli vyhodnocovat aktuální stav zralosti k získání dostatečných informací pro identifikaci talentu. Uvedené návrhy by mohly pomoci lépe objasnit problematiku aktuální výkonnosti oproti potenciální výkonnosti. Autoři dále ovšem uvádějí, že v oblasti zmírnění negativních vlivů RAE chybí kvalitní důkazy a bylo by vhodné doplnit aktuální poznatky výzkumem týkajícím se zrání a identifikace talentu.

### **2.3.2 Identifikace talentu ve fotbale**

Ve fotbale se často stále talent identifikuje na základě subjektivních hodnocení trenérů. Ve vrcholovém fotbale se ale do popředí dostává vědecky podložená identifikace talentu založená na co nejvíce přesných měřeních (Unnithan, White, Georgiou, Iga, & Drust, 2012). Identifikace talentu ve fotbale je ovlivněna řadou determinantů. Kromě informací o aktuálním stavu vývoje hráče se na základě specifík fotbalového výkonu hodnotí fyziologické, psychické, technické a taktické předpoklady hráče. Specifické nároky má ve fotbale také každá pozice hráče na hřišti, hodnocení talentu je na určení pozice tedy závislé (Sarmiento, Anguera, Pereira, & Araújo, 2018).

RAE byl ve fotbale pozorován v různých zemích ve více studiích, trenéři tedy i v tomto sportu často u identifikace talentu ukazují na starší a vyspělejší hráče (Murr, Raabe, & Höner, 2018; Pino-Ortega et al., 2021). Jak již bylo uvedeno výše, tento fenomén se však neukazuje jako vhodný parametr. I ve fotbale byl totiž pozorován obrácený RAE. Například studie Skorskiho, Skorskiho, Faudeho, Hammesa a Meyera (2016) zjistila větší šanci na prosazení se v profesionálním fotbale u hráčů narozených v posledním čtvrtletí roku. Studie Ostojice et al. (2014) pozorovala u skupiny čtrnáctiletých srbských hráčů větší zastoupení akcelerovaných jedinců. Z vybrané

skupiny hráčů měli však po osmi letech větší šanci prosadit se do profesionální fotbalu spíše hráči, kteří byli ve čtrnácti letech ve vývoji opoždění.

### *2.3.2.1 Motorické a antropometrické parametry*

V rámci dvou systematických přehledů bylo zjištěno, že základními fyziologickými prediktory vrcholového výkonu ve fotbale jsou síla, rychlost, agility, koordinace, aerobní výkonnost a anaerobní výkonnost (Murr, Raabe, & Höner, 2018; Sarmiento, Anguera, Pereira, & Araújo, 2018). Nejsilnějšími prediktory vrcholového výkonu se pak ukazují schopnosti rychlostní a schopnost agility. U rychlostních schopností je důležitá rychlost jak do 20 metrů, tak i rychlost nad 20 metrů. I když jsou ve fotbale častější kratší sprinty, při identifikaci talentu se ukazuje být více důležitá rychlost nad 20 metrů. Může to být tím, že výhoda rychlejších hráčů se začíná více projevovat v delších vzdálenostech (Murr, Raabe, & Höner, 2018). Pro hodnocení jsou tedy obvykle využity právě testy na 10, 20 a 30 metrů (Emmonds, Till, Jones, Mellis, & Pears, 2016; Meyers et al., 2017a). Schopnost agility a především hodnocení změny směru se ukázalo jako významný ukazatel talentu ve fotbale (Murr, Raabe, & Höner, 2018). Hodnocení pak probíhá na základě různých variant člunkových běhů nebo T-testu (Gil et al., 2014; Silva et al., 2010). V silových schopnostech je hodnocení zaměřeno hlavně na explozivní sílu dolních končetin. Často jsou hodnoceny různé formy vertikálních a horizontálních skoků, například již výše zmíněný vertikální skok bez použití paží (Le Gall, Carling, Williams, & Reilly, 2010).

Přehledová studie Murra, Raabeho a Hönera (2018) uvádí, že zatímco je tělesné výšce a tělesné hmotnosti při identifikaci talentu v různých sportech věnována velká pozornost, ve fotbale nebyla prokázána významná spojitost ani jedné z uvedených charakteristik s identifikací talentu. Naproti tomu studie Sarmenta, Anguera, Pereira a Araújo (2018) zjistila, že úspěšnější hráči ve fotbale jsou vyšší a hubenější. Existuje ovšem výrazný rozdíl v hráčských postech. Zatímco brankáři, střední obránci a útočníci jsou signifikantně vyšší, hra krajních hráčů a záložníků není tolik ovlivněna tělesnou výškou. Také studie Pino-Ortega et al. (2021) zjistila jako prediktory talentu tělesnou výšku, tělesnou váhu a obvody paží a nohou. Autoři ovšem upozorňují na fakt, že většina studií nebere v potaz aktuální stav zralosti, což může antropometrické údaje výrazně ovlivnit.

### 2.3.2.2 *Psychosociální parametry*

Poznatky v oblasti psychosociálních faktorů při identifikaci a rozvoji talentu nejsou ve fotbale stále dostatečně rozšířeny. Přesto bylo zjištěno, že psychosociální oblast má velký vliv na potenciální výkonnost mladého hráče (Sarmiento, Anguera, Pereira, & Araújo, 2018). Důležitým předpokladem pro vrcholovou výkonnost hráče podle dosavadních zjištění je, aby dosáhl určité úrovně různých sociálních a psychologických faktorů, které jsou vzájemně propojené. Pro identifikaci talentu lze použít úroveň behaviorálních schopností hráče, která je výsledkem sociálních a psychologických faktorů (Gledhill, Harwood, & Forsdyke, 2017).

Přehledové studie uvádí až 48 psychosociálních faktorů, které ovlivňují identifikaci a rozvoj talentu (Gledhill, Harwood, & Forsdyke, 2017). Z vybraných faktorů jsou při identifikaci talentu důležité dva pohledy. Jeden pohled sleduje, jak moc jsou jednotlivé vybrané psychosociální faktory důležité. Druhý pohled se zaměřuje na to, jak moc lze psychosociální faktory v následujícím tréninkovém procesu rozvíjet (Elbe & Wikman, 2017). Ukazuje se, že ve fotbale jsou z psychologických faktorů nejdůležitější disciplína, seberegulace, odolnost, koncentrace, motivace a zvládání stresových situací. Sociální hledisko se zaměřuje na zapojení hráče do procesu fotbalového tréninku a zdravého životního stylu. Všechny tyto faktory následně ovlivňuje okolí hráče, do kterého se řadí trenéři, rodina, sourozenci a vrstevníci (Gledhill, Harwood, & Forsdyke, 2017).

### 2.3.2.3 *Technicko-taktické parametry*

Dalším důležitým determinantem v oblasti identifikace talentu ve fotbale jsou technické a taktické dovednosti. Mezi hlavní technické dovednosti lze zařadit dribling, střelbu, ovládání míče, dlouhou a krátkou přihrávku (Sarmiento, Anguera, Pereira, & Araújo, 2018). Jejich hodnocení a rozvoj jsou významné především v adolescenci. Bylo dokázáno, že hráči s kvalitnějšími technickými dovednostmi mezi 14. až 18. rokem mají větší šanci prosadit se do vrcholového fotbalu v dospělosti (Huijgen, Elferink-Gemser, Post, & Visscher, 2009). K hodnocení se využívají driblingové testy, testy přihrávek, především na kratší vzdálenost, testy střelby, test žonglování, zed'-volej test nebo multifunkční testy jako Loughborough soccer passing test nebo Loughborough soccer shooting test (Ali, 2011).

Z hlediska taktických dovedností hráče jsou sledovány především poziční hra a správné rozhodování ve specifických chvílích. Právě hráči, kteří podle pozorování dosahovali vyšší úrovně ve zmíněných dovednostech, měli až sedmkrát větší šanci prosadit se do profesionálního fotbalu (Kannekens, Elferink-Gemser, & Visscher, 2011). Pro hodnocení a rozvoj taktických dovedností je možné využít malých herních forem, které navíc rozvíjejí i technické a kondiční parametry hráče (Unnithan et al., 2012).

### **2.3.3 Aktuální modely pro rozvoj talentu**

Rozvoj talentu je složitý, vícerozměrný a nepředvídatelný koncept. Sportovní organizace se snaží vytvořit strukturovaný program pro mladé sportovce, aby byl jejich rozvoj co nejvíce optimalizovaný směrem k vrcholovému výkonu v budoucnu. Navzdory tomu spousta navržených programů není založená na empirických důkazech, ale spíše se zakládá na zkušenostech trenérů (Williams, Oliver, & Lloyd, 2018). Vedou se také rozsáhlé diskuze, zda je vůbec možné mít jednu zastřešující strategii pro větší množství sportovců (Green, 2007). Aktuální literatura však nejčastěji vychází ze dvou základních strategií pro dlouhodobý rozvoj mladých sportovců, kterými jsou The long term athletes development (LTAD) (Balyi & Hamilton, 2004) a The youth physical development (YPD) (Lloyd & Oliver, 2012).

#### **2.3.3.1 Rozvoj rychlosti a síly v modelu LTAD**

LTAD model byl vytvořen v Kanadě. Cílem bylo vytvořit pro kanadskou populaci moderní a dynamické prostředí, které ovlivní kvalitu sportovních činností a zvýší počet sportující populace. LTAD model se při periodizaci rozvoje u mládeže soustředí na určité úseky růstu a zrání, nikoliv na chronologický věk (Balyi, & Hamilton, 2004). Důležitou roli hraje v plánování tréninkových programů PHV. Rozvoj je přizpůsobený optimální výkonnosti v dospělosti a vyhýbá se rané specializaci. Model LTAD je rozdělený do sedmi základních etap vývoje (Obrázek 7). V začátku tréninkového procesu mladých sportovců se zdůrazňuje rozvoj základních pohybových dovedností (Balyi, Hamilton, & Robertson 2005).



První tři stupně vedou k rozvinutí pohybové gramotnosti a sportu pro všechny:	Další tři stupně se soustředí na vysokou kvalitu:	Jeden stupeň vede k celoživotní pohybové aktivitě:
1. Aktivní začátek 2. Základy 3. Učení se trénovat	4. Umění tréninku 5. Trénink pro soutěžení 6. Trénink pro vítězství	7. Aktivní pro život a. Soutěžít pro život b. Fit pro život c. Vedoucí sportovních a pohybových aktivit

Obrázek 7. Etapy modelu LTAD (Balyi, Hamilton, & Robertson 2005).

Pohybové schopnosti mají v LTAD modelu svá „okna příležitosti“, tedy určitou dobu, kdy je nutné danou pohybovou schopnost rozvíjet. Pokud se dané okno příležitosti nevyužije, nebude podle autorů naplněn maximální potenciál mladého sportovce. Podle modelu LTAD je pět hlavních principů výkonnosti vytrvalost, síla, rychlost, dovednost a koordinace (Balyi, Hamilton, & Robertson 2005).

V modelu LTAD je doporučeno rozvíjet sílu u chlapců hlavně v období 12-18 měsíců po PHV. V uvedeném období by měl být trénink síly celkovou prioritou. V období 6-9 let by měli trenéři sílu rozvíjet prostřednictvím hry, v případě silových cvičení by měli využívat především cvičení s váhou vlastního těla, jako odporové pomůcky jsou pak navrženy medicinbaly a gymnastické míče. V období 9-12 let, neboli období před PHV, se k uvedeným metodám rozvoje síly doporučuje například zařazení náročnějších skoků pro odpovídající rozvoj síly (Balyi, Hamilton, & Robertson 2005).

V rozvoji rychlosti předpokládá model LTAD dvě citlivá období. U chlapců je to období 7-9 let a období 13-16 let. Už v prvním citlivém období by se měla rozvíjet rychlost lineární, laterální i změny směru. V dalším období by se měla rychlost rozvíjet i v rámci specifických pohybů v daném sportovním odvětví (Balyi, Hamilton, & Robertson 2005). Této teorii částečně odpovídá zjištění Nagahara et al. (2018), kteří zjistili ve své studii období plató v rozvoji rychlosti u chlapců v období chronologického věku 8,8-12,1 let.

Model LTAD byl ovšem podroben kritice právě kvůli uvedeným oknům příležitostí. Podle Lloyda a Olivera (2012) není model vhodný, protože se nemůže opřít o dostatečné vědecké důkazy. Autoři Williams, Oliver a Lloyd (2018) pak upozorňují na problematiku periodizace modelu, kdy není možné s přesností určit, kdy daná období začínají. Model LTAD navíc podle nich nezohledňuje důležitý faktor motivace dětí.

Dále Ford et al. (2011) zdůrazňuje, že model je příliš zaměřen na fyziologické aspekty výkonnosti a nezhledňuje například sociální faktory.

#### *2.3.3.2 Rozvoj rychlosti a síly v modelu YPD*

Na základě kritiky modelu LTAD byl vytvořen nový model YPD. Model YPD se zaměřuje na rozvoj dětí od dvou let do dospělosti. Je navržen pro trenéry, učitele a rodiče. Jeho hlavní výstup je tabulka (Obrázek 8), přičemž se zvětšujícím se písmem je na dané kritérium v uvedeném čase kladen větší důraz při rozvoji (Lloyd & Oliver, 2012).

Podobně jako model LTAD se model YPD při periodizaci zaměřuje spíše na úroveň růstu a zrání, naopak chronologicky věk je v pozadí (Williams, Oliver, & Lloyd, 2018). Model YPD však přechází k názoru, že většinu složek fyzické výkonnosti lze trénovat v každém období. Autoři Lloyd a Oliver (2012) zmiňují, že se v průběhu zrání mění mechanismy, které jsou základem tréninkových adaptací. Zatímco v období před nástupem puberty je adaptace založená především na nervosvalovém základu, s nástupem puberty se zvyšuje podíl morfologických mechanismů. Na základě období, kterým dítě prochází, pak trenéři podle modelu YPD volí takový typ tréninku, aby byly adaptace co nejvýraznější.

YOUTH PHYSICAL DEVELOPMENT (YPD) MODEL FOR MALES																							
Chronologický věk	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21+			
Vývojové období	Rané dětství			Střední dětství						Adolescence						Dospělost							
Rychlost růstu	Rychlý růst			Stálý růst						Adolescentní spurt						Pokles tempa růstu							
Stav zrání	Před PHV						PHV						Po PHV										
Tréninková adaptace	Převážně nervosvalová						Kombinace nervosvalové a hormonální																
Fyzické předpoklady	<b>FMS</b>			<b>FMS</b>			<b>FMS</b>			<b>FMS</b>													
	SSS			SSS			SSS			<b>SSS</b>													
	Pohyblivost			Pohyblivost						Pohyblivost													
	Agility			Agility						Agility			Agility										
	Rychlost			Rychlost						Rychlost			Rychlost										
	Expl síla			Expl síla						Expl síla			Expl síla										
	Síla			Síla						Síla			Síla										
	Hypertrofie						Hypertr			Hypertrofie						Hypertr							
	Vytrvalost			Vytrvalost						Vytrvalost			Vytrvalost										
Tréninková struktura	Nestrukturovaný			Slabě strukturovaný			Středně strukturovaný			Vysoce strukturovaný			Velmi vysoce strukturovaný										

*Vysvětlivky:* *FMS* – základní pohybové dovednosti, *SSS* – specifické pohybové dovednosti, *Hypertr* - Hypertrofie

Obrázek 8. YPD model pro chlapce (Lloyd, Oliver, 2012, upraveno).

Model YPD zdůrazňuje, že silový rozvoj je zásadní parametr v rozvoji mladých sportovců. Silový trénink je doporučován ve všech obdobích dětství i dospívání (Lloyd & Oliver, 2012). Navržení výše uvedených zásad lze potvrdit i na základě dalších studií. V průběhu adolescence se přirozeně zvyšuje výkonnost v síle díky mechanismům růstu a zrání (Malina et al., 2004), přesto pokud se mladý sportovec podrobuje dobře navrženému tréninku síly, tak bude mít s velkou pravděpodobností lepší silové výkony než nesportující děti v daném věku (Behm et al., 2017). Vzhledem k plasticitě centrální nervové soustavy v průběhu dospívání můžou mladí sportovci těžit z větší efektivity tréninku síly (Faigenbaum et al., 2019). To potvrzuje i systematický přehled Legerlotze, Marzilgera, Bohma a Arampatzise (2016), který naznačil, že adaptační odpověď na trénink síly je největší v období dětství a dospívání.

Model YPD předpokládá, že rychlost je možné ovlivnit tréninkem během dětství i dospívání stejně jako ostatní složky kondice. Model z praktického hlediska ukazuje,

že rozvoj rychlosti během dětství by se měl zaměřit na plyometrii, techniku běhu a práci v rychlosti. Dospívající by se pak měli zaměřit na rozvoj rychlostních schopností pomocí síly, plyometrie a tréninku na rozvoj maximálního sprintu (Lloyd & Oliver, 2012). Tyto poznatky potvrdila například meta-analýza Behma et al., (2017), která jasně potvrdila vliv plyometrie, silového tréninku a rychlostního tréninku na zlepšení v rychlosti v průběhu adolescence.

Jak je uvedeno výše, model YPD zdůrazňuje rozdílné mechanismy adaptací, proto v tréninku síly a rychlosti rozlišuje typy cviků v různých obdobích. Před nástupem PHV by měly převládat cviky na zlepšení nervosvalových mechanismů, po PHV silové cviky kombinující nervosvalové mechanismy a morfologické mechanismy. Tudiž po PHV se cviky soustředí také na hypertrofii (Lloyd & Oliver, 2012). Výše uvedené poznatky potvrzují výsledky studie Lloyda, Radnora, Croixe, Cronina, & Olivera (2016), která zkoumala vliv rozlišných silových tréninků a adaptačních odpovědí. Výsledky ukázaly, že sportovci, kteří byli před PHV, vykazovali u plyometrického tréninku větší efekt než sportovci po PHV. Lze předpokládat, že to odráží změny v centrální nervové soustavě, které jsou výraznější právě v předpubertální fázi. Naopak sportovci po PHV příznivěji reagovali na kombinaci silového a plyometrického tréninku, což odráží morfologické změny těla po PHV.

#### **2.3.4 Vliv zrání na rychlost a sílu ve fotbale**

Na základě současných zjištění se předpokládá, že výkonnostní spurt u pubescentů souvisí s PHV a pohlavním zráním. Aktuální studie se tedy zabývají změnou a vývojem rychlostních a silových parametrů v závislosti na biologickém věku. Chronologický věk je naproti tomu často označován jako zavádějící měřítko (Beunen & Malina, 2007).

Studie ukazují na signifikantní zlepšení explozivní síly dolních končetin v období puberty. Ve fotbalových kategoriích U12–U16 je to zlepšení průměrně o 7 % u vertikálního skoku za rok (Williams, Oliver, & Faulkner, 2011). U hráčů rugby bylo zase zjištěno zlepšení mezi kategoriemi U13–U15 ve vertikálním skoku o 2 cm za rok (Till, Copley, O'Hara, Chapman, & Cooke, 2013). Na základě současných poznatků se předpokládá, že období výkonnostního spurtu v explozivní síle dolních končetin začíná asi 1,5 roku před PHV a má vrchol v období PHV až 1 rok po PHV (Beunen & Malina, 2007; Philippaerts et al, 2006; Viru et al., 1999; Radnor et al., 2022).

Mechanismy rozvoje rychlostních parametrů okolo PHV jsou stále nejasně vysvětleny (Malina, Bouchard & Bar-or, 2004; Meyers, Oliver, Hughes, Cronin & Lloyd, 2015; Meyers et al., 2017a). Pravděpodobně souvisí se zvětšováním délky kroku, přičemž vliv frekvence kroku není tak jasný (Meyers et al., 2015). Studie zaměřené na rychlost u pubescentů se často dříve soustředily pouze na výsledný čas testu a nezohledňovaly maximální dosaženou rychlost (Kruger a Pienaar, 2009; Matthys, Vaeyens, Coelho-e-Silva, Lenoir & Philippaerts, 2012; Mendez-Villanueva, 2011; Philippaerts et al, 2006; Wrigley, Drust, Stratton, Atkinson & Gregson, 2014). To by mohlo být vnímáno jako nedostatek, protože současných dat na ověření maximální rychlosti v závislosti na biologickém věku je stále málo (Meyers et al., 2015; Meyers et al., 2017a).

Vliv biologického věku na akcelerační rychlost také není dostatečně objasněn. Na základě studie Mathisena a Pettersena (2015) je možné předpokládat, že na akcelerační rychlost má vliv růst, protože byly nalezeny významné vztahy mezi tělesnou výškou a rychlostí na 10 m. Ovšem nedávná studie Itoha a Hirose (2020), která ověřovala přímo vliv biologického věku na akcelerační rychlost u fotbalistů v kategorii U13, nenašla signifikantní rozdíly mezi hráči odlišného biologického věku.

Tato práce by mohla navázat na data ze studie Radnora et al. (2022). Studie zkoumala hráče fotbalu a rugby na anglických středních školách (11-16 let) po dobu 18 měsíců a rozdělila je do tří skupin podle jejich biologického věku. Jedna z hypotéz studie byla, že nejvyšší změny ve výkonnosti u rychlosti a explozivní síly dolních končetin bude mít skupina biologicky nejméně zralá, která byla na začátku měření před PHV a skončila měření po PHV. Rychlost byla měřena testem na 30 m a explozivní síla dolních končetin pomocí vertikálního skoku bez použití paží. Hypotéza byla ale ověřena jen napůl, podařilo se prokázat nejvyšší nárůst ve výkonnosti pouze u sprintu. U explozivní síly dolních končetin se nejvyšší výkonnostní spurt ukázal u skupiny, která byla biologicky nejzralejší už od začátku měření. Studie také potvrdila významný vliv biologické věku na lokomoční rychlost u chlapců v období PHV.

## **2.4 Souhrn přehledu poznatků**

Ze syntézy poznatků vyplývá, že síla a rychlost jsou podstatnými determinanty fotbalového výkonu. Obě složky jsou rozhodující v nejdůležitějších chvílích utkání. Jejich hodnocení může napovědět, zda má hráč potenciál dosáhnout elitní vrcholové

úrovně. Je tedy logické, že v motorické výkonnosti se při identifikaci talentu ve fotbale síla a rychlost hodnotí nejčastěji. Dále je uvedeno, že při identifikaci u adolescentů se stav zrání jeví jako vhodnější parametr než chronologický věk. Stav biologického věku lze hodnotit několika způsoby, přičemž nejvíce praktická metoda je hodnocení somatického biologického věku. Hráči kategorie U13 spadají do období před PHV nebo se nacházejí v období PHV. Aktuální poznatky předpokládají, že v rámci identifikace a rozvoje talentů v uvedeném období jsou důležité nervosvalové mechanismy, jelikož v tréninkovém procesu převládá právě nervosvalová adaptace. Síla a rychlost jsou také podle aktuálních modelů pro rozvoj talentů složkami, na které je důležité se zaměřit v tréninku v průběhu adolescence.

Hodnocení lineární rychlosti ve fotbale vychází z akcelerační rychlosti a maximální frekvenční rychlosti. V rámci identifikace talentu ve fotbale je možné tyto schopnosti hodnotit odděleně i dohromady, například v testu sprintu na 30 m. Předpokládá se, že vliv biologického věku na akcelerační rychlost v dané věkové kategorii podle aktuálních poznatků není příliš velký. Naopak vliv biologického věku na maximální rychlost se prokázal ve více studiích. Biologický věk také podle dosavadních zjištění ovlivňuje rychlost sprintu na 30 m. Silové schopnosti ve fotbale jsou hodnoceny především explozivní silou dolních končetin, která má vliv i na rychlostní schopnosti hráčů. Vliv biologického věku na explozivní sílu byl v období PHV prokázán. Rozvoj reaktivní síly je aktuálně oblíbenou metodou pro zvýšení výkonu ve fotbale. V reaktivní síle je také podstatná nervosvalová adaptace, na kterou by se měl rozvoj talentů v období před PHV a v PHV zaměřit. Předpokládá se, že reaktivní sílu by měl biologický věk ovlivňovat.

## 3 CÍLE

### 3.1 Hlavní cíl

Hlavním cílem diplomové práce je posoudit vliv biologického věku na lokomoční rychlost a explozivní sílu dolních končetin u hráčů fotbalu v kategorii U13.

### 3.2 Hypotézy

H1: Biologický věk neovlivňuje akcelerační rychlost fotbalistů soutěžní kategorie U13.

H2: Biologický věk ovlivňuje maximální rychlost fotbalistů soutěžní kategorie U13.

H3: Biologický věk ovlivňuje výkon ve sprintu na 30 m fotbalistů soutěžní kategorie U13.

H4: Biologický věk ovlivňuje explozivní sílu dolních končetin fotbalistů soutěžní kategorie U13.

H5: Biologický věk neovlivňuje relativní silový impulz fotbalistů soutěžní kategorie U13.

H6: Biologický věk ovlivňuje reaktivní sílu dolních končetin fotbalistů soutěžní kategorie U13.

#### Kritéria pro potvrzení hypotéz:

H1: Hypotéza bude potvrzena, pokud nebude zjištěn signifikantní rozdíl mezi skupinami odlišného biologického věku v žádném z následujících parametrů testu sprint na 30 m: průměrná rychlost v úseku 0-10 m, maximální rychlost v úseku 0-10 m.

H2: Hypotéza bude potvrzena, pokud bude zjištěn signifikantní rozdíl mezi skupinami odlišného biologického věku v maximální rychlosti v úseku 20-30 m u testu sprint na 30 m.

H3: Hypotéza bude potvrzena, pokud bude zjištěn signifikantní rozdíl mezi skupinami odlišného biologického věku u celkového času sprintu na 30 m.

H4: Hypotéza bude potvrzena, pokud bude zjištěn signifikantní rozdíl mezi skupinami odlišného biologického věku u obou následujících parametrů: výška skoku v CMJ, výška skoku v CMJA.

H5: Hypotéza bude potvrzena, pokud nebude zjištěn signifikantní rozdíl mezi skupinami odlišného biologického věku alespoň ve třech parametrech z následujících čtyř parametrů testů CMJ a CMJA: poměr silového impulzu k tělesné hmotnosti při CMJ, poměr silového impulzu k aktivní tělesné hmotě při CMJ, poměr silového impulzu k tělesné hmotnosti při CMJA, poměr silového impulzu k aktivní tělesné hmotě při CMJA.

H6: Hypotéza bude potvrzena, pokud bude zjištěn signifikantní rozdíl mezi skupinami odlišného biologického věku u obou následujících parametrů: délka trojskoku dominantní dolní končetiny, délka trojskoku nedominantní dolní končetiny.



## 4 METODIKA

### 4.1 Design studie

Studie měla charakter observační průřezové studie, která hodnotila vliv biologického věku na rychlostní schopnosti a explozivní sílu dolních končetin u mladých hráčů fotbalu v soutěžní kategorii U13. Měření bylo provedeno vždy na začátku letní přípravy v letech 2020 a 2021.

### 4.2 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor se skládal z 98 hráčů fotbalového klubu SK Sigma Olomouc soutěžní kategorie U13, který v uvedené kategorii hraje nejvyšší možnou soutěž. Hráči neměli v průběhu testování žádné zdravotní problémy a 24 hodin před testováním nepodstoupili náročnou fyzickou aktivitu. Dále bylo zajištěno, aby měli hráči vhodné oblečení a obuv vzhledem k danému povrchu. Hráči byli podle biologického věku rozděleni do tří skupin. První skupinu tvořili hráči biologicky opoždění (BO), druhou skupinu hráči biologicky průměrní (BP) a třetí skupinu hráči biologicky akcelerovaní (BA). Základní charakteristika všech hráčů je uvedena v tabulce 1.

Tabulka 1. Základní charakteristika vybraných hráčů fotbalu soutěžní kategorie U13.

	<i>M</i>	<i>SD</i>
Věk (roky)	13,06	$\pm 1,00$
Výška (cm)	159,27	$\pm 10,21$
Váha (kg)	46,64	$\pm 9,35$
FFM (kg)	41,28	$\pm 8,53$
TT (%)	11,43	$\pm 4,31$

Vysvětlivky: FFM - aktivní tělesná hmota, TT - tělesný tuk, *M* - aritmetický průměr, *SD* - směrodatná odchylka

### 4.3 Metody sběru dat

Testování proběhlo v aplikačním centru BALUO Olomouc a všechny testy byly provedeny ve vnitřních prostorech. Hráči byli předem s testováním seznámeni a všechny testy si vyzkoušeli. Před testováním bylo provedeno měření antropometrických parametrů od vyškolených odborníků. Každý hráč se před testováním zúčastnil habituálního

rozcvičení pod vedením trenéra, které trvalo 15 minut. Testování následně probíhalo v randomizovaném pořadí.

#### **4.3.1 Sprint na 30 m**

Pro hodnocení rychlostních parametrů v této práci byl využit test sprint na 30 m, který se při hodnocení lokomoční rychlosti využívá velmi často (Till, Emmonds, & Jones, 2019). Hráčům byl v rámci testu 30 m měřen čas a maximální rychlost na prvních 10 metrech pro hodnocení akcelerační rychlosti.

Úsek 20-30 m, na kterém byla měřena maximální rychlost, byl vybrán záměrně v návaznosti na aktuální literaturu, která hodnotí maximální rychlost u sportujících adolescentů u testu sprintu na 30 m (Meyers et al., 2017a; Radnor et al, 2022).

##### *Provedení testu*

Hráči byli instruováni, aby provedli co nejrychlejší možný běh na vzdálenost 30 m. Start byl na pokyny tři, dva, jedna, start. Časomíra se spustila až v momentu, kdy hráč zahájil pohyb. Jakmile hráč proběhl cílem, byla časomíra zastavena. Startovalo se z polovysoké pozice. Trať byla rovná a byly označeny úseky startu a cíle. Každý hráč provedl dva pokusy. Hodnotil se pouze lepší z nich. Mezi pokusy byl odpočinek 3 minuty.

Pro zaznamenání časů bylo použito optické měření Brower Timing System (Draper, UT, USA) s využitím funkce Smart start. Fotobuňky Brower Timing System měří s přesností na 0,01 s. Maximální rychlost byla měřena pomocí senzorů systému Sewio OWB (Sewio, Houston, Texas, USA). Intra-testová reliabilita u sprintu na 30 m hodnocená pomocí optických měřících systémů u chlapců v období puberty se ukazuje jako dobrá (ICC: 0,66-0,86) (Meyers et al., 2015). V rámci testu na 30 m byly v této práci hodnoceny následující parametry:

- celkový dosažený čas u sprintu na 30 m,
- průměrná rychlost v úseku 0-10 m,
- maximální rychlost v úseku 0-10 m,

- maximální rychlost v úseku 20-30 m.

#### **4.3.2 Vertikální skok**

Pro hodnocení explozivní síly dolních končetin byly do této práce vybrány testy vertikálního skoku (countermovement jump, CMJ), vertikálního skoku s využitím paží (countermovement jump with arms, CMJA). CMJ a CMJA jsou obecně používány jako diagnostické testy síly v hodnocení u mladých sportovců (Till, Emmonds, & Jones, 2019). Oba testy vykazují vysokou validitu k faktoru explozivní síly dolních končetin (Markovic, Dizdar, Jukic, & Cardinale, 2004). Oba testy využívají jiné zapojení svalových skupin a hodnotí jiné pohyby. Proto je jako hodnotící test ve fotbale využíváný CMJ i CMJA (Ramirez-Campillo et al., 2016). Ze stejného důvodu byly do této práce vybrány oba tyto testy.

##### *Provedení testu*

Hráči si stoupli na silovou plošinou ve vzpřímeném postoji. Na povel skoč hráči provedli pohyb zhruba do 90° flexe kolen a protipohybem vzhůru se odrazili do výšky. Hráči byli instruováni, aby se odrazili co nejvýše. Pokud byl testován CMJ, měli ruce v bok. Pokud byl testován CMJA, ruce při pokrčení kolen natáhli dozadu (hyperextenze ramen) a s odrazem provedli švih paží dopředu a nahoru (flexe ramen). U obou typů skoků hráči provedli tři pokusy, mezi kterými byla pauza 1 minutu. Hodnotil se vždy nejlepší pokus. Výška skoku i silový impulz byly hodnoceny pomocí silové plošiny (FP4, HUR Labs, Tampere, Finsko) s frekvencí 1 000 Hz.

CMJ má vysokou test-retestovou reliabilitu (ICC = 0,97) (Markovic et al., 2004). CMJA vykazuje také vysoké hodnoty test-retestové reliability (ICC = 0,88) (Slinde, Suber, Suber, Edwén, & Svantesson, 2008). V rámci testů vertikálního skoku byly v této práci hodnoceny následující parametry:

- výška skoku CMJ,
- výška skoku CMJA,
- poměr maximálního silového impulzu při CMJ k tělesné hmotě,

- poměr maximálního silového impulzu při CMJA k tělesné hmotě,
- poměr maximálního silového impulzu při CMJ k aktivní tělesné hmotě,
- poměr maximálního silového impulzu při CMJA k aktivní tělesné hmotě.

### **4.3.3 Unilaterální trojskok**

Dalším testem použitým v této práci byl test unilaterálního trojskoku, který hodnotil reaktivní sílu dolních končetin. Pro respektování specifického zatížení ve fotbale je důležité využít i unilaterální testování. Ve fotbale se totiž více vyskytují odrazy z jedné dolní končetiny, specifické testování ve fotbale navíc musí často respektovat horizontální směr pohybu. Ukazuje se, že unilaterální skoky s předozadním pohybem mohou být velice efektivní při identifikaci talentu ve fotbale (Murtagh et al., 2017). Unilaterální trojskok lze navíc použít jako hodnotící nástroj nejen explozivní síly, ale také reaktivní síly a rovnováhy (Alvim, Lucareli, & Menegaldo, 2018; Hamilton, Shultz, Schmitz, & Perrin, 2008). Lloyd, Oliver, Kember, Myer, & Read (2020) ve své studii také potvrzují, že unilaterální trojskok je platný při hodnocení parametrů reaktivní síly.

#### *Provedení testu*

Hráči se postavili rovně na start, který byl označený čarou. Poté protipohybem z kolenní flexe provedli trojskok dominantní a následně nedominantní dolní končetinou. Hráči byli instruováni, aby skočili co nejdále. Na každou nohu hráči provedli dva pokusy, hodnocen byl pouze lepší z nich. Mezi pokusy byl vždy odpočinek 1 minutu.

Délka jednotlivých skoků byla měřena pásmem. Místo dopadu bylo hodnoceno od části těla, která byla nejbližší startu skoku. Test-retestová reliabilita u unilaterálního trojskoku se ukázala jako vysoká (ICC = 0,97) (Bolgia & Keskula, 1997). V rámci testování unilaterálního trojskoku se v této práci hodnotily následující parametry:

- celková délka trojskoku dominantní dolní končetiny,
- celková délka trojskoku nedominantní dolní končetiny.

#### 4.3.4 Biologický věk

Biologický věk byl hodnocen jako proporcionální biologický věk. Vypočítán byl na základě indexu vývoje tělesné skladby - KEI indexu podle Brauera (1982). KEI index má významné vazby na kostní věk, pohlavní věk a somatický věk. Měří se na základě proměnných vybraných somatických rozměrů, které následně vstupují do rovnic. Pro chlapce to jsou šířka ramen, šířka pánve, obvod předloktí, tělesná výška a kožní řasy (Lehnert, Botek et al., 2014). Výpočet KEI indexu pro chlapce podle Brauera (1982) je následující:

$$\frac{\text{střední šířka x dvojnásobný korigovaný obvod předloktí}}{10 \times \text{tělesná výška}}$$

Dále byl vypočítán Rohrerův index neboli index tělesné plnosti (Lehnert, Botek et al., 2014):

$$\text{Rohrerův index} = H \cdot 10^5 / V^3$$

(H = tělesná hmotnost, V = výška)

Tělesná výška se měřila pomocí přístroje SOEHNLE 7307 (Leifheit, Nassau, Germany). Tělesná hmotnost a tělesné složení bylo měřeno pomocí přístroje InBody 720. Somatické rozměry byly měřeny pomocí pásového měření.

Tyto údaje byly zpracovány a společně byly zadány do programu ANTROPO (Bláha, 2000), který údaje vyhodnotil vzhledem k posledním normám populace v daném věku. Následně byly vytvořeny skupiny odlišného biologického věku, přičemž pokud se hodnoty lišily více jak  $\pm 12$  měsíců od norem v daném chronologickém věku, byli hráči hodnoceni jako opoždění (BO), nebo jako akcelerováni (BA).

#### 4.4 Statistické zpracování dat

Výsledky všech testů byly zpracovány a následně převedeny do tabulky v programu Microsoft Excel (Microsoft Corp., Redmond, Washington, USA). Ke statistickému vyhodnocení dat byl použit program Statistica (verze 14.0, StatSoft, Tulsa, Ok, USA). K porovnání vlivu biologického věku na jednotlivé parametry byl použit neparametrický test Kruskal-Wallis ANOVA. Jako hladina statistické významnosti byla určena hladina významnosti  $p < 0,05$ . Následně se provedlo post-hoc porovnání mezi jednotlivými

skupinami odlišného biologického věku. Výsledky jsou prezentovány v tabulkách a grafech znázorňujících průměry ( $M$ ) a směrodatné odchylky ( $SD$ ) jednotlivých skupin.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Výsledky k hypotéze 1

H1: Biologický věk neovlivňuje akcelerační rychlost fotbalistů soutěžní kategorie U13.

Výsledky stanovení vlivu biologického věku na akcelerační rychlost jsou uvedeny v tabulce 2. Signifikantní efekt biologického věku se nepotvrdil v případě parametru průměrná rychlost v úseku 0-10 m, ani v případě parametru maximální rychlost v úseku 0-10 m.

Tabulka 2. Sledované parametry akcelerační rychlosti v rámci sprintu na 30 m u hráčů soutěžní kategorie U13 s odlišným biologickým věkem.

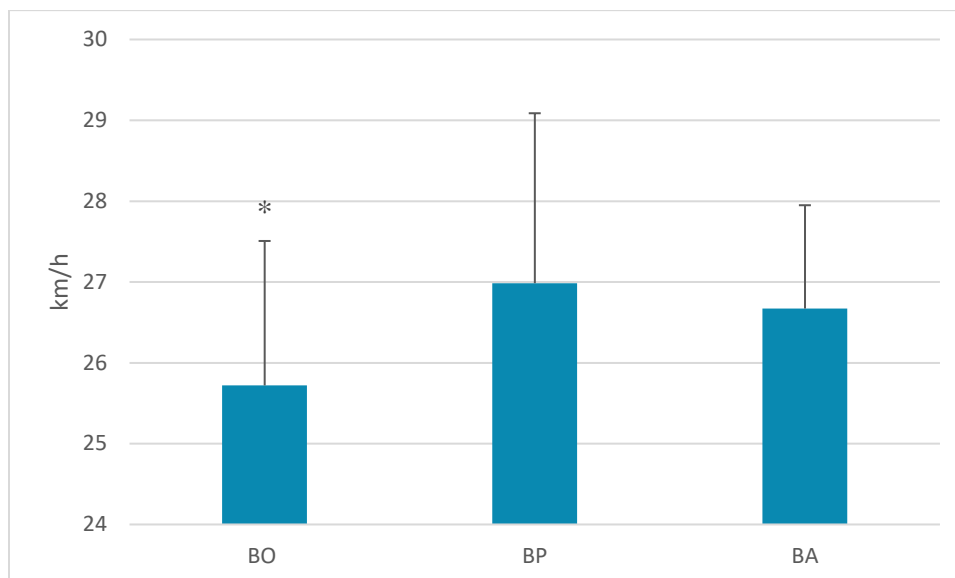
	N	0-10 P (km/h)		0-10 max (km/h)	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
BO	35	16,43	±1,09	21,64	±0,98
BP	46	16,60	±1,39	21,90	±1,04
BA	17	16,95	±0,87	22,04	±0,98

*Vysvětlivky:* 0-10 P – průměrná rychlost v úseku 0-10 m, 0-10 max – maximální rychlost v úseku 0-10 m, *M* – aritmetický průměr, *SD* – směrodatná odchylka, BO – biologicky opoždění, BP – biologicky průměrní, BA – biologicky akcelerovaní

### 5.2 Výsledky k hypotéze 2

H2: Biologický věk ovlivňuje maximální rychlost fotbalistů soutěžní kategorie U13.

Maximální rychlost hráčů všech skupin v úseku 20-30 m je uvedena na obrázku 9. Signifikantní efekt biologického věku se u maximální rychlosti v úseku 20-30 m potvrdil ( $p = 0,024$ ). Následná post-hoc analýza prokázala signifikantní rozdíly mezi skupinami BO a BP ( $p = 0,033$ ).



*Vysvětlivky:* *BO* – biologicky opoždění, *BP* – biologicky průměrní, *BA* – biologicky akcelerovaní, \* – signifikantně odlišní ( $p < .05$ ) od biologicky průměrných hráčů

Obrázek 9. Maximální rychlosti v úseku 20-30 m u hráčů soutěžní kategorie U13 s odlišným biologickým věkem.

### 5.3 Výsledky k hypotéze 3

H3: Biologický věk ovlivňuje výkon ve sprintu na 30 m fotbalistů soutěžní kategorie U13.

Celkový čas testu sprintu na 30 m hráčů všech skupin je uveden v tabulce 3. Signifikantní efekt biologického věku se u testu sprintu na 30 m nepotvrdil. Post-hoc analýza však ukázala signifikantní rozdíly mezi skupinou BO a BA ( $p = 0,047$ ).



Tabulka 3. Sledované parametry běžecké rychlosti hráčů soutěžní kategorie U13 s odlišným biologickým věkem.

	N	30 m (s)	
		<i>M</i>	<i>SD</i>
BO	35	5,20×	±0,30
BP	46	5,06	±0,35
BA	17	4,00	±0,21

*Vysvětlivky:* 30 m – celkový čas sprintu na 30 m, *M* – aritmetický průměr, *SD* – směrodatná odchylka, *BO* – biologicky opoždění, *BP* – biologicky průměrní, *BA* – biologicky akcelerovaní, × - signifikantně odlišní ( $p < .05$ ) od biologicky akcelerovaných hráčů

#### 5.4 Výsledky k hypotéze 4

H4: Biologický věk ovlivňuje explozivní sílu dolních končetin fotbalistů soutěžní kategorie U13.

Výsledky parametrů testů CMJ a CMJA hráčů všech skupin jsou uvedeny v tabulce 4. Signifikantní efekt biologického věku nebyl potvrzen u výšky skoku v testu CMJ ani v CMJA .

Tabulka 4. Výška skoku u testů CMJ a CMJA hráčů soutěžní kategorie U13 s odlišným biologickým věkem.

	N	CMJ (cm)		CMJA (cm)	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
BO	35	24,63	±3,73	28,26	±3,98
BP	46	26,07	±4,93	30,19	±6,28
BA	17	25,10	±4,71	28,92	±5,26

*Vysvětlivky:* *CMJ* – výška vertikálního skoku, *CMJA* – výška vertikálního skoku s použitím rukou, *M* – aritmetický průměr, *SD* – směrodatná odchylka, *BO* – biologicky opoždění, *BP* – biologicky průměrní, *BA* – biologicky akcelerovaní

#### 5.5 Výsledky k hypotéze 5

H5: Biologický věk neovlivňuje relativní silový impulz fotbalistů soutěžní kategorie U13.

Výsledky parametrů relativních silových impulzů hráčů všech skupin jsou uvedeny v tabulkách 5 a 6. Signifikantní efekt biologického věku se nepotvrdil ani u jednoho ze sledovaných parametrů.

Tabulka 5. Sledované parametry relativního silové impulzu v testu CMJ hráčů soutěžní kategorie U13 s odlišným biologickým věkem.

	N	CMJ P/BM (W/kg)		CMJ P/SMM (W/kg)	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
BO	35	40,81	±4,74	40,81	±4,74
BP	46	42,53	±5,64	42,54	±5,64
BA	17	42,67	±5,51	42,67	±5,51

*Vysvětlivky:* *CMJ P/BM* – poměr maximálního silového impulzu a tělesné hmoty ve vertikálním skoku, *CMJ P/SMM* – poměr maximálního silového impulzu a aktivní tělesné hmoty ve vertikálním skoku, *M* – aritmetický průměr, *SD* – směrodatná odchylka, *BO* – biologicky opoždění, *BP* – biologicky průměrní, *BA* – biologicky akcelerovaní

Tabulka 6. Sledované parametry relativního silové impulzu v testu CMJA hráčů soutěžní kategorie U13 s odlišným biologickým věkem.

	N	CMJA P/BM (W/kg)		CMJA P/SMM (W/kg)	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
BO	35	47,38	±5,71	101,03	±12,23
BP	46	49,65	±7,10	103,00	±14,03
BA	17	48,07	±5,94	99,30	±11,34

*Vysvětlivky:* *CMJA P/BM* – poměr maximálního silového impulzu a tělesné hmoty ve vertikálním skoku s použitím rukou, *CMJA P/SMM* – poměr maximálního silového impulzu a aktivní tělesné hmoty ve vertikálním skoku s použitím rukou, *M* – aritmetický průměr, *SD* – směrodatná odchylka, *BO* – biologicky opoždění, *BP* – biologicky průměrní, *BA* – biologicky akcelerovaní

## 5.6 Výsledky k hypotéze 6

H6: Biologický věk ovlivňuje reaktivní sílu dolních končetin fotbalistů soutěžní kategorie U13.

Výsledky parametrů testu unilaterálního trojskoku u dominantní a nedominantní dolní končetiny hráčů všech skupin jsou uvedeny v tabulce 7. Signifikantní efekt

biologického věku v testu unilaterálního trojskoku se potvrdil u obou parametrů délka trojskoku dominantní končetiny ( $p = 0,001$ ) a délka trojskoku nedominantní končetiny ( $p = 0,007$ ). U délky trojskoku dominantní končetiny post-hoc analýza ukázala signifikantní rozdíly mezi skupinami BO a BP ( $p = 0,005$ ) a mezi BO a BA ( $p = 0,007$ ). A u délky trojskoku nedominantní končetiny post-hoc analýza ukázala signifikantní rozdíly mezi skupinami BO a BP ( $p = 0,013$ ) a mezi BO a BA ( $p = 0,045$ ).

Tabulka 7. Sledované parametry v testu unilaterálního trojskoku dominantní končetiny u hráčů soutěžní kategorie U13 s odlišným biologickým věkem.

	N	UTJ DL (cm)		UTJ NL (cm)	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
BO	35	513,71*×	±51,45	513,91*×	±62,17
BP	46	564,37	±78,53	566,48	±86,02
BA	17	568,94	±54,00	563,65	±68,82

*Vysvětlivky:* *UTJ DL* – délka trojskoku dominantní dolní končetiny, *UTJ NL* – délka trojskoku nedominantní dolní končetiny, *M* – aritmetický průměr, *SD* – směrodatná odchylka, *BO* – biologicky opoždění, *BP* – biologicky průměrní, *BA* – biologicky akcelerovaní, \* – signifikantně odlišní ( $p < .05$ ) od biologicky průměrných hráčů, × - signifikantně odlišní ( $p < .05$ ) od biologicky akcelerovaných hráčů

## 6 DISKUSE

Tato práce si kladla za cíl posoudit vliv biologického věku na lokomoční rychlost a explozivní sílu dolních končetin u hráčů fotbalu v kategorii U13. Práce měla charakter observační průřezové studie. Rychlostní parametry a agility jsou nejsilnějšími prediktory talentu ve fotbale. Pro určení vrcholového výkonu ve fotbale jsou důležité parametry jak rychlost do 20 m, tak i rychlost nad 20 m (Murr, Raabe, & Höner, 2018). Silové schopnosti dolních končetin pak mohou ve fotbale ovlivňovat rychlostní schopnosti i schopnost agility (Le Gall et al., 2010).

Výsledky práce naznačují, že biologický věk ovlivňuje maximální rychlost a reaktivní sílu dolních končetin ve fotbale v soutěžní kategorii U13. Především skupina biologicky opožděných hráčů měla signifikantně nižší výkonnost než zbylé dvě skupiny. Naopak práce nepotvrdila vliv biologického věku na akcelerační rychlost a relativní silové schopnosti.

### 6.1 Vliv biologického věku na rychlost

#### 6.1.1 Akcelerační rychlost

Výsledky této práce nepotvrdily vliv biologického věku na akcelerační rychlost v úseku 0-10 m. Signifikantní efekt biologického věku se neukázal ani u jedné testované skupiny. Tyto výsledky jsou v souladu s výsledky studie Itoha a Hirose (2020), která také nezaznamenala signifikantní vliv biologického věku ve sprintu na 10 m u elitních fotbalistů v soutěžní kategorii U13. Naopak ve studii Yanga a Chena (2022) byly potvrzeny signifikantní rozdíly mezi hráči odlišného biologického věku v rychlosti v úseku 10 m sprint. Biologicky opoždění jedinci byli v této studii významně pomalejší, než biologicky průměrní a biologicky akcelerovaní jedinci. Nicméně ani tato studie neshledala biologický věk jako důležitý faktor akcelerační rychlosti, protože nenašla signifikantní zlepšení výkonnosti v období 13-15 let. Tyto výsledky by mohly naznačovat, že právě v období kolem PHV může nastávat plató ve zvyšování výkonnosti v akcelerační rychlosti.

Na druhou stranu studie Williamse, Olivera a Falknera (2011) našla významné změny ve výkonnosti v úseku 10 m sprint v období 13-15 let, což toto tvrzení rozporuje. Mathisen a Pettersen (2015) také předpokládají vliv biologického věku na akcelerační

rychlost ve sprintu na 10 m. Na akcelerační rychlost má totiž prokazatelně vliv tělesná výška. Ve své studii na adolescentních fotbalistech v období PHV zjistili signifikantní vliv tělesné výšky na výkon ve sprintu na 10 m, PHV by tedy teoreticky měl ovlivňovat i výkon v akcelerační rychlosti. Autoři ale zmiňují, že pro toto tvrzení neexistuje mnoho důkazů. Vliv tělesné výšky na 10 m sprint byl nalezen také ve studii autorů Wonga, Chamariho, Dellaliho, a Wisløffa (2009), kteří tento vztah potvrdili rovněž na adolescentních fotbalistech.

Důvodů, proč tato práce nepotvrdila vliv biologického věku na akcelerační rychlost, může být několik. Akcelerační rychlost neovlivňují jen faktory související se zráním. Při fázi akcelerace hraje klíčovou roli frekvence kroků hráčů. Ovšem poslední poznatky ukazují, že vlivem zrání se při sprintu mění spíše délka kroků, přičemž vliv zrání na frekvenci kroků u adolescentů se nepotvrdil (Meyers, et al., 2015). Velkou roli zde hraje i zvládnutí techniky běhu na prvních metrech. Proto s úrovní akcelerační rychlosti souvisí i tréninkový věk (Itoh & Hirose, 2020).

### **6.1.2 Maximální rychlost**

Hodnocení maximální rychlosti v úseku 20-30 m se aktuálně věnuje velká pozornost ve světové literatuře (Meyers, Oliver, Hughes, Lloyd & Cronin, 2017b). Právě úsek 20-30 m je totiž úsek, na kterém mladí fotbalisté ve věku 12-15 let dosahují maximální rychlosti (Buchheit et al., 2012).

Tato práce zjistila signifikantní efekt biologického věku na maximální rychlost v úseku 20-30 m. Ukázalo se, že skupina biologicky opožděných dosahuje významně nižších rychlostí než skupiny biologicky průměrných a akcelerovaných hráčů. Tyto výsledky jsou v souladu se studií Meyerse et al. (2015), která také potvrdila vliv biologického věku na maximální rychlost u adolescentů v období okolo PHV. Hráči v uvedené studii byli rozděleni do skupin podle jejich předpokládaného aktuální biologického stavu vzhledem k PHV. Skupiny, jejichž členové byli v období PHV nebo po PHV, prokazovali signifikantně vyšší maximální rychlost než skupiny, u jejichž členů PHV ještě nezačal. Ovšem skupiny, u jejichž členů ještě neproběhl PHV, mezi sebou neprokazovaly významný rozdíl v dosažené maximální rychlosti. Toto zjištění by mohlo vysvětlovat, proč v této diplomové práci byly nalezeny signifikantní rozdíly hlavně u skupiny biologicky opožděných hráčů. Mohli bychom předpokládat, že právě

skupina biologicky opožděných hráčů ještě nedosáhla začátku období PHV, a proto se u ní projevují nejčastěji signifikantní rozdíly.

K podobným zjištěním dospěla i nedávná studie Radnora et al. (2022). Ta na základě longitudinálního měření zjistila, že největší změny ve výkonnosti v maximální rychlosti nastávají v období, které začíná před PHV a končí po PHV. Studie dále objevila souvislost mezi zvyšováním maximální rychlosti v průběhu adolescence a usměrněním síly do horizontálního směru při sprintu. Tudiž se ukázalo, že významným faktorem u zvyšování maximální rychlosti v ontogenezi je zlepšená technika sprintu. Na základě výsledků můžeme předpokládat, že i v této práci biologicky opoždění hráči nedokázali usměrnit více síly do předozadního pohybu při maximální rychlosti.

Důležitým faktorem, který mohl ovlivnit nižší maximální rychlost u biologicky opožděných hráčů, je délka kroku, která se, jak již bylo uvedeno, v průběhu zrání postupně zvětšuje. Navíc při porovnání s akcelerační rychlostí se v maximálním běhu délka kroku projevuje jako důležitější determinant. Je prokázáno, že se délka kroku v období PHV zvětšuje úměrně s rychlostí běhu (Meyers et al., 2017a). Dále byly prokázány silné vztahy mezi délkou kroku a dobou kontaktu s podložkou u sprintu, což je další klíčový determinant výkonu u maximální rychlosti u adolescentů (Lloyd, Meyers, Hughes, Cronin, & Oliver, 2016).

S délkou kontaktu chodidla s podložkou souvisí i další faktor, který může vysvětlovat, proč se v této práci potvrdil vliv biologického věku na maximální rychlost, a naopak se nepotvrdil vliv na akcelerační rychlosti. Tím faktorem jsou biomechanické mechanismy. Při efektivním tréninku akcelerační fáze sprintu se více uplatňuje pomalý cyklus protažení-zkrácení svalu (>250 ms). Jinak je tomu při efektivním tréninku maximální rychlosti, kdy se uplatňuje rychlý cyklus protažení-zkrácení (<250 ms), a tedy i větší nároky na nervosvalové mechanismy (Ramirez-Campillo et al., 2022). Ve věkové kategorii 13 let může být úroveň zralosti nervosvalových mechanismů rozhodující právě při delších sprintech.

### **6.1.3 Sprint na 30 m**

Tato práce nepotvrdila vliv biologického věku na výkon ve sprintu na 30 m. Toto zjištění nepotvrzuje často citovanou studii ve světové literatuře Philippaertse et al.

(2006), která určila stav zralosti okolo PHV jako velmi důležitý faktor ve výkonu na 30 m sprint u hráčů fotbalu. Vliv zralosti zmiňovaná studie zjistila i u hráčů před PHV, avšak největší rozdíly ve výkonnosti sprintu na 30 m byly zaznamenány v období PHV. Období plató ve výkonnosti ve sprintu na 30 m bylo zjištěno až 12–18 měsíců po PHV. Námi sledovaní hráči soutěžní kategorie U13 ovšem ještě nebyli v období po PHV a výsledky této práce jsou tedy v rozporu s výsledky výše uvedené studie.

Vliv biologického věku u celkového času sprintu na 30 m potvrdila také studie Yanga a Chena (2020). Hráči fotbalu byli rozděleni podobně jako v této práci do tří skupin podle biologického věku. Stejná byla i věková kategorie U13. Biologicky opoždění hráči v této studii byli signifikantně pomalejší než hráči biologicky průměrní a také než hráči biologicky akcelerovaní.

Na rozdílnou výkonnost v testu sprintu na 30 m v závislosti na biologickým věku ukazuje i studie Williamse, Olivera a Faulknera (2011), která zjistila významné změny každých 6 měsíců ve výkonnosti hráčů fotbalu v období 12-14 let.

Výkon v sprintu na 30 m determinuje akcelerační rychlost i maximální rychlost (Rumpf, Cronin, Oliver, & Hughes, 2011). Výsledky této práce u testu sprintu na 30 m mohly být ovlivněné akcelerační fází, u které se neprojevíly významné rozdíly u skupin biologicky odlišného věku. Úsek, ve kterém se projevila maximální rychlost, pak mohl mít na celkový čas ve sprintu na 30 m menší vliv.

V této diplomové práci sice nebyl zjištěn vliv biologického věku na výkon ve sprintu na 30 m, avšak post-hoc analýza ukázala na signifikantní rozdíl mezi skupinou biologicky opožděných a biologicky akcelerovaných v testu sprintu na 30 m. To může naznačovat, že například při rovnoměrnějším zastoupení skupin odlišného biologického věku by se vliv biologického věku na výkon ve sprintu na 30 m mohl potvrdit.

## **6.2 Vliv biologického věku na explozivní sílu dolních končetin**

### **6.2.1 Explozivní síla**

Tato práce nezjistila signifikantní rozdíly ve výšce skoku v CMJ ani v CMJA. Tato zjištění nejsou v souladu se studií Depreze et al. (2015), která u fotbalové kategorie U13 zjistila výrazné zvýšení výkonnosti v závislosti na aktuálním stavu zralosti.

Williams, Oliver & Faulkner (2011) v rámci fotbalových kategorií zjistili signifikantní přírůstky ve výšce skoku CMJA od kategorie U12 do kategorie U16, což by mohlo naznačovat, že biologický věk má vliv na výkon v CMJ v kategorii U13.

Také studie Radnora et al. (2022) zjistila signifikantní zvýšení výkonnosti v CMJ u adolescentů před PHV, během PHV a i po PHV. Ovšem i ve zmíněné studii se výsledky lišily oproti původní hypotéze, která se týkala výkonnosti v CMJ. Autoři se domnívali, že největší zvýšení výkonnosti se bude nacházet u chlapců, kteří během 18 měsíců přešli z období před PHV do období po PHV. Navzdory tomu se ukázalo, že největší pozitivní změny ve výkonnosti se ukázaly u chlapců, kteří celé toto období měli už PHV za sebou. Mohlo by to být jedním z vysvětlení, proč se nepotvrdily signifikantní rozdíly mezi námi testovanými hráči u výšky skoku CMJ a CMJA.

Uvedené tvrzení potvrzuje i studie Depreze et al. (2015), která největší změny ve vertikálním skoku také zjistila až v období po PHV. I nedávná studie Toselliho et al. (2022), která zkoumala vliv zrání na výkonnost v CMJ v různých fotbalových kategoriích, vykazovala velmi podobné výsledky jako tato diplomová práce. U kategorií U13 rovněž nebyl zjištěn signifikantní efekt úrovně zralosti na výkon v CMJ. Z těchto zjištění vyplývá, že u hráčů fotbalu odlišného biologického věku v kategorii U13 se nemusí projevovat významné rozdíly ve výkonnosti v maximální explozivní síle, která je hodnocena testy CMJ a CMJA.

Diplomová práce rovněž nezjistila vliv biologického věku na relativní silový impulz při testech CMJ a CMJA u hráčů fotbalu v soutěžní kategorii U13. Významné rozdíly nebyly zjištěny při porovnání silového impulzu vztaheného k tělesné hmotnosti ani při porovnání silového impulzu k aktivní tělesné hmotě.

V průběhu zrání se mění hmotnost a složení celého těla. Nárůst aktivní tělesné hmoty má za důsledek i zvyšování relativní svalové síly, které je způsobeno nejen nárůstem svalové hmoty, ale také třeba zvýšeným zapojováním motorických jednotek. U hráčů soutěžní kategorie U13 se však předpokládá, že nárůst svalové hmoty a s ním spojený nárůst síly ještě není na takové úrovni, aby ovlivnil i relativní maximální silový impulz u CMJ. Studie Radnora et al. (2022) identifikovala největší nárůst relativního silového impulzu u CMJ až v období po PHV. V období před PHV nebyl evidován nárůst relativního silového impulzu, což odpovídá zjištění této práce.



### 6.2.2 *Reaktivní síla*

Výsledky testování ukázaly, že biologický věk má významný vliv na výkonnost v testu unilaterálního trojskoku na obou dolních končetinách. Ukázalo se, že opoždění jedinci vykazují horší výkony v unilaterálním trojskoku než jedinci biologicky průměrní nebo akcelerovaní.

Po prohledání databází nebyla nalezena žádná studie, která by zkoumala vliv biologického věku na unilaterální trojskok. Již výše zmíněná studie Itoha & Hirose (2020) však potvrdila vliv biologické věku v testu bilaterálního pětiskoku u fotbalistů kategorie U13, především pak u biologicky opožděných hráčů.

Reaktivní sílu velmi výrazně ovlivňují nervosvalové mechanismy, které se v průběhu zrání jedince mění. Při cyklu protažení-zkrácení se v průběhu zrání může zapojovat více motorických jednotek, především typu II, což může vést ke zvýšení reaktivní síly (Dotan et al., 2012; Tumkur Anil Kumar et al., 2021).

Dalším mechanismem, který může ovlivňovat výkonnost v unilaterálním trojskoku a v reaktivní síle napříč biologicky odlišnými skupinami, je svalová preaktivace. Bylo zjištěno, že v průběhu puberty se zvyšuje úroveň svalové preaktivace před pohyby využívajícími reaktivní sílu. Zvyšování této úrovně je patrné už od dětství a odráží se ve výkonnosti už před PHV současně se zráním centrální nervové soustavy. V průběhu PHV se pak úroveň preaktivace zvyšuje nejrychleji (Tumkur Anil Kumar et al., 2021). Tato tvrzení by mohla vysvětlovat, proč byly v této práci nalezeny významné rozdíly v unilaterálním trojskoku a naopak nebyly nalezeny významné rozdíly v CMJ a CMJA.

## 6.3 **Vyjádření k výzkumným hypotézám**

**H1:** *Biologický věk neovlivňuje akcelerační rychlost fotbalistů soutěžní kategorie U13.*

Dle uvedeného kritéria nebyl zjištěn rozdíl ani v parametru průměrná rychlost v úseku 0-10 m, ani v parametru maximální rychlost v úseku 0-10 m. **Hypotéza H1 byla potvrzena.**

**H2:** *Biologický věk ovlivňuje maximální rychlost fotbalistů soutěžní kategorie U13.*

Dle uvedeného kritéria byl zjištěn signifikantní rozdíl mezi skupinami odlišného biologického věku v parametru maximální rychlost v úseku 20-30 m ( $p = 0,024$ ).

**Hypotéza H2 byla potvrzena.**

**H3:** *Biologický věk ovlivňuje výkon ve sprintu na 30 m fotbalistů soutěžní kategorie U13.*

Dle uvedeného kritéria nebyl zjištěn signifikantní rozdíl mezi skupinami odlišného biologického věku v parametru celkový čas na 30 m. **Hypotéza H3 byla zamítnuta.**

**H4:** *Biologický věk ovlivňuje explozivní sílu dolních končetin fotbalistů soutěžní kategorie U13.*

Dle uvedeného kritéria nebyl zjištěn signifikantní rozdíl mezi skupinami odlišného biologického věku v parametru výška skoku CMJ ani v parametru výška skoku CMJA.

**Hypotéza H4 byla zamítnuta.**

**H5:** *Biologický věk neovlivňuje relativní silový impulz fotbalistů soutěžní kategorie U13.*

Dle uvedeného kritéria nebyl zjištěn signifikantní rozdíl mezi skupinami odlišného biologického věku v parametrech poměr silového impulzu k tělesné hmotnosti při CMJ, poměr silového impulzu k aktivní tělesné hmotě při CMJ, poměr silového impulzu k tělesné hmotnosti při CMJA a poměr silového impulzu k aktivní tělesné hmotě při CMJA. **Hypotéza H5 byla potvrzena.**

**H6:** *Biologický věk ovlivňuje reaktivní sílu dolních končetin fotbalistů soutěžní kategorie U13.*

Dle uvedeného kritéria byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi skupinami odlišného biologického věku v parametrech délka trojskoku dominantní dolní končetiny ( $p = 0,001$ ) a délka trojskoku nedominantní dolní končetiny ( $p = 0,007$ ). **Hypotéza H6 byla potvrzena.**

## **6.4 Limity práce**

Jedním z limitů práce by mohla být nedostatečná velikost výzkumného vzorku. Dále byly skupiny odlišného biologického věku nerovnoměrně zastoupeny, konkrétně

BO (n = 35) BP (n=46) a BA (n=17). U skupiny BA tedy mohou být výsledky zkresleny příliš malým počtem hráčů.

## 7 ZÁVĚRY

1. Výsledky této práce naznačují, že aktuální biologický status hráče neovlivňuje akcelerační rychlost a explozivní sílu dolních končetin při identifikaci talentu u hráčů fotbalu v kategorii U13.
2. Výsledky této práce ukazují, že při hodnocení maximální rychlosti a reaktivní síly v rámci identifikace talentu ve fotbale u kategorie U13 je třeba vzít v potaz aktuální biologický status hráčů.
3. Vzhledem k nejednoznačným výsledkům v případě hodnocení výkonu ve sprintu na 30 m doporučujeme zaměřit se na tento determinant v dalších studiích.
4. Doporučujeme, aby odborníci ve sportovním prostředí zohlednili zjištění této práce při identifikaci talentu ve fotbale u kategorie U13.

## 8 SOUHRN

Cílem této práce bylo posoudit vliv biologického věku na lokomoční rychlost a explozivní sílu dolních končetin u hráčů fotbalu v kategorii U13.

V teoretické části práce jsou shrnuty poznatky o síle a rychlosti jako determinantech fyzického herního výkonu ve fotbale. Zároveň jsou nastíněny nejčastější metody hodnocení síly a rychlosti ve fotbale. Dále se práce zabývá růstem a zraním u adolescentů a řeší problematiku chronologického věku a biologického věku. Uvedeny jsou hlavní mechanismy zranění a metody hodnocení biologického věku v období adolescence. Problematika biologického věku je následně rozebírána v rámci identifikace a rozvoje talentu ve fotbale. Představeny jsou rovněž aktuální modely pro rozvoj talentu založené na hodnocení zralosti sportovců. Na základě aktuálních modelů jsou prezentovány metody pro rozvoj rychlosti a síly u mládeže. Teoretickou část uzavírá kapitola o současných aktuálních poznatcích hlavního tématu práce.

Tato práce měla charakter observační průřezové studie. Zúčastnili se jí fotbalisté SK Sigma Olomouc soutěžní kategorie U13. Hráči byli na základě hodnocení somatického biologického věku rozřazeni do tří skupin na hráče biologicky opožděné, hráče biologicky průměrné a hráče biologicky akcelerované. Hodnocení rychlostních schopností se skládalo z akcelerační rychlosti, maximální rychlosti a rychlosti sprintu na 30 m. Akcelerační rychlost byla hodnocena průměrnou a maximální rychlostí v úseku 0-10 m. Maximální rychlost byla hodnocena v úseku 20-30 m. V silových schopnostech byla hodnocena explozivní síla dolních končetin a reaktivní síla. Explozivní síla se hodnotila výškou skoku u testů CMJ a CMJA, zároveň byl hodnocen také relativní silový impulz v testech CMJ a CMJA. Reaktivní síla byla hodnocena pomocí délky skoku v unilaterálním trojskoku .

Výsledky práce naznačují, že biologický věk ovlivňuje maximální rychlost a reaktivní sílu dolních končetin ve fotbale v soutěžní kategorii U13. Byl prokázán signifikantní efekt biologického věku u maximální rychlosti v úseku 20-30 m ( $p = 0,024$ ). Signifikantní efekt biologického věku se dále potvrdil u délky unilaterálního trojskoku dominantní ( $p = 0,001$ ) i nedominantní ( $p = 0,007$ ) dolní končetiny. Výsledky této práce naopak nepotvrdily vliv biologického věku na akcelerační rychlost, výkon ve sprintu na 30 m a na explozivní sílu dolních končetin.

## 9 SUMMARY

The aim of this thesis was to assess the effect of biological age on lower limb locomotion velocity and explosive power in soccer players of the U13 category.

The theoretical part of the thesis summarizes the findings of strength and speed as determinants of physical performance in soccer. At the same time, the most common methods of assessing strength and speed in soccer are outlined. In the next chapter the thesis deals with growth and maturation of adolescents. It strongly addresses the issue of chronological age versus biological age. The main mechanisms of maturation and methods of assessing biological age during adolescence are presented. The issue of biological age is then discussed in the context of identification and talent development in football. The thesis presents current models for talent development based on the assessment of athletes' maturity. Based on current models, methods for developing speed and strength of youth are presented. The theoretical part concludes with a chapter on the main issues of the thesis topic.

This thesis was an observational cross-sectional study. It involved football players of SK Sigma Olomouc of the competitive category U13. The players were classified into three groups based on the assessment of somatic biological age: late maturation players, average maturation players and early maturation players. The assessment of speed ability consisted of acceleration speed, top speed and 30 m sprint speed. Acceleration speed was assessed by average and maximum speed in the 0-10 m segment. Maximum speed was assessed in the 20-30 m segment. In strength skills, explosive lower limb strength and reactive strength were assessed. Power was assessed by jump height in the CMJ and CMJA tests, and relative force impulse was also assessed in the CMJ and CMJA tests. Reactive strength was then assessed by the length after the second and third jump in the unilateral triple jump .

The results of this study suggest that biological age affects the maximum speed and reactive strength of the lower limbs in football in the U13 competitive category. A significant effect of biological age was found for the maximum speed in the 20-30 m section ( $p = 0.024$ ). A significant effect of biological age was further confirmed for the length of the unilateral triple jump of the dominant ( $p = 0.001$ ) and non-dominant ( $p = 0.007$ ) lower limb. In contrast, the results of the present study did not confirm

the effect of biological age on acceleration speed, 30 m sprint performance and lower limb power.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Albaladejo-Saura, M., Vaquero-Cristóbal, R., González-Gálvez, N., & Esparza-Ros, F. (2021). Relationship between biological maturation, physical fitness, and kinanthropometric variables of young athletes: A systematic review and meta-analysis. *International journal of environmental research and public health*, 18(1), 328.
- Ali, A. (2011). Measuring soccer skill performance: a review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(2), 170-183.
- Alvim, F. C., Lucareli, P. R. G., & Menegaldo, L. L. (2018). Predicting muscle forces during the propulsion phase of single leg triple hop test. *Gait & posture*, 59, 298-303.
- Balyi, I., & Hamilton, A. (2004). Long-term athlete development: Trainability in childhood and adolescence. *Olympic coach*, 16(1), 4-9.
- Balyi, I., Hamilton, A & Robertson S., (2005). *Canadian Sport for Life: Long-term athlete development*. Vancouver: Canadian Sport Centres.
- Bangsbo, J., Mohr, M., Poulsen, A., Perez-Gomez, J., & Krstrup, P. (2006). Training and testing the elite athlete. *J Exerc Sci Fit*, 4(1), 1-14.
- Baxter-Jones, A. D., Eisenmann, J. C., & Sherar, L. B. (2005). Controlling for maturation in pediatric exercise science. *Pediatric Exercise Science*, 17(1), 18-30.
- Behm, D. G., Young, J. D., Whitten, J. H., Reid, J. C., Quigley, P. J., Low, J., & Granacher, U. (2017). Effectiveness of traditional strength vs. power training on muscle strength, power and speed with youth: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in physiology*, 8, 423.
- Beunen, G. P., Malina, R. M., Lefevre, J., Claessens, A. L., Renson, & Simons, J. (1997). Prediction of adult stature and noninvasive assessment of biological maturation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(2), 225-230.



- Beunen, G., & Malina, R. M. (2007). Growth and biologic maturation: relevance to athletic performance. *The young athlete*, 3-17.
- Bláha, P. (2000). Antropo. [Computer software]. Praha: Antrobla.
- Bolgia, L. A., & Keskula, D. R. (1997). Reliability of lower extremity functional performance tests. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 26(3), 138-142.
- Bradley, P. S., Carling, C., Diaz, A. G., Hood, P., Barnes, C., Ade, J., & Mohr, M. (2013). Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of English professional soccer. *Human movement science*, 32(4), 808-821.
- Brauer, B. M. (1982). Die Bestimmung des biologischen Alters in der Sport und jugendärztlichen Praxis mit neuen anthropometrischen Methoden. *Ärztl. Jugend*, 73, 94-100.
- Buchheit, M., Simpson, B. M., Peltola, E., & Mendez-Villanueva, A. (2012). Assessing maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 7(1), 76-78.
- Bujnovsky, D., Maly, T., Ford, K. R., Sugimoto, D., Kunzmann, E., Hank, M., & Zahalka, F. (2019). Physical fitness characteristics of high-level youth football players: influence of playing position. *Sports*, 7(2), 46.
- Bujnovsky, D., Maly, T., Zahalka, F., & Mala, L. (2015). Analysis of physical load among professional soccer players during matches with respect to field position. *Journal of Physical Education and Sport*, 15(3), 569.
- Bush, M., Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., & Bradley, P. S. (2015). Evolution of match performance parameters for various playing positions in the English Premier League. *Human movement science*, 39, 1-11.
- Cobley, S., Baker, J., Wattie, N., & McKenna, J. (2009). Annual age-grouping and athlete development: a meta-analytical review of relative age effects in sport. *Sports medicine*, 39, 235-256.

- Cole, T. J., & Wright, C. M. (2011). A chart to predict adult height from a child's current height. *Annals of human biology*, 38(6), 662-668.
- de la Rubia, A., Lorenzo-Calvo, J., & Lorenzo, A. (2020). Does the relative age effect influence short-term performance and sport career in team sports? A qualitative systematic review. *Frontiers in Psychology*, 11, 1947.
- Deprez, D., Valente-Dos-Santos, J., Coelho-e-Silva, M. J., Lenoir, M., Philippaerts, R., & Vaeyens, R. (2015). Longitudinal development of explosive leg power from childhood to adulthood in soccer players. *International journal of sports medicine*, 36(08), 672-679.
- Di Salvo, V., Baron, R., González-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F., & Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *Journal of sports sciences*, 28(14), 1489-1494.
- Di Salvo, V., Pigozzi, F., Gonzalez-Haro, C., Laughlin, M. S., & De Witt, J. K. (2013). Match performance comparison in top English soccer leagues. *International journal of sports medicine*, 34(06), 526-532.
- Dodd, K. D., & Newans, T. J. (2018). Talent identification for soccer: Physiological aspects. *Journal of science and medicine in sport*, 21(10), 1073-1078.
- Dotan, R., Mitchell, C., Cohen, R., Klentrou, P., Gabriel, D., & Falk, B. (2012). Child—adult differences in muscle activation—a review. *Pediatric exercise science*, 24(1), 2-21.
- Elbe, A. M., & Wikman, J. M. (2017). Psychological factors in developing high performance athletes. In *Routledge handbook of talent identification and development in sport* (pp. 169-180). Routledge.
- Emmonds, S., Till, K., Jones, B., Mellis, M., & Pears, M. (2016). Anthropometric, speed and endurance characteristics of English academy soccer players: do they influence obtaining a professional contract at 18 years of age?. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 11(2), 212-218.

- Faigenbaum, A. D., French, D. N., Lloyd, R. S., & Kraemer, W. J. (2019). Strength and power training for young athletes. In *Strength and Conditioning for Young Athletes* (pp. 131-154). Routledge.
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of sports sciences*, *30*(7), 625-631.
- Ford, P., De Ste Croix, M., Lloyd, R., Meyers, R., Moosavi, M., Oliver, J., & Williams, C. (2011). The long-term athlete development model: Physiological evidence and application. *Journal of sports sciences*, *29*(4), 389-402.
- Gamble, P. (2013). *Strength and conditioning for team sports: sport-specific physical preparation for high performance*. Routledge.
- Gibbs, B. G., Jarvis, J. A., & Dufur, M. J. (2012). The rise of the underdog? The relative age effect reversal among Canadian-born NHL hockey players: A reply to Nolan and Howell. *International Review for the Sociology of Sport*, *47*(5), 644-649.
- Gil, S. M., Zabala-Lili, J., Bidaurrezaga-Letona, I., Aduna, B., Lekue, J. A., Santos-Concejero, J., & Granados, C. (2014). Talent identification and selection process of outfield players and goalkeepers in a professional soccer club. *Journal of sports sciences*, *32*(20), 1931-1939.
- Gledhill, A., Harwood, C., & Forsdyke, D. (2017). Psychosocial factors associated with talent development in football: A systematic review. *Psychology of Sport and Exercise*, *31*, 93-112.
- Gomez-Piqueras, P., Gonzalez-Villora, S., Castellano, J., & Teoldo, I. (2019). Relation between the physical demands and success in professional soccer players.
- Green, M. (2007). Olympic glory or grassroots development?: Sport policy priorities in Australia, Canada and the United Kingdom, 1960–2006. *The international journal of the history of sport*, *24*(7), 921-953.
- Greulich, W. W., & Pyle, S. I. (1959). *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist*. Stanford university press.

- Hamilton, R. T., Shultz, S. J., Schmitz, R. J., & Perrin, D. H. (2008). Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. *Journal of athletic training, 43*(2), 144-151.
- Handelsman, D. J., Hirschberg, A. L., & Bermon, S. (2018). Circulating testosterone as the hormonal basis of sex differences in athletic performance. *Endocrine reviews, 39*(5), 803-829.
- Huijgen, B. C., Elferink-Gemser, M. T., Post, W. J., & Visscher, C. (2009). Soccer skill development in professionals. *International journal of sports medicine, 30*(08), 585-591.
- Itoh, R., & Hirose, N. (2020). Relationship among biological maturation, physical characteristics, and motor abilities in youth elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 34*(2), 382-388.
- Jovanovic, M., Sporis, G., Omrcen, D., & Fiorentini, F. (2011). Effects of speed, agility, quickness training method on power performance in elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 25*(5), 1285-1292.
- Kannekens, R., Elferink-Gemser, M. T., & Visscher, C. (2011). Positioning and deciding: key factors for talent development in soccer. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 21*(6), 846-852.
- Keiner, M., Kadlubowski, B., Sander, A., Hartmann, H., & Wirth, K. (2022). Effects of 10 months of speed, functional, and traditional strength training on strength, linear sprint, change of direction, and jump performance in trained adolescent soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 36*(8), 2236-2246.
- Khamis, H. J., & Roche, A. F. (1994). Predicting adult stature without using skeletal age: the Khamis-Roche method. *Pediatrics, 94*(4), 504-507.
- Kruger, A., & Pienaar, A. E. (2009). Anthropometric, physical and motor performance determinants of sprinting and long jump in 10-15 year old boys from disadvantaged communities in South Africa. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation, 31*(2), 69-81.

- Lago-Peñas, C. (2012). The role of situational variables in analysing physical performance in soccer. *Journal of human kinetics*, 35, 89.
- Le Gall, F., Carling, C., Williams, M., & Reilly, T. (2010). Anthropometric and fitness characteristics of international, professional and amateur male graduate soccer players from an elite youth academy. *Journal of science and medicine in sport*, 13(1), 90-95.
- Legerlotz, K., Marzilger, R., Bohm, S., & Arampatzis, A. (2016). Physiological adaptations following resistance training in youth athletes—a narrative review. *Pediatric exercise science*, 28(4), 501-520.
- Lehnert, M., Kudláček, M., Háp, P., Bělka, J., Neuls, F., Ješina, O., & Šťastný, P. (2014). Sportovní trénink I. *Olomouc: Univerzita Palackého*.
- Lehnert, M., Botek, M., Sigmund, M., Smékal, D., Šťastný, P., Malý, T., Háp P., & Neuls, F. (2014). Kondiční trénink. *Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci*.
- Leone, M., & Comtois, A. S. (2007). Validity and reliability of self-assessment of sexual maturity in elite adolescent athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(3), 361.
- Loturco, I., Bishop, C., Freitas, T. T., Pereira, L. A., & Jeffreys, I. (2020). Vertical force production in soccer: mechanical aspects and applied training strategies. *Strength & Conditioning Journal*, 42(2), 6-15.
- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., & Nakamura, F. Y. (2018). Using loaded and unloaded jumps to increase speed and power performance in elite young and senior soccer players. *Strength & Conditioning Journal*, 40(3), 95-103.
- Lloyd, R. S., Meyers, R. W., Hughes, M. G., Cronin, J. B., & Oliver, J. L. (2016). The relationship between vertical and horizontal stiffness and maximal running speed in 11–15 year old boys. *J Strength Cond Res*, 30, 99.
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 61-72.

- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Myer, G. D., & Croix, M. B. D. S. (2014). Chronological age vs. biological maturation: implications for exercise programming in youth. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(5), 1454-1464.
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Hughes, M. G., & Williams, C. A. (2009). Reliability and validity of field-based measures of leg stiffness and reactive strength index in youths. *Journal of sports sciences*, 27(14), 1565-1573.
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Kember, L. S., Myer, G. D., & Read, P. J. (2020). Individual hop analysis and reactive strength ratios provide better discrimination of ACL reconstructed limb deficits than triple hop for distance scores in athletes returning to sport. *The Knee*, 27(5), 1357-1364.
- Lloyd, R. S., Radnor, J. M., Croix, M. B. D. S., Cronin, J. B., & Oliver, J. L. (2016). Changes in sprint and jump performances after traditional, plyometric, and combined resistance training in male youth pre-and post-peak height velocity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(5), 1239-1247.
- Malina, R. M. (2011). Skeletal age and age verification in youth sport. *Sports medicine*, 41, 925-947.
- Malina, R. M. (2014). Top 10 research questions related to growth and maturation of relevance to physical activity, performance, and fitness. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 85(2), 157-173.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Human kinetics.
- Malina, R. M., Cumming, S. P., Rogol, A. D., Coelho-e-Silva, M. J., Figueiredo, A. J., Konarski, J. M., & Kozieł, S. M. (2019). Bio-banding in youth sports: background, concept, and application. *Sports Medicine*, 49(11), 1671-1685.
- Malina, R. M., & Geithner, C. A. (2011). Body composition of young athletes. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 5(3), 262-278.

- Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., e Silva, M. J. C., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *British journal of sports medicine*, 49(13), 852-859.
- Maly, T., Zahalka, F., Mala, L., & Teplan, J. (2014). Profile, correlation and structure of speed in youth elite soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 40(1), 149-159.
- Martinho, D. V., Coelho-e-Silva, M. J., Valente-dos-Santos, J., Minderico, C., Oliveira, T. G., Rodrigues, I., & Malina, R. M. (2022). Assessment of skeletal age in youth female soccer players: Agreement between Greulich-Pyle and Fels protocols. *American Journal of Human Biology*, 34(1), e23591.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 551-555.
- Mathisen, G., & Pettersen, S. A. (2015). Anthropometric factors related to sprint and agility performance in young male soccer players. *Open access journal of sports medicine*, 337-342.
- Matthys, S. P. J., Vaeyens, R., Coelho-e-Silva, M. J., Lenoir, M., & Philippaerts, R. (2012). The contribution of growth and maturation in the functional capacity and skill performance of male adolescent handball players. *International journal of sports medicine*, 33(07), 543-549.
- Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Kuitunen, S., Douglas, A., Peltola, E. S. A., & Bourdon, P. (2011). Age-related differences in acceleration, maximum running speed, and repeated-sprint performance in young soccer players. *Journal of sports sciences*, 29(5), 477-484.
- Meyers, R. W., Oliver, J. L., Hughes, M. G., Cronin, J. B., & Lloyd, R. S. (2015). Maximal sprint speed in boys of increasing maturity. *Pediatric exercise science*, 27(1), 85-94.
- Meyers, R. W., Oliver, J. L., Hughes, M. G., Lloyd, R. S., & Cronin, J. B. (2017a). Influence of age, maturity, and body size on the spatiotemporal determinants of

- maximal sprint speed in boys. *Journal of strength and conditioning research*, 31(4), 1009-1016.
- Meyers, R. W., Oliver, J. L., Hughes, M. G., Lloyd, R. S., & Cronin, J. B. (2017b). New insights into the development of maximal sprint speed in male youth. *Strength & Conditioning Journal*, 39(2), 2-10.
- Meyers, R. W., Oliver, J. L., Hughes, M. G., Lloyd, R. S., & Cronin, J. (2015). Reliability of the spatiotemporal determinants of maximal sprint speed in adolescent boys over single and multiple steps. *Pediatric Exercise Science*, 27(3), 419-426.
- Meylan, C. M., Cronin, J. B., Oliver, J. L., Hughes, M. G., & Manson, S. (2014). An evidence-based model of power development in youth soccer. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 9(5), 1241-1264.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & science in sports & exercise*, 34(4), 689-694.
- Morgans, R., Bezuglov, E., Orme, P., Burns, K., Rhodes, D., Babraj, J., & Oliveira, R. F. S. (2022). The Physical Demands of Match-Play in Academy and Senior Soccer Players from the Scottish Premiership. *Sports*, 10(10), 150.
- Murr, D., Raabe, J., & Höner, O. (2018). The prognostic value of physiological and physical characteristics in youth soccer: A systematic review. *European journal of sport science*, 18(1), 62-74.
- Murtagh, C. F., Vanrenterghem, J., O'Boyle, A., Morgans, R., Drust, B., & Erskine, R. M. (2017). Unilateral jumps in different directions: a novel assessment of soccer-associated power?. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(11), 1018-1023.
- Nedelec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2014). The influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer match. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(6), 1517-1523.



- Nikolaidis, P. T., Ruano, M. A. G., De Oliveira, N. C., Portes, L. A., Freiwald, J., Lepretre, P. M., & Knechtle, B. (2016). Who runs the fastest? Anthropometric and physiological correlates of 20 m sprint performance in male soccer players. *Research in Sports Medicine*, 24(4), 341-351.
- Ostojic, S. M., Castagna, C., Calleja-González, J., Jukic, I., Idrizovic, K., & Stojanovic, M. (2014). The biological age of 14-year-old boys and success in adult soccer: do early maturers predominate in the top-level game?. *Research in Sports Medicine*, 22(4), 398-407.
- Paul, D. J., & Nassis, G. P. (2015). Testing strength and power in soccer players: the application of conventional and traditional methods of assessment. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(6), 1748-1758.
- Perič, T., & Suchý, J. (2010). *Identifikace sportovních talentů*. Karolinum.
- Philippaerts, R. M., Vaeyens, R., Janssens, M., Van Renterghem, B., Matthys, D., Craen, R., & Malina, R. M. (2006). The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *Journal of sports sciences*, 24(3), 221-230.
- Pino-Ortega, J., Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., & Rico-González, M. (2021). Training design, performance analysis, and talent identification—A systematic review about the most relevant variables through the principal component analysis in Soccer, Basketball, and Rugby. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2642.
- Radnor, J. M., Oliver, J. L., Waugh, C. M., Myer, G. D., & Lloyd, R. S. (2022). Muscle architecture and maturation influence sprint and jump ability in young boys: A multistudy approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(10), 2741-2751.
- Radnor, J. M., Oliver, J. L., Waugh, C. M., Myer, G. D., Moore, I. S., & Lloyd, R. S. (2018). The influence of growth and maturation on stretch-shortening cycle function in youth. *Sports Medicine*, 48, 57-71.

- Ramirez-Campillo, R., Álvarez, C., García-Hermoso, A., Ramírez-Vélez, R., Gentil, P., Asadi, A., & Izquierdo, M. (2018). Methodological characteristics and future directions for plyometric jump training research: a scoping review. *Sports Medicine*, 48, 1059-1081.
- Ramirez-Campillo, R., Moran, J., Oliver, J. L., Pedley, J. S., Lloyd, R. S., & Granacher, U. (2022). Programming plyometric-jump training in soccer: a review. *Sports*, 10(6), 94.
- Ramirez-Campillo, R., Vergara-Pedrerros, M., Henríquez-Olguín, C., Martínez-Salazar, C., Alvarez, C., Nakamura, F. Y., & Izquierdo, M. (2016). Effects of plyometric training on maximal-intensity exercise and endurance in male and female soccer players. *Journal of sports sciences*, 34(8), 687-693.
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Bravo, D. F., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2006). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International journal of sports medicine*, 228-235.
- Rea, T., & Lavalley, D. (2017). The structured repsychling of talent: talent transfer. In *Routledge handbook of talent identification and development in sport* (pp. 443-454). Routledge.
- Read, P. J., McAuliffe, S., Bishop, C., Oliver, J. L., Graham-Smith, P., & Farooq, M. A. (2021). Asymmetry thresholds for common screening tests and their effects on jump performance in professional soccer players. *Journal of Athletic Training*, 56(1), 46-53.
- Rees, T., Hardy, L., Güllich, A., Abernethy, B., Côté, J., Woodman, T., & Warr, C. (2016). The great British medalists project: a review of current knowledge on the development of the world's best sporting talent. *Sports medicine*, 46(8), 1041-1058.
- Roche, A. F., Thissen, D., & Chumlea, W. (1988). *Assessing the skeletal maturity of the hand-wrist: Fels method*. Thomas.

- Sarmiento, H., Anguera, M. T., Pereira, A., & Araújo, D. (2018). Talent identification and development in male football: A systematic review. *Sports medicine*, 48, 907-931.
- Sánchez-Sánchez, J., Botella, J., Felipe Hernandez, J. L., León, M., Paredes-Hernández, V., Colino, E., & García-Unanue, J. (2021). Heart rate variability and physical demands of in-season youth elite soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1391.
- Silva, M. C., Figueiredo, A. J., Simoes, F., Seabra, A., Natal, A., Vaeyens, R., & Malina, R. M. (2010). Discrimination of u-14 soccer players by level and position. *International journal of sports medicine*, 31(11), 790-796.
- Silva, J. R., Nassis, G. P., & Rebelo, A. (2015). Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sports medicine-open*, 1(1), 1-27.
- Skorski, S., Skorski, S., Faude, O., Hammes, D., & Meyer, T. (2016). The relative age effect in elite German youth soccer: implications for a successful career. *International journal of sports physiology and performance*, 11(3), 370-376.
- Slinde, F., Suber, C., Suber, L., Edwén, C. E., & Svantesson, U. (2008). Test-retest reliability of three different countermovement jumping tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 640-644.
- Sporis, G., Jukic, I., Ostojic, S. M., & Milanovic, D. (2009). Fitness profiling in soccer: physical and physiologic characteristics of elite players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(7), 1947-1953.
- Stratton, G., & Oliver, J. L. (2019). The impact of growth and maturation on physical performance. In *Strength and conditioning for young athletes* (pp. 3-20). Routledge.
- Tanner J. M., Healy M. J. R., Goldstein H. & Cameron N (2001). *Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW3 Method) (3rd ed.)*. London, United Kingdom: Saunders.

- Till, K., Emmonds, S., & Jones, B. (2019). Talent identification. *Strength and Conditioning for Young Athletes*, 21-44.
- Till, K., Cobley, S., O'Hara, J., Chapman, C., & Cooke, C. (2013). A longitudinal evaluation of anthropometric and fitness characteristics in junior rugby league players considering playing position and selection level. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(5),
- Toselli, S., Mauro, M., Grigoletto, A., Cataldi, S., Benedetti, L., Nanni, G., & Greco, G. (2022). Assessment of body composition and physical performance of young soccer players: differences according to the competitive level. *Biology*, 11(6), 823-438-443.
- Tumkur Anil Kumar, N., Oliver, J. L., Lloyd, R. S., Pedley, J. S., & Radnor, J. M. (2021). The influence of growth, maturation and resistance training on muscle-tendon and neuromuscular adaptations: A narrative review. *Sports*, 9(5), 59.
- Unnithan, V., White, J., Georgiou, A., Iga, J., & Drust, B. (2012). Talent identification in youth soccer. *Journal of sports sciences*, 30(15), 1719-1726.
- Vičar, M. (2018). *Sportovní talent-komplexní přístup*. Grada.
- Viru, A., Loko, J., Harro, M., Volver, A., Laaneots, L., & Viru, M. (1999). Critical periods in the development of performance capacity during childhood and adolescence. *European Journal of Physical Education*, 4(1), 75-119.
- Wattie, N., Schorer, J., & Baker, J. (2015). The relative age effect in sport: A developmental systems model. *Sports Medicine*, 45, 83-94.
- Williams, C. A., Oliver, J. L., & Faulkner, J. (2011). Seasonal monitoring of sprint and jump performance in a soccer youth academy. *International journal of sports physiology and performance*, 6(2), 264-275.
- Wong, P. L., Chamari, K., Dellal, A., & Wisløff, U. (2009). Relationship between anthropometric and physiological characteristics in youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1204-1210.

- Wright, M. D., & Atkinson, G. (2019). Changes in sprint-related outcomes during a period of systematic training in a girls' soccer academy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(3), 793-800.
- Wrigley, R. D., Drust, B., Stratton, G., Atkinson, G., & Gregson, W. (2014). Long-term soccer-specific training enhances the rate of physical development of academy soccer players independent of maturation status. *International journal of sports medicine*, 35(13), 1090-1094.
- Yang, S., & Chen, H. (2022). Physical characteristics of elite youth male football players aged 13–15 are based upon biological maturity. *PeerJ*, 10, e13282.
- Zahalka, F., Maly, T., Ford, K. R., Sugimoto, D., Mala, L., Gryc, T., & Mikesova, V. (2019). Lower extremity force production and postural stability changes with age in young male soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(6),