

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

HABILITAČNÍ PRÁCE

PaedDr. Tomáš Malý, Ph.D.
2020

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**ANALÝZA A KOMPARACE VYBRANÝCH DETERMINANTŮ
HERNÍHO VÝKONU VE FOTBALE V REFLEXI HRÁČSKÝCH
POZIC**

Vypracoval:
PaedDr. Tomáš Malý, Ph.D.

Praha, 2020

Prohlašuji, že jsem habilitační práci vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité zdroje literatury.

V P r a z e d n e

.....
PaedDr. Tomáš Malý, Ph.D.

Poděkování

Předložená práce by nevznikla za podpory současných a bývalých zaměstnanců Laboratoře sportovní motoriky na FTVS UK v Praze.

Hlavní poděkování patří Prof. Ing. Františkovi Zahálkovi, Ph.D. který mě mentoroval od počátku příchodu na FTVS UK, podporoval jak odborně, tak lidsky po celou dobu naší spolupráce.

Poděkování patří také PhDr. Máriovi Buzkovi, CSc. za odborné vedení a lidskou podporu v oblasti herního výkonu ve fotbale.

Taky děkuji svému školiteli na postgraduálním studiu Doc. Josefu Dovalilovi, CSc, který dokázal propojovat odborné, vědecké a klinické aspekty sportovního výkonu.

Velké poděkování patří také mé manželce Lucii, synovi Tomášovi, dceři Lucii, rodičům a sourozencům za trpělivost a nekonečnou podporu při profesních a rodinných činnostech.

Závěrem bych chtěl poděkovat domácí instituci FTVS UK, klubu AC Sparta Praha, FAČR za možnost participace a realizace na mnoha dílčích projektů a úkolů s cílem reflexe a implementace nových poznatků aplikovaných sportovních věd do jejich portfolia (výuka, plánování a vedení sportovního tréninku, diagnostika a další).

Abstrakt

ANALÝZA A KOMPARACE VYBRANÝCH DETERMINANTŮ HERNÍHO VÝKONU VE FOTBALE V REFLEXI HRÁČSKÝCH POZIC

V současném fotbale se využívá množství diagnostických, analytických, technologických a digitálních přístupů z oblasti sportovních věd. Cílem je identifikace sportovního talentu, jeho kultivace, optimalizace a regulace externího, interního zatížení v tréninkovém procesu, objasnění determinantů týmového a individuálního herního výkonu a identifikace prediktorů zranění. Aktuální přístup v metodologii sportovního tréninku ve sportovních hrách si vyžaduje přístup s využitím principu individualizace tréninkového procesu na základě definovaných kritérií podmiňující herní výkon hráče v utkání.

Cíl: Objektivizace vybraných indikátorů pohybových schopností, morfologických a fyziologických determinantů pohybového a herního výkonu hráče v reflexi vybraných specifik herní specializace u fotbalových hráčů.

Metodika: Výzkum jsme realizovali u elitních fotbalových hráčů hrajících nejvyšší domácí soutěž (1. liga dorostu, 1. liga dospělí). Hráči byli rozdělení podle hráčské pozice do pěti skupin: krajní obránce (KO), střední obránce (SO), krajní záložník (KO), střední záložník (SZ) a útočník (Ú). V případě diagnostiky tělesného složení a isokinetické svalové síly jsme do výzkumu zahrnuli také brankáře (B). Vybrané determinanty pohybových předpokladů jsme diagnostikovali v několika oblastech a za pomoci následujících diagnostických nástrojů: tělesné složení a morfologické asymetrie (bioimpedanční analyzátoři), svalová síla extenzorů, flexorů kolena a jejich vzájemné silové asymetrie (isokinetická dynamometrie), explozivní síla dolních končetin a silové rozdíly z hlediska laterality (vertikální výskok s využitím silových desek), externí zatížení v oficiálním utkání (systémy globálního určování polohy; GPS). Data jsme zpracovali pomocí mnohonásobné analýzy s následným posouzením sledovaného faktoru (hráčská specializace). Mnohonásobná komparace sledovaných průměrů vybraných skupin byla realizována pomocí post-hoc analýzy (Bonferonniho test). Věcná významnost byla posouzena pomocí koeficientu „Partial Eta square“ (η_p^2) a Cohenovo koeficientu „d“.

Výsledky: Hlavní faktor (nezávisle proměnná) prokázal významný účinek na všechny sledované latentní konstrukty a determinanty herního výkonu: tělesné složení: ($F_{65,410} = 2,06$; $\lambda = 0,26$, $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,23$), isokinetická síla dolních končetin ($F_{60,411} = 1,60$; $\lambda = 0,37$; $p < 0,01$, $\eta_p^2 = 0,18$), explozivní síla dolních končetin ($F_{160,549} = 1,91$; $\lambda = 0,17$; $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,36$), externí zatížení hráčů v utkání ($F_{24,971} = 24,51$; $\lambda = 0,19$; $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,34$). SO a Ú mají signifikantně vyšší tělesnou výšku, tělesnou hmotnost, isokinetickou sílu extenzorů kolena v komparaci s KO, ale signifikantně nižší relativní hodnoty výšky vertikálního výskoku v komparaci s KZ, nižší hodnoty celkové překonané vzdálenosti v utkání, vzdálenosti ve vysoké intenzitě a sprintu a překonané vzdálenosti s vysokým metabolickým výdejem ve srovnání s KZ. Vyšší morfologické rozdíly mezi dolními končetinami byly detekované u KO a SZ ~ 3,5 %. Signifikantně vyšší bilaterální silový poměr u isokinetické síly flexorů kolena v porovnání s ostatními hráčskými pozicemi byl zjištěn u B ($18,73 \pm 11,58$ %). KO vyprodukovali nižší sílu extenzorů kolena ve srovnání s B a SO v nízké a střední úhlové rychlosti. Hráči na pozici SO a Ú vyprodukovali signifikantně vyšší silový impuls při vertikálním výskoku v porovnání s hráči na pozicích KZ a SZ. Analýza externího zatížení elitních hráčů prokázala signifikantní rozdíly mezi sledovanými skupinami u každého z parametrů celého našeho spektra pohybového profilu hráče. Výsledky prokázaly, že elitní dospělí hráči v utkání překonají ~ 10 000 – 11 500 m, kdy KZ a SZ překonají signifikantně vyšší vzdálenost (> 11 000 m) v porovnání s KO, SO a Ú (< 11 000 m). Hráči na krajních pozicích (KO, KZ) překonají ve vysokých intenzitách ~ 2x vyšší vzdálenost v porovnání se SO a ve sprintu ~ 3x vyšší vzdálenost než SO a SZ. SZ a Ú dosáhli nejvyššího počtu akceleračních činností ~ 80 – 83. Nejvyššího počtu deceleračních činností (~ 100) v utkání dosáhli SZ.

Závěr: Prezentovaný výzkum prokázal signifikantní rozdíly ve vybraných oblastech determinujících pohybový výkon hráče a rizikových indikátorů zranění v kontextu hráčských specializací. Zjištěné výsledky by měly být reflektované v rámci metodických postupů pro tvorbu, adjustaci a regulaci tréninkových plánů a jejich optimalizaci s cílem využití principu individualizace tréninkového procesu.

Klíčová slova: sportovní trénink, sportovní výkon, individualizace, kondiční trénink, diagnostika, prevence zranění

Abstract

ANALYSIS AND COMPARISON OF THE SELECTED DETERMINANTS OF GAME PERFORMANCE IN SOCCER IN REFLECTION OF PLAYING POSITIONS

In contemporary soccer, a number of diagnostic, analytic, technological and digital approaches from the field of sports sciences are used in order to identify and develop sports talent, to optimize and regulate external and internal load in a training process, to clarify determinants of team and individual game performance and to identify injury predictors. The current approach in the methodology of sports training in sports games requires the use of principle of individualization of a training process based on the defined criteria determining a player's game performance in a match.

Aim: Objectivization of the selected indicators of physical abilities, morphological and physiological determinants of physical and game performance of players in reflection of the selected specifics of playing positions in soccer.

Methods: The research involved elite soccer players competing in the highest domestic competition (1st youth league, 1st adult league). The players were assigned into 5 groups according to their playing positions: full backs (KO), centre backs (SO), wide midfielders (KO), centre midfielders (SZ) and forwards (Ú). In the case of diagnostics of body composition and isokinetic muscle strength, goalkeepers (B) were also included in the research. The selected determinants of physical abilities were examined in several fields and using the following diagnostic equipment: body composition and morphological asymmetries (bioimpedance analysers), strength of knee extensors and flexors and their mutual strength asymmetries (isokinetic dynamometry), explosive strength of lower limbs and strength differences with respect to laterality (vertical jump using force plates), external load in an official match (global positioning systems; GPS). Data were processed using multiple analysis, followed by an assessment of the observed factor (playing position). Multiple comparisons of the observed means of the selected groups were performed using post-hoc analysis (Bonferonni test). Effect size was assessed using the „Partial Eta square“ (η_p^2) and Cohen coefficient „d“.

Results: The main factor (independent variable) showed a significant effect on all monitored latent constructs and determinants of game performance: body composition: ($F_{65,410} = 2,06$; $\lambda = 0,26$, $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,23$), isokinetic strength of lower limbs ($F_{60,411} = 1,60$; $\lambda = 0,37$; $p < 0,01$, $\eta_p^2 = 0,18$), explosive strength of lower limbs ($F_{160,549} = 1,91$; $\lambda = 0,17$; $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,36$) external load of players during a match ($F_{24,971} = 24,51$; $\lambda = 0,19$; $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,34$). SO and Ú have significantly higher values of body height, body weight, isokinetic strength of knee extensors in comparison with KO but significantly lower relative values of vertical jump height in comparison with wide midfielders and lower values of total distance covered in the match, distances in high intensity and sprint and distance covered with high metabolic expenditure in comparison with KZ. Larger morphological differences between the lower limbs were detected in KO and SZ ~ 3.5 %. A significantly higher bilateral strength ratio in isokinetic strength of knee flexors was found in B ($18,73 \pm 11,58$ %) when compared to other playing positions. KO produced lower knee extensor strength than B and SO at low and medium angular velocities. Players in the SO and Ú positions produced a significantly higher power impulse during the vertical jump compared to KZ and SZ players. The analysis of external load of elite players showed significant differences among the tested groups in all monitored parameters from the spectrum of a player's movement profile. The results showed that elite adult players overcome ~ 10 000 – 11 500 m in a match, while KZ and SZ overcome significantly larger distances ($> 11 000$ m) than KO, SO and Ú ($< 11 000$ m). Players at the side positions (KO, KZ) overcome 2x longer distance at high intensity than SO and 3x longer distance in sprint than SO and SZ. SZ and Ú achieved the highest number of acceleration activities ~ 80 – 83. The highest number of deceleration activities (~ 100) in a match was achieved by SZ.

Conclusions: The presented research revealed significant differences in the selected fields determining a player's physical performance and risk injury indicators in the context of selected playing positions. The obtained results should be reflected in methodological procedures for creation, adjustment and regulation of training plans and their optimization with the use of the principle of individualization of a training process.

Key words: sports training, sports performance, individualization, conditioning training, diagnostics, injury preventionaim

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením této habilitační práce ke studijním účelům. Svým podpisem souhlasíte, že práci použijete ke studiu a prohlašujete, že bude uvedena mezi použitou literaturou.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Obsah

1	ÚVOD	15
2	VÝKON, STRUKTURA A CHARAKTERISTIKA POHYBOVÝCH PŘEDPOKLADŮ VE FOTBALE	17
2.1	Struktura a determinanty výkonu v reflexi interdisciplinarity sportovních věd	17
2.2	Charakteristika zatížení hráče v utkání	22
3	VÝVOJOVÉ TRENDY VE FOTBALE Z POHLEDU VÝVOJOVÝCH PŘEDPOKLADŮ	25
4	TĚLESNÉ SLOŽENÍ, MORFOLOGIE TĚLA A SEGMENTÁLNÍ DISTRIBUCE TEKTUTIN	28
4.1	Antropometrie a tělesné složení jako předmět výzkumu ve fotbale	28
4.2	Metodika výzkumu	30
4.2.1	Charakteristika výzkumného souboru	30
4.2.2	Metody získávání výzkumných údajů	31
4.2.3	Metody zpracování výzkumných údajů	32
4.3	Výsledky výzkumu	33
4.4	Diskuze	38
4.5	Závěr výzkumu	42
5	IZOKINETICKÁ SVALOVÁ SÍLA DOLNÍCH KONČETIN A SILOVÉ ASYMETRIE	44
5.1	Izokinetická svalová síla jako předmět vědeckého výzkumu ve fotbale	44
5.2	Význam svalové síly extenzorů a flexorů kolena	46
5.3	Silové asymetrie	48
5.4	Aktuální stav řešené problematiky hodnocení svalové síly a silových asymetrií v kontextu herních pozic	50
5.5	Metodika výzkumu	52
5.5.1	Charakteristika výzkumného souboru	52
5.5.2	Metody získávání výzkumných údajů	52
5.5.3	Zpracování výzkumných údajů	55

5.6	Výsledky výzkumu	56
5.6.1	Izokinetická svalová síla (absolutní hodnota)	56
5.6.2	Izokinetická svalová síla (relativní hodnota)	60
5.6.3	Bilaterální silový poměr	63
5.6.4	Ipsilaterální silový poměr	64
5.7	Diskuze	65
5.7.1	Svalová síla extenzorů a flexorů kolena	65
5.7.2	Bilaterální silové asymetrie	72
5.7.3	Ipsilaterální silové asymetrie	74
5.8	Závěr výzkumu	77
6	EXPLOZIVNÍ SÍLA DOLNÍCH KONČETIN A SILOVÉ ASYMETRIE	79
6.1	Explozivní síla dolních končetin při vertikálním výskoku ve fotbale	79
6.1.1	Stručný přehled nejčastěji používaných testů odrazových schopností v elitním fotbale	79
6.1.2	Explozivní síla dolních končetin jako determinant pohybového výkonu a prediktor úspěšnosti ve fotbale	81
6.2	Explozivní síla dolních končetin při vertikálním výskoku jako předmět vědeckého výzkumu ve fotbale	84
6.3	Bilaterální silové asymetrie při explozivní činnosti dolních končetin	86
6.4	Explozivní síla dolních končetin, bilaterální silové asymetrie v kontextu diferenciac herních postů a limity současného stavu poznání	90
6.5	Metodika výzkumu	93
6.5.1	Charakteristika výzkumného souboru	93
6.5.2	Organizace výzkumu	93
6.5.3	Metody získávání výzkumných údajů	93
6.5.4	Zpracování výzkumných údajů	98
6.6	Výsledky výzkumu	98
6.6.1	Antropometrické parametre	98

6.6.2	Explozivní síla dolních končetin	99
6.6.3	Bilaterální silové asymetrie	100
6.7	Diskuze	105
6.7.1	Vertikální výskok s protipohybem a s použitím paží (CMJ _{FA})	105
6.7.2	Vertikální výskok s protipohybem bez použití paží (CMJ)	108
6.7.3	Vertikální výskok z podřepu (SJ).....	114
6.7.4	Vertikální výskok po seskoku (DJ)	119
6.8	Závěr výzkumu	122
7	OBJEKTIVIZACE A KOMPARACE EXTERNÍHO ZATÍŽENÍ V UTKÁNÍ	124
7.1	Aktuální stav řešené problematiky a současná orientace výzkumu	124
7.2	Charakteristika zatížení hráče v utkání v reflexi herních specializací a vymezených kritérií pro jejich hodnocení	127
7.2.1	Kritéria pro určení zón externího zatížení	127
7.2.2	Charakteristiky externího zatížení profesionálních hráčů v utkání	131
7.2.3	Faktory ovlivňující velikost externího zatížení hráče v utkání	133
7.2.4	Vývojové trendy externího zatížení u elitních profesionálních hráčů.....	137
7.3	Metodika výzkumu	138
7.3.1	Charakteristika výzkumného souboru	138
7.3.2	Metody získávání výzkumných údajů.....	139
7.3.3	Zpracování výzkumných údajů	141
7.4	Výsledky výzkumu	142
7.5	Diskuze	147
7.5.1	Celková překonaná vzdálenost.....	147
7.5.2	Překonaná vzdálenost v běhu ve vysoké intenzitě	150
7.5.3	Překonaná vzdálenost v běhu ve sprintu	151
7.5.4	Analýza akceleračních a deceleračních činností hráčů v utkání	156
7.5.5	Analýza překonané vzdálenosti v činnostech s vysokým metabolickým výdejem	

7.6	Závěr výzkumu	160
8	ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ PRO ORIENTACI DALŠÍHO VÝZKUMU A KLINICKOU PRAXI.....	162
9	REFERENCE.....	171
10	SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ	205
10.1	Seznam tabulek.....	205
10.2	Seznam obrázků.....	206

1 ÚVOD

Sportovní výkon, který je sám o sobě multifaktorový, má svoji hierarchickou strukturu, je z hlediska všeobecného přístupu determinovaný jeho složkami a podsložkami (Dovalil et al., 2002). Jednotlivé složky (technická, taktická, kondiční, psychická, somatická) představují latentní konstrukty, které jsou tvořené jednotlivými indikátory (přímo měřitelné proměnné) a mají různý podíl na celkovém výkonu (individuálním herním výkonu, týmovém herním výkonu). Z hlediska hierarchie se jedná o víceúrovňovou hierarchickou strukturu s rozličnou důležitostí „mírou“ podílu jednotlivých faktorů a indikátorů na optimální výkon ve vybrané specializaci. Přestože finálním výstupem fotbalové hry je výsledek (skóre utkání), je potřebné vnímat výsledek jako předpoklad na základě týmového herního výkonu, který je determinovaný individuálním herním výkonem hráčů. Výsledek se ve fotbale nedá „zaručit“ a ani „naplánovat“, ale fyzický individuální výkon hráče se na základě objektivních podkladů a správné optimalizace zatížení v mikrocyklu dá „naplánovat“ a od hráče v utkání vyžadovat.

Oblast fotbalu je pro vědeckou komunitu velice vděčná s cílem řešení různých vědeckých problémů a to z různých pohledů. Popularitu deklaruje fakt, že po zadání klíčových slov „soccer OR football“ a „performance“ v databázi Web Of Science se zobrazí 12 621 záznamů (k datu 14.4.2020). Po zadání stejných klíčových slov po třech měsících (22.7.2020) se počet záznamů zvýšil o 409 záznamů (13 030). Tento fakt poukazuje na značný zájem řešitelů v uvedené oblasti.

V současném fotbale lze pozorovat vysoký akcent na maximální připravenost hráčů po všech stránkách sportovního výkonu, čehož důkazem je angažování stále více specialistů do realizačních týmů, resp. jejich přípravy (hlavní manager fyzické přípravy, fotbalový kondiční trenéři, atletičtí kondiční trenéři, kondiční trenéři specializovaní na sílu, fyzioterapeuti, rehabilitační trenéři, osteopati, datový analytici, videotechnici, dovedností trenéři, mentální trenéři, nutriční specialisté, fyziologové, sportovní vědci, osobní kondiční trenéři a další). Všeobecně je žádaná diferenciaci, optimalizace, regulace a individualizace tréninkového procesu, ale bez znalosti úrovně objektivizace a diskriminace parametrů herního výkonu není popisovaný přístup možný.

Předložená práce se zabývá vybranými složkami sportovního výkonu z pohledu kondičních a základních somatických i morfologických parametrů ovlivňující fyzický výkon hráče v utkání. Do práce nelze zahrnout všechny indikátory fyzické připravenosti hráčů, které

v nejširším kontextu můžou přispět k optimálnímu pohybovému výkonu hráče, resp. mají protektivní význam z hlediska prevence zranění.

Vědeckým problémem naší práce bude poukazovat na úroveň, rozdíly a význam sledovaných indikátorů připravenosti hráče a specifický výstup (externí zatížení hráče v utkání) v kontextu jednotlivých herních specializací (postů), na které jsou kladeny odlišné nároky v utkání.

Náš vědecký problém je řešen v kontextu aplikovaných postupů ve sportovních vědách poměrně často, ale také se objevují limity výzkumů jako například: rozdělení hráčských postů jenom do třech nebo čtyřech pozic, nejasné kritérium pro označení „elitní hráč“, rozdíly v metodice hodnocení výkonu (například hodnocení explozivní síly vertikálního výskoku z letové fáze, resp. silových charakteristik, nedostatečné technologické zabezpečení při získávání výzkumných dat (např. nízká frekvence snímání diagnostického zařízení při sprintových činnostech hráče), rozdíl ve stanovených kritériích pro hodnocení výkonu hráče (např. kritérium hodnocení překonané vzdálenosti hráče při běhu ve vysoké intenzitě a sprintu) a další.

Předložená habilitační práce má za cíl zjistit úroveň a rozdíly vybraných kondičních a somatických determinantů herního výkonu u elitních hráčů v reflexi herních specializací hráčů, které umožní specialistům lepší odbornou i vědeckou orientaci řešeného problému v oblasti sportovní kinantropologie. Dále přinese nové, syntetické poznatky s cílem využití aplikovaných sportovních věd v elitním sportu.

Habilitační práce je výstupem řešených grantových úkolů (GAČR-P407-11-P784, GAČR-16-21791S, GAUK 18418, GAČR-19-12150S, GAČR 406/08/1514 a UNCE/HUM/032, 2018-2023, které byly schváleny Etickou komisí Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy. Měření se konala v souladu s etickými normami Helsinské deklarace a etickými normami ve výzkumu v oblasti sportovních věd (Harriss, Macsween, & Atkinson, 2017).

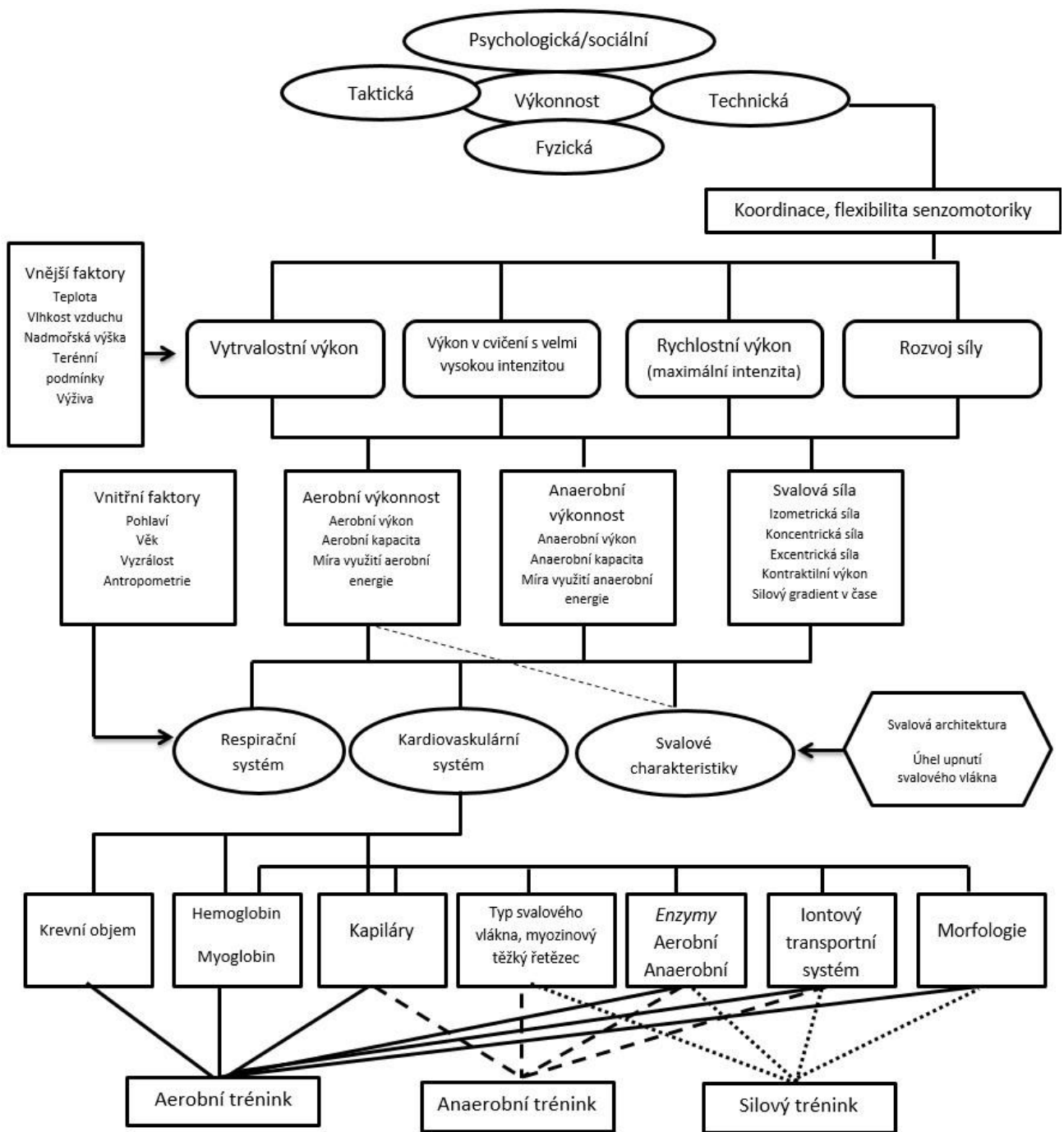
2 VÝKON, STRUKTURA A CHARAKTERISTIKA POHYBOVÝCH PŘEDPOKLADŮ VE FOTBALE

2.1 Struktura a determinanty výkonu v reflexi interdisciplinarity sportovních věd

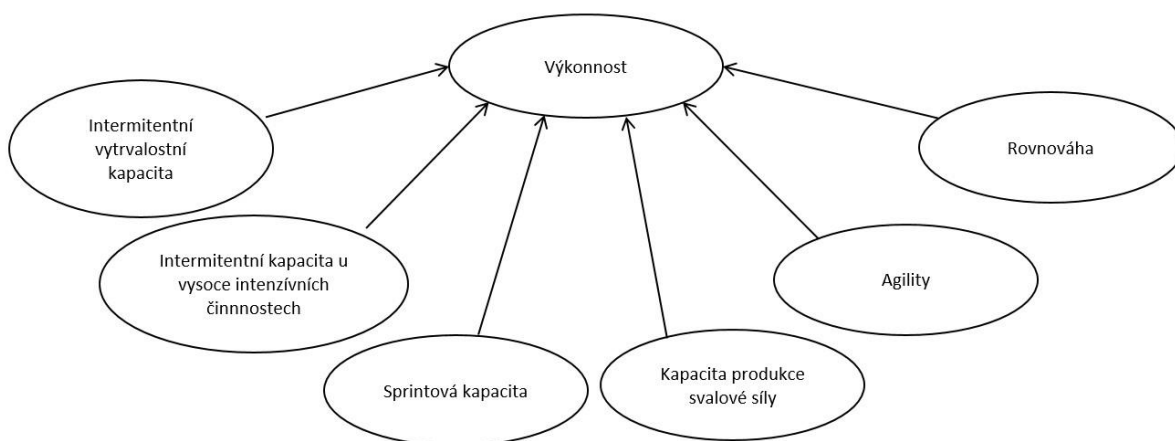
Pro lepší pochopení podmíněnosti fyzického výkonu hráče v utkání je potřeba vycházet z klíčových teoretických konceptů struktury výkonu (sportovního, týmového, individuálního). Individuální herní výkon hráče je mimo dalších parametrů, determinovaný kondiční složkou, která má z hlediska hierarchické struktury další latentní proměnné (svalová síla, pohybová rychlost, vytrvalost atd.). Jednotlivé indikátory vybraných latentních konstruktů mohou být pozitivně asociované, ale stejně tak vzájemně nezávislé a v některých případech může taky docházet k interferenci (Issurin, Lyakh, & Sadowski, 2020).

Vnější pohybový projev hráče (pohybový profil) je limitován jeho vnitřní podmíněností (úroveň pohybových schopností, funkční připraveností, energetickými rezervami, morfologickou stránkou, psychologickým profilem apod.). Z hlediska kondiční připravenosti jsou na elitní hráče fotbalu kladeny vysoké požadavky na produkci svalové síly a výbušnosti, rychlosti, agility, rovnováhy, stability těla, flexibility, aerobní a anaerobní vytrvalosti (Bloomfield, Polman, & O'Donoghue, 2007; Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001; Krustup, Mohr, Ellingsgaard, & Bangsbo, 2005). Úroveň uvedených komponent v součinnosti s vysokou technickou vyspělostí hráče, rychlými a správnými rozhodovacími procesy (řešení herních situací) a psychologickou odolností, vytváří potencionální předpoklady k dosažení vysokého individuálního herního výkonu hráče.

Holistický model struktury a determinace výkonu uvádí Bangsbo, Mohr, Poulsen, Perez-Gomez a Krustup (2006) (Obrázek 1). Bangsbo a Mohr (2012) uvádějí srozumitelný (jednoúrovňový) pohled determinantů individuálního fyzického výkonu z pohledu vybraných pohybových schopností (didaktický pohled) a s využitím principu redukcionismu (Obrázek 2).

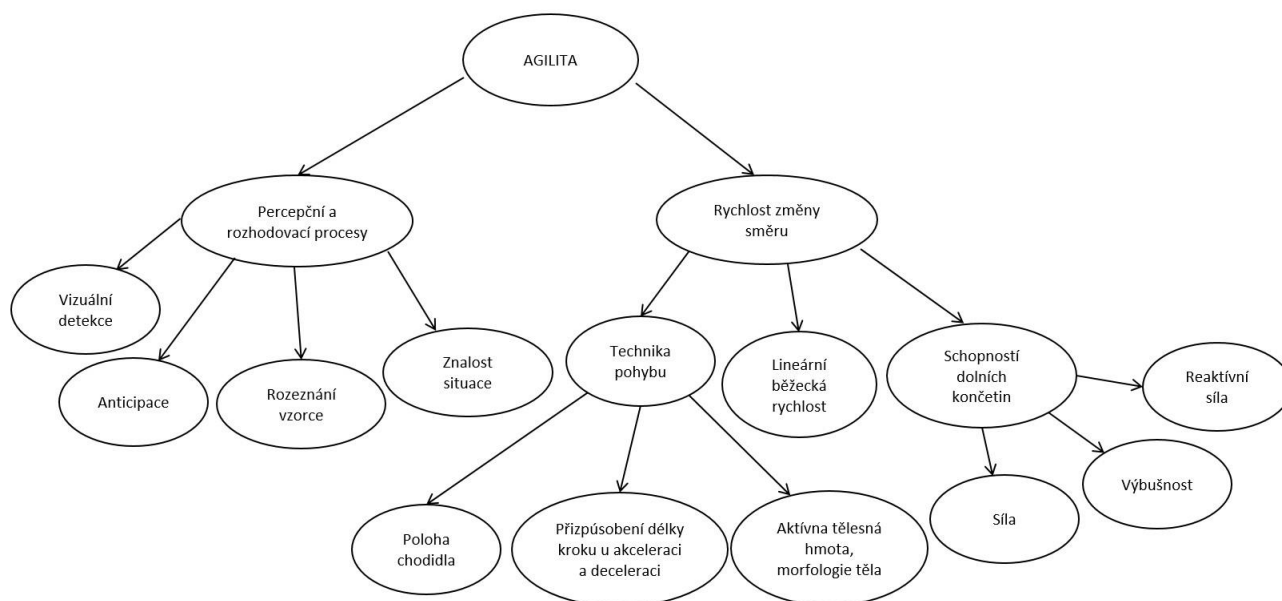


Obrázek 1. Holistický model determinantů sportovního výkonu (Bangsbo et al., 2006).



Obrázek 2. Komponenty fyzického výkonu fotbalového hráče (Bangsbo & Mohr, 2012).

Avšak i uvedený model je nutné dále operacionalizovat, nakoľik se vyskytují i další teoretické konstrukty jako např. „agilita“, který se v literatuře strukturuje (Young, 2006) (Obrázek 3).



Obrázek 3. Struktura a komponenty agility (Young, 2006).

V konceptu rychlostních předpokladů elitních hráčů jsme v našem výzkumu identifikovali 3 nezávislé komponenty rychlostních schopností: lineární běžecká rychlost, rychlost změny směru a acyklická rychlost (Maly, Zahalka, Mala, & Teplan, 2014b).

Z uvedeného důvodu pro pochopení struktury fyzické připravenosti hráče je nutné pochopit aktuální sportovní teorii podloženou vědeckými fakty, které kombinují několik pohledů vědeckých oborů (sportovní vědy, fyziologie, biomechaniky, biochemie, medicíny, genomiky, antropologie a dalších). Jedná se o různé pohledy (přístupy) na uvedený problém: didaktický (metodologie sportovního tréninku), fyziologický, biochemický, biomechanický a jejich interdisciplinární přesahy.

Z hlediska sportovního výkonu a výběru sportovně – talentované mládeže je oblast antropometrie a morfologie (tělesného složení) sledovaným a důležitým kritériem. Už v mládežnickém věku se klade v některých případech důraz na tělesnou kompozici hráčů, důkazem jsou např. výsledky studie (Deprez, Vaeyens, Coutts, Lenoir, & Philippaerts, 2012), kde se ukazuje, že hráči narozeni v prvním a druhém kvartilu mají vyšší zastoupení ve sledovaných týmech, než hráči narozeni ve kvartilu druhém nebo třetím. Autoři u elitních belgických mladých hráčů kategorie U18 - U19 uvádějí následující distribuci hráčů pro jednotlivé kvartily (n = 154): Q1 = 35,1 %, Q2 = 33,1 %, Q3 = 18,8 % a Q4 = 13,0 %). Studie prokázala významné rozdíly antropometrických parametrů (tělesná hmotnost) mezi skupinami. U mladších kategorií U10 - U11, U12 - U13, U14 - U15 a U16 - U17 byly prokázány signifikantní rozdíly mezi kvartilami v tělesné výšce a tělesné hmotnosti hráčů. Například v kategorii U12 - U13 rozdíly tělesné výšky u hráčů Q1 a Q4 představuje 4,5 cm (3 %) a tělesné hmotnosti 1,9 kg (5,0 %). Z uvedeného důvodu je v současnosti zpracovávána teorie seskupování sportovců na principu „biobanding“, který využívá třídění do skupin na základě jiných charakteristik, jako je chronologický věk, aby se redukovala variabilita parametrů způsobená odlišnou úrovní dospívání hráčů (Malina et al., 2019).

Tělesné propozice, jako například vyšší tělesná výška hráče, jsou důležité pro charakteristické herní posty (střední obránce, hrotový útočník a samozřejmě brankář), u kterých tělesná výška bude spíše výhodou ve vztahu k úspěšnosti vybraných parametrů individuálního herního výkonu (například úspěšnost ve vzdušných osobních soubojích). Velmi důležitá je také „kvalita“ tělesného složení u hráčů, jak z hlediska optimalizace pohybového výkonu hráče, tak z hlediska nutričního. Současný výzkum věnuje popisované problematice velký prostor a využívá různé diagnostické metody k identifikaci tělesné kompozice hráčů.

Silové schopnosti (speciálně dolních končetin) představují důležitou determinantu sportovní výkonnosti hráče jak z hlediska úrovně dosažení nejvyšší sportovní výkonnosti, tak

z hlediska prevence zranění (Ribeiro-Alvares, Oliveira, De Lima-E-Silva, & Baroni). Svalová síla extenzorů a flexorů kolena je poměrně často řešeným výzkumným problémem jak domácích (Botek et al., 2010; Lehnert et al., 2017; Lehnert, Psotta, Chvojka, & De Ste Croix, 2014; Lehnert, Svoboda, & Cuberek, 2013; Lehnert, Xaverova, & De Ste Croix, 2014; Maly, Mala, Bujnovsky, Hank, & Zahalka, 2019; Maly, Sugimoto, Izovska, Zahalka, & Mala, 2018; Maly & Zahalka, 2012; Maly, Zahalka, & Mala, 2010, 2013; Malý, Zahálka, Malá, Gryc, & Hráský, 2010), tak zahraničních autorů (Croix, Priestley, Lloyd, & Oliver, 2018; Forbes, Sutcliffe, Lovell, McNaughton, & Siegler, 2009; Fousekis, Tsepis, & Vagenas, 2010; Iga, Reilly, Lees, & George, 2005; Lehance, Binet, Bury, & Croisier, 2009; Pietraszewska, Struzik, Burdukiewicz, Stachon, & Pietraszewski, 2020; Silva, Detanico, Pupo, & Freitas, 2015; D. P. Wong & Wong, 2009).

Protože nejdůležitější úseky hry se odehrávají ve vysokých intenzitách, je nutné se orientovat na schopnost hráče rychlé produkce síly (silový gradient). Jedním z příkladů je explozivní síla dolních končetin, která v současnosti ve vrcholném fotbale saturuje několik oblastí:

- výkonnostní aspekt hráče,
- prediktivní funkce prevence zranění,
- identifikace sportovního talentu,
- monitoring neuromuskulární únavy – akutní, opožděné.

Právě nízká úroveň neuromuskulární kontroly zapříčiněná únavou se v aktuálním výzkumu ukazuje jako jeden z důležitých rizikových faktorů pro nekontaktní typ poranění u hráčů, zejména v období kolem věku růstového spurtu (De Ste Croix et al., 2019). Přestože se uvedené problematice věnuje vědecká komunita poměrně dlouho, neustále se objevují nové poznatky, kritériální hodnoty, variabilita proměnných (vlivem únavy, charakterem svalové činnosti, variabilitou během sezóny apod.), diferenciace z hlediska herního postu hráče, kvantifikace projevů (porovnání absolutní a relativní síly) maximální svalové síly, tak jejich derivátů.

Dalším předmětem vědeckého výzkumu současnosti je oblast terénního testování s cílem identifikace úrovně a struktury klíčových pohybových schopností hráčů (rychlostní schopnosti, akcelerační, decelerační rychlost, rychlost změny směru, schopnost opakované rychlosti, vytrvalostní schopnosti včetně intermitentního charakteru zatížení) a jejich vztahu k specifickému zatížení ve fotbale (externímu zatížení hráče v utkání), nebo rozdílů z hlediska

herních postů (Bujnovsky et al., 2019). Výzkumy prokázaly, že vzdálenosti překonané hráči v utkání ve vysokých intenzitách jsou lepšími indikátory pohybového výkonu v porovnání s celkovou překonanou vzdáleností v utkání, která signifikantně koreluje s výkonem v intermitentním Yo-Yo testu (Bangsbo & Mohr, 2012; Bradley et al., 2011; Krustup et al., 2005).

2.2 Charakteristika zatížení hráče v utkání

Z hlediska charakteru zatížení je fotbal intermitentním sportem s vysokým množstvím fyzických a technických indikátorů ovlivňujících výkon (Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005). Při hledání velikosti, úrovně, determinace rozdílů vybraných indikátorů pohybového výkonu je nutné vztahovat tyto parametry na požadavky kladené na hráče v utkání při specifickém zatížení, a tak se děje v reflexi vybraných herních pozic.

Pokud vycházíme z modelu pohybového zatížení hráče v utkání je nám známo, že hráč elitní výkonnosti překoná vzdálenost mezi 10 – 12 km (brankáři okolo 4 – 5 km), při průměrné intenzitě u hráčů na úrovni anaerobního prahu (80 – 90 % maximální srdeční frekvence) (Bujnovsky, Maly, Zahalka, & Mala, 2015; Mallo, Mena, Nevado, & Paredes, 2015; Stolen et al., 2005). Navzdory vysokým nárokům kladeným na aerobní metabolismus v průběhu utkání, nejdůležitější činnosti se odehrávají v anaerobním metabolismu. Realizace krátkých sprintů, akcelerace, decelerace, rychlá změna směru, odrazy, souboje a další činnosti vyžadují vysokou úroveň anaerobní kapacity (anaerobního krytí) (Stolen et al., 2005). Hráč v průběhu utkání realizuje přibližně 1 000 – 1 400 krátkých výbušných pohybů v časovém intervalu 4 – 6 s (Stolen et al., 2005). Hráči nejvyšší výkonnostní úrovně absolvují během utkání až 220 běžeckých úseků ve vysokých rychlostech (Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2003). Fotbal je často označován jako „sport vyžadující mnohonásobný počet sprintů“ (Di Salvo et al., 2007). Průměrná vzdálenost překonaná ve sprintu během utkání u elitních hráčů je okolo 237 m (Andrzejewski, Chmura, Pluta, & Konarski, 2015). Analýza utkání ukázala, že hráči nejvyšší profesionální úrovně vykonávají o 28 % více intenzivního běhu a 37 % více sprintů než profesionální hráči nižších úrovní (Mohr et al., 2003). Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff a Drust (2009) vztahují absolvovanou vzdálenost ve vysokých rychlostech k úspěšnosti týmu na základě postavení v tabulce (Premier League). Autoři uvádějí, že prvních pět mužstev konečné tabulky absolvuje přibližně 919 ± 128 m ve vysoké intenzitě. Středních deset mužstev tabulky

dosáhlo porovnatelný výsledek 917 ± 143 m, ale posledních pět družstev dosáhlo signifikantně nižší vzdálenost 885 ± 113 m ($p < 0,01$).

Pro lepší pochopení pohybového zatížení hráče v utkání byl sestaven profil pohybového zatížení hráče (Tabulka 1) (Bradley et al., 2009; Di Salvo et al., 2007; Di Salvo, Pigozzi, Gonzalez-Haro, Laughlin, & De Witt, 2013).

Během utkání se z hlediska intenzity zatížení překrývají aerobní a anaerobní metabolismy. Vysoké množství lokomočních aktivit se odehrává v submaximální až maximální intenzitě, které jsou spojené s převahou anaerobních biochemických reakcí při intermitentním typu zatížení a jsou hlavní příčinou vyvolávající fyziologické změny indikující únavu hráčů. Jeden z důsledků nepřetržitého zatížení hráče během obou poločasů je snížení schopnosti svalů nadále dostatečně generovat sílu (Rahnama, Reilly, Lees, & Graham-Smith, 2003; Reilly, Drust, & Clarke, 2008). Výzkum prokázal rozdíl mezi hráči elitní a nižší výkonnostní úrovně ve schopnosti provádět činnosti vysokých intenzit (Teplan et al., 2012).

Tabulka 1. Pohybový profil elitních hráčů v utkání.

Studie	Komponenty profilu	Rychlost (km.h ⁻¹)	Vzdálenost (m)	Procentuální podíl (%)
Di Salvo et al. (2007)	Chůze a klus	0-11	7031±225	61,7
	Běh při nízké intenzitě	11,1-14,0	1654±188	14,5
	Běh ve střední intenzitě	14,1-19,0	1759±253	15,5
	Běh ve vysoké intenzitě	19,1-23,0	605±114	5,31
	Sprint	> 23,0	337±62	3,0
Di Salvo et al. (2013)	Chůze	0,2-7,2	3707±260	33,5
	Klus	7,3-14,4	4468±518	40,2
	Běh	14,5-19,8	1877±413	17,0
	Běh ve vysoké intenzitě	19,9-25,2	750±222	6,8
	Sprint	> 25,2	273±125	2,5
Bradley et al. (2009)	Stoj a chůze	0-0,6	50	5,6
	Chůze	0,7-7,1	3818	59,3
	Klus	7,2-14,3	4223	26,1
	Běh	14,4-19,7	1706	6,4
	Běh ve vysoké intenzitě	19,8-25,1	662	2,0
	Sprint	> 25,1	255	0,6

Výzkum prokázal, že množství sprintů a běhů ve vysoké intenzitě i celková vzdálenost těchto aktivit je nižší v druhém poločase fotbalového utkání v komparaci s prvním poločasem (Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2005). Uvedené zjištění indikuje, že výkon v druhém poločase je nižší, resp. hráč není schopen udržet fyzický výkon na stejné úrovni což je způsobeno hlavně faktorem únavových procesů.

Pro potřeby tréninkového procesu a výkonu v utkání je potřeba identifikovat (dekódovat) indikátory sportovního výkonu hráčů ve vztahu k limitním kritériím utkání na jednotlivých hráčských postech. Na základě tvrzení je nezbytné objektivizovat a komparovat rozdíly u hráčů v závislosti herních postech, které jsou dané herním rozestavením týmu, ale je nutné poznamenat, že se ve fázích a vývoji hry často prolínají a mění v souvislosti s aktuálním výsledkem.

Nároky (kondiční, technicko –taktické) na hráče rozličných specializací se liší a v posledních dvou dekadách se jedná o aktuální vědecký problém celých výzkumných týmů. Z metodologického hlediska se jedná o deskripci nezávisle proměnné, která má v současné literatuře několik rozdílů při jejím dělení.

Některé studie rozdělují hráčské pozice do **čtyř** základních skupin: brankáři, obránci, záložníci a útočníci (Arnason et al., 2004; Carling & Orhant, 2010; S. M. Gil, Gil, Ruiz, Irazusta, & Irazusta, 2007; Silva et al., 2015; Silvestre, West, Maresh, & Kraemer, 2006; Sutton, Scott, Wallace, & Reilly, 2009).

Taktéž se objevují studie, u kterých nalézáme dělení do **pěti** skupin (brankář, krajní obránci, střední obránci, záložníci a útočníci) bez specifického krajního a středního záložníka (Cardenas-Fernandez, Chinchilla-Minguet, & Castillo-Rodriguez, 2019; Magalhaes, Oliveira, Ascensao, & Soares, 2004).

Další studie rozdělují hráče do **šesti** skupin: brankáři, krajní obránci, střední obránci, krajní záložníci, střední záložníci a útočníci (Iglesias-Gutierrez et al., 2012).

Nalézáme také studie, které dokonce rozdělují útočníka na prvního a druhého (Mendez-Villanueva, Buchheit, Simpson, & Bourdon, 2013), anebo střední záložníky na defenzivního tzv. „šestku“ a ofenzivního (Dellal et al., 2011). V kontextu plnění technicko-taktických úkolů a dodržování stanovených principů (strategie hry) lze usuzovat na rozdíly mezi herními pozicemi v pohybovém profilu hráče, somatotypu, fyziologických a morfologických parametrech a dalších indikátorech ovlivňujících pohybový výkon hráče.

3 VÝVOJOVÉ TRENDY VE FOTBALE Z POHLEDU VÝVOJOVÝCH PŘEDPOKLADŮ

Stále více slycháváme a dočítáme se, že fotbal je dynamičtější, bojovnější, atletičtější s vyšším stupněm organizace hry a využitím technicko-taktických principů, které vyžadují vysoký stupeň automatizace pohybových návyků, aby se zvýšila rychlost realizace činností a zkrátil se čas. Neustálý akcent se klade na kvalitní kondiční připravenost hráče (optimalizace fyzické připravenosti) a rezistence ke zraněním jak u dospělých hráčů (elitní a profesionální hráči), tak i hráčů mládežnických kategorií (kategorie U16 – U21).

Přehled vědecké literatury nabízí pohled na vývojové trendy ve fotbale v kontextu jeho evoluce za poslední dvě dekády, jak z hlediska fyzické připravenosti, tak specifických dovednostních činností (Barnes, Archer, Hogg, Bush, & Bradley, 2014; Bradley et al., 2016; Bush, Barnes, Archer, Hogg, & Bradley, 2015). Výzkum také poukazuje na porovnání nejprestižnějších fotbalových soutěží mezi sebou jako je Liga mistrů (CHL) a anglická nejvyšší liga – English Premiere League (EPL) (Di Salvo et al., 2013) s cílem vytvoření norem „pohybového etalónu“ pro elitní hráče.

Součástí aktuálního výzkumu jsou studie, které se zabývají vztahem mezi předpoklady a úspěšností týmu (Alves et al., 2019; Rampinini et al., 2007). Barnes et al. (2014) uvádí u profesionálních hráčů v EPL během 7 sezón ($n = 14\ 700$), že sice došlo k malému zvýšení celkové překonané vzdálenosti hráčů v utkání ($10\ 679 \pm 956$ m vs. $10\ 881 \pm 885$ m, rozdíl = 2 %), ale došlo zejména k vysokému navýšení vzdálenosti překonané ve vysoké intenzitě (890 ± 299 m vs. $1\ 151 \pm 337$ m), pro představu se vzdálenost v parametru běh ve vysokých intenzitách navýšila o 30 %. Autoři uvádí také zvýšení vzdálenosti ve sprintu o 35 % (232 ± 114 m vs. 350 ± 139 m).

Bradley et al. (2016) uvádí během sedmi let monitoringu sprintové (akcelerační) vzdálenosti v EPL zkrácení úseku z 6,8 – 7 metrů na 5,8 – 6,0 metrů, což určitě může mít význam pro plánování tréninkových programů zaměřených na stimulaci a rozvoj uvedené komponenty (schopnost akcelerace a decelerace) fyzického výkonu hráče.

Je zajímavé, že při zvyšujících se trendech a požadavcích na fyzický výkon hráčů, maximální spotřeba kyslíku u hráčů nezaznamenala zvyšující se trend (Tonnessen, Hem, Leirstein, Haugen, & Seiler, 2013). Pokud vezmeme do úvahy, že vývojové trendy nevykazují

dramatické zvýšení celkové absolvované vzdálenosti (Barnes et al., 2014; Bush et al., 2015) je potřeba hledat faktory, které by uvedená fakta dokázaly vysvětlit, například nároky na hráče v činnostech s vysokou intenzitou byly jednoznačně prokázány. Jedním z faktorů vývojového trendu je skutečnost, že v průběhu utkání dochází v současném fotbale k delším a častějším pauzám (přerušení hry), které hráčům umožňují krátké zotavení a následně opětovnou práci ve vyšších intenzitách (Wallace & Norton, 2014). I proto je potřeba se zaměřit na skutečné hodnoty z utkání, přípravných utkání, pozičních her, resp. hledat jiné metody s lepší predikcí fyzického výkonu elitních hráčů, jako jsou například intermitentní vytrvalostní testy, nebo různé hry malých forem (Bangsbo & Mohr, 2012; Iaia, Rampinini, & Bangsbo, 2009).

Hledání asociace mezi překonanou vzdáleností a úspěšností týmů bylo řešeným vědeckým problémem některých studií (Alves et al., 2019; Clemente et al., 2019; Goncalves et al., 2020). Rampinini et al. (2007) uvádí signifikantně vyšší absolvovanou celkovou vzdálenost a vzdálenost ve středně vysoké intenzitě u úspěšnějších týmů v porovnání s neúspěšnými.

Dynamizace a vývoj fotbalu je podpořený výzkumem Mitrotasios, Gonzalez-Rodenas, Armatas a Aranda (2019), kteří porovnávali způsoby vytváření gólových příležitostí ve španělské, anglické, německé a italské lize. Autoři prokázali, že anglická liga (EPL) má nejvyšší tendenci vytváření si gólových příležitostí pomocí rychlých a přímých útoků, německá Bundesliga měla nejvyšší počet rychlých protiútoků a italská Serie A měla nejkratší čas mezi zahájením ofenzivní fáze hry a zakončením. Bradley et al. (2016) uvádí, že během sedmi let sledování EPL, nejlepší 4 týmy měly v porovnání s jinými týmy nejvyšší počet technických činností (událostí) a nejvyšší výkon v technických ukazatelích (počet přihrávek, úspěšnost přihrávek).

Avšak výsledky studií nejsou zcela konzistentní. Z hlediska pohledu na úspěšnost týmu a pohybové zatížení elitních hráčů, bylo zjištěno, že celková překonaná vzdálenost neměla vliv na úspěšnost týmu u hráčů nejvyšší italské ligy (Serie A) (Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Coutts, & Wisloff, 2009). Úspěšnost týmu autoři definovali jako výsledné postavení v tabulce Serie A (úspěšné týmy 1. – 5. místo, neúspěšné týmy 15. – 20. místo). Autoři uvádí průměrnou celkovou absolvovanou vzdálenost u úspěšných týmů 11 647 m a neúspěšných týmů 12 190 m. U úspěšných týmů autoři prezentují vyšší celkovou překonanou vzdálenost pokrytou při držení míče v porovnání s neúspěšnými týmy (540 m vs. 443 m), jako i překonané vzdálenosti ve vysokých intenzitách (299 m vs. 251 m) a velmi vysoké intenzitě (127 m vs. 109 m). Úspěšné týmy dosahují podle autorů i celkově vyšší počet krátkých přihrávek (27,7 vs. 19,1) a úspěšných krátkých přihrávek (25,7 vs. 17,8). Procentuální úspěšnost krátkých přihrávek nebyla významná mezi porovnávanými skupinami (úspěšní: 92,5 % vs. neúspěšní: 92,6 %). Stejně i

další technické činnosti neprokázali významné rozdíly mezi úspěšnými a neúspěšnými týmy (počet dlouhých přihrávek, počet úspěšných dlouhých přihrávek, počet centrů, počet hlaviček, počet úspěšného odebrání míče, počet obcházení soupeře driblingem, počet střel a počet střel na bránu).

4 TĚLESNÉ SLOŽENÍ, MORFOLOGIE TĚLA A SEGMENTÁLNÍ DISTRIBUCE TEKUTIN

4.1 Antropometrie a tělesné složení jako předmět výzkumu ve fotbale

U sportovců jsou antropometrické parametry a komponenty tělesného složení (TS) předpokladem, jak pro sportovní výkon, tak základním determinantem jakéhokoliv pohybu člověka. TS je důležitým indikátorem tělesné zdatnosti a celkového zdraví sportovců (Warner, Fornetti, Jallo, & Pivarnik, 2004). V současnosti je jeho diagnostika a monitorování nezbytnou součástí komplexního vyšetření výkonnosti u sportovců.

Výzkum prokázal, že antropometrické ukazatele a TS jsou důležitými faktory sportovního výkonu současného fotbalu (Mala, Maly, & Zahalka, 2017) a spolu s pohybovými schopnostmi a dovednostmi prokázaly podmíněnost a rozdíly mezi úspěšnějšími a méně úspěšnými mladými hráči (Arnason et al., 2004; Figueiredo, Goncalves, Silva, & Malina, 2009). Jedním z cílů hodnocení tělesného složení je rozlišit a kvantifikovat různé segmenty těla a jejich vlastnosti (Sutton et al., 2009). Jedná se tak o fundamentální komponentu sportovního výkonu ve fotbale, která je velmi aktuálním vědeckým problémem ve sportovních vědách (Milsom et al., 2015). Z hlediska posouzení morfologie těla lze k hodnocení přistoupit i z pohledu posouzení distribuce tělesných tekutin a následně k detekci symetrické rozložení hmoty a to zejména aktivní hmoty v jednotlivých segmentech s cílem prevence zranění (Mala, Maly, & Zahalka, 2014).

Optimalizace tělesného složení z pohledu zdraví a výkonu, je určené individuálně a je vždy podmíněné věkem, pohlavím, somatotypem, genetickými faktory, nutricí (výživou), absolvovanou pohybovou aktivitou a individuální variabilitou sportovce (Malá, Malý, Zahálka, & Bunc, 2014)

Z obecného hlediska lze konstatovat, že vyšší hráči mají výhodu v hlavičkových soubojích, hráči s kratšími končetinami se zase díky obratnosti obvykle lépe prosadí v soubojích na zemi nebo při vedení míče (Gil et al., 2007). Vyšší tělesná výška a tělesná hmotnost u mladých hráčů ve věku 14 let signifikantně korelovala s rychlostí střelby ($r = 0,58$; $p < 0,058$) a sprintem na 30 m ($r = -0,54$; $p < 0,001$) (Wong, Chamari, Dellal, & Wisloff, 2009). Stejně tak byla zjištěna signifikantní korelace mezi tělesnou výškou a výkonem při vertikálním výskoku ($r = 0,36$; $p < 0,01$).

Reilly (1996) uvádí, že nadbytečné množství tělesného tuku je pro sportovce „mrtvá hmota“, která snižuje výkon při veškerých činnostech, při kterých sportovec překonává gravitaci. Bylo prokázáno, že vyšší zastoupení tělesného tuku významně snížilo výkon v testu explozivní síly dolních končetin (maximální výskok), sprintu a negativně korelovalo s výkonem v testech „agility“ a vytrvalosti (Gil, Gil, Irazusta, Ruiz, & Irazusta, 2005). Naopak, množství beztukové hmoty významně koreluje se svalovou silou a výbušností (Milanese, Cavedon, Corradini, De Vita, & Zancanaro, 2015).

Z hlediska posouzení somatotypu a kvality tělesného složení, pozorujeme určité rozdíly v závislosti na herním postu, ale i výkonnostní úrovni hráče (Almagia et al., 2015; Carling & Orhant, 2010; Gil et al., 2007; le Gall, Carling, Williams, & Reilly, 2010; Milanese et al., 2015; Nikolaidis et al., 2016; Rogan, Hilfiker, Clarys, Clijsen, & Taeymansa, 2011; Sutton et al., 2009). Brankáři jsou vysocí, robustní, s dlouhými končetinami. Významné rozdíly u tělesné výšky a hmotnosti mezi brankáři a hráči v poli byly publikovány v některých výzkumech (Arnason et al., 2004; Gil et al., 2007; Matkovic et al., 2003; Sutton et al., 2009). Vyšší hráči jsou typologicky nejvhodnější na pozici středového obránce a hrotového útočníka (Reilly, Bangsbo, & Franks, 2000). Hráči na těchto pozicích podstupují mnoho osobních soubojů jak v ofenzivních, tak defenzivních činnostech.

Informace o TS jsou také důležitým indikátorem správné nutriční sportovce a vypovídají také o aktuálním stavu tělesných tekutin (homeostáza tělesných tekutin a jejich distribuce) (Andreoli et al., 2003; Sutton et al., 2009). Hodnocení intracelulární a extracelulární hmoty patří mezi vhodné prediktory svalové účinnosti, které predikují fyzický výkon (Andreoli et al., 2003). Několik výzkumů poté poukazuje na variabilitu TS během soutěžního období a v přechodném období mezi sezónami, kde lze nalézt velmi rozdílné hodnoty TS (Botek et al., 2010; Carling & Orhant, 2010).

Výzkumy v oblasti TS fotbalových hráčů se také orientují na posouzení morfologických asymetrií u dolních i horních končetin (Mala et al., 2014; Mala et al., 2020; Milsom et al., 2015). Při pohybových činnostech souvisejících s herním výkonem ve fotbale je mnoho činností „asymetrických“ s výraznou preferencí jedné z končetin (přihrávka na střední a dlouhou vzdálenost, preference odrazové končetiny ve výskoku, „manipulace s míčem“ apod.). Při dlouhodobé specifické činnosti je možné očekávat různé „maladaptivní“ projevy ve formě asymetrií (morfologické, svalové, neuromuskulární, funkční). Asymetrie ve sportu jsou spojené s vyšším rizikem zranění (Bak & Magnusson, 1997).

Zjišťování a hodnocení TS lze v současné době realizovat celou řadou diagnostických postupů: kaliperace, hydrodensitometrie, bioimpedanční metody, rentgenologické metody

(DEXA), pletysmografie. Každá metoda má své výhody, nevýhody, silné stránky a taky určité limity pro jejich použití u elitních sportovců (Malá et al., 2014; Mala, Zahalka, & Maly, 2018).

Cílem prezentovaného výzkumu bylo identifikovat parametry tělesného složení a identifikovat morfologické asymetrie u mladých elitních fotbalových hráčů v reflexi vybraných herních specializací, kdy bylo předpokladem, že existují signifikantní rozdíly v parametrech antropometrie a tělesného složení u hráčů v závislosti na herním postu.

Předpokládáme signifikantně vyšší tělesnou výšku a tělesnou hmotnost u brankářů, středových obránců a hrotových útočníků v komparaci s ostatními hráčskými pozicemi.

Signifikantně vyšší zastoupení tukové hmoty u brankářů ve srovnání s hráči v poli.

Signifikantně vyšší hodnoty poměru extracelulární a intracelulární hmoty u středových záložníků, krajních záložníků a krajních obránců v komparaci s brankáři.

Významné bilaterální morfologické asymetrie u mladých hráčů na krajních pozicích (krajní obránce, krajní záložník).

4.2 Metodika výzkumu

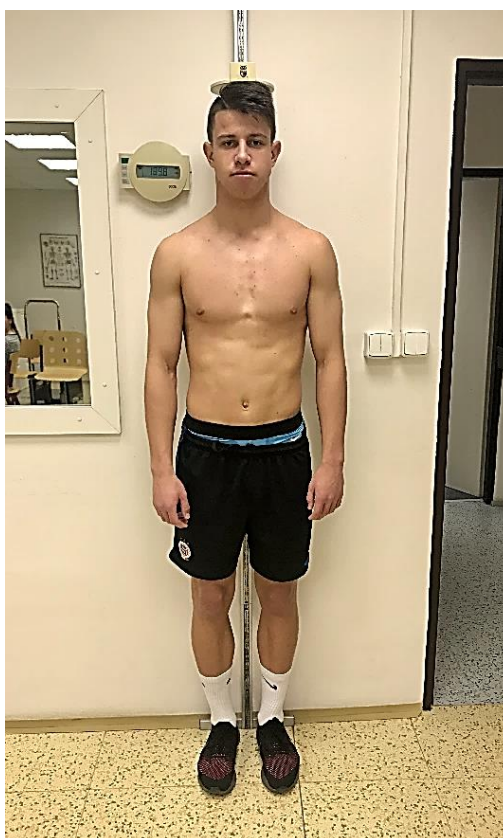
4.2.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor byl složen z mladých fotbalových hráčů elitní úrovně (hrající nejvyšší dorosteneckou ligu), ($n = 104$, věk = $18,2 \pm 0,6$ let). Z hlediska herního postu byli hráči rozděleni do šesti skupin: brankáři (B): $n = 11$, věk = $18,5 \pm 0,4$ let), krajní obránci (KO): $n = 23$, věk = $18,2 \pm 0,5$ let, střední obránci (SO): $n = 14$, věk = $18,4 \pm 0,4$ let, krajní záložníci (KZ): $n = 19$, věk = $18,2 \pm 0,5$ let, střední záložníci (SZ): $n = 22$, věk = $18,6 \pm 0,3$ let a útočníci (Ú): $n = 15$, věk = $18,8 \pm 0,2$ let.

Průměrná hráčská zkušenost byla u skupiny $9,5 \pm 3,4$ roků. Během soutěžního období měli hráči průměrně $9,2 \pm 1,5$ tréninkových jednotek na hřišti, 1 - 2 tréninkové jednotky v posilovně a 1 až 2 zápasy (90 min). Do výzkumu byli zařazeni pouze hráči, kteří nebyli zraněni a nebyli ve fázi rekondičního programu po zranění. V jednom případě byl hráč vyloučen z výzkumu z důvodu kovového implantátu v dolní končetině, který ovlivňoval výsledky měření při použití bioimpedančních metod (rezistence a reaktance při měření TS).

4.2.2 Metody získávání výzkumných údajů

Tělesné složení bylo diagnostikováno na začátku zimního přípravného období v laboratorních podmínkách. Byla změřena aktuální tělesná hmotnost (TH) pomocí elektronické váhy s přesností 0,1 kg (Soehnle-Waagen GmbH & Co, Murrhardt, Německo) a tělesná výška (TV) s přesností na 1 mm antropometrem (SECA220, Vogel & Halke, Hamburg, Německo) (Obrázek 4) Na stanovení TS byla použita metoda bioimpedance zařízením BIA 2000 M (Data Input GmbH, Frankfurt / Main, Německo). Měření bylo realizováno pomocí tetra-polárních elektrod, které se umísťují na končetiny stejné strany těla. Segmentový podíl svalové hmoty byl určen z parametrů získaných pomocí vícefrekvenční (1, 5, 50, 250, 500 a 1 000 kHz) bio-impedanční metody s použitím přístroje Tanita MC-980MA (Tanita Corporation, Japonsko). Měření pomocí bio-impedanční metody bylo realizováno za standardních podmínek stanovených v manuálu BIA (Kyle et al., 2004a, 2004b). V průběhu 24 hodin před měřením účastníci nekonzumovali žádné léky (včetně alkoholu a kofeinu) ani farmakologické látky, které by mohly ovlivnit výsledky měření. Před měřením (24 hodin) probandi nevykonávali extenzivní ani intenzivní pohybovou aktivitu.



Obrázek 4. Měření tělesné výšky digitálním stadiometrem u elitního hráče.

Pro hodnocení byly využity následující parametry tělesného složení:

- poměr buněčné a mimobuněčné hmoty (ECM/BCM),
- tuková hmota (FM),
- beztuková hmota absolutní (ATHa), relativní (ATHr),
- distribuce tekutin na dolní končetině – preferované (PDK) i nepreferované (NDK) a jejich rozdíl (ΔDK),
- distribuce tekutin v trupu těla (T),
- distribuce tekutin na horní končetině – preferované (PHK) i nepreferované (NHK) a jejich rozdíl (ΔHK).

Velmi důležitým a v dnešní době diskutovaným problémem jsou predikční rovnice vhodné pro sportovce elitní úrovně jak u mládeže, tak v dospělé kategorii. Predikční rovnice určující odhad nepřímo měřitelných parametrů (tukoprostá hmota, tuková hmota, intra/extracelulární hmota, buněčná hmota a další) mohou vést k chybě odhadovaného parametru. V případě dodržení standardních postupů a správných instrukcí je metoda bioimpedance neinvazivní možností, která dokáže rychle, jednoduše a levně odhadnout relativně přesně a spolehlivě tukoprostou hmotu a celkovou tělesnou vodu (Houtkooper, Lohman, Going, & Howell, 1996).

4.2.3 Metody zpracování výzkumných údajů

Výsledky byly vyjádřené v absolutních a relativních hodnotách. Pro vyjádření míry polohy byl použit aritmetický průměr a pro vyjádření míry variability směrodatná odchylka. Rozdíl průměrů vybraných parametrů u sledovaných skupin byl zjišťován pomocí mnohonásobné analýzy rozptylu (MANOVA). V případě signifikantního rozdílu mezi sledovanými skupinami byl použit Bonferroniho post hoc test. Pro posouzení věcné významnosti byl použit koeficient “Partial Eta Square” (η_p^2), který vyjadřuje proporcí variability sledovaného faktoru. Koeficient byl posuzován podle následujících kritérií (Sugimoto et al., 2018): $< 0,010$ = malý; $0,011 - 0,059$ = malý až střední; $0,060 - 0,138$ = střední až velký a $> 0,139$ = velký efekt.

Pro porovnání distribuce tekutin mezi končetinami byl použit Studentův t-test pro závislé výběry. Posouzení věcné významnosti jsme realizovali pomocí Cohenovho koeficientu

„d“ (Cohen, 1992). Posouzení velikosti efektu jsme realizovali pomocí následujících kritérií (Thomas, Nelson, & Silverman, 2015): $d \geq 0,8$ velký efekt, $d = 0,5$ střední efekt a $d \leq 0,2$ malý efekt. Zamítnutí nulové hypotézy bylo posouzeno s pravděpodobností $p < 0,05$. Statistická analýza byla realizována pomocí IBM® SPSS® v21 (Statistical Package for Social Science, Inc., Chicago, IL, 2012).

4.3 Výsledky výzkumu

Mnohonásobná analýza rozptylu prokázala signifikantní účinek sledovaného faktoru (hráčská pozice) na vybrané parametry TS u hráčů ($F_{65,410} = 2,06$; $\lambda = 0,26$, $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,23$). Hráči na pozici „brankář“ byli signifikantně vyšší ($189,72 \pm 5,59$ cm) v porovnání s ostatními hráčskými pozicemi (krajní obránci = $175,26 \pm 3,80$ cm, střední obránci = $183,16 \pm 6,06$ cm, krajní záložníci = $180,70 \pm 6,39$ cm, střední záložníci = $177,52 \pm 5,27$ cm a útočníci = $181,32 \pm 5,39$ cm). Hráči nejmenšího vzrůstu byli na pozici krajní obránce a středový záložník (Tabulka 2). Stejně výsledky byly zaznamenány u parametru tělesné hmotnosti, kdy brankáři disponovali nejvyšší tělesnou hmotností ($82,47 \pm 4,83$ kg). V porovnání s ostatními hráčskými specializacemi byli signifikantně těžší ($p < 0,05$). Nejlehčí tělesnou hmotnost měli krajní obránci ($68,91 \pm 2,89$ kg). Jejich tělesná hmotnost nebyla signifikantně rozdílná v porovnání s krajními záložníky ($72,19 \pm 6,49$ kg) a středovými záložníky ($71,72 \pm 4,71$ kg).

Analýza rozptylu neprokázala signifikantní vliv sledovaného faktoru (hráčská pozice) na poměr mimobuněčné a vnitrobuněčné hmoty ($F_{5,98} = 1,69$; $p = 0,15$; $\eta_p^2 = 0,08$).

Nebyly zjištěny také významné rozdíly tukové hmoty mezi sledovanými skupinami ($F_{5,98} = 1,91$; $p = 0,10$; $\eta_p^2 = 0,09$). Nejvyšší hodnota tělesného tuku byla zaznamenána u útočníků ($11,68 \pm 2,70$ %) a brankářů ($10,96 \pm 1,25$ %).

Úroveň aktivní tělesné hmoty u hráčů korespondovala s parametry tělesné výšky a tělesné hmotnosti. Brankáři disponovali signifikantně vyššími hodnotami v porovnání s ostatními hráčskými specializacemi ($p < 0,05$) a naopak krajní obránci a střední záložníci vykazovali hodnoty nejnižší. Při vyjádření aktivní tělesné hmoty v relativních hodnotách (na kilogram hmotnosti hráče) nebyly zjištěny významné rozdíly mezi sledovanými skupinami ($F_{5,98} = 1,18$; $p = 0,32$; $\eta_p^2 = 0,06$).

Při komparaci zastoupení hmoty na preferované a nepreferované končetině (dolní, horní) a trupu byly prokázány signifikantní rozdíly mezi sledovanými skupinami (Tabulka 2, Tabulka 3).

Tabulka 2. Hodnoty sledovaných parametrů u sledovaných skupin (průměr ± směrodatná odchylka).

Parametr	Brankáři (n=11)	Krajní obránci (n=23)	Střední obránci (n=14)	Krajní záložníci (n=19)	Střední záložníci (n=22)	Útočníci (n=15)
TV (cm)	189,72±5,59	175,26±3,80	183,16±6,06	180,70±6,39	177,52±5,27	181,32±5,39
TH (kg)	82,47±4,83	68,91±2,89	76,69±10,08	72,19±6,49	71,72±4,71	76,02±6,37
ECM/BCM	0,76±0,07	0,71±0,06	0,74±0,05	0,72±0,05	0,72±0,05	0,73±0,05
FM (%)	10,96±1,25	10,40±1,06	10,33±2,62	9,78±1,61	10,42±1,75	11,68±2,70
ATHa (kg)	72,97±5,20	61,75±2,24	68,51±7,30	65,04±5,30	63,57±2,94	67,02±5,75
ATHr	0,89±0,02	0,90±0,01	0,90±0,03	0,90±0,02	0,90±0,05	0,88±0,03
PDK (l)	12,02±0,99	10,44±0,66	11,49±1,11	10,89±0,99	10,77±0,66	11,25±1,03
NDK (l)	11,94±1,01	10,07±0,65	11,13±1,20	10,62±1,06	10,39±0,65	11,03±1,06
ΔDK (%)	1,14±0,96	3,54±1,20	3,19±2,11	2,53±1,48	3,58±1,38	2,05±1,38
Trup (l)	37,53±2,82	31,14±1,54	34,71±3,78	33,10±3,13	31,67±1,76	34,37±2,61
PHK (l)	4,39±0,67	3,33±0,46	3,76±0,65	3,60±0,73	3,54±0,45	3,73±0,61
NHK (l)	4,31±0,61	3,37±0,44	3,78±0,65	3,57±0,64	3,52±0,42	3,77±0,59
ΔHK (%)	2,63±2,29	2,01±1,76	1,48±1,35	2,82±2,80	2,14±2,06	1,91±1,88

Legenda: TV – tělesná výška, TH – tělesná hmotnost, ECM/BCM – poměr mimobuněčné a vnitrobuněčné hmoty, FM – tuková hmoty, ATHa – absolutní aktivní tělesná hmoty, ATHr – relativní aktivní tělesná hmoty, PDK – preferovaná dolní končetina, NDK – nepreferovaná dolní končetina, ΔDK – rozdíl hmoty mezi dolními končetinami, PHK – preferovaná horní končetina, NHK – nepreferovaná horní končetina, ΔHK – rozdíl hmoty mezi horními končetinami.

Tabulka 3. Analýza rozptylu a post-hoc testy u sledovaných skupin.

Parametr	Suma čtverců	F	Sig.	η_p^2	Bonferroniho posthoc test
TV (cm)	1863,72	12,89	<0,01	0,40	B vs. KO , SO , KZ , SZ , Ú ; KO vs. B , SO , KZ , Ú ; SO vs. B , KO , SZ ; KZ vs. B , KO , SZ ; SZ vs. B , SO , Ú ; Ú vs. B , KO , SZ
TH (kg)	1707,65	9,48	<0,01	0,33	B vs. KO , SO , KZ , SZ , Ú ; KO vs. B , SO , Ú ; SO vs. B , KO , KZ , SZ ; KZ vs. B , SO ; SZ vs. B , SO , Ú ; Ú vs. B , KO , SZ
ECM/BCM	0,03	1,69	0,15	0,08	
FM (%)	33,43	1,91	0,10	0,09	
ATHa (kg)	1184,34	10,44	<0,01	0,35	B vs. KO , SO , KZ , SZ , Ú ; KO vs. B , SO , KZ , Ú ; SO vs. B , KO , KZ , SZ ; KZ vs. B , KO , SO ; SZ vs. B , SO , Ú ; Ú vs. B , KO , SZ
ATHr	0,01	1,18	0,32	0,06	
PDK (l)	24,36	6,19	<0,01	0,24	B vs. KO , KZ , SZ , Ú ; KO vs. B , SO , Ú ; SO vs. KO , SZ ; KZ vs. B ; SZ vs. B , SO , Ú ; Ú vs. B , KO
NDK (l)	32,52	7,71	<0,01	0,28	B vs. KO , SO , KZ , SZ , Ú ; KO vs. B , Ú ; SO vs. B , KO , SZ ; KZ vs. B ; SZ vs. B , SO , Ú ; Ú vs. B , KO , SZ
Δ DK (%)	68,14	6,53	<0,01	0,25	B vs. KO , SO , KZ , SZ , Ú ; KO vs. B , KZ , Ú ; SO vs. B , Ú ; KZ vs. B , KO , SZ ; SZ vs. B , KZ , Ú ; Ú vs. KO , SO , SZ
Trup (l)	408,15	12,22	<0,01	0,38	B vs. KO , SO , KZ , SZ , Ú ; KO vs. B , SO , KZ , Ú ; SO vs. B , KO , KZ , SZ ; KZ vs. B , KO ; SZ vs. B , SO , Ú ; Ú vs. B , KO , SO
PHK (l)	8,92	5,21	<0,01	0,21	B vs. KO , SO , KZ , SZ , Ú ; KO vs. B , SO , Ú ; SO vs. B , KO ; KZ vs. B ; SZ vs. B ; Ú vs. B , KO
NHK (l)	7,61	5,08	<0,01	0,21	B vs. KO , SO , KZ , SZ ; KO vs. B , SO , Ú ; SO vs. B , KO ; KZ vs. B ; SZ vs. B ; Ú vs. B , KO
Δ HK (%)	19,48	0,88	0,50	0,04	

Legenda: TV – tělesná výška, TH – tělesná hmotnost, ECM/BCM – poměr mimobuněčné a vnitrobuněčné hmoty, FM – tuková hmota, ATHa – absolutní aktivní tělesná hmota, ATHr – relativní aktivní tělesná hmota, PDK – preferovaná dolní končetina, NDK – nepreferovaná dolní končetina, Δ DK – rozdíl hmoty mezi dolními končetinami, PHK – preferovaná horní končetina, NHK – nepreferovaná horní končetina, Δ HK – rozdíl hmoty mezi horními končetinami, F – testovací hodnota, p – pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy, η_p^2 – věcná významnost.

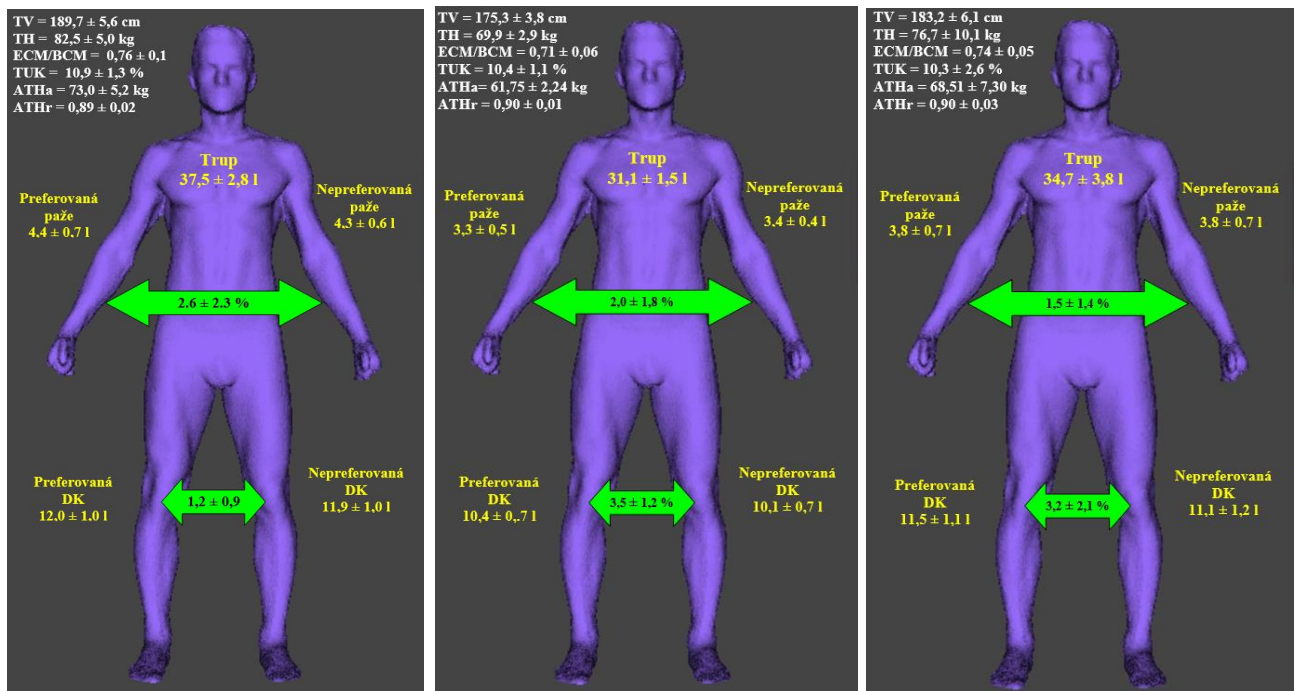
U dolních končetin jsme zjistili signifikantní rozdíly zastoupení aktivní tělesné hmoty mezi preferovanou a nepreferovanou dolní končetinou u sledovaných hráčských skupin ($p < 0,05$; $d = 0,22 - 0,57$) s výjimkou brankářů (Tabulka 4). V případě komparace horních končetin jsme nezjistili statistické ani věcně významné rozdíly ($p > 0,05$; $d = -0,02 - 0,13$).

Tabulka 4. Komparace zastoupení aktivní tělesné hmoty mezi preferovanou a nepreferovanou končetinou.

Končetiny	Herní pozice	Párové rozdíly					t	p	d	ES
		Průměr	S.O.	SEM	95 % CI					
					Spodní	Horní				
Dolní končetiny	B	0,08	0,16	0,05	-0,03	0,19	1,70	0,12	0,08	malý
	KO	0,37	0,13	0,03	0,31	0,43	13,69	0,00	0,57	střední
	SO	0,36	0,23	0,06	0,22	0,49	5,78	0,00	0,31	malý
	KZ	0,27	0,16	0,04	0,19	0,35	7,31	0,00	0,26	malý
	SZ	0,39	0,15	0,03	0,32	0,45	11,91	0,00	0,59	střední
	Ú	0,23	0,15	0,04	0,14	0,31	5,91	0,00	0,22	malý
Horní končetiny	B	0,08	0,15	0,04	-0,02	0,18	1,85	0,10	0,13	malý
	KO	-0,03	0,08	0,02	-0,07	0,01	-1,78	0,09	-0,07	malý
	SO	-0,01	0,08	0,02	-0,06	0,03	-0,69	0,50	-0,02	malý
	KZ	0,03	0,15	0,03	-0,04	0,10	0,92	0,37	0,05	malý
	SZ	0,02	0,11	0,02	-0,02	0,07	1,00	0,33	0,05	malý
	Ú	-0,04	0,09	0,02	-0,09	0,01	-1,70	0,11	-0,07	malý

Legenda: B – brankáři, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci, S.O. – směrodatná odchylka, SEM – střední chyba průměru, CI – konfidenční interval, t – hodnota testovacího kritéria, p – pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy, d – Cohenův koeficient věcné významnosti, ES – velikost efektu.

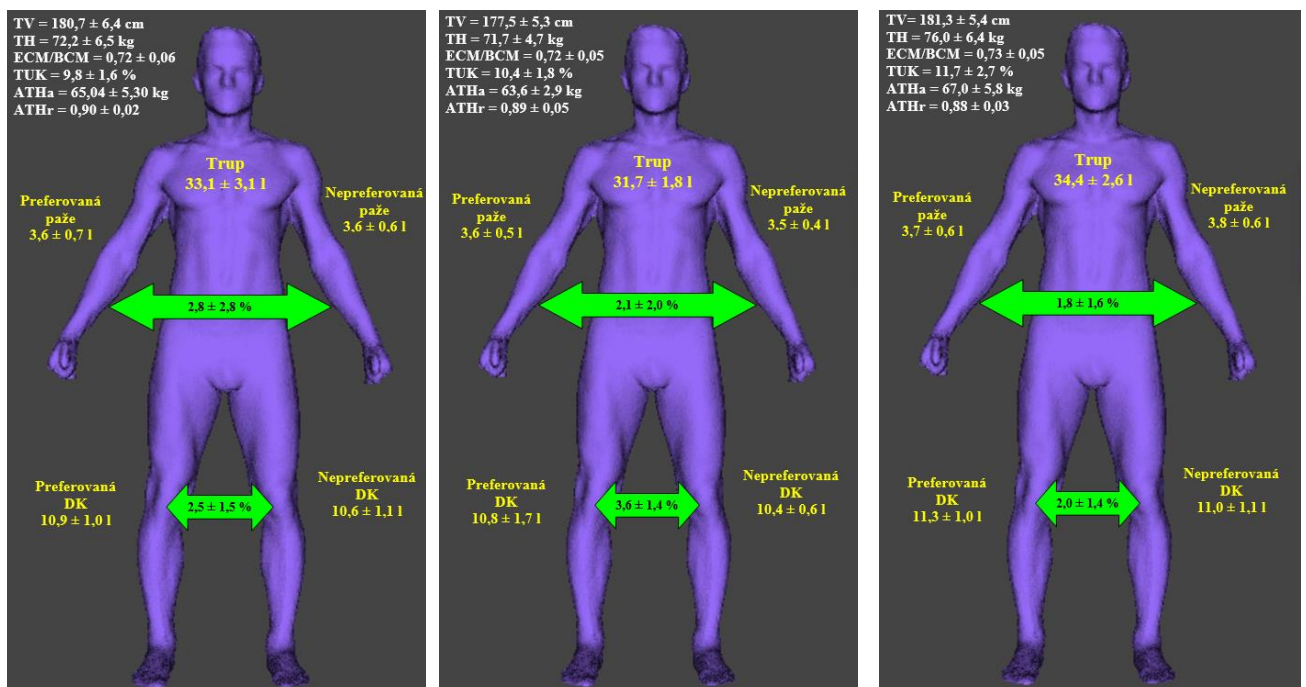
Sledované antropometrické parametry a charakteristiky tělesného složení u jednotlivých herních specializací prezentujeme názorně v infografice (Obrázek 6a – 6f).



a) brankář

b) krajní obránce

c) střední obránce



d) krajní záložník

e) střední záložník

f) útočník

Obrázek 6. Vybrané antropometrické parametry a charakteristiky tělesného složení u jednotlivých herních pozic (a, b, c, d, e, f).

4.4 Diskuze

Výsledky výzkumu prokázaly, že průměrná výška u elitních mládežnických hráčů na pozici brankář, střední obránce, krajní záložník a útočník je v průměru vyšší než 180 cm. Nižší průměrná výška (TV <180 cm) byla zjištěna u krajních obránců a středních záložníků. Prezentované výsledky jsou srovnatelné s výzkumy publikovanými u dospělých hráčů, kde Arnason et al. (2004) uvádějí průměrnou TV u brankářů $185,2 \pm 4,7$ cm a útočníků $180,2 \pm 5,3$ cm. Podobně Sporis, Jukic, Ostojic a Milanovic (2009) uvádí průměrnou výšku u elitních brankářů $185,0 \pm 3,1$ cm a útočníků $180,7 \pm 3,4$ cm. Milsom et al. (2015) u profesionálních dospělých brankářů naměřil TV = $189,8 \pm 3,2$ cm. Autoři potvrdili, že brankáři jsou signifikantně vyšší oproti ostatním hráčům na zbylých herních pozicích. Nejnižší TV byla v prezentovaném výzkumu zaznamenána u krajních obránců ($175,26 \pm 3,80$ cm) a středních záložníků ($177,52 \pm 5,27$ cm). Popisované hodnoty jsou porovnatelné s výzkumem Iglesias-Gutierrez et al. (2012), kde u mladých španělských hráčů první ligy (věk = 18 ± 2 roky) uvádějí průměrnou TV u krajních obránců $175,5 \pm 5,0$ cm a středních záložníků $179,6 \pm 5,2$ cm. Stejně i Arnason et al. (2004) uvádí jako nejnižší hráče záložníky ($179,3 \pm 5,2$ cm), ale autoři herních pozicí záložník nerozdělili na středního a krajního záložníka. Náš výzkum prokázal, že krajní záložníci jsou signifikantně vyšší v porovnání se středními záložníky. Zjištění může souviset i se specifickými herními nároky kladenými během utkání na hráče, kdy u středních záložníků je akcent zejména na rychlou manipulaci s míčem při změnách směru, u kterých kontrola pohybu a nižší těžiště může hrát významnou úlohu. Naopak krajní záložníci, překonávají vyšší vzdálenosti ve sprinterských intenzitách a jejich pohyb je více přímočarý v porovnání se středními záložníky. Při tomto typu pohybu může být vyšší postava výhodou z důvodu delšího běžeckého kroku. Pohybový profil a struktura zatížení je u uvedených herních pozic také rozlišná (kapitola 7). Gil et al. (2007) uvádí u mladých španělských hráčů ($n = 243$, věk = $14,7 - 17,3$ roku) všech hráčských pozic (brankáři, obránci, záložníci a útočníci) průměrnou TV nižší než 180 cm. Musíme uvést, že uvedení hráči se stále nacházejí v období maturace při porovnání s ostatními skupinami. Iglesias-Gutierrez et al. (2012) nacházejí signifikantně vyšší brankáře ($181,7 \pm 5,6$ cm) a střední obránce ($181,5 \pm 4,8$ cm) v komparaci s ostatními hráčskými pozicemi.

Sporiš et al. (2009) popisuje fakt, že tělesná výška sama o sobě není kritériem úspěšnosti, ale může mít rozhodující význam při selekci hráčů v kontextu jednotlivých herních pozic. V prezentovaném výzkumu byla zjištěna nižší TH u krajních obránců ($68,91 \pm 2,89$ kg), středních záložníků ($71,72 \pm 4,71$ kg) a krajních záložníků ($72,19 \pm 6,49$ kg). Milsom et al.

(2015) zjistili u 18-ti letých záložníků $TH = 71,2 \pm 5,9$ kg. U všech uvedených hráčských pozic je z hlediska pohybových nároků vysoký požadavek na běžecký výkon, i když v rozdílných parametrech (celková překonaná vzdálenost, vzdálenost ve sprintu, vzdálenost ve vysoké běžecké rychlosti, počet akceleračních a deceleračních úseků ve střední a vysoké intenzitě). Další studie Iglesias-Gutierrez et al. (2012), Silvestre et al. (2006) uvádějí signifikantně vyšší TH u brankářů v porovnání s ostatními hráčskými pozicemi. Výsledky byly potvrzeny v prezentovaném výzkumu Milsom et al. (2015) u signifikantně vyšší TH brankářů v kategorii dospělých a U18 ($p < 0,05$). Sutton et al. (2009) naopak nenašli signifikantní rozdíly ($p > 0,05$) mezi hráči v poli v parametrech TV a TH u dospělých elitních hráčů.

Poměr extracelulární a intracelulární tekutiny (ECM/BCM) charakterizuje kvalitativní aspekt svalové hmoty, který je závislý na trénovanosti, věku a pohlaví (Bunc, 2007). U vysoce trénovaného hráče by se hodnota uvedeného poměru měla pohybovat okolo 0,70 (Bunc, 2007). V prezentovaném výzkumu měli nejnižší hodnoty krajní obránci ($0,71 \pm 0,06$) a nejvyšší naopak brankáři ($0,76 \pm 0,07$). Krajní a střední záložníci dosáhli stejných hodnot ($0,72 \pm 0,05$). Celkově nebyly prokázány žádné signifikantní rozdíly mezi hráčskými pozicemi ($p > 0,05$) (Tabulka 3). Prezentované naměřené hodnoty jsou v souladu s požadavky na kvalitu svalové hmoty u elitních mladých hráčů.

Hodnota FM se z hlediska zařazení hráče podle hráčské pozice u prezentovaných hráčů signifikantně nelišila (Tabulka 3). Milsom et al. (2015) publikovali shodný výsledek u třech elitních anglických týmů různých věkových kategorií (dospělí, U21 a U18). Stejně tak u elitních hráčů nejvyšší ligy na Islandě nebyly prokázány signifikantní rozdíly tělesného tuku mezi vybranými hráčskými posty (Arnason et al., 2004). Carling a Orhant (2010) uvádějí nevýznamné změny FM mezi hráčskými pozicemi u elitních dospělých francouzských hráčů. V některých studiích naopak signifikantní rozdíly tělesného tuku v závislosti od herních pozic prokázány byly (Gil et al., 2007, Sutton et al., 2009).

Sporiš et al. (2009) u dospělých hráčů prokázali signifikantně vyšší zastoupení FM u obránců ($12,2 \pm 0,7$ %) v porovnání se záložníky ($8,4 \pm 2,9$ %). Také útočníci disponovali signifikantně vyššími hodnotami ($10,2 \pm 2,1$ %) v porovnání se záložníky. Autoři však nerozdělili hráče ($n = 270$) na střední a krajní obránce, resp. střední a krajní záložníky. Brankáři dosahovali signifikantně vyšších hodnot ($14,2 \pm 1,9$ %) oproti ostatním skupinám ($p < 0,05$). Studie Boone, Vaeyens, Steyaert, Vanden Bossche a Bourgois (2012) prokázala u elitních belgických hráčů signifikantně vyšší hodnoty FM u brankářů ($15,5 \pm 4,1$ %) v porovnání se středními obránci ($10,9 \pm 1,7$ %), krajními obránci ($10,4 \pm 1,6$ %), záložníky ($11,0 \pm 1,7$ %) a

útočníky ($10,1 \pm 1,9$ %). Hráčské pozice s výjimkou brankáře nezaznamenali signifikantní rozdíly v zastoupení tělesného tuku ($p > 0,05$).

Gil et al. (2007) zjistili u mladých fotbalových hráčů ($n = 141$, věk = $17,3 \pm 2,6$ roku), že útočníci ($n = 56$) měli nejnižší zastoupení tělesného tuku ($10,95 \pm 1,31$ %) a nejvyšší procentuální zastoupení svalové hmoty ($47,94 \pm 1,39$ %), výsledky jsou v rozporu s naší studií. Brankáři měli signifikantně vyšší zastoupení tělesného tuku ($12,22 \pm 1,74$ %) v porovnání s útočníky. Útočníci také disponovali signifikantně vyšším zastoupením svalové hmoty v porovnání se záložníky ($46,14 \pm 1,72$ %).

Sutton et al. (2009) uvádí u dospělých hráčů nejvyšší anglické fotbalové soutěže EPL ($n = 64$, věk = $26,2 \pm 4,0$ roku) hodnotu tělesného tuku $10,6 \pm 2,1$ %. Tukuprostá hmota představovala u hráčů $81,3 \pm 2,0$ %. Autoři uvádějí signifikantně vyšší zastoupení FM u brankářů ($12,9 \pm 2,0$ %) v porovnání s útočníky ($9,9 \pm 2,0$ %). Mezi hráči v poli nebyly nalezeny signifikantní rozdíly ($p > 0,05$) u parametrů tukuprostá hmota a tuková hmota. Sporiš et al. (2009) u elitních hráčův prokázali negativní vztah mezi zastoupením tuku a výkonem ve sprintu, anaerobním výkonu, výšce vertikálního výskoku a maximální spotřebě kyslíku (VO_{2max}).

Výsledky našeho výzkumu neprokázaly signifikantní rozdíly v aktivní tělesné hmotnosti (ATH) při relativním vyjádření (Tabulka 3). Další přehled zastoupení tělesného tuku u vybraných hráčských pozic uvádíme v tabulce 5.

Sledování morfologických asymetrií a jejich komparace mezi hráčskými skupinami prokázalo nesignifikantní rozdíly u horních končetin (segmentální zastoupení svalové hmoty), (Tabulka 3, 4). U dolních končetin jsme poté zjistili nejvyšší rozdíly mezi končetinami u krajních obránců ($3,54 \pm 1,20$ %) a u středních záložníků ($3,58 \pm 1,38$ %). Překvapivě nejnižší rozdíl byl zjištěn u brankářů ($1,14 \pm 0,96$ %). Hráči v poli zaznamenali signifikantní rozdíly mezi preferovanou a nepreferovanou dolní končetinou v zastoupení aktivní tělesné hmoty, i když věcná významnost se neprokázala jako vysoká (Tabulka 4).

Tabulka 5. Zastoupení tukové hmoty (%) u vybraných hráčských pozic (vybrané studie).

Reference	n	Věk (let)	Brankáři	Obránci		Záložníci		Útočníci	Výkonnostní úroveň, metoda
				Krajní	Střední	Krajní	Střední		
Aktuální studie	104	18,2±0,6	11,0±1,3	10,4±1,1	10,3±2,6	9,8±1,6	10,4±1,8	11,7±2,7	1. Liga dorostu, BIA
Arnason et al. (2004)	306	24,2	12,3±5,3	10,6±3,6		10,7±4,2		9,6±5,1	Island 1 a 2 liga, kaliperace
Boone et al. (2012)	289	25,4±4,9	15,5±4,1	10,4±1,6	10,9±1,7	11,0±1,7		10,1±10,1	Belgie, První liga, kaliperace
Cardenas-Fernandez (2019)	174	15,2±1,9	15,7±2,1	13,3±3,0	12,5±2,0	13,1±3,4		11,9±2,3	Španělsko 1-4 divize, kaliperace
Carlin a Orhant (2010)	30	24,4±4,1	11,6±3,0	10,7±2,1		10,3±0,8		10,5±1,0	Francie 1 liga, kaliperace
Gil et al. (2007)	241	14,7-17,3	12,2±1,7	11,7±1,9		11,9±2,3		11,0±1,3	Getxo Arenas Club, kaliperace
Iglesias-Gutierrez et al. (2012)	87	18±2	11,8±1,7	9,9±1,2	10,3±1,4	10,7±1,8	10,1±0,8	10,3±1,4	Španělsko 1 liga, kaliperace
Milsom et al. (2015)	27	24,1±3,9	9,9±0,9	10,2±1,8		9,7±1,7		10,3±2,1	EPL, DEXA
	21	18,4±1,0	12,4±4,3	10,5±2,1		12,0±1,5		12,1±3,2	EPL, DEXA
	35	16,6±0,6	13,1±2,7	11,1±1,5		11,5±3,2		10,5±2,6	EPL, DEXA
Silvestre et al. (2006)	27	19,9±1,3	21,8±6,4	12,2±3,7		11,7±3,3		15,2±10,9	NCAA I, DEXA
Sporiš et al. (2009)	270	28,3±5,9	14,2±1,9	12,2±0,7		8,4±2,9		10,2±2,1	Chorvatsko 1 liga, kaliperace
Sutton et al. (2009)	56	26,8±5,2	12,9±2,0	10,6±2,1		10,2±1,8		9,9±2,0	EPL, DEXA

Legenda: n – počet hráčů, BIA – bioimpedanční analýza, EPL – English Premier League, DEXA – dual-energy X-ray absorptiometry, NCAA – National Collegiate Athletic Association.

Mala et al. (2014) uvádí signifikantní rozdíl mezi preferovanou a nepreferovanou dolní končetinou v zastoupení svalové hmoty u dospělých fotbalových hráčů. Popisované rozdíly je možné připsat preferenci jednostranného zatížení s možnými maladaptivními změnami během dlouhodobé nekompensované specifické činnosti. Výzkumy také prokázaly signifikantní rozdíly u dolních končetin (ve prospěch preferované končetiny) i v dalších parametrech výkonu fotbalových hráčů: izokinetický projev síly dolních končetin (extenzory kolene) (Lehnert, Urban, Herbert, Procházka, & Psotta, 2011; Maly et al., 2010), produkce svalové síly při vertikálním výskoku (Zahalka, Maly, Mala, Teplan, & Hrasky, 2013), projevy „agility“ (Maly, Zahalka, et al., 2014b). Zjištění nám dává finální informaci, že morfologické asymetrie by měly být součástí běžného sledování a hodnocení především ze zdravotně preventivního hlediska s následným cílem jejich eliminace a kompenzace.

Limity výzkumu:

Za limity výzkumu považujeme testování věkově homogenní skupiny, proto je možné výsledky generalizovat pouze na námi zkoumanou věkovou a výkonnostní úroveň. Orientace dalšího výzkumu by měla být i na jiné věkové kategorie. Pro mladší věkové kategorie by měl být zohledněn i biologický věk hráčů. U starších „elitních“ hráčů by bylo jistě zajímavé aplikovat kritéria pro posouzení úspěšnosti (elitnosti) hráče. Právě takové kritérium není ve vědecké literatuře sjednocené, i když se objevuje několik dalších termínů a kritérií pro klasifikaci úspěšnosti. Při vyšší počtu testovaných probandů by bylo vhodné rozdělení herních specializací u pozice střední záložníků na: defenzivní záložník, střední záložník, podhrotový hráč. Z hlediska diagnostiky bychom do budoucna uvítali měření parametru tělesného složení pomocí DEXA metody, která se považuje za zlatý standard (Malá et al., 2014).

4.5 Závěr výzkumu

Výsledky výzkumu prokázaly signifikantní rozdíly vybraných parametrů TS u mladých elitních fotbalových hráčů v reflexi herních pozic. Brankáři dosáhli signifikantně vyšší tělesné výšky v porovnání s ostatními herními pozicemi. Předpoklad o vyšší signifikantní tělesné výšce středních obránců a útočníků v porovnání s krajními záložníky se nepotvrdil. Zjištění poukazuje na fakt, že pro hráče na uvedených pozicích vyšší tělesná výška při současném zachování dalších atribut fyzického a technického výkonu může být výhodou.

Předpoklad o vyšším zastoupení tělesného tuku u brankářů se nám nepotvrdil. V současném fotbale je pozice brankáře důležitá nejenom z pohledu defenzivních činností, ale taktéž při zakládání útoku, otáčení hry a dalších činnostech, v kterých se zapojuje a plní úlohu tzv. „libera“. Nároky na dynamické činnosti brankáře si vyžadují kvalitní fyzickou a atletickou připravenost při chytání a pohybech, u kterých dochází k značným změnám polohy a změnám těžiště těla (pády, přesuny, odrazy a podobně).

Vyšší poměr extracelulární a intracelulární hmoty u středních záložníků, krajních záložníků a krajních obránců v komparaci s brankářem se nepotvrdil. Na všechny herní pozice v současném elitním fotbale jsou kladeny vysoké nároky na funkční připravenost a rozdíly se budou pravděpodobně projevovat při specifických formách testování funkčních limitů vybraných pohybových schopností a stupně osvojení pohybových dovedností.

Náš výzkum prokázal bilaterální morfologické asymetrie u dolních končetin hráčů v poli (KO, SO, KZ, SZ, Ú). Zjištění je z podstaty v kontextu s naším tvrzením o nutnosti individualizace tréninkové procesu u vybraných hráčů s cílem eliminace, resp. kompenzace zjištěných morfologických rozdílů, které mohou mít negativní vliv na úroveň sportovního výkonu a jsou prediktorem vyššího rizika zranění.

Přínos práce sledujeme v obohacení vědeckých poznatků v kontextu zkoumání parametrů a rozdílů TS v rámci hráčských specializací. V souvislosti s popsáním faktem je nutné uvést, že některé studie (Arnason et al., 2004; Carling & Orhant, 2010; Gil et al., 2005; Milsom et al., 2015; Sutton et al., 2009) rozdělili hráčské pozice pouze na 4 skupiny (brankáři, obránci, záložníci a útočníci. Avšak ukazuje se, že „horizontální“ členění hráčů nereflektuje dostatečně specifické nároky v daných skupinách. Pohybové nároky, antropometrické parametry kladené na krajního obránce jsou odlišné v porovnání se středním obráncem. Z uvedeného hlediska je potřeba mimo horizontálního členění hráčů sledovat i vertikální členění (krajní obránci, střední obránci, krajní záložníci, střední záložníci, krajní záložníci, útočníci). Právě takové informace jsou zcela nové v oblasti sportovních věd, kinantropologického výzkumu a senzitivněji reflektují specifika sportovního výkonu ve fotbale.

5 IZOKINETICKÁ SVALOVÁ SÍLA DOLNÍCH KONČETIN A SILOVÉ ASYMETRIE

Knuttgen a Kraemer (1987) definují svalovou sílu jako její maximální schopnost produkce ve svalu, resp. svalové skupině při požadované rychlosti svalové kontrakce. Důležitou součástí podmíněnosti sportovního výkonu ve fotbale je svalová síla a speciálně svalová síla dolních končetin, která se v současnosti považuje za důležitou komponentu sportovní připravenosti hráče z hlediska sportovní výkonnosti, ale také z hlediska prevence zranění (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty, & Ferret, 2008; Lehance et al., 2009; Lehnert, Xaverova, et al., 2014).

5.1 Izokinetická svalová síla jako předmět vědeckého výzkumu ve fotbale

Testování a objektivizace svalové síly úzce souvisí s konceptem silových schopností a svalové síly jako předpokladu k zajištění rozličných pohybových projevů a sportovního výkonu hráčů. Croisier et al. (2008) uvádějí, že odnocení izokinetické síly před začátkem sezóny umožňuje identifikovat indikátory síly jako prediktory možného svalového zranění.

Z hlediska diagnostiky se ukazují tři důležité body pro hodnocení svalové síly u elitních hráčů (Lehance et al., 2009):

- ujištění se o absenci silových asymetrií mezi dominantní a nedominantní dolní končetinou,
- ujištění se o vhodném vzájemném poměru flexorů a extenzorů kolena,
- ujištění se, že silový výkon hráče je v souladu s normami pro jeho výkon z hlediska výkonnostní úrovně a tréninkové praxe (hráčské zkušenosti).

Sale (1992) popisuje čtyři základní důvody pro testování silových předpokladů u elitních sportovců:

- objektivizace připravenosti z pohledu podílu silových schopností na sportovním výkonu,
- sledování rozvoje silových schopností u sportovců (silový profil v časových řadách),
- sledování silových schopností v kontextu tréninkového procesu,
- sledování účinnosti rehabilitace, rekondice sportovce po zranění.

Testování pomocí izokinetické síly u fotbalistů se využívá ve sportovních vědách a v klinických studiích s různým účelem:

- stanovení fyziologického profilu hráče (Fousekis et al., 2010; Iga et al., 2005; Wong & Wong, 2009),
- sledování změn v přípravném období (Botek et al., 2010),
- sledování účinnosti aplikovaného izokinetického silového programu (Giofsidou et al., 2008),
- sledování variability silových schopností v průběhu sezóny (Lehnert, Psotta, et al., 2014; Lehnert, Xaverova, et al., 2014; Malliou, Ispirlidis, Beneka, Taxildaris, & Godolias, 2003),
- silový profil hráčů (Fousekis et al., 2010; Kellis, Gerodimos, Kellis, & Manou, 2001; Maly, Zahalka, & Mala, 2016a; Malý et al., 2010; Malý, Zahálka, Malá, & Teplan, 2012),
- úroveň svalové síly u velmi mladých hráčů (Maly, Zahalka, Mala, & Teplan, 2013a),
- efekt dominance dolní končetiny (Forbes et al., 2009; Maly et al., 2021; Maly, Zahalka, & Mala, 2016b),
- komparace izokinetické síly v závislosti od úspěšnosti týmů (Maly, Zahalka, & Mala, 2011),
- komparace silových parametrů z hlediska výkonnostní úrovně (Maly, Zahalka, & Mala, 2014),
- sledování silových asymetrií podle herních pozic (Maly, Zahalka, Mala, Cabell, & Bujnovsky, 2016; Silva et al., 2015),
- sledování úrovně svalové síly a silových asymetrií ve vztahu k únavě a dopadu na úroveň kvalitu kopu do míče (Izovska, Maly, & Zahalka, 2017; Maly et al., 2018),
- sledování korelace s jinými komponenty sportovního výkonu (Lehance et al., 2009; Lehnert, Svoboda, et al., 2013; Malý et al., 2011; Maly et al., 2013),
- sledování sekulárních trendů (Carling, Le Gall, & Malina, 2012),
- hodnocení výkonu s cílem identifikace talentu (Carling, Le Gall & Malina, 2012),
- predikce zranění (Bennel et al., 1998; Croisier, 2003; Croisier et al., 2004; Fousekis, Tsepis, Poulmedis, Athanasopoulos, & Vagenas, 2011),
- hodnocení svalové síly hráčů nezraněných a hráčů po zranění (Lehance et al., 2009),
- diagnostika připravenosti hráče při návratu po zranění (Tol et al., 2014),

- vztah mezi izokinetickou silou a rychlostí střelby (Masuda, Kikuhara, Demura, Katsuta, & Yamanaka, 2005),
- vztah mezi izokinetickou svalovou silou a úrovní svalové aktivity (EMG) při kopu do míče (Kellis & Katis, 2007),
- komparace síly v závislosti věkových skupin (Forbes et al., 2009; Lehance et al., 2009; Lehnert, Urban, Herbert, Procházka, & Psotta, 2011; Maly et al., 2021; Maly, Zahalka, Mala, & Teplan, 2012; Maly, Zahalka, Mala, & Teplan, 2014a),
- normativní hodnoty isokinetické svalové síly pro mladé fotbalové hráče (Maly, Zahalka, & Mala, 2013; Maly, Zahalka, Mala, & Teplan, 2013b),
- úroveň svalové síly ve vztahu k profesionálnímu tréninkovému věku hráče (professional training age) (Fousekis et al., 2010),
- sledování rozdílů odlišných operačních technik při poranění kolene (Moisala, Jarvela, Kannus, & Jarvinen, 2007),
- změny svalové síly účinkem specifického zatížení (Lehnert et al., 2017; Lehnert et al., 2018).

Testování na izokinetickém dynamometru umožňuje sledování projevů síly při koncentrické i excentrické kontrakci při konstantní rychlosti, což umožňuje normalizování hodnot a jejich intra – a interindividuální komparaci. Při koncentrické i excentrické kontrakci je možné identifikovat nejslabší a nejsilnější místo v průběhu rozsahu vykonávaného pohybu. Mimo sledování síly extenzorů (Q – quadriceps) a flexorů (H – hamstring) kolena, které jsou určené úrovní maximálního momentu síly (PT – peak torque), se pro potřeby hodnocení určuje také silový ipsilaterální poměr mezi antagonistou (H) a synergistou (Q) – H:Q poměr a bilaterální silový poměr stejné svalové skupiny mezi končetinami (Q:Q, H:H).

5.2 Význam svalové síly extenzorů a flexorů kolena

Svalová síla extenzorů kolena je důležitá při činnostech, jako je běh, odraz, kop do míče a další podobné aktivity. Studie prokázaly významnou asociaci mezi svalovou silou extenzorů kolena (maximálním volným úsilím v počáteční fázi explozivní svalové činnosti: prvních 50-75 ms) a následným silovým gradientem (Maffiuletti et al., 2016), výkonem ve sprintu (Cometti, Maffiuletti, Pousson, Chatard, & Maffulli, 2001; Dauty, Bryand, & Potiron-Josse, 2002) a

výskocích (Dauty et al., 2002). Úroveň svalové síly měřená při vysokých rychlostech je vhodným prediktorem pro výkon při kopu do míče (Kellis & Katis, 2007).

Síla flexorů kolena má vysoký podíl při sprintu (délka a frekvence běžeckého kroku), dynamické stabilizaci kolena při rychlé změně směru, při akceleraci a deceleraci, stejně tak u dopadů (Cerrah et al., 2011; Lehance et al., 2009), ale také při procesu decelerace dolní končetiny po vysoko intenzivní činnosti extenzorů kolena – např. kop do míče s cílem zabránění hyper extenze kolena (Croisier, 2004). Jejich aktivita je také významná v poslední třetině letové fáze běžeckého kroku při excentrické svalové kontrakci a při kontaktní fázi přepínají z excentrické do koncentrické svalové kontrakce spolu s nárůstem produkce svalové síly (Bennel et al., 1998). Svalová skupina flexorů kolena dokáže produkovat značnou sílu ve vysokých úhlových rychlostech, v otevřeném i uzavřeném kinetickém řetězci a jsou ve srovnání s extenzory kolena více náchylné ke zranění (Bennel et al., 1998). Význam svalové síly extenzorů a flexorů kolena byl potvrzen významnou korelací mezi maximální svalovou silou – výkonem ve sprintu (Newman, Tarpinning, & Marino, 2004; Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004) a opakovaném sprinterském výkonu (Newman et al., 2004).

Svalová síla extenzorů kolena je u elitních fotbalových hráčů v průběhu sezóny poměrně stabilní, na druhou stranu byly zjištěné signifikantní změny u flexorů kolena (Lehnert, Psotta, et al., 2014; Lehnert, Xaverova, et al., 2014).

Výsledky vědeckých studií se shodují, že nízká úroveň svalové síly flexorů kolena je vysokým prediktorem jejich možného zranění (Croisier et al., 2008; Mendiguchia, Alentorn-Geli, & Brughelli, 2012; Orchard, Marsden, Lord, & Garlick, 1997). Studie prokázaly, že zranění svalové skupiny hamstringů patří k nejčastějšímu důvodu poranění u fotbalistů (Ekstrand et al., 2012). Orchard et al. (1997) uvádějí, že u sportovců, kteří se během sezóny zranili (zranění hamstringů), byla zjištěná nižší úroveň svalové síly flexorů kolena (16 %) v porovnání s hráči bez zranění.

Svalová síla u hráčů se zvyšuje od nízkého věku tréninkové praxe (5-7 roků) k střednímu věku (8-10 roků) a následně dochází už k její stabilizaci (Fousekis et al., 2010). Z hlediska chronologického věku byly zjištěné signifikantní rozdíly v úrovni svalové síly extenzorů a flexorů kolena mezi hráči kategorie U16, U17 a U18 při nízké ($60 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$) a střední ($180 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$) úhlové rychlosti, ale na druhou stranu nevýznamné rozdíly při vysoké úhlové rychlosti ($300 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$) (Lehnert et al., 2011). Výzkumy ve fotbale prokázaly významný vliv specifického tréninku na úroveň svalové síly (Konrad & Tilp, 2018) a speciálně pro oblast svalové síly extenzorů kolena (Iga et al., 2005).

5.3 Silové asymetrie

Na sportovní výkon hráče fotbalu má mimo úroveň silové připravenosti důležitý vliv i velikost silových asymetrií a to v kontextu pracujících svalových skupin (agonista – antagonist, bilaterální poměr mezi končetinami a podobně). Fotbal je z pohledu charakteru silových činností hybridní až acyklický sport (DeLang, Rouissi, Bragazzi, Chamari, & Salameh, 2019), který vyžaduje specifické pohybové činnosti v závislosti na herním postu (krajní záložníci a jejich možná preference jedné z končetin, brankáři – kop od brány, střední obránci – kop na dlouhou vzdálenost „za obranu“, „na hrotového hráče“) a preference jedné z končetin (kop na dlouhou vzdálenost, centr z křídelního prostoru, manipulace s míčem v křídelním prostoru apod.). Z uvedeného důvodu je možné očekávat ve fotbale různý výskyt silových asymetrií, které mohou vést k maladaptivním změnám (Daneshjoo, Rahnama, Mokhtar, & Yusof, 2013; DeLang et al., 2019; Fousekis et al., 2010; Maly et al., 2019). Silové asymetrie způsobené jednostranným specifickým zatížením (druh sportu) byly prokázány i v jiných sportech jako golf, tenis a lední hokej (Zemkova, Poor, & Jelen, 2019). Správná silová symetrie svalových skupin dolních končetin přispívá ke stabilizaci daného kloubu, a významně přispívá k jeho ochraně (Grygorowicz, Kubacki, Pilis, Gieremek, & Rzepka, 2010). Přestože základním pohybovým prvkem ve fotbale je kop, který je sám o sobě přirozeně asymetrický (DeLang et al., 2019), můžeme proto očekávat asymetrie a maladaptivní dopady dlouhodobého specifického zatížení stejně jako v jiných sportech. Autoři uvádí např. tenis (Sanchis-Moysi et al., 2010), nebo pozemní hokej (Krzykala et al., 2018). Otázka dominance jedné končetiny má souvislost s lateralitou a „obounohostí“ (DeLang et al., 2019), která může být u fotbalových hráčů i kritériem úspěšnosti. Bryson, Frick a Simmons (2013) uvádějí, že „obounoží“ hráči mají vyšší finanční kontrakty v porovnání s jinými profesionálními hráči.

Studie Lehance et al., (2009) prokázala u elitních a výkonnostních fotbalistů (n = 57) při měření svalové síly na izokinetickém dynamometru v přípravném období, že až 56 % hráčů disponuje rizikovou silovou asymetrií flexorů, resp. extenzorů kolenního kloubu. Podobně Rahnama (2015) u anglických dospělých hráčů uvádí, že až 68 % hráčů disponuje minimálně jednou zvýšenou silovou dysbalancí.

Tlak na hráče z hlediska jejich účasti v utkání je v profesionálním fotbale enormní. Croisier, Ganteaume a Genty (2006) dlouhodobě sledovali 617 profesionálních hráčů. Autoři uvádějí, že až 65 % hráčů po svalovém zranění se vrací k fotbalu bez ohledu na přetrvávající svalové problémy. Tol et al. (2014) zjistili, že u 67 % fotbalových hráčů (n = 52), kteří byli po

zranění hamstringů zařazení zpět do tréninku, byl minimálně v jednom z testů hamstringů zjištěn deficit 10 %. U šesti hráčů došlo následně k obnovení zranění v průběhu dalších dvou měsíců.

Mladí hráči mají tendenci disponovat vyšší asymetrií ve srovnání se zkušenějšími hráči z důvodu vyšší míry „vybalancování“ sil dolních končetin ve starším věku, což může znamenat preventivní neuromuskulární strategii hráče v procesu specializovaného tréninku (Lehance et al., 2009; Masuda et al., 2005). Stejně tak hráči s kratší dobou tréninkových zkušeností (tréninkový věk) mají tendenci k vyšším silovým asymetriím v porovnání s hráči s vyšším tréninkovým věkem (Fousekis et al., 2010). Small, McNaughton, Greig a Lovell (2010) uvádějí, že silová dysbalance při vysoko intenzivních činnostech je hlavním faktorem příčiny svalového zranění u hráčů.

Na základě zjištění muskuloskeletální asymetrie u adolescentních fotbalistů (Atkins, Bentley, Hurst, Sinclair, & Hesketh, 2016) se ukazuje jako vhodná možnost její detekce a následná kompenzace už věk před růstovým sprintem s cílem jejího snížení v pozdějším věku (Read, Oliver, Myer, De Ste Croix, & Lloyd, 2018).

Bilaterální silové asymetrie

Bilaterální silový deficit mezi dolními končetinami může být definován jako neschopnost produkce srovnatelné svalové síly u extenzorů, anebo flexorů kolena v případě obou končetin (Keeley, Plummer, & Oliver, 2011) při silové asymetrii vyšší než 15 % (Croisier et al., 2008; Magalhaes et al., 2004; Zvijac, Toriscelli, Merrick, Papp, & Kiebzak, 2014). Sportovci se silovou asymetrií vyšší než 15 % při bilaterálním porovnání končetin, měli 2,6krát vyšší četnost zranění v porovnání se sportovci, kteří měli tento rozdíl nižší než 15 % (Knapik, Bauman, Jones, Harris, & Vaughan, 1991). Vyšší silové asymetrie byly zjištěné u hráčů vyšší výkonnostní úrovně v porovnání s asymetrií nižší (Ferreira et al., 2018). Dauty, Potiron-Josse a Rochcongar (2003) zjistili, že v případě silové asymetrie flexorů kolena, která je nižší než 10 %, lze u hráčů vyloučit svalové zranění příslušné svalové skupiny, resp. po jejím případném zranění došlo k plnému zotavení a k následně plnohodnotné produkci svalové síly. Fousekis et al. (2011) uvádějí u dospělých hráčů ($n = 100$), že pouze u 11 % hráčů byly zjištěny nižší silové asymetrie než 15 % (koncentrická kontrakce, úhlová rychlost 60, 180, 300 °.s⁻¹). Croisier, Reveillon, Ferret et al. (2003) popisují na základě předsezónního sledování u profesionálních fotbalových hráčů silovou asymetrii kolenních flexorů vyšší než 15 % jako významný indikátor svalového poranění hráče během sezóny. U hráčů, kteří měli H:H poměr vyšší než 15 % došlo

ke zranění u 6 ze 41 případů (22 %), zatímco u hráčů, kteří měli bilaterální deficit nižší, než je uvedená hranice, došlo k poranění pouze v jednom případě z 36 hráčů (3 %). Houweling, Head a Hamzeh (2009) uvádějí testování bilaterálního poměru síly flexorů kolena (H:H) při rychlosti $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ jako nejvíce validní indikátor ze sledovaných poměrů vypovídajících o předcházejícím svalovém zranění této rizikové skupiny svalů u hráčů fotbalu.

Ipsilaterální silové asymetrie

Brito et al. (2010) definují konvenční poměr H:Q jako vztah mezi točivým momentem hamstringů a quadricepsu, který je zjišťovaný v podmínkách koncentrické svalové kontrakce. Několik studií uvádí jako kritickou hranici pro vzájemný poměr 0,60. Yeung, Suen, and Yeung (2009) zjistili, že u sprinterů nižší poměr H:Q než 0,60 při úhlové rychlosti $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ znamená až 17 ti násobně vyšší riziko zranění hamstringů. Zvijac et al. (2014) uvádějí stejně tak hodnotu 0,60 jako kritickou vzhledem k možnému zranění.

Askling, Karlsson a Thorstensson (2003) vnímají hranici 0,60 při nízké úhlové rychlosti ($60^{\circ}\cdot s^{-1}$) jako kritickou ve vztahu k zvýšení možnosti zranění předního zkříženého vazů (ACL). Ipsilaterální poměr je těžké generalizovat, i když mnoho studií uvádí velikost H:Q v rozsahu 50-80 % v závislosti na úhlové rychlosti segmentů kolena při měření (Kong & Burns, 2010). Greco, Da Silva, Camarda a Denadai (2012) uvádí H:Q poměr v rozmezí 60 – 69 % za předpokladu dodržení základních fyziologických podmínek hráče při testování.

Některé studie prokázaly nezávislost mezi úrovní svalové síly extenzorů a flexorů kolena, bilaterálním deficitem vyšším než 10 % a ipsilaterálním poměrem nižším než 60 % a svalovým poraněním flexorů kolena (Bennel et al., 1998). Z hlediska funkční připravenosti sportovce někteří autoři považují hodnocení H:Q poměru jako vhodnější nástroj v porovnání s hodnocením absolutní svalové síly dolních končetin (Andrade et al., 2012; Ayala, De Ste Croix, de Baranda, & Santonja, 2012).

5.4 Aktuální stav řešení problematiky hodnocení svalové síly a silových asymetrií v kontextu herních pozic

Mnohé studie uvádějí hodnoty izokineticke svalové síly extenzorů a flexorů kolena, respektive bilaterální a ipsilaterální silový poměr, avšak výsledky nejsou vztažené k herním specializacím hráčů (Botek et al., 2010; Wong & Wong, 2009), nacházíme pouze jejich třídění

do čtyř základních specializací (brankáři, útočníci, záložníci, obránci), které v současnosti dostatečně nereflektuje specifické požadavky na hráče v utkání (Herdy et al., 2018; Wik, Mc Auliffe, & Read, 2019). Při absolutním vyjádření svalové síly autoři prezentují vyšší svalovou sílu u brankářů v porovnání s obránci, záložníky a útočníky při úhlové rychlosti ($60 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$). V případě vyšší úhlové rychlosti ($180 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$) nebyli prezentovány významné rozdíly. Bona, Tourinho, Izquierdo, Ferraz a Marques (2017) popisují rozdíly u mladých brazilských hráčů při jejich rozdělení do pěti skupin (brankáři, krajní obránci, střední obránci, záložníci a útočníci). U mladších hráčů ($14,7 \pm 0,5$ let) autoři neuvádějí významné rozdíly svalové síly extenzorů kolena. U starších hráčů ($16,8 \pm 0,4$ let) uvádějí při nízké úhlové rychlosti na nedominantní dolní končetině vyšší svalovou sílu u brankářů a středních obránců v porovnání s krajními obránci, krajními záložníky a útočníky.

Autoři nerozdělili záložníky na krajní a střední, kdy zrovna na uvedené hráčské pozice existují jasné odlišné fyzické i technicko-taktické požadavky. Sliwowski, Grygorowicz, Wieczorek a Jadcak (2018) prezentuje u profesionálních hráčů signifikantní rozdíly svalové síly flexorů kolena mezi krajními a středními záložníky na dominantní i nedominantní dolní končetině.

Výsledky studií nejsou zcela konzistentní. Některé studie prezentují výsledky svalové síly v absolutních hodnotách (Bona et al., 2017; Herdy et al., 2018; Ruas, Brown, & Pinto, 2015; Silva et al., 2015), jiní naopak v relativních hodnotách vzhledem k tělesné hmotnosti hráčů (Sliwowski, Grygorowicz, Hojszyk, & Jadcak, 2017; Tourny-Chollet, Leroy, Leger, & Beuret-Blanquart, 2000; Tsiokanos, Paschalis, & Valasotiris, 2016). Dvě studie (Tsiokanos et al., 2016, Wik et al., 2019) uvádějí izokinetickou sílu a její komparaci v závislosti na herních postech jak v absolutních, tak relativních hodnotách. V případě studie Tsiokanos et al. (2016) je limitem studie testování pouze při dvou úhlových rychlostech (60 a $180 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$), a rozdělení hráčů pouze do pěti specializací (nerozdělení záložníků na krajní a střední) při testování pouze dominantní končetiny. Wik et al. (2019) prezentují výsledky jen při rychlosti $60 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$ a hráče rozdělují do pouhých čtyř specializací (brankáři, obránci, záložníci a útočníci).

V přehledu literatury (Tabulka 12 – 17) se vyskytuje minimální počet studií, které rozdělují hráče podle hráčských skupin do šesti specializací, které reflektují horizontální i vertikální členění hráčů, testují u elitních hráčů dominantní i nedominantní končetinu v pomalé, střední a vysoké úhlové rychlosti pohybu.

Cílem prezentované kapitoly je komparace svalové síly extenzorů a flexorů kolena (vyjádřené absolutně nebo relativně), bilaterálního a ipsilaterálního poměru, při nízké = $60 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$, střední = $180 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$ a vysoké = $300 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$ úhlové rychlosti u hráčů rozdělených do

šesti kategorií podle následujících hráčských pozic: brankáři, krajní obránci, střední obránci, krajní záložníci, střední záložníci a útočníci.

Předpokládáme signifikantně vyšší úroveň svalové síly extenzorů a flexorů kolena při absolutním vyjádření u brankářů, středních obránců a útočníků. Také očekáváme nevýznamné rozdíly při relativním vyjádření svalové síly. Signifikantně vyšší bilaterální a ipsilaterální rozdíly u hráčů na pozicích: brankář, krajní obránce a krajní záložník v porovnání s ostatními herními pozicemi.

5.5 Metodika výzkumu

5.5.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumná skupina byla sestavená z mladých hráčů fotbalu nejvyšší dorostenecké soutěže ($n = 104$, věk $18,2 \pm 0,6$ roku, tělesná výška $182,3 \pm 7,5$ cm a tělesná hmotnost $77,2 \pm 6,1$ kg). Týdenní mikrocyklus sledovaných hráčů v sezóně představuje 5 - 6 x tréninkovou jednotku na hřišti (60 - 100 min), 1 - 2 x týdně silový trénink v posilovně (30 min) a oficiální utkání (90 min). Průměrná hráčská zkušenost s fotbalovým tréninkem představovala $11,5 \pm 2,1$ let.

Vybraná kritéria pro zařazení probanda do výzkumu byla:

- absence operačního zákroku kolena během celé kariéry,
- absence vysoké pohybové aktivity (objemu, intenzity) 48 hodin před měřením,
- > 90% účast na trénincích / utkáních poslední 2 měsíce před měřením.

5.5.2 Metody získávání výzkumných údajů

Diagnostika indikátorů svalové síly byla realizovaná na izokinetickém dynamometru Cybex Humac Norm (Cybex NORM®, Humac, CA, USA). Zařízení je řízené hydraulicky a plně kontrolované počítačem v pokračujícím pasivním pohybu, izometrickém, izotonicko a izokinetickém koncentrickém i excentrickém módu (Sekir, Arabaci, Akova, & Kadagan, 2010). Byly hodnoceny následující parametry: maximální silový moment extenzorů (PT_E) a flexorů (PT_F) kolena u obou dolních končetin, ipsilaterální poměr vyvinutého momentu síly u

dominantní i nedominantní končetiny (H:Q_D resp. H:Q_N) a bilaterální poměr mezi vyvinutou silou extenzorů (Q:Q) a flexorů (H:H) kolena.



Obrázek 6. Testování isokinetické svalové síly na diagnostickém zařízení Cybex Humac Norm.

Ipsilaterální poměr mezi hamstringy a quadricepsy vyjadřuje procentuálně poměr velikosti svalové síly antagonistů (hamstringy) a synergistů (quadricepsy) na stejné dolní končetině (Dauty et al., 2003; Rosene, Fogarty, & Mahaffey, 2001). Tento poměr se určuje následující rovnicí:

$$H:Q = \frac{\text{Moment svalové síly hamstringu (PTF)}}{\text{Moment svalové síly quadricpesu (PTE)}} * 100 (\%)$$

Bilaterální poměr mezi končetinami je vyjádřený jako procentuální rozdíl mezi stejnými svalovými skupinami u obou dolních končetin (Dauty et al., 2003; Maly & Zahalka, 2012).

$$\text{Bilateráln deficit (Q: Q, H: H)} = \frac{\text{Silnější noha} - \text{Slabší noha}}{\text{Silnější noha}} * 100 (\%)$$

Silové parametry byly získané během koncentrické svalové kontrakce při úhlové rychlosti 60, 180 a 300 °·s⁻¹. Měření bylo realizované v souladu s doporučeným postupem předcházejících výzkumů (Iga, George, Lees, & Reilly, 2009; Stastny, Lehnert, & Tufano, 2018). Impellizzeri, Bizzini, Rampinini, Cereda a Maffiuletti (2008) uvádějí vysoký koeficient vnitro třídní korelace uvedené metodiky (Intraclass correlation (ICC) = 0,90 – 0,98). Navíc autoři uvádějí vysokou míru reliability pro hodnocení poměru silových asymetrií (3,2 – 8,7 %) a pro moment svalové síly (4,3 – 7,7 %). Před měřením absolvovali probandi krátké rozcvičení na šlapacím ergometru při stanoveném odporu (6 min, odpor (W) = 1,5násobek vlastní tělesné hmotnosti, kadence = 80 – 90 otáček.min⁻¹ (Tol et al., 2014), 20 dynamických podřepů (2 x 10 opakování), výpady vpřed (2 x 8 opakování) a zvedání středu těla (pánve) v pozici „glute bridge“ s využitím pomůcky TOGU (Obrázek 7).



Obrázek 7. Zvedání středu těla (pánve) v pozici „glute bridge“ před testováním.

Proband seděl na sedačce izokinetického dynamometru, která spolu s ramenem dynamometru byly ergonomicky nastavené podle příslušného manuálu a individuálně adjustované každému jedinci tak, aby osa kolenního kloubu ve frontální rovině byla v ose

otáčejícího se ramena dynamometru. Parametry izokinetické svalové síly jsme měřili v rozsahu 0 – 90° při extenzi a flexi kolena, kdy maximální extenze byla nastavena jako „anatomická 0°“. Trup a netestovaná končetina sportovce byly fixovány pomocí fixačních pásů z důvodu izolace testovaného pohybu (snaha o „jedno kloubní“ pohyb). Proband se během testování držel postranních madel přístroje. Protokol testování byl sestaven z realizace tří maximálních pokusů při extenzi kolena s následnou flexí kolena postupně od nejnižší po nejvyšší úhlovou rychlost. Postup od nejpomalejší rychlosti k nejrychlejší je standardizovaný a doporučený studií Wilhite, Cohen a Wilhite (1992). Před každou rychlostí měl proband tři zacvičovací pokusy s cílem zvyknout si na příslušnou rychlost. Mezi testovanými rychlostmi byla přestávka s pasivním odpočinkem v délce 1 min (Rahnama, Lees, & Bambaecichi, 2005). V průběhu testování byla poskytnuta vizuální zpětná vazba spolu s verbální stimulací. Při testování byl zohledněn faktor gravitace ramene izokinetického dynamometru a segmentu dolní končetiny, který byl vypočítán dynamometrem a kompenzován při samotném měření. Výsledky jsou prezentovány jak v absolutních hodnotách, tak v hodnotách relativních (relativizované k tělesné hmotnosti testované osoby).

5.5.3 Zpracování výzkumných údajů

Pro zpracování výsledků byly použity deskriptivní a induktivní statistické postupy. Pro určení míry polohy byl použit aritmetický průměr a míra variability byla určena směrodatnou odchylkou. Normalita dat byla ověřena Shapiro Wilko testem. Rovnost rozdílu rozptylů dat ve vybraných kategoriích byla ověřena Levenovým testem. Pro zpracování dat byla použita mnohonásobná analýza rozptylu s následným posouzením sledovaného faktoru (hráčský post) pomocí „one-way“ analýzy rozptylu. Mnohonásobné porovnávání sledovaných průměrů vybraných skupin bylo realizováno pomocí post-hoc analýzy (Bonferonniho test). Věcná významnost byla posuzována pomocí koeficientu „Partial Eta square“ η_p^2 , který vysvětluje podíl rozptylu sledovaného faktoru. Koeficient byl posouzen podle následujících kritérií (Sugimoto et al., 2018): $< 0,010$ = malý; $0,011 - 0,059$ = malý až střední; $0,060 - 0,138$ = střední až velký a $> 0,139$ = velký efekt. Zamítnutí nulové hypotézy o rovnosti průměrů porovnávaných skupin bylo realizováno s rizikem $p < 0,05$. Analýza byla zpracována za využití programu IBM SPSS© 21.

5.6 Výsledky výzkumu

5.6.1 Izokinetická svalová síla (absolutní hodnota)

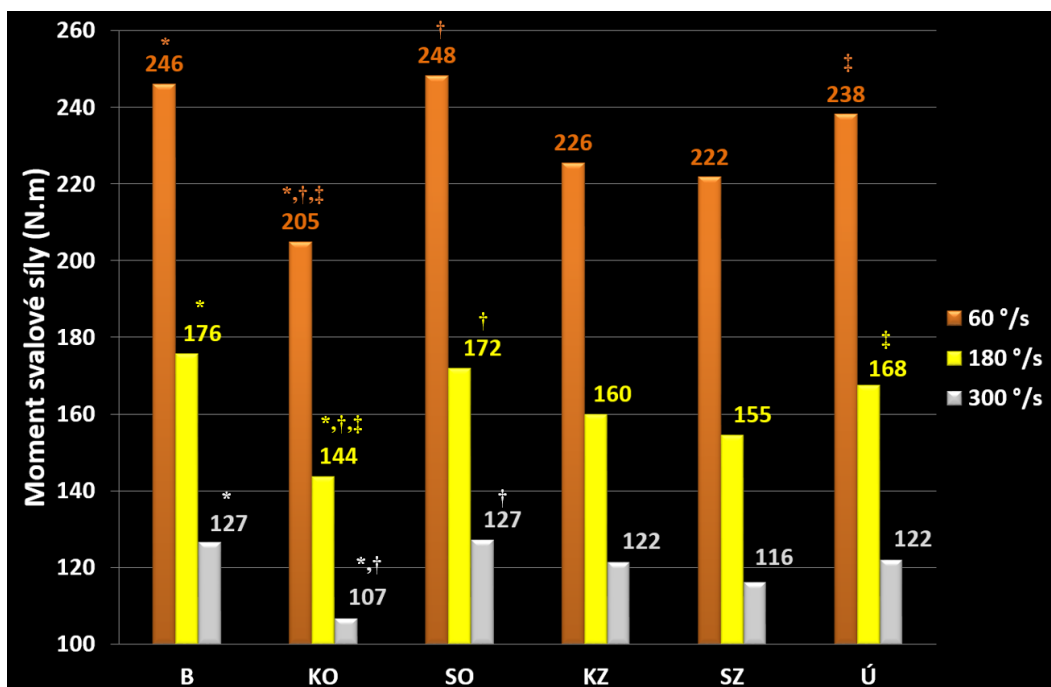
Mnohonásobná analýza rozptylu prokázala signifikantní efekt nezávislé proměnné (faktor herní specializace) na úroveň absolutní svalové síly ($\lambda = 0,37$; $F_{60,411} = 1,60$; $p < 0,01$, $\eta_p^2 = 0,18$). V případě kolenních extenzorů dominantní dolní končetiny byl zjištěn signifikantní účinek herní specializace na úroveň svalové síly při všech úhlových rychlostech (Tabulka 6).

Nejvyšší absolutní svalovou sílu při nejnižší rychlosti ($60 \text{ }^\circ \cdot \text{s}^{-1}$) dosáhli střední obránci ($248,32 \pm 32,94 \text{ N.m}$) a nejnižší krajní obránci ($204,87 \pm 29,32 \text{ N.m}$). Posthoc analýza prokázala významný rozdíl mezi uvedenými herními posty. Krajní obránci ($204,87 \pm 29,32 \text{ N.m}$) dosáhli signifikantně nižší svalové síly v porovnání se středními obránci ($248,32 \pm 32,94 \text{ N.m}$) a také v porovnání s útočníky ($227,64 \pm 33,21 \text{ N.m}$). Podobné rozdíly byly zaznamenány i při vyšších úhlových rychlostech (Obrázek 9). Síla flexorů kolena dominantní dolní končetiny byla u hráčských pozic v rozmezí $132,07 - 155,56 \text{ N.m}$ při nejnižší úhlové rychlosti (Tabulka 6). V případě kolenních flexorů nebyly zjištěny signifikantní rozdíly v závislosti na herní pozici hráče ($p > 0,05$).

Tabulka 6. Deskripce a komparace svalové síly dominantní končetiny (N.m).

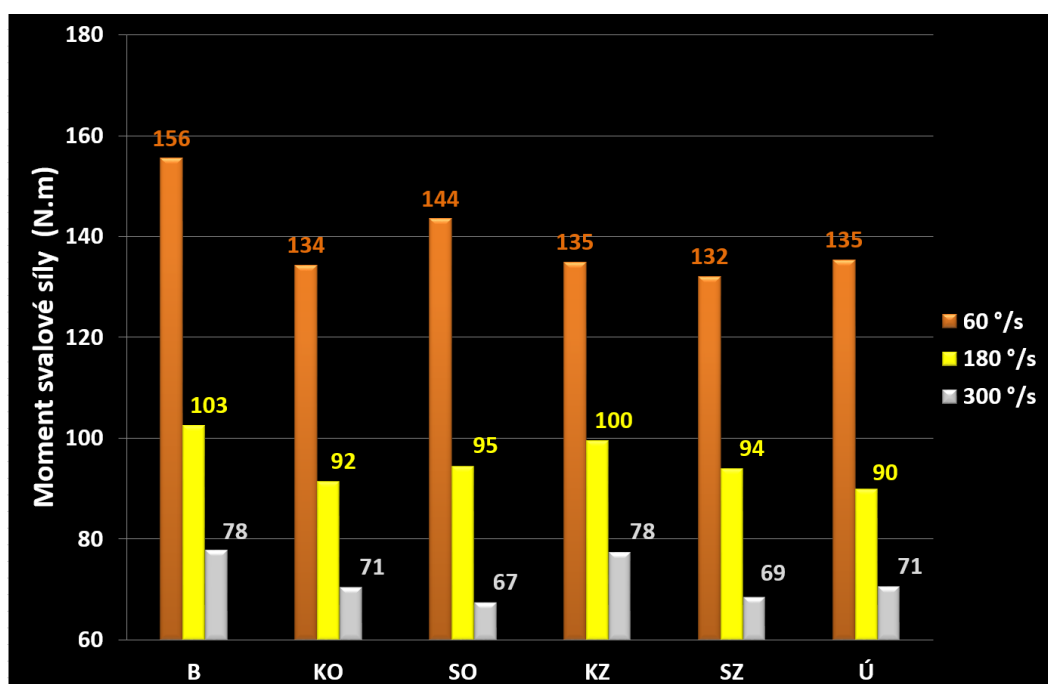
	Brankáři	Krajní obránci	Střední obránci	Krajní záložníci	Střední záložníci	Útočníci	F	p	η_p^2
PT _{E60}	246,03±34,48	204,87±29,31	248,32±32,94	225,55±36,09	221,82±17,73	227,64±33,21	5,28	< 0,01	0,21
PT _{E180}	175,72±29,77	143,78±18,75	172,04±19,55	160,03±21,13	154,63±15,89	167,71±19,44	6,22	< 0,01	0,24
PT _{E300}	126,56±18,52	106,92±16,53	127,20±16,95	121,53±14,06	116,34±15,63	122,11±23,24	3,55	< 0,01	0,15
PT _{F60}	155,56±23,11	134,37±34,77	143,57±29,12	134,95±20,34	132,07±17,01	135,40±22,21	1,60	0,17	0,08
PT _{F180}	102,65±22,75	91,54±14,23	94,59±23,46	99,57±12,90	94,09±11,28	90,41±18,43	1,01	0,42	0,05
PT _{F300}	77,83±15,97	70,58±12,07	67,49±17,23	77,51±10,57	68,60±11,62	70,64±16,23	1,68	0,15	0,08

Legenda: PT – moment svalové síly, E – extenzory kolena, F – flexory kolena, 60, 180, 300 – úhlová rychlost pohybu končetiny, F – testovací hodnota, p – pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy, η_p^2 – věcná významnost.



Obrázek 8. Rozdíly absolutní svalové síly extenzorů kolena dominantní dolní končetiny.

Legenda: B – Brankáři, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci, * - rozdíl mezi brankáři a krajními obránci, † - rozdíl mezi krajními obránci a středními obránci, ‡ - rozdíl mezi krajními obránci a útočníky.



Obrázek 9. Rozdíly absolutní svalové síly flexorů kolena dominantní dolní končetiny.

Legenda: B – Brankáři, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.

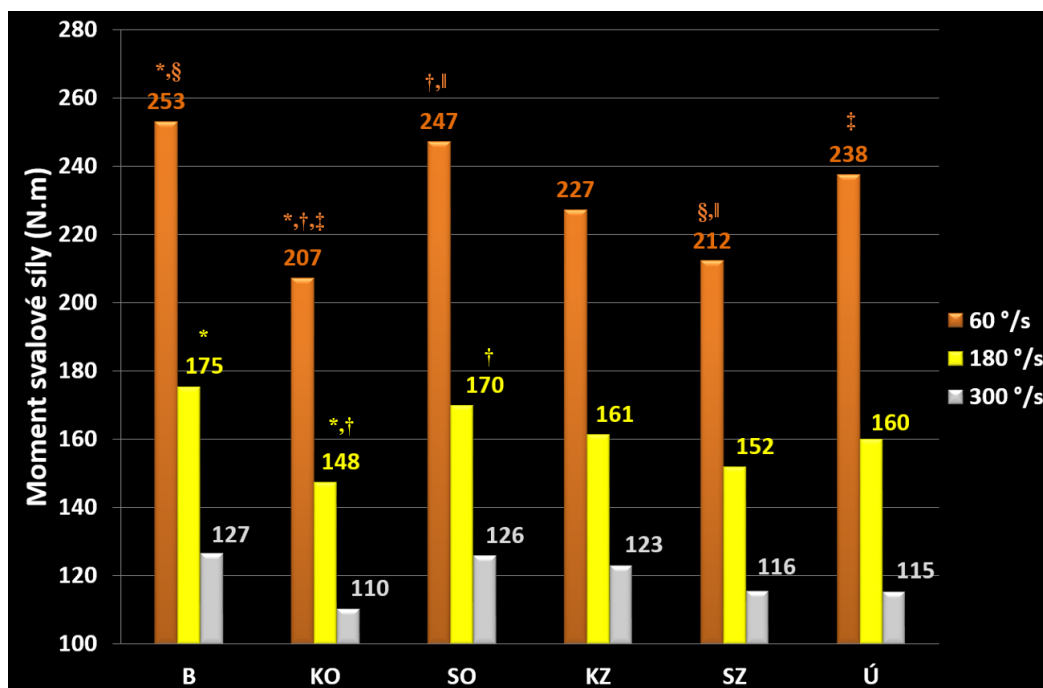
U nedominantní dolní končetiny byl také zjištěn signifikantní efekt nezávislé proměnné (herní specializace hráče) na úroveň velikosti izokinetické svalové síly extenzorů kolena při úhlových rychlostech 60 a 180 °.s⁻¹ (Tabulka 7). Nejnižší svalovou sílu extenzorů kolena produkovali znovu krajní obránci (207,29 ± 24,92 N.m) a jejich hodnota byla signifikantně nižší v komparaci s brankáři (253,10 ± 37,29 N.m), středními obránci (247,25 ± 27,56 N.m) a útočníky (237,61 ± 33,76 N.m). Zajímavým výsledkem je významně nižší svalová síla u středních záložníků (212,27 ± 27,81 N.m) v porovnání s brankáři a středními obránci (Obrázek 10). Krajní obránci produkovali nejnižší hodnoty ve všech sledovaných úhlových rychlostech, ale při nejvyšší úhlové rychlosti (300 °.s⁻¹) nebyly mezi hráčskými pozicemi zaznamenány signifikantní rozdíly ($p > 0,05$).

Tabulka 7. Deskripce a komparace svalové síly nedominantní končetiny (N.m).

	Brankáři	Krajní obránci	Střední obránci	Krajní záložníci	Střední záložníci	Útočníci	F	p	η_p^2
PT _{E60}	253,10±37,29	207,29±24,92	247,25±27,56	227,26±33,16	212,27±27,81	237,61±33,76	6,27	< 0,01	0,24
PT _{E180}	175,46±23,50	147,57±17,81	170,02±21,86	161,39±19,72	151,97±20,85	160,05±29,69	3,68	< 0,01	0,16
PT _{E300}	126,55±19,83	110,34±16,07	125,97±18,13	123,10±12,75	115,53±16,44	115,33±18,77	2,26	0,05	0,10
PT _{F60}	148,37±28,53	122,98±16,65	137,54±21,66	129,41±22,23	126,29±18,26	130,78±21,32	2,73	0,02	0,12
PT _{F180}	95,83±27,01	88,65±14,29	98,18±16,70	97,00±16,23	92,24±13,35	89,28±21,12	0,93	0,47	0,05
PT _{F300}	71,18±18,35	67,64±11,71	72,73±12,99	75,89±10,26	67,19±11,24	68,77±16,40	1,27	0,28	0,06

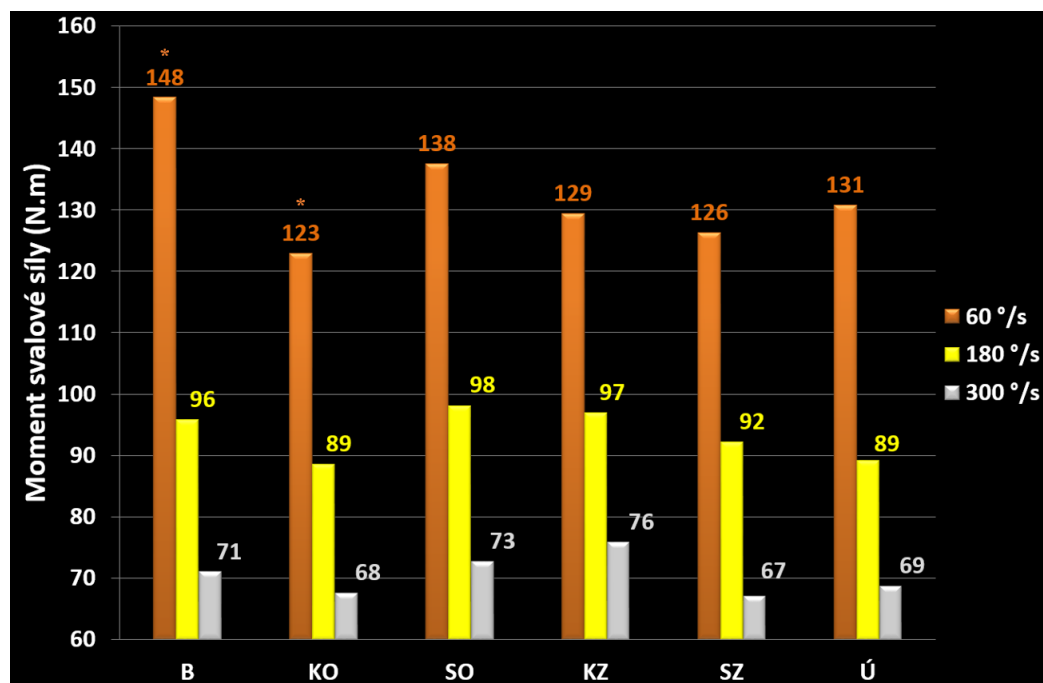
Legenda: PT – moment svalové síly, E – extenzory kolena, F – flexory kolena, 60, 180, 300 – úhlová rychlost pohybu končetiny, F – testovací hodnota, p – pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy, η_p^2 – věcná významnost.

V případě flexorů kolena a nejvyšší úhlové rychlosti (60 °.s⁻¹) byla zjištěna významně nižší svalová síla u krajních obránců (122,98 ± 16,65 N.m) v porovnání s brankáři (148,37 ± 28,53 N.m), kteří dosáhli nejvyšší úrovně (Tabulka 7, Obrázek 10). Další signifikantní rozdíly mezi hráčskými pozicemi nebyly zaznamenány, ani ve vyšších úhlových rychlostech.



Obrázek 10. Rozdíly absolutní svalové síly extenzorů kolena nedominantní dolní končetiny.

Legenda: B – Brankáři, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci, * - rozdíl mezi brankáři a krajními obránci, † - mezi krajními obránci a středními obránci, ‡ - rozdíl mezi krajními obránci a útočníky, § - rozdíl mezi brankáři a středními záložníky, || - rozdíl mezi středními obránci a středními záložníky.



Obrázek 11. Rozdíly absolutní svalové síly flexorů kolena nedominantní dolní končetiny.

Legenda: B – Brankáři, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci, * - rozdíl mezi brankáři a krajními obránci.

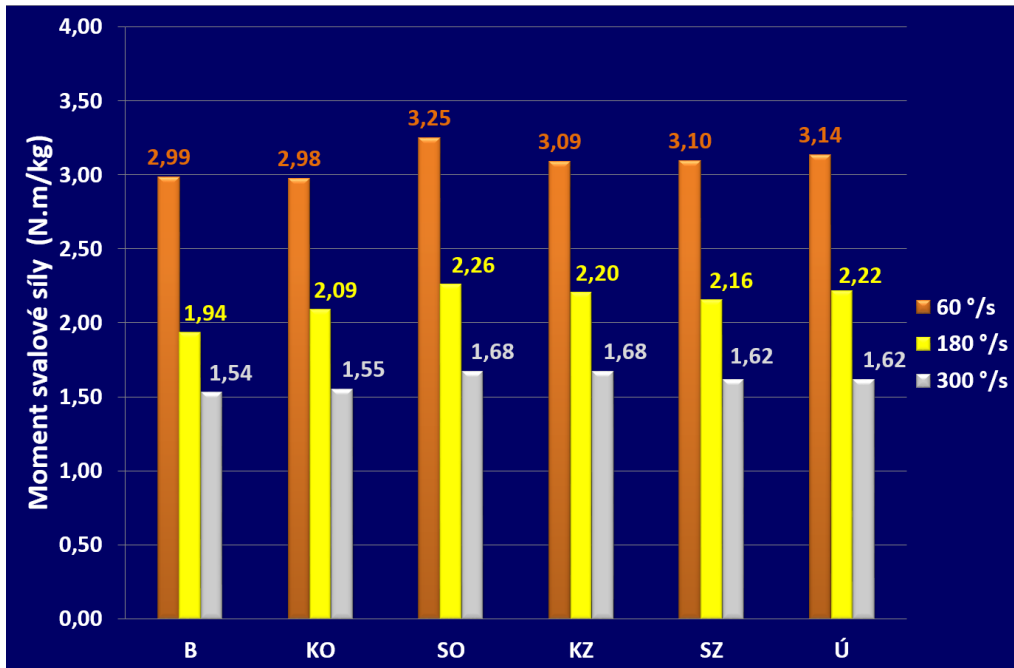
5.6.2 Izokinetická svalová síla (relativní hodnota)

Při relativním vyjádření svalové síly nebyl zaznamenán ani jeden případ signifikantního účinku hlavního efektu (herní specializace) na její úroveň ($p > 0,05$). Uvedený výsledek platil pro dominantní dolní končetinu (Tabulka 8, Obrázek 12, 13), nedominantní dolní končetinu (Tabulka 9, Obrázek 14, 15), pro kolenní extenzory i flexory ve všech třech úhlových rychlostech (60, 180, 300 °.s⁻¹).

Tabulka 8. Deskripce a komparace relativní síly dominantní končetiny (N.m.kg⁻¹).

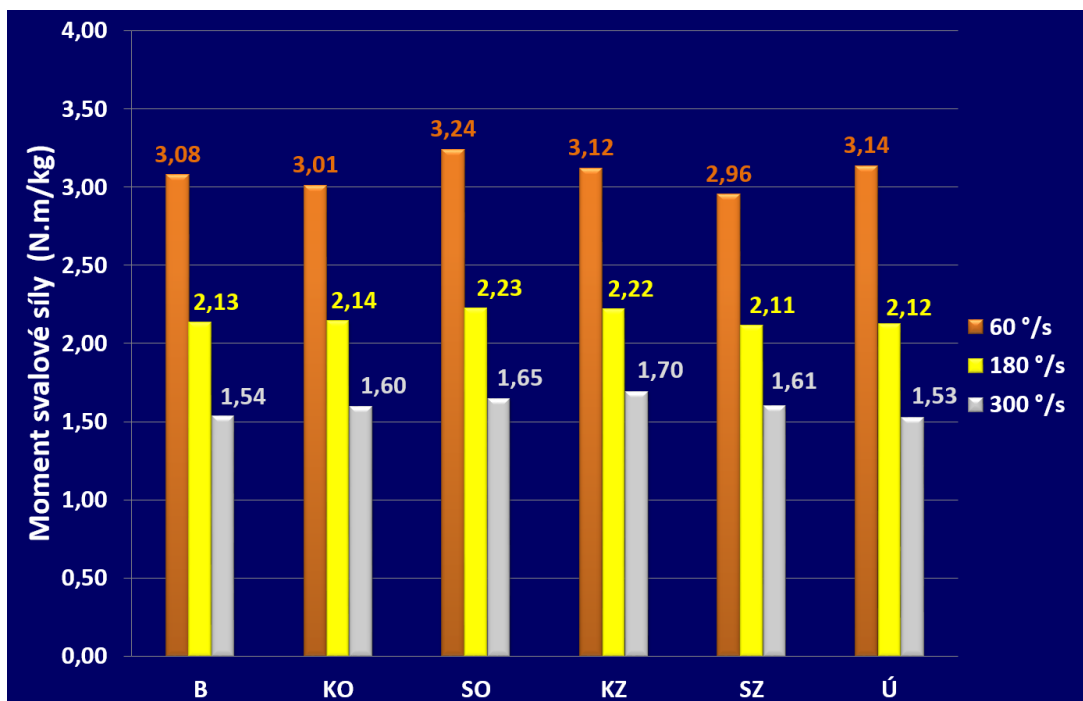
	Brankáři	Krajní obránci	Střední obránci	Krajní záložníci	Střední záložníci	Útočníci	F	p	η_p^2
PT _{E60}	2,99±0,41	2,98±0,43	3,25±0,33	3,09±0,29	3,10±0,29	3,14±0,42	1,27	0,29	0,06
PT _{E180}	1,94±0,73	2,09±0,28	2,26±0,23	2,20±0,18	2,16±0,20	2,22±0,30	1,67	0,15	0,08
PT _{E300}	1,54±0,23	1,55±0,24	1,68±0,16	1,68±0,16	1,62±0,20	1,62±0,34	0,99	0,43	0,05
PT _{F60}	1,89±0,26	1,95±0,50	1,88±0,37	1,89±0,20	1,84±0,25	1,85±0,23	0,29	0,92	0,01
PT _{F180}	1,25±0,27	1,33±0,20	1,24±0,31	1,38±0,17	1,31±0,14	1,29±0,22	0,95	0,46	0,05
PT _{F300}	0,94±0,18	1,03±0,18	0,88±0,23	1,07±0,15	0,96±0,16	0,99±0,19	2,26	0,06	0,10

Legenda: PT – moment svalové síly, E – extenzory kolena, F – flexory kolena, 60, 180, 300 – úhlová rychlost pohybu končetiny, F – testovací hodnota, p – pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy, η_p^2 – věcná významnost.



Obrázek 12. Rozdíly relativní svalové síly extenzorů kolena dominantní dolní končetiny.

Legenda: B – Brankáři, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.



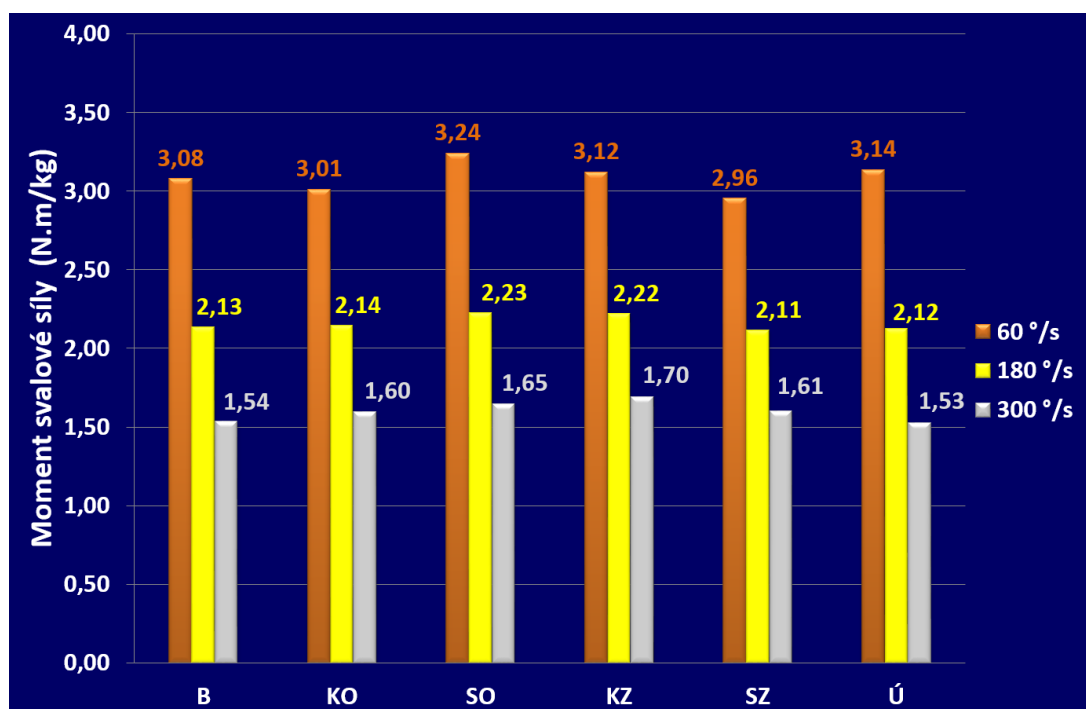
Obrázek 13. Rozdíly relativní svalové síly flexorů kolena dominantní dolní končetiny.

Legenda: B – Brankáři, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.

Tabulka 9. Deskripce a komparace relativní síly nedominantní končetiny ($N \cdot m \cdot kg^{-1}$).

	Brankáři	Krajní obránci	Střední obránci	Krajní záložníci	Střední záložníci	Útočníci	F	p	η_p^2
PT _{E60}	3,08±0,47	3,01±0,38	3,24±0,27	3,12±0,26	2,96±0,33	3,14±0,47	1,36	0,25	0,07
PT _{E180}	2,13±0,31	2,14±0,26	2,23±0,17	2,22±0,16	2,11±0,24	2,12±0,44	0,58	0,72	0,03
PT _{E300}	1,54±0,26	1,60±0,22	1,65±0,17	1,70±0,12	1,61±0,18	1,53±0,39	1,17	0,33	0,06
PT _{F60}	1,80±0,31	1,79±0,24	1,80±0,26	1,79±0,29	1,76±0,24	1,73±0,30	0,16	0,98	0,01
PT _{F180}	1,16±0,33	1,29±0,20	1,29±0,19	1,34±0,19	1,28±0,18	1,19±0,31	1,29	0,27	0,06
PT _{F300}	0,86±0,22	0,98±0,17	0,95±0,14	1,05±0,12	0,94±0,16	0,92±0,24	2,01	0,08	0,09

Legenda: PT – moment svalové síly, E – extenzory kolena, F – flexory kolena, 60, 180, 300 – úhlová rychlost pohybu končetiny, F – testovací hodnota, p – pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy, η_p^2 – věcná významnost.

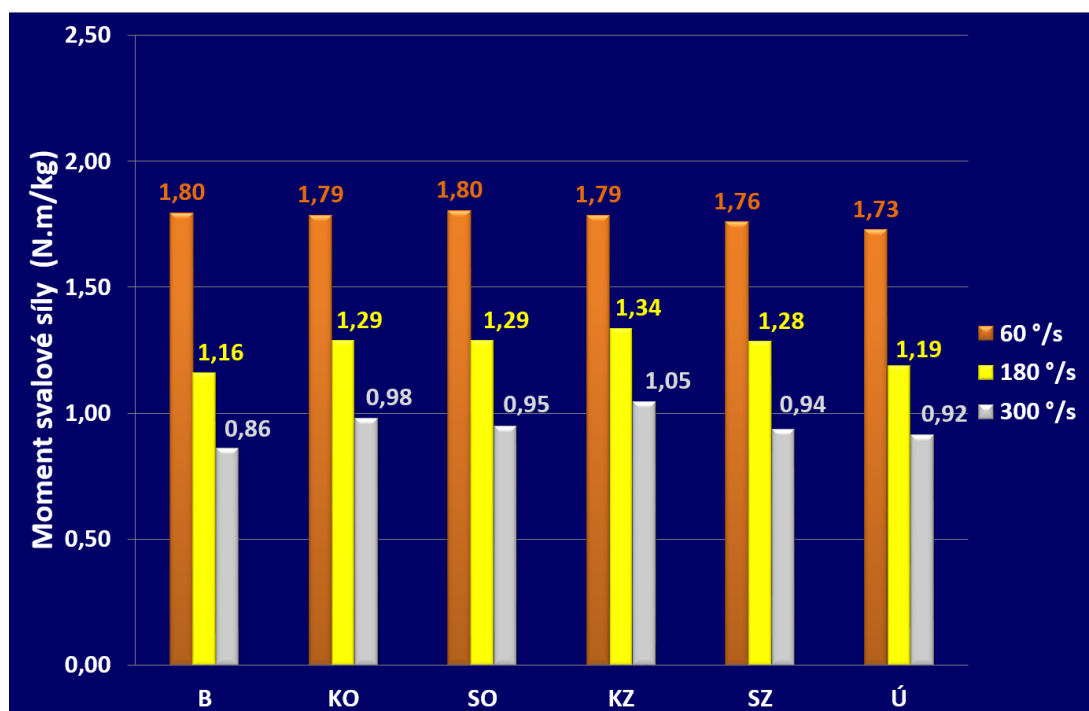


Obrázek 14. Rozdíly relativní svalové síly extenzorů kolena nedominantní dolní končetiny.

Legenda: B – Brankáři, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.

Přes nevýznamné rozdíly mezi herními posty byly zaznamenány pro nejnižší úhlovou rychlost nejvyšší hodnoty u středních obránců a útočníků. V nejvyšší úhlové rychlosti ($300 \text{ }^\circ \cdot s^{-1}$) produkovali nejvyšší hodnoty střední obránci a krajní záložníci. Brankáři, kteří při

absolutní síle produkovali nejvyšší hodnoty, patřili mezi nejhorší po relativizování hodnot k tělesné hmotnosti.



Obrázek 15. Rozdíly relativní svalové síly flexorů kolena nedominantní dolní končetiny.

Legenda: B – Brankáři, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.

5.6.3 Bilaterální silový poměr

Analýza rozptylu neprokázala signifikantní účinek nezávislé proměnné (herní specializace) na úroveň bilaterálního silového rozdílu u extenzorů kolena (Tabulka 10). Průměrné hodnoty hráčů se pohybovaly v rozmezí 4,32 – 9,91 %. V případě flexorů kolena při nejvyšší úhlové rychlosti byl zjištěn signifikantní účinek sledovaného faktoru na silový rozdíl ($F_{5,104} = 2,72$; $p = 0,02$; $\eta_p^2 = 0,12$). Signifikantně vyšší bilaterální silový deficit ($p < 0,05$) byl zjištěn u brankářů ($18,73 \pm 11,58$ %) v porovnání se středními záložníky ($9,46 \pm 6,97$ %) a útočníky ($8,53 \pm 7,66$ %).

Tabulka 10. Komparace bilaterálního silového poměru u sledovaných skupin (%).

	Brankáři	Krajní obránci	Střední obránci	Krajní záložníci	Střední záložníci	Útočníci	F	p	η_p^2
Q:Q ₆₀	9,91±6,50	7,31±6,31	5,00±3,36	5,32±4,08	9,82±8,15	6,93±4,33	2,09	0,07	0,10
Q:Q ₁₈₀	7,82±8,64	6,41±6,19	7,00±4,19	4,32±3,25	9,09±6,17	7,47±7,52	1,43	0,22	0,07
Q:Q ₃₀₀	9,27±4,82	8,35±6,87	8,07±5,88	6,90±3,35	7,27±5,29	8,60±6,43	0,39	0,86	0,02
H:H ₆₀	8,09±6,82	5,83±4,53	7,71±5,50	10,00±6,68	9,32±6,38	7,93±4,65	1,33	0,26	0,06
H:H ₁₈₀	9,46±6,19	7,23±5,16	8,64±6,72	8,26±5,69	9,00±6,45	9,13±6,90	0,32	0,90	0,02
H:H ₃₀₀	18,73±11,58	10,04±5,84	12,00±9,13	10,47±7,68	9,46±6,92	8,53±7,66	2,72	0,02	0,12

Legenda: Q – quadriceps, H - hamstring, 60, 180, 300 – úhlová rychlost pohybu končetiny, F – testovací hodnota, p – pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy, η_p^2 – věcná významnost.

5.6.4 Ipsilaterální silový poměr

Analýza rozptylu prokázala významný účinek sledovaného efektu pouze při testování dominantní dolní končetiny a při nejvyšší úhlové rychlosti ($F_{5,104} = 2,61$; $p = 0,03$; $\eta_p^2 = 0,12$). Post-hoc analýza prokázala signifikantně nižší H:Q poměr u středních obránců ($57,43 \pm 7,67$ %) v porovnání s krajními obránci ($65,22 \pm 7,31$ %). Při nižších úhlových rychlostech a testování nedominantní dolní končetiny nebyly zjištěny signifikantní rozdíly v závislosti na herní specializaci hráče (Tabulka 11).

Tabulka 11. Komparace ipsilaterálního silového poměru u sledovaných skupin (%).

	Brankáři	Krajní obránci	Střední obránci	Krajní záložníci	Střední záložníci	Útočníci	F	p	η_p^2
H:Q _{D60}	63,27±6,62	62,30±9,66	61,71±8,70	60,90±7,26	59,68±7,64	59,00±6,75	0,63	0,68	0,03
H:Q _{D180}	58,09±5,80	62,44±9,82	57,79±9,13	63,00±7,44	61,18±6,80	57,60±9,30	1,48	0,20	0,07
H:Q _{D300}	61,72±9,75	65,22±7,31	57,43±7,67	64,74±9,09	59,32±9,09	58,73±9,12	2,61	0,03	0,12
H:Q _{N60}	61,00±9,87	60,17±7,69	55,79±7,61	57,16±8,67	60,14±10,84	55,40±8,18	1,19	0,32	0,06
H:Q _{N180}	55,73±8,30	60,26±7,50	58,14±9,98	58,36±7,34	61,41±10,57	55,93±9,88	1,12	0,36	0,05
H:Q _{N300}	57,73±10,13	61,65±8,69	58,36±10,92	60,00±8,06	58,72±10,46	56,20±11,09	0,67	0,65	0,03

Legenda: Q – quadriceps, H - hamstring, D – dominantní končetina, N – nedominantní končetina, 60, 180, 300 – úhlová rychlost pohybu končetiny, F – testovací hodnota, p – pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy, η_p^2 – věcná významnost.

5.7 Diskuze

5.7.1 Svalová síla extenzorů a flexorů kolena

Naši hráči produkovali vyšší svalovou sílu extenzorů kolena (vyjádřenou v absolutních hodnotách) v porovnání s mladými ($17,3 \pm 0,6$ let) brazilskými hráči (Herdy et al., 2018), avšak nižší jako dospělí řečtí hráči nejvyšší ligy (Tsiokanos et al., 2016). Zde prezentovaná studie krajních obránců popisuje produkci signifikantně nižší svalové síly extenzorů kolena na dominantní dolní končetině v porovnání s brankáři, středními obránci a útočníky (mimo nejvyšší úhlové rychlosti). Několik studií prezentuje signifikantně vyšší svalovou sílu extenzorů kolena dominantní dolní končetiny mezi brankáři a obránci, záložníky a útočníky (Herdy et al., 2018), krajními obránci, středními obránci, záložníky a útočníky (Tsiokanos et al., 2016) resp. záložníky a útočníky (Wik et al., 2019). Naopak při úhlové rychlosti $180 \text{ }^\circ \cdot \text{s}^{-1}$ uvádějí Silva et al. (2015) nevýznamné silové rozdíly extenzorů a flexorů kolena mezi obránci, záložníky a útočníky. Limitem uvedené studie je rozdělení hráčů pouze do tří herních pozic a také v nízkém počtu sledovaných hráčů ($n = 21$).

Komparace absolutní svalové síly extenzorů kolena ukazuje, že nejvyšších hodnot dosahují brankáři a střední obránci, naopak nejnižších hodnot hráči hrající na pozicích krajního obránce a středního záložníka. Rozdíly budou pravděpodobně souviset s antropometrickými a morfologickými charakteristikami, které si typologicky a specificky vyžaduje daná hráčská pozice. Vyšší tělesná výška s vyšším zastoupením aktivní tělesné hmoty je typická pro brankáře, střední obránce a útočníky. Střední obránci a útočníci podstupují množství osobních soubojů ve vzduchu i na zemi a jejich úspěšnost v těchto soubojích je determinovaná i antropometrickými a morfologickými vlastnostmi. Moderní fotbal se dnes častokrát rozhoduje v pokutovém území (rohové kopy, standardní situace z křídelních prostorů, centrované míče do pokutového území po postupném útoku), kde "robustnost" hráče přispívá k jeho úspěšnosti v uvedených herních situacích.

Nejnižší hodnoty izokinetické svalové síly extenzorů kolena dosáhli krajní obránci a střední záložníci, kteří svou tělesnou výškou a konstitučním typem patří mezi nižší, resp. subtilnější hráče. Vysoké nároky na hráče hrající na pozici krajního obránce s cílem pokrytí vysoké překonané vzdálenosti ve vysokých intenzitách a sprintu si vyžadují vysokou aerobní a anaerobní zdatnost (více v kapitole 7). V případě středního záložníka se jedná z pohledu fyziologických předpokladů o vysokou aerobní kapacitu, kdy hráči na popisované pozici

dosahují nejvyššího běžeckého objemu v utkání (Modric et al., 2019) a disponují vysokou četností akcelerace a decelerace s cílem vytvořit optimální nabídku při zakládání útoku (ofenzivní fáze), ale také kvůli potřebě rychlých a krátkých pohybů ve středu hřiště s cílem odebrání míče (i presinku), zisku “tzv. druhého míče (míč po souboji), zajištění prostoru, zpomalení útoku soupeře (defenzivní fáze) a další. Navíc hovoříme o středních záložnících jako o „tvůrcích“ hry s vyšším počtem technicko – taktických úkolů.

Důležitým zjištěním je fakt, že po relativizaci dat k tělesné hmotnosti nebyly zjištěny významné rozdíly svalové síly extenzorů a flexorů kolena (Tabulka 8, 9). V případě extenzorů kolena jsou zde prezentované výsledky v souladu s některými studiemi (Sliwowski et al., 2017; Tourny-Chollet et al., 2000; Tsiokanos et al., 2016), ale ani jedna z uvedených studií nerozdělila hráče do šesti skupin podle herních specializací hráčů. V rozporu se zde prezentovanou studií je výsledek, který uvádějí Wik et al. (2019) u dospělých hráčů nejvyšší soutěže v Kataru, kde při úhlové rychlosti $60 \text{ }^\circ \cdot \text{s}^{-1}$ u dominantní končetiny produkovali obránci signifikantně vyšší svalovou sílu ($3,13 \pm 0,50 \text{ N.m.kg}^{-1}$) v porovnání s útočníky ($3,03 \pm 0,46 \text{ N.m.kg}^{-1}$). Avšak studie zaměřená na fotbalisty v Kataru použila rozdělení pouze do třech základních skupin, které z našeho pohledu nevystihuje specifické fyzické předpoklady pro optimální sportovní výkon. Zajímavým zjištěním je fakt, že naši mladí hráči dosáhli porovnatelné hodnoty s výsledky této studie.

V případě relativní síly flexorů kolena uvádějí Sliwowski et al. (2017) signifikantně nižší svalovou sílu u brankářů v porovnání s krajními obránci, středními obránci, krajními záložníky, středními záložníky a útočníky. Přestože se jedná o kategorii dospělých profesionálních hráčů nejvyšší Polské ligy (Ekstraklasa), jedná se o typický příklad, proč je problematice relativní síly flexorů potřeba věnovat vědeckou, odbornou a klinickou pozornost. Brankáři měli signifikantně vyšší tělesnou výšku a tělesnou hmotnost oproti ostatním skupinám, i když produkovali nejnižší relativní svalovou sílu flexorů kolena. Autoři uvádějí signifikantně nižší svalovou sílu středních záložníků oproti krajním záložníkům a středním obráncům. Limitem uvedené studie je absence výsledků síly v absolutních hodnotách a vyšších úhlových rychlostech (180 resp. $300 \text{ }^\circ \cdot \text{s}^{-1}$). Nevýznamné rozdíly mezi hráči rozlišných skupin uvádějí Wik et al. (2019), kteří sledovali hráče pouze při nejnižší úhlové rychlosti. Naopak Tourny-Chollet et al. (2000) uvádějí signifikantně vyšší hodnoty u útočníků v porovnání se středovými hráči. Flexory kolena jsou aktivními stabilizátory kolenního kloubu a svojí funkcí zabraňují nadměrnému napětí v oblasti předního zkříženého vazy (ACL). Nízká úroveň této svalové skupiny, anebo nesprávná funkčnost znamenají pro sportovce vyšší riziko poranění ACL (Hewett, Ford, Hoogenboom, & Myer, 2010).

Pro získání komplexního silového profilu je potřebné hodnocení dominantní i nedominantní končetiny při nižší, střední a vysoké úhlové rychlosti. V následujících tabulkách 12, 13, 14 a 15 uvádíme vědecké studie a porovnání s námi zjištěnými výsledky.

Tabulka 12. Přehled a komparace studií: absolutní svalová síla extenzorů kolena (N.m).

Reference	n	L	AV (°·s ⁻¹)	Věk (let)	Brankář	Obránce		Záložník		Útočník	Poznámka	
						Krajní	Střední	Krajní	Střední			
Aktuální studie	104	D	60	18,2±0,6	246,0±34,5	204,9±29,3	248,3±32,9	225,6±36,1	221,8±17,7	227,6±33,2	KO vs. B, SO,Ú,	
		D	180		175,7±29,8	143,8±18,8	172,0±19,6	160,0±21,1	154,6±15,9	167,7±19,44	167,7±19,44	KO vs. B, SO,Ú,
		D	300		126,6±18,5	106,9±16,5	127,2±17,0	121,5±14,1	116,3±15,6	122,1±23,24	122,1±23,24	KO vs. B, SO
		N	60		253,1±37,3	207,3±24,9	247,3±27,6	227,3±33,2	212,3±27,8	237,6±33,8	237,6±33,8	KO vs. B, SO,Ú; SZ vs. B, SO
		N	180		175,5±23,5	147,6±17,8	170,0±21,9	161,4±19,7	152,0±20,9	160,1±29,7	160,1±29,7	KO vs. B, SO
		N	300		126,6±19,8	110,3±16,1	126,0±18,1	123,1±12,8	115,5±16,4	115,3±18,8	115,3±18,8	n.s.
Bona et al. (2016)	23	D	60	14,7±0,5	197,8±4,6	182,2±54,2	195±46,9	141,9±48,65	172,1±29,8	172,1±29,8	n.s.	
		N	60		208,2±8,7	192,6±45,4	199,6±36,5	149,15±49,85	186,8±34,4	186,8±34,4	n.s.	
		D	300		118,1±1,3	101,5±19,6	102,6±18,7	80,5±18,6	98,4±16,9	98,4±16,9	n.s.	
		N	300		116,3±1,8	101,3±26,3	100,9±14,8	85,05±16,3	94,6±18,3	94,6±18,3	n.s.	
	27	D	60	16,8±0,4	281,3±1,3	247,9±28,4	254,2±12,6	228,65±36,4	235,9±52,8	235,9±52,8	n.s.	
		N	60		280±14	236±14,8	262±18,3	216,05±32,55	236,1±53,6	236,1±53,6	B, SO vs. KO, KZ, Ú	
		D	300		130,3±8,2	119±14,5	126±14,7	109,75±11	124,9±11,3	124,9±11,3	n.s.	
		N	300		127,1±6,9	117,4±16,1	126±7,5	110,2±10,2	125±16,9	125±16,9	n.s.	
Herdy et al. (2018)	77	D	60	17,03±0,6	207,7±55,5	168,9±53	160,8±52,3	157,2±49	157,2±49	157,2±49	B vs. O, Z, Ú	
		N	60		209,7±60,7	158,7±55,9	155,8±51,3	155,7±48,6	155,7±48,6	155,7±48,6	B vs. O, Z, Ú	
		D	180		202,3±48,7	153±45,9	144,1±42,3	140,8±43,3	140,8±43,3	140,8±43,3	n.s.	
		N	180		194,4±52,6	148,3±44	144,3±42	144,5±44,5	144,5±44,5	144,5±44,5	n.s.	
Magalhaes et al. (2004)	46	D	90	25,1±3,6	278,6±27,6	250,9±31,5	244,4±25,5	227,4±24,3	241,1±42,2	241,1±42,2	n.s.	
		N	90		240,9±16,8	237,9±33	237,6±21,5	216,9±28,5	231,5±32,6	231,5±32,6	n.s.	
Ruas et al. (2015)	102	D	60	26±5	302±34	256±46	270±42	255±31,5	258±39	258±39	B vs. KO, SZ,Ú	
		N	60		294±37	269±36	268±46	255,5±33,5	256±44	256±44	B vs. KO, SZ,Ú	
Silva et al. (2015)	22	D	180	18-20		209,58±31,07		166,22±36,77	197,85±35,4	197,85±35,4	n.s.	
Tsiokanos et al. (2016)	276	D	60	25,8-28,3	312±44	254±21	297±26	269±28	285±28	285±28	B vs. KO,SO,Z,Ú	
		D	180		198±30	171±16	196±18	173±19	191±20	191±20	B vs. KO,SO,Z,Ú	
Wik et al. (2019)	195	D	60	24,4±4,7	244,0±44,9	221,6±41,1	207,5±39,4	207,5±39,4	204,7±8,1	204,7±8,1	B vs. Z, Ú	
		N	60		244,4±45,3	224,5±44,4	207,8±39,9	207,8±39,9	215,8±46,9	215,8±46,9	B vs. Z	

Legenda: n – počet probandů, L – lateralita, D – dominantní končetina, N – nedominantní končetina, AV – úhlová rychlost, n.s. – nevýznamné rozdíly, B – brankáři, KO – krajní obránce, SO – střední obránce, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci, Z – záložníci.

Tabulka 13. Přehled a komparace studií: absolutní svalová síla flexorů kolena (N.m).

Reference	n	L	AV (°·s ⁻¹)	Věk (let)	Brankář	Obránce		Záložník		Útočník	Poznámka
						Krajní	Střední	Krajní	Střední		
Aktuální studie	104	D	60	18,2±0,6	155,6±23,1	134,4±34,8	143,6±29,1	135,0±20,3	132,1±17,0	135,4±22,2	n.s.
		D	180		102,7±22,8	91,5±14,2	94,6±23,5	99,6±12,9	94,1±11,3	90,4±18,4	n.s.
		D	300		77,8±16,0	70,6±12,1	67,5±17,2	77,5±10,6	68,6±11,6	70,6±16,2	n.s.
		N	60		148,4±28,5	123,0±16,7	137,5±21,7	129,4±22,2	126,3±18,3	130,8±21,3	B vs. KO
		N	180		95,8±27,0	88,7±14,3	98,2±16,7	97,0±16,2	92,2±13,4	89,3±21,1	n.s.
		N	300		71,2±18,4	67,6±11,7	72,7±13,0	75,9±10,3	67,2±11,2	68,8±16,4	n.s.
Bona et al. (2016)	23	D	60	14,7±0,5	128,7±1,8	103,9±22,8	108,3±22,7	90,1±18,1		100,7±36,2	n.s.
		N	60		121,5±5	105,2±26,2	104,9±18,7	87,35±14,35		64,2±36,2	n.s.
		D	300		76,3±2,5	65,9±21,5	72,5±18,8	59,4±4,95		67,2±16,9	n.s.
		N	300		72,8±4,6	67,2±18,7	71,4±17,9	58,8±12,75		63,9±13,6	n.s.
	27	D	60	16,8±0,4	141,9±13,8	121,4±15,6	132,4±12,6	118,95±17,25		118,6±28,7	n.s.
		N	60		143±10,9	117,5±11,5	134,9±12,5	109±12,65		120,5±32,2	B, SO vs. KO, KZ, SO, Ú
		D	300		92,3±20,4	78,4±10,9	92±9,8	77,5±9,35		85,6±13	B, SO vs. KO, KZ, SO, Ú
		N	300		94,2±20,9	76,9±9,4	85,9±13,8	73,95±10,45		84,3±16,8	B, SO vs. KO, KZ, SO, Ú
Magalhaes et al. (2004)	46	D	90	25,1±3,6	148,8±27,3	141,9±15,1	124,5±6,7	124,9±19,4		130,9±20,3	n.s.
		N	90		132,3±26,4	134,4±14,1	125,6±16,1	123,4±19,10		128,8±21,2	n.s.
Ruas et al. (2015)	102	D	60	26±5	182±35	157±19	170±34	154,5±30		152±38	B vs. KO, SZ, Ú
		N	60		162±31	162±23	162±33	156±26,5		148±40	B vs. KO, SZ, Ú
Silva et al. (2015)	22	D	180	18-20		147,85±22,15		118,7±41,5		126,58±27,34	n.s.
Wik et al. (2019)	195	D	60	24,4±4,7	168,1±27,8	161,4±33,3		156,7±32,5		166,6±44,4	B vs. Z
		N	60		160,7±30,4	159,8±29,2		150,8±32,6		166,3±45,5	n.s.

Legenda: n – počet probandů, L – lateralita, D – dominantní končetina, N – nedominantní končetina, AV – úhlová rychlost, n.s. – nevýznamné rozdíly, B – brankáři, KO – krajní obránce, SO – střední obránce, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci, Z – záložníci.

Tabulka 14. Přehled a komparace studií: relativní svalová síla extenzorů kolena (N.m.kg⁻¹).

Reference	n	L	AV (°.s ⁻¹)	Věk (let)	Brankář	Obránce		Záložník		Útočník	Poznámka
						Krajní	Střední	Krajní	Střední		
Aktuální studie	104	D	60	18,2±0,6	2,99±0,41	2,98±0,43	3,25±0,33	3,09±0,29	3,10±0,29	3,14±0,42	
		D	180		1,94±0,73	2,09±0,28	2,26±0,23	2,20±0,18	2,16±0,20	2,22±0,30	
		D	300		1,54±0,23	1,55±0,24	1,68±0,16	1,68±0,16	1,62±0,20	1,62±0,34	
		N	60		3,08±0,47	3,01±0,38	3,24±0,27	3,12±0,26	2,96±0,33	3,14±0,47	
		N	180		2,13±0,31	2,14±0,26	2,23±0,17	2,22±0,16	2,11±0,24	2,12±0,44	
		N	300		1,54±0,26	1,60±0,22	1,65±0,17	1,70±0,12	1,61±0,18	1,53±0,39	
Sliwowski et al. (2017)	111	D	60	26±5	2,91±0,28	3,32±0,27	3,29±0,27	3,33±0,41	3,1±0,4	3,47±0,22	
		N	60		2,81±0,46	3,21±0,30	3,31±0,42	3,37±0,49	3,07±0,45	3,28±0,27	
Tourny-Chollet et al. (2000)	21	D	60	22,0±3,0		2,09±0,38		1,87±0,17		2,18±0,4	
		N	60			1,96±0,28		1,96±0,04		2,11±0,41	
		D	120			1,85±0,4		1,61±0,18		1,92±0,32	
		N	120			1,79±0,31		1,74±0,14		1,8±0,34	
		D	240			1,14±0,28		1,37±0,12		1,51±0,3	
		N	240			1,37±0,24		1,42±0,24		1,46±0,25	
Tsiokanos et al. (2016)	276	D	60	25,8-28,3	3,7±0,4	3,6±0,3	3,7±0,4	3,6±0,4	3,6±0,3	3,6±0,3	n.s.
		D	180		2,4±0,3	2,4±0,2	2,4±0,3	2,3±0,2	2,4±0,3	2,4±0,3	n.s.
Wik et al. (2019)	195	D	60	24,4±4,7	3,00±0,51	3,13±0,50		3,03±0,46		2,80±0,55	O vs. Ú
		N	60		3,00±0,46	3,17±0,58		3,03±0,43		2,94±0,49	n.s.

Legenda: n – počet probandů, L – laterality, D – dominantní končetina, N – nedominantní končetina, AV – úhlová rychlost, n.s. – nevýznamné rozdíly, O – obránci, Ú – útočníci.

Tabulka 15. Přehled a komparace studií: relativní svalová síla flexorů kolena ($N.m.kg^{-1}$).

Reference	n	L	AV ($^{\circ}.s^{-1}$)	Věk (let)	Brankář	Obránce		Záložník		Útočník	Poznámka
						Krajní	Střední	Krajní	Střední		
Aktuální studie	104	D	60	18,2±0,6	1,89±0,26	1,95±0,50	1,88±0,37	1,89±0,20	1,84±0,25	1,85±0,23	
		D	180		1,25±0,27	1,33±0,20	1,24±0,31	1,38±0,17	1,31±0,14	1,29±0,22	
		D	300		0,94±0,18	1,03±0,18	0,88±0,23	1,07±0,15	0,96±0,16	0,99±0,19	
		N	60		1,80±0,31	1,79±0,24	1,80±0,26	1,79±0,29	1,76±0,24	1,73±0,30	
		N	180		1,16±0,33	1,29±0,20	1,29±0,19	1,34±0,19	1,28±0,18	1,19±0,31	
		N	300		0,86±0,22	0,98±0,17	0,95±0,14	1,05±0,12	0,94±0,16	0,92±0,24	
Sliwowski et al. (2017)	111	D	60	26±5	1,66±0,22	1,83±0,19	2,02±0,26	2,11±0,29	1,85±0,35	2,02±0,28	B vs. KO,SO,KZ,SZ,Ú; SZ vs. SO,KZ
		N	60		1,51±0,25	1,89±0,19	1,89±0,28	1,91±0,36	1,79±0,31	1,86±0,25	B vs. KO,SO,KZ,SZ,Ú; SZ vs. SO,KZ
Tourny-Chollet et al. (2000)	21	D	60	22,0±3,0		1,37±0,16		1,19±0,12		1,47±0,35	Z vs. Ú
		N	60			1,35±0,1		1,14±0,1		1,37±0,28	Z vs. Ú,O
		D	120			1,22±0,13		1,02±0,11		1,24±0,25	Z vs. Ú,O
		N	120			1,17±0,09		1,03±0,16		1,12±0,21	
		D	240			0,94±0,07		0,85±0,07		1±0,22	
		N	240			0,90±0,10		0,81±0,08		0,95±0,21	
Wik et al. (2019)	195	D	60	24,4±4,7	1,59±0,27	1,71±0,30		1,63±0,26		1,67±0,32	
		N	60		1,54±0,27	1,67±0,26		1,57±0,27		1,63±0,38	

Legenda: n – počet probandů, L – lateralita, D – dominantní končetina, N – nedominantní končetina, AV – úhlová rychlost, n.s. – nevýznamné rozdíly, B – brankáři, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci, Z – záložníci.

Výsledky zde prezentované studie a přehled literatury (Tabulka 12, 13, 14, 15) poukazují na nekonzistentní výsledky úrovně a rozdílů isokinetické svalové síly extenzorů a flexorů kolena u sledovaných skupin při jejich absolutním vyjádření. Při relativním vyjádření svalové síly extenzorů kolena výsledky studií prezentují nevýznamné rozdíly mezi hráči, až na výjimku jedné studie (Wik et al., 2019), který ve své studii nerozdělil hráče na krajní a středové pozice. V případě flexorů kolena a relativním hodnotám s nimi spojenými nacházíme taktéž nekonzistentní výsledky jak úrovně, tak rozdílů svalové síly. Popisované rozdíly mohou být způsobeny různými faktory: aplikace a frekvence různých silových programů u hráčů, nejasná definice „elitní hráč“ a s tím spojená odlišná výkonnostní úroveň hráčů, nejasný čas získání výzkumných údajů z hlediska periodizace tréninkového procesu a další faktory.

Se zvyšující se rychlostí pohybu, úroveň svalové síly klesala u preferované i u nepreferované dolní končetiny. Všeobecně platí, že při koncentrické kontrakci se spolu se zvyšováním rychlosti pohybu snižuje síla, kterou je sval schopný vyvinout. Vztah mezi silou a rychlostí kontrakce je známý jako Hillova křivka (Hill, 1938). Jedním z vysvětlení je, že s rostoucí rychlostí koncentrické činnosti se snižuje maximální možný čas kontaktu mezi aktinem a myozinem (Huxleyho model), čím se snižuje časová součást kontaktní fáze na celkovém cyklu. Křížové můstky musí být krátce po jejich spojení opět uvolněné, bez toho, aby měly dostatek času na produkci síly, tím pádem klesá podíl spojených můstků ve svalu a produkovaná síla je nižší (Wirth & Schmidbleicher, 2007).

5.7.2 Bilaterální silové asymetrie

Výsledky studie neprokázaly významné rozdíly bilaterálního silového deficitu u extenzorů kolena (Tabulka 10). Uvedené výsledky jsou v souladu s prezentovanými výsledky Ruas et al. (2015), kteří také nenašli významné rozdíly bilaterálního deficitu u hráčských pozic ($p > 0,05$). Autoři realizovali měření pouze při nízké úhlové rychlosti ($60 \text{ }^\circ \cdot \text{s}^{-1}$), dále uvádějí, že ani v jedné skupině nebyl bilaterální rozdíl vyšší než kritická hodnota 15 %. Croisier et al. (2003) uvádějí rizikový bilaterální rozdíl mezi koncentrickou silou u profesionálních hráčů vyšší než 15 %. Bilaterální poměr síly extenzorů kolena byl v intervalu 4,32 - 9,91 %. Navzdory nesignifikantním skupinovým rozdílům si tento parametr vyžaduje intraindividuální přístup u každého hráče, v případě že se objevují hodnoty u sledovaných hráčů $> 15\%$. U flexorů kolena měli brankáři při nejvyšší úhlové rychlosti ($300 \text{ }^\circ \cdot \text{s}^{-1}$) signifikantně vyšší bilaterální rozdíl

($18,73 \pm 11,58$ %) v porovnání se středními záložníky ($9,46 \pm 6,92$ %) a útočníky ($8,53 \pm 7,66$ %).

Maly et al. (2010) uvádí signifikantně vyšší bilaterální poměr flexorů kolena ($13,41 \pm 7,76$ %) v porovnání s extenzory ($5,58 \pm 5,44$ %) při úhlové rychlosti ($300 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$) u mladých elitních hráčů ($n = 12$, věk = $17,5 \pm 1,5$ let). Při pomalejších rychlostech (60, 120, 180 a $240 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$) uvádí nevýznamný rozdíl ($p > 0,05$) mezi bilaterálním rozdílem extenzorů i flexorů kolena. Současná studie prokázala taktéž vyšší bilaterální rozdíly flexorů kolena v komparaci s extenzory kolena při vysoké úhlové rychlosti ($300 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$). Výsledek dokumentuje fakt, že v případě silového „screeningu“ u hráčů je nevyhnutelně nutné testování i při vysokých úhlových rychlostech.

Ruas et al. (2015) uvádějí signifikantní nevýznamné rozdíly silové asymetrie flexorů kolena při nízké rychlosti ($60 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$) u dospělých hráčů v kontextu komparace hráčských specializací, avšak u útočníků uvádějí nejvyšší stranovou asymetrii, zejména u kterých výrazně dominovaly flexory kolene na dominantní noze ($> 15\%$).

Přestože existuje pouze nevýznamný rozdíl mezi skupinami podle hráčských specializací při nižších úhlových rychlostech (60 a $180 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$), je potřeba výše uvedenému věnovat vědeckou a klinickou pozornost z pohledu možného zranění skupiny zadních stehenních svalů, které při vyšších rychlostech a činnostech jako jsou kopy, střelba a sprinty mají vyšší tendenci ke zranění (Ekstrand et al., 2012; Mendiguchia, Alentorn-Geli, Idoate, & Myer, 2013). Nejvyšší hodnoty bilaterálního silového rozdílu byly zjištěny u brankářů, u kterých zaznamenáváme v průběhu zápasu i tréninku vysoký výskyt asymetrických činností. Přestože je oprávněný a významný požadavek na „obounohost“ brankářů. Preferovaná končetina je výrazně akcentovaná při činnostech, jako výkop z ruky, dlouhý nákop na útočníka v případě, že je brankář pod časovým a prostorovým tlakem soupeře, anebo mužstvo nerealizuje postupný útok a podobně. Právě kop s maximálním úsilím je realizován při vysokých úhlových rychlostech, kde úhlová rychlost bérce dosahuje hodnotu nad $20 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ (Malý, 2009; Nunome, Ikegami, Kozakai, Apriantono, & Sano, 2006). Zjištění koresponduje i s výsledky nálezu nejvyšší asymetrie při úhlové rychlosti $300 \text{ }^\circ\cdot\text{s}^{-1}$). Takové činnosti se mohou v dlouhodobém tréninku projevit jako silové maladaptivní změny. Zde prezentované výsledky jsou v souladu i se studií Parrington a Ball (2016), kde uvádějí, že faktory laterality, jako je dominance jedné z končetin, zvyšuje bilaterální asymetrii.

Nejnižší bilaterální rozdíly ve vysokých rychlostech byly zjištěny u středních záložníků a útočníků. Právě u hráčů nastupujících ve středu pole je „obounohost“ a vyrovnaná pohybová motorická připravenost z pohledu laterality velmi důležitá. Rychlé a správné rozhodovací

procesy, které jsou v součinnosti s pohotovou a rychlou motorickou odpovědí, mohou být limitujícími faktory úspěšnosti hráčů na uvedené pozici. V případě středních záložníků se jedná o distribuci kreativních přihrávek různým směrem, různým úsilím, kde jemná motorika a kinestéza může ovlivňovat správný “timing” přihrávky a to v kontextu kumulativní únavy v utkání. Hráči na pozici středního záložníka se často dostávají do zakončení ze střední vzdálenosti, kde se na elitní úrovni „obounohost“ vyžaduje. Stejně tvrzení lze aplikovat a vyžadovat i u útočníků. Současný fotbal se dynamizuje jak ve fázi rychlého útoku, ale i s vyšším stupněm taktického bránění (obraný blok, hustota hráčů, “stlačování prostoru” před bránou, malé vzdálenosti mezi hráči a liniemi hráčů apod.). Takové elementy vytvářejí vysoký časoprostorový tlak na útočníky, kde rozdíly v lateralitě hráče mohou být determinanty optimálního sportovního výkonu a ovlivňují individuální herní výkon jednotlivce.

Studie (Tabulka 16) prezentují nekonzistentní výsledky úrovně bilaterálních rozdílů u sledovaných hráčských skupin. Právě vzhledem k malé evidenci porovnání bilaterálních rozdílů mezi jednotlivými hráčskými posty lze vyjádřit překvapení, že se problému nevěnuje dostatečná pozornost (5 studií). Ani v systémové meta analýze zaměřené na hodnocení bilaterálních rozdílů u fotbalových hráčů (DeLang et al., 2019) nebyl rozebíraný problém řešený, ale ani zmíněn v kontextu s rozdílnými hráčskými pozicemi.

5.7.3 Ipsilaterální silové asymetrie

Výsledky prokázaly nevýznamné rozdíly v ipsilaterálním poměru mezi sledovanými skupinami (Tabulka 11) ve všech sledovaných rychlostech jak u dominantní, tak u nedominantní dolní končetiny. Ipsilaterální poměr se pohyboval v rozmezí $55,79 \pm 7,61$ % – $65,22 \pm 7,31$ %. Silva et al. (2015) také uvádějí nevýznamné rozdíly ipsilaterálního poměru u hráčských postů (obránci, záložníci, útočníci) při úhlové rychlosti 180°s^{-1} , což je v souladu s výsledky naší studie. Při úhlové rychlosti 180°s^{-1} , měli hráči $H:Q = 64 - 71$ %, kdy v našem výzkumu měli hráči tento poměr nižší ($H:Q = 57,6 - 63,0$ %). Také v dalších studiích nebyly zjištěné signifikantní rozdíly mezi skupinami hráčů, rozdělenými podle hráčských specializací (Magalhaes et al., 2004; Ruas, Minozzo, et al., 2015; Sliwowski et al., 2017). Naši hráči dosáhli nižších hodnot v porovnání s brazilskými hráči podobného věku, ale porovnatelné s dospělými hráči nejvyšší Polské ligy (Sliwowski et al., 2017). Výsledky dostupných studií jsou konzistentní v oblasti nevýznamných rozdílů mezi komparovanými skupinami (Tabulka 17).

Tabulka 16. Přehled a komparace studií: bilaterální rozdíl isokinetické svalové síly dolních končetin (%).

Reference	n	SS	AV (°·s ⁻¹)	Věk (let)	Brankář	Obránce		Záložník		Útočník	Poznámka
						Krajní	Střední	Krajní	Střední		
Aktuální studie	104	Q:Q	60	18,2±0,6	9,91±6,50	7,31±6,31	5,00±3,36	5,32±4,08	9,82±8,15	6,93±4,33	
		Q:Q	180		7,82±8,64	6,41±6,19	7,00±4,19	4,32±3,25	9,09±6,17	7,47±7,52	
		Q:Q	300		9,27±4,82	8,35±6,87	8,07±5,88	6,90±3,35	7,27±5,29	8,60±6,43	
		H:H	60		8,09±6,82	5,83±4,53	7,71±5,50	10,00±6,68	9,32±6,38	7,93±4,65	
		H:H	180		9,46±6,19	7,23±5,16	8,64±6,72	8,26±5,69	9,00±6,45	9,13±6,90	
		H:H	300		18,73±11,58	10,04±5,84	12,00±9,13	10,47±7,68	9,46±6,92	8,53±7,66	B vs. SZ, Ú
Bona et al. (2016)	23	Q:Q	60	14,7±0,5	5,3±6,8	9±8	6,6±4,1	14,55±15	8,9±7,7		
		H:H	60		5,6±2,5	13,8±3,5	3,4±2,7	7,5±2,45	8,2±12,9		
		Q:Q	300		1,9±2,2	10,2±11,9	4,7±3,6	12,55±14,7	7,7±1,3		
		H:H	300		4,7±2,9	10,2±11,7	7,3±3,9	6,2±4,55	6,1±4,6		
	27	Q:Q	60	16,8±0,4	3,7±0,7	11,3±7	6,2±3,8	4,45±3,3	5,4±1,9		
		H:H	60		1,5±1,2	8,4±4,7	4,4±3,6	6,4±3,9	9,6±4,3		
		Q:Q	300		2,4±0,9	6,4±5,8	12,4±11,9	5,15±3	6,8±2,8		
		H:H	300		1,9±0,1	11,9±3,8	9,1±7,1	8,48±6,35	7,6±7,6		
Carvalho a Cabri (2007)	245	Q:Q	60	26,7±3,8	5,7±4,1	5,2±4	6,6±5,7	6,65±5	6,6±5,2		
		H:H	60		8,1±7,2	7,8±5,3	7,7±5,2	8,45±8	9±4,5		
		Q:Q	180		6,2±4,3	5,5±4,8	5,4±3,9	7,3±5,6	5,8±5,4		
		H:H	180		8,9±5,3	8,4±6,3	9,1±4,7	7,85±5,55	8,4±6,8		
Magalhaes et al. (2004)	46	Q:Q	90	25,1±3,6	13,3±4,4	8,4±5,7	10,1±7,9	5,6±4,2	8,2±6,4		
		H:H	90		11,3±2,0	6,4±3,5	9,0±8,2	9,2±7,5	6,9±2,8		
Ruas et al. (2015)	102	Q:Q	60	26±5	9±4	10±10	10±8	8±7,5	11±7		
		H:H	60		15±13	10±7	9±7	9,5±9	16±10		
Tourny-Chollet et al. (2000)	21	Q:Q	60	22,0±3,0		6,22		4,8	3,21		
		H:H	60			1,5		4,2	6,8		
		Q:Q	120			3,2		8	6,2		
		H:H	120			4,1		1	9,7		
		Q:Q	240			20,2		3,7	3,31		
		H:H	240			4,2		4,7	5,0		

Legenda: n – počet probandů, SS – svalová skupiny, Q – quadriceps, H – hamstring, AV – úhlová rychlost, n.s. – nevýznamné rozdíly, B – brankáři, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.

Tabulka 17. Přehled a komparace studií: ipsilaterální poměr isokinetické svalové síly dolních končetin (%).

Reference	n	L	AV (°·s ⁻¹)	Věk	Brankář	Obránce		Záložník		Útočník	Poznámka
						Krajní	Střední	Krajní	Střední		
Aktuální studie	104	D	60	18,2±0,6	63,3±6,6	62,3±9,7	61,71±8,7	60,9±7,3	59,7±7,6	59,0±6,8	
		D	180		58,1±5,8	62,4±9,8	57,8±9,1	63,0±7,4	61,2±6,8	57,6±9,3	
		D	300		61,7±9,8	65,2±7,3	57,4±7,7	64,7±9,1	59,3±9,1	58,73±9,1	
		N	60		61,0±9,9	60,2±7,7	55,8±7,6	57,16±8,67	60,1±10,8	55,4±8,2	
		N	180		55,7±8,3	60,3±7,5	58,1±10,0	58,4±7,3	61,4±10,6	55,9±9,9	
		N	300		57,7±10,1	61,7±8,7	58,4±10,9	60,0±8,1	58,7±10,5	56,2±11,1	
Magalhaes et al. (2004)	46	D	90	25,1±3,6	53,1±4,9	56,8±6,9	51,4±5,9	55,2±6,7		54,8±7	n.s.
		N	90		54,6±7,8	57,1±7,2	53,3±9,7	56,7±5,2		55,6±5,4	n.s.
Ruas et al. (2015)	102	D	60	26±5	60±7	63±16	64±13	61±13		59±11	n.s.
		N	60		55±8	61±10	61±12	61±9		58±12	n.s.
Silva et al. (2015)	22	D	180	18-20		71±11		69±18		64±13	n.s.
Sliwowski et al. (2017)	111	D	60	26±5	57,4±7,2	55,0±4,7	60,6±7,9	62,2±8,5	61,1±7,7	58,2±6,3	n.s.
		N	60		56,1±7,5	59,3±3,3	57,3±8,7	56,2±10,0	57,5±6,6	56,7±7,1	n.s.

Legenda: n – počet probandů, L – lateralita, D – dominantní končetina, N – nedominantní končetina, AV – úhlová rychlost, n.s. – nevýznamné rozdíly.

Limity výzkumu:

Hlavním limitem studie je absence excentrické svalové kontrakce a tím i použití funkčního poměru ($H:Q_{\text{Func}}$). Jako limitující faktor vnímáme taktéž vymezení věkové kategorie podle kalendářního věku. V budoucnosti je potřebné se orientovat na další selekci podle dostupných a relevantních kritérií: biologický věk, biobanding, „hráčská vyspělost“ která je dána zařazením hráče do příslušné věkové kategorie a podobně. Měření jsme realizovali u hráčů bez únavy, a tak je možné, že se silové charakteristiky a asymetrie účinkem únavy mění (Lehnert et al., 2017; Lehnert et al., 2018; Maly et al., 2018). Taktéž jsme do výzkumu zahrnuli probandy, kteří byli “zdraví” to znamená, že nebyli po operačním zákroku kolena. V reálných podmínkách již nalezneme hráče, kteří už mají za sebou v tomto věku operační zákroky kolena. Evidujeme mnoho výhod izokinetického měření, jeho zásadní nevýhodou je nízká specificita v porovnání s reálnými podmínkami fotbalu, kde se nejedná o izolovaný pohyb v jedné rovině a taktéž se ve fotbale vyskytuje mnoho činností rychlejších, než je námi testovaná nejvyšší úhlová rychlost $300 \text{ }^\circ \cdot \text{s}^{-1}$ (Cometti et al., 2001).

5.8 Závěr výzkumu

Naše výsledky prokázaly několik zajímavých skutečností. Při vyjádření svalové síly v absolutních hodnotách jsme zjistili významné rozdíly v závislosti na herních postech sledovaných skupin (nejnižší hodnoty dosahovali hráči hrající na pozicích krajního obránce a středního záložníka). Naopak nejvyšší hodnoty dosahovali hráči hrající na pozicích brankář, střední obránce a útočník. U extenzorů kolena jsme zjistili významný rozdíl pouze v jednom případě, kde při nejnižší úhlové rychlosti dosáhli brankáři signifikantně vyšší svalovou sílu na nedominantní dolní končetině v porovnání s krajními obránci. Výše popsany poznatek poukazuje na možnosti zvyšování svalové síly flexorů kolena u hráčů na pozicích brankář, střední obránce a útočník, kdy extenzory kolena měli signifikantně silnější v porovnání s krajními obránci. Náš předpoklad o vyšší úrovni svalové síly extenzorů kolena se potvrdil, avšak v případě flexorů kolena potvrzen nebyl.

Při vyjádření svalové síly u sledovaných skupin v závislosti herních postů jsme nezjistili významné rozdíly (vyjádřeno v relativních hodnotách), čím se nám potvrdil náš předpoklad. Výsledek potvrzuje porovnatelnou úroveň extenzorů a flexorů kolena v kontextu relativizace

hodnot k tělesné hmotnosti hráče. Navzdory identifikaci individuálních bilaterálních silových asymetrií $> 15\%$ a ipsilaterálního silového poměru $< 0,60$ jsme nezjistili signifikantní rozdíly mezi sledovanými hráčskými skupinami v nízké a střední úhlové rychlosti (60 a $180 \text{ }^\circ \cdot \text{s}^{-1}$). V uvedeném případě je nutná individuální interpretace testovacího protokolu s cílem identifikace a explanace možných rizikových indikátorů isokinetické svalové síly a její derivátů. Při vysoké úhlové rychlosti ($300 \text{ }^\circ \cdot \text{s}^{-1}$) dosáhli brankáři vyšší bilaterální silový deficit flexorů kolena v porovnání se středními záložníky a útočníky. Hodnota $18,73 \pm 11,58 \%$ je vysoká, i když víme, že brankáři patří mezi hráče s „nejstabilnější“ pozicí na hřišti. Kliničtí pracovníci by měli podobné nedostatky a rizikové prediktory řešit formou sestavení a realizace kompenzačního silového programu.

V literatuře existují nekonzistentní výsledky z hlediska komparace výsledků svalové síly, které jsou pravděpodobně důsledkem několika faktorů (nerozdělení hráčů do srovnatelných skupin podle herního postu, nepublikování absolutní i relativní svalové síly u hráčů, resp. použití ANCOVA s eliminací tělesné hmotnosti jako kovariační proměnné, absence testování svalové síly v nízké, střední a vysoké úhlové rychlosti, nejasnost v zařazování hráčů do “elitní” skupiny, rozdíly v protokolech měření a další).

Námi prezentované výsledky by měly přispět k vědeckým a odborným poznatkům v oblasti kinantropologického výzkumu, následnému propojení na jiné vědní obory a interdisciplinaritu (fyzioterapie, metodologie sportovního tréninku, antropomotoriky a další).

6 EXPLOZIVNÍ SÍLA DOLNÍCH KONČETIN A SILOVÉ ASYMETRIE

6.1 Explosivní síla dolních končetin při vertikálním výskoku ve fotbale

Vertikální výskok (VV) patří mezi esenciální motorické dovednosti ve fotbale (Zahalka, Maly, & Mala, 2016), má hlavní úlohu v aktivitách jako je výskok při hře hlavou v útočné i defenzivní fázi hry (Akbari, Sahebozamani, Daneshjoo, & Amiri-Khorasani, 2018) a je velmi dobrým prediktorem explozivních schopností dolních končetin (Aragón, 2000). V kontextu hry je popisovaný pohybový prvek velmi důležitý, kdy při dobře organizované aktivní obraně soupeře je ve většině případů následně realizován dlouhý nákop na určeného hráče, resp. do prostoru, kde hráči podstupují vzdušný souboj ve výskoku. Taktéž při standardních situacích (obraných i útočných) je přihrávka vzduchem cílená do prostoru, kde je zpravidla nejlepší hlavičkář(i) týmu. Realizovaný výskok je častokrát z náběhu, ale taktéž se vyskytují situace, při kterých je hráč limitovaný optimální technikou výskoku (držení protihráčem, blokování hráče při osobním bránění, protihráč při zónové obraně apod.). Výzkum prokázal, že hráči v utkání realizují až $10,4 \pm 5,4$ výskoků (Nedelec et al., 2014), což poukazuje na zjevnou ekologickou validitu pro diagnostiky výkonu v balistických a explozivních činnostech (Bishop et al., 2020).

6.1.1 Stručný přehled nejčastěji používaných testů odrazových schopností v elitním fotbale

Výzkum v současnosti prezentuje několik testů realizace vertikálního výskoku a jeho modifikací pro sledování explozivní činnosti dolních končetin u fotbalistů s cílem objektivizace parametrů explozivní síly dolních končetin, resp. silových asymetrií při výskoku:

- vertikální výskok s protipohybem a s použitím paží (angl. Countermovement jump with free arms; CMJ_{FA}) (Nikolaidis et al., 2016; Sedano, Matheu, Redondo, & Cuadrado, 2011; Zahalka et al., 2019; Zahalka, Maly, & Mala, 2016),

- vertikální výskok s protipohybem bez použití paží (angl. Countermovement jump without arms; CMJ) (Harry, Barker, James, & Dufek, 2018; Zahalka et al., 2013; Zemkova & Hamar, 2009),
- vertikální výskok z podřepu (angl. Squat jump; SJ) (Arnason et al., 2004; Boone et al., 2012; Rodriguez-Lorenzo, Fernandez-del-Olmo, Sanchez-Molina, & Martin-Acero, 2016; Zahalka et al., 2013),
- vertikální výskok po dopadu (angl. Drop Jump; DJ, nebo Reactive Jump) (Arundale, Kvist, Hagglund, & Faltstrom, 2020; Gil et al., 2007; Zahalka et al., 2013),
- vertikální odraz s protipohybem na jedné noze (angl. Single leg countermovement jump – SLCMJ) (Wik et al., 2019, Yanci & Camara, 2016),
- opakovaný vertikální výskok (různé modifikace) (Arundale et al., 2020; Centeno-Prada, Lopez, & Naranjo-Orellana, 2015).

Vyskytují se také modifikované verze vertikálního výskoku. Například Botek et al. (2010), realizují vertikální výskok s protipohybem bez paží, které jsou fixované na ramenech. Maulder a Cronin (2005) sledovali výkony v testech: horizontální odraz z podřepu, horizontální odraz s protipohybem a opakované horizontální odrazy. Arundale et al. (2020) sledovali u dospělých švédských hráčů opakovaný výskok (10 s) se snahou přiblížení kolen k ramenům v letové fázi (tzv. tuck jumps). Northeast, Russell, Shearer, Cook a Kilduff (2019) aplikovali u hráčů seskok po výskoku na jedné dolní končetině.

Při vertikálním výskoku můžeme sledovat různé parametry projevu explozivní síly dolních končetin, které jsou považovány za kritické determinanty výkonu různých aktivit ve fotbale, jako je akcelerace, decelerace a sprint (Loturco, Pereira, Kobal, & Nakamura, 2018; Nikolaidis et al., 2016; Northeast et al., 2019), výskoky (Barker, Harry, & Mercer, 2018) a změna rychlosti směru běhu (Chamari et al., 2004; Sheppard & Young, 2006).

6.1.2 Explosivní síla dolních končetin jako determinant pohybového výkonu a prediktor úspěšnosti ve fotbale

Výška vertikálního výskoku byla prokázána jako silný indikátor lineární akcelerační rychlosti u fotbalových hráčů (Cronin & Hansen, 2005; Faude, Roth, Di Giovine, Zahner, & Donath, 2013; Haugen, Tonnessen, & Seiler, 2013; Lehance et al., 2009) a jako standardní test pro hodnocení explozivních schopností sportovců (Chu & Mayer, 2013; Los Arcos, Martinez-Santos, & Castillo, 2020). Northeast et al. (2019) prokázali u profesionálních anglických hráčů (EPL) že 21 % variability akcelerační rychlosti na 5 m vzdálenosti ($1,02 \pm 0,07$ s) bylo vysvětlených maximálním výkonem v testu vertikálního výskoku s protipohybem (CMJ), který relativizovali k tělesné hmotnosti hráče ($54,5 \pm 5,3$ W.kg⁻¹). Následná regresní analýza prokázala, že přírůstek výkonu $5,4$ W.kg⁻¹ znamená časově zlepšení o $0,03$ s. Barker et al. (2018) uvádějí, že hráči nejčastěji využívají pohybovou strategii CMJ výskoku pro dosažení maximální výšky výskoku. Chamari et al. (2004) uvádějí, že sprint, agilita a vertikální výskok jsou vzájemně velmi blízko asociované dynamické činnosti, které vyžadují rychlou a vysokou produkci svalové síly, a navíc u těchto činností převládá stejné energetické krytí. Nikolaidis et al. (2016) uvádějí výskok s použitím paží jako silnější prediktor lineární běžecké rychlosti na krátkou vzdálenost (10 a 20 m) v porovnání s testy jako jsou CMJ a SJ. Dauty et al. (2002) prokázali signifikantní asociaci síly extenzorů kolene s explozivní silou dolních končetin (SJ: $r = 0,507$; CMJ: $r = 0,649$).

Z důvodu, že explozivní síla dolních končetin má velký význam pro vysoko intenzivní činnosti, výzkumníci a kliničtí pracovníci stále hledají lepší a efektivnější strategie pro zlepšení schopností produkce vertikální síly u profesionálních hráčů fotbalu (Loturco, Bishop, Freitas, Pereira, & Jeffreys, 2020; Loturco et al., 2018). Výzkum prokázal signifikantní účinek aplikovaného programu s využitím prvku vertikálního výskoku z podřepu (SJ) na lineární běžeckou rychlost u fotbalových hráčů (Loturco et al., 2016) resp. plyometrického tréninku u sportovců (Lehnert, Hůlka, Malý, Fohler, & Zahálka, 2013; Sedano et al., 2011). Maffiuletti et al. (2016) uvádějí, že silový gradient (Rate Force Development; RFD) je podmíněný úrovní maximální volní aktivace v počáteční fázi explozivní svalové kontrakce (50 - 75 ms). Její stimulace a rozvoj může být realizován jak explozivním tréninkem, tak tréninkem s vysokým odporem s cílem zlepšení rychlé svalové aktivace.

Aktuální poznatky vědeckých publikací deklarují rozdíly pohybové výkonnosti ve fotbale v souvislosti s následujícími faktory: herní pozice hráče (Boone et al., 2012; Dellal,

Wong, Moalla, & Chamari, 2010; Di Salvo et al., 2013; Gai, Leicht, Lago, & Gomez, 2019), výkonnostní úrovní hráčů (Bradley et al., 2013), věkem (Kobal et al., 2016). Na druhé straně výkon ve vertikálním výskoku byl prokázán jako stabilní indikátor výkonnosti u elitních hráčů při porovnání výsledků v průběhu 15 - 18 let (Haugen et al., 2013; Los Arcos et al., 2020). Z uvedeného důvodu někteří autoři testování fyzických předpokladů hráčů (včetně explozivní síly dolních končetin) považují za nástroj k identifikaci talentu (Dodd & Newans, 2018; Gil et al., 2014), determinant pro stanovení fyzického profilu hráče (Boone et al., 2012), a taktéž jako nástroj získávání údajů s cílem prevence zranění hráčů (Croisier et al., 2008).

Mnoho studií se zabíralo komparací výkonu při vertikálním výskoku hráčů z hlediska úspěšnosti, ale výsledky nejsou zcela konzistentní. Některé studie prokázaly významný rozdíl mezi týmy z hlediska úspěšnosti a výkonnostní úrovní (Aquino et al., 2017; Arnason et al., 2004; Ferreira et al., 2018; Rebelo et al., 2013; Trecroci, Milanovic, Frontini, Iaia, & Alberti, 2018), avšak výsledky jiných studií popisované rozdíly nepotvrzují (Castagna & Castellini, 2013; Cometti et al., 2001; Los Arcos et al., 2020).

Arnason et al. (2004) uvádějí, že výška výskoku (CMJ, SJ) při testování elitních hráčů Islandu ($n = 217$) byla signifikantně asociovaná s úspěšností týmu (definovanou výsledným postavením v tabulce). Také u mladých portugalských hráčů kategorie U19, byly zjištěné signifikantně a věcně významné rozdíly vertikálního výskoku mezi elitními a neelitními hráči (Rebelo et al., 2013). Martinez-Santos, Castillo a Arcos (2016) prokázali u mladých španělských středních obránců, kteří v budoucnosti hráli 2. nejvyšší španělskou ligu, lepší výkon vertikálního výskoku v testu CMJ ($48,8 \pm 3,6$ cm) v porovnání se středními obránci, kteří byli v další kariéře méně úspěšní ($44,9 \pm 4,2$ cm). Podobný trend byl zjištěn na pozici krajního obránce (úspěšní: $48,9 \pm 5,5$ cm vs. neúspěšní: $46,8 \pm 4,7$ cm). Na dalších pozicích již nebyly zjištěné signifikantní rozdíly mezi úspěšnými a neúspěšnými hráči.

Gonaus a Muller (2012) prokázali významné rozdíly ve výkonu vertikálního výskoku (CMJ_{FA}) mezi hráči vybraných do národních týmů a ligovými hráči u mladých rakouských hráčů ve třech mládežnických kategoriích (U15, U16, U17). V nejstarší kategorii dosáhli vybraní hráči (úspěšní hráči) výkon $39,3 \pm 5,7$ cm a nevybraní (neúspěšní) $37,7 \pm 5,7$ cm. Rozdíl ve výkonu představuje 1,6 cm (4,1 %). Autoři dále nespecifikují výkony pro jednotlivé hráčské pozice u hráčů, přestože studie obsahuje vysoký počet sledovaných hráčů ($n = 456$). Ferreira et al., (2018) prokázali vyšší vertikální výskok a impuls síly v testu CMJ u mladých hráčů nejvyšší domácí soutěže v porovnání s hráči z druhé nejvyšší soutěže.

Studie Gil et al., (2007) prokázala na vzorku 241 mladých španělských fotbalových hráčů, že výška výskoku nebyla signifikantně odlišná mezi úspěšnými a neúspěšnými hráči z

pohledu selekce fotbalových akademií. Autoři konstatují, že pro útočníky byl z pohledu kritéria pro selekci nejdůležitější faktor agilita a výbušná schopnost dolních končetin (výskok po seskoku; DJ), který dokázal vysvětlit až 73,1 % regresního modelu. Agilitu, která vyžaduje vysokou produkci svalové síly v krátkém čase, spojují i s výběrovým kritériem pro záložníky. Cometti et al. (2001) uvádějí u profesionálních francouzských hráčů výkon v testu CMJ: $41,56 \pm 4,18$ cm a v testu SJ: $38,48 \pm 3,80$ cm. Dále autoři uvádějí nevýznamné rozdíly mezi profesionálními a amatérskými hráči (CMJ = $43,93 \pm 5,65$ cm, SJ = $39,83 \pm 5,15$ cm). Haughen et al., (2013) zjistili významné rozdíly ve výšce výskoků v CMJ mezi hráči národního týmu Norska ($39,4 \pm 5,2$ cm) a juniorských hráčů nejvyšší domácí soutěže ($35,4 \pm 4,2$ cm). Zjištěný rozdíl představuje 11,3 %. Taktéž autoři uvádějí, že hráči první, druhé ligy a juniorského národního týmu dosahují signifikantně lepších výsledků (5 - 11 %) v porovnání s hráči z 3. až 5. ligy.

Los Arcos et al. (2020) komparovali u elitních mladých španělských hráčů výkon v testu CMJ mezi zkušenými hráči (odchovanci akademií) a novými hráči. Hráče rozdělili podle hráčských pozic do pěti kategorií (krajní obránci, střední obránci, krajní záložníci, střední záložníci, útočníci). V testu vertikálního výskoku (CMJ) zjistili významné rozdíly ve prospěch vlastních odchovanců na dvou pozicích (krajní obránci $46,27 \pm 4,15$ cm vs. $43,51 \pm 4,28$ cm a střední záložníci $44,25 \pm 3,46$ cm vs. $41,14 \pm 3,87$ cm). U dalších herních postů významný rozdíl zjištěný nebyl.

Castagna a Castellini (2013) porovnávali výkon vertikálního výskoku (SJ, CMJ) u italských reprezentačních týmů ve 3 věkových kategoriích (U17, U20, U21). Autoři uvádějí nevýznamné rozdíly mezi týmy ($p > 0,05$).

Parametry explozivní síly dolních končetin jsou ovlivněné i věkem hráčů. Výsledky nedávné studie Zahalka et al. (2019) uvádějí signifikantně vyšší úroveň výšky vertikálního výskoku a silového impulzu u výskoku s použitím paží u starších hráčů v porovnání s mladšími (U15: výška výskoku = $37,59 \pm 5,32$ cm, impuls síly = $166,26 \pm 32,42$ N.s, U13: výška výskoku = $30,15 \pm 3,31$ cm, impuls síly = $126,35 \pm 20,01$ N.s). Autoři nezjistili významné rozdíly z hlediska věku při komparaci bilaterálního silového rozdílu produkce maximální síly (silových asymetrií) při výskoku ($p > 0,05$).

6.2 Explozivní síla dolních končetin při vertikálním výskoku jako předmět vědeckého výzkumu ve fotbale

Explozivní síla a její projevy v testech vertikálních výskoků ve fotbale jsou předmětem vědeckého zkoumání už několik dekad a jsou zaměřené na široké spektrum výzkumných problémů:

- porovnání výkonnosti mezi hráčskými pozicemi (Boone et al., 2012; Carpes, Geremia, & Ferrari, 2019; Harry et al., 2018; Lago-Penas, Casais, Dellal, Rey, & Dominguez, 2011; Los Arcos et al., 2020; Martinez-Santos et al., 2016; Slimani & Nikolaidis, 2019; Sylejmani et al., 2019; Zahalka, Maly, Mala, & Hrasky, 2015),
- kritérium výkonnosti a úspěšnosti týmu (Arnason et al., 2004; Kalapotharakos et al., 2006),
- účinek specifického programu s cílem zlepšení explozivní síly dolních končetin (Akbari et al., 2018; Loturco et al., 2018; Prieto et al., 2020; Sedano et al., 2011),
- účinek různých druhů strečinku na úroveň explozivní síly dolních končetin (Su, Wei, & Hsu, 2019),
- sledování úrovně explozivní síly dolních končetin jako indikátoru neuromuskulární únavy po utkání (De Ste Croix et al., 2019; Kunz, Zinner, Holmberg, & Sperlich, 2019; Lehnert et al., 2018; Lehnert et al., 2017; Maughan & Swinton, 2020; Rowell, Aughey, Hopkins, Stewart, & Cormack, 2017; Russell, Sparkes, Northeast, & Kilduff, 2015; Zemkova & Hamar, 2009),
- identifikace, výběr talentované mládeže a selekce podle výkonnostní úrovně (Aquino et al., 2017; Carling et al., 2012; Deprez et al., 2013; Gil et al., 2007; S. M. Gil et al., 2014; Gonaus & Muller, 2012; Lago-Penas et al., 2011; Ryman Augustsson, Arvidsson, & Haglund, 2019; Trecroci et al., 2018; Vandendriessche et al., 2012),
- vztah mezi genetikou a explozivní silou dolních končetin (Domanska-Senderowska et al., 2019; Stastny et al., 2019),
- porovnání úspěšnosti hráčů z hlediska přechodu mezi seniorskou kategorií, resp. profesionální soutěží (Los Arcos et al., 2020; Martinez-Santos et al., 2016),

- hodnocení explozivní síly a silových asymetrií při hodnocení různých typů vertikálních výskoků (Bishop et al., 2020; Loturco et al., 2019; Menzel et al., 2013; Zahalka, Maly, & Mala, 2016; Zahalka et al., 2013),
- rozdíly parametrů explozivní síly při různých typech povrchu (Hatfield, Murphy, Nicoll, Sullivan, & Henderson, 2019),
- komparace parametrů explozivní síly dolních končetin mezi fotbalisty a dalšími sporty (Centeno-Prada et al., 2015),
- vztah síly a silových asymetrií na pohybový výkon lineární běžecké rychlosti a rychlosti změny směru (Bishop, Turner, et al., 2019; Hojka et al., 2017; Nikolaidis et al., 2016),
- komparace výkonu mezi elitními hráči z hlediska pohlaví (Castagna & Castellini, 2013),
- zjišťování efektu účinnosti přípravného období (Botek et al., 2010),
- normativní data pro mládež (Petridis et al., 2019),
- normativní hodnoty pro elitní sportovce (Centeno-Prada et al., 2015),
- hledání prediktorů pro výkon vertikálního výskoku (Krizaj, Rauter, Vodigar, Hadzic, & Simenko, 2019),
- vliv ontogeneze a výkonnosti týmu na úroveň explozivní síly a silových asymetrií (Castagna & Castellini, 2013; Ferreira et al., 2018; Kobal et al., 2016; Lehance et al., 2009; Zahalka et al., 2019; Zahalka, Maly, & Mala, 2016; Zahalka, Maly, Sugimoto, & Mala, 2017),
- využití parametrů explozivní činnosti dolních končetin jako prediktoru pro lineární sprint a rychlost změny směru (Northeast et al., 2019),
- hodnocení silových asymetrií ve výskoku (Impellizzeri, Rampinini, Maffiuletti, & Marcora, 2007; Sannicandro, Rosa, De Pascalis, & Piccinno, 2012; Yanci & Camara, 2016; Zahalka et al., 2013; Zahalka, Maly, & Mala, 2016; Zahalka, Maly, Mala, & Cabell, 2016; Zahalka et al., 2015; Zahalka et al., 2017; Zahalka et al., 2019),
- variabilita výkonu explozivní síly v průběhu sezóny (Malliou et al., 2003; Meckel, Doron, Eliakim, & Eliakim, 2018),
- komparace explozivní síly dolních končetin mezi sezónami (Di Giminiani & Visca, 2017),
- sledování sekulárních trendů (Carling et al., 2012),
- komparace explozivní síly dolních končetin z hlediska úrovně sportovní výkonnosti týmů (Cometti et al., 2001),
- komparace explozivní síly dolních končetin mezi končetinami (Yanci & Camara, 2016),
- sledování korelace mezi explozivní silou dolních končetin s jinou komponentou

sportovního výkonu (Lehnert et al., 2013),

- komparace explozivní síly a silových asymetrií u profesionálních fotbalových brankářů (Zahalka, Maly, Mala, & Teplan, 2012).

Jak již bylo uvedeno, vertikálnímu výskoku při bilaterálním zapojení dolních končetin se věnuje ve výzkumu velká pozornost. Na druhou stranu je nutné podotknout, že ve fotbalovém utkání je výskyt situací při symetrickém zapojení obou končetin poměrně málo častým jevem a hráč musí propulzivní sílu generovat často pouze jednou končetinou, nebo s její převládající dominancí (Yanci & Camara, 2016), což se považuje za více specifický pohyb hráče v utkání (Meylan, Nosaka, Green, & Cronin, 2010). Právě hodnocení produkce svalové síly jedné končetiny a její porovnání s druhou končetinou se považuje za vhodný nástroj k identifikaci relevantních prediktorů muskuloskeletálních zranění na dolních končetinách (Impellizzeri et al., 2007).

6.3 Bilaterální silové asymetrie při explozivní činnosti dolních končetin

Silové asymetrie jsou často předmětem zkoumání ve sportovních vědách a jejich úroveň je spojená se sportovní výkonností (Bishop et al., 2019), prevencí i predikcí možného zranění u sportovců (Croisier et al., 2003; Croisier et al., 2008).

Jasný původ bilaterální silové asymetrie nebyl výzkumem potvrzen, ale usuzuje se na několik faktorů, které přímo, resp. nepřímo souvisejí s výskytem asymetrie. Jedná se hlavně o následující faktory: neadekvátní, nebo nedostatečně dlouhý rehabilitační program u hráčů po zranění, specifické a více preferované motorické činnosti (bilaterální rozdíl poměru agonista-antagonista), chronické a nekompensované jednostranné zatížení (Knapik et al., 1991; Maly et al., 2019; Menzel et al., 2013).

Bilaterální asymetrie jsou detekované různými metodami jako například:

- bilaterální asymetrie morfologických parametrů (Malá et al., 2014),
- funkčně silové asymetrie pomocí izokinetického dynamometru (Iga et al., 2005; Kellis et al., 2001; Kong & Burns, 2010; Maly et al., 2021; Maly, Zahalka, & Mala, 2014; Maly, Zahalka, et al., 2016b),

- bilaterálně silové asymetrie pomocí testů vertikálního výskoku (Bishop, Brashill, et al., 2019; Impellizzeri et al., 2007; Menzel et al., 2013; Zahalka et al., 2012; Zahalka, Maly, & Mala, 2016; Zahalka et al., 2013; Zahalka et al., 2015; Zahalka et al., 2019),
- neuromuskulární bilaterální rozdíly pomocí tenziomyografie (Alentorn-Geli et al., 2015; Garcia-Garcia, Serrano-Gomez, Hernandez-Mendo, & Morales-Sanchez, 2017; Gil et al., 2015),
- bilaterální asymetrie při diagnostice pomocí izometrického tlaku dolních končetin (pomocí „leg press“) (Impellizzeri et al., (2007),
- silové asymetrie detekované pomocí motorických testů (Hoog, Warren, Smith, & Chimera, 2016; Lockie et al., 2016).

I když se pro hodnocení silových asymetrií považuje za zlatý standard testování na izokinetickém dynamometru, výhodou testování pomocí vertikálního výskoku je fakt, že proband realizuje činnost v uzavřeném kinetickém řetězci, vertikálním postavením sportovce (specifická poloha sportovce) s využitím činnosti produkce svalové síly, zapojením více svalových skupin při nižší izolaci svalové činnosti příslušných svalových skupin (Impellizzeri et al., 2007). V případě testování na izokinetickém dynamometru se jedná o testování při konstantní úhlové rychlosti pohybu, izolovaném pohybu, což snižuje ekologickou validitu testu (Menzel et al., 2013).

Při hodnocení teoretického konstruktu (latentní proměnné) – bilaterálních asymetrií dolních končetin, výsledky z hlediska asociace mezi nimi při použití odlišných metodik jejich zjištění (diagnostiky) nejsou konzistentní. Maly, Zahalka, Mala a Cech (2015) uvádějí nevýznamnou korelaci mezi silovým bilaterálním deficitem v testech vertikálního výskoku (CMJ_{FA} , CMJ a SJ) a bilaterálním deficitem svalové síly kolenních extenzorů / flexorů při izokinetickém měření v 5-ti úhlových rychlostech pohybu (60, 120, 180, 240 a 300 °s⁻¹). Hodnoty korelačních koeficientů byly v rozmezí ($r = -0,33$ až $0,30$). Naopak, bilaterální deficit v testech CMJ_{FA} a CMJ signifikantně koreloval $r = 0,63$ ($p < 0,01$). Menzel et al. (2013) uvádějí u profesionálních brazilských hráčů středně velkou míru asociace ($r = 0,36$ až $0,46$; $p < 0,05$) mezi bilaterální silou a asymetrií při testu vertikálního výskoku CMJ a izokinetickou svalovou silou (úhlová rychlost 60, 180, 300 °s⁻¹). Autoři taktéž zjistili signifikantní vztah mezi asymetriemi při komparaci silového impulzu (CMJ) a maximálním momentem svalové síly při nízké (60 °s⁻¹) a střední (180 °s⁻¹) úhlové rychlosti. Paradoxně, nevýznamný vztah byl zjištěn při nejvyšší úhlové rychlosti (300 °s⁻¹), ($r = 0,23$; $p > 0,05$). Menzel et al. (2013) prokázali pomocí faktorové analýzy dvě latentní proměnné hodnotící bilaterální silové asymetrie

(parametry izokinetické svalové síly a parametry vertikálního výskoku) a prokázali jejich vzájemnou nezávislost při hodnocení bilaterálních asymetrií pomocí obou metod. Vertikální výskok klade vysoké explozivní nároky na dolní končetiny v součinnosti s optimálním časováním (timingem), také na intra – a intermuskulární koordinaci. Ve fotbale je vyžadována vysoká míra produkce a absorpce svalové síly v mnohých činnostech, jako např.: akcelerace, decelerace, rychlost změny směru pohybu, acyklické činnosti (kop, obrat, výskok) a další. Z uvedeného důvodu je test CMJ považovaný za test s vyšší mírou specificity v porovnání s testem izokinetické svalové síly na dynamometru (Wisloff et al., 2004). Na druhé straně, Impellizzeri et al. (2007) uvádějí vysokou korelaci mezi silovou asymetrií při vertikálním výskoku a silovou asymetrií při testu izometrického tlaku dolními končetinami (leg press), ($r = 0,83$; $p < 0,05$).

Výsledky různých metod pro zjištění silových asymetrií mohou přinést různé výsledky, např. při motorickém projevu pohybové činnosti jako je vertikální výskok, můžeme diskutovat o vlivu odlišné techniky (strategie pohybu, zatímco při izolované činnosti se bude nejspíše jednat o funkční kapacitu svalu k produkci svalové síly a jejích derivátů) Menzel et al. (2013).

Parametry vertikálního výskoku se v současném výzkumu používají nejen s cílem objektivizace a identifikace bilaterálních silových asymetrií (Bishop, Brashill, et al., 2019; Maly et al., 2013; Menzel et al., 2015; Zahalka et al., 2019; Zahalka, Maly, & Mala, 2016), nýbrž i za účelem sledování účinnosti efektivitu rehabilitačních programů s cílem návratu hráče po zranění (Impellizzeri et al., 2007).

Impellizzeri et al. (2007) uvádí u elitních italských hráčů ($n = 313$) maximální sílu vyprodukovanou silnější dolní končetinou při výskoku CMJ = 1036 ± 153 N a slabší dolní končetinou 972 ± 141 N. Rozdíl mezi dominantní a nedominantní dolní končetinou představuje 6,2 %. Za abnormální asymetrii u elitních hráčů se považuje vyšší silový rozdíl než 15 %, kdy vyšší hodnoty představují zvýšené riziko zranění hráče (Clark, 2001; Impellizzeri et al., 2007; Menzel et al., 2013).

Zahalka et al. (2016) uvádějí vyšší bilaterální silovou asymetrii u mladých elitních hráčů v testu CMJ (9,43 %) v porovnání s testem SJ (4,8 %). Naopak Bishop et al. (2020) prokázali u elitních mladých fotbalových hráček signifikantně vyšší asymetrii v testu SJ v porovnání s testy CMJ a DJ při použití silového impulsu v koncentrické fázi odrazu. Při použití parametrů výšky výskoku, maximální síly a maximálního výkonu (Peak Power) nebyly zjištěny signifikantní rozdíly mezi uvedenými třemi testy.

Krizaj et al., (2019) neprokázali přímý vztah mezi velikostí silové asymetrie a výkonem ve vertikálním výskoku (SJ, CMJ). Dále uvádějí, že hráči s nižší silovou asymetrií měli lepší

předpoklady pro odrazové schopnosti z pohledu dynamického silového indexu a lepšího využití natahovacího – zkracujícího se cyklu (stretch-shortening cycle; SSC).

Bishop, Turner et al. (2019) zjistili u fotbalových hráček signifikantní vztah mezi velikostí silové asymetrie při DJ (9,16 %), výkonem v lineární běžecké rychlosti na 10 m ($r = 0,52$; $p < 0,05$), 30 m ($r = 0,58$; $p < 0,05$) a výkonem v rychlosti změně směru (agility 505 test: $r = 0,52$; $p < 0,05$). Ferreira et al. (2018) potvrdili hypotézu, že hráči vyšší výkonnostní úrovně mají vyšší charakteristiky explozivní síly dolních končetin, ale taktéž vyšší silové asymetrie v porovnání s hráči nižší výkonnostní úrovně ($p < 0,05$). Pro hodnocení asymetrie mezi končetinami může být použitý rozdíl výšky výskoku při unilaterálním výskoku CMJ (Bishop, Brashill, et al., 2019). Autoři uvádějí u mladých elitních hráčů akademie rozdíly 5,8 – 9,0 %, u hráčů kategorie U16 až U23.

Výška výskoku je podmíněná charakteristikami explozivní síly dolních končetin, které můžeme sledovat pomocí silových desek a inverzní dynamiky. Předcházející studie naznačují, že silové asymetrie mezi končetinami jsou výsledkem specifického herního zatížení hráče, do kterého se promítají proměnné, jako herní specializace hráče, činnosti ve vysokých intenzitách, rychlost změny směru, odrazy a kopy (Bishop et al., 2020; Taylor, Wright, Dischiavi, Townsend, & Marmon, 2017). Zatím nevidujeme žádný výzkum identifikace silových asymetrií v reflexi specifických herních postů u profesionálních hráčů. Vyšší specializovanost (preference) hráče na herní post by mohla způsobit i vyšší míru maladaptace ve formě silových asymetrií. Tento předpoklad formulujeme především pro hráče na krajních pozicích (krajní obránce, krajní záložník), u kterých preference končetin a výskyt „jednostranného zatížení“ v herních situacích by měla být vyšší v porovnání se středovými hráči. Hráči na krajních pozicích jsou limitováni prostorem (autovou čarou), proto jejich akční pohybový rádius a specifické fotbalové dovednosti musí být adjustované ve vztahu k herním podmínkám.

6.4 Explozivní síla dolních končetin, bilaterální silové asymetrie

v kontextu diferenciacie herních postů a limity současného stavu

poznání

Aktuální výzkum při hodnocení výkonu a parametrů explozivní síly dolních končetin v testech vertikálního výskoku ve fotbale při rozdělení hráčských specializací používá následující členění na:

- 3 skupiny: obránci, záložníci, útočníci (Arundale et al., 2020; Gil et al., 2007; Harry et al., 2018; Lockie et al., 2019; Pivovarniček, Pupiš, & Lacena, 2015; Sanabria, Poveda, Urena, Vargas, & Solano, 2017; Sporis et al., 2011; Sylejmani et al., 2019; Wik et al., 2019),
- 4 skupiny: krajní obránci, střední obránci, záložníci a útočníci (Boone et al., 2012; Rebelo et al., 2013),
- 5 skupin: krajní obránci, střední obránci, krajní záložníci, střední záložníci a útočníci (Iglesias-Gutierrez et al., 2012; Lago-Penas et al., 2011; Los Arcos et al., 2020; Martinez-Santos et al., 2016; Zahalka et al., 2015),
- 6 skupin: Krajní obránci, střední obránci, krajní záložníci, defenzivní střední záložníci, ofenzivní střední záložníci, útočníci (Carpes et al., 2019).

Několik studií prezentuje nevýznamné rozdíly mezi výškou výskoku u hráčů na základě herních postů (Harry et al., 2018; Pivovarniček et al., 2015; Sporis et al., 2011; Sylejmani et al., 2019; Wik et al., 2019). Výše uvedené studie rozdělují hráče do 3 skupin (obránci, záložníci a útočníci), což dnes dostatečně nereflektuje rozdílné nároky na hráče v utkání. Z hlediska rozdělení hráčských postů a následné komparace explozivní síly dolních končetin je potřebné respektovat jejich rozdělení do skupin z hlediska jak horizontálního, tak vertikálního členění při jejich taktickém rozestavení (Sporiš et al., 2009). Boone et al. (2012) popisují u elitních belgických hráčů signifikantně vyšší hodnoty vertikálního výskoku ve skupině středních obránců a útočnicků v porovnání s krajními obránci a záložníky a výšku výskoku u středních obránců v porovnání s krajními obránci považují za kritérium pro jejich vzájemné rozlišení a následně možnou individualizaci tréninkového programu.

Z přehledu výzkumů je zřejmá nejednotnost z hlediska rozdílného dělení hráčských pozic, použitých metodik, protokolů, hodnotících parametrů, jako i samotných diagnostických testů. Z uvedených důvodů je potřeba se zaměřit na další parametry odrazových schopností determinující výkon ve vertikálním výskoku. Výsledek testu vertikálního výskoku sice závisí na různých časových a silových charakteristikách v jednotlivých fázích výskoku (fáze odlehčení, excentrická, koncentrická, letová a dopadová fáze), v současné době se nám ukazuje, že pouze výsledek výšky výskoku nedostatečně reflektuje hodnocení explozivní síly dolních končetin (Rago et al., 2018). Proto je potřebné se taktéž zaměřit na další indikátory podmiňující výkon vertikálního výskoku (Castagna & Castellini, 2013; Centeno-Prada et al., 2015; Gonaus & Muller, 2012; Harry et al., 2018; Lehnert et al., 2018; Menzel et al., 2013; Petridis et al., 2019; Rago et al., 2018; Zahalka, Maly, & Mala, 2016; Zahalka, Maly, Mala, et al., 2016):

- celkový čas kontrakce: excentrické a koncentrické,
- čas dosažení maximální síly,
- čas letové fáze,
- poměr času letové fáze a koncentrické fáze,
- hodnocení minimální rychlosti při odlehčení,
- hodnocení maximální a průměrné dosažené síly,
- hodnocení silového gradientu v excentrické i koncentrické fázi,
- silový impuls,
- reaktivní silový index (koeficient) pro test výskoku po seskoku a další charakteristiky.

Taktéž při hodnocení explozivních charakteristik specifických činností vyžadujících produkci síly v krátkém čase je potřebné zohlednit parametry jak ve vertikální rovině, tak v rovině horizontální (Morin & Samozino, 2016).

Nedávný výzkum Ferreira et al., (2018) prokázal signifikantně vyšší produkci silového impulsu u mladých hráčů nejvyšší brazilské ligy v porovnání s druholigovými hráči. Autoři uvádějí nevýznamný rozdíl mezi vyprodukovanou maximální svalovou silou při odrazu z pohledu výkonnosti a taktéž věkové kategorie (U15, U17 a U20). V závěru studie autoři uvádějí, že další orientace výzkumu by měla respektovat herní posty hráče.

Přehled literatury ukazuje, že přes vysoký počet výskytu studií zabývajících se hodnocením explozivní síly dolních končetin u dospělých hráčů, existují jisté limity v oblasti tohoto výzkumu:

- velmi nízký počet „profilových“ studií u dospělé populace s $n > 100$ (Arnason et al., 2004; Boone et al., 2012; Haugen et al., 2013; Los Arcos et al., 2020; Sporis et al., 2009; Wik et al., 2019),
- pouze jedna studie (Los Arcos et al., 2020) z uvedených profilových studií ($n > 100$) studií rozdělila hráče do 5 -ti kategorií, ale neporovnávala herní pozice navzájem, použit byl pouze jeden test (CMJ) a jeden parametr (výška výskoku),
- u všech uvedených studií byla uvedena pouze výška vertikálního výskoku jako jediný parametr explozivní síly při výskoku,
- pouze 3 studie (Haugen et al., 2013; Sporis et al., 2009; Wik et al., 2019) realizovali výskoky pomocí silových desek (vysoká vzájemná validita) a ne pomocí kontaktních desek, optických rámců a dalších zařízení s nižší vzájemnou validitou,
- ani jedna z uvedených studií nehodnotila výkon ve čtyřech testech vertikálního výskoku (CMJ_{FA}, CMJ, SJ, DJ),
- ani jedna studie nehodnotila parametry inverzní dynamiky. Výsledek explozivní síly dolních končetin byl vždy jen interpretován jako výška vertikálního výskoku,
- ani jedna profilová studie neposkytla bilaterální porovnání silových asymetrií.

Z uvedených důvodů bylo cílem prezentovaného výzkumu zjistit a porovnat úroveň explozivní síly dolních končetin u profesionálních hráčů v závislosti na herní pozici ve čtyřech testech vertikálního výskoku (CMJ_{FA}, CMJ, SJ, DJ). Mimo parametr výšky výskoku taktéž porovnat další parametry explozivní síly dolních končetin determinující explozivní projev činnosti a porovnat také silové asymetrie při produkci maximální síly a vyprodukované síly ve fázi odrazu.

Na základě přehledu literatury, vlastních výzkumů a empirie formulujeme následující předpoklady:

- signifikantní rozdíly u vybraných parametrů explozivní síly dolních končetin v závislosti na herní specializaci hráčů,
- signifikantně vyšší hodnoty vertikálního výskoku předpokládáme u útočníků a středních obránců v porovnání s ostatními hráči,
- po relativizaci parametrů k tělesné hmotnosti hráče, předpokládáme signifikantně vyšší hodnoty ve prospěch krajních hráčů (záložníků a obránců),
- signifikantně vyšší silové asymetrie u krajních hráčů (krajní obránce, krajní záložník) v porovnání se středovými hráči (střední obránce, střední záložník, útočník).

6.5 Metodika výzkumu

6.5.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumná skupina ($n = 181$) byla sestavená z profesionálních hráčů fotbalu nejvyšší domácí ligové úrovně (věk = $25,3 \pm 4,1$ roku, tělesná výška = $181,4 \pm 6,8$ cm, tělesná hmotnost = $77,3 \pm 7,5$ kg). Hráči byli rozděleni podle hráčských pozic do následujících skupin: krajní obránci (KO; $n = 26$), střední obránci (SO; $n=37$), krajní záložníci (KZ; $n=37$), střední záložníci (SZ; $n=47$), útočníci (Ú; $n=34$). Bližší antropometrické údaje prezentuje Tabulka 18.

Týdenní zatížení sledovaných hráčů v sezóně (soutěžní období) představuje 5 - 7 tréninkových jednotek na hřišti (60 - 100 min), 1 - 2 x týdně posilovnu (30 - 45 min) a oficiální utkání (90 min).

Kritéria pro zařazení probanda do výzkumu byla:

- absence operačního zákroku kolena během celé kariéry,
- absence vysoké pohybové aktivity (objemu, intenzity) 48 hodin před měřením,
- > 90% účast na trénincích / utkáních poslední 2 měsíce před měřením,
- hráč zařazen na ligovou soupisku týmu, resp. předcházející ligový(é) start(y) v nejvyšší soutěži.

6.5.2 Organizace výzkumu

Diagnostika explozivní síly dolních končetin probíhala na začátku zimního, resp. letního přípravného období. Všechny testy byly realizované v laboratorních podmínkách, v prostorech pracoviště Laboratoře sportovní motoriky FTVS UK. Hráči 48 hod před testováním neabsolvovali fyzicky náročnou činnost. Měření bylo realizované v dopoledních hodinách po vysvětlení examinátorem. Pořadí testů a absolvování pokusů, bylo pro všechny probandy shodné.

6.5.3 Metody získávání výzkumných údajů

Diagnostika základných antropometrických parametrů

Před měřením explozivní síly dolních končetin jsme měřili aktuální tělesnou hmotnost (TH) účastníků pomocí elektronické váhy s přesností 0,1 kg (Soehnle ©, Německo) a tělesnou

výšku (TV) s přesností na 1 mm pomocí antropometrického přístroje (SECA220 ©, Hamburg, Německo).

Diagnostika indikátorů explozivní síly při vertikálním výskoku

Pro testování explozivní síly dolních končetin jsme použili dvě silové desky KISTLER 8611 (Kistler Instrumente AG, Winterthur, Švýcarsko), se vzorkovací frekvencí 1000 Hz, kdy doba záznamu dat byla 4 s. Data ze silových desek byla zpracována softwarem BioWare 5.0.0 (Kistler Instrumente AG, Winterthur, Švýcarsko). Předcházející výzkum prokázal, že použití silových desek na detekci výšky výskoku bylo reliabilní a validní, na rozdíl od použití kontaktních desek, resp. Vertec zařízení (Buckthorpe, Morris, & Folland, 2012). Castagna et al. (2013) uvádějí téměř absolutní korelaci při posouzení výsledku letové fáze mezi zařízením měřícím na optickém principu doby letu a silovou deskou Kistler 9423 (Kistler Instrumente AG, Winterthur, Švýcarsko) při frekvenci 1000 Hz ($r = 0,99$; 95% CI $-0,041 - -0,032$; $p < 0,0001$, rozdíly: bias = $0,0006 \pm 0,0007$; 95% CI = $0,004 - 0,007$ s). Při použití jiných zařízení, např. kontaktních podložek (Just Jump, Probiotics Inc, Huntsville, AL, USA) byly publikované nadhodnocené průměrné výsledky vertikálního výskoku u univerzitních sportovců (65 ± 8 cm), (Lockie et al., 2019), které nekorespondují s výsledky získanými pomocí silových desek.

Hráči v našem výzkumu realizovali celkem čtyři typy výskoků:

- 1) Vertikální výskok s protipohybem a použitím paží (CMJ_{FA}). Proband realizoval vertikální výskok s cílem dosažení nejvyššího bodu v letové fázi výskoku, přičemž využíval aktivní pohyb paží a protipohyb z excentrické do koncentrické svalové činnosti (Zahalka et al. 2016a). Šířka postavení chodidel probanda byla při výskoku v úrovni šířky ramen testovaného hráče.
- 2) Vertikální výskok s protipohybem bez použití paží (CMJ). Proband realizoval vertikální výskok s využitím protipohybu, kdy byli paže po celou dobu realizace výskoku fixované v bok. Rozsah pohybu při excentrické činnosti hráče nebyl monitorovaný. Jagers, Swank, Frost a Lee (2008) uvádějí vysokou reliabilitu výšky vertikálního výskoku v testu CMJ (ICC = 0,98) při použití Kistlerové silové desky.

- 3) Vertikální výskok z podřepu (SJ). Proband zaujmul postavení chodidel na šířku ramen. Během celé pohybové činnosti měl proband paže fixované v bok (přípravná fáze, odrazová fáze, letová fáze a fáze dopadu). V přípravné fázi se proband snížil do pozice podřepu s cílem zachování úhlu v kolenou při flexi cca 90 °. V této izometrické svalové kontrakci setrval 2 - 3 s před zahájením odrazové fáze výskoku s cílem ustálení silového působení do podložky (Arnason et al., 2004; Boone et al., 2012). Po realizaci výskoku byl kvalitativně hodnocen průběh dynamografické křivky s cílem posouzení absence excentrické fáze. V případě, že u hráče došlo po iniciaci pohybu k dalšímu odlehčení (excentrické činnosti), pokus nebyl uznán a nezapočítával se do výsledného hodnocení.
- 4) Vertikální výskok po dopadu (DJ). Hráč stál na dřevěném stupínku o výšce 30 cm. Iniciace pohybu byla realizovaná buď vykročením dolní končetiny, nebo. snožným seskokem na silové desky. Po snožném dopadu na silové desky byla snaha hráče v rámci minimálního kontaktního času s deskami, realizovat nejvyšší vertikální výskok. Proband mohl využít paže během celého testu s cílem podpory výšky výskoku a koordinace pohybu (Zahalka et al., 2013). Předcházející výzkum prokázal vysokou reliabilitu (ICC = 0,96) při stejné výšce seskoku 30 cm (Haj-Sassi et al., 2011). Podobně Arundale et al. (2020) použili u dospělých švédských hráčů výšku seskoku 31 cm.

Každý testovaný hráč prováděl vždy tři výskoky (Cometti et al., 2001, Zahalka et al., 2016a) z každého typu vertikálního výskoku mezi kterými byla 20 - 30 s pauza (Yanci & Camara, 2016; Wik et al., 2019). Před měřením každý hráč realizoval krátké rozcvičení ve formě podřepů 3 x 10 opakování, výpadů vpřed 3 x 10 opakování, statického a dynamického strečinku 5 – 8 min (Maly et al., 2015). Ze všech pokusů byly vybrány pro další analýzu pokusy s nejvyšší dosaženou výškou (Zahalka et al., 2016a).

Z hodnotících parametrů jsme použili výšku vertikálního výskoku (JH), její relativní vyjádření k tělesné výšce hráče (JH_{BH}) a tělesné hmotnosti (JH_{BW}). V naší studii jsme použili také relativní indexy pro posouzení výšky vertikálního výskoku u hráčů z důvodu signifikantních antropometrických parametrů mezi hráčskými posty (Tabulka 18). Jak uvádí Harry et al. (2014), samotná výška výskoku nemusí být nejvhodnějším prediktorem pro hodnocení výkonu hráče, kdy nižší hráči v porovnání s vyššími nemusí dosáhnout srovnatelný absolutní výkon.

Linthorne (2001) uvádí, že se dá výška výskoku při použití silových desek určit třemi možnostmi:

- 1) z časových charakteristik letové fáze,
- 2) na základě teorému mezi impulzem a momentem síly,
- 3) aplikováním teorému vztahu mezi prací a energií na silové křivce.

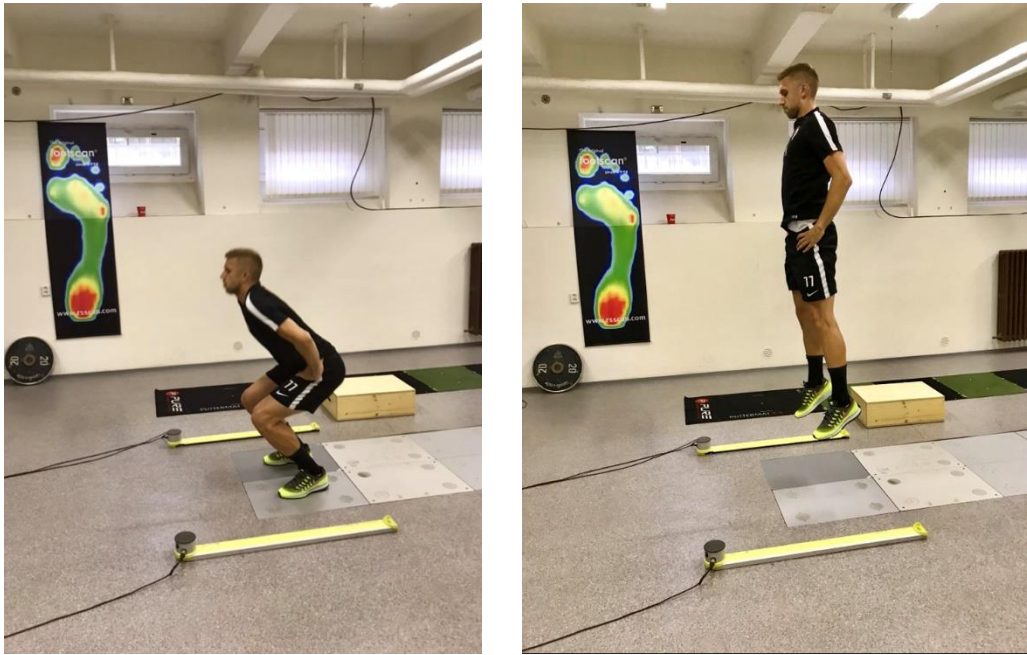
Při výpočtu výšky výskoku z doby letové fáze jsou výsledky většinou nadhodnocené o 2 - 3 cm v porovnání s metodou, která používá pro výpočet výšky charakteristiky silového impulsu (AragonVargas & Gross, 1997; Linthorne, 2001; Petridis et al., 2019). V našem výzkumu jsme použili pro určení výšky výskoku přepočet na základě vztahového teorému mezi impulzem a momentem síly (Linthorne, 2001).

Výška výskoku byla vypočítaná jako mocnina vzletové rychlosti, dělená 2 násobkem gravitační konstanty (Barker et al., 2018; Harry et al., 2018; Zahalka, Maly, & Mala, 2016).

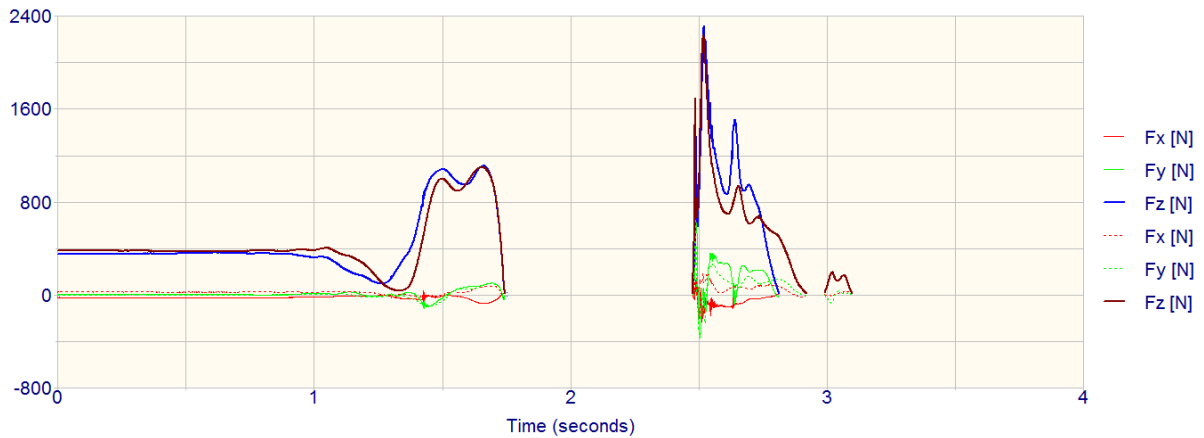
$$\text{Výška výskoku} = \frac{(\text{Rychlost vzletové fáze})^2}{2 * g}$$

Stejně tak jsme použili hodnocení maximální vyprodukované síly (F_{\max}) (Harry et al., 2018; Rago et al., 2018; Zahalka, Maly, & Mala, 2016) a její samostatné hodnoty pro dominantní ($F_{\max_{DL}}$) a nedominantní dolní končetinu ($F_{\max_{NL}}$). Dalším hodnotícím parametrem byl silový impuls při odrazu (FI) a jeho relativní hodnotu k tělesné hmotnosti (FI_{BW}) (Ferreira et al., 2018; Zahalka et al., 2016a). Silové asymetrie (ΔF_{\max}) jsme hodnotili jako rozdíl mezi $F_{\max_{DL}}$ a $F_{\max_{NL}}$ (Ferreira et al., 2018; Impellizzeri et al., 2007; Maly et al., 2015; Zahalka, Maly, & Mala, 2016). Taktéž jsme určili silovou asymetrii mezi končetinami v momentě odrazu (ΔF_{t-o}) (Zahalka et al., 2016a).

$$\text{Bilaterální silový deficit} * 100 = \frac{\text{Hodnota dominantní končetiny} - \text{Hodnota nedominantní končetiny}}{\text{Hodnota dominantní končetiny}}$$



Obrázek 16. Vertikální výskok s protipohybem bez použití paží (CMJ).



Obrázek 17. Dynamografické znázornění silového působení dolních končetin při vertikálním výskoku.

6.5.4 Zpracování výzkumných údajů

Pro zpracování výsledků byly použity deskriptivní a induktivní statistické postupy. Pro určení míry polohy byl použit aritmetický průměr a míra variability byla určena směrodatnou odchylkou. Normalita dat byla ověřena Shapiro Wilko testem. Rovnost rozdílu rozptylů dat ve vybraných kategoriích byla ověřena Levenovým testem. Pro zpracování dat byla použita mnohonásobná analýza rozptylu s následným posouzením sledovaného faktoru (hráčská specializace) pomocí „one-way“ analýzy rozptylu. Mnohonásobné porovnávání sledovaných průměrů vybraných skupin bylo realizováno pomocí post-hoc analýzy a následně příslušné adjustace (Bonferonniho test). Věcná významnost byla posuzována pomocí koeficientu „Partial Eta square“ (η_p^2), který vysvětluje podíl rozptylu sledovaného faktoru (nezávisle proměnné). Zamítnutí nulové hypotézy o rovnosti průměrů porovnávaných skupin bylo realizováno s rizikem $p < 0,05$. Analýza byla zpracována s využitím programu IBM SPSS© 21.

6.6 Výsledky výzkumu

6.6.1 Antropometrické parametre

Herní pozice hráče měla signifikantní účinek na tělesnou výšku ($F_{4,130} = 18,04$; $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,37$) a tělesnou hmotnost hráčů ($F_{4,130} = 23,10$; $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,42$). Věk nebyl signifikantně odlišný mezi komparovanými skupinami. Útočníci (BH = $185,53 \pm 4,00$ cm) a střední obránci (BH = $186,90 \pm 3,72$ cm) měli signifikantně vyšší tělesnou výšku ($p < 0,05$) v porovnání s krajními obránci (BH = $180,25 \pm 5,50$ cm), krajními záložníky (BH = $176,37 \pm 6,20$ cm) a středními záložníky (BH = $179,45 \pm 6,74$ cm).

Střední obránci měli signifikantně vyšší tělesnou hmotnost (BW = $83,47 \pm 5,67$ kg) v porovnání s krajními obránci (BW = $77,55 \pm 5,13$ kg), krajními záložníky (BW = $71,63 \pm 5,83$ kg) a středními záložníky (BW = $73,70 \pm 6,62$ kg). Nejnižší hmotnost byla naměřena krajním záložníkům, kteří se signifikantně lišili od krajních obránců, středních obránců a útočníků (BW = $82,37 \pm 5,00$ kg).

6.6.2 Explosivní síla dolních končetin

Výsledky mnohonásobné analýzy rozptylu prokázaly významný účinek sledovaného faktoru a nezávislé proměnné (herní pozice hráče) na úroveň výkonu sledovaných indikátorů explozivní síly dolních končetin ($F_{160,549} = 1,91$; $\lambda = 0,17$; $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,36$). Herní pozice neměla signifikantní účinek na výšku výskoku u sledovaných typů výskoků (CMJ_{FA}: $F_{4,176} = 1,46$; $p = 0,22$; $\eta_p^2 = 0,03$ CMJ: $F_{4,176} = 1,80$; $p = 0,13$; $\eta_p^2 = 0,04$; SJ: $F_{4,176} = 1,43$; $p = 0,23$; $\eta_p^2 = 0,03$; DJ: $F_{4,176} = 0,55$; $p = 0,70$; $\eta_p^2 = 0,01$). Přes nevýznamné statistické rozdíly mezi skupinami ve všech testech bylo pořadí výkonů výsledků shodné (útočníci > krajní záložníci > střední obránci > krajní obránci > střední záložníci). Index relativní výšky výskoku k tělesné hmotnosti hráče (JH_{BW}) prokázal signifikantně vyšší hodnoty pro hráče hrající na krajních pozicích (krajní záložníci, krajní obránci) v porovnání se středními obránci (Tabulka 18) u všech typů výskoků. Útočníci a střední obránci dosáhli signifikantně nižší hodnoty JH_{BW} v porovnání s krajními záložníky ve všech realizovaných typech výskoků. Index relativní výšky výskoku k tělesné výšce hráče (JH_{BH}) prokázal nevýznamný ($p > 0,05$) efekt mezi sledovanými skupinami. Produkce relativní svalové síly u dominantní (F_{maxDL}) a nedominantní dolní končetiny (F_{maxNL}) neprokázala signifikantní rozdíl mezi skupinami ($p > 0,05$) u všech typů výskoků (Tabulka 19 – 22). Maximální síla vyjádřená společně pro dominantní a nedominantní končetinu (F_{max}) také neprokázala významné rozdíly u hráčů na různých pozicích ($p > 0,05$).

Signifikantní rozdíly mezi skupinami jsme zjistili u impulzu síly (FI) při jeho absolutním vyjádření u všech typů výskoků (CMJ_{FA}: $F_{4,176} = 12,76$; $p < 0,00$; $\eta_p^2 = 0,23$; CMJ: $F_{4,176} = 12,14$; $p < 0,00$; $\eta_p^2 = 0,22$; SJ: $F_{4,176} = 15,32$; $p < 0,00$; $\eta_p^2 = 0,26$; DJ: $F_{4,176} = 9,41$; $p < 0,00$; $\eta_p^2 = 0,18$). V testech CMJ_{FA}, CMJ a SJ měli nejvyšší impulz střední obránci (CMJ_{FA} = $310,81 \pm 38,62$ N.s, CMJ = $294,87 \pm 41,79$ N.s, SJ = $241,61 \pm 37,57$ N.s) a jejich hodnota byla signifikantně vyšší s krajními obránci, krajními a středními záložníky. Taktéž útočníci měli signifikantně vyšší silový impuls (CMJ_{FA} = $299,16 \pm 35,06$ N.s, CMJ = $280,79 \pm 34,41$ N.s, SJ = $236,09 \pm 23,10$ N.s) v porovnání s krajními a středovými obránci (Tabulka 19 – 21).

V testu DJ dosáhli nejvyšší hodnoty silového impulzu útočníci ($435,88 \pm 41,76$ N.s) a střední obránci ($431,89 \pm 65,06$ N.s), což jsou signifikantně vyšší hodnoty v porovnání s krajními záložníky ($383,51 \pm 45,59$ N.s) a středními záložníky ($393,51 \pm 45,59$ N.s).

Po relativizování hodnot k tělesné hmotnosti hráče jsme nezjistili signifikantní rozdíly mezi hráčskými pozicemi ($p > 0,05$).

6.6.3 Bilaterální silové asymetrie

Procentuální rozdíl vyprodukované maximální síly (ΔF_{\max}) mezi dominantní a nedominantní končetinou nebyl významný ani v jednom ze sledovaných testů (CMJ_{FA}: $F_{4,176} = 1,17$; $p = 0,35$; $\eta_p^2 = 0,03$; CMJ: $F_{4,176} = 1,06$; $p = 0,38$; $\eta_p^2 = 0,02$; SJ: $F_{4,176} = 0,17$; $p = 0,95$; $\eta_p^2 = 0,00$; DJ: $F_{4,176} = 0,78$; $p = 0,54$; $\eta_p^2 = 0,02$). Nejvyšší bilaterální asymetrie byly zaznamenány u výskoku DJ, u kterého byla ΔF_{\max} v rozmezí 11,45 % (střední záložníci) až 15,31 % (útočníci). V rámci sledovaných skupin u všech testů jsme pozorovali interindividuální rozdíly, které vyjadřuje směrodatná odchylka (Tabulka 19 – 22).

Výzkum prokázal signifikantně vyšší bilaterální silový rozdíl při odraze (ΔF_{t-o}) u krajních obránců ($15,37 \pm 11,45$ %) v porovnání se středními záložníky ($8,21 \pm 6,78$ %) v testu DJ. V ostatních testech a pozicích jsme nezaznamenali signifikantní rozdíly silových asymetrií (Tabulka 19 – 21) i přes značné interindividuální rozdíly mezi hráči.

Tabulka 18. Komparace věku a základních antropometrických parametrů.

	Krajní obránci	Střední obránci	Krajní záložníci	Střední záložníci	Útočníci	F	p	η_p^2	Posthoc test
Věk (let)	26,32±3,23	25,89±4,00	25,20±3,26	25,40±4,57	25,34±4,03	1,07	0,373	0,03	
TV (cm)	180,25±5,50	186,90±3,72	176,37±6,20	179,45±6,74	185,53±4,00	18,04	0	0,36	SO,Ú vs. KO,KZ,SZ
TH (kg)	77,55±5,13	83,47±5,67	71,63±5,83	73,70±6,61	82,37±5,00	23,1	0	0,42	SO vs. KO,KZ,SZ; Ú vs. KZ,SZ; KZ vs. KO,SO,Ú

Legenda: TV – tělesná výška, TH – tělesná hmotnost, F – testovací hodnota, p – pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy, η_p^2 – věcná významnost.

Tabulka 19. Komparace vybraných parametrů explozivní síly dolních končetin mezi skupinami v testu CMJ_{FA}.

CMJ _{FA}	Krajní obránci	Střední obránci	Krajní záložníci	Střední záložníci	Útočníci	F	p	η_p^2	Posthoc test
JH (cm)	46,94±5,67	48,08±4,71	48,11±4,24	46,29±5,58	48,60±4,66	1,46	0,22	0,03	
JH _{BH}	0,26±0,03	0,26±0,03	0,27±0,03	0,26±0,03	0,26±0,03	2,19	0,07	0,05	
JH _{BW} (cm.kg ⁻¹)	0,62±0,09	0,58±0,08	0,68±0,08	0,63±0,10	0,59±0,06	8,66	0	0,16	KZ vs. KO,SO,Ú; SO vs. SZ
F _{maxDL} (N.kg ⁻¹)	13,24±2,65	13,24±1,18	13,54±1,38	13,34±1,28	13,54±1,38	0,36	0,84	0,01	
F _{maxNL} (N.kg ⁻¹)	12,85±1,08	13,05±0,98	13,15±1,18	13,05±1,08	13,24±1,08	0,52	0,72	0,01	
F _{max} (N.kg ⁻¹)	26,19±2,06	26,39±1,86	26,68±2,35	26,29±2,16	26,78±2,26	0,46	0,76	0,01	
ΔF_{max} (%)	6,81±5,67	6,11±5,66	5,06±4,59	4,61±4,20	5,57±4,93	1,12	0,35	0,03	
ΔF_{t-o} (%)	8,85±6,19	7,43±5,16	7,06±6,17	5,39±4,31	6,98±5,13	1,91	0,11	0,04	
FI (N.s)	271,19±35,59	310,81±38,72	268,16±28,48	267,89±34,00	299,16±35,06	12,76	0	0,23	SO vs. KO,KZ,SZ; Ú vs. KO,KZ,SZ
FI _{BW} (N.s.kg ⁻¹)	3,46±0,39	3,60±0,36	3,65±0,32	3,52±0,28	3,56±0,33	1,67	0,16	0,04	

Legenda: CMJ_{FA} – vertikální výskok s pomocí paží, JH – výška vertikálního výskoku, JH_{BH} – relativní výška výskoku vzhledem k tělesné výšce hráče, JH_{BW} – relativní výška výskoku vzhledem k tělesné hmotnosti hráče, F_{maxDL} – maximální vyprodukovaná síla dominantní končetinou, F_{maxNL} – maximální vyprodukovaná síla nedominantní končetinou, F_{max} – maximální vyprodukovaná síla dolními končetinami, ΔF_{max} - rozdíl maximální síly mezi dominantní a nedominantní končetinou, ΔF_{t-o} (%) – silová asymetrie mezi končetinami v momentě odrazu, FI – impuls síly, FI_{BW} – impuls síly relativizovaný k tělesné hmotnosti hráče, F – testovací hodnota, p – pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy, η_p^2 – věcná významnost, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.

Tabulka 20. Komparace vybraných parametrů explozivní síly dolních končetin mezi skupinami v testu CMJ.

CMJ	Krajní obránci	Střední obránci	Krajní záložníci	Střední záložníci	Útočníci	F	p	η_p^2	Posthoc test
JH (cm)	40,70±5,10	41,43±4,23	42,10±3,16	40,59±4,40	42,77±3,89	1,8	0,13	0,04	
JH _{BH}	0,23±0,03	0,22±0,03	0,24±0,02	0,23±0,03	0,23±0,02	3,12	0,02	0,07	SO vs. KZ
JH _{BW} (cm.kg ⁻¹)	0,54±0,08	0,50±0,07	0,60±0,07	0,55±0,08	0,52±0,05	9,82	0,00	0,18	KZ vs. KO,SO,Ú; SO vs. SZ
F _{maxDL} (N.kg ⁻¹)	13,24±1,57	13,34±1,18	13,64±1,47	13,44±1,28	13,15±1,38	0,54	0,71	0,01	
F _{maxNL} (N.kg ⁻¹)	12,66±1,57	12,85±1,28	12,95±1,47	12,95±1,28	12,85±1,08	0,3	0,88	0,01	
F _{max} (N.kg ⁻¹)	25,90±2,75	26,29±2,16	26,59±2,75	26,39±2,35	26,00±1,96	0,43	0,79	0,01	
ΔF_{max} (%)	9,23±8,27	8,48±5,79	9,71±4,77	7,04±5,88	8,49±7,13	1,06	0,38	0,02	
ΔF_{t-o} (%)	6,42±5,15	6,24±6,06	6,84±4,58	5,15±3,65	6,07±4,39	0,74	0,57	0,02	
FI (N.s)	257,08±33,51	294,87±41,79	248,65±33,24	246,75±41,47	280,79±34,41	12,14	0,00	0,22	SO vs. KO,KZ,SZ; Ú vs. KZ,SZ
FI _{BW} (N.s.kg ⁻¹)	3,28±0,33	3,42±0,43	3,38±0,32	3,24±0,39	3,32±0,31	1,60	0,18	0,04	

Legenda: CMJ – vertikální výskok bez pomoci paží, JH – výška vertikálního výskoku, JH_{BH} – relativní výška výskoku vzhledem k tělesné výšce hráče, JH_{BW} – relativní výška výskoku vzhledem k tělesné hmotnosti hráče, F_{maxDL} – maximální vyprodukovaná síla dominantní končetinou, F_{maxNL} – maximální vyprodukovaná síla nedominantní končetinou, F_{max} – maximální vyprodukovaná síla dolními končetinami, ΔF_{max} - rozdíl maximální síly mezi dominantní a nedominantní končetinou, ΔF_{t-o} (%) – silová asymetrie mezi končetinami v momentě odrazu, FI – impuls síly, FI_{BW} – impuls síly relativizovaný k tělesné hmotnosti hráče, F – testovací hodnota, p – pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy, η_p^2 – věcná významnost, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.

Tabulka 21. Komparace vybraných parametrů explozivní síly dolních končetin mezi skupinami v testu SJ.

SJ	Krajní obráncové	Střední obráncové	Krajní záložníci	Střední záložníci	Útočníci	F	p	η_p^2	Posthoc test
JH (cm)	38,56±4,65	39,01±4,21	39,40±3,09	37,90±4,40	39,94±4,10	1,43	0,23	0,03	
JH _{BH}	0,22±0,03	0,21±0,03	0,22±0,02	0,21±0,03	0,21±0,03	2,07	0,09	0,05	
JH _{BW} (cm.kg ⁻¹)	0,51±0,07	0,47±0,07	0,56±0,06	0,52±0,08	0,49±0,06	8,55	0,00	0,16	SO vs. KZ,SZ; KZ vs. Ú
F _{maxDL} (N.kg ⁻¹)	11,48±0,88	10,79±1,67	11,48±0,88	10,99±0,79	11,18±1,18	2,71	0,03	0,06	
F _{maxNL} (N.kg ⁻¹)	11,28±0,88	10,69±1,67	11,18±0,79	10,79±0,69	10,99±1,08	2,13	0,08	0,05	
F _{max} (N.kg ⁻¹)	22,76±1,67	21,39±3,14	22,66±1,57	21,79±1,38	22,17±2,16	2,55	0,04	0,06	
ΔF_{max} (%)	4,29±3,40	3,87±3,35	3,99±3,21	4,34±3,77	3,86±3,15	0,17	0,95	0,01	
ΔF_{t-o} (%)	7,16±6,10	5,16±3,93	5,02±3,65	5,71±4,32	4,33±2,96	1,85	0,12	0,04	
FI (N.s)	218,23±21,21	241,62±37,57	207,43±19,27	206,62±22,07	236,09±23,10	15,32	0,00	0,26	SO vs. KO,KZ,SZ; Ú vs. KZ,SZ
FI _{BW} (N.s.kg ⁻¹)	2,78±0,21	2,80±0,38	2,82±0,18	2,72±0,19	2,80±0,20	1,06	0,38	0,02	

Legenda: SJ – vertikální výskok z podřepu, JH – výška vertikálního výskoku, JH_{BH} – relativní výška výskoku vzhledem k tělesné výšce hráče, JH_{BW} – relativní výška výskoku vzhledem k tělesné hmotnosti hráče, F_{maxDL} – maximální vyprodukovaná síla dominantní končetinou, F_{maxNL} – maximální vyprodukovaná síla nedominantní končetinou, F_{max} – maximální vyprodukovaná síla dolními končetinami, ΔF_{max} - rozdíl maximální síly mezi dominantní a nedominantní končetinou, ΔF_{t-o} (%) – silová asymetrie mezi končetinami v momentě odrazu, FI – impuls síly, FI_{BW} – impuls síly relativizovaný k tělesné hmotnosti hráče, F – testovací hodnota, p – pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy, η_p^2 – věcná významnost, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.

Tabulka 22. Komparace vybraných parametrů explozivní síly dolních končetin mezi skupinami v testu DJ.

DJ	Krajní obránci	Středoví obránci	Krajní záložníci	Středoví záložníci	Útočníci	F	p	η_p^2	Posthoc test
DJ (cm)	47,67±5,99	48,01±5,75	48,39±4,22	47,27±5,15	48,86±4,76	0,55	0,70	0,01	
JH _{BH}	0,27±0,03	0,26±0,03	0,28±0,03	0,26±0,03	0,26±0,03	1,91	0,11	0,04	
JH _{BW} (cm.kg ⁻¹)	0,63±0,09	0,58±0,09	0,69±0,08	0,64±0,09	0,59±0,07	9,18	0,00	0,17	SO vs. KZ,SZ; KZ vs. Ú
F _{maxDL} (N.kg ⁻¹)	24,72±7,16	24,13±8,34	24,04±4,15	22,66±5,10	20,90±5,00	2,13	0,08	0,05	
F _{maxNL} (N.kg ⁻¹)	24,04±7,65	23,35±7,55	22,76±4,32	23,05±5,40	20,70±5,20	1,38	0,24	0,03	
F _{max} (N.kg ⁻¹)	48,76±13,93	47,38±15,30	46,79±7,95	45,72±9,81	41,59±9,22	1,86	0,12	0,04	
ΔF_{max} (%)	14,83±12,01	13,21±10,67	14,36±12,68	11,45±8,43	15,31±12,02	0,78	0,54	0,02	
ΔF_{t-o} (%)	15,37±11,45	10,24±8,92	11,70±9,98	8,21±6,78	10,69±8,04	2,84	0,03	0,06	KO vs. SZ
FI (N.s)	406,96±32,57	431,89±65,06	383,65±32,49	393,51±45,59	435,88±41,76	9,41	0,00	0,18	SO vs. KZ,SZ; Ú vs. KZ,SZ
FI _{BW} (N.s.kg ⁻¹)	5,19±0,32	5,01±0,71	5,21±0,20	5,16±0,31	5,15±0,40	1,41	0,23	0,03	

Legenda: DJ – vertikální výškok po seskoku, JH – výška vertikálního výskoku, JH_{BH} – relativní výška výskoku vzhledem k tělesné výšce hráče, JH_{BW} – relativní výška výskoku vzhledem k tělesné hmotnosti hráče, F_{maxDL} – maximální vyprodukovaná síla dominantní končetinou, F_{maxNL} – maximální vyprodukovaná síla nedominantní končetinou, F_{max} – maximální vyprodukovaná síla dolními končetinami, ΔF_{max} - rozdíl maximální síly mezi dominantní a nedominantní končetinou, ΔF_{t-o} (%) – silová asymetrie mezi končetinami v momentě odrazu, FI – impuls síly, FI_{BW} – impuls síly relativizovaný k tělesné hmotnosti hráče, F – testovací hodnota, p – pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy, η_p^2 – věcná významnost, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.

6.7 Diskuze

Studie prokázala nevýznamné rozdíly výšky vertikálního výskoku (JH) z hlediska sledovaných herních specializací. Nejvyšší absolutní hodnoty výšky vertikálního výskoku dosahovali útočníci a to ve všech 4 testech (CMJ_{FA}, CMJ, SJ, DJ). Stejně zjištění uvádějí Wik et al. (2019), kteří u elitních hráčů Kataru (n = 195) nenašli signifikantní rozdíly u hráčů na různých postech, ale nejvyšší hodnoty uvádějí taktéž u útočníků (Tabulka 23). K stejným závěrům dospěly i další studie. Arnason et al. (2004), kteří zjistili nevýznamné rozdíly mezi hráčskými pozicemi, ale nejvyšší hodnoty výšky výskoku, uvádějí u útočníků (nejvyšší liga Islandu, n = 217). Sporiš et al. (2009) uvádí taktéž nejlepší výsledky ve prospěch útočníků u profesionálních hráčů nejvyšší chorvatské ligy (n = 270). Avšak autor nerozdělil hráčské pozice (obránce, záložník) na krajní a středové hráče. Naopak jiné studie, které rozdělily obránce na krajní a středové, publikují nejvyšší hodnoty ve prospěch středních obránců (Boone et al., 2012; Iglesias-Gutierrez et al., 2012). Studie nacházejí vzájemnou shodu o nevýznamných rozdílech mezi útočníky a středními obránci, ale existují nekonzistentní výsledky pro významnosti ostatních herních specializací. Signifikantní rozdíly mezi hráčskými pozicemi nacházíme v několika studiích (Boone et al., 2012; Gil et al., 2007; Sporiš et al., 2012), ale ani jedna z uvedených studií nerozdělila hráče do pěti herních pozic podle postů. Další studie neprokázaly signifikantní rozdíly mezi hráči v reflexi herních pozic (Pivovarniček et al., 2015; Ramos et al., 2010; Sylejmani et al., 2019; Wik et al., 2019). Ani v tomto případě autoři nerozdělili hráče do pěti skupin podle herních specializací. Nejvyšší rozdíly vertikálního výskoku (ve všech testech) byly pozorované mezi útočníky a středními obránci (CMJ_{FA}: 48,60 ± 4,66 cm vs. 46,29 ± 5,58 cm; 4,75 %, CMJ: 42,77 ± 3,89 cm vs. 40,59 ± 4,40 cm; 5,10 %, SJ: 39,94 ± 4,10 cm vs. 37,90 ± 4,40 cm; 5,11 %, DJ: 48,86 ± 4,76 cm vs. 47,27 ± 5,15 cm; 3,25 %).

6.7.1 Vertikální výskok s protipohybem a s použitím paží (CMJ_{FA})

Nevýznamné rozdíly mezi hráči z pohledu hráčských pozic jsme zjistili u následujících parametrů: JH, JH_{BH}, F_{maxDL}, F_{maxNL}, F_{max}, ΔF_{max}, ΔF_{t-o} a FI_{BW} (Tabulka 19). Nejvyšší

vertikální výskok dosáhli útočníci ($48,60 \pm 4,66$ cm) a nejnižší střední záložníci ($46,29 \pm 5,58$ cm). Rozdíl výsledků představuje 2,31 cm (4,75 %).

Nikolaidis et al. (2016) rozdělili hráče ($n=181$) do čtyř výkonnostních skupin (G1, G2, G3, G4) podle výkonu v testu lineární běžecké rychlosti na 20 m. Nejrychlejší hráči (G1) dosáhli signifikantně vyšší výšky výskoku ($47,0 \pm 4,8$ cm) v porovnání s pomalejšími hráči (G2: $44,6 \pm 3,9$ cm, G3: $41,2 \pm 3,7$ cm, G4: $40,0 \pm 4,4$ cm). Výsledek nepřimo koresponduje s výsledky naší studie, kdy jsme nejvyšší vertikální výskok zaznamenali u útočníků ($48,60 \pm 4,66$ cm) a krajních záložníků ($48,11 \pm 4,24$ cm). Právě na uvedených pozicích jsou nejvyšší nároky na maximální lineární běžeckou rychlost. Elitní krajní záložníci dosahují hodnot $32,9 \pm 2,0$ km.h⁻¹ (Andrzejewski et al., 2015) a dosahují ze všech hráčů nejvyšší počet činností ve vysokých intenzitách a sprintech (Di Salvo et al., 2013). Na současnou pozici krajního záložníka se také v moderním fotbale kladou vysoké nároky na akcelerační schopnosti (Ingebrigtsen, Dalen, Hjelde, Drust, & Wisloff, 2015). Útočníci poté dosahují nejvyšší hodnoty maximální běžecké rychlosti ($33,1 \pm 1,9$ km.h⁻¹), (Andrzejewski 2015) a vysoké nároky na akcelerační a decelerační činnost (Dalen, Loras, Hjelde, Kjosnes, & Wisloff, 2019). Právě činnosti spojené se souborovým chováním (vzdušné souboje) patří mezi hlavní kriteriální atributy hodnocení individuálního herního výkonu u útočníků a středních obránců (Ermidis, Randers, Krustup, & Mohr, 2019; Gai et al., 2019).

Sedano et al. (2011) prezentují u mladých španělských hráčů nejvyšší soutěže (U19) nižší výšku vertikálního výskoku v porovnání s naší studií ($41,2 \pm 1,6$ cm). Překvapivě je v uvedené studii i nižší směrodatná odchylka, což je možné považovat za vyšší míru homogenity výkonnosti hráčů. U stejně staré kategorie (U19) českých hráčů prezentují Botek et al. (2010) výšku výskoku 42 cm. I když autoři obou studií nerozdělili hráče podle pozic, výsledky jsou výrazně nižší oproti našim výsledkům.

Nikolaidis et al. (2016) uvádějí, že výskok s použitím paží byl u fotbalových hráčů prezentován jako lepší prediktor lineární běžecké rychlosti na krátkou vzdálenost v porovnání s testy bez použití paží (CMJ, SJ). Tvrzení nepřimo koresponduje s výsledky u krajních obránců, u kterých se očekávají vysoké nároky na lineární běžeckou rychlost v činnostech, jako jsou tandemové náběhy, náběhy za soupeřovu obranu, rychlé protiútoky, ale taktéž návraty po ztrátě míče a bránění soupeře (například tzv. nabírání hráče). Ve fotbale se vyskytují činnosti vyžadující explozivní sílu dolních končetin, při kterých je použití paží limitované, resp. nemožné. Jedná se například o vzdušné souboje při standardních situacích (přidržení, blokování hráče), při kterých si hráči pomocí paží vytvářejí optimální podmínky (výhodnější pozice,

taktický pokyn blokování a další) pro úspěšnou realizaci individuálního, současně i týmového herního výkonu.

Lago-Penas et al. (2011) uvádějí nevýznamné rozdíly výšky vertikálního výskoku u mladých elitních španělských hráčů v kategoriích U15, U17 a U20 ($n = 321$) při rozdělení do herních postů hráčů v poli (5 kategorií), kdy útočníci dosahovali nejvyšších absolutních hodnot.

Naše předcházející studie (Zahalka et al., 2016b) u profesionálních hráčů ($n = 131$) prokázala průměrnou výšku výskoku $JH = 46,34 \pm 4,69$ cm, což je porovnatelná hodnota s námi zjištěnými výsledky. Vyšší hodnoty (57,16 cm) byly uvedené u elitních dospělých španělských hráčů (Centeno-Prada et al., 2015).

Útočníci, střední obránci a krajní obránci dosáhli signifikantně nižší hodnoty JH_{BW} v porovnání s krajními záložníky. Po relativizaci hodnot k tělesné hmotnosti jsme zjistili nejlepší výkon u krajních záložníků, kteří v porovnání se středními obránci vyprodukovali vyšší hodnoty o 14,71 %. Tento fakt je možné vysvětlit vysokými nároky fyzického výkonu z hlediska pohybového profilu hráčů. Překonaná absolutní vzdálenost u krajních záložníků hráčů může dosahovat až $11\,990 \pm 776$ m (Di Salvo et al., 2007), absolvovaná sprintová vzdálenost 346 ± 115 m (Bradley et al., 2009) a běh ve vysoké intenzitě $1\,337 \pm 161$ m (Di Salvo et al., 2013). Ani jedna ze sledovaných skupin (pozic) nedosahuje tak vysoký komplexní pohybový profil jako právě krajní záložníci. Už z hlediska základních antropometrických údajů (tělesná výška a hmotnost) byly výsledky pro skupinu krajních záložníků nejnižší, což znamená, že při nejnižší tělesné výšce a nejnižší tělesné hmotnosti dosáhli krajní záložníci druhého nejlepšího výsledku ($48,11 \pm 4,24$ cm), kdy za útočníky ($48,60 \pm 4,66$ cm) zaostávali pouze o 0,55 cm (1,13 %).

Výzkum neprokázal významné rozdíly mezi skupinami v produkci maximální vyprodukované síly (F_{max}) a taktéž síly vyprodukované dominantní i nedominantní končetinou (F_{maxDL} , F_{maxNL}). Naši hráči produkovali $F_{max} = 26,19 - 26,78$ N.kg⁻¹, kdy mírně vyšší hodnoty (26,89 N.kg⁻¹) byly publikovány u elitních dospělých španělských hráčů (Centeno-Prada et al., 2015).

Zjistili jsme signifikantně vyšší silový impulz u středních obránců ($FI = 310,81 \pm 38,62$ N.s) a útočníků ($FI = 299,16 \pm 35,06$ N.s) v porovnání s krajními obránci ($FI = 271,19 \pm 35,59$ N.s), krajními záložníky ($FI = 268,16 \pm 28,48$ N.s) a středními záložníky ($FI = 267,89 \pm 34,00$ N.s). Uvedené rozdíly budou pravděpodobně souviset s antropometrickými parametry, kdy právě útočníci a střední obránci byli vyšší a měli vyšší hmotnost v porovnání s dalšími skupinami. Po relativizaci hodnot vzhledem k tělesné hmotnosti hráče (FI_{BW}), nebyly zjištěné signifikantní rozdíly mezi skupinami ($p > 0,05$). Avšak nejvyšší hodnoty dosáhli krajní

záložníci ($FI_{BW} = 3,65 \pm 0,32 \text{ N.s.kg}^{-1}$) a nejnižší pak krajní obránci ($FI_{BW} = 3,46 \pm 0,39 \text{ N.s.kg}^{-1}$). Rozdíl mezi skupinami hrajícími na stranách hřiště tak představuje $0,19 \text{ N.s.kg}^{-1}$ (5,21 %). Vyšší průměrné hodnoty ($FI_{BW} = 4,07 \text{ N.s.kg}^{-1}$) byly publikované u elitních dospělých španělských hráčů (Centeno-Prada et al., 2015), ale ani v jedné ze studií prezentovaného typu výskoku při rozdělení hráčů podle hráčské pozice nesledovali tento parametr. Maximální síla (F_{max}) a silový impulz (FI) nejsou totožné parametry a při hodnocení explozivní síly dolních končetin mají rozdílný podíl na její determinaci (Ferreira et al., 2018). Menzel et al. (2013) prezentují nižší až střední korelaci mezi F_{max} a FI.

6.7.2 Vertikální výskok s protipohybem bez použití paží (CMJ)

Naše výsledky neprokázaly signifikantní rozdíly mezi hráčskými specializacemi při hodnocení výšky výskoku ($p > 0,05$). Nejvyšší hodnoty jsme zjistili opět u útočníků ($42,77 \pm 3,89 \text{ cm}$) a nejnižší u středních záložníků ($40,59 \pm 4,40 \text{ cm}$). Při porovnání našich výsledků se zahraničními studii naši hráči dosáhli vyšší hodnoty než hráči nejvyšší ligy Kataru (Wik et al., 2019), ale nižší hodnoty než hráči nejvyšší chorvatské (Sporis et al., 2009) a belgické ligy (Boone et al., 2012).

Ve shodě s naším výzkumem uvádějí Sporis et al. (2009) nevýznamné rozdíly při hodnocení dosažené úrovně výšky výskoku mezi skupinami obránců ($44,2 \pm 1,9 \text{ cm}$), záložníků ($44,5 \pm 4,0 \text{ cm}$) a útočníků ($45,3 \pm 3,2 \text{ cm}$). Výše uvedené výsledky u profesionálních chorvatských hráčů ($n = 240$) jsou ale pro hráče všech skupin vyšší v porovnání s výsledky naší studie. V obou výzkumech byly použity silové desky Kistler a standardizovaný postup při měření. Výsledky naznačují, že u profesionálních chorvatských hráčů je vyšší explozivní síla dolních končetin. Z hlediska kvality porovnání úspěšnosti je Chorvatsko podle žebříčku FIFA (aktuálně k datu 19.7.2020) na 6. místě a Česká republika na 45. místě. (<https://www.fifa.com/fifa-world-ranking/ranking-table/men/>). Naši hráči dosáhli nižší hodnoty výšky výskoku než elitní španělští hráči ($46,50 \text{ cm}$) (Centeno-Prada et al., 2015). Autoři nerozdělili hráče podle hráčských specializací a použili silovou desku DinaScan (DINASCAN®, Biomechanics Institute, Valencia, Španělsko). Meckel et al. (2018) uvádějí výšku vertikálního výskoku v testu CMJ = $40,3 \pm 5,5 \text{ cm}$ u profesionálních hráčů nejvyšší izraelské soutěže. Sylejmani et al. (2019) uvádí nevýznamné rozdíly ve výšce vertikálního výskoku u mladých hráčů Kosova ($p > 0,05$), avšak rozdělení hráčů bylo pouze do tří skupin (obránci: $36,15 \pm 10,31 \text{ cm}$, záložníci: $34,25 \pm 3,88 \text{ cm}$ a útočníci: $35,24 \pm 3,98 \text{ cm}$). Hodnoty jsou výrazně nižší v porovnání s naším výzkumem. Wik et al. (2019) prezentují nevýznamné

rozdíly u hráčů nejvyšší profesionální soutěže v Kataru při hodnocení výšky výskoku v testu CMJ (obránci: $34,8 \pm 4,9$ cm, záložníci: $34,1 \pm 4,4$ cm, útočníci: $35,8 \pm 3,8$ cm). Ke stejnému výsledku dospěli také Harry et al. (2017), kteří prezentují nevýznamné rozdíly u hráčů nejvyšší univerzitní ligy v USA (National Collegiate Athletic Association; NCAA), (obránci: 35 ± 5 cm, záložníci: 35 ± 3 cm, útočníci: 37 ± 3 cm).

Iglesias-Gutierrez et al. (2012) a Lago-Penas et al. (2011) uvádějí nevýznamné rozdíly mezi hráčskými posty u dosažené výšky výskoku v testu CMJ u mladých španělských elitních hráčů. Stejně tak Arnason et al. (2004) u elitních hráčů popisuje nevýznamné rozdíly mezi hráčskými posty (3 kategorie).

Harry et al. (2018) uvádějí nevýznamné rozdíly mezi hráčskými skupinami při testu CMJ v parametrech výška výskoku, relativní síla ve fázi odlehčení, relativní síla v amortizační fázi výskoku a reaktivního silového indexu. Ten je definován jako podíl dosažené výšky výskoku po dobu trvání odrazu (doba od zahájení výskoku po okamžik odrazu) (Barker et al., 2018).

Naopak, Boone et al. (2012) uvádějí signifikantní rozdíly u elitních belgických hráčů ($n = 289$). Signifikantně vyšší výšku uvádějí u středních obránců ($46,0 \pm 4,1$ cm) a útočníků ($44,2 \pm 4,2$ cm) v porovnání s krajními obránci ($41,0 \pm 3,8$ cm) a záložníky ($41,4 \pm 3,7$ cm). Autoři realizovali výskoky pomocí kontaktní podložky (Ergo Tester, Globus, Codogné, Itálie) bez dalších parametrů explozivní síly dolních končetin. Stejně tak Gil et al. (2007) prezentují signifikantně vyšší hodnoty u útočníků ($43,17$ cm) v porovnání se záložníky ($41,48$ cm) u mladých hráčů 3. španělské ligy ($n = 87$).

Podobně vyšší hodnoty vertikálního výskoku u středních obránců ($40,6 \pm 5,0$ cm) a útočníků ($40,4 \pm 5,0$ cm) v porovnání s krajními obránci ($36,8 \pm 5,0$ cm) a záložníky ($37,8 \pm 4,0$) zaznamenali u mladých (U19) elitních portugalských středních obránců Rebelo et al. (2013). Autoři však neposuzovali signifikantní rozdíly mezi sledovanými skupinami a nerozdělili záložníky na krajní a středové. Navíc pro posouzení výšky výskoku použili odrazovou podložku (Digitime 1000, Digitest, Jyväskylä, Finsko).

Gil et al. (2007) uvádějí signifikantně vyšší výšku výskoku u útočníků ($43,17$ cm) v porovnání se záložníky ($41,48$ cm) u mladých španělských hráčů. Limitem studie bylo rozdělení hráčů pouze do tří skupin (obránci, záložníci a útočníci) a kontaktní deska, která neumožňuje komparaci s našimi výsledky bez znalosti vzájemné validity mezi použitou technologií. Haugen et al. (2013) popisují signifikantně nižší výšku výskoku u záložníků ($37,5 \pm 3,7$ cm) v porovnání s útočníky ($40,0 \pm 4,9$ cm) a obránci ($39,5 \pm 5,0$ cm). Autoři však nerozdělují velký počet hráčů ($n = 939$) podle výkonnostní úrovně a herní specializace do pěti kategorií. Právě nedostatečná kategorizace hráčů je v uvedené studii zmíněna jako limitace

studie. Autoři na základě výsledků formulují závěr, že záložníci disponují nižší kapacitou explozivní síly dolních končetin v porovnání s obránci a útočníky. Naopak v naší studii krajní záložníci dosáhli druhý nejlepší výsledek ($42,10 \pm 3,16$ cm) po útočnících ($42,77 \pm 3,89$ cm). Po relativizaci výšky výskoku vzhledem k tělesné hmotnosti (JH_{BW}) dosáhli právě krajní záložníci signifikantně vyšší hodnoty v porovnání se středními záložníky, středními obránci a krajními obránci. Proto je důležité při navrhování, realizaci a interpretování výzkumných údajů brát zjištěné okolnosti v úvahu.

Jak uvádí Centeno-Prada et al. (2015), je problematická komparace výsledků mezi jednotlivými studii z důvodu používání rozdílných protokolů měření, hodnocení parametrů (absolutní, relativní parametry, různé časové úseky hodnocení, indexy svalové síly), rozdílná výkonnostní úroveň (označení pro „elite“) a další faktory.

Z přehledu studií a podle našich vědomostí absentuje profilová studie s vysokým počtem probandů ($n > 100$) realizovaná u elitních fotbalistů (nejvyšší domácí soutěž), u které by autoři uváděli parametry inverzní dynamiky při vertikálním výskoku. Harry et al. (2018) u 25 univerzitních hráčů, které rozdělili do hráčských skupin (brankáři, obránci, záložníci a útočníci) uvádějí nevýznamné rozdíly vertikální síly ve fázi odlehčení, amortizační fázi výskoku, silovém gradientu při excentrické fázi výskoku a indexu reaktivní síly ($p > 0,05$).

Nevýznamné rozdíly mezi skupinami jsme zjistili při produkci maximální síly pro obě dolní končetiny (F_{max}) stejně tak při hodnocení dominantní (F_{maxDL}) a nedominantní končetiny (F_{maxNL}). Harry et al. (2018) uvádějí nevýznamné rozdíly F_{max} mezi hráčskými skupinami a prezentují nižší hodnoty (obránci: $24,08 \pm 1,97$ N.kg⁻¹, záložníci: $24,48 \pm 3,45$ N.kg⁻¹, útočníci: $24,29 \pm 2,71$ N.kg⁻¹) v porovnání s naší studií. Vyšší hodnoty ve prospěch záložníků poté korespondují s našimi výsledky, kdy jsme nejvyšší hodnoty zaznamenali právě u krajních a středních záložníků. Ferreira et al. (2018) uvádějí vyšší vyprodukovanou maximální sílu při výskoku (F_{max}) u mladých brazilských hráčů ($26,78 \pm 2,83$ N.kg⁻¹) v porovnání s našimi hráči (krajní obránci: $25,90 \pm 2,85$ N.kg⁻¹, střední obránci $26,29 \pm 2,13$ N.kg⁻¹, krajní záložníci: $26,59 \pm 2,55$ N.kg⁻¹, střední záložníci: $26,39 \pm 2,35$ N.kg⁻¹, útočníci: $26,00 \pm 1,96$ N.kg⁻¹). Podobně výška výskoku u brazilských hráčů byla vyšší ($43,19 \pm 10,14$ cm) v porovnání s našimi hráči (Tabulka 23). U mladých českých hráčů kategorie U19 byla publikovaná nižší maximální produkce svalové síly $F_{max} = 25,51 \pm 2,0$ N.kg⁻¹ (Zahalka et al., 2016a). Petridis et al. (2019) uvádějí nižší maximální sílu ($23,8 \pm 2,4$ N.kg⁻¹) u mladých maďarských hráčů kategorie U18 v porovnání s naší studií. Při komparaci hodnot se ukazuje, že pouhých 10 % mladých hráčů kategorie U18 dosahuje hodnot dospělé populace (90% percentil = $26,6$ N.kg⁻¹).

Náš výzkum prokázal signifikantně vyšší hodnoty FI ve prospěch středních obránců a útočníků v porovnání s krajními a středními záložníky. Hráči dosahovali vyšší impuls síly ($246,75 \pm 41,47$ N.s až $294,87 \pm 41,79$ N.s) oproti mladým hráčům kategorie U18 hrajících nejvyšší maďarskou ligu ($196,4 \pm 20,4$ N.s) (Petridis et al., 2019). Hodnoty maďarských hráčů jsou porovnatelné s hodnotami ($197,00 \pm 29,77$ N.s), publikovanými u univerzitních studentů (Rago et al., 2018).

Po relativizaci silového impulsu k tělesné hmotnosti (FI_{BW}) jsme nezaznamenali signifikantní rozdíly mezi sledovanými skupinami. Naši hráči dosáhli vyšší silový impuls ($3,24 - 3,42$ N.s.kg⁻¹) při vertikálním výskoku v porovnání s mladými brazilskými hráči kategorie U20 ($2,89 \pm 0,33$ N.s.kg⁻¹) (Ferreira et al., 2018).

Nezjistili jsme signifikantní efekt herní pozice hráče na velikost silové asymetrie maximální vyprodukované svalové síly (ΔF_{max}) a svalovou silou v době odrazu (ΔF_{t-o}).

V naší studii jsme dále zaznamenali vyšší rozdíly silové asymetrie (ΔF_{max}) (krajní obránci $9,23 \pm 8,27$ %, střední obránci $8,48 \pm 5,79$ %, krajní záložníci $9,71 \pm 4,77$ %, střední záložníci $7,04 \pm 5,88$ % a útočníci $8,49 \pm 7,13$ %) v porovnání s elitními hráči italské ligy ($n = 313$), u kterých Impellizzeri et al. (2007) uvádějí F_{max} 6,2 %. Konfidenční interval (95 % CI) představoval rozsah asymetrií 15,1 %. Výše popisované rozdíly mohly být způsobené skutečností, že Impellizzeri et al. (2007) sledovali rozdíl mezi silnější a slabší dolní končetinou, zatímco v naší studii jsme se drželi preference laterality (dominantní vs. nedominantní končetina). Croisier et al. (2003) publikovali tento bilaterální rozdíl zjištěný při měření izokinetické síly dolních končetin při koncentrické kontrakci u profesionálních hráčů jako kritérium zvýšeného rizika zranění. Naše předcházející pilotní studie neprokázala signifikantní rozdíly bilaterální silové asymetrie ($p > 0,05$) při rozdělení hráčů podle hráčských pozic (Zahalka et al., 2015), ale zvýšené asymetrie byly zjištěné u hráčů hrajících na pozici středního obránce (10,3 %). Bishop et al. (2020) prokázali ve výzkumu elitních mladých fotbalových hráček nižší bilaterální rozdíl $\Delta F_{max} = 6,62 \pm 4,41$ %. Menzel et al. (2013) uvádějí bilaterální silový rozdíl u brazilských hráčů ($\Delta F_{max} = 5,58 \pm 4,55$ %). Autoři nerozdělili hráče ($n = 46$) podle hráčských postů. Zahalka et al. (2016a) uvádějí u elitních hráčů kategorie U19 vyšší hodnoty $\Delta F_{max} = 10,60 \pm 8,40$ %.

Ferreira et al. (2018) zjistili u mladých brazilských hráčů (U20) vyšší silové asymetrie ($\Delta F_{max} = 8,63 \pm 3,81$ %) u prvoligových hráčů v porovnání s druholigovými ($\Delta F_{max} = 7,26 \pm 4,21$ %). Autoři hráče nerozdělili podle hráčských pozic. V naší studii jsme zjistili vyšší hodnoty pro hráče hrající na krajních pozicích (krajní obránci = $9,23 \pm 8,27$ %, krajní záložníci = $9,71 \pm 4,77$ %), porovnatelné hodnoty mezi středními obránci ($8,48 \pm 5,79$ %) a útočníky

($8,49 \pm 7,13$ %) a nižší hodnoty u středních záložníků ($7,04 \pm 5,88$ %). V hypotézách výzkumu jsme předpokládali vyšší silové asymetrie u krajních hráčů (krajní obránce, krajní záložník) v porovnání se středovými hráči (střední obránce, střední záložník, útočník), avšak hypotézy se nepotvrdily z důvodu nesignifikantních rozdílů. Z klinického hlediska může být uvedený poznatek jasným signálem pro zvýšení pozornosti při diagnostice a objektivizaci dat u hráčů hrajících na krajních pozicích. V moderním fotbale však častokrát dochází i během utkání k výměně pozice mezi pravým a levým krajním záložníkem. Jejich vzájemná výměna souvisí zejména s využitím silných individuálních charakteristik hráče stejně jako s taktickým záměrem týmu. Jedná se o dovednosti jako např. výborný „dribling“ směrem do středu hřiště (tzv. navádění míče na střed) s možností přímého ohrožení brány střelbou, kdy hráč hraje tzv. „přes nohu“ a navádí si míč na svoji silnější „střeleckou nohu“. Naopak, může se jednat o rychlostně disponovaného krajního záložníka, který se snaží tzv. rozbíhat za obranu soupeře a svou preferovanou dolní končetinou se snaží centrovat do pokutového území, kde má obvykle mužstvo velmi dobré hlavičkáře, resp. hráče v dostatečném počtu pro zakončení. Preference dolních končetin je jedním z faktorů, který zvyšuje úroveň bilaterální silové asymetrie (Parrington & Ball, 2016). Vyšší bilaterální asymetrie jsme zjistili v parametru ΔF_{\max} v porovnání s ΔF_{t-o} . Jejich další analýza ve vztahu k výšce výskoku a možným asociačním vztahům mezi deriváty silových parametrů inverzní dynamiky by se měla zpracovat v dalších výzkumech.

Je nutné poznamenat, že bilaterální rozdíly mezi končetinami při měření vertikálního výskoku nemusí souviset pouze s nižší kapacitou svalu pro produkci vysoké síly, ale může se jednat také o rozdíly vzniklé odlišnou technikou (strategií pohybu), (Menzel et al., 2013). Z uvedeného důvodu se poté doporučuje realizace funkčního vyšetření například pomocí testů izokinetické svalové síly.

Přehled vybraných studií s komparací výšky výskoku při vertikálním výskoku bez pomoci paží uvádíme v Tabulce 23.

Tabulka 23. Přehled a komparace studií: výška vertikálního výskoku bez dopomoci paží (cm).

Reference	Věk (let)	Brankáři	Obránci		Záložníci		Útočníci	Post-hoc	Poznámka
			Krajní	Střední	Krajní	Střední			
Aktuální studie	25,3±4,1		40,7±5,1	41,4±4,2	42,1±3,2	40,6±4,4	42,8±3,9	n.s.	n = 181, Česká republika, 1. liga, Kistler
Arnason et al. (2004)	24,2	38,0±5,6	39,3 ± 5,5		39,3±4,9		39,4±4,2	n.s.	n = 217, Island, 1. a 2. liga, KD
Boone et al. (2012)	25,4 ±4,9	45,6±2,6	41±3,8	46±4,1	41,4±3,7		44,2±4,2	KO, Ú vs. KO, Z	n = 289, Belgie, 1. liga, KD
Harry et al. (2018)	19,7±1,2	36±4	35±5		35±3		37±3		n = 25, USA, 1. univerzitní liga, Kistler
Haugen et al. (2013)	22,1±4,3	39,8±4,2	39,5±5,0		37,5±3,7		40,0±4,9		n = 999, Norsko, národní tým, 1. - 5.liga, AMTI deska
Gil et al. (2007)	17,3±2,6	42,1	41,44		41,48		43,17	Ú vs. Z	n = 241, Španělsko, 3. liga, dorostenecká, KD
Iglesias-Gutierrez et al. (2012)	18± 2	41 ± 4	40± 3	41±4	40±4	37±2	38±4	B, SO vs. SZ	n=87, Španělsko, 1. liga, KD
Los Arcos et al. (2020)	20,2±2,3	45,7±6,1	46,3±4,2	45,1±3,8	44,2±4,1	44,3±3,5	45,9±4,6		n = 92, Španělsko, 2- 3. liga, odchovanci, KD
		44,1±4,5	43,5±4,3	43,6±4,6	43,9±4,7	41,14±3,9	44,9±4,4		n = 92, Španělsko, 2- 3. liga, noví hráči, KD
Martinez-Santos et al. (2016)	20,6±1,8	47,6±4,8	47,5±5	46,2±4,4	47,1±4,5	45,3±4,8	47,9±4,6		n = 235, Španělsko, 1. - 3. liga, KD
Pivovarniček et al. (2015)	23,4±4,9		37,3±4,4		37,8±5,9		37,8±3,6	n.s.	n = 38, Slovensko, 1. a 2. liga, KD
Ramos et al. (2010)	18,2±0,5		36,7±5,0	40,6±5,0	37,8±4,0		40,7±5,1	n.s.	n = 83, Portugalsko, 1. liga, KD
Rebelo et al. (2013)	18,3±0,6	41,9±6	36,8±5	40,6±5	37,8±4		40,4±5		n = 95, Portugalsko, 1. liga dorostu, KD
	18,0±0,5	32,8±1,4	37,5±5	39,7±5	37,6±6		38,3±6		n = 85, Portugalsko, regionální liga, KD
Sporiš et al. (2009)	28,3±5,9	48,5±1,5	44,2±1,9		44,3±2,1		45,3±3,2	B vs. O, KS, Z	n = 270, Chorvatsko, 1. liga, Kistler Quattro
Sylejmani et al. (2019)			36,2±10,3		34,3±3,9		35,2±4,0	n.s.	n = 120, Kosovo, 1. liga, Kistler
Wik et al. (2019)	17,3-36,5	35,1±5,0	34,8±4,9		34,1±4,4		35,8±2,9	n.s.	n= 195, Katar, 1. liga, Vald Performance

Legenda: n – počet probandů, n.s. – nevýznamné rozdíly, B – brankáři, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Z – záložníci, Ú – útočníci, KD – kontaktní deska.

6.7.3 Vertikální výskok z podřepu (SJ)

Naše výsledky neprokázaly signifikantní rozdíly mezi hráčskými pozicemi při hodnocení výšky výskoku ($p > 0,05$). Nejvyšší hodnoty jsme zjistili u útočníků ($39,94 \pm 4,10$ cm) a nejnižší u středních záložníků ($37,90 \pm 4,40$ cm). Rebelo et al. (2013) uvádějí nejvyšší výšku výskoku u mladých (U19) elitních portugalských středních obránců ($41,8 \pm 6,0$ cm) v porovnání s útočníky ($37,9 \pm 5,0$ cm), záložníky ($34,4 \pm 6,0$ cm) a krajními obránci ($34,8 \pm 5,0$ cm). Rozdíl mezi středními obránci a krajními obránci představuje 7,0 cm (16,8 %). V naší studii jsme zjistili u stejných pozic menší rozdíl 0,5 cm (1,2 %). Uvedené rozdíly mohou být způsobené věkem, anebo rozdílnými nároky na pozici krajního obránce v české nejvyšší soutěži. Centeno-Prada et al. (2015) zaznamenali u elitních španělských hráčů výkon v testu SJ = 37,16 cm. Výzkum prokázal, že rychlejší hráči dosáhli vyšší vertikální výskok v testu CMJ_{FA} a CMJ v porovnání s hráči pomalejšími (Nikolaidis et al., 2016). Avšak v testu bez použití paží a využitím protipohybu autoři nezaznamenali signifikantní rozdíl mezi dvěma nejlepšími skupinami, které rozdělili autoři podle kritéria rychlosti (sprint na 20 m) do čtyř skupin (G1, G2, G3, G4). Nejrychlejší hráči (G1) dosáhli signifikantně vyšší výšku výskoku ($38,1 \pm 4,8$ cm) v porovnání s pomalejšími hráči (G3: $33,4 \pm 4,1$ cm, G4: $32,1 \pm 3,6$ cm) a nevýznamný rozdíl byl zaznamenán s druhou skupinou (G2: $35,9 \pm 3,8$ cm).

Nevýznamné rozdíly mezi hráčskými skupinami jsou v souladu se studií Arnason et al. (2004), kteří sledovali elitní hráče na Islandu. Autoři však nerozdělili záložníky a obránce na středové a krajní. Také další studie při hodnocení parametru výšky vertikálního výskoku (SJ) prezentují nevýznamné rozdíly mezi hráčskými skupinami (Harry et al., 2018; Iglesias-Gutierrez et al., 2012; Lago-Penas et al., 2011; Sporis et al., 2009; Wik et al., 2019).

Naopak, Gil et al. (2007) uvádějí u mladých španělských hráčů signifikantně vyšší výšku výskoku u útočníků (41,9 cm) v porovnání se záložníky (38,9 cm). Autoři rozdělili hráče pouze do tří skupin a použili kontaktní desku pro sledování výšky výskoku (výpočet výšky výskoku z doby letu), takové testování neumožňuje objektivní porovnání výsledků s naší studií. Některé studie (AragonVargas & Gross, 1997; Linthorne, 2001; Petridis et al., 2019) prokázaly, že při výpočtu výšky výskoku z doby letové fáze jsou výsledky většinou nadhodnocené o 2 - 3 cm v porovnání s metodou, která používá na výpočet charakteristiky silového impulzu.

U elitních belgických hráčů uvádějí Boone et al. (2012) signifikantně nižší výšku výskoku u krajních obránců $38,6 \pm 2,8$ cm v porovnání se středními obránci $42,4 \pm 4,2$ cm a útočníky $41,2 \pm 4,2$ cm. V naší studii byli z hlediska pořadí výkonu krajní obránci

předposlední, kdy nejnižší výkon dosáhli střední záložníci. Avšak autoři (Boone et al., 2012) v uvedené studii nerozdělili záložníky na střední a krajní, aby navíc výskok realizovali pomocí kontaktní podložky. Výška výskoku byla v uvedené studii jediným kritériem explozivní síly dolních končetin.

Sporiš et al. (2009) uvádějí u elitních chorvatských hráčů signifikantně vyšší výšku výskoků u útočníků ($44,2 \pm 3,2$ cm) v porovnání s obránci ($42,3 \pm 2,1$ cm). Autoři však defenzivní hráče nerozdělili na krajní a středové. Přesto hráči v uvedené studii dosahovali vyšších výkonů vertikálního výskoku v porovnání s našimi výsledky (Tabulka 24).

Výsledky vertikálního výskoku prokázaly nižší výšku výskoku v porovnání s testy CMJ_{FA}, CMJ, což ukazuje na použití jiné pohybové strategie (eliminace práce paží a protipohybu, natahovací – zkracovací cyklus a další). Ve fotbale se vyskytují činnosti, při kterých se používání paží pro zlepšení vertikálního výskoku minimalizuje. Typickým příkladem je soubojové chování hráčů při standardních situacích, při osobní a dokonce i zónové obraně. Defenzivní hráči se snaží ofenzivní hráče blokovat a aktivně bránit s cílem ubránění hráče s využitím vlastního těla a často i za použití horních končetin. Naopak útočící hráči si pomáhají horními končetinami vytvořit lepší prostor a vzdálenost od bránících hráčů pro lepší výchozí pozici do zakončení. Dalším typickým příkladem jsou vzdušné souboje mezi útočícím a bránícím hráčem (středním obráncem, defenzivním středním záložníkem a útočníkem) při dlouhém nákopu, u kterého oba zúčastnění hráči včas detekují a anticipují trajektorii letu míče s cílem realizace úspěšného vzdušného souboje, při kterých práce paží hraje důležitou úlohu pro oba zúčastněné s cílem vytvoření si optimálních podmínek pro vzdušný souboj. Nutné je poznamenat vysoký výskyt herních činností ve fotbale, při kterých hráč musí realizovat explozivní činnost při převládající izometrické svalové kontrakci (např. osobní souboj na zemi, krytí míče, pokrytí soupeře při standardních situacích ve střehovém postavení a další). Společným prvkem pro uvedené pohyby je snížení těžiště hráče s cílem vytvoření předpětí a lepšího časového zvýhodnění v porovnání s činností, u které by hráč využil protipohyb. Nakolik se ve fotbale vyskytuje vysoké množství činností, u kterých není limitujícím faktorem maximální výška, ale rychlé a pohotové pohybové řešení acyklického charakteru, jsou parametry z uvedeného testu důležitou součástí celkového pohybového a funkčního hodnocení hráčů. Navíc při této činnosti dokážeme odfiltrovat kontribuci paží a protipohybu těla a dokážeme poté získat informace o explozivní činnosti dolních končetin při koncentrické kontrakci. Lehance et al. (2009) uvádějí signifikantní asociační vztah ($r = -0,72$) mezi výškou vertikálního výskoku (SJ) a lineární běžeckou rychlostí na 10 m u profesionálních belgických hráčů. Informaci můžeme využít jako praktický poznatek pro herní pozice (krajní záložník,

útočník a ofenzivní střední záložník), u kterých je vysoké zrychlení vyplývající z bránění defenzivních hráčů soupeře základním atributem odpoutání se od obránce. Lago-Penas, Cassais et al. (2011) uvádějí v testu SJ významně vyšší výkon vertikálního výskoku u krajních obránců v týmech s vyšší úspěšností (postavení v tabulce soutěže) u mladých elitních španělských hráčů, což může být indikátorem specifického nároku na tuto pozici.

Nevýznamné rozdíly mezi skupinami jsme zjistili při produkci maximální síly pro obě dolní končetiny (F_{max}) a také při hodnocení dominantní (F_{maxDL}) a nedominantní končetiny (F_{maxNL}). Nejvyšší maximální sílu přepočítanou na kilogram hmotnosti dosáhli hráči hrající na krajních pozicích (krajní obránci: $22,76 \pm 1,67 \text{ N.kg}^{-1}$, krajní záložníci: $22,66 \pm 1,57 \text{ N.kg}^{-1}$). Nejnižší sílu vyprodukovali střední obránci ($21,39 \pm 3,14 \text{ N.kg}^{-1}$). Přes nevýznamné rozdíly mezi skupinami může tento rozdíl (6,0 %) indikovat nevyčerpaný biologický potenciál (funkční strop) explozivní síly dolních končetin u středních obránců. Výsledný výkon (výška vertikálního výskoku) bude souviset s výhodou tělesné výšky. Po relativizování úrovně maximální síly k tělesné hmotnosti dosáhli právě střední obránci signifikantně nižší hodnoty v porovnání s krajními obránci, krajními a středními záložníky. Vyšší hodnoty ($23,5 \pm 2,3 \text{ N.kg}^{-1}$) uvádějí Petridis et al. (2019) u mladých (U18) elitních maďarských hráčů ($n = 74$). Autoři základní soubor nerozdělili podle hráčských pozic. Ještě vyšší hodnoty ($27,41 \text{ N.kg}^{-1}$) byly publikované u elitních dospělých španělských hráčů (Centeno-Prada et al., 2015).

Náš výzkum prokázal signifikantní rozdíly mezi hráčskými skupinami v parametru FI. Signifikantně vyšší hodnoty dosáhli střední obránci ($241,62 \pm 37,57 \text{ N.s}$) v porovnání s krajními obránci ($218,23 \pm 21,21 \text{ N.s}$), krajními záložníky ($207,43 \pm 19,27 \text{ N.s}$) a středními záložníky ($206,62 \pm 22,07 \text{ N.s}$). Dokonce i útočníci dosáhli vyšší hodnoty ($236,09 \pm 23,10 \text{ N.s}$) v porovnání s krajními a středními záložníky (Tabulka 24).

Nižší absolutní hodnoty silového impulsu ($184,2 \pm 21,2 \text{ N.s}$) byly publikované u mladých maďarských hráčů (U18) nejvyšší domácí soutěže Petridis et al., (2019). Při vyjádření maximálních hodnot silového impulsu se promítá do celkového výkonu i tělesná hmotnost hráče. Právě střední obránci a útočníci patří mezi nejvyšší hráče, což se potvrdilo i v prezentovaném výzkumu. Hráči na uvedených pozicích podstupují také nejvyšší množství osobních soubojů (Ermidis et al., 2019; Gai et al., 2019).

Naše výsledky neprokázaly mezi skupinami u bilaterálních silových asymetrií (ΔF_{max} , ΔF_{t-o}) signifikantní rozdíly. Bilaterální asymetrie (ΔF_{max}) se pohybovaly u skupin v rozsahu 3,87 – 4,34 % a ve fázi odrazu (ΔF_{t-o}) v rozsahu 4,33 – 7,16 % (Tabulka 24). Výsledek podporuje hypotézu o preferenci jedné z končetin, kdy je v momentě odrazu jedna z končetin výrazněji akcentovaná, i když při hodnocení maximální produkce síly jsou tyto hodnoty nižší.

Uvedené zjištění znamená, že silové charakteristiky obou končetin jsou v koncentrické fázi odrazu z hlediska produkce maximální síly asynchronní vzhledem k času a momentu odrazu. Aktuální výsledky korespondují s naší předcházející studií (Zahalka et al., 2016a), kde jsme u stejně starých hráčů zjistili hodnoty $\Delta F_{\max} = 4,40 \pm 3,00 \%$. V popisované studii však nebyli hráči rozděleni do skupin podle hráčské pozice. Vyšší bilaterální rozdíl ($\Delta F_{\max} = 6,21 \pm 4,66 \%$) byl publikovaný u elitních mladých fotbalových hráčů Bishop et al. (2020). V některých studiích použili autoři vertikální výskok při použití silové desky a výskoku, při kterém byla pouze jedna dolní končetina na silové desce (Impellizzeri et al., 2007), aby se proband následně otočil a realizoval test na opačnou stranu. Ze získaných výsledků se pak následně počítal index asymetrie, v druhém případě se počítal index asymetrie z letových charakteristik (doba letové fáze) při unilaterálním výskoku (Yanci & Camara, 2016). Prezentované postupy identifikace silových asymetrií byly doporučeny v případech, kdy examinátor nemá možnost použít dvojici silových desek najednou.

Z pohledu všech 4 použitých testů hodnotících vertikální výskok, dosahovali hráči nejnižší bilaterální asymetrie v testu SJ, u kterého jsou eliminované již vzpomenuté faktory, které by zvyšovaly míru variability sledovaných parametrů (práce paží, využití protipohybu, nekontrolovaná hloubka podřepu při snížení apod.).

Přehled vybraných studií s komparací výšky výskoku při vertikálním výskoku z podřepu uvádíme v Tabulce 24.

Tabulka 24. Přehled a komparace studií: výška vertikálního výskoku z podřepu (cm).

Reference	Věk (let)	Brankáři	Obránci		Záložníci		Útočníci	Post-hoc	Poznámka
			Krajní	Střední	Krajní	Střední			
Aktuální studie	25,3±4,1		38,6±4,7	39,01±4,2	39,4±3,1	37,9±4,4	39,9±4,1		n = 181, Česká republika, 1. liga, Kistler
Arnason et al. (2004)	24,2	35,8±5,3	37,7±4,9		37,6±4,8		37,8±4,4		n = 217, Island, 1. a 2. liga, KD
Bizati (2016)	23,4±3,4	41,2±6,6	42,1±4,7	41,0±3,0	41,6±5,2	40,1±4,3	44,1±3,3		n = 29, Turecko, 1. Liga
Boone et al. (2012)	25,4 ±4,9	42,2±2,9	38,6±2,8	42,4±4,2	39,4±3,0		41,2±4,2	SO, Ú vs. KO, Z	n = 289, Belgie, 1. liga, KD
Gil et al. (2007)	17,3±2,6	41,8	40,0		38,9		41,9	Ú vs. Z	n = 241, Španělsko, 3. liga, dorostenecká, KD
Pivovarniček et al. (2015)	23,4±4,9		36,3±4,0		37,1±4,4		36,7±2,9	n.s.	n = 38, Slovensko, 1. a 2. liga, KD
Ramos et al. (2010)	18,2 ± 0,5		34,4 ± 5,6	39,1 ± 2,6	36,1±3,8		38,3±5,3	n.s.	n = 83, Portugalsko, 1. liga, KD
Rebelo et al. (2013)	18,28±0,6	40,9±5	34,8±5	41,8±6	36,1±4		37,9±5		n = 85, Portugalsko, regionální liga, KD
	18,0±0,5	34,2±6	35,7±5	35,1±4	34,4±6		35,6±6		n = 85, Portugalsko, regionální liga, KD
Sporis et al. (2009)	28,3±5,9	46,8±1,4	42,3±2,1		41,5±4,0		44,2±3,2	Ú vs. O, Z	n = 270, Chorvatsko, 1. liga, Kistler Quattro

Legenda: n – počet probandů, n.s. – nevýznamné rozdíly, B – brankáři, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Z – záložníci, Ú – útočníci, KD – kontaktní deska.

6.7.4 Vertikální výskok po seskoku (DJ)

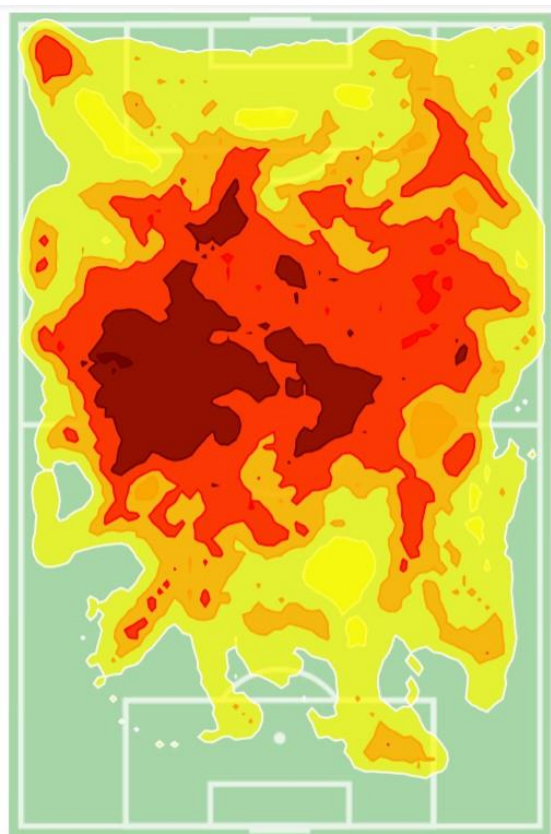
Nejvyšší vertikální výskok po seskoku dosáhli útočníci ($48,86 \pm 4,76$ cm) a nejnižší výkon dosáhli střední záložníci ($47,27 \pm 5,15$ cm). Dosažený rozdíl představuje 1,59 cm (3,3 %). Výkony vertikálního výskoku tak byly mezi zkoumanými skupinami vyrovnané a neprokázaly signifikantní rozdíly. Výška výskoku po seskoku je vyšší v porovnání s testem CMJ_{FA}, mimo skupiny středních obránců, kdy jsou výsledky v souladu se studií (Brodt, Wagner, & Heath, 2008).

Gil et al., (2007) uvádějí signifikantně vyšší výšku výskoku u útočníků (43,46 cm) v porovnání se záložníky (42,26 cm) u mladých španělských hráčů. Výška dopadu byla 40 cm (v našem výzkumu pouze 30 cm) a hráči byli rozděleni podle postů jenom do tří kategorií (obránci, záložníci, útočníci). Po relativizaci výšky výskoku k tělesné hmotnosti hráče (JH_{BW}) dosáhli signifikantně nižší hodnoty střední obránci ($0,58 \pm 0,09$ cm.kg⁻¹) v porovnání s krajními ($0,69 \pm 0,08$ cm.kg⁻¹) a středními záložníky ($0,64 \pm 0,09$ cm.kg⁻¹). Také krajní záložníci dosáhli signifikantně vyšší hodnoty v porovnání s útočníky ($0,59 \pm 0,07$ cm.kg⁻¹). Vyprodukovaná maximální síla dominantní a nedominantní končetinou dosahovala více jak dvou násobek síly v porovnání se silou vygenerovanou v testu SJ (Tabulka 21, 22). Maximální svalová síla (F_{max}) mezi sledovanými skupinami nebyla signifikantně odlišná ($p > 0,05$). Signifikantně vyšší silový impulz (FI) dosáhli útočníci ($435,88 \pm 41,76$ N.s) a střední obránci ($431,89 \pm 65,06$ N.s) v porovnání s hráči hrajícími na krajních pozicích (krajní obránci: $406,96 \pm 32,57$ N.s, krajní záložníci: $383,65 \pm 32,49$ N.s). Při absolutním vyjádření rozdílu mezi nejlepší a nejhorší skupinou (útočníci vs. krajní záložníci) jsme zjistili rozdíl 52,23 N.s (11,98 %), ale rozdíl ve vertikálním výskoku mezi nimi byl pouhých 0,47 cm (0,96 %). Poznatek z prezentované studie je velmi důležitý pro vědecké a klinické pracovníky, kdy zejména při objektivizaci a interpretaci úrovně explozivní síly dolních končetin je nutné diagnostikovat a pochopit souvislost mezi determinanty explozivní síly u inverzní dynamiky. Jedním s cílem diagnostiky je poskytnutí zpětné vazby a následně vytvoření individuálního tréninkového programu (Bangsbo & Mohr, 2012). Na základě simplexního přístupu (hodnocení pouze výšky vertikálního výskoku) se může stát, že u jedince (středního obránce) budeme spokojeni s výkonem (výškou výskoku), ale na základě hodnocení dalších parametrů (JH_{BW} , FI_{BW}) je evidentní, že v porovnání s krajními záložníky mají ještě biologické rezervy (funkční strop) nevyčerpaný. Navíc v porovnání s krajními záložníky právě střední obránci podstupují více

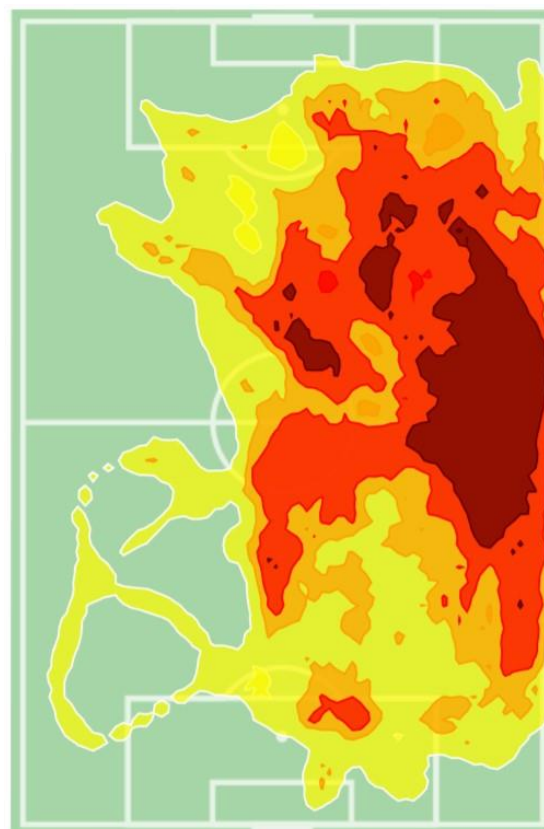
vzdušných osobních soubojů, které mají v dnešním fotbale vysoký podíl na úspěšnosti individuálního herního výkonu jednotlivce a celého týmu.

V testu DJ jsme zaznamenali vyšší hodnoty bilaterální asymetrie mezi dolními končetinami (ΔF_{\max} , ΔF_{t-o}) v porovnání s ostatními testy (CMJ_{FA}, CMJ, SJ).

Naše zjištění je v souladu s výsledky studie Bishop et al., (2020) kteří prokázali u elitních mladých fotbalových hráček vyšší bilaterální rozdíl ($\Delta F_{\max} = 12,56 \pm 12,33$ %) v testu DJ v komparaci s CMJ ($\Delta F_{\max} = 6,62 \pm 4,51$ %) a SJ ($\Delta F_{\max} = 6,21 \pm 4,66$ %). Autoři uvedeného výzkumu nesledovali bilaterální asymetrie v závislosti na herní specializaci hráče. Tento test se projevuje vyšší senzitivitou pro zachycení možných bilaterálních asymetrií u hráčů, což bude pravděpodobně souviset s náročnější koordinací a pohybovou strategií každého hráče. V našem výzkumu jsme zjistili signifikantně vyšší silové asymetrie u krajních obránců v okamžiku odrazu ($\Delta F_{t-o} = 15,37 \pm 11,45$ %) v porovnání se středními záložníky ($\Delta F_{t-o} = 8,21 \pm 6,78$ %). Výsledek potvrzuje vyšší „univerzálnost“ středových hráčů z pohledu symetrické produkce svalové činnosti i při poměrně náročné koordinační činnosti. Popisovaná skutečnost může být specifickou adaptací hráče na podmínky herního zatížení v herních situacích, které jsou v utkání od středních záložníků vyžadované (vysoký počet akceleračních a deceleračních činností ve všech směrech pohybu, nejvyšší počet přihrávek s cílem vysoké úspěšnosti). Dále se jedná o náročné koordinační činnosti s míčem i bez míče v afinitě na prostor, soupeře a změny dynamické soustavy v utkání. Záložníci také absolvují vyšší počet změn směrů v porovnání s útočníky a obránci (Robinson, O'Donoghue, & Wooster, 2011). Navíc nejsou stranově limitováni (autová čára), proto je jejich akční rádius distribuovaný po takřka celé hrací ploše (Obrázek 18). Současný fotbal vyžaduje na tuto pozici „obounohého“ hráče s vysokou mírou nejen fyziologických předpokladů (aerobní a anaerobní kapacita), ale i s vysokou úrovní koordinačních schopností (např. kinesteticko-diferenčních schopností) a kognitivně – motorických schopností (anticipace, rozhodování, realizace).



a) střední záložník



b) krajní záložník

Obrázek 18. Distribuce všech činností středního záložníka (a) a krajního záložníka (b) v oficiálním utkání (Zdroj: InStat).

Limity a orientace dalšího výzkumu

Výsledky prezentovaného výzkumu se nedají generalizovat na širší populaci (mladší věkové kategorie, nižší výkonnostní skupiny apod.). Při rozdělení do herních specializací by bylo v budoucnosti potřeba zahrnout také další pozice (brankář, defenzivní záložník, ofenzivní záložník). Mohli bychom uvažovat o komparaci podle taktického rozestavení hráčů (4-2-3-1, 4-3-3, 3-5-2, 3-4-3, 4-1-4-1, 4-4-2, 4-2-2-2 a dalších). V dalších studiích by se mohla využít jiná forma normalizace dat s využitím např. allometrické exponenciální funkce (Robbins, 2012). Další pozornost by se měla více zaměřit na hodnoty silového gradientu v krátkém čase, kdy v reálných podmínkách fotbalu často není pouze absolutní výška výskoku jediným

kritériem výkonu hráče. Rychlá produkce svalové síly při explozivních činnostech v různých druzích a směrech pohybů nevyžaduje pohybovou strategii vertikálního výskoku s cílem dosažení maximální výšky (Harry et al., 2018). Parametry explozivní síly dolních končetin při testech vertikálního výskoku bude potřeba rozdělit na jednotlivé fáze odrazu (fáze odlehčení, excentrická a koncentrická fáze výskoku). Právě při excentrické fázi dochází k produkci a zadržení kinetické energie a dochází k fázi předpětí, která následně má velký význam při transferu z excentrické do koncentrické fáze (překonání amortizační fáze) pohybové činnosti (Harry et al., 2018). Bez pochyb bude potřebné zahrnout index reaktivní síly, který zahrnuje výšku výskoku a čas pro jeho realizaci. Právě tento index prokázal významné korelace s vícerymi silovými indikátory při realizaci výskoku (Barker et al., 2018). Z dalších parametrů bude potřeba porovnat index efektivity amortizační fáze výskoku s cílem zjištění determinace využití přepnutí z excentrické do koncentrické svalové kontrakce (Castagna & Castellini, 2013). Mimo parametrů odrazové fáze bude nutné analyzovat i parametry dopadové fáze a následného tlumení odrazu (Yanci & Camara, 2016).

6.8 Závěr výzkumu

Moderní pojetí fotbalu vyžaduje od hráče integritu fyzických, technických a mentálních atributů (psychických, kognitivních). Naše výsledky by měly pomoci s cílem získání průměrného standardu ligového hráče vybrané věkové kategorie. V průběhu dalšího výzkumu je potřeba stanovit percentilové normy pro jednotlivé hráčské specializace. Rychlost a výbušnost se v dnešním pojetí fotbalu ukazuje jako nutná podmínka, ne však dostačující. Nevýznamné rozdíly ve výšce výskoku ukazují na srovnatelné absolutní nároky, na pohybové předpoklady pro hráče na různých pozicích. Předpoklad o významnosti rozdílů výšky výskoku se nám nepotvrdil. Z uvedeného důvodu nemůžeme považovat tento parametr explozivní síly dolních končetin při jeho absolutním porovnání za dostatečně citlivé kritérium pro specializovaný post hráče. Použití dalších parametrů spojených s vyjádřením explozivní síly dolních končetin a v příslušné testovací baterii mohou přinést důležité informace, které determinují výkonnost z hlediska herní specializace hráče.

Zajímavým výsledkem je skutečnost, že po relativizaci výšky výskoku vzhledem k tělesné hmotnosti (JH_{BW}) hráčů jsme zjistili nejvyšší hodnoty v každém z testů u krajních

záložníků, kteří mají signifikantně nižší tělesnou hmotnost v porovnání s krajními obránci, středními obránci a útočníky. Podobně v tomto indexu dosahovali střední záložníci druhé nejvyšší hodnoty při vertikálním výskoku ve všech čtyřech testech. Náš předpoklad, že po relativizaci parametrů u hráčů zjistíme signifikantně vyšší hodnoty ve prospěch krajních hráčů (záložníků a obránců), se potvrdil pouze v případě parametru JH_{BW} pro krajní záložníky v komparaci se středními obránci a útočníky.

Bilaterální silové rozdíly nebyly signifikantně odlišné ve třech ze čtyř sledovaných testů (CMJ_{FA} , CMJ , SJ). V testu DJ jsme zjistili signifikantně vyšší bilaterální asymetrii ve fázi odrazu (ΔF_{t-o}) u krajních obránců v porovnání se středními záložníky. Z hlediska intraindividuálních posuzování silových asymetrií byly zjištěny hodnoty vyšší než 10 % v testech CMJ_{FA} , CMJ , SJ a v testu DJ dokonce vyšší než 20 %. Pro vědecké a klinické pracovníky má uvedené zjištění význam ve smyslu individuálního a komplexního posouzení výkonnostních i zdravotně – preventivních parametrů při hodnocení explozivní činnosti dolních končetin.

Výsledky této kapitoly mají za cíl obohacení a přínos vědeckých poznatků pro oblast výzkumu v kinatropologii, aplikovaných vědách o sportu, jak z hlediska základu normativních hodnot pro jednotlivé hráčské pozice, tak z hlediska komparativního přístupu s relevantní světovou literaturou.

7 OBJEKTIVIZACE A KOMPARACE EXTERNÍHO ZATÍŽENÍ V UTKÁNÍ

7.1 Aktuální stav řešené problematiky a současná orientace výzkumu

Pohybové zatížení hráče v tréninku a utkání se v současné době kvantifikuje pomocí indikátorů externího a interního zatížení (Impellizzeri, Rampinini, & Marcora, 2005). Parametry externího zatížení se za poslední tři dekády výzkumu ve sportovních vědách zaměřovaly v nejvyšší míře zejména na tři aspekty (Rago et al., 2019):

- výkonnostní aspekt fotbalových hráčů,
- optimalizace tréninkového zatížení (training load management),
- predikce svalových zranění.

Parametry externího zatížení poukazují na pohybové činnosti hráče, které můžeme získat například pomocí zařízení GPS systémů (Global Positioning Systems), ať již na bázi akcelerometrů, nebo za použití sofistikovaných optických kamerových zařízení. Externí zatížení hráče je determinované vzdáleností, rychlostí, akcelerací, decelerací a dalšími odvozenými parametry. Nedávný výzkum prokázal, že mezi pět nejfrekventovanějších parametrů externího zatížení získaných pomocí GPS technologie patří (Akenhead & Nassis, 2016):

- 1) celková absolvovaná vzdálenost,
- 2) vzdálenost absolvovaná ve vysoké intenzitě ($> 19,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$),
- 3) vzdálenost překonaná ve sprintu ($>25,2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$),
- 4) počet akceleračních a deceleračních činností (při různých zónách jejich kategorizace),
- 5) odhadovaný metabolický výdej hráčů.

V případě parametrů interního zatížení se jedná převážně o sledování parametrů, jako je srdeční frekvence, úroveň biochemických parametrů (laktát, kreatinkináza, kortizol), ale také subjektivní hodnocení intenzity pohybové činnosti (RPE – rating of perceiving exertion).

Jaspers et al. (2018) prokázali, že parametry kontinuálního sledování externího zatížení mají vyšší predikci k zranění v porovnání s indikátory interního zatížení.

Sledování parametrů externího zatížení hráče pomocí moderních technologií bylo v posledních dvou dekadách vědeckého výzkumu zacílené na různé oblasti a předmět vědeckého zkoumání:

- sledování vývojových trendů profesionálních hráčů (Barners et al., 2014),
- vývojové trendy podle hráčských pozic (Bush et al., 2015),
- vývojové trendy vzhledem k úspěšnosti týmů (Bradley et al., 2016),
- vztah mezi taktickým rozestavením a překonanou vzdáleností ve vysokých intenzitách (Bradley et al., 2011),
- vztah mezi externím zatížením a úspěšností týmu (Alves et al., 2019; Clemente et al., 2019; Smpokos, Mourikis, & Linardakis, 2018),
- analýza běhu ve vysokých intenzitách u profesionálních hráčů a jejich komparace v reflexi herních postů (Bradley et al., 2009),
- variabilita parametrů v rámci sezóny (Rampinini et al., 2007; Smpokos et al., 2018),
- analýza intenzity hry u elitních mládežnických kategorií (Mendez-Villanueva et al., 2013),
- analýza zatížení během utkání u velmi mladých (9-10 letých) fotbalistů (Goto, Morris, & Nevill, 2015),
- komparace externího zatížení hráčů v reflexi taktického rozestavení (formace) (Baptista, Johansen, Figueiredo, Rebelo, & Pettersen, 2019; Tierney, Young, Clarke, & Duncan, 2016),
- komparace výkonnostních charakteristik u profesionálních hráčů podle herních specializací (Clemente et al., 2020; Di Salvo et al., 2007; Mallo et al., 2015; Modric, Versic, Sekulic, & Liposek, 2019),
- analýza sprintu u elitních hráčů (Andrzejewski et al., 2015),
- analýza a predikce zatížení v utkání (parametry externího zatížení) na základě parametrů externího zatížení tréninku před utkáním (den -5, den -4, den -3, den -2, den -1 vs. utkání) (Grunbichler, Federolf, & Gatterer, 2020),
- změny externího zatížení jako faktoru únavy během utkání (Bradley et al., 2009),
- sledování externích parametrů zatížení při fotbalových hrách malých forem (Martin-Garcia et al., 2020),

- komparace oscilace externího zatížení profesionálních hráčů v závislosti na variabilitě utkání (Rampinini et al., 2007),
- deskripce a komparace úseků hry s nejvyššími fyzickými požadavky (Martin-Garcia, Casamichana, Diaz, Cos, & Gabbett, 2018),
- analýza externího zatížení u profesionálních hráčů v soutěžním mikrocyklu (Goncalves et al., 2020; Martin-Garcia, Diaz, Bradley, Morera, & Casamichana, 2018),
- analýza externího zatížení v závislosti na délce mikrocyklu (5 vs. 6 vs. 7 vs. 8 vs. 9 dní) (Oliva-Lozano, Rojas-Valverde, Gomez-Carmona, Fortes, & Pino-Ortega),
- sledování stability a variability akceleračních činností a vzdálenosti při běhu ve vysokých intenzitách v průběhu utkání v reflexi herních postů (Dalen et al., 2019),
- komparace externího zatížení vzhledem k aktivitě soupeře a držení míče (Rampinini et al., 2007),
- hodnocení a struktura akceleračních a deceleračních aktivit během utkání (Akenhead, Hayes, Thompson, & French, 2013),
- analýza externího zatížení během tréninku, mikrocyklu a v utkání u brankářů (Moreno-Perez et al., 2020),
- analýza externího zatížení u hráčů před zraněním (Gregson et al., 2020),
- sledování vysoko intenzivních, akceleračních a deceleračních činností s cílem optimalizace tréninkového zatížení a prevence možného svalového zranění (Harper & Kiely, 2018; Jaspers et al., 2018),
- porovnání pohybového profilu hráče podle herních postů v Lize mistrů a v nejvyšší anglické lize EPL (Di Salvo et al., 2013),
- sledování úspěšnosti a neúspěšnosti týmů v italské nejvyšší soutěži (Serie A) (Rampinini et al. 2009),
- komparace indikátorů externího zatížení mezi nejvyšší anglickou fotbalovou ligou (EPL) a nejvyšší španělskou ligou (La Liga) (Dellal et al., 2011),
- komparace externího zatížení vzhledem k utkání mezi prvním a druhým poločasem (Casamichana, Castellano, Diaz, Gabbett, & Martin-Garcia, 2019; Rampinini et al., 2007),
- komparace externího zatížení u hráčů z pohledu počtu utkání (1 nebo 2) v rámci týdenního mikrocyklu (Swallow, Skidmore, Page, & Malone),
- analýza externího zatížení celé sezóny (makrocyklu) (Clemente et al., 2020; Oliva-Lozano et al.),

- komparace externího zatížení z hlediska místa konání utkání (domácí/venkovní), průběžného stavu a kvality (úspěšnosti) soupeře (Lago, Casais, Dominguez, & Sampaio, 2010; Oliva-Lozano et al.),
- míra asociace mezi parametry externího zatížení a technickými indikátory v utkání (InStat index) (Modric et al., 2019).

7.2 Charakteristika zatížení hráče v utkání v reflexi herních specializací a vymezených kritérií pro jejich hodnocení

Při pohledu na strukturu pohybového zatížení hráče je nejdříve nutné definovat a poznat hranice pro kategorizaci činností v závislosti na rychlosti pohybu hráče, které se většinou kategorizují do následujících skupin (stoj, chůze, poklus nebo klus, běh nízkou intenzitou, běh ve vysoké intenzitě, sprint).

7.2.1 Kritéria pro určení zón externího zatížení

Ve světě sportovní vědy a analytiky sportovního zatížení fotbalových hráčů evidujeme nejednotný přístup v kategorizaci rychlostních zón, které hráči překonávají v průběhu utkání.

Běh ve vysoké intenzitě

Velmi často nacházíme rozdíly při posouzení zón pro běh vysokou intenzitou a pro sprint. Nejčastějším kritériem pro stanovení běhu ve vysokých intenzitách (HIR – high speed running) je hranice rychlosti $19,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ($5,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) (Bradley et al., 2016; Bush et al., 2015; Casamichana et al., 2019; Dalen et al., 2019; Di Salvo et al., 2013; Gai et al., 2019; Gregson et al., 2020; Ingebrigtsen et al., 2015; Martin-Garcia, Casamichana, et al., 2018; Martin-Garcia et al., 2020; Martin-Garcia, Diaz, et al., 2018; Modric et al., 2019; Rampinini et al., 2007; Tierney et al., 2016; Wiig, Andersen, Luteberget, & Spencer, 2020).

Běh ve vysoké intenzitě může být vymezený intervalem (například 19,8 – 25,2 km.h⁻¹) nebo zahrnuje kombinaci běhu ve vysoké rychlosti (> 19,8 km.h⁻¹) a sprintu (>25,1 km.h⁻¹) (Bradley et al., 2016).

Objevují se i další kritéria pro posouzení této intenzity. Di Salvo et al. (2007) uvádějí hodnotu 19,1 km.h⁻¹ (5,3 m.s⁻¹). Dellal et al. (2010), Lago et al. (2010) a Oliva-Lozano et al. uvádějí interval 21 – 24 km.h⁻¹ (5,8 – 6,7 m.s⁻¹). Osgnach, Poser, Bernardini, Rinaldo a Di Prampero (2010) uvádějí interval pro běh ve vysoké intenzitě 19 – 22 km.h⁻¹. Barros et al. (2007) u analýzy profesionálních brazilských hráčů uvádějí zóny 19 – 23 km.h⁻¹. Bradley et al. (2009) používají pro parametr HIR hranici 14,4 km.h⁻¹ (4 m.s⁻¹).

Právě vyšší kritérium rychlosti je spojené v některých studiích s termíny velmi vysoká běžecká intenzita (very high intensity running – VHIR) (Rampinini et al., 2007; Smpokos et al., 2018).

Běh ve sprintové intenzitě

Stejně tak kritéria pro posouzení vzdálenosti ve sprintu byla a nadále jsou ve vědecké literatuře nejednotné. Současná literatura prokázala následující rozdíly při kritériích posouzení sprintové intenzity:

- 1) > 23 km.h⁻¹ (6,39 m.s⁻¹) (Barros, et al., 2007; Di Salvo et al., 2007),
- 2) > 24 km.h⁻¹ (6,66 m.s⁻¹) (Andrzejewski et al., 2015; Dellal et al., 2010; Oliva-Lozano et al.),
- 3) > 25,1-25,2 km.h⁻¹ (7 m.s⁻¹) (Bradley et al., 2016; Bush et al., 2015; Casamichana et al., 2019; Clemente et al., 2020; Di Salvo et al., 2013; Gai et al., 2019; Gregson et al., 2020; Hader, Mendez-Villanueva, Palazzi, Ahmaidi, & Buchheit, 2016; Ingebrigtsen et al., 2015; Martin-Garcia, Casamichana, et al., 2018; Martin-Garcia et al., 2020; Martin-Garcia, Diaz, et al., 2018; Modric et al., 2019; Rampinini et al., 2007; Smpokos et al., 2018).

Kritéria pro hodnocení akceleračních a deceleračních činností

Hodnocení akceleračních (ACC) a deceleračních (DCC) činností u profesionálních hráčů také nemá jednotný přístup pro použitá kritéria. Jednu z prvních studií u profesionálních hráčů z oblasti ACC a DCC činností, publikovali Akenhead et al. (2013), kteří rozdělili akcelerační a decelerační aktivity do tří zón:

- 1) nízká ACC ($1-2 \text{ m.s}^{-2}$),
- 2) střední ACC ($2-3 \text{ m.s}^{-2}$),
- 3) vysoká ACC ($> 3 \text{ m.s}^{-2}$).

Stejně tak rozdělili decelerační zóny:

- 1) nízká DCC ($< -1 \text{ m.s}^{-2}$),
- 2) střední DCC (-2 až -3 m.s^{-2}),
- 3) vysoká DCC ($> -3 \text{ m.s}^{-2}$).

Jasper et al. (2018) u profesionálních holandských hráčů používal pro hodnocení a analýzu následující kritéria: $\text{ACC} > 1 \text{ m.s}^{-2}$ a $\text{DCC} < -1 \text{ m.s}^{-2}$ bez ohledu na další kategorizaci. Dalen et al. (2019) posuzují u elitních hráčů norské ligy jako hranici pro ACC na úrovni 2 m.s^{-2} . Ingebrigtsen et al. (2015) používají tuto hranici pro hodnocení vysoké akcelerace u profesionálních hráčů FC Rosenborg Trondheim. Harper, Carling a Kiely (2019) uvádějí hranice pro posouzení akcelerační a decelerační fáze ve vysoké intenzitě na úrovni ($> 2,5 \text{ m.s}^{-2}$) a velmi vysoké intenzitě na úrovni $> 3,5 \text{ m.s}^{-2}$.

Nejčastějším kritériem pro posouzení akceleračních a deceleračních aktivit s vysokou intenzitou u profesionálních hráčů se považuje hranice 3 m.s^{-2} (Casamichana et al., 2019; Martin-Garcia, Casamichana, et al., 2018; Martin-Garcia et al., 2020; Martin-Garcia, Diaz, et al., 2018; Modric et al., 2019; Tierney et al., 2016).

Kritéria pro hodnocení činností s vysokým metabolickým výdejem (HMLD)

Pro stanovení kritéria činnosti s vysokým metabolickým výdejem (High Metabolic Load Distance; HMLD) se ve výzkumu objevují determinanty na základě použití akceleračních a deceleračních činností s intenzitou vyšší než 2 m.s^{-2} (Tierney et al., 2016). Meta analytická studie Rago et al. (2020) prokázala, že nejčastěji používaným parametrem pro posouzení

HMLD je činnost hráče s výkonem vyšším než $> 25 \text{ W.kg}^{-1}$. Prezentovaný fakt potvrzují studie realizované u profesionálních hráčů, kde autoři používali hranici pro posouzení HMLD činnosti $> 25 \text{ W.kg}^{-1}$ (Casamichana et al., 2019; Martin-Garcia, Casamichana, et al., 2018; Martin-Garcia et al., 2020; Martin-Garcia, Diaz, et al., 2018).

V roce 2007 byly publikované dvě práce s odlišnými kritérii pro posouzení modelu struktury externího pohybové zatížení profesionálních hráčů (Di Salvo et al., 2007; Rampinini et al. (2007)). Di Salvo et al. (2007) uvádí následující kritéria rychlosti pro posouzení struktury externího zatížení u profesionálních hráčů:

0–11 km.h^{-1} (0–3,1 m.s^{-1}): stoj, chůze, jogging,
11,1–14 km.h^{-1} (3,1 – 3,9 m.s^{-1}): běh nízkou intenzitou,
14,1–19 km.h^{-1} (4,0 – 5,3 m.s^{-1}): běh střední intenzitou,
19,1–23 km.h^{-1} (5,3 – 6,4 m.s^{-1}): běh vysokou intenzitou,
> 23 km.h^{-1} (6,4 m.s^{-1}): sprint.

V našem výzkumu využíváme rozdělení dle studie Rampinini et al. (2007), který uvádí následující rychlostní zóny pro posouzení externího zatížení a pohybového profilu u profesionálních hráčů:

0–0,7 km.h^{-1} (0–0,2 m.s^{-1}): stoj,
0,7–7,2 km.h^{-1} (0,2 – 2 m.s^{-1}): chůze,
7,2–14,4 (2,0 – 4,0 m.s^{-1}): jogging,
14,4–19,8 km.h^{-1} (4,0 – 5,5 m.s^{-1}): běh,
19,8 – 25,2 km.h^{-1} (5,5 – 7,0 m.s^{-1}): běh vysokou intenzitou,
> 25,2 km.h^{-1} (>7,0 m.s^{-1}): sprint.

Z uvedených důvodů je nezbytné pro hodnocení a komparaci dat popisovaná kritéria poznat a správně interpretovat.

7.2.2 Charakteristiky externího zatížení profesionálních hráčů v utkání

Hráči absolvují v průběhu utkání vzdálenost přibližně 9 – 13 km (Bradley, et al., 2009; Dellal et al., 2010; Di Salvo et al., 2007; Di Salvo et al., 2013; Ingebrigtsen et al., 2015), v průměrné intenzitě 80 – 90 % maximální srdeční frekvence (HR_{max}) (Mallo et al., 2015; Stolen et al., 2005). Nad úrovní 90 % HR_{max} hráči stráví ~ 37 % času a nad úrovní 95 % HR_{max} ~ 3,5 % času (Mallo et al., 2015). Fotbalisté během utkání stráví nad úrovní anaerobního prahu a výše ~ 62 – 66 % a v nižších zónách ~ 34 – 36 % času utkání (Billows, Reilly, & George, 2005; Bujnovsky et al., 2015; Stratton, Reilly, Williams, & Richardson, 2004). Mallo et al. (2015) uvádějí, že profesionální hráči stráví během zápasu ~ 7,3 % času, při kterých je intenzita nižší než 70 % HR_{max} a méně než 1 % při činnostech nižších než 60% HR_{max} . Srdeční frekvence během utkání u elitních hráčů téměř neklesne pod 65 % SF_{max} (Krustrup, Hellsten, & Bangsbo, 2004). Průměrná hodnota VO_{2max} u hráčů je v rozsahu 55 až 68 ml.kg⁻¹.min⁻¹ (Hoff, 2005).

V průběhu utkání hráči vykonají více jak 1200 acyklických a nepředvídatelných změn směrů či běžeckých činností (Mohr et al., 2003). Model pohybové struktury hráče v utkání zahrnuje kolem 30 – 40 sprintů (Mohr et al., 2003), více než 700 obrátů (Bloomfield et al., 2007) a 30 – 40 pádů a výskoků (Mohr et al., 2003). Hráči nejvyšší výkonnostní úrovně v průběhu utkání realizují v rozlišných zónách intenzity pohybu (chůze, klus, běh, běh ve vysoké intenzitě a sprint), celkově přibližně 2700 činností (chůze: 965, klus: 1110, běh: 439, běh ve vysoké intenzitě: 150, sprint: 41) (Di Salvo et al., 2013).

Hráči v průběhu utkání z pohledu absolvované vzdálenosti realizují vysoké množství pohybů ve vysokých intenzitách 600 – 1200 m (Bradley et al., 2009; Bush et al., 2015; Dalen et al., 2019; Di Salvo et al., 2013; Ingebrigtsen et al., 2015). Podle analýzy modelu pohybové struktury hráče v nejvyšší italské lize (Serie A) bylo zjištěno, že až 75,8 % běhů ve vysoké intenzitě (>19 km.h⁻¹) je realizovaných do vzdálenosti 9 m (Vigne, Gaudino, Rogowski, Alloatti, & Hautier, 2010).

Ve sprintové intenzitě (> 7 m.s⁻¹) hráči realizují 100 – 350 m (Bradley et al., 2009; Bush et al., 2016; Di Salvo et al., 2013; Gai et al., 2019; Ingebrigtsen et al., 2015). Výzkum uvádí, že profesionální hráči realizují 96 až 186 činností (nástupů) ve vysoké běžecké rychlosti a 16 až 55 sprintů v závislosti na herní pozici (Di Salvo et al., 2013; Ingebrigtsen et al., 2015). Průměrná doba sprintu u hráčů představuje 2 – 4 s (Wisloff et al., 2004). Autoři popisují, že z celkové

vzdálenosti hráči absolvují ~ 3,9 – 12 % času ve vysoké intenzitě a 0,6 – 4 % času ve sprintu (Andrzejewski et al., 2015; Bradley et al., 2009; Di Salvo et al., 2007; Di Salvo et al., 2010).

Jedna z prvních studií v oblasti hodnocení akceleračních a deceleračních činností v profesionálním fotbale byla publikována u italských hráčů nejvyšší soutěže (Osgnach et al., 2010) s cílem jejich integrace pro celkový pohybový výkon, jako důležitá součást pohybového profilu hráče v utkání. Některé současné studie sledování akceleračních, ale zejména deceleračních činností ve vysokých intenzitách, doporučují jejich monitorování, jak v tréninkových, tak podmínkách utkání, za účelem prevence přepětí, přetrénování a tím pádem snížení rizika možného zranění (Harper & Kiely, 2018; Jaspers et al., 2018). Dalen et al. (2019) uvádějí, že počet výzkumů u elitních hráčů v oblasti akcelerace je v porovnání s ostatními parametry externího zatížení v reflexi komparace herních postů limitně málo. Na základě sledování počtu akcelerace v průběhu utkání autoři tento parametr popisují jako více stabilní v komparaci se vzdáleností ve vysokých intenzitách v rámci hodnocení pohybové výkonnosti hráče.

Hráči během utkání často mění rychlost pohybu vzhledem k herním situacím. Modric et al. (2019) uvádějí u profesionálních chorvatských hráčů celkový počet akceleračních činností ($> 0,5 \text{ m.s}^{-2}$) 716 ± 73 a deceleračních činností ($< - 0,5 \text{ m.s}^{-2}$) 674 ± 69 . Profesionální hráči realizují v průběhu utkání až 91 ± 21 akceleračních činností s akcelerací vyšší než 2m.s^{-2} (Dalen et al., 2019; Ingebrigtsen et al., 2015). Při vysoko akceleračních aktivitách ($> 2 \text{ m.s}^{-2}$) hráči překonají vzdálenost ~ 170 - 190 m a při deceleračních aktivitách s nejvyšší intenzitou pak ~ 160 - 180 m.

Z hlediska charakteru zatížení hráče v utkání se jedná o intermitentní charakter s iregulárními časovými úseky ve vysokých intenzitách, resp. činnostech (Psotta, Blahus, Cochrane, & Martin, 2005; Stolen et al., 2005) vyžadujících vysoký metabolický výdej (Dalen et al., 2019; Osgnach et al., 2010). Celkový energetický výdej hráče v utkání je přibližně $61,12 \pm 6,57 \text{ kJ.kg}^{-1}$, ($14,60 \pm 1,57 \text{ kcal.kg}^{-1}$) a celková vzdálenost při vysokém metabolickém výkonu ($> 20 \text{ W.kg}^{-1}$) u profesionálních hráčů představuje ~ 2840 m (Osgnach et al., 2010). V této intenzitě hráči spotřebují přibližně 42 % z celkové energetické spotřeby v utkání. Celková absolvovaná vzdálenost při velmi vysokém metabolickém výdeji ($> 35 \text{ W.kg}^{-1}$) je u profesionálních hráčů přibližně 1120 m (Osgnach et al., 2010).

Osgnach et al. (2010) uvádějí přepočtený energetický výdej hráčů v utkání (travnatý povrch a množství akcelerací a deceleračních) na tzv. ekvivalent průměrné vzdálenosti. V případě, že by hráči měli realizovat běh rovnoměrným tempem na ideálním povrchu se srovnatelným

energetickým výdejem jako v utkání, jejich vzdálenost by byla vyšší ($13\,166 \pm 1415$ m) s minimálním výkonem $10\,067$ m a maximální vzdáleností $16\,845$ m. Pinnington a Dawson (2001) popisují, že energetická spotřeba při běhu na travnatém povrchu je o 29 % vyšší v porovnání s během na běžecím ergometru. Osgnach et al. (2010) na základě energetického výdeje a metabolického výkonu vyššího než $20\text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ došli k závěru, že hráči pokryjí v utkání 11 až 27 % anaerobním krytím z celkového energetického výdeje.

7.2.3 Faktory ovlivňující velikost externího zatížení hráče v utkání

Hráčské pozice

Hráčské pozice jsou charakterizovány odlišnými nároky v modelu pohybové struktury či bioenergetického výdeje a při plánování tréninkového procesu by se měly tyto aspekty respektovat. Hráči během utkání musí v krátkém časovém intervalu reagovat na změny směru či zvládnout fotbalovou lokomoci v příslušné intenzitě.

Navzdory jasné vědecké evidenci o fyzických rozdílech (externího a interního zatížení) (Ingebrigtsen et al., 2015; Rampinini et al., 2007), technických (Alves et al., 2019; Bradley et al., 2013; Ermidis et al., 2019) některé studie při analýze výkonu a zatížení hráčů rozdělují hráče podle herních skupin do následujících skupin:

- tři skupiny: obránci, záložníci a útočníci (Smpokos et al., 2018),
- čtyři skupiny: krajní obránci, střední obránci, záložníci a útočníci (Rampinini et al., 2007),
- pět skupin, kde je nejčastější dělení: krajní obránci, střední obránci, krajní záložníci, střední záložníci a útočníci (Bush et al., 2015; Clemente et al., 2020; Dalen et al., 2019; Ingebrigtsen et al., 2015; Mallo et al., 2015; Martin-Garcia et al., 2020; Modric et al., 2019),
- šest skupin: krajní obránci, střední obránci, krajní záložníci, střední defenzivní záložníci, střední ofenzivní záložníci, útočníci (Dellal et al., 2011).



Obrázek 19. Pohybový profil profesionálních hráčů v reflexi odlišných herních pozic. Studie 1: Ingebrigtsen et al. (2015), Studie 2: Modric et al. (2019).

Hráči z celkové vzdálenosti absolvují v nízkých a středních intenzitách přibližně ~ 92,5 % (0 – 19,8 km.h⁻¹) a ~ 7,5 % (> 19,8 km.h⁻¹), (Ingebrigtsen et al., 2015). Autoři taktéž uvádějí, že z hlediska vertikálního členění herních postů (krajní pozice, středové pozice) zjistili signifikantně vyšší hodnoty jak v nízkých až středních intenzitách, tak ve vysokých intenzitách u hráčů hrajících na krajních pozicích (krajní obránci, krajní záložníci) v porovnání se středovými hráči (střední obránci, střední záložníci a útočníci).

Rampinini et al. (2007) uvádějí, že krajní obránci stráví více času ve sprintové intenzitě v porovnání se středními obránci (42 %) a záložníky (23 %).

Andrezejewski et al. (2015) prezentují nejvyšší vyprodukovanou maximální rychlost v utkání u útočníků (33,1 ± 1,9 km.h⁻¹) a krajních záložníků (32,9 ± 2,0 km.h⁻¹). Naopak střední záložníci dosahují nejnižší hodnoty (31,0 ± 1,7 km.h⁻¹). Výsledek představuje rozdíl ~ 6 – 7 % mezi hráči hrajícími na rozdílných herních pozicích.

Herní rozestavení

Tierney et al. (2016) prokázali nejvyšší fyzické nároky na hráče (celková vzdálenost, vzdálenost v intenzitách s vysokým metabolickým výdejem (HMLD) při taktickém rozestavení 3-5-2 v porovnání s ostatními rozestaveními (4-4-2, 4-3-3, 3-4-3, 4-2-3-1). Nejvyšší nároky na akcelerační a decelerační aktivity byly prokázány při rozestavení (4-2-3-1). Autoři poukazují na rozdíly v hráčských pozicích při rozdílném rozestavení a uvádějí následující zjištění:

- 1) střední záložníci mají vyšší celkovou vzdálenost (> 11 %) při rozestavení 4-3-3 v porovnání s rozestavením 4-4-2 a taktéž vyšší vzdálenost HMLD (> 14 %),
- 2) útočníci mají při rozestavení 3-5-2 vyšší překonanou vzdálenost (>45 %) než při rozestavení 4-2-3-1,
- 3) útočníci mají při rozestavení 4-3-3 vyšší počet akcelerací (> 49 %) v porovnání s rozestavením 4-2-3-1,
- 4) krajní obránci mají vyšší počet akcelerací (> 20 %) při rozestavení 3-5-2 v porovnání s rozestavením 4-2-3-1,
- 5) střední záložníci mají o 16 % více deceleračí při rozestavení 3-5-2 v porovnání s rozestavením 3-4-3.

Další faktory

Lago et al. (2010) uvádějí, že u elitních španělských hráčů došlo ke snížení absolvované vzdálenosti ve vysoké intenzitě ($> 19,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) v případě, že v průběhu utkání vyhrávali v porovnání s průběžným negativním výsledkem. Autoři popisují skutečnost, že s každou minutou průběžného stavu „vedení“ týmu klesala vzdálenost ve vysoké intenzitě přibližně o $\sim 1 \text{ m}$ ($p < 0,05$). Naopak docházelo k navýšení vzdálenosti v chůzi a poklusu s každou minutou o $2,1 \text{ m}$ ($p < 0,05$).

Di Salvo et al. (2013) zjistili u účastníků Ligy Mistrů signifikantně vyšší hodnoty překonané vzdálenosti (celková vzdálenost, vysoká intenzita, sprint) v porovnání s nejvyšší anglickou ligou EPL, kdy absolutní rozdíly představovali 270 – 440 m. Nejvyšší rozdíly byly prezentované na pozicích středních obránců a krajních obránců. Poznatek z uvedené studie může být předpokladem k vyššímu zapojení defenzivních hráčů do ofenzivních činností týmu a jasný fakt s nárokem zajištění vyššího akčního rádiusu defenzivního hráče. Autoři dále uvádějí, že krajní obránci a krajní záložníci dosáhli vyšší hodnoty v parametru vzdálenost ve vysoké běžecké intenzitě (60 m).

Lago et al. (2010) zjistili u elitních španělských hráčů signifikantní pokles průměrné celkové vzdálenosti při venkovních utkáních ve srovnání s utkáními domácími ($\sim 262 \text{ m}$), avšak zjistili nevýznamné rozdíly při porovnání překonané vzdálenosti ve vysokých intenzitách. Di Salvo et al. (2007) uvádějí, že celková vzdálenost u hráčů s míčem je v rozsahu 119 – 286 m, což představuje 1,2 – 1,4 % celkové absolvované vzdálenosti. Krajní záložníci absolvují signifikantně vyšší vzdálenost driblingem v porovnání s dalšími pozicemi.

Alves et al. (2019) prokázali v utkáních Mistrovství světa (FIFA World Cup 2018) jasnou tendenci ($p = 0,06$) pozorovaného faktoru (vzdálenost absolvovaná ve sprintu) na výsledek utkání. Naopak Bradley et al. (2013) prokázali, že hráči třetí nejvyšší soutěže dosáhli vyšší úroveň absolvované vzdálenosti ve vysokých intenzitách v porovnání s hráči první a druhé ligy, ale dosáhli nižšího počtu celkových přihrávek a počtu úspěšných přihrávek. I když celková překonaná vzdálenost nepatří mezi hlavní přímé determinanty úspěšnosti utkání, tak výzkum uvádí, že méně úspěšné týmy dosahovaly vyšší absolvované vzdálenosti v poklusu, než týmy úspěšné (Mohr et al., 2003).

Da Mota, Thiengo, Gimenes a Bradley (2016) uvádějí celkovou překonanou vzdálenost elitními hráči jako nejsilnější prediktor pro faktor držení míče (ball possession). V utkáních Mistrovství světa byly identifikovány klíčové technické indikátory úspěchu: držení míče, úspěšnost přihrávek, celkový počet střel a počet střel na bránu (Alves et al., 2019). Všechny

uvedené činnosti jsou realizovány v symbióze s držením míče, které je determinované absolutní překonanou vzdáleností. Z námi zjištěných důvodů je potřeba vnímat fyzické, technické a taktické indikátory herního výkonu (individuálního, týmového) komplexně v integritě herních požadavků.

7.2.4 Vývojové trendy externího zatížení u elitních profesionálních hráčů

Bush et al. (2015) prokázali u profesionálních hráčů nejvyšší anglické ligy (EPL) rozdělených podle herní pozice (krajní obránci, střední obránci, krajní záložníci, střední záložníci, útočníci) několik faktorů podporujících trend dynamizace a zvyšujících se nároků na fyzickou připravenost hráčů na jednotlivých herních postech. Autoři poukázali na fakt, že během 7 sezón nejvyšší soutěže EPL došlo k následujícím skutečnostem:

- 1) v parametru celkové absolvované vzdálenosti došlo k nepodstatným změnám, jako je zvýšení u středních záložníků a obránců přibližně o 200 až 300 m,
- 2) krajní obránci dosáhli nejvyššího nárůstu absolvované vzdálenosti ve vysoké intenzitě (35 %), ale vysoký nárůst byl zaznamenán i u dalších pozic (střední obránci – 33 %, krajní záložníci 27 %, střední záložníci 30 % a útočníci 24 %),
- 3) nárůst absolvované vzdálenosti ve sprintu představoval u krajních obránců 62 %, u krajních záložníků 53 %, u středních obránců a záložníků ~ 53 %, u útočníků 36 %,
- 4) počet explozivních sprintů (explosive sprints) se u každé pozice více jak zdvojnásobil.

Znovu je potřeba zdůraznit závěry studie Tonnessen et al. (2013), které u skupiny $n = 1545$ hráčů uvádí zjištění, že maximální spotřeba kyslíku (VO_{2max}) nemá zvyšující se trend. Pokud máme na jedné straně jasnou evidenci o zvyšování se nároků hlavně na pohybové činnosti ve vysokých a maximálních intenzitách a na straně druhé je zjištění o nezvyšování se parametru VO_{2max} , je potřeba se zamyslet, které pohybové schopnosti a fyziologické determinanty mají podíl na zvýšení specifického pohybového výkonu elitních hráčů. V přehledu literatury o stavu aktuálního poznání se vyskytují nejasnosti a jistá variabilita výsledků, která je pravděpodobně způsobena faktory, jako je např. nejednotné označení pro

termín „elitní hráči“, odlišné (nejasné) taktické rozestavení hráčů, rozdíly při stanovení kritéria posouzení sprintové aktivity, použití rozdílných metodik při získávání dat a další.

Cílem prezentované studie je objektivizovat a komparovat vybrané indikátory externího zatížení u elitních hráčů v reflexi vybraných herních specializací.

Na základě přehledu dosud známých faktů lze předpokládat:

- 1) signifikantně vyšší vzdálenost překonají střední a krajní záložníci v komparaci s ostatními hráčskými skupinami,
- 2) signifikantně nižší celková překonaná vzdálenost u středních obránců v komparaci s ostatními hráčskými skupinami,
- 3) signifikantně vyšší hodnoty překonané vzdálenosti ve vysoké intenzitě u hráčů na krajních pozicích (krajní obránce, krajní záložník) v porovnání se středními obránci a středními záložníky,
- 4) signifikantně vyšší překonanou vzdálenost ve sprintu u útočníků, krajních záložníků a krajních obránců v porovnání se středními obránci, středními záložníky,
- 5) signifikantně vyšší hodnoty akcelerace a decelerace u útočníků, středních záložníků a krajních záložníků v porovnání s obránci (krajními a středními),
- 6) signifikantně vyšší hodnoty HMLD u středních záložníků a krajních záložníků v porovnání se středními obránci.

7.3 Metodika výzkumu

7.3.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumná skupina byla sestavená z profesionálních hráčů fotbalu nejvyšší ligové soutěže (n = 48). Hráči byli rozděleni podle hráčské pozice do následujících skupin (krajní obránci: n = 9, střední obránci: n = 12, krajní záložníci: n = 8, střední záložníci: n = 11 a útočníci: n = 8). Externí zatížení bylo hodnocené v 18 ti utkáních a počet celkových pozorování představoval n = 288. Při kategorizaci do jednotlivých skupin byl počet pozorování následující:

krajní obránci: $n = 74$, střední obránci: $n = 63$, krajní záložníci: $n = 45$, střední záložníci: $n = 79$, útočníci: $n = 27$.

Týdenní zatížení sledovaných hráčů v sezóně představuje 5 až 6 tréninkových jednotek na hřišti (60-100 min), 1-2 x týdně posilovnu (30 min) a oficiální utkání (90 min).

Kritéria pro zařazení probanda do výzkumu byla:

- 1) odehrané celé utkání (90 min + nastavený čas),
- 2) zachování hráčské pozice po celou dobu trvání utkání s výjimkou stranové výměny krajních záložníků,
- 3) z výzkumu byli vyloučeni brankáři,
- 4) z výzkumu byla vyloučena utkání ($n = 3$), při kterých došlo k vyloučení hráče (z kteréhokoliv mužstva).

7.3.2 Metody získávání výzkumných údajů

Pohybový výkon hráčů byl zaznamenán pomocí přenosného systému globálního určování polohy (GPS). GPS technologie jsou dnes běžně používané při získávání parametrů externího zatížení nejenom ve sportovních hrách a jsou považované za validní a reliabilní metody (Barbero-Alvarez, Coutts, Granda, Barbero-Alvarez, & Castagna, 2010; Castillo, Carmona, De la cruz Sanchez, & Ortega, 2018; Munoz-Lopez, Granero-Gil, Pino-Ortega, & De Hoyo, 2017).

V prezentovaném výzkumu byly použity celkem 3 systémy GPS pro identifikaci externího pohybového zatížení hráče (GPSports SPI EliteSystem®, Canberra, Austrálie, StatSports, Newry, Severní Írsko, GPExelio, Udinese, Itálie). GPS senzory pracují s frekvencí vyšší než 10 Hz, což je dostatečná frekvence na validní a reliabilní zaznamenání vysoko intenzivních běhů při rychlé změně směru (Johnston, Watsford, Kelly, Pine, & Spurrs, 2014) a mají jednoznačně vyšší validitu a reliabilitu v porovnání s jednotkami pracujícími na nižších frekvencích 1-5 Hz (Duffield, Reid, Baker, & Spratford, 2010; Portas, Harley, Barnes, & Rush, 2010). GPS technologie s frekvencí vyšší než 10 Hz je nejvíce rozšířená technologie pro měření akceleračních a deceleračních činností s vysokou intenzitou během oficiálního utkání (Harper et al., 2019). Ačkoliv se ve výzkumu elitních hráčů používá také GPS technologie s nízkou frekvencí 1 Hz, výsledky hráčů v nejvyšších překonaných rychlostech jsou poté nadhodnocené

(Tabulka 28) (Mallo et al., 2015). Výzkum v poslední době častěji používá hodnocení akceleračních a deceleračních činností, při kterých je vyšší frekvence snímání bezpodmínečně nutná. Akenhead et al. (2013) uvádějí, že až technologie s frekvencí 10 Hz je validní a reliabilní pro získávání údajů o akceleraci a deceleraci u hráčů, avšak v současnosti některá zařízení používají dokonce technologie s frekvencí až 40 Hz (Ingebrigtsen et al., 2015). Snímací zařízení disponovalo gyroskopem (100Hz), akcelerometrem snímajícím v osách x , y , z (100 Hz) a magnetometrem (10 Hz).

Hráči měli zařízení umístěné v elastické vestě na těle hráče (**Obrázek 20**).



Obrázek 20. Ukázka umístění snímacího zařízení externího zatížení v elastické vestě.

Pro hodnocení externího zatížení hráčů jsme použili následující parametry:

- 1) celková absolvovaná vzdálenost v utkání (TDC),
- 2) celková absolvovaná vzdálenost hráče při běhu ve vysoké intenzitě (HIR) ($> 19,8 \text{ km.h}^{-1}$, $> 5,5 \text{ m.s}^{-1}$) (Bradley et al., 2016; Bush et al., 2015; Martin-Garcia et al., 2020),
- 3) celková absolvovaná vzdálenost hráče ve sprintu (Z6) ($> 25,2 \text{ km.h}^{-1}$, $> 7,0 \text{ m.s}^{-1}$) (Bradley et al., 2016; Casamichana et al., 2019; Gregson et al., 2020),
- 4) počet akceleračních (ACC) a deceleračních (DCC) činností hráče se zrychlením (3 m.s^{-2}) (Hader et al., 2019; Martin-Garcia et al., 2020; Modric et al., 2019),

- 5) celkovou absolvovanou vzdálenost při činnosti s vysokým metabolickým výdajem (HMLD). HMLD je v sportovních hrách v poslední době stále častěji pozorovaným parametrem pro diagnostiku pohybového výkonu (Tierney et al., 2016), kdy má vyšší specifitu pro vyjádření vysoko intenzivních pohybových činností hráče (Brughelli, Cronin, Levin, & Chaouachi, 2008). HMLD prezentuje překonanou vzdálenost při které je metabolický výdej (energetická spotřeba na kilogram hmotnosti a sekundu) vyšší než $25,5 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ (Martin-Garcia et al., 2018, Tierney et al., 2016). Uvedená hodnota koresponduje s běžecou aktivitou hráče při konstantní rychlosti $5,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ na trávnatém povrchu, nebo vykonávaná akcelerační a decelerační činnost se změnou rychlosti vyšší než $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ (Martin-Garcia et al., 2018).

7.3.3 Zpracování výzkumných údajů

Pro zpracování výsledků byly použity deskriptivní a induktivní statistické postupy. Pro určení míry polohy byl použit aritmetický průměr a míra variability byla určena směrodatnou odchylkou. Normalita dat byla ověřena Shapiro Wilko testem. Rovnost rozdílných rozptylů dat ve vybraných kategoriích byla ověřena Levenovým testem. Pro zpracování dat byla použita mnohonásobná analýza rozptylu s následným posouzením sledovaného faktoru (hráčská specializace) pomocí „one-way“ analýzy rozptylu. Mnohonásobné porovnávání sledovaných průměrů vybraných skupin bylo realizováno pomocí post-hoc analýzy (Bonferonniho test). Věcná významnost byla posuzována pomocí koeficientu „Partial Eta square“ (η_p^2), který vysvětluje podíl rozptylu sledovaného faktoru. Zamítnutí nulové hypotézy o rovnosti průměrů porovnávaných skupin bylo realizováno s rizikem $p < 0,05$. Analýza byla zpracována s využitím programu IBM SPSS© 21.

7.4 Výsledky výzkumu

Výsledky mnohonásobné analýzy rozptylu prokázaly významný účinek sledovaného faktoru a nezávislé proměnné (herní specializace) na úroveň výkonu sledovaných indikátorů externího zatížení hráčů ($F_{24,971} = 24,51$; $\lambda = 0,19$; $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,34$). Herní pozice hráče měla signifikantní vliv na celkovou překonanou vzdálenost ($F_{4,283} = 59,95$; $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,46$), vzdálenost překonanou ve vysoké běžecké intenzitě ($F_{4,283} = 48,67$; $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,41$), vzdálenost překonanou ve sprintu ($F_{4,283} = 54,32$; $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,43$), počet akcelerací ($F_{4,283} = 14,25$; $p = 0,00$; $\eta_p^2 = 0,17$), počet decelací ($F_{4,283} = 33,46$; $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,32$) a taktéž na vzdálenost překonanou v intenzitách s vysokým metabolickým výdejem ($F_{4,283} = 41,75$; $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,37$).

Nejvyšší celkovou překonanou vzdálenost překonali střední záložníci ($11\,377,1 \pm 706,1$ m) a krajní záložníci ($11\,294,6 \pm 606,9$ m), kteří dosáhli signifikantně vyšší vzdálenost v porovnání s hráči hrajícími na jiných pozicích ($p < 0,05$). Nejnižší překonanou celkovou vzdálenost dosahují střední obránci ($9\,910,3 \pm 606,9$ m), kteří dosáhli signifikantně nižší vzdálenost v porovnání se všemi dalšími skupinami. Nevýznamné rozdíly ($p > 0,05$) v tomto parametru byly zjištěny mezi krajními obránci ($10\,712,2 \pm 505,0$ m) a útočníky ($10\,344,6 \pm 622,2$ m).

V případě překonané vzdálenosti ve vysoké intenzitě (HIR) a ve sprintu dosáhli nejvyšší hodnoty krajní záložníci (HIR = $995,0 \pm 266,3$ m, Z6 = $252,0 \pm 120,9$ m). Hodnoty krajních záložníků byly signifikantně vyšší v porovnání se středními obránci (HIR = $451,9 \pm 114,3$ m, Z6 = $79,7 \pm 38,8$ m), středními záložníky (HIR = $708,1 \pm 260,9$ m, Z6 = $85,7 \pm 48,7$ m) a útočníky (HIR = $799,2 \pm 137,8$ m, Z6 = $169,7 \pm 93,0$ m). Nevýznamné hodnoty byly zjištěné mezi hráči hrajícími na stranách (křídelní prostory), mezi krajními záložníky a krajními obránci ($p > 0,05$). Stejně jako při celkové překonané vzdálenosti, tak při vzdálenosti ve vysoké intenzitě a sprintu dosáhli nejnižší hodnoty střední obránci. Nevýznamný rozdíl byl zjištěn ve sprintové vzdálenosti mezi středními záložníky (Z6 = $85,7 \pm 48,7$ m) a středními obránci (Z6 = $79,7 \pm 38,8$ m).

Navzdory nízkým hodnotám při výkonu ve sprintu u středních záložníků pozorujeme u této skupiny nejvyšší počet akceleračních i deceleračních aktivit (ACC = $83,1 \pm 14,1$; DCC = $100,6 \pm 16,4$). Střední záložníci dosáhli signifikantně vyšší hodnoty počtu akcelerací než krajní

obránci ($ACC = 69,4 \pm 13,1$), střední obránci ($ACC = 70,7 \pm 11,8$), krajní záložníci ($ACC = 71,1 \pm 14,1$) a nevýznamné rozdíly v porovnání s útočníky ($ACC = 79,0 \pm 10,5$). Nejnižší počet akcelerací realizovali krajní obránci, střední obránci a krajní záložníci ($69,4 - 71,1$), mezi kterými nebyl zjištěný signifikantní rozdíl ($p > 0,05$). Počet decelerací u středních záložníků byl signifikantně vyšší v porovnání se všemi dalšími skupinami (krajní obránci: $DCC = 87,9 \pm 16,0$; střední obránci: $DCC = 70,5 \pm 13,8$; krajní záložníci: $DCC = 86,7 \pm 7,0$ a útočníci: $DCC = 79,1 \pm 10,4$).

Celková absolvovaná vzdálenost u parametru vysoko metabolický výdej (HMLD) byla nejvyšší taktéž u středních záložníků ($HMLD = 2359,2 \pm 394,9$ m). Střední záložníci dosáhli signifikantně vyšší hodnoty v porovnání se středními obránci ($HMLD = 1725,8 \pm 264,4$ m) a útočníky ($2059,2 \pm 235,0$ m). Střední obránci a útočníci dosáhli nejnižší hodnoty mezi sledovanými herními posty a v komparaci s ostatními skupinami byly tyto rozdíly signifikantně nižší.

Tabulka 25. Úroveň sledovaných parametrů externího zatížení u vybraných skupin a účinek hlavního faktoru (hráčská pozice).

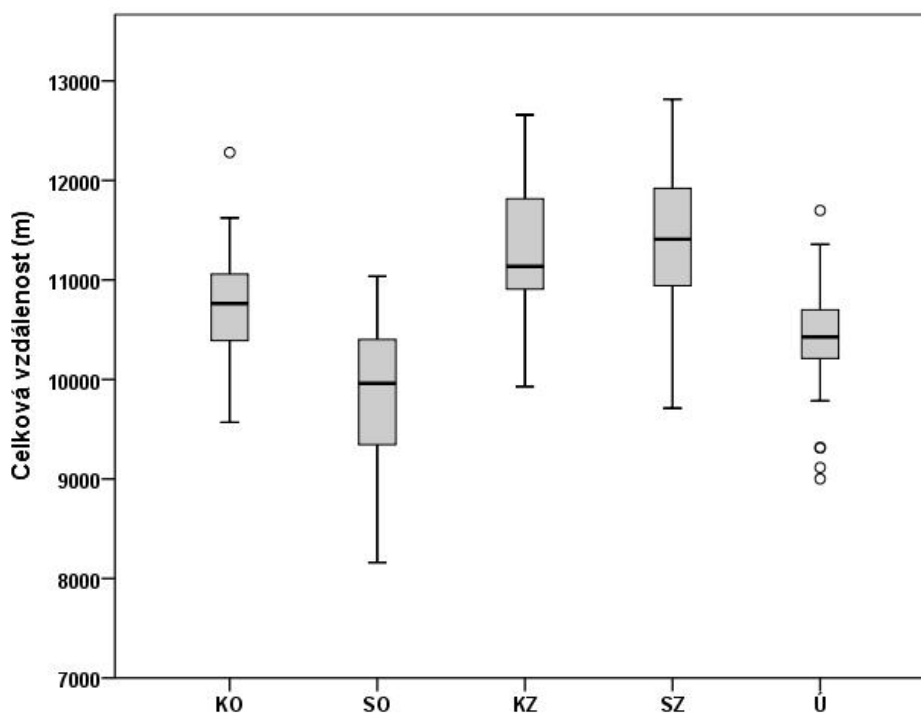
	Krajní obránci	Střední obránci	Krajní záložníci	Střední záložníci	Útočníci	F	p	η_p^2
TDC (m)	10712,2±505,0	9910,3±606,9	11294,6±666,7	11377,1±706,1	10344,6±622,2	59,95	<0,01	0,46
HSR (m)	876,6±243,9	451,9±114,3	995,0±266,3	708,1±260,9	799,2±137,8	48,67	<0,01	0,41
Z6 (m)	214,9±98,9	79,7±38,8	252,0±120,9	85,7±48,7	169,7±93,0	54,32	<0,01	0,43
ACC (n)	69,4±13,1	70,7±11,8	71,1±14,1	83,1±14,1	79,0±10,5	14,25	<0,01	0,17
DCC (n)	87,9±16,0	70,5±13,8	86,7±7	100,6±16,4	79,1±10,4	33,46	<0,01	0,32
HMLD (m)	2271,1±298,8	1725,8±264,4	2352,2±362,6	2359,2±394,9	2059,9±235,0	41,75	<0,01	0,37

Legenda: TDC – celková absolvovaná vzdálenost, HSR – překonaná vzdálenost ve vysoké běžecké intenzitě, Z6 – překonaná vzdálenost ve sprintu, ACC – počet akceleračních činností, DCC – počet deceleračních činností, HMLD – vzdálenost hráče realizovaná s vysokým metabolickým výdajem, F – testovací hodnota, p – pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy, η_p^2 – věcná významnost.

Tabulka 26. Výsledky post hoc analýzy porovnání průměrů sledovaných skupin.

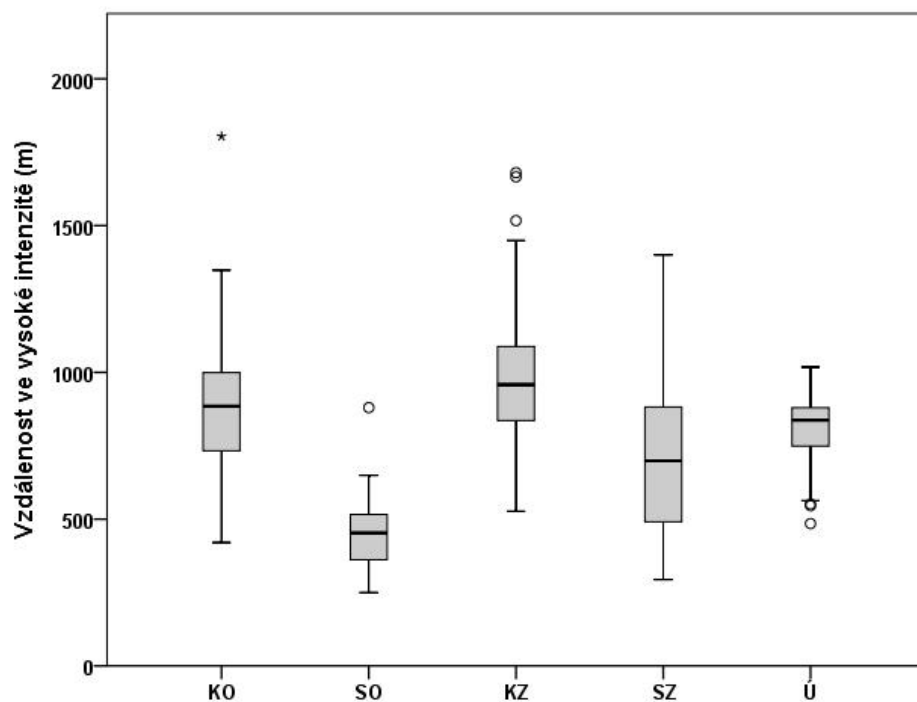
	Krajní obránci	Střední obránci	Krajní záložníci	Střední záložníci	Útočníci
TDC (m)	SO, KZ, SZ	KO, KZ, SZ, Ú	KO, SO, Ú	KO, SO, Ú	SO, KZ, SZ
HSR (m)	SO, SZ	KO, KZ, SZ, Ú	SO, SZ, Ú	KO, SO, KZ	SO, KZ, SZ
Z6 (m)	SO, SZ	KO, KZ, Ú	SO, SZ, Ú	KO, KZ, Ú	SO, KZ, SZ
ACC (n)	SZ, Ú	SZ	SZ	KO, SO, KZ	KO
DCC (n)	SO, SZ	KO, KZ, SZ	SO, SZ	KO, SO, KZ, Ú	SZ
HMLD (m)	SO, Ú	KO, KZ, SZ, Ú	SO, Ú	SO, Ú	KO, SO, KZ, SZ

Legenda: TDC – celková absolvovaná vzdálenost, HSR – překonaná vzdálenost ve vysoké běžecké intenzitě, Z6 – překonaná vzdálenost ve sprintu, ACC – počet akceleračních činností, DCC – počet deceleračních činností, HMLD – vzdálenost hráče realizovaná s vysokým metabolickým výdajem, KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.



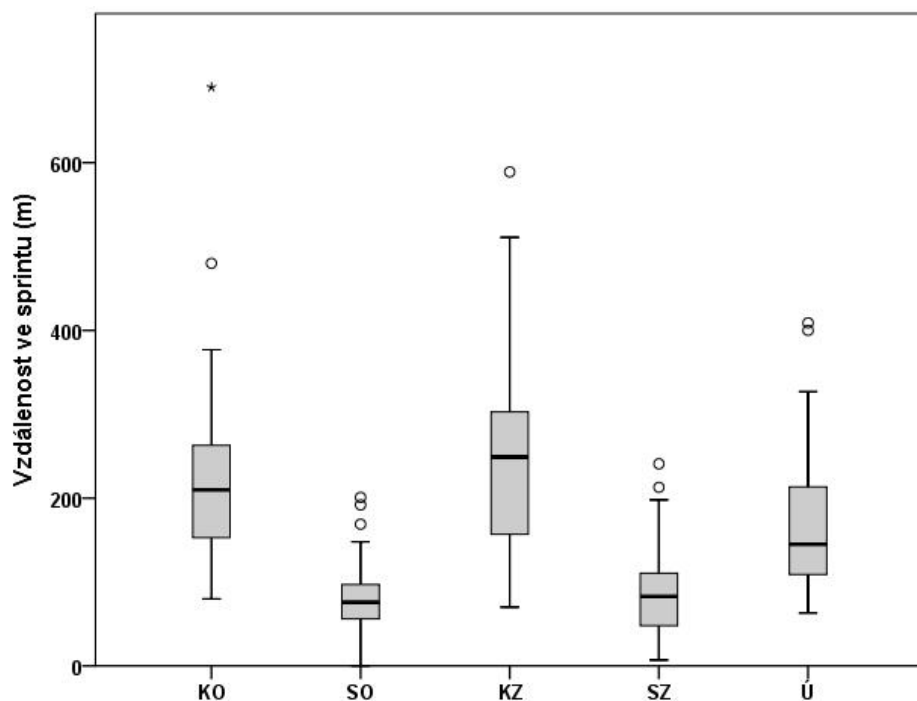
Obrázek 21. Kvartilové rozpětí celkové absolvované vzdálenosti u hráčů.

Legenda: KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.



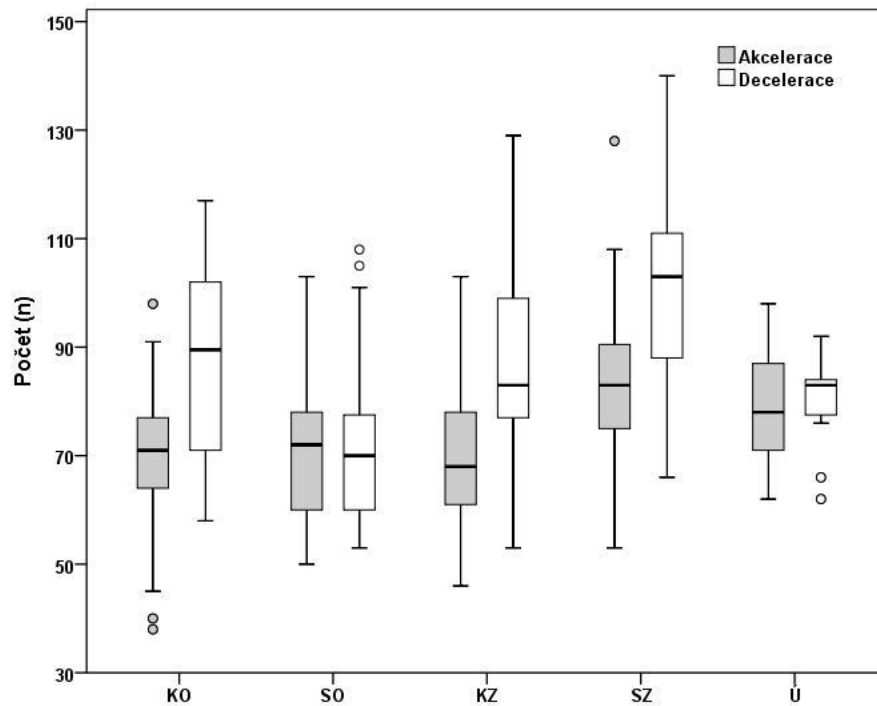
Obrázek 22. Kvartilové rozpětí absolvované vzdálenosti ve vysoké intenzitě.

Legenda: KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.



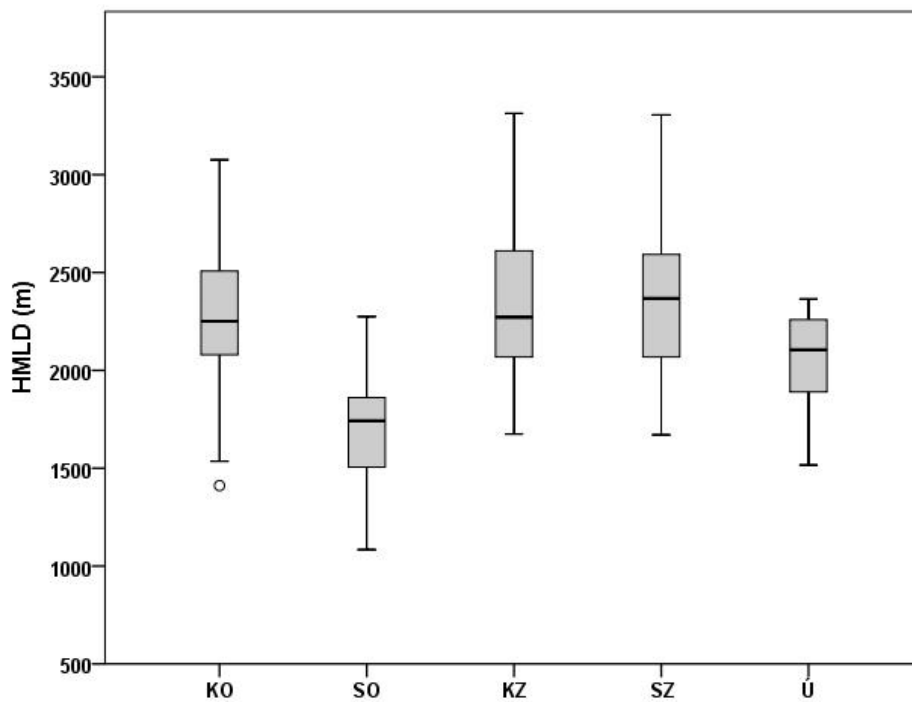
Obrázek 23. Kvartilové rozpětí absolvované vzdálenosti ve sprintu.

Legenda: KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.



Obrázek 24. Kvartilové rozpětí u akceleračních a deceleračních činností.

Legenda: KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.



Obrázek 25. Kvartilové rozpětí absolvované vzdálenosti v činnostech s vysokým metabolickým výdejem.

Legenda: KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.

7.5 Diskuze

7.5.1 Celková překonaná vzdálenost

Nejvyšší překonanou vzdálenost dosáhli střední záložníci ($11\,377,1 \pm 707,1$ m) a krajní záložníci ($11\,294,6 \pm 666,7$ m), kterých hodnoty byly signifikantně vyšší v porovnání s ostatními skupinami (krajní obránci $10\,712,2 \pm 505,0$ m, střední obránci $9\,910,3 \pm 606,9$ m, útočníci $10\,344,6 \pm 622,2$). Zjištění je v souladu se studií Bradley et al. (2009), kteří sledovali profesionální hráče EPL a zjistili porovnatelné hodnoty s námi sledovanými hráči: (střední záložníci $11\,450 \pm 608$ m, krajní záložníci $11\,535 \pm 933$ m, krajní obránci $10\,710 \pm 589$ m, střední obránci $9\,885 \pm 555$ m a útočníci $10\,314 \pm 1175$ m). Významné rozdíly celkové překonané vzdálenosti u krajních záložníků ($12\,029,5 \pm 977,5$ m) a středních záložníků (defenzivních: $11\,501,3 \pm 901,2$ m, ofenzivních: $11\,726,4 \pm 984,4$ m) v porovnání s ostatními pozicemi (střední obránci: $10\,425,9 \pm 808,4$ m, krajní obránci: $10\,655,5 \pm 860,0$ m, útočníci: $10\,942,7 \pm 978,5$ m) byli zjištěné u profesionálních hráčů nejvyšší francouzské ligy (Dellal et al., 2010). Stejně tak Di Salvo et al. (2013) uvádějí u hráčů v Lize mistrů signifikantně vyšší absolvovanou vzdálenost u středních záložníků ($11\,784 \pm 711$ m) a krajních záložníků ($11\,766 \pm 775$ m) v porovnání s útočníky ($10\,783 \pm 877$ m), středními obránci ($10\,342 \pm 611$ m) a krajními obránci ($11\,035 \pm 663$ m). V porovnání s naší studií hráči na každé pozici absolvovali přibližně ~ 300 m vyšší běžecký objem. Vyšší hodnoty byly uvedené ve studii (Di Salvo et al., 2007), kteří u elitních španělských hráčů (Liga mistrů) taktéž publikují signifikantně vyšší absolutní hodnoty u krajních záložníků ($11\,990 \pm 776$ m) a středních záložníků ($12\,027 \pm 625$ m) v porovnání se středními obránci ($10\,627 \pm 893$ m), krajními záložníky ($11\,410 \pm 708$ m) a útočníky ($11\,254 \pm 894$ m). Také v naší předcházející studii (Kunzmann, Bujnovský, & Malý, 2019) jsme zjistili signifikantně vyšší absolutní vzdálenost u záložníků v porovnání s obránci a útočníky. Stejně tak u prvoligových španělských hráčů Mallo et al. (2015) uvádějí vyšší celkovou vzdálenost u krajních záložníků ($11\,321 \pm 1238$ m) v porovnání se středovými obránci ($10\,206 \pm 1\,067$ m).

Nejnižší objem absolvované vzdálenosti zaznamenali střední obránci, kteří se v naší studii signifikantně odlišovali od ostatních skupin. Shodné zjištění bylo publikované i v dalších studiích (Barros et al., 2007; Di Salvo et al., 2007; Di Salvo et al., 2013). Modric et al. (2019) uvádějí u elitních chorvatských hráčů nevýznamný rozdíl u celkové absolvované vzdálenosti mezi středními obránci ($9\,313,5 \pm 599,4$ m) a útočníky ($9\,796,7 \pm 703,7$ m).

Výsledky naší studie a přehled zahraničních studií uvádíme v Tabulce 27. Shodným zjištěním ve studiích je, že nejnižší překonanou vzdálenost absolvovali střední obránci, u kterých byla hodnota v rozmezí $9\ 029 \pm 860$ m až $10\ 617 \pm 858$ m. Tento rozdíl představuje $\sim 15\ %$.

Na základě přehledu studií se ukazuje, že u středních obránců v tomto parametru žádné podstatné změny za poslední dvě dekády neproběhly. Uvedený fakt potvrzuje také studie Barnes et al. (2014), kde autoři prokázali u profesionálních hráčů EPL během sedmi sezón zvýšení překonané vzdálenosti pouze o $2\ %$. Nízká absolvovaná vzdálenost u středních obránců je určitě determinovaná specifickými herními úlohami a technicko – taktickými principy. Jejich úlohou není pokrytí velkého akčního rádiusu, jako se vyžaduje u středních záložníků (speciálně u hráče hrajícího na pozici č. 8 tzv. „box to box“ záložníka), ale jejich činnost a postavení je závislé na různých faktorech a činnostech, jako např.: vytlačování obrany na polovinu hřiště (tzv. zkracování hřiště), zajišťování prostoru za vystupujícím hráčem, rychlé vyvezení míče mezi linie soupeřových hráčů, boční přesuny při defenzivní činnosti, rychlé návraty po neúspěšných standardních situacích při možnosti hrozby rychlého protiútku soupeře, podstupování soubojů a další specifické úkoly. Na rozdíl od ostatních herních pozic, mají střední obránci spolu s útočníky vysoké nároky na soubojové chování. Právě střední obránci mají mimo vysokého počtu osobních soubojů ve vzduchu také jejich nejvyšší procentuální úspěšnost (Gai et al., 2019).

Nejvyšší hodnoty celkové překonané vzdálenosti zaznamenali záložníci (střední a krajní), u kterých byly průměrné hodnoty vyšší než $11\ 000$ m. Tito hráči se vyznačují vysokou aerobní kapacitou a výzkum u záložníků také prokázal signifikantně vyšší hodnoty VO_{2max} v porovnání s jinými hráčskými posty (Bangsbo & Michalsik, 2002). Stejně tak Tonnessen et al. (2013) prezentují vyšší VO_{2max} u záložníků v porovnání s útočníky a obránci, a uvádějí hodnotu pro profesionální hráče $\sim 62 - 64\ \text{mmol.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. Uvedené studie nerozdělují herní posty na krajní a středové pozice (krajní obránci a střední obránci). Reilly et al. (2002) zaznamenali nejvyšší hodnoty VO_{2max} u středních záložníků a krajních obránců.

Vysoké nároky na celkovou absolvovanou vzdálenost u středních záložníků byli zjištěné ve studii Akenhead a Nassis (2016), kteří prokázali, že právě střední záložníci mají podle analýzy týdenního mikrocyklu signifikantně nejvyšší průměrnou překonanou vzdálenost (5463 m) v porovnání se středovými obránci ($4\ 834$ m), krajními obránci ($4\ 848$ m) a útočníky ($4\ 809$ m). Mallo et al. (2015) uvádí u elitních španělských středních záložníků vyšší průměrnou hodnotu srdeční frekvence $86\ %\ HR_{max}$ v porovnání s dalšími herními pozicemi (krajní obránci $83\ %$, středoví obránci $85\ %$, krajní záložníci a útočníci $84\ %$).

Tabulka 27. Celková překonaná vzdálenost v utkání (m).

Reference	Obránce		Záložník		Útočník	Post-hoc test	Diagnostický nástroj
	Krajní	Střední	Krajní	Střední			
Aktuální studie	10712±505	9910±607	11295±667	11377±706	10345±622	SO vs. KO,KZ,SZ,Ú KO vs. KZ,SZ, Ú vs. KZ,SZ	STATSport, Catapult, Exelio GPS
Andrzejewski et al. (2015)	11063±791	10336±471	11746±690	11760±797	10940±648	SZ > KO > U = SO < KZ	Amisco Pro®, v. 1.0.2, Nice, Francie
Barros et al. (2007)	10642±663	9029±860	10598±890	10476±702	9612±772	KO, SZ, KZ > U > SO	DVideo, Campinas, Brazílie
Bradley et al., (2009)	10710±589	9885±555	11535±933	11450±608	10314±1175		ProZone® Version 3.0, Leeds, UK
Dellal et al., (2010)	10656±860	10426±808	12030±901	11726±984	10943±979	KZ,SZ vs. SO, KO, Ú	Amisco Pro®, Nice, Francie
Dellal et al., (2011)	10650±786	10496±772	11241±762	11247±811	10718±901		Amisco Pro®, Nice, Francie
Dellal et al., (2011)	10775±646	10617±858	11041±757	11556±811	10803±992		Amisco Pro®, Nice, Francie
Di Salvo et al., (2007)	11410±708	10627±893	11990±776	12027±625	11254±894	SZ a KZ vs. SO,KO,Ú, SO vs. KO, KZ, SZ, Ú	Amisco Pro®, verze 1.0.2, Nice, Francie
Di Salvo et al. (2013)	11035±633	10341±611	11766±775	11784±711	10783±877	SZ, KZ vs. SO,KO,Ú, KO vs. Ú, SO, Ú vs. SO	ProZone® Version 3.0, Leeds, UK
Di Salvo et al. (2013)	10639±609	9901±619	11496±821	11487±727	10451±944		ProZone® Version 3.0, Leeds, UK
Gai et al. (2019)	10119±778	9611±1006	10693±804	10545±900	10452±944		Amisco Analysis, Opta Spordata
Gai et al. (2019)	10417±1083	9820±793	11393±656	10644±934	10031±1117		Amisco Analysis, Opta Spordata
Ingebrigtsen et al. (2015)	11451 ± 673	10219 ± 381	12320 ± 979	11546 ± 1024	10584 ± 461		ZXY Sport Tracking System, Trondheim Norsko
Lago et al. (2010)	11050±482	10491±496	11425±354	11320±610	10686±714		Amisco Pro®, verze 1.0.2, Nice, France
Mallo et al. (2015)	10452±1063	10206 ± 1067	11321 ± 1238	11154±1117	11154±1117		SPI Elite, GPSports Systems, Canberra, Australia
Modric et al. (2019)	10368±612	9314±599	10264±275	11155±635	9797±704	SO vs KO,SZ,KZ SZ vs SO, KO, KZ	Catapult 10hz, Australie
Rampinini et al., (2007)	11 233 ± 664	9 995 ± 652	11 748 ± 612		10 233 ± 677		ProZone®, Leeds, UK
Smpokos et al. (2018)	9887±86	9887±87	10363±102		9717±206		Viper pod 2, STATSport, Belfast, UK

Legenda: KO – krajní obránci, SO – střední obránci, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.

Neustála pohybová aktivita středních záložníků má vysoký akcent na přepínání z obranné do útočné fáze, přepínání z útočné do obranné fáze, vytváření nabídky pro spoluhráče ve fázích postupného útoku, „odskočení“ si mezi linie hráčů pro přihrávku, rotace hráčů s cílem vytvoření prostoru pro spoluhráče a dezorganizaci obrany, ochota hráče být v pohybu s cílem navýšení počtu hráčů (vytvoření „přečíslení“, nebo vyššího počtu hráčů při oslabení v určité herní situaci „podčíslení“). A další specifické pohybové aktivity středních záložníků jsou spojené s vysokým akčním rádiusem hráče v rozličných rychlostech, směrech a nepravidelných úsecích pro krátkodobé zotavení.

Přes určitou nejednoznačnost tohoto parametru o přímé determinaci úspěšnosti týmu (Bradley et al., 2016; Bradley et al., 2013) bude mít parametr rozhodně velkou úlohu „mediátora“ spojenou s celkovým úspěchem týmu.

7.5.2 Překonaná vzdálenost v běhu ve vysoké intenzitě

Nejvyšší hodnoty vzdálenosti ve vysokých rychlostech jsme zaznamenali u krajních záložníků ($995,0 \pm 266,3$ m) a krajních obránců ($876,6 \pm 243,9$ m), které byly signifikantně vyšší v porovnání se středními záložníky a středními obránci.

Dalen et al. (2019) prezentují nejvyšší hodnoty také u krajních záložníků ($1\ 082 \pm 334$ m) a krajních obránců ($1\ 015 \pm 280$ m). Signifikantně nižší hodnoty v porovnání s jinými hráčskými pozicemi autoři publikují u středních obránců (660 ± 229 m), což potvrdil i náš výzkum ($451,9 \pm 14,3$ m) (Tabulka 25, 26). Nejvyšší zaznamenané hodnoty v literatuře uvádí Di Salvo et al. (2013) u krajních záložníků hrajících Ligu mistrů ($1\ 337 \pm 161$ m) a anglicku nejvyšší soutěž EPL ($1\ 251 \pm 161$ m). Stejně jako ostatní autoři uvádějí nejnižší hodnoty u středních obránců (Liga mistrů: 720 ± 167 m, EPL: 650 ± 94 m).

U profesionálních hráčů EPL byly zjištěny signifikantně vyšší hodnoty u krajních záložníků ($1\ 214 \pm 251$ m) v porovnání s ostatními hráčskými funkcemi (Bradley et al., 2009). Stejně zjištění uvádí Dellal et al. (2010). Di Salvo et al. (2007) popisují signifikantně vyšší vzdálenost ve sprintu u krajních obránců, krajních záložníků i útočníků v porovnání se středními záložníky a středními obránci. Střední obránci měli signifikantně nižší absolvovanou vzdálenost jak ve sprintové intenzitě, tak při běhu ve vysokých intenzitách, v porovnání se všemi dalšími skupinami. Střední záložníci dosáhli signifikantně nižší hodnoty ($708,1 \pm 260,9$

m) pokryté vzdálenosti ve vysoké intenzitě v porovnání s krajními obránci a krajními záložníky. U norských profesionálních hráčů byl publikovaný stejný výsledek signifikantního rozdílu mezi středními záložníky (884 ± 272 m) a hráči na krajních pozicích (Dalen et al., 2019). Baptista et al. (2020) uvádějí nejvyšší hodnoty pro herní pozici „halfback“ ($984,7 \pm 82,9$ m), která je typická pro rozestavení hráčů 3-5-2. Zjištěná hodnota je porovnatelná s hodnotami dosaženými u krajních záložníků v naší studii ($995,0 \pm 266,3$ m). Velmi podobné hodnoty jsme zaznamenali taktéž u středních obránců (naše studie: $451,9 \pm 114,3$ m) vs. Baptista et al. (2020): ($479,5 \pm 65,9$ m).

Hráči hrající na krajních pozicích (krajní obránci a záložníci) jsou více adaptováni na tento typ zatížení. Důkazem je aktuální studie Clemente et al. (2020) kteří u profesionálních španělských hráčů sledovali strukturu a úroveň externího zatížení během celé sezóny (197 tréninkových jednotek, 44 utkání). Autoři uvádí signifikantně vyšší týdenní zatížení (překonanou vzdálenost ve vysoké intenzitě) u krajních obránců ($2\,706,2 \pm 3\,025,7$ m) a krajních záložníků ($2\,416,7 \pm 1\,409,2$ m) v porovnání se středními obránci ($1\,387,5 \pm 1\,035,8$ m) a středními záložníky ($1\,780,1 \pm 1\,525,2$ m).

Parametr překonané vzdálenosti ve vysokých intenzitách prokázal vztah k významnému zvýšení kreatinkinázy 24 hodin po utkání a pokles výkonu vertikálního výskoku (Rago et al., 2020). Na každých uběhnutých 100 m v této intenzitě připadá zvýšení kreatinkinázy o 30 % a pokles výkonu vertikálního výskoku o 0,5 %. Krajní obránci a krajní záložníci absolvovali nejvyšší vzdálenost v této intenzitě, a proto z hlediska regenerace, zotavení sil a plánování tréninkového zatížení by měla být popisovaná zjištění zohledněna s cílem předcházení přepětí a přetrénování hráčů na jednotlivých pozicích. Běh ve vysoké intenzitě je důležitou komponentou fyzické připravenosti hráčů, kterou současný fotbal vyžaduje, a proto byl tento indikátor klíčový ve vztahu ke vzniku únavy a zranění měkkých tkání u hráčů ragby, kdy při aktivitách ve vysokých intenzitách bylo riziko zranění 2,7 (IC: 1,2 – 6,5) krát vyšší v porovnání s činnostmi v nízkých a středních intenzitách (Gabbett & Ullah, 2012).

7.5.3 Překonaná vzdálenost v běhu ve sprintu

Překonaná vzdálenost při sprintové intenzitě byla signifikantně vyšší u krajních záložníků ($252,0 \pm 120,9$ m) a krajních obránců ($214,9 \pm 98,9$ m) v porovnání se středními obránci ($79,7 \pm 38,8$ m) a středními záložníky ($85,7 \pm 48,7$ m). Výsledky jsou v souladu se studií Di Salvo et al., (2007), kteří uvádějí, že jako první studie prokázala vyšší signifikantní

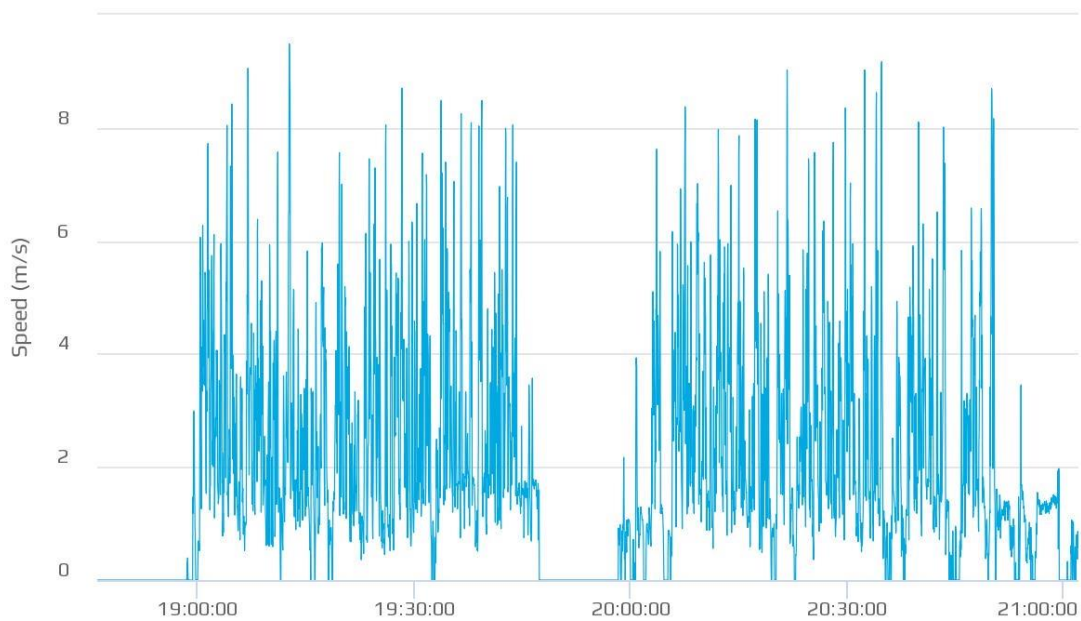
vzdálenost hráčů na krajních pozicích v porovnání s hráči hrajících na středových pozicích (tzv. vertikální členění herních postů). V naší studii útočníci překonali signifikantně vyšší vzdálenost ve sprintu ($169,7 \pm 93,0$ m) v porovnání se středními obránci a středními záložníky, ale nižší v porovnání s krajními záložníky.

Signifikantně vyšší absolvovanou vzdálenost ve sprintu u krajních záložníků (346 ± 115 m) a krajních obránců (287 ± 98 m) v porovnání s jinými herními pozicemi uvádějí Bradley et al. (2009). Stejně tak Ingebrigtsen et al. (2015) u profesionálních hráčů FC Rosenborg Trondheim prezentují, že hráči na krajních pozicích mají signifikantně vyšší překonanou vzdálenost ve sprintu v porovnání s hráči hrajícími na středových pozicích (287 ± 211 m vs. 160 ± 76 m) a taktéž realizují vyšší počet sprintových aktivit ($21,6 \pm 7,8$ vs. $13,0 \pm 5,7$). Analýza týdenních mikrocyklů u profesionálních španělských hráčů prokázala signifikantně vyšší počet sprintů u krajních záložníků ($40,6 \pm 27,9$) a krajních obránců ($37,7 \pm 28,5$) v porovnání se středními obránci ($20,3 \pm 19,8$), středními záložníky ($16,5 \pm 15,3$) a útočníky ($28,7 \pm 22,4$).

U hráčů hrajících Ligu mistrů byly také zjištěné nejvyšší hodnoty ve sprintu u krajních záložníků (382 ± 128 m), kteří měli signifikantně vyšší hodnoty v porovnání s ostatními skupinami (Di Salvo et al., 2013). Z vlastní zkušenosti kondičního trenéra profesionálního fotbalového týmu evidují nejvyšší zaznamenanou vzdálenost ve sprintu 717 m u hráče na pozici „halfback“ při taktickém rozestavení 3 – 5 – 2 (Obrázek 26, 27).

Náš výzkum prokázal, že nejnižší hodnota sprintové vzdálenosti u středních obránců ($79,7 \pm 38,8$ m) byla signifikantně nižší v porovnání s krajními obránci ($214,9 \pm 98,9$ m), krajními záložníky ($252,0 \pm 120,9$ m) a útočníky ($169,7 \pm 93,0$ m). Di Salvo et al. (2013) uvádí, že střední obránci absolvují nejméně sprinterských úseků a taktéž dosahují nejkratší vzdálenosti (Bradley et al., 2009; Di Salvo et al., 2007; Gai et al., 2019.). Podobné hodnoty u středních obránců ($86,3 \pm 1,0$ m) a středních záložníků ($79,4 \pm 1,0$ m) prezentují Baptista et al. (2020). Vyšší hodnoty ve sprintu byly publikované u hráčů anglické nejvyšší soutěže (168 ± 72 m) a Ligy mistrů (180 ± 75 m) (Di Salvo et al., 2013). Ale i v této studii dosáhli střední obránci signifikantně nejnižší hodnoty v porovnání s ostatními hráčskými pozicemi ($p > 0,05$).

Vyšší hodnoty ve sprintu jsme očekávali u útočníků, pro které je sprintová komponenta důležitá z pohledu možnosti být úspěšný v zakončení. Gai et al. (2019) uvádějí nejvyšší překonanou vzdálenost u útočníků (254 ± 126 m) a krajních záložníků (276 ± 136 m). V případě komparace výsledků s naší studií útočníci dosáhli signifikantně nižší vzdálenost ve sprintu ($169,7 \pm 93,0$ m) v porovnání s krajními záložníky ($252,0 \pm 120,9$ m) a vyšší než střední záložníci ($85,7 \pm 48,7$ m) a střední obránci ($79,7 \pm 38,8$ m). Z přehledu literatury (Tabulka 28) vyplývá, že překonaná vzdálenost ve sprintu u útočníků může být v rozsahu 130 – 300 m.



Obrázek 26. Pohybovou aktivita hráče v utkání z hlediska jeho rychlosti.



Obrázek 27. Četnost a časová distribuce sprintů ($> 7 \text{ m.s}^{-1}$) v utkání.

V literatuře se nejvyšší naměřené (Mallo et al., 2015) vzdálenosti objevily u profesionálních španělských hráčů, u kterých naměřili na různých pozicích vzdálenost od 208 m (střední obránci) až po 505 m (útočníci). Avšak jak sami autoři uvádějí, hlavním limitem studie je nízká frekvence snímacího zařízení (1 Hz), která s vysokou pravděpodobností nepřiměřeně nadhodnotila zaznamenané údaje. Proto je nevyhnutelně nutné se v rámci výzkumu a klinické praxe správně orientovat při nastavení, používání a interpretaci získaných dat, resp. komentování výsledků jiných výzkumných studií.

Variabilita výsledků útočníků bude pravděpodobně determinována technicko – taktickými faktory (plnění taktických úloh, např. přepínání hrotového útočníka po ztrátě míče do defenzivy, presinková činnost, náběhy za obranu soupeře a další), kvalitou a způsobem hry odlišných týmů (např. hluboký obranný blok soupeře neumožňuje útočníkům prostorové možnosti pro sprintové náběhy za obranu soupeře). Pokud tým svojí herní kvalitou dokáže držet míč na polovině soupeře, a dokonce v blízkosti poslední třetiny hřiště není velký prostor k náběhům a tím k vyprodukování běžecké rychlosti vyšší než $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. V těchto případech se útočníci snaží o rychlou běžeckou akceleraci na malém prostoru (náběh za obranu soupeře) s cílem vytvoření si příležitosti pro vstřelení branky. Rozdíl nastává, pokud herní kvalita druhého týmu není srovnatelná v porovnání se soupeřem, který donutí protivníka ve větší míře bránit ze středního až hlubokého obranného bloku, kde v případě získání míče nastává příležitost pro rychlý přechod do útoku (protiútok). Právě v těchto situacích je vyšší možnost absolvování sprintové vzdálenosti pro útočníky, ale zejména krajní záložníky a obránce.

Nízká sprintová aktivita a vzdálenost u středních záložníků může být důsledkem moderního vývoje ve fotbale, kde je na středních pozicích málo prostoru pro aktivity, kde by hráč vyprodukoval rychlost vyšší než $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Varley & Aughey, 2013). Výzkum prokázal, že krajní obránci a útočníci překonávají signifikantně vyšší vzdálenost ve sprintu v porovnání se středními obránci a středními záložníky při analýze úseku hry (10 min) s nejvyššími fyzickými požadavky na hráče (Martin-Garcia et al., 2018). Faude, Koch a Meyer (2012) prokázali u německých profesionálních hráčů, že po sprintové aktivitě bylo vstřeleno nejvíce branek (45 %), zatímco po výskoku (16 %) a rychlých změnách směru 6 %. Stejně zjištění autoři uvádí u hráčů při přihrávce do brankové situace. Proto v závěru studie popisují, že přímý sprint je nejčastěji se vyskytující běžecká činnost při brankových situacích a je nezbytně nutné tento typ pohybové aktivity zapracovat do tréninkového procesu.

Tabulka 28. Překonaná vzdálenost ve sprintu (m).

Reference	Obránce		Záložník		Útočník	Post-hoc test	Rychlostní kritérium
	Krajní	Střední	Krajní	Střední			
Aktuální studie	215±99	80±39	252±121	86±49	170±93	SO vs. KO, KZ, Ú, SZ vs. KO, KZ, Ú, KZ vs. Ú,	>25,2 km.h ⁻¹
Andrzejewski et al. (2015)	265±121	186±82	314±123	167±87	345 ± 29	U = KZ = KO > SO = SZ	> 24 km.h ⁻¹
Barros et al. (2007)	562±113	352±89	457±192	367±72	481±151		> 23 km.h ⁻¹
Bradley et al. (2009)	287±98	152±50	346±115	204±89	264±87	KZ, KO vs. SO, SZ, Ú	>25,1 km.h ⁻¹
Dellal et al. (2010)	241±70	199±66	235±85	235±72	290±75		>24,1 km.h ⁻¹
Dellal et al. (2011)	249±77	194±65	251±72	203±76	260±73		>24,1 km.h ⁻¹
Dellal et al. (2011)	263±70	209±70	259±85	246±78	278±78		>24,1 km.h ⁻¹
Di Salvo et al. (2013)	301±112	180±75	382±128	259±105	304±120	KZ vs. KO, SO, SZ, Ú Ú, KO vs. SZ, SO SZ vs. SO	>25,2 km.h ⁻¹
Di Salvo et al. (2013)	285±113	168±72	353±124	241±106	297±115		>25,2 km.h ⁻¹
Di Salvo et al. (2007)	402 ± 165	215±100	446±161	248±116	404±140		>23 km.h ⁻¹
Gai et al. (2019)	235±109	137±84	216±108	158±98	243±126		>25,1 km.h ⁻¹
Gai et al. (2019)	215±124	135±81	276±136	154±90	254±122		>25,1 km.h ⁻¹
Ingebrigtsen et al. (2015)	284±123	123±48	294±76	174±89	181±111		>25,2 v km.h ⁻¹
Lago et al. (2010)	327±131	188±84	337±94	179±84	344±112		>23 km.h ⁻¹
Mallo et al. (2015)	494±249	247±152	482±183	208±132	505±188		>25,1 km.h ⁻¹
Modric et al. (2019)	237±97	88±60	261±69	124±70	137±47	SO vs. KO, KZ, KO vs. SO, SZ, Ú, KZ, KZ vs. SO, SZ, Ú	>25,2 km.h ⁻¹
Smpokos et al. (2018)	127±6	127±7	140±8		134±15		>25,2 km.h ⁻¹

Legenda: KO – krajní obránce, SO – střední obránce, KZ – krajní záložníci, SZ – střední záložníci, Ú – útočníci.

Vysoké nároky na sprintovou vzdálenost jsou spojené i se zvýšeným rizikem zranění hráčů. Současná studie Gregson et al. (2020) prokázala vysokou asociaci mezi objemy ve sprintové intenzitě (více než $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) a nekontaktním svalovým zraněním v utkání.

7.5.4 Analýza akceleračních a deceleračních činností hráčů v utkání

Náš výzkum prokázal nejvyšší počet akceleračních a deceleračních aktivit u středních záložníků ($\text{ACC} = 83,1 \pm 14,1$; $\text{DCC} = 100,6 \pm 16,4$). Střední záložníci dosáhli signifikantně vyššího počtu akcelerací v porovnání s krajními obránci ($69,4 \pm 13,1$), středními obránci ($70,7 \pm 11,8$) a krajními záložníky ($71,1 \pm 14,1$). Výsledek není v souladu s publikovanými výsledky u profesionálních norských hráčů (Dalen et al., 2019), u kterých dosáhli nejvyšších počtů akcelerací krajní záložníci (102 ± 16) a krajní obránci (93 ± 17). Stejně tak Ingebrigtsen et al. (2015) zjistili v porovnání s naší studií u profesionálních hráčů FC Rosenborg Trondheim vyšší počet akceleračních činností u krajních záložníků ($105,5 \pm 22,2$). U norských hráčů autoři neuvádějí signifikantní rozdíly mezi hráčskými pozicemi ($p > 0,05$). Je důležité uvést, že kritériem pro vysokou akceleraci byla hranice nižší ($> 2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) v porovnání s našim výzkumem ($> 3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). Tierney et al. (2016) prezentují nesignifikantní rozdíly ACC a DCC mezi hráčskými pozicemi.

Naše výsledky jsou v souladu s výsledky studie Martin-Garcia et al. (2018), kteří analyzovali externí zatížení fyzicky nejnáročnějšího úseku v utkání (10 min) a prokázali významně nejvyšší počet akceleračních činností u středních záložníků, kteří zaznamenali signifikantně vyšší počet v porovnání se středními obránci, útočníky a krajními obránci. Střední záložníci taktéž prokázali nejvyšší počet deceleračních činností. Nejvyšší počet akceleračních a deceleračních činností ($> 3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) uvádějí u středních záložníků (profesionální hráči) při taktickém rozestavení hráčů 4-2-3-1 (Tierney et al., 2016).

Vysoké nároky na akcelerační a decelerační činnosti u hráčů jsou potřebné z důvodu rychlého dostupování hráčů soupeře, kde se pohybem vytváří tlak na hráče s míčem, presinkové činnosti, odpoutání se od bránícího hráče, získání výhody v soubojích (být na správném místě dříve, než soupeř), taktických úloh hráče, jako např. náběhová činnost krajních hráčů do prostoru s cílem navázání hráče soupeře (vytváření místa pro spoluhráče) a získávání tzv. neutrálních míčů (např. „zisk druhého míče“). Z pohledu technicko – taktických prvků se střední záložníci vyznačují mimo nejvyššího počtu přihrávek, také vysokým počtem soubojů

na zemi a nejvyšším počtem získaných míčů po jejich ztrátě (Ermidis et al., 2019). Element „bojovnosti“ si vyžaduje vysoké nasazení a aktivitu, která je charakteristická akceleračními a deceleračními pohyby. V současném fotbale je velice precizně propracovaná organizace hráčů v defenzivní činnosti s cílem držení vzájemných krátkých vzdáleností mezi hráči (úzký a kompaktní obranný blok) s možností vzájemného rychlého zajištění, vykrývání potřebných prostorů, rychlého dostupování soupeře, rychlého stranového posunu a reakce na nabírání soupeře při jeho náběhu za obranu. V uvedených případech je pro útočící mužstvo limitní množství možností k prosazení se. Jedná se především o individuální činnosti jednotlivce (dribling 1 na 1). Může pak nastat přečíslení v prostoru, rychlá kombinace hráčů s cílem vytvoření předfinální resp. finální přihrávky (nejčastěji vertikální přihrávka, centr ze strany, krátká narážka). V takových situacích je vysoká úroveň a četnost akceleračních a deceleračních činností spolu s vysokým stupněm dynamické techniky s míčem nevyhnutelně nutné pro herní úspěšnost týmu i jednotlivce.

Vysoké nároky na akcelerační činnost středních záložníků byly zjištěné ve studii Akenhead et al. (2016), kteří prokázali, že právě střední záložníci mají podle analýzy týdenního mikrocyklu signifikantně nejvyšší průměrnou překonanou vzdálenost při vysokých akceleračních činnostech (502 m) v porovnání se středními obránci (421 m), krajními obránci (463 m), krajními záložníky (461 m) a útočníky (435 m).

V naší studii dosáhli krajní obránci a krajní záložníci vyšší počet deceleračních činností v porovnání s činnostmi akceleračními. Výsledek koresponduje s výsledky meta-analýzy u elitních fotbalových hráčů (Harper et al., 2019). Woolley, Jakeman a Faulkner (2014) uvádí, že při vysokém počtu deceleračních činností ve vysoké intenzitě se hráči stávají náchylnějšími ke zranění, protože narušují optimální kapacitu silové produkce a následně dochází ke snížení výkonu v činnostech, jako je sprint a rychlá změna směru. Vysoký počet deceleračních činností ve vysoké intenzitě způsobuje snížení schopnosti produkce síly v horizontální rovině při akceleraci, což také negativně ovlivňuje pohybový výkon ve sprintu (Harper et al., 2019). Mimo jiných technicko – taktických faktorů, které vyplývají z utkání, je popisovaná skutečnost podpořena výsledky naší studie, kde měli střední záložníci nejvyšší počet deceleračních aktivit ($100,6 \pm 16,4$) a druhou nejnižší překonanou vzdálenost ve sprintu ($85,7 \pm 48,7$ m). Při skutečnosti, že střední záložníci překonají nejvyšší absolutní vzdálenost, mají nejvyšší počet akcelerací a decelerací, a také nejvyšší vzdálenosti v činnostech s vysokým metabolickým výdejem (HMLD), se jedná o skupinu hráčů s vysokými fyzickými nároky v kontextu specifických pohybových činností, ale jinými atributy v komparaci s ostatními herními pozicemi.

Výzkum prokázal nejkratší dobu mezi sprintovou aktivitou u útočníků (311 ± 72 s) a krajních záložníků (331 ± 113 s), kteří dosahovali signifikantně nižší čas v porovnání se středními záložníky (567 ± 275 s) a středními obránci (540 ± 221 s). Mohr et al. (2003) uvádí průměrný čas mezi opakovanými sprinty v italské nejvyšší soutěži Seria A (138 s) a dánské nejvyšší lize (208 s) významně nižší.

Taktické rozestavení hráčů může mít významný vliv na počet akcelerací u profesionálních hráčů. Tierney et al. (2016) prokázali signifikantní rozdíl ACC a DCC u středních záložníků při rozestavení 4-2-3-1 v porovnání s rozestavením 4-4-2 a 3-4-3.

Je nesmírně důležité parametry akcelerace a decelerace monitorovat nejenom v utkání, ale také v tréninkovém mikrocyklu Martin-Garcia et al. (2018). Hráč, který podstoupil vysoký počet deceleračních činností s vysokou intenzitou během několika týdnů, má vyšší předpoklad ke zranění, zatímco střední počet může poskytnout hráči protektivní funkci a snížit riziko zranění (Jaspers et al., 2018).

Akcelerační činnost má v porovnání s decelerací vyšší metabolický výdej Hader et al. (2016), ale nižší mechanickou zátěž na příslušné svalové skupiny (Dalen, Ingebrigtsen, Ettema, Geir, & Wisloff, 2016). Tímto dochází k vyššímu stupni poškození měkkých tkání zejména v případech, kde tyto síly nemohou být efektivně tlumené (Harper & Kiely, 2018). Decelerační činnosti si vyžadují absorpci vysoké úrovně excentrické svalové kontrakce (brzdivého pohybu) při současném natáhnutí svalových vláken. Uvedené činnosti mají vysoký podíl na akutní pozápasovou citlivost a její opožděný efekt (po 24 hodinách). V neposlední řadě taktéž u mikrotraumat a poškození svalu (Russell et al., 2016). Autoři prezentují signifikantní nárůst kretinkinázy (CK), který se používá jako pozápasový parametr hodnotící únavu a stupeň poškození svalových struktur, kde hrají hlavní roli právě akcelerační a decelerační aktivity ve vysoké intenzitě. S tímto je spojený následný pokles výkonu při hodnocení výbušnosti u profesionálních hráčů po 24 hodinách, ale už ne po 48 hodinách od utkání. Akutní projev únavy na pokles akceleračních činností prezentují Dalen et al. (2019), kteří prokázali u elitních norských hráčů snížení akcelerací o 34 % při porovnání prvních a posledních 5 minut utkání.

7.5.5 Analýza překonané vzdálenosti v činnostech s vysokým metabolickým výdejem

Nejvyšší hodnoty vzdálenosti při činnostech s vysokým metabolickým výdejem (HMLD) jsme zjistili u středních záložníků ($2\,359 \pm 395,9$ m) a krajních záložníků ($2\,352,2 \pm 362,6$ m). Dvě uvedené skupiny měly signifikantně vyšší překonanou vzdálenost v porovnání s útočníky ($2\,059,9 \pm 235,0$ m) a středními obránci ($1\,725,8 \pm 264,4$ m). Rozdíl mezi krajními obránci a krajními záložníky představuje 3,5 % a mezi středními záložníky a středními obránci 26,8 %. Také rozdíl mezi krajními obránci a středními obránci je 24 % a mezi středními záložníky a útočníky 13 %. Výsledky poukazují na rozdíly v pohybové činnosti při integritě vysoko metabolických pohybových činností hráčů.

Tierney et al. (2016) uvádí nejvyšší hodnoty u krajních záložníků ($2\,024 \pm 282$ m) a krajních obránců ($2\,049 \pm 344$ m) při rozestavení 4-2-3-1. Útočníci dosahují porovnatelné hodnoty ($1\,452 \pm 380$ m) se středními obránci ($1\,582 \pm 341$ m). Studie ukazuje, že útočníci při rozestavení 4-2-3-1 a rozestavení 3-5-2 dosahují rozdílu v HMLD až 38 % ($1\,452 \pm 380$ m vs. $2\,337 \pm 374$ m). Z vlastní zkušenosti kondičního trenéra evidují nejvyšší HMLD hodnotu u hráče na pozici „halfback“ v systému 3 – 5 – 2 ($3\,171$ m).

Naše výsledky korespondují se zjištěním studie Martin-Garcia et al. (2018), kteří analyzovali nejintenzivnější 10 minutový úsek v utkání podle kritéria HMLD. Autoři prezentují nejvyšší relativní vzdálenost u středních záložníků ($135,1 \pm 9,1$ m.min⁻¹), kteří dosáhli signifikantně vyšší hodnoty v porovnání se středními obránci ($115,6 \pm 11,9$ m.min⁻¹), útočníky ($121,9 \pm 14,8$ m.min⁻¹) a krajními obránci ($122,9 \pm 9,1$ m.min⁻¹).

Mallo et al. (2015) uvádí u profesionálních hráčů nejvyšší španělské ligy u středních záložníků vyšší procento stráveného času nad úrovní 91 % HR_{max} (40,6 %) v porovnání s krajními záložníky (35 %) a krajními obránci (31,6 %).

V utkání se často vyskytují opakované změny směru, které jsou důsledkem akceleračních, deceleračních pohybů spojených s rychlostí změny směru, mezi kterými se často vyskytuje běh ve středně vysoké intenzitě ($> 14,4$ km.h⁻¹) a vysoké intenzitě ($> 19,8$ km.h⁻¹). Prezentované činnosti mají nepravidelné časové úseky, délku běžeckého úseku, změny směru běhu, nepravidelný běžecký krok, který je v afinitě na reakci protihráče, těžiště hry a celkové herní situaci. Nejčastěji je takový pohyb možné sledovat při presinkové aktivitě a represinku, ale i při defenzivních činnostech v defenzivní třetině hřiště při snaze o získání míče, resp. případné práci obranného bloku ve středu hřiště. Vystupování hráčů, jejich vzájemné zajišťování, stranové posuny, dostupování hráčů při zpracování míče s cílem vyvinutí tlaku na

hráče, nabírání soupeře při defenzivní činnosti a další specifické pohybové činnosti hráče vyžadují akcelerační a decelerační pohyby, kde je mimo aerobní a anaerobní kapacity nezbytná vysoká neuromuskulární kapacita a při kterých je vyžadovaný rychlostní gradient síly.

Výzkum prokázal, že všechny činnosti integrované do HMLD měli vyšší fyzické nároky než samotný běh ve vysoké intenzitě (Zamparo, Zadro, Lazzer, Beato, & Sepulcri, 2014). Martin-Garcia et al. (2018) uvádí, že HMLD je parametr, který dokáže senzitivněji vyjádřit práci hráče ve vysokých intenzitách, kdy zahrnuje kombinaci nižšího běžeckého objemu s vysokou frekvencí akcelerací a deceleraací, nebo vyššího běžeckého objemu s vysokou intenzitou a s nízkou frekvencí akceleračních a deceleračních činností.

Na základě dostupné literatury neevidujeme dostatek údajů pro komparaci HMLD z hlediska herních postů, kdy se jedná o poměrně nový parametr hodnocení pohybového výkonu hráče. Lze očekávat, že právě HMLD parametr se stane v další dekádě jedním z nejrelevantnějších a nejvalidnějších indikátorů fyzické připravenosti elitních hráčů.

7.6 Závěr výzkumu

Analýza parametrů externího zatížení u profesionálních hráčů prokázala specifika jednotlivých herních pozic, které je potřeba respektovat při plánování tréninkových jednotek a vyžadování jistých standardů v utkání. Výsledky potvrdily signifikantně vyšší celkovou překonanou vzdálenost u středních a krajních záložníků v komparaci s ostatními hráčskými skupinami (H1). Signifikantně nižší celková překonaná vzdálenost byla zjištěna u středních obránců, kteří měli nejnižší vzdálenost v porovnání se všemi skupinami (H2). Hodnocení vzdálenosti ve vysoké intenzitě prokázalo signifikantně vyšší hodnoty u krajních obránců a krajních záložníků v porovnání se středními obránci a středními záložníky (H3). Nejvyšší hodnoty ve sprintu jsme zjistili také u krajních hráčů (obránci, záložníci) a útočníků, kteří měli významně vyšší hodnoty než střední obránci a záložníci (H4). V akceleračních a deceleračních činnostech dosáhli nejvyšší hodnoty střední záložníci. Útočníci nedosáhli signifikantně vyšší hodnoty v porovnání se středními obránci, aby se následně nepotvrdila H5. Nejvyšší hodnoty HMLD byly zaznamenány u středních záložníků a krajních záložníků, kteří měli vyšší hodnoty v porovnání se středními obránci a útočníky (H6).

Předložená kapitola měla za cíl identifikovat a komparovat vybrané parametry externího zatížení u profesionálních hráčů v utkání. Na základě výsledků studie je důležité v kontextu dalších faktorů (interní parametry zatížení, technické faktory, taktické i psychologické faktory)

vnímat uvedené faktory, jako komplex tvořící hráčskou identitu „DNA hráče“, kterou nejlepší trenéři umí využít při tvorbě herní strategie týmu. Poznatky by měly přispět k vytvoření podkladů pro hodnocení determinantů individuálního herního výkonu hráče v kontextu požadavků kladených na hru. Poznatky naší studie přinášejí nové informace pro vědní obor kinantropologie z oblasti profesionálního fotbalu, diagnostiky herních předpokladů pro herní výkon jednotlivce a týmu.

8 ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ PRO ORIENTACI DALŠÍHO VÝZKUMU A KLINICKOU PRAXI

Výzkum prokázal odlišné nároky na vybrané determinanty herního výkonu u sledovaných skupin. Při posuzování antropometrických ukazatelů dosahují brankáři, střední obránci a útočníci vyšší tělesnou výšku a tělesnou hmotnost v porovnání s ostatními hráčskými posty. Naopak nejnižší a nejlehčí hráči jsou typologicky na pozicích krajního obránce, středního a krajního záložníka. Při procentuálním vyjádření sledovaných komponent tělesného složení jsme nezjistili signifikantní rozdíly mezi skupinami. Hodnota tělesného tuku se pohybuje u elitních hráčů ~ 9,5 – 11,5 %. Vyšší morfologické rozdíly (segmentální distribuce tělesných tekutin) mezi dolními končetinami byly detekovány u hráčů hrajících na pozicích krajního obránce a středního záložníka ~ 3,5 %. Nepočítáme-li brankáře, zjistili jsme v každé skupině signifikantně vyšší zastoupení svalové hmoty na dominantní končetině, i když z hlediska věcné významnosti se tento rozdíl projevil se středně velkým účinkem právě u krajních obránců a středních záložníků (Tabulka 4). V uvedených případech si takové objevy vyžadují zvýšenou pozornost klinických pracovníků (doktorů, fyzioterapeutů, kondičních trenérů) s cílem eliminace a kompenzace morfologických asymetrií, které mohou mít negativní dopad na pohybový výkon hráče a zvýšené riziko zranění.

Diagnostika isokinetické svalové síly extenzorů a flexorů kolena prokázala, že elitní hráči dokážou produkovat ~ 220 – 250 N.m při nízké úhlové rychlosti ($60 \text{ }^\circ\text{.s}^{-1}$) a ~ 105 – 125 N.m při vysoké úhlové rychlosti ($300 \text{ }^\circ\text{.s}^{-1}$). Porovnání svalové síly extenzorů v absolutních hodnotách prokázalo signifikantně vyšší úroveň svalové síly u brankářů, středních obránců a útočníků v porovnání s krajními obránci (Obrázek 8, 10). Mimo brankářů měli ostatní hráči vyrovnanou svalovou sílu extenzorů kolena (nevýznamné rozdíly). Po relativizaci absolutních hodnot isokinetické síly extenzorů kolena jsme nezaznamenali signifikantní rozdíly u sledovaných hráčských specializací (Tabulka 8, 9).

Signifikantně vyšší bilaterální silový poměr u flexorů kolena v porovnání s ostatními hráčskými pozicemi byl zjištěn u brankářů ($18,73 \pm 11,58 \%$) v nejvyšší úhlové rychlosti ($300 \text{ }^\circ\text{.s}^{-1}$) (Tabulka 10). Uvedený bilaterální poměr při funkčním silovém vyšetření prokázal silové asymetrie na rozdíl od morfologického porovnání zastoupení svalové hmoty na dolních

končetinách. Výsledek poukazuje na případnou nezávislost rozličných asymetrií, to je v souladu s výsledky několika studií (Maly et al., 2015; Menzel et al., 2013).

Právě ve vysokých úhlových rychlostech se realizují specifické činnosti jako kop na střední a dlouhou vzdálenost, odraz (vertikální i horizontální), rychlost změny směru, akcelerace a decelerace pohybu. V dalších případech hráči neprokázali signifikantní rozdíly bilaterálního rozdílu u flexorů ani extenzorů kolena (Tabulka 10).

Výzkum prokázal při nízké úhlové rychlosti u hráčů hodnotu bilaterálního rozdílu ~ 5 – 10 % u extenzorů a flexorů kolena. Při vysoké úhlové rychlosti ($300^\circ \cdot s^{-1}$) jsme zjistili taktéž vyšší bilaterální poměry u hráčů ~ 7 – 10 % (extenzory) a ~ 9 – 19 % (flexory) kolena. Průměrná úroveň ipsilaterálního poměru u elitních hráčů bez rozdílu lateralitu a úhlové rychlosti představuje ~ 55 – 65 %.

Navzdory nevýznamným rozdílům skupinových průměrů bilaterálního a ipsilaterálního poměru u sledovaných hráčů, je potřebné individuální hodnocení silových charakteristik, jak kvalitativní (např. průběh silové křivky), tak kvantitativní, kdy byly zjištěné hodnoty bilaterálního poměru $i > 15\%$ a ipsilaterálního silového poměru $< 50\%$, které znamenají zvýšené riziko zranění. Při komparaci našich výsledků s literaturou jsme zjistili nekonzistentní výsledky, jak z hlediska signifikantních rozdílů mezi sledovanými skupinami, tak v úrovni sledovaných parametrů. Rozdíly mohou být důsledkem nejednotného označení „elitní“ hráč, kdy velmi často výzkumníci nerozdělili hráče do pěti sledovaných herních pozic. Při absolutním vyjádření svalové síly bude mít pravděpodobně vliv úroveň tělesné výšky a tělesné hmotnosti (mediátor), nejasná perioda získávání vědeckých údajů (z hlediska periodizace tréninkového procesu), rozličné protokoly při diagnostice a nejasnosti v nich (například aplikace gravitační korekce) a další.

Hodnocení absolutní výšky vertikálního výskoku při diagnostice explozivní síly dolních končetin neprokázalo signifikantní rozdíly mezi pozorovanými skupinami (Tabulka 19 – 22). Avšak mezi sledovanými skupinami byly identifikované významné rozdíly základních antropometrických parametrů (tělesná výška, tělesná hmotnost). Následné relativní hodnoty výšky vertikálního výskoku k tělesné hmotnosti hráče prokázaly signifikantně vyšší hodnoty ve všech realizovaných testech (CMJ_{FA}, CMJ, SJ, DJ) u krajních záložníků v porovnání se středními obránci a útočníky. Navzdory vysoké dynamizaci fotbalu v rámci každého z postů jsou právě na post krajního záložníka nejvyšší nároky na rychlostní předpoklady v celém rychlostním spektru pohybových schopností. Hráči na postu krajního záložníka jsou tzv. „fotbalovými desetibojaři“, kdy jejich pohybový profil zahrnuje vysokou překonanou vzdálenost ($> 11\ 000\ m$), vysokou překonanou vzdálenost ve sprintu 230 – 380 m (Di Salvo

2013), nejvyšší počet sprintů (50 - 55) (Di Salvo et al., 2013), krátký časový úsek ~ 51 s pro zotavení mezi vysoko - intenzivními běžeckými činnostmi (Bradley et al., 2009), maximální běžeckou rychlost $> 9,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Andrzejewski et al., 2015), vysoký počet činností ve vysokých intenzitách ~ 172 – 186 (Di Salvo et al., 2013), vysoké nároky na počet akceleračních činností ~ 105 (Ingebrigtsen et al., 2015) a další faktory.

Elitní hráči v našem výzkumu dosáhli v testu CMJ_{FA} konzistentní výsledky u všech porovnávaných skupin ~ 48 cm, kromě středních záložníků ~ 46 cm (Tabulka 19). Na základě přehledu literatury se ukazuje, že nejfrekventovaněji použitým testem pro posouzení explozivní síly dolních končetin u elitních hráčů je test CMJ. Naši hráči dosáhli v CMJ testu hodnoty ~ 40,5 – 42,7 cm. Výsledky jsou nižší v porovnání s elitními hráči nejvyšší chorvatské ligy (Tabulka 23). Na základě výše uvedených informací se dá usuzovat, že máme nenaplněné kvantitativní stropy u předpokladů explozivní síly dolních končetin našich hráčů. Prezentované zjištění by mělo být reflektované metodickým úsekem Fotbalové asociace České republiky, klubovými metodiky, trenéry a kondičními trenéry s cílem vytvoření a implementace dostatečných adaptačních podnětů pro zvýšení explozivní síly dolních končetin v rámci krátkodobého a dlouhodobého plánování nárůstu sportovní výkonnosti hráčů.

Z hlediska hodnocení a komparace bilaterálních silových rozdílů při realizaci vertikálního odrazu (F_{max} , ΔF_{t-o}) jsme v testech CMJ_{FA} , CMJ, SJ nezjistili významné rozdíly mezi komparovanými skupinami (Tabulka 19 – 21). Avšak v testu DJ jsme u krajních obránců, zjistili signifikantně vyšší bilaterální rozdíl produkce svalové síly v momentě odrazu (ΔF_{t-o}) v porovnání se středními záložníky (Tabulka 22). Výsledek by měl být dále podroben vědeckým výzkumům s cílem určení, zda se jedná skutečně o silové asymetrie způsobené preferencí jedné z končetin jako důsledek herní pozice hráče, nebo se jedná o odlišnou pohybovou strategii při realizaci odrazu po dopadu. Kvantitativní hodnocení silových parametrů a jejich derivátů by mělo být doplněné o kvalitativní hodnocení vertikálního výskoku (průběh silové křivky, časová asynchronnost produkce svalové síly a další ukazatele), nejenom z pohledu výkonnostních parametrů (maximální produkce svalové síly, silového impulsu), ale taktéž z pohledu zdravotně – preventivních aspektů (např. valgózní postavení kolen při seskoku, silové asymetrie, asynchronní silový průběh, nízká úroveň tlumících procesů po dopadu tzv. absorpce síly). V našem výzkumu jsme se zaměřili na hodnocení inverzní dynamiky u elitních hráčů, ale v dalším výzkumu bude potřebné kromě posouzení inverzní dynamiky také hodnocení i kinematických parametrů pohybového projevu hráčů. Nové možnosti vidíme při realizaci výskoku s nasimulováním reálnějších podmínek utkání (vyšší ekologická validity testu). Například výskok při správném načasování (timing) na letící míč,

výskok s limitujícím faktorem (simulace činnosti protihráče), postavení chodidel v tzv. hlavičkovém garde, výskok pod vlivem únavových procesů a podobně.

Analýza externího zatížení elitních hráčů prokázala signifikantní rozdíly mezi sledovanými skupinami u všech sledovaných parametrů ze spektra pohybového profilu hráče (TDC, HSR, Z6, ACC, DCC, HMLD) (Tabulka 25). Výsledky prokázaly, že elitní dospělí hráči překonají v utkání ~ 10 000 – 11 500 m, kdy krajní a střední záložníci překonají signifikantně vyšší vzdálenost (> 11 000 m) v porovnání s ostatními herními pozicemi (< 11 000 m). Nejvyšší nároky na pohybový běžecký výkon při běhu ve vysoké a sprintové intenzitě jsou kladené na hráče krajních pozic (krajní obránci, krajní záložníci), kteří překonají v HSR ~ 2x vyšší vzdálenost v porovnání se středními obránci a při sprintu ~ 3x vyšší vzdálenost než střední obránci a střední záložníci (Tabulka 25). Naopak střední záložníci disponovali nejvyšším počtem akceleračních činností, kdy spolu s útočníky dosáhli ~ 80 – 83 akceleračních činností. Krajní záložníci, krajní a střední obránci zaznamenali hodnoty nižší ~ 70 činností. Taktéž střední záložníci dosáhli nejvyšší počet deceleračních činností (~ 100) v utkání. Akcelerační a decelerační činnosti mají afinitu k důležitým herním situacím, kde musí hráči vynaložit vysoké úsilí na krátké vzdálenosti s cílem vygenerování zrychlení $> 3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Každá herní specializace má s ohledem na pohybové nároky během utkání svoje zákonitosti. U středních záložníků se jedná například o snahu získat „neutrální“ míč (zisk druhého, odraženého míče), presinková činnost, rychlý přesun v bloku s cílem vykrytí důležitého prostoru, zajištění spoluhráče, nebo rychlá akcelerace při ofenzivních činnostech. V případě krajních záložníků se může jednat o pohyb hráče za obranu soupeře (náběhy za obranu), pohybové činnosti po ztrátě míče, popřípadě zisku (tzv. přepínání) a další činnosti. Z hlediska pohybových činností s vysokým metabolickým výdejem jsou střední a krajní záložníci nejvíce zatíženi hráči.

V našem výzkumu jsme se zaměřili pouze na hodnocení externího zatížení elitních dospělých hráčů, a proto by míra zobecnění měla být právě na popisovanou věkovou a výkonnostní skupinu. Výzkum u mladších věkových kategorií prokázal jisté rozdíly v komparaci s dospělými hráči (Coutinho et al., 2015; Izzo, Varde'i, Raiola, & Santinelli, 2019; Vieira, Carling, Barbieri, Aquino, & Santiago, 2019). Určité rozdíly byly publikované i u různých výkonnostních skupin (Slimani & Nikolaidis, 2019). Přehled literatury ukazuje, že rozdíly pohybového výkonu jsou ovlivněné i herním rozestavením hráčů (Tierney et al., 2016), aktuálním výsledkem v utkání, resp. lokalitou utkání (domácí vs. venkovní) (Lago et al., 2010) a další.

Na základě zjištěných výsledků a přehledu literatury jsme vytvořili následující profil hráče (kritické body) pro sledované hráčské pozice:

KRAJNÍ OBRÁNCI

- celková vzdálenost ~ 10 700 – 11 500 m,
- vysoké nároky na překonanou vzdálenost ve vysokých intenzitách (800 – 1300 m),
- vysoké nároky na překonanou vzdálenost v sprintu (200 – 300 m),
- vysoké nároky na VO_{2max} ,
- maximální rychlost ~ 29 – 30 km.h⁻¹,
- vysoký počet deceleračních činnosti ve vysoké intenzitě ~ 88,
- vysoká kapacita a výkon při běžeckém zatížení intermitentním charakterem,
- vysoký počet odebraných míčů,
- nižší isokinetická svalová síla extenzorů kolena při absolutním vyjádření a úhlové rychlosti 60 °. s⁻¹ (~ 205 N.m),
- možný výskyt morfologických asymetrií u dolních končetin z důvodu laterální preference.

STŘEDNÍ OBRÁNCI

- vyšší tělesná výška > 185 cm a tělesná hmotnost > 80 kg,
- nízká absolutní překonaná vzdálenost (~ 9 800 – 10 200 m),
- překonaná vzdálenost ve vysokých intenzitách ~ 450 – 550 m,
- překonaná vzdálenost ve sprintu ~ 80 – 120 m,
- maximální rychlost ~ 28 – 29 km.h⁻¹,
- počet akcelerací ~ 70 a decelerací ~ 70,
- vysoká úspěšnost přihrávek ~ 85 %,
- nejvyšší počet dlouhých přihrávek,
- vysoký počet vzdušných soubojů a jejich nejvyšší procentuální úspěšnost ~ 57 – 63%),
- nejvyšší absolutní impuls síly při vertikálním výskoku,
- vysoká isokinetická svalová síla extenzorů kolena při absolutním vyjádření a úhlové rychlosti 60 °. s⁻¹ (~ 248 N.m).

KRAJNÍ ZÁLOŽNÍCI

- vysoké nároky na celkovou absolvovanou vzdálenost (~ 11 300 – 12 300 m),
- vysoké hodnoty maximální rychlost ($32,9 \pm 2,0 \text{ km.h}^{-1}$),
- dosahují nejvyšší vzdálenosti překonané při držení míče,
- vysoké nároky na $\text{VO}_{2\text{max}}$,
- vysoké nároky na překonanou vzdálenost ve vysokých intenzitách (900 – 1300 m),
- nejvyšší počet činností ve vysoké intenzitě (172 – 186),
- vysoké nároky na akcelerační činnosti ($105 \text{ činností } (> 2 \text{ m.s}^{-1})$),
- z časového hlediska stráví ~ 5 % času utkání při intenzitě vyšší než 95 % HR_{max} ,
- vysoké nároky na překonanou vzdálenost ve sprintu (230 – 380 m),
- nejvyšší počet sprintů (50 – 55),
- krátký čas pro zotavení mezi vysoko intenzivními běžeckými činnostmi (~ 51 s),
- nejvyšší počet centrů,
- vyšší počet činností vedení míče,
- nejvyšší překonaná vzdálenost s míčem,
- vysoká výška vertikálního výskoku,
- nejvyšší relativní index výšky výskoku k tělesné hmotnosti (JH_{BW}).

STŘEDNÍ ZÁLOŽNÍCI

- nejvyšší překonaná vzdálenost v utkání (~ 11 400 – 12 100 m),
- nižší nároky na překonanou vzdálenost ve vysokých intenzitách (600 – 800 m),
- nižší nároky na překonanou vzdálenost ve sprintu (60 – 100 m),
- maximální rychlost ~ $26 - 28 \text{ km.h}^{-1}$,
- vysoký počet akceleračních činností ve vysoké intenzitě ~ 80,
- vysoký počet deceleračních činností ve vysoké intenzitě ~ 100,
- vysoké nároky na $\text{VO}_{2\text{max}}$,
- vysoká kapacita a výkon při běžeckém zatížení intermitentního charakteru,
- krátký čas pro zotavení mezi vysoko intenzivními běžeckými činnostmi (~ 62 s),
- nejvyšší počet přihrávek,
- vysoké procento úspěšných přihrávek ~ 83 %,

- vysoký počet osobních soubojů na zemi,
- vysoký počet odebraných míčů,
- nízké bilaterální silové asymetrie při vertikálním výskoku (maximální síla a síla v momentě odrazu).

ÚTOČNÍCI

- vyšší tělesná výška > 185 cm a tělesná hmotnost > 80 kg,
- překonaná celková vzdálenost 10 300 – 10 500 m,
- nejvyšší maximální dosažená rychlost ($33,1 \pm 1,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$),
- nejkratší čas pro zotavení mezi opakujícími se sprinty,
- vyšší nároky na překonanou vzdálenost ve vysokých intenzitách (700 – 1 000 m),
- vyšší nároky na překonanou vzdálenost ve sprintu (150 – 230 m),
- z časového hlediska stráví ~ 4 % času zápasu při intenzitě vyšší než 95 % HR_{max} ,
- vysoké nároky na počet akcelerací ~ 80 a decelerací ~ 80,
- vysoké nároky na soubojové chování ve vzduchu,
- nejnižší úspěšnost přihrávek ~ 87,5 %,
- vyšší počet činností vedení míče,
- nejvyšší počet pokusů zakončení,
- nejvyšší výška vertikálního výskoku,
- nejrychlejší v lineární běžecké rychlosti z pevného startu (0 – 20 m),
- nejvyšší absolutní impuls síly při vertikálním výskoku.

Doporučení, využitelnost výsledků ve vědním oboru a klinické praxi:

- identifikace parametrů průřezově a v časových řadách (dlouhodobě), vytváření datových matic, konceptů a systémů s cílem analytické činnosti (činnost datového analytika v klubu),
- kvantitativní a kvalitativní přístup při diagnostice (hodnocení i průběhu „kvality“ pohybové činnosti: silová křivka při výskoku, isokinetice a další),

- evidence o rozdílech morfologických, silových a pohybových předpokladů u sledovaných herních pozic,
- individualizace, optimalizace a regulace tréninkového procesu z hlediska pohybového zatížení,
- výběr a ověření validních indikátorů pohybového výkonu pro rozličné herní specializace,
- výkonnostní hledisko vs. zdravotně preventivní hledisko,
- identifikace „pohybového profilu“ hráče (typologie) s cílem jeho použitelnosti v jiných herních systémech („halfback“),
- periodizace tréninkového procesu (kvantifikace zatížení sledovaných parametrů v mikrocyklu) s cílem plánování obsahu a frekvence adaptačních podnětů (například dosažení běžecké intenzity > 90 % u hráče),
- dlouhodobé sledování externího zatížení hráče s cílem předcházení přepětí a přetrénování (sledování akutního a chronického zatížení hráčů),
- verifikace požadavků při rekondici hráče (návrat po zranění) s cílem komparace cílové hodnoty (normy) s aktuálním stavem v procesu rekondice,
- verifikace míry asociace mezi subjektivním (RPE) a objektivním (externí zatížení) ukazovatelem velikosti zatížení hráče,
- verifikace míry asociace mezi interními indikátory zatížení a externími indikátory zatížení hráče,
- podklady pro trenéry, metodiky, kondiční trenéry a fyzioterapeuty,
- implementace cvičení na akcelerační a decelerační činnosti,
- sledování správného modelu pohybové struktury (mechaniky pohybu) akcelerací, decelerací a rychlosti změny směru a vertikálního výskoku u hráčů,
- vytváření pohybových a zdravotně preventivních profilů s cílem identifikace silných a slabých stránek hráče, jeho příležitostí a rizik,
- optimalizace tělesného složení (případná nutriční a pohybová intervence),
- hodnocení předpokladů (parametrů) při vyjádření absolutních a relativních hodnot,
- podklady pro sestavení standardů elitního hráče,
- komparace externího zatížení hráče v utkání a tréninkové jednotce,
- komparace externího zatížení hráčů na stejném postu (konkurenční podmínky),
- určení a pochopení jasných kritérií pro posouzení externího zatížení elitních hráčů,
- limity a výhody použitých odlišných diagnostických prostředků a postupů (například explozivní síla dolních končetin) ve vztahu k interpretaci a komparaci výsledků,

- diagnostika pohybových předpokladů v klidových a únavových podmínkách (silové asymetrie, maladaptivní procesy),
- sledování, deskripce a komparace vybraného úseku během utkání (úsek s nejvyšším HMLD parametrem) s cílem komparace vybraných herních cvičení v tréninku (poziční hry, malé formy fotbalových her).

Závěrem prezentované práce bych chtěl formulovat jasné požadavky o nutnosti propojení vědecké (akademické), odborné (akademické i klinické) a praktické (klinické) oblasti ve vztahu ke komplementárnímu a integrovanému přístupu v oblasti elitního sportu. Poznání, kritické myšlení a vzdělávání na základě nejnovějších poznatků a potřeb společnosti jsou základními atributy ke zlepšování a schopnosti konkurovat ve světě. Ukazuje se, že další progres v nárůstu sportovní výkonnosti, zvýšení a naplňování kvantitativních stropů pohybových schopností, osvojování a automatizace pohybových dovedností, zvyšování individuálního a týmového herního výkonu, minimalizace a prevence výskytu zranění ve fotbale si bude vyžadovat proces přípravy a implementace specializovaných odborníků (například datoví analytici, sportovní vědci, certifikovaní kondiční trenéři a další specialisté) do klinické praxe. Uvedená problematika by měla být řešená a diskutovaná na platformách současného vzdělávání a doškolení fotbalových trenérů v rámci získávání, resp. prolongace trenérských licencí. Primárním zdrojem informací by měli být studenti pregraduálního a postgraduálního studia ve vědním oboru sportovní kinantropologie. Interdisciplinární pojetí řešeného problému nabízí rozšíření poznatků nejenom z oblasti kondiční přípravy ve fotbale (sportovních hrách), ale taktéž v oblasti diagnostických postupů, metodologie sportovního tréninku, fyzioterapie, fyziologie, antropomotoriky a dalších oblastí.

9 REFERENCE

- Akbari, H., Sahebozamani, M., Daneshjoo, A., & Amiri-Khorasani, M. (2018). Effect of the FIFA 11+ programme on vertical jump performance in elite male youth soccer players. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 7(2), 17-22. doi: 10.26773/mjssm.180903
- Akenhead, R., Hayes, P. R., Thompson, K. G., & French, D. (2013). Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. [Article]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 556-561. doi: 10.1016/j.jsams.2012.12.005
- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 587-593. doi: 10.1123/ijsp.2015-0331
- Alentorn-Geli, E., Alvarez-Diaz, P., Ramon, S., Marin, M., Steinbacher, G., Boffa, J. J., . . . Cugat, R. (2015). Assessment of neuromuscular risk factors for anterior cruciate ligament injury through tensiomyography in male soccer players. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 23(9), 2508-2513. doi: 10.1007/s00167-014-3018-1
- Almagia, A., Araneda, A., Sanchez, J., Sanchez, P., Zuniga, M., & Plaza, P. (2015). Somatotype and body composition of the male university soccer team at Pontificia Universidad Catolica de Valparaiso, champions 2012-2013. *International Journal of Morphology*, 33(3), 1165-1170.
- Alves, D. L., Osiecki, R., Palumbo, D. P., Moiano, J. V. M., Oneda, G., & Cruz, R. (2019). What variables can differentiate winning and losing teams in the group and final stages of the 2018 FIFA World Cup? *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(2), 248-257. doi: 10.1080/24748668.2019.1593096
- Andrade, M. D., De Lira, C. A. B., Koffes, F. D., Mascarin, N. C., Benedito-Silva, A. A., & Da Silva, A. C. (2012). Isokinetic hamstrings-to-quadriceps peak torque ratio: The influence of sport modality, gender, and angular velocity. *Journal of Sports Sciences*, 30(6), 547-553. doi: 10.1080/02640414.2011.644249
- Andreoli, A., Melchiorri, G., Brozzi, M., Di Marco, A., Volpe, S. L., Garofano, P., . . . De Lorenzo, A. (2003). Effect of different sports on body cell mass in highly trained athletes. *Acta Diabetologica*, 40, S122-S125. doi: 10.1007/s00592-003-0043-9

- Andrzejewski, M., Chmura, J., Pluta, B., & Konarski, J. M. (2015). Sprinting activities and distance covered by top level Europa League soccer players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, *10*(1), 39-50. doi: 10.1260/1747-9541.10.1.39
- Aquino, R., Alves, I. S., Padilha, M. B., Casanova, F., Puggina, E. F., & Maia, J. (2017). Multivariate profiles of selected versus non-selected elite youth brazilian soccer players. *Journal of Human Kinetics*, *60*(1), 113-121. doi: 10.1515/hukin-2017-0094
- Aragón, L. F. (2000). Evaluation of four vertical jump tests: Methodology, reliability, validity, and accuracy. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, *4*(4), 215-228.
- AragonVargas, L. F., & Gross, M. M. (1997). Kinesiological factors in vertical jump performance: Differences among individuals. *Journal of Applied Biomechanics*, *13*(1), 24-44. doi: 10.1123/jab.13.1.24
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *36*(2), 278-285. doi: 10.1249/01.mss.0000113478.92945.ca
- Arundale, A. J. H., Kvist, J., Hagglund, M., & Faltstrom, A. (2020). Jump performance in male and female football players. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, *28*(2), 606-613. doi: 10.1007/s00167-019-05747-1
- Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *13*(4), 244-250. doi: 10.1034/j.1600-0838.2003.00312.x
- Atkins, S. J., Bentley, I., Hurst, H. T., Sinclair, J. K., & Hesketh, C. (2016). The presence of bilateral imbalance of the lower limbs in elite youth soccer players of different ages. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(4), 1007-1013. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182987044
- Ayala, F., De Ste Croix, M., de Baranda, P. S., & Santonja, F. (2012). Absolute reliability of hamstring to quadriceps strength imbalance ratios calculated using peak torque, joint angle-specific torque and joint ROM-specific torque values. *International Journal of Sports Medicine*, *33*(11), 909-916. doi: 10.1055/s-0032-1311586
- Bak, K., & Magnusson, S. P. (1997). Shoulder strength and range of motion in symptomatic and pain-free elite swimmers. *American Journal of Sports Medicine*, *25*(4), 454-459.
- Bangsbo, J., & Michalsik, L. (2002). Assessment and physiological capacity of elite soccer players. In W. Spinks, T. Reilly & A. Murphy (Eds.), *Science and Football IV* (pp. 53-62). London: Routledge.

- Bangsbo, J., & Mohr, M. (2012). *Fitness testing in football : fitness training in soccer II: Bangsbosport*.
- Bangsbo, J., Mohr, M., Poulsen, A., Perez-Gomez, J., & Krstrup, P. (2006). Training and testing the elite athlete. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 4(1), 1-14.
- Baptista, I., Johansen, D., Figueiredo, P., Rebelo, A., & Pettersen, S. A. (2019). A comparison of match-physical demands between different tactical systems: 1-4-5-1 vs 1-3-5-2. *Plos One*, 14(4). doi: 10.1371/journal.pone.0214952
- Barbero-Alvarez, J. C., Coutts, A., Granda, J., Barbero-Alvarez, V., & Castagna, C. (2010). The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 232-235. doi: 10.1016/j.jsams.2009.02.005
- Barker, L. A., Harry, J. R., & Mercer, J. A. (2018). Relationships between countermovement jump ground reaction forces and jump height, reactive strength index, and jump time. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(1), 248-254.
- Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M., & Bradley, P. S. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International Journal of Sports Medicine*, 35(13), 1095-1100. doi: 10.1055/s-0034-1375695
- Barros, R. M. L., Misuta, M. S., Menezes, R. P., Figueroa, P. J., Moura, F. A., Cunha, S. A., . . . Leite, N. J. (2007). Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(2), 233-242.
- Bennel, K., Wajswelner, H., Lew, P., Schall-Riaucour, A., Leslie, S., Plant, D., & Cirone, J. (1998). Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *British Journal of Sports Medicine*, 32(4), 309-314.
- Billows, D., Reilly, T., & George, K. (2005). Physiological demands of matchplay in elite adolescent footballers. In T. Reilly, J. Cabri & D. Araujo (Eds.), *Science and Football V* (pp. 469-477). London: Routledge.
- Bishop, C., Brashill, C., Abbott, W., Read, P., Lake, J., & Turner, A. (2019). Jumping asymmetries are associated with speed, change of direction speed, and jump performance in elite academy soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Ahead of print (<http://eprints.chi.ac.uk/id/eprint/4293/>).
- Bishop, C., Pereira, L. A., Reis, V. P., Read, P., Turner, A. N., & Loturco, I. (2020). Comparing the magnitude and direction of asymmetry during the squat, countermovement and drop

- jump tests in elite youth female soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 38(11-12), 1296-1303. doi: 10.1080/02640414.2019.1649525
- Bishop, C., Turner, A., Maloney, S., Lake, J., Loturco, I., Bromley, T., & Read, P. (2019). Drop jump asymmetry is associated with reduced sprint and change-of-direction speed performance in adult female soccer players. *Sports*, 7(1). doi: 10.3390/sports7010029
- Bizati, O. (2016). Physical and physiological characteristics of an elite soccer team's players according to playing positions. *Anthropologist*, 26(3), 175-180.
- Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(1), 63-70.
- Bona, C. C., Tourinho, H., Izquierdo, M., Ferraz, R. M. P., & Marques, M. C. (2017). Peak torque and muscle balance in the knees of young U-15 and U-17 soccer athletes playing various tactical positions. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(7-8), 923-929. doi: 10.23736/s0022-4707.16.06458-6
- Boone, J., Vaeyens, R., Steyaert, A., Vanden Bossche, L., & Bourgois, J. (2012). Physical fitness of elite Belgian soccer players by player position. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2051-2057. doi: 10.1519/JSC.0b013e318239f84f
- Botek, Z., Gába, A., Lehnert, M., Přidalová, M., Vařeková, R., Botek, M., & Langer, F. (2010). Conditioning and body constitution of soccer players in category U19 before and after completing a preparatory period. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 40, 47-54.
- Bradley, P. S., Archer, D. T., Hogg, B., Schuth, G., Bush, M., Carling, C., & Barnes, C. (2016). Tier-specific evolution of match performance characteristics in the English Premier League: it's getting tougher at the top. *Journal of Sports Sciences*, 34(10), 980-987. doi: 10.1080/02640414.2015.1082614
- Bradley, P. S., Carling, C., Archer, D., Roberts, J., Dodds, A., Di Mascio, M., . . . Krustup, P. (2011). The effect of playing formation on high-intensity running and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 29(8), 821-830. doi: 10.1080/02640414.2011.561868
- 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. doi: 10.1016/j.humov.2013.06.002

- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krustup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159-168. doi: 10.1080/02640410802512775
- Brito, J., Figueiredo, P., Fernandes, L., Seabra, A., Soares, J. M., Krustup, P., & Rebelo, A. (2010). Isokinetic strength effects of FIFA's "The 11+" injury prevention training programme. *Isokinetics and Exercise Science*, 18(4), 211-215. doi: 10.3233/ies-2010-0386
- Brodth, V., Wagner, D. R., & Heath, E. M. (2008). Countermovement vertical jump with drop step is higher than without in collegiate football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1382-1385. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181739496
- Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., & Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport. A review of resistance training studies. *Sports Medicine*, 38(12), 1045-1063. doi: 10.2165/00007256-200838120-00007
- Bryson, A., Frick, B., & Simmons, R. (2013). The returns to scarce talent: Footedness and player remuneration in European soccer. *Journal of Sports Economics*, 14(6), 606-628. doi: 10.1177/1527002511435118
- Buckthorpe, M., Morris, J., & Folland, J. P. (2012). Validity of vertical jump measurement devices. *Journal of Sports Sciences*, 30(1), 63-69. doi: 10.1080/02640414.2011.624539
- 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). doi: 10.3390/sports7020046
- 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), 569-575.
- Bunc, V. (2007). Funkční laboratorní testování. *Fotbal a trénink*, 4, 17-18.
- 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. doi: 10.1016/j.humov.2014.10.003
- Cardenas-Fernandez, V., Chinchilla-Minguet, J. L., & Castillo-Rodriguez, A. (2019). Somatotype and "body composition in young soccer players according to the playing position and sport success. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(7), 1904-1911. doi: 10.1519/jsc.0000000000002125

- Carling, C., Le Gall, F., & Malina, R. M. (2012). Body size, skeletal maturity, and functional characteristics of elite academy soccer players on entry between 1992 and 2003. *Journal of Sports Sciences*, 30(15), 1683-1693. doi: 10.1080/02640414.2011.637950
- Carling, C., & Orhant, E. (2010). Variation in body composition in professional soccer players: interseasonal and intraseasonal changes and the effects of exposure time and player position. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1332-1339. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181cc6154
- Carpes, L. D., Geremia, J. M., & Ferrari, R. (2019). Physical fitness levels of professional football players acting in different positions in the game. *Revista Brasileira De Futsal E Futebol*, 11(44), 421-429.
- Carvalho, P., & Cabri, J. (2007). Avaliação isocinética da força dos músculos da coxa dos futebolistas. *Revista Portuguesa de Fisioterapia no Desporto*, 1(2), 4-13.
- Casamichana, D., Castellano, J., Diaz, A. G., Gabbett, T. J., & Martin-Garcia, A. (2019). The most demanding passages of play in football competition: a comparison between halves. *Biology of Sport*, 36(3), 233-240. doi: 10.5114/biolport.2019.86005
- Castagna, C., & Castellini, E. (2013). Vertical jump performance in Italian male and female national team soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(4), 1156-1161. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182610999
- Castagna, C., Ganzetti, M., Ditroilo, M., Giovannelli, M., Rocchetti, A., & Manzi, V. (2013). Concurrent validity of vertical jump performance assessment systems. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 761-768. doi: 10.1519/JSC.0b013e31825dbcc5
- Castillo, A. B., Carmona, C. D. G., De la cruz Sanchez, E., & Ortega, J. P. (2018). Accuracy, intra- and inter-unit reliability, and comparison between GPS and UWB-based position-tracking systems used for time-motion analyses in soccer. *European Journal of Sport Science*, 18(4), 450-457. doi: 10.1080/17461391.2018.1427796
- Centeno-Prada, R. A., Lopez, C., & Naranjo-Orellana, J. (2015). Jump percentile: a proposal for evaluation of high level sportsmen. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(5), 464-470.
- Cerrah, A. O., Gungor, E. O., Soylu, A. R., Ertan, H., Lees, A., & Bayrak, C. (2011). Muscular activation patterns during the soccer in-step kick. *Isokinetics and Exercise Science*, 19(3), 181-190. doi: 10.3233/ies-2011-0414
- Clark, N. C. (2001). Functional performance testing following knee ligament injury. *Physical Therapy in Sport*, 2, 91-105.

- Clemente, F. M., Silva, R., Castillo, D., Los Arcos, A., Mendes, B., & Afonso, J. (2020). Weekly load variations of distance-based variables in professional soccer players: A full-season study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9). doi: 10.3390/ijerph17093300
- Clemente, J. A. A., Requena, B., Jukic, I., Nayler, J., Hernandez, A. S., & Carling, C. (2019). Is physical performance a differentiating element between more or less successful football teams? *Sports*, 7(10). doi: 10.3390/sports7100216
- Cohen, J. (1992). Statistics a power primer. *Psychology Bulletin*, 112(1), 115-159.
- Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 22(1), 45-51. doi: 10.1055/s-2001-11331
- Coutinho, D., Goncalves, B., Figueira, B., Abade, E., Marcelino, R., & Sampaio, J. (2015). Typical weekly workload of under 15, under 17, and under 19 elite Portuguese football players. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1229-1237. doi: 10.1080/02640414.2015.1022575
- Croisier, J. L. (2004). Muscular imbalance and acute lower extremity muscle injuries in sport. *International SportMed Journal*, 5(3), 169-176.
- Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players - A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469-1475. doi: 10.1177/0363546508316764
- Croisier, J. L., Ganteaume, S., & Genty, M. (2006). Incomplete muscle strength recovery in injured professional football players *Abstract book of the 11th annual Congress of the European College of Sports Science* (pp. p.361). Lausanne: ECSS.
- Croisier, J. L., Reveillon, V., Ferret, J. M., Cotte, T., Genty, M., Popovich, N., . . . Crielaard, J. M. (2003). Isokinetic assessment of knee flexors and extensors in professional soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 11, 61-62.
- Croix, M. D., Priestley, A., Lloyd, R., & Oliver, J. (2018). Age-related differences in functional hamstring/quadriceps ratio following soccer exercise in female youth players: An injury risk factor. *Pediatric Exercise Science*, 30(3), 376-382. doi: 10.1123/pes.2017-0034
- Cronin, J. B., & Hansen, K. T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 349-357.

- Da Mota, G. R., Thiengo, C. R., Gimenes, S. V., & Bradley, P. S. (2016). The effects of ball possession status on physical and technical indicators during the 2014 FIFA World Cup Finals. *Journal of Sports Sciences, 34*(6), 493-500. doi: 10.1080/02640414.2015.1114660
- Dalen, T., Ingebrigtsen, J., Ettema, G., Geir, H. H., & Wisloff, U. (2016). Player load, acceleration, and deceleration during forty-five competitive matches of elite soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research, 30*(2), 351-359. doi: 10.1519/jsc.0000000000001063
- Dalen, T., Loras, H., Hjelde, G. H., Kjosnes, T. N., & Wisloff, U. (2019). Accelerations - a new approach to quantify physical performance decline in male elite soccer? *European Journal of Sport Science, 19*(8), 1015-1023. doi: 10.1080/17461391.2019.1566403
- Daneshjoo, A., Rahnama, N., Mokhtar, A. H., & Yusof, A. (2013). Bilateral and unilateral asymmetries of isokinetic strength and flexibility in male young professional soccer players. *Journal of Human Kinetics, 36*, 45-53. doi: 10.2478/hukin-2013-0005
- Dauty, M., Bryand, F., & Potiron-Josse, M. (2002). Relation between isokinetic torque, jump and sprint in high-level soccer player. *Science & Sports, 17*(3), 122-127. doi: 10.1016/s0765-1597(02)00137-5
- Dauty, M., Potiron-Josse, M., & Rochcongar, P. (2003). Identification of previous hamstring muscle injury by isokinetic concentric and eccentric torque measurement in elite soccer player. *Isokinetic and Exercise Science, 11*, 139-144.
- De Ste Croix, M., Lehnert, M., Maixnerova, E., Zaatar, A., Svoboda, Z., Botek, M., . . . Stastny, P. (2019). Does maturation influence neuromuscular performance and muscle damage after competitive match-play in youth male soccer players? *European Journal of Sport Science, 19*(8), 1130-1139. doi: 10.1080/17461391.2019.1575913
- DeLang, M. D., Rouissi, M., Bragazzi, N. L., Chamari, K., & Salamh, P. A. (2019). Soccer footedness and between-limbs muscle strength: systematic review and meta-analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 14*(5), 551-562. doi: 10.1123/ijsp.2018-0336
- Dellal, A., Chamari, K., Wong, D. P., Ahmaidi, S., Keller, D., Barros, R., . . . Carling, C. (2011). Comparison of physical and technical performance in European soccer match-play: FA Premier League and La Liga. *European Journal of Sport Science, 11*(1), 51-59. doi: 10.1080/17461391.2010.481334
- Dellal, A., Wong, D., Moalla, W., & Chamari, K. (2010). Physical and technical activity of soccer players in the French first league - with special reference to their playing position. *International Sportmed Journal, 11*(2), 278-290.

- Deprez, D., Coutts, A. J., Franssen, J., Deconinck, F. J. A., Lenoir, M., Vaeyens, R., & Philippaerts, R. (2013). Relative age, biological maturation and anaerobic characteristics in elite youth soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, *34*(10), 897-903. doi: 10.1055/s-0032-1333262
- Deprez, D., Vaeyens, R., Coutts, A. J., Lenoir, M., & Philippaerts, R. (2012). Relative age effect and Yo-Yo IR1 in youth soccer. *International Journal of Sports Medicine*, *33*(12), 987-993. doi: 10.1055/s-0032-1311654
- Di Giminiani, R., & Visca, C. (2017). Explosive strength and endurance adaptations in young elite soccer players during two soccer seasons. *Plos One*, *12*(2). doi: 10.1371/journal.pone.0171734
- Di Salvo, V., Baron, R., Gonzalez-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. doi: 10.1080/02640414.2010.521166
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, *28*(3), 222-227. doi: 10.1055/s-2006-924294
- Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *International Journal of Sports Medicine*, *30*(3), 205-212. doi: 10.1055/s-0028-1105950
- 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*(6), 526-532. doi: 10.1055/s-0032-1327660
- Dodd, K. D., & Newans, T. J. (2018). Talent identification for soccer: Physiological aspects. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *21*(10), 1073-1078. doi: 10.1016/j.jsams.2018.01.009
- Domanska-Senderowska, D., Szmigielska, P., Snochowska, A., Jastrzebski, Z., Jegier, A., Kiszalkiewicz, J., . . . Brzezianska-Lasota, E. (2019). Relationships between the expression of the ACTN3 gene and explosive power of soccer players. *Journal of Human Kinetics*, *69*(1), 79-87. doi: 10.2478/hukin-2019-0020
- Dovalil, J., Choutka, M., Svodoba, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., . . . Bunc, V. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Duffield, R., Reid, M., Baker, J., & Spratford, W. (2010). Accuracy and reliability of GPS devices for measurement of movement patterns in confined spaces for court-based sports.

- Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(5), 523-525. doi: 10.1016/j.jsams.2009.07.003
- Ekstrand, J., Healy, J. C., Walden, M., Lee, J. C., English, B., & Hagglund, M. (2012). Hamstring muscle injuries in professional football: the correlation of MRI findings with return to play. *British Journal of Sports Medicine*, 46(2), 112-117. doi: 10.1136/bjsports-2011-090155
- Ermidis, G., Randers, M. B., Krstrup, P., & Mohr, M. (2019). Technical demands across playing positions of the Asian Cup in male football. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(4), 530-542. doi: 10.1080/24748668.2019.1632571
- 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. doi: 10.1080/02640414.2012.665940
- Faude, O., Roth, R., Di Giovine, D., Zahner, L., & Donath, L. (2013). Combined strength and power training in high-level amateur football during the competitive season: a randomised-controlled trial. *Journal of Sports Sciences*, 31(13), 1460-1467. doi: 10.1080/02640414.2013.796065
- Ferreira, J. C., Araujo, S. R. S., Pimenta, E. M., Menzel, H. J. K., Medeiros, F. B., de Andrade, A. G. P., . . . Chagas, M. H. (2018). Impact of competitive level and age on the strength and asymmetry of young soccer players. *Revista Brasileira De Medicina Do Esporte*, 24(5), 357-360. doi: 10.1590/1517-869220184985
- Figueiredo, A. J., Goncalves, C. E., Silva, M., & Malina, R. M. (2009). Youth soccer players, 11-14 years: Maturity, size, function, skill and goal orientation. *Annals of Human Biology*, 36(1), 60-73. doi: 10.1080/03014460802570584
- Forbes, H., Sutcliffe, S., Lovell, A., McNaughton, L. R., & Siegler, J. C. (2009). Isokinetic thigh muscle ratios in youth football: effect of age and dominance. *International Journal of Sports Medicine*, 30(8), 602-606. doi: 10.1055/s-0029-1202337
- Fousekis, K., Tsepis, E., Poulmedis, P., Athanasopoulos, S., & Vagenas, G. (2011). Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *British Journal of Sports Medicine*, 45(9), 709-714. doi: 10.1136/bjism.2010.077560
- Fousekis, K., Tsepis, E., & Vagenas, G. (2010). Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 364-373.

- Gabbett, T. J., & Ullah, S. (2012). Relationship between running loads and soft-tissue injury in elite team sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 953-960. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182302023
- Gai, Y., Leicht, A. S., Lago, C., & Gomez, M. A. (2019). Physical and technical differences between domestic and foreign soccer players according to playing positions in the China Super League. *Research in Sports Medicine*, 27(3), 314-325. doi: 10.1080/15438627.2018.1540005
- Garcia-Garcia, O., Serrano-Gomez, V., Hernandez-Mendo, A., & Morales-Sanchez, V. (2017). Baseline mechanical and neuromuscular profile of knee extensor and flexor muscles in professional soccer players at the start of the pre-season. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 23-34. doi: 10.1515/hukin-2017-0066
- Gil, S., Gil, J., Irazusta, A., Ruiz, F., & Irazusta, J. (2005). Relationship between anthropometric and physiological parameters in young soccer players of different ages *Proceedings of the 10th Annual Congress of the European College of Sport Science* (pp. 284). Belgrade, Serbia.
- Gil, S., Loturco, I., Tricoli, V., Ugrinowitsch, C., Kobal, R., Abad, C. C. C., & Roschel, H. (2015). Tensiomyography parameters and jumping and sprinting performance in Brazilian elite soccer players. *Sports Biomechanics*, 14(3), 340-350. doi: 10.1080/14763141.2015.1062128
- Gil, S. M., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., & Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: Relevance for the selection process. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 438-445.
- 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. doi: 10.1080/02640414.2014.964290
- Giofsidou, A., Ispirlidis, I., Pafis, G., Malliou, P., Bikos, C., & Godolias, G. (2008). Isokinetic strength training program for muscular imbalances in professional soccer. *Sport Science for Health*, 2(3), 101-105.
- Gonaus, C., & Muller, E. (2012). Using physiological data to predict future career progression in 14-to 17-year-old Austrian soccer academy players. *Journal of Sports Sciences*, 30(15), 1673-1682. doi: 10.1080/02640414.2012.713980
- Goncalves, L. G. C., Kalva, C. A., Nakamura, F. Y., Rago, V., Afonso, J., Bedo, B. L. D., & Aquino, R. (2020). Effects of match-related contextual factors on weekly load responses

- in professional Brazilian soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14). doi: 10.3390/ijerph17145163
- Goto, H., Morris, J. G., & Nevill, M. E. (2015). Match analysis of U9 and U10 English Premier League academy soccer players using a global positioning system: relevance for talent identification and development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 954-963. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182a0d751
- Greco, C. C., Da Silva, W. L., Camarda, S. R. A., & Denadai, B. S. (2012). Rapid hamstrings/quadriceps strength capacity in professional soccer players with different conventional isokinetic muscle strength ratios. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(3), 418-422.
- Gregson, W., Di Salvo, V., Varley, M. C., Modonutti, M., Belli, A., Chamari, K., . . . Eirale, C. (2020). Harmful association of sprinting with muscle injury occurrence in professional soccer match-play: A two-season, league wide exploratory investigation from the Qatar Stars League. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(2), 134-138. doi: 10.1016/j.jsams.2019.08.289
- Grunbichler, J., Federolf, P., & Gatterer, H. (2020). Workload efficiency as a new tool to describe external and internal competitive match load of a professional soccer team: A descriptive study on the relationship between pre-game training loads and relative match load. *European Journal of Sport Science*, 20(8), 1034-1034. doi: 10.1080/17461391.2019.1697374
- Grygorowicz, M., Kubacki, J., Pilis, W., Gieremek, K., & Rzepka, R. (2010). Selected isokinetic tests in knee injury prevention. *Biology of Sport*, 27(1), 47-51.
- Hader, K., Mendez-Villanueva, A., Palazzi, D., Ahmaidi, S., & Buchheit, M. (2016). Metabolic power requirement of change of direction speed in young soccer players: Not all is what it seems. *Plos One*, 11(3). doi: 10.1371/journal.pone.0149839
- Hader, K., Rumpf, M., Hertzog, M., Kilduff, L. P., Girard, O., & Silva, J. R. (2019). Monitoring the athlete match response: Can external load variables predict post-match acute and residual fatigue in soccer? A systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, 5(48), 1-19.
- Haj-Sassi, R., Dardouri, W., Gharbi, Z., Chaouachi, A., Mansour, H., Rabhi, A., & Mahfoudhi, M. E. (2011). Reliability and validity of a new repeated agility test as a measure of anaerobic and explosive power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 472-480. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182018186

- Harper, D. J., Carling, C., & Kiely, J. (2019). High-intensity acceleration and deceleration demands in elite team sports competitive match play: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Sports Medicine*, 49(12), 1923-1947. doi: 10.1007/s40279-019-01170-1
- Harper, D. J., & Kiely, J. (2018). Damaging nature of decelerations: Do we adequately prepare players? *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 4(1), e000379.
- Harriss, D. J., Macsween, A., & Atkinson, G. (2017). Standards for ethics in sport and exercise science research: 2018 Update. *International Journal of Sports Medicine*, 38(14), 1126-1131. doi: 10.1055/s-0043-124001
- Harry, J. R., Barker, L. A., James, R., & Dufek, J. S. (2018). Performance differences among skilled soccer players of different playing positions during vertical jumping and landing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(2), 304-312. doi: 10.1519/jsc.0000000000002343
- Hatfield, D. L., Murphy, K. M., Nicoll, J. X., Sullivan, W. M., & Henderson, J. (2019). Effects of different athletic playing surfaces on jump height, force, and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(4), 965-973. doi: 10.1519/jsc.0000000000002961
- Haugen, T. A., Tonnessen, E., & Seiler, S. (2013). Anaerobic performance testing of professional soccer players 1995-2010. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(2), 148-156. doi: 10.1123/ijsp.8.2.148
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1925-1931. doi: 10.1097/00005768-200111000-00019
- Herdy, C. V., Galvao, P., Silva, G. C. E., Ramos, S., Simao, R., Pedrinelli, A., . . . Paschalis, V. (2018). Knee flexion and extension strength in young Brazilian soccer players: The effect of age and position. *Human Movement*, 19(3), 23-29.
- Hewett, T. E., Ford, K. R., Hoogenboom, B. J., & Myer, G. D. (2010). Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations - update 2010. *North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT*, 5(4), 234-251.
- Hill, A. V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society of London*, 126, 136-195.
- Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 573-582. doi: 10.1080/02640410400021252

- Hojka, V., Kokstejn, J., Stastny, P., Maly, T., Zahalka, F., & Musalek, M. (2017). *Change of direction speed improves rapidly compared to linear speed and explosive strength in adolescent football players*. Brno: Masarykova Univ.
- Hoog, P., Warren, M., Smith, C. A., & Chimera, N. J. (2016). Functional hop tests and tuck jump assessment scores between female Division I collegiate athletes participating in high versus low ACL injury prone sports: A cross sectional analysis. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 11(6), 945-953.
- Houtkooper, L. B., Lohman, T. G., Going, S. B., & Howell, W. H. (1996). Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 64(3), 436-448.
- Houweling, T. A. W., Head, A., & Hamzeh, M. A. (2009). Validity of isokinetic testing for previous hamstring injury detection in soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 17(4), 213-220. doi: 10.3233/ies-2009-0356
- Chamari, K., Hachana, Y., Ahmed, Y. B., Galy, O., Sghaier, F., Chatard, J. C., . . . Wisloff, U. (2004). Field and laboratory testing in young elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(2), 191-196. doi: 10.1136/bjism.2003.004374
- Chu, A. D., & Mayer, G. D. (2013). *Plyometrics*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(3), 291-306.
- Iga, J., George, K., Lees, A., & Reilly, T. (2009). Cross-sectional investigation of indices of isokinetic leg strength in youth soccer players and untrained individuals. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(5), 714-719. doi: 10.1111/j.1600-0838.2008.00822.x
- Iga, J., Reilly, T., Lees, A., & George, K. (2005). Bilateral isokinetic knee strength profiles in trained junior soccer players and untrained individuals. In T. Reilly & D. Araujo (Eds.), *The Proceedings of the 5th World Congress on Sports Science and Football* (pp. 442-447). Oxford: Routledge.
- Iglesias-Gutierrez, E., Garcia, A., Garcia-Zapico, P., Perez-Landaluce, J., Patterson, A. M., & Garcia-Roves, P. M. (2012). Is there a relationship between the playing position of soccer players and their food and macronutrient intake? *Applied Physiology Nutrition and Metabolism-Physiologie Appliquee Nutrition Et Metabolisme*, 37(2), 225-232. doi: 10.1139/h11-152
- Impellizzeri, F. M., Bizzini, M., Rampinini, E., Cereda, F., & Maffiuletti, N. A. (2008). Reliability of isokinetic strength imbalance ratios measured using the Cybex NORM

- dynamometer. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 28(2), 113-119. doi: 10.1111/j.1475-097X.2007.00786.x
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Maffiuletti, N., & Marcora, S. M. (2007). A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(11), 2044-2050. doi: 10.1249/mss.0b013e31814fb55c
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., & Marcora, S. M. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 583-592. doi: 10.1080/02640410400021278
- Ingebrigtsen, J., Dalen, T., Hjelde, G. H., Drust, B., & Wisloff, U. (2015). Acceleration and sprint profiles of a professional elite football team in match play. *European Journal of Sport Science*, 15(2), 101-110. doi: 10.1080/17461391.2014.933879
- Issurin, V. B., Lyakh, V. I., & Sadowski, J. (2020). Strength training of endurance athletes: interference or additive effects. A review. *Acta Kinesiologica*, 14(1), 16-21.
- Izovska, J., Maly, T., & Zahalka, F. (2017). *The relationship between isokinetic strength imbalances and kick skills in young elite Czech soccer team*. Zagreb: Univ Zagreb, Fac Kinesiology.
- Izzo, R., Varde'i, C. H., Raiola, G., & Santinelli, F. (2019). Player performance model, comparison between youth professional (U-21) and professional first team football players: Different external load or not? *Journal of Human Sport and Exercise*, 14, S991-S996. doi: 10.14198/jhse.2019.14.Proc4.61
- Jaggers, J. R., Swank, A. M., Frost, K. L., & Lee, C. D. (2008). The acute effects of dynamic and ballistic stretching on vertical jump height, force, and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1844-1849. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181854a3d
- Jaspers, A., Kuyvenhoven, J. P., Staes, F., Frencken, W. G. P., Helsen, W. F., & Brink, M. S. (2018). Examination of the external and internal load indicators' association with overuse injuries in professional soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(6), 579-585. doi: 10.1016/j.jsams.2017.10.005
- Johnston, R. J., Watsford, M. L., Kelly, S. J., Pine, M. J., & Spurrs, R. W. (2014). Validity and interunit reliability of 10 Hz and 15 Hz GPS units for assessing athlete movement demands. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(6), 1649-1655. doi: 10.1519/jsc.0000000000000323
- Kalapotarakos, V. I., Strimpakos, N., Vithoulka, I., Karvounidis, C., Diamantopoulos, K., & Kapreli, E. (2006). Physiological characteristics of elite professional soccer teams of different ranking. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(4), 515-519.

- Keeley, D. W., Plummer, H. A., & Oliver, G. D. (2011). Predicting asymmetrical lower extremity strength deficits in college-aged men and women using common horizontal and vertical power field tests: A possible screening mechanism. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 1632-1637. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181ddf690
- Kellis, E., & Katis, A. (2007). The relationship between isokinetic knee extension and flexion strength with soccer kick kinematics: an electromyographic evaluation. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(4), 385-394.
- Kellis, S., Gerodimos, V., Kellis, E., & Manou, V. (2001). Bilateral isokinetic concentric and eccentric strength profiles of the knee extensors and flexors in young soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 9(1), 31-39.
- Knapik, J. J., Bauman, C. L., Jones, B. H., Harris, J. M., & Vaughan, L. (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 19(1), 76-81. doi: 10.1177/036354659101900113
- Knuttgen, H., & Kraemer, W. (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *Journal of Applied Sport Science Research*, 1(1), 1-10.
- Kobal, R., Loturco, I., Gil, S., Abad, C. C. C., Cuniyochi, R., Barroso, R., & Tricoli, V. (2016). Comparison of physical performance among Brazilian elite soccer players of different age-categories. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(4), 376-382.
- Kong, P. W., & Burns, S. (2010). Bilateral difference in hamstrings to quadriceps ratio in healthy males and females. *Physical Therapy in Sport*, 11, 12-17.
- Konrad, A., & Tilp, M. (2018). Muscle and tendon tissue properties of competitive soccer goalkeepers and midfielders. A pilot study. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 48(2), 245-251. doi: 10.1007/s12662-018-0510-7
- Krizaj, J., Rauter, S., Vodigar, J., Hadzic, V., & Simenko, J. (2019). Predictors of vertical jumping capacity in soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 27(1), 9-14. doi: 10.3233/ies-182138
- Krustrup, P., Hellsten, Y., & Bangsbo, J. (2004). Intense interval training enhances human skeletal muscle oxygen uptake in the initial phase of dynamic exercise at high but not at low intensities. *Journal of Physiology-London*, 559(1), 335-345. doi: 10.1113/jphysiol.2004.062232
- Krustrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H., & Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: Importance of training status. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(7), 1242-1248. doi: 10.1249/01.mss.0000170062.73981.94

- Krzykała, M., Leszczynski, P., Grzeskowiak, M., Podgorski, T., Wozniewicz-Dobrzynska, M., Konarska, A., . . . Konarski, J. (2018). Does field hockey increase morphofunctional asymmetry? A pilot study. *HOMO - Journal of Comparative Human Biology*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2018.03.003>
- Kunz, P., Zinner, C., Holmberg, H. C., & Sperlich, B. (2019). Intra- and post-match time-course of indicators related to perceived and performance fatigability and recovery in elite youth soccer players. *Frontiers in Physiology*, 10. doi: 10.3389/fphys.2019.01383
- Kunzmann, E., Bujnovský, D., & Malý, T. (2019). Analýza herního zatížení z hlediska herních funkcí. In J. Suchý (Ed.), *Scientia Movens 2019* (pp. 150-157). Praha FTVS UK.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gomez, J. M., . . . Pichard, C. (2004a). Bioelectrical impedance analysis - part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*, 23(6), 1430-1453. doi: 10.1016/j.clnu.2004.09.012
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gomez, J. M., . . . Pichard, C. (2004b). Bioelectrical impedance analysis principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(5), 1226-1243. doi: 10.1016/j.clnu.2004.06.004
- Lago-Penas, C., Casais, L., Dellal, A., Rey, E., & Dominguez, E. (2011). Anthropometric and physiological characteristics of young soccer players according to their playing positions: relevance for competition success. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3358-3367. doi: 10.1519/JSC.0b013e318216305d
- Lago, C., Casais, L., Dominguez, E., & Sampaio, J. (2010). The effects of situational variables on distance covered at various speeds in elite soccer. *European Journal of Sport Science*, 10(2), 103-109. doi: 10.1080/17461390903273994
- 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. doi: 10.1016/j.jsams.2008.07.004
- Lehance, C., Binet, J., Bury, T., & Croisier, J. L. (2009). Muscular strength, functional performances and injury risk in Professional and junior elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19, 243-251.
- Lehnert, M., Croix, M. D., Xaverova, Z., Botek, M., Varekova, R., Zaatar, A., . . . Stastny, P. (2018). Changes in injury risk mechanisms after soccer-specific fatigue in male youth soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 62(1), 33-42. doi: 10.1515/hukin-2017-0157
- Lehnert, M., De Ste Croix, M., Zaatar, A., Hughes, J., Varekova, R., & Lastovicka, O. (2017). Muscular and neuromuscular control following soccer-specific exercise in male youth:

- Changes in injury risk mechanisms. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(9), 975-982. doi: 10.1111/sms.12705
- Lehnert, M., Hůlka, K., Malý, T., Fohler, J., & Zahálka, F. (2013). The effect of a 6 week plyometric training programme on explosive strength and agility in professional basketball players. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 43(4), 7-15.
- Lehnert, M., Psotta, R., Chvojka, P., & De Ste Croix, M. (2014). Seasonal variation in isokinetic peak torque in youth soccer players. *Kinesiology*, 46(1), 79-87.
- Lehnert, M., Svoboda, Z., & Cuberek, R. (2013). The correlation between isokinetic strength of knee extensors and vertical jump performance in adolescent soccer players in an annual training cycle. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 43(1), 7-15.
- Lehnert, M., Urban, J., Herbert, J., Procházka, J. H., & Psotta, R. (2011). Isokinetic strength of knee flexors and extensors of adolescent soccer players and its changes based on movement speed and age. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 41(2), 45-53.
- Lehnert, M., Xaverova, Z., & De Ste Croix, M. (2014). Changes in muscle strength in U19 soccer players during an annual training cycle. *Journal of Human Kinetics*, 42(1), 175-185. doi: 10.2478/hukin-2014-0072
- Linthorne, N. P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*, 69(11), 1198-1204. doi: 10.1119/1.1397460
- Lockie, R. G., Moreno, M. R., Orjalo, A. J., Stage, A. A., Liu, T. M., Birmingham-Babauta, S. A., . . . Giuliano, D. V. (2019). Repeated-sprint ability in Division I collegiate male soccer players: Positional differences and relationships with performance tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(5), 1362-1370. doi: 10.1519/jsc.0000000000001948
- Lockie, R. G., Stage, A. A., Stokes, J. J., Orjalo, A. J., Davis, D. L., Giuliano, D. V., . . . Tomita, T. M. (2016). Relationships and predictive capabilities of jump assessments to soccer-specific field test performance in Division I collegiate players. *Sports*, 4(4). doi: 10.3390/sports4040056
- Los Arcos, A., Martinez-Santos, R., & Castillo, D. (2020). Spanish elite soccer reserve team configuration and the impact of physical fitness performance. *Journal of Human Kinetics*, 71(1), 211-218. doi: 10.2478/hukin-2019-0085
- 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 and Conditioning Journal*, 42(2), 6-15. doi: 10.1519/ssc.0000000000000513

- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Abad, C. C. C., Rosseti, M., Carpes, F. P., & Bishop, C. (2019). Do asymmetry scores influence speed and power performance in elite female soccer players? *Biology of Sport*, *36*(3), 209-216. doi: 10.5114/biolsport.2019.85454
- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Maldonado, T., Piazzzi, A. F., Bottino, A., . . . Nakamura, F. Y. (2016). Improving sprint performance in soccer: effectiveness of jump squat and olympic push press exercises. *Plos One*, *11*(4). doi: 10.1371/journal.pone.0153958
- 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 and Conditioning Journal*, *40*(3), 95-103. doi: 10.1519/ssc.0000000000000249
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, *116*(6), 1091-1116. doi: 10.1007/s00421-016-3346-6
- Magalhaes, J., Oliveira, J., Ascensao, A., & Soares, J. (2004). Concentric quadriceps and hamstrings isokinetic strength in volleyball and soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *44*(2), 119-125.
- Mala, L., Maly, T., Cabell, L., Hank, M., Bujnovsky, D., & Zahalka, F. (2020). Anthropometric, body composition, and morphological lower limb asymmetries in elite soccer players: A prospective cohort study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(4), 1140.
- Mala, L., Maly, T., & Zahalka, F. (2014). The quality of active mass and segmental fluids body distribution in young elite soccer players. *Sport Science*, *7*(2), 57-66.
- Mala, L., Maly, T., & Zahalka, F. (2017). Body composition differences in elite young soccer players based on playing position. *Anthropologist*, *27*(1-3), 17-22.
- Malá, L., Malý, T., Zahálka, F., & Bunc, V. (2014). *Fitness assessment: Body composition*. Prague: Karolinum Press.
- Mala, L., Zahalka, F., & Maly, T. (2018). Bioimpedance for analysis of body composition in sports. In F. Simini (Ed.), *Bioimpedance in Biomedical Application and Research* (pp. 243-256): Springer International Publishing.
- Malina, R. M., Cumming, S. P., Rogol, A. D., Coelho-e-Silva, M. J., Figueiredo, A. J., Konarski, J. M., & Koziel, S. M. (2019). Bio-banding in youth sports: background, concept, and application. *Sports Medicine*, *49*(11), 1671-1685. doi: 10.1007/s40279-019-01166-x
- Malliou, P., Ispirlidis, I., Beneka, A., Taxildaris, K., & Godolias, G. (2003). Vertical jump and knee extensors isokinetic performance in professional soccer players related to the phase

- of the training period. *Isokinetics and Exercise Science*, 11(3), 165-169. doi: 10.3233/ies-2003-0144
- Mallo, J., Mena, E., Nevado, F., & Paredes, V. (2015). Physical demands of top-class soccer friendly matches in relation to a playing position using global positioning system technology. *Journal of Human Kinetics*, 47(1), 179-188. doi: 10.1515/hukin-2015-0073
- Malý, T. (2009). *Účinnosť využitia metódy vonkajšieho doplnkového odporu k stimulácii acyklickej rýchlosti*. Karlova Univerzita, Praha.
- Maly, T., Ford, K. R., Sugimoto, D., Izovska, J., Bujnovsky, D., Hank, M., . . . Zahalka, F. (2021). Isokinetic strength, bilateral and unilateral strength differences: variation by age and laterality in elite youth football players. *International Journal of Morphology*, 39(1), (in press).
- Maly, T., Mala, L., Bujnovsky, D., Hank, M., & Zahalka, F. (2019). Morphological and isokinetic strength differences: bilateral and ipsilateral variation by different sport activity. *Open Medicine*, 14(1), 207-216. doi: 10.1515/med-2019-0014
- Maly, T., Sugimoto, D., Izovska, J., Zahalka, F., & Mala, L. (2018). Effect of muscular strength, asymmetries and fatigue on kicking performance in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 39(4), 297-303. doi: 10.1055/s-0043-123648
- Maly, T., & Zahalka, F. (2012). Strength assessment using isokinetic dynamometry. In M. Lehnert, R. Psotta, M. Janura, E. Zemková, T. Malý, D. Hamar, F. Zahálka, D. Jandačka, M. Vavák, F. Neuls, J. Hoffmannová, M. Botek & L. Šebek (Eds.), *Anaerobic performance. Assessment ad training*. (pp. 38-63). Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Maly, T., Zahalka, F., & Mala, L. (2010). Isokinetic strength, ipsilateral and bilateral ratio of peak muscle torque in knee flexors and extensors in elite young soccer players. *Acta Kinesiologica*, 4(2), 14-23.
- Maly, T., Zahalka, F., & Mala, L. (2011). Differences between isokinetic strength characteristic of more and less successful professional soccer teams. *Journal of Physical Education and Sport*, 11(3), 306-312.
- Maly, T., Zahalka, F., & Mala, L. (2013). Isokinetic strength characteristics and norms in the best Czech soccer players of U16 category. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(5), 167-168.
- Maly, T., Zahalka, F., & Mala, L. (2014). Muscular strength and strength asymmetries in elite and sub-elite professional soccer players. *Sport Science*, 7(1), 26-33.

- Maly, T., Zahalka, F., & Mala, L. (2016a). Lower-extremity strength profile of elite youth soccer players. In T. Favero, B. Drust & B. Dawson (Eds.), *International Research in Science and Soccer II* (pp. 302-310). New York: Routledge.
- Maly, T., Zahalka, F., & Mala, L. (2016b). Unilateral and ipsilateral strength asymmetries in elite youth soccer players with respect to muscle group and limb dominance. *International Journal of Morphology*, 34(4), 1339-1344. doi: 10.4067/s0717-95022016000400027
- Malý, T., Zahálka, F., Malá, L., Buzek, M., Hráský, P., & Gryc, T. (2011). Vzťah izokinetickej sily dolných končatín k rychlostným indikátorom bežeckej rýchlosti u mladých futbalistov. *Česká Kinantropologie*, 15(3), 157-164.
- Maly, T., Zahalka, F., Mala, L., Cabell, L., & Bujnovsky, D. (2016). Isokinetic strength differences in elite youth soccer players with respect to field position. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(5), 789-790. doi: 10.1249/01.mss.0000487370.63765.26
- Maly, T., Zahalka, F., Mala, L., & Cech, P. (2015). The bilateral strength and power asymmetries in untrained boys. *Open Medicine*, 10, 224-232. doi: 10.1515/med-2015-0034
- Malý, T., Zahálka, F., Malá, L., Gryc, T., & Hráský, P. (2010). Profil izokinetickej sily, identifikácia ipsilaterálneho a bilaterálneho pomeru svalovej sily flexorov a extenzorov kolena u futbalistov. *Česká Kinantropologie*, 14(3), 148-157.
- Maly, T., Zahalka, F., Mala, L., Hrasaky, P., Buzek, M., & Gryc, T. (2013). Relationship between isokinetic knee strength, sprint and jump performance in young elite soccer players. In H. Nunome, B. Drust & B. Dawson (Eds.), *Science and Football VII* (pp. 119-124). New York: Routledge.
- Maly, T., Zahalka, F., Mala, L., & Teplan, J. (2012). Strength differences in young soccer players according to age and lower limb dominance. In I. L. Tuncay (Ed.), *12th International Sport Science Congress* (Vol. 238): Denizli: Pamukkale University.
- Maly, T., Zahalka, F., Mala, L., & Teplan, J. (2013a). Isokinetic strength of knee flexors and extensors in very young soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 47(10), e3-e3.
- Maly, T., Zahalka, F., Mala, L., & Teplan, J. (2013b). Normy konvenčného pomeru izokinetickej sily flexorov a extenzorov kolena mladých elitných futbalových hráčov. *Česká Kinantropologie*, 17(3), 132-141.

- Maly, T., Zahalka, F., Mala, L., & Teplan, J. (2014a). Isokinetic strength of lower limbs and its differences depending on gender, muscle group and angular velocity in children. In M. J. Coelho-e-Silva, A. Cupido-dos-Santos, A. Figueiredo, J. P. Ferreira & N. Armstrong (Eds.), *Children and Exercise XXVIII* (pp. 111-115). New York: Routledge.
- Maly, T., Zahalka, F., Mala, L., & Teplan, J. (2014b). Profile, correlation and structure of speed in youth elite soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 40(1), 149-159. doi: 10.2478/hukin-2014-0017
- Malý, T., Zahálka, F., Malá, L., & Teplan, J. (2012). Profil izokinetické sily extenzorov a flexorov kolena u mladých futbalových hráčov. *Studia Sportiva*, 6(1), 53-60.
- Martin-Garcia, A., Casamichana, D., Diaz, A. G., Cos, F., & Gabbett, T. J. (2018). Positional differences in the most demanding passages of play in football competition. *Journal of Sports Science and Medicine*, 17(4), 563-570.
- Martin-Garcia, A., Castellano, J., Villanueva, A. M., Gomez-Diaz, A., Cos, F., & Casamichana, D. (2020). Physical demands ball possession games in relation to the most demanding passages of a competitive match. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(1), 1-9.
- Martin-Garcia, A., Diaz, A. G., Bradley, P. S., Morera, F., & Casamichana, D. (2018). Quantification of a professional football team's external load using a microcycle structure. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(12), 3511-3518. doi: 10.1519/jsc.0000000000002816
- Martinez-Santos, R., Castillo, D., & Arcos, A. L. (2016). Sprint and jump performances do not determine the promotion to professional elite soccer in Spain, 1994-2012. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2279-2285. doi: 10.1080/02640414.2016.1190460
- Masuda, K., Kikuhara, K., Demura, S., Katsuta, S., & Yamanaka, K. (2005). Relationship between muscle strength in various isokinetic movements and kick performance among soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(1), 44-52.
- Matkovic, B. R., Misigoj-Durakovic, M., Matkovic, B., Jankovic, S., Ruzic, L., Leko, G., & Kondric, M. (2003). Morphological differences of elite Croatian soccer players according to the team position. *Collegium Antropologicum*, 27, 167-174.
- Maughan, P. C., & Swinton, P. A. (2020). Physiological and perceptual responses of youth soccer players to an intensified period of competition. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 15(1), 72-81. doi: 10.1177/1747954119889950
- Maulder, P., & Cronin, J. (2005). Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Physical Therapy in Sport*, 6(2), 74-82. doi: 10.1016/j.ptsp.2005.01.001

- Meckel, Y., Doron, O., Eliakim, E., & Eliakim, A. (2018). Seasonal variations in physical fitness and performance indices of elite soccer players. *Sports*, 6(1). doi: 10.3390/sports6010014
- Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Simpson, B., & Bourdon, P. C. (2013). Match play intensity distribution in youth soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 34(2), 101-110. doi: 10.1055/s-0032-1306323
- Mendiguchia, J., Alentorn-Geli, E., & Brughelli, M. (2012). Hamstring strain injuries: are we heading in the right direction? *British Journal of Sports Medicine*, 46(2), 81-85. doi: 10.1136/bjism.2010.081695
- Mendiguchia, J., Alentorn-Geli, E., Idoate, F., & Myer, G. D. (2013). Rectus femoris muscle injuries in football: a clinically relevant review of mechanisms of injury, risk factors and preventive strategies. *British Journal of Sports Medicine*, 47(6), 359-+. doi: 10.1136/bjsports-2012-091250
- Menzel, H. J., Chagas, M. H., Szmuchrowski, L. A., Araujo, S. R. S., de Andrade, A. G. P., & de Jesus-Moraleida, F. R. (2013). Analysis of lower limb asymmetries by isokinetic and vertical jump tests in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1370-1377. doi: 10.1519/JSC.0b013e318265a3c8
- Meylan, C. M. P., Nosaka, K., Green, J., & Cronin, J. B. (2010). Temporal and kinetic analysis of unilateral jumping in the vertical, horizontal, and lateral directions. *Journal of Sports Sciences*, 28(5), 545-554. doi: 10.1080/02640411003628048
- Milanese, C., Cavedon, V., Corradini, G., De Vita, F., & Zancanaro, C. (2015). Seasonal DXA-measured body composition changes in professional male soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1219-1228. doi: 10.1080/02640414.2015.1022573
- Milsom, J., Naughton, R., O'Boyle, A., Iqbal, Z., Morgans, R., Drust, B., & Morton, J. P. (2015). Body composition assessment of English Premier League soccer players: a comparative DXA analysis of first team, U21 and U18 squads. *Journal of Sports Sciences*, 33(17), 1799-1806. doi: 10.1080/02640414.2015.1012101
- Mitrotasios, M., Gonzalez-Rodenas, J., Armatas, V., & Aranda, R. (2019). The creation of goal scoring opportunities in professional soccer. Tactical differences between Spanish La Liga, English Premier League, German Bundesliga and Italian Serie A. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(3), 452-465. doi: 10.1080/24748668.2019.1618568
- Modric, T., Versic, S., Sekulic, D., & Liposek, S. (2019). Analysis of the association between running performance and game performance indicators in professional soccer players.

- International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(20). doi: 10.3390/ijerph16204032
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), 519-528. doi: 10.1080/0264041031000071182
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 593-599. doi: 10.1080/02640410400021286
- Moisala, A. S., Jarvela, T., Kannus, P., & Jarvinen, M. (2007). Muscle strength evaluations after ACL reconstruction. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 868-872. doi: 10.1055/s-2007-964912
- Moreno-Perez, V., Malone, S., Sala-Perez, L., Lapuente-Sagarra, M., Campos-Vazquez, M. A., & Del Coso, J. (2020). Activity monitoring in professional soccer goalkeepers during training and match play. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(1), 19-30. doi: 10.1080/24748668.2019.1699386
- Morin, J. B., & Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(2), 267-272. doi: 10.1123/ijsp.2015-0638
- Munoz-Lopez, A., Granero-Gil, P., Pino-Ortega, J., & De Hoyo, M. (2017). The validity and reliability of a 5-hz GPS device for quantifying athletes' sprints and movement demands specific to team sports. *Journal of Human Sport and Exercise*, 12(1), 156-166. doi: 10.14198/jhse.2017.121.13
- 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. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(6), 1517-1523. doi: 10.1519/jsc.0000000000000293
- Newman, M. A., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2004). Relationships between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 867-872.
- 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 20m sprint performance in male soccer players. *Research in Sports Medicine*, 24(4), 341-351. doi: 10.1080/15438627.2016.1222281

- Northeast, J., Russell, M., Shearer, D., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2019). Predictors of linear and multidirectional acceleration in elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(2), 514-522. doi: 10.1519/jsc.0000000000001897
- Nunome, H., Ikegami, Y., Kozakai, R., Apriantono, T., & Sano, S. (2006). Segmental dynamics of soccer instep kicking with the preferred and non-preferred leg. *Journal of Sports Sciences*, 24(5), 529-541. doi: 10.1080/02640410500298024
- Oliva-Lozano, J. M., Rojas-Valverde, D., Gomez-Carmona, C. D., Fortes, V., & Pino-Ortega, J. Impact of contextual variables on the representative external load profile of Spanish professional soccer match-play: A full season study. [Article; Early Access]. *European Journal of Sport Science*. doi: 10.1080/17461391.2020.1751305
- Orchard, J., Marsden, J., Lord, S., & Garlick, D. (1997). Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *American Journal of Sports Medicine*, 25(1), 81-85. doi: 10.1177/036354659702500116
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & Di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: A new match analysis approach. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(1), 170-178. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181ae5cfd
- Parrington, L., & Ball, K. (2016). Biomechanical considerations of laterality in sport. In F. Loffing, N. Hagemann, B. Strauss & C. MacMahon (Eds.), *Laterality in Sports: Theories and Applications*. London, United Kingdom: Elsevier.
- Petridis, L., Utczas, K., Troznai, Z., Kalabiska, I., Palinkas, G., & Szabo, T. (2019). Vertical jump performance in Hungarian male elite junior soccer players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 90(2), 251-257. doi: 10.1080/02701367.2019.1588934
- Pietraszewska, J., Struzik, A., Burdukiewicz, A., Stachon, A., & Pietraszewski, B. (2020). Relationships between body build and knee joint flexor and extensor torque of Polish First-Division soccer players. *Applied Sciences-Basel*, 10(3). doi: 10.3390/app10030783
- Pinnington, H. C., & Dawson, B. (2001). The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 4(4), 416-430. doi: 10.1016/s1440-2440(01)80051-7
- Pivovarniček, P., Pupiš, M., & Lacena, M. (2015). A level of jump abilities of elite Slovak soccer players at different positions in field. *Journal of Physical Education and Sport*, 15(1), 53-56.
- Portas, M. D., Harley, J. A., Barnes, C. A., & Rush, C. J. (2010). The validity and reliability of 1-Hz and 5-Hz Global Positioning Systems for linear, multidirectional, and soccer-

- specific activities. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(4), 448-458. doi: 10.1123/ijsp.5.4.448
- Prieto, M. F., Fernandez, F. T. G., Morales, S. B., Jimenez, A. B., Barrero, A. M., Fernandez, L. C., . . . de Villarreal, E. S. (2020). Effects of a strength training program with self loading on countermovement jump performance and body composition in young soccer players. *Journal of Sport and Health Research*, 12(1), 112-124.
- Psotta, R., Blahus, P., Cochrane, D. J., & Martin, A. J. (2005). The assessment of an intermittent high intensity running test. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(3), 248-256.
- Rago, V., Brito, J., Figueiredo, P., Carvalho, T., Fernandes, T., Fonseca, P., & Rebelo, A. (2018). Countermovement jump analysis using different portable devices: Implications for field testing. *Sports*, 6(3). doi: 10.3390/sports6030091
- Rago, V., Brito, J., Figueiredo, P., Costa, J., Barreira, D., Krstrup, P., & Rebelo, A. (2020). Methods to collect and interpret external training load using microtechnology incorporating GPS in professional football: a systematic review. *Research in Sports Medicine*, 28(3), 437-458. doi: 10.1080/15438627.2019.1686703
- Rahnama, N., Lees, A., & Bambaecichi, E. (2005). A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*, 48, 1568-1575.
- Rahnama, N., Reilly, T., Lees, A., & Graham-Smith, P. (2003). Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer. *Journal of Sports Sciences*, 21, 933-942.
- Ramos, A., Vale, P., Salgado, B., Correia, P., Oliveira, E., Seabra, A., . . . Brito, J. (2010). Physical test performance of elite Portuguese junior soccer players according to positional roles. In B. Drust, T. Reilly & A. M. Willimas (Eds.), *International Research in Science and Soccer* (pp. 7-11). New York: Routledge.
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Bravo, D. F., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 228-235. doi: 10.1055/s-2006-924340
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J., & Wisloff, U. (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 227-233. doi: 10.1016/j.jsams.2007.10.002

- Read, P. J., Oliver, J. L., Myer, G. D., De Ste Croix, M. B. A., & Lloyd, R. S. (2018). The effects of maturation on measures of asymmetry during neuromuscular control tests in elite male youth soccer players. *Pediatric Exercise Science, 30*(1), 168-+. doi: 10.1123/pes.2017-0081
- Rebelo, A., Brito, J., Maia, J., Coelho-e-Silva, M. J., Figueiredo, A. J., Bangsbo, J., . . . Seabra, A. (2013). Anthropometric characteristics, physical fitness and technical performance of under-19 soccer players by competitive level and field position. *International Journal of Sports Medicine, 34*(4), 312-317. doi: 10.1055/s-0032-1323729
- Reilly, T. (1996). Fitness assessment. In T. Reilly & A. M. Williams (Eds.), *Science and soccer* (pp. 25-50). London: E. & F. Spon.
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences, 18*(9), 669-683. doi: 10.1080/02640410050120050
- Reilly, T., Drust, B., & Clarke, N. (2008). Muscle fatigue during football match-play. *Sports Medicine, 38*(5), 357-367. doi: 10.2165/00007256-200838050-00001
- Ribeiro-Alvares, J. B., Oliveira, G. D., De Lima-E-Silva, F. X., & Baroni, B. M. Eccentric knee flexor strength of professional football players with and without hamstring injury in the prior season. [Article; Early Access]. *European Journal of Sport Science*. doi: 10.1080/17461391.2020.1743766
- Robbins, D. W. (2012). The normalization of explosive functional movements in a diverse population of elite American football players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 26*(4), 995-1000. doi: 10.1519/JSC.0b013e31822d53b7
- Robinson, G., O'Donoghue, P., & Wooster, B. (2011). Path changes in the movement of English Premier League soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 51*(2), 220-226.
- Rodriguez-Lorenzo, L., Fernandez-del-Olmo, M., Sanchez-Molina, J. A., & Martin-Acero, R. (2016). Role of vertical jumps and anthropometric variables in maximal kicking ball velocities in elite soccer players. *Journal of Human Kinetics, 53*(1), 143-153. doi: 10.1515/hukin-2016-0018
- Rogan, S., Hilfiker, R., Clarys, P., Clijnsen, R., & Taeymansa, J. (2011). Position-specific and team-ranking-related morphological characteristics in German amateur soccer players – a descriptive study. *International Journal of Applied Sports Sciences, 23*(1), 168-182.
- Rosene, J. M., Fogarty, T. D., & Mahaffey, B. L. (2001). Isokinetic hamstrings: quadriceps ratios in intercollegiate athletes. *Journal of Athletic Training, 36*(4), 378-383.

- Rowell, A. E., Aughey, R. J., Hopkins, W. G., Stewart, A. M., & Cormack, S. J. (2017). Identification of sensitive measures of recovery after external load from football match play. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(7), 969-976. doi: 10.1123/ijsp.2016-0522
- Ruas, C. V., Brown, L. E., & Pinto, R. S. (2015). Lower-extremity side-to-side strength asymmetry of professional soccer players according to playing position. *Kinesiology*, *47*(2), 188-192.
- Ruas, C. V., Minozzo, F., Pinto, M. D., Brown, L. E., & Pinto, R. S. (2015). Lower-extremity strength ratios of professional soccer players according to field position. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *29*(5), 1220-1226. doi: 10.1519/jsc.0000000000000766
- Russell, M., Sparkes, W., Northeast, J., Cook, C. J., Bracken, R. M., & Kilduff, L. P. (2016). Relationships between match activities and peak power output and creatine kinase responses to professional reserve team soccer match-play. *Human Movement Science*, *45*, 96-101. doi: 10.1016/j.humov.2015.11.011
- Russell, M., Sparkes, W., Northeast, J., & Kilduff, L. P. (2015). Responses to a 120 min reserve team soccer match: a case study focusing on the demands of extra time. *Journal of Sports Sciences*, *33*(20), 2133-2139. doi: 10.1080/02640414.2015.1064153
- Ryman Augustsson, S., Arvidsson, J., & Haglund, E. (2019). Jump height as performance indicator for the selection of youth football players to national teams. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *59*(10), 1669-1675. doi: 10.23736/s0022-4707.19.09739-1
- Sale, D. G. (1992). Neural adaptation to strength training. In P. V. Komi (Ed.), *Strength and power in sport* (pp. 249-265). Boston: Blackwell Scientific.
- Sanabria, M. E. S., Poveda, G. J. M., Urena, B. S., Vargas, J. C. G., & Solano, M. E. M. (2017). Anthropometric characteristics and muscular strength in Costa Rican football players between 15 and 20 years. *Mhsalud-Revista En Ciencias Del Movimiento Humano Y La Salud*, *14*(1). doi: 10.15359/mhs.14-1.2
- Sanchis-Moysi, J., Idoate, F., Olmedillas, H., Guadalupe-Grau, A., Alayon, S., Carreras, A., . . . Calbet, J. A. L. (2010). The upper extremity of the professional tennis player: muscle volumes, fiber-type distribution and muscle strength. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *20*(3), 524-534. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.00969.x
- Sannicandro, I., Rosa, R. A., De Pascalis, S., & Piccinno, A. (2012). The determination of functional asymmetries in the lower limbs of young soccer players using the

- countermovement jump. The lower limbs asymmetry of young soccer players. *Science & Sports*, 27(6), 375-377. doi: 10.1016/j.scispo.2011.11.001
- Sedano, S., Matheu, A., Redondo, J. C., & Cuadrado, G. (2011). Effects of plyometric training on explosive strength, acceleration capacity and kicking speed in young elite soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(1), 50-58.
- Sekir, U., Arabaci, R., Akova, B., & Kadagan, S. M. (2010). Acute effects of static and dynamic stretching on leg flexor and extensor isokinetic strength in elite women athletes. *Scandinavian Journal of Medicine Science and Sports*, 20, 268-281.
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919-932. doi: 10.1080/02640410500457109
- Silva, J. R. L. C., Detanico, D., Pupo, J. D., & Freitas, C. R. (2015). Bilateral asymmetry of knee and ankle isokinetic torque in soccer players u20 category. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 17(2), 195-204.
- Silvestre, R., West, C., Maresh, C. M., & Kraemer, W. J. (2006). Body composition and physical performance in men's soccer: A study of a National Collegiate Athletic Association Division I team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 177-183.
- Slimani, M., & Nikolaidis, P. T. (2019). Anthropometric and physiological characteristics of male soccer players according to their competitive level, playing position and age group: a systematic review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(1), 141-163. doi: 10.23736/s0022-4707.17.07950-6
- Sliwowski, R., Grygorowicz, M., Hojszyk, R., & Jadczyk, L. (2017). The isokinetic strength profile of elite soccer players according to playing position. *Plos One*, 12(7). doi: 10.1371/journal.pone.0182177
- Sliwowski, R., Grygorowicz, M., Wieczorek, A., & Jadczyk, L. (2018). The relationship between jumping performance, isokinetic strength and dynamic postural control in elite youth soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(9), 1226-1233. doi: 10.23736/s0022-4707.17.07289-9
- Small, K., McNaughton, L., Greig, M., & Lovell, R. (2010). The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(1), 120-125. doi: 10.1016/j.jsams.2008.08.005
- Smpokos, E., Mourikis, S., & Linardakis, M. (2018). Seasonal changes of physical (motor) activities in professional Greek football players. *Trends in Sport Sciences*, 2(25), 99-107.

- Sporis, G., Jukic, I., Ostojic, S. M., & Milanovic, D. (2009). Fitness profiling in soccer: Physical and physiologic characteristic of elite players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1947-1953. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b3e141
- Sporis, G., Vucetic, V., Jovanovic, M., Milanovic, Z., Rucevic, M., & Vuleta, D. (2011). Are there any differences in power performance and morphological characteristics of Croatian adolescent soccer players according to the team position? *Collegium Antropologicum*, 35(4), 1089-1094.
- Stastny, P., Lehnert, M., De Ste Croix, M., Petr, M., Svoboda, Z., Maixnerova, E., . . . Cieszczyk, P. (2019). Effect of COL5A1, GDF5, and PPARA genes on a movement screen and neuromuscular performance in adolescent team sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(8), 2057-2065. doi: 10.1519/jsc.00000000000003142
- Stastny, P., Lehnert, M., & Tufano, J. J. (2018). Muscle imbalances: Testing and training functional eccentric hamstring strength in athletic populations. *Jove-Journal of Visualized Experiments* (135). doi: 10.3791/57508
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer - An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536.
- Stratton, G., Reilly, T., Williams, A. M., & Richardson, D. (2004). *Youth soccer: From science to performance*. London: Routledge.
- Su, R. H., Wei, C., & Hsu, M. C. (2019). Effects of different stretching strategies on soccer players' power, speed, and muscle strength performance. *Revista De Cercetare Si Interventie Sociala*, 66, 328-341. doi: 10.33788/rcis.66.19
- Sugimoto, D., McCartney, R. E., Parisien, R. L., Dashe, J., Borg, D. R., & Meehan, W. P. (2018). Range of motion and ankle injury history association with sex in pediatric and adolescent athletes. *Physician and Sportsmedicine*, 46(1), 24-29. doi: 10.1080/00913847.2018.1413919
- Sutton, L., Scott, M., Wallace, J., & Reilly, T. (2009). Body composition of English Premier League soccer players: Influence of playing position, international status, and ethnicity. *Journal of Sports Sciences*, 27(10), 1019-1026. doi: 10.1080/02640410903030305
- Swallow, W. E., Skidmore, N., Page, R. M., & Malone, J. J. An examination of in-season external training load in semi-professional soccer players: considerations of one and two match weekly microcycles. [Article; Early Access]. *International Journal of Sports Science & Coaching*. doi: 10.1177/1747954120951762

- Sylejmani, B., Maliqi, A., Gontarev, S., Haziri, S., Morino, B., Durmishaj, E., & Bajrami, A. (2019). Anthropometric characteristics and physical performance of young elite Kosovo soccer players. *International Journal of Morphology*, 37(4), 1429-1436. doi: 10.4067/s0717-95022019000401429
- Taylor, J. B., Wright, A. A., Dischiavi, S. L., Townsend, M. A., & Marmon, A. R. (2017). Activity demands during multi-directional team sports: A systematic review. *Sports Medicine*, 47(12), 2533-2551. doi: 10.1007/s40279-017-0772-5
- Teplan, J., Malý, T., Hráský, P., Zahálka, F., Kaplan, A., Malá, L., & Heller, J. (2012). Funkční charakteristiky hráčů fotbalu. *Studia Sportiva*, 69(1), 69-82.
- Thomas, J. R., Nelson, J. K., & Silverman, S. J. (2015). *Research methods in physical activity* Champaign, IL: Human Kinetics.
- Tierney, P. J., Young, A., Clarke, N. D., & Duncan, M. J. (2016). Match play demands of 11 versus 11 professional football using Global Positioning, System tracking: Variations across common playing formations. *Human Movement Science*, 49, 1-8. doi: 10.1016/j.humov.2016.05.007
- Tol, J. L., Hamilton, B., Eirale, C., Muxart, P., Jacobsen, P., & Whiteley, R. (2014). At return to play following hamstring injury the majority of professional football players have residual isokinetic deficits. *British Journal of Sports Medicine*, 48(18), 1364-+. doi: 10.1136/bjsports-2013-093016
- Tonnessen, E., Hem, E., Leirstein, S., Haugen, T., & Seiler, S. (2013). Maximal aerobic power characteristics of male professional soccer players, 1989-2012. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(3), 323-329. doi: 10.1123/ijsp.8.3.323
- Tourny-Chollet, C., Leroy, D., Leger, G., & Beuret-Blanquart, F. (2000). Isokinetic knee muscle strength of soccer players according to their position. *Isokinetic and Exercise Science*, 8, 187-193.
- Trecroci, A., Milanovic, Z., Frontini, M., Iaia, F. M., & Alberti, G. (2018). Physical performance comparison between under 15 elite and sub-elite soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 61(1), 209-216. doi: 10.1515/hukin-2017-0126
- Tsiokanos, A., Paschalis, V., & Valasotiris, K. (2016). Knee extension strength profile of elite Greek soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 24(1), 79-82. doi: 10.3233/ies-150603
- Vandendriessche, J. B., Vaeyens, R., Vandorpe, B., Lenoir, M., Lefevre, J., & Philippaerts, R. M. (2012). Biological maturation, morphology, fitness, and motor coordination as part of

- a selection strategy in the search for international youth soccer players (age 15-16 years). *Journal of Sports Sciences*, 30(15), 1695-1703. doi: 10.1080/02640414.2011.652654
- Varley, M. C., & Aughey, R. J. (2013). Acceleration profiles in elite Australian soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 34(1), 34-39. doi: 10.1055/s-0032-1316315
- Vieira, L. H. P., Carling, C., Barbieri, F. A., Aquino, R., & Santiago, P. R. P. (2019). Match running performance in young soccer players: A systematic review. *Sports Medicine*, 49(2), 289-318. doi: 10.1007/s40279-018-01048-8
- Vigne, G., Gaudino, C., Rogowski, I., Alloatti, G., & Hautier, C. (2010). Activity profile in elite Italian soccer team. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 304-310. doi: 10.1055/s-0030-1248320
- Wallace, J. L., & Norton, K. I. (2014). Evolution of World Cup soccer final games 1966-2010: Game structure, speed and play patterns. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(2), 223-228. doi: 10.1016/j.jsams.2013.03.016
- Warner, E. R., Fornetti, W. C., Jallo, J. J., & Pivarnik, J. M. (2004). A skinfold model to predict fat-free mass in female athletes. *Journal of Athletic Training*, 39(3), 259-262.
- Wiig, H., Andersen, T. E., Luteberget, L. S., & Spencer, M. (2020). Individual response to external training load in elite football players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(5), 696-704. doi: 10.1123/ijsp.2019-0453
- Wik, E. H., Mc Auliffe, S., & Read, P. J. (2019). Examination of physical characteristics and positional differences in professional soccer players in Qatar. *Sports*, 7(1). doi: 10.3390/sports7010009
- Wilhite, M. R., Cohen, E. R., & Wilhite, S. C. (1992). Reliability of concentric and eccentric measurements of quadriceps performance using the KIN-COM dynamometer: The effect of testing order for three different speeds. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 15(4), 175-182.
- Wirth, K., & Schmidtbleicher, D. (2007). Periodisierung im schnellkrafttraining. *Leistungssport*, 1, 35-40.
- Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285-288. doi: 10.1136/bjism.2002.002071
- Wong, D. P., & Wong, S. H. S. (2009). Physiological profile of Asian elite youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1383-1390. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181a4f074

- Wong, P., Chamari, K., Dellal, A., & Wisloff, U. (2009). Relationship between anthropometric and physiological characteristics in youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1204-1210. doi: 10.1519/JSC.0b013e31819f1e52
- Woolley, B. P., Jakeman, J. R., & Faulkner, J. A. (2014). Multiple sprint exercise with a short deceleration induces muscle damage and performance impairment in young, physically active males. *Journal of Athletic Enhancement*, 3, 1-7.
- Yanci, J., & Camara, J. (2016). Bilateral and unilateral vertical ground reaction forces and leg asymmetries in soccer players. *Biology of Sport*, 33(2), 179-183. doi: 10.5604/20831862.1198638
- Yeung, S. S., Suen, A. M. Y., & Yeung, E. W. (2009). A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *British Journal of Sports Medicine*, 43(8), 589-594. doi: 10.1136/bjism.2008.056283
- Young, W. (2006). A review of agility: Practical application for strength and conditioning. *Strength and Conditioning Journal*, 28(5), 24-29.
- 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), 63-63. doi: 10.1249/01.mss.0000560683.38022.0a
- Zahalka, F., Maly, T., & Mala, L. (2016). Analysis of vertical jump parameters with respect to age, jump type and bilateral differences in young soccer players. In T. Favero, B. Drust & B. Dawson (Eds.), *International Research in Science and Soccer II* (pp. 286-293). New York: Routledge.
- Zahalka, F., Maly, T., Mala, L., & Cabell, L. (2016). A new approach to determining performance in vertical jumps in professional soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(5), 790-790. doi: 10.1249/01.mss.0000487372.53463.8b
- Zahalka, F., Maly, T., Mala, L., & Hrasky, P. (2015). Power and bilateral force differences in professional soccer players regarding the field position. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(5), 966-966. doi: 10.1249/01.mss.0000479364.54251.06
- Zahalka, F., Maly, T., Mala, L., & Teplan, J. (2012). Bilateral strength asymmetry during the vertical jump in professional soccer goalkeepers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44, 429-430.
- Zahalka, F., Maly, T., Mala, L., Teplan, J., & Hrasky, P. (2013). Power and asymmetries of elite soccer players in various types of a vertical jump. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(5S), 168.

- Zahalka, F., Maly, T., Sugimoto, D., & Mala, L. (2017). Effect of ages and jump types on lower limb explosiveness in elite female soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(5), 574-575. doi: 10.1249/01.mss.0000518496.09664.84
- Zamparo, P., Zadro, I., Lazzer, S., Beato, M., & Sepulcri, L. (2014). Energetics of shuttle runs: The effects of distance and change of direction. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(6), 1033-1039. doi: 10.1123/ijsp.2013-0258
- Zemkova, E., & Hamar, D. (2009). The effect of soccer match induced fatigue on neuromuscular performance *Kinesiology*, 41(2), 195-202.
- Zemkova, E., Poor, O., & Jelen, M. (2019). Between-side differences in trunk rotational power in athletes trained in asymmetric sports. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 32(4), 529-537. doi: 10.3233/bmr-181131
- Zvijac, J. E., Toriscelli, T. A., Merrick, W. S., Papp, D. F., & Kiebzak, G. M. (2014). Isokinetic concentric quadriceps and hamstring normative data for elite collegiate American football players participating in the NFL scouting combine. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(4), 875-883. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182a20f19

10 SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

10.1 Seznam tabulek

Tabulka 1. Pohybový profil elitních hráčů v utkání.

Tabulka 2. Hodnoty sledovaných parametrů u sledovaných skupin (průměr ± směrodatná odchylka).

Tabulka 3. Analýza rozptylu a post-hoc testy u sledovaných skupin.

Tabulka 4. Komparace zastoupení aktivní tělesné hmoty mezi preferovanou a nepreferovanou končetinou.

Tabulka 5. Zastoupení tukové hmoty (%) u vybraných hráčských pozic (vybrané studie).

Tabulka 6. Deskripce a komparace svalové síly dominantní končetiny (N.m).

Tabulka 7. Deskripce a komparace svalové síly nedominantní končetiny (N.m).

Tabulka 8. Deskripce a komparace relativní síly dominantní končetiny (N.m.kg⁻¹).

Tabulka 9. Deskripce a komparace relativní síly nedominantní končetiny (N.m.kg⁻¹).

Tabulka 10. Komparace bilaterálního silového poměru u sledovaných skupin (%).

Tabulka 11. Komparace ipsilaterálního silového poměru u sledovaných skupin (%).

Tabulka 12. Přehled a komparace studií: absolutní svalová síla extenzorů kolena (N.m).

Tabulka 13. Přehled a komparace studií: absolutní svalová síla flexorů kolena (N.m).

Tabulka 14. Přehled a komparace studií: relativní svalová síla extenzorů kolena (N.m.kg⁻¹).

Tabulka 15. Přehled a komparace studií: relativní svalová síla flexorů kolena (N.m.kg⁻¹).

Tabulka 16. Přehled a komparace studií: bilaterální rozdíl isokinetické svalové síly dolních končetin (%).

Tabulka 17. Přehled a komparace studií: ipsilaterální poměr isokinetické svalové síly dolních končetin (%).

Tabulka 18. Komparace věku a základních antropometrických parametrů.

Tabulka 19. Komparace vybraných parametrů explozivní síly dolních končetin mezi skupinami v testu CMJ_{FA}.

Tabulka 20. Komparace vybraných parametrů explozivní síly dolních končetin mezi skupinami v testu CMJ.

- Tabulka 21. Komparace vybraných parametrů explozivní síly dolních končetin mezi skupinami v testu SJ.
- Tabulka 22. Komparace vybraných parametrů explozivní síly dolních končetin mezi skupinami v testu DJ.
- Tabulka 23. Přehled a komparace studií: výška vertikálního výskoku bez dopomoci paží (cm).
- Tabulka 24. Přehled a komparace studií: výška vertikálního výskoku z podřepu (cm).
- Tabulka 25. Úroveň sledovaných parametrů externího zatížení u vybraných skupin a účinek hlavního faktoru (hráčská pozice).
- Tabulka 26. Výsledky post hoc analýzy porovnání průměrů sledovaných skupin.
- Tabulka 27. Celková překonaná vzdálenost v utkání (m).
- Tabulka 28. Překonaná vzdálenost ve sprintu (m).

10.2 Seznam obrázků

- Obrázek 1. Holistický model determinantů sportovního výkonu (Bangsbo et al., 2006).
- Obrázek 2. Komponenty fyzického výkonu fotbalového hráče (Bangsbo & Mohr, 2012).
- Obrázek 3. Struktura a komponenty agility (Young, 2006).
- Obrázek 4. Měření tělesné výšky digitálním stadiometrem u elitního hráče.
- Obrázek 6. Vybrané antropometrické parametry a charakteristiky tělesného složení u jednotlivých herních pozic (a, b, c, d, e, f).
- Obrázek 6. Testování isokinetické svalové síly na diagnostickém zařízení Cybex Humac Norm.
- Obrázek 7. Zvedání středu těla (pánve) v pozici „glute bridge“ před testováním.
- Obrázek 8. Rozdíly absolutní svalové síly extenzorů kolena dominantní dolní končetiny.
- Obrázek 9. Rozdíly absolutní svalové síly flexorů kolena dominantní dolní končetiny.
- Obrázek 10. Rozdíly absolutní svalové síly extenzorů kolena nedominantní dolní končetiny.
- Obrázek 11. Rozdíly absolutní svalové síly flexorů kolena nedominantní dolní končetiny.
- Obrázek 12. Rozdíly relativní svalové síly extenzorů kolena dominantní dolní končetiny.
- Obrázek 13. Rozdíly relativní svalové síly flexorů kolena dominantní dolní končetiny.
- Obrázek 14. Rozdíly relativní svalové síly extenzorů kolena nedominantní dolní končetiny.
- Obrázek 15. Rozdíly relativní svalové síly flexorů kolena nedominantní dolní končetiny.
- Obrázek 16. Vertikální výskok s protipohybem bez použití paží (CMJ).

- Obrázek 17. Dynamografické znázornění silového působení dolních končetin při vertikálním výskoku.
- Obrázek 18. Distribuce všech činností středního záložníka (a) a krajního záložníka (b) v oficiálním utkání (Zdroj: InStat).
- Obrázek 19. Pohybový profil profesionálních hráčů v reflexi odlišných herních pozic. Studie 1: Ingebrigtsen et al. (2015), Studie 2: Modric et al. (2019).
- Obrázek 20. Ukázka umístění snímacího zařízení externího zatížení v elastické vestě.
- Obrázek 21. Kvartilové rozpětí celkové absolvované vzdálenosti u hráčů.
- Obrázek 22. Kvartilové rozpětí absolvované vzdálenosti ve vysoké intenzitě.
- Obrázek 23. Kvartilové rozpětí absolvované vzdálenosti ve sprintu.
- Obrázek 24. Kvartilové rozpětí u akceleračních a deceleračních činností.
- Obrázek 25. Kvartilové rozpětí absolvované vzdálenosti v činnostech s vysokým metabolickým výdejem.
- Obrázek 26. Pohybovou aktivita hráče v utkání z hlediska jeho rychlosti.
- Obrázek 27. Četnost a časová distribuce sprintů ($> 7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) v utkání.