

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Analýza herního zatížení hráče v utkání: nové přístupy
v hodnocení výkonu ve fotbale**

Disertační práce

Vedoucí disertační práce:

doc. PaedDr. Tomáš Malý, Ph.D.

Vypracoval:

Mgr. Matej Varjan

Konzultanti disertační práce:

prof. Ing. František Zahálka, Ph.D.

PhDr. David Bujnovský, Ph.D.

Praha, 2025

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

V Praze, dne

.....

Mgr. Matej Varjan

Evidenční list

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

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Především děkuji svému školiteli doc. PaedDr. Tomáši Malému, Ph.D. za odborné vedení, cenné připomínky a pomoc během celé doby studia. Poděkování patří také konzultantům práce prof. Ing. Františkovi Zahálkovi, Ph.D. a PhDr. Davidu Bujnovskému, Ph.D. za jejich vstřícnost a ochotu, kdykoli to bylo potřeba. Zároveň i celému kolektivu Laboratoře sportovní motoriky za vytvoření inspirativního pracovního prostředí.

Zvláštní poděkování patří mé manželce Michaelle, která mi byla trpělivou oporou a jistotou, na kterou jsem se mohl v náročných chvílích spolehnout. V neposlední řadě děkuji celé své rodině za důvěru a motivaci.

Abstrakt

Název: Analýza herního zatížení hráče v utkání: nové přístupy v hodnocení výkonu ve fotbale

Teoretická východiska: Přístupy v hodnocení fyzického zatížení ve fotbalových utkáních se výrazně nevyvíjejí. Pokles zatížení ke konci utkání je tradičně připisován fyzické únavě, přičemž často chybí zohlednění kontextuálních faktorů. Parametry míč ve hře (BIP) a mimo hru (BOP) bývají v analýzách opomíjeny, přestože BOP tvoří více než 40 % celkového času utkání a průměrná doba BIP se pohybuje mezi 50–55 min. Jaký vliv mají kontextuální faktory na změny zatížení v průběhu utkání?

Cíle: Cílem práce bylo ověřit vliv kontextuálního faktoru BIP na změny externího zatížení v průběhu fotbalového utkání a objektivizovat jeho zastoupení v jednotlivých fázích utkání. Sekundárním cílem bylo analyzovat vliv herních pozic a střídajících hráčů na vývoj externího zatížení.

Metodika: Výzkumný soubor se skládal z profesionálních fotbalových hráčů ($n = 68$; věk = $21,9 \pm 4,8$ let), hrajících 2. a 3. českou nejvyšší fotbalovou ligu (rezervní tým elitního fotbalového klubu). Oficiální ligové utkání ($n = 59$) byla rozdělena na 18 5minutových úseků a nadstavený čas. Externí zatížení, měřené pomocí 10 Hz GPS jednotek, bylo klasifikováno následovně: celková vzdálenost (TD), chůze (D1), klus (D2), běh (D3), běh ve vysoké intenzitě (D4), sprint (D5), tři úrovně akcelerací a decelerací (ACC2 – 4, DEC2 – 4). BIP a BOP byly analyzovány manuálně, pomocí video-analýzy. Pro kontrolu vlivu faktoru BIP byly hodnoty externího zatížení relativizovány vzhledem k BIP času. ANOVA pro opakovaná měření byla použita k posouzení změn BIP času v průběhu utkání. Pro analýzu změn zatížení v utkání a posouzení vlivu faktoru BIP na tyto změny byl použit smíšený lineární model (LMM). Míra asociace mezi BIP a parametry externího zatížení byla ověřena pomocí Pearsonova korelačního koeficientu.

Výsledky: Významný klesající lineární trend v průběhu utkání jsme zaznamenali u všech parametrů externího zatížení ($p < 0,05$), s výjimkou D1. Po relativizaci hodnot vzhledem k BIP se pokles zatížení v průběhu utkání zmírnil (všechny ukazatele zatížení vyjma D1), nebo zcela vymizel (TD). Největší rozdíly mezi absolutními a relativními lineárními trendy odhalil LMM u ukazatelů nižší a střední intenzity (TD, D2, D3, ACC2, DEC2; $F > 200$; $p < 0,05$). BIP čas vysvětloval značnou část variability těchto

parametrů v průběhu utkání: TD (59,3 %), D2 (51,8 %), D3 (26,0 %), ACC2 (30,3 %) a DEC2 (27,0 %). Podobný charakter změn zatížení v průběhu utkání jsme pozorovali mezi herními pozicemi ($r = 0,70\text{--}0,98$; $p < 0,05$) i mezi střídajícími hráči a hráči, kteří odehráli celé utkání ($r = 0,74\text{--}0,92$; $p < 0,05$). Průměrný BIP čas činil 57,0 % (rozpětí: 45,8 % až 77,9 %) z celkového času, s významným poklesem hodnot v průběhu utkání ($\eta^2_p = 0,46$; $p < 0,05$).

Závěr: V průběhu utkání dochází k poklesu BIP a současně k nárůstu délky a frekvence přerušení (BOP), což se výrazně promítá do poklesu fyzického zatížení, zejména v nízké a střední intenzitě. Pozorovaný pokles zatížení v utkání není primárně důsledkem fyzické únavy hráčů, ale je spíše ovlivněn poklesem kontextuální proměnné BIP. Herní pozice ani střídající hráči významně neovlivňují variabilitu zatížení. Zahrnutí kontextuálních faktorů do analýzy je zásadní pro správnou interpretaci a pochopení fyzického zatížení fotbalových hráčů v utkání.

Klíčová slova: externí zatížení, GPS monitoring, kontextuální faktory, fyzická únava, BIP, BOP

Abstract

Title: Analysis of player match load: New approaches to performance assessment in football.

Theoretical background: Approaches to evaluating physical load in football matches have remained relatively unchanged. The commonly observed decline in player load towards the end of a match is traditionally attributed to physical fatigue, often without considering contextual factors. The parameters ball in play (BIP) and ball out of play (BOP) are frequently overlooked in analyses, despite BOP represents more than 40 % of total match time and average BIP duration ranging between 50–55 min. What effect do contextual factors have on load changes during a match?

Objectives: The aim of this study was to examine the effect of the contextual factor BIP on external load changes during a football match and to quantify its representation across different phases of the match.

Methods: The research sample consisted of professional football players ($n = 68$; age = 21.9 ± 4.8 years) competing in the 2nd and 3rd Czech football division (reserve team of an elite football club). Official league matches ($n = 59$) were segmented into eighteen 5-minute periods and stoppage time. External load, measured using 10 Hz GPS units, was classified as follows: total distance (TD), walking (D1), jogging (D2), running (D3), high-intensity running (D4), sprinting (D5), and three levels of accelerations and decelerations (ACC2 – 4, DEC2 – 4). BIP and BOP were analyzed manually using video analysis. To control for the influence of the BIP factor, external load values were normalized to BIP time. Repeated measures ANOVA was used to evaluate changes in BIP throughout the match. Changes in external load and the effect of BIP were analyzed using a linear mixed model (LMM). The association between BIP and external load parameters was evaluated using Pearson's correlation coefficient.

Results: A significant decreasing linear trend was observed across all external load parameters over the course of the match ($p < 0.05$), except D1. After normalizing the values to BIP time, the decrease in external load during the match was attenuated (for all parameters except D1) or eliminated entirely (TD). The LMM revealed the largest differences between absolute and relative linear trends for the low and moderate intensity indicators (TD, D2, D3, ACC2, DEC2; $F > 200$; $p < 0.05$). BIP time explained a significant proportion of the variability in these parameters during the match: TD

(59.3 %), D2 (51.8 %), D3 (26.0 %), ACC2 (30.3 %), and DEC2 (27.0 %). A similar pattern of load changes throughout the match was observed between playing positions ($r = 0.70\text{--}0.98$; $p < 0.05$) and between substituted and full-match players ($r = 0.74\text{--}0.92$; $p < 0.05$). The average BIP time represented 57.0% (range: 45.8 % to 77.9 %) of total match time, with a significant decrease over the course of the match ($\eta^2_p = 0.46$; $p < 0.05$).

Conclusion: During a match, there is a decrease in BIP and a parallel increase in the length and frequency of game interruptions (BOP), which significantly contributes to a decrease in physical load, especially at low and moderate intensity. The observed decline in match load is not primarily caused by physical fatigue, but rather affected by the decrease in the contextual variable BIP. Neither playing position nor player substitutions significantly affect the load variability. Incorporating contextual factors into the analysis is essential for the accurate interpretation and understanding of match-related physical demands in football.

Key words: external load, GPS monitoring, contextual factors, physical fatigue, BIP, BOP

OBSAH

1	ÚVOD	11
2	TEORETICKÝ PROBLÉM ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	13
2.1	Základní charakteristika pohybového výkonu ve fotbale	13
2.1.1	Externí a interní zátěž ve fotbale	16
2.1.1.1	Klíčové metriky pro monitorování externí zátěže ve fotbale	17
2.1.1.2	Klíčové metriky pro monitorování interní zátěže ve fotbale	20
2.2	Fyzické zatížení ve fotbalovém utkání	21
2.2.1	Specifika herních formací a herních pozic	22
2.2.2	Dlouhodobý vývoj fyzického zatížení ve fotbalovém utkání	26
2.2.3	Prostředky pro monitoring fyzického zatížení ve fotbalovém utkání	28
2.3	Kontextuální faktory ovlivňující výkon ve fotbalovém utkání	30
2.3.1	Faktory ovlivňující celkovou fyzickou zátěž hráčů během utkání	31
2.3.2	Faktory spojené se změnami fyzické zátěže v průběhu utkání	34
2.3.3	Míč ve hře (BIP) a míč ze hry (BOP)	34
2.4	Únava ve fotbale	37
2.4.1	Základní charakteristika a dělení únavy	37
2.4.2	Projevy fyzické únavy v kontextu fotbalového utkání	40
2.4.2.1.	Fyziologické změny organismu v průběhu fotbalového utkání	40
2.4.2.2	Pokles externího zatížení v průběhu fotbalového utkání	41
2.4.2.3	Fyzická únava po skončení fotbalového utkání	43
2.4.3	Metody měření únavy ve fotbalovém utkání	45
2.5	Souhrn řešené problematiky a formulace vědeckého problému	48
3	CÍLE, HYPOTÉZY A ÚKOLY VÝZKUMU	51
3.1	Cíle výzkumu	51
3.2	Hypotézy výzkumu	51

3.3	Úkoly výzkumu.....	51
4	METODIKA VÝZKUMU	53
4.1	Charakteristika výzkumného souboru	53
4.2	Organizace výzkumu	53
4.3	Metody získávání výzkumných údajů	54
4.4	Metody zpracování výzkumných údajů	56
5	VÝSLEDKY VÝZKUMU	59
5.1	Tradiční přístup v hodnocení fyzického zatížení v utkání	59
5.2	Změny fyzického zatížení v utkání a vliv BIP	61
5.3	Změny fyzického zatížení v utkání v kontextu herních pozic	68
5.4	Změny fyzického zatížení v utkání v kontextu střídání	72
5.5	Analýza nadstaveného času v utkání v kontextu BIP	75
6	DISKUZE	76
6.1	Tradiční přístup v hodnocení fyzického zatížení v utkání	76
6.2	Změny fyzického zatížení v průběhu utkání	80
6.3	BIP a jeho vliv na změny fyzického zatížení v utkání	81
6.4	Změny fyzického zatížení v utkání v kontextu herních pozic	84
6.5	Změny fyzického zatížení v utkání v kontextu střídajících hráčů	85
6.6	Analýza nadstaveného času v utkání v kontextu BIP	87
6.7	Nejednoznačnost v hodnocení fyzické únavy ve fotbalovém utkání.....	89
6.1	Limity výzkumu.....	90
6.2	Zhodnocení stanovených hypotéz výzkumu	91
7	ZÁVĚR	93

1 ÚVOD

Zátěž v utkání je vnímána jako nejkomplexnější a nejrelevantnější forma zatížení, která reflektuje skutečné nároky fotbalu. Utkání, ne tréninkový proces, je rozhodujícím faktorem pro hodnocení hráče ze strany veřejnosti, fanoušků, trenérů, skautů, sportovních manažerů i vlastníků klubů. Právě tyto výkony hráče představují klíčové měřítko, které výrazně ovlivňuje rozhodování o budoucí spolupráci, hráčském uplatnění či výši smluvního kontraktu.

V posledních desetiletích dochází k intenzivnímu rozvoji metod sledování fyzické zátěže hráčů, a to jak v tréninkovém, tak soutěžním prostředí. Tento pokrok je umožněn zejména díky technologickému vývoji v oblasti GPS/GNSS zařízení (globálních lokalizačních systému), akcelerometrů a nástrojů pro monitorování srdeční frekvence, které přinášejí nové možnosti objektivního vyhodnocení pohybové aktivity a zatížení hráčů v utkání jak retrospektivně, tak i v reálném čase (Akenhead & Nassis, 2016; Buchheit & Simpson, 2017). Navzdory obrovskému technologickému pokroku v posledních dvou dekadách se způsob, jakým se díváme na zatížení v utkání, výrazně nezměnil.

Většina studií i přístupy v klinické praxi se zaměřují na celkový (kumulativní) objem fyzické zátěže a rozdíly mezi hráči. Jen omezené množství výzkumů systematicky analyzuje časový vývoj externí zátěže v průběhu celého utkání a jeho vztah k jednotlivým herním pozicím a dalším aspektům. Na základě omezeného množství dosavadních výzkumů víme, že fyzické zatížení hráčů má tendenci v průběhu utkání klesat. Tento pokles je typicky přisuzován nástupu fyzické únavy (Carling & Dupont, 2011; Di Salvo et al., 2009; Kołodziejczyk et al., 2023; Kunzmann et al., 2022; Oliva-Lozano et al., 2024) bez ohledu na to, že se v utkání odehrává řada dalších dějů, mění se skóre utkání, mění se herní situace, mění se držení míče a mění se i samotní hráči na hřišti. Tato skutečnost nás vedla k úvaze, zda nárůst fyzické únavy, který byl prokázán prostřednictvím různých fyziologických měření, a jeho zdánlivá asociace s poklesem zatížení v průběhu utkání skutečně představuje příčinu tohoto poklesu. Víme, že samotná asociace nemusí nutně znamenat kauzalitu. Pomůžeme si příkladem, který použil profesor Franco Impellizzeri na jedné z jeho přednášek. Když v přímořské krajině v létě narůstá spotřeba zmrzliny a zároveň i počet útoků žralokem, přestože tyto

dva jevy korelují, neznamena to, že žraloci útočí, protože lidi konzumují více zmrzliny. Pravděpodobným vysvětlením bude přítomnost třetí, kontextuální proměnné.

Právě kontextuální faktory a jejich vliv na změny fyzické zátěže během utkání jsou hlavním předmětem této vědecké práce. Pro nás primárním, avšak dosud vědeckou obcí spíše opomíjeným faktorem, je aktivní hrací čas, respektive doba, kdy je míč ve hře (BIP). Průměrně BIP tvoří přibližně 55–60 % celkového hracího času, zatímco zbývajících 40–45 % tvoří přerušení a situace, kdy míč opustil hrací plochu (Jerome, 2023; Zhao & Zhang, 2021b). Přestože se jedná o obrovskou proporcii času utkání, je v analýzách fyzického zatížení často zcela opomíjena. V důsledku toho zůstává nejasné, zda, a případně jak, se právě BIP podílí na objemu a dynamice zatížení během utkání. Stejně tak není dostatečně prozkoumáno, zda jsou změny zatížení v průběhu utkání pozičně specifické, případně jaký vliv mají střídající hráči, kteří do utkání vstupují s jinou výchozí úrovní zatížení i motivace.

Obecným cílem práce je poukázat na důležitost kontextualizace analýzy fyzického výkonu v utkání, ověřit vliv vybraných faktorů na změny zatížení v průběhu utkání a nabídnout postupy a doporučení pro klinickou praxi, které povedou k lepšímu pochopení dynamiky herního dění. To může mít také vliv na celý tréninkový proces a plánování tréninkové zátěže, která bude mnohem lépe odpovídat specifickým nárokům utkání.

Disertační práce vznikla s částečnou podporou grantových projektů GAUK 288823 (hlavní řešitel) a START/SOC/066 (spoluřešitel). Její podoba byla výrazně ovlivněna odbornými zkušenostmi hlavního řešitele, které během doktorského studia získal, především aktivní participací na činnosti Laboratoře sportovní motoriky, zahraniční výzkumnou stáží na University of Birmingham i působením v klinické praxi v prostředí mládežnického i profesionálního fotbalu. V přímé návaznosti na realizovaný výzkum vznikly zahraniční vědecké publikace (Anderson et al., 2024; Varjan et al., 2023) a dílčí výsledky byly prezentovány na mezinárodních konferencích (Varjan et al., 2023). Další odborné výstupy budou následovat.

2 TEORETICKÝ PROBLÉM ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 Základní charakteristika pohybového výkonu ve fotbale

Fotbal je vysoce náročný a komplexní kolektivní sport, který se vyznačuje intermitentním charakterem zatížení. Během přibližně 90 minut kombinuje krátké úseky vysoké intenzity (sprinty, akcelerace, změny směru) s fázemi nízké či střední intenzity pohybu (klus, chůze) (Torres-Ronda et al., 2022), které se střídají v náhodných časových intervalech. Výsledkem je hybridní metabolismus při získávání a spotřebě energie, s převahou aerobního metabolismu, ale v kritických momentech utkání dochází k anaerobnímu zatížení, zejména při opakovaných aktivitách ve vysoké intenzitě (Bangsbo et al., 2006, 2008). Aerobní a anaerobní kapacita hráče představují základní fyziologické pilíře, na kterých stojí fyzický výkon ve fotbale.

- a) **Aerobní kapacita**, chápána jako schopnost organismu efektivně zásobovat svaly kyslíkem při dlouhodobé submaximální zátěži, je důležitá především pro obnovu energie mezi jednotlivými úseky vysoké intenzity. To přímo ovlivňuje schopnost hráče udržet herní výkon v průběhu celého utkání, minimalizovat pokles výkonnosti a optimalizovat zotavení během krátkých přestávek v pohybu, nebo během aktivit při nízké intenzitě (Bangsbo et al., 2006). Základním metabolickým procesem, který se na tom podílí, je aerobní glykolýza, kdy pyruvát vzniklý z glukózy vstupuje do Krebsova cyklu a následně do oxidační fosforylace, produkuje přibližně 36–38 ATP na molekulu glukózy, což umožňuje dlouhodobou aktivitu v submaximální intenzitě a podporuje obnovu energetických rezerv (van Loon et al., 2001). Aerobní kapacitu obvykle měříme pomocí parametru VO_{2max} , který udává maximální množství kyslíku, jež je hráč schopen využít během fyzické aktivity (Angius et al., 2012). Vyšší VO_{2max} přispívá k rychlejší eliminaci vodíkových iontů, odbourávání laktátu a efektivní obnově fosfokreatinu mezi sprinty, což umožňuje hráči provádět opakované vysoce intenzivní (explozivní) činnosti bez výkonnostního propadu (Buchheit & Mendez-Villanueva, 2014).
- b) **Anaerobní kapacita** umožňuje hráči zvládat opakované krátkodobé výkony ve vysoké intenzitě, jako jsou sprinty, akcelerace nebo náhlé změny směru. Tento typ zátěže je typicky pokrýván dvěma anaerobními systémy: **alaktátovým** (ATP-CP), který zajišťuje energii pro výkony do 6–10 s (Buchheit & Mendez-Villanueva, 2014). Jakmile se vyčerpá, je energetický výdej krytý **laktátovým**

systemem, během kterého probíhá anaerobní glykolýza. Je to proces, kdy je glukóza přeměněna na pyruvát, který je ve svazech redukován na laktát. Tento krok regeneruje NAD^+ (nikotin adenin dinukleotid), což umožňuje pokračování glykolýzy v podmínkách nízkého přívodu kyslíku. Přestože jsou produkovány jen 2 ATP (adenosintrifosfát) na molekulu glukózy, anaerobní glykolýza reaguje extrémně rychle, a tím umožňuje podporu výkonů trvajících až kolem 120 sekund (Bogdanis et al., 1996).

Rychlostní schopnosti představují ve fotbale jednu z nejkritičtějších složek fyzického výkonu (Maly et al., 2014). Jsou to činnosti vykonávané s maximálním úsilím a intenzitou po dobu nepřesahující 15 sekund, a to bez překonávání odporu, případně pouze proti odporu nižšímu než 20 % maximální hodnoty (Coçkun et al., 2014). Výsledky studií jednoznačně naznačují, že elitní fotbalisté dosahují lepších výsledků v lineárním sprintu na krátkou vzdálenost, ale i vyšší maximální rychlosti než hráči působící na nižší výkonnostní úrovni (Haugen et al., 2014). Toto neplatí jenom pro lokomoční rychlost, ale také pro rychlost reakce (Coçkun et al., 2014). Samotné rychlostní schopnosti se zdají být významně geneticky podmíněny (Murtagh et al., 2020; Petr et al., 2022). Genetická predispozice se neomezuje pouze na poměr rychlých a pomalých svalových vláken (Maly & Dovalil, 2016), ale zahrnuje také kvalitu centrální nervové soustavy, která hraje klíčovou roli v řízení rychlosti reakce.

Silové schopnosti doplňují profil fotbalového hráče a jsou přímo spojeny s klíčovými metrikami výkonu ve fotbale. Přímý dopad na výkon hráče ve fotbalovém utkání má hlavně explozivní síla, která se zrcadlí v rychlosti sprintu, výšce skoku i změnách směru. Silnější hráči mohou sprintovat rychleji, skákat výš a je prokázán i pozitivní vliv síly na rychlost a přesnost kopu, což jsou kritické herní činnosti (Swinnen, 2016). Silnou korelaci mezi úrovní maximální síly v dřepch a časem sprintu na 10 m a výškou vertikálního výskoku u elitních fotbalistů potvrdil Wisløff et al. (2004). Pro monitoring a správné nastavení procesu rozvoje explozivní síly se v moderním fotbale používá trénink založený na rychlosti pohybu (VBT, z anglického „velocity-based training“) (Guerriero et al., 2018). Zásadním benefitem dobré úrovně silových schopností je snižování rizika zranění. Randomizovaná studie u elitních mladých fotbalistů prokázala, že správně designovaný silový rozvoj hráče vede k výraznému snížení incidence zranění (Durán-Custodio et al., 2025).

Agilita je definována jako: „*rychlý pohyb celého těla spojený se změnou rychlosti nebo směru v reakci na externí podnět*“ (Sheppard & Young, 2006). Agilita není jen o fyzickém pohybu, ale zahrnuje také kognitivní dovednosti, jako je rozhodování a předvídání (Young et al., 2022). Tato komplexní dovednost je zásadní pro řadu pohybů, jakými jsou rychlé změny směru, vyhýbání se soupeřům a udržování kontroly nad míčem, které jsou nezbytné pro ofenzivní i obrannou fázi hry. To všechno z ní činí klíčový determinant fyzického výkonu ve fotbalových utkáních (Dos'Santos et al., 2022; Paul et al., 2016).

Proč jsou vysoce intenzivní činnosti (běhy ve vysoké intenzitě a ve sprintu, akcelerace a decelerace) klíčové pro výkon ve fotbale a proč je jim přikládána největší důležitost, i navzdory tomu, že mají výrazně nižší zastoupení v utkání ve srovnání s pohybem v nízké intenzitě? Důvody tkví zejména v monitoringu zatížení a únavy hráčů, jelikož pohyb ve vysoké intenzitě představuje výraznou mechanickou a neuromuskulární zátěž. Vysoce intenzivní decelerace jsou spojeny s vysokými excentrickými silami, představují totiž mimořádné mechanické zatížení svalově-kosterního systému a jsou spojeny s vyšším rizikem mikropoškození svalů a následné únavy. Akcelerace mají na druhou stranu výraznější metabolické zatížení (Gastin et al., 2019; Harper et al., 2019). Pokud tyto fyzické nároky spojíme s nedostatečně řízeným tréninkovým zatížením a nedostatečnou regenerací, často dochází k akutnímu či chronickému přetížení specifických svalových skupin, což ve svém důsledku výrazně zvyšuje riziko vzniku zranění (Sabato et al., 2016). Zároveň akce v maximální intenzitě jako sprinty, akcelerace a decelerace hrají klíčovou roli v rozhodujících momentech utkání, vstřelení branky, obejití soupeře, obranných zákrocích, rychlých přechodech do útoku apod. (Kovacevic et al., 2022). Z praktických zkušeností vyplývá, že hráči, kteří jsou v těchto fyzických komponentech nadstandardní, jsou na hráčském trhu vysoce ceněni. Tento trend není omezen pouze na seniorské kategorie, ale je patrný již ve výběrových procesech od nejmladších mládežnických kategorií (Varjan et al., 2025).

Vytrvalostní schopnosti hrají ve fotbale zásadní roli při udržení výkonu během celého 90minutového utkání. Jejich nižší či nedostatečná úroveň vede k dřívějšímu nástupu únavy, která je provázena zhoršením přesnosti, snížením úrovně pozornosti a následným zvýšeným výskytem chyb, což signifikantně ovlivňuje kvalitu specifických fotbalových dovedností (Altmann et al., 2020; Maly et al., 2018; Varjan, 2018). Velmi důležitý je jejich pozitivní vliv na regeneraci. Vyšší úroveň především dlouhodobé

vytrvalosti většinou znamená také rychlejší průběh zotavovacích procesů. Přispívá ke schopnosti hráče zvládat opakované výkony krátkého trvání a vysoké intenzity, mezi které patří sprinty, rychlé akcelerace a prudké změny směru (Bangsbo et al., 2006).

2.1.1 Externí a interní zátěž ve fotbale

Ve fotbale se rozlišují dvě klíčové dimenze zátěže: externí a interní.

Externí zátěž: Objektivně měřitelný soubor fyzických činností, které sportovec vykoná, vyjádřený prostřednictvím kvantitativních parametrů. Jedná se o vnější projevy pohybové aktivity, jakými jsou celková uběhnutá vzdálenost, počet sprintů, akcelerací a decelerací či různé rychlostní a silové ukazatele (Beato et al., 2023).

Interní zátěž: Vyjadřuje fyziologickou a psychologickou odezvu organismu na dané fyzické zatížení. Měříme ji například pomocí srdeční frekvence (SF), hormonálních markerů či subjektivního vnímání zátěže hráčem (Inoue et al., 2022).

Interakce mezi externím a interním zatížením se ukázala být klíčová pro pochopení individuální adaptace a efektivity tréninku i prevenci zranění. Newton et al. (2019) tento vztah označil za symbiotický, jelikož každá fyzická činnost generuje nějakou fyziologickou a psychologickou odezvu. Například hráči vystavení stejné externí zátěži (stejná celková absolvovaná vzdálenost) mohou mít zcela odlišnou interní odezvu v závislosti na aktuální kondici, únavě nebo psychickém stavu (Dudley et al., 2023). Tato skutečnost má zásadní význam pro prevenci zranění a efektivní plánování regenerace, neboť vysoká interní zátěž při nízké externí zátěži může signalizovat nadměrný fyziologický stres, zatímco nízká interní zátěž při vysokém externím zatížení bude spíše poukazovat na vysokou úroveň připravenosti sportovce. Proto pokud chceme porozumět skutečnému zatížení sportovce, musíme oba aspekty sledovat paralelně. Izolované sledování jednoho typu zátěže nám poskytuje jenom částečnou informaci, tedy může být zavádějící (Helwig et al., 2023; Lima-Alves et al., 2021). Systematická rešerše na toto téma doporučuje pro kvantifikaci vztahu mezi těmito dvěma složkami používat tzv. „Efficiency Index“, který prostřednictvím poměru mezi externím a interním zatížením kombinuje tyto složky a umožňuje komplexnější posouzení připravenosti hráče (Lima-Alves et al., 2021).

V monitoringu zatížení ve fotbale se z pohledu určování zón intenzity jednotlivých parametrů používají dvě metody kategorizace, a to **absolutní a relativní zóny**. Nejčastěji se tyto zóny uplatňují na parametry běhů v různých intenzitách, u akcelerací a decelerací, případně při měření srdeční frekvence. Absolutní zóny jsou pevně stanovené hranice intenzity (např. 19,8–25,2 km/h pro běh ve vysoké intenzitě), které jsou aplikovány na všechny hráče bez ohledu na jejich individuální fyzické kapacity. Tato metoda má výhodu jednoduchosti a umožňuje přímé srovnání mezi hráči nebo týmy, nicméně ignoruje interindividuální rozdíly ve fyziologii a výkonnosti. Naproti tomu relativní zóny jsou stanoveny na základě individuálních charakteristik. Tradičně se používá individuální maximum, např. procenta z maximální rychlosti (u externího zatížení), nebo z $VO_{2\max}$ (u interního zatížení), a tak lépe reflektují skutečné zatížení konkrétního hráče (Douchet et al., 2023; Macedo et al., 2024). Ukazuje se, že korelace mezi interními a externími ukazateli (např. srdeční frekvence a čas strávený v rychlostních pásmech) byly vyšší při použití relativních rychlostních zón, což podporuje jejich využití při hodnocení individuální odezvy organismu na zatížení (Helwig et al., 2023; Rago et al., 2020).

2.1.1.1 Klíčové metriky pro monitorování externí zátěže ve fotbale

Tato podkapitola se zaměří na tzv. herní externí zátěž na hřišti. V tréninkovém procesu se můžeme potkat i s tzv. neherní externí zátěží, mimo hřiště, např. zátěž v posilovně, rozcvičení hráčů atd. V tréninkovém procesu je nutné vzít v potaz a analyzovat všechny tyto složky (Newton et al., 2019).

Uvádíme nejčastěji používané metriky externího zatížení v mužském seniorském fotbale dle vybraných systematických rešerší a metaanalýz (Gómez-Carmona et al., 2020, 2020; Hader et al., 2019; Macedo et al., 2024; Miguel et al., 2021; Rago et al., 2020; Teixeira et al., 2021):

- **Celková absolvovaná vzdálenost**

Vzdálenost absolvovaná v jednotlivých rychlostních zónách. V literatuře se však objevují různé hranice pro klasifikaci těchto zón. Na základě systematické rešerše Rago et al. (2020) jsme uvedli zóny, které se ve vědeckých studiích objevují, a zvýraznili nejčastěji používané zóny.

- **Chůze** <7,2 km/h
<7 km/h
- **Klus** 7,2–14,4 km/h
7–13 km/h
7–12 km/h
- **Běh** 14,4–19,8 km/h
15,1–19,8 km/h
14–20 km/h
15–20 km/h
14,4–21,5 km/h
>14,4 km/h
>16 km/h
- **Běh ve vysoké intenzitě** 19,8–25,2 km/h
20–25 km/h
19–23,9 km/h
21,6–25,2 km/h
>19 km/h
>19,8 km/h
>20 km/h
>20,9 km/h
- **Sprint** >25,2 km/h
>20 km/h
>21 km/h
>24 km/h
>25 km/h

- **Maximální rychlost**

U akcelerací a decelerací se spolehlivější metrikou zdá být jejich počet, i když v teorii i klinické praxi se někdy objevuje kalkulace vzdálenosti absolvované v akceleracích a deceleracích (Akenhead et al., 2016). V literatuře se objevují různé hranice pro klasifikaci zón intenzity, zároveň mohou být zóny různě posunuté dle potřeb týmů. Na základě systematické rešerše Rago et al. (2020) jsme uvedli zóny, které se ve vědeckých studiích objevují, a zvýraznili nejčastěji používané zóny.

- **Zóna 1** **0–1 m/s²**
- **Zóna 2** **1–2 m/s²**
 $>1 \text{ m/s}^2$
 $>2 \text{ m/s}^2$
- **Zóna 3** **2–3 m/s²**
 $2–3,5 \text{ m/s}^2$
 $>2 \text{ m/s}^2$
 $>2,5 \text{ m/s}^2$
- **Zóna 4** **$>3 \text{ m/s}^2$**
 $>3,5 \text{ m/s}^2$
 $>4 \text{ m/s}^2$
 $4–5 \text{ m/s}^2$ (Vampola et al., 2025)
- **Zóna 5** $>5 \text{ m/s}^2$ (Vampola et al., 2025)

Komplexní parametry pro hodnocení externí zátěže:

- **PlayerLoad** – Vychází z multidimenzionálních akcelerometrických dat a reflektuje celkové mechanické zatížení. Kalkulace se může lišit vzhledem k poskytovateli GPS technologie (Boyd et al., 2011).
- **HMLD** – Vzdálenost s vysokým metabolickým zatížením (z anglického „High Metabolic Load Distance“). Vzdálenost, kterou hráč absolvuje při energetickém výdeji vyšším než $25,5 \text{ W/kg}$. Tato hodnota odpovídá běhu konstantní rychlostí $19,8 \text{ km}$ na travnatém povrchu. Do hodnoty HMLD jsou promítnuty také akcelerace a decelerace.

Je důležité uvést, že výše uvedené zóny byly primárně stanoveny pro dospělou mužskou populaci. V jiných kategoriích, jako jsou mládežnickí hráči nebo ženské týmy, se fyziologické charakteristiky, například maximální rychlost nebo celková pohybová kapacita, liší. Z tohoto důvodu bývají zóny intenzity pohybu pro tyto skupiny často upravovány, aby lépe odrážely jejich individuální výkonnostní možnosti a předešlo se nepřesné interpretaci dat. Používání jednotných hranic bez ohledu na věk či pohlaví by mohlo vést k podhodnocení nebo naopak nadhodnocení skutečné intenzity zatížení (Dudley et al., 2023; Macedo et al., 2024).

2.1.1.2 Klíčové metriky pro monitorování interní zátěže ve fotbale

V rámci monitoringu interní zátěže se tradičně rozlišují dvě hlavní skupiny ukazatelů. Jedná se o **objektivní** fyziologická měření, jako je například srdeční frekvence a **subjektivní** hodnocení vnímané námahy hráčem, obvykle realizované prostřednictvím hodnotících škál (např. Borgova škála). Dle vybraných systematických rešerší uvádíme základní parametry interního zatížení, které jsou nejpoužívanější a zároveň doporučené k používání v klinické praxi (Dudley et al., 2023; Lima-Alves et al., 2021; Macedo et al., 2024; Miguel et al., 2021):

- **Srdeční frekvence** – Objektivní metoda pro hodnocení interní zátěže. Kromě maximální srdeční frekvence monitorujeme čas strávený v konkrétních zónách srdeční frekvence, vyjádřených pomocí procenta z maximální hodnoty SF (Alexandre et al., 2012). Níže uvádíme nejčastěji používané zóny SF:
 - Zóna 1 <60 % SF_{max}
 - Zóna 2 60–70 % SF_{max}
 - Zóna 3 70–80 % SF_{max}
 - Zóna 4 80–90 % SF_{max}
 - Zóna 5 >90 % SF_{max}
- **TRIMP** – Tréninkový impulz. Objektivní metoda pro hodnocení interní zátěže. Jde o numerické vyjádření tréninkové zátěže vypočítané jako součin trvání zátěže, relativní srdeční frekvence vůči SF_{max} a váhového faktoru reflektujícího intenzitu (závislého na srdeční frekvenci a zatížení organismu) (Banister, 1991).
- **RPE** – Hodnocení vnímané únavy (z anglického „Rating of Percieved Exertion“). Subjektivní metoda hodnocení intenzity fyzické zátěže hráčem. Původní hodnotící škála je na stupnici od 6 do 20 (Borgova škála), nové úpravy poskytují zjednodušenou verzi se stupnicí 1–10 (Foster et al., 2001). V současnosti se používají i další rozšíření:
 - sRPE – Subjektivní hodnocení náročnosti tréninku (z anglického „session RPE“). Výpočet je následovný: RPE × trvání aktivity (v minutách)
 - dRPE – Diferencované subjektivní hodnocení námahy (z anglického „differentiated RPE“). Rozlišuje jednotlivé složky zatížení, které se individuálně hodnotí, typicky: Respirační RPE (dRPE-R), Lokomoční/svalová RPE (dRPE-L), Kognitivní RPE (dRPE-C).

2.2 Fyzické zatížení ve fotbalovém utkání

Monitoring externí zátěže ve fotbalových utkáních se stává stále rozšířenějším nástrojem, který poskytuje cenné poznatky o fyzických nárocích kladených na hráče (Casamichana et al., 2022). Herní zatížení bylo dlouho vnímáno a používáno jako základní hodnotící aspekt výkonnosti hráče. V současné době se začíná ukazovat, že herní zatížení je ovlivňováno širokou škálou kontextuálních faktorů (Anderson et al., 2024). Proto bychom měli vysokou fyzickou zátěž v utkání vnímat spíše jako důsledek herního dění než jako kritérium úspěchu hráče nebo příčinu vítězství v utkání (Mandorino et al., 2025). Monitoring zátěže v utkání má ale své nezastupitelné opodstatnění, jelikož pomáhá optimalizovat tréninkové plány, předcházet zraněním a zvyšovat celkovou výkonnost týmu (Düking et al., 2016).

Výzkumy ukazují, že průměrný hráč během soutěžního utkání pokryje celkovou vzdálenost přibližně 10 až 13 km (Alonso-Callejo et al., 2022). Tato vzdálenost však není absolvována konstantní rychlostí, a proto se obvykle rozděluje do několika rychlostních zón. Studie uvádějí, že pohyb v nízké intenzitě tvoří 70–75 % celkové vzdálenosti, naopak vzdálenost ve vysokých intenzitách tvoří často méně než 10 % celkové vzdálenosti (Bangsbo et al., 2006; Bradley et al., 2010). Konkrétně chůze představuje ~3800 m, což představuje ~35 % celkové vzdálenosti. Hráči absolvují v klusu ~4500 m, což je ~40 % celkové vzdálenosti, v běhu ~1800 m, tedy ~17 % celkové vzdálenosti, v běhu ve vysoké intenzitě absolvují hráči ~700 m, tedy jenom 6–7 % celkové vzdálenosti a nakonec ve sprintu absolvují hráči ~190 m, což tvoří pouhých ~2 % celkové vzdálenosti (Jerome, 2023). Je také důležité analyzovat maximální rychlost dosaženou během utkání, která může dosahovat hodnot od 25 do 35 km/h, avšak u nejrychlejších hráčů i hodnot vyšších než 35 km/h (Bradley, 2023; Bradley et al., 2010). Schopnost dosáhnout vyšší maximální rychlosti vytváří v utkání významnou konkurenční výhodu. Kromě rychlostních parametrů se zvyšuje význam akcelerací a decelerací, které zatěžují organismus i při relativně nízkých rychlostech. V jednom utkání jich může být i několik set, a představují tak významný faktor mechanického zatížení (Dalen et al., 2016). V průměrném utkání hráči typicky vykonají 1000–1400 změn směru, rychlosti či typu pohybu, což klade značné nároky na pohybový systém hráče (Mohr et al., 2003). Pozorujeme velkou variaci v intenzivních ($>3 \text{ m/s}^2$) akceleracích a deceleracích, jejichž počet se tradičně pohybuje mezi 30–80 v průběhu utkání (Akenhead et al., 2016; Dalen et al., 2016; Morgans et al., 2024).

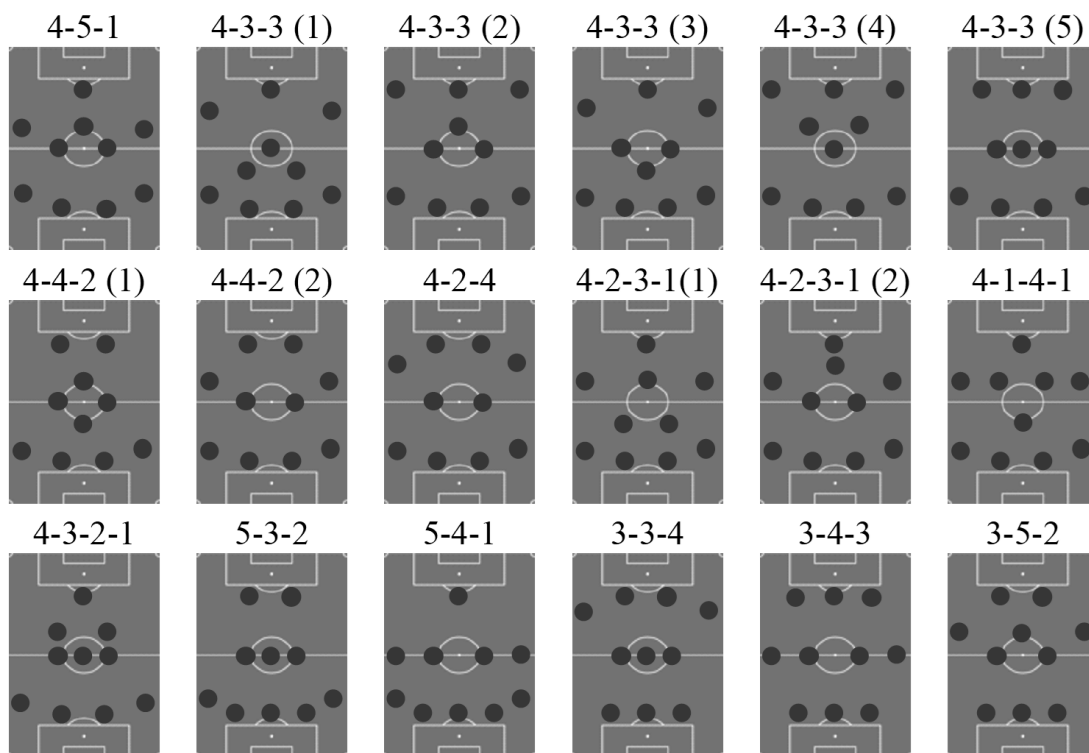
Zajímavým zjištěním je, že v nižších a středních intenzitách ($<4 \text{ m/s}^2$) pozorujeme výraznou převahu akcelerací, naopak ve vysokých intenzitách se tento poměr otočí ve prospěch decelerací (Vampola et al., 2025). Výše uvedené hodnoty představují typické týmové hodnoty, avšak je důležité zdůraznit, že externí zatížení během utkání je silně ovlivněno individuálními charakteristikami hráče, jeho herní pozicí a taktickým herním systémem, ve kterém se tým pohybuje (Castellano et al., 2025).

Hodnocení herní zátěže vyžaduje zohlednění **variability externího zatížení mezi jednotlivými utkáními**. V celkové vzdálenosti mohou rozdíly mezi utkáními dosáhnout koeficientu variability (CV) cca 5 %. U aktivit s vyšší intenzitou se variabilita zvyšuje. Na základě analýzy 7 281 utkání hráčů Premier League se zjistilo, že variabilita ve vzdálenosti běhů ve vysoké intenzitě dosahovala hodnoty $CV = 16,2 \pm 6,4 \%$, zatímco u sprintové vzdálenosti dosáhla $CV = 30,8 \pm 11,2 \%$ (Gregson et al., 2010). Carling et al. (2016) zároveň upozorňují, že krátkodobé výkyvy mezi po sobě jdoucími utkáními mohou být u běhů ve vysoké intenzitě větší než průměrná sezonní variabilita a mohou přesahovat i 25 %. Zároveň bylo zjištěno, že extrémní hodnoty zatížení se objevují spíše nepravidelně. Např. maximální hodnoty sprintu byly zaznamenány jen ve 3–4 utkáních z 10, což znamená, že „standardní“ zatížení ve většině utkáních nedosahuje úrovně maximální kapacity hráče (Teixeira et al., 2024).

2.2.1 Specifika herních formací a herních pozic

Müller-Budack et al. (2019) popisují herní formaci jako: *„Prostorové uspořádání hráčů v rámci týmu. Předpokládá se přitom, že všech deset hráčů v poli (kromě brankáře) se nachází na hřišti, a formace je definována jako množina deseti odlišných rolí, které jsou reprezentovány svou dvourozměrnou polohou na fotbalovém hřišti. Pro zjednodušení se tyto role často seskupují do taktických celků, jako jsou obránci, záložníci a útočníci, aby bylo možné vytvořit číselnou reprezentaci formace. Tato číselná schémata, např. 4-2-3-1 nebo 4-4-2, definují taktickou formaci týmu.“* Nejčastěji používané herní formace jsou graficky prezentovány na obrázku 1. Různé formace diktují, jak jsou hráči distribuováni po celém hřišti, což ovlivňuje jejich role a odpovědnosti, a to zase ovlivňuje fyzické nároky kladené na hráče. Bylo zjištěno, že taktické rozestavení ovlivnilo vzdálenost ve vysoké intenzitě, počet sprintů, počet aktivit ve vysoké intenzitě a počet akcelerací alespoň se střední velikostí účinku. V uvedených parametrech hráči ve formaci 4-4-2 vykazovali nižší fyzické zatížení než ve většině ostatních rozestavení, a proto může být považováno za jedno z fyzicky

nejméně náročných rozestavení (Forcher et al., 2023). Naopak formace s menším počtem obránců, například 3-5-2, vyžadují, aby zejména střední obránci překonali větší sprintové vzdálenosti než formace se čtyřmi obránci a zároveň klade vysoké nároky na změny směru i akcelerace (Forcher et al., 2022).



Obrázek 1. Grafické šablony populárních herních formací ve fotbalovém utkání, vytvořené odborníky na danou problematiku. Pokud je rozestavení nejednoznačné, jsou uvedeny různé varianty. Převzato a upraveno podle (Müller-Budack et al., 2019)

Na základě herních formací jsou definované herní pozice, které klasifikujeme pomocí dvou základních typů: horizontálního a vertikálního členění herních pozic. **Vertikální členění** rozděluje herní pozice na brankáře, obránce, záložníky a útočníky. **Horizontální členění** dělí pozice na krajní (levá krajní, pravá krajní) a středové pozice. Kombinací těchto členění vznikly herní pozice, jak je známe dnes. Nejvíc zaužívaná klasifikace herních pozic je následující (Sarmiento et al., 2024):

- Brankář
- Střední obránce
- Krajní obránce
- Střední záložník
- Krajní záložník
- Útočník

Střední obránci zaznamenávají nejnižší externí zátěž mezi hráči v poli. Pokrývají menší celkovou vzdálenost a zapojují se do menšího počtu běhů ve vysoké intenzitě a sprintů, ve srovnání s jinými pozicemi. Jejich role zahrnuje udržování kompaktnosti obranné linie, která vyžaduje menší pohyb po hřišti, ale zahrnuje časté akcelerace a decelerace a náročné fyzické souboje (Beato et al., 2024; Long et al., 2022). Pozice krajního obránce vyžaduje rovnováhu mezi obrannými povinnostmi a podporou ofenzivních činností týmu, což vede k vysokému externímu zatížení. Ve srovnání se středními obránci jde zejména o výrazný nárůst běhů ve vysoké intenzitě a ve sprintu (Panduro et al., 2022). Střední záložníci jsou většinu času v těžišti hry a jsou zapojeni do ofenzivních i defenzivních činností, což vyžaduje vysoké nároky na úroveň aerobní zdatnosti. Hráči na této pozici typicky absolvují nejvyšší celkovou vzdálenost v utkání a jejich zátěž je charakteristická velkým počtem středně intenzivních akcelerací a decelerací (Asian-Clemente et al., 2024; Panduro et al., 2022). Pozice krajního záložníka vykazuje vysoké nároky na externí zátěž, zejména na aktivity ve vysoké intenzitě a ve sprintu. Vyplývá to zejména z jejich role vytváření útočných příležitostí, náběhů za obranu a překonávání soupeře v individuálních soubojích 1 na 1 (Beato et al., 2024; Panduro et al., 2022). Útočníci, podobně jako krajní obránci a krajní záložníci, jsou často zapojeni do aktivit ve vysoké intenzitě. Přestože můžou zaznamenat nižší celkovou vzdálenost než záložníci, intenzita pohybu je vysoká a souvisí také z překonáváním obranné linie, účastí v osobních soubojích a střílením gólů (Long et al., 2022; Panduro et al., 2022). Podrobný profil těchto herních pozicí, prezentovaný v tabulce 1, vytvořil na základě vlastních výsledků i výsledků dalších vědeckých studií ve své práci (Maly, 2020).

Tabulka 1. Profil herních pozic a jejich kritické charakteristiky. Převzato a upraveno podle Malý (2020)

	Střední obránce	Krajní obránce	Střední záložník	Krajní záložník	Útočník
Celková vzdálenost	9 800–10 200 m	10 700–11 500 m	11 400–12 100 m	11 300–12 300 m	10 300–10 500 m
Vzdálenost ve vysoké intenzitě	450–550 m	800–1 300 m	60–800 m	900–1 300 m	700–1 000 m
Vzdálenost ve sprintu	80–120 m	200–300 m	60–100 m	230–380 m	150–230 m
Maximální rychlost	28–29 km/h	29–30 km/h	26–28 km/h	32,9 ± 2,0 km/h	33,1 ± 1,9 km/h
Akcelrace/Decelerace	70/70	69/88	80/100	105/87	80/80
Interní zatížení		Vysoké VO _{2max}	Vysoké VO _{2max}	5 % času nad 95 % SF _{max}	4 % času nad 95 % SF _{max}
Další charakteristiky specifické pro jednotlivé herní pozice	• Výška >185 cm • Hmotnost >80 kg • Přesnost přihrávek 85% • Nejvíce dlouhých přihrávek • Četnost vzdušných soubojů ve vzduchu • Úspěšnost vzdušných soubojů (57–63 %) • Nejvyšší absolutní impulz síly u výskoku • Vysoká izokinetická síla extenzorů kolena	• Vysoký výkon při intermitentním zatížení • Četnost odebraných míčů • Výskyt asymetrií u dolních končetin • Nižší izokinetická síla extenzorů kolene	• Vysoký výkon při intermitentním zatížení • Čas zotavení mezi intenzivními běhy (62s) • Nejvíce přihrávek • Přesnost přihrávek 83% • Četnost osobních soubojů na zemi • Četnost odebraných míčů • Nízké bilaterální silové asymetrie u výskoku	• Nejvíce činností ve vysoké intenzitě (~180) • Nejvíce sprintů (~53) • Čas zotavení mezi intenzivními běhy (51s) • Nejvíce centrů • Velký počet činností vedení míče • Nejvyšší absolvovaná vzdálenost s míčem • Vysoký výskok	• Výška >185 cm • Hmotnost >80 kg • Nejnížší úspěšnost přihrávek • Nejvíce zakončení • Soubojové chování ve vzduchu • Nejvyšší výskok • Nejvyšší relativní impulz síly u výskoku • Nejrychlejší lineární akcelrace (0–20 m)

Legenda: VO_{2max} – maximální spotřeba kyslíku; SF_{max} – maximální srdeční frekvence

Hlubší pohled na problematiku přináší detailní analýza zátěže dle herních pozic v elitních mezinárodních soutěžích (Mistrovství Evropy 2024 a Mistrovství světa 2022). Zatímco tradiční rozlišení na obranu, zálohu a útok zůstává formální oporou, realita výkonu vyžaduje detailní funkční členění hráčů, protože jak vidíme na obrázku 1, stejná pozice může mít jiný charakter v odlišném herním systému. Autoři na základě různých systémů klasifikovali až 13 herních pozic. Střední obránce rozlišovali podle zvolené herní strategie s tříčlennou nebo čtyřčlennou defenzivní linií. Důležité je rozlišení krajních obránců na defenzivnější typ „full back“ a ofenzivnější variantu „wing back“, která je v moderním pojetí fotbalu rozšířená a často se zapojuje do útočné fáze z křídelní pozice. Záložníci se nerozlišují pouze na krajní a střední, ale také podle své herní role, na defenzivní či ofenzivní. Právě ofenzivně ladění záložníci se často pohybují na podhroťové pozici, ve fotbalovém prostředí označované jako pozice číslo deset, která je tradičně spojována s nejkreativnějšími hráči týmu. Autoři zjistili, že například útočník operující jako osamocený „lone forward“ má odlišný fyzický profil než útočník hrající ve dvojici. Bývá méně pohyblivý, ale vykazuje vyšší počet zakončení. Nejenom herní pozice definuje zatížení hráče, ale i variabilita výkonu v rámci stejné pozice je vysoká. Např. sprintová vzdálenost má u defenzivních záložníků CV až 70 %, což znamená, že individuální výkonnost i v rámci jednoho postu může být velmi rozdílná (Bradley, 2023; Chen et al., 2025).

2.2.2 Dlouhodobý vývoj fyzického zatížení ve fotbalovém utkání

Fyzická náročnost fotbalových utkání zaznamenala v posledních dvou dekadách výrazný progres, který lze doložit rostoucími hodnotami ve vybraných ukazatelích externí zátěže. Jedním z tradičně sledovaných parametrů je celková absolvovaná vzdálenost v utkání. Zatímco v některých soutěžích, jako je anglická Premier League, došlo v období 2006/07 – 2012/13 ke zvýšení přibližně o 2 % (Barnes et al., 2014; Bush et al., 2015), data ze španělské La Ligy mezi sezonami 2012/13 a 2019/20 dokládají spíše pokles této hodnoty o 3,2 % (Lago-Peñas et al., 2023). Tento trend může být ovlivněn rozdílnými styly hry a taktickým zaměřením jednotlivých lig (Pons et al., 2021), avšak celkově se jedná o malé, vcelku nevýznamné změny celkové vzdálenosti v průběhu let.

Mnohem významnější posun jsme zaznamenali v činnostech ve vysoké intenzitě. Napříč soutěžemi a obdobími byl zaznamenán konzistentní nárůst zejména v bězích ve vysoké intenzitě a ve sprintu. této složky fyzické zátěže. V Premier League došlo během

sedmi sezon ke zvýšení běhů ve vysoké intenzitě o ~30 %, vzdálenost ve sprintu narostla o ~35 % a počet sprintů vzrostl o ~85 % (Barnes et al., 2014). Podobný vývoj potvrzují i novější data, kdy mezi sezonami 2014/15 a 2018/19 došlo v Premier League k dalšímu zvýšení vysoko-intenzivních běhů a sprintů o 12–15 % (Allen et al., 2024). V La Lize byl trend obdobný, i přes celkový pokles celkové vzdálenosti byl pozorován nárůst vzdálenosti a frekvence běhů ve vysoké intenzitě. Mezi lety 2012 a 2020 se tato vzdálenost zvýšila o 6,1 %, zatímco počet těchto běhů narostl až o 11,3 % (Lago-Peñas et al., 2023). Potvrzují to i data z období 2019/20 – 2022/23 z první a druhé španělské ligy, kde došlo k významnému nárůstu ve vysoko intenzivních bězích, zároveň se tyto hodnoty výrazně navýšily zejména ve druhých poločasech (García-Calvo et al., 2025).

Jedním z důležitých výstupů těchto studií je také vývoj v počtu tzv. explozivních sprintů, tedy sprintů zahájených bez předchozího vstupu do nižší rychlostní zóny. Jejich podíl na celkovém objemu sprintů vzrostl v Premier League ze 34 % v sezoně 2006/07 na 47 % v sezoně 2012/13 (Barnes et al., 2014). Zajímavým aspektem je rovněž změna v délce jednotlivých sprintů. Ta se v Premier League zkrátila z 6,9 m na 5,9 m (Barnes et al., 2014), což může reflektovat větší četnost kratších, explozivních sprintů spojených např. s presinkem či reakcemi na změny herních situací. Tyto změny zároveň zvyšují nároky na akceleraci a deceleraci, které pořád nejsou tak detailně sledovány, avšak hrají zásadní roli v zatížení pohybového aparátu a riziku zranění (Allen et al., 2024)

Nejedná se jenom o týmové změny herního zatížení. Bradley (2023) poukazuje na to, že v důsledku taktické evoluce, především rostoucí prevalence systémů 3-5-2 nebo 3-4-3, dochází k zásadnímu nárůstu fyzické náročnosti u krajních a křídelních obránců, kteří se významnější mírou podílejí na ofenzivních činnostech, s ponecháním defenzivních povinností. Právě pozice krajního obránce prošla za poslední dvě až tři dekády největší obměnou a stala se z ní jedna z fyzicky nejnáročnějších herních pozic (Chen et al., 2025). Potvrzením jsou i závěry studie Bush et al. (2015), která zjistila v Premier League mezi roky 2006–2013 nárůst vzdálenosti ve sprintu u krajních obránců o 63 %, zatímco u útočníků „jen“ o 36 %. V La Lize pozorovali menší relativní nárůst intenzivních běhů, který ale mohl být způsoben vyššími původní hodnotami zatížení krajních hráčů, než jak tomu bylo v Premier League (Lago-Peñas et al., 2023).

Souhrnně lze uvést, že vývoj fyzické zátěže ve fotbale jednoznačně směřuje k intenzifikaci činností s větším počtem krátkých, explozivních běhů a zvýšeným podílem sprintů. Je patrné, že moderním přístupem je kontextualizace fyzických dat

skrze technicko-taktické metriky, jako jsou počet náběhů za obrannou linii, doteky s míčem nebo obranné zákroky. Takový přístup umožňuje trenérům hodnotit fyzické utkání v kontextu herního dění a programovat tréninky odpovídající realitě výkonu daného hráče (Bradley, 2023; Chen et al., 2025).

2.2.3 Prostředky pro monitoring fyzického zatížení ve fotbalovém utkání

Měření fyzické zátěže ve fotbale se v posledních letech opírá o širokou škálu moderních technologií, které umožňují detailně sledovat externí a interní zatížení hráčů i v reálném čase (Buchheit & Simpson, 2017). Uvádíme nejpoužívanější prostředky, které se v současném fotbale používají po kvantifikaci fyzického zatížení:

- **GNSS/GPS** („Global Navigation Satellite System“ / „Global Positioning System“) – Globální družicový navigační systém, je nejpoužívanější způsob pro měření externího zatížení (celková vzdálenost, běhy v různých intenzitách atd.). GPS jednotky mají hráči umístěné mezi lopatkami v přiléhavé vestě. Přesnost měření je závislá na počtu připojených satelitů a jejich rozmístění. Je doporučeno používat zařízení z frekvencí záznamu 10 Hz a vyšší. Komerčně nejvíce rozšířené zařízení (Catapult, STATSports) vykazují v hodnocení přesnosti měření „ideální kvalitu“ (Principe et al., 2020). GPS zařízení se v praxi často kombinují s inerciálními měřicími jednotkami, které jsou přímo zabudované v GPS čipu.
- **IMU** (Inertial Measurement Units) – Inerciální měřicí jednotky jsou elektronická zařízení, která měří pohyb a orientaci těla v prostoru pomocí senzorů: triaxiální akcelerometr (měří zrychlení), gyroskop (měří úhlovou rychlost), magnetometr (měří orientaci vůči zemskému magnetickému poli) (Camomilla et al., 2016). Jednou skupinou jsou technologie vestavěny přímo do GPS jednotek, s vysokou snímací frekvencí, obvykle 100 až 1 000 Hz, což umožňuje přesné zachycení i drobných mikropohybů (Malone et al., 2017). Druhou skupinou jsou samostatně nositelné zařízení, jakým je například systém Playermaker, kombinující gyroskop a akcelerometr s frekvencí snímání až 1 000 Hz. Kromě akcelerací, změn směru, ale i celkové vzdálenosti pracuje i s taktickými daty, a to například počtem a intenzitou kontaktů s míčem (Serpiello et al., 2018).
- **Optické kamerové sledování** – Technologie pro měření externího zatížení, kdy systémy kamer převádějí obraz na x-y souřadnice (2D/3D) a poskytují přesné

informace o poloze hráčů na hřišti. Optické systémy (např. TRACAB, Hawk-Eye) jsou používány zejména ve špičkových soutěžích, jako je Liga mistrů, Mistrovství světa, nebo Evropy. Pořizovací náklady jsou nepoměrně vyšší než GPS technologie, avšak hráči na sobě nemusí mít žádné zařízení a zároveň tyto systémy vykazují lepší kvalitu měřených dat (Principe et al., 2020).

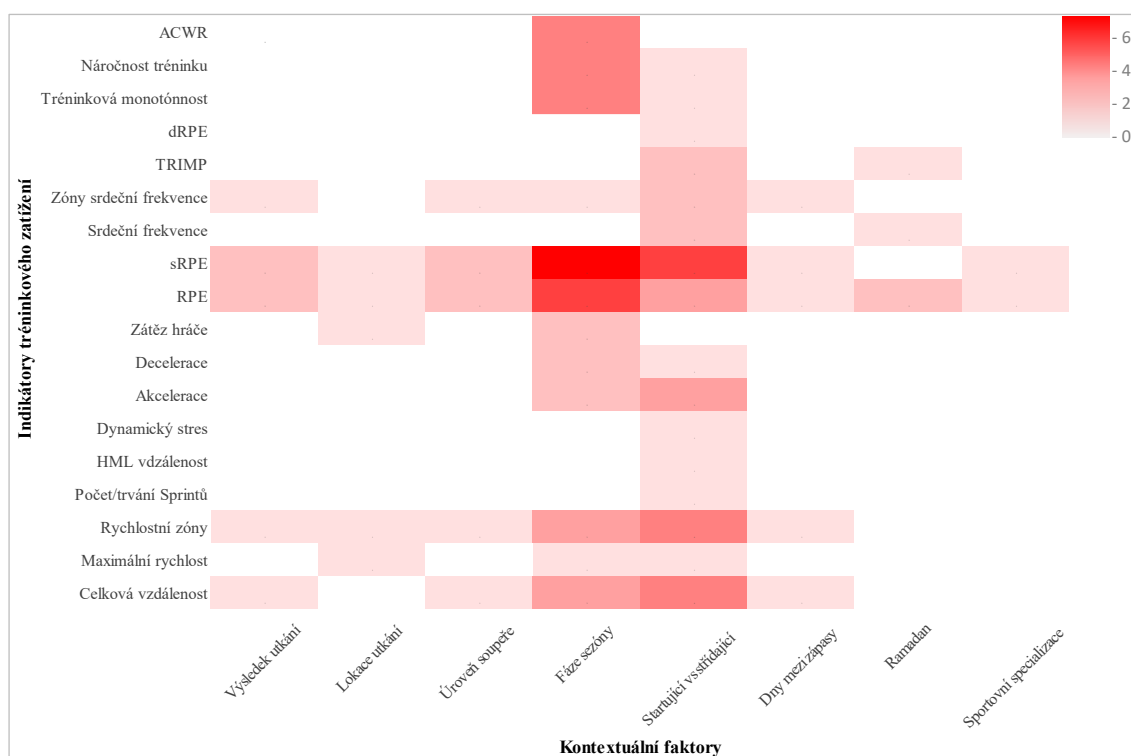
- **Monitoring srdeční frekvence** – Nejrozšířenější prostředek pro měření interní zátěže hráče. Využívají se především hrudní pásy s EKG technologií (Polar, STATSports), které poskytují vysokou přesnost i při dynamickém pohybu a jsou schopny zachytit i krátkodobé změny frekvence. Výhodou je kompatibilita a propojení s GPS technologií pro jednodušší integraci dat (Achten & Jeukendrup, 2003). Validita EKG hrudních pásů zůstává ve stacionárních podmínkách vysoká, nicméně při vysoké míře pohybu nebo kontaktu může být signifikantně narušena a naráží na jisté limity v klinické praxi (Buchheit & Simpson, 2017). V průběhu utkání dochází ke kontaktům, fyzickým soubojům a dynamickým pohybům trupu, kdy hráči často používají hrud' i při zpracování míče. V těchto situacích může dojít k posunu nebo uvolnění pásu, což vede ke ztrátě signálu, nepřesným hodnotám nebo zcela chybějícím datům.

Kromě výše uvedených technologií se ve fotbale stále častěji objevují i méně rozšířené prostředky pro sledování fyzické zátěže. Jedním z nich jsou lokální poziční systémy (LPS) založené na technologii „ultra-wideband“, která využívá pevně rozmístěné přijímače a vysílače ke sledování pohybu hráčů v reálném čase s prostorovou přesností až 10 cm a možností využití ve vnitřních prostorech. Tyto systémy vykazují vysokou přesnost při měření vzdálenosti a střední rychlosti (Serpiello et al., 2018), avšak jejich výkon může klesat při snaze zachytit intenzivní změny směru a nárazy (Alt et al., 2020). Telemetrické sítě (RTLS) pak kombinují různé technologie (např. Wi-Fi nebo infračervené signály) pro lokalizaci hráčů na menších plochách s vysokou snímací frekvencí, což umožňuje kontinuální sledování fyzické zátěže, přičemž hlavní nevýhodou těchto systémů je nutnost složité infrastruktury a vyšších nákladů (Luteberget et al., 2018). Biomechanické senzory, jako jsou tlumicí vložky s tlakoměrným systémem nebo akcelerometry v botách, umožňují sledovat vertikální síly, reakce na dopady a zatížení dolních končetin. Tato data jsou užitečná především při analýze pohybových stereotypů a prevenci zranění (Camomilla et al., 2018).

Je důležité brát v potaz, že při integraci různých systémů (např. GPS pro trénink a optický systém pro utkání) vznikají problémy s kompatibilitou dat, které je doporučeno řešit pomocí kalibračních rovnic mezi systémy (Buchheit & Simpson, 2017). Dále je nutné vést uživatele ke kritickému přístupu. Technologie sama o sobě nezaručuje přínos, pokud nejsou vyhodnocené proměnné validní, spolehlivé a využitelné v klinické praxi (Torres-Ronda et al., 2022).

2.3 Kontextuální faktory ovlivňující výkon ve fotbalovém utkání

Kontextuální faktory ve fotbale představují vnější proměnné, které ovlivňují herní výkon hráčů a týmů, aniž by přímo souvisely s jejich fyzickou připraveností nebo taktickou strukturou (obrázek 2). Tyto faktory mohou výrazně ovlivnit nejen rozhodování hráčů, ale také fyzickou zátěž, herní strategii a celkový průběh. Zohlednění kontextuálních proměnných je nezbytné pro validní interpretaci dat o externím zatížení či dat získaných prostřednictvím videoanalýz. Ignorování těchto proměnných může vést ke zkresleným závěrům při hodnocení výkonu hráče nebo efektivity tréninkového procesu utkání (Lago, 2009; Sampaio & Maçãs, 2012).



Obrázek 2. Mapa četnosti výzkumných studií zaměřených na kontextuální faktory ovlivňující ukazatele fyzického zatížení v seniorském fotbale. Převzato a upraveno podle Nijland et al. (2024)

Legenda: ACWR – poměr akutní a chronické zátěže; RPE – míra vnímané námahy; dRPE – diferencovaná míra vnímané námahy; sRPE – míra vnímané tréninkové námahy; TRIMP – tréninkový impulz; HML vzdálenost – vzdálenost s vysokým metabolickým zatížením

2.3.1 Faktory ovlivňující celkovou fyzickou zátěž hráčů během utkání

- **Domácí vs. venkovní utkání** – Výzkumy opakovaně ukazují, že týmy hrající na domácím stadionu vykazují vyšší míru dominance, skórují více gólů a častěji vítězí než při venkovních utkáních (Pollard, 2008). Z hlediska fyzické zátěže hráči v domácím prostředí často vykazují vyšší počet sprintů i větší objem běhů ve vysokých intenzitách (Castellano et al., 2011). Hlubší analýzu této problematiky přináší studie (Hands et al., 2023), která naznačuje, že rozhodujícím faktorem ovlivňujícím fyzické zatížení hráčů nemusí být samotné místo utkání (domácí vs. venkovní prostředí), ale především s tím související cestování. Konkrétně bylo zjištěno, že utkání hraná na domácím hřišti či venku za předpokladu komfortního cestování (letecky den předem) vykazovala vyšší hodnoty běhů ve vysoké intenzitě ($p < 0,05$) ve srovnání s venkovními utkáními, na které se cestovalo autobusem v den utkání.
- **Úroveň sportovní výkonnosti soupeře** – Tento faktor se jeví jako relevantní, jelikož bylo zjištěno, že týmy čelící silnějším soupeřům se zpravidla vyznačují defenzivnějším stylem hry, tráví více času bez míče a vykazují vyšší objem běhu v nižších až středních intenzitách (Lago et al., 2010). V analýze herního zatížení týmů ze španělské La Ligy se ukázalo, že proti silnějším soupeřům narůstá především objem nízké intenzivní činnosti, zatímco metriky jako sprint a běhy ve vysokých intenzitách se mohou snižovat, zejména u ofenzivních hráčů (Bradley et al., 2013).
- **Držení míče** – Faktor, který přímo navazuje na kvalitu soupeře, jelikož ta do velké míry držení míče ovlivňuje. Jedna ze studií ukazuje, že týmy, které mají herní styl založený na držení míče, mají tendenci vykazovat vyšší fyzickou zátěž během utkání, s větším počtem akcelerací a decelerací ve srovnání s týmy, které upřednostňují styl rychlého protiútku (Forcher, et al., 2023). Jerome (2023) ve své studii propojil držení míče s herními pozicemi a zjistil, že významně nižší zatížení (počet akcelerací a decelerací) zaznamenali útočníci v situacích v držení míče a obránci v situacích bez míče.
- **Povrch a kvalita hřiště** – Povrch hřiště může mít vliv na celkové zatížení v utkání. I když v profesionálních českých fotbalových soutěžích (1. a 2. fotbalová liga) je dle regulí Ligové fotbalové asociace povinnost hrát na přírodní trávě (případně hybridní trávě) (Ligová fotbalová asociace, 2022), víme že i

kvalita travníků se může významně lišit, zejména pod vlivem počasí. Na hřišti s horší kvalitou přírodního travníku byla zaznamenána nižší externí zátěž (celková vzdálenost, počet akcelerací a decelerací) než na hřišti s dobrou kvalitou přírodního travníku, nebo na umělé trávě 3. generace (Ponce-Bordón et al., 2024). Právě na umělém travníku se často hraje v mládežnických a nižších seniorských soutěžích. Ta dle výzkumů poskytuje podmínky pro vyšší celkovou herní zátěž (Ammar et al., 2019; Kutnjak et al., 2025).

- **Velikost hřiště** – Zásadním faktorem v kontextu celkové zátěže v utkání jsou rozměry hřiště. V profesionálních soutěžích je dlouhodobá tendence sjednocovat velikosti hřišť na doporučené rozměry 105 × 68 m (Ligová fotbalová asociace, 2022), avšak pořád se můžeme potkávat s velkými rozdíly rozměrů na všech výkonnostních úrovních. Pravidla fotbalu stanovují minimální (90 × 45 m) a maximální (120 × 90 m) povolené rozměry hřiště, přičemž celková plocha se v krajních případech může lišit až více než 2,5násobně (Kureš et al., 2024). Tato výrazná variabilita může mít velký dopad na celkové fyzické nároky, kde ze zmenšujícím se hřištěm očekáváme vyšší mechanickou zátěž reprezentovanou nárustem změn směru, avšak zároveň snížení celkové absolvované vzdálenosti a vzdálenosti v bězích ve vysokých intenzitách (Li et al., 2022).
- **Zdraví hráčů** – Je potřeba zdůraznit také aspekt zdraví hráčů, který by měl být vnímán jako důležitý kontextuální faktor ovlivňující výkon. Když pomíneme stavy organismu vyvolané fyzickou únavou (Dambroz et al., 2022), víme, že zejména na seniorské úrovni často dochází k situacím, kdy hráči nastupují do utkání s drobnými či závažnějšími zdravotními omezeními, která mohou ve svém důsledku ovlivnit jejich fyzický výkon i herní chování. Ačkoli ve vědecké literatuře jen obtížně nalezneme přímé důkazy tohoto vlivu, především kvůli inkluzním kritériím většiny studií, které podmiňují zařazení hráčů plněním požadavku na bezproblémový zdravotní stav (Dambroz et al., 2022; Silva et al., 2018), realita klinické praxe může být odlišná a je potřeba ji brát v potaz při interpretaci herního zatížení.
- **Kulturní rozdíly** – České fotbalové prostředí se internacionalizuje a je potřeba zohledňovat případné kulturní rozdíly, které mohou v jistých situacích vést k ovlivnění fyzického výkonu. Vzhledem k tomu, že africké státy představují po Brazílii druhý nejvýznamnější zdroj zahraničních fotbalistů v českých profesionálních soutěžích (Crossan & Riedl, 2024), může být z hlediska herní

výkonnosti i plánování tréninkového zatížení významným faktorem náboženský kalendář, zejména období ramadánu. Během ramadánu hráči konzumují veškerý příjem potravy a tekutin výhradně v nočních hodinách, přičemž přes den se zdržují jak jídla, tak i pití. Tato forma denního půstu byla ve studiích spojena s významným poklesem fyzického výkonu, především při odpoledních a večerních utkáních, kdy se projevuje kumulativní efekt dehydratace a energetického deficitu (DeLang et al., 2022).

- **Enviromentální faktory** – Zvýšená teplota ovzduší má negativní vliv na zatížení v utkání a dochází ke snížení celkové absolvované vzdálenosti, během ve vysoké intenzitě a ve sprintu (Modric et al., 2024). Hráči, kteří prošli aklimatizací na horké počasí, byli schopni si udržet výkonnostní úroveň (Nybo et al., 2016). Naopak velmi chladné podmínky, zejména teploty pod nulou, mohou také snižovat aktivity ve vysoké intenzitě (Draper et al., 2023). K dalším enviromentálním faktorům, které mohou negativně ovlivnit fyzické zatížení během fotbalového utkání, patří vysoká vlhkost ovzduší (Austin et al., 2021), nadmořská výška (Draper et al., 2023) nebo nepříznivé povětrnostní podmínky (Chmura et al., 2021).
- **Předchozí herní a tréninkový program** – Výzkumy ukazují, že neoptimální distribuce tréninkového zatížení během mikrocyklu může negativně ovlivnit schopnost hráče dosáhnout maximální intenzity v utkání (Malone et al., 2017). Zátěž v tréninkových dnech MD-2 a MD-1 by měla být strukturována tak, aby minimalizovala neuromuskulární únavu a umožnila dostatečnou regeneraci. Pokud jsou tyto principy porušeny, např. při nadměrném zatížení v MD-2, může dojít ke snížení absolvované vzdálenosti ve vysokých intenzitách v samotném utkání (Anderson et al., 2015). Naopak zvýšení fyzického zatížení v utkání může podpořit krátká tréninková jednotka v den utkání (tzv. priming session). Hlavním cílem je aktivace motoneuronů a zvýšení hladiny testosteronu prostřednictvím maximálního úsilí a intenzity, při minimálním navození únavy (Donghi et al., 2021; Modric et al., 2023). Zásadní roli může hrát i zhuštění programu utkání, kde hráči absolvují 2 až 3 utkání týdně. Studie prokázaly, že v těchto situacích dochází ke snížení vzdálenosti ve sprintu i celkové absolvované vzdálenosti (Carling et al., 2012).

2.3.2 Faktory spojené se změnami fyzické zátěže v průběhu utkání

Tempování hry – Strategie, původně spojovaná především s běžeckými atletickými disciplínami, je ve fotbalovém kontextu chápána jako vědomá regulace intenzity zatížení ze strany hráčů s cílem optimalizovat výkon a zároveň efektivně hospodařit s energetickými rezervami (Waldron & Highton, 2014). Hráči tedy šetří síly, když to herní situace umožňuje, aby byli připraveni na potenciální náročné pasáže utkání, které mohou, ale nemusí nastat. Toto šetření sil se může projevit jako pokles fyzického zatížení v čase, avšak nemusí nutně reprezentovat odpověď organismu v podobě únavy, nýbrž taktické chování hráče nebo celého týmu. Význam tempování hry na fluktuaci zatížení v utkání a potenciální vztah s fyzickou únavou byly v minulosti diskutované i dalšími studiemi (Bradley & Noakes, 2013; Modric et al., 2022).

Aktuální skóre utkání – Bylo potvrzeno, že s postupem utkání se u týmů vedoucích o jeden gól významně prodlužovala doba strávená autovým vhažováním, odkopy od branky, rohovými kopy a přímými kopy, zatímco u týmů, které o jeden gól prohrávaly, se čas věnovaný těmto přerušením naopak výrazně zkracoval (Zhao & Zhang, 2021b, 2021a). Jedná se tedy spíše o taktický záměr zdržování hry u týmů, které jsou aktuálně ve vedení (Morgulev & Galily, 2019). Ačkoli aktuální skóre jsme přímo nespojili se změnami zatížení v průběhu utkání, lze pozorovat jeho nepřímý vliv, zejména prostřednictvím narůstajícího počtu a délky přerušení hry ke konci utkání, která mohou přispívat ke snižování fyzického zatížení hráčů (Linke et al., 2018).

Dalšími důležitými faktory jsou výše zmíněné přerušení hry a v kontextu utkání celková doba strávená míčem ve hře a míčem ze hry. Pro tento výzkum jsou to stěžejní faktory a detailně je popíšeme v samostatné podkapitole.

2.3.3 Míč ve hře (BIP) a míč ze hry (BOP)

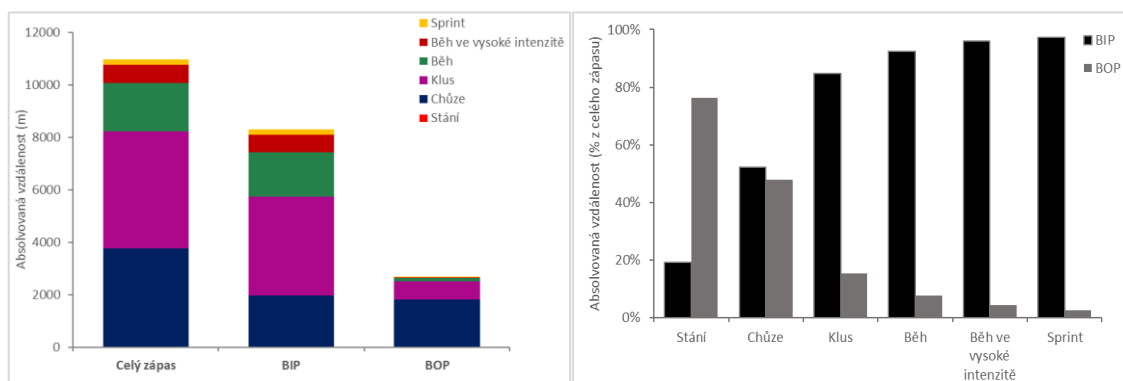
Dle terminologie Pravidel fotbalu hovoříme o parametru míč ve hře (BIP, z anglického „Ball in Play“), který se v odborné literatuře často označuje také jako efektivní čas, čistý čas, nebo aktivní hrací čas. Tento údaj charakterizuje období, kdy je míč aktivně ve hře, tedy nachází se uvnitř hrací plochy a nedošlo k přerušení hry. Opačný pojem, míč ze hry (BOP, z anglického „Ball Out of Play“), se vztahuje k úsekům utkání, kdy je hra přerušena rozhodčím, nebo míč opustil hrací plochu a trvá až do opětovného zahájení hry (Kureš et al., 2024). Přesný výčet herních situací, které jsou klasifikovány jako BOP, je uveden v kapitole metodika výzkumu.

Na rozdíl od oficiální hrací doby, která trvá 2×45 min, se efektivní hrací čas běžně pohybuje mezi 50–60 min v závislosti na typu utkání, úrovni soutěže a způsobu řízení rozhodčím. Dle reportu vypracovaného portálem CIES football observatory z roku 2018 (na základě dat z InStat), který analyzoval % BIP v utkáních 37 národních evropských soutěží, se zjistilo, že průměrná hodnota BIP času v utkání dosáhla 55,5 %. Nejvyšší průměrné hodnoty v národní nejvyšší fotbalové lize dosáhlo Švédsko (60,4 %) a naopak nejnižší hodnoty BIP zaznamenala portugalská liga (50,9 %). Evropské pohárové soutěže, Liga mistrů a Evropská liga zaznamenaly 60,2 %, respektive 57,1 %. Česká republika se z analyzovaných zemí umístila mezi posledními s průměrnou hodnotou BIP času 53,4 %, kde nejvyšší sezonní průměrné BIP hodnoty zaznamenala Opava (55,5 %) a nejnižší Baník Ostrava (49,0 %) (Poli et al., 2018). Obdobné hodnoty BIP byly zaznamenány i ve vědeckých studiích v rámci anglické Premier League (57,7 %), čínské Superligy (54,8 %) (Zhao & Liu, 2022) a na dvou světových šampionátech FIFA v roce 2006 (58,2 %) a 2014 (56,7 %) (Augste & Cordes, 2016).

Ve světovém fotbale se dlouhodobě sleduje zvyšující se trend délky BIP, avšak i nadále zůstává výrazný rozdíl mezi soutěžemi a regiony. Například v čínské Superlize byl v roce 2008 průměrný BIP 51,4 min, v letech 2014–2017 vzrostl na 54 minut. Přesto v roce 2019 stále zaostával za evropskými soutěžemi (Zhao & Liu, 2022). Na vzorku přibližně 1 000 utkání v anglické Premier League byla zjištěna variabilita mezi utkáními v ukazateli BIP ($CV = 7,3 \%$; rozpětí: 44–70 min) (Jerome, 2023). BIP čas je přerušovaný BOP pasážemi hry, kterých je v utkání průměrně 108 až 116 (Augste & Cordes, 2016; Siegle & Lames, 2012), i když Jerome (2023) pozoroval o něco nižší hodnotu ($101,0 \pm 12,2$). Mění se i poměr BIP a BOP během utkání. Zejména ke konci utkání pozorujeme prodlužování trvání autových vhazování, odkopů od brány i přímých volných kopů (např. odkopy od brány rostou o 0,0034 % za každou sekundu utkání) (Zhao & Zhang, 2021a).

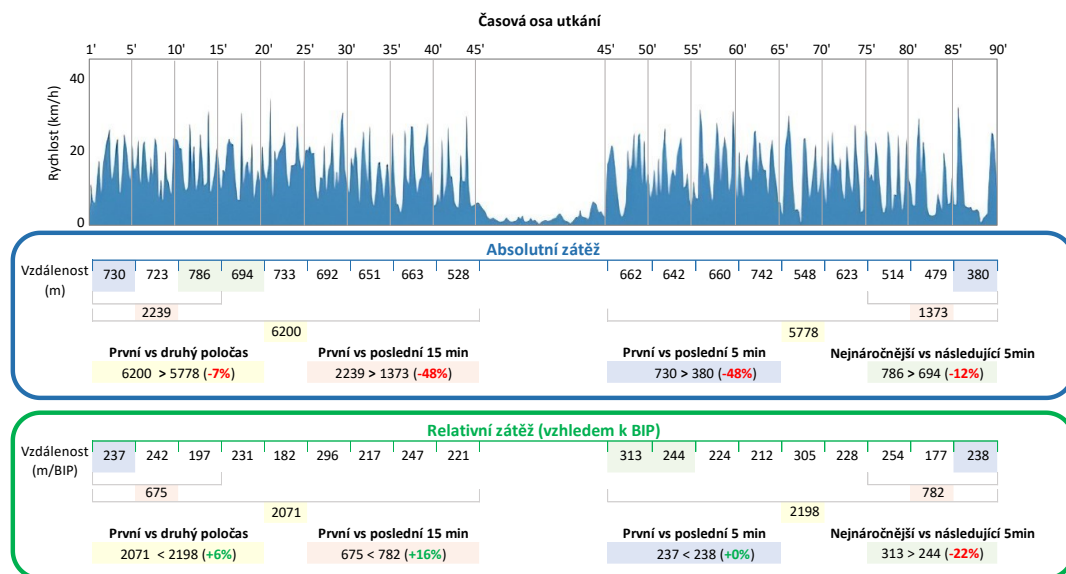
BIP a BOP byly vědecky prokázány jako silné kontextuální faktory ovlivňující herní zatížení. Celková vzdálenost a počet akcelerací byly o 10 %, respektive 13 % vyšší v utkáních s vysokým BIP (>65 min) v komparaci se utkáními s nízkým BIP (<50 min). Tyto parametry byly ovlivněny nejvíc, naopak běhy ve vysoké intenzitě a ve sprintu byly BIP ovlivněny minimálně (Altmann et al., 2023). Vliv BIP na fyzické zatížení v utkání je zapříčiněný faktem, že většina pohybové aktivity je prováděna v pasážích BIP, jak je vidět na obrázku 3 (Jerome, 2023). Jeví se, že nezohlednění BIP a

BOP při hodnocení fyzického výkonu v utkání podhodnocuje intenzitu zatížení (zatížení za minutu) o 15 % až 30 %, v závislosti na parametru zatížení (Wass et al., 2020). Stejně tak může dojít nejenom k podhodnocení celkové průměrné intenzity zatížení v utkání, ale i podhodnocení zatížení v nejnáročnějších pasážích hry, které jsou důležité pro správné nastavení tréninkového procesu (Mernagh et al., 2021; Riboli et al., 2020).



Obrázek 3. Vlevo – Absolutní vzdálenost absolvovaná v různých rychlostních zónách během celého utkání, BIP času a BOP času. Vpravo – Procentuální podíl celkové vzdálenosti v jednotlivých rychlostních zónách, který hráči absolvovali během BIP a BOP pasáží hry. Převzato a upraveno podle Jerome (2023)

Komplexnější pohled na vliv BIP na změny fyzického zatížení v průběhu utkání nabízí Anderson et al. (2024), kteří prostřednictvím tradičně používaných přístupů v hodnocení poklesu zatížení (např. srovnání prvního a druhého poločasu, začátku a konce utkání či nejnáročnější pasáže hry s následnou fází) ukazuje, jak výsledky ovlivní zohlednění BIP času (obrázek 4). V absolutních hodnotách celková uběhnutá vzdálenost během utkání výrazně klesla, avšak po relativizaci vzhledem k BIP (vzdálenost / BIP čas) pokles zmizel, v některých případech dokonce došlo k relativnímu nárůstu absolvované vzdálenosti. Změnil se také čas výskytu nejnáročnější periody utkání. Autoři dále upozorňují na situaci z konce utkání, kdy byla hra na několik minut přerušena kvůli zranění. Tato událost je zřetelně viditelná i na časové ose utkání a slouží jako ilustrativní příklad důležitosti zohlednění kontextu při analýze zatížení. Zatímco bez této informace bychom mohli pokles zatížení v posledních pěti minutách interpretovat jako důsledek fyzické únavy, díky znalosti kontextu hry víme, že šlo o následek dlouhého přerušování spojeného s ošetřováním hráče.



Obrázek 4. Průběh fyzického zatížení hráče prezentovaný na reálných datech z jednoho soutěžního utkání. Ilustrace prezentuje přehled vybraných konceptů používaných k hodnocení změn zatížení během utkání. Modrý rámeček uvádí absolutní hodnoty jednotlivých ukazatelů. Zelený rámeček uvádí relativní hodnoty, přepočtené vzhledem k BIP času. Převzato a upraveno podle (Anderson et al., 2024)

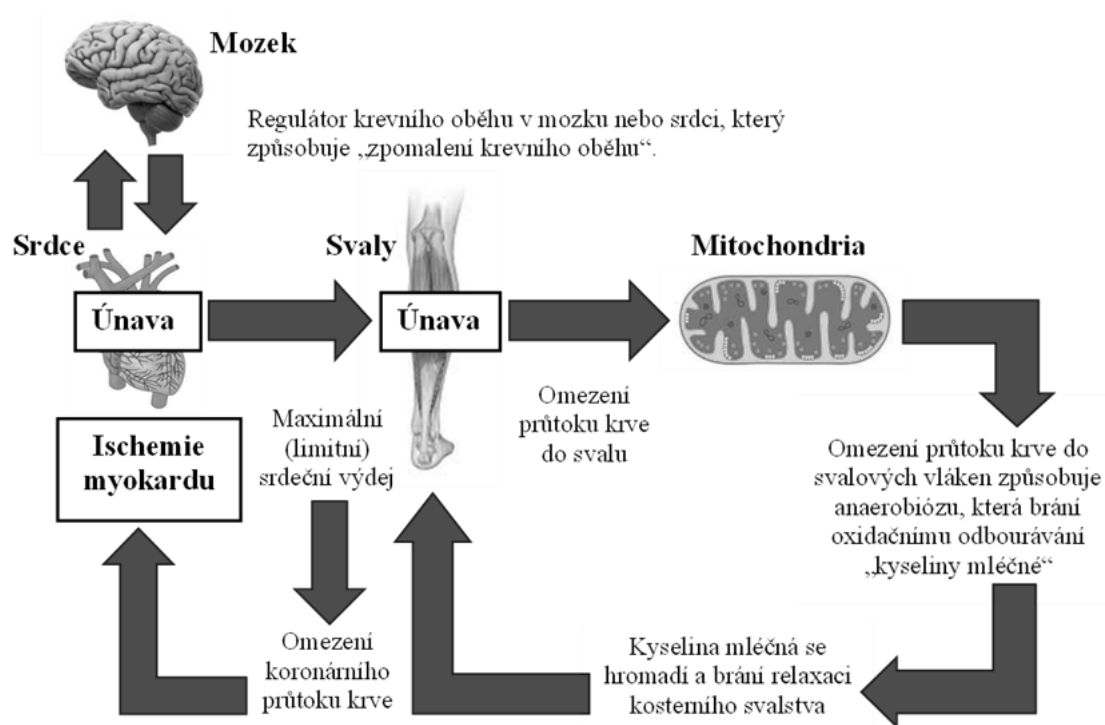
2.4 Únava ve fotbale

2.4.1 Základní charakteristika a dělení únavy

Únava představuje komplexní a multidimenzionální jev, který může mít různé fyziologické, psychologické a behaviorální projevy. Můžeme ji definovat jako stav vyplývající z narušení homeostázy během fyzické zátěže, kdy vnitřní regulační mechanismy organismu nejsou schopny udržet stabilní fyziologické podmínky nezbytné pro zachování výkonu (Noakes, 2012). Pro doplnění definice je potřeba uvést pojem homeostáze, který Buzek popisuje následovně: „*Homeostázou rozumíme stálost, rovnováhu v lidském organismu. Procesy, které tento stav zajišťují, udržují stálost vnitřního prostředí a souhru v činnosti jednotlivých orgánů a orgánových soustav.*“ (Buzek, 2007, s. 200). Z hlediska sportovního výkonu je fyzická únava definována jako dočasné snížení schopnosti vyvíjet požadovanou úroveň svalové síly nebo výkonu, vyplývající z předchozí aktivity (Gandevia, 2001). Tento stav je reverzibilní a jeho trvání je ovlivněno mírou zatížení, typem aktivity, výživou, psychologickými faktory i strategií regenerace.

Únavu dle odborné literatury dělíme na základní dvě kategorie, centrální a periferní. Obě složky obvykle působí současně a jejich vliv na výkon se může lišit v závislosti na typu činnosti (Meeusen et al., 2006).

Centrální únava se týká procesů v centrálním nervovém systému (CNS), které vedou ke snížené aktivaci motorických jednotek. Hlavní mechanismy zahrnují změny v neurotransmiterech, např. zvýšenou hladinu serotoninu, sníženou hladinu dopaminu, případně změny hladin noradrenalinu. Tyto změny ovlivňují motivaci, vnímání námahy a ochotu pokračovat ve výkonu (Davis & Bailey, 1997). Jedním z nejdiskutovanějších konceptů v rámci centrální únavy je tzv. „model centrálního regulátoru“ (z anglického „central governor model“), popsáný na obrázku 5. Model předpokládá existenci regulačního centra v mozku, které řídí výkon na základě očekávaného stavu energetických rezerv a hrozby poškození (Noakes, 2000). Mezi projevy centrální únavy patří pokles motorické aktivace svalů, zhoršená koordinace, snížená motivace, ztráta koncentrace a zpomalení kognitivního zpracování.



Obrázek 5. Model centrálního regulátoru. Převzato a upraveno podle Noakes (2012)

Periferní únava je spojena s ději probíhajícími na úrovni svalového vlákna. Dochází k narušení přenosu akčního potenciálu, snížení dostupnosti vápníku pro kontrakci a akumulaci metabolických produktů jako H^+ (vodíkové ionty), ADP (adenosindifosfát), P_i (anorganický fosfát) a laktátu. Tyto změny negativně ovlivňují schopnost svalového vlákna generovat sílu (Allen et al., 2008). Velkou roli zde hraje i energetický metabolismus. Při opakované zátěži dochází k vyčerpání zásob ATP

(adenosintrifosfát) a svalového glykogenu. Například po vysoce intenzivním výkonu může být koncentrace svalového glykogenu snížena až o 50–70 % (Bangsbo et al., 2007). Tento stav vede ke zhoršení efektivity pohybu a neschopnosti udržet intenzitu výkonu.

Dalším pohledem je rozdělení únavy na základě délky a charakteru vystavení zátěži a reakce organismu.

Akutní únava: Představuje přímou a bezprostřední fyziologickou reakci na probíhající nebo právě dokončenou fyzickou zátěž. Dochází při ní k dočasnému poklesu fyzického výkonu, snížení nervosvalové koordinace a ke změnám vnitřního prostředí organismu, např. zvýšení laktátu, vyčerpání glykogenu či iontové dysbalance (Enoka & Duchateau, 2016). Tento stav je zpravidla reverzibilní v řádu hodin až několika dní, pokud je sportovci dopřána adekvátní regenerace.

Chronická únava: Je výsledkem dlouhodobého nebo opakovaného vystavení zátěži bez dostatečných regeneračních period, což vede ke kumulativnímu narušení homeostázy. Pokud tento stav přetrvává, může vyústit až v tzv. syndrom přetrénování, charakterizovaný přetrvávajícími poklesy výkonnosti, poruchami nálady, spánku a celkovou neuroendokrinní deregulací (Meeusen et al., 2013). Přítomnost tohoto syndromu je u vrcholových sportovců často obtížně diagnostikovatelná, protože jeho symptomy se překrývají s běžným tréninkovým diskomfortem a akutní únavou.

Výše uvedené charakteristiky primárně akcentovaly fyzickou únavu, avšak v odborné literatuře se se čím dál více objevuje důraz na rozlišování mezi **fyzickou a mentální** únavou. **Mentální únava** je definována jako psychobiologický stav způsobený prodlouženou kognitivní činností, zejména úlohami vyžadujícími trvalou pozornost, rozhodování a inhibici automatických reakcí (Marcora et al., 2009). Ve sportu se tato forma únavy projevuje například zhoršenou schopností takticky reagovat, prodlouženou reakcí na herní podněty a zvýšenou chybovostí při rozhodování (Smith et al., 2015). Tyto změny se objevují i při nezměněné fyzické kapacitě, což podtrhuje význam kognitivních aspektů výkonnosti v komplexních sportech, jako je fotbal.

2.4.2 Projevy fyzické únavy v kontextu fotbalového utkání

2.4.2.1. Fyziologické změny organismu v průběhu fotbalového utkání

Průběh fotbalového utkání je z pohledu hráče provázen řadou fyziologických změn v organismu, které mohou vést k poklesu fyzického výkonu a mohou být projevem rozvíjející se fyzické únavy.

Vyčerpání svalového glykogenu ovlivňuje metabolismus svalů, což vede ke zvýšení svalového laktátu a snížení hladin fosfokreatinu, které přispívají k únavě (Krustrup et al., 2022). Bangsbo et al. (2006) zjistili, že po skončení fotbalového utkání může být více než 50 % svalových vláken úplně vyčerpáno. Nejvýraznější pokles byl pozorován ve vláknech druhého typu (rychlá svalová vlákna), jejichž zásoby mohou být zcela vyčerpány již v průběhu druhého poločasu. Na to navazuje studie Krustrup et al. (2022), která vyčerpání glykogenu spojila přímo ze zhoršeným výkonem ve sprintu a bězích ve vysokých intenzitách. V elitním ženském fotbale se hladina glykogenu po intenzivních obdobích snížila o 39 % a 42 %, což vedlo k poklesu schopnosti opakovaného sprintu o 3,2 % a 7,0 % po prvním, respektive druhém poločase. Podobně u mužských hráčů byla snížená úroveň glykogenu během prodloužení utkání spojena s 12% snížením běhu o vysoké intenzitě a 11% snížením maximální rychlosti sprintu (Mohr et al., 2023).

Změny hladiny laktátu během fotbalového utkání jsou výsledkem aktivit s vysokou intenzitou, které překračují aerobní kapacitu hráčů, což vede k anaerobnímu metabolismu. Hodnoty laktátu v krvi během utkání, které se pohybují mezi 2 až 10 mmol/l (Helgerud et al., 2001), se nemusí shodovat s hodnoty laktátu ve svalech, zejména při intenzivnější zátěži intermitentního charakteru, která je typická pro fotbal. Tyto rozdíly lze vysvětlit rychlejším odbouráním laktátu ve svalech než v krvi, což vede k tomu, že i při relativně nízké koncentraci laktátu ve svalu může být hladina laktátu v krvi vysoká (Bangsbo et al., 2006). Navíc vztah mezi koncentrací laktátu ve svalu a v krvi může být ovlivněn i bezprostředně předcházejícími aktivitami (Krustrup & Bangsbo, 2001). Proto nemusí odrážet jedinou intenzivní aktivitu, ale spíše kumulovaný účinek více vysoce intenzivních činností (Krustrup et al., 2006). Zatímco se tradičně předpokládalo, že laktát způsobuje únavu svalovou acidózou, nedávné studie naznačují, že se nejedná o pouhý odpadní produkt. Laktát může být použit jako energetický substrát různými tkáněmi, včetně srdce a svalů, během zotavení a dlouhotrvajícího

cvičení. Role laktátu při výrobě energie naznačuje, že může pomoci udržet výkon poskytováním alternativního zdroje energie, když jsou zásoby glykogenu nízké (Hall et al., 2016).

Zvýšená tělesná teplota představuje významný fyziologický faktor, který může ovlivnit míru fyzické únavy během fotbalového utkání. Hráči mohou během sportovního výkonu dosahovat teploty vyšší než 39 °C (Duffield et al., 2013). Zvýšení tělesné teploty, často podpořené horkými a vlhkými podmínkami, může vést k různým fyziologickým projevům, jako je dehydratace, zvýšená srdeční frekvence a výdej energie, což společně přispívá ke snížení fyzického výkonu (Özgünen et al., 2010). Hypertermie může také narušit centrální řízení motorických funkcí prostřednictvím tzv. centrální únavy, která se projevuje poklesem aktivace motoneuronů v důsledku zvýšené teploty v CNS (Nybo & Nielsen, 2001). Tento efekt je považován za ochranný mechanismus, který omezuje svalovou aktivitu ve chvíli, kdy by další zatížení mohlo ohrozit termoregulační rovnováhu a zdraví hráče.

Ztráta tělesných tekutin během fotbalového utkání představuje důležitý faktor, který v jádru problému navazuje na předchozí odstavec o zvýšené tělesné teplotě. V důsledku pocení může hráč během utkání ztratit až 2–3 % tělesné hmotnosti, což odpovídá významné hypohydrataci (Maughan et al., 2004). Již při 2% ztrátě hmotnosti v důsledku dehydratace může dojít ke snížení vytrvalostního výkonu, omezení schopnosti regenerace mezi intenzivními činnostmi a vyššímu subjektivnímu vnímání únavy (Kurda et al., 2010). Zároveň je ovlivněna funkce svalů snížením schopnosti generovat sílu, což je zásadní pro udržení vysoké rychlosti práce po celou dobu utkání. Hypohydratace může také ovlivnit kognitivní funkce, které jsou rozhodující pro rozhodování a technické dovednosti ve fotbale (Nuccio et al., 2017).

2.4.2.2 Pokles externího zatížení v průběhu fotbalového utkání

Srovnání prvního a druhého poločasu je v kontextu změn externího zatížení ve fotbalovém utkání jedním z nejčastěji analyzovaných jevů ve vědecké literatuře. Studie Kunzmann et al. (2022) prokázala, že v porovnání s prvním poločasem došlo v tom druhém ke snížení celkově absolvované vzdálenosti (TD) o 5,2 % a ve vzdálenosti překonané sprintem (nad 25,2 km/h) až o 17,4 %. Pokles byl zaznamenán i v počtu akcelerací (-11,1 %) a decelerací (-13,6 %), což odráží snižující se schopnost hráčů opakovaně vyvíjet vysokou intenzitu pohybu. Podobné výsledky přinesla studie Russell

et al. (2016), kde byl v průběhu druhého poločasu zaznamenán signifikantní pokles akceleračních a deceleračních schopností ve všech měřených intenzitách, přičemž pokles ve středně intenzivních akceleracích a deceleracích dosáhl 12,9 % a u těch ve vysoké intenzitě až 18,1 %.

Srovnání úvodní a poslední pasáže utkání je dalším, často se vyskytujícím předmětem pozorování. Průlomovou v tomto ohledu byla studie Mohr et al. (2003), která zjistila, že v posledních 15 minutách utkání došlo k poklesu sprintové aktivity o 27 % a vysoce intenzivních běhů (nad 19,8 km/h) o 20 % oproti prvním 15 minutám utkání. Tato zjištění potvrzují tezi, že ke konci utkání dochází ke kumulovanému efektu únavy, který ovlivňuje schopnost hráčů realizovat opakovaně zatížení vyšších intenzit. Zásadní jsou i výsledky studie Barros et al. (2007), kde autoři zjistili, že zatímco v úvodních 15 minutách hráči pokrývali průměrně 1 098 m, v posledním úseku (75.–90. min) to bylo jen 903 m, což představuje pokles o přibližně 18 %.

Analýza vývoje zatížení během celého utkání je méně častým nástrojem zkoumání změn zatížení v utkání, avšak jeví se jako komplexnější a velmi efektivní metoda. Dalen et al. (2020) analyzoval průměrné zatížení v 5minutových úsecích během celého utkání v rámci norské elitní ligy. Studie zjistila, že vývoj externího zatížení hráčů měl charakter postupného poklesu, přičemž nejvýraznější změny nastávaly v závěrečných 15 minutách. Míra poklesu byla pozorována u parametrů jako je „player load“ (intenzita mechanické práce) i u běžeckých ukazatelů. Korelační analýza ukázala, že všechny herní pozice vykazovaly velmi vysokou shodu ve vývoji zatížení v průběhu utkání ($r = 0,88\text{--}0,95$).

Koncept „nejnáročnější pasáže utkání“ (WCS, z anglického „worst-case scenario“) je také spojován s projevy fyzické únavy během fotbalového utkání. Nejčastější forma hodnocení WCS bývá analýza 1- až 5minutových časových úseků, během kterých se analyzuje objem a intenzita sledovaných parametrů. Di Mascio & Bradley (2013) ve své studii na hráčích anglické Premier League analyzovali nejintenzivnější pětiminutovou pasáž utkání a zjistili, že během této periody se čas strávený ve vysoké intenzitě (nad 19,8 km/h) zvýšil z průměrných $8,4 \pm 2,7$ na $16,4 \pm 4,6$ sekund ($p < 0,001$, $d > 1,2$), což znamená dvojnásobné zatížení oproti celkovému průměru v utkání. Po této maximální zátěžové periodě však následoval pokles intenzity zatížení, což může být spojeno s potřebou obnovení homeostázy a krátkodobé únavy. Oliva-Lozano et al. (2021) uvádějí, že WCS se zpravidla vyskytují mezi 5. a 15.

minutou utkání a následné zatížení ve srovnatelně dlouhých úsecích klesá. Tento pokles byl signifikantní například v průměrném metabolickém výkonu (z hodnot nad 20 W·kg⁻¹ na přibližně 15 W·kg⁻¹ v následujících úsecích) a HMLD. Autoři zdůrazňují, že tento pokles může být důsledkem regulačních mechanismů hráčů, ale zároveň nevylučují nástup akutní fyzické únavy jako jednu z příčin. Doplnění přináší výsledky studie Russell et al. (2016), která prokázala, že i navzdory převaze výskytu WCS v úvodních pasážích utkání jsou hráči schopni dosáhnout hodnot blízkých WCS i v posledních 15 minutách utkání, pokud to herní situace vyžaduje.

Přestože výše uvedené způsoby analýzy herního zatížení identifikovaly validní indikátory výkonového poklesu během utkání, rostoucí množství důkazů naznačuje, že takové změny nemusí být nutně způsobeny pouze fyziologickým vyčerpáním, ale i taktickými, strategickými a kontextuálními faktory (Bradley et al., 2009; Bradley & Noakes, 2013).

2.4.2.3 Fyzická únava po skončení fotbalového utkání

V této části se zaměřujeme primárně na akutní formu fyzické únavy, která přichází bezprostředně po fotbalovém utkání a která je pro kontext tohoto výzkumu relevantnější. Akutní únava úzce souvisí s herním zatížením a odeznívá typicky v horizontu 24–72 hodin po utkání (Nedelec et al., 2012). Tento typ únavy je dočasný, reverzibilní a při adekvátním zotavení nevede k dlouhodobému snížení výkonnosti. Naopak chronická únava představuje komplexnější a rizikovější stav, který nevzniká pouze v důsledku herní zátěže, ale je důsledkem kumulace více faktorů, zejména nevyváženého tréninkového zatížení, nedostatečné regenerace, psychologického stresu a nedostatečného řízení celkové zátěže (Meeusen et al., 2013; Soligard et al., 2016).

Neuromuskulární únava představuje pokles schopnosti nervosvalového systému generovat sílu. K tomuto poklesu dochází v důsledku periferních (svalových) i centrálních (mozkových) mechanismů, včetně poruch vedení nervového vzruchu, snížené aktivace motoneuronů a změn v motorických jednotkách (Enoka & Duchateau, 2008).

- **Pokles explozivní síly:** U profesionálních hráčů fotbalu byla zaznamenána snížená výška výskoku o 5–10 % bezprostředně po utkání (Oliver et al., 2008). Zároveň plné zotavení výkonnosti v CMJ může trvat až 72 hodin (Rampinini et al., 2011).

- **Pokles maximální rychlosti:** Neuromuskulární únava negativně ovlivňuje schopnost hráče generovat maximální rychlost a opakovaně sprintovat. Po utkání je běžně dokumentován pokles výkonu v testu opakovaných sprintů (RSA) o 3–5 % (Mohr et al., 2005).
- **Snížení maximální síly hamstringů:** Po fotbalovém utkání bylo pozorované snížení maximální excentrické síly hamstringů až o 20 %, přičemž největší pokles je pozorován 24 hodin po utkání a návrat k normálu trvá 48–72 hodin. Tento jev má přímou souvislost se zvýšeným rizikem poranění hamstringů v období nedostatečné regenerace (Timmins et al., 2014).
- **Zhoršení koordinace a reakční doby:** Po intenzivní zátěži dochází k narušení senzorio-motorické integrace, což ovlivňuje stabilitu a preciznost pohybů. Tento aspekt má přímý vliv na herní rozhodování, rovnováhu a zpomalení reakční doby (Girard et al., 2011).

Metabolická únava představuje soubor biochemických změn vrcholících po skončení fotbalového utkání, které odrážejí intenzitu zátěže a ovlivňují délku regenerace hráče.

- **Zvýšená hladina kreatinkinázy (CK):** Jedná se o enzym a zároveň jeden z nejcitlivějších ukazatelů, který indikuje svalové mikrotraumata. Po utkání byla pozorována elevace CK na hodnoty přesahující 1 000 U/l, přičemž klidové hodnoty se pohybují kolem 150–200 U/l (Ispirlidis et al., 2008). Maximum koncentrace bývá dosaženo mezi 24–48 hodinami po utkání a návrat na výchozí úroveň obvykle nastává do 72 hodin, individuálně podle trénovanosti, předchozí zátěže a regenerace (Silva et al., 2018).
- **Pokles svalového glykogenu:** Pozorujeme pokles především ve vláknech druhého typu, kde může být glykogen vyčerpán až na nulu (Krustrup et al., 2006). Zásadní je, že úplná regenerace glykogenu může trvat až 48 hodin, i při optimálním příjmu sacharidů, což má přímý vliv na schopnost opakovaně podávat vysoké výkony (Bangsbo et al., 2006).
- **Zvýšená hladina kortizolu:** Po utkání dochází k významným změnám v hormonálních hladinách, jako je zvýšený kortizol (až o 50–80 % oproti klidovým hodnotám) a změněný poměr testosteronu ke kortizolu. Tyto faktory odrážejí fyziologický stres a mohou ovlivnit zotavení (Marqués-Jiménez et al., 2022). Obvykle se uvádí, že návrat k bazálním hodnotám nastává do 24 hodin,

ovšem v některých případech přetrvává elevace až 36 hodin po zátěži (Souglis et al., 2015).

- **Zvýšená hladina myoglobinu:** Uvolňuje se ze svalových vláken v důsledku mechanického stresu. Hladiny myoglobinu se zvyšují už krátce po zátěži a mohou přetrvávat po dobu 24–48 hodin (Silva et al., 2018). Jeho dynamika kopíruje akutní fázi poškození svalu a přispívá k porozumění rychlosti svalové regenerace

2.4.3 Metody měření únavy ve fotbalovém utkání

Měření únavy v tréninkovém procesu fotbalu je nedílnou součástí moderní sportovní praxe a jeho hlavním cílem je optimalizace zatížení, prevence přetížení a zranění, a zároveň maximalizace výkonnostního rozvoje hráčů. Měření únavy v průběhu utkání napomáhá odhalovat silné a slabé stránky hráčů a vzhledem k tomu designovat tréninkový proces. Na druhou stranu, měření reziduální herní únavy umožňuje přizpůsobit objem a intenzitu tréninku každému hráči podle jeho aktuálního stavu (Soligard et al., 2016).

Metody měření fyzické únavy během fotbalového utkání jsou velmi omezené, zejména když mluvíme o vyhodnocování únavy v klinické praxi přímo během utkání. Níže uvádíme nejčastější přístupy v hodnocení únavy v průběhu utkání:

- a) Sledování poklesu externího zatížení:** Velmi rozšířený přístup ve vyhodnocování fyzické únavy. Za použití GPS technologie jsou sledovány parametry výkonu, jakými jsou celková vzdálenost, běhy ve vysoké intenzitě a ve sprintu, akcelerace a decelerace. Dle výše popsané kapitoly o faktorech ovlivňujících herní zatížení je ale patrné, že tento přístup není stoprocentně spolehlivý, jelikož pokles zatížení může být ovlivněn dalšími kontextuálními faktory (Anderson et al., 2024; Bradley & Noakes, 2013).
- b) Změny srdeční frekvence (SF):** Během utkání srdeční frekvence zpravidla dosahuje vysokých hodnot, často mezi 85–90 % maximální HR (Bangsbo et al., 2006; Helgerud et al., 2001), avšak její hodnoty zůstávají relativně stabilní i v pozdějších fázích utkání. Ačkoliv SF může reflektovat celkovou intenzitu zatížení během utkání, zdá se, že není dostatečně citlivým ukazatelem kumulované únavy a její diagnostická hodnota je v tomto kontextu omezená (Buchheit, 2014; Mohr et al., 2003).

- c) **Termografická analýza:** Perspektivní metoda je ve fotbalovém prostředí novinkou posledních let a její přínos není dostatečně vědecky probádán. Termografická analýza pomocí infračervených kamer (IRT), by měla umožňovat bezkontaktně monitorovat změny teploty kůže, a tím odhalit zánětlivé procesy dříve, než se objeví klinické příznaky. Vývoj přenosných termokamer směřuje k nenápadnému sledování hráčů během utkání. Tato zařízení mohou poskytovat téměř v reálném čase údaje o tělesné teplotě a detekovat hypertermii, která je často spojena s únavou a zvýšeným rizikem zranění (Majano et al., 2023).
- d) **Subjektivní hodnocení únavy hráčem:** Představuje cenný, avšak v praxi často opomíjený nástroj pro sledování únavy v průběhu utkání. Jeho hlavní předností je snadná dostupnost a možnost okamžitého využití bez potřeby speciálního vybavení. Za předpokladu funkční a otevřené komunikace mezi hráčem a realizačním týmem může tento přístup poskytovat relevantní a užitečné informace (Noor et al., 2021).

Metody měření fyzické únavy po skončení fotbalového utkání představují klíčový nástroj pro sledování zotavení hráčů a plánování následné tréninkové zátěže. Po náročném utkání dochází k výraznému zatížení neuromuskulárního, metabolického i kardiovaskulárního systému, přičemž návrat k výkonnostnímu stavu před utkáním může trvat 24 až 72 hodin (Nedelec et al., 2012; J. R. Silva et al., 2018) , přičemž individuální variabilita je značná (Rampinini et al., 2011).

- a) **Měření neuromuskulární únavy** – v současné klinické sportovní praxi jedním z nejčastěji sledovaných ukazatelů fyzického zatížení a zotavení po utkání. Tento koncept vychází z předpokladu, že po intenzivním fyzickém výkonu, jakým je fotbalové utkání, dochází k dočasnému snížení schopnosti produkovat maximální svalovou sílu nebo výkon. Parametry výkonu, které jsou nejčastěji sledovány při měření svalové síly, zahrnují maximální dobrovolnou kontrakci, rychlost produkce síly (RFD, z anglického „Rate of force development“) a impulz síly (celkové množství síly vyvinuté v čase). V případě hodnocení explozivní síly se nejčastěji využívají parametry, jako je výška výskoku, doba kontaktu s podložkou při odrazu, maximální odrazová síla a další kombinace těchto parametrů. Závažnost neuromuskulární únavy se posuzuje podle velikosti odchylky od individuálních hodnot před utkáním a rychlosti návratu těchto parametrů na výchozí úroveň (Gathercole et al., 2015; Silva et al., 2018).

- **Izometrická síla adduktorů a abduktorů** – Adduktory jsou ve fotbale vystaveny výrazné excentrické zátěži, což je činí náchylnými k únavě (po utkání dochází k poklesu maximální izometrické síly i o 20 %) i zranění (Light, 2019). Jedná se tedy o účinný a senzitivní nástroj pro monitoring únavy, s potvrzenou vysokou mírou reliability měření (Ishøi et al., 2025).
 - **Nordic Hamstring test** – Slouží ke zjištění excentrické síly hamstringů, která bývá po utkání výrazně snížena. Byl pozorován pokles výkonu v tomto testu až o 15–20 % bezprostředně po utkání, přičemž návrat ke klidovým hodnotám trval u některých hráčů více než 72 h (Goulart et al., 2022).
 - **Testy vertikálního výskoku** – Jeden z nejčastějších testů pro sledování neuromuskulární únavy, s vysokou mírou validity a reliability. Výzkumy uvádějí pokles výšky výskoku o 5–10 % bezprostředně po utkání, přičemž návrat k normě může trvat až 72 h (Gathercole et al., 2015). Důležitými ukazateli kromě výšky výskoku jsou i doba kontaktu s podložkou nebo čas k dosažení maximální odrazové síly.
- b) Monitoring variability srdeční frekvence (HRV)** může sloužit jako klíčový indikátor funkce autonomního nervového systému a je cenný pro sledování zdraví a hodnocení fyzické únavy fotbalistů. Jedná se o tradičně používaný, technologicky dostupný a zároveň časově nenáročný přístup v monitoringu zotavení po fotbalovém utkání (Olmos et al., 2024). Senzitivitu vůči hernímu zatížení prokázala studie (Santos-García et al., 2022), kde pozorovali nejnížší hodnoty HRV v měření po utkání, s podstatným nárůstem následující den, avšak z výraznými individuálními odchylkami.
- c) Monitoring hladiny kortizolu** je cenným přístupem pro hodnocení fyzické únavy a zotavení fotbalistů po utkání. Byl opakovaně potvrzen vztah nárůstu hladiny kortizolu, hormonu uvolňovaného v reakci na stres, a předchozí náročné fyzické aktivity (Rowell et al., 2017). Zvýšenou hladinu kortizolu můžeme pozorovat i 72 hodin po utkání se značnými individuálními rozdíly mezi hráči. I když je kortizol cenným parametrem, měl by být používán ve spojení s jinými biomarkery, jako je imunoglobulin A (IgA) a testosteron, aby poskytl komplexní obraz o zotavení hráče (Springham et al., 2022).

- d) Submaximální testy** umožňují hodnotit únavu a úroveň regenerace bez zatížení hráče na limitní úrovni, na rozdíl od testů maximální úrovně výkonu. Tato měření jsou obzvláště přínosná ve dnech MD+1 a MD+2, tedy v tréninkových dnech bezprostředně následujících po utkání, kdy má sledování úrovně únavy největší vypovídací hodnotu (Póvoas et al., 2020). Právě v tomto období je však zároveň doporučeno vyhýbat se vysoké intenzivní zátěži, neboť hlavním cílem je podpora regenerace organismu (Gómez-Díaz et al., 2024). Z tohoto důvodu je klíčové využívat metody, které jsou šetrné, časově efektivní, neinvazivní a které se pro lepší integraci do tréninku dají případně použít jako část rozcvičení. Submaximální testy se často zaměřují na fyziologické reakce organismu, jako jsou například změny srdeční frekvence při opakovaných standardizovaných podmínkách. Nejpoužívanějšími v tomto kontextu jsou zkrácené běžecké protokoly, například Yo-Yo test level 1 a level 2, 30-15 fitness test, 4 min běh rychlostí 12 km/h, a další (Shushan et al., 2022).
- e) Subjektivní hodnocení únavy hráčem** je dostupným nástrojem pro řízení regenerace a optimalizace tréninkového zatížení ve fotbale. Tradičně se využívají hodnotící škály na principu Borgovy stupnice, které poskytují rychlé a pro hráče srozumitelné zhodnocení aktuálního stavu. Bylo zjištěno, že největší únavu hráči pocítují často až 48 hodin po utkání, přičemž někteří ji reportují i po 72 hodinách (Silva et al., 2018). Výraznější únava byla zaznamenána po venkovních utkáních kvůli cestování a změnám prostředí. Pro dosažení komplexnější informovanosti o stavu hráče je doporučeno kombinovat subjektivní hodnocení hráče s objektivními metodami měření únavy (např. biomarkery, neuromuskulární testování) (Di Salvo et al., 2023).

2.5 Souhrn řešené problematiky a formulace vědeckého problému

Soutěžní utkání představuje ve fotbale vrchol celého tréninkového procesu a zároveň klíčový moment v profesní dráze hráče. A není to tréninková výkonnost, ale právě výkon v utkáních je rozhodujícím faktorem, na jehož základě je hráč hodnocen laickou i odbornou veřejností, fanoušky, trenéry, skauty, sportovními manažery i vlastníky klubů. Výkonnost v utkáních hraje zásadní roli při rozhodování o budoucí spolupráci, hráčském uplatnění a výši kontraktu.

Herní zatížení představuje jedno z nejdiskutovanějších témat v oblasti fotbalového výzkumu. Přestože je této problematice věnována značná pozornost,

současné přístupy vykazují určitou metodologickou jednotvárnost a významné limity. Největší důraz je tradičně kladen na celkové (kumulativní) herní zatížení, a to jak ve vědeckých studiích, tak v klinické praxi (Miguel et al., 2021; Vieira et al., 2019). Tento přístup lze zřejmě přičíst zdánlivé jednoduchosti konceptu, který nevyžaduje detailní ani časově náročnou analýzu. Nicméně takto zjednodušené údaje neodhalují dynamiku a změny zátěže v průběhu utkání. Dosavadní výzkumy ukazují, že intenzita herního zatížení není v průběhu utkání konstantní, ale má tendenci postupně klesat. Tento jev si zaslouží výrazně větší výzkumnou pozornost, neboť byl doposud nejčastěji analyzován pouze na základě rozdílů mezi prvním a druhým poločasem, případně srovnáním počátečních a závěrečných úseků utkání. Chybí studie, které by detailně sledovaly průběhovou křivku zatížení napříč celým utkáním. Z předchozích studií navíc není zřejmé, zda je tento pokles konzistentní napříč herními posty, ani jakým způsobem ho ovlivňují střídající hráči. Navíc v praxi je často pokles zatížení vnímán jako indikátor fyzické únavy, avšak bez hlubšího pochopení jeho dynamiky a bez zohlednění specifického kontextu daného utkání. To představuje potenciální interpretační riziko, neboť pokles zatížení může být výrazně ovlivněn širokou škálou kontextuálních faktorů.

Na základě současného stavu poznání se jako jeden ze stěžejních kontextuálních faktorů ovlivňujících herní zatížení jeví parametry související s poměrem aktivního hracího času v utkání, tedy BIP a BOP. Průměrně je míč aktivní ve hře 55–60 % celkového hracího času, zatímco zbývajících 40–45 % tvoří přerušení a situace, kdy míč opustil hrací plochu (Jerome, 2023; Zhao & Zhang, 2021b). V extrémních případech může podíl BOP přesáhnout i 50 % celkového času. Počet BOP událostí se v běžném profesionálním utkání pohybuje přibližně mezi 100 až 120 (Augste & Cordes, 2016). Je nezbytné si uvědomit, jak významný podíl utkání tvoří BOP pasáže hry. Zároveň platí, že během BIP pasáží hry (přibližně 55 % času utkání), hráči absolvují až 75 % z celkové uběhnuté vzdálenosti a více než 95 % absolvované vzdálenosti nad hranicí 19,8 km/h (Jerome, 2023). Přesto tento faktor v analýze utkání nezohledňujeme a hodnoty interpretujeme, jako by hra probíhala plynule celých 90 min. Takový přístup však vede k významnému zkreslení objektivní reality herního zatížení hráčů a může mít negativní důsledky pro plánování tréninkového procesu i hodnocení fyzického výkonu.

Vztah mezi časem BIP a fyzickým zatížením hráčů v utkání se stal předmětem vědeckého zájmu teprve v posledních letech. Bylo prokázáno, že vyšší podíl BIP v utkání je spojen s nárůstem externího zatížení hráčů, a to statisticky i věcně významným

způsobem. Ovšem tyto studie se zaměřily na celkové herní zatížení, avšak ne na změny zatížení během utkání (Altmann et al., 2023; Jerome, 2023; Mernagh et al., 2021; Wass et al., 2020). Objevili jsme pouze dvě studie, které zkoumaly parametr BIP v kontextu změn zatížení během utkání, přičemž ani jedna z nich se dané problematice nevěnovala do větší hloubky. Linke et al. (2018) porovnával pouze úvodní a závěrečné fáze utkání, zatímco práce Lago-Peñas & Rey (2012) se zaměřila výhradně na parametr celkové uběhnuté vzdálenosti. Obě studie však shodně prokázaly, že při zohlednění BIP času je pokles fyzického zatížení v průběhu utkání méně výrazný, nebo zcela mizí. Tento poznatek podle nás poukazuje na značný potenciál pro další a detailnější výzkum, jelikož proměnné spojené s BIP by mohly významně přispět ke kontextualizaci vývoje zatížení během fotbalového utkání.

Na základě provedené rešerše a analýzy dostupné vědecké literatury jsme identifikovali několik významných mezer v současném poznání, na které se tato disertační práce zaměřuje. Klíčovou otázkou zůstává, jak se v průběhu utkání mění poměr kontextuálních parametrů BIP a BOP, a zda je opakovaně popisovaný pokles fyzického zatížení hráčů skutečně projevem fyzické únavy, nebo spíše důsledkem změn v těchto kontextuálních ukazatelích. Dále vnímáme potřebu hlouběji prozkoumat, jak se mění průběh zatížení v utkání v závislosti na herní pozici hráče a jaký vliv na tyto změny mají střídající hráči. Cílem je přispět k přesnějšímu a komplexnějšímu porozumění dynamiky zatížení hráčů během fotbalového utkání. Na základě našich zjištění se jedná o unikátní výzkum nejen v prostředí České republiky, ale i v mezinárodním měřítku, který systematicky zkoumá vliv klíčových kontextuálních faktorů na variabilitu zatížení v průběhu fotbalového utkání.

3 CÍLE, HYPOTÉZY A ÚKOLY VÝZKUMU

3.1 Cíle výzkumu

1. Hlavním cílem práce je ověřit vliv kontextuálního faktoru BIP na změny externího zatížení u hráčů v průběhu fotbalového utkání. Zároveň zkoumat poměr zastoupení BIP v různých fázích utkání a vyhodnotit důležitost tohoto parametru v analýze herního zatížení.
2. Sekundárním cílem práce je analyzovat vliv faktorů: a) herní pozice hráče, b) status střídajícího hráče, na změny externího zatížení hráčů v průběhu utkání.

3.2 Hypotézy výzkumu

- H1.** Statisticky významný klesající lineární trend ($p < 0,05$) v průběhu utkání u parametrů TD, D3, D4, D5, ACC2, ACC3, ACC4, DEC2, DEC3 a DEC4.
- H2.** Parametr BIP vykazuje v průběhu utkání statisticky významný klesající lineární trend ($p < 0,05$).
- H3.** Relativizace hodnot externího zatížení vzhledem k BIP vede ke statisticky významnému snížení poklesu lineárního trendu v průběhu utkání u parametrů TD_{BIP} , $D3_{BIP}$, $D4_{BIP}$, $D5_{BIP}$, $ACC2_{BIP}$, $ACC3_{BIP}$, $ACC4_{BIP}$, $DEC2_{BIP}$, $DEC3_{BIP}$ a $DEC4_{BIP}$, ve srovnání s absolutními hodnotami zatížení ($p < 0,05$).
- H4.** Časový vývoj externího zatížení v průběhu utkání vykazuje velmi vysokou míru shody ($r > 0,7$; $p < 0,05$) mezi jednotlivými herními pozicemi ve všech zkoumaných ukazatelích (TD, D1, D2, D3, D4, ACC2, ACC3, DEC2, DEC3), kromě parametrů nejvyšší intenzity.
- H5.** Časový vývoj externího zatížení v průběhu utkání vykazuje velmi vysokou míru shody ($r > 0,7$; $p < 0,05$) mezi střídajícími hráči a hráči, kteří odehráli celé utkání, ve všech zkoumaných ukazatelích (TD, D1, D2, D3, D4, ACC2, ACC3, DEC2, DEC3), kromě parametrů nejvyšší intenzity.

3.3 Úkoly výzkumu

1. Rešerše dostupné domácí a zahraniční odborné literatury.
2. Formulace výzkumného problému, výzkumných cílů a hypotéz.
3. Výběr výzkumné skupiny (zabezpečení souboru pro účely testování).
4. Sestavění plánu (designu) měření.
5. Realizace měření a sběr výzkumných dat.

- 6.** Procesování a rafinace výzkumných dat.
- 7.** Aplikace matematicko-statistických postupů pro zpracování dat.
- 8.** Analýza, vyhodnocení a interpretace výsledků.
- 9.** Konfrontace vlastních výsledků se zjištěními předchozích výzkumů.
- 10.** Formulace závěrů a doporučení pro klinickou praxi a budoucí výzkum.

4 METODIKA VÝZKUMU

4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor tvořilo 68 profesionálních fotbalových hráčů (věk = $21,9 \pm 4,8$ let; tělesná výška = $181,5 \pm 6,7$ cm; tělesná hmotnost = $74,4 \pm 6,8$ kg), hrající českou 2. a 3. nejvyšší fotbalovou ligu. Hráči jsou součástí rezervního týmu elitního fotbalového klubu, který se pravidelně účastní evropských pohárových soutěží. Typický tréninkový mikrocycklus zahrnuje pět týmových tréninkových jednotek na hřišti (přibližně 90 minut), víkendové utkání, dvě týmové tréninkové jednotky zaměřené na rozvoj síly (přibližně 30 minut) a individuální trénink nebo regenerační aktivity dle individuálních potřeb hráčů.

Herní pozice byly klasifikovány na základě stabilního herního systému 4-2-3-1, zároveň s ohledem na ověřenou klasifikaci ve vědeckém výzkumu (Beato et al., 2024; Carling et al., 2007): střední obránce (CD, z anglického central defender), krajní obránce (FB, z anglického full back), defenzivní záložník (DM, z anglického defensive midfielder), ofenzivní záložník (OM, z anglického offensive midfielder) a útočník (S, z anglického striker). Herní pozice brankář nebyla zahrnuta ve výzkumu.

Další klasifikace hráčů ve výzkumu je podle délky odehraného času v utkání: hráči, kteří odehráli celé utkání (>90 min), střídající hráči (hráči, kteří do utkání nastoupili z lavičky během hry a nahradili jiného hráče).

Všichni účastníci (a v případě nezletilých hráčů i jejich zákonní zástupci) byli seznámeni s průběhem studie a poskytli informovaný souhlas. Studie byla schválena etickou komisí Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze (příloha 1; jednací číslo: 214/2022) a výzkum byl proveden v souladu s Helsinskou deklarací.

4.2 Organizace výzkumu

Bylo analyzováno celkem 59 oficiálních ligových utkání během dvou sezon, z toho 30 utkání v podzimní části sezony a 29 utkání v jarní části sezóny. Výzkum nezahrnuje mezinárodní, turnajová ani přátelská utkání. Datová matice celkem zahrnuje 771 individuálních záznamů hráčů z utkání (326 záznamů hráčů, kteří odehráli celé utkání, tedy >90 min, 445 záznamů hráčů, kteří odehráli méně než 90 min). Ve výše uvedených datech již byly zohledněny inkluzivní a exkluzivní kritéria. Zdravotní kritéria pro zařazení do výzkumu splňovali všichni hráči, kteří byli trenérským týmem

posouzení jako fyzicky připraveni k účasti v daném utkání. Herní data hráčů, která byla z technických důvodů neúplná nebo obsahovala chyby, nebyla do analýzy zařazena.

Fotbalové utkání byla hraná na přírodní trávě a dle pravidel a nařízení Fotbalové asociace České republiky. Každé utkání (> 90 min) bylo rozděleno na 5minutové po sobě následující úseky (celkem 18), které byly pro účely grafického zobrazení a další analýzy číselně klasifikovány jako úseky 1 až 18. Zvlášť byli analyzovány pasáže nastaveného času, které mají délku celého trvání nastaveného času. Ten nebyl zahrnut do grafů znázorňujících změny zatížení v průběhu utkání, protože zatížení bylo analyzováno v 5minutových intervalech, zatímco délka nastaveného času se mění a mohla by výsledná data zkreslit. Každá perioda utkání byla individuálně vyhodnocena, a to jak z pohledu fyzického zatížení, tak z pohledu BIP a BOP.

4.3 Metody získávání výzkumných údajů

Fyzický výkon byl vyjádřen parametry externího zatížení. To bylo měřeno pomocí systému Playertek (Catapult Sports, Melbourne, Austrálie), které využívá 10Hz GPS jednotky s integrovaným 400Hz triaxiálním akcelerometrem. Hráči měli oblečené speciální přiléhavé vesty s pouzdem v mezilopatkovém prostoru, dovnitř kterého byla umístěná GPS jednotka (42 g, $84 \times 42 \times 21$ mm). GPS jednotky byly zapnuté minimálně 15 min před začátkem utkání, aby bylo zajištěno navázání stabilního spojení se satelity. Bylo prokázáno, že 10Hz GPS zařízení jsou validním a reliabilním nástrojem pro měření externí zátěže ve fotbale (Scott et al., 2016). U systému Playertek (10Hz GPS) se spolehlivost pohybuje od $CV = 1,1 \%$ při měření celkové vzdálenosti, avšak s rostoucí rychlostí pohybu se tento koeficient zvyšuje na $CV = 11,7 \%$ (Mooney et al., 2021). Přesnost měření počtu akcelerací a decelerací (při zrychlení vyšším než $2,0 \text{ m/s}^2$) se pohybuje v rozmezí $CV = 4,4\text{--}5,7 \%$ (Delaney et al., 2018). Herní data byla zpětně stažena a zpracována pomocí softwaru Playertek. Byly analyzovány následující parametry externího zatížení v utkání (Harper et al., 2019; Rampinini et al., 2007):

- **TD:** celková vzdálenost (z anglického Total Distance)
- **D1:** chůze – od 0 do 7,2 km/h (z anglického Distance)
- **D2:** klus – od 7,2 do 14,4 km/h
- **D3:** běh – od 14,4 do 19,8 km/h
- **D4:** běh ve vysoké intenzitě – od 19,8 do 25,2 km/h
- **D5:** sprint – vyšší než 25,2 km/h

- **ACC2:** počet středně vysokých akcelerací – od 2 do 3 m/s²
- **ACC3:** počet vysokých akcelerací – od 3 do 4 m/s²
- **ACC4:** počet velmi vysokých akcelerací – vyšší než 4 m/s²
- **DEC2:** počet středně vysokých decelerací – od 2 do 3 m/s²
- **DEC3:** počet vysokých decelerací – od 3 do 4 m/s²
- **DEC4:** počet velmi vysokých decelerací – vyšší než 4 m/s²

Definice základních pojmů, míč ve hře a míč ze hry jsou popsány v pravidlech fotbalu zpracovaných pravidlovou komisí Fotbalové asociace České republiky (Kureš et al., 2024).

Míč je ze hry (**BOP**, „**Ball out of Play**“), jestliže:

- a) přejde po zemi nebo vzduchem celým objemem brankovou, nebo postranní čáru;
- b) rozhodčí přeruší hru;
- c) se dotkne rozhodčího a zároveň zůstane na hrací ploše a tým:
 - tým založí slibnou útočnou akci
 - míč jde přímo do branky
 - změnění se tým, který má míč v držení

Ve všech těchto případech se hra naváže míčem rozhodčího. Podrobný popis všech 18 typů BOP definovali ve své práci Zhao & Liu (2022):

- aut
- odkop od branky
- zahájení po gólu
- rohový kop
- střídání hráče
- obecný faul
- ofsajd
- stavění zdi
- zásah VAR (videorozhodčí)
- ošetření lékařem
- lehké zranění hráče (bez ošetření lékařem)
- udělení žluté karty
- udělení červené karty

- nařízená penalta
- míč rozhodčího
- konflikt hráčů
- zásah mimo hřiště (trenér, fanoušci...)
- protest hráče / stížnost na rozhodčího

Míč je ve hře (**BIP**, „**Ball in Play**“) ve všech ostatních případech.

Údaje o BIP a BOP byly získány na základě videozáznamu pořízeného z vyvýšené pozice na stadionu, v souladu s pokyny výrobce (PANORIS, Camvision, Brno, ČR). Data byla manuálně kódována bez pomoci automatického, resp. semiautomatického systému, a následně retrospektivně analyzována pomocí softwaru Panoris. GPS data a video (BIP a BOP data) byly manuálně synchronizované s přesností na 1 s. Spolehlivost měření parametrů BIP a BOP byla ověřena na datech z jednoho utkání. Aby bylo zajištěno, že pozorovatelé hodnotili stejné jevy v jednotlivých měřených intervalech, byla vypočtena spolehlivost pro jednodominutové úseky utkání (celkem 90 úseků). Pro vyhodnocení reliability byl použit korelační koeficient (Intraclass Correlation Coefficient; ICC) s metodou absolutní shody. Hodnota intra-rater reliability (dvě pozorování jednoho hodnotitele) dosáhla vynikající úrovně ICC = 0,999 (95% CI = 0,998–0,999; $p < 0,001$). Podobně i inter-rater reliability (tři nezávislé hodnotitelé) vykazovala vysokou přesnost s hodnotou ICC = 0,994 (95% CI = 0,991–0,996; $p < 0,001$).

4.4 Metody zpracování výzkumných údajů

V rámci zpracování výzkumných údajů byla použita základní deskriptivní statistika. Výsledky jsou primárně prezentovány pomocí tabulek a grafů, které poskytují vizuální přehled o hlavních trendech a vztazích. Tyto výstupy jsou dále doplněny o podpůrné analýzy a statistiky uvedené v textu výsledkové části pro dotvoření kontextu a lepší interpretaci klíčových zjištění. Normalita distribuce dat byla ověřena pomocí Shapiro-Wilk testu, zároveň s posouzením histogramů a Q:Q plotů. Statistický software IBM SPSS® (IBM Statistical Package for Social Science®, verze 28, Chicago, IL, USA) byl použit pro statistickou analýzu. Grafický software GraphPad Prism® (GraphPad Software Inc., verze 10, San Diego, CA, USA) byl použit pro vytvoření grafických podkladů. Pro zamítnutí nulové hypotézy byla ve všech statistických analýzách stanovena hladina významnosti na $p < 0,05$.

Tradiční přístup v hodnocení fyzického zatížení v utkání

Pro tradiční analýzu statistické významnosti rozdílů mezi herními pozicemi (nezávislá proměnná) v jednotlivých parametrech externího zatížení (závislá proměnná) byla použita jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA, parametrická data), případně Kruskal-Wallis test (neparametrická data). Pro výběr správné metody jsme kromě normality dat posuzovali i homogenitu rozptylů pomocí Leveneho testu. V případě zjištění významných rozdílů mezi skupinami jsme použili následující post-hoc testy: Tukey (ANOVA), Games-Howell (Welsch ANOVA), Dunnův test s Bonferroniho korekcí (Kruskal-Wallis test). Pro výpočet věcné významnosti rozdílů jsme použili koeficient Eta squared (η^2 , ANOVA), respektive Epsilon squared (ϵ^2 , Kruskal-Wallis test), a následně klasifikovali malý (0,01–0,06), střední (0,06–0,14) nebo velký (>0,14) efekt rozdílů (Cohen, 1988).

Změny fyzického zatížení v utkání a vliv BIP

Analýza rozptylu pro opakovaná měření (RM ANOVA) byla použita k posouzení statistické a věcné významnosti lineárního trendu hodnot BIP v průběhu utkání (stoupající, klesající, nevýznamný). Předpoklad sféricity byl ověřen pomocí Mauchlyho testu. Pro stanovení věcné významnosti byl použit koeficient partial eta squared (η_p^2), s referenčními hodnotami malý (0,01–0,06), střední (0,06–0,14) a velký (>0,14) efekt rozdílů (Cohen, 1988).

S cílem eliminovat vliv kovariační proměnné BIP byly hodnoty parametrů externího zatížení normalizovány vůči BIP (např. TD děleno BIP). Pro analýzu zatížení v 5minutových úsecích utkání byl použit smíšený lineární model (LMM, z anglického Linear Mixed Model), který nám umožňuje analyzovat lineární trend napříč jednotlivými úseky utkání a zároveň zohlednit opakovaná měření u jednotlivých hráčů (jeden hráč může mít víc odehraných utkání). Struktura modelu byla následovná: závislá proměnná (parametr zatížení), náhodné efekty (hráč), fixní efekty (časový úsek, typ dat (absolutní, relativní), časový úsek * typ dat (interakční efekt)). Zkoumala se statistická významnost trendů i statistická významnost rozdílů mezi trendy absolutních a relativních hodnot zkoumaného parametru.

Jako doplnění LLM modelu jsme vztah mezi parametry externího zatížení a BIP ověřili pomocí Pearsonova korelačního koeficientu. Věcnou významnost jsme dle Hopkins et al. (2009) interpretovali následovně: téměř dokonalá korelace ($r > 0,90$),

velmi silná ($0,70 < r < 0,90$), silná ($0,50 < r < 0,70$), střední ($0,30 < r < 0,50$), slabá ($0,10 < r < 0,30$) a zanedbatelná ($r < 0,10$) korelace.

Změny fyzického zatížení v utkání v kontextu herních pozic

Pro zjištění, zda jsou změny a poklesy externího zatížení v průběhu utkání konzistentní napříč jednotlivými herními pozicemi, nebo zda se významně liší, byl použit Pearsonův korelační koeficient. Korelovali jsme mezi sebou hodnoty herních pozic v jednotlivých 5minutových úsecích. Míru věcné významnosti jsme určili dle Hopkins et al. (2009), jednotlivé úrovně významnosti jsou popsány výše. Dále jsme analyzovali variabilitu externího zatížení pomocí variačního koeficientu (CV) v průběhu celého utkání, a to na základě hodnot zaznamenaných v 5minutových úsecích utkání, přičemž data byla kategorizována podle herních pozic.

Změny fyzického zatížení v utkání v kontextu střídajících hráčů

Byli analyzovány data jen z druhého poločasu utkání, z důvodu malého počtu střídání během prvního poločasu. Pro zjištění, zda jsou změny a poklesy externího zatížení v průběhu utkání konzistentní mezi střídajícími hráči a hráči, kteří odehráli celé utkání, nebo zda se významně liší, byl použit Pearsonův korelační koeficient. Korelovali jsme mezi sebou hodnoty hráčů v jednotlivých 5minutových úsecích. Míru věcné významnosti jsme určili dle Hopkins et al. (2009), jednotlivé úrovně významnosti jsou popsány výše.

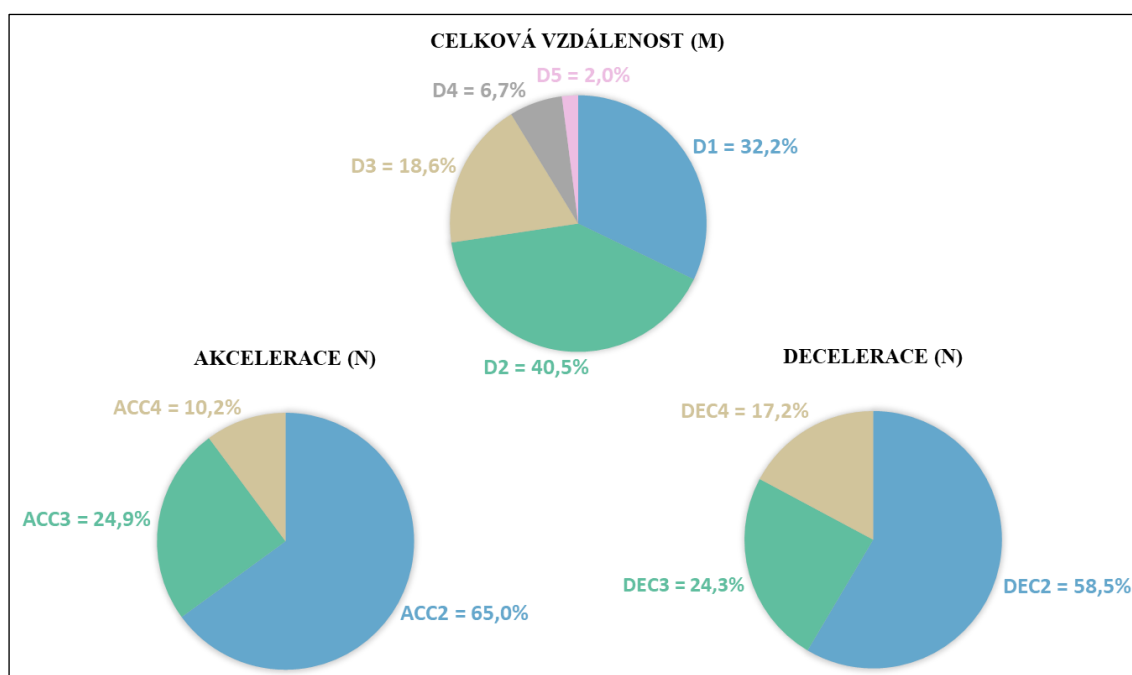
Analýza nadstaveného času v utkání v kontextu BIP

Pro analýzu statistické významnosti rozdílů v délce nadstaveného času (závislá proměnná) mezi třemi různými způsoby jeho určení (rozhodčím, skutečný nadstavený čas, BIP čas – nezávislá proměnná) byla použita jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA, parametrická data), případně Kruskal-Wallis test (neparametrická data). Podmínky pro výběr správné metody pro analýzu statistické významnosti i posouzení efektu rozdílů jsou uvedeny výše v textu (část: Tradiční přístup v hodnocení fyzického zatížení v utkání).

5 VÝSLEDKY VÝZKUMU

5.1 Tradiční přístup v hodnocení fyzického zatížení v utkání

V této části byla analyzována data z celého utkání (>90 minut) a hodnocena souhrnně, bez zohlednění dynamiky změn zatížení v jednotlivých fázích utkání. Graf 1 prezentuje tři základní složky externího zatížení, které jsme zkoumali. Celková uběhnutá vzdálenost se skládá z pěti dílčích podsložek, které reprezentují různé úrovně intenzity pohybu. Převážnou většinu absolvované vzdálenosti v utkání tvoří chůze a klus, celkem až 72,7 %. Naopak běh ve vysoké intenzitě a ve sprintu tvoří jenom 8,7 % celkové absolvované vzdálenosti v utkání. U akcelerací a decelerací jsme zkoumali tři úrovně intenzity pohybu. Podobně jako u absolvované vzdálenosti, i tady je poměr středně vysokých akcelerací a decelerací vzhledem k vyšší intenzitě těchto parametrů nadpoloviční, respektive 65,0 % a 58,5 %. Nejnížší zastoupení zaznamenaly akcelerace a decelerace nejvyšší měřené intenzity.



Graf 1. Poměr zastoupení jednotlivých podsložek intenzity pohybu ve třech měřených složkách externího zatížení. V grafu jsou zohledněny průměrné týmové hodnoty

Legenda: TD – celková vzdálenost, D1 – chůze, D2 – klus, D3 – běh, D4 – běh ve vysoké intenzitě, D5 – sprint, ACC2 – středně vysoká akcelerace, ACC3 – vysoká akcelerace, ACC4 – velmi vysoká akcelerace, DEC2 – středně vysoká decelerace, DEC3 – vysoká decelerace, DEC4 – velmi vysoká decelerace

Tabulka 2. Externí zatížení hráčů v utkání (>90 min) a významnost rozdílů mezi herními pozicemi ve zkoumaných parametrech (formát: průměr ± SD)

Parametr	Herní pozice						F / H	p	η^2 / ϵ^2
	Tým (n = 326)	CD (n = 93)	FB (n = 82)	DM (n = 65)	OM (n = 41)	S (n = 45)			
TD	11222,5 ± 764,0	10526,1 ± 590,6	11505,4 ± 538,6 ^a	11599,5 ± 632,4 ^a	11519,6 ± 729,3 ^a	11322,8 ± 721,3 ^a	F = 41,69	<0,05	0,34
D1	3609,3 ± 243,6	3634,0 ± 204,6 ^b	3514,1 ± 246,1	3552,2 ± 223,3	3721,3 ± 282,0 ^{bc}	3713,7 ± 224,1 ^{bc}	H = 36,08	<0,05	0,10
D2	4541,8 ± 481,9	4422,9 ± 342,2	4526,8 ± 406,4	4951,9 ± 542,5 ^{abde}	4409,0 ± 481,7	4334,2 ± 433,7	H = 49,49	<0,05	0,14
D3	2088,8 ± 401,7	1766,8 ± 326,9	2253,4 ± 274,3 ^{ac}	2317,4 ± 354,4 ^{ac}	2187,0 ± 447,6 ^{ac}	2029,3 ± 329,7 ^a	H = 103,39	<0,05	0,31
D4	752,8 ± 217,4	558,7 ± 120,3	903,3 ± 155,0 ^{ac}	642,2 ± 150,8 ^a	906,5 ± 160,7 ^{ac}	902,1 ± 186,0 ^{ac}	H = 189,68	<0,05	0,58
D5	229,8 ± 128,6	143,6 ± 68,2	307,8 ± 115,0 ^{ac}	135,8 ± 77,5	295,8 ± 126,1 ^{ac}	343,5 ± 89,1 ^{ac}	H = 159,32	<0,05	0,48
ACC2	177,1 ± 21,7	175,3 ± 23,1 ^c	186,9 ± 16,3 ^{ade}	180,3 ± 18,7 ^c	174,5 ± 24,1 ^c	160,6 ± 18,7	H = 47,3	<0,05	0,13
ACC3	67,8 ± 14,4	61,5 ± 14,6	76,0 ± 12,6 ^{ace}	64,9 ± 13,4	71,0 ± 12,9 ^a	67,3 ± 12,0	F = 14,31	<0,05	0,15
ACC4	26,7 ± 8,8	21,6 ± 6,5	29,8 ± 9,2 ^{ac}	25,3 ± 7,1 ^a	31,2 ± 8,9 ^{ac}	29,7 ± 8,7 ^a	H = 63,34	<0,05	0,18
DEC2	148,8 ± 21,1	145,2 ± 22,4	154,3 ± 16,6 ^{ac}	156,7 ± 18,3 ^{ac}	148,5 ± 22,8 ^c	135,1 ± 20,5	H = 35,44	<0,05	0,10
DEC3	61,8 ± 12,9	53,7 ± 12,2	68,4 ± 11,4 ^{ac}	63,1 ± 13,5 ^a	65,8 ± 11,4 ^a	61,1 ± 8,2 ^a	F = 18,92	<0,05	0,19
DEC4	43,7 ± 12,2	33,2 ± 8,1	51,0 ± 9,5 ^{ac}	40,4 ± 10,0 ^a	51,2 ± 9,7 ^{ac}	50,1 ± 11,2 ^{ac}	H = 133,82	<0,05	0,40

Legenda: TD – celková vzdálenost, D1 – chůze, D2 – klus, D3 – běh, D4 – běh ve vysoké intenzitě, D5 – sprint, ACC2 – středně vysoká akcelerace, ACC3 – vysoká akcelerace, ACC4 – velmi vysoká akcelerace, DEC2 – středně vysoká decelerace, DEC3 – vysoká decelerace, DEC4 – velmi vysoká decelerace, CD – střední obránce, FB – krajní obránce, DM – defenzivní záložník, OM – ofenzivní záložník, S – útočník, a – významně vyšší hodnota ve srovnání se sloupcem CD, b – významně vyšší hodnota ve srovnání se sloupcem FB, c – významně vyšší hodnota ve srovnání se sloupcem DM, d – významně vyšší hodnota ve srovnání se sloupcem OM, e – významně vyšší hodnota ve srovnání se sloupcem S

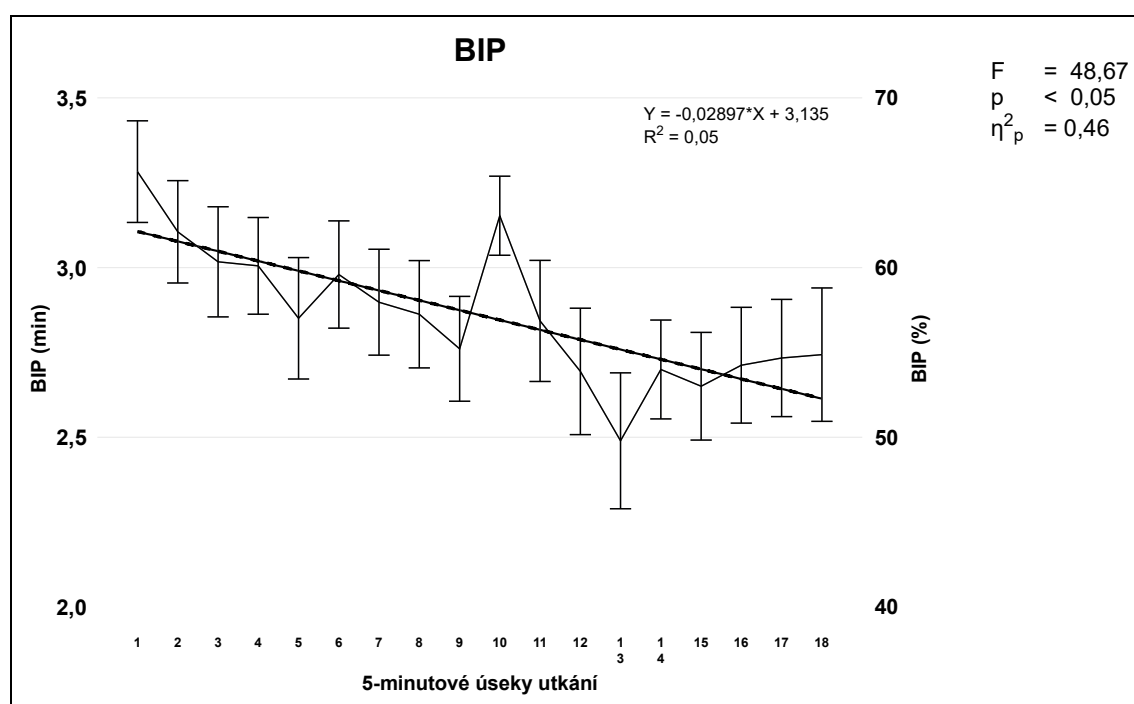
Tabulka 2 zobrazuje přehled hodnot herního zatížení ve zkoumaných parametrech z perspektivy celého týmu i perspektivy herních pozic. Byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi herními pozicemi ve všech parametrech. Zároveň byla pozorována vysoká věcná významnost rozdílů u všech parametrů, s výjimkou D1, ACC2 a DEC2, u kterých jsme pozorovali střední úroveň věcné významnosti. Jedná se o parametry nejnižší intenzity pohybu. Naopak pozorujeme velmi vysokou věcnou významnost rozdílů ($\eta^2/\epsilon^2 > 0,3$) mezi herními pozicemi v parametrech TD, D3, D4, D5 a DEC4.

Z výsledků analýzy vyplývá, že herní pozice CD vykazovala nejnižší průměrné hodnoty ve většině sledovaných parametrů fyzické zátěže, s výjimkou D1 a ACC2. Tyto rozdíly byly ve značné míře potvrzeny jako statisticky významné. Naopak u herních pozic FB, OM a S jsme analýzou zjistili velmi podobný profil fyzické zátěže během utkání. Jediné zjištěné rozdíly se týkají převážně ukazatelů nízké intenzity, přičemž v parametrech vyšší intenzity se tyto herní pozice neliší skoro vůbec. Pozice FB, OM a S dosahují v parametrech vyšší intenzity, konkrétně D4, D5, ACC5 a DEC5, statisticky i věcně významně vyšších hodnot ve srovnání s herními pozicemi CD a DM.

5.2 Změny fyzického zatížení v utkání a vliv BIP

Průměrná hodnota BIP během utkání činila $53,8 \pm 4,9$ minuty, kdežto průměrná hodnota BOP byla $40,6 \pm 5,3$ min. To představuje 57,0 % BIP z celkové hrací doby utkání, což implikuje, že 43,0 % času utkání nebyl míč ve hře (BOP). Významně vyšší hodnota BIP byla zaznamenána v prvním poločase ($27,4 \pm 3,0$ min; 59,4 %) ve srovnání s druhým poločasem ($26,5 \pm 2,8$ min; 54,8 %) ($p < 0,05$). Hodnoty BIP přesahující 60 % z celkového hracího času byly zaznamenány pouze na začátku obou poločasů, konkrétně v časových intervalech 1.–20. min a 46.–50. min. Ve zbývajícím průběhu utkání se průměrná hodnota BIP pohybovala v rozmezí 50–60 %. Zatímco rozdíly v celkovém trvání utkání byly minimální $CV = 2,27$ %, variabilita BIP mezi utkáními byla několikanásobně vyšší $CV = 9,22$ % a variabilita BOP dokonce ještě vyšší 13,10 %. Nejnižší hodnota BIP v individuálním utkání byla 42,7 min (1. poločas – 17,6 min; 2. poločas – 25,1 min), což představuje 45,8 % z celkové hrací doby utkání. Naopak nejvyšší zaznamenaná hodnota BIP v individuálním utkání v rámci tohoto výzkumu byla 74,6 min (1. poločas – 37,1 min; 2. poločas – 37,5 min), což představovalo 77,9 % z celkové hrací doby utkání.

Graf 2 reprezentuje změny BIP v průběhu utkání v 5minutových úsecích, přičemž je analyzovaných jenom 90 min utkání, bez nadstaveného času. V průběhu utkání byl pozorován statisticky významný lineární klesající trend BIP, který současně vykazoval vysokou věcnou významnost poklesu ($\eta^2_p = 0,46$). Tento pokles je patrný i v grafu 2, kde větší odchylkou od klesajícího trendu je jenom úsek 10, reprezentující prvních 5 minut druhého poločasu. Klesající trend také nevykazují poslední čtyři úseky utkání (70.–90. min), kde pozorujeme spíše stabilizaci BIP v čase. Kumulativní procentuální změna BIP mezi jednotlivými pětiminutovými úseky v rámci celého utkání činila -15,1 %.



Graf 2. Rozložení BIP v průběhu utkání. Data vyjádřená jako průměr a 95 % CI. Hodnota F-statistiky určuje významnost sklonu lineárního trendu

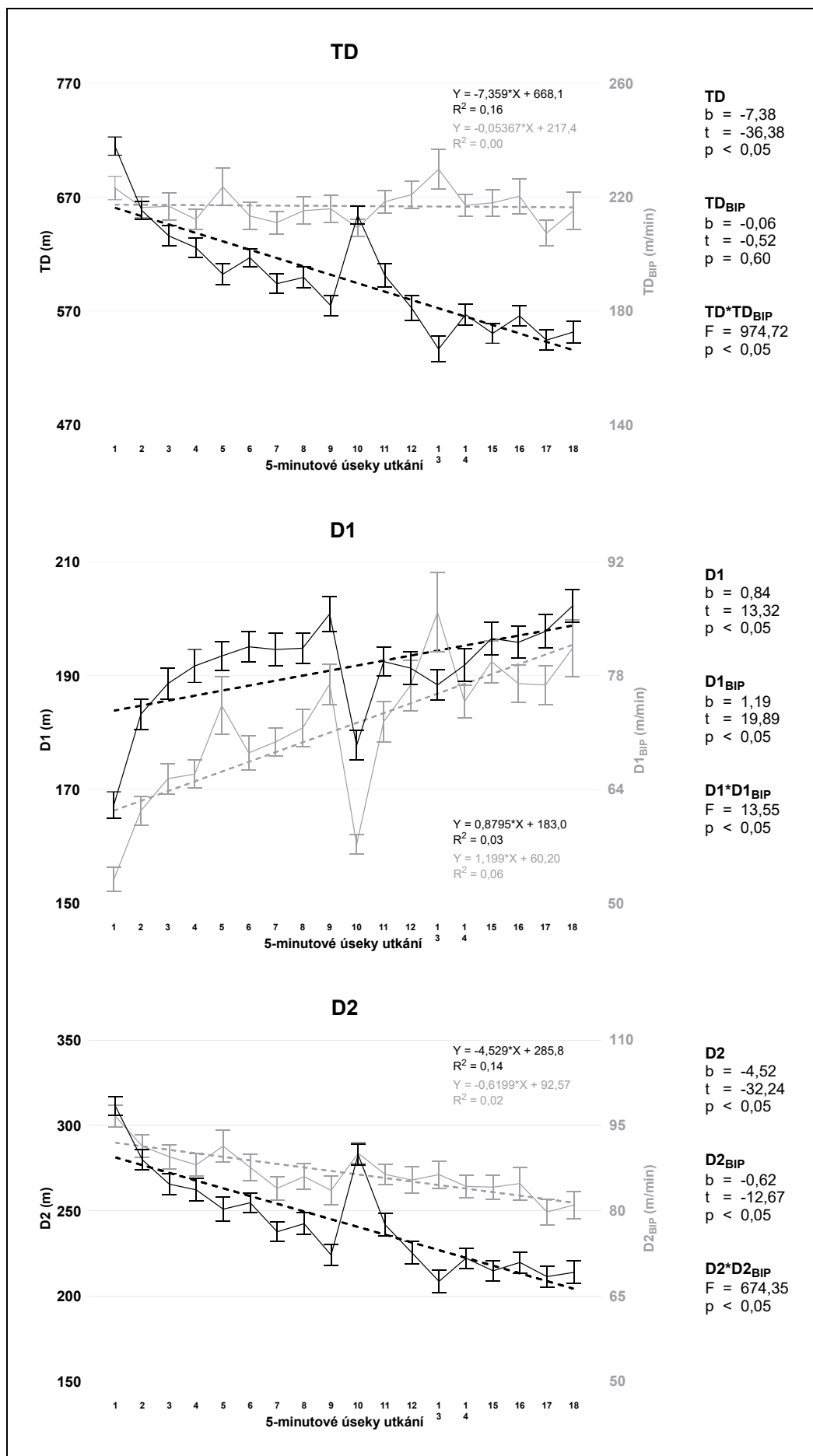
Zaznamenali jsme statisticky významný vztah ($p < 0,05$) mezi BIP a všemi parametry externího zatížení, vyjádřený korelačními koeficienty. Velmi silnou korelaci jsme zaznamenali u TD a D2 (BIP vs. TD: $r = 0,77$; BIP vs. D2: $r = 0,72$). Silnou korelaci jsme zaznamenali pro D3, ACC2 a DEC2 (BIP vs. D3: $r = 0,51$; BIP vs. ACC2: $r = 0,55$; BIP vs. DEC2: $r = 0,52$). Následně střední úroveň významnosti korelačního koeficientu jsme zaznamenali u D1, D4, ACC3 a DEC3 (BIP vs. D1: $r = 0,41$; BIP vs. D4: $r = 0,33$; BIP vs. ACC3: $r = 0,32$; BIP vs. DEC3: $r = 0,35$). Posouzením věcné významnosti vztahu jsme identifikovali pouze slabou asociaci mezi BIP a aktivitami

s nejvyšším stupněm intenzity, D5, ACC4 a DEC4 (BIP vs. D5: $r = 0,14$; BIP vs. ACC4: $r = 0,17$; BIP vs. DEC4: $r = 0,29$). Závislost změn jednotlivých parametrů fyzického zatížení v průběhu utkání na parametru BIP jsme vyjádřili také pomocí koeficientu determinace – TD: $R^2 = 59,3 \%$; D1: $R^2 = 16,8 \%$; D2: $R^2 = 51,8 \%$; D3: $R^2 = 26,0 \%$; D4: $R^2 = 10,9 \%$; D5: $R^2 = 2,0 \%$; ACC2: $R^2 = 30,3 \%$; ACC3: $R^2 = 10,2 \%$; ACC4: $R^2 = 2,9 \%$; DEC2: $R^2 = 27,0 \%$; DEC3: $R^2 = 12,3 \%$; DEC4: $R^2 = 8,4 \%$.

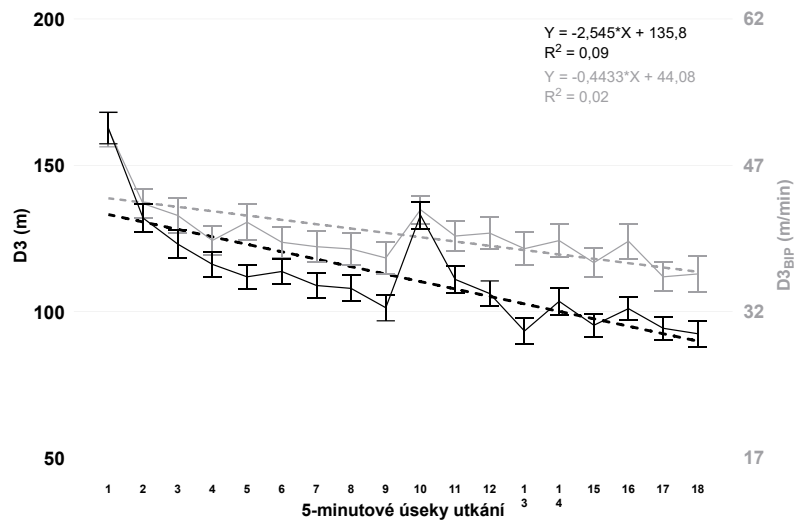
Graf 3 obsahuje vizualizaci parametrů zátěže a jejich rozložení v průběhu utkání v absolutních hodnotách a hodnotách relativizovaných vzhledem k BIP. Doplněním grafické analýzy jsou výsledky LMM, které potvrdily, že všechny parametry zátěže v absolutních hodnotách mají klesající charakter v průběhu utkání se statisticky významným klesajícím lineárním trendem ($p < 0,05$). Výjimku tvoří pouze chůze, jejíž zastoupení v průběhu utkání narůstá ($p < 0,05$).

Relativizace hodnot externího zatížení vůči BIP (hlavnímu kontextuálnímu faktoru) vedla ke snížení sklonu lineárního klesajícího trendu u všech sledovaných parametrů. Zkoumání rozdílů ve sklonu lineárních trendů mezi absolutními a relativními hodnotami zátěže pomocí LLM (interakční analýza – vyjádřeno F statistikou), odhalilo statisticky významné rozdíly u všech parametrů ($p < 0,05$). Výjimkou byl parametr chůze, kde po relativizaci hodnot pozorujeme opačný, tedy významnější nárůst v průběhu utkání ($p < 0,05$). Největší rozdíly mezi absolutními a relativními parametry ve sklonu trendů jsme pozorovali u TD ($F = 974,72$; $p < 0,05$). Parametr TD_{BIP} jako jediný z relativizovaných ukazatelů nevykázal statisticky významný sklon lineárního trendu v čase ($p > 0,05$).

Jako doplnění ke grafickému porovnání křivek, trendů a LLM analýzy uvádíme kumulativní % změny zátěže během utkání jak pro absolutní, tak relativní hodnoty: TD vs. TD_{BIP} = -23,4 % vs. -2,6 %; D1 vs. D1_{BIP} = 20,6 % vs. 54,8 %; D2 vs. D2_{BIP} = -31,2 % vs. -16,5 %; D3 vs. D3_{BIP} = -45,9 % vs. -30,9 %; D4 vs. D4_{BIP} = -43,1 % vs. -25,9 %; D5 vs. D5_{BIP} = -30,3 % vs. -5,9 %; ACC2 vs. ACC2_{BIP} = -38,3 % vs. -22,8 %; ACC3 vs. ACC3_{BIP} = -39,5 % vs. -24,3 %; ACC4 vs. ACC4_{BIP} = -43,9 % vs. -15,1 %; DEC2 vs. DEC2_{BIP} = -35,4 % vs. -18,4 %; DEC3 vs. DEC3_{BIP} = -43,4 % vs. -27,6 %; DEC4 vs. DEC4_{BIP} = -42,4 % vs. -28,2 %. U všech relativizovaných parametrů, kromě D1, se potvrdil menší procentuální pokles zátěže v průběhu utkání, ve srovnání s absolutními hodnotami.



D3



D3

b = -2,54
t = -26,04
p < 0,05

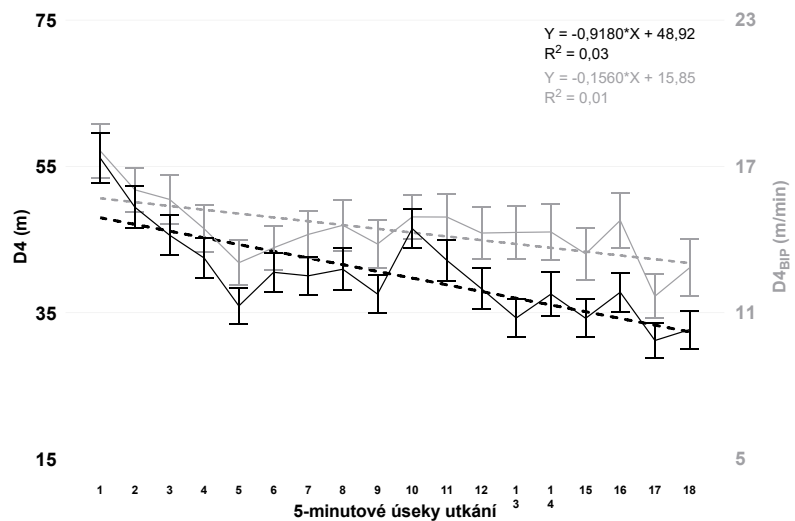
D3_{BIP}

b = -0,44
t = -12,46
p < 0,05

D3*D3_{BIP}

F = 396,46
p < 0,05

D4



D4

b = -0,92
t = -15,56
p < 0,05

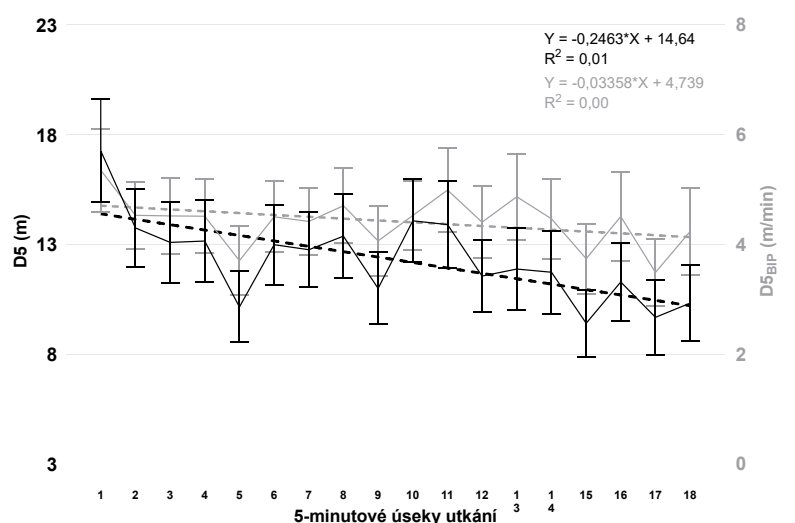
D4_{BIP}

b = -0,16
t = -7,09
p < 0,05

D4*D4_{BIP}

F = 142,45
p < 0,05

D5



D5

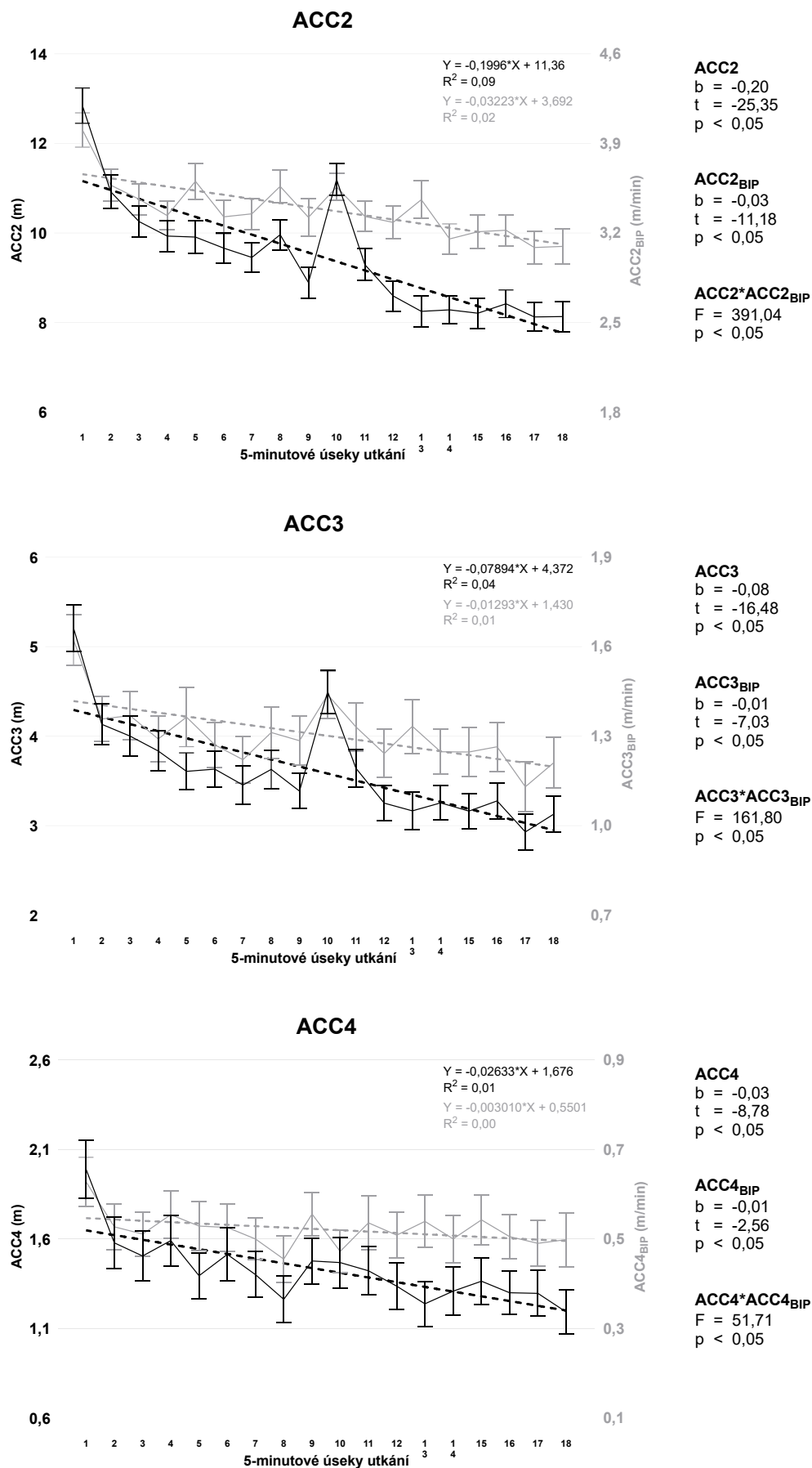
b = -0,25
t = -6,19
p < 0,05

D5_{BIP}

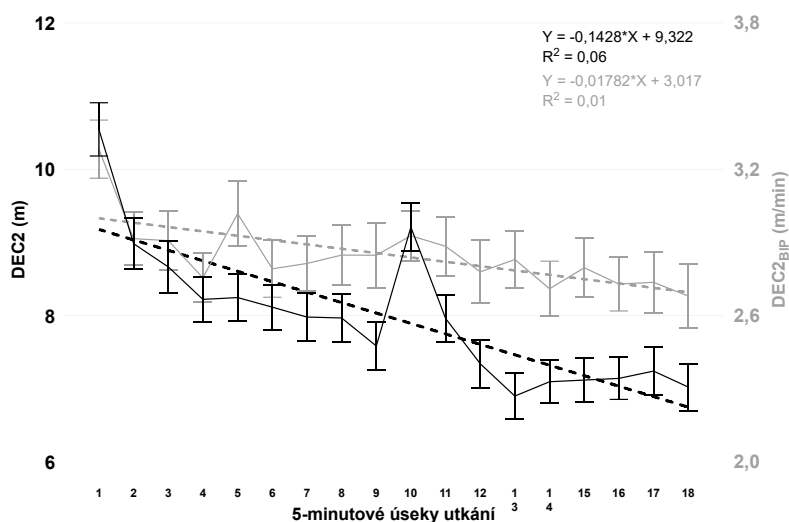
b = -0,03
t = -2,22
p < 0,05

D5*D5_{BIP}

F = 24,49
p < 0,05



DEC2



DEC2

$b = -0,14$
 $t = -19,35$
 $p < 0,05$

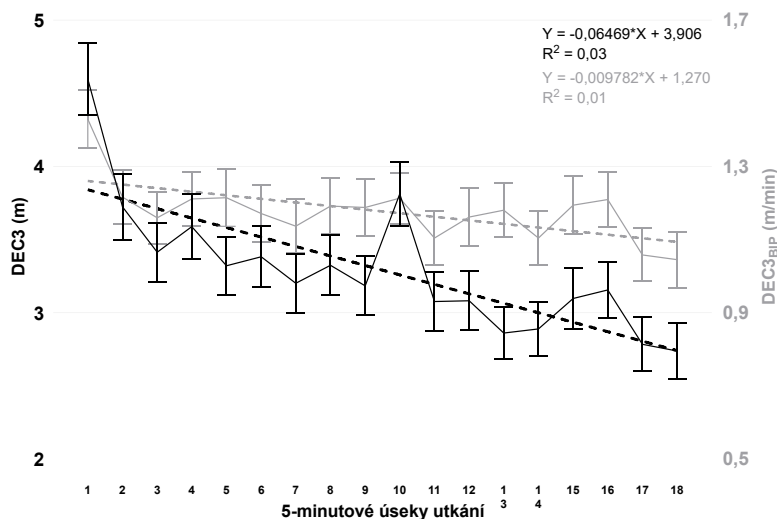
DEC2_{BIP}

$b = -0,02$
 $t = -6,64$
 $p < 0,05$

DEC2*DEC2_{BIP}

$F = 251,00$
 $p < 0,05$

DEC3



DEC3

$b = -0,07$
 $t = -14,04$
 $p < 0,05$

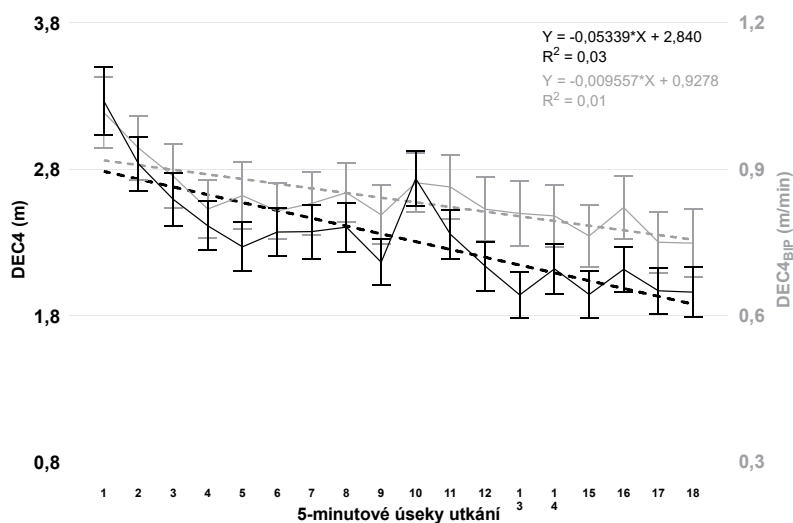
DEC3_{BIP}

$b = -0,01$
 $t = -5,78$
 $p < 0,05$

DEC3*DEC3_{BIP}

$F = 123,89$
 $p < 0,05$

DEC4



DEC4

$b = -0,05$
 $t = -14,09$
 $p < 0,05$

DEC4_{BIP}

$b = -0,01$
 $t = -6,78$
 $p < 0,05$

DEC4*DEC4_{BIP}

$F = 115,15$
 $p < 0,05$

Graf 3. Rozložení externí zátěže v průběhu utkání v absolutních hodnotách a hodnotách relativizovaných vzhledem k BIP. Data vyjádřena jako průměr a 95 % CI. Pravá osa y uvádí absolutní hodnoty, levá osa y uvádí relativní hodnoty vzhledem k BIP. Pravá část grafu obsahuje výstupy LMM, které hodnotí statistickou významnost lineárních trendů (t-statistika) a zároveň uvádí výsledky interakční analýzy (F-statistika), jež slouží k posouzení rozdílů mezi těmito trendy

Na základě rozdělení utkání na 5minutové úseky jsme zhodnotili výskyt jednotlivých druhů fyzického zatížení v utkání. Parametr D5 byl zaznamenán v 63,5 % všech 5minutových úseků, ACC4 se vyskytla ve 74,3 % a DEC 4 ve 88,7 % úseků. To poukazuje na nepravidelnost výskytu intenzivních pohybových činností během utkání. Parametry D4, ACC3 a DEC3 vykazovaly výskyt ve 95–98 % všech 5minutových úseků. Zbylé pohybové činnosti odpovídající nízké a střední intenzitě byly v průběhu utkání přítomny velmi pravidelně, s výskytem ve více než 99,9 % všech časových úseků utkání.

5.3 Změny fyzického zatížení v utkání v kontextu herních pozic

Graf 4 ukazuje hodnoty externího zatížení a jejich vývoj v průběhu utkání. Křivky reprezentují jednotlivé herní pozice. Je patrné, že křivky jednotlivých herních pozic mají velmi podobný charakter změn v průběhu utkání (tj. když klesá zatížení u jedné pozice, tradičně klesá zatížení i u ostatních herních pozic, a to i podobným poměrem). Vizuální interpretaci grafů doplňuje korelační analýza, která porovnává průměrné hodnoty jednotlivých herních pozic napříč pětiminutovými úseky utkání pro všechny sledované parametry. Tento přístup umožňuje určit míru shody ve změnách zatížení v průběhu utkání mezi jednotlivými pozicemi. Zjistili jsme téměř dokonalou korelaci ve vývoji herního zatížení mezi herními pozicemi u parametru TD ($r = 0,96–0,98$, $p < 0,05$), D2 ($r = 0,95–0,97$, $p < 0,05$) a D3 ($r = 0,90–0,98$, $p < 0,05$). Velmi silnou, až téměř dokonalou korelaci jsme objevili u D1 ($r = 0,83–0,95$, $p < 0,05$), D4 ($r = 0,76–0,93$, $p < 0,05$), ACC2 ($r = 0,89–0,97$, $p < 0,05$), ACC3 ($r = 0,75–0,91$, $p < 0,05$) a DEC2 ($r = 0,70–0,94$, $p < 0,05$). Silnou, až velmi silnou korelaci jsme pozorovali u DEC3 ($r = 0,73–0,87$, $p < 0,05$) a DEC4 ($r = 0,67–0,89$, $p < 0,05$). Nejnížší hodnoty korelace ve změnách zatížení během utkání mezi pozicemi, v rozsahu od triviálního až po velmi silný vztah, jsme pozorovali u D5 ($r = 0,02–0,67$, $p > 0,05$) a ACC4 ($r = 0,27–0,78$, $p > 0,05$).

Kde jsou rozdíly mezi pozicemi patrné, jsou rozdíly v celkové herní zátěži. Časové křivky parametrů TD a D3 (graf 4) ukazují, že CD zaznamenávají významně nižší úroveň zátěže než ostatní herní pozice, a to v průběhu celého utkání. U herních

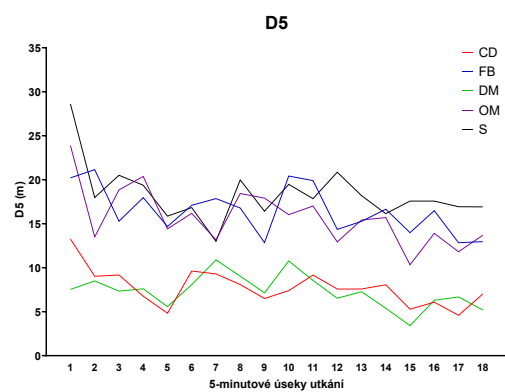
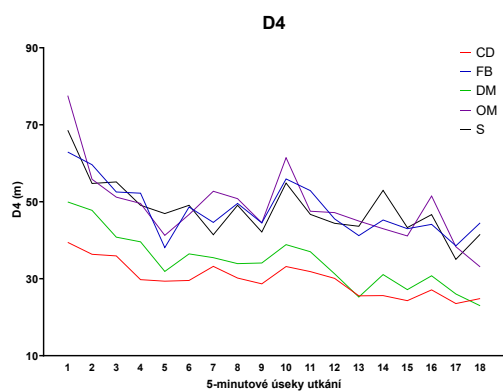
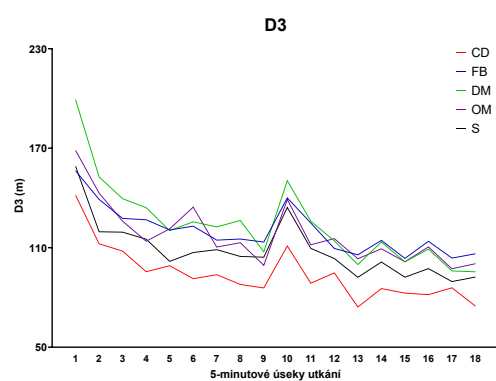
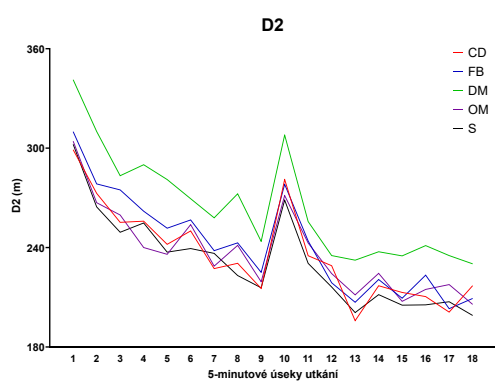
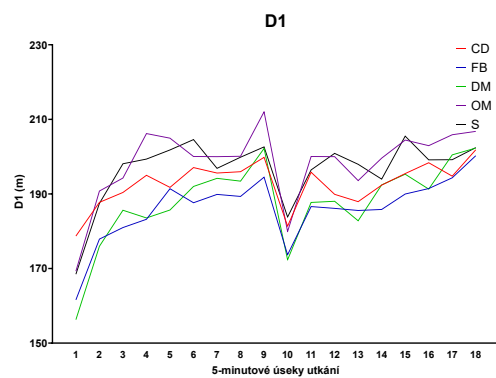
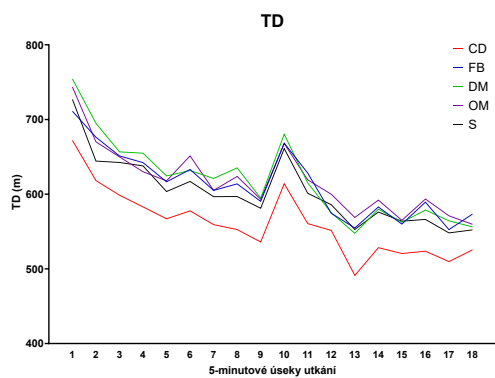
pozic CD a DM pozorujeme významně nižší hodnoty zátěže ve srovnání s dalšími herními pozicemi v parametrech D4, D5, ACC4 a DEC4. Výjimkou je parametr D2, kde herní pozice DM zaznamenala vyšší hodnoty zátěže v průběhu celého utkání.

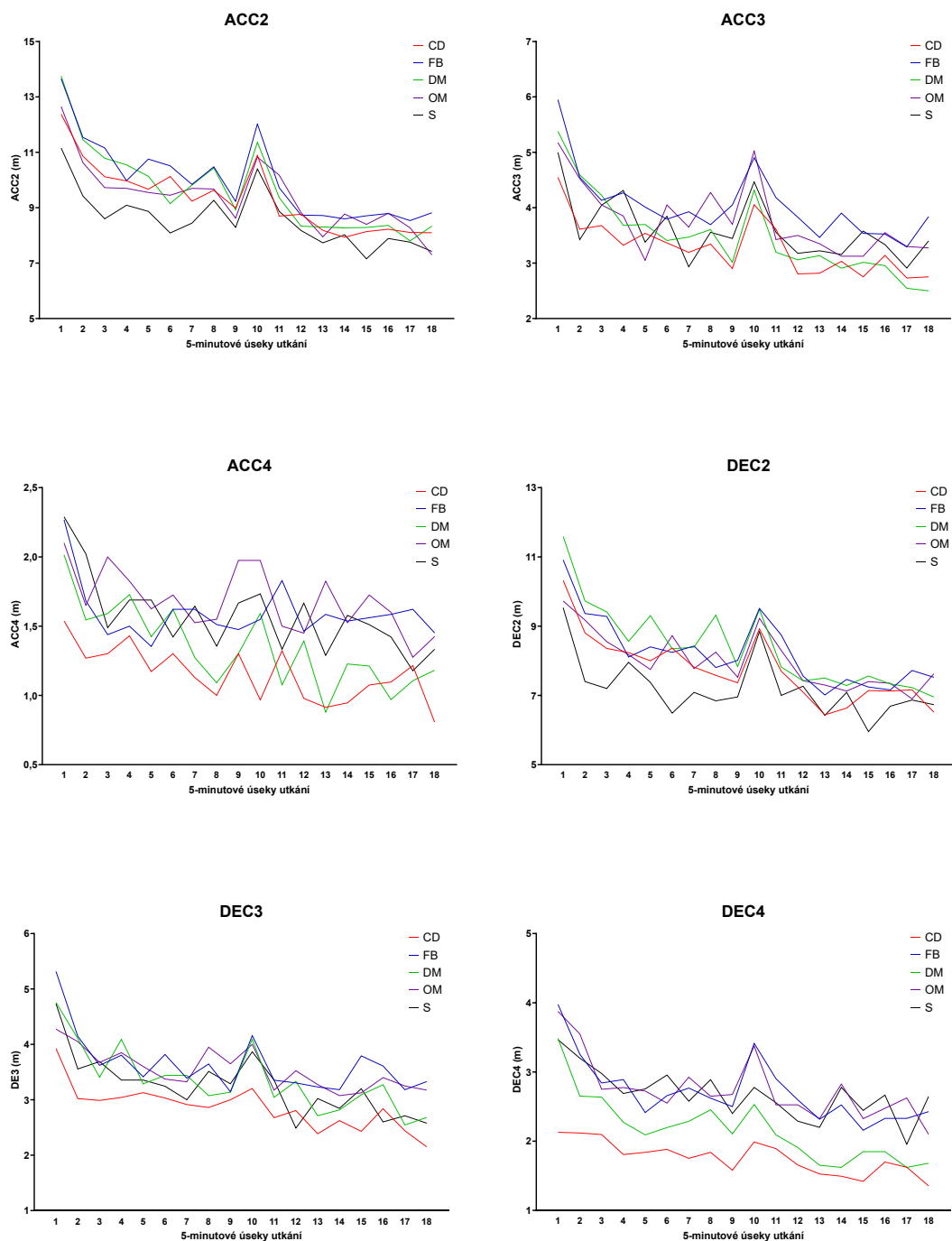
Tabulka 3. Variabilita externího zatížení v rámci všech 5minutových úseků utkání u jednotlivých herních pozic. Data vyjádřená jako koeficienty variace (CV)

	CD	FB	DM	OM	S
TD	16 %	15 %	16 %	15 %	15 %
D1	13 %	14 %	14 %	14 %	13 %
D2	26 %	26 %	26 %	26 %	26 %
D3	41 %	34 %	39 %	39 %	37 %
D4	68 %	56 %	67 %	55 %	55 %
D5	164 %	115 %	174 %	119 %	101 %
ACC2	36 %	34 %	35 %	37 %	37 %
ACC3	59 %	51 %	58 %	54 %	54 %
ACC4	93 %	83 %	91 %	80 %	81 %
DEC2	40 %	38 %	38 %	39 %	40 %
DEC3	62 %	55 %	58 %	56 %	56 %
DEC4	75 %	62 %	73 %	63 %	60 %

Legenda: Šedé podbarvení označuje herní pozice a parametry zatížení, u kterých pozorujeme nejvyšší variabilitu; TD – celková vzdálenost, D1 – chůze, D2 – klus, D3 – běh, D4 – běh ve vysoké intenzitě, D5 – sprint, ACC2 – středně vysoká akcelerace, ACC3 – vysoká akcelerace, ACC4 – velmi vysoká akcelerace, DEC2 – středně vysoká decelerace, DEC3 – vysoká decelerace, DEC4 – velmi vysoká decelerace, CD – střední obránce, FB – krajní obránce, DM – defenzivní záložník, OM – ofenzivní záložník, S – útočník

Data prezentované v tabulce 3 odhalila, že variabilita zatížení v průběhu utkání je vyšší u vysoko intenzivních činností (D4, D5, ACC3, ACC4, DEC3 a DEC4) a konstantnější u parametrů reprezentujících nízkou intenzitu činností (D1, D2, D3, ACC2 a ACC3), stejně tak u parametru TD, který se proporcionálně skládá primárně z parametrů nízké intenzity. Ukázalo se, že nejvíc konzistentní hodnoty se vyskytují u parametru TD a D1 (nejnižší CV), se zanedbatelnými rozdíly mezi herními pozicemi. Naopak, herní pozice CD a DM zaznamenaly významně vyšší hodnoty CV v parametrech vyšší intenzity (D4, D5, ACC3, ACC4, DEC3 a DEC4) než herní pozice FB, OM a S, které se od sebe ve variabilitě zatížení významně neliší.





Graf 4. Změny externí zátěže v průběhu utkání v kontextu herních pozic. Data vyjádřena jako průměrné hodnoty pro jednotlivé herní pozice

5.4 Změny fyzického zatížení v utkání v kontextu střídání

V 59 utkáních jsme zaznamenali 239 střídání (vyjma brankářů), což představuje průměrně $4,1 \pm 1,0$ střídání v utkání. V prvním poločase bylo jenom 7 střídání, ve většině případů ze zdravotních důvodů. Největší počet střídání jsme zaznamenali v úseku mezi 61.–75. min utkání, kde bylo celkem 94 střídání, což představuje 39,3 % všech střídání (tabulka 4). Nejvyšší proporce střídání připadla pozicím OM, DM a S. Naopak nejméně střídané herní pozice byly FB a CD.

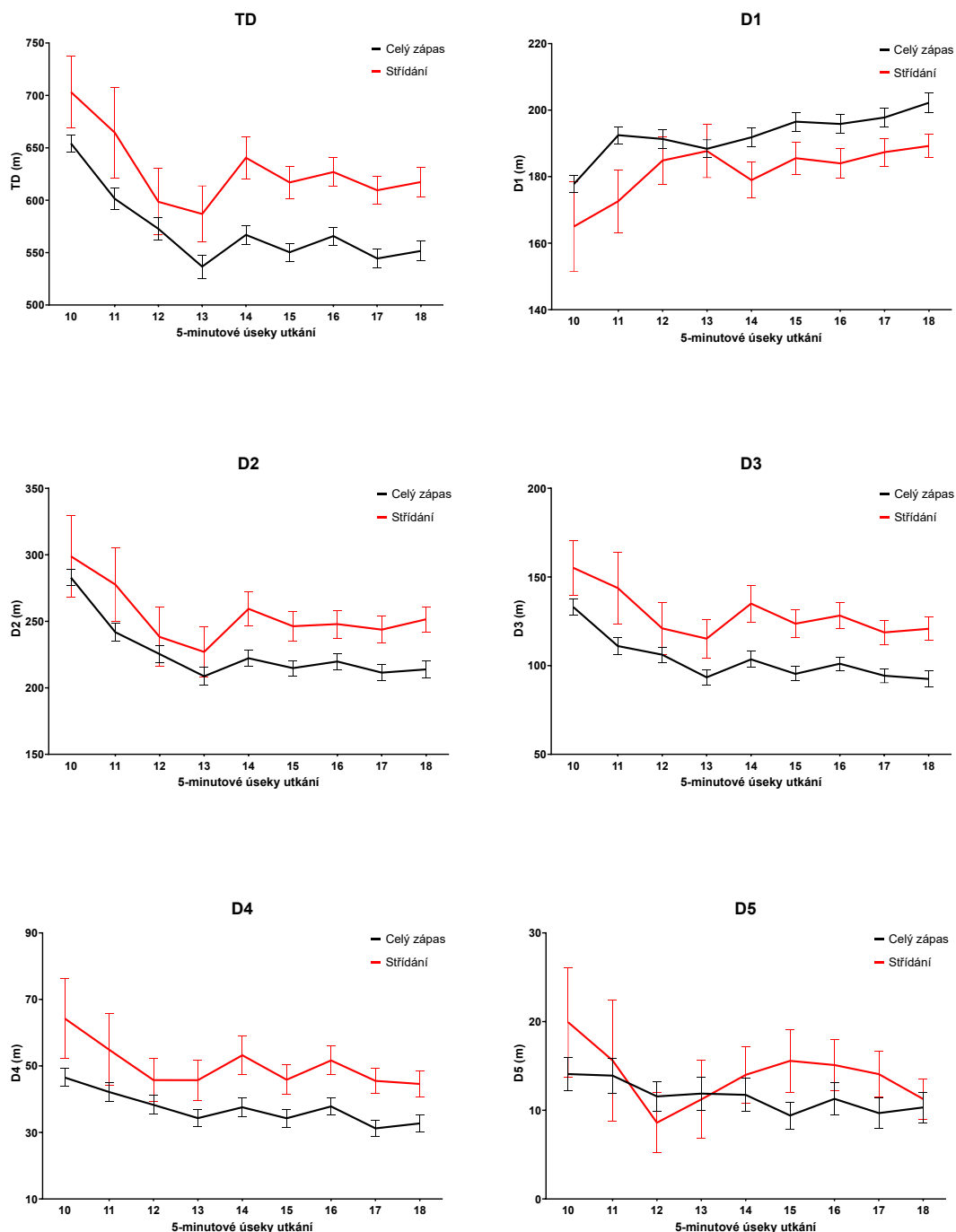
Tabulka 4. Rozložení počtu střídání v průběhu fotbalového utkání z pohledu pasáže hry a herních pozic. Úsek 45.–60. min zahrnuje také střídání, která se odehrála během poločasové přestávky

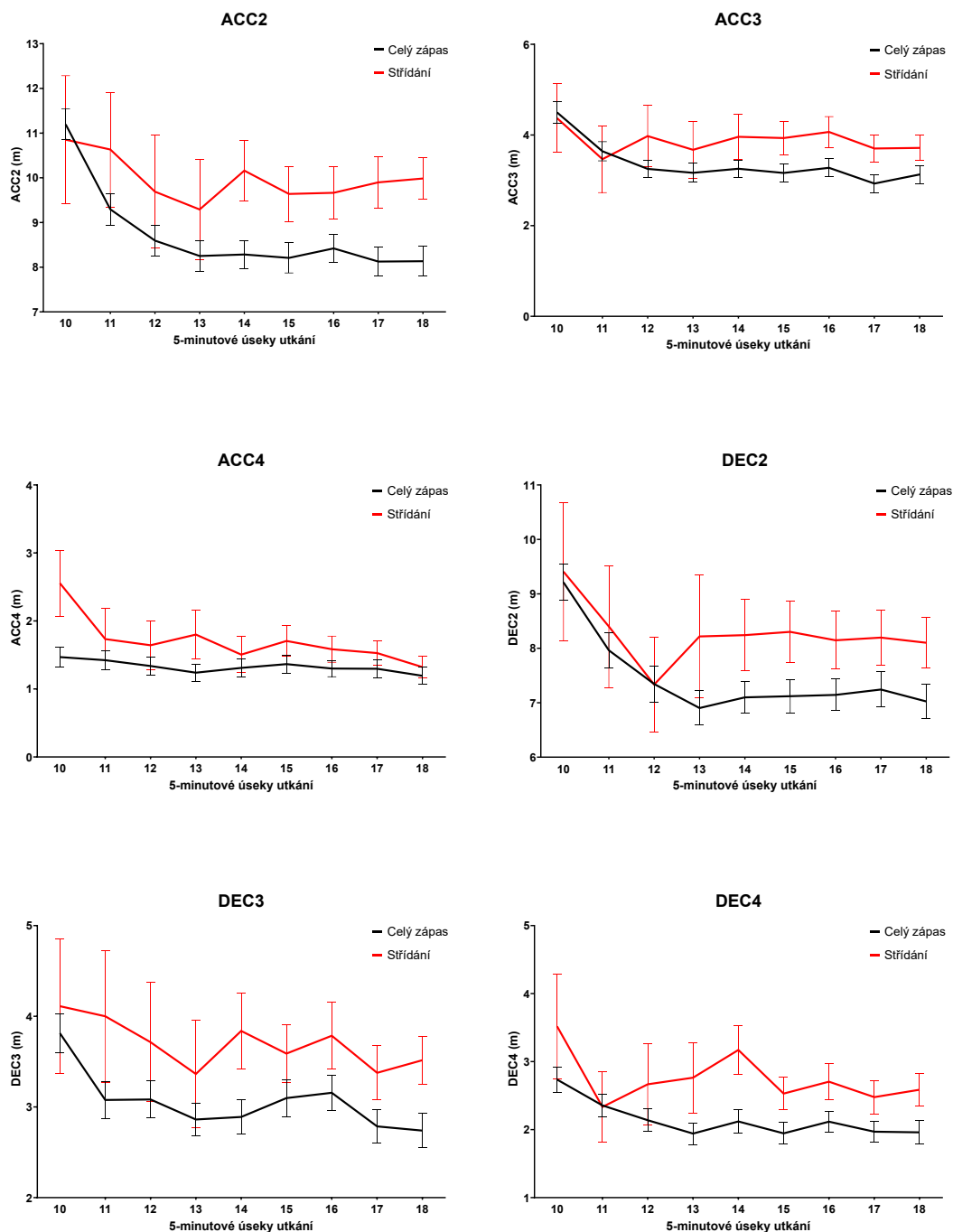
	1. poločas	45.–60. min	61.–75. min	76.–90. min	90.+ min	Součet
CD	3	2	6	3	0	14
FB	3	5	11	11	0	30
DM	0	13	20	17	0	50
OM	0	29	39	28	2	98
S	1	11	18	15	2	47
Součet	7	60	94	74	4	

Legenda: CD – střední obránce, FB – krajní obránce, DM – defenzivní záložník, OM – ofenzivní záložník, S – útočník

V grafu 5 byla analyzována jenom střídání, která se odehrála během druhého poločasu, mezi 45.–90. min utkání (zahrnuté i střídání o poločasové přestávce). První poločas není zahrnutý z důvodu zanedbatelného počtu střídání. Můžeme pozorovat, že charakter změn zatížení během utkání a úroveň poklesu zatížení se do velké míry podobá mezi hráči, kteří odehráli celé utkání, a střídajícími hráči. Vizuální interpretace grafů je doplněna o korelační analýzu, která zkoumala vztah ve změnách zatížení během druhého poločasu utkání mezi hráči, kteří odehráli celé utkání, a střídajícími hráči. Statisticky významné vztahy ($p < 0,05$) s téměř dokonalou věcnou významností korelace jsme naměřili u parametrů TD ($r = 0,92$), D2 ($r = 0,91$), D3 ($r = 0,91$) a D4 ($r = 0,91$). Velmi vysokou korelaci ($p < 0,05$) jsme naměřili u D1 ($r = 0,77$), ACC2 ($r = 0,79$), ACC4 ($r = 0,74$), DEC2 ($r = 0,75$) a DEC3 ($r = 0,76$). Statisticky nevýznamné vztahy ve změnách zatížení během utkání mezi hráči, kteří odehráli celé utkání, a střídajícími hráči jsme objevili u D5 ($r = 0,40$), ACC3 ($r = 0,56$) a DEC4 ($r = 0,62$).

Rozpětí chybových úseček (95% konfidenční interval) v grafu 5 u střídajících hráčů jasně naznačuje, že odhadované hodnoty se v pozdějších fázích utkání stávají přesnějšími. Tento jev lze vysvětlit postupným nárůstem počtu datových záznamů, tedy počtem střídání, v průběhu druhého poločasu.



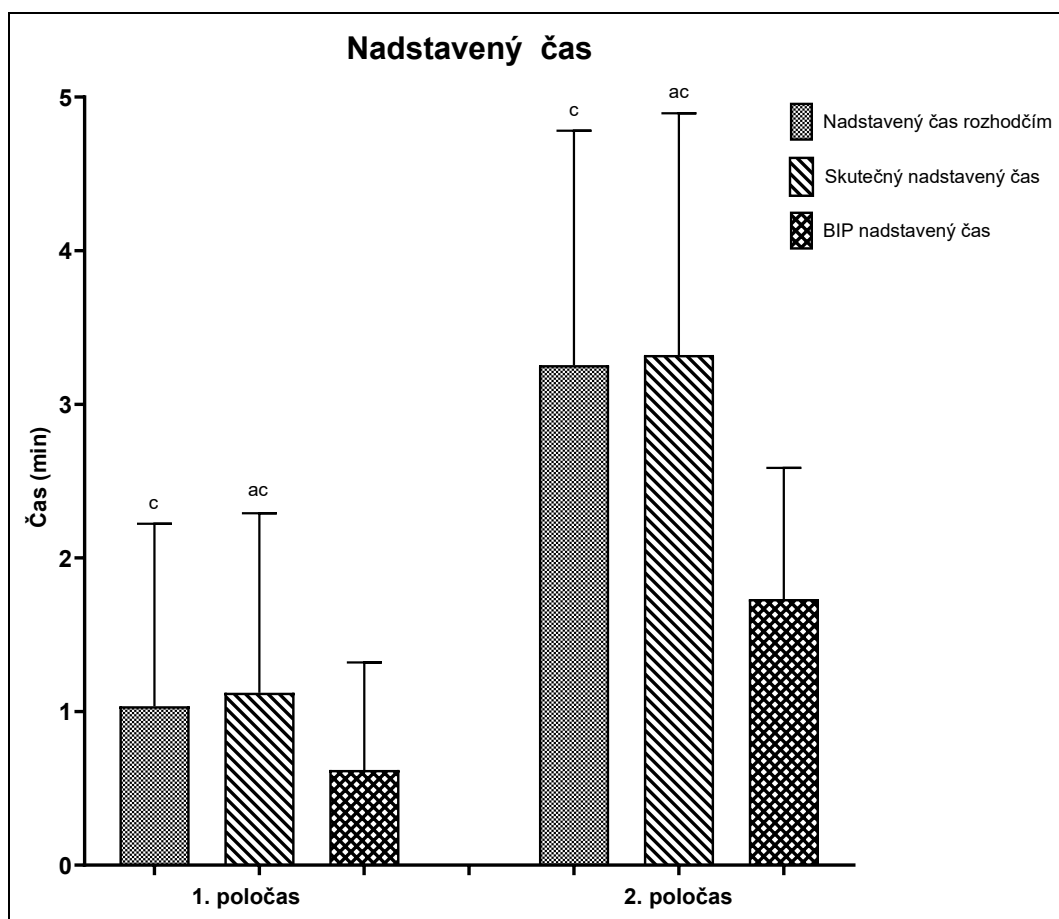


Graf 5. Změny externí zátěže v průběhu druhého poločasu utkání v kontextu střídajících hráčů. Data vyjádřena jako průměr a 95 % CI

Po vizuálním posouzení grafů konstatujeme, že střídající hráči zaznamenali ve všech parametrech (vyjma D1) vyšší průměrné hodnoty zatížení než hráči, kteří odehráli celé utkání. Pro dokreslení kontextu uvádíme, že poměrové zastoupení jednotlivých herních pozic, které vstupovalo do výpočtu průměrných hodnot u hráčů s plnou minutáží (CD / FB / DM / OM / S – 29 % / 25 % / 20 % / 13 % / 14 %), a u střídajících hráčů (CD / FB / DM / OM / S – 6 % / 13 % / 21 % / 41 % / 20 %), se významně lišilo.

5.5 Analýza nadstaveného času v utkání v kontextu BIP

V prvním poločase byl průměrný nadstavený čas rozhodčím $1,0 \pm 1,2$ min. Reálný nadstavený čas byl $1,1 \pm 1,2$ min. Avšak čas, kdy byl míč ve hře, tedy BIP, byl v prvním poločase $0,6 \pm 0,7$ min. Ve druhém poločase byl průměrný nadstavený čas rozhodčím $3,3 \pm 1,5$ min. Skutečný nadstavený čas byl $3,3 \pm 1,6$ min. BIP v nadstaveném čase druhého poločasu bylo $1,7 \pm 0,9$. Z grafu 5 je patrné, že BIP v nadstaveném čase obou poločasů byl významně nižší ($p < 0,05$) než skutečný nadstavený čas, nebo čas nadstavený rozhodčím. Zároveň byl skutečný nadstavený čas v obou poločasech statisticky vyšší ($p < 0,05$) než čas nadstavený rozhodčím. Když jsme vyhodnocovali % BIP vzhledem ke skutečnému času, brali jsme v úvahu jenom poločasy, kdy byl skutečný nadstavený čas vyšší než 15 sekund. V těchto případech, byl BIP v nadstaveném čase 1. poločasu 53,3 % a v nadstaveném čase 2. poločasu 54,7 %.



Graf 6. Nadstavený čas v prvním a druhém poločase

*Legenda: a – významně vyšší hodnota ve srovnání se sloupcem „Nadstavený čas rozhodčím“;
c – významně vyšší hodnota ve srovnání se sloupcem „BIP nadstavený čas“*

6 DISKUZE

Tato disertační práce se zaměřila na metody analýzy a vyhodnocování herního fyzického zatížení ve fotbale u profesionálních hráčů. Výkon v utkání je primárním prostředkem v hodnocení kvality a potenciálu hráče. Slouží ale i jako odrazový můstek pro nastavení optimálního tréninkového procesu hráče. Byly publikovány strategie nastavení tréninkového zatížení, které reflektují fyzický výkon v utkání. Například tréninkovou zátěž můžeme určit jako procentuální podíl herní zátěže, přizpůsobený individuálním požadavkům každého hráče (Ammann & Altmann, 2023), nebo při nastavování tréninkového zatížení můžeme vycházet z kumulativního zatížení zahrnujícího zatížení v utkání. Takto zvolená strategie umožňuje úpravy tréninkových programů s cílem předcházet únavě a zvyšovat výkonnost hráčů (Vilamitjana et al., 2024). Výše uvedené strategie a většina dalších směřuje k základnímu principu, který provází i naše zkušenosti v klinické praxi. Nastavení tréninkové zátěže musí odpovídat fyzickým nárokům v utkání (Ammann & Altmann, 2023), jelikož se chceme cíleně připravit na to, co nás v utkání čeká. K tomu vede jediná cesta, a to detailní pochopení herního zatížení, jeho průběhu, změn a faktorů, které na výkon v utkání mají vliv.

Kladli jsme si otázku, jestli aktuální vědecké poznání i klinická praxe zkoumají a analyzují utkání dostatečně do hloubky. Jak z dostupné literatury a formulace výzkumného problému v první části této práce vyplývá, zatížení ve fotbalovém utkání je vyhodnocováno v mnohých případech ve vědecké i klinické praxi nedostatečně. Tradičně jsou zohledňovány herní pozice (Sarmiento et al., 2024), avšak na utkání se díváme jako na celek a nezohledňujeme situační dynamiku a změny, které v průběhu utkání nastávají.

6.1 Tradiční přístup v hodnocení fyzického zatížení v utkání

V první části výsledků jsme analyzovali data z utkání jako celek a zároveň jsme zkoumali rozdíly v zatížení mezi jednotlivými herními pozicemi. Je to přístup, který je zdaleka nejvíc rozšířený, zejména pro svou jednoduchost. Naše výsledky prezentované v grafu 1 ukazují, že poměrové zastoupení různých intenzit pohybu v celkové absolvované vzdálenosti v utkání je výrazně ve prospěch chůze a klusu, které tvoří až 72,7 % celkové vzdálenosti. Tento údaj je potvrzením dřívějších studií, které uvádějí, že pohyb v nízké intenzitě (stoj, chůze, klus) tvoří 70–75 % celkové vzdálenosti (Bangsbo et al., 2006; Bradley et al., 2010). Naopak, na základě našich dat, běh ve vysoké

intenzitě společně se sprintem tvoří 8,7 % celkové absolvované vzdálenosti. Zastoupení běhu ve vysoké intenzitě v celkové vzdálenosti navíc významně stoupá i v průběhu let. V anglické Premier League stoupl poměr běhů ve vysoké intenzitě mezi sezonami 2006/2007 a 2012/2013 z ~8,3 % na ~10,6 % z celkové absolvované vzdálenosti (Barnes et al., 2014). Další studie ve stejné soutěži reportuje nárůst mezi sezonami 2014/2015 a 2018/2019 ze ~7,4 % na ~8,2 % (Allen et al., 2024). U obou studií je poměrový nárůst běhů ve vysoké intenzitě způsoben významným navýšením běhů ve vysoké intenzitě, přičemž celková vzdálenost zůstala nezměněná. Může se zdát, že ve druhé uvedené studii bychom mohli očekávat vyšší poměrové zastoupení běhu ve vysoké intenzitě, avšak srovnávání těchto údajů mezi studiemi může být zrádné, jelikož hodnoty jsou často měřené jinou technologií nebo jiným způsobem. Zajímavý pohled na toto téma poskytuje studie na datech ze skupinové fáze Evropské ligy UEFA ze sezony 2021/2022, kde chůze a klus tvořily přibližně 71,0 % celkové vzdálenosti, a běh ve vysoké intenzitě a ve sprintu představoval přibližně 9,5 %, co je mírně vyšší hodnota než v naší studii. Jedinou výjimkou byla pozice středního obránce, která se lišila od zbytku herních pozic a zaznamenala vyšší poměr chůze a klusu, a to přibližně 78 %, a zároveň zaznamenala 6,5 % běhů ve vysoké intenzitě a sprintu (Katanic et al., 2025).

Podobný trend pozorujeme i u akcelerací a decelerací, kde mají nejnížší zastoupení právě akcelerace a decelerace s nejvyšší intenzitou, a to 10,2 %, respektive 17,2 %. Tyto parametry nejsou ve studiích analyzovány poměrově, jako tomu bylo u absolvované vzdálenosti. Zároveň naše studie analyzuje jenom nejčastěji používané úrovně akcelerací a decelerací, avšak některé studie uvádějí i akcelerace a decelerace v intenzitě mezi 1–2 m/s², nebo naopak v intenzitě nad 5 m/s² (Harper et al., 2019; H. Silva et al., 2023). Zahrnutí těchto zón by námi uváděné poměrové rozložení významně ovlivnilo. Zajímavou informací, kterou můžeme vidět v tabulce 2, je to, že počet akcelerací v zónách ACC2 a ACC3 je vyšší než počet decelerací DEC2 a DEC3. Ve velmi vysokých zónách intenzity je to naopak a počet DEC4 je značně vyšší než ACC4, v našem případě až o 38,9 %. Nejedná se o náhodný jev, jelikož Vampola et al. (2025) došli ke stejnému závěru, zatímco v nízkých a středních intenzitách (1–4 m/s²) převažuje počet akcelerací, ve vyšších pásmech intenzity (nad 4 m/s²) je konzistentně zaznamenáván vyšší počet decelerací než akcelerací. Tento závěr byl potvrzen u všech zkoumaných věkových kategorií (B tým, U19 a U17). Harper et al. (2019) objevil stejný trend i v jiných sportech jako australský fotbal, hokej, rugby, s výjimkou amerického

fotbalu. Ve fotbale byl zároveň rozdíl mezi deceleracemi a akceleracemi nad intenzitou $3,5 \text{ m/s}^2$ největší. Tento jev může být vysvětlován několika biomechanickými a taktickými faktory. V utkání se hráči často pohybují určitou herní rychlostí, ze které následně dochází k deceleracím. Naopak akcelerace ve velmi vysoké intenzitě jsou limitovány tím, že k jejich dosažení je zapotřebí relativně nízké výchozí rychlosti, což jejich výskyt v průběhu hry omezuje. Z hlediska taktiky jsou intenzivní decelerace běžnou součástí obranných i přechodových fází hry, zejména při bránění prostoru nebo v reakci na pohyb soupeře. Tyto herní situace nutí hráče často a prudce brzdit, což přirozeně zvyšuje četnost výskytu decelerací oproti akceleracím v nejvyšších zónách (Harper et al., 2019; Rhodes et al., 2021; Vampola et al., 2025).

Počet vědeckých článků zaměřených na herní pozice ve fotbale stoupl jenom mezi roky 2019 a 2023 o 54 % (Sarmiento et al., 2024). Specifika zatížení z pohledu herních pozic byla a pořád jsou podrobována rozsáhlému výzkumu, který jsme se snažili komplexně zdokumentovat v teoretické části této práce. Výsledky našeho výzkumu potvrdili statisticky i věcně významné rozdíly mezi herními pozicemi v utkání. **Střední obránce** se na základě měřených parametrů externího zatížení zdá být fyzicky nejméně náročná herní pozice, která dosahuje nejnižších hodnot ve všech parametrech střední a vyšší intenzity ve srovnání s ostatními herními pozicemi. Z pohledu externího zatížení tento závěr potvrzují i Sarmiento et al. (2024) ve své metaanalýze, avšak z pohledu interní odezvy organismu se v uvedené metaanalýze ukázal opak, jelikož střední obránci dosahovali v utkání jednu z nejvyšších průměrných hodnot srdeční frekvence ve srovnání s ostatními herními pozicemi. Je proto potřeba brát v úvahu i jiné než standardně měřené parametry externího zatížení. Hráči na této pozici podstupují často fyzicky náročné a kontaktní duely jak na zemi, tak ve vzduchu, jsou často v roli, kdy verbálně usměrňují a organizují své spoluhráče a všechny tyto aspekty zvyšují náročnost dané pozice (Sporis et al., 2009). Pozice **střední defenzivní záložník** je na základě předchozího výzkumu spojována s nejvyšší objemem zátěže v utkání (Bradley, 2023; Castellano et al., 2025; Chen et al., 2025). V našem případě se to sice potvrdilo, jelikož DM absolvoval nejvyšší celkovou vzdálenost, avšak s minimálním a nevýznamným náskokem před ostatními herními pozicemi (s výjimkou CD). Je potřeba být více specifický, jelikož pozice DM v našem výzkumu zaznamenala významně nejvyšší hodnoty jenom v určitých komponentech absolvované vzdálenosti, a to v běhu ve středních intenzitách (D2, D3). Zároveň zaznamenala společně s FB nejvyšší

hodnoty ve středně vysokých akceleracích a deceleracích (ACC2, DEC2). Nejzásadnější meziskupinové rozdíly jsme zaznamenali ve vysoce intenzivních parametrech, které nám od už zmiňovaných dvou pozic oddělily pozice **krajního obránce, ofenzivního záložníka a útočníka**. Je zajímavé, že navzdory velmi odlišným taktickým úkolům v utkání, odlišným prostorům hřiště, na kterých se pohybují, ba dokonce často i odlišné úrovni technických dovedností, zaznamenaly tyto herní pozice skoro totožnou fyzickou zátěž, zejména v parametrech s vysokou intenzitou (D4, D5, ACC4, DEC4). Vědecké poznání v tomto případě není jednotné, jelikož jsou nové studie, které naše závěry potvrzují úplně (Castellano et al., 2025), nebo částečně (Bradley, 2023; Chen et al., 2025), avšak existuje velká skupina studií, které se s našimi výsledky neshodují (Sarmiento et al., 2024). Každopádně v našich podmínkách, kde se charakter externího zatížení u těchto herních pozic výrazně překrývá, mohou být tato zjištění prakticky využita při plánování tréninkové zátěže i organizační stránky tréninkového procesu. V případě pozičně orientovaných tréninků zaměřených na rozvoj fyzické připravenosti je možné tyto herní pozice efektivně seskupovat a zatěžovat společně.

Výše popsany částečný nesoulad našich výsledků s výsledky jiných studií může být způsoben kombinací různých herních stylů a dalších taktických úkolů. Je ale potřeba zmínit, že pozice sama o sobě nemusí definovat zatížení hráče. Je důležité vnímat potřebu nejen meziskupinové analýzy herních pozic, avšak je potřeba provést i vnitroskupinovou analýzu v rámci jedné herní pozice. Taylor et al. (2004) přišli na to, že hráči na stejné herní pozici vykazují významné rozdíly v chování v různých herních situacích a jsou rozdílní v profilech fyzické zátěže. Zatímco rozdíly mezi pozicemi ukazují obecné fyzické požadavky, analýza v rámci jedné pozice odhaluje rozdíly v charakteristikách hráčů. Tato skutečnost odráží i specifické taktické úkoly, které se mohou lišit mezi jednotlivými hráči v rámci stejné herní pozice. I proto bývá herní výkon někdy posuzován ve vztahu k míře naplnění těchto úkolů v kontextu celkového zatížení. Směřuje nás to k zamyšlení, jestli je zatížení hráče definováno pozicí, nebo je herní pozice definována unikátními charakteristikami konkrétního hráče. Pravděpodobně to bude kombinace obou faktorů, protože když vědci zkoumali, jak se změní fyzická výkonnost hráče, když změní herní pozici, došli k závěru, že změna fyzického výkonu hráče může být vysvětlena změnou herní pozice jenom ze 44–58 %. Navíc byly zjištěny výrazné individuální rozdíly v tom, jak se jednotliví hráči na novou pozici adaptovali (Altmann et al., 2021). Je tedy potřeba brát v úvahu individuální

charakteristiky hráče, které mohou danou pozici významně ovlivnit. Pozitivním příkladem z praxe je článek časopisu The Guardian, který popisuje, jak Rodri, hráč Manchesteru City, transformoval roli defenzivního záložníka, tradičně vnímanou jako defenzivní štít, díky svému jedinečnému vnímání hry a schopnosti číst prostor. Sám hráč svou pozici následně popsal jako „týmově orientovaná role, interpretovaná s vysokou mírou individuální volnosti“ (Liew, 2024).

6.2 Změny fyzického zatížení v průběhu utkání

Typ analýzy fyzického zatížení prezentovaný v předchozí podkapitole představuje důležitý, relativně snadno uchopitelný a v klinické praxi dobře dostupný přístup. Jeho hlavní přínos spočívá v sumarizaci celkového zatížení hráče během celého utkání. Tato forma analýzy však neposkytuje detailní pohled na dynamiku výkonu v průběhu jednotlivých fází utkání. Neumožňuje tak zodpovědět otázky typu: Zůstával fyzický výkon během utkání konstantní? Pokud ne, vykazoval klesající, nebo naopak rostoucí tendenci? Ve kterých časových úsecích dosahoval maximálních a minimálních hodnot? Právě na tyto otázky jsme se v této disertační práci zaměřili, přičemž naším cílem bylo nejen popsat samotné změny v zatížení, ale jít ještě o krok dál a ptát se, proč případné změny zatížení nastávají a čím je vývoj fyzického zatížení v utkání ovlivněn.

Pro zkoumání změn zatížení v průběhu utkání jsme utkání rozdělili na 5minutové úseky (celkem 18). Dle předpokladu jsme odhalili lineární, statisticky významný ($p < 0,05$) klesající trend zátěže během utkání u všech zkoumaných parametrů, kromě chůze, která s postupně přibývajícím časem v utkání naopak lineárně stoupala ($p < 0,05$). Na základě LMM analýzy jsme nejvýznamnější klesající lineární trend zachytili u parametrů s nižší a střední intenzitou (vyjma D1), konkrétně TD, D2, D3, ACC2 a DEC2, u kterých jsme zaznamenali $t = -19,35$ až $-36,38$ ($p < 0,05$), což můžeme interpretovat jako velkou významnost klesajícího trendu. Z časového průběhu u jednotlivých parametrů (graf 3) je patrné, že křivky zátěže v utkání mají dva hlavní vrcholy, po kterých následuje výraznější pokles. Tyto vrcholy reprezentují začátky prvního a druhého poločasu. Je potřeba zmínit, že ani u jednoho parametru se nestalo (vyjma D1), že by průměrná hodnota na začátku druhého poločasu byla vyšší než na začátku poločasu prvního, což je dalším potvrzením klesajícího trendu zátěže v průběhu utkání. Pokles zatížení byl potvrzen i předchozími studiemi, které zkoumaly změny herního pohybového výkonu během utkání, především mezi prvním a druhým poločasem (Barros et al., 2007; Carling & Dupont, 2011; Di Salvo et al., 2009;

Kunzmann et al., 2022; Milioni et al., 2016), ale rovněž mezi pětiminutovými či patnáctiminutovými úseky utkání (Barrett et al., 2016; Bradley et al., 2009; Kołodziejczyk et al., 2023; Oliva-Lozano et al., 2024; Randers et al., 2010). Ve srovnání s úvodními fázemi utkání bylo v jeho pozdějších částech zaznamenáno snížení celkové uběhnuté vzdálenosti, vzdálenosti ve vysoké intenzitě a sprintové vzdálenosti. Tyto závěry mohou na první pohled indikovat, že právě fyzická únava je hlavním faktorem, který má na tento pokles vliv. Toto bylo i společným jmenovatelem výše uvedených studií, avšak uvedené závěry jsou v mnoha případech jen spekulacemi autorů, bez konkrétních důkazů a hlubšího bádání. Kritičtější pohled přináší Bradley & Noakes (2013), kteří upozorňují na významný vliv skóre a střídání hráčů, a dále diskutují o strategii tempování hry (pacing strategy) a dalších taktických a situačních faktorech. Klesá tedy běžecký výkon v utkání, nebo jenom měříme vnější projev fyzického zatížení bez hlubší znalosti a pochopení specifického kontextu utkání?

6.3 BIP a jeho vliv na změny fyzického zatížení v utkání

Na základě doporučení výzkumů, které se věnovaly kontextuálním faktorům ovlivňujícím herní zatížení, jsme se rozhodli primárně zaměřit na BIP a BOP. Faktory, které absolutně zásadním způsobem vstupují do vývoje zatížení v utkání, avšak jsou překvapivě opomíjeny. Průměrné BIP v námi zkoumaných utkáních bylo $53,8 \pm 4,9$ minuty (57 %), co znamená, že až 43,0 % času utkání nebyl míč aktivní ve hře. Takto významné zastoupení BOP během fotbalového utkání bylo potvrzeno i v rámci anglické Premier League (42,3 %), čínské Superligy (45,2 %) (Zhao & Liu, 2022) a na dvou světových šampionátech FIFA – v roce 2006 (41,8 %) a 2014 (43,3 %) (Augste & Cordes, 2016). Samozřejmě, hodnota BIP a BOP se mění z utkání na utkání. Variabilita těchto změn je dle našeho výzkumu $CV = 9,22$ % (rozpětí: 42,7–74,6 min). To je v souladu s Jerome (2023), který na vzorku přibližně 1 000 utkání v profesionální evropské lize zjistil variabilitu BIP mezi utkáními $CV = 7,3$ % (rozpětí: 44–70 min).

Stejně jako u parametrů fyzického výkonu je potřeba se ptát, jak se poměr BIP a BOP mění v průběhu utkání. Hlavním zjištěním je, že BIP je nejenom vyšší v prvním poločase než ve druhém ($p < 0,05$), ale objevili jsme významný lineární klesající trend v průběhu celého utkání ($\eta^2_p = 0,46$) s kumulativním procentuálním poklesem BIP během utkání o 15,1 %. Charakter vývojové křivky BIP v utkání se podobá křivkám fyzického zatížení, kde můžeme také vidět dva hlavní vrcholy, a to na začátku obou poločasů. Zajímavou informací, která dokresluje uvedenou tematiku, je to, že v

průměrném utkání se BIP čas tradičně skládá ze $103,0 \pm 12,1$ individuálních úseků s průměrným trváním $34,0 \pm 6,1$ s. Naopak BOP čas v utkání se skládá ze 108 až 116 přerušení hry, kdy jedno průměrné přerušení trvá $22,6 \pm 16,9$ s (Augste & Cordes, 2016; Jerome, 2023; Siegle & Lames, 2012). V průměru nejdéle trvající BOP události v utkání je ošetřování (~ 79 s), následované penaltou (~ 51 s), míčem rozhodčího (~ 43 s) a střídáním (~ 40 s). Všechny tyto události se však vyskytují pouze zřídka (v průměru méně než 4krát za utkání). Naopak nejčastěji se vyskytujícími BOP událostmi jsou vhazování (~ 40), přímý kop (~ 33), odkop od brány (~ 17) a rohový kop (~ 10). Avšak tyto události trvají zpravidla méně než 20 s (Siegle & Lames, 2012). Abychom porozuměli dopadu jednotlivých událostí na celkové trvání BOP v utkání, je nutné zohlednit jak jejich četnost, tak délku trvání. Z hlediska proporcionálního rozdělení času v BOP pasážích se jako nejvýznamnější jeví autové vhazování (~ 20 % z celkového BOP času), fauly (~ 15 %), odkopy od brány (~ 15 %) a rohové kopy (~ 10 %). Za zmínku stojí také zásahy lékaře (~ 7 %), zatímco ostatní události se na celkovém BOP čase podílejí spíše marginálně (< 5 %) (Morgulev & Galily, 2019; Zhao & Liu, 2022). Tyto detailní informace o velmi významné proporci BOP času v průběhu utkání, který se ve výjimečných případech může vyšplhat až nad 50 % celého utkání, zdůrazňují důležitost parametrů BIP a BOP jako kontextuálního faktoru, který musíme brát v potaz při analýze fyzického zatížení. Jakým způsobem a do jaké míry tedy časy BIP a BOP ovlivňují změny zatížení v průběhu utkání?

Hlavním zjištěním této studie je významný vliv BIP na změny zatížení v průběhu utkání. Zjistili jsme, že zohlednění parametru BIP zmírnilo, nebo v některých případech zcela eliminovalo pokles zatížení především u ukazatelů nižší intenzity (TD, D2, D3, ACC2, DEC2; F statistika > 200). Nejvýznamnější vliv ukazatele BIP jsme zaznamenali u parametru TD, u něhož byl původně patrný největší pokles v průběhu utkání ($t = -36,38$). Po zohlednění BIP však tento pokles zcela vymizel. Jiné studie obdobně zaznamenaly vyšší externí zatížení v prvním než ve druhém poločase (Rey et al., 2022), nebo pokles mezi 15minutovými úseky utkání Lago-Peñas & Rey (2012), avšak po zohlednění BIP tyto rozdíly zmizely skoro úplně. BIP, jak se zdá, významně zasahuje do změn zatížení v utkání, kde vysvětluje významnou část variability těchto ukazatelů v průběhu utkání – konkrétně 59,3 % u TD, 51,8 % u D2, 26,0 % u D3, 30,3 % u ACC2 a 27,0 % u DEC2. K podobným závěrům se dopracovali Linke et al. (2018),

kterí uvádějí, že 57,9 % poklesu běžeckého výkonu v utkání mezi úvodními a posledními 15 minutami utkání nemůže být přisouzeno únavě, ale poklesu BIP.

Aktivity ve vysoké intenzitě a jejich vývoj v rámci utkání, jak se zdá, nebyly BIP ovlivněné natolik. I když při analýze křivek zatížení v průběhu utkání vidíme jasně zmírněný, až úplně mizející trend poklesu ($D5_{BIP}$, $ACC4_{BIP}$, $DEC4_{BIP}$), což je potvrzeno i statisticky významným rozdílem sklonu trendů v absolutních a relativních hodnotách, korelační koeficienty mezi BIP a těmito parametry jsou věcně nevýznamné. BIP u parametrů vysoké intenzity vysvětluje jen minimální část variability změn během utkání, konkrétně pro D5, ACC4 a DEC4 to je 2,0 %, 2,9 % a 8,4 %. Vysvětlujeme si to tím, že poměr zastoupení těchto parametrů v celkovém zatížení je malý (<10 %). Zároveň se činnosti ve vysoké intenzitě vyskytují v utkání velmi nepravidelně. Zatímco pohyb v nízkých a středních intenzitách se odehrává u všech hráčů v zásadě nepřetržitě, výskyt sprintu je podmíněn specifickou herní situací. Navíc v akci zahrnující sprint a maximální intenzitu pohybu jsou většinou angažováni jenom 1 až 3 hráči najednou. Ojedinelý výskyt intenzivních činností vystihuje informace, že parametry D5, ACC4 a DEC4 nebyly zaznamenány ve 36,5 %, 25,7 % a 11,3 % všech 5minutových úseků utkání. Tento fakt může výrazně ovlivnit interpretaci vývoje zatížení, protože pokud určitá složka zatížení zcela chybí, nelze v daném časovém rámci mluvit o poklesu nebo nárůstu, jednoduše tam žádná aktivita daného typu není. Proto i parametr BIP, který je pravidelně rozložen v rámci utkání, nemůže silně korelovat s aktivitami ve vysoké intenzitě.

Je potřeba také vysvětlit, proč parametr D1 jako jediný vykazuje rostoucí trend v průběhu utkání. Hlavním z důvodů je fakt, že až $67,2 \pm 3,1$ % celkové absolvované vzdálenosti během přerušení hry (BOP) tvoří právě chůze (Jerome, 2023). Vzhledem k tomu, že podíl BOP času narůstá s přibývajícím časem utkání, lze očekávat i úměrný nárůst objemu chůze.

Na základě výše analyzovaných zjištění můžeme prohlásit, že běžně uváděný pokles pohybového výkonu během utkání nelze jednoznačně přičítat fyzické únavě, ale spíše narůstajícímu počtu herních přerušení v průběhu utkání. Z tohoto pohledu se dosavadní interpretace negativního vlivu fyzické únavy na vývoj externího zatížení v průběhu utkání jeví jako nadhodnocená.

Zároveň je nezbytné přinést alternativní pohled na problematiku, neboť se ukazuje, že tradičně uváděné hodnoty intenzity zatížení (m/min), běžně používané jak ve vědecké literatuře, tak v klinické praxi, mohou být při hodnocení celého utkání podhodnocené, pokud nejsou zohledněny kontextuální faktory jako např. BIP. Ačkoli tato otázka nebyla primárně předmětem této disertace, z našich výsledků jasně vyplývá, že hráči vykazují vyšší úroveň fyzického zatížení v pasážích hry s vyšším zastoupením BIP. Wass et al. (2020) udávají, že průměrná data o fyzickém zatížení z utkání (vyjádřené v jednotkách za minutu) jsou výrazně podhodnocená oproti zatížení, kdybychom se dívali jenom na BIP periody utkání. Pro parametr TD zaznamenali podhodnocení o 14,0 %, u běhů ve vysoké intenzitě ($>19,8$ km/h) o 23,0 %, u počtu akcelerací o 30,2 %, u počtu decelerací o 28,3 % a nakonec u vzdálenosti při vysoké metabolické zátěži (HMLD) o 25,5 %. Toto podhodnocení má logické vysvětlení, jelikož většina fyzického výkonu, který hráči podávají v utkání, se děje během BIP fáze, tedy během fáze utkání, kdy se aktivně hraje. Hráči absolvují v BIP pasážích hry až 75,7 % TD. Když to rozdělíme na jednotlivé rychlostní zóny, hráči absolvují v BIP pasážích hry 52,0 % D1, 84,6 % D2, 92,4 % D3, 95,9 % D4 a 97,4 % D5 (Jerome, 2023). Je patrné, že pohyb v nízké intenzitě je přítomen jak v BIP, tak BOP fázi hry, avšak běžecké aktivity ve střední, až vysoké intenzitě se vyskytují už téměř výhradně během BIP fází utkání. Pochopení a správná interpretace zatížení je zásadní zejména pro plánování tréninkového procesu. Když připravujeme tréninkový program a chceme intenzitu konkrétních cvičení přiblížit úrovni v utkání, nedosáhneme požadovaného efektu za předpokladu, že použijeme průměrná herní data, bez zohlednění BIP parametru, a tedy bez zohlednění specifického kontextu utkání. Z dlouhodobého hlediska tak nemusíme hráče v tréninku vystavovat dostatečnému adaptačnímu stimulu, což může vést jednak k podtrénování a následně ke zvýšenému riziku zranění.

6.4 Změny fyzického zatížení v utkání v kontextu herních pozic

Jak jsme poukázali výše v diskusi, tradičním přístupem ve vyhodnocování zatížení v kontextu herních pozic je komparace celkového zatížení v utkání. Z našeho výzkumu víme, že zátěž v utkání se mění a má tendenci klesat, avšak nebylo jasné, jestli jsou změny v zatížení i pozičně specifické. Když jsme porovnali změny zatížení v utkání mezi pozicemi, zjistili jsme velmi vysokou, až téměř dokonalou korelaci, v rozpětí $r = 0,70-0,98$, u všech zkoumaných parametrů, s výjimkou D5 a ACC4, u nichž jsme zaznamenali nižší hodnoty korelace mezi pozicemi ($r = 0,02-0,78$). Stejný,

nebo velmi podobný charakter změn zatížení během utkání v rámci různých herních pozic je patrný i na základě vizuální analýzy grafu 4. Ve vědecké literatuře věnovaly pozornost těmto rozdílům jenom dvě studie (Dalen et al., 2019, 2020). Výsledky se shodují s našimi, jelikož uvádějí vysokou až téměř dokonalou shodu v časovém průběhu zatížení, měřeného pomocí parametru „player load“ v relativních a absolutních hodnotách ($r = 0,88\text{--}0,97$). Studie doplňují, že akcelerace (nad 2 m/s^2) mají jasnější charakter poklesu v utkání než běhy ve vysoké intenzitě a mají navíc velkou shodu napříč pozicemi. Ve spojení s našimi výsledky to přináší relevantní důkazy o silné mezi-poziční synchronizaci časového vývoje fyzického zatížení během utkání i navzdory odlišným absolutním fyzickým nárokům herních pozic. To znamená, že když fyzické zatížení klesá u jedné herní pozice, bude klesat i u ostatních herních pozic, a to i velmi podobným poměrem. Výjimkou mohou být aktivity ve vysoké intenzitě, které se v utkání vyskytují méně pravidelně a zároveň mají velmi odlišný charakter v rámci herních pozic. Celkově nás to vede opět k závěru, totožnému se studií Mandorino et al. (2025), že změny zatížení v utkání nejsou primárně projevem fyzické únavy, ale spíše výsledkem taktického záměru a dynamiky herního dění, které se projevují podobným způsobem u celého týmu.

6.5 Změny fyzického zatížení v utkání v kontextu střídajících hráčů

Střídání hráčů ve fotbalovém utkání je jeden z důležitých kontextuálních faktorů, které mají vliv na celkové fyzické zatížení týmu v utkání. K realizaci střídání zpravidla dochází z důvodů zdravotních, výkonnostních nebo na základě taktického záměru trenérského štábu. Současná pravidla umožňují provést až pět střídání během jednoho utkání (v případě úrazu hlavy až 6), což představuje zásah až do poloviny hráčů v poli. V rámci našeho výzkumu byl průměrný počet uskutečněných střídání průměrně $4,1 \pm 1,0$. Tato skutečnost činí ze střídání strategický nástroj s potenciálně zásadním dopadem na průběh a vývoj utkání. Z výsledků vyplývá, že majorita střídání (97,1 %) se odehrává ve druhém poločase, konkrétně v intervalu 60.–75. min, kde bylo až 39,3 % všech střídání v utkání, s převahou střídání hráčů na ofenzivních pozicích (OM). Nejméně střídané pozice jsou CD a FB. To odpovídá výsledkům studie Bradley et al. (2014), kde zjistili majoritu střídání v čase mezi 60. až 80. min utkání a převahu útočných střídání (útočníci, krajní střední záložníci).

Cílem z pohledu vlivu střídajících hráčů na výkon v utkání bylo zjistit, jak střídající hráči ovlivňují změny zatížení v průběhu utkání a jak se pokles jejich zatížení liší od hráčů, kteří odehráli celé utkání. Na základě vizuální analýzy křivek zatížení a korelačních koeficientů mezi úrovní zatížení v jednotlivých 5minutových intervalech druhého poločasu utkání mezi střídajícími hráči a hráči, kteří odehráli celé utkání, jsme zjistili, že charakter změn a tvary křivek jsou si velmi podobné. Největší podobnosti jsme našli mezi parametry absolvované vzdálenosti (TD, D2, D3, D4), kde bylo $r > 0,90$. O něco nižší, ale pořád statisticky i věcně velmi významný vztah ($r > 0,70$) jsme objevili u parametrů D1, ACC2, ACC4, DEC2 a DEC3. Jak to bylo i v předchozích podkapitolách, nevýznamné vztahy jsme objevili jenom u vysoce intenzivních parametrů (D5, ACC3 a DEC4). Od střídajících hráčů se tradičně očekává nejen taktický přínos, ale i vyšší fyzické nároky a takzvané „oživení hry“. Je potvrzeno, že střídající hráči dosahují v průměru vyšší úrovně zatížení než hráči, kteří odehráli celé utkání, nebo než hráči, které nahradili, a to zejména v bězích ve vysoké intenzitě a ve sprintu (Bradley et al., 2014; Liu et al., 2020; Lorenzo-Martínez et al., 2021; Pan et al., 2023). Tento trend je patrný i v naší studii napříč všemi sledovanými parametry (s výjimkou D1). Vyšší celkové zatížení střídajících hráčů se samozřejmě odvíjí o od konkrétních herních pozic, jelikož aktivita presujícího útočníka bude odlišná od aktivity středního obránce, který se spíše musí integrovat do obranné linie. Musíme však upozornit, že zastoupení hráčů, kteří odehráli celé utkání, a střídajících hráčů se v našem výzkumu výrazně liší podle pozice. Na pozici CD byl podíl hráčů s plnou minutáží výrazně vyšší než střídajících (29 % vs. 6 %), zatímco u pozice OM tomu bylo naopak a střídající hráči převažovali (41 % vs. 13 %). Vzhledem k tomu, že celkové herní zatížení u CD je výrazně nižší než u OM, mohla tato disproporce ve složení vzorku uměle navýšit průměrné hodnoty u střídajících hráčů. Pro přesnější interpretaci bude v budoucnu nutné získat větší množství dat a analyzovat rozdíly s ohledem na herní pozici.

Avšak bez ohledu na herní pozice bychom očekávali, že budeme pozorovat významnější pokles zatížení v průběhu druhého poločasu u hráčů, kteří odehráli celé utkání, než u hráčů, kteří jako střídající vstoupili do utkání během druhého poločasu. Od těchto hráčů lze očekávat vyšší míru akutní fyzické připravenosti a měli by být schopni udržet fyzický výkon bez výraznějšího poklesu delší dobu. Tento předpoklad se nepotvrdil a křivky poklesu zatížení se u obou skupin hráčů významně neliší, zejména

v parametrech nízké a střední intenzity. To opětovně potvrzuje naši tezi, že tento pokles není vyvolaný fyzickou únavou hráčů, ale specifickým děním v utkání. A jak už jsme výše zjistili, i výrazným vlivem BIP a BOP parametrů. V tomto kontextu nebylo externí zatížení střídajících hráčů ještě zkoumáno, a proto to považujeme za velmi přínosnou informaci pro pochopení charakteru zátěže během utkání.

Kontext střídajících hráčů je potřeba vnímat i z perspektivy celého tréninkového procesu. Mezi hráči, kteří odehráli celé utkání, a hráči, kteří střídali, vznikají významné rozdíly ve fyzickém zatížení. Když zátěž nebude trenérským týmem kompenzována, tak z dlouhodobého hlediska může docházet u hráčů, kteří pravidelně střídají, k nedostatečnému zatěžování a podtrénování (Varjan et al., 2023). V klinické praxi se tyto situace řeší tzv. dobíháním bezprostředně po utkání, se zaměřením především na aktivity ve vysoké intenzitě. Dále pak tréninkovou jednotkou v MD+1, kdy hráči s nižší zápasovou zátěží absolvují náročnější trénink s cílem kompenzace celkové zátěže.

6.6 Analýza nadstaveného času v utkání v kontextu BIP

Nastavený čas představuje důležitou a nedílnou součást fotbalového utkání, během níž často dochází k rozhodujícím momentům. Počet vstřelených branek totiž s rostoucím herním časem narůstá a svého vrcholu dosahuje právě v závěrečných minutách, včetně nastavení (Cox, 2017; Zhao & Zhang, 2019). Z našeho výzkumu vyplývá, že skutečný nadstavený čas v prvním poločase byl $1,1 \pm 1,2$ min a ve druhém poločase $3,3 \pm 1,6$ min. Pravidla pro určování nastaveného času jsou sice formálně zakotvena v pravidlech fotbalu, nicméně stále ponechávají značný prostor pro subjektivní posouzení rozhodčího. Výsledky předchozích výzkumů ukazují, že existuje systematická tendence stanovovat kratší dobu nastavení, než by odpovídalo skutečnému hernímu přerušení, a to až o 57,3 % (Li et al., 2024; Prüßner & Siegle, 2015). Rozhodčí navíc přidávali více času za události (góly, střídání, fauly, žluté karty) odehrávající se v nastaveném čase než za stejné události během řádné hrací doby (Watanabe et al., 2015). Tyto obrovské nesrovnalosti v udělování nadstaveného času jenom podporují týmy v taktickém zdržování hry, jelikož se zdá, že rozhodčí neprodlužují utkání adekvátně. Když navíc vezmeme v potaz, že v nadstaveném čase se kvůli dalším přerušením hry nehraje skoro polovinu celkového času (BOP v nastavení po prvním poločase bylo 46,7 % a v nastavení po druhém poločase 45,3 %), což je ještě víc, než je průměr utkání (43,0 %), se pořád zdá být zdržování hry velmi výhodným taktickým krokem ve prospěch týmu, kterému vyhovuje aktuální skóre.

Existují dlouhodobé snahy zvyšovat BIP utkání jak na globální, tak regionální úrovni. Mezinárodní pravidlová komise FIFA se před sezonou 2024/2025 rozhodla vydat konkrétní pokyny ke kalkulaci nastaveného času, kde se bude přesně měřit čas u konkrétních situací (gól, střídání, zranění, penalta, zdržování času, červená karta, VAR) a následně bude tento čas promítnutý v plném rozsahu do nastaveného času (Premier League, 2024). Dalším krokem komise je zavedení omezení pro brankáře, kteří pokud budou při odkopu držet míč v ruce déle než 8 s, bude nařízen rohový kop. Tato změna, pilotně testována v anglické Premier League 2, má za cíl snížit zdržování hry ze strany brankářů. Nové pravidlo začne platit od 1. 7. 2025 a poprvé bude oficiálně uvedeno do praxe na mistrovství světa klubů 2025 (International Football Association Board, 2025). Naopak nasazení technologie VAR (video-asistent rozhodčího) prozatím ovlivňuje BIP čas v utkání negativním způsobem. V utkáních, kdy byl zásah technologie VAR více než 2krát, došlo k navýšení celkového času utkání v průměru o 3 až 4 min ($p < 0,05$), avšak BIP čas naopak poklesl o přibližně 1 min ($p < 0,05$) v komparaci s utkáními, kdy VAR zasahoval 1krát, nebo vůbec (Errekagorri et al., 2020).

Dlouho diskutované řešení pro odstranění šedé zóny při kalkulaci nastaveného času je zavedení čistého hracího času, jako je tomu například v ledním hokeji. Přestože tento koncept zůstává předmětem odborné debaty a v rámci vědecké ani klinické praxe nepanuje jednoznačná shoda, určitý náhled na jeho možné důsledky nabízí studie Tojo et al. (2023). Autoři ve své práci porovnávali dvě varianty, model s čistým hracím časem (30 min na poločas) a tradiční model s hrubým časem (45 min). Výsledky ukázaly, že ani u modelu s čistým časem nedošlo k dosažení 100 % BIP času. Konkrétně bylo z 30 min čistého času zaznamenáno průměrně 28,7 min BIP, zatímco celkový hrubý čas činil 49,3 min (BIP = 58,2 %). Oproti tomu u tradiční varianty hrubého času (45 min) byl průměrný BIP čas 26,8 minut (BIP = 59,5 %). Tato zjištění naznačují, že zavedení čistého hracího času by pravděpodobně vedlo ke značnému prodloužení celkového trvání utkání, aniž by došlo k navýšení poměru skutečně aktivního herního času. Zdá se tedy, že ultimátní řešení nejasností, které jsme v souvislosti s nastaveným časem popsali, zatím neexistuje. Do budoucna pravděpodobně budeme čelit otázce, zda plně automatizovat kalkulaci nastaveného času, byť pravděpodobně za cenu prodloužení celkového hrubého času hry, nebo zůstat u tradičního modelu, kdy odpovědnost zůstává na rozhodčích a je akceptována určitá míra lidské chyby.

6.7 Nejednoznačnost v hodnocení fyzické únavy ve fotbalovém utkání

Jak vyplývá z výsledků našeho výzkumu, je patrné že fyzická únava není hlavním přímým činitelem v poklesu zatížení během fotbalového utkání. Může to být dokonce vnímáno i jako mírně provokativní tvrzení. Zjištění našeho výzkumu si však nekladou za cíl zpochybnit samotnou existenci fyzické únavy během fotbalového utkání, nýbrž kriticky posoudit přístupy, kterými byla tato únava v dosavadní literatuře vyhodnocována.

Samotná únava, nebo projevy, které bychom mohli s fyzickou únavou spojovat, byly opakovaně potvrzeny různými způsoby. Počínaje fyziologickými měřeními v podobě postupného zvyšování tělesné teploty během utkání z důvodu vysoké metabolické zátěže (Bangsbo et al., 2006), zvýšenou úrovní kreatinkinázy (Garcia-Unanue et al., 2024) nebo vyčerpáním svalového glykogenu (Reilly et al., 2008). Dalším ukazatelem může být významná hypohydratace (průměrná ztráta tělesné hmotnosti o víc než 2 %), která byla ve fotbale často pozorována (Nuccio et al., 2017). Únava byla pozorována i skrz pokles výkonu v konkrétních testech síly a výbušnosti, kde pro úplnou regeneraci často nestačí ani 78 hodin po utkání (Mohr et al., 2004; Silva et al., 2018). Zdá se ale, že tyto projevy únavy nejsou významně promítnuty do poklesu zatížení v průběhu utkání.

Je potřeba tedy odlišit „signál“ od „šumu“, tedy to, co chceme pozorovat (fyzickou únavu), od toho, co reálně pozorujeme (pokles zatížení). Jelikož kromě zkoumaných parametrů BIP a BOP existují další kontextuální faktory, které mají potenciál ovlivnit změny v utkání. Jedná se především o tempování hry (ve smyslu „pacing strategies“), tedy šetření sil, když to herní situace umožňuje, aby byli hráči připraveni na potenciální náročné pasáže utkání, které mohou, ale nemusí nastat. Toto šetření sil se může projevit jako pokles fyzického zatížení v čase, avšak nemusí nutně reprezentovat odpověď organismu v podobě únavy, ale taktické chování hráče, nebo celého týmu (Bradley & Noakes, 2013). V tomto kontextu je potřeba vzít v potaz hráče základní sestavy, u nichž je střídání plánováno dopředu, například v 60. min. Tento scénář je v praxi poměrně častý a může ovlivnit přístup hráčů k řízení intenzity pohybu během utkání. Na rozdíl od hráčů, kteří odehrají celé utkání, mohou tito fotbalisté s blížícím se časem střídání postupně zvyšovat intenzitu své aktivity, aby během jejich

vymezené herní doby maximalizovali fyzický výkon. Pokles zatížení v utkání může ovlivnit také aktuální skóre. S postupem utkání se u týmů vedoucích o jeden gól významně prodlužuje doba strávená autovým vhažováním, odkopy od branky, rohovými kopy a přímými kopy, zatímco u týmů, které o jeden gól prohrávají, se čas věnovaný těmto přerušením naopak výrazně zkracuje (Zhao & Zhang, 2021a, 2021b). Jedná se tedy spíše o taktický záměr zdržování hry u týmů, které jsou aktuálně ve vedení (Morgulev & Galily, 2019). Nad faktorem aktuálního skóre se můžeme zamyslet i z jiného pohledu, a to že neovlivňuje přímo pokles zatížení, ale ovlivňuje nárůst počtu a délky přerušení, což se promítá do nárůstu BOP pasáží hry. Z našich výsledků vyplývá, že zastoupení BOP s přibývajícím časem roste. Toto spojení podtrhuje význam měření BOP, protože nám umožňuje kontrolovat vliv faktoru aktuálního skóre v hodnocení zatížení v utkání.

U konceptu fyzické únavy v utkání bychom si měli být vědomí úskalí a zkreslení, které s sebou nesou tradičně používané metody pro pozorování únavy. Všechny informace naznačují, že samotný pokles zatížení v utkání není vhodným nástrojem pro pozorování fyzické únavy. Celkově záleží na způsobu kalkulace únavy a kontextuálních parametrech, které do výpočtu zahrnujeme. Opomenutí specifického herního kontextu může vést k nesprávné interpretaci výsledků a snížení konstruktové validity zvoleného způsobu měření.

6.1 Limity výzkumu

Jedním z limitů práce může být postup zvolený pro vyhodnocování BIP a BOP period utkání. V čase začátku tvoření této práce jsme bohužel neměli k dispozici nástroj pro automatické vyhodnocování BIP a BOP v průběhu utkání. Námi zvolený postup manuálního měření BIP a BOP z videozáznamu byl časově náročný, avšak dosáhli jsme vysokou přesnost měření pro intra-rater ($ICC = 0,999$) i inter-rater ($ICC = 0,994$) reliabilitu. Technologie se za poslední roky posunula a automatické měření BIP a BOP parametrů nabízejí jak společnosti zabývající se analýzou na základě videa (InStat Sport, SciSports nebo Stats Perform), tak i společnosti pro sledování zatížení hráčů pomocí GPS technologie (STATSports, Catapult, nebo Kinexon). Za limit výzkumu můžeme považovat fakt, že jsme neanalyzovali výskyt a délku jednotlivých událostí, které se podílejí na BOP pasážích hry. Zároveň BOP v našem výzkumu nebyl ovlivněn technologií VAR, která ve zkoumané soutěži nebyla dostupná, ale víme, že má v moderním fotbale dopad na délku BOP času.

GPS data a video nebyly elektronicky synchronizovány. V našem případě jsme použili manuální synchronizaci (s přesností na 1 s), což může být považováno za limit studie. Tento postup byl opět časově významně náročnější, avšak toto řešení může být variantou pro kluby s omezeným rozpočtem. Vzhledem k absenci elektronické synchronizace dat zároveň nebylo možné explicitně rozlišit, která část fyzického zatížení byla realizována v pasážích BIP a která v BOP. V současnosti nabízí například společnost Catapult automatizované propojení údajů o fyzickém zatížení hráče s videoanalýzou utkání. To výrazně rozšiřuje možnosti hodnocení herního kontextu a poskytuje hlubší vhled do souvislostí mezi fyzickým výkonem a taktickým chováním hráče. Umožňuje například posoudit, v jakých konkrétních herních situacích dochází k vynaložení vysokého úsilí, zda byly metry ve vysoké intenzitě naběhávány v útočné či obranné fázi hry, a také posoudit, zda bylo toto úsilí vynaloženo efektivně a v souladu s taktickým záměrem týmu. Jako limit studie můžeme chápat, že jsme kromě základních kontextuálních parametrů BIP a BOP, zvažování vlivu herních pozic a střídajících hráčů, nezařadili do výzkumu další faktory, které by mohly fyzické zatížení v utkání ovlivnit. Rozhodli jsme se zaměřit na z našeho pohledu hlavní kontextuální faktory a analyzovat je do hloubky. Pro budoucí výzkum však bude důležité provést srovnání velikosti efektu jednotlivých kontextuálních faktorů a identifikovat ty, které mají nejvýznamnější dopad. V klinické praxi by pak měla být při interpretaci a aplikaci výsledků věnována pozornost především těm proměnným, které jsou z hlediska fyzického výkonu nejrelevantnější.

V situacích, kdy se snažíme hodnotit rozdíly v externím zatížení mezi střídajícími hráči a hráči s plnou minutáží v kontextu jejich herních pozic, se i na první pohled robustní datový soubor ukázal jako nedostatečný. Pro odstranění tohoto limitu bude v budoucím výzkumu nezbytné rozšířit datový soubor s cílem zajistit vyrovnanější zastoupení jednotlivých herních pozic ve výzkumném vzorku.

6.2 Zhodnocení stanovených hypotéz výzkumu

Hypotéza 1 předpokládala statisticky významný klesající lineární trend ($p < 0,05$) v průběhu utkání u parametrů TD, D3, D4, D5, ACC2, ACC3, ACC4, DEC2, DEC3 a DEC4. Tento předpoklad byl potvrzen u všech sledovaných proměnných, s výjimkou D1, u něhož byl naopak identifikován statisticky významný vzestupný trend.

Hypotézu 1 lze považovat za potvrzenou.

Hypotéza 2 předpokládala, že parametr BIP vykazuje v průběhu utkání statisticky významný klesající lineární trend ($p < 0,05$). Tento předpoklad byl potvrzen a doplněn o zjištění, že pokles dosahoval také vysoké úrovně věcné významnosti.

Hypotézu 2 lze považovat za potvrzenou.

Hypotéza 3 předpokládala, že relativizace hodnot externího zatížení vzhledem k BIP vede ke statisticky významnému snížení poklesu lineárního trendu v průběhu utkání u parametrů TD_{BIP} , $D3_{BIP}$, $D4_{BIP}$, $D5_{BIP}$, $ACC2_{BIP}$, $ACC3_{BIP}$, $ACC4_{BIP}$, $DEC2_{BIP}$, $DEC3_{BIP}$ a $DEC4_{BIP}$, ve srovnání s absolutními hodnotami zatížení ($p < 0,05$). Tento předpoklad byl potvrzen u všech sledovaných proměnných, s výjimkou D1. U tohoto parametru byl zaznamenán lineárně rostoucí trend, který se po relativizaci hodnot ještě navýšil.

Hypotézu 3 lze považovat za potvrzenou.

Hypotéza 4 předpokládala, že časový vývoj externího zatížení v průběhu utkání vykazuje velmi vysokou míru shody ($r > 0,7$; $p < 0,05$) mezi jednotlivými herními pozicemi v ukazatelích nízké a střední intenzity zatížení (TD, D1, D2, D3, D4, ACC2, ACC3, DEC2, DEC3). Tento předpoklad byl ve všech uvedených parametrech potvrzen, přičemž hodnoty korelačního koeficientu se pohybovaly v rozmezí $r = 0,70–0,98$ ($p < 0,05$). Nad rámec hypotézy byla zaznamenána vysoká míra shody také u parametru DEC4 ($r = 0,67–0,89$, $p < 0,05$). Parametry ACC4 a D5 zaznamenaly statisticky nevýznamné korelace.

Hypotézu 4 lze považovat za potvrzenou.

Hypotéza 5 předpokládala, že časový vývoj externího zatížení v průběhu utkání vykazuje velmi vysokou míru shody ($r > 0,7$; $p < 0,05$) mezi střídajícími hráči a hráči, kteří odehráli celé utkání, v ukazatelích nízké a střední intenzity zatížení (TD, D1, D2, D3, D4, ACC2, ACC3, DEC2, DEC3). Tento předpoklad byl ve všech uvedených parametrech potvrzen, přičemž hodnoty korelačního koeficientu se pohybovaly v rozmezí $r = 0,74–0,92$ ($p < 0,05$). Parametry ACC4, DEC4 a D5 zaznamenaly statisticky nevýznamné korelace.

Hypotézu 5 lze považovat za potvrzenou.

7 ZÁVĚR

Výzkum prokázal, že v průběhu utkání klesá externí zatížení u všech pozorovaných parametrů s výjimkou chůze. Pokles byl pozorován skrze statisticky významně klesající lineární trend, který byl nejvýraznější u parametrů nízké a střední intenzity, konkrétně TD, D2, D3, ACC2, DEC2 ($t = -19,35$ až $-36,38$; $p < 0,05$).

Průměrný BIP čas tvořil 57,0 % (rozpětí: 45,8 % až 77,9 %) z celkového času utkání. U tohoto klíčového kontextuálního parametru jsme také zaznamenali statisticky významný klesající lineární trend v průběhu utkání, který vykazoval statistickou i vysokou věcnou významnost poklesu ($\eta^2_p = 0,46$; $p < 0,05$). Zároveň hodnota BIP kumulativně poklesla o 15,1 %, což logicky implikuje poměrově stejný nárůst podílu BOP, protože oba ukazatele se vzájemně doplňují a dohromady pokrývají celý herní čas utkání. Nárůst poměru BOP pasáží s blížícím se koncem utkání pravděpodobně souvisí s taktickou strategií týmu, konkrétně se zdržováním hry s cílem minimalizovat riziko a udržet příznivý výsledek. Na základě našich výsledků se navíc ukazuje, že zdržování času není dostatečně kompenzováno ani rozhodčím v nadstaveném čase, který neodpovídá skutečné délce přerušení (nemluvě o tom, že BIP tvoří v nadstaveném čase jenom ~54 % celkového času). Z toho vyplývá, že taktické zdržování hry zůstává nadále účinnou strategií.

Hlavním zjištěním je významný vliv BIP na změny zatížení v průběhu utkání. Analýza ukázala, že zohlednění BIP času vedlo ke zmírnění, a v některých případech dokonce k eliminaci původně pozorovaného poklesu zátěže, zejména u ukazatelů nízké, až střední intenzity (TD, D2, D3, ACC2, DEC2) ($F > 200$; $p < 0,05$). Potvrzením toho, že pokles zatížení kopíruje trend poklesu BIP, je i fakt, že parametr BIP vysvětluje zásadní část variability změn zatížení v průběhu utkání, konkrétně 59,3 % u TD, 51,8 % u D2, 26,0 % u D3, 30,3 % u ACC2 a 27,0 % u DEC2. Aktivita ve vysoké intenzitě (D5, ACC4 a DEC4) nebyly parametrem BIP výrazně ovlivněny. Vysvětlujeme si to nízkým zastoupením v celkovém objemu zátěže a velmi nepravidelným výskytem těchto činností. Celkově můžeme usoudit, že BIP je hlavním kontextuálním faktorem ovlivňujícím změny ztížení v průběhu utkání, zejména u parametrů nízké a střední intenzity.

Změny zatížení v utkání nejsou ovlivněny herními pozicemi. U všech parametrů (vyjma D5 a ACC4) jsme pozorovali stejný charakter změn zatížení v průběhu utkání (r

= 0,70–0,98; $p < 0,05$). Podobný závěr platí pro střídající hráče, kteří také výrazným způsobem neovlivňují změny zatížení v průběhu utkání, ale kopírují charakter zatížení hráčů, kteří odehráli celé utkání. U všech parametrů (kromě D5, ACC4 a DEC4) jsme pozorovali totožný charakter změn v průběhu utkání ($r = 0,74–0,92$; $p < 0,05$). Za předpokladu, že by na hráče výrazně působila fyzická únava, očekávali bychom rozdíly ve změnách zatížení mezi různými skupinami hráčů (herní pozice, střídající vs. nestřídající). To se nepotvrdilo a usuzujeme, že charakter poklesu zatížení v průběhu utkání je spíše důsledkem dynamiky utkání a herního dění než fyzické únavy.

Na základě našeho výzkumu můžeme formulovat zjištění, že pozorovaný klesající trend herního zatížení v průběhu utkání není primárně důsledkem fyzické únavy hráčů, ale je spíše ovlivněn kontextuálními proměnnými souvisejícími s vývojem samotného utkání. Zdá se, že klíčovým kontextuálním faktorem, který reprezentuje dění v utkání, je BIP.

S postupujícím časem utkání dochází k poklesu aktivního hracího času (BIP) a naopak k nárůstu délky a frekvence přerušení (BOP), což se odráží na poklesu fyzického zatížení hráčů zejména v nízké a střední intenzitě.

Zároveň opomenutí BIP v analýze utkání může vést k systematickému podhodnocování intenzity fyzické zátěže, kterou hráči v utkání skutečně absolvují. Může to mít za následek nepřesné plánování tréninkového procesu, konkrétně nastavení nižší intenzity tréninkových podnětů, než jaké odpovídají reálným nárokům utkání.

Doporučení pro klinickou praxi a budoucí výzkum

- Pokles fyzického výkonu vyjádřený externím zatížením není vhodným nástrojem pro měření fyzické únavy ve fotbalovém utkání. Spíše se jedná o projevy jiných kontextuálních faktorů, jako například BIP.
- Doporučujeme zahrnovat parametry BIP a BOP do analýzy fyzického zatížení v utkání, potažmo tréninkového procesu. Ačkoliv se v minulosti jednalo o těžko dostupná data, rozvoj moderních technologií a analytických nástrojů výrazně zvýšil jejich dostupnost. Zvláště profesionální týmy s přístupem k pokročilým optickým a analytickým systémům by měly tyto kontextuální proměnné zohlednit, když hodnotí fyzické zatížení. Některé společnosti (např. Stats Perform) již dokonce umožňují segmentaci dat o fyzickém zatížení podle BIP a BOP pasáží utkání, čímž rozšiřují a zpřesňují možnosti interpretace dat. Také

tradiční poskytovatelé systémů pro monitoring externí zátěže (např. STATSports, Catapult) postupně zavádějí funkcionality umožňující sledování BIP, byť jejich automatizace a použití v praxi zatím zůstává omezené.

- Nabádáme k uplatňování principu kontextualizace měřených dat. Analýza dat by měla být spojena se snahou porozumět skutečnému dění na hřišti a snahou zohlednit relevantní kontextuální faktory. Zaměření jenom na data může vést ke zkresleným závěrům a nesprávné interpretaci informací, které mohou následně negativně ovlivnit celý tréninkový a rozhodovací proces. Integrace dat musí být vždy propojena s pochopením herního obsahu, taktických souvislostí a průběhu utkání.
- Krajní obránci, ofenzivní záložníci a útočníci vykazovali v našem výzkumu téměř totožnou fyzickou zátěž v utkání, zejména v parametrech s vysokou intenzitou (D4, D5, ACC4, DEC4). To může být využito při plánování tréninkové zátěže. V případě pozičně orientovaných tréninků zaměřených na rozvoj fyzické připravenosti je možné tyto herní pozice efektivně seskupovat a zatěžovat společně.

Na základě prokázané relevance konkrétních kontextuálních faktorů při analýze herního zatížení doporučujeme, aby budoucí výzkum i technologický vývoj směřovaly k systematické integraci parametrů BIP a BOP do běžné praxe monitoringu zátěže. Klíčovou roli v tomto ohledu by mohly sehrát technologické společnosti, které mají kapacitu začleňovat tyto proměnné přímo do procesů sběru, zpracování a interpretace dat. Propojení dat o externím a interním zatížení s videoanalýzou představuje další významný milník směrem k hlubší kontextualizaci výkonu. Tyto možnosti už existují, avšak jejich dostupnost pro široké spektrum fotbalových klubů je prozatím nízká, zejména z důvodu vysokých finančních nákladů. Důležitým úkolem budoucího výzkumu bude vývoj prakticky využitelných modelů, které integrují nejrelevantnější kontextuální proměnné v analýze zatížení. Aby se tento přístup ujal v praxi, musí být zpracování dat časově efektivní a metodologicky nenáročné. Pouze za těchto podmínek bude možné využití tohoto přístupu v hodnocení zatížení v utkání, ale i v běžném tréninkovém procesu. Jinak hrozí, že poznatky zůstanou uzavřené v akademickém prostoru a nedojde k jejich implementaci do každodenního rozhodovacího procesu odborníků v klinické praxi.

V úplném závěru bych rád navázal na myšlenku uvedenou v závěrečném sdělení habilitační práce mého školitele (Maly, 2020). Považuji za absolutně klíčové zdůraznit význam propojování vědecké/akademické oblasti s klinickou praxí přímo ve sportovních klubech, které je nezbytné pro další rozvoj sportovní vědy v České republice a pro udržení její konkurenceschopnosti v mezinárodním kontextu. Bohužel se často stává, že jsou tyto dva světy oddělené, na jedné straně stojí trenéři a sportovní funkcionáři, na straně druhé vědci a akademici. Ve své podstatě by však tyto světy měly fungovat společně ve vzájemné synergii. Akademická sféra má potenciál přinášet aktuální vědecké poznatky, inovace a analytické nástroje, zatímco odborníci z praxe mohou vnášet do diskuze cenné zkušenosti, reálné potřeby a konkrétní výzvy spojené s každodenním fungováním sportovní organizace. Sportovní prostředí by proto mělo být otevřené a aktivně vyhledávat experty, kteří jsou schopni působit ve vědecké i praktické sféře. Právě takto profilovaní odborníci mohou zaměřovat svůj výzkum na prakticky orientované otázky, čímž přispívají k dlouhodobému rozvoji sportovního prostředí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart Rate Monitoring. *Sports Medicine*, 33(7), 517–538. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00004>
- Akenhead, R., Harley, J. A., & Twedde, S. P. (2016). Examining the External Training Load of an English Premier League Football Team With Special Reference to Acceleration. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(9), 2424. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001343>
- 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. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0331>
- Alexandre, D., da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong, D. P., Natali, A. J., De Lima, J. R. P., Filho, M. G. B. B., Marins, J. J. C. B., Garcia, E. S., & Karim, C. (2012). Heart Rate Monitoring in Soccer: Interest and Limits During Competitive Match Play and Training, Practical Application. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(10), 2890. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182429ac7>
- Allen, D. G., Lamb, G. D., & Westerblad, H. (2008). Skeletal Muscle Fatigue: Cellular Mechanisms. *Physiological Reviews*, 88(1), 287–332. <https://doi.org/10.1152/physrev.00015.2007>
- Allen, T., Taberner, M., Zhilkin, M., & Rhodes, D. (2024). Running more than before? The evolution of running load demands in the English Premier League. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 19(2), 779–787. <https://doi.org/10.1177/17479541231164507>
- Alonso-Callejo, A., García-Unanue, J., Perez-Guerra, A., Gomez, D., Sánchez-Sánchez, J., Gallardo, L., Oliva-Lozano, J. M., & Felipe, J. L. (2022). Effect of playing position and microcycle days on the acceleration speed profile of elite football players. *Scientific Reports*, 12(1), 19266. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23790-w>
- Alt, P. S., Baumgart, C., Ueberschär, O., Freiwald, J., & Hoppe, M. W. (2020). Validity of a Local Positioning System during Outdoor and Indoor Conditions for Team Sports. *Sensors*, 20(20), Article 20. <https://doi.org/10.3390/s20205733>

- Altmann, S., Forcher, L., Ruf, L., Beavan, A., Groß, T., Lussi, P., Woll, A., & Härtel, S. (2021). Match-related physical performance in professional soccer: Position or player specific? *PLOS ONE*, 16(9), e0256695. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256695>
- Altmann, S., Forcher, L., Woll, A., & Härtel, S. (2023). Effective playing time affects physical match performance in soccer: An analysis according to playing position. *Biology of Sport*, 40(4), 967–973. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.123320>
- Altmann, S., Neumann, R., Woll, A., & Härtel, S. (2020). Endurance Capacities in Professional Soccer Players: Are Performance Profiles Position Specific? *Frontiers in Sports and Active Living*, 2. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.549897>
- Ammann, L., & Altmann, S. (2023). Training and match load ratios in professional soccer—should we use player- or position-specific match reference values? *Frontiers in Sports and Active Living*, 5. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1151828>
- Ammar, A., Bailey, S. J., Hammouda, O., Trabelsi, K., Merzigui, N., El Abed, K., Driss, T., Hökelmann, A., Ayadi, F., Chtourou, H., Gharbi, A., & Turki, M. (2019). Effects of Playing Surface on Physical, Physiological, and Perceptual Responses to a Repeated-Sprint Ability Test: Natural Grass Versus Artificial Turf. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(9), 1219–1226. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0766>
- Anderson, L., Brownlee, T., Drust, B., & Varjan, M. (2024). Physical fatigue in football: A challenge to the importance of fatigue in determining performance in football match-play. In A. Whitehead & J. Coe (Ed.), *Myths of Sport Performance* (s. 120–135). Sequoia books.
- Anderson, L., Orme, P., Di Michele, R., Close, G., Morgans, R., Drust, B., & Morton, J. (2015). Quantification of training load during one-, two- and three-game week schedules in professional soccer players from the English Premier League: Implications for carbohydrate periodisation. *Journal of sports sciences*, 34(13), 1–10. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1106574>
- Angius, L., Olla, S., Pinna, M., Mura, R., Marongiu, E., Roberto, S., Piras, F., Corona, F., Milia, R., Tocco, F., Concu, A., & Crisafulli, A. (2012). Aerobic and

- anaerobic capacity of adult and young professional soccer players. *Sport Sciences for Health*, 8(2), 95–100. <https://doi.org/10.1007/s11332-012-0133-6>
- Asian-Clemente, J. A., Rabano-Muñoz, A., Suarez-Arrones, L., & Requena, B. (2024). Analysis of Differences in Running Demands between Official Matches and Transition Games of Young Professional Soccer Players according to the Playing Position. *Journal of Human Kinetics*, 92, 121–131. <https://doi.org/10.5114/jhk/175339>
- Augste, C., & Cordes, O. (2016). Game stoppages as a tactical means in soccer – a comparison of the FIFA World Cups™ 2006 and 2014. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(3), 1053–1064. <https://doi.org/10.1080/24748668.2016.11868947>
- Austin, A. B., Collins, S. M., Huggins, R. A., Smith, B. A., & Bowman, T. G. (2021). The Impact of Environmental Conditions on Player Loads During Preseason Training Sessions in Women's Soccer Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(10), 2775. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000004112>
- Bangsbo, J., Iaia, F., & Krstrup, P. (2007). Metabolic Response and Fatigue in Soccer. *International journal of sports physiology and performance*, 2, 111–127. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.2.111>
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo Intermittent Recovery Test. *Sports Medicine*, 38(1), 37–51. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004>
- Bangsbo, J., Mohr, Magni, & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665–674. <https://doi.org/10.1080/02640410500482529>
- Banister, E. W. (1991). Modeling Elite Athletic Performance. In D. MacDaugall, H. A. Wenger, & H. J. Green (Ed.), *Physiological Testing of the High-Performance Athlete* (2. vyd.). Human Kinetics Books.
- 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. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1375695>
- Barrett, S., Midgley, A. W., Towson, C., Garrett, A., Portas, M., & Lovell, R. (2016). Within-Match PlayerLoad™ Patterns During a Simulated Soccer Match:

- Potential Implications for Unit Positioning and Fatigue Management. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(1), 135–140. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0582>
- Barros, R. M. L., Misuta, M. S., Menezes, R. P., Figueroa, P. J., Moura, F. A., Cunha, S. A., Anido, R., & 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 & Medicine*, 6(2), 233–242.
- Beato, M., de Keijzer, K. L., & Costin, A. J. (2023). External and Internal Training Load Comparison between Sided-game Drills in Professional Soccer. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1150461>
- Beato, M., Youngs, A., & Costin, A. J. (2024). The Analysis of Physical Performance During Official Competitions in Professional English Football: Do Positions, Game Locations, and Results Influence Players' Game Demands? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 38(5), e226. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004717>
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., & Lakomy, H. K. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *Journal of Applied Physiology*, 80(3), 876–884. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.80.3.876>
- Boyd, L. J., Ball, K., & Aughey, R. J. (2011). The Reliability of MinimaxX Accelerometers for Measuring Physical Activity in Australian Football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 311–321. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.3.311>
- Bradley, P. S. (2023). 'Setting the Benchmark' Part 1: The Contextualised Physical Demands of Positional Roles in the FIFA World Cup Qatar 2022. *Biology of Sport*, 41(1), 261–270. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2024.131090>
- Bradley, P. S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010). High-Intensity Activity Profiles of Elite Soccer Players at Different Performance Levels. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2343. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb1b3>
- Bradley, P. S., Lago-Peñas, C., & Rey, E. (2014). Evaluation of the Match Performances of Substitution Players in Elite Soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 415–424. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0304>

- Bradley, P. S., Lago-Peñas, C., Rey, E., & Gomez Diaz, A. (2013). The effect of high and low percentage ball possession on physical and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 31(12), 1261–1270. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.786185>
- Bradley, P. S., & Noakes, T. D. (2013). Match running performance fluctuations in elite soccer: Indicative of fatigue, pacing or situational influences? *Journal of Sports Sciences*, 31(15), 1627–1638. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.796062>
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krstrup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159–168. <https://doi.org/10.1080/02640410802512775>
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Buchheit, M., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Changes in repeated-sprint performance in relation to change in locomotor profile in highly-trained young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 32(13), 1309–1317. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.918272>
- Buchheit, M., & Simpson, B. M. (2017). Player-Tracking Technology: Half-Full or Half-Empty Glass? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, 2–41. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0499>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.10.003>
- Buzek, M. (2007). *Trenér fotbalu „A“ UEFA licence: Učební texty pro vzdělávání fotbalových trenérů*. Olympia ve spolupráci s Českomoravským fotbalovým svazem.
- Camomilla, V., Bergamini, E., Fantozz, S., & Vannozzi, G. (2016). *In-field Use of Wearable Magneto-Inertial Sensors for Sports Performance Evaluation*. 33 International Conference of Biomechanics in Sports, Poitiers, France.
- Camomilla, V., Bergamini, E., Fantozzi, S., & Vannozzi, G. (2018). Trends Supporting the In-Field Use of Wearable Inertial Sensors for Sport Performance Evaluation: A Systematic Review. *Sensors*, 18(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/s18030873>

- Carling, C., Bradley, Paul, McCall, Alan, & Dupont, G. (2016). Match-to-match variability in high-speed running activity in a professional soccer team. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2215–2223. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1176228>
- Carling, C., & Dupont, G. (2011). Are declines in physical performance associated with a reduction in skill-related performance during professional soccer match-play? *Journal of Sports Sciences*, 29(1), 63–71. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.521945>
- Carling, C., Le Gall, F., & Dupont, G. (2012). Are Physical Performance and Injury Risk in a Professional Soccer Team in Match-Play Affected Over a Prolonged Period of Fixture Congestion? *International Journal of Sports Medicine*, 33(01), 36–42. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1283190>
- Carling, C., Williams, A. M., & Reilly, T. (2007). *Handbook of Soccer Match Analysis: A Systematic Approach to Improving Performance*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203448625>
- Casamichana, D., Martin-Garcia, A., Gomez Diaz, A., Bradley, P. S., & Castellano, J. (2022). Accumulative weekly load in a professional football team: With special reference to match playing time and game position. *Biology of Sport*, 39(1), 115–124. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2021.102924>
- Castellano, J., Blanco-Villaseñor, A., & Álvarez, D. (2011). Contextual Variables and Time-Motion Analysis in Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 32(06), 415–421. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1271771>
- Castellano, J., Huarte, X., & Casamichana, D. (2025). Match physical performance profiles in professional football: A comparative analysis among players' positions in the European five top leagues. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 25(1), 108–128. <https://doi.org/10.1080/24748668.2024.2393034>
- Coçkun, B., Koçak, S., & Saritaç, N. (2014). The Comparison of Reaction Times of Karate Athletes According to Age, Gender and Status. *Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health*, 14(2), 97–101.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2. vyd.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>

- Cox, M. (2017, srpen 2). Why does the Premier League feature so many stoppage-time goals? *ESPN.Com*. https://www.espn.com/soccer/story/_/id/45465679
- Crossan, W., & Riedl, J. (2024). Football migration in the Czech Republic: A multi-level analysis of football migration in a semi-peripheral European Nation. *Soccer & Society*, 25(7), 775–795. <https://doi.org/10.1080/14660970.2023.2261379>
- Dalen, T., Aune, T. K., Hjelde, G. H., Ettema, G., Sandbakk, Ø., & McGhie, D. (2020). Player load in male elite soccer: Comparisons of patterns between matches and positions. *PLOS ONE*, 15(9), e0239162. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239162>
- Dalen, T., Jørgen, I., Gertjan, E., Geir Havard, H., & Ulrik, W. (2016). Player Load, Acceleration, and Deceleration During Forty-Five Competitive Matches of Elite Soccer. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 351. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001063>
- Dalen, T., Lorås, H., Hjelde, G. H., Kjøsnes, T. N., & Wisløff, U. (2019). Accelerations – a new approach to quantify physical performance decline in male elite soccer? *European Journal of Sport Science*, 19(8), 1015–1023. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1566403>
- Dambroz, F., Clemente, F. M., & Teoldo, I. (2022). The effect of physical fatigue on the performance of soccer players: A systematic review. *PLOS ONE*, 17(7), e0270099. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270099>
- Davis, J. M., & Bailey, S. P. (1997). Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(1), 45.
- DeLang, M. D., Salamh, P. A., Chtourou, H., Saad, H. B., & Chamari, K. (2022). The Effects of Ramadan Intermittent Fasting on Football Players and Implications for Domestic Football Leagues Over the Next Decade: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 52(3), 585–600. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01586-8>
- Di Mascio, M., & Bradley, P. S. (2013). Evaluation of the Most Intense High-Intensity Running Period in English FA Premier League Soccer Matches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(4), 909–915. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825ff099>
- Di Salvo, V., Bonanno, D., Modonutti, M., Scanavino, A., Donatelli, C., Pigozzi, F., & Lolli, L. (2023). Perspectives on Postmatch Fatigue From 300 Elite European Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 18(1), 55–60.

- 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(03), 205–212. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1105950>
- Donghi, F., Rampinini, E., Bosio, A., Fanchini, M., Carlomagno, D., & Maffiuletti, N. A. (2021). Morning Priming Exercise Strategy to Enhance Afternoon Performance in Young Elite Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 16(3), 407–414.
- Dos’Santos, T., McBurnie, A., Thomas, C., Jones, P. A., & Harper, D. (2022). Attacking Agility Actions: Match Play Contextual Applications With Coaching and Technique Guidelines. *Strength & Conditioning Journal*, 44(5), 102. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000697>
- Douchet, T., Paizis, C., Roche, H., & Babault, N. (2023). Positional Differences in Absolute vs. Relative Training Loads in Elite Academy Soccer Players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 22(2), 317–328. <https://doi.org/10.52082/jssm.2023.317>
- Draper, G., Wright ,Matthew D., Ishida ,Ai, Chesterton ,Paul, Portas ,Matthew, & and Atkinson, G. (2023). Do environmental temperatures and altitudes affect physical outputs of elite football athletes in match conditions? A systematic review of the ‘real world’ studies. *Science and Medicine in Football*, 7(1), 81–92. <https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2033823>
- Dudley, C., Johnston, R., Jones, B., Till, K., Westbrook, H., & Weakley, J. (2023). Methods of Monitoring Internal and External Loads and Their Relationships with Physical Qualities, Injury, or Illness in Adolescent Athletes: A Systematic Review and Best-Evidence Synthesis. *Sports Medicine*, 53(8), 1559–1593. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01844-x>
- Duffield, R., Coutts, A., McCall, A., & Burgess, D. (2013). Pre-cooling for football training and competition in hot and humid conditions. *European Journal of Sport Science*, 13(1), 58–67. <https://doi.org/10.1080/17461391.2011.589474>
- Düking, P., Hotho, A., Holmberg, H.-C., Fuss, F. K., & Sperlich, B. (2016). Comparison of Non-Invasive Individual Monitoring of the Training and Health of Athletes with Commercially Available Wearable Technologies. *Frontiers in Physiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00071>
- Durán-Custodio, R., Yanci, J., Raya-González, J., Beato, M., & Castillo, D. (2025). High-Load Strength Training Reduces Injury Incidence and Injury Burden and

- Improves Physical Fitness in Young Highly Trained Soccer Players. *Sports Health*, 19417381251333417. <https://doi.org/10.1177/19417381251333417>
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: What, why and how it influences muscle function. *The Journal of Physiology*, 586(1), 11–23. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.139477>
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2016). Translating Fatigue to Human Performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(11), 2228–2238. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000929>
- Errekagorri, I., Castellano, J., Echeazarra, I., & Lago-Peñas, C. (2020). The effects of the Video Assistant Referee system (VAR) on the playing time, technical-tactical and physical performance in elite soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(5), 808–817. <https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1788350>
- Forcher, L., Forcher, L., Jekauc, D., Woll, A., Gross, T., & Altmann, S. (2022). Center backs work hardest when playing in a back three: The influence of tactical formation on physical and technical match performance in professional soccer. *PLOS ONE*, 17(3), e0265501. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265501>
- Forcher, L., Forcher, L., Wäsche, H., Jekauc, D., Woll, A., Gross, T., & Altmann, S. (2023). Is ball-possession style more physically demanding than counter-attacking? The influence of playing style on match performance in professional soccer. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1197039>
- Forcher, L., Wäsche, H., Jekauc, D., Woll, A., & Altmann, S. (2023). The influence of tactical formation on physical and technical match performance in male soccer: A systematic review. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 18(5), 1820–1849. <https://doi.org/10.1177/17479541221101363>
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A New Approach to Monitoring Exercise Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 109.
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiological Reviews*, 81(4), 1725–1789. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1725>
- García-Calvo, T., Lobo-Triviño, D., Raya-González, J., López del Campo, R., Resta, R., Pons, E., & Ponce-Bordón, J. C. (2025). The Evolution of Match Running Performance in the Top Two Spanish Soccer Leagues: A Comparative Four-

- Season Study. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/jfmk10010027>
- Garcia-Unanue, J., Hernandez-Martin, A., Viejo-Romero, D., Manzano-Carrasco, S., Sanchez-Sanchez, J., Gallardo, L., & Felipe, J. L. (2024). The Impact of a Congested Match Schedule (Due to the COVID-19 Lockdown) on Creatine Kinase (CK) in Elite Football Players Using GPS Tracking Technology. *Sensors*, 24(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/s24216917>
- Gastin, P. B., Hunkin, S. L., Fahrner, B., & Robertson, S. (2019). Deceleration, Acceleration, and Impacts Are Strong Contributors to Muscle Damage in Professional Australian Football. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(12), 3374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003023>
- Gathercole, R., Sporer, B., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. (2015). Alternative Countermovement-Jump Analysis to Quantify Acute Neuromuscular Fatigue. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 84–92. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0413>
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-Sprint Ability—Part I. *Sports Medicine*, 41(8), 673–694. <https://doi.org/10.2165/11590550-000000000-00000>
- Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., Ibáñez, S. J., & Pino-Ortega, J. (2020). Accelerometry as a method for external workload monitoring in invasion team sports. A systematic review. *PLOS ONE*, 15(8), e0236643. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236643>
- Gómez-Díaz, A., Nakamura, F. Y., Menezes, P., Barreira, J., Figueiredo, P., & Coutinho, D. (2024). Characterizing microcycles' workload when combining two days structure within single training sessions during congested fixtures in an elite male soccer team. *Biology of Sport*, 41(4), 87–100. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2024.132992>
- Goulart, K. N. O., Coimbra, C. C., Campos, H. O., Drummond, L. R., Ogando, P. H. M., Brown, G., Couto, B. P., Duffield, R., & Wanner, S. P. (2022). Fatigue and Recovery Time Course After Female Soccer Matches: A Systematic Review And Meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, 8(1), 72. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00466-3>

- Gregson, W., Drust, B., Atkinson, G., & Salvo, V. (2010). Match-to-Match Variability of High-Speed Activities in Premier League Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 31(04), 237–242. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1247546>
- Guerriero, A., Varalda, C., & Piacentini, M. F. (2018). The Role of Velocity Based Training in the Strength Periodization for Modern Athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 3(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/jfmk3040055>
- Hader, K., Rumpf, M. C., 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(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0219-7>
- Hall, M. M., Rajasekaran, S., Thomsen, T. W., & Peterson, A. R. (2016). Lactate: Friend or Foe. *PM&R*, 8(3, Supplement), S8–S15. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2015.10.018>
- Hands, D. E., Janse de Jonge, Xanne A. K., Livingston Jr, G. C., & and Borges, N. R. (2023). The effect of match location and travel modality on physical performance in A-League association football matches. *Journal of Sports Sciences*, 41(6), 565–572. <https://doi.org/10.1080/02640414.2023.2227831>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01170-1>
- Haugen, T. A., Tønnessen, E., Hisdal, J., & Seiler, S. (2014). The Role and Development of Sprinting Speed in Soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 432–441. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0121>
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. <https://doi.org/10.1097/00005768-200111000-00019>
- Helwig, J., Diels, J., Röhl, M., Mahler, H., Gollhofer, A., Roecker, K., & Willwacher, S. (2023). Relationships between External, Wearable Sensor-Based, and Internal Parameters: A Systematic Review. *Sensors*, 23(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/s23020827>

- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Chen, S., Zmijewski, P., & Bradley, P. (2025). Establishing reference values for the match running performances of thirteen specific positional roles at UEFA Euro 2024. *Biology of Sport*, 42(3), 257–268. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2025.148535>
- Chmura, P., Liu, H., Andrzejewski, M., Chmura, J., Kowalczyk, E., Rokita, A., & Konefał, M. (2021). Is there meaningful influence from situational and environmental factors on the physical and technical activity of elite football players? Evidence from the data of 5 consecutive seasons of the German Bundesliga. *PLOS ONE*, 16(3), e0247771. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247771>
- Inoue, A., dos Santos Bunn, P., do Carmo, E. C., Lattari, E., & da Silva, E. B. (2022). Internal Training Load Perceived by Athletes and Planned by Coaches: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine - Open*, 8(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00420-3>
- International Football Association Board. (2025). *The IFAB tackles time-wasting by goalkeepers*. https://www.theifab.com/news/the-ifab-tackles-goalkeeper-time-wasting/?utm_source=chatgpt.com
- Ishøi, L., Petersen, J., Thornton, K., & DeLang, M. (2025). Maximal Strength Testing Using the Long-Lever Hip Adduction Squeeze Test in Youth Elite Football (Soccer) Players: A Four-Week Reliability Study. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 20. <https://doi.org/10.26603/001c.138472>
- Ispirlidis, I., Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Michailidis, I., Douroudos, I., Margonis, K., Chatzinikolaou, A., Kalistratos, E., Katrabasas, I., Alexiou, V., & Taxildaris, K. (2008). Time-course of Changes in Inflammatory and Performance Responses Following a Soccer Game. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(5), 423. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3181818e0b>
- Jerome, B. (2023). *Development and Importance of Contextualised Match Play Physical Metrics in Elite Football* [Doctoral thesis]. Loughborough University.
- Katanic, B., Radakovic, R., Djordjevic, S., Govindasamy, K., Geanta, V. A., Baltean, A. I., & Stankovic, M. (2025). Differences in match running performance of elite

- male football players relative to playing position. *Journal of Men's Health*. <https://doi.org/10.22514/jomh.2025.055>
- Kołodziejczyk, M., Chmura, P., Modric, T., Versic, S., Andrzejewski, M., Chmura, J., Sekulic, D., Rokita, A., & Konefał, M. (2023). Do players competing in the UEFA Champions League maintain running performance until the end of the match? Positional analysis between halves and 5-minute intervals. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 63(3). <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.22.14069-7>
- Kovacevic, D., Elias, G., Ellens, S., Cox, A., & Serpiello, F. R. (2022). Moving Toward a More Comprehensive Analysis of Acceleration Profiles in Elite Youth Football. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.802014>
- Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2001). Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: Effect of intense intermittent exercise training. *Journal of Sports Sciences*, 19(11), 881–891. <https://doi.org/10.1080/026404101753113831>
- Krustrup, P., Mohr, M., Nybo, L., Draganidis, D., Randers, M. B., Ermidis, G., Ørntoft, C., Røddik, L., Batsilas, D., Poullos, A., Ørtenblad, N., Loules, G., Deli, C. K., Batrakoulis, A., Nielsen, J. L., Jamurtas, A. Z., & Fatouros, I. G. (2022). Muscle metabolism and impaired sprint performance in an elite women's football game. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32(S1), 27–38. <https://doi.org/10.1111/sms.13970>
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjær, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and Blood Metabolites during a Soccer Game: Implications for Sprint Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(6), 1165. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000222845.89262.cd>
- Kunzmann, E., Ford, K. R., Sugimoto, D., Baca, A., Hank, M., Bujnovsky, D., Mala, L., Zahalka, F., & Maly, T. (2022). Differences in External and Internal Load in Elite Youth Soccer Players within Different Match Timing Zones. *Applied Sciences*, 12(14), Article 14. <https://doi.org/10.3390/app12147230>
- Kurdak, S. S., Shirreffs, S. M., Maughan, R. J., Ozgünen, K. T., Zeren, Ç., Korkmaz, S., Yazici, Z., Ersöz, G., Binnet, M. S., & Dvorak, J. (2010). Hydration and sweating responses to hot-weather football competition. *Scandinavian Journal*

- of Medicine & Science in Sports*, 20(s3), 133–139.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01218.x>
- Kureš, J., Hora, J., Skočovský, M., & Zahradníček, J. (2024). *PRAVIDLA FOTBALU: platná od 1.7.2024* (1. vyd.). Olympia.
- Kutnjak, M., Pavlinovic, V., & Modric, T. (2025). The Effect of Pitch Surface on Match Running Performance in Women's Soccer. *Applied Sciences*, 15(1), Article 1.
<https://doi.org/10.3390/app15010040>
- Lago, C. (2009). The influence of match location, quality of opposition, and match status on possession strategies in professional association football. *Journal of Sports Sciences*, 27(13), 1463–1469.
<https://doi.org/10.1080/02640410903131681>
- 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. <https://doi.org/10.1080/17461390903273994>
- Lago-Peñas, C., Lorenzo-Martinez, M., López-Del Campo, R., Resta, R., & Rey, E. (2023). Evolution of physical and technical parameters in the Spanish LaLiga 2012-2019. *Science and Medicine in Football*, 7(1), 41–46.
<https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2049980>
- Lago-Peñas, C., & Rey, E. (2012). The Influence of Effective Playing Time on Physical Demands of Elite Soccer Players. *The Open Sports Sciences Journal*, 5, 188–192. <https://doi.org/10.2174/1875399X01205010188>
- Li, Y., Weber, H., & Link, D. (2024). Additional time error in association football is associated with interruption type and goal difference. *Science and Medicine in Football*, 0(0), 1–6. <https://doi.org/10.1080/24733938.2024.2435843>
- Liew, J. (2024, květen 18). Rodri redefines role of holding midfielder to become City's fulcrum. *The Guardian*.
<https://www.theguardian.com/football/article/2024/may/18/rodri-redefines-role-holding-midfielder-manchester-city-fulcrum>
- Light, N. (2019). The effect of acute match play loading on hip adductor strength and flexibility in soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(2), 325–329. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08194-X>
- Ligová fotbalová asociace. (2022). *Požadavky na infrastrukturu stadionů v soutěžích*.
<https://www.lfafotbal.cz/dokument/565-pozadavky-na-infrastrukturu-stadionu-v-soutezich-lfa>

- Lima-Alves, A., Claudino, J., Boullosa, D., Couto, C. R., Teixeira-Coelho, F., & Pimenta, E. M. (2021). The relationship between internal and external loads as a tool to monitor physical fitness status of team sport athletes: A systematic review. *Biology of Sport*, 39(3), 629–638. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2022.107021>
- Linke, D., Link, D., Weber, H., & Lames, M. (2018). Decline in Match Running Performance in Football is affected by an Increase in Game Interruptions. *Journal of Sports Science & Medicine*, 17(4), 662–667.
- Liu, H., Wang, L., Huang, G., Zhang, H., & Mao, W. (2020). Activity profiles of full-match and substitution players in the 2018 FIFA World Cup. *European Journal of Sport Science*, 20(5), 599–605. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1659420>
- Long, G. M., Herrington, R. T., Fox, K. B., Mumaugh, J. E., & Joyce, S. M. (2022). GPS-derived External Workloads Vary By Position And Match Result In Professional Soccer Players: 1859. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(9S), 551. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000882004.48613.8f>
- Lorenzo-Martínez, M., Padrón-Cabo, A., Rey, E., & Memmert, D. (2021). Analysis of Physical and Technical Performance of Substitute Players in Professional Soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 92(4), 599–606. <https://doi.org/10.1080/02701367.2020.1755414>
- Luteberget, L. S., Spencer, M., & Gilgien, M. (2018). Validity of the Catapult ClearSky T6 Local Positioning System for Team Sports Specific Drills, in Indoor Conditions. *Frontiers in Physiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00115>
- Macedo, A. G., Almeida, T. A. F., Massini, D. A., de Oliveira, D. M., Espada, M. C., Robalo, R. A. M., Hernández-Beltrán, V., Gamonales, J. M., Vilela Terra, A. M. S., & Pessoa Filho, D. M. (2024). Load Monitoring Methods for Controlling Training Effectiveness on Physical Conditioning and Planning Involvement: A Narrative Review. *Applied Sciences*, 14(22), Article 22. <https://doi.org/10.3390/app142210465>
- Majano, C., García-Unanue, J., Hernandez-Martin, A., Sánchez-Sánchez, J., Gallardo, L., & Felipe, J. L. (2023). Relationship between Repeated Sprint Ability, Countermovement Jump and Thermography in Elite Football Players. *Sensors*, 23(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/s23020631>

- Malone, J. J., Lovell, R., Varley, M. C., & Coutts, A. J. (2017). Unpacking the Black Box: Applications and Considerations for Using GPS Devices in Sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, 2–26. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0236>
- Maly, T. (2020). *Analýza a komparace vybraných determinantů herního výkonu ve fotbale v reflexi hráčských pozic* [Habilitační práce]. Univerzita Karlova.
- Maly, T., & Dovalil, J. (2016). *Doplňkový odpor v tréninku rychlostních schopností* (1. vydání). Mladá fronta. <https://www.kosmas.cz/knihy/221603/doplňkový-odpor-v-treninku-rychlostních-schopností/>
- 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(04), 297–303. <https://doi.org/10.1055/s-0043-123648>
- Maly, T., Zahalka, F., Mala, L., & Teplan, J. (2014). Profile, correlation and structure of speed in youth elite soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 40(1), 149–159. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0017>
- Mandorino, M., Lacombe, M., Verheijen, R., & Buchheit, M. (2025). Time to drop running as a KPI in elite football: Football fitness and freshness as match-day preconditions. *Sport Performance & Science Reports*, 254(v1).
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106(3), 857–864. <https://doi.org/10.1152/jap.19324.2008>
- Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Arratibel-Imaz, I., & Terrados, N. (2022). Biochemical and Physical Performance Responses to a Soccer Match after a 72-Hour Recovery Period. *Sports*, 10(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/sports10100140>
- Maughan, R. J., Merson, S. J., Broad, N. P., & Shirreffs, S. M. (2004). Fluid and electrolyte intake and loss in elite soccer players during training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14(3), 333–346. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.14.3.333>
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., & Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports

- Medicine (ACSM). *European Journal of Sport Science*, 13(1), 1–24.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2012.730061>
- Meeusen, R., Duclos, M., Gleeson, M., Rietjens, G., Steinacker, J., & Urhausen, A. (2006). Prevention, diagnosis and treatment of the Overtraining Syndrome. *European Journal of Sport Science*, 6(1), 1–14.
<https://doi.org/10.1080/17461390600617717>
- Mernagh, D., Weldon, A., Wass, J., Phillips, J., Parmar, N., Waldron, M., & Turner, A. (2021). A Comparison of Match Demands Using Ball-in-Play versus Whole Match Data in Professional Soccer Players of the English Championship. *Sports*, 9(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/sports9060076>
- Miguel, M., Oliveira, R., Loureiro, N., García-Rubio, J., & Ibáñez, S. J. (2021). Load Measures in Training/Match Monitoring in Soccer: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052721>
- Milioni, F., Vieira, L. H. P., Barbieri, R. A., Zagatto, A. M., Nordsborg, N. B., Barbieri, F. A., dos-Santos, J. W., Santiago, P. R. P., & Papoti, M. (2016). Futsal Match-Related Fatigue Affects Running Performance and Neuromuscular Parameters but Not Finishing Kick Speed or Accuracy. *Frontiers in Physiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00518>
- Modric, T., Carling, C., Lago-Peñas, C., Versic, Š., Morgans, R., & Sekulic, D. (2023). To train or not to train (on match day)? Influence of a priming session on match performance in competitive elite-level soccer. *Journal of Sports Sciences*, 41(18), 1726–1733. <https://doi.org/10.1080/02640414.2023.2296741>
- Modric, T., Versic, S., Alexe, D. I., Gilic, B., Mihai, I., Drid, P., Radulovic, N., Saavedra, J. M., & Menjibar, R. B. (2022). Decline in Running Performance in Highest-Level Soccer: Analysis of the UEFA Champions League Matches. *Biology*, 11(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/biology11101441>
- Modric, T., Versic, S., Jukic, I., & Sekulic, D. (2024). Physical performance discriminating winning and losing in UEFA Champions League: A full-season study. *Biology of Sport*, 42(1), 3–9.
<https://doi.org/10.5114/biolsport.2025.139076>
- Mohr, M., Ermidis, G., Jamurtas, A. Z., Vigh-Larsen, J. F., Poullos, A., Draganidis, D., Papanikolaou, K., Tsimeas, P., Batsilas, D., Loules, G., Batrakoulis, A., Sovatzidis, A., Nielsen, J. L., Tzatzakis, T., Deli, C. K., Nybo, L., Krstrup, P.,

- & Fatouros, I. G. (2023). Extended Match Time Exacerbates Fatigue and Impacts Physiological Responses in Male Soccer Players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 55(1), 80–92. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003021>
- 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. <https://doi.org/10.1080/0264041031000071182>
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 593–599. <https://doi.org/10.1080/02640410400021286>
- Mohr, M., Krstrup, P., Nybo, L., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches – beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14(3), 156–162. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00349.x>
- Morgans, R., Ju, W., Radnor, J., Zmijewski, P., Ryan, B., Haslam, C., King, M., Kavanagh, R., & Oliveira, R. (2024). The positional demands of explosive actions in elite soccer: Comparison of English Premier League and French Ligue 1. *Biology of Sport*, 42(1), 81–87. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2025.139083>
- Morgulev, E., & Galily, Y. (2019). Analysis of time-wasting in English Premier League football matches: Evidence for unethical behavior in final minutes of close contests. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 81, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.socec.2019.05.003>
- Müller-Budack, E., Theiner, J., Rein, R., & Ewerth, R. (2019). „Does 4-4-2 exist?“—: An Analytics Approach to Understand and Classify Football Team Formations in Single Match Situations. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Multimedia Content Analysis in Sports*, 25–33. <https://doi.org/10.1145/3347318.3355527>
- Murtagh, C. F., Brownlee, T. E., Rienzi, E., Roquero, S., Moreno, S., Huertas, G., Lugioratto, G., Baumert, P., Turner, D. C., Lee, D., Dickinson, P., Lyon, K. A., Sheikhsaraf, B., Biyik, B., O’Boyle, A., Morgans, R., Massey, A., Drust, B., & Erskine, R. M. (2020). The genetic profile of elite youth soccer players and its association with power and speed depends on maturity status. *PLOS ONE*, 15(6), e0234458. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234458>

- Nedelec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2012). Recovery in Soccer. *Sports Medicine*, 42(12), 997–1015. <https://doi.org/10.1007/BF03262308>
- Newton, M., Owen, A., & Baker, J. (2019). Monitoring External and Internal Training Loads: Relationships with Injury Risk in Professional Soccer: A Review. *EC Orthopaedics*, 10(9), 686–697.
- Nijland, R., Toering, T., Watson, C. G., de Jong, J., & Lemmink, K. A. P. M. (2024). A Scoping Review on the Influence of Contextual Factors on Training Load in Adolescent Soccer Players: What Do We Know? *Sports*, 12(7), 172. <https://doi.org/10.3390/sports12070172>
- Noakes, T. D. (2000). Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 10(3), 123–145. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2000.010003123.x>
- Noakes, T. D. (2012). Fatigue is a Brain-Derived Emotion that Regulates the Exercise Behavior to Ensure the Protection of Whole Body Homeostasis. *Frontiers in Physiology*, 3. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00082>
- Noor, D., McCall, A., Jones, M., Duncan, C., Ehrmann, F., Meyer, T., & Duffield, R. (2021). Perceived load, fatigue and recovery responses during congested and non-congested micro-cycles in international football tournaments. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(12), 1278–1283. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.07.001>
- Nuccio, R. P., Barnes, K. A., Carter, J. M., & Baker, L. B. (2017). Fluid Balance in Team Sport Athletes and the Effect of Hypohydration on Cognitive, Technical, and Physical Performance. *Sports Medicine*, 47(10), 1951–1982. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0738-7>
- Nybo, L., Nassis, G., & Racinais, S. (2016). Soccer in the heat: Impact on physiological responses, match-play characteristics and recovery. In *Science and Football VIII*. Routledge.
- Nybo, L., & Nielsen, B. (2001). Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 91(3), 1055–1060. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.3.1055>
- Oliva-Lozano, J. M., Granero-Gil, P., & Panasci, M. (2024). Changes in Physical Performance Throughout Professional Soccer Match-Play. *The Journal of*

- Strength & Conditioning Research*, 38(1), 123.
<https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000004579>
- Oliva-Lozano, J. M., Martínez-Puertas, H., Fortes, V., & Muyor, J. M. (2021). When do soccer players experience the most demanding passages of match play? A longitudinal study in a professional team. *Research in Sports Medicine*, 31(2), 101–111. <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.1943390>
- Oliver, J., Armstrong, N., & Williams, C. (2008). Changes in jump performance and muscle activity following soccer-specific exercise. *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 141–148. <https://doi.org/10.1080/02640410701352018>
- Olmos, M., Capdevila, L., & Caparros, T. (2024). Heart Rate Variability in Elite Team Sports: A Systematic Review. *Open Access Journal of Disease and Global Health*, 2, 01–12. <https://doi.org/10.33140/OAJDGH.02.03.01>
- Özgünen, K. T., Kurdak, S. S., Maughan, R. J., Zeren, Ç., Korkmaz, S., Yazıcı, Z., Ersöz, G., Shirreffs, S. M., Binnet, M. S., & Dvorak, J. (2010). Effect of hot environmental conditions on physical activity patterns and temperature response of football players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(s3), 140–147. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01219.x>
- Pan, P., Li, F., Han, B., Yuan, B., & Liu, T. (2023). Exploring the impact of professional soccer substitute players on physical and technical performance. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 15(1), 143. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00752-x>
- Panduro, J., Ermidis, G., Røddik, L., Vigh-Larsen, J. F., Madsen, E. E., Larsen, M. N., Pettersen, S. A., Krstrup, P., & Randers, M. B. (2022). Physical performance and loading for six playing positions in elite female football: Full-game, end-game, and peak periods. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32(S1), 115–126. <https://doi.org/10.1111/sms.13877>
- Paul, D. J., Gabbett, T. J., & Nassis, G. P. (2016). Agility in Team Sports: Testing, Training and Factors Affecting Performance. *Sports Medicine*, 46(3), 421–442. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0428-2>
- Petr, M., Thiel, D., Kateřina, K., Brož, P., Malý, T., Zahálka, F., Vostatková, P., Wilk, M., Chycki, J., & Stastny, P. (2022). Speed and power-related gene polymorphisms associated with playing position in elite soccer players. *Biology of Sport*, 39(2), 355–366. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2022.105333>

- Poli, R., Besson, R., & Ravanel, L. (2018). Effective playing time in 37 European competitions. *CIES Football Observatory*. <https://football-observatory.com/IMG/sites/b5wp/2018/242/en/>
- Pollard, R. (2008). Home Advantage in Football: A Current Review of an Unsolved Puzzle. *The Open Sports Sciences Journal*, 1(1), 12–14. <https://doi.org/10.2174/1875399X00801010012>
- Ponce-Bordón, J. C., Polo-Tejada, J., Sanabria-Pino, B., Rubio-Morales, A., García-Calvo, T., & Lobo-Triviño, D. (2024). The Influence of the Playing Surface on Workload Response in Spanish Professional Male Soccer Players. *Sensors*, 24(14), Article 14. <https://doi.org/10.3390/s24144506>
- Pons, E., Ponce-Bordón, J. C., Díaz-García, J., López del Campo, R., Resta, R., Peirau, X., & García-Calvo, T. (2021). A Longitudinal Exploration of Match Running Performance during a Football Match in the Spanish La Liga: A Four-Season Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031133>
- Póvoas, S., Krstrup, P., & Castagna, C. (2020). Submaximal field testing validity for aerobic fitness assessment in recreational football. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(4), 680–689. <https://doi.org/10.1111/sms.13606>
- Premier League. (2024). *Effective playing time allowance for time lost / calculation of additional time*. [Www.Premierleague.Com. https://www.premierleague.com/news/4079247](https://www.premierleague.com/news/4079247)
- Principe, V., Vale, R., & Nunes, R. (2020). A systematic review of load control in football using a Global Navigation Satellite System (GNSS). *Motriz: Revista de Educação Física*, 26. <https://doi.org/10.1590/s1980-65742020000400059>
- Prüßner, R., & Siegle, M. (2015). Additional Time in Soccer – Influence of League and Referee. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(2), 551–559. <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868813>
- 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. <https://doi.org/10.1080/15438627.2019.1686703>

- Rampinini, E., Bosio, A., Ferraresi, I., Petruolo, A., Morelli, A., & Sassi, A. (2011). Match-Related Fatigue in Soccer Players. *Medicine and science in sports and exercise*, 43, 2161–2170. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821e9c5c>
- Rampinini, E., Coutts, A., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. (2007). Variation in Top Level Soccer Match Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 28(12), 1018–1024. <https://doi.org/10.1055/s-2007-965158>
- Randers, M. B., Mujika, I., Hewitt, A., Santisteban, J., Bischoff, R., Solano, R., Zubillaga, A., Peltola, E., Krstrup, P., & Mohr, M. (2010). Application of four different football match analysis systems: A comparative study. *Journal of Sports Sciences*, 28(2), 171–182. <https://doi.org/10.1080/02640410903428525>
- Reilly, T., Drust, B., & Clarke, N. (2008). Muscle Fatigue during Football Match-Play. *Sports medicine*, 38, 357–367. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838050-00001>
- Rey, E., Kalén, A., Lorenzo-Martínez, M., López-Del Campo, R., Nevado-Garrosa, F., & Lago-Peñas, C. (2022). Elite Soccer Players do Not Cover Less Distance in the Second Half of the Matches When Game Interruptions Are Considered. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003935>
- Rhodes, D., Valassakis, S., Bortnik, L., Eaves, R., Harper, D., & Alexander, J. (2021). The Effect of High-Intensity Accelerations and Decelerations on Match Outcome of an Elite English League Two Football Team. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18), 9913. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189913>
- Riboli, A., Semeria, M., Coratella, G., & Esposito, F. (2020). Effect of formation, ball in play and ball possession on peak demands in elite soccer. *Biology of Sport*, 38(2), 195–205. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2020.98450>
- 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. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0522>
- Russell, M., Sparkes, W., Northeast, J., Cook, C. J., Love, T. D., Bracken, R. M., & Kilduff, L. P. (2016). Changes in Acceleration and Deceleration Capacity Throughout Professional Soccer Match-Play. *The Journal of Strength &*

- Sabato, T. M., Walch, T. J., & Caine, D. J. (2016). The elite young athlete: Strategies to ensure physical and emotional health. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 7, 99–113. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S96821>
- Sampaio, J., & Maças, V. (2012). Measuring Tactical Behaviour in Football. *International Journal of Sports Medicine*, 33(05), 395–401. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1301320>
- Santos-García, D. J., Serrano, D. R., Ponce-Bordón, J. C., & Nobari, H. (2022). Monitoring Heart Rate Variability and Its Association with High-Intensity Running, Psychometric Status, and Training Load in Elite Female Soccer Players during Match Weeks. *Sustainability*, 14(22), Article 22. <https://doi.org/10.3390/su142214815>
- Sarmiento, H., Martinho, D. V., Gouveia, É. R., Afonso, J., Chmura, P., Field, A., Savedra, N. O., Oliveira, R., Praça, G., Silva, R., Barrera-Díaz, J., & Clemente, F. M. (2024). The Influence of Playing Position on Physical, Physiological, and Technical Demands in Adult Male Soccer Matches: A Systematic Scoping Review with Evidence Gap Map. *Sports Medicine*, 54(11), 2841–2864. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02088-z>
- Serpiello, F. R., Hopkins, W. G., Barnes, S., Tavrou, J., Duthie, G. M., Aughey, R. J., & Ball, K. (2018). Validity of an ultra-wideband local positioning system to measure locomotion in indoor sports. *Journal of Sports Sciences*, 36(15), 1727–1733. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1411867>
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919–932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>
- Shushan, T., McLaren, S. J., Buchheit, M., Scott, T. J., Barrett, S., & Lovell, R. (2022). Submaximal Fitness Tests in Team Sports: A Theoretical Framework for Evaluating Physiological State. *Sports Medicine*, 52(11), 2605–2626. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01712-0>
- Siegle, M., & Lames, M. (2012). Game interruptions in elite soccer. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 619–624. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.667877>
- Silva, H., Nakamura, F. Y., Beato, M., & Marcelino, R. (2023). Acceleration and deceleration demands during training sessions in football: A systematic review.

- Science and Medicine in Football*, 7(3), 198–213.
<https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2090600>
- Silva, J. R., Rumpf, M. C., Hertzog, M., Castagna, C., Farooq, A., Girard, O., & Hader, K. (2018). Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(3), 539–583.
<https://doi.org/10.1007/s40279-017-0798-8>
- Smith, M., Merlini, M., Deprez, D., Lenoir, M., & Marcora, S. (2015). Mental Fatigue Impairs Soccer-Specific Physical and Technical Performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 48, 267–276.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000762>
- Soligard, T., Schwellnus, M., Alonso, J.-M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., Gabbett, T., Gleeson, M., Häggglund, M., Hutchinson, M. R., Rensburg, C. J. van, Khan, K. M., Meeusen, R., Orchard, J. W., Pluim, B. M., Raftery, M., Budgett, R., & Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1030–1041.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096581>
- Sougliis, A., Bogdanis, G. C., Giannopoulou, I., Papadopoulos, C., & Apostolidis, N. (2015). Comparison of Inflammatory Responses and Muscle Damage Indices Following a Soccer, Basketball, Volleyball and Handball Game at an Elite Competitive Level. *Research in Sports Medicine*, 23(1), 59–72.
<https://doi.org/10.1080/15438627.2014.975814>
- Sporis, G., Jukic, I., Ostojic, S. M., & Milanovic, D. (2009). Fitness Profiling in Soccer: Physical and Physiologic Characteristics of Elite Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(7), 1947.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b3e141>
- Springham, M., Newton, R. U., Strudwick, A. J., & Waldron, M. (2022). Selected Immunoendocrine Measures for Monitoring Responses to Training and Match Load in Professional Association Football: A Review of the Evidence. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17, 1654–1663.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2022-0226>
- Swinnen, B. (2016). *Strength Training for Soccer*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781315665276>

- Taylor, J. B., Mellalieu, S. D., & James, N. (2004). Behavioural comparisons of positional demands in professional soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 4(1), 81–97. <https://doi.org/10.1080/24748668.2004.11868294>
- Teixeira, J. E., Branquinho, L., Leal, M., Morgans, R., Sortwell, A., Barbosa, T. M., Monteiro, A. M., Afonso, P., Machado, G., Encarnação, S., Ferraz, R., & Forte, P. (2024). Match-to-Match Variation on High-Intensity Demands in a Portuguese Professional Football Team. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 9(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/jfmk9030120>
- Teixeira, J. E., Forte, P., Ferraz, R., Leal, M., Ribeiro, J., Silva, A. J., Barbosa, T. M., & Monteiro, A. M. (2021). Monitoring Accumulated Training and Match Load in Football: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/ijerph18083906>
- Timmins, R. G., Opar, D. A., Williams, M. D., Schache, A. G., Dear, N. M., & Shield, A. J. (2014). Reduced biceps femoris myoelectrical activity influences eccentric knee flexor weakness after repeat sprint running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(4), e299–e305. <https://doi.org/10.1111/sms.12171>
- Tojo, O., Spyrou, K., Teixeira, J., Pereira, P., & Brito, J. (2023). Effective playing time affects technical-tactical and physical parameters in football. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1229595>
- Torres-Ronda, L., Beanland, E., Whitehead, S., Sweeting, A., & Clubb, J. (2022). Tracking Systems in Team Sports: A Narrative Review of Applications of the Data and Sport Specific Analysis. *Sports Medicine - Open*, 8(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00408-z>
- Vampola, J., Stastny, P., Musalek, M., Varjan, M., Maly, T., Castellano, J., & Kokštejn, J. (2025). Comparison of match accelerations and decelerations using continuous absolute thresholds in Czech U17, U19, and B team academy soccer players. *Sport Sciences for Health*, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s11332-025-01426-6>
- van Loon, L. J. C., Greenhaff, P. L., Constantin-Teodosiu, D., Saris, W. H. M., & Wagenmakers, A. J. M. (2001). The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans. *The Journal of Physiology*, 536(1), 295–304. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.00295.x>

- Varjan, M. (2018). *Úroveň a rozdíly vybraných pohybových schopností, pohybových dovedností u mladých fotbalových hráčů* [Bakalářská práce]. Univerzita Karlova.
- Varjan, M., Hank, M., Kalata, M., Chmura, P., Mala, L., & Zahalka, F. (2024). Weekly Training Load Differences between Starting and Non-Starting Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 90, 125–135. <https://doi.org/10.5114/jhk/171449>
- Varjan, M., Kalata, M., Hank, M., Zahalka, F., Ford, K. R., & Maly, T. (2025). Talent Identification in Youth Soccer: Is the Motor Educability an Important Predictor for Player Selection? In A. J. Figueiredo, M. J. C. Silva, T. Favero, & H. Sarmiento (Ed.), *Science and Soccer: A Key Combination* (s. 89–106). Coimbra University Press. <https://doi.org/10.14195/978-989-26-2607-9>
- Varjan, M., Maly, T., Verbruggen, F. F., Hank, M., & Zahalka, F. (2023). *Running performance changes during a football match in the context of ball in play time*. 110.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-01048-8>
- Vilamitjana, J., Heinze, G., Marín, G., Calleja-González, J., & Verde, P. (2024). Non-starters vs. starters: Comparison of in-season training load relative to match load in professional soccer players. *Acta Gymnica*. <https://doi.org/10.5507/ag.2024.008>
- Waldron, M., & Highton, J. (2014). Fatigue and Pacing in High-Intensity Intermittent Team Sport: An Update. *Sports Medicine*, 44(12), 1645–1658. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0230-6>
- Wass, J., Mernagh, D., Pollard, B., Stewart, P., Fox, W., Parmar, N., Jones, B., Kilduff, L., & Turner, A. N. (2020). A comparison of match demands using ball-in-play vs. Whole match data in elite male youth soccer players. *Science and Medicine in Football*, 4(2), 142–147. <https://doi.org/10.1080/24733938.2019.1682183>
- Watanabe, N. M., Wicker, P., & Reuter, J. C. (2015). Determinants of Stoppage Time Awarded to Teams in the English Premier League. *International Journal of Sport Finance*, 10(4), 310–327.
- Wisløff, 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: Figure 1. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285–288. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.002071>
- Young, W., Dos’Santos, T., Harper, D., Jefferys, I., & Talpey, S. (2022). Agility in Invasion Sports: Position Stand of the IUSCA. *International Journal of Strength and Conditioning*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.47206/ijsc.v2i1.126>
- Zhao, Y., & Liu, T. (2022). Factors That Influence Actual Playing Time: Evidence From the Chinese Super League and English Premier League. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2022.907336>
- Zhao, Y., & Zhang, H. (2021a). Effective playing time in the Chinese Super League. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 16(2), 398–406. <https://doi.org/10.1177/1747954120965751>
- Zhao, Y., & Zhang, H. (2021b). Investigating the inter-country variations in game interruptions across the Big-5 European football leagues. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 21(1), 180–196. <https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1865688>
- Zhao, Y.-Q., & Zhang, H. (2019). Analysis of goals in the English Premier League. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(5), 820–831. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1661613>

SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ, GRAFŮ A PŘÍLOH

Seznam tabulek:

Tabulka 1. Profil herních pozic a jejich kritické charakteristiky. Převzato a upraveno podle Malý (2020)	25
Tabulka 2. Externí zatížení hráčů v utkání (>90 min) a významnost rozdílů mezi herními pozicemi ve zkoumaných parametrech (formát: průměr ± SD)	60
Tabulka 3. Variabilita externího zatížení v rámci všech 5minutových úseků utkání u jednotlivých herních pozic. Data vyjádřena jako koeficienty variace (CV).....	69
Tabulka 4. Rozložení počtu střídání v průběhu fotbalového utkání z pohledu pasáže hry a herních pozic. Úsek 45.–60. min zahrnuje také střídání, která se odehrála během poločasové přestávky	72

Seznam obrázků

Obrázek 1. Grafické šablony populárních herních formací ve fotbalovém utkání, vytvořené odborníky na danou problematiku. Pokud je rozestavení nejednoznačné, jsou uvedeny různé varianty. Převzato a upraveno podle (Müller-Budack et al., 2019).....	23
Obrázek 2. Mapa četnosti výzkumných studií zaměřených na kontextuální faktory ovlivňující ukazatele fyzického zatížení v seniorském fotbale. Převzato a upraveno podle Nijland et al. (2024)	30
Obrázek 3. Vlevo – Absolutní vzdálenost absolvovaná v různých rychlostních zónách během celého utkání, BIP času a BOP času. Vpravo – Procentuální podíl celkové vzdálenosti v jednotlivých rychlostních zónách, který hráči absolvovali během BIP a BOP pasáže hry. Převzato a upraveno podle Jerome (2023)	36
Obrázek 4. Průběh fyzického zatížení hráče prezentovaný na reálných datech z jednoho soutěžního utkání. Ilustrace prezentuje přehled vybraných konceptů používaných k hodnocení změn zatížení během utkání. Modrý rámeček uvádí absolutní hodnoty jednotlivých ukazatelů. Zelený rámeček uvádí relativní hodnoty, přepočtené vzhledem k BIP času. Převzato a upraveno podle (Anderson et al., 2024).....	37
Obrázek 5. Model centrálního regulátoru. Převzato a upraveno podle Noakes (2012)	38

Seznam grafů

Graf 1. Poměr zastoupení jednotlivých podsložek intenzity pohybu ve třech měřených složkách externího zatížení. V grafu jsou zohledněny průměrné týmové hodnoty	59
Graf 2. Rozložení BIP v průběhu utkání. Data vyjádřená jako průměr a 95 % CI. Hodnota F-statistiky určuje významnost sklonu lineárního trendu	62
Graf 3. Rozložení externí zátěže v průběhu utkání v absolutních hodnotách a hodnotách relativizovaných vzhledem k BIP. Data vyjádřená jako průměr a 95 % CI. Pravá osa y uvádí absolutní hodnoty, levá osa y uvádí relativní hodnoty vzhledem k BIP. Pravá část grafu obsahuje výstupy LMM, které hodnotí statistickou významnost lineárních trendů (t-statistika) a zároveň uvádí výsledky interakční analýzy (F-statistika), jež slouží k posouzení rozdílů mezi těmito trendy	68
Graf 4. Změny externí zátěže v průběhu utkání v kontextu herních pozic. Data vyjádřená jako průměrné hodnoty pro jednotlivé herní pozice	71
Graf 5. Změny externí zátěže v průběhu druhého poločasu utkání v kontextu střídajících hráčů. Data vyjádřená jako průměr a 95 % CI	74
Graf 6. Nadstavený čas v prvním a druhém poločase	75

Seznam příloh

Příloha 1. Vyjádření Etické komise UK FTVS	126
Příloha 2. Schválený text informovaného souhlasu	128

PŘÍLOHY

Příloha 1. Vyjádření Etické komise UK FTVS

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Veleslavín

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

Název projektu: Analýza herního zatížení hráče ve fotbalovém utkání: nové přístupy v hodnocení výkonu

Forma projektu: výzkumná práce, doktorská práce

Období realizace: Leden 2023 – červen 2025 (Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR)

Předkladatel: Mgr. Matej Varjan (UK FTVS, Laboratoř sportovní motoriky)

Hlavní řešitel: Mgr. Matej Varjan (UK FTVS, Laboratoř sportovní motoriky)

Místo výzkumu (pracoviště): Tréninková centra Akademie SK Slavia Praha (TC Xaverov – Božanovská 2098, 193 00 Praha 9; TC Horní Měcholupy – Hornoměcholupská 300, 109 00 Praha 15; TC Eden – Vladivostocká, 100 00 Praha 10)

Spoluřešitelé: PhDr. David Bujnovský, Ph.D.; PhDr. Mikuláš Hank, Ph.D; Mgr. Maroš Kaľata (všichni - UK FTVS, Laboratoř sportovní motoriky)

Vedoucí práce (v případě studentské práce): doc. PaedDr. Tomáš Malý, Ph.D.

Finanční podpora: GAUK

Popis projektu: Hlavním cílem práce je komparace externího zatížení mezi 5-minutovými úseky zápasu, v reflexi herních postů a čistého hracího času, u elitních mladých fotbalových hráčů. Zároveň identifikace rozdílů externího zatížení v 1 a 5 minutových úsecích před vstřelenými a inkasovanými góly v zápase, vzhledem ke kontextu herní situace před gólem. Výzkum se bude také zabírat komparací pohybových schopností mezi různými věkovými kategoriemi u mladých elitních fotbalových hráčů. Jedná se o observační longitudinální studii. Sběr dat bude probíhat dvěma způsoby. Prvním je sběr dat o externím zatížení hráčů během zápasů a tréninkových jednotek (nijak neovlivní tréninkový proces ani zápasy) pomocí GPS zařízení (Playertek), které je umístěné ve speciální přiléhavé vestě, ve vrchní části zad mezi lopatkami. Druhým způsobem sběru dat jsou terénní testy, které budou měřeny v rámci předsezónní diagnostiky s cílem identifikace aktuální pohybové úrovně hráčů. Testová baterie se skládá z následujících testových metodik: 5m akcelerace, 10m akcelerace, 20m akcelerace, 10m letmo, 20m letmo (test o maximální rychlosti je závislý na věku probanda) 10 metrů letmo (délka náběhu je závislá na věku probanda). 505 test (měřené rychlostními fotobuňkami Brower Timing system) a Yo-Yo intermittent test (jenom pro kategorie U12 – U21). Všechny výše uvedené metody sběru dat jsou standardizované a byly již Etickou komisí UK FTVS v minulosti schváleny pro další projekty nebo jiné vědecké účely pracoviště LSM.

Charakteristika účastníků výzkumu: Ve výzkumné práci budou zahrnuti hráči klubu SK Slavia Praha, věkových kategorií U7 až U21 (6 až 20 let), kteří mají platnou zdravotní a sportovní prohlídku bez omezení zdravotní způsobilosti ke sportu a TV. Na výzkumných aktivitách bude celkem participovat 200-250 hráčů. Sběr dat o externím zatížení bude probíhat kontinuálně během celého roku. Laboratorní testování bude probíhat 2krát ročně (leden a červenec) v tréninkových centrech SK Slavia Praha na umělé trávě 3. generace a hráči ho absolvují během jednoho dne (cca 1 hod.). Rizika při testování jsou minimální, jelikož testovací metody jsou ověřené u hráčů stejného věku, splňují všechny zdravotní, sociální i etická kritéria, a jsou běžně užívané v praxi. Předpokládá se, že osoby (mladí fotbalisté) mají zkušenosti s daným typem pohybu, jelikož testovací metody korespondují s pohybovými nároky ve fotbale. Účastníky terénního sběru dat bude vybírat hlavní trenér dané věkové kategorie. Výzkumu se nezúčastní osoby, které trpí psychickými nebo fyzickými problémy, osoby s omezením pohybového aparátu, s akutním (zejména infekční) onemocněním či v úrazu a v rekonvalescenci po onemocnění či úrazu.

Zajištění bezpečnosti: Terénní sběr dat proběhne neinvazivně. Sběr dat zajistí dostatečně proškolení studenti UK FTVS a akademičtí pracovníci Laboratoře sportovní motoriky ve spolupráci s trenéry fotbalového klubu SK Slavia Praha, kteří zajistí adekvátní přípravu účastníků k provádění aktivit v rámci daného výzkumu. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu.

Etické aspekty výzkumu: Výsledky výše uvedeného výzkumu mohou pomoci ke zkvalitnění hodnocení pohybového výkonu hráčů a optimalizaci tréninkového procesu. To může vést ke kvalitnějšímu tréninkovému procesu pro mladé hráče a vzhledem k tomu i snížení rizika zranění u mladých u mladých fotbalových hráčů. Ve výzkumné práci budou zahrnuti fotbaloví hráči věkových kategorií U7 až U21. Výzkum zahrnuje vulnerabilní skupinu nezletilých osob, protože chceme u těchto věkových kategorií zlepšit tréninkový proces, co může mít v konečném důsledku pozitivní vliv na zdravotní stránku hráčů, a tím přispět také ke zkvalitnění sportovní osvěty a budování pozitivního vztahu ku sportu.

Potenciální střet zájmů: Probandi budou testováni za účelem zjištění aktuální pohybové výkonnosti. Práce nebude porovnávat výsledky mezi jednotlivými fotbalovými kluby a organizacemi. Je v mém zájmu, aby testování a zpracování výsledků proběhlo objektivně, jelikož výsledky práce by mohly následně vést ke zkvalitnění tréninkového procesu a k doporučení nových postupů v hodnocení pohybového výkonu ve fotbale.

Já (řešitel práce) jsem zaměstnancem klubu SK Slavia Praha, kde bude probíhat sběr dat, ale výzkum probíhá jenom pro akademické účely. Jedná se o čistě vědeckou práci, která nemá žádného zadavatele. Neexistuje důvod, který by mohl ovlivnit objektivitu/integritu tohoto výzkumu.

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje: jméno a příjmení (z důvodu přiřazení naměřených hodnot jednotlivým účastníkům), datum narození (z důvodu výpočtu přesného věku, ke dni testování) a naměřená data probandů z výše uvedených testů, které budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít hlavní řešitel a spoluřešitelé.

Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby - budu dbát na to, aby jednotlivé osoby nebyly rozpoznatelné v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou bezprostředně do 7 dnů po posledním testování anonymizována.

Získaná data budou zpracována, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě ve výzkumné práci, v odborných časopisech, případně úložištích dat, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

Pořizování fotografií/video/audio nahrávek účastníků: Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie, audionahrávky ani videozáznamy.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Text informovaného souhlasu (IS): přiložen

Povinnosti všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně.

Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne: 4.11.2022

Podpis předkladatele:

Datum a podpis odpovědného pracovníka z místa výzkumu:

Vyjádření Etické komise UK FTVS

Složení komise: Předsedkyně: doc. PhDr. Irena Parry Martinková, Ph.D.

Členové: prof. MUDr. Jan Heller, CSc.

prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

Mgr. Tomáš Ruda, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 214/2022

dne: 4.11.2022

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a neshledala rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise UK FTVS.

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

- 20 -

podpis předsedkyně EK UK FTVS

Příloha 2. Schválený text informovaného souhlasu

INFORMOVANÝ SOUHLAS k žádosti č. 214/2022

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (*jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicíně č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné*), Vás žádám o souhlas s účastí (Vašeho syna/dcery) ve výzkumném projektu v rámci dizertační práce na UK FTVS s názvem "Analýza herního zatížení hráče ve fotbalovém utkání: nové přístupy v hodnocení výkonu", prováděného v tréninkových centrech Akademie SK Slavia Praha.

Období realizace projektu: leden 2023 – červen 2025

Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR

Finanční podpora: podána žádost o financování GAUK

Hlavním cílem práce je komparace externího zatížení mezi 5-minutovými úseky zápasu, v reflexi herních postů a čistého hracího času, u elitních mladých fotbalových hráčů. Zároveň identifikace rozdílů externího zatížení v 1 a 5 minutových úsecích před vstřelenými a inkasovanými góly v zápase, vzhledem ke kontextu herní situace před gólem. Výzkum se bude také zabývat komparací pohybových schopností mezi různými věkovými kategoriemi u mladých elitních fotbalových hráčů. Ve výzkumné práci budou zahrnuti hráči klubu SK Slavia Praha, věkových kategorií U7 až U21 (6 až 20 let), kteří mají platnou zdravotní a sportovní prohlídku bez omezení zdravotní způsobilosti ke sportu a TV. Testování proběhne neinvazivně. Sběr dat bude probíhat dvěma způsoby.

Prvním způsobem je sběr dat o externím zatížení hráčů během zápasů a tréninkových jednotek (nijak neovlivní tréninkový proces ani zápasy) pomocí GPS zařízení (Playertek), které je umístěné ve speciální přiléhavé vestě, ve vrchní části zad mezi lopatkami. Za bezpečnost v této části bude zodpovídat trenér.

Druhým způsobem sběru dat jsou terénní testy, které budou měřeny v rámci předsezónní diagnostiky s cílem identifikace aktuální pohybové úrovně hráčů. Testová baterie se skládá z následujících testových metodik: 5m akcelerace, 10m akcelerace, 20m akcelerace, 10m letmo, 20m letmo, 505 test a Yo-Yo intermittent test (jenom pro kategorie U12 – U21). U žádného z uvedených testů není nutné vyvinout úsilí vyšší, než v běžné fotbalové tréninkové jednotce. Nebude na Vás (Vašeho syna/dceru) vyvíjen tlak, testování nezpůsobuje nepříjemné pocity a bolest. Měření se uskuteční v terénních podmínkách – Tréninková centra SK Slavia Praha. Terénní testování hráči absolvují během jednoho dne (cca 1 hod.). Měření se bude opakovat 2x ročně po dobu dvou let. Před zahájením měření bude hráč obeznámený s postupem testování a bude mít možnost vyzkoušet si cvičně každý test. Za bezpečnost v této části bude zodpovídat hlavní řešitel projektu.

Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Účastníky výzkumu bude vybírat hlavní trenér dané věkové kategorie. Sběru dat se nezúčastní osoby, které trpí psychickými nebo fyzickými problémy, osoby s omezením pohybového aparátu, s akutním (zejména infekčním) onemocněním či v úrazu a v rekonvalescenci po onemocnění či úrazu.

Sběr dat zajistí dostatečně proškolení studenti UK FTVS a akademičtí pracovníci Laboratoře sportovní motoriky ve spolupráci s trenéry fotbalového klubu SK Slavia Praha, kteří zajistí adekvátní přípravu účastníků k provádění aktivit v rámci daného výzkumu. Měřené osoby (mladí fotbalisté) mají zkušenosti s daným typem pohybu, jelikož testovací metody

kořespondujı s pohybovımi nıroky ve fotbale. Metody sbıru dat jsou ovıřenı u hrıčů stejného vıku, splňujı vřechny zdravotnı, sociálnı i etickı kritıria, a jsou bıžnı užívanı v praxi. Bezpečnost bude zajiřtına standardním způsobem. Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

Výsledky výře uvedeného výzkumu můžou pomoci ke zkvalitnění hodnocení pohybového výkonu hrıčů a optimalizaci trıninkového procesu. Následný kvalitnější trıninkový proces může mıt v konečném důsledku pozitivnı vliv na zdravotnı stránku hrıčů, a tím přispět také ke zkvalitnění sportovní osvěty a budování pozitivního vztahu ku sportu.

Vaře účast (účast Vařeho dítěte) v projektu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocená.

S celkovými výsledky a závıřy výzkumného projektu se můžete seznámit na e-mail adrese: varjan.matej@ftvs.cuni.cz

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů.

Budou získávány následující osobnı údaje: jméno a příjmenı (z důvodu přiřazenı naměřených hodnot jednotlivým účastníkům), datum narození (z důvodu výpočtu přesného vıku, ke dni testování) a naměřená data probandů z výře uvedených testů, které budou bezpečně uchovány na heslem zajiřtıném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mıt hlavní řeřitel a spoluřeřitelé.

Uvıdomuji si, ře text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivı ři ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétnı osoby – budu dbát na to, aby jednotlivı osoby nebyly rozpoznatelné v textu práce. Osobnı data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou bezprostředně do 7 dnů po posledním testování anonymizována.

Získaná data budou zpracována, bezpečně uchována a publikována v anonymnı podobı ve výzkumnı práci, v odborných časopisech, případně úložiřtích dat, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumnı práci na UK FTVS.

Pořizování fotografií/videí/audio nahrávek účastníků: Bıhem výzkumu nebudou pořizovány řádnı fotografie, audionahrávky ani videozáznamy.

V maximálnı možnı mıře zajistım, aby získaná data nebyla zneuřita.

Jméno a příjmenı předkladatele projektu: *Mgr. Matej Varjan* Podpis:

Jméno a příjmenı hlavního řeřitele a spoluřeřitelů: *Mgr. Matej Varjan*

Jméno a příjmenı osoby, která provedla poučení: *Mgr. Matej Varjan* Podpis:

Prohlašuji a svým nıže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, ře dobrovolně souhlasım s účastı ve výře uvedeném projektu a ře jsem měl(a) možnost si řádnı a v dostatečném řase zvážıt vřechny relevantnı informace o výzkumu, zeptat se na vře podstatné týkající se účastı ve výzkumu a ře jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovıři na své dotazy. Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmıtnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represı, a to písemně Etickı komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu. Dále potvrzuji, ře mi byl předán jeden originál vyhotovenı tohoto informovaného souhlasu.

Mısto, datum

Jméno a příjmenı účastníka

Datum narození účastníka Podpis:

V případě neplnoletého účastníka:

Jméno a příjmenı zákonného zástupce

Vztah zákonného zástupce k účastníkovi Podpis: