

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Centrum sportovních aktivit

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno, 2024

Marek Malata



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

CENTRUM SPORTOVNÍCH AKTIVIT

CENTRE OF SPORTS ACTIVITIES

ANALÝZA VZTAHU MEZI ROVNOVÁHOU A SILOVĚ- DYNAMICKOU SCHOPNOSTÍ DOLNÍCH KONČETIN U HRÁČŮ FOTBALU

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN BALANCE AND POWER-DYNAMIC ABILITIES OF THE
LOWER LIMBS OF FOOTBALL PLAYERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Malata

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Mgr. Václav Kundera, Ph.D.

BRNO 2024

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Sportovní technologie**

Centrum sportovních aktivit

Student: Marek Malata

ID: 243030

Ročník: 3

Akademický rok: 2023/24

NÁZEV TÉMATU:

Analýza vztahu mezi rovnováhou a silově-dynamickou schopností dolních končetin u hráčů fotbalu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

- 1) Provedte literární rešerši v oblasti měření posturální stability hráčů fotbalu a případný vliv na rychlost a sílu střely
- 2) Popište, jaká je souvislost mezi posturální stabilitou a rychlostí střely ve fotbale
- 3) Využijte veřejně dostupné studie o testování hráčů fotbalu pomocí přístrojové techniky
- 4) Využijte veřejně dostupné studie o testování pomocí přístrojů Biodex Balance System a Tenzometrické vložky Medilogic WLAN insole
- 5) Navrhněte a implementujte vhodnou metodiku měření
- 6) Na základě předchozího bodu proveďte optimalizaci postupu pro dosažení co nejlepších výsledků měření
- 7) Dosažené výsledky vhodně interpretujte.
- 8) Porovnejte dosažené výsledky s údaji z literatury. Diskutujte výhody/nevýhody a možnosti vylepšení postupu/měření.

Pro splnění semestrální práce musí student vypracovat body 1) až 3) a bod 5)

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Burhaein, Erick & Ibrahim, Bagus & Pavlović, Ratko. (2020). The Relationship of Limb Muscle Power, Balance, and Coordination with Instep Shooting Ability: A Correlation Study in Under-18 Football Athletes. 8. 265-270. 10.13189/saj.2020.080515.

Termín zadání: 5.2.2024

Termín odevzdání: 24.5.2024

Vedoucí práce: Mgr. Václav Kundera, Ph.D.

doc. PaedDr. Pavel Korvas, CSc.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá vztahem mezi rovnováhou a silově-dynamickou schopností dolních končetin u fotbalistů. Cílem je zjistit, zda předpoklad lepší rovnováhy vede k rychlejší střele. Teoretická část popisuje pravidla fotbalu, nároky na fotbalisty, technologie využívané v tréninku i utkání a jeho trendy. V rámci této části bude popsána i střelba ve fotbale, faktory ovlivňující střelbu a možnosti tréninku. Dále rovnováha, její druhy a možnosti zlepšení. V praktické části otestujeme stabilitu fotbalistů pomocí přístroje Biodex Balance System, změříme rychlost kopu za pomoci sportovního radaru Stalker ATS II a vyhodnotíme, jak spolu souvisí.

Klíčová slova

Fotbal, střelba ve fotbale, rovnováha, posturální stabilita

Abstract

This bachelor thesis examines the relationship between balance and lower limb strength-dynamic ability in soccer players. The aim is to determine whether the assumption of better balance leads to a faster and more powerful shot. The theoretical part describes the rules of soccer, the demands on soccer players, technologies used in training and matches, as well as trends in the sport. Within this section, shooting in soccer, factors influencing shooting, and training possibilities will be described. Additionally, balance, its types, and improvement possibilities will be discussed. In the practical part, we will assess the stability of soccer players using the Biodex Balance System, measure the kick speed with the Stalker ATS II sports radar, and evaluate their correlation.

Keywords

Football, shooting in soccer, balance, postural stability

Bibliografická citace

MALATA, Marek. *Analýza vztahu mezi rovnováhou a silově-dynamickou schopností dolních končetin u hráčů fotbalu* [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/159342>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Centrum sportovních aktivit, Centrum sportovních aktivit. Vedoucí práce Václav Kundera.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta: *Marek Malata*

VUT ID studenta: *243030*

Typ práce: *Bakalářská*

Akademický rok: *2023/24*

Téma závěrečné práce: *Analýza vztahu mezi rovnováhou a silově-dynamickou schopností dolních končetin u hráčů fotbalu*

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne:

podpis autora

Poděkování

Mockrát děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Mgr. Václavu Kunderovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a celkovou pomoc při psaní této závěrečné práce. Dále děkuji všem osobám, které se na tvorbě této práce podíleli.

V Brně dne:

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK.....	10
ÚVOD	11
1. FOTBAL	12
1.1 Pravidla a popis.....	12
1.2 Výkon ve fotbale.....	13
1.2.1 Antropometrické faktory	13
1.2.2 Psychické faktory	13
1.2.3 Technické dovednosti	14
1.2.4 Taktická připravenost	14
1.2.5 Kondiční připravenost.....	14
1.2.6 Regenerace.....	15
1.3 Biomechanika kopu ve fotbale	15
1.4 Technologie ve fotbale.....	17
1.4.1 Technologie měření výkonu	17
1.4.2 Technologie nápomocné rozhodčím.....	17
1.5 Trendy ve fotbale	18
1.6 Střelba ve fotbale	20
1.6.1 Dělení střelby.....	20
1.6.2 Ovlivňující faktory střely.....	20
1.6.3 Trénink střely	22
2. ROVNOVÁHA	23
2.1 Terminologie základních pojmů rovnováhy	23
2.2 Druhy rovnováhy	23
2.2.1 Statická a dynamická rovnováha	23
2.3 Řízení rovnováhy	24
2.3.1 Posturální kontrola	24
2.3.2 Vestibulární aparát	25
2.3.3 Somatosenzorický systém	26
2.3.4 Vizuospeciální orientace (zrak)	26
2.4 Poruchy a trénink rovnováhy	27
2.4.1 Dělení poruch rovnováhy.....	27
2.4.2 Trénink rovnováhy	27
2.4.3 Pomůcky k tréninku rovnováhy	28
2.5 Rozbor literatury	29
3. CÍLE PRÁCE	31

4. METODIKA PRÁCE	32
4.1 Stanovení hypotéz.....	32
4.2 Protokol měření.....	32
4.3 Výzkumná skupina	33
4.4 Popis a nastavení měřících zařízení	34
4.5 Sběr a zpracování dat.....	36
4.5.1 Zpracování dat v Matlabu.....	36
4.5.2 Zpracování dat Excel	37
5. VÝSLEDKY MĚŘENÍ	39
5.1 Výsledky na základě funkce Plneni_predpokladu a Gait lines.....	39
5.2 Výsledky na základě statistické analýzy.....	43
5.2.1 Normalita dat	43
5.2.2 Korelační analýza	46
6. DISKUZE.....	51
ZÁVĚR	53
LITERATURA.....	54
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	57
SEZNAM PŘÍLOH.....	58

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Hrací plocha hřiště [34].....	12
Obrázek 2: Nejvíce zatěžované svaly při střelbě ve fotbale [5]	21
Obrázek 3: Schéma principu posturální kontroly [7].....	25
Obrázek 4: Umístění radaru a míče na hřišti (vlastní zdroj)	33
Obrázek 5: Biodex Balance Systém [3]	34
Obrázek 6: Radar Stalker ATS II [31]	35
Obrázek 7: Vložka do bot Medilogic WLAN insole [32].....	36
Obrázek 8: GL střelba – TO7 (vlastní zdroj)	41
Obrázek 9: GL střelba – TO10 (vlastní zdroj)	41
Obrázek 10: GL rovnováha – TO7 (vlastní zdroj).....	42
Obrázek 11: GL rovnováha – TO10 (vlastní zdroj).....	42
Obrázek 12: Box-plot pro střely pravou nohou (vlastní zdroj)	44
Obrázek 13: Box-plot pro střely levou nohou (vlastní zdroj)	44
Obrázek 14: SI při stoji na pravé noze (vlastní zdroj).....	45
Obrázek 15: SI při stoji na levé noze (vlastní zdroj).....	45
Obrázek 16: Pearsonova korelace – střela pravou nohou, SI levé nohy (vlastní zdroj)	47
Obrázek 17: Pearsonova korelace – střela levou nohou, SI pravé nohy (vlastní zdroj)	47
Obrázek 18: Spearmanova korelace – střela pravou nohou, SI levé nohy (vlastní zdroj).....	48
Obrázek 19: Spearmanova korelace – střela levou nohou, SI pravé nohy (vlastní zdroj).....	49
Obrázek 20: Kendallova tau korelace – střela pravou nohou, SI levé nohy (vlastní zdroj)	49
Obrázek 21: Kendallova tau korelace – střela levou nohou, SI pravé nohy (vlastní zdroj)	50

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Rychlost střely (vlastní zdroj).....	37
Tabulka 2: Sway index (vlastní zdroj)	38
Tabulka 3: Platnost předpokladu při střele dominantní nohou (vlastní zdroj)	39
Tabulka 4: Platnost předpokladu při střele nedominantní nohou (vlastní zdroj)	40

ÚVOD

Fotbal je fenoménem ve většině zemí světa a jinak tomu není ani v České republice. Fotbal mě zajímá, proto se touto prací pokusím rozvinout své dosavadní znalosti i z jiného pohledu než jen z pohledu hráče.

Fotbal má nespočet fyzických i psychických parametrů, které je potřeba plnit na nejvyšší úrovni, abyste byl jedním z nejlepších. Vedle přihrávky a kondiční připravenosti je to samozřejmě i střelba, která je jednou z nejdůležitějších dovedností. Kvalitu střely ovlivňuje spousta proměnných jako technika, síla dolních končetin, zkušenost a další. Ve své bakalářské práci bych se chtěl zaměřit na stabilitu fotbalistů a její vliv na rychlost střely, protože se domnívám, že stabilita hraje u střelby důležitou roli.

V první části bakalářské práce jsou popsány pravidla fotbalu a parametry výkonu v tomto sportu, jako jsou technické dovednosti, fyzická a taktická připravenost nebo psychické faktory. Dále vysvětluji pojem rovnováha, její druhy, faktory, které stabilitu ovlivňují a možnosti tréninku a zlepšování rovnovážných schopností. V teoretické části je popsána také střelba a faktory, které ji ovlivňují. Následně i možnosti tréninku střelby.

Druhá část bakalářské práce je zaměřena prakticky. Představena je metodika testování stability a měření rychlosti kopu. Stabilita je testována pomocí přístroje Biodex Balance System, konkrétně hodnotou Sway indexu, který lze použít jako hodnocení stability jedince. Rychlost střely je měřena radarem Stalker ATS II, a je následně porovnávána s výsledky z testování stability. Jako doplňující informace pro ověření předpokladu slouží Gait line, která bude vykreslena na základě naměřených dat ze systému Medilogic WLAN insole.

V závěru komentuji výsledky, které vyšly z analýzy naměřených veličin, a rozebereme vztah mezi stabilitou a střelou ve fotbale.

1. FOTBAL

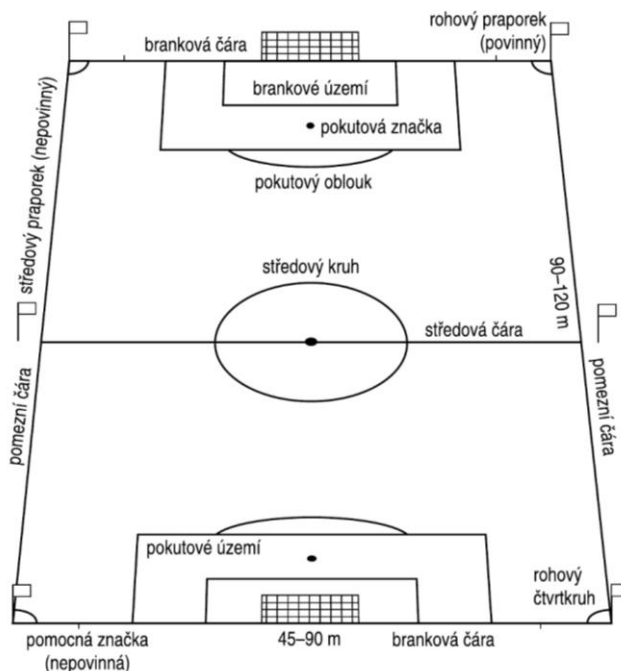
Tato kapitola je čerpána převážně z literatury od autorů Votíka a Bedřicha, kteří jsou v problematice fotbalu v České republice nejvíce citovanými autory.

1.1 Pravidla a popis

Votík (2016) popisuje fotbal jako kolektivní sportovní hru, která se celosvětově řadí mezi nejoblíbenější. Na profesionální úrovni může ovlivňovat nebo být ovlivňována ekonomicky i politicky, zároveň však může sloužit jako způsob aktivního odpočinku a zábavy.

Pravidla fotbalu jsou složitá a spletitá. Základním pravidlem je velikost a podoba hřiště, kterou ukazuje Obrázek 1. Největšími znalci pravidel by kromě rozhodčích měli být trenéři, aby dokázali pravidla upravovat pro tréninkové podmínky, kde by měla být hra co nejvíce plynulá. Zároveň je úkolem trenéra, především mládeže, postupně vysvětlovat svým hráčům některá se základních pravidel jako je zahájení hry, dosažení gólu, ofsajd, fauly, nesporné chování, hra rukou, volné přímé i nepřímé kopy, penalta, autové vhazování, výkop od brány a rohový kop.

Hráč se nachází v postavení mimo hru neboli ofsajdu, jeli na obranné polovině soupeře v době přihrávky blíž k brankové čáře, než míč a než předposlední hráč soupeře a zároveň aktivně ovlivňuje hru. Rozhodnutím, zda je hráč aktivně zapojen do hry je na rozhodčím daného utkání. [34]



Obrázek 1: Hrací plocha hřiště [34]

1.2 Výkon ve fotbale

Dle Kačmárika, Kalichové, Mačury, Pavlíka a Ružbarského (2013) se fotbal hraje téměř po celém světě na různých úrovních, od amatérské po profesionální. Na vrcholové úrovni se však fotbalový výkon od toho amatérského enormně liší a záleží na mnoha podmínkách. Fotbalový výkon se dá rozdělit podobně jako ve většině ostatních sportů do 5 částí – antropometrické a psychické faktory, technické dovednosti, taktická a kondiční připravenost. [19]

Votík (2016) rozlišuje ve fotbale dva základní druhy herního výkonu – individuální a týmový herní výkon. Pro tuto práci se zaměříme na individuální herní výkon (dále IHV).

IHV je základem pro týmový herní výkon a zlepšovat ho lze během tréninkového procesu. Projevuje se formou herních činností jednotlivce, které jsou spojeny v řetězce herních činností během utkání. Pro účelné jednání ve hře jsou důležité herní dovednosti, mezi které řadíme například zpracování míče, obejití protihráče a střelbu, kterou se bude v této práci zabývat. Mezi složky tvořící IHV lze zařadit kromě herních dovedností také pohybové schopnosti, somatické a psychické charakteristiky. [34]

1.2.1 Antropometrické faktory

Antropometrické faktory jsou další z faktorů ovlivňujících výkon u fotbalistů.

„Antropometrické parametry hráčů nejsou v rámci struktury fotbalového herního výkonu podstatnými faktory, jsou srovnatelné s běžnou populací. Vynikající hráče najdeme jak s nižším, tak s vyšším vzrůstem, přičemž jedni mají výhodu v hlavičkových soubojích, hráči s kratšími končetinami se zase díky obratnosti obvykle lépe prosadí v soubojích na zemi nebo při vedení míče.“ [19]

Somatotyp jednotlivých hráčů je závislý na postu, na kterém fotbalista nastupuje. U brankáře jsou požadavky na vysokou robustní postavu, obránci by měli být naopak štíhlejší. [18]

1.2.2 Psychické faktory

„Výkon hráče je také ovlivněn jeho osobnostními vlastnostmi, charakterem a temperamentem. Z hráčovy jedinečné osobnosti vyplývá i jeho chování v daných situacích, schopnost vyrovnat se s psychickým zatížením v průběhu utkání, na základě psychické odolnosti regulovat svoje prožívání a chování.“ [19]

Chování spoluhráčů, vzájemná komunikace a vztahy zasahují do psychického stavu jednotlivců. Při utkání by hráč měl být schopen předvídat, koncentrovat se, rychle a správně se rozhodovat. V případě kapitána týmu by měli převažovat vůdčí schopnosti, umění adekvátně komunikovat s týmem i rozhodčím a schopnost nabudit a motivovat spoluhráče k maximálnímu úsilí. Motivace hraje u hráčů fotbalu, i sportovců obecně, velkou roli. [19]

Podle Weinberga a Goulda (2003) je motivace důležitou součástí sportovního výkonu. Lze ji vysvětlit jako směr a intenzitu vlastního úsilí dosáhnout nějakého cíle.

Každý sportovec je ovlivňován řadou motivačních seskupení, které si navzájem oponují, nebo se překrývají. Motivační struktura je spleťtá a nestálá, souvisí s osobnostními rysy sportovce a jeho vývojem, dále pak věkem a sportovní výkonností fotbalisty. [36]

1.2.3 Technické dovednosti

„Je-li hráč dostatečně kondičně a koordinačně vybaven, je možné zdokonalovat jeho technickou připravenost, tedy vytvářet a zdokonalovat fotbalové dovednosti tak, aby byl schopen účelně, účinně – efektivně a úsporně řešit pohybové úkoly vyplývající ze hry. Mezi specifické dovednosti patří zejména koordinace s míčem, konkrétně sem řadíme střelbu, vedení míče, přihrávky, hru hlavou a zpracování míče, bez míče to pak jsou obranné činnosti jednotlivce.“ [19]

Naučení a osvojení těchto dovedností je především ve vyšších soutěžích takřka nezbytné, a to na vysoké úrovni, odvíjí se od nich taktický základ hry. K optimalizaci techniky provedení slouží biomechanické analýzy, trenérům i hráčům mohou sloužit také jako nástroj k větší efektivitě a redukci energetického výdeje při jednotlivých pohybech, které se na pohybové struktuře podílejí. [19]

1.2.4 Taktická připravenost

Nezbytnou součástí fotbalového výkonu je taktika, ať už týmu i jednotlivce.

„Taktické faktory zaujímají ve struktuře herního výkonu významné místo. Fotbalové utkání – hra – je charakterizováno řadou herních situací (konfliktních situací), které musí hráč sledovat, vnímat, reagovat na ně výběrem optimálního řešení a toto řešení v řadě případů co nejrychleji realizovat. Úspěšnost řešení je jednou z determinant podílejících se na kvalitě sportovního výkonu.“ [19]

Časté je rozhodování intuitivní, i to lze však úspěšně realizovat jen s dobrou tréninkovou přípravou. Fotbalista by měl být schopen správně analyzovat danou situaci, přijít s jejím optimálním řešením, které bude v souladu s předem danou strategií a taktikou celého týmu. Taktika je volena podle určitých dispozic, jako je technické úroveň a kondiční připravenost jednotlivých hráčů, ale také podle stanoveného cíle, kterého chceme v utkání docílit. Svou roli při přizpůsobování taktiky má vývoj daného utkání a zmapování možností soupeře. Zvolená taktika bývá pro každý zápas i družstvo rozdílná. [19]

1.2.5 Kondiční připravenost

V současnosti je ve fotbale více než v minulosti kladen důraz na kondiční připravenost hráčů. Fotbal je rychlejší, při 90minutovém utkání hráči naběhají mnohem více kilometrů než dříve a hra je celkově fyzicky náročnější.

„Hráči během utkání uběhnou průměrně kolem 10 km, v závislosti na herním postu hráče. Hráč musí být schopen překonávat fyzickou únavu jak lokální, tak i celkovou, neboť jejím vlivem dochází k nepřesnostem a snížení kvality technického provedení daných dovedností. Intenzita zatížení kolísá, rychlé sprinty jsou střídány lehkým klusem, hráč tak

potřebuje mít optimální úroveň vytrvalosti s aerobním i anaerobním energetickým krytím. Herní činnosti jednotlivce, ať již s míčem či bez míče, vyžadují nadprůměrnou úroveň rychlostních schopností, a to rychlosti reakční, akční i maximální. Změny směrů a zrychlené běhy do různých směrů mohou být podle požadavků realizovány pouze s využitím explozivní síly dolních končetin.“ [19]

Koordinační schopnosti, které jsou pro správné řešení daných situací nezbytné lze pozorovat na charakteru fotbalového utkání. V něm se hráč pohybuje po hřišti, současně ale musí vnímat pohyb míče, spoluhráčů i protihráčů, je proto důležité prostorové vnímání a orientační schopnosti. Základem pro přesně realizované dovednosti je dobrá úroveň kinesteticko-diferenciačních schopností. Nestálost herních situací vytváří nečekané situace, na které musí fotbalisté reagovat, ať už se jedná o činnost spoluhráče či soupeře. Jsou proto kladeny nároky na schopnost skládání a přestavby pohybů. [19]

1.2.6 Regenerace

Důležitou součástí sportovního výkonu je podle Bernacikové, Hrnčířikové, Cacka a Dovrtělové (2020) i správná regenerace. Regenerace neboli zotavení, je proces obsahující celkovou činnost organismu, která vede k úplné obnově mentálních i fyzických sil vyčerpaných předešlým zatížením. Tento proces není zahájen jen po zatížení, ale měl by být součástí celého tréninkového procesu. Zařadit zotavení a regeneraci je potřeba přímo do tréninkových hodin, nebo jí vyhradit samostatné regenerační jednotky. Vhodné regenerační metody vedle urychlení doby potřebné po odpočinek mohou také ovlivnit pozdější intenzitu sportovního výkonu. [5]

1.3 Biomechanika kopu ve fotbale

Biomechaniku kopu ve fotbale rozdělují Lee, Asai, Andersen, Nunome a Sterzing (2010) na 4 části: rozběh na míč, biomechanika stojné nohy a pánve, biomechanika kopající nohy a biomechanika horní poloviny těla.

Rozběh na míč je fáze, kdy se hráč přibližuje k míči, který je v pohybu nebo na místě. Typický rozběh většiny hráčů je krátký několik kroků a opisuje oblouk. Krátký rozběh generuje menší náběhovou rychlost, což vyvolává přesnější technické provedení. Pro maximální kop je důležitá délka posledního kroku. Kop na dlouhou vzdálenost má obvykle i delší poslední krok rozběhu na míč. Pokud je poslední krok delší, umožňuje to větší rozsah pro retrakci pánve a tím pádem i větší rozsah pro následnou rotaci kopající nohy směrem dopředu.

Dráha rozběhu bývá zakřivená, za účelem udržení bočního náklonu ke středu rotace kopu. Důvodem pro tento náklon je více. Prvním z nich je, že náklon kopající nohy umožňuje hráči dostat se lépe pod míč. Druhým důvodem je, že větší náklon kopající nohy umožňuje většímu pohybu v kolenním kloubu, a tedy větší rychlost. Třetím důvodem je, že náklon nártu poskytuje stabilnější polohu pro provedení kopu, což zlepšuje přesnost a konzistenci kopu.

Pozice stojné nohy je důležitá pro typ uskutečňovaného kopu. Během kopu je pohyb celého těla zpomalen. Důvodem je lepší stabilizace, vznik větších svalových sil a jiné způsoby ovlivnění kopající nohy. Koleno stojné nohy je při dopadu na zem mírně pokrčené, a zůstává tak téměř po celý čas provedení kopu. Těsně před kontaktem kopající nohy s míčem se koleno stojné nohy začíná propínat, což doprovází pomalá kontrakce okolního svalstva, což vytváří největší síly.

Důležité jsou údaje o kinetické energii v kloubech opěrné nohy. Jejich momenty mohou dosahovat hodnot okolo $2-4 \text{ N.m.kg}^{-1}$ pro kolenní, kyčelní a hlezenní kloub. Speciálně hodnoty pro koleno a kotník jsou větší než u kopající nohy.

Tělo má při kontaktu s míčem náklon dozadu od osy stojné nohy a je nakloněno na stranu nohy stojné. Pánev se před dopadem stojné nohy na zem stáhne a do doby kontaktu s míčem se opět protáhne ve větším rozsahu. U dospělých hráčů je využíván maximální možný rozsah pro pohyb pánve. Šikmé naklonění pánve je při kontaktu stojné nohy se zemí na stranu kopající nohy, při kontaktu s míčem se naklonění obrátí na opačnou stranu. To umožňuje větší propnutí kolene kopající nohy a tím pádem i větší rychlost při jejím kontaktu s míčem. Tento rozsah v mediolaterálním směru ovšem není tak výrazný jako rozsah pohybu v předozadním náklonu. Největší pohyb v pánvi je prováděn těsně před samotným kopem (asi 50 ms).

Mezi švihem kopající nohy a výslednou rychlostí míče existuje jasně daný vztah, z čehož vyplývá, že k dosažení maximální rychlosti střely je potřeba vyvinout maximální energii před kontaktem s míčem. Pohyb nohy se zrychluje neustále až do doby kontaktu s míčem. V kloubech kopající nohy se v počáteční fázi kopu kumuluje energie, které je následně uvolněna v době kontaktu kopačky s míčem. Tyto dvě fáze kumulace a uvolnění energie lze nazvat náprah a kopající úsilí. Hlavním činitelem kopu je kloub kyčelní, u kterého se celková vykonaná práce pohybuje okolo 113 J. Kolenní kloub a jím vykonaná práce okolo 5 J je pouze nápomocnou pro úhlové zrychlení holeně. Je tedy zřejmé, že při kopu do míče dochází k spojování sousedních nebo vzdálených kloubů za účelem vyšší konečné rychlosti při kontaktu nohy s míčem.

Horní část těla se může zdát u fotbalu méně důležitá, vykazuje však některé opakující se charakteristické rysy. Ruka na nekopající straně těla vykazuje před dopadem stojné nohy odtažení (abdukci) a horizontální protažení, při postupném kontaktu s míčem je přitahována (addukována) zpět k tělu. Ramena vykonávají rotační pohyb v směru opačném k pohybu pánve, tělo je před kopem do míče ve zkroucené pozici, při kopu je opět uvolněno. Paže na nekopající straně napomáhá udržení rovnováhy, ale je také součástí takzvaného napínacího oblouku, který prochází napříč celým tělem mezi kopající nohou a paží na nekopající straně. Tento oblouk je důležitou součástí pro dosažení maximálního výkonu při střelbě. [21]

1.4 Technologie ve fotbale

1.4.1 Technologie měření výkonu

Tracab je software od švédské firmy, kterou popisuje Jančar (2006) jako systém k sledování hráčů na hřišti, jejich rychlosti v reálném čase, uběhnuté vzdálenosti a dalších parametrů. Poprvé byl v České republice použit v roce 2006 v zápase Sparty se Slavií, používán je i v ostatních zemích jako je Francie, Německo nebo Švédsko.

Funguje na podobném principu jako oko a mozek. Celkem 18 kamer snímá obraz z určitého místa a speciální program obraz zpracovává a převádí ho na data. [16]

*„Aplikace **miCoach** multi-sport nabízí nový jedinečný zážitek z tréninků. Ať už se jedná o tréninky fotbalové, tenisové, basketbalové, házenkářské, rugbyové nebo jakékoli jiné. Tato aplikace ve spolupráci s produkty adidas Speed_Cell nebo adidas X_Cell vyhodnotí veškerá nasbíraná data a přehledně zobrazí hodnoty dosažené v průběhu sportovcovova úsilí. Aplikace disponuje i širokou škálou rad a návrhů, které byly připraveny elitními trenéry pro zvýšení efektivity tréninku.*

Oblíbené zařízení miCoach Speed_Cell shromažďuje data o rychlosti, počtu sprintů, vzdálenosti, době trvání tréninku a pohybu v jednotlivých výkonnostních zónách. Perfektní využití v něm objeví především hráči fotbalu, tenisu nebo rugby. Ti po synchronizaci čipu s aplikací adidas multi-sport uvidí všechna zajímavá data z absolvovaných tréninků, či utkání. Zařízení je schopné uchovat data o celkové délce 8 hodin.“ [24]

Podle výrobce **STATSport** (2023) je Apex Athlete Series GPS Tracker nejpokročilejší nositelná technologie pro fotbalisty schválená asociací FIFA. Zachycuje data ze zápasů i tréninků. Mezi měřitelné parametry patří celková naběhaná vzdálenost, maximální vyvinutá rychlost, vysokorychlostní běh, intezita a úroveň námahy.

Pomocí Trendů a ProScore lze sledovat změny v tréninkovém i zápasovém objemu a intenzity zatížení. Změny lze pozorovat v týdenních, měsíčních i ročních cyklech a zohlednit je při optimalizace tréninkového režimu. [2]

1.4.2 Technologie nápomocné rozhodčím

V moderní době už si fotbal nelze představit bez pomoci videorozhodčího.

*„Využití videoasistentů rozhodčího (**VAR**) ve fotbale bylo poprvé zahrnuto do pravidel hry v roce 2018/19. FIFA posuzuje technologické aspekty systémů VAR prostřednictvím programu FIFA Quality Program for VAR Technology.*

V současné době jsou povolena dvě různá nastavení VAR: úplné systémy VAR, které používají nejméně čtyři a až neomezený počet kamer; a VAR Light, který používá čtyři až osm kamer a vyžaduje, aby systém plně ovládal samotný VAR.

FIFA a IFAB zavedly program IAAP, aby podpořily organizátory soutěží při implementaci této technologie. To umožňuje uplatňovat stejné standardy při zavádění systémů VAR do nové soutěže, což pomáhá řešit problémy spojené s implementací

technologie a dohlížet na školicí programy pro ty, kdo se podílejí na jejím používání a zavádění.“ [33]

Goal-line technologii popisuje FIFA jako technický prostředek k bezprostřednímu zjištění, zda míč přešel brankovou čáru celým svým objemem. Rada Mezinárodní fotbalové asociace požaduje, aby tato technologie příliš nezasahovala do hry a tím ji nezpomalovala. V důsledku toho bylo nařízeno, že pouze rozhodčí obdrží signál, který značí, že celý míč přešel brankovou čáru či nikoli. Informace o překročení čáry míčem je přenášena během jedné sekundy, což zajišťuje neprodlenou reakci rozhodčího. Díky tomuto procesu nedochází k žádnému přerušení nebo jiným formám omezení ve hře.

„Jako jediní dostávají signál na hodinky rozhodčí. Pokud se organizátor soutěže vědomě nerozhodne přehrát záznam, jsou informace dostupné pouze rozhodčímu a pomáhají v náročných situacích.“ [12]

Poloautomatická ofsajdová technologie je podle definice FIFA „*podpůrným nástrojem pro videorozhodčí a rozhodčí na hřišti, aby jim pomohla dělat rychlejší, reprodukovatelnější a přesnější rozhodnutí o ofsajdu.*“ [28]

Tato technologie pracuje za pomoci 12 speciálně vyhrazených kamer pro sledování míče a 29 datových bodů každého hráče, které zahrnují dolní i horní končetiny. S frekvencí 50krát za sekundu vypočítává jejich okamžitou polohu na hrací ploše. Rozšířené možnosti této technologie přinesl míč Al Rihla od firmy Adidas, který má ve svém středu umístěný IMU senzor, který odesílá data o míči 500krát za sekundu. To přináší možnost velmi přesnému určení bodu kopu.

Zkombinováním přijatých dat z kamer a umělé inteligence, poskytuje tato technologie upozornění na ofsajd videorozhodčím téměř okamžitě. Rozhodčí u videa pouze zkontrolují, zda zkoumaná situace opravdu splňuje všechna kritéria pro odpískání ofsajdu a předává informaci hlavnímu rozhodčímu na hřišti. [28]

1.5 Trendy ve fotbale

Trendy ve fotbale jsou dle Bedřicha (2006) podstatné kvalitativní změny ve vývoji hry, které jsou projevem dlouhodobé koncepční práce a přípravy týmu. Pro nejlepší vyjádření vývoje fotbalu je potřeba analýza herního výkonu. Současný fotbal klade větší nároky především na rychlost, osobní souboje a taktickou stránku. Změny zaznamenáme i v profesionalitě a lepších tréninkových podmínkách, které lze přenést do zápasu.

Z poznatků moderního fotbalu lze vyvodit určité nároky, které směr vývoje hry reprezentují. Intenzifikaci fotbalu můžeme pozorovat nejen u zvyšování nároků na intenzitu jednotlivých hráčů, ale také u nároků na vyšší frekvenci změn útočné a obranné fáze hry. Jedním z požadavků v současném fotbale je i univerzálnost, tedy schopnost fungování hráčů na více postech ve stejné kvalitě. Důležitou roli má také intelektualizace, která je vyžadována ve formě kreativního a originálního řešení složitých herních situací.

Moderní fotbal se projevuje rostoucími nároky na týmový herní výkon, jeho dynamičností a flexibilitou, která je podmíněna nutností správného řešení jednotlivých fází hry. Toto řešení je dáno schopností účelně reagovat na hru soupeře, ať už individuální kvalitou nebo typologií hráčů, tak i například rozestavením a systémem hry. [4]

Votík (2005) uvádí, že od startu vývoje novodobého fotbalu v Anglii, který se datuje od poloviny 19. století do 70 let 20. století, byl systém hry ztotožňován se základním rozestavením hráčů, což bylo v dřívějších letech základním kritériem pro určení systému hry daného týmu. V současnosti je systém hry rozdělen do systémů útočných a obraných. Mezi ofenzivní systémy hry řadíme mimo jiné postupný útok nebo rychlý protiútok, mezi ty defenzivní lze řadit například zónovou nebo osobní obranu. [35]

Dle Bedřicha (2006) jde s vývojem hry ruku v ruce změna terminologie, tedy zavedení nových pojmů, které nahrazují pojmy již zavedené. Tým v držení míče nedělí své hráče na útočníky a obránce, v moderním fotbale je to dělení na hráče obranné a útočné. Dalšími z nových termínů zavedených v současném fotbale jsou přímé a nepřímé držení míče, dáno držením míče jednotlivce (přímé) a držením míče týmu (nepřímé). Přímé a nepřímé bránění jsou pojmy zavedené pro obranu fází hry, kdy přímé bránění lze chápat jako defenzivní činnost jednotlivce a nepřímé jako defenzivní činnost kolektivu. [4]

Podle Votíka (2005) je současné pojetí fotbalu určováno mimo jiné i zvětšujícími se požadavky na vnímání, tvůrčí myšlení, orientaci v obtížných momentech a rozhodování. Jinak řečeno, v moderním fotbale má hráč na provedení herních činností méně a méně času a prostoru. Fotbal je tedy náročnější i z psychologického hlediska.

Z fyziologického hlediska dává Votík větší důraz na nervosvalové a humorální systémy, které řídí pohyb hráče během tréninku i zápasu. Projevem těchto systémů je regulace a zajištění metabolických potřeb pro danou pohybovou činnost. Více je tedy zapojována centrální nervová soustava. [35]

Nejvíce změn Votík (2016) zaznamenává na postu brankáře. Změny lze spatřit u požadavků na získání perfektních dovedností, jako je čtení hry, přihrávky, vedení míče, převzetí a zpracování míče, které byli dříve připisovány především hráčům v poli. V obraně fází hry je trendem konstruktivní obrana, čímž se rozumí přesné rozehraní do útočné akce po zisku míče. V ofenzivní části hry se stále více setkáváme s agresivní ofenzivou založenou na skupinovém napadání soupeře a co nejrychlejším získáním míče.

Nové trendy nacházíme rovněž v tréninkových metodách a přístupech, především ve struktuře a obsahu přípravy vázanou na věk a výkonnost. Snahu má celkový rozvoj hráče v tréninku, tedy uchování a respektování komplexnosti procesů rozvíjejících hráčův potenciál. Základní myšlenkou pro uskutečnění zmíněných přístupů je „učit fotbal prostřednictvím fotbalu“, v doprovodu aktivního přístupu trenéra. Moderní fotbal vyžaduje kreativní, rychlé hráče se správným rozhodováním, a tomu musí odpovídat i přístup trenéra. [34]

1.6 Střelba ve fotbale

Votík (2005) řadí střelbu mezi herní činnosti, které rozhodují o úspěšnosti útočné fáze hry i o výsledku celého utkání. Po technické stránce musí být střelba co nejvíce zautomatizovaná, ustálená, ale zároveň musí být kompatibilní a proměnlivá v ohledu dané herní situace.

Složitá je takzvaná „obounohost“ fotbalistů. Souvislost má s mentálními procesy a centrální nervovou soustavou (dále CNS). Právě pro střelbu je specifické, že většina situací vyžadující střelu požadují bezprostřední řešení pomocí jedné dolní končetiny, většinou té, která je lépe postavená vůči míči. Pokud hráč dává přednost jedné z dolních končetin více, může to mít negativní vliv na řešení dané situace. Střela neupřednostňovanou končetinou mívá v zápase značný význam, neboť v některých herních situacích je spíše vyžadováno pohotovité jednaní, nežli přesnost a tvrdost střely.

Účinnost střelby je závislá na perfektním technickém provedení všech hráčů, protože ke střelbě se nedostávají pouze útočníci, ale i záložníci či obránci. Důležitou roli hrají i spoluhráči a jejich schopnost vytvořit vhodné střelecké příležitosti, na čemž se podílí i hráč střelící. Důležitou roli má především přípravná kombinace a finální přihrávka. [35]

1.6.1 Dělení střelby

Podle Votíka (2005) můžeme střelbu ve fotbale dělit dle několika kritérií.

Dle způsobu provedení na:

- střelbu nohou (vnější nebo vnitřní stranou nohy, přímým nártem, špičkou),
- střelbu hlavou (temenem, středem nebo stranou čela).

Dle vzdálenosti místa střelby od brankové čáry na:

- střelbu z bezprostřední blízkosti (pokutové území),
- střelbu ze střední vzdálenosti (do 20 metrů),
- střelbu z velké vzdálenosti (více než 20 metrů).

Dle činnosti předcházející střelbě na:

- střelbu z místa (penalta, volný kop),
- střelbu po vedení míče,
- střelbu po zpracování míče,
- střelbu z prvního doteku (ze země, ze vzduchu). [35]

„V utkání často dochází ke spojování – řetězení – herních činností v různých kombinacích, které předcházejí vlastní střelbě (po zpracování a vedení, po zpracování, vedení, obejití, po získání míče apod.). Má-li být střelba úspěšná, musí být samozřejmě úspěšná i předcházející činnost.“ [35]

1.6.2 Ovlivňující faktory střely

Bernaciková, Kapounková a Novotný (2010) uvádějí, že velkou část herních dovedností zajišťují svaly dolních končetin. Jejich kontrakce nastává u většiny výkonnostních prvků ve fotbale jako je běh, výskok, kop nebo zpracování míče.

V přípravné fázi se u kopající končetiny zapojují extenzory kyčelního kloubu a flexory kolenního kloubu (m. extensor gluteus maximus, m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus). Samotná kop je provázen explozivní flexí kyčelního kloubu a extenzí kolenního kloubu (m. iliopsoas, m. rectus femoris, m. quadriceps femoris). Stojná dolní končetina má především funkci stabilizace a udržení rovnováhy hráče při kopu, kterou zajišťují m. gluteus maximus, hamstringy, m. quadriceps femoris a n. triceps surae. Spolu se svaly dolních končetin pracují i břišní svaly (m. rectus abdominis, m. oblique externus abdominis, m. oblique internus abdominis). [6]



Obrázek 2: Nejvíce zatěžované svaly při střelbě ve fotbale [5]

Votík (2005) rozděluje faktory ovlivňující střelbu na dispoziční a situační. K dispozičním faktorům řadíme schopnost předvídat činnost soupeře (čtení hry), schopnost orientace v časoprostoru a psychologické vlastnosti jako nebojácnost, odolnost, či rozhodnost. Mezi situační faktory patří klimatické podmínky, kvalita protivníka, postupný průběh utkání a způsob rozhodování.

Mezi další faktor, na kterém podle Votíka záleží je technika a její perfektní osvojení všemi hráči, jak obránci, tak útočníky. Důležitá je i schopnost vytvářet kvalitní střelecké situace, na čemž se podílejí střilející hráč i zbytek týmu. Tvorba střelecké pozice závisí přípravné kombinaci a kvalitě finální přihrávky. [35]

1.6.3 Trénink střely

Kvaček (2002) uvádí, že nácvik střelby začíná každý fotbalista už od raného věku. Právě střelba je napříč kategoriemi jednou z nejoblíbenějších cvičení v rámci tréninkového procesu. Vstřelit gól je totiž cílem každého hráče.

Při střelbě se zapojuje celé tělo. Pro její úspěšné provedení je potřeba dodržovat určité kroky, které přímo ovlivňují přesnost a správnost provedení. Trénink začínáme s míčem, který se nehýbe. Při utkáních to může nastat v situacích jako je volný kop, rohový kop nebo penalta. Délka rozběhu není tak podstatná jako postavení těla a stojné nohy. Ta by měla být vodorovně s míčem. Pokud je stojná noha od míče ve větší vzdálenosti, mívá to za následek malou razanci, takže je střela nepovedená. Pro stabilitu jsou při střelbě, kromě stojné nohy, důležité ruce, které pomáhají udržovat rovnováhu. Při střelbě nártem je potřeba nohu, která provádí kop zpevnit a udržet u ní sklopený nárt. Hlava a míč jsou při střele v svislé rovině. Při střelbě přízemní je hlava mírně předkloněná přes míč, při střelbě vzduchem je v lehkém záklonu. Střelba placírkou (vnitřní částí nohy) mění postavení stojného nohy, a to tím, že je více vzdálena od míče. Střelba placírkou bývá přesnější, ubírá však na razanci střely.

Se začátečníky trénujeme nejprve střelu jejich dominantní nohou, až v pozdější fázi zařazujeme střelbu i nohou slabší. Po nacvičení střelby z místa přidáváme do tréninku i střelbu z pohybu, tedy střelbu s vedením míče, po zpracování míče po přihrávce po zemi i vzduchem nebo z první doteku. [20]

Plachý a Procházka (2019) považují za nejčastější chyby při nácviku střelby u začátečníků:

- Nesprávnou techniku při provedení střelby, jako je střela špičkou (bodlem) místo střelby nártem nebo placírkou.
- Nesprávný směr rozběhu.
- Hráči se dostávají při střelbě do pokrčení na stojné noze, kopající noha tak nemá potřebný švih.
- Hráči jsou při střelbě v přílišném záklonu a snaží se míč trefit z dálky.
- Hráči se zaměřují na co největší razanci střely, ale zapomínají na potřebnou přesnost.

Trenér by měl mít roli demonstrátora. Správné provedení střely ve všech ohledech doplňuje slovním popisem, čímž stimuluje dvojí vnímání, sluchové i zrakové. U starších a zkušenějších fotbalistů už to není pouze ukázka trenéra, ale i slavných hráčů, které mládežníci znají z televize či stadionů, a snaží se je napodobit. [27]

2. ROVNOVÁHA

2.1 Terminologie základních pojmů rovnováhy

„Opěrná plocha je část podložky, která je v přímém kontaktu s částí těla, kde je realizována opora. Opěrná báze je plocha vzniklá spojením všech vnějších hranic opěrné plochy. S určitým zjednodušením tedy můžeme předpokládat, že při stožení na jedné dolní končetině je obsah plochy pro opěrnou bázi a opěrnou plochu stejný.“ [7]

Dalším pojmem, který Bizovská, Janura, Míková a Svoboda (2017) uvádí je těžiště (centre of mass, dále COM), které lze popsat jako působíště tíhové síly neboli bod, ke kterému je výsledný moment tíhových sil nulový. Lze jej stanovit za pomoci analytické metody, která spočívá v určení těžišť jednotlivých segmentů těla. Projekce těžiště do opěrné báze je označován jako centre of gravity (dále COG).

Dalším z pojmů je COP (centre of pressure), kterým označujeme působíště vektoru výsledné reakční síly a podložky. Jedná se o průměr všech tlaků, které na kontaktní plochu působí. COP a COG jsou při předpokladu statického stavu, například stožení v klidu, v blízkém vztahu. Lze tedy při hledání polohy COP usuzovat i polohu COG.

Termínem postura rozumíme orientaci jednotlivých segmentů těla vzhledem k vektoru tíhové síly a je důležitá pro udržení rovnováhy. Jedná se o neuromechanickou reakci, která má souvislost s udržováním stability těla. Ve vztahu s posturou těla existuje termín bipedální stoj, který je využíván jako referenční postura.

Stabilita je schopnost těla ustálit rovnováhu při působení vnějších podnětů. Pro člověka ve stožení se jedná o schopnost udržet COG v opěrné bázi. Lze je kvantifikovat jako množství vynaloženého úsilí pro udržení rovnováhy při jejím vychýlení.

Dynamika postury chrání člověka před pádem se nazývá balance. Rovnováha je vztah, který nastává díky mechanismům balance. Balance lze rozdělit na stav (posturální stabilita) a funkci (posturální stabilizace). [7]

2.2 Druhy rovnováhy

Jebavý a Zumr (2009) uvádí, že svalstvo lidského těla reaguje na veškeré změny pomocí proprioreceptorů, exteroceptorů, rovnovážného ústrojí a vizuálních vjemů k udržení rovnováhy a stabilizace. Vzhledem k fungování svalstva je potřeba zavést dva termíny, které neovlivňují pouze vzhled následného pohybu, ale také jiné funkce těla, množství vyvinutého úsilí a optimální svalový tonus. Těmito termíny jsou statická a dynamická rovnováha. [17]

2.2.1 Statická a dynamická rovnováha

Podle Bizovské, Janury, Míkové a Svobody (2017) se o statickou rovnováhu jedná, je-li tělo v klidu. Lze ji popsat jako schopnost udržet těžiště nad opěrnou bázi s co možná nejmenším pohybem těla. Hodnocení statické rovnováhy je provázáno testy na stabilním

nebo nestabilním povrchu. O dynamickou stabilitu se jedná, vykonává-li tělo pohyb, při kterém dochází k změně opěrné báze. Lze ji popsat jako schopnost přecházet z dynamického stavu do stavu statického, tedy udržení nebo obnovení rovnováhy při dynamických úkonech s minimálním pohybem mimo opěrnou bázi. Hodnocení lze provádět za pomoci testů pro udržení stability po změně výchozího stavu, například skok na jedné noze a udržení rovnováhy po dopadu. [7]

Statickou rovnováhu lze podle Hahna (2015) udržovat delší dobu bez speciálního úsilí a nepodléhá stresu a únavě tolik jako rovnováha dynamická. Při té jsou zapojovány rozdílné svalové skupiny, kloubní spojení i nervové systémy. Korelace mezi těmito dvěma druhy rovnováhy nevykazuje vysoké hodnoty, protože existují rozdílné faktory, která je ovlivňují.

Dělení rovnováhy do dvou skupin je zřejmým a jednoduchým rozdělením, pro smysluplnější vyjádření se zavádějí pojmy jako kvazi-statická a kvazi-dynamická rovnováha. Stoj na nakloněné nebo nestabilní ploše, nespĺňuje přímo podmínky pro dynamickou rovnováhu, jako třeba běh nebo chůze nebo skok, jedná se tedy a rovnováhu kvazi-dynamickou. Naopak existují úkony, které ač se zdají jako statické, vykazují známky dynamiky. Ku příkladu stání na úzké koleji vyžaduje poměrně velké úsilí, komplexnost a nelze ji udržet příliš dlouhou dobu. Pojmenovat je tedy lze jako rovnováhu kvazi-statickou. [14]

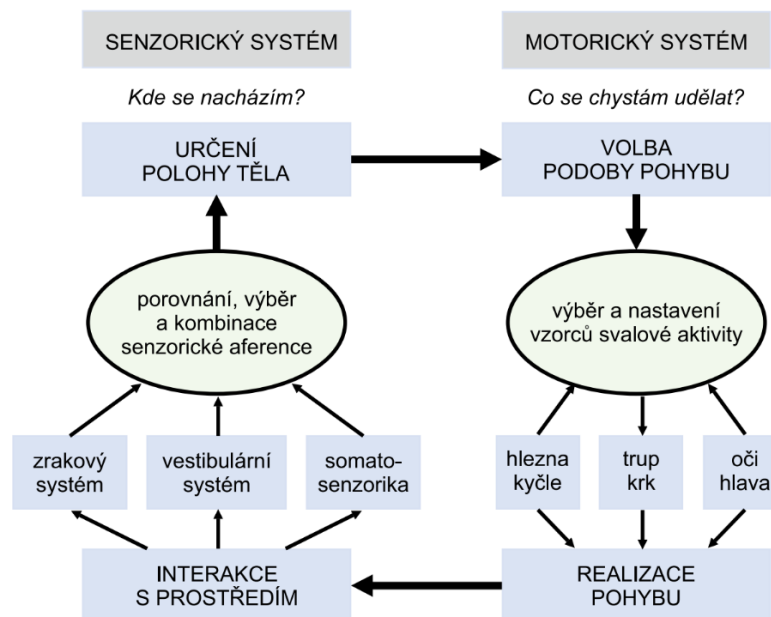
Statická i dynamická rovnováha hraje podle Acklanda, Elliotta a Bloomfielda (2009) roli ve všech aktivitách. Některé vyžadují více statickou, ale v některých převažuje udržení stability v dynamických pohybech. Statická rovnováha je uplatňována především ve sportech, kdy zaujatá pozice musí být vykonávána po delší časový úsek, jako je třeba ve sportovní střelbě nebo lukostřelbě, kde je stabilní výdrž důležitá pro míření a přesnost. V jiných sportech uplatňujících stabilní rovnováhu, například gymnastice, je úroveň udržení statické rovnováhy důležitá pro sílu a koordinaci. Sporty, při kterých je vykonáván pohyb hraje důležitou roli dynamická stabilita. Je spojená s rychlým reagováním na měnící podmínky a prostředí. V těchto sportech jako jsou například míčové hry, je dynamická stabilita jedním z faktorů zasahujících do zranění. Manévry a změny směru vyžadují kontrolu horní i dolní části těla, které se navzájem ovlivňují. [1]

2.3 Řízení rovnováhy

2.3.1 Posturální kontrola

Posturální kontrola vychází podle Bizovské, Janury, Míkové a Svobody (2017) z posturální stabilizace, tedy komplexní motorické schopnosti, ve významu udržení rovnováhy. Ve funkčním pojetí je připisována spíše běžným aktivitám, jako chůze nebo zvednutí z postele. Zvládnutí těchto úkonů určuje posturální nastavení, které je potřeba zahrnout do volního pohybu.

Posturální kontrolou jsou myšleny neurální mechanismy, které zodpovídají za zachování rovnováhy a za možnost vykonání účelnému pohybu, který k rovnováze vede. Klíčovou roli hraje nervový systém, který slouží jako detektor nestabilního prostředí nebo změny polohy a následně řídí množství zapojení svalové aktivity pro koordinaci a balance. Ten popisujeme jako celkové chování po vyhodnocení centrálním orgánem a zapojení velkého množství smyslových impulsů. Ty směřují k výběru odezvy, která je specifická pro danou situaci. Konečná realizace pohybového úkonu je složena z fázově načasovaného vzorce pro aktivitu svalstva. [7]



Obrázek 3: Schéma principu posturální kontroly [7]

Model organizace systému posturální kontroly vyvozujeme ze vzájemné reakce člověka v prostoru a volnému pohybovému úkonu. Jedná se o funkční adaptivní chování, které zajišťuje zapojení aferentních a eferentních drah. Správná rovnovážná reakce vychází ze spojení vnímání prostoru, senzoryckou organizaci, prediktivní centrální složku, muskuloskeletální systém a pohybovou koordinaci, které mají výsledek v rámci svalové aktivity celého těla.

Důležitá je vzájemná akce svalového, kosterního a nervového systému. Mezi svalové a kosterní komponenty řadíme biomechanické vlastnosti tkání jako je kloubní rozsah, vlastnosti svalových vláken, roztažnost vazů. Mezi nervové komponenty řadíme senzorycké procesy, vestibulární, vizuální a somatosenzoryckou kontrolu. Svůj význam má i pozornost, motivace a soustředěnost. [7]

2.3.2 Vestibulární aparát

Vestibulární aparát je dle Seidla (2015) hlavním činitelem pro zajištění rovnováhy hlavy a těla v prostoru. Vestibulární jádra – Deitersovo, Schwalbeho, Bachtěrovovo, Rollerovo

– jsou navzájem propojena, zároveň mají každé zvláště svou funkci. Řízeny jsou ze tří neuronů. [30]

Bizovská, Janura, Míková a Svoboda (2017) také považuje za důležitou součást posturálního řízení vestibulární aparát, tvořený statickým a kinetickým čidlem. Blanité váčky utrikulus a sakulus tvoří čidlo statické, kinetické čidlo tvoří tři navzájem kolmé polokruhovitě kanálky, které mají na starosti registrovat úhlové zrychlení hlavy. Funkcí utrikulu a sakulu je rozpoznat polohu hlavy v prostoru a její lineární zrychlení. Mezi další funkce vestibulárního aparátu patří stabilizace obrazu v zorném poli. Porucha této funkce se projevuje neúplně přeneseným, tedy rozmazaným obrazem. [7]

2.3.3 Somatosenzorický systém

Merkunová a Orel (2008) rozdělují somatosenzorický systém na systém senzitivity hluboké, kam řadí propriorecepci a interorecepci, a systém senzitivity povrchové, za který považuje kožní cití. Propriorecepce zahrnuje vnímání polohy a pohybu segmentů těla i těla jako celku. Interorecepce zachycuje změny vnitřního prostředí systému, jako je změna tlaku, napětí, nebo koncentrace látek. Kožní cití rozděluje na taktilní cití, termocepci a nocicepci, a to podle druhu podnětu. [23]

Aference somatosenzorického systému je podle Bizovské, Janury, Míkové a Svobody (2017) zajištěna receptory, které jsou schopny vnímat polohu a pohyb jednotlivých částí těla, jejich kontakt s okolními objekty a orientaci v prostoru.

Propriorecepce umožňuje předat CNS informaci o pozici a pohybu těla. Pro propriorecepci je důležitá aference svalová. Reakci na změnu délky svalu nebo svalového napětí mají na starosti a svalová vřeténka a Golgiho aparát. Svalová vřeténka jsou schopna kromě změny délky zaznamenávat i rychlost, kterou je daná změna provedena.

Somatosenzorický systém má hlavní úkol při posturální rovnováze na stabilním povrchu, na nestabilním je hlavním činitelem vestibulární a vizospaciální systém. Důležitou roli má také pro produkci opravných balančních reakcí. [7]

2.3.4 Vizuospaciální orientace (zrak)

Podle Bizovské, Janury, Míkové a Svobody (2017) je při hodnocení vlivu zraku nutné pohlížet na periferní a centrální vidění. K tomu se často používá aplikace pohyblivé zrakové scény. Periferní vidění je využíváno pro kontrolu výchylek v předozadním směru, centrální vidění reaguje na výchylky v mediolaterálním směru. Hodnota, kterou zrak pro posturální kontrolu přináší záleží na informace z ostatních senzoriálních systémů. Pro posturální stabilitu je potřeba zmínit i funkci okohybných svalů, která ovlivňuje přednastavení svalového tonu oblasti krční páteře. [7]

Patla (1997) uvádí, že prvním krokem pro pochopení role zraku v udržování stability je určit podmínky, které tento řídicí systém splňuje:

- Řízení dynamické stability,
- Přízpůsobování pro různá prostředí,

- Vedení pohybu ke koncovým bodům
- Plánování tras pro ustálení pohybu [26]

2.4 Poruchy a trénink rovnováhy

2.4.1 Dělení poruch rovnováhy

Hahn (2019) uvádí 3 základní poruchy rovnováhy: periferní, centrální a smíšená. **Periferní porucha rovnováhy** vzniká při onemocnění koncového orgánu, tedy rovnovážné části labyrintu a v něm se nacházejících částí rovnovážného systému. Tato porucha může vzniknout také při onemocnění nervů dráždících labyrint a vestibulární jádra. Porucha je demonstrována porušením stability a následným výchytkám člověka do stran. Doprovázejícími stavy je zvracení nebo zhoršení sluchu.

Centrální porucha rovnováhy při postižení kmenové části rovnovážného ústrojí. Výchytky těla jsou nepravidelné bez pocitů rotace. Člověk má tendenci k vrávorání a celkové nejistotě. Nerovnováha je konstantní s dlouhým časovým průběhem a střídajícími se normálními stavy a stavy zhoršené stability. Posturální funkce nejsou nikdy úplně ideální, ale není doprovázena vegetativními příznaky.

Smíšená porucha rovnováhy vzniká při současné poruše centrálního i periferního rovnovážného ústrojí. Projevuje se spojením symptomů nacházejících se u obou předchozích poruch. [13]

2.4.2 Trénink rovnováhy

Jebavý a Zumr (2014) uvádí, že téměř každý pohyb způsobený gravitací lze do jisté míry považovat za balancování. To se skládá z postupného zapojování jednotlivých svalů nebo jejich skupin. Svoji roli v tom hrají také koordinační a kondiční schopnosti, které se navzájem propojují. Formou balančních cvičení, například „*core training*“ (dále CT), je možné tyto pohybové schopnosti zlepšovat.

Principem balančního cvičení je zmenšení opěrné plochy s následným balancováním, což lze popsat jako koordinované zapojení svalových skupin k dosažení cílené polohy nebo v jejím setrvání bez maximální síly. Balancování rozvíjí statické i dynamické rovnovážné schopnosti a dá se považovat i za specifické posilování zapojeného svalstva. Udržení stability vychází z nácviku držení těla, které odpovídá biomechanickým principům. Cvičení se provádějí ve statickém režimu (vyvažování), vedeném režimu (pomalý přechod z jedné polohy do druhé a zpátky), v dynamickém režimu (pohyb, který je zastaven v labilní poloze).

V rámci CT se můžeme zaměřit na malé svaly i na velké svalové skupiny. Tento balanční trénink obsahuje cvičení, které zapojují celé tělo nebo jeho segmenty ve statické i dynamické oblasti. Doba jednoho cviku je doporučuje mezi 10-30 sekundami, celková doba CT by neměla přesáhnout 30 minut za den. K intenzivnějšímu vnímání pohybu a

polohy dolních končetin dochází při tréninku bez bot. Při sportovním tréninku, do kterého balanční cvičení zapojujeme, cvičíme především v obuvi.

Při balančním cvičení je potřeba dodržovat určitá pravidla. Jejich nedodržování může vést k únavě hlubokých svalů, osvojení si špatné techniky a tím i bolesti z přetížení v oblasti beder. Pravidla jsou následující:

- cvičení nejsou prováděna v úplně dynamické režimu, aby byl správně využit účinek zpětnovazební kontroly pohybu,
- prováděné cviky jsou globálního i místního charakteru, tedy balancování celého těla, ale i jeho částí,
- při zapojování končetin nastává volba symetrických i asymetrických pohybů,
- vybraná cvičení přinášejí kumulativní účinek, tedy současný rozvoj koordinační i kondiční schopnosti,
- úpravou náročnosti cvičení je omezenost sensorických vjemů nebo přidaná zátěž,
- ve výchozí poloze je požadováno správné držení těla, důležité pro vyvolání kladného efektu,
- při některých cvicích dochází k protahování, není to ale primární cíl balančních cvičení.

Před zapojením balančního tréninku do tréninkového režimu, je potřeba zvládnutí požadovaných pohybů na pevném podkladu. Při koordinačním zvládnutí celého pohybu je možné přejít k balančnímu tréninku. Pokud tomu tak není, nezvládnutí provedení daného cviku na stabilní ploše může mít za následek úraz nebo jiný tělesný postih při cvičení na nestabilních plochách. [18]

2.4.3 Pomůcky k tréninku rovnováhy

Jebavý a Zumr (2014) dělí používání balančních pomůcek do dvou oblastí:

- a) v rámci CT se zaměřením na stimulaci svalů hlubokého stabilizačního systému,
- b) použití jako podložky pro zapojení velkých svalových skupin. [18]

„K realizaci takových cvičení používáme nejrozličnější nafukovací akupresní balanční čocky, dřevěné a plastové úseče (točny) různých velikostí z kombinovaných materiálů, pevné (vodorovné i šikmé) kladiny, překlápěcí i volně zavěšené lávky, plné míče, velké nafukovací míče, malé měkké nafukovací míče, masážní míčky, vodní válce, pěnové válce, podložky, malé trampolíny a řadu dalších náčiní i náradí nebo kombinaci těchto pomůcek i s klasickými nakládacími osami a jednoručními činkami.“ [18]

Válcová úseč umožňuje pohyb nohou v plantární i dorzální flexi a přechod mezi valgózním a varózním postavením nohou. Jsou vhodné pro seznámení s labilními plochami, následně lze přejít na **kulové úseče**. Speciálními válcovými úsečemi jsou **úseče složené z válce a desky**, které umožňují balancování ve více směrech. Tyto úseče jsou vyrobeny z dřevěných nebo plastových materiálů s protiskluzovou vrstvou.

Vzduchové úseče, jinak podložky kruhového nebo oválného tvaru, jsou balanční úseče naplněné vzduchem, což zvyšuje jejich nestabilitu. Vyrábějí se z měkkého plastového materiálu s protiskluzovým povrchem. Obtížnost cvičení lze regulovat nahuštěním.

Nafukovací míče mají v tréninku rovnováhy všestranné využití. Lze je využívat při nápravných cvičeních, vhodné jsou i jako balanční prostředek pro posilování. Zapojuje se na nich především hluboký stabilizační systém. Mohou fungovat jako dynamická balanční pomůcka při podkládání jednotlivých segmentů těla. [17]

Nástroj, který slouží nejen pro testování, ale i trénink rovnováhy je Biodex Balance System (dále BBS). Tento přístroj je používán pro trénink stability již řadu let, především pro trénink rovnováhy u osob s některým z neurologických onemocnění. [11]

Jedná se o přístroj k hodnocení statické i dynamické rovnováhy, je schopen ukázat rychlé a kvantitativní míry posturální stability, polohy COP a nepřímo poskytnout informace o celkové funkčnosti senzomotorického systému. [29]

BBS má nastavitelnou úroveň stability u platformy, na které testovaná osoba stojí. Platforma se pohybuje jak v předozadním směru, tak i směrem do stran.

Kvůli častým podvrtnutím kotníku u profesionálních sportovců, je jednou z možností k předcházení těmto zraněním balanční trénink, především tedy dynamické rovnováhy, pro který lze přístroj BBS využít. [9]

2.5 Rozbor literatury

V této kapitole budou představeny některé z dostupných zdrojů na podobné téma. Existuje několik výzkumů a prací, které se zabývají vztahem rovnováhy a střelby ve fotbale. Nepodařilo se mi však dohledat žádnou, která využívá index, získaný pomocí balanční plošiny, který by udával kvalitu rovnováhy, a zároveň byl doprovázen daty, získanými z tlakových vložek. Takto prezentovaná data by měla přinést lepší pohled na testování rovnováhy a její vztah ke střelbě u hráčů fotbalu.

Burhaein, Ibrahim a Pavlovic (2020) zkoumali vztah mezi silou svalů dolních končetin, rovnováhou, koordinací a střelbou ve fotbale. Pro studii bylo naměřeno více jak 80 fotbalistů ve věku od 15 do 18 let. Pro testování stability bylo využito modifikovaného BASS balance testu. Autoři došli k závěru, že střelba je ovlivňována všemi zkoumanými parametry. [8]

Autoři Mitrousis, Bourdas, Kounalakis, Berkis, Mitrotasios, Kostopoulos a Ktistakis (2023) zkoumali vliv balančního tréninkového programu na rovnováhu a technické dovednosti u dospívajících fotbalistů. Testování rovnováhy proběhlo při stoje na jedné noze na pevné a vychylující se podložce. Mezi technickými dovednostmi, které byly testovány jsou vedení míče, přihrávky, žonglování (nožičky) a střelba dominantní i nedominantní nohou. Balanční trénink se skládal z několika balančních cvičení a trval 8 týdnů. U střelby se hodnotila její přesnost. Významné zlepšení nastalo při střele dominantní nohou a při některých dalších parametřů. [25]

Význam posturální kontroly ve vztahu k technickým schopnostem v malých fotbalových hrách zkoumali Edis, Vural a Vurgun (2016). Zkoumán byl vztah posturální stability vzhledem některým klíčovým parametrům malých forem fotbalu (1 na 1, 2 na 2, 3 na 3). Jejich výzkum probíhal ve formě testů stability na jedné i obou dolních končetinách. Konkrétními parametry, které byly pomocí video analýzy během her zkoumány byly skluzy, střelba, driblink a přihrávka. U střelby nebyla zjištěna významná korelace mezi posturální stabilitou a úspěšností střelby. [10]

Meadows (2022) zkoumal vliv základního silového cvičení na rovnováhu dolních končetin, stabilitu a přesnost fotbalové střelby. Rovnováha byla testována pomocí Star Excursion Balance testu a Y-balance. Přesnost střelby byla testována pomocí sítě s otvory, do kterých se probandi třefovali. Výsledky zkoumání neurčily významnou míru zlepšení v přesnosti střelby, silové cvičení mělo však jistý vliv na zlepšení samotné rovnováhy. [22]

3. CÍLE PRÁCE

Cílem práce je analyzovat vztah mezi rovnováhou a rychlostí střely u hráčů fotbalu. Ze stanoveného cíle vyplývá záměr práce, kterým je ověření předpokladu, že lepší stabilita vede k rychlejší střele. Tento záměr je ověřován dvěma způsoby (vytvořená funkce a korelační analýza), a to na základě vzájemného porovnání rychlosti střely a Sway indexu, který slouží jako hodnocení úrovně rovnováhy.

4. METODIKA PRÁCE

4.1 Stanovení hypotéz

Hypotéza H0: Mezi Sway indexem a rychlostí střely neexistuje žádná závislost.

Hypotéza H1: Existuje nepřímo úměrná závislost mezi Sway indexem a rychlostí střely.

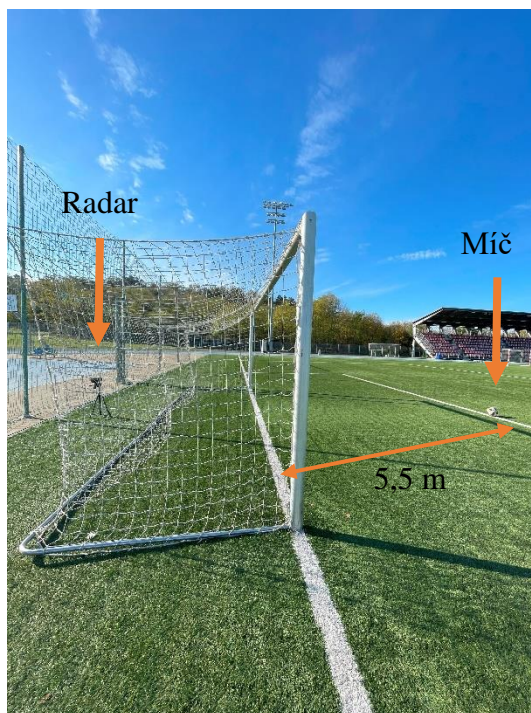
Hypotéza H2: Existuje přímo úměrná závislost mezi Sway indexem a rychlostí střely.

Tyto hypotézy spolu s korelační analýzou dávají možnost ověřit, zda nižší hodnota Sway indexu (dále SI) vede k vyšší rychlosti střely, a tím vztah mezi rovnováhou a rychlostí střely analyzovat.

4.2 Protokol měření

Pro popis postupu měření byl vytvořen protokol, ve kterém jsou popsány jednotlivé kroky, které byly při měření provedeny.

1. Obeznamení testované osoby s průběhem měření a podepsání informovaného souhlasu.
2. Vybrání správné velikosti tenzometrické vložky Medilogic a její umístění do boty, ve které je vykonáván test rovnováhy. Připevnění výběžku vložek s WLAN vysílačem k holeni přes pás se suchým zipem.
3. Kalibrace vložek, prováděna tak, že testovaná osoba nevyvíjí žádný tlak (například sezení na židli se zvednutýma nohama).
4. Postavení testované osoby na přístroj Biodex Balance System (dále Biodex), zahájení testu rovnováhy. Zopakování testu s krátkým intervalem odpočinku.
5. Export dat z obou přístrojů (Biodex, Medilogic).
6. Přesun na hřiště, přezutí vložek do kopaček, umístění radaru za bránu (viz Obrázek 4). Provedení tří střel pravou nohou, potom tří střel levou nohou.
7. Zapsání rychlostí střel, export dat z vložek Medilogic.



Obrázek 4: Umístění radaru a míče na hřišti (vlastní zdroj)

Testování bylo prováděno v období od října 2023 do dubna 2024 v areálu VUT. Bylo provedeno měření na 16 osobách, které byly testovány k získání výsledných hodnot, které jsou generovány všemi použitými přístroji.

Střela byla prováděna bez rozběhu, pouze z jednoho kroku, který vedl ke stabilizaci stojné nohy a provedení kopu nohou střílející. Technika kopu byla přímým nártem. Vzdálenost míče od brány byla 5,5 metrů, což odpovídá vzdálenosti malého vápna od brankové čáry. Radar byl umístěn za brankou v dostatečné vzdálenosti, aby bylo zabráněno převržení při napnutí sítě v době střely.

Pro testování rovnováhy byl využit test stání na jedné noze po dobu 20 sekund. Tento test je součástí baterie testů měřícího zařízení Biodex, lze ho však upravovat dle vlastních potřeb. Pro tuto práci byla upravena doba pro výměnu stojné nohy na 5 sekund namísto výchozích 10 sekund, a to z důvodu následné analýzy. Pro samotné hodnocení stability byl pro tuto práci využíván SI, který představuje standartní odchylku střední pozice probanda v průběhu testování. Čím nižší hodnoty tento index nabývá, tím více je testovaná osoba stabilnější.

Data z tenzometrických vložek jsou využívány v podobě Gait line (dále GL), pro demonstraci nejvíce zatěžovaných bodů v době testování stability a stojné nohy v průběhu střely.

4.3 Výzkumná skupina

K účelům bakalářské práce bylo provedeno měření, ke kterému bylo vybráno 16 mužů s dominantní pravou dolní končetinou a fotbalovými zkušenostmi na poloprofesionální

úrovni (dále TO). Před testováním byli seznámeni s průběhem měření a byli informováni o následném zpracování dat formou informovaného souhlasu (viz Příloha A -).

Nastavení radaru a systému Biodex se nijak nelišilo v závislosti na TO, změna nastala jen při používání vložek Medilogic, a to ve velikosti použitých vložek, které se pohybovali od velikosti 40/41 do velikosti 45/46.

4.4 Popis a nastavení měřících zařízení

K měření byly použity celkem tři přístroje, Biodex Balance System, sportovní radar Stalker ATS II, tenzometrické vložky Medilogic WLAN insole.

Biodex Balance System je přístroj k testování i tréninku posturální stability, a to ve stabilní i dynamické poloze. Umožňuje využití až pěti testovacích protokolů. Skládá se z dotykové obrazovky, základny pro stání a opěradel. Výsledné hodnoty lze vytisknout nebo exportovat.[3]

Pro účely této práce jsme využili test posturální stability, který je prováděn na stabilní plošině ve stoji na jedné i druhé noze zvlášť, který byl opakován 2krát.



Obrázek 5: Biodex Balance Systém [3]

Sportovní radar Stalker ATS II je kombinací profesionální ruční radarové pistole Stalker ATS II a výkonného softwaru Stalker ATS II. Radarová pistole je přenosný a přesný nástroj pro zaznamenávání zrychlení a zpomalení vozidel a jiných pohybujících se objektů. ATS II ukládá data přímo v pistolí a nepotřebuje připojení k počítači pro sběr

rychlostních a akceleračních dat. Nastavitelný rozsah měřených rychlostí je 1-1440 km/h a je schopen měřit na vzdálenost až 2,8 kilometrů. [31]

Přístroj byl pro účely této práce nastaven na minimální měřenou rychlost 20 km/h, maximální měřenou rychlost 180 km/h, cílový objekt byl míč a automatické vymazání displeje bylo 5 s. Radar byl umístěn na stativu za brankou.



Obrázek 6: Radar Stalker ATS II [31]

Tenzometrické vložky Medilogic WLAN insole (dále jen Medilogic) je ortopedické zařízení pro statické i dynamické měření tlaku. Celý přístroj se skládá z vložky do bot vybavené tlakovými senzory, kterých se může nacházet až 240, v závislosti na velikosti vložky (velikosti v rozsahu 19/20 až 49/50), dále modulu vysílače WLAN, který je pomocí pásu se suchým zipem připojen k dolní končetině. Měřená data jsou bezdrátově přeposílána do počítače, kde je možné je sledovat a dále s nimi pracovat pomocí přidaného softwaru.

Rozsah měření je od 0,6 až 100 N/cm², vzorkovací frekvenci lze nastavit od 20 po 400 Hz, přičemž pro účely této práce byla použita maximální měřená hodnota 64 N/cm² a vzorkovací frekvence 200 Hz. [32]

Z exportovaných dat byl pro účely této práce využit soubor zaměřený na GL, tedy křivku nejvíce zatěžovaných bodů v čase. Ten byl nadále zpracováván, viz 4.5.1. Výsledná GL je využívána pro prezentaci zatěžování nohy u analyzovaných aktivit.



Obrázek 7: Vložka do bot Medilogic WLAN insole [32]

4.5 Sběr a zpracování dat

Testování probíhalo na dvou místech. Prvním byly laboratoře Centra sportovních aktivit VUT (CESA), ve kterých probíhalo testování stability. Využíván zde byl přístroj Biodex, který je součástí jedné z laboratoří CESA, stejně jako vložky Medilogic. Pro vyhodnocení stability testované osoby byl použit SI.

Druhým místem bylo hřiště s umělým povrchem v areálu CESA, na kterém jsme měřili rychlost střely. Při tomto měření byl využíván sportovní radar Stalker ATS II a vložky Medilogic.

Naměřená data byla ze systému Medilogic exportována ve formátu .csv a následně zpracovávána v Matlabu. Data ze systému Biodex byla vyexportována jako .pdf, z něhož se potřebné hodnoty vyjmuly do softwaru Microsoft Excel, kde byla dále zpracovávána. Rychlosti střel jsme zapisovaly přímo z radaru Stalker do aplikace Excel a dále zpracovávali viz 4.5.2.

4.5.1 Zpracování dat v Matlabu

Zpracování dat v Matlabu lze rozdělit na několik částí. První částí je zpracování dat z vložek Medilogic, konkrétně tedy vykreslení příslušných GL pro jednotlivé střely a testy rovnováhy.

- 1) Načtení příslušných dat pro levou a pravou nohu u všech TO.
- 2) Rozdělení dat na příslušné části (stoj na levé/pravé noze, střela 1-3).
- 3) Vykreslení GL pro každou část.

Druhou částí zpracování dat v Matlabu je ověření předpokladu na základě funkce Plneni_predpokladu (viz Příloha B -).

Tato funkce porovnává střelu a SI u jednotlivých TO, a to pro pravou a levou nohu. Předpoklad je platný, pokud je rychlost střely vyšší a SI menší než mediány těchto proměnných z celé skupiny, nebo naopak rychlost střely nižší a SI vyšší.

- 1) Načtení příslušných dat – střely a SI pro jednotlivé TO.
- 2) Vypočtení průměrné střely a SI pro levou i pravou nohu
- 3) Definice funkce Plneni_predpokladu.

Třetí část zpracování dat, která je prováděna v Matlabu, je ověření normality dat (viz Příloha C -).

- 1) Načtení dat a jejich rozdělení pro jednotlivé TO.
- 2) Ověření normality skrze vykreslení box-plotů a provedení Shapiro-Wilkova testu.
- 3) Vyhodnocení normality dat.

Poslední částí práce v Matlabu je provedení korelační analýzy. (viz. Příloha D -)

- 1) Načtení dat a jejich rozdělení pro jednotlivé TO.
- 2) Výpočet Pearsonova, Spearmanova a Kendallova korelačního koeficientu a p-hodnoty.
- 3) Vyhodnocení vztahu mezi zkoumanými hodnotami.

4.5.2 Zpracování dat Excel

Program Microsoft Excel jsme používali pro zobrazení tabulek se střelami a SI jednotlivých osob. Tabulky můžete vidět níže.

Tabulka 1: Rychlost střely (vlastní zdroj)

RYCHLOST [km/h]	Dominantní končetina	STŘELA 1		STŘELA 2		STŘELA 3		PRŮMĚR	
		L	P	L	P	L	P	L	P
TO1	Pravá	68	81.6	67.1	88.2	79.9	85.8	71.7	85.2
TO2	Pravá	65.3	79.9	67.1	76.5	67	85.4	66.5	80.6
TO3	Pravá	79	104	90.9	91	88.9	97	86.3	97.3
TO4	Pravá	85.8	81.5	80	88.1	85.8	89.4	83.9	86.3
TO5	Pravá	85	95	80	95.4	81.8	88.5	82.3	93
TO6	Pravá	78	86.8	80.4	89.2	81.8	94.4	80.1	90.1
TO7	Pravá	83.6	84.6	70.3	90.1	82.2	90.3	78.7	88.3
TO8	Pravá	91.8	100.8	88.3	101.3	90	103.6	90.0	102
TO9	Pravá	91.2	97.2	96	93	93.3	99.1	93.5	96.4
TO10	Pravá	70.1	94	75.6	96.2	85.7	97.3	77.1	95.8
TO11	Pravá	82	87	87	93	85.5	96.6	84.8	92.2
TO12	Pravá	84	92	89.7	94.3	82.1	95.4	85.3	93.9
TO13	Pravá	72.1	85.4	76.3	91.2	76.9	88.7	75.1	88.4
TO14	Pravá	89	96.2	92.3	98.5	87.6	101.3	89.6	98.7
TO15	Pravá	88.1	89.3	92.4	92.5	90.2	93.6	90.2	91.8
TO16	Pravá	87.1	90.1	87.6	89.2	85.8	91.4	86.8	90.2
MEDIÁN								84.4	92.0

Tabulka 2: Sway index (vlastní zdroj)

SWAY INDEX [-]	Dominantní končetina	SWAY INDEX 1		SWAY INDEX 2		PRŮMĚR	
		L	P	L	P	L	P
TO1	Pravá	0.75	0.99	0.77	1.29	0.76	1.14
TO2	Pravá	0.86	1.09	0.71	1.30	0.79	1.20
TO3	Pravá	1.07	0.82	1.01	1.51	1.04	1.17
TO4	Pravá	0.93	1.27	0.83	1.10	0.88	1.19
TO5	Pravá	1.07	1.62	1.18	2.14	1.13	1.88
TO6	Pravá	1.07	1.1	0.86	0.75	0.97	0.93
TO7	Pravá	1.15	1.44	1.06	1.21	1.11	1.33
TO8	Pravá	1.38	1.55	0.87	1.12	1.13	1.34
TO9	Pravá	0.91	0.87	1.05	0.96	0.98	0.92
TO10	Pravá	0.71	1.05	0.68	0.86	0.70	0.96
TO11	Pravá	1.25	0.98	0.85	0.91	1.05	0.95
TO12	Pravá	0.94	0.82	0.9	1.05	0.92	0.94
TO13	Pravá	1.12	1.58	1.01	1.44	1.07	1.51
TO14	Pravá	0.72	1.08	0.66	1.22	0.69	1.15
TO15	Pravá	1.1	1.05	0.87	0.99	0.99	1.02
TO16	Pravá	0.81	0.84	0.91	1.09	0.86	0.97
MEDIÁN						0.97	1.15

Následné práce s daty, uvedenými v Tabulka 1 a Tabulka 2, byla prováděna na základě průměrů rychlostí střel a SI, vypočítaných z jednotlivých pokusů, a s mediánem z celé výzkumné skupiny.

5. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Platnost předpokladu a hypotéz je určována zvlášť pro střelu pravou a levou nohou. Se střelou pravou nohou je porovnáván SI při stožení na levé noze a naopak. Pracovalo se vždy s průměrnou střelou ze tří naměřených pokusů u každé TO, stejně jako s průměrným SI ze dvou pokusů u každé TO.

5.1 Výsledky na základě funkce Plneni_predpokladu a Gait lines

Pro ověření platnosti předpokladu, že lepší rovnováha vede k rychlejší střele, musíme určit, zda platí, že menší SI vede k vyšší rychlosti střely a větší SI vede k nižší rychlosti střely. To bylo ověřováno pomocí funkce Plneni_predpokladu, která je popsána v kapitole 4.5.1. Výsledky z ní vyplývající lze vidět níže.

Tabulka 3: Platnost předpokladu při střele dominantní nohou (vlastní zdroj)

Plneni_predpokladu – střela pravou nohou	
TO1	nesplňuje
TO2	nesplňuje
TO3	nesplňuje
TO4	nesplňuje
TO5	nesplňuje
TO6	nesplňuje
TO7	splňuje
TO8	nesplňuje
TO9	nesplňuje
TO10	splňuje
TO11	nesplňuje
TO12	splňuje
TO13	splňuje
TO14	splňuje
TO15	splňuje
TO16	nesplňuje

Celkově lze říct, že předpoklad pro střelu dominantní nohou většina TO nesplňuje (10 z 16).

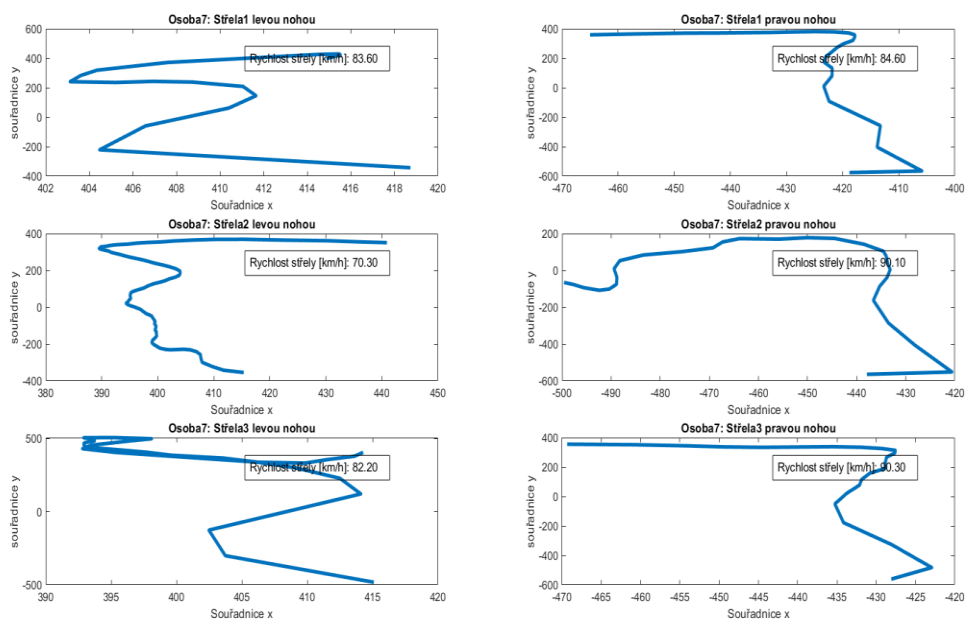
Tabulka 4: Platnost předpokladu při střele nedominantní nohou (vlastní zdroj)

Plneni_predpokladu – střela levou nohou	
TO1	nesplňuje
TO2	splňuje
TO3	nesplňuje
TO4	splňuje
TO5	splňuje
TO6	nesplňuje
TO7	splňuje
TO8	nesplňuje
TO9	splňuje
TO10	nesplňuje
TO11	splňuje
TO12	splňuje
TO13	splňuje
TO14	nesplňuje
TO15	splňuje
TO16	splňuje

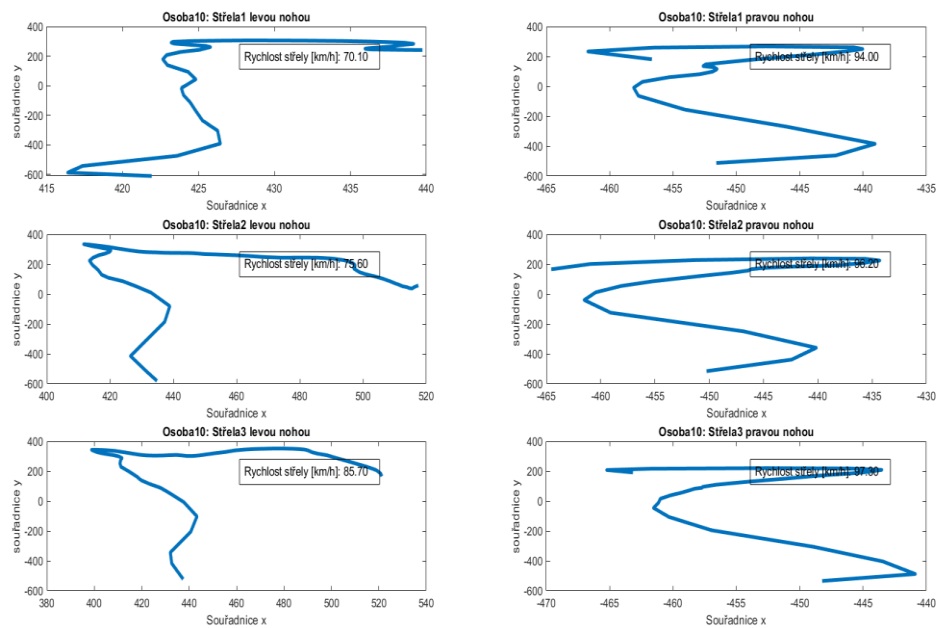
Pro střelu nedominantní nohou lze říct, že většina TO předpoklad splňuje (10 z 16).

Z vykreslených GL z testování rovnováhy lze pozorovat, že větší rozsahy na horizontální i vertikální ose odpovídají vyšším hodnotám SI a vykreslené GL ze střelby s větší mírou podobnosti v rozsahu na obou osách odpovídají vyšším rychlostem střelby.

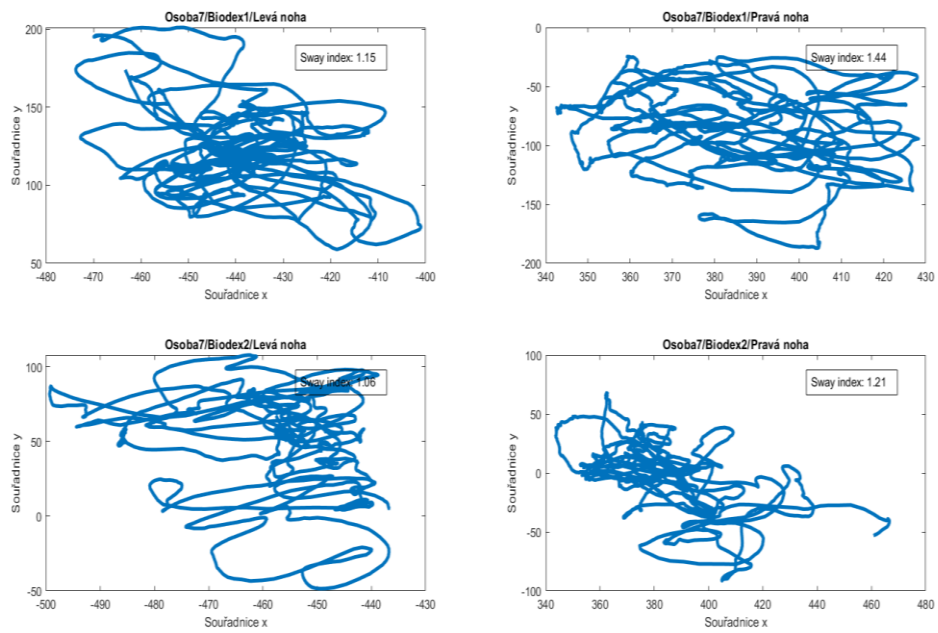
Na základě vykreslených GL lze demonstrovat, že u osob, které předpoklad splňují, koresponduje větší rozsah u GL z testování rovnováhy s nižší podobností jednotlivých GL ze střelby, nebo naopak menší rozsah GL z testování rovnováhy s větší mírou podobnosti GL ze střelby. Konkrétně demonstrovaným příkladem jsou osoby TO7 a TO10 pro střelu dominantní nohou, kdy rozsah GL z testování rovnováhy je u TO7 v průměru větší než u TO10 na horizontální ose (75/55), i na vertikální ose (150/85). U GL ze střelby je na obou osách vidět větší podobnost v rozsahu u TO10 než u TO7. Tyto skutečnosti lze vidět u GL při střele pravou nohou a u GL při stožení na levé noze na obrázcích Obrázek 8, Obrázek 9, Obrázek 10 a Obrázek 11. Zbylé GL lze najít v Příloha E -.



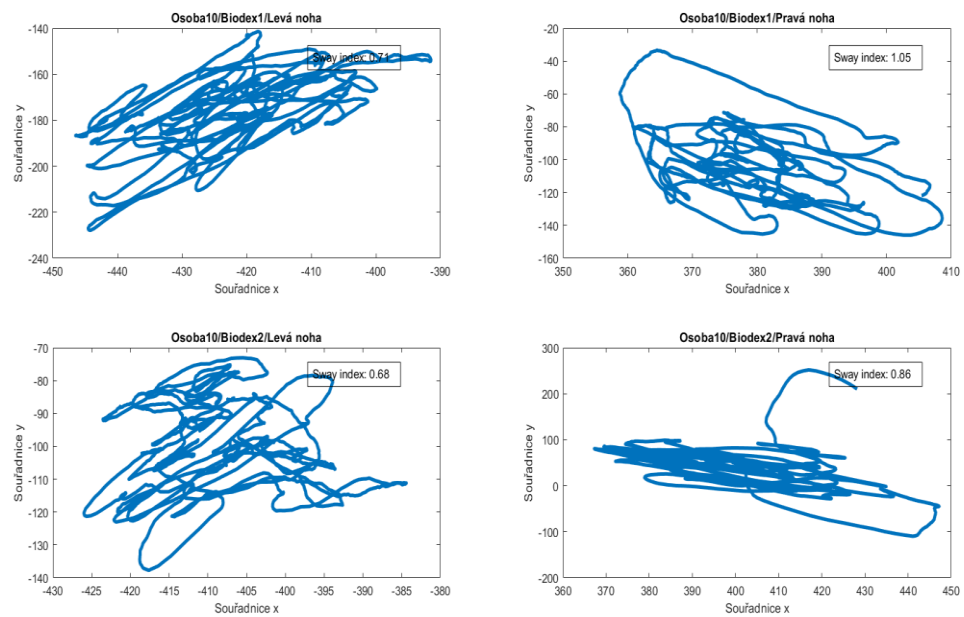
Obrázek 8: GL střelba – TO7 (vlastní zdroj)



Obrázek 9: GL střelba – TO10 (vlastní zdroj)



Obrázek 10: GL rovnováha – TO7 (vlastní zdroj)



Obrázek 11: GL rovnováha – TO10 (vlastní zdroj)

5.2 Výsledky na základě statistické analýzy

Na základě stanovených hypotéz z kapitoly 4.1 byla provedena korelační analýza rychlostí střely a SI. V prvním kroku bylo zjištěno, zda jsou data normálního rozložení či nikoliv. Ověřování normality dat je prováděno pomocí box-plotů a pomocí Shapiro-Wilkova testu (dále SWT). Pro následné zjištění lineárního vztahu mezi zkoumanými proměnnými jsou vypočteny Pearsonův korelační koeficient (PK), Spearmanův korelační koeficient (SK) a Kendallův tau korelační koeficient (KK), které nabývají hodnot od -1 do 1, kdy je pro potvrzení platnosti hypotézy H_1 potřeba, aby se tyto koeficient blížili -1. To odpovídá i předpokladu této práce, tedy že lepší rovnováha, tudíž menší SI, vede k vyšší rychlosti střely, tudíž mezi zkoumanými proměnnými existuje nepřímo úměrná závislost.

5.2.1 Normalita dat

Normalita dat je ověřována zvlášť pro jednotlivé proměnné u všech TO. Normální rozložení je tedy zkoumáno separátně pro SI při stoji na levé a pravé noze, stejně jako pro rychlosti střel pravou a levou nohou.

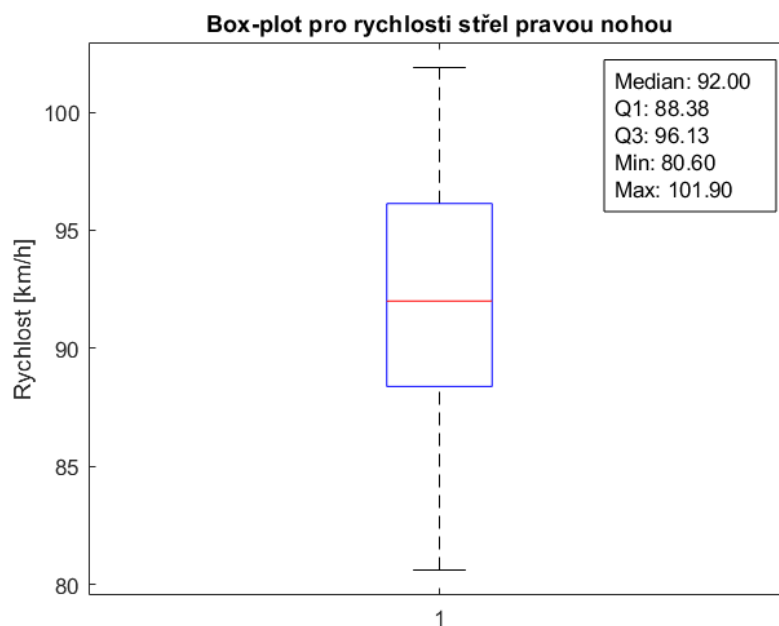
Pro hodnocení normality pomocí SWT byly stanoveny dvě hypotézy, které jsou přijímány nebo zamítnuty na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Pokud p-hodnota z SWT vyjde větší než hladina významnosti α , přijímáme H_0 .

Hypotéza H_0 : Data jsou normálního rozložení.

Hypotéza H_1 : Data nejsou normálního rozložení.

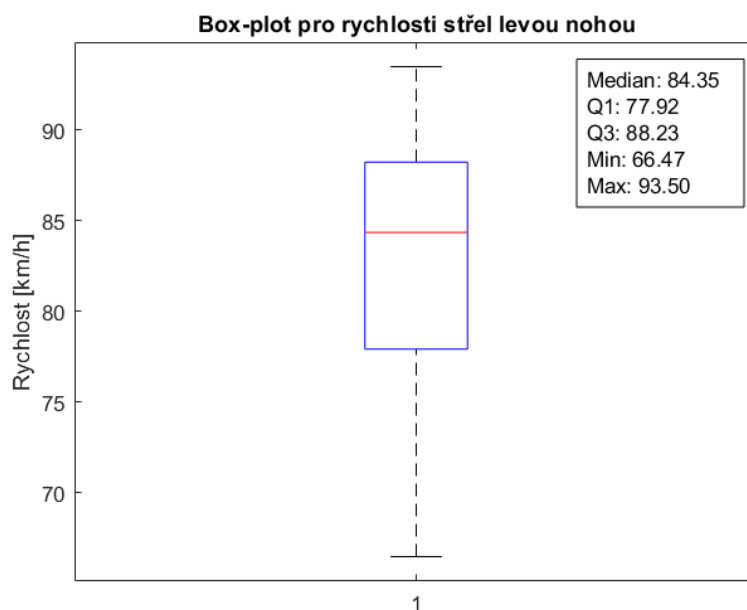
Na základě vykreslení box-plotů lze normalitu dat hodnotit následovně:

- a) Na základě Obrázek 12, lze říct, že rychlosti střel pravou nohou jsou normálního rozložení. Box-plot nevykazuje odlehle hodnoty a rozložení dat kolem mediánu je symetrické.



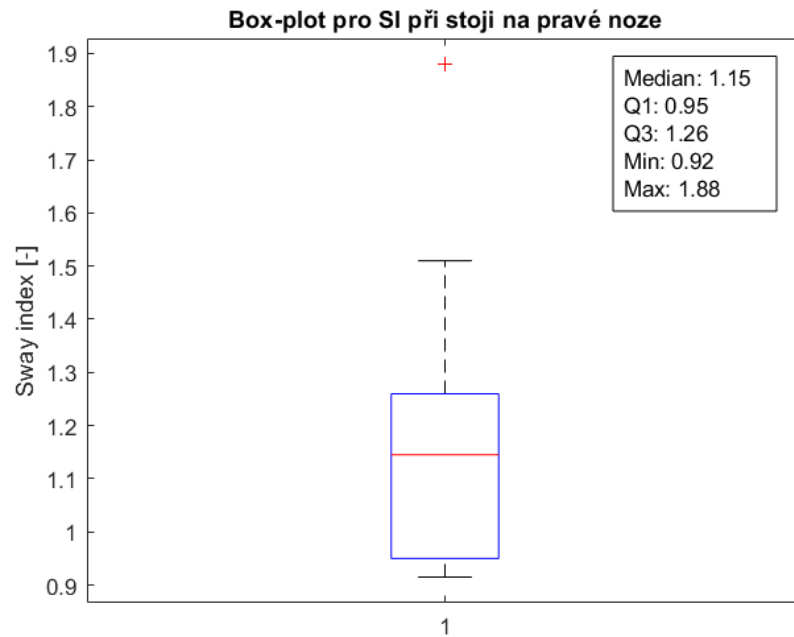
Obrázek 12: Box-plot pro střely pravou nohou (vlastní zdroj)

- b) Na základě Obrázek 13 lze říct, že rychlosti střel levou nohou jsou normálního rozložení. Box-plot nevykazuje žádné odlehlé hodnoty a rozložení dat kolem mediánu je téměř symetrické.



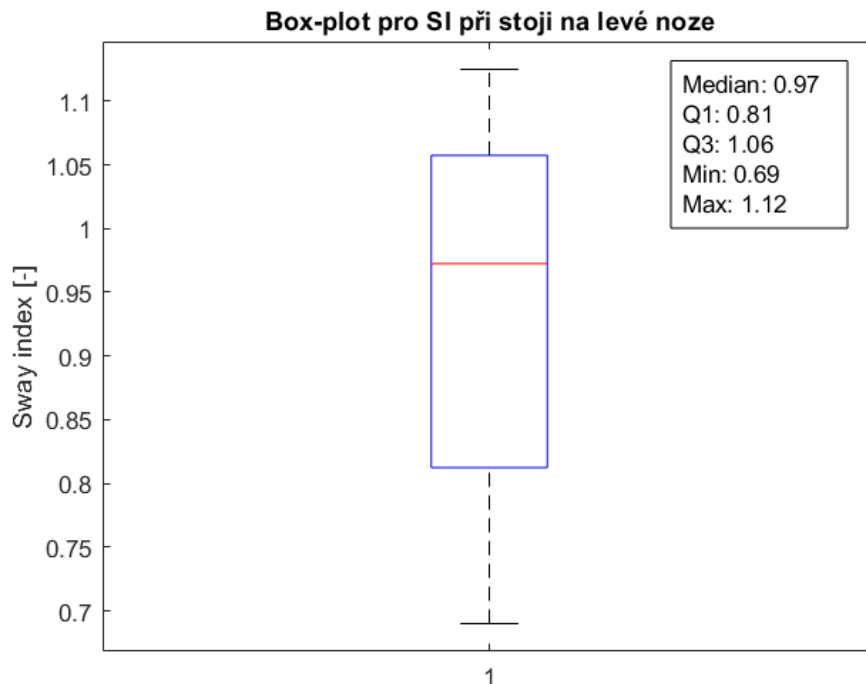
Obrázek 13: Box-plot pro střely levou nohou (vlastní zdroj)

- c) Na základě Obrázek 14 lze říct, že SI při stoji na pravé noze nejsou normálního rozložení. Jak lze vidět, box-plot vykazuje odlehlé hodnoty, tudíž nesymetrické rozdělení kolem mediánu.



Obrázek 14: SI při stoji na pravé noze (vlastní zdroj)

- d) Na základě Obrázek 15 lze říct, že SI při stoji na levé noze jsou normálního rozložení. Box-plot neukazuje žádné odlehlé hodnoty a data jsou kolem mediánu téměř symetrické.



Obrázek 15: SI při stoji na levé noze (vlastní zdroj)

Na základě výsledků SWT lze normalitu dat hodnotit následovně:

- a) Pro rychlosti střel pravou nohou je p-hodnota rovna 0,99. Přijímáme tedy hypotézu H_0 , že data jsou normálního rozložení.
- b) Pro rychlosti střel levou nohou je p-hodnota rovna 0,65. Přijímáme tedy hypotézu H_0 , že data jsou normálního rozložení.
- c) Pro SI při stoji na pravé noze je p-hodnota rovna 0,008. Přijímáme tedy hypotézu H_1 , že data nejsou normálního rozložení.
- d) Pro SI při stoji na levé noze je p-hodnota rovna 0,17. Přijímáme tedy hypotézu H_0 , že data jsou normálního rozložení.

5.2.2 Korelační analýza

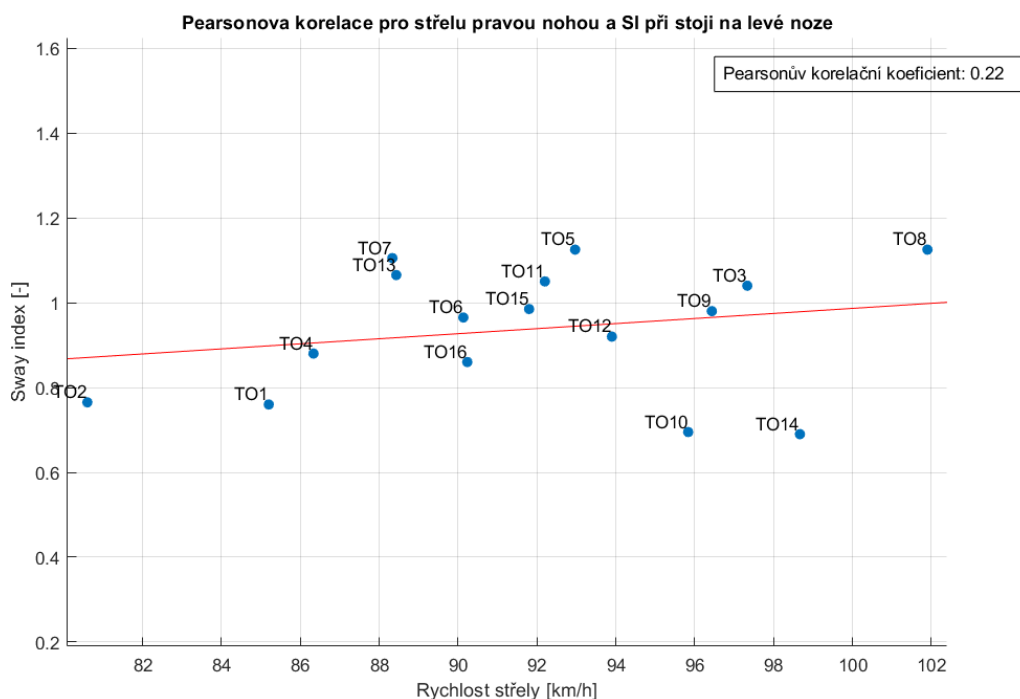
Korelační analýza je prováděna za účelem získání informací a vztahu mezi SI a rychlosti střely. Pro účely práce jsou PK, SK a KK získávány pro SI při stoji na levé noze a rychlosti střel pravou nohou u všech TO, stejně tak i SI při stoji na pravé noze a rychlosti střel levou nohou u všech TO.

Výpočet více korelačních koeficientů je proveden z důvodu lepšího pohledu na vztah mezi daty. PK je vhodný pro zkoumání lineárního vztahu mezi spojitými proměnnými, které jsou normálního rozložení. Je citlivý na odlehlé hodnoty v datech, což může ovlivnit jeho výsledky. Jedná se o parametrickou metodu výpočtu. SK je vhodný použít při zkoumání monotónního vztahu mezi proměnnými, pracuje s pořadím dat a je méně citlivý na odlehlé hodnoty v datech. Jedná se o neparametrický test. KK je neparametrický test, který pracuje s pravděpodobnostmi a je méně citlivý na nenormální rozložení dat. [15]

Hodnocení vztahu mezi rychlostí střely a SI na základě výpočtu korelačních koeficientů a statické významnosti na hladině $\alpha = 0,05$, kdy výsledek je statisticky významný, pokud je p-hodnota menší než α . Konečné hodnocení je prováděno skrze hypotézy H_0 , H_1 a H_2 , které jsou stanoveny v kapitole 4.1.

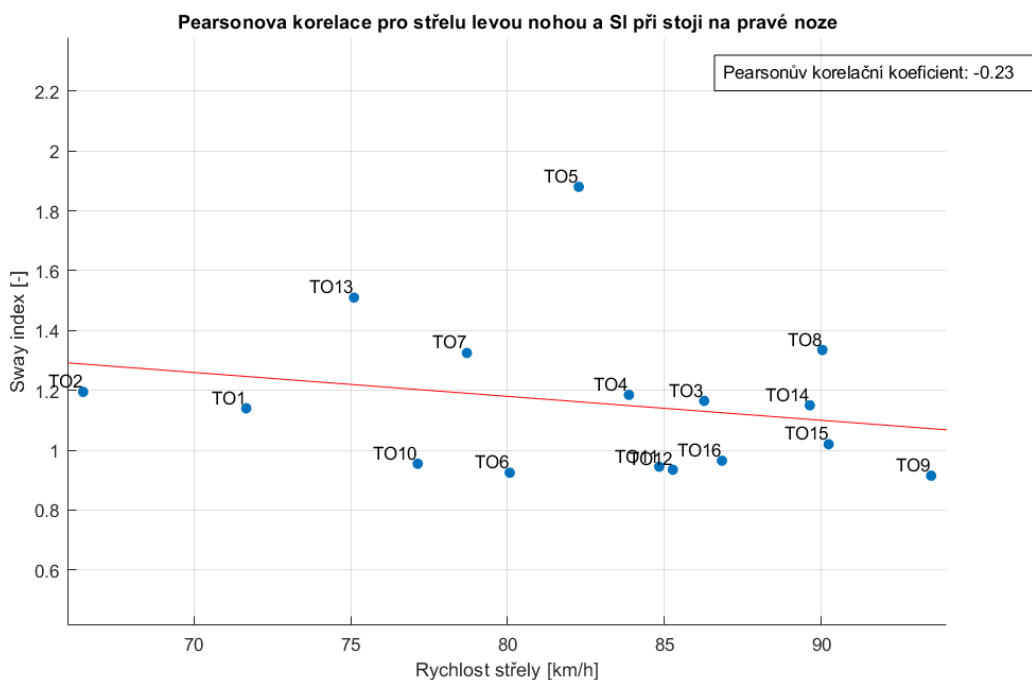
Pearsonova korelace

- a) Pearsonův korelační koeficient pro střelu pravou nohou a SI levé nohy je rovný 0,22, což naznačuje slabou pozitivní korelaci a podporuje hypotézu H_2 . Vzhledem k p-hodnotě rovné 0,41 ovšem nemáme dostatek důkazů k zamítnutí H_0 a přijetí některé z dalších hypotéz.



Obrázek 16: Pearsonova korelace – střela pravou nohou, SI levé nohy (vlastní zdroj)

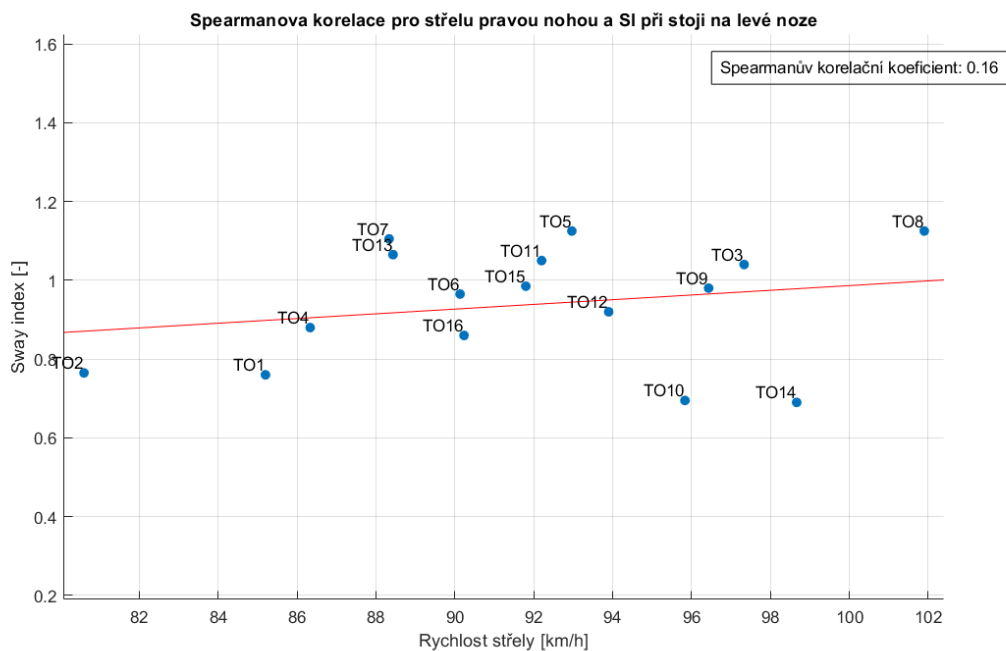
- b) Pearsonův korelační koeficient pro střelu levou nohou a SI na pravé noze je rovný $-0,23$, což naznačuje slabou negativní korelaci mezi zkoumanými proměnnými a podporuje to hypotézu H1. Vzhledem k p-hodnotě rovné $0,39$ ovšem nemáme dostatek důkazů pro zamítnutí H_0 a přijmutí některé z dalších hypotéz.



Obrázek 17: Pearsonova korelace – střela levou nohou, SI pravé nohy (vlastní zdroj)

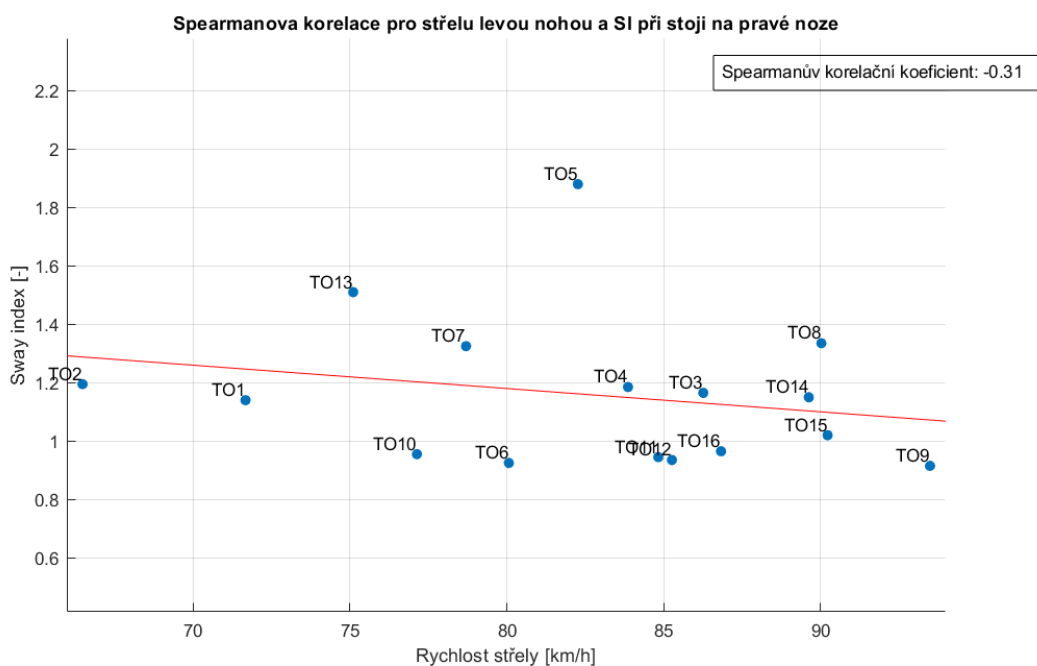
Spearmanova korelace

- a) Spearmanův korelační koeficient pro střelu pravou nohou a SI levé nohy je rovný 0,16, což naznačuje velmi slabou pozitivní korelaci a podporuje to hypotézu H_0 . Vzhledem k p-hodnotě rovné 0,56 nemáme dostatek důkazů k tomu zamítnout H_0 , což také dává podporu hypotéze H_0 , že mezi rychlostí střely a SI neexistuje žádný vztah.



Obrázek 18: Spearmanova korelace – střela pravou nohou, SI levé nohy (vlastní zdroj)

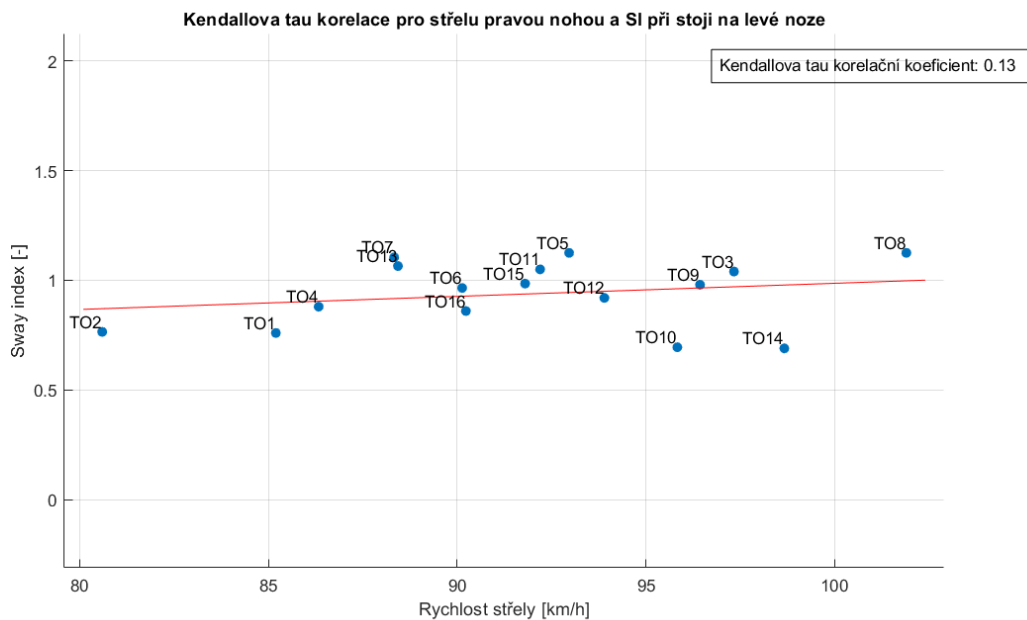
- b) Spearmanův korelační koeficient pro střelu levou nohou a SI pravé nohy je roven -0,31, což naznačuje slabou negativní korelaci a podporuje to hypotézu H_1 . Vzhledem k p-hodnotě, která je rovna 0,25 ovšem nelze zamítnout hypotézu H_0 a přijmout některou z dalších hypotéz.



Obrázek 19: Spearmanova korelace – střela levou nohou, SI pravé nohy (vlastní zdroj)

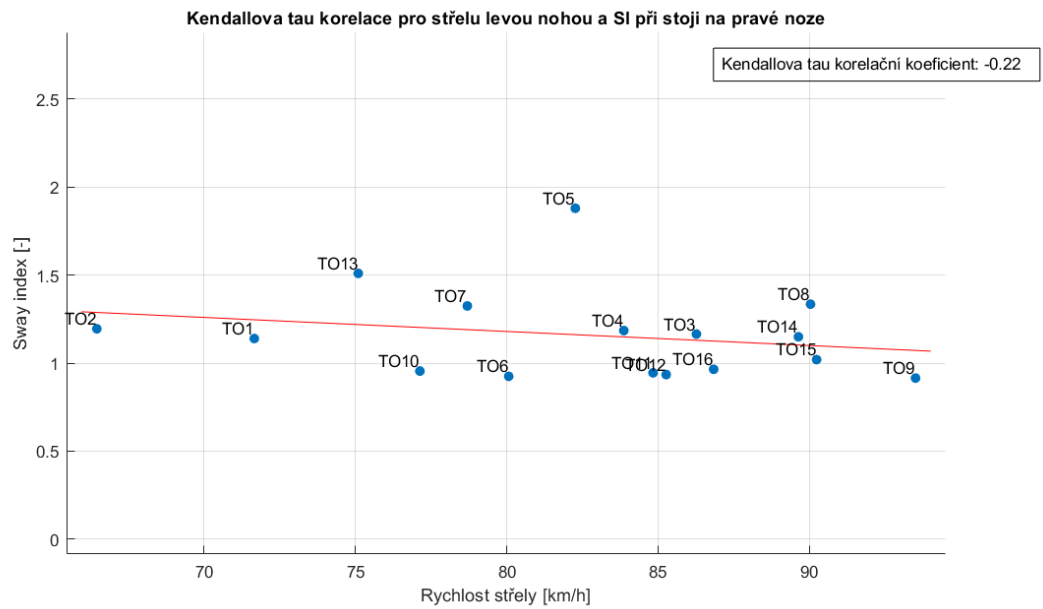
Kendalova tau korelace

- a) Kendallův tau korelační koeficient pro střelu pravou nohou a SI levé nohy je roven 0,13, což naznačuje velmi slabou pozitivní korelaci. Vzhledem k p-hodnotě rovné 0,52 nemáme dostatek důkazů pro zamítnutí H_0 .



Obrázek 20: Kendalova tau korelace – střela pravou nohou, SI levé nohy (vlastní zdroj)

- b) Kendallův tau korelační koeficient pro střelu levou nohou a SI pravé nohy je roven $-0,22$, což naznačuje slabou negativní korelaci. Vzhledem k p-hodnotě rovné $0,26$ nelze zamítnout hypotézu H_0 , že mezi střelou a SI neexistuje žádný v



Obrázek 21: Kendalova tau korelace – střela levou nohou, SI pravé nohy (vlastní zdroj)

6. DISKUZE

Zaměřením této práce je analyzovat vztah mezi rovnováhou a rychlostí střely u hráčů fotbalu, a to za předpokladu, že lepší rovnováha vede k rychlejší střele. K dosažení tohoto cíle je porovnávána kvalita rovnováhy reprezentována Sway indexem a samotná rychlost střely měřená v kilometrech za hodinu. Dle předpokladu by tedy nižší Sway index měl korespondovat s vyšší rychlostí střely u testovaných osob, kterými byly fotbalisté na poloprofesionální úrovni.

Analýza je prováděna dvěma způsoby. Prvním je porovnávání na základě pravidel definovaných funkcí *Plneni_predpokladu* (Příloha B -), která je doplněná o demonstraci příslušných *Gait lines*. Druhým způsobem je korelační analýza, která popisuje vztah na základě definovaných hypotéz a korelačních koeficientů, konkrétně Pearsonova, Spearmanova a Kendallova tau. Výsledky není možné vztáhnout pro praváky i leváky obecně, a to z důvodu, že předmětem této práce jsou pouze fotbalisté s dominantní pravou končetinou.

Výsledky získané prvním způsobem analýzy ukazují, že předpoklad při střele nedominantní (levou) dolní končetinou splňuje 10 z 16 testovaných osob, tedy 62,5 %. Při střele dominantní (pravou) dolní končetinou splňuje předpoklad této práce pouze 6 z 16 testovaných osob, tedy 37,5 %. Předpoklad, že lepší stabilita vede k rychlejší střele splňují pro střelu pravou nohou i levou nohou pouze 4 testované osoby (25 %).

Z dosažených znalostí o faktorech ovlivňujících střelu ve fotbale, jako je například rovnováha, síla dolních končetin nebo technika, lze výsledné hodnoty získané prvním způsobem analýzy interpretovat tak, že při střele dominantní nohou nemá úroveň rovnováhy daného jedince na výsledné rychlosti střely takový podíl, jako právě technika. Naopak při střele nedominantní nohou, kde zpravidla nebývá technika natolik dokonalá, má úroveň rovnováhy větší podíl na výsledné rychlosti střely.

Pro střelu dominantní končetinou výsledky korelační analýzy naznačují, že mezi zkoumanými proměnnými neexistuje žádný vztah, a to na základě všech vypočtených koeficientů. Pearsonův korelační koeficient je roven hodnotě 0,22, vzhledem k p-hodnotě rovné 0,41 nelze však na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ zamítnout hypotézu H_0 , že mezi Sway indexem a rychlostí střely neexistuje žádný vztah. Hodnota Spearmanova korelačního koeficientu 0,16 naznačuje, že mezi proměnnými neexistuje žádná závislost, což potvrzuje také p-hodnota rovna 0,56, tudíž nemůžeme hypotézu H_0 zamítnout. Totéž platí také pro Kendallův tau korelační koeficient, který je roven 0,13 a spolu s p-hodnotou 0,52 nelze vyvrátit hypotézu H_0 .

Protože hodnoty dat u Sway indexu při stožení na levé noze a střele pravou nohou jsou normálního rozložení, jediným důvodem pro rozpor výsledných koeficientů je nízký počet testovaných osob.

Pro střelu nedominantní končetinou výsledky také nenaznačují existenci přímé nebo nepřímé závislosti mezi Sway indexem a rychlostí střely. Pearsonův korelační koeficient

rovný -0,23 by naznačoval mírnou nepřímou závislost, avšak vzhledem k p-hodnotě rovné 0,39 nelze na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ zamítnout hypotézu H_0 . Obdobně vycházejí hodnoty i zbylých dvou korelačních koeficientů, kdy je hodnota Spearmanova korelačního koeficientu rovna -0,31. P-hodnota 0,25 však nedovoluje zamítnout hypotézu H_0 . Kendallův tau korelační koeficient je roven -0,22, na základě p-hodnoty rovné 0,26 není možné hypotézu H_0 zamítnout.

Jelikož hodnoty Sway indexů při stožení na pravé noze nejsou normálního rozložení, je možné připustit chybu ve výsledcích Pearsonova korelačního koeficientu. Ten je citlivý na odlehlejší hodnoty v datech a spolu s nízkým počtem testovaných osob lze připustit chybný výsledek. Zbylé korelační koeficienty mohou být ovlivněny již zmiňovaným nízkým počtem testovaných osob.

Výsledky této bakalářské práce jsou v souladu s autory Edisem, Vuralem a Vurgunem [10], kteří ve své práci nedospěli k významné korelaci mezi stabilitou a střelbou ve fotbale. Jejich výzkum byl ovšem zaměřen na přesnost střelby, proto nelze výsledky těchto dvou analýz přímo srovnávat. Také Meadows [22] ve své práci zaměřené na vliv balančního tréninku na přesnost střelby nedospěl k závěru, že by mezi proměnnými existovala významná korelace.

Rozdílných výsledků dosáhli Burhaein, Ibrahim a Pavlovic [8], kteří při svém výzkumu zjistili významnou korelaci mezi střelbou a parametry, které ji ovlivňují, jako je síla dolních končetin nebo rovnováha. U autorů Mitrousis, Bourdase, Kounalakis, Berkise, Mitrotasios, Kostopoulou a Ktistakis [25] se vliv balančního tréninku projevil spíše na přesnosti střelby dominantní končetinou, naopak než ve výsledcích této bakalářské práce.

ZÁVĚR

Fotbal jde neustále dopředu a při rozdílech mezi nejlepšími týmy rozhodují maličkosti. Cílem fotbalového utkání je vstřelit gól, k čemuž je zapotřebí celá řada na sebe navazujících činností týmu i jednotlivců. Poslední částí pro vstřelení branky je střela, která mnohdy rozhoduje o úspěchu či neúspěchu. Cílem této semestrální práce je analyzovat vztah střely a rovnováhy za pomoci moderních technologií, a tím dát fotbalistům možnost se v této dovednosti zlepšit.

Tato bakalářská práce byla zaměřena na analýzu vztahu mezi rovnováhou a rychlostí střely u hráčů fotbalu. K této analýze bylo využito více přístrojů. K testování rovnovážných schopností jednotlivých testovaných osob byl použit přístroj Biodex Balance System a z něj získaný Sway index, který určuje míru kvality rovnováhy. Pro měření rychlosti střely byl použit sportovní radar Stalker ATS II. Jako doplňující součást analýzy byly používány tenzometrické vložky Medilogic WLAN insole, ze kterých byla získána Gait line, tedy křivka nejvíce zatěžovaných bodů.

Výsledky, kterých bylo v této práci dosaženo naznačují, jak vypadá vztah mezi rovnováhou a rychlostí střely u hráčů fotbalu, i přesto nemusí být stoprocentně určující a mohou mít své limity. Tyto limity lze vztahovat k samotnému procesu testování, tedy k dalším faktorům, které střelu ovlivňují, jako je například síla dolních končetin nebo technika, která hraje významnou roli. Důležité postavení mezi ovlivňujícími faktory střelby má také zkušenost a fotbalová kvalita testovaných hráčů.

Limity lze najít ve zvolené metodě provedení analýzy. Mezi ně zahrnout především nedostatečný počet testovaných osob, který by zaručoval všeobecnou věrohodnost výsledků ve fotbalové populaci. Pro důkladnější pohled na vztah mezi zkoumanými proměnnými by bylo potřeba provést další analýzu, a to na více hráčích s dominantní pravou i levou dolní končetinou, případně najít jiný druh analýzy, která by daný vztah prozkoumala.

LITERATURA

- [1] ACKLAND, Timothy R., Bruce C. ELLIOTT a John BLOOMFIELD. *Applied Anatomy and Biomechanics in Sport*. 2. Blackwell Publishing, 2009. ISBN 978-0-736-06338-8.
- [2] *Apex Athlete Series*. STATSports [online]. 2023 [cit. 2023-11-03]. Dostupné z: <https://statsports.com/apex-athlete-series>
- [3] *Balance System SD: Operation/service manual*, 2016. New York.
- [4] BEDŘICH, Ladislav, 2006. *Fotbal: rituální hra moderní doby*. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 80-210-3927-2.
- [5] BERNACIKOVÁ, Martina, Jan CACEK, Lenka DOVRTĚLOVÁ, et al., 2020. *Regenerace a výživa ve sportu*. 3., doplněné vydání. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-9725-4.
- [6] BERNACIKOVÁ, Martina, Kateřina KAPOUNKOVÁ a Jan NOVOTNÝ. *Fyziologie sportovních disciplín* [online]. 1. Masarykova univerzita, 2010 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/fyziologie_sport/sport/hry-fotbal.html
- [7] BIZOVSKÁ, Lucia, Miroslav JANURA, Marcela MÍKOVÁ a Zdeněk SVOBODA, 2017. *Rovnováha a možnosti jejího hodnocení*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-5259-3.
- [8] BURHAEIN, Erick, Bagus Kanang IBRAHIM a Ratko PAVLOVIC, 2020. *The Relationship of Limb Muscle Power, Balance, and Coordination with Instep Shooting Ability: A Correlation Study in Under-18 Football Athletes*. International Journal of Human Movement and Sports Sciences [online]. 8(5), 265-270 [cit. 2024-01-03]. ISSN 2381-4381. Dostupné z: doi:10.13189/saj.2020.080515
- [9] CACHUPE, Wendy J. C., Bethany SHIFFLETT, Leamor KAHANOV a Emily H. WUGHALTER, 2001. *Reliability of Biodex Balance System Measures*. Measurement in Physical Education and Exercise Science [online]. 5(2), 97-108 [cit. 2023-12-08]. ISSN 1091367X. Dostupné z: doi:10.1207/S15327841MPEE0502_3
- [10] EDIS, Çağlar, Faik VURAL a Hikmet VURGUN, 2016. *The Importance of Postural Control in Relation to Technical Abilities in Small-Sided Soccer Games*. Journal of Human Kinetics [online]. 2016-12-1, 53(1), 51-61 [cit. 2023-12-30]. ISSN 1899-7562. Dostupné z: doi:10.1515/hukin-2016-0010
- [11] EFTEKHAR-SADAT, Bina, Roghayeh AZIZI, Akbar ALIASGHARZADEH, Vahideh TOOPCHIZADEH a Morteza GHOJAZADEH, 2015. *Effect of balance training with Biodex Stability System on balance in diabetic neuropathy*. Therapeutic Advances in Endocrinology and Metabolism [online]. 6(5), 233-240 [cit. 2023-12-08]. ISSN 2042-0188. Dostupné z: doi:10.1177/2042018815595566
- [12] *Goal-line technologie*. FIFA [online]. 2023 [cit. 2023-11-03]. Dostupné z: <https://www.fifa.com/technical/football-technology/standards/goal-line-technology>

- [13] HAHN, Aleš, 2019. *Otorinolaryngologie a foniatrie v současné praxi*. 2. Grada Publishing. ISBN 9788027105724.
- [14] HAHN, Aleš, 2015. *Otoneurologie a tinitologie*. 2., doplněné vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4345-5.
- [15] HENDL, Jan, 2009. *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. 3., přeprac. vyd. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-482-3.
- [16] JANČAR, Rostislav. *Jak funguje systém, který ví o fotbalistech všechno*. Poprvé v ČR. IDnes.cz [online]. 2006 [cit. 2023-11-03]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/reportaze/jak-funguje-system-ktery-vi-o-fotbalistech-vsechno-poprve-v-cr.A061002_161541_tec_reportaze_kuz
- [17] JEBAVÝ, Radim a Tomáš ZUMR, 2009. *Posilování s balančními pomůckami*. Praha: Grada. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-2802-5.
- [18] JEBAVÝ, Radim a Tomáš ZUMR, 2014. *Posilování s balančními pomůckami*. 2., dopl. vyd. Praha: Grada. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-5130-6.
- [19] KAČMÁRIK, Tomáš; KALICHOVÁ, Miriam; MAČURA, Peter; PAVLÍK, Jindřich; RUŽBARSKÝ, Pavel et al. 2013. *Výzkum ve sportovním tréninku IV*. Online. Masaryk University Press. ISBN 978-80-210-6492-8. Dostupné z: <https://doi.org/10.5817/CZ.MUNIM210-6492-2013>. [cit. 2023-10-12].
- [20] KVAČEK, Milouš, 2002. *Jak trénovat nejmenší fotbalisty-abeceda pro začínající trenéry*. Praha: Sdružení MAC. Fotbal jak na to!. ISBN 80-86015-81-5.
- [21] LEES, A.; ASAI, T.; ANDERSEN, T. B.; NUNOME, H. a STERZING, T. *The biomechanics of kicking in soccer: A review*. Online. Journal of Sports Sciences. 2010, roč. 28, č. 8, s. 805-817. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.481305>. [cit. 2023-10-17].
- [22] MEADOWS, Halle M., 2022. *The Influence of Core Strength Exercise on Lower Extremity Balance, Stability, and Accuracy of a Soccer Shot*. Bakersfield. Diplomová práce. California State University, Bakersfield.
- [23] MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL, 2008. *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Praha: Grada. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-1521-6.
- [24] *MiCoach*. LionSport [online]. 2023 [cit. 2023-11-03]. Dostupné z: <https://www.lionsport.cz/technologie/micoach>
- [25] MITROUSIS, Ioannis, Dimitrios I. BOURDAS, Stylianos KOUNALAKIS, Evangelos BEKRIS, Michael MITROTASIOS, Nikolaos KOSTOPOULOS, Ioannis E. KTISTAKIS a Emmanouil ZACHARAKIS. *The Effect of a Balance Training Program on the Balance and Technical Skills of Adolescent Soccer Players*. Journal of Sports Science and Medicine [online]. 645-657 [cit. 2023-12-30]. ISSN 1303-2968. Dostupné z: doi:10.52082/jssm.2023.645
- [26] PATLA, Aftab E. *Understanding the roles of vision in the control of human locomotion*. Gait & Posture [online]. 1997, 5(1), 54-69 [cit. 2023-12-08]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/S0966-6362(96)01109-5
- [27] PLACHÝ, Antonín a Luděk PROCHÁZKA, 2019. *Učebnice fotbalu pro trenéry dětí (4-13 let): učební texty pro C licence FAČR, Grassroots UEFA C licenci*.

- Doplňené a aktualizované vydání. Praha: Mladá fronta. Edice Českého olympijského výboru. ISBN 978-80-204-5511-6.
- [28] *Poloautomatická ofsajdová technologie*. FIFA [online]. 2023 [cit. 2023-11-03]. Dostupné z: <https://www.fifa.com/technical/football-technology/football-technologies-and-innovations-at-the-fifa-world-cup-2022/semi-automated-offside-technology>
- [29] RIEMANN, Bryan L., Kelsey PIERSOL a George J. DAVIES, 2017. *Effects of Trial Duration on Intrasession Reliability of Single Leg Balance Testing on Stable and Unstable Surfaces*. Journal of Sport Rehabilitation [online]. 2017-11-1, 26(6) [cit. 2023-12-08]. ISSN 1056-6716. Dostupné z: doi:10.1123/jsr.2016-0205
- [30] SEIDL, Zdeněk. 2015. *Neurologie pro studium a praxi*. 2. Grada Publishing. ISBN 978-80-247-9656-7.
- [31] STALKER SPORT, 2023. *Stalker ATS II* [online]. [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://stalker.sport/ats-ii/>
- [32] *T&T medilogic Medizintechnik GmbH: Manual medilogic Pressure Measurement*, 2018. Schönefeld, Germany.
- [33] *Technologie video asistenta rozhodčí*. FIFA [online]. 2023 [cit. 2023-11-03]. Dostupné z: <https://www.fifa.com/technical/football-technology/standards/video-assistant-referee>
- [34] VOTÍK, Jaromír, 2016. *Fotbal: trénink budoucích hvězd*. 2., dopl. vyd. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0029-3.
- [35] VOTÍK, Jaromír, 2005. *Trenér fotbalu "B" UEFA licence: (učební texty pro vzdělávání fotbalových trenérů)*. 2. vyd. Praha: Olympia ve spolupráci s Českomoravským fotbalovým svazem. ISBN 80-7033-921-7.
- [36] WEINBERG, Robert S. a Daniel GOULD. *Foundation of Sport and Exercise Psychology*. 7. Human Kinetics, 2003.
- [37] ZVONÍKOVÁ, Alena, Libuše ČELEDOVÁ a Rostislav ČEVELA, 2010. *Základy posuzování invalidity*. 1. Grada Publishing. ISBN 978-80-247-7355-1.

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symboly:

kJ, J	kilojoul, joul	jednotka energie, práce
km/h	kilometry za hodinu	jednotka rychlosti
ms, s	milisekunda, sekunda	jednotka času
N.m.kg ⁻¹	newton krát metr ku kilogramu	jednotka momentu síly
N/cm ²	newton na centimetr čtvereční	jednotka tlaku

Zkratky:

CESA	Centrum sportovních aktivit
CNS	Centrální nervová soustava
COG	centre of gravity
COM	centre of mass
COP	centre of pressure
CT	core training
FIFA	Fédération internationale de football association
GPS	Global Positioning System
IAAP	Implementation Assistance and Approval Program
IFAB	International Football Association Board
IHV	Individuální herní výkon
IMU	Inertial Measurement Unit
KK	Kendallův tau korelační koeficient
m.	musculus (sval)
MAX	maximum
MIN	minimum
PK	Pearsonův korelační koeficient
SI	Sway index
SK	Spearmanův korelační koeficient
SWT	Shapiro-Wilkův test
TO	Testovaná osoba
VAR	Video asistent rozhodčího
VUT	Vysoké učení technické

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A - Informovaný souhlas.....	59
Příloha B - Funkce Plneni_predpokladu.....	60
Příloha C - Ověření normality dat.....	61
Příloha D - Korelační analýza.....	62
Příloha E - Gait lines.....	63

Příloha A - Informovaný souhlas

Příloha B - Funkce Plneni_predpokladu

Příloha C - Ověření normality dat

Příloha D - Korelační analýza

Příloha E - Gait lines