

## Diplomová práce

# Zavedení metodiky měření pro výkon a stereotypní pohyby hráčů ledního hokeje

*Studijní program:*

N0914P360003 Biomedicínské inženýrství

*Autor práce:*

**Bc. Matouš Klikar**

*Vedoucí práce:*

doc. Ing. Lukáš Čapek, Ph.D.  
Katedra technologií a struktur

*Konzultant práce:*

MUDr. Roman Mizera, Ph.D.  
KNL

Liberec 2024



## Zadání diplomové práce

# Zavedení metodiky měření pro výkon a stereotypní pohyby hráčů ledního hokeje

<i>Jméno a příjmení:</i>	<b>Bc. Matouš Klikar</b>
<i>Osobní číslo:</i>	D21000149
<i>Studijní program:</i>	N0914P360003 Biomedicínské inženýrství
<i>Zadávací katedra:</i>	Fakulta zdravotnických studií
<i>Akademický rok:</i>	2022/2023

## Zásady pro vypracování:

**Konzultant: MUDr. Roman Mizera, Ph.D.**

### Cíle práce:

1. Provést rešerši na téma biomechaniky ledního hokeje a sportovní medicíny.
2. Vytvoření metodiky měření kinematiky a kinetiky pomocí nástrojů pohybové analýzy.
3. Vytvoření metodiky pro výkonnostní charakteristiky spojené s kinematikou hráče.
4. Naměřit pomocí nástrojů pohybové analýzy vstupní data, která budou sloužit jako referenční.
5. Naměřit data, která budeme s referenčními daty porovnávat.

### Teoretická východiska (včetně výstupu z kvalifikační práce):

Hráči ledního hokeje jsou náchylní na poranění díky unilaterální podstatě sportu. Hrozbami jsou stereotypní pohyby a kolísání výkonosti v průběhu roku. Díky pohybové analýze lze tyto hrozby preventivně vyhodnotit a ve spolupráci s lékaři/fyzioterapeuty odstranit. Pro správné a efektivní měření je potřeba zavedení vhodné metodiky. Výstupem práce bude metodický manuál.

### Výzkumné předpoklady / výzkumné otázky:

1. Předpokládáme, že námi vytvořená metodika bude funkční a efektivní.
2. Předpokládáme, že dojde ke zlepšení výsledků oproti referenčním datům.

### Metoda:

Kvalitativní.

### Technika práce, vyhodnocení dat:

Měření v laboratoři pomocí nástrojů pohybové analýzy, strukturované pozorování při průběhu měření. Text bude zpracován pomocí textového editoru Microsoft Office Word 2019.

### Místo a čas realizace výzkumu:

Místo: Krajská nemocnice Liberec, a.s.; Technická univerzita v Liberci; Sport Park Liberec  
Čas: školní rok 2022

### Vzorek:

Respondenti pro výzkumnou část budou hráči týmu HC Bílí Tygři Liberec.

### Rozsah práce:

Rozsah diplomové práce činí 70–90 stran (tzn. 1/3 teoretická část, 2/3 výzkumná část).

### Forma zpracování kvalifikační práce:

Tištěná a elektronická.

*Rozsah grafických prací:*

*Rozsah pracovní zprávy:*

*Forma zpracování práce:*

tištěná/elektronická

*Jazyk práce:*

čeština

## **Seznam odborné literatury:**

DYLEVSKÝ, Ivan. Obecná kineziologie. Praha: Grada, 2007, 190 s. ISBN 978-80-247-1649-7.

GUPTA, Subir et al. Relationship between vertical jump tests and ice-skating performance in junior Polish ice hockey players. *Biology of Sport* [online]. 2022[cit. 2022-08-03]. ISSN 0860-021X.

KAARTINEN, Sami et al. Lower limb muscle activation patterns in ice-hockey skating and associations with skating speed. *Sports Biomechanics* [online]. 2021, 1-16 [cit. 2022-08-04]. ISSN 1476-3141.

KOKINDA, Marek et al. Functional state of the musculoskeletal system and injury rate among ice hockey players. *International Journal of Physical Education, Fitness and Sports* [online]. 2020, 30-36 [cit. 2022-08-03]. ISSN 2457-0753.

NÄSSÉN, Nina et al. Forces on hockey players: vectors, work, energy and angular momentum. *European Journal of Physics* [online]. 2019, 40(6) [cit. 2022-08-03]. ISSN 0143-0807.

PRAKASH, C., R. KUMAR a N. MITTAL. 2018. Recent developments in human gait research: parameters, approaches, applications, machine learning techniques, datasets and challenges. *Artificial Intelligence Review*. 49, 1-40. DOI 10.1007/s10462-016-9514-6.

SETH, Ajay et al. 2018. OpenSim: Simulating musculoskeletal dynamics and neuromuscular control to study human and animal movement. *PLoS One*. 14(7), 1-20. DOI 10.1371/journal.pcbi.1006223.

STERGIOU, Nicholas. 2020. *Biomechanics and Gait Analysis*. San Diego: Elsevier. ISBN 978-01-281-3372-9.

TEGNER, Yelverton a R LORENTZON. Ice hockey injuries: incidence, nature and causes. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 1991, 25(2), 87-89 [cit. 2022-08-03]. ISSN 0306-3674.

UPJOHN, Tegan et al. Three-dimensional kinematics of the lower limbs during forward ice hockey skating. *Sports Biomechanics* [online]. 2008, 7(2), 206-221 [cit. 2022-08-03]. ISSN 1476-3141.

VANDI, Kevin. Ice Hockey Biomechanics: How to Skate Faster and Avoid Injury. *Kolektiv pracovníků Competitive Edge*. Competitive Edge [online]. Competitive Edge, [cit. 04.08.2022].

*Vedoucí práce:*

doc. Ing. Lukáš Čapek, Ph.D.

Katedra technologií a struktur

*Konzultant práce:*

MUDr. Roman Mizera, Ph.D.

KNL

*Datum zadání práce:*

25. října 2022

*Předpokládaný termín odevzdání:* 5. května 2023

L.S.

prof. MUDr. Karel Cvachovec, CSc.,

MBA

děkan

doc. Ing. Daniel Jiráček, Ph.D.

garant studijního programu

**Rozhodnutí o žádosti studenta**  
**Jiný typ žádosti, uveďte se cíl žádosti ručně**

Jméno a příjmení: **Matouš Klikar**  
Osobní číslo: **D21000149**  
Datum podání žádosti **03.01.2023**

**Rozhodnutí děkana ze dne 16.01.2023 :**

**VYHOVĚL ČÁSTEČNĚ**

**Odůvodnění**

Téma bude ponecháno za předpokladu přepracování cílů práce, s ohledem na profil absolventa zvoleného studijního modulu.

**Poučení**

Rozhodnutí nemá odvolání.

**Rozhodnutí rektora ze dne**

**NEUVEDENO**

**Odůvodnění:**

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

## **Poděkování**

Poděkování je věnováno vedoucímu práce doc. Ing. Lukáši Čapkovi, Ph.D. za předané zkušenosti, trpělivost, vstřícnost, přístup, cenné rady a připomínky. Dále děkuji Ing. Jiřímu Vitvarovi za pomoc s měřením a technickou podporu. Poděkování patří také konzultantovi práce MUDr. Romanu Mizerovi, Ph.D. za odborné lékařské rady a zprostředkování komunikace s klubem HC Bílí Tygři Liberec. A právě klub HC Bílí Tygři Liberec si zaslouhuje poděkování za umožnění měření hráčů z hlavního týmu. Poděkování směřuje také do Krajské nemocnice Liberec a konkrétně do Laboratoře analýzy pohybu, bez kterých by nebylo v mých silách výzkum v rámci této diplomové práce uskutečnit. V neposlední řadě děkuji rodině a přátelům za neutuchající podporu během studia.

# **ANOTACE**

## **Zavedení metodiky měření pro výkon a stereotypní pohyby hráčů ledního hokeje**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem metodiky měření výkonnosti a stereotypních pohybů ledních hokejistů pomocí silových desek firmy Kistler a zobrazovacího systému EOS. Rešerše teoretické části se dotýká biomechaniky bruslení, sportovní medicíny, měření asymetrie jako důsledku stereotypních pohybů, pohybové analýzy a zdravotnické techniky. Praktická část popisuje postup zavedené metodiky. Charakterizuje výzkumný vzorek, zvolené testy a proces získávání i analýzu dat ze silových desek a ze systému EOS s využitím programů MARS, respektive SterEOS. Následně popisuje výsledky, identifikuje limitace a formuluje doporučení pro potenciální zlepšení nastavené metodiky.

### **Klíčová slova**

Asymetrie končetin, EOS, lední hokej, silové desky, skokové testy, sportovní výkon

# **ANNOTATION**

## **Introduction of a measurement methodology for performance and stereotypical movements of ice hockey players**

This thesis focuses on the design of a methodology for measuring the performance and stereotypical movements of ice hockey players using Kistler force plates and the EOS imaging system. The theoretical part of the thesis touches upon skating biomechanics, sports medicine, measurement of asymmetry as a result of stereotypical movements, movement analysis and medical technology. The practical part describes the procedure of the introduced methodology. It characterizes the research sample, the selected tests and the process of data acquisition and analysis from force plates and from the EOS system using the MARS and SterEOS programs, respectively. It then describes the results, identifies limitations and presents recommendations for potential improvements to the established methodology.

### **Keywords**

Limb asymmetry, EOS, ice hockey, force plates, jump tests, sports performance



## Obsah

Seznam symbolů a zkratk .....	12
1 Úvod.....	15
2 Teoretická část .....	16
2.1 Biomechanika bruslení.....	16
2.1.1 Specifika ledové plochy .....	16
2.1.2 Brusle .....	16
2.1.3 Dopředný pohyb na bruslích.....	16
2.1.4 Svalová aktivita dolních končetin při hokejovém krokovém cyklu .....	18
2.2 Vliv typu svalových vláken na výkonnost hráčů ledního hokeje.....	20
2.2.1 Typy svalových vláken .....	20
2.2.2 Vliv svalových vláken typu IIA a IIX na sportovní výkon.....	21
2.3 Asymetrie jako důsledek stereotypních pohybů .....	21
2.3.1 Stereotypní pohyb .....	21
2.3.2 Silová asymetrie a její vznik .....	22
2.3.3 Hodnocení silové asymetrie.....	22
2.3.4 Skeletální asymetrie .....	23
2.4 Vliv asymetrie na výkon a zranění.....	24
2.5 Pohybová analýza sportovního výkonu .....	24
2.5.1 Nástroj pro kinetickou analýzu pohybu .....	24
2.5.2 Konstrukce a fyzikální princip silových desek .....	25
2.6 Popis programového prostředí Kistler MARS .....	26
2.7 Skokové testy .....	27
2.7.1 Průběh skokových testů .....	27
2.7.2 Funkční anatomie skokových testů.....	29
2.7.3 Pozorované parametry .....	30
2.8 Charakteristika zobrazovacího systému EOS .....	31

2.8.1	Princip fungování systému EOS .....	32
2.8.2	Program SterEOS.....	33
3	Praktická část .....	36
3.1	Cíle a výzkumné předpoklady.....	36
3.2	Metody .....	36
3.2.1	Proces získávání dat.....	36
3.2.2	Charakteristika výzkumného vzorku .....	39
3.2.3	Skokové testy .....	40
3.2.4	Popis pracovního prostředí a vybavení.....	44
3.3	Analýza výzkumných dat.....	47
3.3.1	Příprava dat.....	47
3.3.2	Analýza a vizualizace dat naměřených pomocí silových desek .....	49
3.3.3	Analýza a vizualizace výsledků vyšetření pomocí programu SterEOS.....	55
3.4	Vyhodnocení výsledků práce .....	64
4	Diskuze .....	66
5	Návrh doporučení pro praxi.....	68
6	Závěr .....	69
	Seznam použité literatury .....	70
	Seznam příloh .....	80
	Příloha A: Kompletní týmové výsledky měření relativní síly a relativního výkonu ..	81
	Příloha B: Grafická reprezentace individuálních výsledků měření relativní síly a relativního výkonu Hráče A.....	82
	Příloha C: Grafická reprezentace individuálních výsledků měření relativní síly a relativního výkonu Hráče B .....	83
	Příloha D: Grafická reprezentace individuálních výsledků měření relativní síly a relativního výkonu Hráče C .....	84
	Příloha E: Kompletní týmové výsledky asymetrií dolních končetin .....	85

Příloha F: Ukázka snímků z programu SterEOS s vepsanými kurzory, linkami, parametry a hodnotami hráče C .....	86
Příloha G: Parametry vyhodnocené pomocí systému SterEOS hráče A.....	88
Příloha H: Parametry vyhodnocené pomocí systému SterEOS hráče B.....	91

## Seznam symbolů a zkratek

%	procento
%BW	procento tělesné hmotnosti
.csv	comma-separated values
.xlsx	formát souboru pro ukládání dat z tabulkového editoru
°	stupeň
3D	trojrozměrný
A/D	analogově-digitální
C7	sedmý krční obratel
CAM	center of auditory meatus
cm	centimetr
CMJ	counter movement jump
COP	center of pressure
CSL	central sacral line
CT	computed tomography (výpočetní tomografie)
CV	coefficient of variation (koeficient variance)
č.	číslo
DAQ	data acquisition (akvizice dat)
DICOM	digital imaging and communications in medicine
DJ	drop jump
DK	dolní končetina
D-Sub	D-subminiature
EMG	elektromyograf
F	síla

GRF	ground reaction force
HKS	hip-knee shaft angle
kg	kilogram
kN	kilonewton
KNL	Krajská nemocnice Liberec
L	levá
L3	třetí lumbální obratel
L4	čtvrtý lumbální obratel
L5	pátý lumbální obratel
LJ	lateral jump
MARS	measurement, analysis and reporting software
mm	milimetr
MRI	magnetic resonance imaging (magnetická rezonance)
ms	milisekunda
MS	Microsoft
Obr.	obrázek
p	p-hodnota
P	pravá
SD	standard deviation (směrodatná odchylka)
SJ	squat jump
SLCMJ	single leg counter movement jump
SVA	sagittal vertical axis
SW	software
T10	desátý hrudní obratel

tzv.	takzvaný
USB	universal serial bus
W/kg	watt na kilogram
$\sigma$	směrodatná odchylka

# 1 Úvod

Hodnocení výkonnostních parametrů, silové a skeletální asymetrie dolních končetin jako prevence proti zranění hráčů ledního hokeje je komplexním tématem. Podle dostupných informací nebylo takové téma doposud zpracováno. Zranění hráčů ledního hokeje, která jsou důsledkem opakovaných stereotypních pohybů, které mohou vést k asymetrii dolních končetin, mohou dále vést k negativním změnám pohybového aparátu. Díky dobře nastavené metodice a multioborové spolupráci jsou takové změny predikovatelné a lze tak nastavit preventivní opatření.

Posuzování výkonnostních parametrů je již dlouholetým standardem ve vrcholovém sportu. Mezi testy hodnotící výkonnost patří testy agility, síly, balanční testy, testy mobility a také skokové testy. Skokové testy jsou univerzálním ukazatelem pohybových schopností s přesahem do hry ledního hokeje. Vhodné jsou také k evaluaci asymetrie dolních končetin. Skokové testy by tedy měly být primární volbou k testování výkonnosti a opakujících se stereotypních pohybů vedoucích k asymetrii.

Cíle práce zahrnují vytvoření funkční a efektivní metodiky pro měření pohybových schopností ledních hokejistů pomocí nástrojů pohybové analýzy. K tomu se pojí vypracování rešerší na témata biomechaniky bruslení, sportovní medicíny, stereotypních pohybů, sportovního výkonu, nástroje pohybové analýzy, skokové testy, silová a skeletální asymetrie. Pomocí nastavené metodiky je úkolem získat data pomocí silových desek. Na základě získaných dat z měření, výpočtů, evaluace výkonnostních parametrů spolu s asymetrií dolních končetin a konzultace s odborníky bude výstupem práce doporučení k vyšetření pomocí zobrazovacího systému EOS a k případné terapii v dohledu lékaře nebo doporučení k úpravě tréninkových a pohybových návyků pod dozorem odpovědné osoby.

## **2 Teoretická část**

### **2.1 Biomechanika bruslení**

V první kapitole bude nastíněna biomechanika bruslení. Neboť je to pohyb, který vykonává hráč ledního hokeje po celou dobu, kdy je na ledě, zejména bude rozebrán dopředný pohyb. Stejně jako chůze, tak i bruslení má svůj cyklus a jemu náležící fáze. Avšak hlavně díky povrchu, kterým je led a díky bruslím má bruslení svá specifika. Proto je vhodné začít s představením pohybu ledního hokejisty jako s úvodem do problematiky.

#### **2.1.1 Specifika ledové plochy**

Unikátnost profesionální ledové plochy tkví ve velmi nízkém koeficientu tření. Ten úzce souvisí také s teplotou ledové plochy, která je přístrojově regulována. Platí zde, že čím nižší teplota, tím efektivnější pohyb hráčů (Pearsall et al., 2000). Mechanismus, který dovoluje bruslení po ledové ploše, vysvětlují Martine Le Berre a Yves Pomeau (2015). Zjednodušeně jde o souhru několika faktorů, díky kterým vzniká mezi povrchem ledu a ocelovým povrchem nože brusle tenká vrstva vody. Tato vrstva vody se v tu chvíli chová jako lubrikant a snižuje mezi oběma povrchy tření.

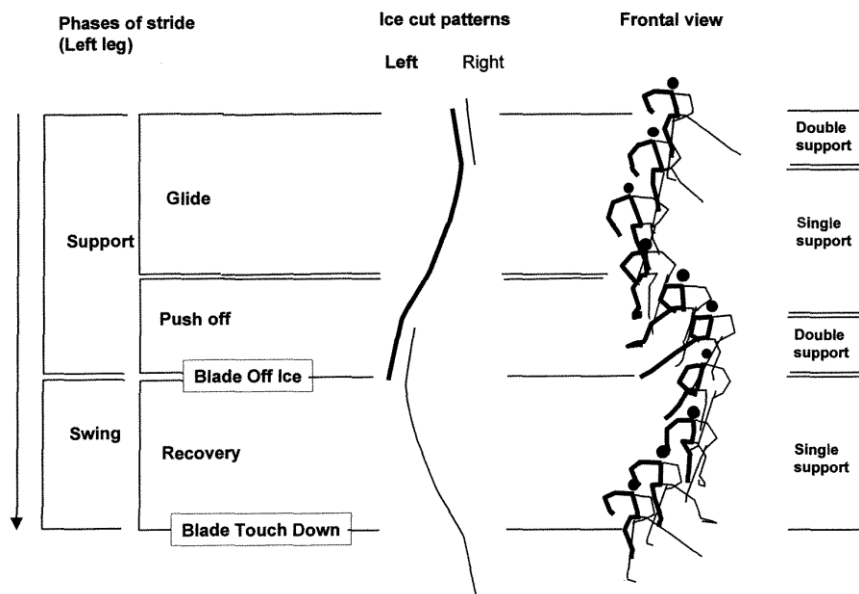
#### **2.1.2 Brusle**

Hokejová brusle je pro hráče nástrojem, který jim umožňuje efektivně se pohybovat na ledové ploše mechanismem, který je popsán výše. Brusle jako taková se skládá z boty, z držáku na nůž a z nože. Nejdůležitější částí brusle je nůž, který obvykle jako jediný přichází do kontaktu s ledovou plochou. Nůž brusle má svůj profil a žlábek. Oba tyto parametry ovlivňují funkčnost brusle. Profil je podélné zakřivení kontaktní plochy nože a žlábek příčné vykrojení kontaktní plochy nože. Obojí umožňuje pomocí broušení nastavovat vlastnosti brusle (Pearsall et al., 2000).

#### **2.1.3 Dopředný pohyb na bruslích**

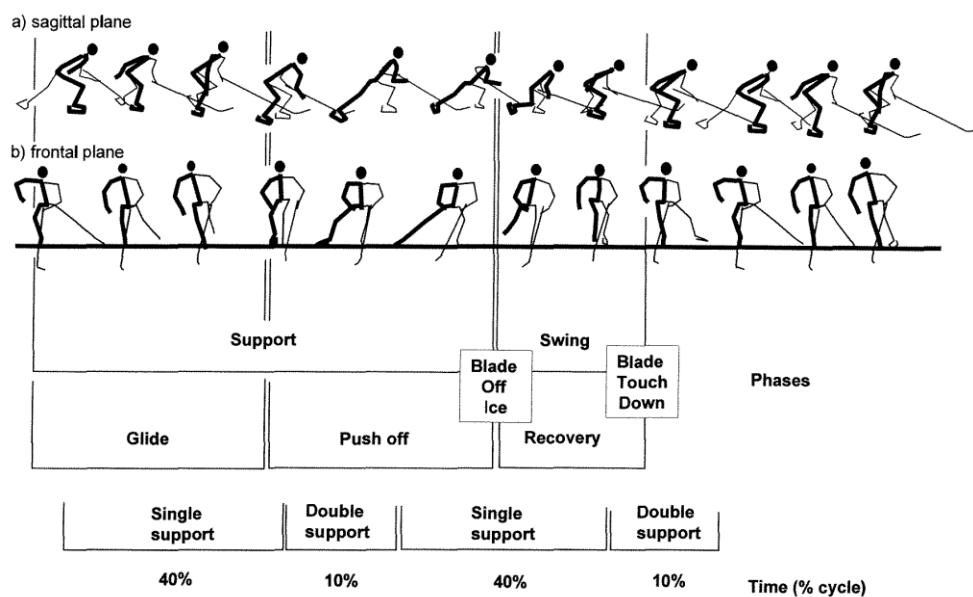
Pro jednoduchost bude popsán dopředný pohyb pouze v přímé dráze. K názornějšímu popisu poslouží také obrázek (Obr. 1) pod tímto odstavcem. Stejně jako krokový cyklus má hokejový krokový cyklus dvě fáze. Fází opornou (support) a fází švihovou (swing). Opornou fází lze dále dělit na fázi jednoohé (single support) a dvojité opory (double support), které z celkové doby zabírají přibližně 80 % a 20 %. Avšak procentuální zastoupení se může měnit například v závislosti na rychlosti a stylu bruslení.





Obr. 1 Frontální pohled na hokejový krokový cyklus s jeho fázemi a sinusoidální trajektorií (Zdroj: Pearsall et al., 2000)

Na obrázku (Obr. 1) je možné pozorovat kompletní cyklus počínaje opornou fází. Pohyb je vztažen na levou nohu z pohledu čtenáře/pozorovatele. Hráč na obrázku začíná svůj pohyb skluzem (glide) levé nohy, kdy v tomto momentu dokončil fázi zotavení (recovery). Levou nohou, respektive nožem brusle vytváří v ledové ploše rýhu tvaru sinusoidy. Tato trajektorie je dána postupným přenosem váhy právě na levou nohu, jak hráč přechází z dvojité, přes jednohodu oporu. Tento přenos váhy a znatelné vytočení levého kolene směrem ven předchází odrazu (push off). Při samotném odrazu dochází k přechodu do druhé fáze dvojité opory. Hráč v tuto chvíli pokládá pravou nohu pod své těžiště a chystá se k prudké extenzi kolena a kyčle, spolu s plantární flexí kotníku levé nohy. Důležitou proměnou při odrazu je úhel, který svírá nůž brusle spolu s ledem. Tento úhel dosahuje až 45 stupňů. Po dokončení odrazu následuje druhá fáze jednohodu opory a zároveň fáze švihů. Opět dochází k přenosu váhy nad opěrnou nohu. Během této fáze se levá noha zotavuje a připravuje k započetí dalšího skluzu. Kompletní cyklus doprovází náklon trupu ve směru jízdy, který se může pohybovat kolem úhlu 40 stupňů.

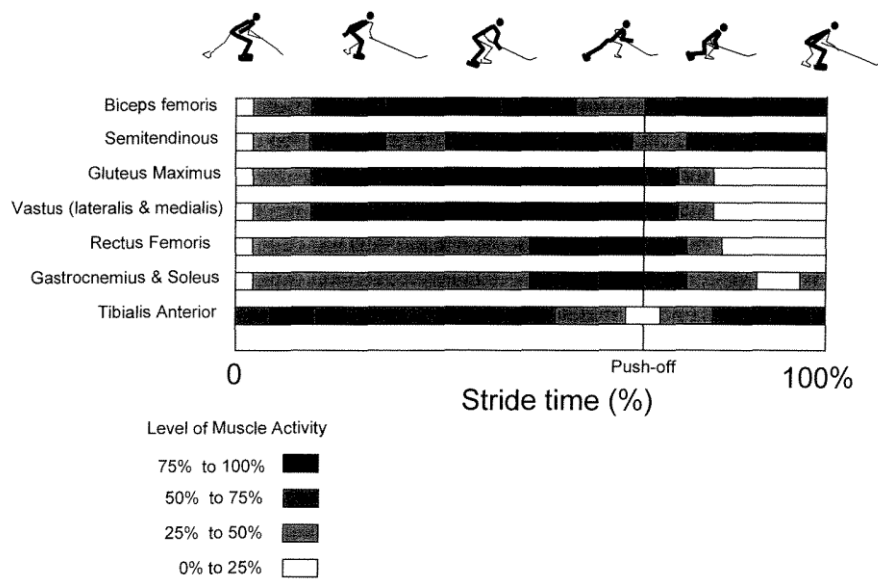


Obr. 2 Sagitální (a) a frontální pohled na hokejový krokový cyklus s procentním časovým zastoupením jednotlivých fází (Zdroj: Pearsall et al., 2000)

Díky srovnání sagitálního i frontálního pohledu na obr. 2 je mnohem jednodušší pozorovat pohyb horních končetin, které pracují protisměrně vůči pohybu nohou. A také práci s těžištěm. V sagitální rovině se v počátku nachází těžiště vpředu a nad pozorovaným (tučně zvýrazněným) kotníkem. Postupně se přesouvá ještě více dopředu a před opěrný kotník. Jak se hráč připravuje k odrazu, tak se těžiště přenáší nad opačný kotník a umožňuje uskutečnit dvojitou oporu. Při přechodu do švihové fáze a při ní je těžiště stále vpředu, ale nad opačným kotníkem. Pomalu se ale opět po zotavení pozorované končetiny přesouvá nad původní kotník. Ve frontální rovině je na počátku těžiště nad pozorovaným kotníkem. Posouvá se na osu těla až do odrazu, kdy se přesouvá nad opačný kotník. Nad ním setrvává i ve švihové fázi, než se opět přes osu těla nepřesune nad původní kotník.

#### 2.1.4 Svalová aktivita dolních končetin při hokejovém krokovém cyklu

Dolní končetiny hrají při bruslení primární roli. Na to, který sval či svalová skupina se na pohybu podílí nejvíce, odpovídá obr. 3. Na něm je možné pozorovat konkrétní vytižení jednotlivých svalů a svalových skupin.



Obr. 3 Svalová aktivita (0 %–100 %) dolní končetiny během hokejového krokového cyklu (Zdroj Pearsall et al., 2000)

Obr. 3 se zaměřuje primárně na odraz, který je také jako jediný na obrázku vyznačený. Dle výzkumu stojí za generováním síly při odrazu v největší míře hýžd'ový sval (Gluteus Maximus). Hamstringové svaly (Biceps femoris), ač jsou aktivní, nijak nepřispívají ke generování síly k odrazu. Je to dáno tím, že se nachází v excentrické fázi kontrakce. Jak je patrné z obrázku, velmi podobně je na tom i pološlašitý sval (Semitendinosus). Přibližně 200 ms před koncem odrazu generují hlavy čtyřhlavého svalu stehenního (vastus medialis a rectus femoris) explozivní sílu. Svaly kvadricepsu i spolu se zmíněným hýžd'ovým svalem zajišťují extenzi v kolenním kloubu. Ve stejnou dobu dochází ke snížení aktivity antagonistů – hamstringové svaly a gastrocnemius. V posledních 100 ms lze ještě zaznamenat aktivitu svalu soleus. Tato aktivita ústí v plantární flexi. Ta je ovšem kvůli rigidnímu usazení nohy v brusli velmi omezená. Posledním svalem na obrázku je tibialis, který je aktivní ve velké míře při skluzu, když je kotník zatížen a v dorsální flexi (Pearsall et al., 2000). Na obrázku (Obr. 4) podtextem jsou veškeré zmíněné svaly či svalové skupiny názorně vyznačené. Viditelná je spodní část těla z frontálního a posteriorního pohledu.



Obr. 4 Svaly dolních končetin aktivně se podílející na bruslení (Upraveno od: Daley, 2024)

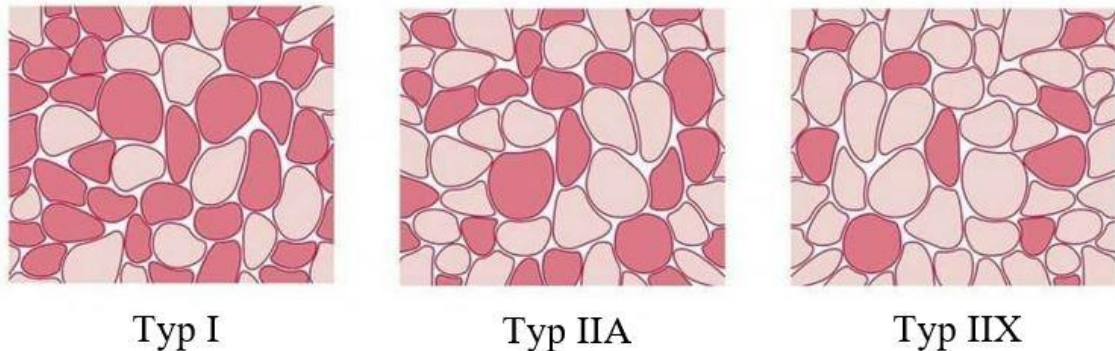
## 2.2 Vliv typu svalových vláken na výkonnost hráčů ledního hokeje

Sportovní výkon ledních hokejistů je možné popsat z mnoha hledisek. Avšak vzhledem k zaměření tohoto výzkumu bylo zvoleno zaměření na typ svalových vláken jako ukazatele sportovního výkonu. Lední hokej je velmi intenzivním sportem, který se odehrává ve vysoké rychlosti. Hráči stráví během zápasu na ledě v průměru 15 až 25 minut z celkové hrací doby 60 minut. Čas strávený na ledě je ve formě jednotlivých střídání o délce trvání 30 až 80 vteřin. Většina střídání je charakteristická rychlým, výbušným pohybem a frekventovanými změnami směru. Až polovina celkové uražené vzdálenosti je dosažena vysokorychlostním bruslením s tím, že rychlejší pohyb je zaznamenán především u útočících hráčů oproti ostatním postům. Během hry se využívají aerobní i anaerobní energetické systémy, přičemž svalový glykogen slouží jako hlavní palivo. Ten se však relativně rychle vyčerpá, a to vede k únavě svalových vláken. Hráči poté díky tomu mohou zažívat pocity únavy a vyčerpání. Tyto stavy vylučují opakovatelnost stejné intenzity pohybu ve finálních fázích soutěžního utkání (Vigh-Larsen a Mohr, 2024)

### 2.2.1 Typy svalových vláken

V zásadě existují tři hlavní typy svalových vláken. Typ I (SO – slow oxidative) pomalá červená vlákna, charakterizovaná vysokým obsahem myoglobinu a vysokou oxidační kapacitou. Typicky se tato vlákna uplatňují při pomalejších kontrakcích. Jsou ideální pro dlouhodobé aktivity nízké intenzity, díky jejich odolnosti vůči únavě. Naopak, typ IIA (FOG – fast oxidative glycolytic) rychlá červená vlákna mají střední oxidační kapacitu a disponují větším počtem myofibril, což umožňuje rychlé kontrakce, a jsou často

využívána při aktivitách střední až submaximální intenzity. Typické uplatnění nachází tento typ vláken při rychlých pohybech vykonávaných velkou silou. Vykazují také vysokou odolnost vůči únavě. Typ IIX (FG – fast glykolytic) rychlá bílá vlákna disponují nízkou oxidační kapacitou z důvodu nízkého počtu kapilár. Jsou nejvhodnější pro intenzivní aktivity, které vyžadují velmi rychlou kontrakci provedenou maximální silou. U tohoto typu vláken lze očekávat rychlé vyčerpání (Dylevský a Ježek, 2001). Struktura svalových vláken je naznačena na obrázku níže (Obr. 5).



Obr. 5 Struktura svalových vláken typu I, IIA a IIX (Upraveno z: Nesta/Spencer Institute, 2014)

### **2.2.2 Vliv svalových vláken typu IIA a IIX na sportovní výkon**

Nejvýznamnější vliv na výkonnost hráčů ledního hokeje mají již zmiňovaná svalová vlákna typu IIA a IIX. Tyto typy svalových vláken poskytují podporu pro rychlé a výbušné pohyby, což je klíčové pro výkon v silových a výkonnostních sportech. Podstatná jsou především pro krátkodobé anaerobní aktivity a jsou častěji zastoupena právě u profesionálních silových a výkonnostních sportovců. (Wilson et al., 2012). Lední hokej, který se z pohledu hráče skládá z krátkých střídání, je z tohoto důvodu anaerobní povahy. To lze odvozovat z toho, že často dochází k nadměrné produkci laktátu v krvi. Proto lze o ledním hokeji uvažovat jako o hře s vysokou intenzitou, vyžadující vysokou úroveň svalové síly, výkonu a anaerobní vytrvalosti (Montgomery, 1988).

## **2.3 Asymetrie jako důsledek stereotypních pohybů**

### **2.3.1 Stereotypní pohyb**

Nejdříve je zapotřebí vysvětlit si pojem stereotypní pohyb. Podle profesora Pavla Koláře (2009) je stereotypní pohyb dočasně neměnná soustava podmíněných a nepodmíněných reflexů, která vzniká na základě pohybového učení. A tyto stereotypní pohyby jsou poté nástrojem pro usnadnění práce centrální nervové soustavy při často se opakujících situacích. Tímto mechanismem dochází jak k automatizaci cíleného pohybu, tak k jeho

posturálnímu zajištění. Opakovaný pohyb rovněž vede k formování vnitřního stereotypu nervových procesů.

### **2.3.2 Silová asymetrie a její vznik**

Silová asymetrie se týká rozdílů mezi oběma stranami těla v parametrech, jako je silový výkon nebo například výška skoku. Ty mohou být ovlivněny dominancí jedné končetiny a dlouhodobou angažovaností ve sportu (Maloney, 2019). Z odstavce 2.3.1 vyplývá, že stereotypní pohyb je po nějakou omezenou dobu učením získaný opakovaný pohyb. A jak potvrzují některé studie, tak právě toto je způsob, kterým lze docílit vzniku asymetrií.

Autor Fousekis a kolektiv (2010) provedli výzkum na fotbalových hráčích. Zjistili, že při opakování asymetrických pohybových vzorců (kopání a vedení míče) si hráči silovou adaptací na unilaterální pohyb vytvoří muskuloskeletální asymetrii v dolních končetinách. U hokejových hráčů tomu není jinak. Jedná se, stejně jako u fotbalu, o unilaterální sport. Hráči ledního hokeje preferovaně používají jednu stranu, protože drží hokejovou hůl na jedné, dominantní straně. A v postuře typické pro hokej využívají rotačních pohybů po většinu času soutěžního utkání, kdy se aktivně podílejí na hře přímo na ledě. Postupně se tímto buduje jednostranná silová převaha. Kvůli tomu lze hovořit o ledním hokeji jako o laterálně dominantním sportu, což opět vede ke vzniku asymetrií (Grabara a Bieniec, 2023).

### **2.3.3 Hodnocení silové asymetrie**

Hodnocení silových asymetrií je proces, při němž se posuzuje rozdíl v síle mezi jednotlivými stranami těla. Navržených způsobů, kterými lze posuzovat a hodnotit asymetrie existuje mnoho. Liší se podle způsobu získání dat a dle způsobu výpočtu. Jedním ze způsobů získání dat je měření síly výskoku, který ověřil a navrhnul Impellizzeri et al. (2007) jako vhodný prostředek k následnému posouzení asymetrie mezi dolními končetinami. Podotýká, že skokový test CMJ je vhodný, protože je svým charakterem podobný většině sportovních aktivit. Doplnuje také potřebu kontroly dopomoci horních končetin při výskoku. Horní končetiny totiž mohou mít příliš velký vliv na výsledky testování. Kromě skoku CMJ přidává Bishop et al. (2019) v další studii také skokový test DJ spolu s testem k posouzení asymetrie v rámci izokinetické síly dolních končetin. Na rozdíl od předešlé studie se tato zaměřuje na unilaterální testování. To znamená, že všechny testy jsou provedené zvlášť pro pravou a pro levou dolní končetinu.

Kritické je zvolení postupu pro výpočet asymetrie z naměřených dat. K výpočtům asymetrie lze použít více postupů výpočtu. Avšak při volení postupu a vzorce k výpočtu by se mělo uvažovat, jakým způsobem byla data sbírána. V případě, kdy byla data získána za pomoci bilaterálního testu, je k výpočtu vhodné využít vzorec níže.

$(\text{silná končetina} - \text{slabá končetina}) / \text{silná končetina} * 100$  (Zdroj: Impellizzeri et al., 2007)

Naopak v případě, kdy byl k akvizici dat využitý unilaterálního test, tak je doporučeno využít následující vzorec.

$100 / (\text{maximální hodnota}) * (\text{minimální hodnota}) * (-1) + 100$  (Zdroj: Bishop et al., 2019)

Při výpočtu asymetrií pomocí předchozích dvou prezentovaných vzorců výsledná data představují procentuální rozdíl. Tedy o kolik procent je jedna z končetin silnější či výkonnější než druhá končetina.

#### **2.3.4 Skeletální asymetrie**

Dle studie provedené na fotbalových hráčích je důvodem pro vznik skeletální asymetrie mezi končetinami přetěžování jedné z nich v průběhu času prováděním opakovaných pohybových vzorců. Největší zátěž představuje gravitace, kterou je jedna z končetin zatěžována více než druhá. Tato zátěž se pojí se zlepšením kostní hmoty a struktury kostí v přetěžované dolní končetině. Změna struktury skeletu také přímo souvisí se svalovou zátěží na více používané končetině. V případě fotbalových hráčů na kopající dolní končetině (Hart et al., 2016). V další literatuře se tento fakt potvrzuje. Asymetrie na skeletu se vytváří mechanickou zátěží a deformacemi kostí během růstu. Reakcí kostí na takovou opakovanou mechanickou zátěž je intenzivnější růst a zvýšení hustoty. Primárně je asymetrie pozorovatelná na horních končetinách, kde se více projevuje dominance jedné z končetin. Avšak i mezi oběma dolními končetinami je asymetrie patrná. Autoři poukazují na změny pozorovatelné změny v délce a hmotnosti kostí, v rozměrech kloubního pouzdra a v nárůstech kortikálního povrchu kostí (Kanchan et al., 2008). Důležitou roli na celkové postavení skeletu hraje také postavení pánve. Je předpokládáno, že asymetrie pánve ovlivňuje mechaniku těla a způsobuje zvýšené namáhání kostí a měkkých tkání, což může následně vést k asymetrickým adaptacím skeletu. Výzkum naznačuje souvislost mezi asymetrickým charakterem sportů s laterální dominancí a asymetrií pánevního skeletu (Bussey, 2010). Studie z roku 2023 zase zdůrazňuje vliv asymetrického postavení ramen a asymetrického postavení pánve na páteř. Jmenovitě má asymetrické postavení ramen vliv na frontální balanc a skoliózu páteře nad bederním

segmentem. A asymetrické postavení pánve má vliv na sagitální balanc a skoliózu páteře pod hrudním segmentem. Vzniklá skolióza poté nadále zvyšuje asymetrii ramen a pánve (Han et al., 2023).

## **2.4 Vliv asymetrie na výkon a zranění**

Bylo zjištěno, že zvýšená asymetrie negativně ovlivňuje fyzickou výkonnost hráčů (Grabara a Bienec, 2023). To jen potvrzují výsledky metaanalýzy z roku 2023, která popisuje asymetrii dolních končetin jako negativní v případě sprintů a v případě schopnosti změny směru (Fox et al., 2023). Oba tyto parametry jsou pro lední hokej kritické. To vyplývá ze zjištění v kapitole 2.2 (Vigh-Larsen a Mohr, 2024).

Co se týče zranění, tak ve studii z roku 2023 je uvedeno, že primární vliv má silová asymetrie na dolní končetiny a záda. Kvůli unilaterální podstatě ledního hokeje se časem může projevit posílení jedné strany těla jako dysfunkce a zranění. Zranění pohybového aparátu u profesionálních ledních hokejistů jsou velmi častá. Například celoživotní výskyt bolestí v dolní části zad se pohybuje od 54 % do 88 % a 32 % až 41 % hráčů uvádí zranění dolních končetin během soutěžní sezóny (Grabara a Bienec, 2023). V další studii byly srovnávány údaje o zraněných jedincích a o jedincích bez zranění. Výsledky dle zranění dosahovaly významných rozdílů ve výsledných hodnotách testů CMJ, SLCMJ na nejméně výkonné končetině a asymetrii SLCMJ. Výsledky studie tedy naznačují, že sportovci s větší asymetrií mezi končetinami a s nižšími výsledky dosaženými při vertikálních skocích mají větší predispozici ke zranění (Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2022).

## **2.5 Pohybová analýza sportovního výkonu**

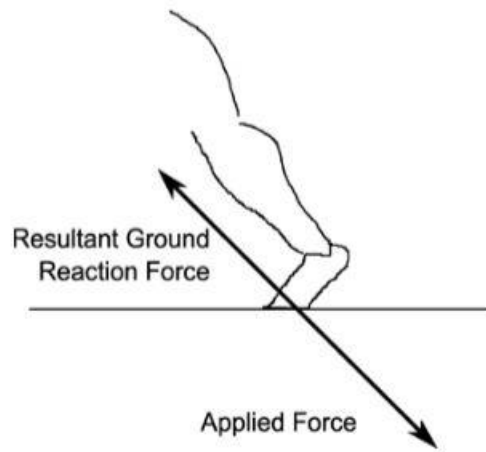
K popisu lidského pohybu se nejvíce hodí obory kinematiky a dynamiky. Kinematika poskytuje informace o pohybu a dynamika se zabývá silami, které tento pohyb způsobují nebo umožňují (Soumar, 2011). Pro potřeby této práce je plně dostačující obor dynamiky, jelikož poskytuje dostatek informací potřebných pro vyhodnocení pohybových dovedností a fyzického rozvoje sportovce pomocí dostupných nástrojů (Beckham et al., 2014).

### **2.5.1 Nástroj pro kinetickou analýzu pohybu**

Nejvhodnějším nástrojem k hodnocení kinetiky pohybu jsou silové desky. Ty jako nástroj pomáhají pochopit jakým způsobem testovaná osoba působí silou na své okolí a co je výsledkem působení takových sil. Důležitým parametrem, který měří silové desky je



reakční síla podložky (GRF) znázorněná na obrázku číslo 6. Zaznamenává se ve třech osách a přímo popisuje sportovcovo působení silou na podložku (Beckham et al., 2014). Dalšími důležitým parametry jsou moment síly, rozložení tlaku a síly v kloubech (Prakash et al., 2018).

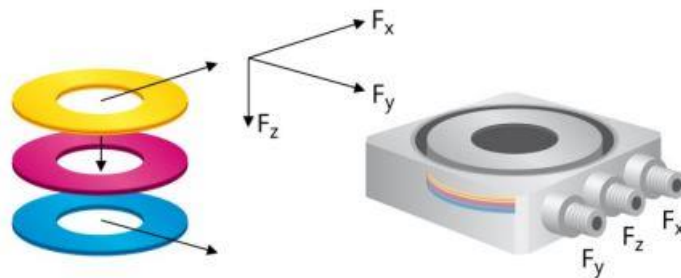


Obr. 6 Znáznornění reakční síly podložky (Beckham et al., 2014)

Principem, na kterém jsou založené silové desky, jsou Newtonovy pohybové zákony. Kombinace druhého a třetího zákona je zřetelná na obr. 6. Na podložku je vyvíjena síla, která je rovná reakční síle podložky, avšak jejich směr je opačný. Tato vyvíjená síla nakonec ústí v pohyb jedince, který působil silou na podložku (Beckham et al., 2014).

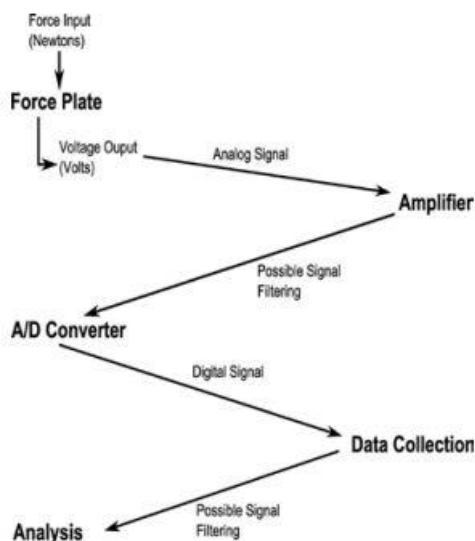
### 2.5.2 Konstrukce a fyzikální princip silových desek

Silová deska je konstruována jako plošina se čtyřmi tříslžkovými snímači uloženými v každém rohu desky. Toto umístění umožňuje výpočty všech výše zmíněných sledovaných parametrů v kapitole 2.5.1. Snímači mohou být tenzometry nebo piezoelektrické snímače. Tenzometry pracují na principu změny elektrického odporu v důsledku deformační síly, která na ně působí. To zapříčiní měřitelné změny elektrického proudu a díky tomu lze vypočítat působící sílu. Piezoelektrické snímače fungují na principu toho, že když se na ně působí silou, tak se na jejich povrchu vytvoří náboj a z tohoto náboje je opět možné vypočítat sílu (Obr. 7) (Beckham et al., 2014).



Obr. 7 Třísložkový piezoelektrický senzor používaný společností Kistler (Zdroj: Kistler Group, 2008)

Na obrázku je také znázorněné, že každý ze tří křemenných plíšků je citlivý na sílu v určité ose. Tyto informace poté prochází zesilovač a ve formě analogového signálu a míří k dalšímu zpracování (Kistler Group, 2008). Takový analogový signál míří do přístroje, který odpovídá za sběr dat a zde je pomocí A/D převodníku převeden na digitální, diskretní signál. V přístroji pro sběr dat může také docházet k filtraci a dalšímu zpracování, které umožňuje pozdější analýzu pomocí softwarového programu (Obr. 8) (Beckham et al., 2014).

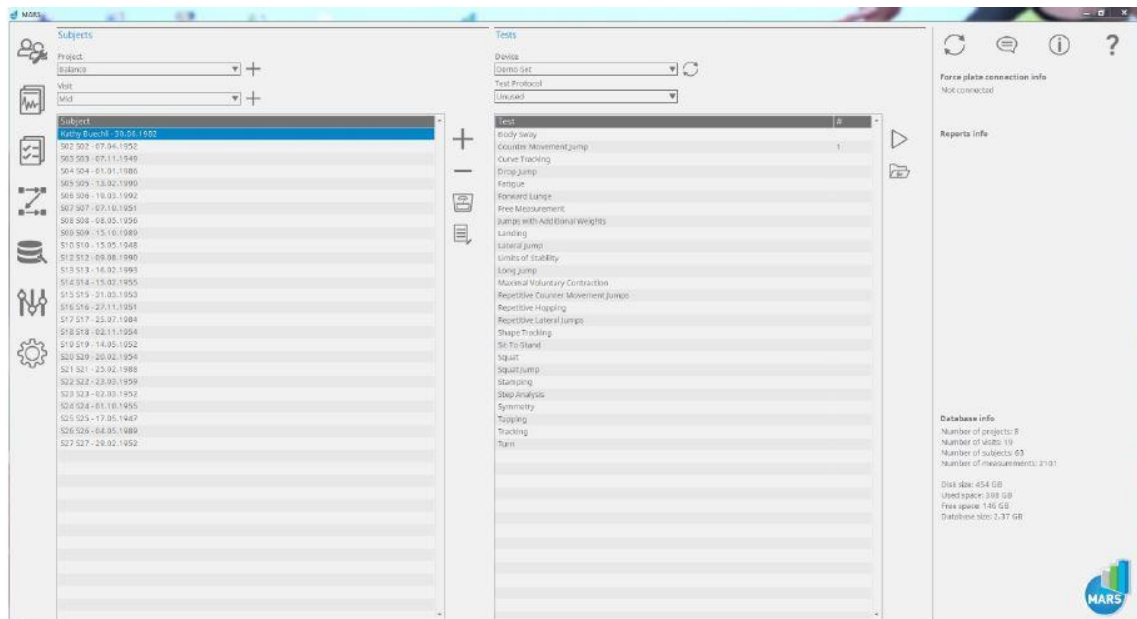


Obr. 8 Cesta signálu získaného pomocí silových desek (Zdroj: Beckham et al., 2014)

## 2.6 Popis programového prostředí Kistler MARS

MARS je komplexní systém pro měření, analýzu a reportování dat. Jedná se o systém vyvinutý pro silové desky společností Kistler a poskytuje možnosti unilaterální i bilaterální analýzy pohybu. Především ale provádí výpočty dlouhé řady parametrů a přináší také grafické zobrazení výsledků měření. V prostředí tohoto systému nalezneme databázi všech naměřených dat, která jsou v ní uložena a je možné je připravit

k porovnávání, hodnocení a exportu v různých formátech. Kromě databáze je velmi důležité i prostředí pro volbu, nastavení a provedení měření dle zvolených testovacích modulů.



Obr. 9 Prostředí systému MARS (Zdroj: Kistler Group, 2012)

Existuje 25 přednastavených testovacích modulů (Obr. 9, pravá polovina), které mapují různé oblasti lidského pohybu, jakými jsou rovnováha, dynamická rovnováha, lokomoce, přenašení váhy těla, rychlé změny pohybu, síla a výkon. (Kistler Group, 2012).

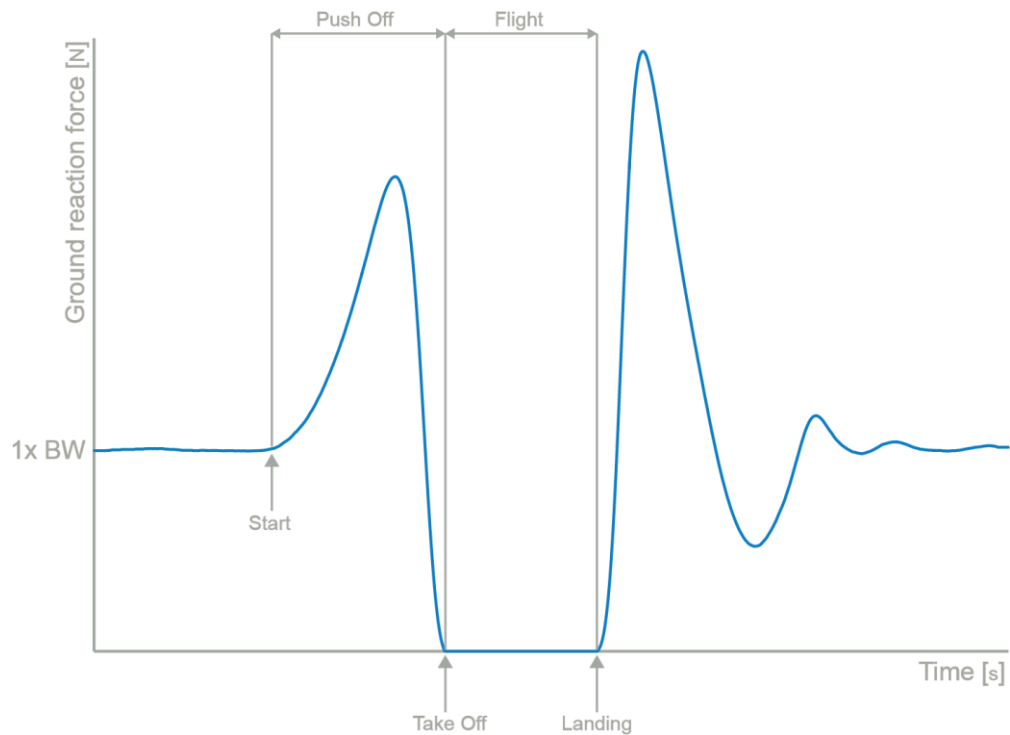
## 2.7 Skokové testy

Mezi testovací moduly systému MARS patří také skokové testy, které vykazují vysoký přenos do ledního hokeje, a proto jsou vhodné jako nástroje pro posuzování připravenosti a fyzické zdatnosti hráčů (Gupta et al., 2023). Podporují to i podložená tvrzení v kapitole 2.2, která naznačují, že lední hokej je fyzicky náročná hra, při které se uplatňují svalová vlákna typu II. A není náhodou, že tato svalová vlákna jsou primárně využívána i při skocích, kde vykazují vysokou souvislost se silovým výkonem (Methenitis et al., 2016).

### 2.7.1 Průběh skokových testů

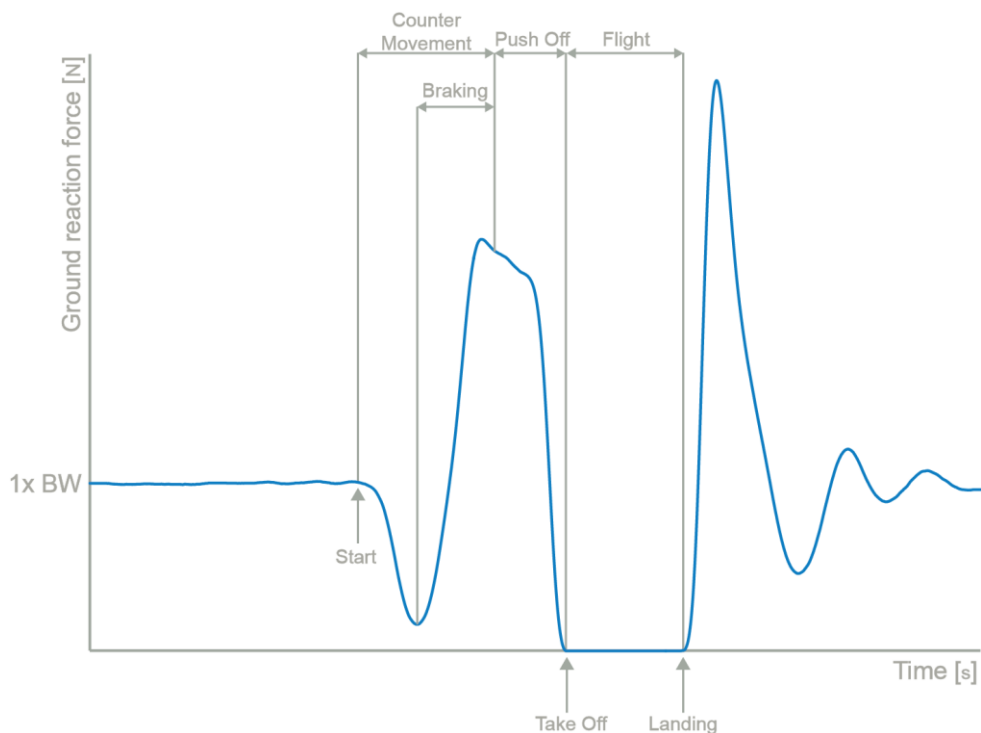
Obecně skokové testy, které začínají přípravou na silové desce a končí dopadem na silovou desku, mají velmi podobný průběh (Obr. 10). Na křivce, která zaznamenává GRF v čase je několik ukazatelů a fází popisujících skokový pohyb. Start indikuje počátek pohybu. Push off fáze přímo navazuje na start a popisuje moment, kdy se vyvíjí maximální síla do desky, která ústí ve výskok a opuštění desky. Moment, kdy jedinec

opustí nohama desku se nazývá také off. Fáze od opuštění desky až po přistání se označuje Flight nebo letová fáze. Moment přistání se označuje jako landing (MARS, 2012a).



Obr. 10 Fáze skokového testu squat jump (Zdroj: MARS, 2012a)

Při skokových testech, které se vyznačují protipohybem (CMJ, LJ), mají navíc fázi countermovement a podřazenou fázi braking (Obr. 11). Fáze countermovement značí pokles GRF, kdy testovaný jedinec učiní podřep do zvolené výšky a rychlou změnou směru počíná fázi braking a tím vyvinutí maximální síly. Fáze countermovement s podřazenou fázi braking přímo navazuje na kurzor start a předchází fázi push off. Skokové testy, které nekončí dopadem na silovou desku, ale dopadem mimo ni (LJ, skok daleký) postrádají fázi flight a kurzor landing (MARS, 2012b).

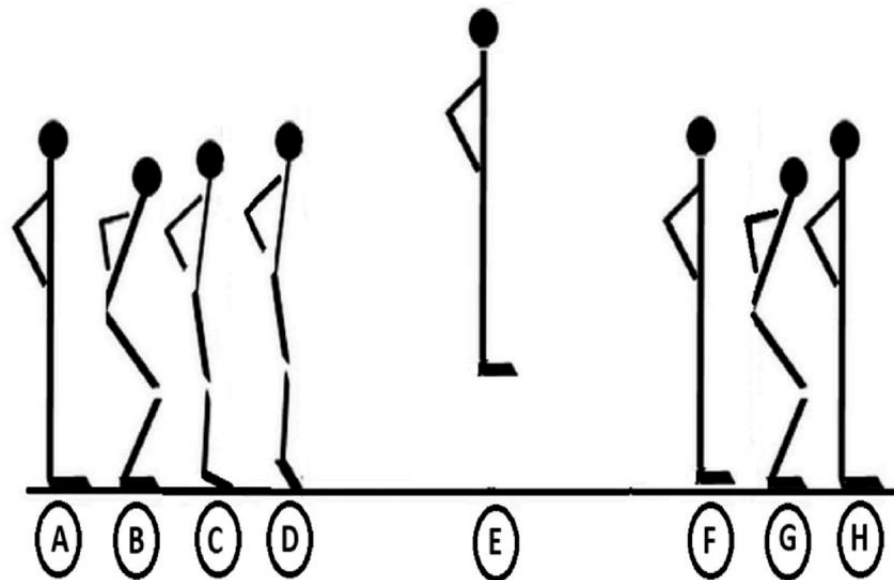


Obr. 11 Fáze skokového testu countermovement jump (Zdroj: MARS, 2012b)

### 2.7.2 Funkční anatomie skokových testů

Dvě následující studie se zaměřují na úsek skokového testu od počáteční pozice po konec fáze push off. Počáteční pozice a příprava k provedení výskoku se vyznačuje flexí v kyčelním kloubu, flexí v kolenním kloubu a v dorzální flexi v hlezenním kloubu. Během této fáze přípravy jsou svaly převážně v excentrické kontrakci. Následuje počátek fáze push off, která předchází momentu take off a letové fázi. Fáze push off se vyznačuje extenzí počínající v kyčelním kloubu, po ní následuje extenze v kolenním kloubu a konečně i plantární flexe v hlezenním kloubu. Autor Umberger (1998) zdůrazňuje funkci svalů, které prochází přes dvě různá kloubní spojení (two-joint muscles). Těmito svaly jsou: m. rectus femoris, m. biceps femoris a m. gastrocnemius. Dále popisuje jejich schopnost distribuovat mechanickou energii vzniklou při kontrakci svalů procházejících pouze přes jeden kloub. Také ve své studii naznačuje, že svalová aktivace postupuje od proximální části dolních končetin k distální části dolních končetin. Tato zjištění potvrzuje i další studie, která využívá k měření aktivity svalstva EMG. Ve studii je naznačen podobný charakter postupné aktivace svalů, které přechází do fáze plató. Pořadí je následující: m. semitendinosus, m. biceps femoris, m. gluteus maximus, m. vastus medialis, m. rectus femoris, m. soleus, m. gastrocnemius (Bobbert a van Ingen Schenau, 1988). Chvilé opouštění podložky nohama (také off) a fáze letu spolu s momentem dopadu je dále rozebrána ve studii z roku 2021. Ve chvíli, kdy jedinec opouští podložku,

tak dochází k plné extenzi celého těla, která setrvává i v letové fázi. Po letové fázi následuje dopad na podložku, který je kontrolován flexí v kyčelním, kolenním a hlezenním kloubu (Zhao et al., 2021). Kompletní průběh skokového testu je naznačen ve zjednodušené ilustraci (Obr. 12).



Obr. 12 Fáze, kterými prochází tělo jedince při vertikálním výskoku. A) Stojná pozice, B) Přípravná pozice, B–D) Fáze push off, D) Take off, E) Flight (letová fáze), F) Landing (moment přistání), G) Kontrolováný dopad, H) Stojná pozice (Zdroj: Yildiz a Fidan, 2020)

### 2.7.3 Pozorované parametry

System MARS nabízí ke každému z testovacích modulů širokou škálu parametrů, které se dělí na základní parametry (vzdálenost, síla, výkon, rychlost, zrychlení a energie), časové parametry a parametry impulsu síly. Díky povaze ledního hokeje jako dynamického sportu, při kterém se uplatňují svalová vlákna typu dva, jsou vhodnými parametry pro pozorování síla a výkon. Pro potřeby této práce je pozornost zaměřena na ně. Přesně se jedná o parametr relativní síla a o parametr relativní výkon.

Parametr relativní síla je důležitým ukazatelem, jelikož nepřináší informace o absolutní síle, ale o síle vztahované na váhu jedince. V systému MARS se uvádí v jednotkách %BW (percentage of body weight) a vypočítá se jako podíl absolutní síly ku tělesné hmotnosti.

Parametr relativní výkon je obdobným ukazatelem. Také neudává výsledek měření v absolutní míře, ale opět vztahuje výsledek na váhu jedince. V systému MARS se uvádí v jednotkách W/kg (watt na kilogram) a spočítá se jako podíl absolutního výkonu ku tělesné hmotnosti. (MARS, 2012a).

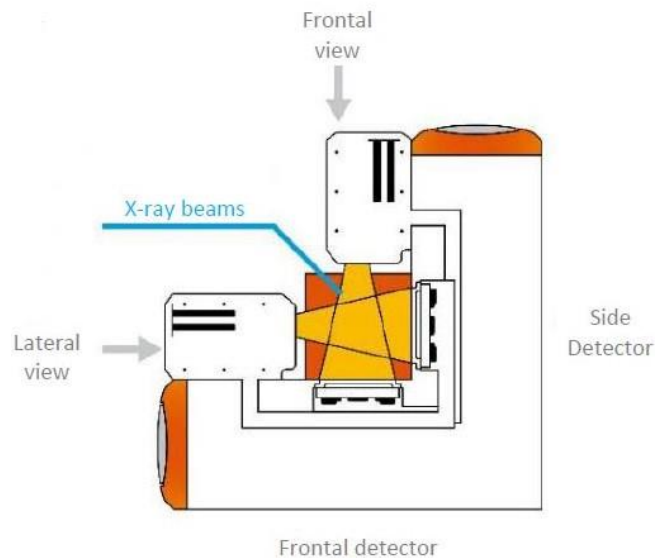
## 2.8 Charakteristika zobrazovacího systému EOS

System EOS je diagnostický přístroj, který umožňuje získávat celotělové rentgenové snímky při velmi malých dávkách rentgenového záření. Díky způsobu konstrukčnímu řešení (Obr. 13) je proces akvizice celotělového snímku velmi specifický.



Obr. 13 Diagnostický zobrazovací systém EOS Edge (Zdroj: EOS imaging, 2023)

Jak lze vidět na obrázku (Obr. 13), tak přístroj je opatřen dvěma posuvnými zdroji záření, které jsou vůči sobě orientované v pravém úhlu. Naproti oběma zdrojům záření jsou umístěny detektory. Toto postavení nabízí mnoho možností a výhod. Přední výhodou je, díky vertikálnímu charakteru přístroje, pořizování funkčních celotělových snímků ve funkční pozici ve stoje (Kim et al., 2018). Tato pozice pacienta dovoluje hodnotit kompenzační mechanismy a sagitální postavení, které se dějí při vyrovnávání rovnováhy. A projevují se nejvíce v pánevním pletenci a dolních končetinách. V pozici vleže nemá pacient důvod hledat balanc a kompenzovat tak své postavení (Garg et al., 2020).



Obr. 14 Půdorys systému EOS s vyznačenou cestou rentgenových paprsků (Upraveno z: EOS imaging, 2023)

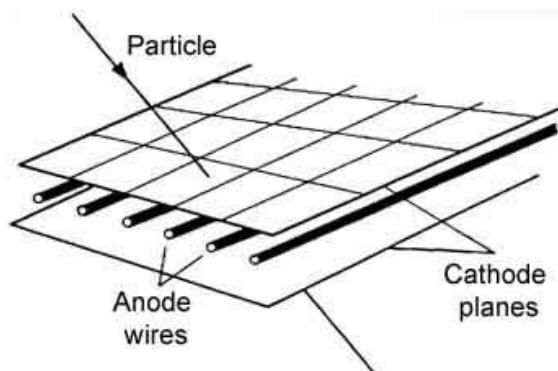
Na obrázku č. 14 je naznačené postavení zářičů a proti nim ležících detektorů. Rentgenové paprsky (X-ray beams) směřující na detektory (side detector, frontal detector) z laterálního (lateral view) a frontálního (frontal view) pohledu jsou znázorněny žlutou barvou. Paprsky mají po průchodu kolimátorem vějířovitý tvar (užší svazek vychází ze zdroje záření, širší svazek dopadá na detektor) a jejich průnik tvoří čtyřúhelník. Tento čtyřúhelník také vymezuje prostor, kam se má postavit, případně usadit pacient k vyšetření. A druhou nespornou výhodou je díky dvojici zdrojů záření a dvojici detektorů v prostoru čtyřúhelníku pořizovat snímky pacienta v obou rovinách současně. Nestane se tedy, aby mezi předozadním snímkem a laterálním snímkem došlo v důsledku pohybu pacienta k posunu. Současná akvizice dvou snímků ze dvou rovin poté dovoluje 3D rekonstrukci kostních struktur (Kim et al., 2018). Třetí podstatnou výhodou oproti konvenčním rentgenovým systémům je již zmíněná mnohonásobně nižší dávka rentgenového záření, která je potřebná k získání kvalitního snímku. V případě počítačové tomografie je možné dosahovat až 900krát nižších dávek záření a v případě standardního rentgenu až 10krát nižších dávek záření (Krajská nemocnice Liberec, 2023)

### 2.8.1 Princip fungování systému EOS

Fyzikální princip, který umožňuje systému EOS poskytovat kvalitní rentgenové snímky i při mnohonásobně nižších dávkách je založen na vynálezu francouzského profesora Georges Charpaka. Ten v roce 1992 obdržel za vynález plynového částicového detektoru



s využitím drátové komory (multi wire proportional chamber) (Obr.15) Nobelovu cenu (Kim et al., 2018).



Obr. 15 Drátová komora (Zdroj: Dalmau et al., 2009)

Nejdříve částice (Particle) paprsku prochází pacientem a částice, které skrze pacienta projdou, aniž by se absorbovaly, směřují dále do Charpakovy komory (Charpak's chamber) (Kim et al., 2018). Charpakova komora sestává ze dvou katodových plátů (cathode planes) a anodových drátků (anode wires) (Dalmau et al., 2009). Tento plynový detektor funguje ve spolupráci s drátovou komorou následovně. Částice doputují do komory, která je naplněná určitým plynem a fotony rentgenového záření spouští lavinový efekt, jak vyrazejí elektrony z elektronového obalu atomu plynu (dochází k ionizaci). Počet vyražených elektronů je přímo úměrný kinetické energii fotonů. Tyto vyražené elektrony jsou elektrickým polem urychlovány a kolidují s dalšími elektrony. Tím se velmi zvyšuje počet detekovatelných elektronů. Proud vyražených elektronů generuje elektrické výboje, které jsou pomocí sítě drátků drátové komory lokalizovatelné a spočítatelné. Velmi jednoduše řečeno jde o detekci záření pomocí měření počtu elektronů z obalu atomů vyražených fotony rentgenového záření (Illés a Somoskeöy, 2012).

### 2.8.2 Program SterEOS

Program SterEOS slouží jako lékařský diagnostický program k prohlížení a nakládání se soubory ve formátu DICOM. Systém tak zvládá zobrazovat snímky i z ostatní zobrazovací techniky. Program SterEOS využívá té skutečnosti, že má k dispozici dva shodné snímky ze dvou různých rovin. Z toho je program díky souhlasným stereobodům schopný vypočítat 3D souřadnice. Na základě výpočtů programu a měření vzdáleností a úhlů napříč anatomickými strukturami, které provádí uživatel, je výsledkem 3D model.

Prostorový model je deformovaný dle konkrétních a individuálních anatomických prvků jednotlivého pacienta. Prostorový model dovoluje prohlížení z různých úhlů pohledu.

Dále je možné pomocí programu SterEOS získat klinicky významné informace. V programu jsou zabudované přednastavené bloky, které provádí uživatele sérií několika měření vzdáleností a úhlů. Uživatel tak na snímcích volí anatomicky významné body a jednotlivé bloky je potom podle zadaných bodů zpracují a vyhodnotí. Těmito bloky jsou: Celotělové postavení (Full body alignment), Deformace páteře (Spine deformity), Postavení dolních končetin a jejich deformace (Lower limb alignment and deformity), Deformace dolních končetin a totální náhrada kyčelního kloubu (Lower Limb Deformity & Total Hip Arthroplasty). Výstupní informace, které bloky poskytují mohou přispět k formulaci individuální operační strategie.

Modul pro hodnocení celotělového nastavení umožňuje lépe porozumět postavení pacientů ve frontálním a sagitálním pohledu. V těchto rovinách je dále možné identifikovat balanční schopnosti a přítomnost kompenzačních mechanismů, které se vyvíjejí v pánvi a dolních končetinách. Díky měření prováděnému ve stoje nebo v sedě lze také blíže studovat vliv pozice páteře na fungování pánve.

Mezi schopnosti modulu pro hodnocení deformit páteře patří jejich kvantifikace ve frontální, sagitální a transverzální rovině. Hlavní výhodou je opakovatelnost a přesnost při předoperačních a pooperačních vyšetřeních. Vyšetření je nezávislé na poloze pacienta během snímání a při opakované akvizici v průběhu péče o pacienta pomáhají kvantifikovat vývoj deformit páteře a hodnotit účinnost léčby. Vzniklé datasey se vyznačují konzistentností i v případě, že za jejich vznikem stojí jiný uživatel.

Pomocí třetího modulu pro hodnocení postavení a deformit dolních končetin je možné měřit a porovnávat délku končetin, torze femuru a torze tibie. Přesností se EOS může rovnat s CT vyšetřením, odpadá tedy potřeba dodatečných vyšetření pomocí CT nebo MRI. Výsledné informace jsou opět konzistentní po celou dobu péče o pacienta i v případě různých uživatelů. O výsledků se také může odvíjet volba dalšího postupu léčby.

Poslední modul umožňuje uživateli precizně vyhodnocovat orientaci implantovaných endoprotéz kyčelního kloubu a jejich vliv na anatomii kyčelního kloubu. Přesnost je znovu srovnatelná s CT. Další informace, které tento modul poskytuje, se týkají

uspořádání páteře s pánví a jejich vlivu na orientaci kloubní jamky na kyčelní kosti. Díky výsledným datasetům lze eliminovat redundantní CT vyšetření (EOS imaging, 2022).

## **3 Praktická část**

Praktická část této práce se zabývá metodikou výzkumu, analýzou a interpretací získaných dat.

### **3.1 Cíle a výzkumné předpoklady**

Cíle práce se svým charakterem dotýkají teoretické i praktické části. V teoretické části se jednalo o řešerši na téma biomechanika ledního hokeje se zaměřením na hokejový krokový cyklus a na svalstvo, které hráč při bruslení zapojuje. Dalším tématem k řešerši byla sportovní medicína se zaměřením primárně na svalová vlákna, stereotypní pohyby a na silovou asymetrii jako příčinu zranění. V praktické části je hlavním úkolem popsat zvolenou metodiku, která pomáhá evaluovat výkon a silovou asymetrii, která je následkem stereotypních pohybů ledních hokejistů. Za pomoci zvolené metodiky je dalším cílem získání referenčních dat. Posledním cílem je ostatní data k těmto referenčním vztáhnout a vyvodit závěry.

### **3.2 Metody**

Před představením metodiky by bylo vhodné osvětlit motiv pro vznik této práce, který z velké části ovlivnil metodiku zvolenou k uskutečnění výzkumu. S otevřením Laboratoře analýzy pohybu Krajské nemocnice Liberec se naskytl možnost spolupráce s hokejovým klubem HC Bílí Tygři Liberec. Náplní spolupráce bylo poskytnutí monitorování fyzické připravenosti hráčů v intervalu několika měsíců v předsezónním období. Jako hlavní nástroj pro sběr dat byly stanoveny silové platformy společnosti Kistler, právě jakožto vybavení Laboratoře analýzy pohybu. Kompletní výzkum a měření bylo provedeno pod záštitou Krajské nemocnice Liberec. Sběr výzkumných dat proběhl v souladu se standardy GDPR a všechna data jsou anonymizovaná.

#### **3.2.1 Proces získávání dat**

Výzkumný proces byl realizován následovně. Nejdříve byly na základě řešerši a odborné diskuze vybrány tři skokové testy, které se svým charakterem nejvíce podobají pohybu ledních hokejistů přímo na ledě. Testy byly zvoleny z baterie testů, kterou nabízí program MARS společnosti Kistler. Jednalo se o dva vertikální výskoky, jeden s odrazem z obou nohou nazývaný squat jump (SJ). Test squat jump je svým charakterem nejvíce podobný pozici hráče při postoji na buly. Po buly (vhození kotouče) hráč z této pozice startuje (Obr. 16).



Obr. 16 Porovnání skokového testu SJ a pozice ledního hokejisty při vhažování (Zdroj: autor a McAlpine, 2023)

Druhý s odrazem z každé nohy zvlášť nazývaný coutermovement jump (CMJ). Tento skokový test má opět simulovat pohyby ledních hokejistů přímo na ledě (Obr. 17). Nejvíce se svým charakterem přibližuje momentu, kdy hráč přenáší váhu na jednu z končetin a chystá se provést odraz.



Obr. 17 Porovnání testu CMJ a pozice ledního hokejisty při bruslení (Zdroj: autor a Panthers images, 2023)

Třetí ze skokových testů byl modifikovaný lateral jump (LJ) pro simulaci reálnějších podmínek, a to nakloněním silové desky. Test měl opět simulovat situaci přímo na ledě, do které se hráči ledního hokeje velmi často dostávají. Nakloněním se mělo docílit

simulace finálního momentu odrazu (Obr. 18) nebo případně pozice při střele. Jednalo se, jak už název napovídá, o spíše horizontální skok. Hráči se při lateral jumpu odráželi také nejdříve z levé a poté z pravé nohy zvlášť. Konkrétní popis skokových testů následuje v kapitolách 3.2.3.



Obr. 18 Porovnání testu LJ a pozice ledního hokejisty při bruslení (Zdroj: autor a Srakocic, 2018)

Následně proběhl v květnu roku 2023 sběr prvních, referenčních dat. Hráči jednotlivě přicházeli k měřidlům a provedli sérii výskoků. Každý hráč absolvoval tři výskoky sounož při prvním skokovém testu a tři výskoky zvlášť z každé nohy při druhém a třetím skokovém testu. Dohromady tedy 15 výskoků. Toto měření reflektovalo fyzickou připravenost hráčů před přípravným, nesoutěžním obdobím. V červenci roku 2023 proběhl sběr druhé sady dat. Toto měření se uskutečnilo v probíhající přípravě na soutěžní období. Průběh měření byl totožný s tím v květnu. Poslední sběr dat se uskutečnil v září roku 2023 jednotky dní před začátkem soutěžního období a po několika přátelských utkáních. Proces sběru dat zůstal opět nepozměněn.

Přímým výstupem z měření byly vždy výkonnostní parametry jakožto ukazatele fyzických schopností jednotlivých hráčů. Jmenovitě relativní síla a relativní výkon popsané v kapitolách 2.7.3. Tyto výkonnostní parametry vykrystalizovaly po diskuzi s klubovým lékařem, trenérským týmem a kondičním trenérem mužstva. Zvoleny byly pro svou jednoduchou interpretaci. A hlavně jako ukazatele hráčských schopností pro generování pohybu. Nepřímým výstupem, který podléhal další analýze, byla zpráva o pohybových návycích hráčů. Tyto pohybové návyky lze taktéž označit jako stereotypní

pohyby. V tomto případě se konkrétně jedná o to, zda si hráč vybudoval návyk na preferované využití jedné z dolních končetin. A zda si vybudoval takový návyk, který vede ke vzniku silových asymetrií a eventuelně ke zranění.

Dle výsledných hodnot měření bylo poté v dalším kroku doporučeno zaměřit se na konkrétní jedince, u kterých bylo pojata podezření na negativní vliv výsledných asymetrií, respektive stereotypních pohybů, na sportovní výkon a pohybový aparát. Následná diagnostika pomocí zobrazovacího systému EOS měla potvrdit nebo vyloučit anatomické příčiny pro vznik asymetrií, respektive stereotypních pohybů. Podle výsledku vyšetření byl ortopedem doporučen další postup. V případě, kdy by šlo o anatomickou příčinu, by se výsledky poskytly týmovému lékaři, aby mohl přistoupit k terapeutickému řešení. V případě, že by se nejednalo o skeletální příčinu, byly by výsledky konzultovány s trenérským týmem. A doporučilo by se jim nadále pozorovat parametr silové asymetrie mezi dolními končetinami, jelikož tento parametr vykazuje určitou citlivost pro určení rozdílu mezi tím, zda se hráč zraní nebo ne (Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2022). Dalším doporučením by bylo zaměřit se na průběh tréninkových jednotek a primárně balanční cvičení, která by se měla do tréninkového procesu zařadit. Dle dostupných informací totiž balanční cvičení dokáže kompenzovat vzniklé asymetrie mezi dolními končetinami (Sannicandro et al., 2014). Tento krok byl konzultován s týmovým lékařem a týmem Laboratoře analýzy pohybu Krajské nemocnice Liberec.

### 3.2.2 Charakteristika výzkumného vzorku

Výzkumu se účastnilo celkem 28 profesionálních hráčů hokejového týmu HC Bílí Tygři Liberec. Tým působí v nejvyšší české soutěži Tipsport extraliga ledního hokeje. Patnáct účastníků výzkumu zastávalo v době výzkumu post útočníka, jedenáct zastávalo post obránce a dva hráči zastávali post brankáře. Věk hráčů se pohyboval v rozmezí 17 let až 32 let. Nejlehčí hráč vážil 73,5 kilogramu a nejtěžší hráč vážil 110,6 kilogramu. Výškový rozdíl mezi nejnižším a nejvyšším hráčem činil 20 centimetrů, kdy nejnižší hráč měřil 1,74 metru a výška nejvyššího hráče dosahovala 1,94 metru (Tabulka 1).

Tabulka 1 Hráčská statistika všech testovaných hráčů (průměr  $\pm$   $\sigma$ ) (Zdroj: autor)

Věk (roky)	22,46 $\pm$ 3,69
Váha (kg)	87,83 $\pm$ 7,84
Výška (cm)	185,82 $\pm$ 5,00

Je důležité zdůraznit, že v tak dynamickém a proměnném prostředí jakým je soutěžní lední hokej na nejvyšší úrovni, nebylo možné, aby se jednotlivých měření účastnili vždy ti samí hráči. Z důvodu zranění, změny angažmá nebo osobních důvodů nezůstala účast ani výzkumný vzorek na měřeních beze změny (viz tabulky č. 2, 3 a 4). Prvního měření se zúčastnilo devatenáct hráčů. Na druhé měření se dostavilo dvacet hráčů a k poslednímu měření pouze 15 hráčů. Z toho deset hráčů se účastnilo pouze jednoho měření a jejich referenční data jsou zároveň jedinými naměřenými daty. U těchto hráčů tedy postrádáme přehled o jejich výkonnosti a pohybové zdatnosti v čase. Alespoň na dvě měření se dostavilo deset hráčů. Z toho šest na první a druhé měření, tři na druhé a třetí měření a jeden na první a poslední, třetí měření. Data z každého ze tří měření existují od osmi hráčů.

Tabulka 2 Hráčská statistika hráčů s účastí na prvním měření (průměr  $\pm$   $\sigma$ ) (Zdroj: autor)

Věk (roky)	22,16 $\pm$ 3,72
Váha (kg)	88,43 $\pm$ 8,19
Výška (cm)	186 $\pm$ 5,01

Tabulka 3 Hráčská statistika hráčů s účastí na druhém měření (průměr  $\pm$   $\sigma$ ) (Zdroj: autor)

Věk (roky)	22,60 $\pm$ 3,99
Váha (kg)	88,65 $\pm$ 8,65
Výška (cm)	186,65 $\pm$ 4,94

Tabulka 4 Hráčská statistika hráčů s účastí na třetím měření (průměr  $\pm$   $\sigma$ ) (Zdroj: autor)

Věk (roky)	22,13 $\pm$ 2,95
Váha (kg)	84,25 $\pm$ 6,45
Výška (cm)	183,73 $\pm$ 5,12

### 3.2.3 Skokové testy

Dle zjištění v kapitole 2.7 bylo přistoupeno ke skokovým testům jako k prostředku, který má přenos do ledního hokeje. Tato tvrzení podporují i jiné výzkumy. Dle výzkumu z roku 2023 jsou vertikální skoky, přesněji SJ a CMJ, vhodné jako prediktory sportovního výkonu (Gupta et al., 2023). Kromě predikce výkonu slouží unilaterální forma testu CMJ vhodně i jako prostředek k odhalení asymetrií dolních končetin (viz kapitola 2.3.3). Ke skokovým testům SJ a SLCMJ byl přidán ještě modifikovaný test lateral jump. U testu



lateral jump se předpokládalo, že bude nejméně simulovat pohyb hráčů na ledě. Toto byla motivace pro zvolení těchto tří skokových testů.

Zvoleným skokovým testům vždy předcházela časová příprava, kdy se hráči mohli individuálně připravit a zahřát. Před započítáním samotného testování jim byly také předány instrukce ke správnému provedení skokových testů. Dva ze tří testů byly kompletně identické s moduly přednastavenými v měřicím a záznamovém systému MARS. Tudíž i instrukce se shodovaly. Poslední test byl modifikován, hráči tedy dostali instrukce, které umožňovaly uskutečnění testu. V rámci jednoho testu měl každý hráč vždy tři pokusy. U variant, kde hráč prováděl skoky z každé nohy zvlášť, měl tři pokusy pro levou i pro pravou nohu. U skokových testů byly pozorovány parametry relativní síla a relativní výkon, jak již bylo zmíněno v kapitole 2.7.3. K těmto parametrům se přistoupilo ze dvou důvodů. Za prvé, protože jejich relativní charakter umožňuje snadné porovnávání schopností napříč testovanou skupinou. Druhým důvodem jsou jednotky těchto parametrů. Jejich jednoduchá interpretace, a to co nám říkájí. Jednotka %BW značí jakým procentem své tělesné hmotnosti je jedinec schopný působit silou. A jednotka W/kg představuje množství práce vykonané za čas vztažené na kilogram váhy jedince.

Prvním testovým modulem je Squat jump (Obr. 19). Jak již název napovídá, jedná se o vertikální skok, provedený odrazem z obou nohou současně. K provedení jsou zapotřebí dvě silové desky. Test započne, když se hráč postaví každou nohou zvlášť na jednu ze dvou silových desek. Úkolem hráče je po spuštění záznamu udělat pomalý podřep do subjektivně zvolené hloubky. Aby test proběhl tak, jak má, hráč je nucen v této pozici malý moment setrvat. Blíže se tato doba dá specifikovat jako čas potřebný pro vyrovnání hráčovy manuálně zadané hmotnosti a výchylky snímající silové působení na desku (GRF). Poté provede maximální možný vertikální výskok bez pomoci rukou (ruce má založené v bok) a přistává zpět na silových platformách. Při odrazu nesmí dojít k pohybu směrem dolů, hráč by měl směřovat jen a pouze vzhůru. Nemělo by dojít k tzv. protisměrnému (countermovement) pohybu. Větší protisměrný pohyb měřicí program zvládne zaznamenat a vyhodnotí dané měření jako chybné. Mezi každým pokusem byla zachována půlminutová pauza. Sledovanými veličinami jsou relativní síla [%BW] i relativní výkon [W/kg].



Obr. 19 Skokový test squat jump: a) Startovní pozice (Zdroj: autor), b) Fáze letu (Zdroj: autor)

Druhý testový modul se nazývá Countermovement jump (Obr. 20). V modifikaci, nastavené v rámci softwaru MARS, Single leg countermovement jump. Opět se jedná o vertikální variantu skoku. Avšak výskok se provádí odrazem pouze z jedné nohy. K provedení testu stačí jedna silová deska. Test začíná ve chvíli, kdy se hráč postaví libovolnou nohou na silovou desku. Jeho druhá noha musí pro úspěšnost testu setrvat po celou dobu ve vzduchu a hráč se s ní nesmí nijak dotknout silové desky ani podlahy. V opačném případě by systém vyhodnotil pokus jako chybný. I po spuštění záznamu má hráč stojnou nohu nataženou a druhá je stále ve vzduchu. Jakmile je hráč připraven, tak je jeho úkolem provést co nejvyšší a nejrychlejší vertikální výskok, kterého docílí pomocí rychlého podřepu do subjektivní hloubky a následného odrazu (po celou dobu opět ruce v bok). Právě pokrčení do libovolné hloubky z natažené končetiny a následný výskok jsou oním protipohybem (countermovement). Poté hráč opět dopadá na silovou podložku. Obecně je žádoucí, aby hráč dopadl na podložku jen odrazovou nohou. Avšak pozorována byla pouze fáze odrazu, proto i pokusy, kdy hráči přistávali nedokonale, byly označeny za úspěšné. Mezi pokusy byla opět nastavena půlminutová pauza. Po třech opakováních hráč provedl další tři opakování výskoků z druhé nohy. Sledovanými veličinami jsou relativní síla [%BW] i relativní výkon [W/kg].



Obr. 20 Skokový test countermovement jump: a) Startovní pozice (Zdroj: autor), b) Počátek fáze vzletu (Zdroj: autor), c) Fáze letu (Zdroj: autor)

Posledním testovým modulem byl Lateral jump (Obr. 21). Opět modifikován v rámci nastavení SW MARS. Kompletní název testu je tedy Single leg lateral jump. V tomto případě se už nejedná o vertikální skok, nýbrž o skok spíše horizontálního charakteru. Konkrétně hráči při správném provedení opisovali tvar konkávní paraboly. A to i díky úpravě odrazové plochy. Odrazovou plochou rozumíme jednu silovou desku (opět k provedení postačí jedna silová deska) podloženou rampou s náklonem  $45^\circ$ . Důvodem tohoto ostrého náklonu byl pokus o simulaci pohybu hráčů přímo na ledě. Když se hráči při skluzu na bruslích odrážejí, tak úhel, který svírá odrazová noha s ledem může dosahovat až právě zmiňovaných  $45^\circ$  (viz kapitola 2.1.3). Jak bylo naznačeno výše, skok se provádí odrazem pouze z jedné nohy. Test začíná, když hráč položí jednu svou libovolnou nohu na nakloněnou silovou desku a druhou nohou stojí na rovné zemi. Je důležité, aby byl v tuto chvíli vyvíjen podobný tlak do obou podložek. Příliš nízký tlak vyvíjený do silové desky by vyústil v chybný pokus. Když se tlak vyvíjený do silové platformy ustálí (ustálí se výchylka na záznamové lince), dojde ke spuštění záznamu. Hráčovým úkolem je pomocí lehkého protipohybu směrem do nakloněné roviny a snížení těžiště získat rovnováhu, aby byl schopný zvednout nohu, která vytvářela oporu o rovnou zem a uskutečnit odraz. Směr odskoku byl vždy ve směru opěrné nohy a hráči mohli zvolit libovolný styl přistání. Při tomto testu byl povolen švih oběma rukama. Mezi opakováními byla obligátní půlminutová pauza a po třech opakováních provedených na jednu stranu byla provedena další tři opakování na druhou stranu. Sledovanou veličinou

byla pouze relativní síla [%BW]. Kvůli náklonu silové desky nebyl záznamový program MARS schopný správně vyhodnotit hráčovu váhu, přednastavený modul byl tak narušen. Všechny ostatní měřené veličiny, které jsou záznamovým systémem dopočítávané na základě zadané váhy a snímané odchylky od zadané váhy, byly tímto znehodnocené. Kvůli těmto okolnostem by se dal tento test označit za experimentální.



Obr. 21 Skokový test lateral jump: a) Startovní pozice (Zdroj: autor), b) Fáze přípravy (Zdroj: autor), c) Počátek fáze vzletu (Zdroj: autor)

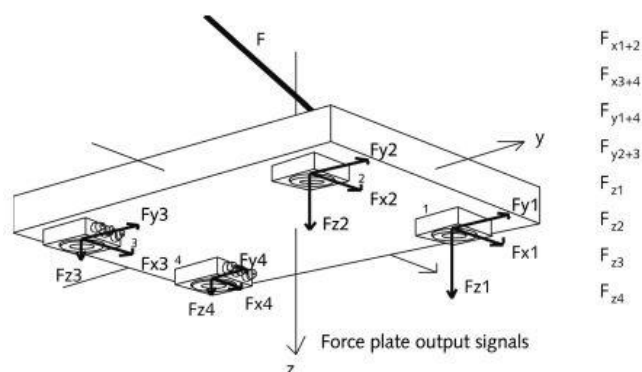
### 3.2.4 Popis pracovního prostředí a vybavení

Veškerý sběr dat za pomoci silových desek se uskutečnil ve Sportparku Liberec a pod hlavičkou Laboratoře pohybové analýzy a Krajské nemocnice Liberec. Konkrétně v útrokách Home Credit Areny, která je domácím stadionem týmu HC Bílí Tygři Liberec a mají zde své zázemí. Pro zajištění nerušeného průběhu měření je třeba splnit dvě podmínky. Jsou jimi možnost síťového napájení a dostatečný prostor. Obě tyto podmínky Home Credit Arena poskytuje, a tak bylo z logistických důvodů provedeno měření zde. Hardwarová sestava, díky které bylo možné uskutečnit měření a analýzu pohybových dovedností všech zúčastněných hráčů, sestávala ze dvou silových plošin, DAQ systému, stolního počítače s monitorem, rampy s náklonem 45° (Obr. 21), spojovacích kabelů a potřebného příslušenství (Obr. 22). Záznam a správa dat byly zprostředkovány pomocí programu MARS od firmy Kistler (viz kapitola 2.6).



Obr. 22 Hardwarová sestava: a) Silové desky (Kistler Group, 2008), b) DAQ systém (Kistler Group, 2008), c) Spojovací kabely (Upraveno z: Kistler Group, 2008)

Konkrétní typ silových desek, využitých ke sběru dat, je Portable 3D force plate/9260AA6. U těchto přenosných silových desek jsou standardně v rozích zabudované čtyři piezoelektrické snímače. Pomocí těchto senzorů je možné snímat a určit tři složky reakční síly  $F_x$ ,  $F_y$  a  $F_z$ . Každá silová složka vzniká složením z výstupních signálů desky (viz Obr. 23). Měřicí rozsah desek se pohybuje od 0 kN do 5 kN pro složku  $F_z$  a od -2,5 kN do 2,5 kN pro složky  $F_x$  a  $F_y$ . Konstrukce desek dovoluje přetížení až 8 kN pro složku  $F_z$  a přetížení v rozpětí -3 kN až 3 kN pro složky  $F_x$  a  $F_y$ . Kromě určení složek reakční síly umožňuje tento typ silových desek určit také COP a vektor GRF. Ač jsou tyto desky v kombinaci se SW MARS velmi vhodné pro testování sportovních výkonů a pohybových dovedností, lze je využít například i pro účely výzkumu či rehabilitace (Kistler Group, 2008).



Obr. 23 Tři složky reakční síly podložky a výstupní signály (Zdroj: Kistler Group, 2008)

Druhým podstatným komponentem sestavy je DAQ systém (viz Obr. 22b), který zajišťuje komunikaci mezi deskami a počítačem. Skládá se z připojovacího boxu, kam se najednou

může připojit až osm D-Sub kabelů (viz Obr. 22c) a z integrovaného A/D převodníku potřebného pro digitalizaci analogových vstupních dat. Digitalizovaná data putují do počítače skrze USB 2.0, kde jsou pomocí SW MARS dále zpracována a připravena k exportu. Data jsou k dispozici i v nefiltrované analogové podobě (Kistler Group, 2013).

Dalším nástrojem využitým ke sběru dat se stal zobrazovací systém francouzské firmy EOS imaging. Samotný přístroj se nachází v KNL na radiodiagnostickém oddělení, kam se hráči dostavili na vyšetření. Konkrétním typem přístroje je EOS Edge (Obr. 24). Následná interpretace dat je zprostředkována pomocí přidruženého softwarového programu SterEOS.



Obr. 24 Přístroj EOS Edge (Zdroj: Krajská nemocnice Liberec, 2023)

Vyznačuje se otevřenou konstrukcí se dvěma posuvnými zdroji záření. Naproti oběma zdrojům záření jsou na stěnách detektory vyznačené obdélníky. Pro oporu pacienta při akvizici je při stěně složená opěrná tyč, která slouží ke stabilizaci a k eliminaci artefaktů způsobených pohybem. Úchopem tyče se zároveň dostanou paže pacienta do ideální pozice.



Obr. 25 Pozice nohou při pořizování snímků (Upraveno z: Krajská nemocnice Liberec, 2023)

Poslední viditelný komponent je plošina s naznačenou dráhou rentgenových paprsků. Na tuto plošinu nastupuje pacient a to způsobem, který je naznačený na obrázku výše (Obr. 25). Je standardem, že pravá pacientova noha je předsunutá dopředu. Díky tomu je poté jednodušší odlišit anatomické struktury z laterálního pohledu.

### 3.3 Analýza výzkumných dat

V této kapitole a jednotlivých podkapitolách bude nastíněno, jakým způsobem bylo postupováno od akvizice dat. Představí se postupy, jakými byla data zpracována a programy, které byly ke zpracování využité. Představeny budou také jednotlivé výsledky měření a výpočtů.

#### 3.3.1 Příprava dat

Data jsou ze silových desek přivedena do počítačového prostředí MARS, kde jsou připravena k exportu do formátu .csv. Tento formát je vhodný pro zobrazení v prostředí v programu Microsoft Excel. Pro další kroky je ale třeba překopírovat sledované parametry do nového Microsoft Excel sešitu, který už je ve standardním formátu .xlsx.

Z každého měření vznikly tři sešity, každý nesoucí název jednotlivého skokového testu (SJ, CMJ a LJ). V jednotlivých sešitech byly vytvořeny přehledné tabulky zobrazující hráče a jejich tři provedené pokusy v rámci sledovaných parametrů relativní síly u všech tří testů a relativního výkonu u testu SJ a CMJ. Jediný výpočetní úkon realizovaný v těchto sešitech byl výpočet průměru ze tří pokusů jednotlivých hráčů. Průměr byl

zvolený pro svou robustnost a snížení možného výskytu náhodných chyb. U každého hráče byla tedy vypočtena průměrná hodnota relativní síly ze tří pokusů a průměrná hodnota relativního výkonu, taktéž vypočtená ze tří pokusů (s výjimkou LJ). Kromě průměrné hodnoty jednotlivých hráčů byly vypočteny i týmové průměrné hodnoty pro relativní sílu a relativní výkon (s výjimkou LJ). Ty byly získané ze všech uskutečněných pokusů. Pokud se výjimečně objevilo chybné měření, bylo z výpočtů vyřazeno.

Ze tří sešitů, zmíněných výše, byly jednotlivé průměrné hodnoty hráčů překopírovány do dalšího sešitu. Zde vznikla na prvním listu komplexní tabulka zobrazující průměrné hodnoty relativní síly hráčů u všech tří skokových testů a relativního výkonu u testů SJ a CMJ. Poslední zobrazované hodnoty v této tabulce byly týmové průměry relativní síly u testů SJ, CMJ a LJ a relativního výkonu u testů SJ a CMJ. U červencového měření byla vytvořena podobná komplexní tabulka. Tato obsahovala data z červencového měření, avšak navíc tam byly některé hodnoty hráčů a týmové hodnoty z květnového měření. Konkrétně obsahovala tato tzv. srovnávací tabulka data hráčů, kteří se zúčastnili květnového i červencového měření a data hráčů, kteří se zúčastnili červencového měření. Obdobně i u zářijového měření vznikla srovnávací tabulka. Tato obsahovala data hráčů, kteří se účastnili buď všech tří měření, červencového a zářijového měření, květnového a zářijového měření, nebo jen zářijového měření.

Dále bylo třeba sestavit si jednotlivé tabulky pro detailnější zkoumání kolísání výkonnosti v čase. Tabulky vycházely z účasti hráčů na měření. Vytvořeny byly celkem tři tabulky mezi jednotlivými měsíci, nezávisle na tom, o které měření se jedná (květen–červenec, červenec–září a květen–září).

Poslední tabulky, nutné k analýze asymetrie síly dolních končetin hráčů, sestávaly pouze z jednotlivých měření relativní síly CMJ při odrazu z levé a při odrazu z pravé nohy v jednotlivých měření. Z každého měření v jednotlivých měsících vznikla tabulka. Celkem tedy tři tabulky.

Po analýze dat ze silových desek byli poslání hráči na diagnostické vyšetření pomocí zobrazovacího systému EOS. Na základě analýzy asymetrie byly pořízeny celkem tři celotělové snímky. A pomocí přidruženého programu SterEOS prošly hráčské celotělové snímky další analýzou pohybového aparátu.

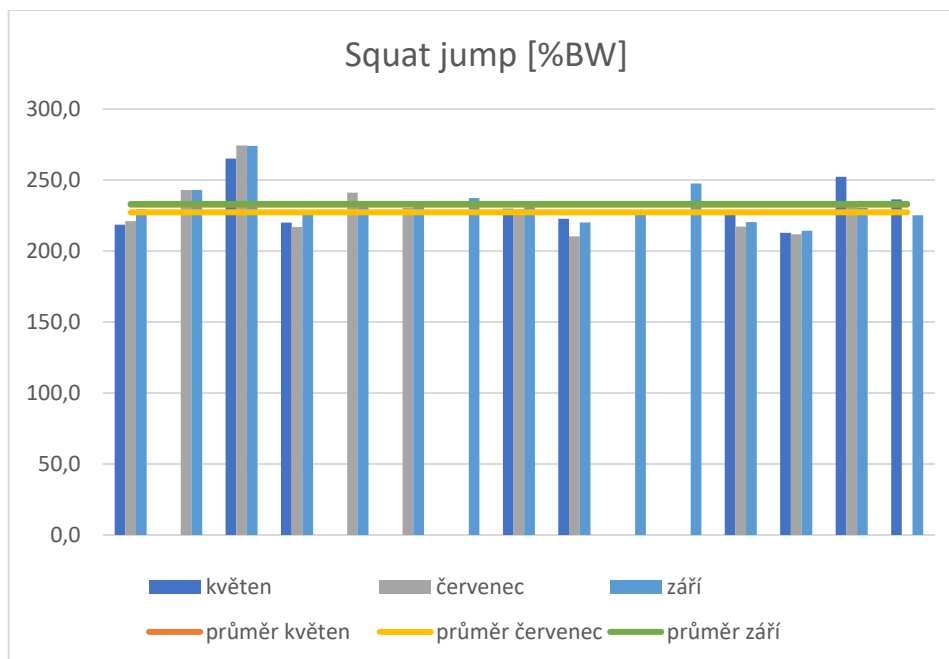


### 3.3.2 Analýza a vizualizace dat naměřených pomocí silových desek

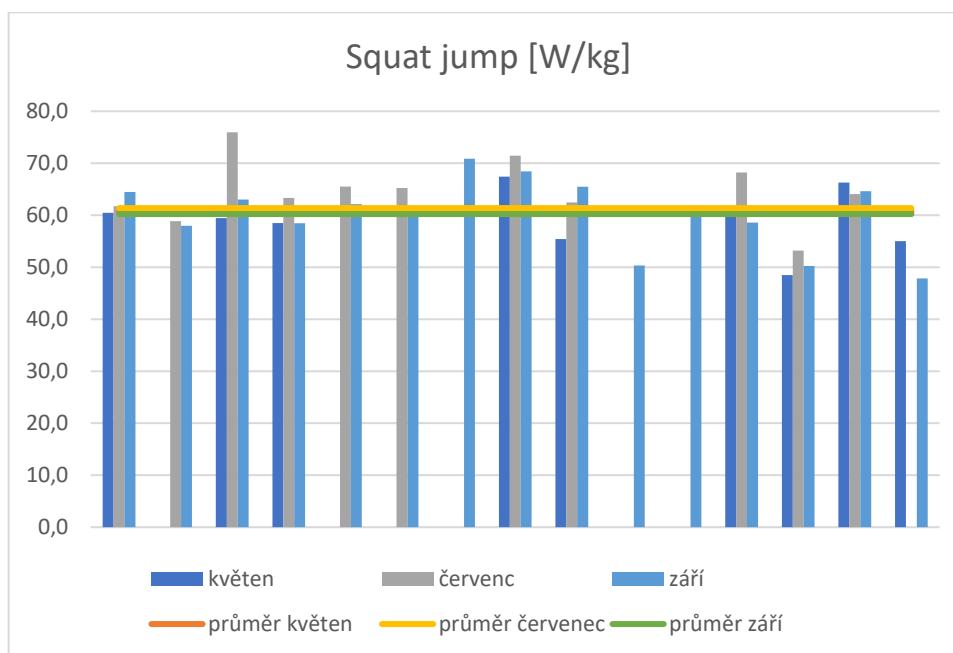
V této kapitole bude blíže představen způsob vizualizace a statistického zpracování dat. Vzhledem k tomu, že práce se zaměřuje na výkon a také na silovou asymetrii, respektive stereotypní pohyby, tak je nutné si tuto kapitolu rozdělit na dvě hlavní části. Na část pojednávající o výkonnostních schopnostech hráčů a na část reflektující pohybové schopnosti hráčů.

Pod tabulkou z květnového měření a pod srovnávacími tabulkami z července a září se nachází pro přehlednější vizualizaci dat kombinované grafy. Jmenovitě pět grafů pro reprezentaci relativní síly dosažené při testech: SJ, CMJ provedený z levé a z pravé nohy a LJ provedený z levé a z pravé nohy. A tři grafy reprezentující relativní výkon dosažený při testech: SJ a CMJ provedený z levé a z pravé nohy. Grafy relativní síly slouží k dalšímu hodnocení asymetrií dolních končetin. Grafy relativního výkonu reflektují efektivitu pohybu.

Každý kombinovaný graf ukazuje průměrné výsledky jednotlivých hráčů a průměr celého týmu. Průměrné hodnoty hráčů jsou reprezentovány sloupci a průměrná týmová hodnota vodorovnou linkou. V červencovém a zářijovém zobrazení dat pomocí grafů mají hráči podle počtu měření, kterých se účastnili, i počet přiřazených sloupců (1,2 nebo 3). To stejné platí i pro vodorovnou linku zobrazující týmový průměr. V červencových grafech jsou linky dvě a v zářijových grafech jsou linky tři. Tyto grafy byly mimo jiné také využité pro průběžnou prezentaci výsledků trenérskému týmu klubu HC Bílí Tygři Liberec. Pro demonstraci jsou za tímto odstavcem vyobrazené grafy (Graf 1 a 2) testu squat jump s výsledky relativní síly a relativního výkonu. Kompletní týmové výsledky jsou k dispozici v příloze A v tabulkách 5 a 6 ve formátu průměr  $\pm$  směrodatná odchylka.



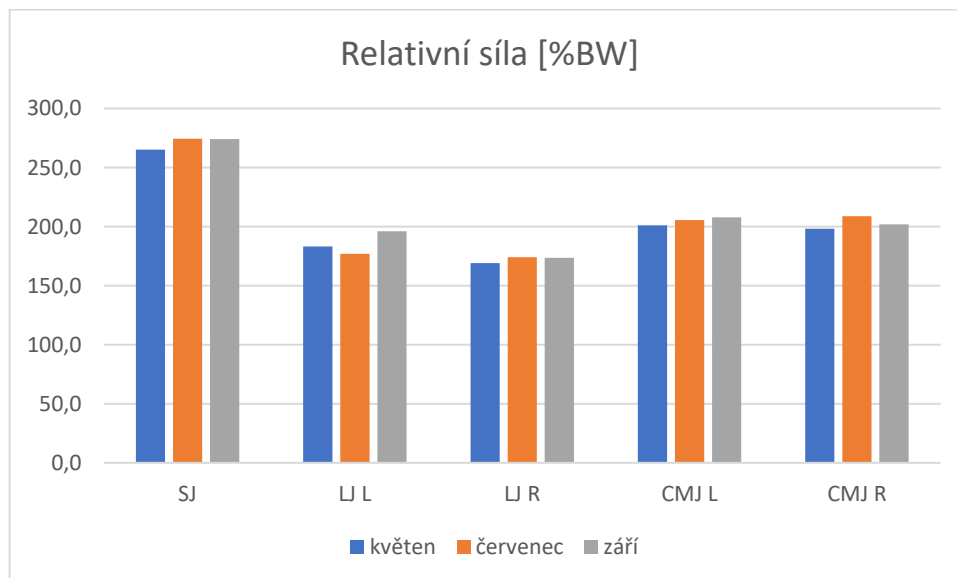
Graf 1 Kombinovaný graf porovnávající týmové výsledky měření relativní síly při testu squat jump v měsících květen, červenec a září (Zdroj: autor)



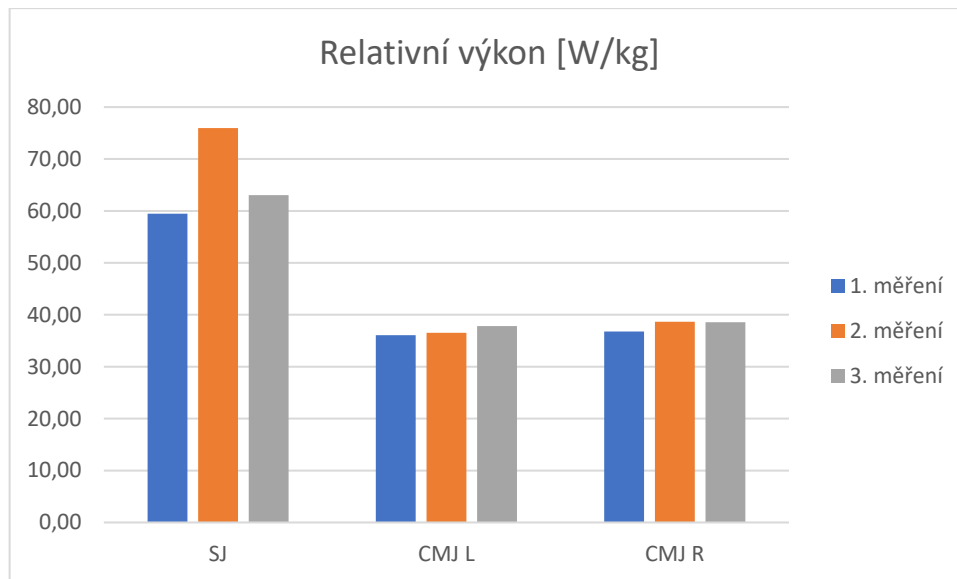
Graf 2 Kombinovaný graf porovnávající týmové výsledky měření relativního výkonu při testu squat jump v měsících květen, červenec a září (Zdroj: autor)

Kromě tabulek, které vyústily v kombinované grafy (Grafy 1, 2 a 3) jsou v sešitu na dalších listech vyobrazeny vždy i individuální grafické výsledky jednotlivých hráčů. K tomuto účelu byl zvolen opět sloupcový graf. Co se týče dosažených výsledků relativní síly, graf má pět kategorií na vodorovné ose, které odpovídají skokovým testům. U relativního výkonu je v grafu na vodorovné ose o dvě kategorie méně kvůli absenci LJ

z levé a z pravé nohy. Graf byl zvolen především díky vlastnosti zobrazit všechny sledované hodnoty a také signifikantnější rozdíly v dosažených výsledcích mezi dvěma končetinami (s výjimkou testu SJ). U červencového a zářijového měření, kdy byly přidány u některých hráčů druhá, respektive třetí měření, se ukázal tento graf jako velice vhodný i pro zobrazení několika měření zároveň. Pokud byly rozdíly mezi jednotlivými měřeními významnější, bylo ihned možné určit, zda se hráč zlepšil, předvedl podobný výkon nebo se zhoršil. Z grafu lze také na první pohled vyčíst, zda jsou výsledky některé z končetin markantně vyšší, nižší nebo má hráč symetrické výkony u obou končetin (s výjimkou SJ). Stejně jako u týmových grafů je i v případech, kdy se hráči účastnili dvou nebo všech třech měření, vyobrazeno více hodnot současně. Individuální grafy posloužily také jako součást prezentace pro trenérský tým HC Bílí Tygři Liberec. Pro demonstraci jsou opět za tímto odstavcem vyobrazeny grafy relativní síly (Graf 3) a relativního výkonu (Graf 4) jednoho z hráčů. Vybrané individuální grafy relativní síly a relativního výkonu jsou k nahlédnutí v přílohách B, C a D (Obr. 7 až 12).



Graf 3 Individuální graf porovnávající výsledky měření relativní síly jednoho hráče s účastí na všech měřeních (Zdroj: autor)



Graf 4 Individuální graf porovnávající výsledky měření relativní síly jednoho hráče s účastí na všech měřeních (Zdroj: autor)

K detailnějšímu pozorování kolísání výkonnosti v čase bylo využito statistického šetření v podobě testů normality a v podobě neparametrických párových testů hypotéz. V první řadě bylo nutné ověřit normalitu jednotlivých párových souborů dat. Konkrétně mezi dvojicemi datasetů jednotlivých skupin hráčů a k testování bylo využito testu Shapiro-Wilk v programu RStudio. Pozorované dvojice datasetů byly vždy mezi jednotlivými měsíci, jak bylo popsáno výše. Kvůli velkému časovému vytížení jednotlivých probandů nebylo možné zajistit stejné zastoupení ve všech případech. Proto jsou z tohoto důvodu pozorované vzorky různé velikosti (od devíti do čtrnácti hráčů). Normální rozdělení indikující použití parametrického testu nenastalo v žádném případě. Z tohoto důvodu bylo nutné použít neparametrické testování.

V dalším kroku se tedy přistoupilo k provedení párových testů ve statistickém programu RStudio. Ač jsou pozorované skupiny párů menšího počtu, tak dle dostupných zdrojů to není překážka k provedení párového Wilcoxonova testu, který se provádí právě v případě nesplnění podmínky normálního rozdělení (Dwivedi et al., 2017). Čtyři signifikantní rozdíly mezi jednotlivými páry dat byly zaznamenány mezi výsledky měření v květnu a v červenci. Konkrétně ve výsledcích měření relativní síly testu LJ s odrazem z levé nohy ( $p < 0,05$ ) a testu LJ s odrazem z pravé nohy ( $p < 0,05$ ) a ve výsledcích měření relativního výkonu testu SJ ( $p < 0,05$ ) a testu CMJ s odrazem z levé nohy ( $p < 0,05$ ). Pouze jeden signifikantní rozdíl mezi páry dat v případě výsledků měření v červenci a v září. A to ve výsledku měření relativního výkonu testu SJ ( $p < 0,05$ ). A dva signifikantní

rozdíly mezi páry dat ve výsledcích měření mezi květnem a zářím. Signifikantní změny bylo možné pozorovat opět u výsledků měření relativní síly testu LJ ( $p < 0,05$ ) s odrazem z levé nohy a u testu LJ s odrazem z pravé nohy ( $p < 0,05$ )

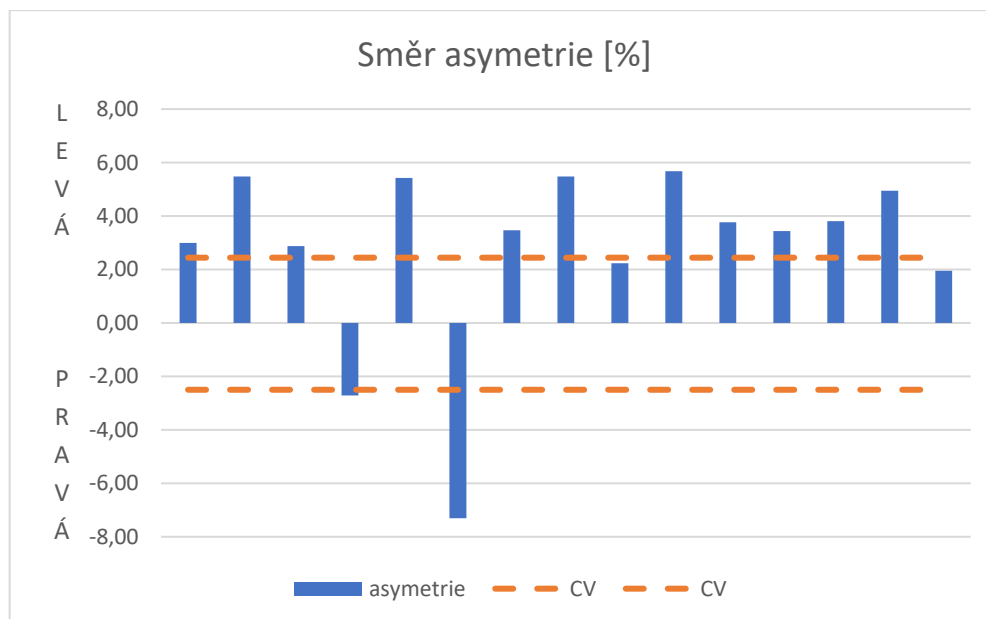
V tomto odstavci je představen způsob výpočtu asymetrie, který slouží i k následnému posouzení toho, zda je hráč vystaven opakujícím se stereotypním pohybům a možnému negativnímu vlivu na pohybový aparát. Pro sledování asymetrie mezi dolními končetinami byly využity naměřené hodnoty relativní síly ze skokových testů CMJ. Jak již bylo popsáno výše, k výpočtu bylo třeba sestavit si tabulku z jednotlivých měření CMJ z levé a pravé nohy. Celkem tedy vznikly tři obdobné tabulky v MS Excel, které obsahovaly výsledky z daného měření. V dalších krocích následoval postup, který se odvíjel od vzorce, jehož použití navrhuje autor Chris Bishop et al. (2019). Jak autor zmiňuje ve své publikaci, je nutné rozlišovat situace, kdy asymetrie vypočítávána ze skokových testů provedených z obou nohou a ze skokových testů provedených odrazem z každé nohy zvlášť (viz kapitola 2.3.3). Z toho důvodu byl vybrán právě vzorec pro výpočet standardního procentuálního rozdílu.

$$100 / (\text{maximální hodnota}) * (\text{minimální hodnota}) * (-1) + 100 \text{ (Zdroj: Bishop et al., 2019)}$$

V následujících řádcích bude v několika krocích stručně popsáno, jakým způsobem vzorec funguje. Pro jednoduchost bude popsán výpočet pouze pro jednoho hráče. V prvním kroku se nejdříve z obou zaznamenaných hodnot na řádku v excelovském sešitu určí, která z končetin zaznamenala maximální hodnotu a která minimální hodnotu. Následuje dělení čísla 100 danou maximální hodnotou a vynásobení tohoto podílu minimální hodnotou. Tento krok vyjadřuje, kolik procent z maximální hodnoty činí minimální hodnota. V posledním kroku násobíme výsledné procento (-1) a přičítáme 100. Těmito operacemi zajistíme, že výsledný procentuální rozdíl mezi oběma končetinami nám ukazuje o kolik procent je maximální hodnota větší než minimální hodnota. Z výsledného procentuálního rozdílu je pomocí funkce KDYŽ v programu MS Excell vyjádřena výsledná magnituda jako směr.

$$*\text{KDYŽ (levá DK} > \text{pravá DK; 1; -1) (Zdroj: Bishop et al., 2019)}$$

V tomto konkrétním případě je funkce vložena přímo za předchozí vzorec a funguje tak, že přiřadí magnitudě záporné znaménko, pokud výsledná magnituda favorizuje pravou nohu. Tento krok je uskutečněn pro jednodušší interpretaci a pro následnou grafickou vizualizaci.



Graf 5 Graf asymetrie mezi dolními končetinami získaný výpočtem z výsledků měření relativní síly CMJ v měsíci září (Zdroj: autor)

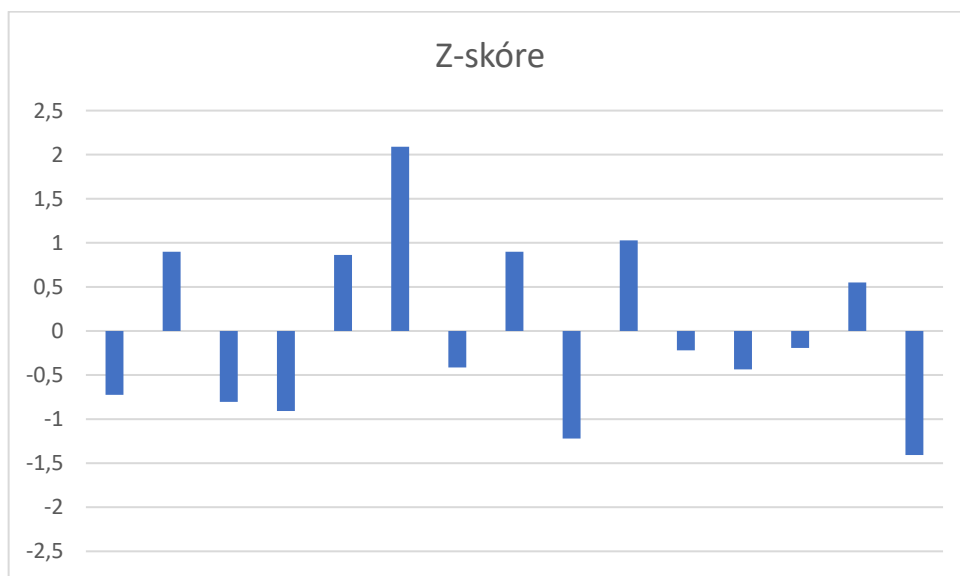
Na demonstrativním grafu (Graf 5) výše je možné pozorovat sloupce, které reprezentují směr i velikost asymetrie jednotlivých hráčů ze zářijového měření. Kompletní týmové výsledky jsou k dispozici v příloze E v tabulce 7 ve formátu průměr ± směrodatná odchylka. Dále hranici, která určuje, zda lze asymetrii považovat za reálnou. Ta je položena pomocí koeficientu variance (CV). V grafu je hranice vyznačena přerušovanými čarami. A samotný CV je vypočítán jako podíl směrodatné odchylky spočtené pro tři zaznamenané pokusy CMJ a průměrné hodnoty třech zaznamenaných hodnot CMJ v daném měsíci (směrodatná odchylka CMJ (1–3) / průměr CMJ (1–3)). I když asymetrie dosahuje hodnot, které přesahují hodnotu CV, neznamená to, že by měla být považována za směrodatnou pro další vyšetření hráče (Exell et al., 2012; Turner et al., 2015). K tomuto účelu byla vytvořena další tabulka a následně graf, který znázorňuje standardizované skóre, konkrétně Z-skóre.

$$Z = (\text{magnituda asymetrie} - \text{týmový průměr}) / SD_a \text{ (Zdroj: autor)}$$

Od výsledné procentuální magnitudy určitého hráče je odečten celkový týmový průměr. A výsledek této operace je vydělen směrodatnou odchylkou ze všech týmových výsledných asymetrií. Výsledkem je skóre přiřazené k výsledné procentuální asymetrii určitého hráče. Tím, že ve vzorci figuruje týmový průměr a směrodatná odchylka procentuálních asymetrií, je výsledné skóre ve vztahu k celé měřené skupině. To

jednoduše řečeno poskytuje relativní postavení konkrétního hráče v rámci měřené skupiny.

Pomocí výsledných hodnot tohoto skóre, které jsou viditelné na grafu níže (Graf 6) je možné si mezi hráči vytipovat adepty pro další vyšetření. Mechanismus, kterým se dojde k vytipování hráče, je následující. V první řadě je zapotřebí provést výpočet dle vzorce č. 3. Poté je nutné si určit práh. Standardně se volí jako práh číslo 2 až 3. Pokud se vypočtené skóre daného hráče bude rovnat nebo bude vyšší než 2, tak o něm lze hovořit jako o významně odlehle hodnotě. V případě, že by bylo vypočtené skóre rovné nebo vyšší než 3, tak o něm lze hovořit jako o extrémně odlehle hodnotě. Pro správnou interpretaci je důležité si zdůraznit, že záporná data jsou v tomto případě nepodstatná, i když se bude jednat o odlehle hodnoty. Záporná data značí podprůměrné hodnoty, to znamená nízkou asymetrii. Pozorované odlehle hodnoty leží z tohoto důvodu pouze v kladné části grafu (Merrigan et al., 2021).



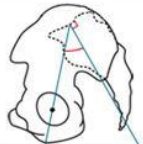
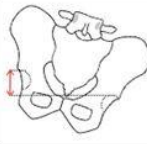
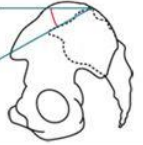
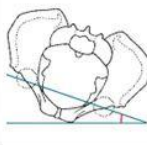
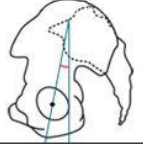
Graf 6 Graf zobrazující skóre přiřazená výpočtem (dle vzorce 3) hráčům a jejich procentuálním asymetriím získaným v měsíci září (Zdroj: autor)

### 3.3.3 Analýza a vizualizace výsledků vyšetření pomocí programu SterEOS

Po diskuzi s týmovým lékařem a týmem Laboratoře analýzy pohybu KNL byli vybráni hráči, kteří podstoupili vyšetření pomocí systému EOS. Ač bylo k vyšetření doporučeno více než 10 hráčů, tak z důvodů zranění, změny působiště nebo jiného přičinění byl tento počet zredukován na pouhé 3 hráče. Při výběru hráčů bylo zohledňováno několik faktorů. Prvním a nejpodstatnějším faktorem byl výskyt vysoké hodnoty asymetrie (7,30 %) nebo případně Z-skóre (2,09) v jednom či více měřeních. Na základě tohoto faktoru byl zvolen

jeden ze tří vyšetřovaných hráčů (hráč A). Druhým faktorem je opakující se asymetrie v průběhu času s rostoucím charakterem (květen: 3,83 %, červenec: 3,29 %, září: 4,95 %). Na základě tohoto byl vybrán další z vyšetřovaných hráčů (hráč B). Posledním podstatným faktorem je podprůměrný výsledek ve výkonnostních testech Na základě podprůměrných výkonnostních výsledků (Příloha D, grafy 11 a 12). a opakujících se asymetrií s rostoucí tendencí (červenec: 4,28 %, září: 5,42 %) byl zvolen poslední vyšetřovaný hráč (hráč C). Individuální grafy s výsledky měření relativní síly a relativního výkonu hráče A a hráče B jsou k nahlédnutí v přílohách B a C v grafech 7 až 10.

Po akvizici rentgenových snímků pomocí EOS Edge byly snímky zpracovány pomocí přidruženého programu SterEOS. U každého ze tří hráčů byly pozorovány parametry popisující postavení pánve (Obr. 26), páteře (Obr. 27), postury (Obr. 28 a 29) a dolních končetin (Obr. 30 až 32). Postupně jsou parametry představeny na výsledných hodnotách hráče C. Celotělové snímky hráče C jsou k nahlédnutí v příloze F (Obr. 39 a 40). Výsledné parametry ostatních dvou hráčů jsou k dispozici v přílohách G a H v obrázcích 41 až 50.

Pelvis					
Pelvic parameters	Value		Pelvic parameters	Value	
Pelvic incidence (1)	44°		Pelvic obliquity (1)	1 mm	
Sacral slope (1)	42°		Pelvis axial rotation (2)	-0°	
Pelvic tilt (1)	2°				

Obr. 26 Parametry popisující postavení pánve (Zdroj: autor/KNL)

Parametr Pelvic incidence s hodnotou 44° představuje úhel mezi kolmicí vedenou do středu horní plošiny kosti křížové a mezi úsečkou vedenou z tohoto bodu do středu acetabula (EOS imaging, 2021). Dle dostupné literatury může být nižší incidence spojována s přetěžováním měkkých tkání v okolí acetabula a problémy s kyčlemi u pacientů s ankylozující spondylitidou. V případě vyšší incidence se výsledky studií



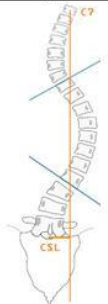
rozcházejí, ale dle některých výsledků ji lze spojovat s osteoartrózou kyčelního kloubu (Saltychev et al., 2018).

Sacral slope s hodnotou  $42^\circ$  označuje úhel mezi vodorovnou linkou a mezi horní plošinou kosti křížové (EOS imaging, 2021). Studie z roku 2010 udává hraniční hodnoty. Pro hodnoty nižší než  $35^\circ$  lze pozorovat lordózu typu 1, která se vyznačuje vrcholem v centru obratle L5. Lordóza typu 2 je stále pozorována pro hodnoty nižší než  $35^\circ$ , ale vrchol zakřivení páteře je v bázi obratle L4. Zakřivení je tedy o něco vyšší. Pokud jsou výsledné hodnoty mezi  $35^\circ$  a  $45^\circ$ , tak se jedná o lordózu typu 3. Vrchol zakřivení páteře je v centru obratle L4, ale spodní oblouk lordózy je více prominentní. Oblouk lordózy tvoří čtyři obratle a úhel sklonu téměř dosahuje hodnoty  $0^\circ$ . Páteř je však stále v rovnováze. Nad  $45^\circ$  lze hovořit o lordóze typu 4 a vrcholu zakřivení páteře v bázi obratle L3 a výše. Více než pět obratlů tvoří oblouk lordózy a dolní oblouk lordózy je velmi prominentní. Úhel sklonu lordózy je nulový nebo kladný.

Pelvic tilt s hodnotou  $2^\circ$  je parametr označující úhel mezi svislou úsečkou a úsečkou procházející středem acetabula s tím, že se obě úsečky setkávají na horní plošně kosti křížové (EOS imaging, 2021). Náklon pánve i spolu s parametrem sacral slope má významný vliv na zakřivení páteře, především potom bederní páteře. Důsledkem je potom celkové ovlivnění sagitálního tvaru páteře (Le Huec et al., 2011). Ve starších studiích zaznává, že je doporučeno, aby byl náklon pánve posteriorně. Posteriorní náklon má být jednou z terapeutických metod. Dále je poukázáno na vliv parametru pelvic tilt na postavení hlavy a ostatních částí těla vůči pánvi (Day et al., 1984).

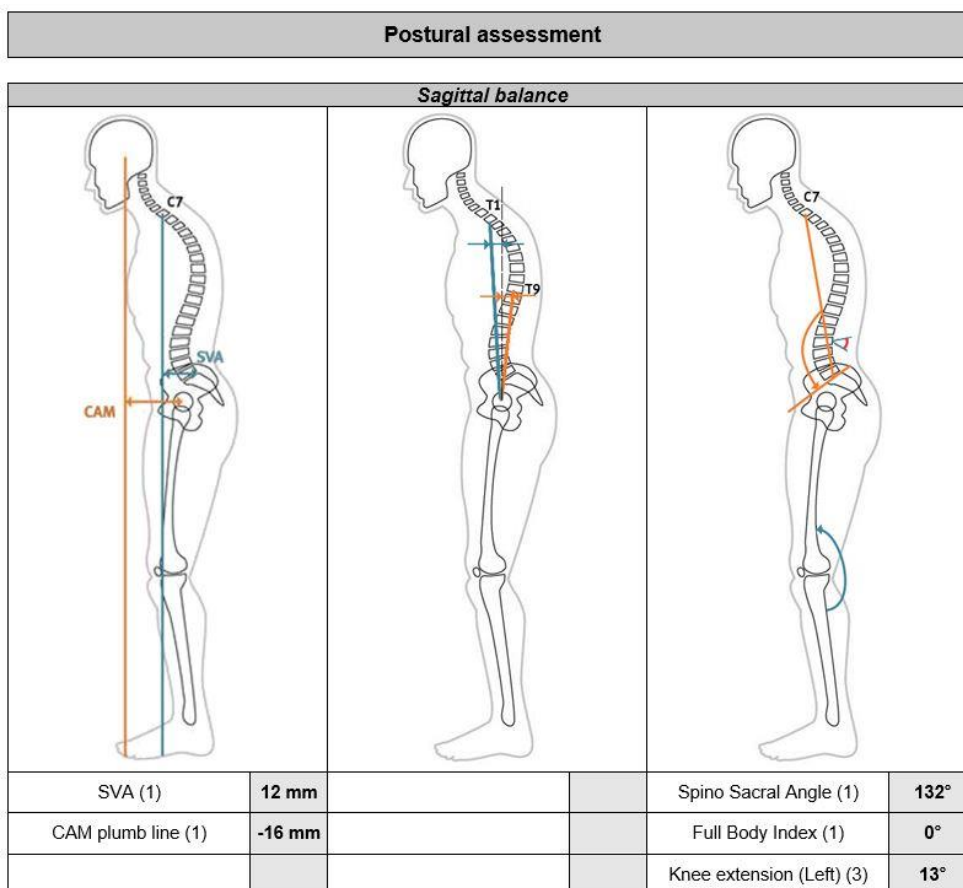
Parametr pelvic obliquity zde s hodnotou 1 mm označuje rozdíl, počítaný podél svislé osy, mezi nejvyšším bodem levého acetabula a nejvyšším bodem pravého acetabula (EOS imaging, 2021). Zešíkmení pánve je spojováno s idiopatickou skoliózou a nerovností v postavení ramen (Banno et al., 2020). Zešíkmení může být způsobeno několika faktory. Jedním z nich je například různá délka dolních končetin, případně strukturální skolióza nebo omezená pohyblivost v kyčlích (Winter a Carvalhopinto, 1986).

Pelvis axial rotation má v tomto případě hodnotu  $0^\circ$  a popisuje úhel, který svírá osa spojující obě acetabula a úsečka, která kopíruje frontální rovinu (EOS imaging, 2021). Tento parametr je označován jako kompenzační a spojován se skoliózou. Postavení pánve, a tedy i páteře celkově ovlivňuje balanční schopnosti a chůzi (Qiu et al., 2013)

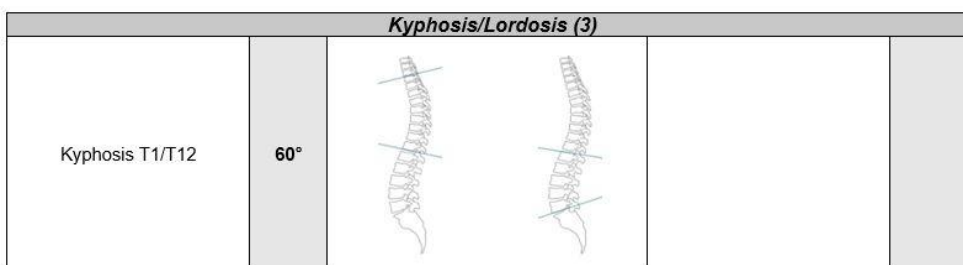
Spine				
Coronal balance (1) and Scoliosis (3)				
C7-CSL	10 mm		Cobb angle T10/L3	9°

Obr. 27 Parametry popisující postavení páteře (Zdroj: Autor/KNL)

Parametry pro popis postavení páteře jsou tu dva. V prvním případě se jedná o posun obratle C7 od CSL (10 mm). Druhým parametrem je Cobb angle (9°) (EOS imaging, 2021). První parametr má se udává s hraniční hodnotou 20 mm a vyšší by znamenal možné ovlivnění balančních schopností, nerovnost pozice ramen, posun hlavy od středové osy těla (frontální pohled) a působí komplikace při řešení problémů s idiopatickou skoliózou (Karami et al., 2016). Cobb angle je úhel, který je vymezený dvěma úsečkami. Jedna je prodloužením horní plošiny zvoleného obratle a druhá prodloužením báze zvoleného obratle (EOS imaging, 2021). Tento úhel označuje míru skoliózy. Ta se projevuje jako zakřivení páteře ve tvaru písmena C nebo S. Mírná skolióza se pohybuje od 10° do 20° Cobova úhlu. Střední skolióza mezi 20° a 40° a závažná skolióza nad 40° (Hornig et al., 2019).



Obr. 28 Parametry popisující postavení celého těla (Zdroj: Autor/KNL)



Obr. 29 Parametr popisující zakřivení páteře v sagitální rovině (Zdroj: Autor/KNL)

Postural assessment pomocí řady parametrů popisuje celkový sagitální balanc a postavení těla v sagitální rovině. Prvním parametrem je SVA a vymezuje vzdálenost mezi zadním okrajem horní plošiny kosti křížové a svislou linkou protaženou ze středu obratle C7 (EOS imaging, 2021). Hraniční hodnotou, která už může značně ovlivnit sagitální balanc a posturu činí 50 mm. Je to také hodnota, kterou se snaží řídit lékaři při operacích. Při vyšších hodnotách si mohou pacienti stěžovat na přepadávání (Polly et al., 2012).

CAM plumb line je parametr s hodnotou -16 mm a značí vzdálenost od středu kloubních hlavice stehenních kostí ke svislé lince protínající střed zvukovodů. Tento parametr

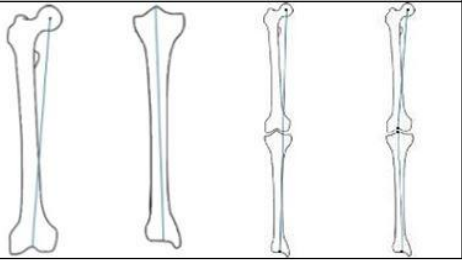
dopředný posun trupu od oblasti kyčlí a pánve (EOS imaging, 2021). V tomto případě záporné znaménko značí posun vzad.

Spino sacral angle o hodnotě 132° je určen prodloužením horní plošiny křížové kosti a úsečkou směřující ze středu této plošiny do středu obratle C7. Průměrná hodnota se pohybuje okolo 130° a dle výzkumu tento parametr značně koreluje s parametrem sacral slope a bederní lordózou (Savarese et al., 2020).

Full body index udává, jaký stupeň lordózy je potřeba k tomu, aby se kompletně vyrovnal balanc těla z pohledu ze sagitální roviny. Index je vypočítán na základě několika úhlů a v tomto konkrétním případě má hodnotu 0°.

Knee extension na levé noze vymezuje úhel, který svírá stehenní kost a holenní kost. Test je proveden na levé noze z důvodu předsunutí pravé dolní končetiny, která tak nezaujímá přirozené postavení. V tomto konkrétním případě byl výsledný úhel 13°.

Poslední parametr ze segmentu postural assessment hodnotí zakřivení páteře v sagitální rovině. Tedy jestli a jaká se v této rovině objevuje kyfóza či lordóza. Obě zakřivení jsou dána úhlem, který svírají úsečka vedená z horní plošiny zvoleného obratle a úsečka vedená z báze zvoleného obratle. Obratle si volí uživatel dle pozorování (EOS imaging, 2021). Výsledky vyšetření ukazují hodnotu hrudní kyfózy rovnou 60°. V literatuře je hodnota právě 60° jako hranice. Pacienti s nižšími hodnotami jsou obvykle asymptomatictí a nejsou u nich evidované dlouhodobé následky. U pacientů s hodnotami vyššími než 60° záleží na okolnostech (například věk pacienta), které určují další postup a případnou léčbu (Sebaaly et al., 2022).

Hip and knee			
<i>Lengths (3)</i>	<i>Right</i>	<i>Left</i>	
Femur length	45.7 cm	46.6 cm	
Tibia length	42.3 cm	42.0 cm	
Functional length	88.3 cm	88.4 cm	
Anatomical length	88.0 cm	88.7 cm	

Obr. 30 Parametry popisující délky jednotlivých kostí a délky dolních končetin (Zdroj: autor/KNL)

<b>Knee (4)</b>	<b>Right</b>	<b>Left</b>	
Valgus/Varus	Varus 1°	Varus 2°	
Knee flexion/Knee extension	Extens. 6°	Extens. 14°	
HKS	7°	5°	

Obr. 31 Parametry popisující úhly mezi stehenní a holenní kostí (Zdroj: autor/KNL)

<b>Femur (3)</b>	<b>Right</b>	<b>Left</b>	
Femoral head diameter	56 mm	54 mm	

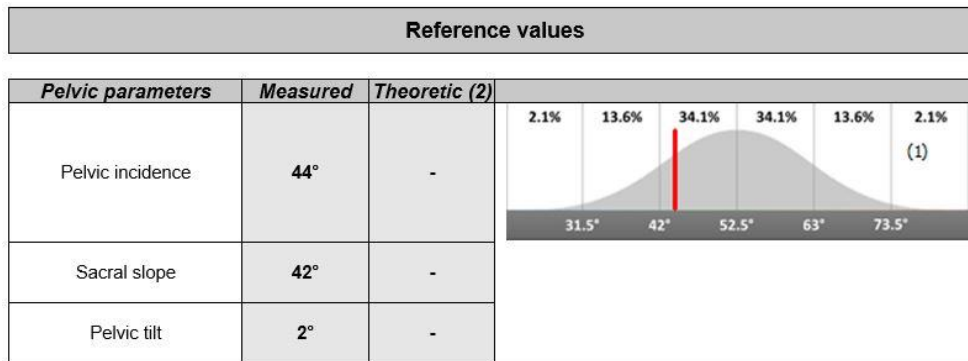
Obr. 32 Parametr popisující průměr kloubní hlavice stehenní kosti (Zdroj: utor/KNL)

První segment označuje délky stehenních kostí (R: 45,7 cm, L: 45,6 cm) a holenních kostí (R: 42,3 cm, L: 42 cm) obou končetin. A také funkční (R: 88,3 cm, L: 88,4 cm) a anatomickou (R: 88 cm, L: 88,7 cm) délku obou dolních končetin. Rozdílem mezi funkční a anatomickou délkou je ten, že funkční délka zohledňuje celkový rozsah pohybu končetiny (kompletní délku mechanické osy). Anatomická délka poskytuje informaci o délce končetiny, tedy součet délek obou kostí nehledě na funkčnost a pohyb.

Druhý segment popisuje úhly, které svírají stehenní a holenní kosti obou dolních končetin z pohledu z frontální a sagitální roviny. První úhel je pozorován z frontální roviny a označuje valgus nebo varus. V případě pozorovaného hráče se jedná o varus (R: 1°, L: 2°). Ten se vyznačuje vybočením kolen směrem od sebe, a naopak vybočením kolen směrem k sobě se vyznačuje valgus. Dále je zde popsána ohyb kolene ze sagitálního pohledu (extenze R: 6°, L: 14°). Vyšší extenze levé nohy oproti pravé noze může být vysvětlena opět předsazením pravé nohy a tím snížení úhlu extenze. O stupeň větší extenze vůči měření v segmentu sagitálního balancu může být vysvětlena lidskou chybou při volbě anatomických bodů na rentgenových snímcích. HKS označuje úhel mezi anatomickou a mechanickou osou stehenní kosti (R: 7°, L: 5°). Tento parametr určuje pozici kolenního kloubu vůči ose těla z frontálního pohledu. Avšak hodnota je to velmi variabilní (Lampart et al., 2019).

Poslední segment zobrazuje průměry kloubních hlavic stehenních kostí. Na pravé končetině dosáhl průměr 56 mm a na levé končetině dosáhl průměr 54 mm.

U tohoto konkrétního hráče lze pozorovat některé hraniční až nadprahové hodnoty (Cobb angle, kyfóza a extenze v kolenním kloubu, sacral slope). Porovnáním hráčových hodnot s referenčními hodnotami pro parametry pánve zařazují tohoto hráče na Gaussově křivce do mírného podprůměru (Obr. 33). A dle druhého srovnání parametru SVA s referenčními hodnotami je hráč v normě, co se týče sagitálního balancu (Obr. 34)

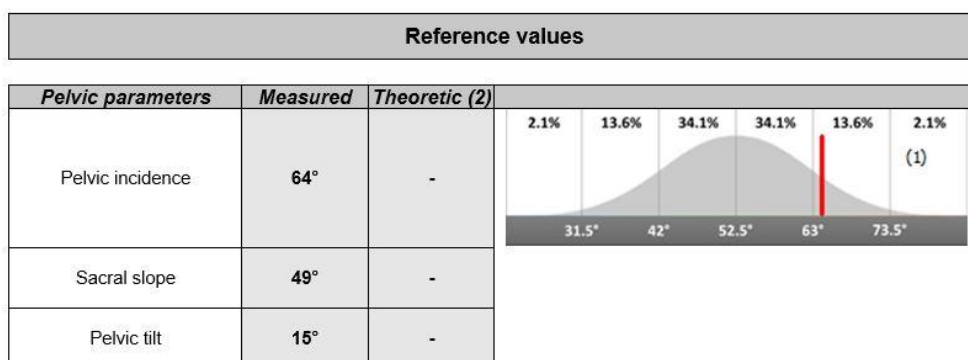


Obr. 33 Porovnání hodnot pánevních parametrů s referencí (Zdroj: autor/KNL)



Obr. 34 Porovnání hodnot parametru SVA s referencí (Zdroj: autor/KNL)

Hráč A se vyznačoval hodnotami, které se zdají být v normě. Dle dostupné literatury je ale možné označit pelvic tilt jako parametr, který se odchýlil od normy. Avšak hraniční hodnoty a pohledy na tuto problematiku se dle různých studií liší (Suits, 2021). Dalšími zvýšenými parametry jsou spino sacral angle a sacral slope. Porovnání hráčových hodnot s referenčními zařazuje hráče do středního nadprůměru (Obr. 35). Dle druhého srovnání je hráč v normě (Obr. 36).



Obr. 35 Porovnání pánevních parametrů s referencí (Zdroj: autor/KNL)

<i>Global alignment</i>	<i>Measured</i>		
SVA	19 mm	-	

Obr. 36 Porovnání hodnot parametru SVA s referencí (Zdroj: autor/KNL)

U hráče B je opět většina parametrů v mezích normy. Avšak parametry sacral slope a pelvic tilt jsou zvýšené, respektive hraniční. U hráče B lze pozorovat nejvyšší hodnotu parametru spino sacral angle. Porovnání hráčových hodnot s referenčními zařazuje hráče do středního nadprůměru (Obr. 37). A dle druhého srovnání je hráč v normě (Obr. 38)

Reference values			
<i>Pelvic parameters</i>	<i>Measured</i>	<i>Theoretic (2)</i>	
Pelvic incidence	66°	-	
Sacral slope	55°	-	
Pelvic tilt	11°	-	

Obr. 37 Porovnání hodnot pánevních parametrů s referencí (Zdroj: autor/KNL)

<i>Global alignment</i>	<i>Measured</i>		
SVA	6 mm	-	

Obr. 38 Porovnání hodnot parametru SVA s referencí (Zdroj: autor/KNL)

### 3.4 Vyhodnocení výsledků práce

Cíle stanovené pro teoretickou část jsou považovány za splněné. Byla provedena rešerše na téma biomechanika ledního hokeje. A po uvážení byla popsána biomechanika dopředného bruslení, jako základního pohybu hráčů na ledě. Další rešerše byla na téma sportovní medicíny. Tato problematika byla popsána v několika kapitolách, jmenovitě například v kapitole 2.2.1, kde jsou popsány typy svalových vláken a jejich vliv na sportovní výkon. V teoretické části byla dále rozebrána témata skokové testy, pohybová analýza, stereotypní pohyby, sportovní výkon, silová a skeletální asymetrie dolních končetin.

Hlavním cílem praktické části bylo zavést si funkční metodiku pro hodnocení pohybových schopností a výkonnostních parametrů. Tento úkol lze považovat za splněný. Pomocí nastavené metodiky byla nejdříve provedena opakovaná měření s časovým rozestupem. Data získaná z těchto měření pomocí silových desek poté prošla analýzou. Pomocí statistických nástrojů bylo provedeno hodnocení týmové a individuální výkonnosti. Pomocí výpočtů a statistických nástrojů bylo provedeno také hodnocení asymetrie dolních končetin, která má představovat důsledek opakovaných stereotypních pohybů. Po zvážení výsledných výkonnostních a asymetrických hodnot byli po konzultaci s odborníky vyvoleni hráči, kteří podstoupili vyšetření pomocí zobrazovacího systému EOS. Dle výsledků byl poté po konzultaci s ortopedem doporučen další postup ve formě terapie, zvolené po konzultaci s ortopedem, nebo ve formě nového nastavení tréninku pod dohledem odpovědné osoby.

U tří hráčů, kteří se účastnili poslední fáze, tedy vyšetření pomocí přístroje EOS Edge, byl na základě výsledků doporučen postup, jenž byl dále předložen ortopedovi/týmovému lékaři. U hráče A, který zaznamenal ze tří zmiňovaných nejvyšší a signifikantní asymetrii dolních končetin se objevují hraniční a zvýšené hodnoty u parametrů spino sacral angle (138°), sacral slope (49°) a pelvic tilt (15°). První dva zvýšené parametry ukazují na možné budování lordózy a poslední parametr na možné ovlivnění sagitálního balancu. Avšak hráč se jeví jako asymptomatický. Sagitální balanc je dle porovnání s referencí v normě a parametry pánve jsou středně nadprůměrné. Doporučení ortopedovi tedy zní zaměřit se na bederní lordózu a oblast pánve. U hráče B se zvýšenými a hraničními hodnotami projeví parametry sacral slope (55°), pelvic tilt (11°) a spino sacral angle (145°). Hráč je opět asymptomatický, ale podobně jako u hráče A je u něj možnost rozvinutí bederní lordózy. Dle porovnání s referencí je sagitální balanc v normě, ale



parametry pánve jsou opět středně nadprůměrné. Doporučení ortopedovi zní zaměřit se opět na oblast pánve a možný rozvoj bederní lordózy. U hráče C se objevují tyto hraniční a zvýšené parametry: sacral slope ( $42^\circ$ ), cobb angle ( $9^\circ$ ), kyfóza ( $60^\circ$ ) a extenze levého ( $13^\circ$  až  $14^\circ$ ) i pravého kolene ( $6^\circ$ ). Hráč je opět asymptomatický a navzdory nálezům má ze tří hráčů nejlepší výsledky v porovnání s referencí. Zajímavý je také záporný parametr CAM ( $-16$  mm), který pravděpodobně kompenzuje vyšší extenzi kolen. Doporučení ortopedovi u tohoto hráče je zaměřit se na hraniční hodnotu Cobb angle představující možný rozvoj skoliózy v oblasti bederní a hrudní páteře. Dále také na možný rozvoj lordózy. A v neposlední řadě by bylo vhodné nadále pozorovat extenzi kolenních kloubů, zda nějak neovlivňuje vazivo, okolní tkáň, skelet nebo celkovou posturu. Všem třem hráčům by mělo být doporučeno zařadit do tréninkového plánu kompenzační cvičení pod dozorem odpovědné osoby.

Prvním splněným předpokladem je zavedení funkční a efektivní metodiky. Pomocí zavedené metodiky je možné efektivně volit hráče s potenciální náchylností ke zranění. Druhý předpoklad ohledně zlepšení oproti referenčním datům se naplnil částečně. Na týmových průměrech relativní síly a relativního výkonu získaných v měsíci květen, červenec a září je viditelný trend. Kdy oproti prvním naměřeným datům v květnu přišel nárůst v červenci a v září data oproti červencovým poklesla. Výjimkou je pouze test squat jump při testování maximální relativní síly. V tomto jediném případě byl trend opačný. Průměrné týmové hodnoty v září jsou ale opět vyšší než ty naměřené v květnu. Tento trend potvrzují i výsledky statistického šetření v kapitole 3.3.2. U asymetrií byl pozorován jasný zhoršující se trend. V kapitole 4 bude této fluktuaci dat věnováno více prostoru.

## 4 Diskuze

Zvolená metodika se osvědčila, avšak byl zaznamenán značný prostor k vylepšení. Přidáním testů z různých oblastí testování fyzického výkonu a pohybu by se dalo dosáhnout mnohem vyšší komplexnosti metodiky. Více k tomuto tématu je k nahlédnutí v kapitole 5. Pro ověření tohoto tvrzení by ovšem bylo zapotřebí buď zavést novou metodiku, nebo navázat na tuto a rozvinout její potenciál. Dle dostupných informací neexistuje zatím žádná studie či výzkum, který by byl proveden totožným způsobem jako tato práce. Ač dosud nebyla nalezena studie s totožným zaměřením, tak studie s částečnou podobou se zaměřují především na testování a predikci výkonnosti pomocí skokových testů. Hlavní výhoda práce, výzkumu nebo studie tohoto zaměření tkví v univerzálnosti využití pro sporty s unilaterálním charakterem. A také pro běžnou populaci, která je vystavena jednostranné zátěži. Přínosem takové práce je možnost reagovat dle výsledků podáním doporučujících preventivních opatření v oblasti zdraví.

V teoretické části se kapitola 2.3.4 dotýká problematiky rozvoje skeletální asymetrie dolních končetin během růstu mechanickou zátěží. Tento fakt je důležité rozvinout a podotknout, že lední hokej je sport s velmi úzkou specializací. Není výjimkou, že hráči začínají s tímto sportem už v období předškolního věku. V dnešní době je tato brzká specializace nutnost. Hokejista tedy během dospívání a růstu podstupuje na týdenní a později na denní bázi jednostranně zaměřenou mechanickou zátěž. I to je jeden z důvodů, proč by měli být lední hokejisté pozorováni a v případě nálezu nebo obtíží diagnostikováni. Dle této logiky by i dávalo větší smysl zaměřit se na dospívající hokejisty a mládež. Dalo by se předpokládat, že mnoho hráčů končí s aktivním sportem z důvodu růstových vad ještě před nabytím dospělosti a do profesionálního hokeje se dostanou jen hráči, kteří jsou k tomu fyzicky vybavení a nevyžadují speciální zacházení. Při nasazení této metodiky u mládežnických kategorií by se mohlo mnohem efektivněji předcházet zraněním, které jsou způsobené změnami na skeletu v závislosti na opakované mechanické zátěži.

V předchozí kapitole je nastíněno kolísání výkonnosti a zhoršující se asymetrie v průběhu měření. Tyto výkyvy síly a výkonu mohou být způsobeny nastavením přípravného období před započítáním soutěžního období. První naměřená, referenční data byla dle předpokladu průměrně nejnižší. U červencových dat přišel až na jeden případ očekávaný nárůst, ale zářijová data zaznamenala opět až na jeden případ pokles. Vysvětlení se skrývá

pravděpodobně za zintenzivňujícím se charakterem přípravy. Kdy při druhém měření již hráči nabrali sílu a rychlost, ale nepocítovali únavu. Při třetím měření, téměř ve finální fázi přípravy, už se pravděpodobně dostavila i únava a výkonnost i síla hráčů měla klesající trend. S výjimkou výsledků relativní síly testu SJ. Měření, které by proběhlo i na začátku sezóny, například 14 dní po začátku, by mohlo dle předpokladů ukázat opětovné navýšení výkonnosti a síly. Asymetrie měla pouze zhoršující se trend v průběhu přípravy. Pravděpodobně to bude dáno dvěma faktory. V intenzivním přípravném období dochází častěji k opakování zažitých stereotypních pohybů. A druhým faktorem může být opět zvyšující se únava. Druhý faktor by měl primárně postihovat nedominantní dolní končetinu.

Výkonnostní parametry ani asymetrie dolních končetin nejsou z hlediska týmového úspěchu příliš směřodáté. Primárně z důvodu absence referenčních dat (od ostatních klubů). Ale individuální výkonnostní parametry by mohly posloužit realizačnímu týmu klubu jako prediktor kvality hráčů, co se produktivity týče. Objektivně nejlepší dva hráči ve výkonnostních parametrech zaznamenali z hlediska produktivity velmi vydařenou sezónu. Jeden z hráčů byl nejlepším střelcem letošní sezóny (Grafy 9 a 10 v příloze C) a druhý z hráčů si připsal téměř jeden kanadský bod na každý svůj odehraný zápas (Graf 3 a 4). Oba tyto individuální výsledky jsou vynikající. Oba hráči se taktéž zařadili do top 15 nejlépe bodujících hráčů celé ligy.

Největším limitujícím faktorem práce byl nekonzistentní vzorek testovaných hráčů napříč měřeními. V práci to bylo několikrát zmíněno, ale profesionální lední hokej je velmi dynamicky se měnící hra ať už přímo v poli, nebo na manažerské úrovni. Hráči se nemohli účastnit měření například z důvodu zranění nebo změny působiště. Druhým limitujícím faktorem byl průběh soutěžní sezóny. V přípravě před sezónou bylo možné najít volný časový úsek k měření. Avšak pokud by měla být data měřena i v průběhu sezóny, tak by to bylo velice obtížné. Primárně z důvodu různého vytížení hráčů nebo z důvodu lišících se tréninkových plánů. Třetí limitující faktor je hodnocení asymetrie. Pro aktivně sportující populaci neexistuje jednoznačná hranice normální asymetrie. Proto bylo přistoupeno k hodnocení pomocí Z-skóre, které alespoň nějak zohledňuje odchýlení od normy v dané populaci hráčů jednoho určitého měření. Ale určitě by bylo vhodnější přistoupit k měření vyššího počtu respondentů, které by napomohlo udělat si představu o tom, co by se dalo považovat za normální a abnormální hodnoty asymetrie dolních končetin.

## 5 Návrh doporučení pro praxi

Výzkum byl realizován pomocí skokových testů, které obstojně simulují pohyby hráčů ledního hokeje přímo na ledě. A lze díky nim hodnotit pohybové schopnosti hráčů. Avšak kvůli komplexnosti fyzické přípravy, kterou dnešní profesionální soutěž vyžaduje, by bylo vhodné k testování přidat rozšíření. Z hlediska výkonnosti by se mělo jednat o testy metabolismu, například o testování aerobních schopností. Dalšími testy, které by mohly odrážet výkonnostní schopnosti hráčů, jsou dechové testy. Z hlediska stereotypních pohybů by bylo více než vhodné doplnit test zohledňující a hodnotící balanční schopnosti hráčů. Ať už by to bylo s využitím silových desek a programu MARS, nebo s využitím dynamického testu stability (Y balance test). Dále by bylo přínosné doplnit výzkum o měření elektrické aktivity svalstva hráčů při bruslení a následně i při testech mimo led. Toto měření by bylo realizováno jako předvýzkum a data by pomohla pochopit svalovou aktivitu hráčů při pohybech na ledě. Podle výsledků by bylo poté možné se důkladněji zaměřit na určité svalstvo. A díky získaným datům z ledu a mimo led by tato možnost porovnání pomohla zvolit nejvhodnější skokový či jiný zátěžový test. Poslední doporučení k doplnění testování se týká testování hráčů mimo led v bruslích. Minimálně porovnání balančních schopností s bruslemi a bez bruslí by pomohlo vytvořit představu o unikátnosti pohybu v ledních bruslích.

Při zaměření pouze na skokové testy by bylo benefiční rozšířit testovací baterii. To by přispělo ke komplexnosti testování. Testy, který by napomohly komplexnějšímu měření, jsou skokové testy se zátěží. Zátěž se myslí buď ve formě gravitační, nebo ve formě externí zátěže. U testu lateral jump by se mělo přistoupit k experimentování s náklonem. Různé úhly naklonění by simulovaly různé fáze bruslení. Samotný test lateral jump by mohl projít obměnou. S tím, že hráč by startoval s oběma nohama mimo silovou desku a na silovou desku by doskočil a následně se ihned odrazil.

Na základě výsledků může sloužit hodnocení výkonnostních parametrů a asymetrie jako prediktor kvality a zdraví jednotlivých hráčů. K tomu je vhodné doplnit, že monitorování asymetrií mezi dolními končetinami je vhodné i pro ostatní sporty, které se vyznačují unilaterálním charakterem pohybu a důrazem na rychlé změny směru.

## 6 Závěr

Výsledkem této diplomové práce, a zároveň primárním cílem, je zavedená metodika. Teoretická část k tomuto výsledku přispívá informacemi z mnoha oborů a uceluje tak představu o zavedené metodice. Díky vytvořené metodice je pravděpodobně možné identifikovat a predikovat produktivní a herně kvalitní hráče na základě výkonnostních a silových parametrů. Dále pomocí výpočtu silové asymetrie dolních končetin i v kombinaci s výkonnostními parametry je možné vytipovat hráče, kteří by mohli být náchylní ke zranění. Vytipování hráči jsou poté vyšetřeni pomocí přístroje EOS Edge a snímky jsou evaluovány v programu SterEOS. Výstupem práce je po konzultaci s odborníky doporučení k terapii nebo k úpravě tréninkového plánu.

Tato práce zahrnuje důležité poznatky a doporučení pro eventuální rozvoj výzkumu v tomto směru. Výzkum tohoto nebo podobného charakteru má vysoký potenciál v prevenci úrazů nezaviněných druhou osobou. Dále se také dle výsledků práce ukazuje, že výkonnostní parametry by mohly sloužit jako prediktory kvality herního výkonu a produktivity. A v neposlední řadě se ukazuje, že na základě výpočtu silových asymetrií v kombinaci s výkonnostními parametry je možné odhalit hráče s hraničními až nadprahovými hodnotami u parametrů hodnotících posturu a skelet.

Práce by měla sloužit jako základ pro testování výkonnosti a stereotypních pohybů na základě skokových testů a na základě hodnocení asymetrie. Aplikovatelnost, a tedy i přesah, této práce je nejen na populaci aktivních lidí, kteří se věnují unilaterálně zaměřenému sportu, ale i na lidi s fyzicky náročným zaměstnáním s unilaterálním charakterem.

## Seznam použité literatury

BANNO, Tomohiro; Yu YAMATO; Tomohiko HASEGAWA; Go YOSHIDA; Sho KOBAYASHI et al., 2020. Impact of pelvic obliquity on coronal alignment in patients with adolescent idiopathic scoliosis. Online. *Spine Deformity*, roč. 8, č. 6, s. 1269–1278. ISSN 2212-134X. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43390-020-00145-x>.

BECKHAM, George; Tim SUCHOMEL a Satoshi MIZUGUCHI, 2014. Force Plate Use in Performance Monitoring and Sport Science Testing. Online. *New Studies in Athletics*, roč. 29, č. 3, s. 25–37. ISSN 0961-933X. Dostupné z: <https://centrostudilombardia.com/wp-content/uploads/IAAF-Generale/2014-Force-plate-use-in-performance-monitoring-and-sport-science-testing.pdf>.

BISHOP, Chris; Paul READ, Shyam CHAVDA; Paul JARVIS a Anthony TURNER, 2019. Using Unilateral Strength, Power and Reactive Strength Tests to Detect the Magnitude and Direction of Asymmetry: A Test-Retest Design. Online. *Sports*, roč. 7, č. 3. ISSN 2075–4663. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6473782/>.

BOBBERT, Maarten F. a Gerrit Jan VAN INGEN SCHENAU, 1988. Coordination in vertical jumping. Online. *Journal of Biomechanics*, roč. 21, č. 3, s. 249–262. ISSN 0021-9290. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3379084/>.

BUSSEY, Melanie D, 2010. Does the demand for asymmetric functional lower body postures in lateral sports relate to structural asymmetry of the pelvis? Online. *Journal of Science and Medicine in Sport*, roč. 13, č. 3, s. 360–364. ISSN 1440-2440. Dostupné z: [https://www.jsams.org/article/S1440-2440\(09\)00085-1/fulltext](https://www.jsams.org/article/S1440-2440(09)00085-1/fulltext).

DALEY, Jordan, 2024. Muscle Anatomy Diagram. Obrázek; online. In: *Muscle Anatomy*. Dostupné z: <https://www.shapesense.com/fitness-exercise/muscle-anatomy/>. [citováno 2024-04-20].

DALMAU, Jörgen; Erik JOHANSSON; Martin LUNDSTRÖM a Christer NILSSON, 2009. Track detectors: wire chambers. Online. In: *HANDS-ON CERN -- English version*. Dostupné z: [https://physicsmasterclasses.org/exercises/hands-on-cern/hoc\\_v21en/main\\_frame/de\\_track2.html](https://physicsmasterclasses.org/exercises/hands-on-cern/hoc_v21en/main_frame/de_track2.html). [citováno 2024-04-22].

DAY, James W.; Gary L. SMIDT a Thomas LEHMANN, 1984. Effect of Pelvic Tilt on Standing Posture. Online. *Physical Therapy*, roč. 64, č. 4, s. 510–516. ISSN 0031-9023. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6231648/>.

DWIVEDI, Alok Kumar; Indika MALLAWAARACHCHI a Luis A. ALVARADO, 2017. Analysis of small sample size studies using nonparametric bootstrap test with pooled resampling method. Online. *Statistics in Medicine*, roč. 36, č. 14, s. 2187–2205. ISSN 0277-6715. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sim.7263>.

DYLEVSKÝ, Ivan a Petr JEŽEK, 2001. Typy vláken kosterního svalu. Online. In: *Základy kineziologie*. Dostupné z: <https://vos.palestra.cz/skripta/kineziologie/1a3a2.htm>. [citováno 2024-04-20].

EOS IMAGING, 2021. sterEOS workstation: Software for Review and 3D Modeling of Biplane Radiographic Images: User manual. PDF; online. Paris: EOS imaging, 2021-05-11. Dostupné z: <https://www.eos-imaging.com/us/product-documentation>.

EOS IMAGING, 2022. *sterEOS 1.10: Software for Review and 3D Modeling of Biplane Radiographic Images: User Manual*. PDF; online. Paris: EOS imaging, 2022-11-02. Dostupné z: <https://www.eos-imaging.com/us/product-documentation>.

EOS IMAGING, 2023. X-Ray Imaging Acquisition System User Manual: 9000115214 Rev N. PDF; online. Paris: EOS imaging. Dostupné z: <https://www.eos-imaging.com/us/product-documentation>.

EXELL, Timothy A.; Gareth IRWIN; Marianne J.R GITTOES a David G. KERWIN, 2012. Implications of intra-limb variability on asymmetry analyses. Online. *Journal of Sports Sciences*, roč. 30, č. 4, s. 403–409. ISSN 0264-0414. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/221750493\\_Implications\\_of\\_intra-limb\\_variability\\_on\\_asymmetry\\_analyses](https://www.researchgate.net/publication/221750493_Implications_of_intra-limb_variability_on_asymmetry_analyses).

FORT-VANMEERHAEGHE, Azahara; Raimon MILÀ-VILLARROEL; Montse PUJOL-MARZO; Jordi ARBOIX-ALIÓ a Chris BISHOP, 2022. Higher Vertical Jumping Asymmetries and Lower Physical Performance are Indicators of Increased Injury Incidence in Youth Team-Sport Athletes. Online. *Journal of Strength and Conditioning Research*, roč. 36, č. 8, s. 2204–2211. ISSN 1064-8011. Dostupné z: [https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/2022/08000/higher\\_vertical\\_jumping\\_asymmetries\\_and\\_lower.20.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/2022/08000/higher_vertical_jumping_asymmetries_and_lower.20.aspx).

FOUSEKIS, Konstantinos; Elias TSEPIS a George K. VAGENAS, 2010. Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. Online. *Journal of Sports Science & Medicine*, roč. 9, č. 3, s. 364–373. ISSN 1303-2968. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Lower-limb-strength-in-professional-soccer-players%3A-Fousekis-Tsepis/6fe2e113fed4cd9c4287adb2cc2bd22b5242bc6c>.

FOX, Kai T.; Liam T. PEARSON.; Kristy M. HICKS, a Filipe Manuel CLEMENTE, 2023. The effect of lower inter-limb asymmetries on athletic performance: A systematic review and meta-analysis. Online. *PLOS ONE*, roč. 18, č. 6. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10249853/>.

GRABARA, Małgorzata a Anna BIENIEC, 2023. Functional Movement Patterns, Spinal Posture and Prevalence of Musculoskeletal Symptoms among Elite Ice Hockey Players: A Cross Sectional Study. Online. *Journal of human kinetics*, roč. 87, s. 59–70. ISSN 1899-7562. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10203833/>.

GUPTA, Subir; Jakub BARON; Anna BIENIEC; Andrzej SWINAREW a Arkadiusz STANULA, 2023. Relationship between vertical jump tests and ice-skating performance in junior Polish ice hockey players. Online. *Biology of Sport*, roč. 40, č. 1, s. 225–232. ISSN 0860-021X. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9806740/>.

HAN, Shu-Man; Chen YANG; Jin-Xu WEN; Lei CAO; Hui-Zhao WU et al., 2023. Morphology and deformity of the shoulder and pelvis in the entire spine radiographs of adolescent idiopathic scoliosis. Online. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, roč. 13, č. 5, s. 3266–3278. ISSN 2223-4292. Dostupné z: <https://qims.amegroups.org/article/view/112964/html>.

HART, Nicolas H.; Sophia NIMPFIUS; Jason WEBER; Tania SPITERI; Timo RANTALAINEN et al., 2016. Musculoskeletal Asymmetry in Football Athletes: A Product of Limb Function over Time. Online. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, roč. 48, č. 7, s. 1379–1387. ISSN 0195-9131. Dostupné z: [https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2016/07000/musculoskeletal\\_asymmetry\\_in\\_football\\_athletes\\_a.20.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2016/07000/musculoskeletal_asymmetry_in_football_athletes_a.20.aspx).

HORNG, Ming-Huwi; Chan-Pang KUOK; Min-Jun FU; Chii-Jen LIN a Yung-Nien SUN, 2019. Cobb Angle Measurement of Spine from X-Ray Images Using Convolutional Neural Network. Online. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, roč.



2019, s. 1–18. ISSN 1748-670X. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/cmmm/2019/6357171/>.

ILLÉS, Tamás a Szabolcs SOMOSKEÖY, 2012. The EOS™ imaging system and its uses in daily orthopaedic practice. Online. *International Orthopaedics*, roč. 36, č. 7, s. 1325–1331. ISSN 0341-2695. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3385897/>.

IMPELLIZZERI, Franco M.; Ermanno RAMPINI; Nicola MAFFIULETTI a Samuele M. MARCORA, 2007. A Vertical Jump Force Test for Assessing Bilateral Strength Asymmetry in Athletes. Online. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, roč. 39, č. 11, s. 2044–2050. ISSN 0195-9131. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/5859700\\_A\\_Vertical\\_Jump\\_Force\\_Test\\_for\\_Assessing\\_Bilateral\\_Strength\\_Asymmetry\\_in\\_Athletes](https://www.researchgate.net/publication/5859700_A_Vertical_Jump_Force_Test_for_Assessing_Bilateral_Strength_Asymmetry_in_Athletes).

KANCHAN, Tanuj; Kumar T.S. MOHAN; Kumar PRADEEP a K. YOGANARASIMHA, 2008. Skeletal asymmetry. Online. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, roč. 15, č. 3, s. 177–179. ISSN 1752928X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1752928X0700090X>.

KARAMI, Mohsen; Arash MALEKI a Keyvan MAZDA, 2016. Assessment of Coronal Radiographic Parameters of the Spine in the Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis. Online. *The Archives of Bone and Joint Surgery*, roč. 4, č. 4, s. 376–380. ISSN 2345-4644. Dostupné z: [https://abjs.mums.ac.ir/article\\_7538\\_bd9bcdd503468ca7799faf8046256c77.pdf](https://abjs.mums.ac.ir/article_7538_bd9bcdd503468ca7799faf8046256c77.pdf).

KIM, Sang Bum; Youn Moo HEO; Cheol Mog HWANG; Tae Gyun KIM; Jee Young HONG et al., 2018. Reliability of the EOS Imaging System for Assessment of the Spinal and Pelvic Alignment in the Sagittal Plane. Online. *Clinics in Orthopedic Surgery*, roč. 10, č. 4. ISSN 2005-291X. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6250964/>.

KISTLER GROUP, 2008. *Instruction Manual: Portable Multicomponent Force Plate for Gait and Balance Analysis in Biomechanics Type 9260AA*. PDF; online. Švýcarsko: Kistler. Dostupné z: [https://analisedemarcha.com/papers/manutencao/manuais/Kistler\\_Portable%20Multico](https://analisedemarcha.com/papers/manutencao/manuais/Kistler_Portable%20Multico)

[mponent%20Force%20Plate%20for%20Gait%20and%20Balance%20Analysis%20in%20Biomechanics.pdf](#).

KISTLER GROUP, 2012. *Kistler MARS: Measurement, Analysis and Reporting Software Type 2875A1*. PDF, online. Švýcarsko: Kistler. Dostupné z: [https://kistler.cdn.celum.cloud/SAPCommerce\\_Download\\_original/000-936e.pdf](https://kistler.cdn.celum.cloud/SAPCommerce_Download_original/000-936e.pdf).

KISTLER GROUP, 2013. 64ch DAQ system with BioWare: Data acquisition and analysis system for Biomechanics Type 5695B1. PDF, online. Švýcarsko: Kistler. Dostupné z: [https://kistler.cdn.celum.cloud/SAPCommerce\\_Download\\_original/003-093e.pdf](https://kistler.cdn.celum.cloud/SAPCommerce_Download_original/003-093e.pdf).

KOLÁŘ, Pavel, 2009. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.

KRAJSKÁ NEMOCNICE LIBEREC, 2023. Nový rentgenový přístroj na RDG oddělení a přístroj pro šetrnější léčbu močových kaménků na urologii. Online. In: *Krajská nemocnice Liberec*. Dostupné z: <https://www.nemlib.cz/aktualita/novy-rentgenovy-pristroj-na-rdg-oddeleni-a-pristroj-pro-setrnejsi-lecbru-mocovych-kamenku-na-urologii/>. [citováno 2024-04-20].

LAMPART, Maurin; Henrik BEHREND,; Lukas B. MOSER a Michael T. HIRSCHMANN, 2019. Due to great variability fixed HKS angle for alignment of the distal cut leads to a significant error in coronal TKA orientation. Online. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, roč. 27, č. 5, s. 1434–1441. ISSN 0942-2056. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29961097/>.

LE BERRE, Martine a Yves POMEAU, 2015. Theory of ice-skating. Online. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, roč. 75, s. 77–86. ISSN 0020-7462. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020746215000335>.

LE HUEC, J. C.; S. AUNOBLE; Leijssen PHILIPPE a Pellet NICOLAS, 2011. Pelvic parameters: origin and significance. Online. *European Spine Journal*, roč. 20, č. S5, s. 564–571. ISSN 0940-6719. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00586-011-1940-1>.

MALONEY, Sean J, 2019. The Relationship Between Asymmetry and Athletic Performance: A Critical Review. Online. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, roč. 33, č. 9, s. 2579–2593. ISSN 1064-8011. Dostupné z:

[https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2019/09000/the\\_relationship\\_between\\_asymmetry\\_and\\_athletic.32.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2019/09000/the_relationship_between_asymmetry_and_athletic.32.aspx).

MARS, 2012a. *Module: squat jump*. PDF; online. MARS. Dostupné z: [http://mars.s2p.si/e\\_files/content/Squat%20Jump.pdf](http://mars.s2p.si/e_files/content/Squat%20Jump.pdf).

MARS, 2012b. *Module: counter movement jump*. PDF; online. MARS. Dostupné z: [http://mars.s2p.si/e\\_files/content/Counter%20Movement%20Jump.pdf](http://mars.s2p.si/e_files/content/Counter%20Movement%20Jump.pdf).

MCALPINE Jordan, 2023. Omaha forward Jamison Sluys waits for a defensive-zone faceoff against Lincoln on Nov. 18, 2023 at Liberty First Credit Union Arena in Omaha, Neb. Obrázek; online. In: *Jamison Sluys continues to develop in his second USHL season despite Lancers' struggles | The Rink Live*. Archivní kopie dostupná z: Internet Archive (Distributor), <https://www.therinklive.com/junior-and-prospects/ushl/jamison-sluys-continues-to-develop-in-his-second-ushl-season-despite-lancers-struggles>. [citováno 2024-04-20].

MERRIGAN, Justin J.; Jason D. STONE; Joel R. MARTIN; William Guy HORNSBY; Scott M. GALSTER et al., 2021, Applying Force Plate Technology to Inform Human Performance Programming in Tactical Populations. Online. *Applied Sciences*, roč. 11, č. 14. ISSN 2076-3417. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/353287825\\_Applying\\_Force\\_Plate\\_Technology\\_to\\_Inform\\_Human\\_Performance\\_Programming\\_in\\_Tactical\\_Populations](https://www.researchgate.net/publication/353287825_Applying_Force_Plate_Technology_to_Inform_Human_Performance_Programming_in_Tactical_Populations).

METHENITIS, Spyridon; Nikolaos KARANDREAS; Konstantinos SPENGOS; Nikolaos ZARAS; Angeliki-Nikoletta STASINAKI et al., 2016. Muscle Fiber Conduction Velocity, Muscle Fiber Composition, and Power Performance. Online. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, roč. 48, č. 9, s. 1761–1771. ISSN 0195-9131. Dostupné z: [https://journals.lww.com/acsm/msse/fulltext/2016/09000/muscle\\_fiber\\_conduction\\_velocity\\_muscle\\_fiber.16.aspx](https://journals.lww.com/acsm/msse/fulltext/2016/09000/muscle_fiber_conduction_velocity_muscle_fiber.16.aspx).

MONTGOMERY, David L, 1988. Physiology of Ice Hockey. Online. *Sports Medicine*, roč. 5, s. 99–126. ISSN 1179-2035. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.2165/00007256-198805020-00003#citeas>.

NESTA/SPENCER INSTITUTE, 2014. Understanding muscle fiber types and the various types of muscle action (contraction) is essential to optimal fitness program design. Do you know this science? Obrázek; online. In: *Muscle Fiber Types and Muscle Actions*

– *Review for Personal Trainer*. NESTA Personal Trainer Certification, Fitness & Nutrition Education. Dostupné z: <https://www.nestacertified.com/muscle-fiber-types-and-muscle-actions/>. [citováno 2024-04-20].

PANTHERS IMAGES, 2023. Adam Johnson suffered the fatal injury while playing against the Sheffield Steelers. Obrázek; online. In: *Adam Johnson: Nottingham Panthers teammate defends Sheffield Steelers player after tragedy* / ITVX. Archivní kopie dostupná z: Internet Archive (Distributor), <https://www.itv.com/news/calendar/2023-10-31/rival-calls-for-end-to-hate-aimed-at-player-involved-in-ice-hockey-tragedy>. [citováno 2024-04-20].

PEARSALL, David J.; René A. TURCOTTE a Stephen D. MURPHY, 2000. Biomechanics of ice hockey. Online. In: GARRETT, JR., William E. a Donald T. KIRKENDALL (ed.). *Exercise and Sport Science*, s. 675–692. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000. ISBN 0-683-03421-9. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/284463909\\_Biomechanics\\_of\\_ice\\_hockey](https://www.researchgate.net/publication/284463909_Biomechanics_of_ice_hockey).

POLLY, David W.; A. Noelle LARSON; Frank SCHWAB; Benjamin BLONDEL a Virginie LAFAGE, 2012. Chapter 31 - Pediatric and Adult Scoliosis. Online. In: ELLENBOGEN, Richard G., Saleem I. ABDULRAUF and Laligam N. SEKHAR (ed.). *Principles of Neurological Surgery*, s. 497–507. 3. vyd. Elsevier. ISBN 9781437707014. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/nursing-and-health-professions/sagittal-vertical-axis>.

PRAKASH, Chandra; Rajesh KUMAR a Namita MITTAL, 2018. Recent developments in human gait research: parameters, approaches, applications, machine learning techniques, datasets and challenges. Online. *Artificial Intelligence Review*, roč. 49, č. 1, s. 1–40. ISSN 0269-2821. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-016-9514-6>.

QIU, Xu-Sheng; Zhi-Wei WANG; Yong QIU; Wei-Jun WANG; Sai-Hu MAO et al., 2013. Preoperative pelvic axial rotation: a possible predictor for postoperative coronal decompensation in thoracolumbar/lumbar adolescent idiopathic scoliosis. Online. *European Spine Journal*, roč. 22, č. 6, s. 1264–1272. ISSN 0940-6719. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3676562/>.

SALTYCHEV, Mikhail; Katri PERNAÄ; Matti SEPPÄNEN; Keijo MÄKELÄ a Katri LAIMI, 2018. Pelvic incidence and hip disorders. Online. *Acta Orthopaedica*, roč. 89, č. 1, s. 66–70. ISSN 1745-3674. Dostupné z: <https://actaorthop.org/actao/article/view/7242>.

SANNICANDRO, Italo; Giacomo COFANO; Rosa A. ROSA a Andrea PICCINNO, 2014. Balance Training Exercises Decrease Lower-Limb Strength Asymmetry in Young Tennis Players. Online. *Journal of Sports Science & Medicine*, roč. 13, č. 2, s. 397–402. ISSN: 1303-2968. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3990896/>.

SAVARESE, Leonor Garbin; Rafael MENEZES-REIS; Gustavo Perazzoli BONUGLI; Carlos Fernando Pereira da Silva HERRERO; Helton Luiz Aparecido DEFINO et al., 2020. Spinopelvic sagittal balance: what does the radiologist need to know? Online. *Radiologia Brasileira*, roč. 53, č. 3, s. 175–184. ISSN 1678-7099. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7302896/>.

SEBAALY, Amer; Sarah FARJALLAH; Khalil KHARRAT; Gaby KREICHATI a Mohammad DAHER, 2022. Scheuermann's kyphosis: update on pathophysiology and surgical treatment. Online. *EFORT Open Reviews*, roč. 7, č. 11, s. 782–791. ISSN 2058-5241. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9780615/>.

SOUMAR, Libor, 2011. *Kinematická analýza*. PDF; online. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně. ISBN 978-80-7414-399-1. Dostupné také z: [http://pokrok.ujep.cz/elektronicka\\_knihovna/Kinematicka\\_analyza.pdf](http://pokrok.ujep.cz/elektronicka_knihovna/Kinematicka_analyza.pdf).

SRAKOCIC Keith, 2018. Pittsburgh Penguins' Adam Johnson plays against the Columbus Blue Jackets during an NHL preseason hockey game, Saturday, Sept. 22, 2018, in Pittsburgh. The death of American hockey player Adam Johnson from a cut to the neck in England has reignited the debate over skate blade safety.. Obrázek; online. In: *Man arrested after former Penguins hockey player fatally cut in neck by skate, police say / KRCR*. Archivní kopie dostupná z: Internet Archive (Distributor), <https://krctrv.com/news/nation-world/man-arrested-after-former-penguins-hockey-player-fatally-cut-in-neck-by-skate-police-say-adam-johnson-adam-johnson-south-yorkshire-police-nottingham-panthers-sheffield-steelers-elite-ice-hockey-league-nhl-sports-manslaughter-investigation>. [archivováno 2023-11-14]. [citováno 2024-04-20].

SUITS, William H, 2021. Clinical Measures of Pelvic Tilt in Physical Therapy. Online. *International Journal of Sports Physical Therapy*, roč. 16, č. 5. ISSN 2159-2896. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8486407/>.

TURNER, Anthony; Jon BRAZIER; Chris BISHOP; Shyam CHAVDA; Jon CREE et al., 2015. Data Analysis for Strength and Conditioning Coaches. Online. *Strength & Conditioning Journal*, roč. 37, č. 1, s. 76–83. ISSN 1524-1602. Dostupné z: [https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2015/02000/data\\_analysis\\_for\\_strength\\_and\\_conditioning.8.aspx](https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2015/02000/data_analysis_for_strength_and_conditioning.8.aspx).

UMBERGER, Brian R, 1998. Mechanics of the Vertical Jump and Two-Joint Muscles: Implications for Training. Online. *Strength and Conditioning*, roč. 20, č. 5, s. 70–74. ISSN 1524-1602. Dostupné z: <https://www.umass.edu/locomotion/pdfs/scj-1998.pdf>.

VIGH-LARSEN, Jeppe F. a Magni MOHR, 2024. The physiology of ice hockey performance: An update. Online. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, roč. 34, č. 1, s. 1–14. ISSN 0905-7188. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/sms.14284>.

WILSON, Jacob M.; Jeremy P. LOENNEKE; Edward JO; Gabriel J. WILSON; Michael C. ZOURDOS a Jeong-Su KIM, 2012. The Effects of Endurance, Strength, and Power Training on Muscle Fiber Type Shifting. Online. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, roč. 26, č. 6, s. 1724–129. ISSN 1064-8011. Dostupné z: [https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2012/06000/the\\_effects\\_of\\_endurance\\_strength\\_and\\_power.37.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2012/06000/the_effects_of_endurance_strength_and_power.37.aspx).

WINTER, Robert B.; Waldemar CARVALHOPINTO, 1986. Pelvic Obliquity: Its Causes and Its Treatment. Online. *Spine*, roč. 11, č. 3, s. 225–234. ISSN 0362-2436. Dostupné z: [https://journals.lww.com/spinejournal/abstract/1986/04000/pelvic\\_obliquity\\_its\\_cause\\_s\\_and\\_its\\_treatment.8.aspx](https://journals.lww.com/spinejournal/abstract/1986/04000/pelvic_obliquity_its_cause_s_and_its_treatment.8.aspx).

YILDIZ, Mehmet a Uğur FIDAN, 2020. Body position during vertical jump. Obrázek; online. In: *The Reliability and Validity of the Fitjump Photoelectric Cell System for Determining Vertical Jump Height*, s. 4. Measurement in Physical Education and Exercise Science, roč. 24, č. 1. ISSN 1091-367X. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/336331376\\_The\\_Reliability\\_and\\_Validty\\_of\\_the\\_Fitjump\\_Photoelectric\\_Cell\\_System\\_for\\_Determining\\_Vertical\\_Jump\\_Height](https://www.researchgate.net/publication/336331376_The_Reliability_and_Validty_of_the_Fitjump_Photoelectric_Cell_System_for_Determining_Vertical_Jump_Height).

ZHAO, Panchao; Zhongqiu JI; Ruixiang WEN; Jiahui LI; Xiao LIANG et al., 2021. Biomechanical Characteristics of Vertical Jumping of Preschool Children in China Based on Motion Capture and Simulation Modeling. Online. *Sensors*, roč. 21, č. 24. ISSN 1424-8220. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8706245/>.

## **Seznam příloh**

Příloha A: Kompletní týmové výsledky měření relativní síly a relativního výkonu

Příloha B: Grafická reprezentace individuálních výsledků měření relativní síly a relativního výkonu Hráče A

Příloha C: Grafická reprezentace individuálních výsledků měření relativní síly a relativního výkonu Hráče B

Příloha D: Grafická reprezentace individuálních výsledků měření relativní síly a relativního výkonu Hráče C

Příloha E: Kompletní týmové výsledky asymetrií dolních končetin

Příloha F: Ukázka snímků z programu SterEOS s vepsanými kurzory, linkami, parametry a hodnotami hráče C

Příloha G: Parametry vyhodnocené pomocí systému SterEOS hráče A

Příloha H: Parametry vyhodnocené pomocí systému SterEOS hráče B



## Příloha A: Kompletní týmové výsledky měření relativní síly a relativního výkonu

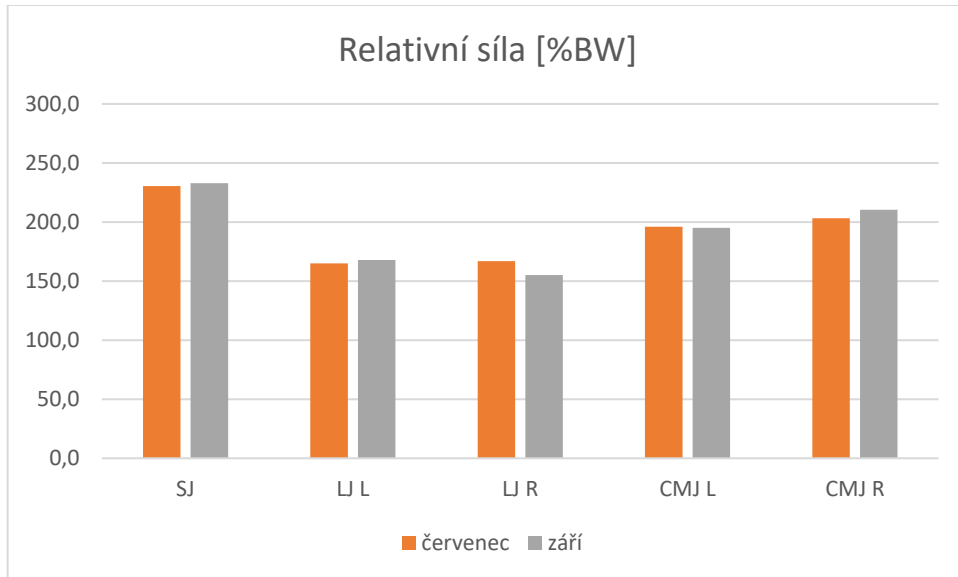
Tabulka 5 Tabulka s týmovými výsledky měření relativní síly (Zdroj: autor)

<b>Relativní síla (průměr ± σ) %BW</b>	<b>1. měření</b>	<b>2. měření</b>	<b>3. měření</b>
Squat jump	232,7 ± 17,8	227,3 ± 17,4	233,2 ± 14,2
Lateral jump L	168,6 ± 12,9	180,5 ± 21,0	175,3 ± 17,1
Lateral jump R	168,3 ± 16,7	178,2 ± 17,8	175,7 ± 15,2
Countermovement jump L	190,0 ± 7,4	193,4 ± 12,5	192,6 ± 9,4
Countermovement jump R	186,2 ± 8,2	190,7 ± 11,1	187,3 ± 11,0

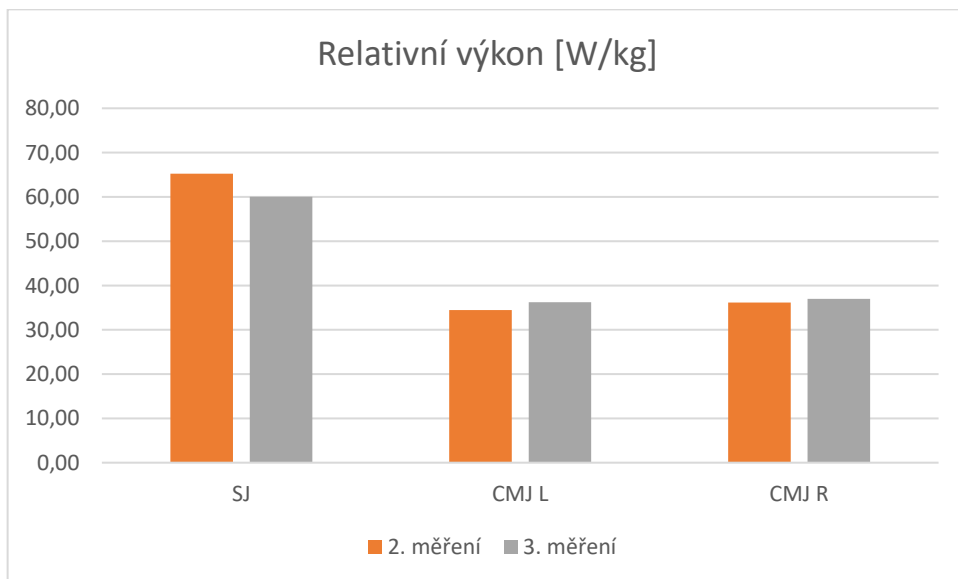
Tabulka 6 Tabulka s týmovými výsledky měření relativního výkonu (Zdroj: autor)

<b>Relativní výkon (průměr ± σ) W/kg</b>	<b>1. měření</b>	<b>2. měření</b>	<b>3. měření</b>
Squat jump	60,7 ± 7,8	61,4 ± 7,6	60,2 ± 6,7
Countermovement jump L	32,5 ± 3,7	33,8 ± 3,2	33,2 ± 2,8
Countermovement jump R	31,4 ± 3,5	33,1 ± 3,8	31,9 ± 3,4

## Příloha B: Grafická reprezentace individuálních výsledků měření relativní síly a relativního výkonu Hráče A

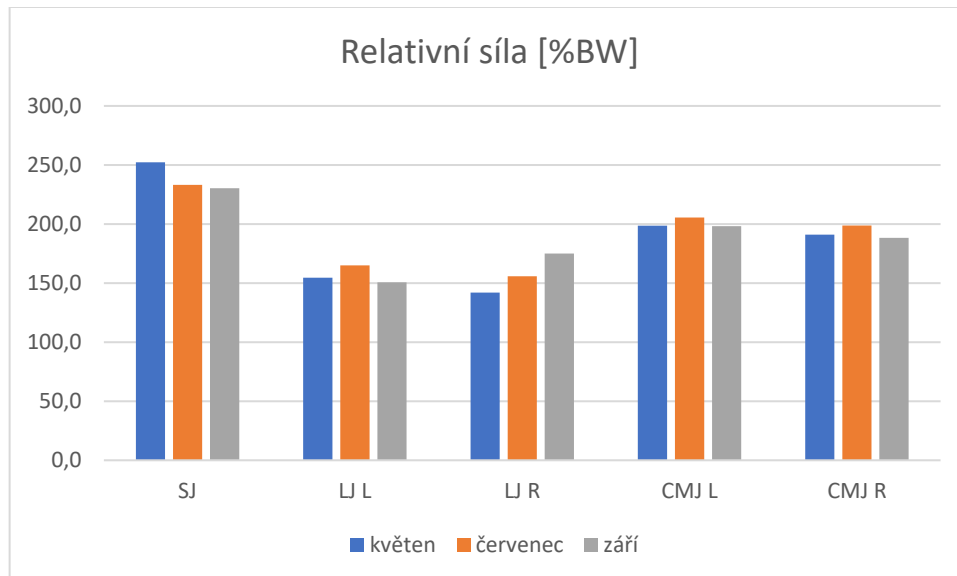


Graf 7 Individuální graf porovnávající výsledky měření relativní síly hráče A (Zdroj: autor)

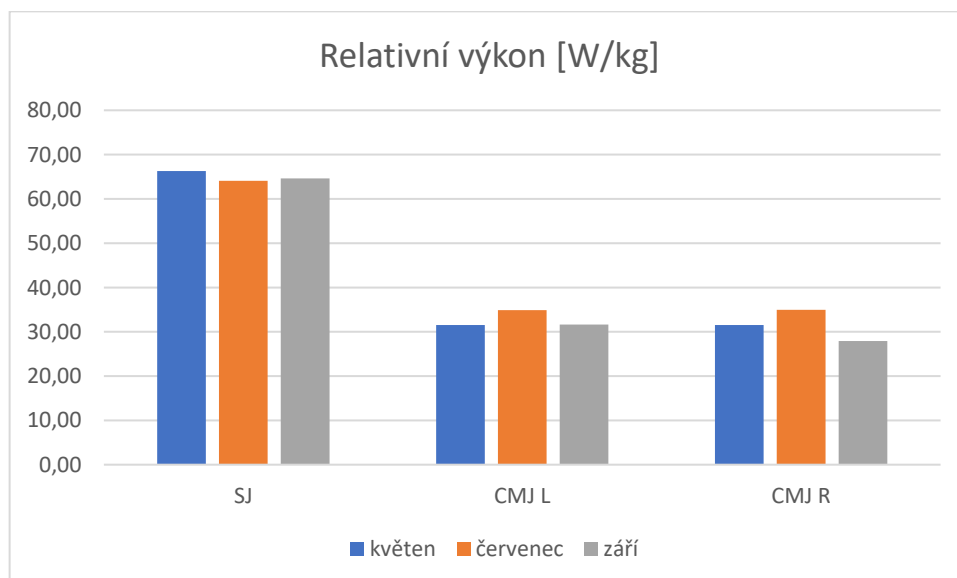


Graf 8 Individuální graf porovnávající výsledky měření relativního výkonu hráče A (Zdroj: autor)

## Příloha C: Grafická reprezentace individuálních výsledků měření relativní síly a relativního výkonu Hráče B

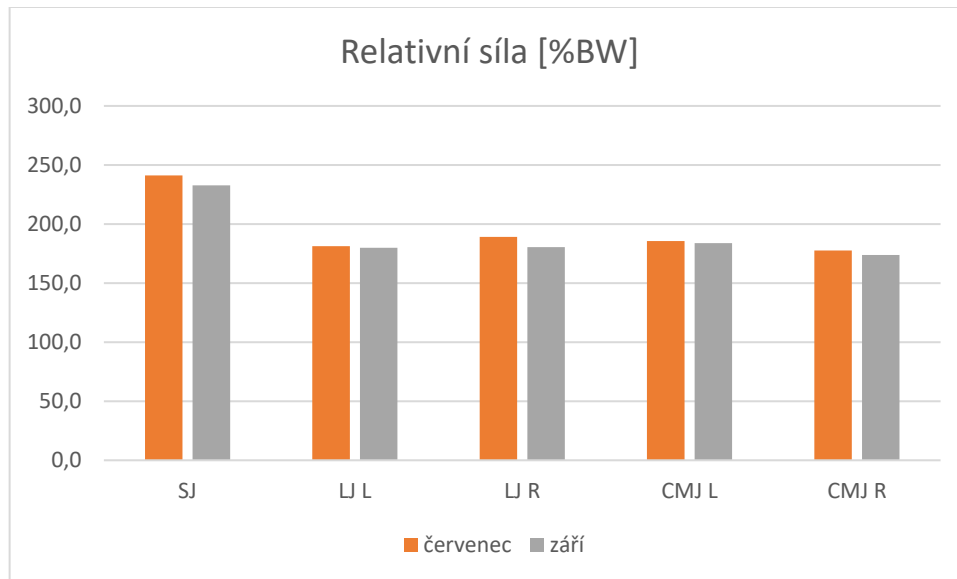


Graf 9 Individuální graf porovnávající výsledky měření relativní síly hráče B (Zdroj: autor)

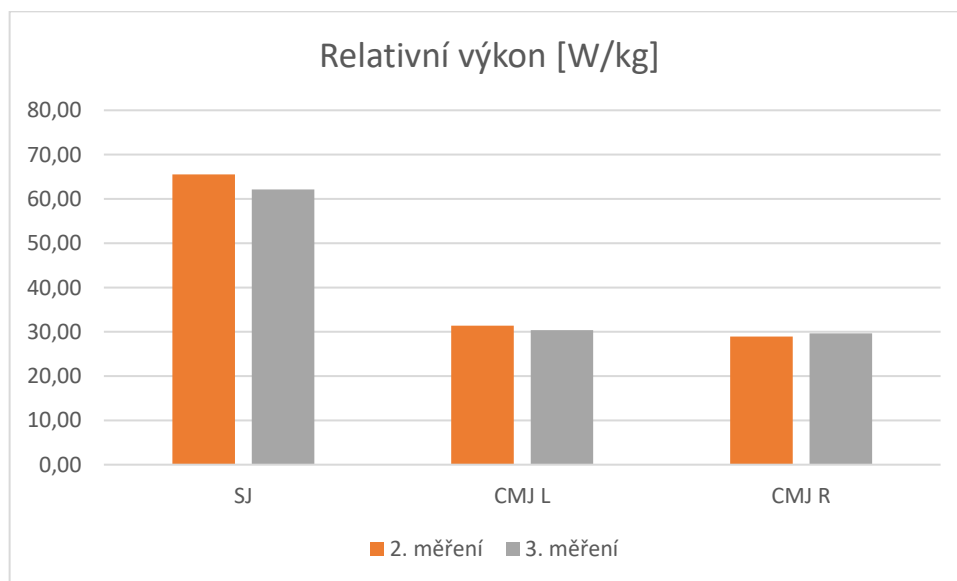


Graf 10 Individuální graf porovnávající výsledky měření relativního výkonu hráče B (Zdroj: autor)

## Příloha D: Grafická reprezentace individuálních výsledků měření relativní síly a relativního výkonu Hráče C



Graf 11 Individuální graf porovnávající výsledky měření relativní síly hráče B (Zdroj: autor)



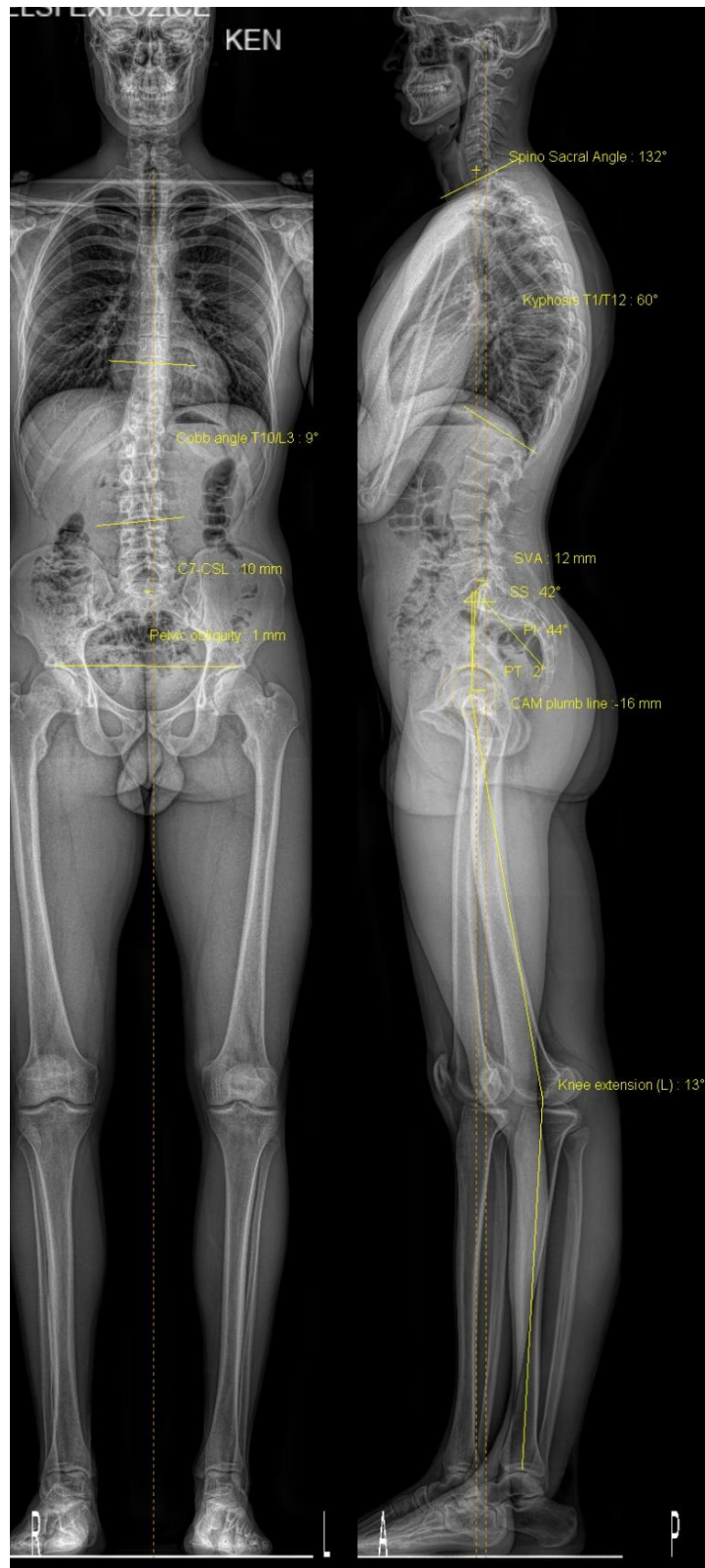
Graf 12 Individuální graf porovnávající výsledky měření relativního výkonu hráče B (Zdroj: autor)

## Příloha E: Kompletní týmové výsledky asymetrií dolních končetin

Tabulka 7 Tabulka s týmovými výsledky asymetrie dolních končetin (Zdroj: autor)

<b>Standardní procentuální rozdíl (průměr <math>\pm</math> <math>\sigma</math>) %</b>	<b>1. měření</b>	<b>2. měření</b>	<b>3. měření</b>
Magnituda asymetrie	3,09 $\pm$ 2,24	3,84 $\pm$ 2,24	4,10 $\pm$ 1,53

**Příloha F: Ukázka snímků z programu SterEOS s vepsanými kurzory, linkami, parametry a hodnotami hráče C**



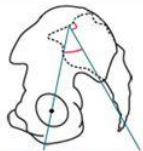
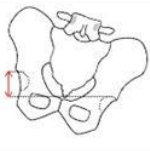
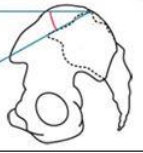
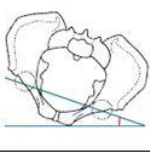
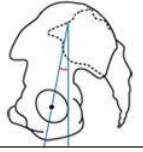
Obr. 39 Ukázkový snímek z programu SterEOS zaměřující se na hodnocení postavení celého těla (Zdroj: autor/KNL)




Obr. 40 Ukázkový snímek z programu SterEOS zaměřující se na hodnocení postavení dolních končetin (Zdroj: autor/KNL)

## Příloha G: Parametry vyhodnocené pomocí systému SterEOS hráče

### A

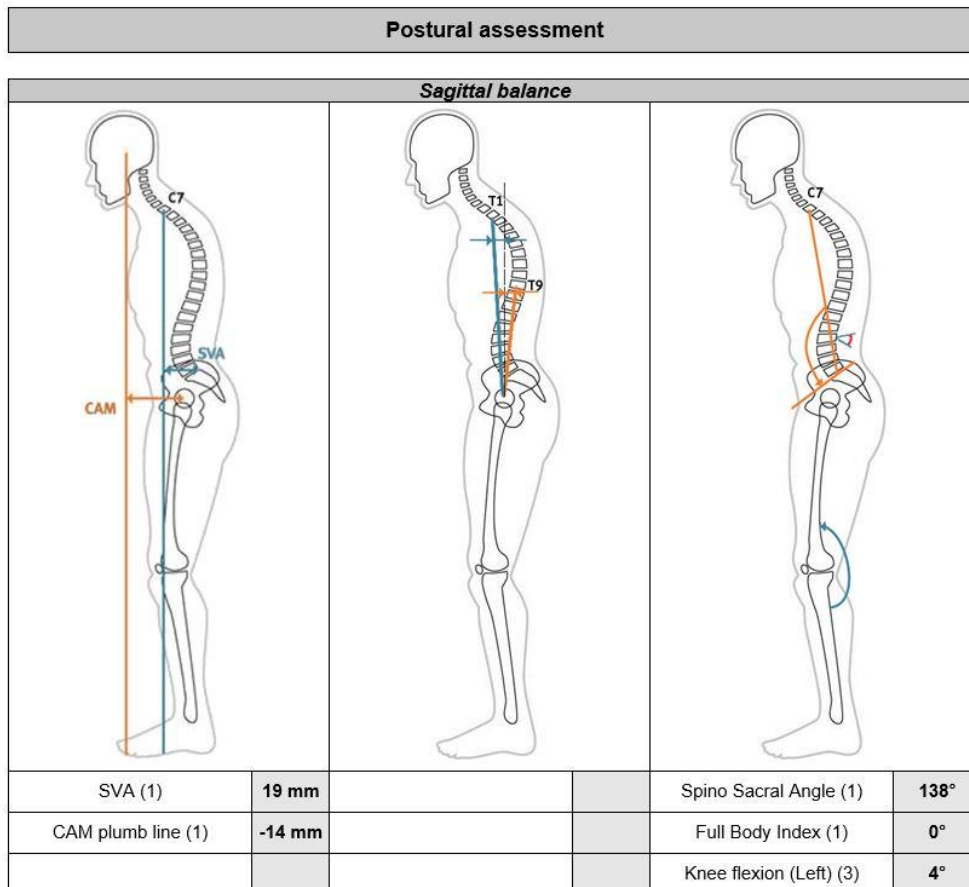
Pelvis					
Pelvic parameters	Value		Pelvic parameters	Value	
Pelvic incidence (1)	64°		Pelvic obliquity (1)	4 mm	
Sacral slope (1)	49°		Pelvis axial rotation (2)	3°	
Pelvic tilt (1)	15°				

Obr. 41 Parametry popisující postavení pánve (Zdroj: autor/KNL)

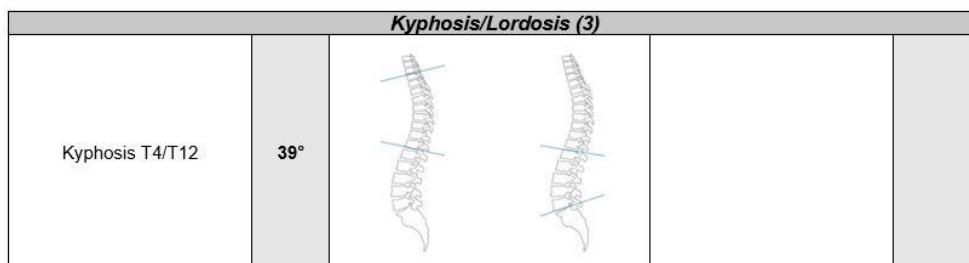
Spine					
Coronal balance (1) and Scoliosis (3)					
C7-CSL	9 mm		Cobb angle T10/L2	5°	

Obr. 42 Parametry popisující postavení páteře (Zdroj: Autor/KNL)

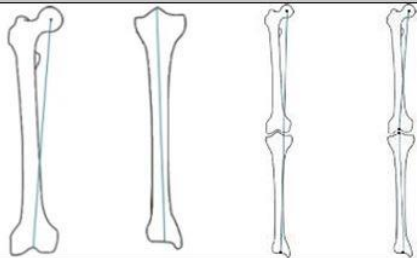

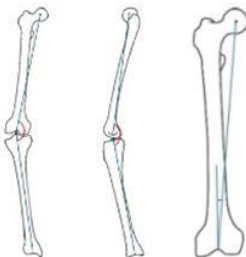




Obr. 43 Parametry popisující postavení celého těla (Zdroj: Autor/KNL)



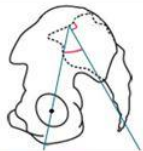
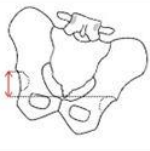
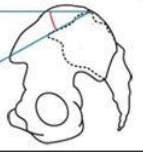
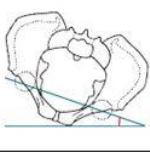
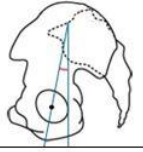
Obr. 44 Parametr popisující zakřivení páteře v sagitální rovině (Zdroj: Autor/KNL)

<b>Hip and knee</b>			
<b>Lengths (3)</b>	<b>Right</b>	<b>Left</b>	
Femur length	45.3 cm	45.9 cm	
Tibia length	38.5 cm	38.7 cm	
Functional length	84.7 cm	85.4 cm	
Anatomical length	83.9 cm	84.6 cm	
<b>Femur (3)</b>	<b>Right</b>	<b>Left</b>	
Femoral head diameter	52 mm	52 mm	
<b>Knee (4)</b>	<b>Right</b>	<b>Left</b>	
Valgus/Varus	Varus 4°	Varus 4°	
Knee flexion/Knee extension	Extens. 0°	Flexion 1°	
HKS	8°	7°	

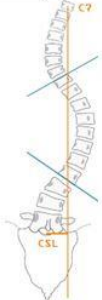
Obr. 45 Parametry popisující postavení dolních končetin (Zdroj: autor/KNL)

## Příloha H: Parametry vyhodnocené pomocí systému SterEOS hráče

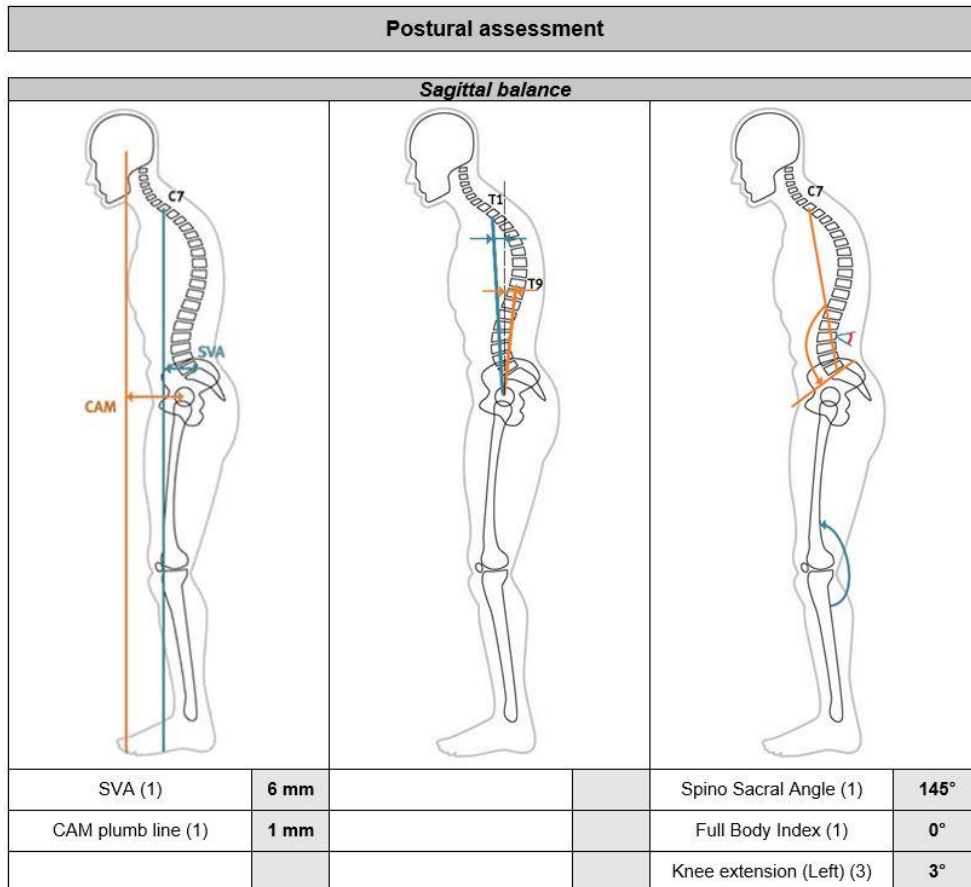
### B

Pelvis					
<i>Pelvic parameters</i>	<i>Value</i>		<i>Pelvic parameters</i>	<i>Value</i>	
Pelvic incidence (1)	66°		Pelvic obliquity (1)	0 mm	
Sacral slope (1)	55°		Pelvis axial rotation (2)	0°	
Pelvic tilt (1)	11°				

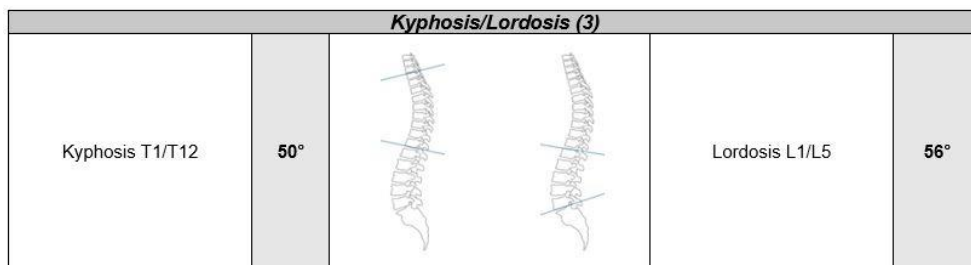
Obr. 46 Parametry popisující postavení pánve (Zdroj: autor/KNL)

Spine					
<i>Coronal balance (1) and Scoliosis (3)</i>					
C7-CSL	7 mm		Cobb angle T5/T9	4°	

Obr. 47 Parametry popisující postavení páteře (Zdroj: Autor/KNL)



Obr. 48 Parametry popisující postavení celého těla (Zdroj: Autor/KNL)



Obr. 49 Parametry popisující zakřivení páteře v sagitální rovině (Zdroj: Autor/KNL)

Hip and knee				
<b>Lengths (3)</b>		<b>Right</b>	<b>Left</b>	
Femur length	45.3 cm	45.7 cm		
Tibia length	39.6 cm	39.5 cm		
Functional length	85.5 cm	85.7 cm		
Anatomical length	84.9 cm	85.1 cm		
<b>Femur (3)</b>		<b>Right</b>	<b>Left</b>	
Femoral head diameter	50 mm	49 mm		
Neck length	54 mm	51 mm		
Neck shaft angle	123°	129°		
Femoral offset	46 mm	40 mm		
<b>Knee (4)</b>		<b>Right</b>	<b>Left</b>	
Valgus/Varus	Varus 6°	Varus 3°		
Knee flexion/Knee extension	Extens. 4°	Extens. 3°		
HKS	6°	6°		
Femoral mechanical angle	91°	91°		
Tibial mechanical angle	84°	83°		

Obr. 50 Parametry popisující postavení dolních končetin (Zdroj: autor/KNL)