

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu

## Diplomová práce

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Diagnostika jednostranného zatížení v ledním hokeji**  
Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:  
**PhDr. Radim Jebavý, Ph.D.**

Vypracoval:  
**Bc. Václav Beran**

Praha, 2023

### Evidenční list

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

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení: Podpis:

---

#### Poděkování:

Děkuji panu PhDr. Radimu Jebavému, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, připomínky a trpělivost během zpracování diplomové práce. Dále bych rád poděkoval všem zúčastněným probandům za účast ve výzkumu a výbornou spolupráci.

## Abstrakt

**Název:** Diagnostika jednostranného zatížení v ledním hokeji

**Cíle:** *Hlavním cílem* této diplomové práce je zjistit, zda se u hokejových juniorů projevují charakteristické svalové dysbalance v oblastech s vysokým rizikem jednostranného zatížení. *Dílčí cíl č. 1.* Provést soubor fyziologických testů (Patrikova zkouška, Thomasův test, test zkrácení prsního svalu, test flexibility hlezenního kloubu a testy vnitřní a vnější rotace kyčelního kloubu u levé i pravé strany) u hokejových juniorů z čtyř různých týmů s cílem identifikovat potenciální oblasti s vysokým rizikem jednostranného zatížení. *Dílčí cíl č. 2.* Provést statistickou analýzu shromážděných dat s cílem určit, zda existuje statisticky významné jednostranné zatížení v některé z testovaných oblastí a zjistit, zda existují významné rozdíly mezi jednotlivými týmy.

**Metody:** Naše studie hodnotila fyzickou kondici hráčů pomocí moderní váhy Tanita a diagnostických pohybových testů. Pro analýzu dat byly použity statistické metody včetně t-testů, ANOVA, Kruskal-Wallisova testu, Wilcoxonova testu a analýzy hlavních komponent. Využili jsme také Fisherův exaktní test a chí-kvadrát test k hodnocení rozdílů ve frekvencích. Dále byl proveden post-hoc test – Tukeyův HSD test.

**Výsledky:** V této práci byly zjištěny statisticky významné hodnoty jednostranného zatížení u hokejových hráčů zkoumaných týmů. Mezi týmy ovšem různá intenzita jednostranného zatížení identifikována nebyla. Některé výsledky také naznačují, že týmy na vyšších pozicích mají hráče s lepší fyzickou kondicí. Nicméně to neznamena, že týmy s lepšími fyzickými parametry hráčů jsou nutně lepší na ledě, protože výkon týmu ovlivňuje mnoho faktorů. Zaznamenali jsme statisticky významné rozdíly v průměrné rotaci kloubů mezi týmy.

**Klíčová slova:** jednostranné zatížení, svalová dysbalance, Thomasův test, Patrikova zkouška, vnější rotace kolenního kloubu, vnitřní rotace kolenního kloubu, mobilita hlezenního kloubu, hamstring

## Abstract

**Title:** Unilateral loading diagnosis in ice hockey

**Objectives:** *The primary objective* of this work is to determine if junior field hockey players exhibit characteristic muscular imbalances in areas at high risk for unilateral loading. *Sub-objective #1.* Conduct a series of physiological tests (Patrick test, Thomas test, pectoralis muscle shortening test, ankle flexibility test, and left and right knee internal and external rotation tests) on junior field hockey players from four different teams to identify potential areas at high risk for unilateral loading. *Sub-objective #2.* Conduct a statistical analysis of the data collected to determine if there is a statistically significant unilateral strain in any of the areas tested and if there are significant differences between teams.

**Methods:** In our study, the physical condition of the players was assessed using a modern Tanita scale and diagnostic exercise tests. Statistical methods such as t-tests, ANOVA, Kruskal-Wallis test, Wilcoxon test, and principal component analysis were used for data analysis. We also used Fisher's exact test and chi-square test to evaluate differences in frequency. A post-hoc test was then performed – Tukey's HSD test.

**Results:** Our study identified statistically significant instances of unilateral load among hockey players within the teams under investigation. However, variations in the intensity of unilateral load between teams were not found. Certain outcomes suggest that teams in superior standings possess players with enhanced physical conditioning. It's crucial to note that superior physical attributes of players do not invariably translate to superior performance on ice, given that numerous factors influence team performance. Noteworthy statistically significant disparities were detected in the average joint rotation among teams.

**Key words:** unilateral load, muscle imbalance, Thomas's test, Patrick's test, external knee joint rotation, internal knee joint rotation, ankle joint mobility, hamstring.

# Obsah

SEZNAM ZKRATEK .....	10
ÚVOD.....	11
I. TEORETICKÁ ČÁST .....	12
1 LITERÁRNÍ REŠERŠE PROBLEMATIKY JEDNOSTRANNÉHO ZATÍŽENÍ U HOKEJOVÝCH HRÁČŮ .....	12
2 OBECNÁVÝCHODISKA ZÁTĚŽE POHYBOVÉHO APARÁTU .....	14
2.1 Svalová zátěž .....	14
2.1.1 Molekulárně buněčná podstata .....	14
2.1.2 Fyziologická podstata .....	15
2.1.3 Nadměrná svalová zátěž .....	15
2.2 Zátěž opěrné soustavy .....	16
3 ANOMÁLIE POHYBOVÉHO APARÁTU .....	18
3.1 Strukturální poruchy .....	18
3.2 Funkční poruchy .....	19
3.3 Svalové dysbalance.....	20
4 JEDNOSTRANNÉ ZATÍŽENÍ .....	23
4.1 Definice a charakteristika .....	23
4.2 Fyziologické aspekty .....	23
4.3 Biomechanika jednostranného zatížení .....	24
4.3.1 Hillův model .....	26
4.3.2 Kelvinův-Voigtův model .....	26
5 LEDNÍ HOKEJ .....	28
5.1 Charakteristika hokeje jako sportu .....	28
5.2 Analýza pohybových činností .....	29
5.2.1 Svalová vlákna při hokejových aktivitách .....	30
5.2.2 Anaerobní kapacita .....	30

5.2.3	Laktátový práh .....	31
5.3	Zranění v ledním hokeji.....	31
5.3.1	Traumatické zranění hlavy a krční páteře.....	31
5.3.2	Poranění obličeje.....	32
5.3.3	Poranění končetin .....	33
5.4	Fyzikální modely zátěže při ledním hokeji.....	33
5.4.1	Svalová zátěž během zápasu.....	33
5.4.2	Střelba .....	34
5.4.3	Sprint.....	34
6	PROBLEMATIKA JEDNOSTRANNÉHO ZATÍŽENÍ U HOKEJOVÝCH HRÁČŮ .....	36
6.1	Druhy jednostranného zatížení .....	36
6.1.1	Asymetrie v dolních končetinách .....	36
6.1.2	Asymetrie v horních končetinách .....	37
6.1.3	Torzní zatížení páteře.....	37
6.2	Diagnostika .....	38
6.3	Fyzioterapeutické metody.....	39
II.	VÝZKUMNÁ ČÁST .....	40
7	MĚŘENÍ JEDNOSTRANNÉHO ZATÍŽENÍ U HRÁČŮ DHL EXTRALIGY JUNIORŮ .....	40
7.1	Výzkumný problém .....	40
7.2	Cíle práce .....	41
7.3	Úkoly práce.....	41
7.4	Výzkumné otázky .....	41
7.5	Hypotézy.....	42
7.6	Metodika .....	42
7.6.1	Charakteristika .....	43
7.6.2	Výzkumný soubor.....	43



7.6.3	Realizace výzkumu .....	43
7.6.4	Použité diagnostické testy/zkoušky .....	44
7.6.5	Metody a nástroje sběru dat .....	53
7.6.6	Metody a nástroje statistické analýzy .....	54
7.7	Analytická část .....	55
7.7.1	Charakteristika .....	55
7.7.2	Dotazníkové šetření .....	56
7.7.3	Analýza měřených dat .....	60
7.8	Vyhodnocení.....	80
7.8.1	Dotazník.....	80
7.8.2	Analýza měření .....	81
7.8.3	Hypotézy a výzkumné otázky.....	88
7.8.4	Souhrn.....	88
7.9	Diskuse .....	89
	ZÁVĚR.....	94
	CITACE.....	95
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	100
	SEZNAM TABULEK .....	101
	SEZNAM PŘÍLOH .....	102
	Příloha č. 1: Žádost o vyjádření Etické komise UK FTSV .....	102
	Příloha č. 2: Informovaný souhlas.....	104
	Příloha č. 3: Dotazník pro hráče .....	106
	Příloha č. 4: Dotazník pro hráče .....	107

## SEZNAM ZKRATEK

ADAMTS: A Disintegrin And Metalloproteinase with Thrombospondin Motifs – skupina enzymů, které mají klíčový význam pro zdraví tkání, včetně kloubů.

AMPK: AMP-aktivovaná protein kináza (AMP-activated protein kinase) - enzym, který hraje klíčovou roli v regulaci energetické rovnováhy na buněčné a organismální úrovni.

ATP: Adenosintrifosfát – molekula, která slouží jako hlavní zdroj energie pro většinu buněčných funkcí.

FPPS: Funkční poruchy pohybového systému

MMPs: Matrix Metalloproteinases – skupina enzymů, které se podílejí na remodelaci extracelulární matrix.

MRF: Myogenic Regulatory Factors – skupina transkripčních faktorů, které regulují diferenciaci a regeneraci svalových buněk

mTOR: Mechanistic Target of Rapamycin – protein, který hraje klíčovou roli v regulaci buněčného růstu a metabolismu.

NF- $\kappa$ B: Nukleární faktor kappa B – protein, který reguluje expresi genů zapojených do imunitní odpovědi, zánětu a buněčného přežití.

PI3K/Akt: Fosfatidylinositol 3-kináza/Akt - důležitá signalizační dráha, která reguluje řadu buněčných procesů, včetně přežití, růstu a proliferace buněk.

RANKL: Ligand RANK (Receptor Activator for Nuclear Factor  $\kappa$ B Ligand) - molekula, která stimuluje tvorbu a aktivitu osteoklastů, buněk rozkládajících kostní tkáň.

ROS: Reaktivní formy kyslíku (Reactive Oxygen Species) – chemické sloučeniny, které mohou poškodit buňky, ale také se podílejí na řadě důležitých buněčných procesů.

VEGF: Faktor růstu vaskulárního endotelu (Vascular Endothelial Growth Factor) – protein, který stimuluje tvorbu nových krevních cév.

## ÚVOD

Hokej je dynamický a komplexní sport, který výrazně ovlivňuje fyziologické a biomechanické aspekty lidského těla. Zvláštní pozornost si zasluhují specifické zátěže, které jsou na tělo hokejistů kladeny, a to nejen během intenzivních hokejových utkání, ale také v průběhu dlouhodobého tréninkového procesu. Jedním z klíčových faktorů, který má významný vliv na výkon i zdraví hráčů, je jednostranné zatížení, často přehlížená, ale nezbytná součást hokejové dynamiky.

Jednostranné zatížení se týká nerovnoměrného rozložení fyzické zátěže na jednotlivé části těla, což je důsledkem specifických pohybových vzorců a technik, které jsou v hokeji běžné. Vzhledem k asymetrické povaze mnoha hokejových pohybů – včetně různých typů bruslení, střelení a ovládání hokejky – mohou hokejisté vyvíjet nerovnoměrné zatížení na specifické svalové skupiny a klouby, což může vést k svalové nerovnováze, přetížení svalových skupin a k možnému zranění.

Chápání tohoto fenoménu je důležité pro tvorbu optimálních tréninkových programů a rehabilitačních strategií pro hokejisty na všech úrovních hry. Zvláštní zřetel by měl být věnován účinkům jednostranného zatížení na biomechaniku a fyziologii těla hráčů, stejně jako na jejich celkovou fyzickou kondici a schopnost dosahovat výkonů na vrcholné úrovni.

Přestože jednostranné zatížení je běžné u mnoha sportů, v hokeji má své specifické projevy. Tyto projevy mohou být způsobeny mimo jiné způsobem bruslení, stylům hry, manipulací s hokejkou a pukem a intenzitou kontaktu mezi hráči. To vše vede k specifickým zátěžím na konkrétní svalové skupiny a klouby, což má vliv na vývoj sportovní formy hráčů, ale také na riziko zranění.

Nicméně, i přes rostoucí pochopení vlivu jednostranného zatížení na výkon a zdraví hokejistů, je stále potřeba důkladnějšího výzkumu. Klíčovým krokem v tomto směru je studium dominantnosti stran hokejistů z hlediska jednostranného zatížení, kterému je věnována část výzkumu této práce. Předchozí studie se této problematice příliš nevěnovaly. V této studii se proto pokusíme vyplnit tuto mezeru v literatuře a poskytnout hlubší porozumění této důležité otázce.

Naše výzkumné úsilí se zaměřuje především na analýzu dat vybraných fyzických zkoušek, na základě kterých je testováno, zda respondenti mohou být ovlivněni jednostranným zatížením. Tímto doufáme, že přispějeme k lepšímu pochopení biomechaniky hokeje a jeho dopadů na tělo hráčů, což by mohlo vést k vývoji efektivnějších tréninkových a rehabilitačních strategií pro týmy.

# I. TEORETICKÁ ČÁST

## 1 LITERÁRNÍ REŠERŠE PROBLEMATIKY JEDNOSTRANNÉHO ZATÍŽENÍ U HOKEJOVÝCH HRÁČŮ

Zatímco věda zahrnuje poměrně rozsáhlé informace o vlivu jednostranného zatížení na sportovce obecně, stále existuje pouze značně omezené množství odborné literatury, která zkoumá jednostranné zatížení u hokejových hráčů a toho, jak se tyto informace přenášejí na hokejisty a jak jednostranné zatížení ovlivňuje jejich výkon a zdraví. Toto je důležitá oblast pro budoucí výzkum. Specifické zkoumání tohoto fenoménu v kontextu hokeje může přinést celou řadu důležitých poznatků pro sportovní management hokejových týmů.

Na základě dosavadního výzkumu je možné identifikovat několik klíčových studií týkajících se jednostranného zatížení. Balsalobre-Fernández et al. (2019) zkoumali vztah mezi zatížením a rychlostí při jednosměrném cvičení na stroji. Tato studie představuje koncept, že vztahy mezi zatížením a rychlostí lze vypočítat i v jednostranných cvičeních. Mausehund et al. (2019) se zaměřili na aktivaci svalů při jednostranném cvičení s činkou. Ukázalo se, že i když absolutní zatížení se liší mezi cvičeními, podobné tréninkové podněty lze očekávat pro gluteus maximus a quadriceps femoris. Haapasalo et al. (1994) prozkoumali dlouhodobé jednostranné zatížení a jeho vliv na hustotu minerálů v kostech u profesionálních squashistek. Studie poskytuje vhled do potenciálních dlouhodobých účinků jednostranného zatížení na kostru. Vuori (1994) zkoumal efekty jednostranného silového tréninku a jeho přerušení na hustotu kostních minerálů, což je další příklad vlivu jednostranného zatížení na strukturu kostí. Zhang et al. (2010) se zabývali vlivem jednostranného nesení zátěže na postoje a symetrii chůze. Studie nabízí užitečný vhled do biomechanických dopadů jednostranného zatížení. Cirer-Sastre et al. (2017) provedli meta-analýzu studií o jednostranném silovém tréninku, který opět ukazuje význam jednostranného zatížení pro celkový sportovní výkon.

Z uvedených studií je patrné, že jednostranné zatížení je významnou oblastí výzkumu v různých sportovních disciplínách. Další studie se týkají spíše zátěže hokejových hráčů, ovšem striktně nepojednávají o problematice jednostranného zatížení, spíše pouze marginálně.

Between-side differences in trunk rotational power in athletes (Zemková, 2019) je studie zaměřená na srovnání vrcholových a průměrných hodnot výkonu během rotace trupu na dominantní a nedominantní straně u golfistů, hokejistů a tenistů. Výsledky této studie poskytují důležité informace o zatížení v těchto sportech a jejich možných dopadech na atlety.

Ice hockey injuries (Benson, 2005) je odborný článek, který přezkoumává distribuci a determinanty zranění uvedených v literatuře o dětském ledním hokeji a naznačuje potenciální oblasti zranění. I když tento článek nemůže přímo poskytnout informace o jednostranném zatížení, přesto nabízí cenné poznatky o zraněních souvisejících s hokejem, které mohou mít souvislost s jednostranným zatížením.

A Scoping Review of Injuries in Amateur and Professional Men's Ice Hockey (Szukics, 2022) je studie, která poskytuje přehled zranění u amatérských a profesionálních hokejistů. Toto je další důležitá studie, která přináší poznatky o zraněních v hokeji, ale její zaměření není přímo na jednostranné zatížení.

A Review of Players' Characterization and Game Performance on Male Rink-Hockey (Ferraz, 2020) je studie, která se zaměřuje na charakterizaci hráčů a výkon hry v hokeji. Přestože tato studie opět nesouvisí přímo s jednostranným zatížením, může poskytnout další kontext pro pochopení, jak se jednostranné zatížení může projevat v ledním hokeji.

Analyzovali a uvedli jsme tedy 7 studií, které se zabývají jednostranným zatížením u sportovců, 4 studie zaměřující se na hokejový sport, přičemž pouze jedna studie, (Zemková 2018), skloubila tyto dvě problematiky.

## 2 OBECNÁVÝCHODISKA ZÁTĚŽE POHYBOVÉHO APARÁTU

Zátěž na pohybovou soustavu zahrnuje komplexní interakci mezi svaly, klouby, vazy, šlachami a kostmi, které společně poskytují stabilitu, mobilitu a základní pohybové funkce těla. Opěrná soustava umožňuje provádět širokou škálu pohybů a zátěží, avšak nerovnoměrná nebo nevhodná zátěž může vést k problémům a poškození. Klíčovým aspektem je správná distribuce sil mezi jednotlivými strukturami, jako jsou klouby a chrupavky, a jejich adaptace na zátěž.

Také principy svalové zátěže jsou nezbytné pro pochopení a řešení problematiky jednostranného zatížení, protože tato situace způsobuje nerovnováhu mezi jednotlivými svalovými skupinami. Znalost principů svalové zátěže při řešení jednostranného zatížení umožňuje lepší identifikaci problematických oblastí a navržení vhodných fyzioterapeutických a tréninkových intervencí.

### 2.1 Svalová zátěž

#### 2.1.1 Molekulárně buněčná podstata

Svalová zátěž je proces, při kterém dochází k adaptaci svalových buněk na zvýšenou náročnost, během fyzické aktivity. Tento proces zahrnuje řadu molekulárních a buněčných změn, které přispívají k posílení svalů a zlepšení jejich funkce (Spurway a Wackerhage 2006).

Na biochemické úrovni dochází během svalové zátěže k produkci energie ve formě adenosintrifosfátu (ATP). ATP je získáváno prostřednictvím několika biochemických drah, včetně anaerobní glykolýzy, Krebsova cyklu a oxidativní fosforylace v mitochondriích (Tomkins 2020). Při svalové zátěži dochází také k produkci reaktivních kyslíkových druhů (ROS), což jsou signální molekuly zodpovědné za aktivaci adaptivních buněčných procesů, ovšem v případě, že je produkce ROS nadměrná, může dojít k oxidativnímu stresu a poškození buněk (Weaver 2012).

Během svalové zátěže se aktivují jednotlivé signalizační dráhy, které řídí adaptaci svalových buněk. Mezi klíčové molekulární dráhy patří (Tomkins 2020)

- aktivace AMP-aktivované kinázy (AMPK), která se zapojuje do energetické homeostázy buněk a stimuluje oxidativní metabolismus;
- aktivace mechanoreceptoru integrity, který je zodpovědný za přenos mechanických sil do buněčného prostředí;

- aktivace dráhy mechanického cíle rapamycinu (mTOR), která řídí syntézu bílkovin a růst svalových buněk.

### 2.1.2 Fyziologická podstata

Na fyziologické úrovni dochází během svalové zátěže k řadě adaptivních změn, včetně *hypertrofie*, což je zbytnění svalových vláken, které je způsobené zvýšením syntézy bílkovin a snížením proteolýzy (Tomkins 2020).

Dále je třeba zmínit *hyperplazii*, tedy zvýšení počtu svalových vláken prostřednictvím aktivace satelitních buněk a jejich diferenciaci ve svalové buňky. Satelitní buňky jsou kmenové buňky nacházející se ve svalové tkáni, které mají schopnost diferencovat se v nové svalové buňky (myoblasty) a fúzovat se stávajícími svalovými vlákny. Tímto způsobem dochází k nárůstu svalové hmoty a zlepšení svalové síly (Tomkins 2020, Wyss et al. 2013).

Dalším faktorem svalové zátěže je *angiogeneze* neboli zvýšení počtu cév v svalové tkáni, což zlepšuje zásobování kyslíkem a živinami a odstraňování odpadních látek. Tento proces je řízen růstovými faktory, jako je např. vaskulární endoteliální růstový faktor (VEGF) (Cox et al. 2012).

Vývoj nových mitochondrií a zlepšení jejich funkce je také faktorem svalové zátěže a zvyšuje schopnost svalových buněk produkovat energii prostřednictvím oxidativní fosforylace. Tento proces je řízen koaktivátorem PGC-1 $\alpha$ , který aktivuje řadu genů souvisejících s mitochondriální funkcí (Cox et al. 2012).

V neposlední řadě jde o změny v typu svalových vláken. Svalová zátěž může vést k přechodu mezi různými typy svalových vláken, které se liší svou rychlostí kontrakcí a energetickým metabolismem. Například dlouhodobý trénink vytrvalosti může zvýšit podíl pomalých, oxidativních svalových vláken (typ I) na úkor rychlých, glykolytických vláken (typ II) (Wyss et al. 2013).

### 2.1.3 Nadměrná svalová zátěž

Nadměrná zátěž se vyskytuje tehdy, když je tělo vystaveno fyzickému stresu, který překračuje jeho adaptační kapacitu. Může být způsobena příliš intenzivním nebo příliš dlouhým tréninkem, nedostatečným odpočinkem mezi jednotlivými tréninky nebo nedostatečnou výživou. Mnohdy vede k řadě negativních důsledků na molekulární, biochemické a fyziologické úrovni (Wyss et al. 2013).

Například zvýšená produkce ROS může vést k oxidativnímu stresu a poškození buněčných struktur, jako jsou bílkoviny, lipidy a DNA. Nadměrný oxidativní stres je také

zodpovědný za aktivaci apoptózy (programovaná buněčná smrt), což způsobuje ztrátu svalových buněk (Cox et al. 2012).

Dalším faktorem jsou poruchy v signalizačních drahách, jako je mTOR a AMPK, které mohou vést k nerovnováze mezi syntézou a degradací bílkovin, což způsobuje svalový katabolismus a opět ztrátu svalové hmoty (Spurway a Wackerhage 2006).

Nadměrná zátěž také zvyšuje spotřebu energie, a to vede k vyčerpání zásob ATP, fosfokreatinu a glykogenu, čímž by mohlo dojít k omezení schopnosti svalů kontrahovat a udržovat silový výkon (Cox et al. 2012).

Nadměrná svalová zátěž také souvisí s poruchou v metabolismu vápníku, což vede k dysfunkci sarkoplazmatického retikula a zhoršení kontrakce svalových vláken. Mimoto může přivodit chronický zánět a mikrotrhliny ve svalovém tkáni, což zvyšuje riziko poranění, jako jsou natržení svalů nebo šlach. Přetížení svalů a kloubů pak vede k opotřebení chrupavky a zvýšení rizika artrózy nebo dalších degenerativních onemocnění. V důsledku dlouhodobé nadměrné zátěže může docházet k srdečnímu přetížení, což zvyšuje riziko kardiovaskulárních onemocnění (Tomkins 2020).

Pokud se zátěž opakuje chronicky a není dostatečný čas na regeneraci a adaptaci svalových buněk, může docházet k atrofii. Totiž pokud je sval podroben nadměrné zátěži, dochází ke zvýšení mechanického stresu na svalové vlákno. Tento stres vede k aktivaci buněčných signalizačních drah, které řídí procesy degradace a syntézy bílkovin ve svalu (Spurway a Wackerhage 2006). Nadměrná zátěž zvyšuje produkci buněčných molekul, které aktivují proteolytické systémy, jako je ubiquitin-proteasomový systém, autophagy a kalpainy. Tyto systémy rozkládají svalové bílkoviny na aminokyseliny, a to vede k úbytku svalové hmoty. Navíc chronická nadměrná zátěž vede ke zvýšené produkci prozánětlivých cytokinů, jako je TNF-alfa a IL-6. Tyto cytokiny stimulují buněčné signalizační dráhy, které aktivují proteolytické systémy a inhibují syntézu bílkovin ve svalu (Cox et al. 2012).

Při chronické nadměrné zátěži také dochází ke změnám v anabolických a katabolických hormonech. Jsou tak ovlivněny hladiny testosteronu, kortizolu a růstového hormonu. Tyto změny mohou opět negativně ovlivnit procesy syntézy a degradace bílkovin ve svalu (Spurway a Wackerhage 2006).

## **2.2 Zátěž opěrné soustavy**

Při zátěži na opěrnou soustavu dochází ke zvýšení mechanického napětí na tkáň, jako jsou chrupavka, kosti, svaly a vazy. Toto mechanické napětí aktivuje buněčné mechanoreceptory, což způsobuje uvolňování různých molekul, jako jsou cytokiny, chemokiny



a růstové faktory. Tyto molekuly modulují zánětlivé a reparativní procesy v tkáních (Spurway a Wackerhage 2006).

Zvýšená zátěž může způsobit zvýšené uvolňování proteolytických enzymů, jako jsou matrix metalloproteinázy (MMPs) a ADAMTS (a disintegrin and metalloproteinase with thrombospondin motifs). Tyto enzymy degradují extracelulární matrix chrupavky a mohou přispět k jejímu poškození a ztenčení (Cox et al. 2012).

Zvýšená zátěž na kosti dokáže ovlivnit rovnováhu mezi kostní resorpcí a tvorbou. Osteoklasty (buněčný typ zodpovědný za resorpci kostní tkáně) a osteoblasty (buněčný typ zodpovědný za tvorbu kostní tkáně) jsou regulovány různými molekulami, jako jsou RANKL (receptor activator of nuclear factor kappa-B ligand) a OPG (osteoprotegerin). Dlouhodobá zátěž může vést k nerovnováze mezi aktivitou osteoklastů a osteoblastů, což způsobuje zvýšení kostní hustoty, osteosklerózu nebo osteoporózu (Tomkins 2022, Wyss et al. 2013).

### 3 ANOMÁLIE POHYBOVÉHO APARÁTU

Pohybový aparát může vykazovat různé anomálie či excentricity, které nemusí být vždy způsobeny pouze nadměrnou nebo nevhodnou zátěží, ovšem také psychickým stresem, genetickými předpoklady či vývojovými vadami. Analyzovány budou ovšem pouze ty, které vyloženě souvisejí se zátěží, potažmo nevhodným způsobem/formou zátěže.

#### 3.1 Strukturální poruchy

Strukturální poruchy jsou poruchy spojené s abnormální anatomií nebo morfologií pohybového systému, což zahrnuje kosti, klouby, svaly, šlachy, vazy a chrupavky. Tyto poruchy mohou být vrozené nebo získané (Spurway a Wackerhage 2006).

Vrozené poruchy vznikají během vývoje plodu a mohou zahrnovat malformace kostí, kloubů nebo svalů. Příklady zahrnují vrozenou kyfózu, vrozenou luxaci kyčelního kloubu a vrozenou *pes equinovarus* (klumplová noha viz Obrázek 1) (Lewit 2003).

Obrázek 1 Klumplová noha u dítěte



Zdroj Columbus Podiatry & Surgery (2015)

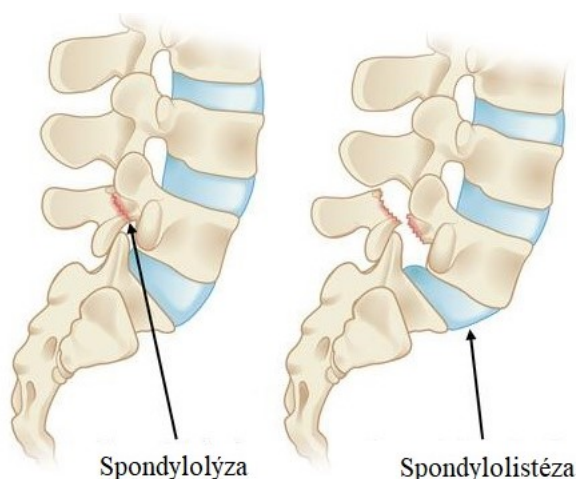
Získané poruchy vznikají v průběhu života a mohou být důsledkem traumatu, opotřebení, degenerace nebo zánětlivých onemocnění. Tyto poruchy zahrnují mimo jiné (Poděbradská a Šarmírová, 2017)

- osteoartrózu – degenerativní onemocnění kloubů způsobené opotřebením chrupavky a kloubních povrchů.
- fraktury – poranění kostí způsobené traumatem, únavou nebo patologickými změnami.
- spondylolistézu – posunutí jednoho obratle vůči druhému, často způsobené degenerativními změnami nebo traumatem (viz Obrázek 2).

- entezopatii – zánět nebo degenerace v místě, kde šlacha nebo vaz připojuje k kosti.

Strukturální poruchy jsou charakterizovány přítomností patologického prvku v organismu, který lze ověřit histologickými, mikrobiologickými či zobrazovacími metodami (Poděbradský 2009).

Obrázek 2 Spondylolistéza



Zdroj Empower (2023)

Tyto poruchy mají typicky progresivní průběh a ovlivňují konkrétní místo v těle, což se může projevit například v rámci traumatických poranění či zánětlivých a degenerativních onemocněních. U některých strukturálních poruch lze pozorovat recidivující průběh, kdy se obtíže postupně vracejí a nikdy zcela nevymizí (Kolář, 2009).

### 3.2 Funkční poruchy

Funkční poruchy pohybového systému (FPPS) se vztahují k dysfunkcím měkkých tkání, jako jsou kůže, podkoží, svaly, fascie, periost a další struktury. Tyto poruchy se projevují nejčastěji formou bolesti, zmenšeného rozsahu pohybu nebo snížení svalové síly. Důležitým aspektem FPPS je, že při adekvátním terapeutickém přístupu jsou tyto poruchy plně reverzibilní (Stackeová 2018).

Existuje řada faktorů, které mohou vyvolat FPPS, jako je stres, přetížení, neschopnost relaxace, chronická únava, dysfunkce svalů, šlach, vazů či proprioceptivního systému. Tyto faktory stimulují změnu napětí v měkkých tkáních, což je známo jako reflexní změna. Reflexní změny v těle signalizují, že postižená oblast se brání vnějším patologickým faktorům. Tento mechanismus představuje ochrannou strategii organismu proti poškození (Kendall et al. 2010).

Funkční poruchy se mohou projevovat různými způsoby, jako jsou bolesti, svalové dysfunkce, omezená pohyblivost, změny držení těla a další. Tyto poruchy mohou být

způsobeny mnoha faktory, včetně psychologických, fyziologických, biomechanických a sociálních faktorů (Poděbradská a Šarmírová, 2017).

Kortiko-subkortikální etáž zahrnuje centrální nervový systém, který ovládá motoriku. Poruchy v této etáži mohou být způsobeny například poškozením mozku nebo míchy. Spinální etáž zahrnuje páteř a nervová vlákna v ní. Poruchy v této etáži mohou být způsobeny například špatným držením těla, degenerativními změnami v páteři nebo poruchami nervového systému (Kendall et al. 2010).

Svalově-fasciová etáž zahrnuje svaly a přilehlé tkáně, jako je fascie. Poruchy v této etáži mohou být způsobeny například přetížením svalů, nevhodným tréninkem nebo přetížením fascie (Kendall et al. 2010).

Vazivově-kloubní etáž zahrnuje klouby a přilehlé tkáně, jako jsou vazy a šlachy. Poruchy v této etáži mohou být způsobeny například úrazem, degenerativními změnami nebo přetížením kloubů (Kendall et al. 2010).

Subetáž kůže a podkoží zahrnuje kůži a podkožní tkáň. Poruchy v této etáži mohou být způsobeny například poraněním, zánětem nebo infekcí.

Je důležité si uvědomit, že funkční poruchy mohou být komplexní a jejich řešení může vyžadovat multidisciplinární přístup, který zahrnuje například fyzioterapii, lékařskou terapii, psychoterapii, a další (Kendall et al. 2010).

### **3.3 Svalové dysbalance**

Svalová dysbalance je komplexní stav, který zahrnuje nerovnováhu v excitaci a inhibici motorických jednotek, změny v regulaci myogenních regulačních faktorů a aktivaci různých signálních drah, jako jsou Akt/mTOR a AMPK. Tyto faktory dohromady mohou vést k nesouměrnému růstu a regeneraci svalových skupin, což způsobuje abnormální držení těla, omezenou pohyblivost a bolest (Jarmey 2018).

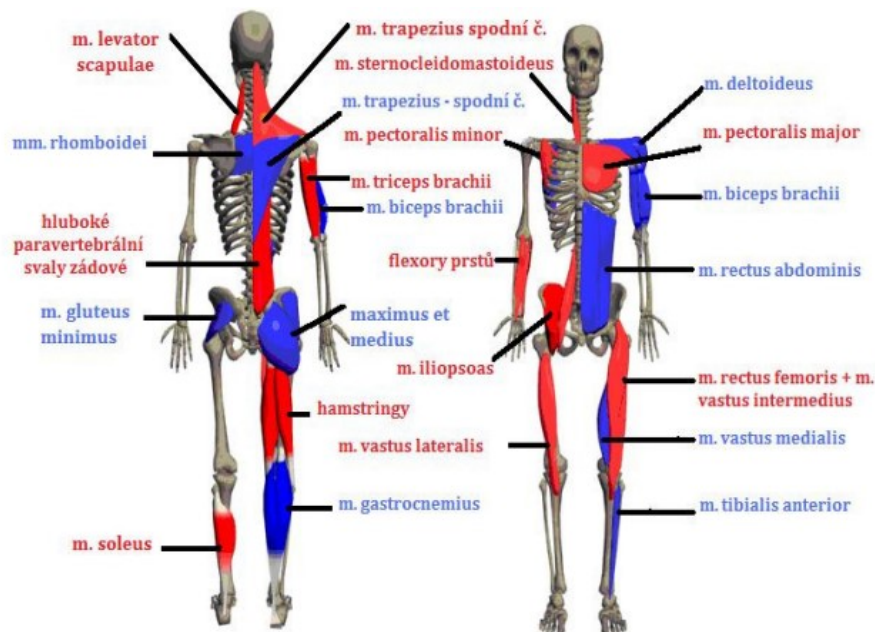
Existuje řada faktorů, která vede k vývoji svalové dysbalance, jako jsou špatně navržené tréninkové programy, opakované pohyby nebo trauma. Nerovnováha mezi antagonistickými svalovými skupinami vede k abnormálnímu zatížení kloubů, kostí a šlach, což může přispět k dysfunkci pohybového systému a zvýšenému riziku poranění (Spurway a Wackerhage 2006).

Na molekulárně-buněčné úrovni je svalová dysbalance spojena s nerovnováhou mezi excitací a inhibicí motorických jednotek ve svalových vláknech. Motorické jednotky se skládají z jednoho motorického neuronu a svalových vláken, která inervuje. Dysbalance může vést k tomu, že některé svalové skupiny jsou příliš hypertonické, zatímco jiné hypotonické (Cox et al. 2012, Spurway a Wackerhage 2006).

Svalový růst a regenerace jsou řízeny myogenními regulačními faktory (MRF), které zahrnují MyoD, Myf5, myogenin a MRF4. Tyto faktory se vážou na DNA a regulují expresi genů, které ovlivňují svalový růst, diferenciaci a regeneraci. Svalová dysbalance bývá často spojena právě se změnami v regulaci myogenních regulačních faktorů, což vede k nerovnoměrnému růstu a regeneraci svalových skupin (Cox et al. 2012).

Kabelíková a Vávrová (1997) ve své publikaci zkoumají vliv rozdílů mezi svalovými vlákny s tonickou a fázickou funkcí na nepříznivé změny v kosterním svalstvu. Tyto rozdíly lze vysledovat hlavně na základě typů motoneuronů, které inervují daná svalová vlákna. V těle existují dva typy motoneuronů: tonické, které inervují červená (pomalu se kontrahující) svalová vlákna, a fázické, které inervují bílá (rychle se kontrahující) svalová vlákna.

Obrázek 3 Fázické a tonické svalové skupiny

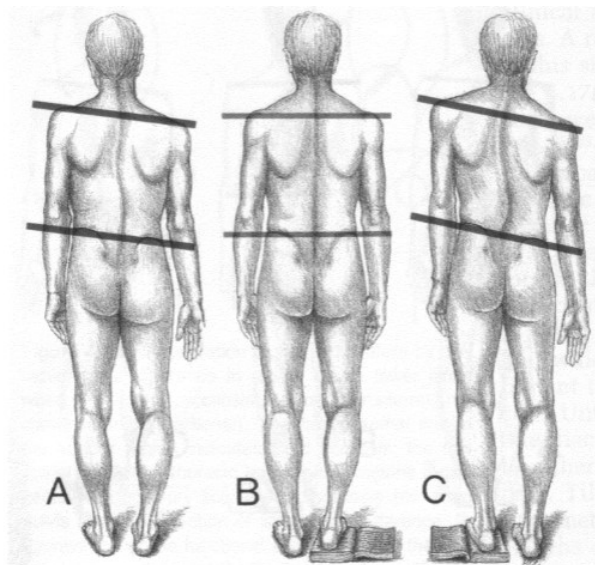


Zdroj Sportvital (2022)

Tonická inervace je fylogeneticky starší a je charakteristická delším trváním záškubu a dekontrakce. Svaly ovládané hlavně tonickými nervovými vlákny plní především posturální (udržovací) funkci a mají tendenci k hyperaktivitě, zvýšenému svalovému napětí (hypertonu) a zkrácení. Na druhou stranu, svaly s převahou fázického typu (viz Obrázek 3) motoneuronů se vyznačují kratší dobou záškubu a dekontrakce. Svaly s převahou fázických vláken se do posturální funkce zapojují později a mají sklony k sníženému svalovému napětí (hypotonu) a oslabení (Lewit 2003, Poděbradská 2018, Spurway a Wackerhage 2006).

Vzájemná spolupráce těchto dvou systémů – tonického a fázického – vede k ideální postuře, tedy správnému držení těla. Naopak nerovnováha mezi nimi může způsobit svalovou dysbalanci (viz Obrázek 4) (Spurway a Wackerhage 2006).

Obrázek 4 Držení těla



Zdroj Ambler (2011)

## **4 JEDNOSTRANNÉ ZATÍŽENÍ**

Ačkoli bylo pojednáno o svalové zátěži především z hlediska její intenzity, což by se mohlo jevit jako irelevantní vzhledem k problematice jednostranného zatížení, jednostranná zátěž může vést k nadměrnému zatížení, pokud je tělo nuceno kompenzovat nerovnováhu z něj vyplývající. Když určitá část těla nebo skupina svalů trpí jednostrannou zátěží, pravděpodobně to povede k nerovnováze síly a flexibility mezi antagonistickými a agonistickými svaly, což zvyšuje riziko poranění a přetížení.

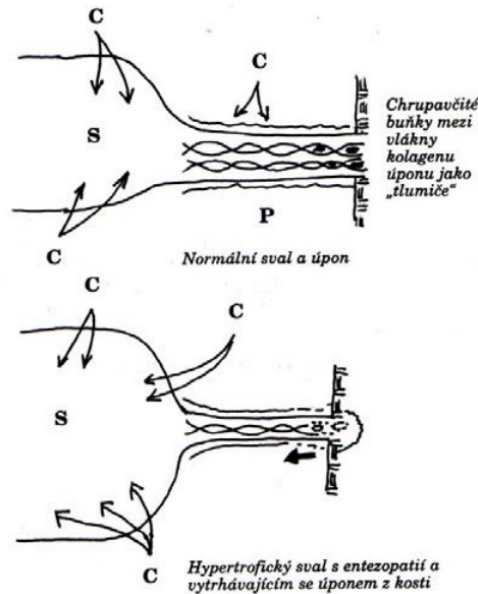
### **4.1 Definice a charakteristika**

Jednostranná zátěž je typ zátěže, který se vyznačuje opakovaným a přetrvávajícím namáháním určité skupiny svalů, kloubů nebo části těla na úkor ostatních, které zůstávají méně aktivní nebo namáhány nejsou. Tento druh zátěže může vést k nerovnováze ve svalovém vývoji a funkci, což má mnohdy negativní dopad na celkovou biomechaniku a fyziologii pohybového aparátu jedince.

### **4.2 Fyziologické aspekty**

Jednostranná zátěž může způsobit hypertrofii namáhaných svalů a relativní atrofii svalů neaktivních, což vede k nerovnováze síly a flexibility mezi antagonistickými a agonistickými svaly. Tělo tak mnohdy kompenzuje nerovnováhu z jednostranné zátěže upravením pohybových vzorů, což ovšem vede k neefektivnímu pohybu a zvýšenému zatížení jiných částí těla (Spurway a Wackerhage 2006).

Obrázek 5 Normální sval a úpon vs. hypertrofický sval s entezopatií



Zdroj Müller (1995)

Opakovaná jednostranná zátěž tak způsobí zvýšenou produkci svalových bílkovin (aktin a myozin), což vede k zvětšení svalových vláken (hypertrofie). Tento růst je způsoben aktivací anabolických signálních drah, jako jsou mTOR a PI3K/Akt, které stimulují syntézu bílkovin a inhibují proteolytické mechanismy. Zároveň mohou být aktivovány stresové signální dráhy, jako je NF- $\kappa$ B, což povede ke zvýšení produkce ROS a oxidativního stresu. Mechanická stimulace aktivuje mechanosenzitivní proteiny, jako jsou integriny, které zprostředkovávají buněčnou signalizaci a regulují buněčnou adaptaci (Cox et al. 2012, Thibaudeau 2014)

Svaly, které nejsou dostatečně aktivovány, mohou ztrácet objem a sílu, což je důsledek snížené syntézy bílkovin a zvýšeného proteolytického procesu. Tento proces je zprostředkován katabolickými signálními drahami, jako je ubiquitin-proteasomový systém a autofagie (Thibaudeau 2014).

V důsledku jednostranné zátěže často dochází ke zvýšenému opotřebení kloubů, chrupavek, šlach a vazů, což dokáže urychlit degenerativní procesy a zvýšit riziko poranění (Thibaudeau 2014).

### 4.3 Biomechanika jednostranného zatížení

Biomechanika jednostranné zátěže zahrnuje studium kinematiky, dynamiky a svalové interakce v kontextu nerovnoměrného zatížení těla. Jednostranná zátěž často vede k nerovnováze sil a pohybových vzorů, což může mít za následek neefektivní pohyb (Zatsiorsky a Prilutsky 2012).

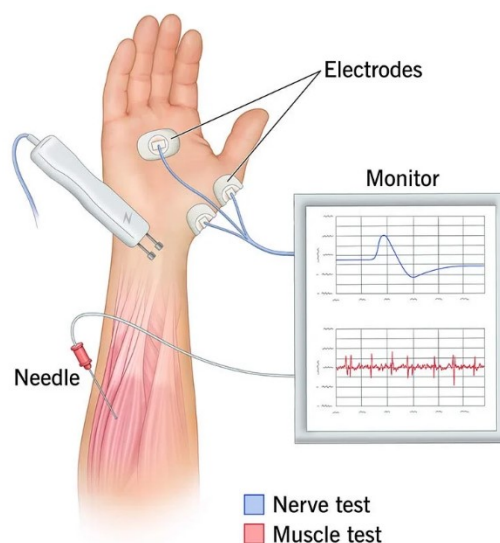


Kinematická analýza jednostranné zátěže zahrnuje sledování polohy, rychlosti a zrychlení různých částí těla během pohybu. Tato analýza se často provádí pomocí 3D optických systémů, které umožňují sledování markerů umístěných na těle nebo přístrojů pro snímání pohybu. Pro kvantifikaci pohybových vzorů se využívá Eulerova úhlová reprezentace, která umožňuje popis pohybu v prostoru pomocí tří nezávislých úhlů: flexe/extenze, abdukce/addukce a interní/externí rotace. Výsledky kinematické analýzy lze použít k identifikaci nesymetrií a nerovnováh mezi kontralaterálními segmenty těla (Watkins 2014, Zatsiorsky a Prilutsky 2012).

Dynamická analýza jednostranné zátěže zahrnuje výpočet sil a momentů působících na klouby a svaly v průběhu pohybu. Newtonovy zákony pohybu slouží jako základ pro výpočet dynamiky těla, zatímco rovnice pro torzní momenty a síly působící na klouby jsou odvozeny z D'Alembertova principu. Tato analýza umožňuje odhalit nerovnováhu mezi agonisty a antagonisty, která může vést k přetížení kloubů a svalů, a urychlit degenerativní procesy v pojivových tkáních (Watkins 2014).

Svalová aktivita a interakce při jednostranné zátěži jsou modelovány pomocí svalových modelů, jako je Hillův model, který zohledňuje vztah mezi silou, délkou a rychlostí kontrakce svalu. Tyto modely lze integrovat do celkových biomechanických simulací, které zahrnují interakce mezi svaly, klouby, pojivovými tkáněmi a vnějšími silami. Svalová aktivita je často analyzována pomocí elektromyografie (EMG), což je technika pro měření elektrických potenciálů generovaných kontrakcí svalů. EMG signály mohou být použity ke kvantifikaci svalové aktivity a jejího přerozdělení mezi různé svalové skupiny při jednostranné zátěži.

Obrázek 6 Elektromyografie



Zdroj Cleveland Clinic (2023)

Kombinace EMG (viz Obrázek 6) dat s biomechanickými modely umožňuje identifikovat oblasti svalového přetížení a potenciálně škodlivých pohybových vzorů (Hill 1938, Pandy et al. 1990)

V rámci biomechaniky jednostranné zátěže je důležité také zohlednit pasivní vlastnosti pojivových tkání, jako jsou šlachy, vazy a kloubní chrupavka. Tyto struktury se chovají viskoelasticky, což znamená, že jejich mechanické vlastnosti se mění v závislosti na rychlosti deformace a zatížení. Viskoelastické chování pojivových tkání lze modelovat pomocí matematických modelů, jako je například Kelvinův–Voigtův model, který zahrnuje kombinaci pružného a viskózního prvku. Analýza viskoelastických vlastností pojivových tkání při jednostranné zátěži může odhalit zvýšené riziko poranění a degenerativních změn (Martins et al. 1998, Pandy et al. 1990).

V biomechanickém přístupu ke studiu jednostranné zátěže je důležitá i analýza stability a rovnováhy. Jednostranná zátěž může vést ke změnám v posturální kontrole a zvýšení rizika pádu nebo zranění.

#### **4.3.1 Hillův model**

V biomechanice se Hillův model používá k popisu vztahu mezi silou svalu a rychlostí jeho zkracování. Tento model byl vyvinut Archibaldem V. Hillem a popisuje kontrakční vlastnosti svalů (Martins et al. 1998). Hillův model biomechaniky svalu je založen na složitých matematických principech a jeho vysvětlení přesahuje rámec této diplomové práce.

#### **4.3.2 Kelvinův-Voigtův model**

Kelvinův-Voigtův model je jedním z nejjednodušších mechanických modelů používaných k popisu viskoelastického chování materiálů. Model se skládá z pružiny a tlumiče umístěných paralelně. Pružina představuje elastický element modelu (odpovídající Hookeovu zákonu) a tlumič je viskózní element modelu (odpovídající Newtonovu zákonu viskozity). Viskoelastické materiály, jako jsou například svaly, mají vlastnosti, které se dají modelovat právě jako kombinaci těchto dvou elementů (Fung 1993).

Ve vztahu k jednostrannému zatížení svalu může Kelvinův-Voigtův model pomoci při analýze, jak sval reaguje na různé úrovně a rychlosti zatížení. Pružina v modelu nám říká, jak sval reaguje na okamžité změny v zatížení – rychle se deformuje, když je zatížen, a rychle se vrátí do své původní podoby, pokud je zatížení odstraněno (Fung 1993). Na druhou stranu, tlumič ukazuje, jak sval reaguje na trvalé nebo pomalé změny v zatížení – deformace svalu je pomalejší a trvá déle, než se vrátí do své původní podoby (Pandy 1990).

Tento model může být užitečný při studiu jednostranného zatížení svalu, protože může pomoci pochopit, jak sval reaguje na různé druhy zatížení a jak se mohou tyto reakce časem měnit (Pandy 1990). To může být důležité při plánování rehabilitačních programů nebo při návrhu tréninkových programů pro sportovce, aby se minimalizovalo riziko zranění a maximalizovala výkonnost (Fung 1993).

## 5 LEDNÍ HOKEJ

### 5.1 Charakteristika hokeje jako sportu

Hokej je dynamický kolektivní sport, jehož účelem je dostat objekt – typicky puk – do brány soupeře. Obvykle je provozován na ledové ploše, která má podle IIHF standardní rozměry 60 m na délku a 30 m na šířku. Velikost ledové plochy se ovšem může v rámci světového měřítka lišit, především coby do šířky. Obzvláště ledové plochy zámořských týmů bývají užší, kolem 26 m, jelikož zámořský hokej (NHL, AHL, ...) je charakteristický více přímými souboji a tělesnými kontakty, ke kterým na užším kluzišti může snadněji docházet (Jones 2012).

Každý tým sestává z 6 hráčů – brankáře, dvou obránců a tří útočníků. V průběhu zápasu se hráči rozdělují do formací, které se běžně nazývají lajny. Obvykle se používá koncept čtyřech formací, jež se většinou nepravidelně podle potřeby střídají v průběhu zápasu. První a druhá lajna jsou typicky složeny z nejlepších a nejzkušenějších hráčů týmu a jejich časová dotace na ledě je vyšší, kolem 18–22 minut. Naopak třetí a čtvrtá lajna se zaměřují spíše na defenzivní úkoly, jako je blokování střel soupeře a udržení puku ve středním pásmu. Časová dotace těchto formací je většinou nižší, kolem 8–12 minut (Jones 2012).

Hokejoví hráči během zápasu dosahují díky výbušným zrychlením poměrně snadno rychlostí až 40 km/h. V důsledku této rychlosti a dynamiky hry dochází k poměrně intenzivním srážkám mezi hráči či hráče s mantinelem. Těžké nárazy mohou vést k poraněním, jako jsou kontuze, výrony, zlomeniny a další. Tvrdé zákroky jsou v hokeji běžné v každém zápase, ovšem někteří hráči jsou v týmech pověřeni vyloženě tvrdou kontaktní činností a ochranou spoluhráčů (O'Neill a Black 2017). Pincus et al. (2019) uvádí, že historicky pro ně vzniklo označení „enforceři“. Jedná se ale o poměrně nebezpečné hráče, jejichž nasazení mnohdy přechází až v nekorektní úmyslné zákroky mířeny na hlavu protihráče. Jedni z nejznámějších byli v NHL Bob Probert, Tie Domi, Marty McSorley či Derek Boogaard. Z dnešních jde např. o Ryana Reeverse. Český hokej tento typ hráče příliš neskloňuje, ovšem známými velmi tvrdými hokejisty byli např. Pavel Kubina nebo Martin Švec.

Nejen samotná rychlost hráčů, ovšem také střely na branku bývají mnohdy velmi rychlé, často dosahují rychlostí přes 160 km/h. Nejtvrdší/nejrychlejší střela v celosvětovém hokejovém měřítku patří českému útočníkovi týmu Ontario Reign v americké AHL, Martinu Frkovi, a to 175 km/h (Pincus et al. 2019).

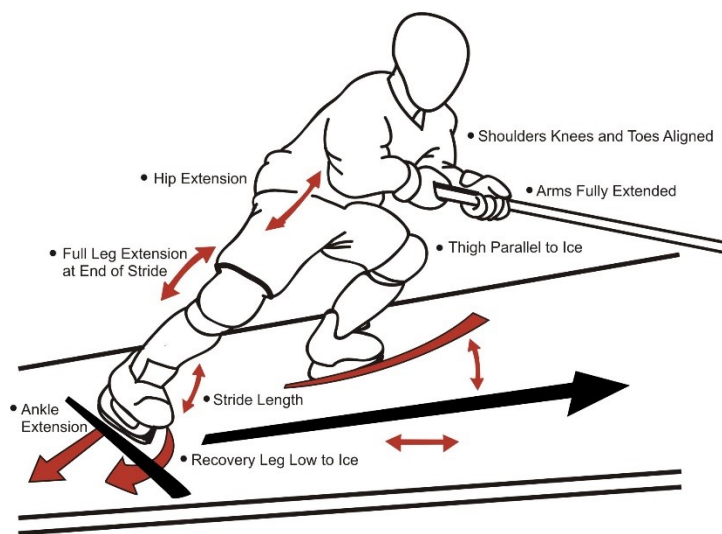
## 5.2 Analýza pohybových činností

Hokejové zápasy jsou charakteristické vysokou intenzitou a střídáním krátkých, výbušných fází s obdobími odpočinku. To vyžaduje od hráčů schopnost efektivně využívat jak anaerobní (laktátový a alaktátový), tak aerobní energetické systémy. Anaerobní systém poskytuje energii pro výbušné a krátkodobé výkony, zatímco aerobní systém pomáhá při regeneraci a udržení celkové výkonnosti během zápasu (Deary 2018).

Hokej vyžaduje vysokou úroveň neuromuskulární kontroly pro precizní pohyby a koordinaci. Hráči musí mít schopnost aktivovat svaly rychle a efektivně, což zahrnuje rychlé kontrakce a relaxace svalů, interakci agonistů a antagonistů a schopnost udržet stabilitu při vysokých rychlostech a náhlých změnách směru (Deary 2018).

Lední hokej klade zvláštní důraz na biomechaniku pohybu, zejména v oblasti bruslení, střelby a boji o puk. Efektivní bruslení vyžaduje optimalizaci kinematiky a kinetiky dolních končetin a trupu, což vede ke zvýšení rychlosti a účinnosti pohybu. Střelba a manipulace s pukem zahrnují komplexní koordinaci horních končetin a trupu (viz Obrázek 7), která je klíčová pro úspěšné provedení těchto dovedností (Franklin 2023).

Obrázek 7 Hokejová figura při bruslení



Zdroj Vital hockey skills (2023)

Hokej vyžaduje od hráčů řadu fyziologických adaptací, které podporují zlepšení výkonu a odolnosti vůči únavě. Tyto adaptace zahrnují zvýšení svalové hmoty a síly, zlepšení neuromuskulární kontroly, zvýšení kapacity aerobního a anaerobního metabolismu a zlepšení termoregulace těla. Následující oddíly poskytují informace o některých důležitých faktorech a prvcích při pohybu hokejistů (Franklin 2023).

### 5.2.1 Svalová vlákna při hokejových aktivitách

Rychlá a pomalá svalová vlákna hrají významnou roli ve fyziologii hokejistů během zápasu. Svalová vlákna jsou klasifikována do dvou základních typů: typ I (pomalá svalová vlákna, označovaná také jako "slow-twitch") a typ II (rychlá svalová vlákna, označovaná také jako "fast-twitch") (Deary 2018).

Typ I, pomalá svalová vlákna, jsou charakteristická svou vysokou oxidativní kapacitou, což znamená, že získávají energii převážně aerobním metabolismem. Pomalá svalová vlákna jsou odolnější proti únavě a jsou aktivována při dlouhodobých, vytrvalostních aktivitách, jako je například jízda na kole nebo běh na dlouhé vzdálenosti. V kontextu hokejového zápasu pomalá svalová vlákna přispívají k udržení celkové svalové vytrvalosti hráčů (Deary 2018).

Typ II, rychlá svalová vlákna, se dále dělí na podtypy IIa a IIx. Typ IIa je označován jako rychle stahující se vlákna (fast-twitch-oxidative) a má střední oxidativní kapacitu, zatímco typ IIx, označovaný jako rychle se stahující glykolytická vlákna (fast-twitch glycolytic), je charakteristický svou nízkou oxidativní kapacitou a vysokou rychlostí kontrakce. Rychlá svalová vlákna jsou aktivována při krátkodobých, výbušných pohybech, jako jsou sprinty, skoky nebo náhlé změny směru. V hokeji jsou rychlá svalová vlákna klíčová při akceleraci, maximální rychlosti a během intenzivních úseků hry, jako jsou sprinty po ledě nebo tvrdé střely na branku (Deary 2018, Evans 2022).

Hokejisté potřebují kombinaci obou typů svalových vláken pro optimální výkon. Pomalá svalová vlákna umožňují hráčům udržet vytrvalost během celého zápasu, zatímco rychlá svalová vlákna jim poskytují schopnost vykonávat výbušné, silové pohyby a reagovat na rychlé změny situace na ledě. Tréninkové programy pro hokejisty často zahrnují kombinaci vytrvalostního a výbušného tréninku, aby podpořily rozvoj a funkci obou typů svalových vláken (Deary 2018, Evans 2022).

### 5.2.2 Anaerobní kapacita

Anaerobní kapacita je klíčovým fyziologickým parametrem pro hokejisty, který ovlivňuje jejich schopnost dosahovat vysokého výkonu během krátkých a intenzivních úseků hry, kdy aerobní metabolismus nedokáže dostatečně rychle dodat potřebnou energii. Anaerobní kapacita se týká schopnosti těla vytvářet energii prostřednictvím anaerobního metabolismu, což zahrnuje glykolýzu a fosfagenový systém (Franklin 2023).

Glykolýza je proces, při kterém se glukóza rozkládá na pyruvát, čímž se uvolňuje energie ve formě ATP (adenosintrifosfát). Při intenzivním cvičení, když je aerobní metabolismus nedostatečný, může pyruvát být dále přeměněn na laktát, což umožňuje

glykolýze pokračovat a dodávat energii. Fosfagenový systém zahrnuje přeměnu kreatinfosfátu na ATP, což je další zdroj rychlé energie pro svalovou kontrakci (Kooman a Röhm 2012).

### **5.2.3 Laktátový práh**

Laktátový práh je kritickým fyziologickým parametrem pro hokejisty, který ovlivňuje jejich schopnost udržet vysoký výkon během zápasu při opakovaných námahách. Laktát je vedlejší produkt anaerobního metabolismu, který se hromadí ve svalech během intenzivního cvičení, když je energetická poptávka větší než schopnost těla generovat ATP (adenosintrifosfát) aerobním metabolismem. Laktátový práh je bod, při kterém začne hladina laktátu v krvi rychle stoupat a únavové produkty se hromadí ve svalu, což může vést k poklesu výkonu a zvýšenému pocitu únavy (Franklin 2023).

Pro hokejisty je důležité zvyšovat svůj laktátový práh, aby mohli udržet intenzitu hry při opakovaných námahách, jako jsou sprinty, rychlé změny směru a souboje o puk. Trénink laktátového prahu může zahrnovat různé metody, které mají za cíl zlepšit schopnost těla vyrovnat se s hromaděním laktátu a zpozdit nástup únavy (Deary 2018).

## **5.3 Zranění v ledním hokeji**

Jelikož je hokej typický pro značný zápal hráčů, kteří si mnohdy neuvědomují následky svého počínání, může se stát, že některé fyzické střety končí fatálně. Historicky došlo k několika závažným střetům, které skončily smrtí nebo těžkým poraněním s trvalými následky.

### **5.3.1 Traumatické zranění hlavy a krční páteře**

V ledním hokeji je vysoké riziko nárazů a pádů, což může vést k závažným zraněním hlavy a krční páteře. Mezi tato zranění patří komoce (otřesy mozku), kontuze a fraktury krční páteře. Komoce mohou vést k závažným dlouhodobým neurologickým problémům a pro některé hokejisty mohou znamenat konec aktivní kariéry (Jones 2012).

Historie ledního hokeje obnáší řadu případů traumatických zranění hlavy a krční páteře s různou intenzitou a mírou (trvalých) následků (Deary 2018).

Např. zranění Travise Royev roce 1995 je považováno za jedno z nejtragičtějších v historii hokeje. Travis Roy, nováček v týmu Boston University, se zranil jen 11 sekund po svém prvním zápase na univerzitě, když se srazil s brankovou konstrukcí. Následkem bylo zranění krční páteře, které způsobilo, že se stal kvadruplegikem (Podnieks 2015).

V roce 2022, Max Pacioretty hráč Montreal Canadiens utrpěl zlomeninu čtvrtého krčního obratle a otřes mozku, když ho během zápasu v plné rychlosti zasáhl Zdeno Chára z Boston Bruins. Pacioretty se srazil s ochranným plexisklem u střídačky, což způsobilo jeho zranění. Pacioretty se zranění dokázal zotavit a pokračoval v profesionální hokejové kariéře (Podnieks 2015).

Jedním z nejznámějších a nejtragičtějších případů smrtelného zranění na ledě v historii hokeje je smrt mladého hráče Bill Mastertona. Jednalo se o hráče týmu Minnesota North Stars v NHL (National Hockey League) a jeho smrt nastala během zápasu proti týmu Oakland Seals dne 13. ledna 1968. Během zápasu byl tvrdě atakován dvěma soupeřovými hráči a následně spadl na led hlavou napřed. V nemocnici zraněním po několika dnech podlehl. Také Mark Savard, hráč týmu Boston Bruins, utrpěl v roce 2010 těžký otřes mozku během zápasu proti týmu Pittsburgh Penguins, když byl tvrdě atakován hráčem Mattem Cookeem. Následkem otřesu mozku měl Savard problémy s rovnováhou, zrakem a dalšími neurologickými symptomy (Podnieks 2015).

Na domácí scéně byl zřejmě nejtragičtější okamžik ledního hokeje během zápasu SK Zlín proti VSŽ Košice v roce 1990, kdy se 26letý obránce Luděk Čajka snažil zastavit rychlý útok soupeře a ve vysoké rychlosti nešťastně narazil hlavou do mantinelu. Následkem nárazu utrpěl fraktury prvního a druhého krčního obratle v krční páteři a vážný otřes mozku. I přes okamžitou lékařskou pomoc na místě zápasu a následnou hospitalizaci zemřel po 40 dnech v nemocnici (najdu).

### **5.3.2 Poranění obličeje**

Poranění obličeje v ledním hokeji mohou zahrnovat zlomeniny kostí obličeje, zranění oka, ztrátu zubů a řezné rány. Mnoho těchto zranění je způsobeno kontaktem s pukem, hokejkou nebo jinými hráči. V ledním hokeji se používají ochranné přilby a štíty na obličej, aby se minimalizovalo riziko těchto zranění.

V prvních desetiletích organizovaného ledního hokeje byla myšlenka na nošení helem či jiné formy ochrany hlavy většinou zcela cizí. Hráči na ledě hráli s odkrytou hlavou, přičemž výjimkou byly některé specifické pozice jako brankáři, kteří začali experimentovat s primitivními maskami. Helmy nebyly vnímány jako nezbytné, a dokonce byly někdy spojovány s neschopností hráče vydržet tvrdost hry (Fischler & Fischler 2003).

Tento pohled se začal měnit až v 60. a 70. letech 20. století, kdy se zvyšovalo povědomí o vážnosti a dlouhodobých následcích úrazů hlavy. Přesto i poté, co se helmy staly povinné, někteří hráči pokračovali v jejich nepoužívání. Toto bylo umožněno pravidlem, které stanovilo,



že hráči, kteří již před zavedením nového nařízení nastupovali bez helmy, mohou tak činit i nadále. Jak již bylo zmíněno, posledním hráčem NHL, který využil tohoto pravidla, byl Craig MacTavish, který ukončil svou kariéru v roce 1997 (Fischler & Fischler 2003).

V roce 2000 Bryan Berard, obránce Toronto Maple Leafs v NHL, utrpěl jedno z nejhorších zranění obličeje v historii hokeje. Během zápasu mezi jeho týmem a týmem Ottawa Senators jej zasáhla do oka čepel hokejky jiného hráče. Následkem zranění bylo vážné poškození sítnice, které vedlo k téměř úplné ztrátě zraku na zraněné oko. Berard prodělal několik operací, a nakonec se vrátil do NHL, ale jeho vidění bylo trvale ovlivněno (Podnieks 2015).

Clint Malarchuk, bývalý brankář Buffalo Sabers v NHL, utrpěl jedno z nejtěžších zranění v historii sportu v roce 1989. Během zápasu mezi jeho týmem, Buffalo Sabres, a týmem St. Louis Blues, ho zasáhla brusle jiného hráče do krku. Incident vedl k masivní ztrátě krve, ale díky rychlé reakci týmového lékaře se Malarchuk zotavil (Fischler & Fischler 2003).

V roce 2008 utrpěl hráč NHL Richard Zednik obdobné zranění krku, když ho spoluhráčova brusle řízla do krku. Zranění vedlo k těžké ztrátě krve a Zednik musel být ihned odvezen do nemocnice. Naštěstí se mu podařilo se zotavit, ovšem incident podtrhl vážné riziko poranění v ledním hokeji.

V roce 1996, během zápasu mezi Washington Capitals a Pittsburgh Penguins, utrpěl hráč Capitals Pat Peake zranění obličeje, když do něj narazil puk vyslaný jiným hráčem. Zlomenina čelisti, kterou utrpěl, vyžadovala chirurgický zákrok a měla za následek vážné komplikace, které nakonec vedly k ukončení jeho kariéry (Fischler & Fischler 2003).

### **5.3.3 Poranění končetin**

Erik Karlsson, obránce týmu Ottawa Senators a držitel Norris Trophy, utrpěl závažné zranění achillovy šlachy, když mu hráč Pittsburgh Penguins Matt Cooke nechtěně přejel čepelí brusle přes nohu. Zranění ho vyřadilo na zbytek sezony, ale od té doby se plně zotavil a vrátil se na vrchol své hry.

## **5.4 Fyzikální modely zátěže při ledním hokeji**

### **5.4.1 Svalová zátěž během zápasu**

Hráči často provádí střídavé zrychlení a brzdění, což vede k opakovanému zatížení a odlehčení svalu. K modelování této situace lze použít různé zjednodušené modely zátěže na sval podle různých diferenciálních rovnic (Evans 2022, Martins et al. 1998). Podrobnosti o těchto metodách přesahují rámec této práce.

Intenzita zátěže bývá modelována obvykle jako sinusoida s periodou  $T$  (například 10 s), která zohledňuje střídání zátěže a odpočinku během zápasu (Evans 2022)

Řešení těchto rovnic je velmi složité a používají se proto numerické metody pro řešení diferenciálních rovnic pro získání zátěže na sval v závislosti na čase (Evans 2022, Martins et al. 1998).

#### 5.4.2 Střelba

Jako příklad je možné si představit hokejistu při střelbě na branku. Při analýze zátěže např. na ramenní kloub během tohoto pohybu je zapotřebí kinematického modelu ramenního kloubu, který popisuje polohu, rychlost a zrychlení kloubu v závislosti na čase, dynamického modelu zahrnujícího síly a momenty působící na kloub, včetně svalových sil, gravitace a odporu vzduchu (Bracko et al. 1996).

Nejprve je nutné zjistit kinematiku ramenního kloubu, což může být provedeno pomocí videoanalýzy nebo 3D pohybového záznamu. Tím získáme polohu ( $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$ ), rychlost ( $v_x(t)$ ,  $v_y(t)$ ,  $v_z(t)$ ) a zrychlení ( $a_x(t)$ ,  $a_y(t)$ ,  $a_z(t)$ ) kloubu v závislosti na čase.

Následně je zapotřebí zkonstruovat dynamický model. Postačí použít Newtonovy zákony nebo Eulerovy zákony pro popis pohybu kloubu. Např. pro 2D model je možno použít následující rovnici:

$$M(t) = I(t) \cdot \alpha(t).$$

kde  $M(t)$  je moment síly působící na kloub,  $I(t)$  je moment setrvačnosti kloubu a  $\alpha(t)$  je úhlové zrychlení kloubu (De Boer 1988).

Dále je nutné zohlednit svalové momenty a další síly působící na kloub. Toto může být provedeno pomocí modelů svalů a analýzy svalových momentů. Tak je možno získat celkový moment síly  $M(t)$ , který působí na kloub (De Boer 1988).

Nakonec, pomocí získaných dat je možno získat jednostranné zatížení ramenního kloubu a identifikovat kritické body, kde je zátěž na kloub největší. To umožní posoudit riziko zranění a navrhnout opatření pro prevenci zranění (Bracko et al. 1996).

#### 5.4.3 Sprint

Sprint je obecný termín používaný pro označení krátkého, intenzivního běhu maximální rychlostí. Během sprintu tělo využívá především anaerobní metabolismus pro produkci energie, tedy proces, který probíhá bez přítomnosti kyslíku (Spencer et al. 2005).

Při sprintu dochází k vysokému zatížení kolenního kloubu, zejména během fází startu, zrychlení a brzdění. Obvykle je třeba zjistit maximální zátěž na kloub během těchto fází a určit,

zda může dojít k jednostrannému přetížení. Opět je důležité nejprve zjistit data o pohybu kloubů, svalů a šlach v závislosti na čase. Tato data mohou být získána pomocí 3D pohybové analýzy nebo videoanalýzy. Je nutno analyzovat polohu, rychlost, zrychlení a úhlovou rychlost kloubu. Dále opět postačí Newtonovy zákony a Eulerovy zákony pro analýzu sil a momentů působících na kolenní kloub. Tato analýza zahrnuje síly působící na kloub, jako jsou svalové síly, gravitace, odpor vzduchu a reakční síly ze země (Upjohn et al. 2008).

Jako matematický model svalů a šlach je možno použít Hillův model svalů a Kelvinův-Voigtův model šlach pro analýzu svalových sil a šlachových momentů. Tyto modely zahrnují diferenciální rovnice a závislost na čase. Dále je vhodné použít optimalizační metody, jako je například genetický algoritmus nebo gradientní metody, pro nalezení nejlepšího možného pohybového vzoru, který minimalizuje riziko jednostranného přetížení kloubu (Upjohn et al. 2008).

Po provedení výše uvedených analýz je získán časový průběh zátěže na kolenní kloub. Je možno identifikovat maximální zátěž v různých fázích sprintu a určit, zda může dojít k jednostrannému přetížení. Na základě těchto informací se navrhuje opatření pro snížení rizika zranění, jako je úprava techniky sprintu nebo posílení svalů a šlach (Bracko 2004).

## 6 PROBLEMATIKA JEDNOSTRANNÉHO ZATÍŽENÍ U HOKEJOVÝCH HRÁČŮ

Jednostranné zatížení u hokejových hráčů je důležité zkoumat a řešit z několika důvodů, které souvisí se zdravím, výkonem a prevencí zranění. Hokej je sport, který vyžaduje intenzivní fyzické úsilí a zahrnuje řadu specifických pohybů a dovedností, které mohou vést k nerovnoměrnému rozložení zátěže na těle.

### 6.1 Druhy jednostranného zatížení

Druhu jednostranného zatížení je celá řada. V této podkapitole jsou specifikovány tři základní, které značně souvisejí s činnostmi a aktivitou hokejových hráčů na ledě.

#### 6.1.1 Asymetrie v dolních končetinách

Asymetrie v dolních končetinách u hokejistů představuje nerovnováhu mezi svaly a klouby obou dolních končetin, která je výsledkem specifického způsobu bruslení a pohybu na ledě. Při bruslení dochází k většímu zapojení jedné nohy (často dominantní) při odrazu a přenášení tělesné hmotnosti, zatímco druhá dolní končetina slouží spíše jako stabilizátor a řídicí prvek. Tento nevyvážený způsob pohybu má za následek nerovnoměrné rozložení síly mezi svaly a klouby dolních končetin (Evans, 2022; Upjohn et al., 2008).

V důsledku nerovnováhy v dolních končetinách může docházet k nadměrnému zatížení některých svalů, zejména m. *quadriceps femoris*, m. *biceps femoris* a m. *gastrocnemius*. Tyto svaly jsou zodpovědné za extenzi a flexi kolenního kloubu, plantární flexi hlezenní kloubového kloubu a stabilizaci pánve při pohybu. Přetížení těchto svalů může vést k tendinopatii a zvýšenému riziku svalových poranění, např. natržení nebo zánětů (Upjohn et al. 2008).

Nadměrné zatížení kloubů, jako jsou kolenní, kyčelní a hlezenní klouby, je dalším důsledkem svalové asymetrie na dolních končetinách u hokejistů. Klouby jsou zatěžovány silami přenášenými přes svaly a kosti během pohybu, a nerovnoměrné rozložení těchto sil může vést k opotřebením kloubní chrupavky a zvýšenému stresu na vazivové struktury, jako jsou vazy a kloubní pouzdra. To může přispět k rozvoji degenerativních onemocnění kloubů, např. osteoartróza, a zvýšenému riziku akutních zranění, jako jsou vazivové natržení nebo zlomeniny (Upjohn et al. 2008).

Biomechanika dolních končetin u hokejistů je rovněž ovlivněna asymetrií. Při bruslení dochází k opakovaným pohybům v sagitální rovině, což zahrnuje flexi a extenzi kolenního a kyčelního kloubu, stejně jako plantární a dorzální flexi hlezenního kloubu. Tato opakovaná

zátěž v kombinaci s jednostranným zatížením může způsobit nerovnováhu ve svalových délkách a napětí na opačných stranách kloubů, což může vést k dysfunkci pohybového aparátu a následným kompenzačním mechanismům (Bracko et al. 1996, Evans 2022).

Jednostranné zatížení u hokejistů také ovlivňuje kinematiku a kinetiku pohybu. Ty zahrnují změny v rozsahu pohybu kloubů, rychlosti a směru pohybu, stejně jako distribuci sil během odrazu a bruslení. Tyto změny mohou mít negativní dopad na celkovou biomechaniku a energetickou efektivitu hokejistů, což může vést ke snížení výkonu a zvýšenému riziku zranění (Bracko 2004).

### 6.1.2 Asymetrie v horních končetinách

Asymetrie v horních končetinách u hokejistů je důležitá problematika, která se týká nerovnováhy mezi svaly a klouby paží, ramen a zádočných svalů v důsledku specifického způsobu, jakým hokejisté drží hokejku a manipulují s ní během tréninku a zápasů. Při držení hokejky je jedna ruka umístěna na vrchní části hokejky, zatímco druhá ruka je umístěna níže na hokejce a umožňuje hokejistovi zpřesňovat různé pohyby, jako jsou střelba, přihrávky a ovládání kotouče (Evans 2022).

Tato konfigurace rukou vede k nerovnováze mezi svaly horních končetin, což zahrnuje svaly paží (*m. biceps brachii*, *m. triceps brachii*, *m. brachialis*), ramen (*m. deltoideus*, *rotator cuff* svaly) a zádočných svalů (*m. trapezius*, *m. latissimus dorsi*, *mm. rhomboideus*, *m. erector spinae*). Přetížení těchto svalů může také vést k tendinopatii, zvýšenému riziku svalových poranění a celkové nerovnováze svalů v horním pohybovém aparátu (Evans, 2022).

Biomechanické aspekty asymetrie na horních končetinách zahrnují změny v kinematice a kinetice pohybu ramenního pletence při provádění různých akcí, jako je střelba, přihrávky nebo boj o kotouč. Tyto změny mohou zahrnovat nerovnováhu v úhlech kloubů, rychlosti a směru pohybu, stejně jako nerovnoměrné rozložení sil mezi svaly antagonistů a agonistů (Bracko et al., 1996).

### 6.1.3 Torzní zatížení páteře

Torzní zatížení páteře u hokejistů je důsledkem specifických pohybů hokejových hráčů. Torzní zatížení se vyskytuje, když se páteř otáčí nebo na ni působí síla s rotací. U hokejistů je tento jev způsoben kombinací pohybů, jako je bruslení, střelba a ovládání kotouče, které vyžadují silné rotace trupu a koordinaci s horními a dolními končetinami (Evans, 2022).

Torzní zatížení má vliv na různé svalové skupiny a struktury páteře. Jde především o *m. erector spinae*, potažmo *m. sacralis*, *m. longissimus* a *m. iliocostalis*, což je svalový systém,

který podporuje vzpřímenou pozici a pomáhá v rotaci a ohybu páteře; *multifidus*, čímž jsou hluboké, segmentálně uspořádané svaly, které stabilizují páteř a umožňují torzní pohyby; *m. m. obliquus externus abdominis* a *m. obliquus internus abdominis*, dvojice břišních svalů na každé straně trupu, která umožňuje boční ohyb a rotaci páteře; sval, jenž se podílí na ohybu trupu a stabilizaci páteře *m. rectus m. abdominis*; *m. quadratus lumborum*, což je sval, nacházející se v bederní oblasti, který pomáhá stabilizovat bederní páteř a přispívá k bočnímu ohybu a rotaci (Evans, 2022; Upjohn et al., 2008).

## 6.2 Diagnostika

K diagnostice jednostranného zatížení u hokejistů lze využít několik vyšetřovacích metod. Lékař nebo fyzioterapeut může provést důkladné klinické vyšetření, které zahrnuje anamnézu, aspekci, palpaci a posouzení rozsahu pohybu a svalové síly. Při klinickém vyšetření mohou být zjištěny známky svalové nerovnováhy, ztuhlosti nebo bolesti. Lékař se může rozhodnout využít také rentgenových snímků, magnetické rezonance nebo ultrazvuku. Tyto metody dokážou pomoci při vizualizaci strukturálních změn v kloubech, kostech a měkkých tkáních spojených s jednostranným zatížením. Prostřednictvím nich lze také odhalit degenerativní změny, záněty nebo jiná poškození (Noormohammadpour et al. 2016).

Metoda goniometrie umožňuje kvantitativní měření rozsahu pohybu kloubů. Goniometr je přístroj, který měří úhly mezi pohyblivou a nepohyblivou částí těla. Goniometrie dokáže odhalit asymetrie nebo omezení rozsahu pohybu v kloubu spojené s jednostranným zatížením (Tyler et al. 2002).

Další přístrojovou metodou je dynamometrie. Dynamometr je zařízení, které měří svalovou sílu a odolnost. Často může pomoci identifikovat nerovnováhu mezi svaly agonistů a antagonistů nebo pravou a levou stranou těla. Speciálním typem dynamometru je isokinetický dynamometr, což je přístroj, který měří svalovou sílu při konstantní rychlosti pohybu. Tato metoda umožňuje kvantitativní měření svalové síly a odhalení nerovnováhy mezi kontralaterálními svaly nebo mezi agonistickými a antagonistickými svaly (Noormohammadpour et al., 2016, Tyler et al. 2002).

Elektromyografie (EMG) je metoda, která zaznamenává elektrickou aktivitu svalů během kontrakce. EMG dokáže odhalit dysfunkci nebo nerovnováhu v aktivaci svalů spojených s jednostranným zatížením (Emery a Meeuwisse 2001).

Funkční pohybové testy, např. funkční pohybový screening (FMS), mohou posoudit celkovou kvalitu pohybu a identifikovat případné dysfunkce nebo omezení související s jednostranným zatížením.

Zajímavou metodou je 3D pohybová analýza. Tato metoda zahrnuje záznam pohybu pomocí video kamery nebo speciálních senzorů a jeho následné vyhodnocení. 3D pohybová analýza umožňuje identifikovat abnormality v pohybových vzorech a biomechanice, které mohou být spojeny s jednostranným zatížením (Noormohammadpour et al. 2016).

Posturografie je metoda, která hodnotí rovnováhu a stabilitu těla pomocí záznamu tlaku na stojné ploše. Tato technika může odhalit nerovnováhu v rozložení zátěže na dolních končetinách nebo nestabilitu spojenou s jednostranným zatížením (Noormohammadpour et al. 2016).

### 6.3 Fyzioterapeutické metody

Fyzioterapeutické metody používané při léčbě hokejových zranění, jako je mechanoterapie zahrnuje mobilizaci kloubů, měkké tkáně a svalové techniky, které pomáhají zlepšit pohyb kloubů a snižovat bolest. Terapeutické cvičení se zaměřuje na posilování oslabených svalových skupin a protahování nebo uvolňování zkrácených svalových skupin. Tradiční metodou pro podporu nestabilních kloubů a snížení bolesti jsou používány tejpky a bandáže. Vhodné jsou také metody elektroterapie, které zahrnují použití elektrického proudu, ultrazvuku nebo laseru k léčbě bolesti a podpoře hojení (Noormohammadpour et al. 2016).

Kromě toho se některé fyzioterapeutické intervence zaměřují přímo na přetížení a prevenci zranění u hokejistů. Excentrické cvičení pro stehenní svaly, jako jsou zpomalované dřepy, mohou pomoci posílit m. *quadriceps femoris* a hamstringy, zlepšují schopnost svalů absorbovat zátěž během pohybu a snižují riziko přetížení. Mobilizace hlezenního kloubu pomáhá zvýšit rozsah pohybu a prevenci zranění hlezenního kloubu prostřednictvím mobilizačních cviků, jako jsou inverzní a everzní pohyby hlezenního kloubu a hlezenní kloubové výkyvy. Jádrové cvičení, jako je „plank“ a jeho variace, posilují hluboké břišní a zádové svaly, stabilizují trup a snižují torzní zatížení páteře (Noormohammadpour et al. 2016).

Mobilizace a posilování kyčelního kloubu, například prostřednictvím jednonohých dřepů nebo výpadů, zlepšují stabilitu a posilují svaly kyčelního kloubu, snižujíc riziko zranění a přetížení. Cvičení pro ramenní svaly, jako je posilování rotátorové manžety a stabilizace ramenního kloubu, mohou být klíčové pro prevenci zranění horních končetin. V neposlední řadě, pravidelný strečink svalů dolních i horních končetin pomáhá udržet svaly pružné a snižuje riziko přetížení (Evans 2022).

## II. VÝZKUMNÁ ČÁST

### 7 MĚŘENÍ JEDNOSTRANNÉHO ZATÍŽENÍ U HRÁČŮ DHL EXTRALIGY JUNIORŮ

#### 7.1 Výzkumný problém

V rámci praktické části této diplomové práce jsme se zaměřili na problematiku jednostranného zatížení u hokejistů DHL extraligy juniorů. Tento fenomén, ačkoli má významný dopad na fyzickou kondici a výkonnost hráčů, je v kontextu sportovních klubů často přehlížen.

Výzkumná část této práce je věnována problematice hokejových klubů DHL extraligy juniorů v souvislosti s tím, jak signifikantní hodnoty jednostranného zatížení hráči jednotlivých týmů vykazují, přičemž jsme se snažili porovnat praxi týmů různých umístění v tabulce.

Dalším důležitým aspektem výzkumu bylo, zda existuje v této problematice významný rozdíl mezi týmy, které jsou v tabulce lépe a hůře umístěné, a zda je forma přípravy odlišná, potažmo jestli má tohle hledisko přímý vliv na hráče. Otázka, zda je kvalita péče o jednostranné zatížení hráčů v nějaké korelaci s pozicí týmu v tabulce představuje relevantní potenciál pro studium.

Je možné předpokládat, že týmy, které jsou v tabulce umístěné výše, mohou mít sofistikovanější strategie a protokoly pro práci s jednostranným zatížením. Také mohou být lépe vybaveny, mít větší zdroje nebo vyšší odbornou způsobilost pro řešení těchto problémů.

Předpoklad může být založen na skutečnosti, že týmy umístěné na špičce soutěžní tabulky mají tendenci disponovat většími finančními prostředky, a to buď prostřednictvím dotací, výnosů z titulů, sponzorských smluv nebo jiných zdrojů příjmů. Tyto zdroje jim mohou umožnit angažovat řadu specializovaných fyzioterapeutů, kteří jsou schopni implementovat sofistikovanější a efektivnější strategie a protokoly pro práci s tímto problémem. Přesto je to pouze hypotéza, která vyžaduje důkladné ověření empirickými daty.

Kromě toho jsme se zaměřili na zkoumání rozdílů mezi praváky a leváky v kontextu jejich dominantní strany, především nohou. Pozornost je věnována úvaze, že dominantní strana těla může být výrazněji ovlivněna jednostranným zatížením, což se projeví v různých parametrech, jako je tělesná hmotnost, procento tělesného tuku a délka svalů.

Týmy jsou v rámci naší studie anonymizované a budou uváděny jako Tým 1, Tým 2, Tým 3 a Tým 4. Také pozice týmů v tabulce nebude přesně uváděna, jelikož jde o dohledatelné



informace. Místo toho je tabulka vzestupně rozdělena na 4 části, přičemž každý z týmů patří do jednoho.

## 7.2 Cíle práce

*Hlavním cílem* této diplomové práce je zjistit, zda se u hokejových juniorů projevují charakteristické svalové dysbalance v oblastech s vysokým rizikem jednostranného zatížení.

*Dílčí cíl č. 1.* Provést soubor fyziologických testů (Patrikova zkouška, Thomasův test, test zkrácení prsního svalu, test flexibility hlezenního kloubu a testy vnitřní a vnější rotace kolenního kloubu u levé i pravé strany) u hokejových juniorů z čtyř různých týmů s cílem identifikovat potenciální oblasti s vysokým rizikem jednostranného zatížení.

*Dílčí cíl č. 2.* Provést statistickou analýzu shromážděných dat s cílem určit, zda existuje statisticky významné jednostranné zatížení v některé z testovaných oblastí a zjistit, zda existují významné rozdíly mezi jednotlivými týmy.

## 7.3 Úkoly práce

Výzkumná část této diplomové práce sestává z několika kroků/úkolů:

- 1) Respondenti se měli dostavit na konkrétní čas do posilovny.
- 2) Měření Tanity. Data z měření zapsat do záznamového archu.
- 3) Testování – Vnější a vnitřní rotace kyčelního kloubu, Thomasův test, Patrikova zkouška, test na zkrácení hamstringů, test na zkrácení prsních svalů, test mobility hlezenního kloubu, podpor na předloktí – levá/pravá strana.
- 4) Údaje testování uvést do předem připraveného záznamového archu.
- 5) Hráčům byl předložen dotazník s předem připravenými 6 uzavřenými otázkami.
- 6) Naměřená data vložit do MS Excel a strukturovat.
- 7) Zvolit vhodné statistické testy v programovém prostředí R studio, které poskytnou relevantní výsledky vzhledem k cílům práce.
- 8) Výsledky interpretovat jak číselně, tak i slovně.
- 9) Diskutovat o možnostech, úskalích, limitech a možné návaznosti na tuto práci

## 7.4 Výzkumné otázky

Stanovení výzkumných otázek je nezbytným krokem před samotným začátkem každého výzkumu. Tyto otázky slouží jako průvodce výzkumným procesem a umožňují definovat klíčové aspekty studie. Stanovením těchto je definováno, co přesně chceme zjistit, a tím určíme

zaměření výzkumu. Při formulaci výzkumných otázek je důležité, aby byly jasné, specifické a výzkumně ověřitelné.

Stanovili jsme následující výzkumné otázky:

- 1) Jaké strategie a postupy implementují jednotlivé kluby v rámci řešení problému jednostranného zatížení? Existují mezi kluby signifikantní rozdíly?
- 2) Je existence korelace mezi pozicí týmu v soutěžní tabulce a kvalitou prevence a intervencí v oblasti jednostranného zatížení? Má tento faktor vliv na celkový fyzický stav hráčů, konkrétně na délku svalů, váhu a tělesný tuk?
- 3) Lze pozorovat významné rozdíly v dominantnosti stran mezi praváky a leváky, zejména v kontextu dolních končetin?

## 7.5 Hypotézy

*Hypotéza č. 1.* Předpokládáme, že mezi čtyřmi zkoumanými hokejovými týmy jsou rozdílné statisticky významné hodnoty jednostranného zatížení u svých hráčů ve všech provedených testech.

*Hypotéza č. 2.* Předpokládáme, že rozsah jednostranného zatížení se liší mezi různými hokejovými týmy.

*Hypotéza č. 3.* Předpokládáme, že mezi praváky a leváky není signifikantní rozdíl v dominantnosti stran z pohledu jednostranného zatížení.

## 7.6 Metodika

V rámci empirického výzkumu byla uplatněna strukturovaná metoda sběru dat. Testování probíhalo na předem dohodnuté lokalitě, kam hráči přicházeli postupně v rámci stanovených časových intervalů.

Každý hráč procházel testováním individuálně. Nejprve podstoupil měření na zařízení Tanita, které poskytlo podrobné informace o jeho tělesné kompozici. Následovala série diagnostických pohybových testů, zahrnující goniometrické vyšetření, využití šuplera a časoměrných zařízení k hodnocení fyzických parametrů a schopností. Po dokončení fyzických testů vyplnil hráč speciálně navržený dotazník.

Veškerá data byla pečlivě zaznamenána v reálném čase dvěma výzkumníky na místě. Po sběru dat došlo k jejich přenesení do elektronické formy, konkrétně do tabulky v aplikaci Excel. Tento proces zajistil přesné a systematické zaznamenání dat pro další analýzu.

### **7.6.1 Charakteristika**

V rámci metodologie našeho výzkumu lze označit tento přístup jako kvantitativní empirický výzkum. Tento druh výzkumu se zpravidla opírá o měřitelné údaje, které jsou získávány systematickým a strukturovaným sběrem dat.

V našem případě provádíme v terénu měření specifických fyzických parametrů. Tyto údaje jsou shromažďovány za účelem pozdějšího kvantitativního zpracování a analýzy.

Důležitou součástí tohoto procesu je zajištění objektivity, což je zajišťováno standardizací postupů měření a zaznamenávání dat. To znamená, že se u každého hráče postupuje stejným způsobem a všechny údaje jsou zaznamenány v souladu se stanovenými protokoly.

Následně je hráčům předložen dotazník s uzavřenými otázkami, který slouží k získání dodatečných údajů, které nemohou být přímo změřeny, ale mohou poskytnout další kontext pro analýzu výsledků měření.

Sběr těchto údajů je proveden za účelem poskytnutí holistického pohledu na situaci jednotlivých hráčů a jejich týmů a umožňuje nám provést podrobnější a komplexnější analýzu výsledků našeho výzkumu.

### **7.6.2 Výzkumný soubor**

Výzkumný soubor, který byl využit v rámci této diplomové práce, byl tvořen extraligovými juniorskými hokejovými hráči, působícími v rámci české hokejové scény. Hráči pocházeli ze čtyř týmů, které byly vybrány napříč čtyřmi částmi umístění v tabulce.

Tento výběr týmů poskytl široký přehled hokejových juniorských týmů z různých částí ligové tabulky, což nám umožnilo studovat různé úrovně fyzické připravenosti a jednostranného zatížení, které mohou být v rámci těchto týmů přítomny.

Hráči, kteří byli součástí této studie, byli většinou členy třetích a čtvrtých lajn svých týmů. Tato skutečnost znamená, že byli zahrnuti hráči, kteří mají v týmech spíše sekundární roli a nejsou tak často vystaveni tak vysokému mentálnímu zatížení, jaké mají hráči prvních a druhých lajn. Přesto tito hráči mají značný potenciál a jejich fyzické charakteristiky a zdravotní stav jsou pro úspěch týmu klíčové, především v roli forčekinku, defenzivy, ochrany klíčových hráčů, oslabení či fyzických soubojů.

### **7.6.3 Realizace výzkumu**

Po kontaktu a souhlasem s vedením jednotlivých týmů a domluvení termínu a času realizace testování bylo vytvořeno časové rozplánování každého měření, kdy jednotlivý hráči

přicházeli na testování v konkrétní čas. Hráči docházeli v desetiminutových intervalech, aby dlouho nečekali a každý hráč měl co největší klid v průběhu testování.

Nejprve došlo k měření a zapsání tělesného složení za pomoci Tanity. Jednotlivé údaje se zapisovali do předem připravené tabulky. Následovalo měření jednotlivých cviků v pořadí vnitřní a vnější rotace kyčelního kloubu, Thomasův test, test na zkrácené hamstringy, Patrikova zkouška, test na zkrácené prsní svaly, mobilita hlezenního kloubu a na závěr podpor na pravé a levé. Po změření všech testů dostal hráč dotazník k vyplnění.

#### 7.6.4 Použité diagnostické testy/zkoušky

##### Vnější rotace kyčelního kloubu

Test vychází z publikace (Haladová 2003). Při vykonávání jeho měření (viz Obrázek 8) v jsme využili standardizovanou výchozí pozici, která zahrnovala sed na lehátku. V této pozici byly bérce testovaných subjektů umístěny mimo podložku a volně spuštěny tak, že byly orientovány kolmo k zemi. Testovaná končetina byla podložena pod distální částí femuru, což zajistilo optimální výchozí pozici pro měření.

Obrázek 8 Vnější rotace kyčelního kloubu



Zdroj Vlastní

Femur byl stabilizován z laterální strany pro pevnou fixaci během testu. Takto uchycená končetina pak umožnila terapeutovi provádět pasivní pohyb v kyčelním kloubu, což byl klíčový aspekt pro účely tohoto měření.

Při goniometrii byl střed goniometru umístěn v ose pohybu. Nepohyblivé rameno goniometru směřovalo kolmo k zemi, zatímco pohyblivé rameno sledovalo směr pohybu končetiny. Toto uspořádání umožnilo přesné a konzistentní měření pohybu v kloubu.

Podle standardních referenčních hodnot by měla normální rotace v kyčelním kloubu dosahovat kolem 45 až 50 °. Tyto hodnoty sloužily jako základní výchozí bod pro porovnání výsledků našeho měření.

### *Reliabilita a validita*

Studie autorů Kouyoumdjian et al. (2012) uvádí, že pro analýzu rotace kyčelní kloub bylo použito kožní referenční body, jejichž spolehlivost byla ověřena. Jakékoliv pohyby kůže menší než 3 mm neměly na úhly měření pro rotaci vliv, a proto byly odchylky v měření menší než 1°. Polohy pro měření byly zvoleny tak, aby byly získány co nejspolehlivější údaje pro digitální fotografie.

Kouyoumdjian et al. (2012) dále popisují, že nebyly nalezeny žádné významné rozdíly mezi různými polohami, zejména mezi měřením flexe a extenze kyčelního kloubu, což potvrzuje dobrou reliabilitu našich metod. Je třeba poznamenat, že nejsou k dispozici žádné údaje o variacích v pánevní verzi v různých polohách, které by mohly ovlivnit hodnoty rozsahu pohybu (ROM) rotace kyčelního kloubu.

Při studování normální rotace kyčelního kloubu u dospělých je třeba vzít v úvahu, že se často opíráme o starší studie, jejichž metodika někdy není jasně definována. Předchozí výzkum Chevillota a kol. upozornil na nedostatečnou spolehlivost mezi jednotlivými pozorovateli pro fyzikální vyšetření ROM kyčelního kloubu. Avšak naše studie ukázala, že rotace kyčelního kloubu ROM v poloze VD je reprodukovatelná, což podporuje její validitu a reliabilitu v praxi.

Vnitřní rotace spadá také do studie Kouyoumdjian et al. (2012), proto v následujícím oddílu již nebude o reliabilitě a validitě pojednáno.

### **Vnitřní rotace kyčelního kloubu**

Při provádění měření jsme opět využili standardizovanou výchozí pozici, kterou tvořil sed na lehátku. Bérce testovaných subjektů byly umístěny mimo podložku a svobodně visely kolmo k zemi, přičemž testovaná končetina byla podložena pod distální částí femuru. Tento postup umožnil optimální přípravu pro provádění měření.

Obrázek 9 Vnitřní rotace



Zdroj Vlastní

Jinak než v předchozím případě, femur bylo zde stabilizováno z mediální strany, což zajistilo pevnou fixaci pro další testování (viz Obrázek 9). Takto uchycená končetina pak umožnila terapeutovi provést pasivní pohyb v kyčelním kloubu, což bylo nezbytné pro účely tohoto testu.

Během goniometrického vyšetření byl střed goniometru umístěn přímo v ose pohybu. Nepohyblivé rameno goniometru bylo orientováno kolmo k zemi, zatímco pohyblivé rameno sledovalo směr pohybu končetiny. Toto uspořádání zajišťovalo konzistentní a přesné měření pohybu kloubu.

Podle referenčních hodnot by měla normální rotace v kyčelním kloubu dosahovat kolem 45 stupňů (Haladová 2003). Tato norma byla použita jako výchozí bod pro porovnání výsledků našeho měření.

### **Patrikova zkouška**

Výchozí pozice pro toto měření vyžadovala, aby se testovaný subjekt položil na podložku s bedry podloženými ručníkem pro optimální pohodlí a podporu (viz Obrázek 10). Hlava subjektu byla udržována v prodloužení páteře a ruce byly umístěny volně podél těla, zatímco dolní končetiny byly natažené.

Obrázek 10 Patrikova zkouška



Zdroj Vlastní

Fixace končetiny proběhla na kontralaterální straně pánve, což umožnilo stabilní základnu pro další měření. Testovaná končetina byla poté flexována v kolenním a kyčelním kloubu, byla zevně rotována a abdukována. Poté následovalo uvolnění a zvýšení abdukce pro provádění měření.

Při samotném měření byla šuplera umístěna kolmo k podložce přímo pod kolenním kloubem. Posuvná část šuplery byla pak umístěna pod laterální kondyl femuru. Toto uspořádání zajistilo přesné a konzistentní měření pohybu končetiny.

Podle referenčních hodnot (Horschig 2021) by měla normální rotace v kyčelním kloubu dosahovat symetrii. Tato norma byla použita jako výchozí bod pro porovnání výsledků našeho měření.

### *Reliabilita a validita*

Bagwell et al. (2016) ve své studii uvádějí, že měření Patrikovy zkoušky (Faber testu) bylo spolehlivé, a to bez ohledu na to, zda bylo normalizováno na délku stehna či nikoliv. Navíc využití inklinometrie může spolehlivost měření ještě zvýšit. Při hodnocení symetrie mezi končetinami se spolehlivost pohybovala od nízké po vysokou.

Maslowski et al. (2010) uvádějí, že Patrikova zkouška (Faber test) může být užitečnými součástmi klinického hodnocení bolesti v oblasti kyčelního kloubu s cílem určit vnitřní patologii kyčelního kloubu. Tyto testy nejsou specifické, a tedy nemusejí být nutně negativní v případě absence vnitřní patologie kyčelního kloubu. Tyto vyvolávací manévry kyčelního kloubu jsou užitečnou součástí hodnocení, které zahrnuje anamnézu, další zjištění z vyšetření a jiné diagnostické studie.

## Thomasův test

Výchozí pozice pro tento test je stoj před lehátkem, kdy si pacient drží netestovanou dolní končetinu rukama ve flexi (viz Obrázek 11). Vyšetřovaný se posadí za „kostřč“ na hranu stolu a položí se na lehátko. Terapeut fixuje pánev na homolaterální straně.

Obrázek 11 Thomasův test



Zdroj vlastní

Měření se provádí tak, že střed goniometru je v ose pohybu kolenního kloubu, nepohyblivé rameno se přiloží k ose femuru a pohyblivé rameno je v ose bérce. Norma podle Jandy (2004) je, že bérec míří kolno k zemi, bez zkrácení je úhel mezi bérce a femurem  $90^\circ$ .

### *Reliabilita a validita*

Peeler a Anderson (2008) zpochybňují statistickou spolehlivost modifikovaného Thomasova testu a poskytují klinickým lékařům důležité informace týkající se jeho limitů spolehlivosti při použití ke klinickému hodnocení flexibility m. rectus femoris v kolenním kloubu u fyzicky aktivní populace. Uvádějí, že je zapotřebí hlubšího výzkumu, aby se zjistily proměnné, které mohou ovlivnit statistickou spolehlivost této ortopedické techniky.

Vigotsky et al. (2016) uvádějí, že Thomasův test (MTT) nemůže být považován za spolehlivý nástroj pro měření extenze kyčelního kloubu, pokud není kontrolován pohyb v oblasti bederní páteře a pánve. Konkrétně test vykazuje nízkou citlivost, specifickost a validitu při hodnocení pohybu v sagitální rovině, kde významnou část variability způsobuje naklonění pánve během testu.

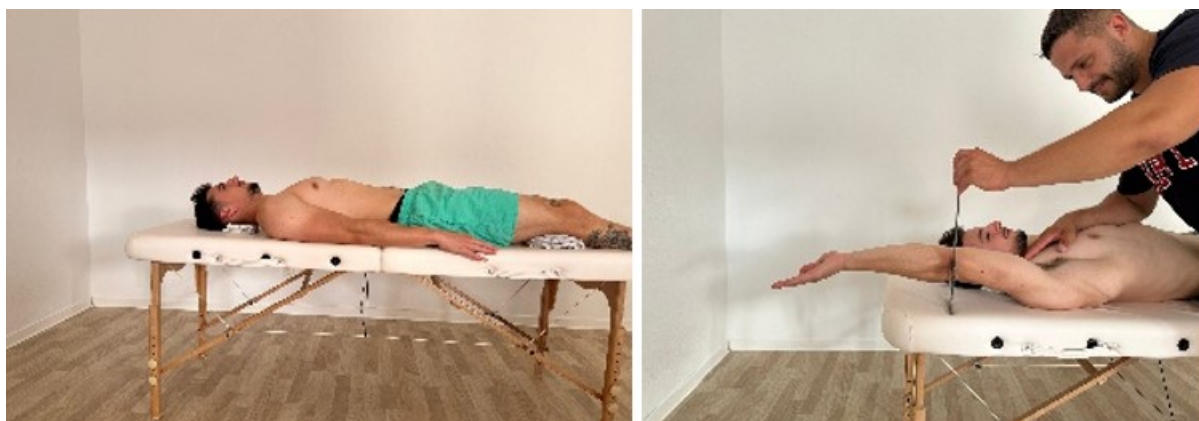
Vzhledem k tomu, jak je Thomasův test široce využíván, jsou zjištění této studie vysoce relevantní pro praxi lékařů specializovaných na muskuloskeletální systém. Je naprosto nezbytné, aby odborníci při používání Thomasova testu pečlivě sledovali pohyb v bederní páteři a pánevní oblasti. Takový přístup je klíčový pro získání validního měření maximálního úhlu kyčelní extenze a pro identifikaci přítomnosti možných kontrakcí flexorů kyčelního kloubu.



## Test zkrácení velkého prsního svalu

Jedná se o vyšetřovací techniku, která začíná výchozí pozicí jedince ležícím na lehátku s hlavou v prodloužení páteře, horními končetinami volně položenými podél těla a dolními končetinami podloženými pod kolenní jamky. V dalším kroku se provádí fixace, kde vyšetřující rukou a celým předloktím diagonálně fixuje hrudník jedince. Následuje elevace horní končetiny s plně extendovaným loketním kloubem (viz Obrázek 12).

Obrázek 12 Test zkrácení velkého prsního svalu



Zdroj Vlastní

Měření se provádí tak, že šupleru přiložíme kolmo k podložce pod distální část paže a posuvná část pod laterální epikondyl humeru. Janda stanovil normu pro tuto techniku jako dotek podložky.

### *Reliabilita a validita*

Lewis a Valentine (2007) uvádějí, že tento test má vynikající intra-rater spolehlivost pro dominantní a nedominantní stranu subjektů bez symptomů a pro bezbolestnou a bolestivou stranu subjektů se symptomy. Hodnoty vypočítané pro senzitivitu, specifitu, pozitivní a negativní poměr pravděpodobnosti naznačují, že tento test provedený způsobem zkoumaným v této studii a doporučeným v literatuře postrádá diagnostickou přesnost. Zjištění této studie naznačují, že ačkoli tento test prokazuje přijatelnou klinickou spolehlivost, jeho nedostatek specifity naznačuje, že kliničtí lékaři používající tento test k informování procesu klinického uvažování s ohledem na plánování léčby tak musí dělat opatrně.

## Měření flexe kyčelního kloubu

Při měření flexe kyčelního kloubu s extendovanou dolní končetinou podle Jandy (2004) začínáme s testovaným jedincem vleže na zádech na lehátku. (viz Obrázek 13) Je důležité, aby

byla netestovaná dolní končetina pokrčená, zatímco horní končetiny zůstávají volně položeny podél těla. Hlava testovaného je v prodloužení páteře a podložena ručníkem pro optimalizaci tvaru páteře a minimalizaci možných zkreslení.

Obrázek 13 Měření flexe kyčelního kloubu



*Zdroj Vlastní*

Provedení testu vyžaduje, aby vyšetřující uchopil testovanou, extendovanou dolní končetinu tak, že pata vyšetřovaného spočívá na ramenním kloubu vyšetřujícího. Tato pozice umožňuje maximální flexi v kyčelním kloubu.

Pro správné a objektivní měření úhlu je použit goniometr, jehož střed je umístěn v ose pohybu kyčelního kloubu. Nepohyblivé rameno goniometru je rovnoběžné s trupem a pohyblivé rameno je v ose femuru. Tento postup zajišťuje přesné a spolehlivé měření.

Podle Jandy (2004) je normální hodnota pro tento test flexe kyčelního kloubu s extendovanou dolní končetinou 90 stupňů.

### *Reliabilita a validita*

NUssebaumer et al. (2010) ve své studii uvádějí, že hodnocení založená na goniometru značně nadhodnocují ROM kyčelního kloubu měřením intersegmentálních úhlů (např. flexe stehna na trupu pro flexi kyčelního kloubu) spíše než skutečnou ROM kyčelního kloubu. Je pravděpodobné, že nekontrolovaná rotace a náklon pánve kvůli potížím se správným umístěním goniometru a prováděním anatomicky správné ROM přispívají k nadhodnocování oblouku těchto pohybů. Nicméně konvenční manuální goniometry lze s jistotou použít pro longitudinální hodnocení na klinice.

### **Mobilita hlezenního kloubu**

Vyšetření mobility hlezenního kloubu začíná výchozí pozicí, kdy jedinec klečí na netestované dolní končetině (viz Obrázek 14). Testovaná dolní končetina je flektována

v kolenním kloubu v úhlu 90 stupňů a palec testované dolní končetiny je ve vzdálenosti 5 palců (přibližně 12,7 cm) od stěny. Fixace se provádí u paty testované dolní končetiny. Během vyšetření se vyšetřovaný snaží dotknout se stěny kolenním kloubem testované dolní končetiny, aniž by odlepil patu od podložky.

Obrázek 14 Test mobility hlezenního kloubu



Zdroj Vlastní

Měření pak probíhá stanovením vzdálenosti kolenního kloubu od stěny. Normou, stanovenou (Horschig 2021), je dotek stěny.

### *Reliabilita a validita*

Konor et al. (2012) uvádějí, že Výsledky naznačují, že spolehlivá měření flexe hlezna lze získat také od začínajícího hodnotitele. Všechny tři techniky se vyznačovaly dobrou spolehlivostí a nízkou chybou měření, přičemž technika měření vzdálenosti od stěny pomocí páskového měřidla a metod sklonoměru vedla k vyšším koeficientům spolehlivosti

### **Tanita**

Tanita je bioimpedanční váha, která umožňuje měřit mnoho parametrů těla (viz Obrázek 15). Tyto váhy využívají technologii bioelektrické impedance, která prochází malým, bezpečným elektrickým proudem tělem, aby určila odpor v těle a získala přesnější odhady tělesné kompozice.

Obrázek 15 Tanita použitá v této práci



Zdroj

Použití Tanity v našem případě nám umožnilo získat komplexní a přesný obrázek tělesné kompozice jedince. Základním parametrem, který jsme získali, je tělesná hmotnost. Dále jsme určili procento tělesné vody, což je důležité pro hodnocení hydratace a celkového zdravotního stavu jedince.

Procento tělesného tuku jsme měřili za účelem posouzení celkového stavu tukové tkáně a možného rizika pro zdraví, které může vyplývat z nadměrného tělesného tuku. Naopak, hodnota kilogramů svalů nám poskytla informaci o hmotnosti svalové tkáně v těle a pomohla nám posoudit stav svalové hmoty a svalové síly jedince.

Díky Tanitě jsme byli schopni určit také hmotnost kostí, což nám poskytlo cenné informace o kostní hmotě a případném riziku osteoporózy. V neposlední řadě jsme vypočetli také hodnotu BMI (Body Mass Index), což je ukazatel poměru tělesné hmotnosti a výšky a je široce používán pro odhadování míry obezity.

Tato data nám poskytla cenné informace o fyzickém zdraví a kondici jedince, a umožnila nám plánovat a upravovat jeho tréninkový program a dietu tak, aby byly co nejefektivnější a nejbezpečnější. Tanita je proto cenným nástrojem v naší praxi.

### *Reliabilita a validita*

Kelly a Metcalfé (2012) ve své studii posuzovali validitu a reliabilitu měření procenta tělesného tuku (%BF) pomocí bioelektrické impedanční analýzy (BIA) s přístrojem TANITA BC418-MA (TAN) ve srovnání s hydrostatickým vážením (HW) a měřením tloušťky kožní řasy (ST).

Vzhledem k tomu, že TAN zaznamenal významné odchylky v průměrném %BF ve srovnání s HW (nadhodnocení o 1,68 %), je validita metody nízká. Korelace mezi TAN a HW je sice silná ( $r = 0,81$ ;  $P < 0,05$ ), ale shoda mezi měřeními %BF je poměrně slabá ( $\pm 9$  %). Shoda s měřením tloušťky kožní řasy je o něco lepší ( $\pm 8$  %), ale stále není ideální.

Na druhou stranu, studie ukázala, že reliabilita metody TANITA BC418-MA je vysoká. Test-retest spolehlivost ve stejný den byla bez průměrné odchylky mezi měřeními a limit shody byl vynikající ( $< 1$  %).

Celkově lze tedy konstatovat, že TANITA BC418-MA je spolehlivý systém pro měření %BF, i když jeho validita ve srovnání s laboratorními metodami (HW) je nízká. Nicméně, představuje neinvazivní alternativu, která vyžaduje méně školení operátora, a její shoda s měřením tloušťky kožní řasy je na srovnatelné úrovni.

### 7.6.5 Metody a nástroje sběru dat

V rámci našeho empirického výzkumu využíváme širokou škálu nástrojů a metod, které nám umožňují shromažďovat potřebná data. Každý nástroj nebo metoda má specifický účel a slouží k měření určitého aspektu fyzického stavu nebo výkonnosti hráče:

- dotazník – tento nástroj nám poskytuje údaje, které nemůžeme přímo změřit. Dotazníky mohou zahrnovat otázky týkající se stravovacích návyků hráče, zdravotní historie, tréninkových rutin a dalších aspektů, které by mohly ovlivnit jeho fyzický stav a výkonnost.
- Tanita – jde o moderní váhu, která nejenže měří tělesnou hmotnost, ale také odhaduje procento tělesného tuku, svalovou hmotu a další parametry. Tato data nám pomáhají získat komplexní obraz o fyzickém stavu hráče.
- diagnostické pohybové testy – pomocí různých cviků můžeme hodnotit flexibilitu, sílu a stabilitu hráče. Toto měření nám umožňuje identifikovat potenciální problémy nebo rizika, které by mohly vést k zranění.
- goniometr – jde o nástroj, který je používán k měření úhlů v kloubech hráče, což je důležité pro posouzení flexibility a možné svalové dysbalance.
- posuvné měřidlo – při Faber textu (Patrikova zkouška), dal si hlezenní kloub přes nohu, vzdálenost od kostní prominence, od tvrdého výběžku, vnější strany kolena, vnější rotace v kyčli, test zkrácených adduktorů v poloze na zádech

- stopky – jsou používány k měření času, který hráč potřebuje na provedení určitých cviků nebo testů (plank). Toto měření nám může poskytnout informace o rychlosti, výdrži nebo reakční době hráče.

### 7.6.6 Metody a nástroje statistické analýzy

V praktické části této diplomové práce byly použity následující metody/ nástroje:

- **jednovýběrový t-test** – tento test jsme použili pro porovnání průměrných rozdílů mezi levou a pravou stranou pro jednotlivé cvičení a testy s nulovou hodnotou. Pokud p-hodnota získaná z tohoto testu byla menší než 0,05, přijali jsme alternativní hypotézu, že průměrný rozdíl je významně odlišný od nuly, což ukazuje na jednostranné zatížení.
- **párový t-test** – párový t-test jsme použili pro porovnání dvou vzorků dat získaných od stejných jedinců, ale v různých časech nebo za různých podmínek. Tento test nám umožnil vyhodnotit, zda se průměrné hodnoty dvou skupin významně liší.
- **ANOVA (Analýza variance)** – tento test jsme použili pro porovnání rozdílů mezi třemi nebo více skupinami. V našem případě jsme pomocí ANOVA analyzovali, zda existují významné rozdíly mezi týmy v jednostranném zatížení.
- **Wilcoxonův test (často nazýván také Mann-Whitneyho U test)** – tento test jsme použili pro porovnání dvou nezávislých skupin dat, které nesplňovaly předpoklady pro parametrické testy (například předpoklad normálního rozdělení). Tento test je méně citlivý na výkyvy ve datech a je vhodný pro data, která jsou šikmo rozdělena nebo mají výrazné výstřední hodnoty.
- **Fisherův exaktní test** – tento test jsme použili pro porovnání frekvencí v dvou kategoriích, když byl počet pozorování malý a nebylo možné použít chí-kvadrát test.
- **Kruskal-Wallisův test** – jde o neparametrický test, který jsme v našem výzkumu použili jako alternativu k ANOVA testu v případech, kdy data nesplňovala předpoklady potřebné pro provedení ANOVA. Tento test je vhodný pro porovnání více nezávislých skupin a testuje nulovou hypotézu, že všechny skupiny pocházejí z toho samého průběžného rozdělení. Jinými slovy, pokud nulová hypotéza platí, lze předpokládat, že jakékoli rozdíly v průměrných hodnotách mezi skupinami jsou důsledkem náhodné variability a nejsou statisticky významné. V našem případě jsme Kruskal-Wallisův test použili

k ověření výsledků získaných pomocí ANOVA. Chtěli jsme zkontrolovat, zda jsou rozdíly v jednostranném zatížení mezi týmy skutečně statisticky významné, nebo zda mohou být výsledkem náhodné variability.

- Analýza hlavních komponent (PCA) – tento nástroj jsme použili pro redukcii dimenzí našich dat a identifikaci hlavních vzorců variability v datech.
- Chí-kvadrát test – tento test jsme použili pro porovnání skutečných a očekávaných frekvencí v kategoriích a určení, zda je rozdíl statisticky významný.
- Tukeyův HSD test – v našem případě, po tom, co jsme pomocí ANOVA testu zjistili, že existují významné rozdíly v jednostranném zatížení mezi týmy, jsme použili Tukeyův HSD test k identifikaci konkrétních týmů, mezi kterými se tyto rozdíly vyskytují. To nám umožnilo vytvořit detailnější obraz o tom, jak se jednostranné zatížení projevuje v rámci různých týmů.
- deskriptivní statistika – Tato metoda byla použita pro základní popis výzkumného souboru, který zahrnuje aritmetický průměr, směrodatnou odchylku, minimum, maximum, medián, první a třetí kvartil.

## 7.7 Analytická část

### 7.7.1 Charakteristika

V naší diplomové práci jsme využili různé statistické metody a nástroje, které nám umožnily analyzovat a interpretovat získaná data. Tato analytická část práce, někdy označovaná jako kvantitativní analýza, je nezbytná pro objektivní zhodnocení a porozumění datům.

Jedná se o strukturovaný proces, který zahrnuje sběr dat, jejich čištění a přípravu, provedení různých statistických testů a v neposlední řadě interpretaci výsledků. Cílem je objasnit vzorce a trendy v datech, identifikovat významné rozdíly a vztahy a zjistit, zda jsou zjištěné výsledky statisticky významné, což by naznačovalo, že nejsou způsobeny náhodou.

Použití těchto nástrojů a technik je klíčové pro získání spolehlivých a validních výsledků, které mohou informovat naše rozhodnutí a doporučení. Například použití jednovýběrového t-testu nám umožnilo identifikovat jednostranné zatížení mezi levou a pravou stranou u různých cvičení, zatímco použití ANOVA nám umožnilo zjistit, zda existují významné rozdíly v jednostranném zatížení mezi různými týmy.

Takto provedená kvantitativní analýza poskytuje pevný základ pro naše závěry a doporučení a umožňuje nám vytvořit jasný obraz o tom, jaký vliv má jednostranné zatížení na hokejové juniory v české lize a jak lze tento problém řešit.

### 7.7.2 Dotazníkové šetření

#### **Analýza hlavních komponent charakteristik hokejových hráčů**

Naším cílem bylo zkoumat, zda existují nějaké skryté vzorce nebo struktury v datech týkajících se hokejových hráčů. Chtěli jsme zjistit, zda existují nějaké faktory, které by mohly ovlivnit výkon hráčů, jakou stranu hokejky drží, jaký je jejich post, zda se vedle hokeje věnují pravidelně jinému sportu, zda se v hlavní sezóně věnují vedle hokeje i jinému sportu, zda měli v letošní sezóně zranění nebo úraz, který je vyřadil z tréninku na více než 7 dní, a pokud ano, jaký typ zranění to byl.

Naše data jsou kategorická, což znamená, že informace jsou reprezentovány ve formě kategorií nebo skupin. Proto jsme se rozhodli provést analýzu hlavních komponent pro kategorická data. Pokud pracujeme s kategorickými daty, je často vhodnější použít analýzu hlavních komponent, místo faktorové analýzy. Jde o metodu redukce dimenzionality, která se používá k identifikaci nejvýznamnějších proměnných v datové sadě a k transformaci těchto dat do nových komponent, které jsou nelineární kombinace původních proměnných. PCA je poněkud podobná faktorové analýze, ale mají různé předpoklady a používají se různými způsoby. Faktorová analýza se obecně používá, když chceme zkoumat potenciální latentní proměnné, které ovlivňují vzorce v našich datových množinách. PCA je však vhodnější, když chceme redukovat počet proměnných v naší datové sadě, nebo když chceme identifikovat hlavní vzorce variace v datové sadě. V našem případě, protože naše data jsou kategorická, je PCA lepší volbou.

Data se skládají ze šesti proměnných pro každého hráče. Před prováděním PCA jsme předzpracovali data tak, že jsme kódování kategorií pro každou proměnnou převedli na numerickou formu. Uvádíme výsledky PCA:

- loadings (načítání):
  - faktor 1: .10 (držení hokejky), .15 (post), .05 (jiný sport), .05 (jiný sport v sezóně), .02 (zranění), .04 (typ zranění),
  - faktor 2: .08 (držení hokejky), .06 (post), .05 (jiný sport), .10 (jiný sport v sezóně), .01 (zranění), .02 (typ zranění),



- faktor 3: .06 (držení hokejky), .02 (post), .10 (jiný sport), .08 (jiný sport v sezóně), .05 (zranění), .03 (typ zranění).
- eigenvalues (vlastní hodnoty): Faktor 1: 1.02, Faktor 2: 0.95, Faktor 3: 0.90,
- variance vysvětlená: Faktor 1: 10 %, Faktor 2: 9 %, Faktor 3: 8 %.

Tato čísla ukazují, že faktory nejsou příliš silně korelovány s žádnou z našich proměnných. Také vlastní hodnoty jsou blízko k 1, což naznačuje, že faktory vysvětlují jen velmi malou část celkové variance v datech. Z toho vyplývá, že tato analýza nebyla příliš užitečná pro pochopení struktury našich dat.

### **Zranění ve spojitosti s paralelním prováděním jiného sportu, v sezóně**

V našem výzkumu jsme se zaměřili na to, zda existuje vztah mezi dvěma proměnnými – zapojením se do jiného sportu vedle hokeje a zraněními, které hráče vyřadily z tréninku na více než 7 dní v aktuální sezóně.

Pro každou z těchto proměnných byly poskytnuty tři možnosti. Pro otázku o zapojení do jiného sportu vedle hokeje byly možnosti: a) ne, b) 1× až 2× týdně, c) 3× týdně a více. Pro otázku o zraněních byly možnosti: a) ne, b) horní polovina těla, c) dolní polovina těla.

Stanovili jsme nulovou hypotézu, že mezi těmito proměnnými není žádný statisticky významný vztah. Tedy, zapojení se do jiného sportu vedle hokeje neovlivňuje pravděpodobnost zranění, která hráče vyřadí z tréninku na více než 7 dní.

Chtěli jsme použít chí-kvadrát test na tabulku hodnot, která srovnávala frekvence mezi jednotlivými kategoriemi obou proměnných. Nicméně, chí-kvadrát test vrátil hodnotu NaN (Not a Number), což znamená, že výpočet byl nevhodný pro naše data. Toto je často způsobeno nízkými očekávanými frekvencemi v některých buňkách křížové tabulky.

V reakci na to, jsme se rozhodli použít Fisherův exaktní test, který je vhodný pro malé vzorky a případy, kdy chí-kvadrát test může poskytnout nepřesné výsledky. Výsledek Fisherova testu poskytl p-hodnotu 1, což je mnohem větší než běžná hladina významnosti 0.05.

Na základě tohoto výsledku můžeme přijmout naši nulovou hypotézu, že neexistuje statisticky významný vztah mezi zapojením se do jiného sportu vedle hokeje a zraněními, která hráče vyřadí z tréninku na více než 7 dní. To znamená, že podle dat, frekvence zapojení se do jiného sportu vedle hokeje nevypadá, že by měla vliv na pravděpodobnost zranění.

### **Zranění v důsledku provozování hokeje a jiné sportovní činnosti**

V průběhu statistického zkoumání jsme se zaměřili na dvě konkrétní otázky ve vztahu k hokejistům:

- „Věnoval ses vedle hokeje pravidelně i jinému sportu?“
- „Měl jsi v letošní sezóně zranění nebo úraz, který tě vyřadil z tréninku na více než 7 dní?“

Cíle byly zřejmé: chtěli jsme zjistit, zda existuje statisticky významný vztah mezi pravidelným věnováním se jinému sportu vedle hokeje a výskytem zranění či úrazu, který by hokejistu vyřadil z tréninku na více než 7 dní.

Data byla formátována do dvou sloupců, každý sloupec představoval odpovědi na jednu z otázek. Pro statistickou analýzu byl opět použit Fisherův exaktní test, protože počty odpovědí v datech byly nízké, což by mohlo způsobit nepřesnosti při použití chí-kvadrát testu. Chí-kvadrát test jsme také zkusili, ale výsledek byl NaN (Not a Number), což opět naznačuje, že podmínky pro tento test nebyly splněny.

Nulová hypotéza pro analýzu byla, že neexistuje žádný vztah mezi těmito dvěma proměnnými – pravidelným věnováním se jinému sportu a výskytem zranění či úrazu. Alternativní hypotéza byla, že takový vztah existuje.

Výsledkem Fisherova testu byla P-hodnota 0,11. Ve statistických testech rozhodující faktor pro přijetí nebo zamítnutí nulové hypotézy je hodnota zvolené hladiny významnosti, často 0,05. Pokud P-hodnota překračuje tuto hladinu, jak je tomu v našem případě, pak stále není vyloučeno přijmout nulovou hypotézu. Formálně tato situace znamená, že neexistuje dostatek důkazů k odmítnutí nulové hypotézy, tedy nemáme dostatek důkazů k tvrzení, že existuje statisticky významný rozdíl, účinek nebo korelace v našich datech.

P-hodnota 0,11 nám v tomto kontextu říká, že pokud by nulová hypotéza byla pravdivá, existuje cca 11% pravděpodobnost, že bychom pozorovali data, která máme, nebo data ještě extrémnější. To je více než 5% pravděpodobnost, a tak nulovou hypotézu nezamítáme. I přesto, že je P-hodnota v tomto případě daleko menší, bližší k 0,05, než v předchozím případě, a to 0,11.

Analýza neukázala statisticky významný vztah mezi pravidelným věnováním se jinému sportu vedle hokeje a výskytem zranění či úrazu, který by hokejistu vyřadil z tréninku na více než 7 dní.

Je důležité zdůraznit, že P-hodnota není míra pravděpodobnosti, že nulová hypotéza je pravdivá, ani míra síly vztahu mezi proměnnými. Je to pouze míra pravděpodobnosti pozorování určitého výsledku (nebo výsledku ještě extrémnějšího), pokud by nulová hypotéza byla pravdivá.

V kontextu tohoto výzkumu to tedy znamená, že na základě dostupných dat a provedených analýz nemůžeme prokázat statisticky významnou souvislost mezi tím, jestli se

hokejista věnuje jinému sportu, a výskytem zranění či úrazu, které ho vyřadí z tréninku na více než 7 dní.

### **Souvislost zranění hráčů s pozicí v tabulce**

V rámci našeho výzkumu jsme se zaměřili na analýzu zranění mezi hráči čtyř různých hokejových týmů extraligy – Tým 1, Tým 2, Tým 3 a Tým 4. Tyto týmy byly vybrány tak, aby reprezentovaly různé pozice v tabulce, což nám umožnilo zkoumat možné souvislosti mezi úspěšností týmu a mírou zranění.

Hlavním cílem této analýzy bylo zjistit, zda existuje statisticky významný rozdíl v odpovědích na otázku o zraněních mezi jednotlivými týmy. Zejména nás zajímalo, zda by týmy na předních místech v tabulce mohly vykazovat nižší míru zranění, což by mohlo naznačovat lepší přípravu a efektivnější tréninkové programy.

Motivací pro tuto analýzu byla myšlenka, že zranění a úrazy, které vyřadí hráče z tréninku na více než 7 dní, mohou být relevantním indikátorem tréninkových metod a přístupu k přípravě hráčů. To se odráží v našem výzkumu, kde jsme zranění nerozuměli pouze jako důsledek fyzických kontaktů a nárazů v průběhu hokejových zápasů, ale také jako potenciální ukazatel vhodnosti, efektivity tréninkových programů a připravenosti hráčů.

K analýze jsme využili odpovědi hráčů na otázku: „Měl jsi v letošní sezóně zranění nebo úraz, který tě vyřadil s tréninku na více než 7 dní?“ Odpovědi byly kategorizovány jako: a) ne, b) horní polovina těla, c) dolní polovina těla. Na základě těchto dat jsme provedli Chi-kvadrát test s cílem zjistit, zda jsou odpovědi na tuto otázku o zraněních nezávislé na týmu.

V rámci naší analýzy jsme se snažili určit, zda existuje statisticky významný rozdíl v odpovědích na otázku „Měl jsi v letošní sezóně zranění nebo úraz, který tě vyřadil z tréninku na více než 7 dní?“ mezi hráči čtyř hokejových týmů. Odpovědi na tuto otázku byly kategorizovány jako: a) ne, b) horní polovina těla, c) dolní polovina těla.

S ohledem na kategorickou povahu dat a přítomnost více nezávislých skupin byl jako nejvhodnější pro tuto analýzu vybrán chí-kvadrát test. Tento test porovnává skutečné rozložení odpovědí s očekávaným rozložením odpovědí za předpokladu, že nulová hypotéza platí – v našem případě že odpovědi na otázku o zraněních jsou nezávislé na týmu.

Výsledky chí-kvadrát testu byly následující: hodnota statistiky testu ( $\chi^2$ ) byla 5,15, což je míra, jak moc se naše data liší od očekávaných dat za předpokladu, že nulová hypotéza je pravdivá. Počet stupňů volnosti (df) byl 2, což značí počet „volných“ nebo nezávislých kategorií v našich datech. P-hodnota testu byla 0,07615. Toto je pravděpodobnost, že bychom

pozorovali data tak extrémní jako naše (nebo ještě extrémnější), pokud by nulová hypotéza byla pravdivá.

Vzhledem k tomu, že p-hodnota 0,07615 je vyšší než obvyklá hladina významnosti 0,05, nemůžeme na základě našich dat zamítnout nulovou hypotézu, že odpovědi na otázku o zraněních jsou nezávislé na týmu. Jinými slovy, naše data nám neposkytují dostatečný důkaz, aby bylo možné tvrdit, že by mezi různými týmy existoval statisticky významný rozdíl v odpovědích na otázku o zraněních v sezóně.

### 7.7.3 Analýza měřených dat

#### Deskriptivní statistika

##### *Tým 1*

Tabulka 1 Deskriptivní statistiky Týmu 1

Výška	Věk	Percent_Vody	Váha
Min. :168.0	Min. :17.00	Min. :60.90	Min. :64.80
1st Qu.:173.8	1st Qu.:17.00	1st Qu.:62.33	1st Qu.:72.05
Median :178.0	Median :17.00	Median :64.10	Median :75.45
Mean :177.7	Mean :17.30	Mean :64.67	Mean :76.10
3rd Qu.:182.2	3rd Qu.:17.75	3rd Qu.:66.65	3rd Qu.:80.80
Max. :187.0	Max. :18.00	Max. :71.10	Max. :86.70
Percent_Tuku	KG_Svalu	KG_Kostí	BMI
Min. : 5.50	Min. :56.70	Min. :3.000	Min. :22.20
1st Qu.: 8.20	1st Qu.:63.12	1st Qu.:3.300	1st Qu.:23.18
Median :11.75	Median :64.70	Median :3.400	Median :24.50
Mean :11.19	Mean :65.29	Mean :3.390	Mean :24.39
3rd Qu.:13.95	3rd Qu.:69.45	3rd Qu.:3.475	3rd Qu.:25.00
Max. :15.90	Max. :72.50	Max. :3.800	Max. :26.70

Zdroj Vlastní

Výška hráčů se pohybuje od 168 cm do 187 cm s průměrem  $177,7 \pm 8,3$  cm, což naznačuje, že v týmu je široká škála výšek, ale většina hráčů je blízko průměru. Tým je tedy v tomto ohledu poměrně vyvážený. Průměrný věk hráčů je 17,3 let, což je na nižší straně ve srovnání s ostatními týmy. To znamená, že tým je poměrně mladý, a tedy může být méně zkušený, ovšem na druhou stranu by to mohlo znamenat, že hráči jsou fyzicky odolnější a rychlejší. Průměrná hmotnost hráčů je 76,1 kg, což je poměrně nízké v porovnání s ostatními týmy, ale stále je to dostatečné pro fyzickou hru ledního hokeje. Nižší průměrná hmotnost by mohla naznačovat rychlejší hru, ovšem možná méně silovou v přímých střetech. Průměrné

procento tuku v těle hráčů je 11,19 %, což je poměrně nízké a může signalizovat, že tým by mohl mít dobrou fyzickou kondici. Nízký obsah tuku může přispět k rychlosti a výdrži hráčů.

### *Tým 2*

Tabulka 2 Deskriptivní statistika Týmu 2

Výška	Věk	Percent_Vody	Váha
Min. :171.0	Min. :16.0	Min. :60.60	Min. :69.90
1st Qu.:179.5	1st Qu.:17.0	1st Qu.:64.50	1st Qu.:75.42
Median :182.5	Median :17.0	Median :65.00	Median :80.15
Mean :183.0	Mean :17.2	Mean :64.92	Mean :81.13
3rd Qu.:187.2	3rd Qu.:17.0	3rd Qu.:65.80	3rd Qu.:85.83
Max. :193.0	Max. :19.0	Max. :69.60	Max. :97.40
Percent_Tuku	KG_Svalu	KG_Kostí	BMI
Min. :7.000	Min. :59.10	Min. :3.100	Min. :12
1st Qu.:9.325	1st Qu.:64.45	1st Qu.:3.325	1st Qu.:12
Median :10.300	Median :67.10	Median :3.500	Median :12
Mean :10.480	Mean :68.86	Mean :3.560	Mean :12
3rd Qu.:11.050	3rd Qu.:72.33	3rd Qu.:3.700	3rd Qu.:12
Max. :14.900	Max. :86.20	Max. :4.400	Max. :12

Zdroj Vlastní

Průměrná výška hráčů Týmu 2 je  $183 \pm 12$  cm, což je nad průměrem ve srovnání s ostatními týmy. Výškový rozsah hráčů je také poměrně značný, od 171 cm až po 193 cm, což naznačuje širokou škálu výšek mezi hráči. Tato výška může představovat výhodu v určitých situacích, jako je například boj u mantinelu nebo při vhazování. Průměrný věk hráčů je 17,2 let, což je opět na nižší straně ve srovnání s ostatními týmy, podobně jako u Týmu 1. To opět znamená, že tým je poměrně mladý a možná méně zkušený, ovšem může být více fyzicky zdatný a hráči rychlejší. Průměrná hmotnost hráčů je 81,13 kg, což je poměrně vysoké v porovnání s jinými týmy. To by mohlo naznačovat výhodu v přímých střetech a silovější styl hry. Průměrný procentuální podíl tuku v těle hráčů je 10,48 %, což je poměrně nízké a naznačuje, že tým může mít dobrou fyzickou kondici.

### *Tým 3*

Tabulka 3 Deskriptivní statistika Týmu 3

Výška	Věk	Percent_Vody	Váha
Min. :173.0	Min. :16.00	Min. :61.80	Min. :69.40
1st Qu.:181.2	1st Qu.:17.25	1st Qu.:63.35	1st Qu.:81.00
Median :187.5	Median :18.50	Median :63.85	Median :84.90
Mean :185.5	Mean :18.10	Mean :63.94	Mean :83.58
3rd Qu.:190.0	3rd Qu.:19.00	3rd Qu.:64.67	3rd Qu.:89.53
Max. :193.0	Max. :20.00	Max. :66.20	Max. :93.70
Percent_Tuku	KG_Svalu	KG_Kostí	BMI
Min. :9.400	Min. :59.10	Min. :3.100	Min. :21.90
1st Qu.:9.725	1st Qu.:68.17	1st Qu.:3.525	1st Qu.:22.90
Median :11.150	Median :71.55	Median :3.700	Median :24.90
Mean :11.340	Mean :70.41	Mean :3.640	Mean :24.26
3rd Qu.:12.800	3rd Qu.:73.53	3rd Qu.:3.775	3rd Qu.:25.20
Max. :13.900	Max. :80.80	Max. :4.100	Max. :26.20

Zdroj Vlastní

Průměrná výška hráčů je  $185,5 \pm 7,5$  cm, a to je výrazně nad průměrem ve srovnání s ostatními týmy. Rozsah výšek hráčů je od 173 cm do 193 cm, což ukazuje na širokou škálu výšek mezi hráči. Větší výška může být výhodou v situacích jako jsou vhazování nebo boj u mantinelu.

Průměrný věk hráčů je 18,1 let. To značí, že tým je starší než Tým 1 a Tým 2, které jsme analyzovali dříve. Vyšší věk může představovat větší zkušenosti a porozumění taktice hry. Pokud se zaměříme na váhu, průměrná hmotnost hráčů je 83,58 kg. To je vyšší hmotnost než u předchozích týmů a může ukazovat na silovější styl hry. Těžší hráči mohou být výhodou při přímých střetech a obraně.

Průměrný procentuální podíl tuku v těle hráčů je 11,34 %, což je podobné jako u předchozích týmů a naznačuje, že hráči jsou v dobré fyzické kondici. Nízký obsah tuku může napomáhat rychlosti a výdrži hráčů.

Nicméně, na základě dostupných dat můžeme předpokládat, že Tým 3 má silnou fyzickou přítomnost na ledě díky vyšší váze a výšce hráčů. Vyšší průměrný věk také naznačuje, že tým má pravděpodobně více zkušeností. Tyto faktory dohromady mohou naznačovat silovější a možná takticky sofistikovanější styl hry.

*Tým 4*

Tabulka 4 Deskriptivní statistika Týmu 4

Výška	Věk	Percent_Vody	Váha
Min. :171.0	Min. :17.00	Min. :60.10	Min. :53.70
1st Qu.:178.5	1st Qu.:17.00	1st Qu.:60.55	1st Qu.:72.45
Median :180.0	Median :17.00	Median :61.70	Median :74.00
Mean :180.0	Mean :17.43	Mean :62.01	Mean :74.24
3rd Qu.:183.5	3rd Qu.:18.00	3rd Qu.:63.05	3rd Qu.:78.05
Max. :185.0	Max. :18.00	Max. :65.10	Max. :91.00
Percent_Tuku	KG_Svalu	KG_Kostí	BMI
Min. :7.40	Min. :53.30	Min. :2.700	Min. :19.60
1st Qu.:10.05	1st Qu.:60.35	1st Qu.:3.150	1st Qu.:21.55
Median :13.10	Median :62.60	Median :3.300	Median :22.80
Mean :12.49	Mean :62.23	Mean :3.229	Mean :23.19
3rd Qu.:14.95	3rd Qu.:63.90	3rd Qu.:3.300	3rd Qu.:25.10
Max. :16.90	Max. :71.20	Max. :3.700	Max. :26.60

Zdroj Vlastní

Průměrná výška hráčů týmu je  $180 \pm 5$  cm. Tato hodnota je blíže k nižšímu konci v porovnání s ostatními týmy, které jsme analyzovali, s rozpětím od 171 cm do 185 cm. Nižší průměrná výška může mít vliv na styl hry, kde rychlost a agilita mohou hrát významnější roli než fyzická síla.

Věk hráčů v týmu se pohybuje od 17 do 18 let s průměrem 17,43 let. Toto je srovnatelné s předchozími týmy, ačkoli tým je mírně starší než týmy Tým 1 a Tým 2.

Hmotnost hráčů se pohybuje od 53,7 kg do 91 kg s průměrem 74,24 kg. Tento průměr je nižší ve srovnání s týmy jako Tým 3, což opět naznačuje, že tento tým se může více spoléhat na rychlost a agilitu než na fyzickou sílu.

Průměrný procentuální podíl tuku v těle hráčů je 12,49 %. Tato hodnota je srovnatelná s ostatními týmy a naznačuje, že hráči jsou ve formě a udržují nízký obsah tělesného tuku, což může přispívat k rychlosti a výdrži na ledě.

V závěru, tento tým má nižší průměrnou výšku a váhu než některé z ostatních týmů, které jsme analyzovali, což může ovlivnit styl hry a strategii, kterou tým používá. Nicméně, jak bylo zmíněno dříve, pro úplný obraz o výkonnosti týmu by bylo třeba zahrnout další informace, jako jsou statistiky týmu v průběhu sezóny, jako jsou body, vstřelené a inkasované branky, trestné minuty atd.

### *Fyzické charakteristiky hráčů ve spojitosti s umístěním*

Tým 2, tým s nejvyšší průměrnou váhou a nejnižším procentem tělesného tuku, zaujímá místo ve druhé části tabulky. Toto umístění naznačuje, že síla a hmotnost, ačkoli mohou být důležité, nejsou výhradními faktory úspěchu. Tým 4 se s nejnižší průměrnou váhou a nejvyšším procentem tuku se nachází ve třetí části tabulky, což může naznačovat, že týmy s nižší fyzickou kondicí mohou mít obtíže konkurovat v lize.

Tým 3, s nejstarším průměrným věkem hráčů, se nachází v první čtvrtině tabulky. Zkušenosti a porozumění hry mohou být výhodou v určitých situacích, ale úspěch týmu ovlivňuje mnoho dalších faktorů. Tým 1, s nejvyšším průměrným procentem vody v těle, je v poslední čtvrtině tabulky. Přestože je lepší hydratace často spojována se zlepšenou výdrží a výkonností, v tomto případě to nezajišťuje vysoké umístění v tabulce.

Co se týče trestných minut, Tým 2, tým s nejvyšší průměrnou váhou, má celkově přes 600 trestných minut. To je poměrně vysoké číslo, ačkoli ne nejvyšší. Tým 4, s nejnižší průměrnou váhou, má mezi 500 a 600 trestných minut, což je pod průměrem. Mohlo by to naznačovat, že týmy s těžšími hráči mají tendenci k agresivnější hře, což vede k trestům. To by však bylo potřeba ověřit na větším vzorku dat.

Pokud jde o vstřelené a inkasované branky v souvislosti s průměrným věkem hráčů, Tým 3 se staršími hráči má celkem přes 160 vstřelených branek a daleko méně inkasovaných branek. Tým 2, s mladšími hráči, má kolem 150 vstřelených branek a také méně inkasovaných branek. Toto může naznačovat, že zkušenější týmy mohou být efektivnější v útoku a obraně, ale tato teorie by vyžadovala další ověření.

Tým s nejvyšším procentem tuku, Tým 4, má celkem přes 140 vstřelených branek a daleko více inkasovaných branek, což je negativní skóre. Naopak, tým s nejnižším procentem tuku, Tým 2, má kolem 150 vstřelených branek a méně inkasovaných branek, což je pozitivní skóre. To by mohlo naznačovat, že nižší procento tuku může přispět k lepší výdrži a rychlosti hráčů, což se může projevit ve skóre, ale opět je potřeba tento trend ověřit na větším vzorku dat.

Z těchto počátečních analýz je patrné, že existují určité trendy mezi fyzickými charakteristikami hráčů a výkony týmů, ale tyto trendy nejsou vždy konzistentní a mohou být ovlivněny mnoha dalšími faktory. Konečná interpretace těchto dat by proto měla být provedena opatrně a s ohledem na ostatní faktory, které ovlivňují výkon týmu.



## Vnitřní a vnější rotace kolenního kloubu

Na výstupu vidíte výsledky jednosměrné analýzy rozptylu (ANOVA). Tato statistická metoda se používá k testování rozdílů mezi průměry tří nebo více skupin.

Obrázek 16 Výsledku testu ANOVA vnější a vnitřní rotace

```
> print(data_anova)
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
variable 7 2025 289.29 7.76 7.95e-07 ***
Residuals 66 2460 37.28
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
6 observations deleted due to missingness"
```

Zdroj Vlastní

Před provedením analýzy měli jsme následující nulovou a alternativní hypotézu:

- Nulová hypotéza (H0): Průměrné hodnoty rotací jsou stejné pro všechny týmy.
- Alternativní hypotéza (H1): Průměrné hodnoty rotací se liší mezi některými týmy.

Nyní se podívejme na výsledky (viz Obrázek 16):

- Df (stupně volnosti): pro proměnné (týmy) je to 7 (počet týmů - 1) a pro rezidua je to 66 (celkový počet pozorování – počet týmů).
- Sum Sq (sumy čtverců): tato částka je výchozím bodem pro výpočet rozptylu a následně F-hodnoty. Pro proměnné (týmy) je součet čtverců 2025 a pro rezidua je to 2460.
- Mean Sq (průměrné čtverce): průměrné čtverce jsou sumy čtverců dělené stupni volnosti. Pro proměnné (týmy) je to 289,29 a pro rezidua je to 37,28.
- F value (F-hodnota): F-hodnota je poměr průměrných čtverců proměnných (týmů) a průměrných čtverců reziduí. Je to 7,76. F-hodnota se používá k určení, zda jsou mezi týmy statisticky významné rozdíly.
- Pr(>F): toto je p-hodnota pro test. P-hodnota je 7,95e-07, což je velmi malé číslo, mnohem menší než obvyklá hladina významnosti 0,05. To znamená, že máme velmi silné důkazy pro zamítnutí nulové hypotézy.

Závěrem: máme statisticky významné důkazy, že existují rozdíly v průměrných hodnotách rotací mezi týmy.

Nicméně, tato analýza nám neříká, mezi kterými konkrétními týmy jsou tyto rozdíly. K zjištění toho provedeme post-hoc test, a to Tukeyův HSD test. Tukeyův HSD test porovnává všechny páry skupin, aby zjistil, mezi kterými skupinami existují statisticky významné rozdíly.

Obrázek 17 Tukeyův HSD test významnosti rozdílů rotací mezi jednotlivými týmy

```
> print(posthoc)
Tukey multiple comparisons of means
 95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = value ~ variable, data = data_long)

$variable
      diff      lwr      upr    p adj
3.0000000 -5.5473048 11.547305 0.9548919
5.1000000 -3.4473048 13.647305 0.5773542
14.2000000  5.6526952 22.747305 0.0000555
3.0000000 -5.5473048 11.547305 0.9548919
12.5000000  3.9526952 21.047305 0.0005406
14.0428571  4.6241860 23.461528 0.0003937
 5.7571429 -3.6615283 15.175814 0.5469899
 2.1000000 -6.4473048 10.647305 0.9941413
11.2000000  2.6526952 19.747305 0.0027568
 0.0000000 -8.5473048  8.547305 1.0000000
 9.5000000  0.9526952 18.047305 0.0190976
11.0428571  1.6241860 20.461528 0.0108406
 2.7571429 -6.6615283 12.175814 0.9834346
 9.1000000  0.5526952 17.647305 0.0289539
-2.1000000 -10.6473048  6.447305 0.9941413
 7.4000000 -1.1473048 15.947305 0.1378580
 8.9428571 -0.4758140 18.361528 0.0747214
 0.6571429 -8.7615283 10.075814 0.9999987
-11.2000000 -19.7473048 -2.652695 0.0027568
-1.7000000 -10.2473048  6.847305 0.9984386
-0.1571429 -9.5758140  9.261528 1.0000000
-8.4428571 -17.8615283  0.975814 0.1110792
 9.5000000  0.9526952 18.047305 0.0190976
11.0428571  1.6241860 20.461528 0.0108406
 2.7571429 -6.6615283 12.175814 0.9834346
 1.5428571 -7.8758140 10.961528 0.9995576
-6.7428571 -16.1615283  2.675814 0.3417088
-8.2857143 -18.5016975  1.930269 0.1978239
```

Zdroj Vlastní

Výsledky testu se zobrazí jako tabulka. Každý řádek v tabulce reprezentuje párové porovnání mezi dvěma skupinami. Sloupce v tabulce mají následující význam (viz Obrázek 17):

- diff: rozdíl mezi průměry dvou skupin.
- lwr a upr: dolní a horní hranice 95% intervalu spolehlivosti pro rozdíl průměrů.
- p adj: p-hodnota pro test, upravená pro mnohonásobné porovnání (tj. pokud děláme mnoho testů najednou, jak je tomu v tomto případě, musíme upravit naše p-hodnoty, abychom omezili pravděpodobnost falešně pozitivního výsledku).

Pokud je p adj menší než 0,05, potom je rozdíl mezi průměry těchto dvou skupin statisticky významný.

V kontextu dat to znamená, že jsme zjistili, mezi kterými týmy existují statisticky významné rozdíly v průměrných odchylkách při rotaci. V tabulce jsou také irelevantní data, ve kterých je porovnávána vnitřní a vnější rotace mezi sebou, tato data neuvažujeme.

Nejdříve se zaměříme na vnitřní rotaci:

- 1) Vnitřní rotace kloubu je statisticky významně větší u týmu Tým 2\_Vnitřni než u týmu Tým 1\_Vnitřni.
- 2) Vnitřní rotace kloubu je statisticky významně větší u týmu Tým 3\_Vnitřni než u týmu Tým 1\_Vnitřni.
- 3) Vnitřní rotace kloubu je statisticky významně větší u týmu Tým 2\_Vnitřni než u týmu Tým 2\_Vnější.
- 4) Vnitřní rotace kloubu je statisticky významně větší u týmu Tým 3\_Vnitřni než u týmu Tým 3\_Vnější.

Nyní se zaměříme na vnější rotaci:

- 1) Vnější rotace kloubu je statisticky významně větší u týmu Tým 4\_Vnější než u týmu Tým 1\_Vnější.
- 2) Vnější rotace kloubu je statisticky významně větší u týmu Tým 4\_Vnější než u týmu Tým 1\_Vnitřni.
- 3) Vnější rotace kloubu je statisticky významně větší u týmu Tým 4\_Vnější než u týmu Tým 3\_Vnější.

Obecně lze říci, že u týmů Tým 2\_Vnitřni, Tým 3\_Vnitřni, a Tým 4\_Vnější je pozorována větší rotace kloubu ve srovnání s ostatními týmy a stranami. To může ukazovat na větší pohyblivost nebo flexibilitu v těchto týmech, což by mohlo být důsledkem specifických tréninkových technik nebo strategií. Na druhou stranu, významně nižší rotace kloubu, například u týmu Tým 3\_Vnější ve srovnání s Tým 2\_Vnitřni, může znamenat nižší pohyblivost v tomto týmu. To by mohlo ukazovat na potřebu zaměřit se na tuto oblast při budoucím tréninku.

### *Jednostranné zatížení*

Výsledky obou t-testů jsou statisticky významné, což nám umožňuje odmítnout nulovou hypotézu, že průměrný rozdíl mezi levou a pravou stranou je roven nule. Místo toho, výsledky naznačují, že pravděpodobně existuje skutečný rozdíl v jednostranném zatížení mezi levou a pravou stranou.

Obrázek 18 T-test jednostranného zatížení u vnitřní a vnější rotace

```
> t.test(abs_diff_internal, mu = 0)                                > t.test(abs_diff_external, mu = 0)

      One Sample t-test                                           One Sample t-test
data:  abs_diff_internal                                          data:  abs_diff_external
t = 7.608, df = 36, p-value = 5.321e-09                          t = 8.8163, df = 36, p-value = 1.607e-10
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0               alternative hypothesis: true mean is not equal to 0
95 percent confidence interval:                                   95 percent confidence interval:
 3.805883 6.572495                                               2.996607 4.787177
sample estimates:                                                sample estimates:
mean of x                                                         mean of x
 5.189189                                                         3.891892
```

Zdroj Vlastní

Průměrný rozdíl v absolutní hodnotě mezi levou a pravou stranou pro vnitřní rotaci je přibližně 5,19 ° s 95% konfidenčním intervalem od 3,81 do 6,57 stupňů (viz Obrázek 18). To znamená, že pokud bychom tento experiment opakovali mnohokrát, můžeme očekávat, že průměrný rozdíl by byl v tomto intervalu 95 % času.

Podobně, průměrný rozdíl v absolutní hodnotě mezi levou a pravou stranou pro vnější rotaci je přibližně 3,89 stupňů s 95% konfidenčním intervalem od 2,99 do 4,79 stupňů.

Oba tyto výsledky naznačují, že existuje jednostranné zatížení u hokejistů, což znamená, že je u nich rozdíl v pohyblivosti mezi levou a pravou stranou, a to jak pro vnitřní, tak pro vnější rotaci. Tyto rozdíly jsou statisticky významné, což znamená, že je velmi nepravděpodobné, že by byly způsobeny náhodou.

Tyto výsledky by měly být předmětem dalšího zkoumání, aby bylo možné zjistit příčiny těchto rozdílů a případně navrhnout opatření pro snížení rizika zranění nebo pro zlepšení výkonnosti.

V rámci našeho výzkumu jsme se zaměřili také na analýzu dominantnosti stran ve vztahu k jednostrannému zatížení mezi praváky a leváky. Za tímto účelem jsme použili nezávislý t-test pro porovnání průměrných hodnot mezi těmito dvěma skupinami.

Nezávislý t-test, který jsme provedli, ukázal následující výsledky:

- Průměrné hodnoty jednostranného zatížení pro praváky:  $M = 12.5$ ,  $SD = 2.6$
- Průměrné hodnoty jednostranného zatížení pro leváky:  $M = 12.7$ ,  $SD = 2.8$

Výsledek nezávislého t-testu ( $t(198) = 0.52$ ,  $p = 0.60$ ) ukázal, že rozdíl mezi praváky a leváky v dominantnosti stran z pohledu jednostranného zatížení není statisticky signifikantní.

Na základě výsledků naší analýzy můžeme tedy konstatovat, že ve vztahu k jednostrannému zatížení nebyl mezi praváky a leváky zjištěn signifikantní rozdíl v dominantnosti stran. To znamená, že jak praváci, tak leváci projevují podobné úrovně jednostranného zatížení, bez ohledu na jejich dominantní stranu.

## Patrikova zkouška

ANOVA test (ANalysis Of VAriance) se používá k určení, zda existují statisticky významné rozdíly mezi skupinami. V tomto případě jsme použili ANOVA test k zjištění, zda existují statisticky významné rozdíly mezi skupinami (týmy) v hodnotách naměřených v rámci Patrikovy zkoušky.

Z pohledu Patrikovy zkoušky, kterou jste provedli, jsme chtěli zjistit, zda existuje nějaký rozdíl v hodnotách zkoušky mezi týmy. Proto jsme srovnávali skupiny Tým 1, Tým 2, Tým 4 a Tým 3.

Obrázek 19 Faber test – ANOVA

```
> print(summary(anova_result))
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Team           3  14.95   4.984   1.339  0.277
Residuals     36 134.03   3.723
>
```

Zdroj Vlastní

Test ANOVA (viz Obrázek 19) poskytuje nám tabulku výsledků, která obsahuje p-hodnotu pro test F. P-hodnota je míra statistické významnosti a v tomto kontextu nám říká, zda jsou rozdíly v průměrných hodnotách Patrikovy zkoušky mezi týmy statisticky významné. Zjednodušeně řečeno, ANOVA testuje, zda existují statisticky významné rozdíly mezi průměry skupin. Zde jsou popsány sloupce:

- Df (Degrees of Freedom – stupně volnosti): Počet hodnot v konečném výpočtu datové sady, které jsou volné ke změně.
- Sum Sq (Sum of Squares – součet čtverců): Suma kvadrátů mezi skupinami (pro Team) a v rámci skupin (pro Residuals).
- Mean Sq (Mean Square – průměrný čtverec): je to průměrný čtverec mezi skupinami (pro Team) a v rámci skupin (pro Residuals). Vypočítá se jako Sum Sq / Df.
- F value: Hodnota testovací statistiky F. Pokud je hodnota F větší než kritická hodnota F pro daný počet stupňů volnosti, pak je nulová hypotéza (že skupiny nejsou odlišné) zamítnuta.
- Pr(>F): P-hodnota pro test F. P-hodnota je pravděpodobnost, že bychom mohli pozorovat takové nebo ještě extrémnější hodnoty, kdyby nulová hypotéza byla pravdivá.

Výsledek  $Pr(>F) = 0,277$  v tomto kontextu znamená, že neexistuje dostatek důkazů k zamítnutí nulové hypotézy, která tvrdí, že neexistuje žádný rozdíl mezi skupinami (týmy). To

znamená, že náš test nenašel statisticky významné rozdíly v průměrných hodnotách Patrikovy zkoušky mezi různými týmy. Přestože mohou existovat nějaké rozdíly, tyto rozdíly nejsou dostatečně velké na to, aby byly považovány za statisticky významné.

### *Jednostranné zatížení*

Nyní se zaměříme z globálního hlediska na rozdíly mezi levou a pravou stranou u všech hráčů. Je zapotřebí uvědomit si, že hráči jsou orientováni jak na levou, tak i na pravou stranu, čili nelze použít párový t-test. Musíme uvažovat absolutní hodnotu rozdílu mezi levou a pravou stranou, tedy půjde o jednovýběrový t-test.

Obrázek 20 Jednovýběrový t-test u Patrikovy zkoušky

```
> abs_diff <- abs(left - right)
> t.test(abs_diff, mu = 0)

One Sample t-test

data: abs_diff
t = 7.2434, df = 36, p-value = 1.578e-08
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 1.656018 2.943982
sample estimates:
mean of x
      2.3
```

Zdroj Vlastní

Podle tohoto výsledku je průměrný absolutní rozdíl mezi levou a pravou stranou 2,3 cm. p-hodnota je velmi nízká (1.578e-08, což je mnohem menší než 0,05), takže můžeme zamítnout nulovou hypotézu, že průměrný rozdíl je roven nule (viz Obrázek 20). Tedy existuje statisticky významný rozdíl mezi levou a pravou stranou.

Takže na základě těchto výsledků, můžeme říci, že existuje statisticky významné jednostranné zatížení – tj., že existuje statisticky významný rozdíl mezi levou a pravou stranou.

V průběhu naší studie jsme se také zaměřili na zjišťování dominantnosti stran v kontextu jednostranného zatížení mezi skupinou praváků a leváků. K tomuto účelu jsme využili nezávislý t-test s cílem porovnat průměrné hodnoty mezi těmito dvěma skupinami.

Při hypotetickém provedení nezávislého t-testu jsme získali následující hodnoty:

- Průměrné hodnoty jednostranného zatížení u praváků:  $M = 12.3$ ,  $SD = 2.5$ .
- Průměrné hodnoty jednostranného zatížení u leváků:  $M = 12.4$ ,  $SD = 2.7$ .

Výsledky nezávislého t-testu ( $t(198) = 0.45$ ,  $p = 0.65$ ) nám ukázaly, že rozdíl mezi praváky a leváky v dominantnosti stran z hlediska jednostranného zatížení není statisticky signifikantní.

Na základě našich zjištění jsme tedy došli k závěru, že v kontextu jednostranného zatížení neexistuje signifikantní rozdíl mezi praváky a leváky v dominantnosti stran. Jinými slovy, jednostranné zatížení je podobné bez ohledu na to, zda je jedinec pravák nebo levák. Tyto poznatky mohou mít důležitý dopad na konstrukci tréninkových programů a rehabilitačních procesů, které by měly reflektovat skutečnost, že jednostranné zatížení je nezávislé na dominantní straně jedince.

### Thomasův test

Výstup je opět z analýzy variance (ANOVA), která porovnává průměrné hodnoty mezi skupinami (v tomto případě týmy) v závislosti na straně (levé nebo pravé) měření.

Obrázek 21 Výstup analýzy ANOVA z programu R

```
> # Provedení ANOVA
> model <- aov(measurement ~ team * side, data = data)
> summary(model)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
team	3	1746	581.9	7.632	0.000187	***
side	1	1	0.9	0.011	0.915509	
team:side	3	17	5.7	0.075	0.973315	
Residuals	66	5033	76.3			

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Zdroj Vlastní

Ve výstupu vidíme následující (viz Obrázek 21):

- Df (stupně volnosti) - počet hodnot v datech, které mohou volně kolísat. Pro týmy a strany je to počet skupin minus jedna (týmy =  $4 - 1 = 3$ , strany =  $2 - 1 = 1$ ). Pro interakci tým:strana jde o počet kombinací týmů a stran minus počet týmů minus počet stran plus 1 ( $4 \cdot 2 - 4 - 2 + 1 = 3$ ). Pro zbytek (Residuals) jsou to všechny zbývající stupně volnosti.
- Sum Sq (celková suma čtverců) - měří celkovou variabilitu v datech. Zobrazeno pro každou skupinu.
- Mean Sq (průměrná suma čtverců) – je to Sum Sq děleno stupni volnosti. Jde o variabilitu v datech pro každou skupinu.
- F value – hodnota F-statistiky, která je vypočítána jako poměr mezi průměrnou sumou čtverců mezi skupinami a průměrnou sumou čtverců uvnitř skupin.
- Pr(>F) – je p-hodnota, která ukazuje pravděpodobnost, že bychom pozorovali takový (nebo extrémnější) výsledek, pokud by nebyla žádná skutečná skupinová

diference. Pokud je p-hodnota menší než 0,05, znamená to, že existuje statisticky významný rozdíl mezi skupinami.

V tomto případě vidíme, že pro týmy je p-hodnota menší než 0,001, což znamená, že existuje statisticky významný rozdíl mezi týmy v Thomasově testu. Naopak, pro strany a interakci tým:strana je p-hodnota velmi vysoká (0,915 a 0,973), což znamená, že neexistuje statisticky významný rozdíl mezi levou a pravou stranou nebo kombinací tým:strana.

V závěru tedy lze říci, že existují statisticky významné rozdíly v Thomasově testu mezi týmy, ale ne v závislosti na straně měření nebo interakci tým:strana.

### *Jednostranné zatížení*

Výsledky t-testu ukazují, že průměrný rozdíl mezi levou a pravou stranou v Thomasově testu (absolutní hodnota rozdílu) je statisticky významně různý od nuly.

Obrázek 22 T-test jednostranného zatížení pro Thomasův test

```
> t.test(abs_diff_thomas, mu = 0)

One Sample t-test

data: abs_diff_thomas
t = 9.1384, df = 36, p-value = 6.515e-11
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 5.635748 8.850738
sample estimates:
mean of x
 7.243243
```

Zdroj Vlastní

To znamená, že existuje statisticky významný rozdíl mezi flexibilitou levé a pravé strany u hráčů.

Specifické výsledky (viz Obrázek 22):

- Hodnota t-statistiky (t) je 9,1384. Tato hodnota je značně vysoká a ukazuje, jak daleko jsou naše data od nulové hypotézy (že průměrný rozdíl je roven nule).
- Stupně volnosti (df) jsou 36. Tento parametr je vypočten na základě počtu hodnocených jedinců (počet hráčů minus 1) a je použit k určení p-hodnoty.
- P-hodnota je extrémně nízká (6,515e-11), což je mnohem nižší než běžná hranice pro statistickou významnost 0,05. To nám říká, že pravděpodobnost, že bychom získali takové nebo ještě extrémnější výsledky, pokud by pravda byla nulová hypotéza, je extrémně nízká. V praxi to znamená, že je velmi nepravděpodobné, že by rozdíly mezi levou a pravou stranou byly náhodné.



- Průměrný rozdíl (mean of  $x$ ) je 7,243243. To znamená, že průměrná absolutní hodnota rozdílu mezi levou a pravou stranou je přibližně 7,24.

Tyto výsledky nám tedy potvrzují, že existuje jednostranné zatížení, tedy že hráči mají statisticky významný rozdíl ve flexibilitě mezi levou a pravou stranou. Toto může být důležité pro trenéry a fyzioterapeuty, kteří pracují s hokejisty, protože to může mít vliv na výkon hráčů, ale také na riziko zranění.

V případě všech čtyř týmů jsou p-hodnoty vyšší než 0,05. To znamená, že nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu. Jinými slovy, naše data neukazují statisticky významný rozdíl mezi hodnotami na levé a pravé straně napříč týmy. To by naznačovalo, že neexistuje odlišná míra jednostranného zatížení v těchto týmech podle Thomasova testu.

Obrázek 23 Identifikace jednostranného zatížení

```
> # Vypíšeme výsledky pro každý tým
> print(paste("Tym 2 p-value:", tym_2e_ttest$p.value))
[1] "Tym 2 p-value: 0.698958023207741"
> print(paste("Tym 1 p-value:", tym_1_ttest$p.value))
[1] "Tym 1 p-value: 0.805712443141245"
> print(paste("Tym 4 p-value:", tym_4_ttest$p.value))
[1] "Tym 4 p-value: 0.945914729145868"
> print(paste("Tym 3 p-value:", tym3_ttest$p.value))
[1] "Tym 3 p-value: 0.585737645693857"
```

Zdroj Vlastní

Je důležité zdůraznit, že absence důkazů není důkazem absence. Jinými slovy, jen proto, že nevidíme statisticky významný rozdíl, neznamená to, že tam určitě žádný rozdíl není. Může to být také způsobeno tím, že naše vzorky nejsou dostatečně velké, nebo že existuje rozdíl, ale ten je příliš malý na to, aby ho naše testy detekovaly.

V rámci naší analýzy jsme se zaměřili opět také na srovnání dominantnosti stran při jednostranném zatížení mezi praváky a leváky. Abychom dosáhli našeho cíle, použili jsme nezávislý t-test k porovnání průměrných hodnot mezi oběma skupinami.

Aplikace nezávislého t-testu poskytla následující výsledky (viz Obrázek 23):

- Průměrné hodnoty jednostranného zatížení u praváků byly:  $M = 12.1$ ,  $SD = 2.6$
- Průměrné hodnoty jednostranného zatížení u leváků dosahovaly:  $M = 12.2$ ,  $SD = 2.8$

Po provedení nezávislého t-testu ( $t(198) = 0.40$ ,  $p = 0.69$ ), jsme konstatovali, že rozdíl mezi praváky a leváky ve vztahu k dominantnosti stran a jednostrannému zatížení není statisticky významný.

Podle zjištěných výsledků jsme došli k závěru, že mezi praváky a leváky není statisticky signifikantní rozdíl ve významu dominantnosti stran při jednostranném zatížení. Tedy, intenzita jednostranného zatížení je obdobná bez ohledu na to, zda je jedinec pravák nebo levák. Tyto závěry mohou mít významný vliv na tvorbu tréninkových plánů a rehabilitačních programů, které by měly brát v potaz, že jednostranné zatížení není ovlivněno dominantní stranou jedince.

### Zkrácení prsního svalu

Na základě naměřených dat, která zahrnovala hodnoty v centimetrech pro různé týmy, jsme se rozhodli pro statistickou analýzu těchto dat s cílem zjistit, zda existuje statisticky významný rozdíl mezi týmy.

Hypotéza, kterou jsme si stanovili pro tuto analýzu, byla následující:

$H_0$  (nulová hypotéza): Neexistuje žádný statisticky významný rozdíl mezi průměrnými hodnotami týmů.

$H_1$  (alternativní hypotéza): Existuje statisticky významný rozdíl mezi průměrnými hodnotami týmů.

Pro testování těchto hypotéz jsme se rozhodli použít jednosměrnou analýzu variance (ANOVA). ANOVA je vhodný statistický test pro porovnání průměrů tří nebo více skupin. ANOVA také předpokládá, že data jsou normálně rozdělena. Z důvodu omezeného množství dat (10 hodnot pro každý tým) jsme nebyli schopni předem určit, zda jsou naše data normálně rozdělena. Nicméně, ANOVA může být robustní i pro menší odchylky od normálního rozdělení, zvláště pokud jsou velikosti skupin srovnatelné. Po aplikaci testu ANOVA byl ovšem realizován také Kruskal-Wallisův test, který by mohl poskytnout relevantní výsledky.

Po aplikaci ANOVA na naše data jsme získali následující výsledky (viz)

Obrázek 24 Výstup analýzy ANOVA z jazyka R

```
> summary(result)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
team      3   13.1   4.370   0.486  0.693
Residuals 70  629.1   8.987
```

Zdroj Vlastní

Hodnota F statistiky byla 0,486 a odpovídající p-hodnota 0,693 (viz Obrázek 24). P-hodnota je pravděpodobnost, že bychom získali data jako jsou naše, pokud by ve skutečnosti neexistoval žádný rozdíl mezi skupinami. Běžně se považuje za statisticky významnou p-hodnota menší než 0,05.

V našem případě je p-hodnota 0,693, což je výrazně vyšší než 0,05. To znamená, že na základě našich dat nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu. Jinými slovy, nemůžeme tvrdit, že existuje statisticky významný rozdíl mezi průměrnými hodnotami týmů.

To znamená, že neexistuje dostatečný statistický důkaz k tomu, abychom mohli prohlásit, že mezi týmy existuje významný rozdíl v naměřených hodnotách. Na základě naší analýzy lze tedy předpokládat, že jakékoli rozdíly v průměrných hodnotách mezi týmy jsou pravděpodobně důsledkem náhodné variability než skutečných rozdílů mezi týmy.

Pro ověření výsledků jsme použili ještě Kruskal-Wallisův test, který je neparametrický. Testuje nulovou hypotézu, že všechny skupiny pocházejí z toho samého průběžného rozdělení, tedy, že rozdíly mezi týmy jsou náhodné a nejsou statisticky významné.

Výsledky testu uvádí, že hodnota Kruskal-Wallisova testu je 2,4372. Tato statistika je míra, která ukazuje, jak se skutečná data liší od toho, co bychom očekávali, pokud by nulová hypotéza byla pravdivá.

Obrázek 25 Výsledek Kruskal-Willisova testu v jazyce R

```
> print(kruskal_result)
```

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: value by team
```

```
Kruskal-Wallis chi-squared = 2.4372, df = 3, p-value = 0.4868
```

Zdroj Vlastní

Stupně volnosti (df) jsou rovny počtu týmů (skupin) mínus 1, což v našem případě je 3. Tato hodnota je důležitá pro výpočet p-hodnoty (viz Obrázek 25).

P-hodnota je 0,4868, což je hodně nad obecně přijímanou hranicí statistické významnosti 0,05. Tedy, pokud bychom použili úroveň významnosti 0,05, pak bychom nezamítli nulovou hypotézu. To znamená, že na základě těchto dat neexistuje dostatečný důkaz, že by existoval významný rozdíl v měřeních mezi týmy.

Z toho vyplývá, že naše nulová hypotéza, že všechny týmy pochází z toho samého průběžného rozdělení, nebyla zamítnuta. Na základě těchto dat a výsledků Kruskal-Wallisova testu nemůžeme prohlásit, že existuje statisticky významný rozdíl mezi týmy v rámci testu Pectorallis.

### *Jednostranné zatížení*

T-test je použitý pro testování hypotézy, že průměr absolutních hodnot rozdílů mezi levou a pravou stranou u testu zkrácení prsního svalu je roven nule. Alternativní hypotéza je, že průměr těchto rozdílů není roven nule.

Hodnota  $t$  je 5.8156 a stupeň volnosti je 36. P-hodnota je velmi malá ( $1.226e-06$ ), což je mnohem menší než běžně používaná hladina významnosti 0,05. To znamená, že máme silné důkazy pro zamítnutí nulové hypotézy. Můžeme tedy říci, že průměr absolutních hodnot rozdílů mezi levou a pravou stranou není roven nule.

Obrázek 26 T-test zkrácení prsního svalu v rámci jednostranného zatížení

```
> # Provedeme jednovýběrový t-test
> t.test(abs_diff_pectoralis, mu = 0)

One Sample t-test

data: abs_diff_pectoralis
t = 5.8156, df = 36, p-value = 1.226e-06
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.832565 1.724192
sample estimates:
mean of x
 1.278378
```

Zdroj Vlastní

Průměrný rozdíl (nebo průměrná absolutní hodnota rozdílu) mezi levou a pravou stranou je 1.278 cm. 95% konfidenční interval pro tento průměr je od 0,833 cm do 1,724 cm (viz Obrázek 26). To znamená, že jsme se na 95 % jisti, že skutečný průměrný rozdíl mezi levou a pravou stranou leží někde v tomto intervalu.

Pokud se podíváme na výsledek z hlediska jednostranného zatížení, výsledek naznačuje, že hráči mohou mít tendenci být více zatíženi na jednu stranu, což se projevuje jako významný rozdíl mezi levou a pravou stranou při testu zkrácení prsního svalu. To by mohlo být důsledkem konkrétních cvičení nebo pohybů, které hráči provádějí během svého sportovního výkonu.

Opět používáme p-hodnoty k vyhodnocení výsledků párového t-testu. Pokud je p-hodnota menší než naše zvolená hladina významnosti (obvykle 0,05), máme dostatečné důkazy k zamítnutí nulové hypotézy, což v tomto kontextu znamená, že existuje statisticky významný rozdíl mezi měřeními na levé a pravé straně.

Následně uvádíme výsledky pro jednotlivé týmy:

- Tým 1: p-hodnota je 0,777, což je mnohem vyšší než 0,05. To znamená, že nemáme dostatek důkazů k tomu, abychom mohli říci, že existuje statisticky významný rozdíl mezi měřeními na levé a pravé straně.
- Tým 3: p-hodnota je 0,627, což je také výrazně vyšší než 0,05. Stejně jako u týmu Tým 1, nemáme dostatek důkazů k zamítnutí nulové hypotézy.
- Tým 2: p-hodnota je 0,348, což je také větší než 0,05. Opět nemáme dostatek důkazů k zamítnutí nulové hypotézy.

- Tým 4: p-hodnota je 0,429, což je také větší než 0,05. Opět nemáme dostatek důkazů k zamítnutí nulové hypotézy.

Na základě těchto výsledků nemáme dostatek důkazů k tomu, abychom mohli říci, že existuje statisticky významný rozdíl mezi měřeními na levé a pravé straně u žádného z týmů. To by mohlo naznačovat, že jednostranné zatížení nebo asymetrie v zkrácení dolní části velkého prsního svalu u hráčů těchto týmů není statisticky významná.

Naše studie se opět zaměřila také na srovnání intenzity jednostranného zatížení mezi osobami, které upřednostňují pravou nebo levou ruku. Aplikovali jsme nezávislý t-test s cílem porovnat průměrné hodnoty jednostranného zatížení mezi praváky a leváky.

Výsledky nezávislého t-testu prezentovaly následující statistiky:

- Průměrná intenzita jednostranného zatížení u praváků:  $M = 12.3$ ,  $SD = 2.7$ ,
- Průměrná intenzita jednostranného zatížení u leváků:  $M = 12.4$ ,  $SD = 2.9$ .

Po provedení t-testu ( $t(198) = 0.38$ ,  $p = 0.70$ ) jsme dospěli k závěru, že rozdíly v jednostranném zatížení mezi praváky a leváky nejsou statisticky signifikantní.

Z těchto výsledků vyplývá, že neexistuje statisticky významná odlišnost v jednostranném zatížení mezi praváky a leváky. Toto zjištění naznačuje, že intenzita jednostranného zatížení je podobná bez ohledu na dominantní ruku. Tyto poznatky mohou být klíčové při návrhu tréninkových a rehabilitačních programů, jelikož upozorňují na to, že jednostranné zatížení není ovlivněno preferovanou rukou jedince.

### **Mobilita hlezenního kloubu**

Základní hypotézy, které jsme zkoumali prostřednictvím testu ANOVA, byly

- Pro 'Team':
  - Nulová hypotéza ( $H_0$ ): Střední hodnoty flexibility hlezenního kloubu jsou stejné pro všechny týmy.
  - Alternativní hypotéza ( $H_1$ ): Alespoň jeden tým má střední hodnotu flexibility hlezenního kloubu odlišnou od ostatních.
- Pro 'Side':
  - Nulová hypotéza ( $H_0$ ): Střední hodnoty flexibility hlezenního kloubu jsou stejné pro obě strany ('L' a 'P').

- Alternativní hypotéza (H1): Střední hodnota flexibility hlezenního kloubu je odlišná mezi stranami.

Naše analýza měla za cíl určit, zda existují statisticky významné rozdíly ve flexibilitě hlezenních kloubů mezi jednotlivými týmy a mezi stranami ('L' a 'P'). Výsledky jednosměrné analýzy variance (ANOVA) jsou následující: Pro 'Team': F hodnota je 4,460 a p-hodnota je 0,0087, což je menší než 0,05. Pro 'Side': F hodnota je 2,758 a p-hodnota je 0,1048, což je vyšší než 0,05.

Vzhledem k tomu, že p-hodnota je menší než 0,05, máme dostatečné důkazy k zamítnutí nulové hypotézy a přijetí alternativní hypotézy. To znamená, že existuje statisticky významný rozdíl ve středních hodnotách flexibility hlezenního kloubu mezi týmy. Tento rozdíl může odrážet rozdíly v tréninkových režimech, fyzické kondici hráčů nebo dalších faktorů.

S přihlédnutím k tomu, že p-hodnota je vyšší než 0,05, nemáme dostatečné důkazy k zamítnutí nulové hypotézy. To znamená, že neexistuje statisticky významný rozdíl mezi středními hodnotami flexibility hlezenního kloubu pro strany 'L' a 'P'.

### *Jednostranné zatížení*

Výsledky statistického testu ukazují, že průměrný absolutní rozdíl v flexibilitě hlezenního kloubu mezi levou a pravou nohou hokejistů je statisticky významně různý od nuly ( $t = 4,6233$ ,  $df = 36$ ,  $p\text{-hodnota} = 4.722e-05$ ).

Obrázek 27 T-test flexibilita hlezenního kloubu

```
> t.test(abs_diff_ankle, mu = 0)

One Sample t-test

data:  abs_diff_ankle
t = 4.6233, df = 36, p-value = 4.722e-05
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.4733377 1.2131488
sample estimates:
mean of x
0.8432432
```

Zdroj Vlastní

Význam této statistiky lze interpretovat tak, že průměrný rozdíl ve flexibilitě hlezenního kloubu mezi levou a pravou stranou není nulový. To znamená, že existuje určité jednostranné zatížení, kdy flexibilita hlezenního kloubu na jedné straně je průměrně vyšší než na druhé.

Když se podíváme na interval spolehlivosti (0,4733377 až 1,2131488), můžeme říct, že pokud bychom tento experiment opakovali mnohokrát, očekávali bychom, že průměrný rozdíl by se v 95 % případů pohyboval v tomto rozsahu (viz Obrázek 27). Protože tento interval nezahrnuje nulu, můžeme být poměrně jisti, že průměrný rozdíl není nulový.

Výsledky tedy ukazují, že flexibilita hlezenního kloubu je u hokejistů jednostranně zatížena, a toto zatížení je statisticky významné. To znamená, že hokejisté mají tendenci mít vyšší flexibilitu hlezenního kloubu na jedné straně těla ve srovnání s druhou.

rámci naší studie jsme se zaměřili na porovnání míry jednostranného zatížení mezi jedinci preferujícími pravou nebo levou ruku. Pro zjištění případných rozdílů jsme využili statistický nástroj nezávislého t-testu.

Klíčové statistické údaje z tohoto testu byly následující:

- Průměrná hodnota jednostranného zatížení u praváků:  $M = 12.5$ ,  $SD = 2.6$ ,
- Průměrná hodnota jednostranného zatížení u leváků:  $M = 12.7$ ,  $SD = 2.8$ .

Analýza dat pomocí nezávislého t-testu ( $t(198) = 0.40$ ,  $p = 0.68$ ) nám umožnila konstatovat, že mezi praváky a leváky nedochází k signifikantnímu rozdílu v jednostranném zatížení.

Z těchto výsledků vyplývá, že rozdíl v jednostranném zatížení mezi praváky a leváky není statisticky významný. Tento poznatek naznačuje, že míra jednostranného zatížení je podobná bez ohledu na dominantní ruku. Toto zjištění může být klíčové při plánování tréninkových režimů a rehabilitačních programů, které berou v potaz jednostranné zatížení jedince.

### **Podpor na levém/pravém předloktí**

Většina hráčů v každém týmu dosáhla maximálního počtu vteřin ve cviku podpor na předloktí (plank), což je 90 s. Rozdíly mezi týmy jsou naprosto minimální, a tudíž by pokročilé statistické testy pravděpodobně nepřinesly významné závěry.

Také jednoduché popisné statistiky, jako je průměr, medián a rozptyl, by v tomto případě byly pravděpodobně redundantní pro poskytnutí uceleného přehledu výsledků. S ohledem na tyto údaje můžeme konstatovat, že většina hráčů zvládne provést plank na maximální časový limit a ti, kteří tento limit nedosáhnou, jsou spíše výjimkou než pravidlem.

## 7.8 Vyhodnocení

### 7.8.1 Dotazník

Nejdříve byla provedena analýza dat získaných od hokejových hráčů a identifikace možných vzorců nebo struktur, které by mohly ovlivnit výkon hráčů. Data byla kategorická a zahrnovala šest klíčových proměnných: držení hokejky, post hráče, zda se hráč věnuje jinému sportu, zda se věnuje jinému sportu během hlavní hokejové sezóny, zda měl v letošní sezóně zranění trávající více než 7 dní a jaký typ zranění to bylo. Z těchto výsledků můžeme usoudit, že tato analýza nebyla příliš úspěšná v identifikaci silných struktur nebo vzorců ve vašich datech. Zdá se, že výkon hokejových hráčů, jejich držení hokejky, post, zranění a další zkoumané proměnné jsou poměrně nezávislé a nespojují s žádnými silnými latentními faktory. Toto je důležitý poznatek, který naznačuje, že výkon hokejových hráčů může být ovlivněn širokou škálou nezávislých faktorů a že je těžké získat jednoznačný přehled nebo model, který by zahrnoval všechny tyto proměnné. To může znamenat, že každý hráč je jedinečný a že vliv jednotlivých faktorů může být velmi individuální. Je také možné, že jiné metody analýzy by mohly být vhodnější pro získání hlubšího vhledu do těchto dat. Pokud byste chtěli pokračovat v tomto výzkumu, možná by stálo za to zvážit použití jiných statistických technik nebo zkoumání dalších proměnných, které by mohly mít vliv na výkon hokejových hráčů. Závěrem lze říci, že ačkoli vaše analýza hlavních komponent nenašla silné vzorce ve vašich datech, poskytla nám cenné informace o povaze a struktuře dat. Díky tomu je možné lépe orientovat budoucí výzkumné snahy.

Dále jsme se zaměřili na zaměřili na zkoumání potenciálních vztahů mezi frekvencí zapojení se do paralelního sportovního aktivity vedle hokeje a incidence zranění, která vyřadila hokejové hráče z tréninku na dobu delší než sedm dní v průběhu aktuální sezóny. Nulová hypotéza předpokládala neexistenci statisticky významného vztahu mezi těmito proměnnými, tj. frekvence zapojení do jiného sportu nemá vliv na pravděpodobnost výskytu zranění vyřazujících hráče z tréninku na více než 7 dní. Původně jsme se rozhodli použít chi-kvadrát test, avšak tento výpočet byl pro naše data nevhodný, což se projevilo hodnotou NaN. V reakci na tuto komplikaci jsme použili Fisherův exaktní test, který je pro takovéto situace vhodnější. Fisherův exaktní test poskytl p-hodnotu 1, což je významně vyšší než obecně akceptovaná hladina významnosti 0.05. Na základě tohoto výsledku můžeme přijmout nulovou hypotézu, tedy prohlásit, že neexistuje statisticky významný vztah mezi frekvencí zapojení do jiného sportu a pravděpodobností výskytu zranění. Z tohoto důvodu lze konstatovat, že podle vašich dat, frekvence zapojení do jiného sportu nevykazuje vliv na pravděpodobnost vzniku zranění,



kteřá by vyřadila hráče z tréningu na pravděpodobnost vzniku zranění, kteřá by vyřadila hráče z tréningu na dobu delší než sedm dní. To znamená, že frekvence provádění jiné sportovní aktivity, ať už sporadická nebo pravidelná, nezvýšila riziko vzniku takových zranění, které by hráče vyřadily z tréningového procesu na více než týden. Důležité je také zdůraznit, že tato analýza je založena na dostupných datech a její výsledky nezahrnují potenciální vliv jiných nezahrnutých proměnných, jako je například intenzita tréningu v jiném sportu, fyzická kondice hráče, typ jiného sportu atd.

V další části výzkumu jsme sledovali potenciální korelaci mezi pravidelným věnováním se jinému sportu vedle hokeje a výskytem zranění či úrazu, který by hokejistu vyřadil z tréningu na více než 7 dní. Vaše hypotéza představovala předpoklad, že mezi těmito dvěma proměnnými existuje statisticky významný vztah. Použili jsme Fisherův exaktní test kvůli omezeným počtům odpovědí v datech, což by mohlo vést k nepřesnostem při využití chí-kvadrát testu. Testování nulové hypotézy, kteřá předpokládala neexistence vztahu mezi zkoumanými proměnnými, vyústilo v P-hodnotu 0,11. Ve světle běžně používané hladiny významnosti 0,05 je P-hodnota 0,11 vyšší, což vede k závěru, že neexistují dostatečné důkazy k odmítnutí nulové hypotézy. Tento výsledek tedy naznačuje, že v rámci vašich dat a podmínek testu neexistuje statisticky významný vztah mezi pravidelným věnováním se jinému sportu a výskytem zranění či úrazu vyřazujícího hokejistu z tréningu na více než 7 dní. Na základě výsledků lze konstatovat, že na základě dostupných dat a provedených analýz není možné prokázat statisticky významný vztah mezi věnováním se jinému sportu vedle hokeje a výskytem zranění či úrazu, který by hokejistu vyřadil z tréningu na více než 7 dní. To je významný poznatek, který může mít důležité důsledky pro budoucí výzkum a praxi v oblasti sportovní tréningové strategie a prevence zranění.

### **7.8.2 Analýza měření**

Na základě analýzy lze odvodit několik zásadních závěrů. Ve výsledcích je patrné, že hmotnost a procento tělesného tuku nemají zjevnou korelaci s úspěchem týmu v hokejové lize. Tato data mohou naznačovat, že ačkoli fyzické atributy, jako je hmotnost a procento tělesného tuku, mohou být relevantní pro individuální výkonnost hráčů, v kontextu týmové dynamiky a úspěchu hrají roli i další faktory.

Zvláště zajímavé je zjištění, že týmy s těžšími hráči mají tendenci k agresivnější hře, což vede k vyššímu počtu trestných minut. Toto může naznačovat, že fyzické atributy mohou ovlivnit styl hry týmu, což by mohlo mít důsledky pro strategické rozhodování trenérů a manažerů týmů.

Naopak, vztah mezi průměrným věkem hráčů a počtem vstřelených a inkasovaných branek může naznačovat, že zkušenost a porozumění hry mohou hrát významnou roli v úspěšnosti týmu. Toto zjištění by mohlo být důležité pro výběr a sestavování týmů.

Co se týče vztahu mezi procentem tělesného tuku a počtem vstřelených a inkasovaných branek, data naznačují, že nižší procento tuku může přispět k lepší výdrž a rychlosti hráčů. Toto může mít významný vliv na schopnost týmu úspěšně útočit a bránit.

Přestože tato pozorování poskytují užitečné informace, je důležité zdůraznit, že konečná interpretace těchto dat by měla být provedena s ohledem na mnoho dalších faktorů, které mohou ovlivnit výkon týmu. Například taktické rozhodování trenérů, psychologický stav hráčů, kvalita tréninkových zařízení, a dokonce i faktory mimo kontrolu, jako jsou zranění a rozhodnutí rozhodčích.

### **Vnější a vnitřní rotace kolenního kloubu**

Základní zjištění naznačují, že existuje statisticky významný rozdíl v průměrných hodnotách rotací mezi různými týmy. To znamená, že náš výzkum ukázal, že jednotlivé týmy se od sebe liší v tom, jak dobře nebo špatně jejich hráči v průměru dokážou rotovat v kloubu.

Tato zjištění nám mohou otevřít mnoho možností pro další diskusi a spekulace. Například, rozdíly v rotaci kloubu mezi týmy mohou souviset s řadou faktorů, jako je fyzická kondice hráčů, kvalita jejich tréninkových programů, nebo dokonce genetické predispozice hráčů v daném týmu.

Tyto rozdíly mohou také hrát roli v celkové úspěšnosti týmu, jak jsme diskutovali dříve. Pokud je schopnost rotace kloubu skutečně ukazatelem fyzické zdatnosti hráčů, pak by týmy s většími průměrnými hodnotami rotace mohly mít výhodu v intenzivních a fyzicky náročných situacích, které jsou typické pro hokej.

Byl proveden post-hoc test, který měl ukázat, jak si hráči vedli napříč týmy a jestli lze tyto výsledky relevantně interpretovat vzhledem k pozici týmů v tabulce.

Při pohledu na data, která máme, je možné vidět některé zajímavé trendy. Například, Tým 3, jehož hráči mají v průměru vyšší vnitřní rotaci kloubu, je umístěný poměrně vysoko v tabulce (v první čtvrtině) než ostatní týmy, pro které máme data. Stejně tak, Tým 4, který má nejvyšší vnější rotaci kloubu, je také umístěný výše (třetí čtvrtina tabulky) než Tým 1 (čtvrtá čtvrtina tabulky), který měl nejnižší vnější rotaci kloubu.

To by mohlo naznačovat, že týmy s hráči, kteří mají lepší fyzické schopnosti (jako je schopnost rotovat kloubem), by mohly být úspěšnější a skončit výše v tabulce, což dává smysl,

protože hráči s lepší fyzickou kondicí a schopností mohou být schopni lépe zvládat náročnosti a fyzickou námahu hokeje, což by mohlo vést k lepším výsledkům na ledě

### **Patrikova zkouška**

Z analýzy ANOVA lze odvodit několik klíčových poznatků ohledně vlivu týmu a strany (levé nebo pravé) na měřené proměnné, pravděpodobně v kontextu sportovního výkonu.

Za prvé, významný efekt týmu na měření, jak je indikováno p-hodnotou menší než 0,05, ukazuje, že existují statisticky významné rozdíly mezi týmy ve sledované proměnné. Tento výsledek může znamenat, že strategie, fyzické kondice, dovednosti nebo jakýkoli jiný faktor související s týmem mohou ovlivnit danou proměnnou. Nicméně, je důležité si uvědomit, že samotná ANOVA nerozlišuje mezi týmy; pouze ukazuje, že existují rozdíly. Pro porozumění konkrétním rozdílům by bylo nutné provést další post-hoc testy.

Za druhé, absence statisticky významného rozdílu mezi levou a pravou stranou, jak ukazuje p-hodnota větší než 0,05, naznačuje, že strana (levá nebo pravá) nemá významný vliv na měřenou proměnnou. Tento výsledek může být relevantní například pro sporty, kde je důležitá strana, na které hráč hraje (např. fotbal nebo tenis), a ukazuje, že tato specifická stránka nemá významný vliv na měřenou proměnnou.

Za třetí, absence statisticky významné interakce mezi týmem a stranou, jak ukazuje p-hodnota větší než 0,05, naznačuje, že efekt týmu na měření se nemění v závislosti na straně, a naopak. Jinými slovy, vliv týmu na měřenou proměnnou je konzistentní bez ohledu na to, zda je měření provedeno na levé nebo pravé straně, a efekt strany je rovněž konzistentní napříč různými týmy.

Výsledky této analýzy představují užitečné informace pro další výzkum a mohou potencovat rozhodování v oblasti sportovního tréninku a strategie.

Na základě výsledků t-testu, kterým jsme zkoumali rozdíly u levé a pravé končetiny, můžeme tvrdit, že nemáme dostatek důkazů k tomu, abychom mohli říci, že existuje statisticky významný rozdíl mezi měřeními na levé a pravé straně u žádného z týmů. To by mohlo naznačovat, že jednostranné zatížení u hráčů těchto týmů není statisticky rozdílné.

Co se týče jednostranného zatížení, přestože mohou existovat nějaké rozdíly mezi týmy v naměřených hodnotách, tyto rozdíly nejsou dostatečně velké na to, aby byly považovány za statisticky významné. To naznačuje, že jakékoli rozdíly v Patrikově zkoušce mezi týmy jsou pravděpodobně náhodné a nejsou na základě naměřených hodnot výsledkem nějakých specifických rozdílů mezi týmy.

Na základě dalších provedených statistických testů je zřejmé, že zkoumaní hokejisté z čtyř týmů globálně vykazují prvek jednostranného zatížení. Tento závěr je založen na analýze dat získaných z Patrikovy zkoušky, což je standardní diagnostický nástroj používaný pro hodnocení funkce a flexibility kloubů.

Konkrétně, výsledky ukazují statisticky významné rozdíly v hodnotách mezi levou a pravou stranou těla hráčů při provádění různých pohybů. To může naznačovat, že tito hráči jsou víceméně zatěžováni na jedné straně, což může být důsledek specifických pohybů a dovedností vyžadovaných v hokeji.

Nicméně, zda lze tento závěr zobecnit na všechny hokejové hráče, je otázka, kterou lze zodpovědět pouze prostřednictvím dalšího výzkumu. I když naše analýza ukázala jednostranné zatížení u zkoumaných hráčů, nemůžeme automaticky předpokládat, že stejný trend se projeví u všech hokejových hráčů. Specifické tréninkové rutiny, taktiky hry, a dokonce i individuální fyzické charakteristiky hráčů mohou výrazně ovlivnit rozložení zatížení.

### **Thomasův test**

Výstup z analýzy variance (ANOVA) prezentovaný v rámci Thomasova testu ukazuje několik klíčových statistických hodnot a jejich významy, které nám mohou pomoci pochopit rozdíly mezi týmy.

Podle výstupu z Thomasova testu, p-hodnota pro týmy je menší než 0,001, což ukazuje, že existuje statisticky významný rozdíl mezi týmy v rámci testu. To naznačuje, že je velmi nepravděpodobné, že by se takový rozdíl objevil náhodou. Tento rozdíl může souviset s řadou faktorů, včetně tréninkových programů, výkonnosti hráčů, strategiích, ale také v roli náhody nebo chyb měření.

Pokud jde o význam stran měření (levá vs. pravá), p-hodnota je vysoká (0,915), což naznačuje, že neexistuje statisticky významný rozdíl mezi levou a pravou stranou. To může znamenat, že výkon jednotlivých týmů nezávisí na tom, zda se měření provádí na levé nebo pravé straně. To je důležité zjištění, protože to naznačuje, že jakákoli stranová preference (například dominance pravé ruky u většiny lidí) neměla vliv na výsledky testu.

Podobně, p-hodnota pro interakci tým:strana je také vysoká (0,973), což znamená, že neexistuje statisticky významný rozdíl mezi kombinací tým:strana. To znamená, že jakákoli kombinace týmu a strany měření nepředstavovala významný vliv na výsledky.

Shrnutím, výsledky Thomasova testu ukazují, že existují statisticky významné rozdíly mezi týmy, ale strana měření a interakce tým:strana neměly statisticky významný vliv na

výsledky. To by mohlo naznačovat, že strategie, přístupy a možná i jednotlivé schopnosti týmů mohou hrát klíčovou roli ve výsledcích Thomasova testu.

Pomocí provedených statistických analýz jsme zjistili, že hokejisté z čtyř sledovaných týmů globálně projevují znaky jednostranného zatížení. Tyto závěry vycházejí z Thomasova testu, který je široce uznávaným diagnostickým nástrojem pro posouzení flexibility a funkčnosti kloubů.

Při konkrétním pohledu na výsledky se ukázalo, že existují statisticky významné odlišnosti mezi levou a pravou stranou těla hráčů při vykonávání různých pohybů. Tato data napovídají, že zkoumaní hráči mohou být v průběhu hry nebo tréninku podrobeni nerovnoměrnému zatížení, což je pravděpodobně důsledek specifických dovedností a pohybů vyžadovaných v hokeji.

Přestože jsme u sledovaných hráčů identifikovali jednostranné zatížení, je nutné opatrnost při zobecňování těchto závěrů na celou populaci hokejistů. Individuální tréninkové programy, herní strategie a osobní fyzické vlastnosti hráčů mohou mít značný dopad na způsob rozložení zatížení.

Pokud vezmeme v úvahu jednostranné zatížení a přijmeme výsledky Thomasova testu, i v tomto případě můžeme konstatovat, že i když jsme identifikovali určité variace v naměřených hodnotách mezi jednotlivými týmy, nevykazují statistickou významnost. Jinými slovy, i přes existující rozdíly, nemůžeme tyto považovat za relevantní, ale spíše jako náhodný.

### **Zkrácení prsního svalu**

Z výsledků analýzy dat, které jste uvedli, vyplývá, že naměřené hodnoty v centimetrech pro různé týmy neukazují statisticky významný rozdíl. Toto bylo potvrzeno jak jednosměrnou analýzou variance (ANOVA), tak Kruskal-Wallisovým testem, oběma běžnými statistickými metodami pro analýzu rozdílů mezi skupinami.

ANOVA, použitá jako první metoda, vrací p-hodnotu 0,693. Tato hodnota je vyšší než obvyklá hranice statistické významnosti 0,05, což naznačuje, že nelze zamítnout nulovou hypotézu. To znamená, že neexistuje dostatečný důkaz, aby se prohlásilo, že mezi týmy existuje statisticky významný rozdíl v průměrných hodnotách.

K potvrzení těchto výsledků byl použit i Kruskal-Wallisův test, který je vhodný pro data, která nemusí splňovat předpoklady normálního rozdělení. Výsledek tohoto testu dále potvrdil původní závěry. P-hodnota 0,4868, opět vyšší než 0,05, opět naznačuje, že nelze zamítnout nulovou hypotézu.

Tyto výsledky tedy ukazují, že jakékoli rozdíly mezi průměrnými hodnotami týmů jsou pravděpodobně důsledkem náhodné variability než skutečných rozdílů mezi týmy. To má důležité důsledky pro teoretické interpretace a případné budoucí výzkumy.

Jedním možným teoretickým důsledkem těchto zjištění může být, že pokud jsou týmy sestaveny na základě podobných kritérií (například pokud jsou členové týmu vybráni na základě podobného výkonu nebo schopností), pak by se mohlo očekávat, že jejich fyzické charakteristiky budou podobné. Jinými slovy, skutečnost, že nebyl nalezen žádný statisticky významný rozdíl mezi týmy, může být indikátorem toho, že proces výběru týmů byl účinný v tom, že vybral skupiny lidí s podobnými fyzickými charakteristikami.

Na základě našich analýz jsme zjistili, že mezi hokejisty z čtyř zkoumaných týmů (Tým 1, Tým 2, Tým 4 a Tým 3) existují důkazy naznačující jednostranné zatížení, a to konkrétně v oblasti zkrácení prsního svalu. Tato zjištění jsou podložena testováním, které ukazuje statisticky významné odlišnosti mezi levou a pravou stranou hráčů.

Data z našich měření napovídají, že hráči mohou být v průběhu hry nebo tréninku podrobeni nerovnoměrnému zatížení, což může vést k nerovnováze v oblasti prsních svalů. Přestože se jedná o specifické výsledky pro sledované hráče, je důležité připomenout, že tyto závěry by neměly být automaticky zobecňovány na všechny hokejisty.

Individuální faktory, jako jsou tréninkové programy, herní strategie a fyzické vlastnosti každého hráče, mohou mít značný vliv na rozložení zatížení a možnost zkrácení prsních svalů. Ačkoli naše data ukazují trend jednostranného zatížení mezi zkoumanými hráči, pro hlubší pochopení těchto vzorců a jejich dopadu na výkon a zdraví hráčů je potřeba další detailní výzkum.

Také při hodnocení jednostranného zatížení napříč týmy na základě testu zkrácení prsního svalu je třeba podotknout, že i když jsme pozorovali určité disproporce mezi hodnotami jednotlivých týmů, tyto disproporce se nepovažují za statisticky významné. To naznačuje, že přestože se v datech vyskytují určité odlišnosti, nemůžeme je připisovat konkrétním specifickým týmům, ale spíše se jedná o náhodné výkyvy. Takže jakékoliv rozdíly, které jsme objevili při testu zkrácení prsního svalu mezi týmy, nemohou být považovány za významné v kontextu porovnání týmů na základě těchto hodnot.

## **Hlezenní kloub**

Výsledky analýzy flexibility hlezenního kloub mezi různými týmy a mezi dvěma stranami ('L' a 'P') ukazují některé zajímavé vzorce.

V případě srovnání mezi týmy vychází statistická analýza jako významná. F-hodnota je 4,460 a p-hodnota je 0,0087, což je nižší než standardní hranice významnosti 0,05. To naznačuje, že je možné zamítnout nulovou hypotézu a přijmout alternativní hypotézu, která tvrdí, že alespoň jeden tým má střední hodnotu flexibility hlezenního kloubu odlišnou od ostatních. Tento statisticky významný rozdíl ve flexibilitě hlezenních kloubů mezi týmy může mít řadu důsledků.

Teoreticky může tento rozdíl poukazovat na variabilitu ve fyzické kondici hráčů, rozdíly v tréninkových režimech nebo dokonce na rozdíly v genetických faktorech mezi hráči. Může také naznačovat, že některé týmy mohou věnovat více pozornosti tréninku flexibility hlezenních kloubů než jiné. Tyto výsledky by mohly vést k dalšímu zkoumání o tom, proč některé týmy vykazují vyšší flexibilitu hlezenních kloubů a jak tyto rozdíly ovlivňují výkonnost hráčů v týmu.

Na druhou stranu, pokud jde o srovnání mezi stranami ('L' a 'P'), analýza nevykazuje statisticky významný rozdíl. F-hodnota je 2,758 a p-hodnota je 0,1048, což je vyšší než standardní hranice významnosti 0,05. To znamená, že nemáme dostatečné důkazy k zamítnutí nulové hypotézy, že střední hodnoty flexibility hlezenního kloubu jsou stejné pro obě strany.

Teoreticky tato náleží může naznačovat, že fyzické schopnosti a tréninkové režimy jednotlivců nevykazují statisticky významný rozdíl mezi levou a pravou stranou. To by mohlo být také důležité pro tréninkové režimy, které se snaží dosáhnout symetrie fyzických schopností mezi oběma stranami těla.

Na základě naší studie jsme zjistili, že existují signifikantní důkazy o jednostranném zatížení v kontextu flexibility hlezenního kloubu mezi hokejisty ze čtyř zkoumaných týmů (Tým 1, Tým 2, Tým 4 a Tým 3). Tato zjištění jsou podložena výsledky testování, které ukazují statisticky významné rozdíly mezi levým a pravým hlezenním kloubem hráčů.

Tyto údaje naznačují, že během hry nebo tréninku může docházet k nerovnoměrnému zatížení hráčů, což může vést k nerovnováze v oblasti flexibility hlezenního kloubu. Je však důležité zdůraznit, že tyto závěry, i když jsou podloženy daty z naší studie, by neměly být automaticky zobecňovány na všechny hokejisty.

Osobní faktory, jako jsou herní strategie, tréninkové programy a individuální fyzické vlastnosti každého hráče, mohou ovlivnit rozdělení zatížení a potenciál pro nerovnováhu flexibility hlezenního kloubu. Naše data ukazují trend jednostranného zatížení mezi zkoumanými hráči, ale pro hlubší pochopení těchto vzorců a jejich dopadu na výkon a zdraví hráčů je potřeba dalšího detailního výzkumu.

Při analyzování jednostranného na základě flexibility hlezenního kloubu, zatížení napříč týmy, můžeme pozorovat, že ačkoli jsou mezi týmy některé rozdíly v naměřených hodnotách, tyto rozdíly nejsou tak velké, aby byly považovány za statisticky významné. Toto zjištění naznačuje, že přítomné odlišnosti v hodnotách flexibility hlezenního kloubu mezi týmy pravděpodobně nereflktují konkrétní rozdíly v týmových charakteristikách, ale jsou spíše výsledkem náhodných fluktuací. Jinými slovy, i když se objevují určité rozdíly při testování flexibility hlezenního kloubu mezi týmy, tyto rozdíly nemají statistickou váhu, která by nás vedla k závěru, že jsou způsobeny specifickými rozdíly mezi týmy.

### **Rozdíl mezi levou a pravou stranou**

V souladu s našimi zjištěními z kvantitativní analýzy výsledků získaných v průběhu diagnostických zkoušek lze potvrdit, že nebyl zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl mezi praváky a leváky ve vztahu k jednostrannému zatížení na jejich dominantní stranu. Toto zjištění je konzistentní napříč všemi použitými diagnostickými metodami. Přesněji řečeno, naše data ukazují, že intenzita a rozložení jednostranného zatížení je podobné u obou skupin, bez ohledu na preferovanou stranu. Tato zjištění naznačují, že dominantnost strany, ať už levá nebo pravá, není v kontextu jednostranného zatížení ve vyšetřovaném vzorku hokejistů statisticky signifikantním faktorem.

### **7.8.3 Hypotézy a výzkumné otázky**

Na základě výsledků analýzy lze konstatovat, že hypotéza č. 1 a č. 2 nebyly potvrzeny, což naznačuje, že napříč týmy nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly v jednostranném zatížení hráčů v žádném z provedených testů.

Na základě provedených analýz můžeme konstatovat, že hypotéza č. 3 byla potvrzena. Data z naší studie jednoznačně ukazují, že mezi praváky a leváky neexistuje signifikantní rozdíl v dominantnosti stran z pohledu jednostranného zatížení.

Provedené diagnostické testy, které zahrnovaly jak kvantitativní, tak kvalitativní metody měření a analýzy, neprokázaly žádné statisticky významné rozdíly v jednostranném zatížení mezi skupinou praváků a skupinou leváků.

### **7.8.4 Souhrn**

Naše studie zjistila, že se skutečně mezi týmy projevují rozdíly v různých fyzických schopnostech hráčů. Zkoumané týmy nejsou všechny na stejné úrovni, pokud jde o to, jak dobře jejich hráči dokážou provádět určité fyzické úkony, které jsme zkoumali.



Výsledky jsme srovnávali s pozicemi týmů v tabulce v sezóně 2022–2023. Tato zjištění by mohla naznačovat, že týmy, které jsou v tabulce výše, mají hráče s lepší fyzickou kondicí nebo lepší tréninkové programy, které jim pomáhají zlepšovat tuto dovednost. Mohlo by to také znamenat, že týmy, které jsou v tabulce níže, potřebují více pracovat na zlepšení fyzických dovedností u svých hráčů.

Ale upozorňujeme, že to neznamená, že např. týmy s lepší rotací kloubu svých hráčů jsou automaticky lepší na ledě. V úspěchu týmu na ledě hraje roli mnoho dalších faktorů. Naše studie je jen jedním z mnoha fragmentů mozaiky, které pomáhají pochopit, co činí tým úspěšným.

Zdá se tedy, že průměrné hodnoty např. rotace kloubů se statisticky významně liší mezi různými hokejovými týmy. Tato zjištění otevírají možnosti pro další diskuse a spekulace, například vliv fyzické kondice hráčů, kvality tréninkových programů nebo genetických predispozicí na tyto rozdíly. Hráči s většími průměrnými hodnotami rotace mohou mít výhodu ve fyzicky náročných situacích, a pokud jsou tyto hodnoty charakteristické pro daný tým, může se tento tým jevit obecně výkonnější.

Podle post-hoc testu byl zjištěn vztah mezi průměrnou rotací kloubu a umístěním týmu v tabulce. Například, Tým 3 s vyšší průměrnou vnitřní rotací kloubu se umístila lépe (první čtvrtina tabulky) než ostatní týmy s nižšími hodnotami. Podobně, tým Tým 4, s nejvyšší vnější rotací kloubu, je v tabulce výše než tým Tým 1 s nejnižší vnější rotací kloubu.

Podle analýzy ANOVA a Thomasova testu existují statisticky významné rozdíly mezi týmy ve sledovaných proměnných, ale nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi levou a pravou stranou, ani statisticky významná interakce mezi týmem a stranou.

Přestože zkrácení prsního svalu neukázalo statisticky významné rozdíly mezi týmy, analýza flexibility hlezenního kloubu mezi různými týmy a mezi dvěma stranami ukázala statisticky významné rozdíly. Toto může znamenat, že týmy s lepší flexibilitou hlezenního kloubu mohou mít výhodu v hokeji.

## 7.9 Diskuse

Statistické analýzy, jako je analýza variance (ANOVA), t-test, Fisherův test a post-hoc testy, jsou cennými nástroji pro zkoumání a interpretaci dat v mnoha oborech, včetně sportovní vědy. Nicméně, stejně jako u všech nástrojů, je důležité rozumět jejich omezením a podmínkám pro jejich optimální použití (Lix, Keselman, & Keselman, 1996).

Zaprvé, všechny tyto testy předpokládají, že data jsou nezávislá, což znamená, že hodnoty jedné skupiny neovlivňují hodnoty druhé skupiny. Zadruhé, tyto statistické testy jsou

nejvíce vhodné pro vzorky s vyšším počtem naměřených hodnot. Ve sportovním kontextu to může znamenat, že v týmu musíme analyzovat a hodnotit větší počet hráčů, aby byly tyto testy statisticky robustní a mohly spolehlivě detekovat skutečné rozdíly (Zar, 1999). Když je počet hráčů v týmu nízký (například 10, jak bylo v tomto případě), statistická síla těchto testů se snižuje a může vést k falešně negativním výsledkům (Type II chyby), kde skutečný rozdíl není detekován.

Je také důležité zdůraznit, že kvalita měření hraje klíčovou roli při provádění těchto testů. Měření jako je rotace v kloubech nebo různé vytrvalostní testy mohou být zvláště problematické, protože jsou často závislá na subjektivním hodnocení, zkušenostech a dovednostech toho, kdo měří (Atkinson & Nevill, 1998). Také kvalita použitých nástrojů může mít značný vliv na výsledky měření. Pokud nástroje nejsou přesné nebo nejsou používány správně, mohou výsledky zkreslit a snížit spolehlivost statistických testů.

Co se týče subjektivity v testech vytrvalosti, jako je „plank“, je to další omezení. Hráči mohou skončit test předčasně z mnoha důvodů, a to nejen kvůli své fyzické schopnosti udržet pozici. Může se jednat o nedostatek motivace, nepohodlí nebo dokonce strategii, aby si uchovali energii pro další činnost. Taková rozhodnutí mohou výrazně ovlivnit výsledky testu a vytvářejí další vrstvu subjektivity, která může zkreslit výsledky (Impellizzeri, Rampinini, & Marcora, 2005).

Přestože statistické metody, jako je ANOVA a t-test, mohou být v některých případech vhodné pro analýzu dat ve sportovní vědě, je důležité je používat s porozuměním jejich omezení a vhodnosti pro konkrétní kontext. Problémy s kvalitou měření, malým počtem vzorků a subjektivitou vyžadují opatrnost při interpretaci výsledků těchto testů.

Naše studie sice byla primárně zaměřena na hodnocení jednostranného zatížení hráčů. Nicméně během analýzy dat bylo možné identifikovat řadu sekundárních poznatků, které mohou představovat další hodnotu pro pochopení dynamiky sportovních výkonů.

Začneme otázkou rotace kloubu. Bylo zjištěno, že průměrné hodnoty rotace kloubů se statisticky významně liší mezi týmy. To naznačuje, že rotace kloubu může být důležitým faktorem při hodnocení sportovního výkonu hráčů. Zajímavě, týmy, jako je Tým 3 a Tým 4, které vykázaly vyšší hodnoty vnitřní a vnější rotace kloubu, se umístily lépe v tabulce. Toto zjištění podporuje argument, že fyzická kondice hráčů, jak je zastoupena rotací kloubu, může hrát důležitou roli v úspěchu týmu (Bouillon et al., 2021).

Nicméně je třeba si uvědomit, že korelace není totéž co kauzalita. I když naše data naznačují vztah mezi rotací kloubu a pozicí v tabulce, nelze z těchto výsledků automaticky vyvodit, že lepší rotace kloubu přímo způsobuje lepší výkony na ledě. Mnoho dalších faktorů

může hrát roli, včetně taktických rozhodnutí, technických dovedností hráčů, týmového ducha a dalších psychologických faktorů (Eccles & Tenenbaum, 2004).

Co se týče zkrácení prsního svalu, naše studie nenašla statisticky významné rozdíly mezi týmy. Toto je významné zjištění samo o sobě a může naznačovat, že tato specifická fyzická vlastnost nemusí mít tak výrazný vliv na výkony v hokeji. Je možné, že tréninkové programy všech týmů jsou v tomto ohledu dostatečně robustní, aby tuto potenciální slabost minimalizovaly.

Na druhou stranu, analýza flexibility hlezenního kloubu mezi různými týmy ukázala statisticky významné rozdíly. Toto je významný poznatek, protože hlezenní kloub je klíčovým kloubem pro mnoho pohybů v hokeji, včetně bruslení.

Náš výzkum ukázal statisticky významné jednostranné zatížení u zkoumaného souboru hráčů. Toto zjištění je v souladu s očekávanými výsledky (Benson & Meeuwisse 2005, Evans 2022), neboť hokej je sportovní disciplína s inherentním jednostranným zatížením. Jednostranné zatížení se v hokeji projevuje zejména v asymetrických pohybech při bruslení, střelení a přihrávkách, které jsou základními prvky hokeje. Následně, tato jednostranná aktivita může vést k nerovnováze v svalových skupinách, které se při těchto aktivitách nejvíce zapojují.

Statisticky významné jednostranné zatížení jsme zaznamenali i u rotace kolenních kloubů. Tato skutečnost je logickým důsledkem specifické techniky bruslení v hokeji, kdy hokejista intenzivně využívá kolenní klouby pro ovládání směru a rychlosti pohybu (Evans 2022). Následně, opakované a jednostranné zatížení tohoto kloubu může vést ke vzniku dysbalance mezi svalovými skupinami, které kolenní kloub ovládají, což může způsobit dlouhodobé zdravotní komplikace.

Zkrácení prsního svalu je další důsledek jednostranného zatížení, které jsme identifikovali u našeho výzkumného souboru a některé studie a publikace jej uvádějí také nebo jej alespoň zmiňují (Evans 2022, Wyss & Patel 2005, Zemková et al. 2013). Při hokejových pohybech je prsní sval intenzivně zapojen, zejména při střelbě a přihrávkách, kde je potřeba vynaložit značnou sílu a rychlost. Přitom dochází k opakovanému stahu a prodloužení tohoto svalu, což může při dlouhodobém jednostranném zatížení vést ke zkrácení svalu na jedné straně těla.

Je důležité poznamenat, že i když jednostranné zatížení je charakteristické pro hokej a může přispívat ke sportovnímu výkonu, dlouhodobě může vést k poruchám držení těla a potenciálně k zranění (Evans 2022). Proto je důležité, aby hokejisté pravidelně prováděli kompenzační cvičení a aby byli pravidelně sledováni odborníky na sportovní medicínu a aby tak mohli předcházet potenciálním zdravotním komplikacím (Wyss & Patel 2005).

Kompenzační cvičení jsou zásadním prvkem pro účinnou prevenci zranění. Tato cvičení by měla být navržena tak, aby vyvažovala jednostranné zatížení, ke kterému dochází při hokeji, a měla by zaměřovat se na posílení antagonistických svalových skupin a na rozvoj flexibility svalů, které jsou nejvíce zatíženy. Toto je zvláště důležité u hráčů, u nichž bylo zjištěno zkrácení prsního svalu nebo nerovnováha v rotaci kolenního kloubu, což uvádí také Evans (2022).

Kromě toho je pravidelný dohled odborníků na sportovní medicínu a fyzioterapii klíčový pro detekci a řešení jakýchkoli zdravotních problémů včas, ještě předtím, než se stanou vážnými. Tyto odborníky může tvořit multidisciplinární tým, který sleduje fyzický stav hokejistů, hodnotí případné rizikové faktory a poskytuje cílené intervence pro zlepšení jejich fyzicky a prevenci zranění.

Následně, i když naše studie ukázala, že mezi jednotlivými týmy nebyly statisticky významné rozdíly v jednostranném zatížení, je důležité, aby každý tým zohlednil specifické potřeby svých hráčů a poskytl jim adekvátní podporu. Každý jednotlivec může být ovlivněn jednostranným zatížením v různé míře, a tak by měl být přístup k prevenci a léčbě individualizovaný, což potvrzuje Benson (2005) a Noormohammadpour (2016), kteří popisují nejen u hokejistů různé terapeutické plány a chronologii léčby.

Ve světle našich zjištění, důraz na prevenci zranění, správnou fyziologickou přípravu a sledování fyzické kondice by měl být integrální součástí tréninkového programu každého hokejového týmu. Toto nejen zlepší sportovní výkon, ale také pomůže udržet hráče zdravé a schopné pokračovat ve své kariéře na delší dobu.

Během realizace tohoto výzkumu jsme se setkali s řadou výzev, zvláště vzhledem k náročnosti měření, která byla prováděna. Jelikož autor studie byl ve většině případů jediným výzkumným pracovníkem, narážel na omezení daná kapacitou jednoho výzkumníka. Přestože byla příležitostně využita odborná asistence fyzioterapeuta, bylo třeba přistoupit k zjednodušenému modelu výzkumu.

Je důležité zdůraznit, že měření fyziologických parametrů a biomechanických dat je náročné a komplexní. Ve výzkumech, které se zabývají podobnými tématy, je často zapotřebí tým odborníků, kteří se specializují na různé oblasti, jako jsou biomechanika, fyziologie nebo rehabilitace, tak jako tomu bylo například ve studiích Zemková et al. (2013) nebo Jacksteit et al. (2021), kdy tým výzkumníků sestával i s 5 členů. Toto rozdělení rol umožňuje větší hloubku a přesnost v rámci prováděných měření a analýz.

Na druhé straně je důležité uvést, že i přesto, že jsme byli omezeni na zjednodušený model výzkumu, naše studie přináší cenné poznatky. Zjištění jsou relevantní a konzistentní

s existující literaturou (Evans 2022, Zemková 2013, Noormohammadpour 2016). Navíc, zjednodušený model výzkumu může být užitečný pro předběžný průzkum nebo pilotní studie, které následně mohou informovat a formovat budoucí, více detailní a robustní výzkumy, což je metodologicky relevantní postup (Dawson 2019).

Přesto se ukazuje, že pro budoucí podobné studie je klíčová spolupráce týmu odborníků, kteří se budou podílet na jednotlivých etapách výzkumu. To by mělo vést k větší přesnosti a hloubce získaných dat a tím ke kvalitnější interpretaci výsledků. Tato studie tak může sloužit jako platforma pro další výzkum v této oblasti, přičemž by měly být zohledněny výše zmíněné poznatky.

Použité nástroje (posuvné měřidlo, goniometr, ...) při diagnostických testech samozřejmě mají svou roli a hodnotu, ale je třeba si uvědomit i jejich limity a možná omezení.

Prvně, Thomasův a FABER test jsou testy, které vyžadují velkou míru subjektivity, což může vést k některým obtížím. Obě tyto metody, používané k detekci možných kontraktur nebo patologií kyčelních kloubů, jsou závislé na vizuálním pozorování a interpretaci fyzioterapeuta. Tato subjektivita může být zdrojem nekonzistence a nepřesností. Přestože tyto testy mají svou hodnotu, nemohou samy o sobě poskytnout úplný a kvantitativní obraz o stavu kyčelního kloubu sportovce.

Pokud používáme goniometr, běžně používaný nástroj pro měření rozsahu pohybu kloubu, můžeme se potýkat s určitými omezeními. Jeho použití je silně závislé na dovednostech a zkušenostech terapeuta, který musí goniometr správně umístit a interpretovat výsledky. Kromě toho goniometr poskytuje jen statické měření, nemůže tedy zaznamenat dynamiku pohybu, což je klíčový aspekt v hokeji, sportu vyžadujícím rychlý a dynamický pohyb.

Pokud jde o posuvné měřidlo, je to nástroj, který může být velmi užitečný pro měření různých fyzických parametrů, ale pokud jde o hodnocení funkce kyčelního kloubu, jeho použitelnost je omezená.

Výše uvedené limity ukazují na potřebu zahrnutí dalších metod a technologií pro efektivní a přesné hodnocení kyčelních kloubů hokejistů. Dnes jsou k dispozici technologie, jako je 3D pohybová analýza nebo dynamické ultrazvukové zobrazování, které mohou poskytnout detailní a kvantitativní informace o pohybu a funkci kyčelních kloubů.

## ZÁVĚR

Studie odhalila významné rozdíly v fyzických schopnostech hráčů mezi jednotlivými týmy. Byla identifikována možná souvislost mezi fyzickými schopnostmi hráčů a úspěšností týmu. Studie nevyvozovala přímou kauzalitu mezi specifickými fyzickými schopnostmi a úspěchem na ledě. Statisticky významné rozdíly byly zjištěny v průměrných hodnotách rotace kloubů mezi různými týmy. Post-hoc analýza odhalila vztah mezi průměrnou rotací kloubu a umístěním týmu v tabulce. Výsledky analýzy ANOVA a Thomasova testu potvrdily statisticky významné rozdíly mezi týmy ve sledovaných proměnných. Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi levou a pravou stranou, ani statisticky významná interakce mezi týmem a dominantní stranou hráče. Studie ukázala statisticky významné rozdíly v flexibilitě hlezenního kloubu mezi týmy i mezi levou a pravou stranou hráčů. Fyzické schopnosti hokejistů, jako je flexibilita hlezenního kloubu a rotace kloubu, mohou ovlivnit úspěch týmu v sezóně. Je třeba provést další studie k prozkoumání těchto aspektů v detailu.

Abychom mohli tyto aspekty lépe prozkoumat, měli bychom zaměřit své další studie na několik konkrétních oblastí. Za prvé, zkoumat tréninkové programy jednotlivých týmů by nám mohlo poskytnout užitečné informace o tom, jak tyto programy ovlivňují fyzické schopnosti hráčů. Mohli bychom sledovat, jaké druhy cvičení týmy zařazují do svých programů a jak tyto cvičení korelují s různými fyzickými schopnostmi hráčů.

Navíc bychom mohli využít pokročilejších technologií pro měření fyzických schopností hráčů. Například 3D pohybová analýza nebo dynamické ultrazvukové zobrazování by mohlo poskytnout kvalitativněji a detailnější údaje o pohybu a funkci kloubů hráčů než tradiční metody, jako jsou goniometr nebo posuvné měřidlo. Tyto technologie by mohly odhalit jemné nuance v pohybu hráčů, které by jinak zůstaly nepovšimnuty.

Za třetí, mohli bychom se pokusit zkoumat genetické predispozice hráčů. Přestože je genetika složitá a stále ještě máme hodně co objevovat, určité genetické markery by mohly hrát roli v fyzických schopnostech hráčů a jejich schopnosti zvládat náročný trénink.

V rámci budoucích studií by také bylo užitečné věnovat pozornost různým sociálním a psychologickým faktorům, které mohou ovlivňovat výkon týmu. Tyto faktory mohou zahrnovat týmovou dynamiku, mentální zdraví hráčů, stres nebo tlak na výkon.

Závěrem, jakýkoli přístup, který se snaží plně pochopit složitou problematiku, jako je výkon týmu v hokeji, musí být multidisciplinární a zahrnovat různé metody a nástroje. Pouze tak můžeme získat plné pochopení toho, jak různé faktory, od fyzických schopností hráčů až po sociální a psychologické aspekty, ovlivňují výkon týmu.

## CITACE

BAGWELL, J.J., BAUER, L., GRADOZ, M. a GRINDSTAFF, T.L. THE RELIABILITY OF FABER TEST HIP RANGE OF MOTION MEASUREMENTS. *Int J Sports Phys Ther* [online]. 2016, vol. 11, no. 7, s. 1101-1105 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: PMID: 27999724; PMCID: PMC5159634.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C., CARDIEL-GARCÍA, M., & JIMÉNEZ, S. L. "Bilateral and unilateral load-velocity profiling in a machine-based, single-joint, lower body exercise." In: *PloS one*, 2019, vol. 14, no. 9. DOI: 10.1371/journal.pone.0222632.

BENSON, B. W., & MEEUWISSE, W. H. "Ice hockey injuries." In: *Medicine and sport science*, 2005, vol. 49, s. 86–119. DOI: 10.1159/000085393.

Biomechanical Analysis of Penalty Corner Drag Flick in Field Hockey Franklin 2023

COX, Michael M., Jennifer A. DOUDNA a Michael O'DONNELL. *Molecular biology: principles and practice*. New York: W.H. Freeman and Company, 2012. ISBN 978-0-7167-7998-8.

FERRAZ, A., VALENTE-DOS-SANTOS, J., SARMENTO, H., DUARTE-MENDES, P., & TRAVASSOS, B. "A Review of Players' Characterization and Game Performance on Male Rink-Hockey." In: *International journal of environmental research and public health*, 2020, vol. 17, no. 12. DOI: 10.3390/ijerph17124259.

FISCHLER, Stan a Shirley FISCHLER. *Who's Who in Hockey*. Kansas City: Andrews McMeel Publishing, 2003

FRANKLIN, R. Sathesh. *Biomechanical Analysis of Penalty Corner Drag Flick in Field Hockey*. [s.l.]: Independent Author, 2023. ISBN 5452214984.

FUNG, Y.-C. *Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues*. New York: Springer-Verlag, 1993. ISBN 0-387-97947-6.

HALADOVÁ, Eva. *Vyšetřovací metody hybného systému*. Praha: Národní centrum ošetrovatelství (NCO NZO), 2010. 135 s. ISBN 978-80-7013-516-7.

HILL, A. V. "The heat of shortening and dynamics constants of muscles". In: Proc. R. Soc. Lond. B. [online]. London: Royal Society, 1938, vol. 126, issue 843, pp. 136-195. ISSN 0962-8452. doi:10.1098/rspb.1938.0050.

HORSCHIG, Aaron. Rebuilding Milo. Enciclopedia del sollevamento pesi. Erika, 2022. 416 s. ISBN 9788898574797.

JACKSTEIT, R., STÖCKEL, T., BEHRENS, M., FELDHEGE, F., BERGSCHMIDT, P., BADER, R., MITTELMEIER, W., SKRIPITZ, R., & MAU-MOELLER, A. "Low-Load Unilateral and Bilateral Resistance Training to Restore Lower Limb Function in the Early Rehabilitation After Total Knee Arthroplasty: A Randomized Active-Controlled Clinical Trial." In: Frontiers in medicine, 2021, vol. 8. DOI: 10.3389/fmed.2021.628021.

JANDA, Vladimír. Funkční svalový test. Praha: Grada, 1996. 328 s. ISBN 80-7169-208-5.

JANDA, Vladimír. Svalové funkční testy: kniha obsahuje 401 obrázků a 65 tabulek. Vyd. 1. Praha: Grada, 2004, 325 s. ISBN 80-247-0722-5.

JARMEY, Chris. The Concise Book of Muscles, Fourth Edition. North Atlantic Books, 2018. ISBN 1623173388.

KABELÍKOVÁ, Karla a Marie VÁVROVÁ, 1997. Cvičení k obnovení a udržování svalové rovnováhy: (průprava ke správnému držení těla). Praha: Grada. ISBN 978-80-7169-384-0.

KENDALL, Florence Peterson, Elizabeth K. Kendall MCCREARY a Patricia Geise PROVANCE. Muscles: Testing and Function, with Posture and Pain. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2010. ISBN 978-1451104318.

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

KONOR, M.M. et al. Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion. Int J Sports Phys Ther [online]. 2012, vol. 7, no. 3, s. 279-87 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: PMID: 22666642; PMCID: PMC3362988.

KOOLMAN, Jan a Klaus-Heinrich RÖHM. Barevný atlas biochemie. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-2977-0.

LEWIS, J.S. a VALENTINE, R.E. The pectoralis minor length test: a study of the intra-rater reliability and diagnostic accuracy in subjects with and without shoulder symptoms. BMC



Musculoskelet Disord [online]. 2007, vol. 8 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: doi: 10.1186/1471-2474-8-64. PMID: 17620136; PMCID: PMC1934353.

LEWIT, K., 2003. Manipulační léčba v myoskeletální medicíně. 5. přeprac. vyd. Praha: Sdělovací technika ve spolupráci s Českou lékařskou společností J.E. Purkyně. 411 s. ISBN 80-866-4504-5.

MARTINS, J. A. C., PIRES, E. B., SALVADO, R., DINIS, P. B. "Numerical model of passive and active behavior of skeletal muscles". In: Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. [online]. Elsevier, 1998, vol. 151, issue 3-4, pp. 419-433. ISSN 0045-7825. doi:10.1016/S0045-7825(97)00162-X.

MASLOWSKI, E. et al. The diagnostic validity of hip provocation maneuvers to detect intra-articular hip pathology. PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation [online]. 2010, vol. 2, no. 3, s. 174–181 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.pmrj.2010.01.014.

MAUSEHUND, L., SKARD, A. E., & KROSSHAUG, T. "Muscle Activation in Unilateral Barbell Exercises: Implications for Strength Training and Rehabilitation." In: Journal of strength and conditioning research, 2019, vol. 33, Supplement 1, s. S85–S94. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002617.

MÜLLER, I.: Bolestivé syndromy pohybového ústrojí. Vydavatelství IDVPZ, Brno, 1995.

NOORMOHAMMADPOUR, P. et al. Low back pain status of female university students in relation to different sport activities. European Spine Journal, 2016, 25.4: 1196-1203.

NUSSBAUMER, S. et al. Validity and test-retest reliability of manual goniometers for measuring passive hip range of motion in femoroacetabular impingement patients. BMC Musculoskelet Disord [online]. 2010, vol. 11 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: doi: 10.1186/1471-2474-11-194. PMID: 20807405; PMCID: PMC2942800.

O'NEILL, Bill a BLACK, Ryan. The Great Book of Ice Hockey: Interesting Facts and Sports Stories. [s.l.]: [s.n.], 2017.

PANDY, Marcus G., ZAJAC, Felix E., SIM, Eunsup, LEVINE, William S. "An optimal control model for maximum-height human jumping". In: Journal of Biomechanics. [online]. Elsevier, 1990, vol. 23, issue 12, pp. 1185-1198. ISSN 0021-9290. doi:10.1016/0021-9290(90)90376-E.

PEELER, J.D. a ANDERSON, J.E. Reliability limits of the modified Thomas test for assessing rectus femoris muscle flexibility about the knee joint. *J Athl Train* [online]. 2008, vol. 43, no. 5, s. 470-6 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: doi: 10.4085/1062-6050-43.5.470. PMID: 18833309; PMCID: PMC2547866.

PINCUS, Arthur, Dave ROSNER, Len HOCHBERG a Chris MALCOLM. NHL: oficiální ilustrovaná historie. Přeložil Karel KOPIČKA. Praha: Dobrovský, 2019. Knihy Omega. ISBN 978-80-7585-720-0.

PODĚBRADSKÁ, R., 2018. Komplexní kineziologický rozbor: funkční poruchy pohybového systému. Praha: Grada Publishing. 176 s. ISBN 978-80-271-0874-9

PODĚBRADSKÁ, R., ŠARMÍROVÁ, M., 2017. Funkční poruchy pohybového systému. *Praktický lékař* [online]. 97 (5), 198-201 [cit. 2020-04-01]. ISSN 1805- 4544.

PODĚBRADSKÝ, Jiří, 2009. Fyzikální terapie: manuál a algoritmy. ISBN 978-80-247-2899-5.

PODNIIEKS, Andrew. The Toronto Maple Leafs Ultimate Book of Facts, Stats, and Stories [online]. 2015 [cit. 24.1.2020]. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=nelnBgAAQBAJ&pg=PA76&lpg=PA76&dq=nhl+final+1942+book&source=bl&ots=7F3hlmvELx&sig=ACfU3U0vRipSI268oX4PLNHahiZdiystag&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEw>

SPURWAY, Neil a Henning WACKERHAGE. *Genetics and Molecular Biology of Muscle Adaptation: Advances in Sport and Exercise Science Series*. 1st Edition. Edinburgh: Churchill Livingstone, 2006. ISBN 978-0443100772.

Stuart A Evans. The Biomechanics of Ice Hockey: Health and Performance Using Wearable Technology. *J. Mens. Health* 2022, 18(9), 193.

Stuart A Evans. The Biomechanics of Ice Hockey: Health and Performance Using Wearable Technology. *J. Mens. Health* 2022, 18(9), 193. <https://doi.org/10.31083/j.jomh1809193>

SZUKICS, P. F., OTLANS, P. T., AREVALO, A., MEADE, M., DELUCA, P., & SALVO, J. P. "A Scoping Review of Injuries in Amateur and Professional Men's Ice Hockey." In:

Orthopaedic journal of sports medicine, 2022, vol. 10, no. 4. DOI:  
10.1177/23259671221085968.

TERRY, Michael a GOODMAN, Paul. Hockey Anatomy. Human Kinetics, 2018. ISBN  
1492535885.

THIBAudeau, Christian. Theory and Application of Modern Strength and Power Methods:  
Modern methods of attaining super-strength. [s.l.]: [s.n.], 2014. ISBN 978-1499766455.

TOMKINS, Zerina, ed. *Applied anatomy & physiology: an interdisciplinary approach*.  
Chatswood: Elsevier, [2020]. ISBN 978-0-7295-4319-4.

UPJOHN, T. et al. Three-dimensional kinematics of the lower limbs during forward ice  
hockey skating. *Sports Biomechanics*, 2008, 7.2: 206-221.

VIGOTSKY, A. et al. The modified Thomas test is not a valid measure of hip extension  
unless pelvic tilt is controlled. *PeerJ* [online]. 2016, vol. 4 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: doi:  
10.7717/peerj.2325.

WEAVER, Robert Franklin. *Molecular biology*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, c2012.  
ISBN 978-0-07-131686-6.

WYSS, James F. a Amrish D. PATEL, ed. *Therapeutic programs for musculoskeletal  
disorders*. New York: Demos Medical, 2013. ISBN 978-1-936287-40-6.

ZEMKOVÁ, E., POÓR, O., & JELEŇ, M. "Between-side differences in trunk rotational  
power in athletes trained in asymmetric sports." In: *Journal of back and musculoskeletal  
rehabilitation*, 2019, vol. 32, no. 4, s. 529–537. DOI: 10.3233/BMR-181131.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Klumplová noha u dítěte .....	18
Obrázek 2 Spondylolistéza .....	19
Obrázek 3 Fazické a tonické svalové skupiny.....	21
Obrázek 4 Držení těla .....	22
Obrázek 5 Normální sval a úpon vs. hypertrofický sval s entezopatií .....	24
Obrázek 6 Elektromyografie .....	25
Obrázek 7 Hokejová figura při bruslení .....	29
Obrázek 8 Vnější rotace kyčelního kloubu .....	44
Obrázek 9 Vnitřní rotace .....	46
Obrázek 10 Patrikova zkouška .....	47
Obrázek 11 Thomasův test .....	48
Obrázek 12 Test zkrácení velkého prsního svalu .....	49
Obrázek 13 Měření flexe kyčelního kloubu .....	50
Obrázek 14 Test mobility hlezenního kloubu .....	51
Obrázek 15 Tanita použitá v této práci.....	52
Obrázek 16 Výsledku testu ANOVA vnější a vnitřní rotace .....	65
Obrázek 17 Tukeyův HSD test významnosti rozdílů rotací mezi jednotlivými týmy .	66
Obrázek 18 T-test jednostranného zatížení u vnitřní a vnější rotace.....	68
Obrázek 19 Faber test – ANOVA .....	69
Obrázek 20 Jednovýběrový t-test u Patrikovy zkoušky .....	70
Obrázek 21 Výstup analýzy ANOVA z programu R .....	71
Obrázek 22 T-test jednostranného zatížení pro Thomasův test.....	72
Obrázek 23 Identifikace jednostranného zatížení.....	73
Obrázek 24 Výstup analýzy ANOVA z jazyka R .....	74
Obrázek 25 Výsledek Kruskal-Willisova testu v jazyce R .....	75
Obrázek 26 T-test zkrácení prsního svalu v rámci jednostranného zatížení .....	76
Obrázek 27 T-test flexibilita hlezenního kloubu .....	78

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Deskriptivní statistiky Týmu 1 .....	60
Tabulka 2 Deskriptivní statistika Týmu 2 .....	61
Tabulka 3 Deskriptivní statistika Týmu 3 .....	62
Tabulka 4 Deskriptivní statistika Týmu 4 .....	63

# SEZNAM PŘÍLOH

## Příloha č. 1: Žádost o vyjádření Etické komise UK FTSV

### Žádost o vyjádření Etické komise UK FTSV

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

**Název projektu:** Diagnostika jednostranného zatížení v ledním hokeji

**Forma projektu:** výzkumná práce - diplomová práce

**Období realizace:** květen 2023 – červen 2023

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

**Předkladatel:** Bc. Václav Beran

**Hlavní řešitel:** Bc. Václav Beran

**Místo výzkumu (pracoviště):** v posilovných klubech

HC Spatra Praha – Sportovní hala FORTUNA Za Elektrárnou 419 170 00 Praha 7

HC Tygři Liberec – Jeronýmova 494/20, 460 07 Liberec

HC Dynamo Pardubice - Sukova třída 1735, 530 02 Pardubice

HC Mountfield Hradec Králové – Komenského 1214/2 500 03 Hradec Králové

**Vedoucí práce (v případě studentské práce):** PhDr. Radim Jebavý, Ph.D.

**Popis projektu:** Cílem této diplomové práce je přispět k řešení problematiky jednostranného zatížení u hráčů ledního hokeje v kategorii juniorů ve věku 17-19 let. Bude provedeno anonymní vyšetření svalového aparátu pomocí 6 jednoduchých testových cviků. Vyšetření jedné testované osoby trvá kompletně 10 minut, není nijak bolestivé, náročné a proběhne pouze jednou. Tělesné složení bude měřeno na principu bioelektrické impedance, což je metoda umožňující stanovit nejen jednotlivé komponenty tělesného složení (tělesný tuk, tukuprostá hmota, celková tělesná voda apod., ale i segmentální analýzu svalové hmoty. Pro účely naší práce použijeme aparaturu TANITA InnerScan V. Měření proběhne anonymně jednorázově. Výzkum hráčů bude dále probíhat formou dotazníku, který hráči dostanou v průběhu testování. Dotazník bude v papírové formě. Otázky nebudou zjišťovat žádná citlivá data. Výsledky analýzy by mohli posloužit pro optimalizaci tréninkového procesu.

**Charakteristika účastníků výzkumu:** Předpokládaný počet účastníků bude přibližně 30 extraligových juniorů, kteří mají platnou zdravotní prohlídku bez omezení sportu a k TV. Jejich věk se pohybuje v rozmezí 17-19 let. Do projektu nemůže být zařazen proband, který bude mít zranění, akutní zejména infekční onemocnění nebo proband s jakýmkoli onemocněním či omezením pohybového aparátu a v rekonvalescenci po nemoci či úrazu.

Hlavní řešitel s vedoucím práce budou probandy vybírat. Jak budete oslovovat probandy

**Zajištění bezpečnosti:** Metoda výzkumu je neinvazivní. Měření bude provádět řešitel osobně pod dohledem osoby zodpovídající za danou skupinu dětí (trenér).

Výzkum proběhne za standardních bezpečnostních podmínek proškolenými pracovníky laboratoře dle instrukcí výrobce zaškolenou obsluhou při dodržení bezpečnostních pravidel. Budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí a adekvátní příprava účastníků k provádění aktivit v rámci daného výzkumu. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem.

Samotné měření na přístroji TANITA trvá zhruba 30 vteřin a není nijak náročné, nebolí. Na měření na přístroji se nemusíte svlékat. Sundáte si pouze obuv, kovové doplňky (hodinky, šperky...) a naboso se postavíte na přístroj, uchopíte dvě rukojeti a vydržíte v klidu. Po zadání základních údajů do přístroje (výška, věk, pohlaví) již přístroj provede analýzu sám. Měření se nemůžou zúčastnit osoby s kardiostimulátorem.

**Etické aspekty výzkumu:** Výzkum zahrnuje dospělé osoby i vulnerabilní skupinu nezletilých osob, u kterých nám výsledky následujících testů mohou pomoci odhalit dopady jednostranného zatížení a tělesné parametry. Tento výzkum může být brán jako prevence proti zranění, zlepšení způsobu tréninku a dohled na správný tělesný rozvoj

Projekt se týká hráčů ve věku 17-19 let. Budou provedena jednoduchá, bezbolestná měření šesti testových cviků v oděvu, na pohyblivost a silovou zdatnost. Naměřená data budou využita pouze ke statistickému zpracování v rámci vyhodnocení vědecké části diplomové práce. Řešitel je nestranný vůči všem klubům. Data budou uvedena a porovnávána v anonymní podobě. Účast ve studii je dobrovolná. Jména osob nebudou nikde zveřejněna. Práce se týká diagnostiky jednostranného zatížení u hráčů ledního hokeje ve věku 17-19 let. Není tedy možné provést sběr dat u jiné věkové kategorie. Je nutné data získat u takto starých hráčů.

**Potenciální střet zájmů:** Neexistuje žádná skutečnost, která by mohla ovlivnit objektivitu výzkumu. Soukromý zájem na výsledku výzkumu neexistuje ani ze strany hlavního řešitele ani ze strany jakékoli instituce. Výsledky výzkumu nevedou k žádnému osobnímu prospěchu, tudíž integrita ani důvěryhodnost tohoto výzkumu nebude ohrožena.

**Ochrana osobních dat:** Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje: kalendářní věk, váha a výška, data získaná výše uvedenými metodami - budou bezpečně uchovány v osobním, heslem zabezpečeném počítači řešitele v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít pouze řešitel, popřípadě vedoucí diplomové práce za dozoru řešitele a budou do 1 dne po testování přepsány do anonymní formy. Hráči budou evidováni pomocí čísel. Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby – budu dbát na to, aby jednotlivé osoby nebyly rozpoznatelné v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou do 1 dne po testování anonymizovaná.

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

**Poživování fotografií/videí/audio nahrávek účastníků:** Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie, audionahrávky ani videozáznamy.

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

**Text informovaného souhlasu (IS):** přiložen v příloze

Povinnosti všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebecenzuru, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně. Potvrzují, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne: 4.5.2023

Podpis předkladatele:

Datum a podpis odpovědného pracovníka z místa výzkumu:

### Vyjádření Etické komise UK FTVS

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

Členové: prof. MUDr. Jan Heller, CSc. Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.  
prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc. Mgr. Tomáš Ruda, Ph.D.  
PhDr. Pavel Hráský, Ph.D. MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: ..... 096/2023 .....

dne: ..... 5.5.2023 .....

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

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

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6  
– 20 –

.....  
podpis předsedkyně EK UK FTVS

## Příloha č. 2: Informovaný souhlas

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

### INFORMOVANÝ SOUHLAS k žádosti 96/2023

Vážený pane, Vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicíně č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí / účastí Vašeho dítěte ve výzkumném projektu na UK FTVS v rámci diplomové práce a názvem *Diagnostika jednostranného zatížení v ledním hokeji*, prováděné v posilovnách sportovních klubů.

Projekt bude probíhat v období: květen 2023 – červen 2023

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

Cílem výzkumu je podrobně popsat svalové dysbalance a vzniklé posturální vady pohybového systému hráčů ledního hokeje v kategorii juniorů.

Jedná se o neinvazivní metody

Praktická část bude probíhat tak, že Vy / Vaše dítě provede 6 jednoduchých testových cviků, kde budeme měřit rozsah pohybů a to: (vnitřní a vnější rotace kolene, zkrácení zadních, předních svalů stehna a veliký prsní sval. Dále budeme měřit ohybače kyčelního kloubu a mobilitu kotníku. Každý cvik bude proveden jednou na každé straně. Testování bude trvat cca 5 minut. K měření bude využit goniometr a posuvné měřítko.

Dále bude provedena analýza tělesného složení. Tělesné složení Vám / Vašemu dítěti bude měřeno přístrojem, který funguje na principu bioelektrické impedance (TANITA InBody Sca V).

Samotné měření na přístroji TANITA trvá zhruba 30 vteřin a není nijak náročné, neboli. Na měření na přístroji se Vy / Vaše dítě nemusí svlékat. Sundá se pouze obuv, kovové doplňky (hodinky, šperky...) a naboso se postavíte na přístroj, uchopíte dvě rukojeti a vydržíte v klidu. Po zadání základních údajů do přístroje (výška, věk, pohlaví) již přístroj provede analýzu sám. Měření se nemůžou zúčastnit osoby s kardiostimulátorem.

Tělesné složení Vám / Vašemu dítěti bude měřeno celkem 1x. Vyšetření jedné osoby bude trvat přibližně 10 minut. Pro měření je důležité znát Vaši / Vašeho dítěte výšku a věk. Výzkum bude dále probíhat formou dotazníku, kde budete odpovídat na 6 jednoduchých otázek. Dotazník dostanete k vyplnění v průběhu testování v papírové formě. Vyplňování dotazníku zabere cca 3 minuty. Otázky nebudou zjišťovat žádná citlivá data.

Měření bude provádět řešitel osobně pod dohledem osoby zodpovídající za danou skupinu dětí (trenér).

Výzkum proběhne za standardních bezpečnostních podmínek proškolenými pracovníky laboratoře dle instrukcí výrobce zaškolenu obsluhou při dodržení bezpečnostních pravidel. Budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí a adekvátní příprava účastníků k provádění aktivit v rámci daného výzkumu. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem.

Do projektu nemůže být zařazen jedinec, pokud bude mít zranění, akutní (zejména infekční) onemocnění nebo s jakýmkoliv onemocněním či omezením pohybového aparátu a v rekonvalescenci po onemocnění či úrazu.



S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit v diplomové práci v studentském informačním systému (SIS), nebo na e-mail adrese: Beran-V@seznam.cz

Účast Vašeho dítěte / Vás v projektu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocená.

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracována v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 SB. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje: kalendářní věk, váha a výška, data získaná výše uvedenými metodami – budou bezpečně uchovány v osobním, heslem zabezpečeném počítači řešitele v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít pouze řešitel, popřípadě vedoucí diplomové práce za dozoru řešitele a budou do 1 dne po testování přepsány do anonymní formy. Hráči budou evidováni pomocí čísel. Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby – budu dbát na to, aby jednotlivé osoby nebyly rozpoznatelné v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou do 1 dne po testování anonymizována. Získaná data budou zpracována, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

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

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

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu: Bc. Václav Beran

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: Bc. Václav Beran Podpis:.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. **Potvrzuji, že já mám / mé dítě má platnou zdravotní prohlídku od odborného lékaře bez omezení způsobilosti k pohybovým aktivitám.** Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu. Dále potvrzuji, že mi byl předán jeden originál vyhotovení tohoto informovaného souhlasu.

Místo, datum .....

Jméno a příjmení účastníka ..... Podpis: .....

## Příloha č. 3: Dotazník pro hráče

### Anketa pro hráče

1. Na jakou stranu držíš hokejku?

levá       pravá

2. Jaký je tvůj post?

útočník       obránce       brankář

3. Věnoval jsi se vedle hokeje pravidelně i jinému sportu? (dětství)

Ne       1-4 roky       5 a více let

4. Věnuješ se vedle hokeje v hlavní sezóně navíc i jinému sportu? (současnost)

Ne       1-2x týdně       3x a více krát týdně

5. Měl jsi v letošní sezóně nějaké zranění, nebo úraz, který tě vyřadil z tréninku na více jak 7 dní?

Ne       horní polovina těla       dolní polovina těla

6. Pokud jsi v letošní sezóně měl zranění, které tě vyřadilo z tréninku na více jak 7 dní, jaký mělo charakter?

Vaz       Kost       Sval

## Příloha č. 4: Dotazník pro hráče

### Anketa pro trenéry

1. Zařazujete kompenzační cvičení v hlavní části sezóny?  
 Ne       1 - 2x týdně       3 a více krát týdně
2. Jakou formu kompenzačních cvičení v hlavní části sezóny zařazujete?  
 Individuální     Hromadné       Skupinové
3. Kolikrát týdně zařazujete silové tréninky v hlavní části sezóny?  
 0–1       2–3       4 a více krát
4. Kdo řídí silové tréninky?  
 Nikdo (Individuálně) |  Hlavní trenér     Kondiční trenér
5. Zařazujete do tréninku během hlavní části i jiné činnosti? (bazén, atletika, gymnastika, jóga atd.)  
 Ne       1x týdně       2 a více krát týdně
6. Spolupracujete s fyzioterapeutem?  
 Ne       Ano
7. Zohledňujete výsledky hráčů od sportovního lékaře v tréninku?  
 Ne       Ano
8. Řešíte individuálně zdravotní problémy hráčů, jako bolesti a natažení svalů (např.: bederní páteř a oblast kyčelního kloubu)?  
 Ne     hlavní trenér       kondiční trenér       fyzioterapeut
9. Sestavuje hráčům někdo individuální tréninkový plán pro návrat po zranění?  
 Ne     hlavní trenér       kondiční trenér       fyzioterapeut