

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

**EFEKT PREVENTIVNÍHO PROGRAMU NETBALLSMART  
NA UNILATERÁLNÍ DYNAMICKOU STABILITU,  
REAKTIVNÍ SÍLU A TUHOST DOLNÍCH KONČETIN U  
PRVOLIGOVÝCH HRÁČEK HÁZENÉ**

Diplomová práce

Autor: Bc. Pavlína Minářová

Studijní program: Aplikovaná fyzioterapie

Vedoucí práce: prof. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

Olomouc 2024





## **Bibliografická identifikace**

**Jméno autora:** Bc. Pavlína Minářová

**Název práce:** Efekt preventivního programu NetballSmart na unilaterální dynamickou stabilitu, reaktivní sílu a tuhost dolních končetin u prvoligových hráček házené

**Vedoucí práce:** Prof. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

**Pracoviště:** Katedra sportu

**Rok obhajoby:** 2024

### **Abstrakt:**

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit efekt preventivního programu NetballSmart Dynamic Warm-up (NSDW) na dynamickou stabilitu, reaktivní sílu a tuhost dolních končetin u prvoligových hráček házené. Současně s využitím těchto indikátorů posoudit bilaterální asymetrii dolních končetin. Jedenáct házenkářek bylo rozděleno do dvou skupin. Experimentální skupina (n = 5, věk  $21,2 \pm 1,48$  let, tělesná výška  $173,4 \pm 0,04$  cm, tělesná hmotnost  $67,84 \pm 8,5$  kg) absolvovala v rámci rozcvičení po dobu 9 týdnů 2x týdně NSDW. Kontrolní skupina (n = 5, věk  $23,6 \pm 3,78$  let, tělesná výška  $175,8 \pm 0,05$  cm, tělesná hmotnost  $81,14 \pm 26,92$  kg) se rozvíchovala standardním způsobem. Před a po devíti týdenní intervenci byla hodnocena dynamická stabilita, reaktivní síla a tuhost každé dolní končetiny. Výsledky neprokázaly pozitivní vliv devíti týdenního NSDW na dynamickou stabilitu, reaktivní sílu ani tuhost dolní končetiny. Také nebyl potvrzen vliv NSDW na bilaterální asymetrii dolních končetin, hodnocenou pomocí sledovaných parametrů. Změny bilaterální asymetrie v případě dynamické stability a reaktivní síly však naznačují, že uvedený program může kompenzovat specifické asymetrické zatížení hamstringů během sezóny. Tuto domněnku je však třeba ověřit.

### **Klíčová slova:**

Nekontaktní poranění dolních končetin, házená, NetballSmart, dynamická stabilita, reakční síla, tuhost dolních končetin, riziko zranění, bilaterální asymetrie

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

## **Bibliographical identification**

**Author:** Bc. Pavlína Minářová  
**Title:** Effect of the NetballSmart prevention program on unilateral dynamic stability, reactive strength and leg stiffness in first-league female handball players  
**Supervisor:** Prof. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.  
**Department:** Department of Sport  
**Year:** 2024

### **Abstract:**

This thesis aimed to evaluate the effect of the NetballSmart Dynamic Warm-up (NSDW) preventive program on dynamic stability, reactive strength, and leg stiffness in first-league female handball players. Simultaneously assess bilateral lower limb asymmetry using these indicators. Eleven female handball players were divided into two groups. The experimental group (n = 5, age  $21.2 \pm 1.48$  years, body height  $173.4 \pm 0.04$  cm, body weight  $67.84 \pm 8.5$  kg) underwent NSDW as part of the warm-up for nine weeks (twice a week). The control group (n = 5, age  $23.6 \pm 3.78$  years, body height  $175.8 \pm 0.05$  cm, body weight  $81.14 \pm 26.92$  kg) exercised in a standard manner. Dynamic stability, reactive strength, and stiffness of each lower limb were tested before and after the nine-week intervention. The results showed no positive effect of the nine-week NSDW on dynamic stability, reactive strength, or leg stiffness. Also, there was no confirmed effect of NSDW on bilateral lower limb asymmetry as assessed by the parameters studied. However, the changes in bilateral asymmetry for dynamic stability and reactive strength suggest that the above-mentioned program may compensate for specific asymmetric loading of the hamstrings during the season. However, this hypothesis needs to be verified.

### **Keywords:**

Non-contact lower limb injuries, handball, NetballSmart, dynamic stability, reactive strength, leg stiffness, risk of injury, bilateral asymmetry

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracovala samostatně pod vedením prof. PaedDr. Michala Lehnerta, Dr., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne [Zadejte datum]

.....

Děkuji prof. PaedDr. Michalu Lehnertovi, Dr. za ochotu a pomoc s realizací a zpracováním diplomové práce. Dále bych také chtěla poděkovat Mgr. Ivaně Hanzlíkové a Ph.D. Mgr. Ondřeji Sikorovi za pomoc se získáváním a zpracováním dat a RNDr. Jakubovi Krejčímu, Ph.D. za statistickou analýzu dat. V neposlední řadě děkuji doc. Mgr. Janu Bělkovi, Ph.D. a hráčkám DHK Zora Olomouc za spolupráci.

## SEZNAM ZKRATEK

3D	trojdimenzionální
ACC	Accident Compensation Corporation
AP	anteroposteriorní
BA	bilaterální asymetrie
CoP	působíště reakční síly
DK	dolní končetina
DKK	dolní končetiny
ES	experimentální skupina
GH	generalizovaná hypermobilita
H:Q	hamstring to quadriceps ratio
IAHF	International amateur handball federation
IBA	index bilaterální asymetri
IHF	International handball federation
IPP	injury prevention program
$K_{leg}$	leg stiffness
KS	kontrolní skupina
LCA	ligamentum cruciatum anterius
ML	mediolaterální
NHE	Nordic hamstring exercise
NMT	neuromuskulární trénink
NSDW	NetballSmart Dynamic warm-up
OSTRC	Oslo Sport Trauma Research Center
RDL	Romanian deadlift
SLRDL	Single leg Romanian deadlift
SF	srdeční frekvence
SFmax	maximální srdeční frekvence



SLST	Single leg squat task
THJT	tripple hop jump test
UVHT	unilateral vertical hop test
VAS	vizuální analogová škála

# OBSAH

1	ÚVOD.....	12
2	Přehled současných poznatků.....	13
2.1	Házená .....	13
2.1.1	Házená jako dynamický, kontaktní sport.....	13
2.1.2	Nároky na tělesnou kondici hráče házené.....	14
2.2	Zranění v házené.....	16
2.3	Nekontaktní poranění dolních končetin v házené.....	19
2.3.1	Mechanismy nekontaktního poranění .....	20
2.3.2	Rizikové faktory nekontaktních poranění.....	23
2.4	Prevence nekontaktního poranění dolních končetin v házené .....	30
2.4.1	Vícesložkové preventivní programy .....	32
3	Cíle .....	35
3.1	Hlavní cíl .....	35
3.2	Dílčí cíle .....	35
3.3	Výzkumné hypotézy .....	35
3.4	Výzkumné otázky .....	36
4	Metodika.....	37
4.1	Výzkumný soubor .....	37
4.2	Design studie.....	40
4.3	Metody sběru dat.....	40
4.3.1	Hodnocení hypermobility.....	41
4.3.2	Měření dynamické stability .....	41
4.3.3	Měření reaktivní síly dolních končetin .....	42
4.3.4	Měření tuhosti dolních končetin.....	43
4.4	Preventivní program NetballSmart .....	44
4.5	Statistické zpracování dat.....	46

5	Výsledky .....	47
5.1	Výsledky k hypotéze H1 .....	47
5.2	Výsledky k hypotéze H2 .....	53
5.3	Výsledky k hypotéze H3 .....	55
6	Diskuse .....	57
6.1	Diskuze k hypotéze H1 .....	59
6.2	Diskuze k hypotéze H2 .....	62
6.3	Diskuze k hypotéze H3 .....	64
6.4	Diskuze k asymetrii dolních končetin .....	66
6.5	Limity studie .....	68
7	Závěry .....	69
8	Souhrn .....	70
9	Summary .....	71
10	Referenční seznam .....	712
11	Přílohy .....	87

# 1 ÚVOD

Nejen vrcholoví sportovci při své snaze dosahovat nejlepších výsledků často narazí na překážku ve formě zranění. Ve vrcholovém sportu, a hlavně pak v tom kolektivním pociťuje následky nejen zraněný hráč, ale celý tým. Především pak u vážnějších zranění, které vyžadují delší dobu rekonvalescence a pomalý návrat do plného tréninkového zatížení.

Kontaktní sport jako takový už na základě pojmenování evokuje vysoký výskyt zranění. Ale stejně jako kontaktní zranění jsou i ty nekontaktní, tedy bez přímého působení vnější síly hojně zastoupeny ve sportech jako je např. házená a netball. Ve většině případech jsou vážnější, než ty způsobené kontaktem s jiným hráčem a vyžadují delší dobu rekonvalescence. Výrazně více bývají ohrožené ženy, a to především v oblasti dolních končetin.

Preventivní programy proti poranění dolních končetin se zdají být v tomto směru účinné. V průběhu let vznikala řada preventivních programů, které kombinují různé tréninkové složky. Nejvýraznější efekt mají takové programy, které jsou vícesložkové a integrované do tréninku. Jeden takový preventivní program byl relativně nedávno vytvořen ve spolupráci s fyzioterapeuty Nového Zélandu. NetballSmart preventivní program je primárně určen pro hráčky netballu a doposud se prokázal jako efektivní v boji proti nekontaktnímu poranění dolních končetin.

Netball a házená jsou podobné sporty a sdílejí i nejčastější mechanismy nekontaktních poranění dolních končetin. Proto by teoreticky mohly z preventivního programu NetballSmart benefitovat i hráčky házené.

## 2 PŘEHLED SOUČASNÝCH POZNATKŮ

### 2.1 Házená

#### 2.1.1 Házená jako dynamický, kontaktní sport

Počátky házené sahají až do antického Řecka, cca do roku 800 př. n. l. Údajně zde byla populární hra zvaná "Urania", která zahrnovala kombinaci fyzické hry s míčem a tance. Skutečné impulzy pro aktuální podobu házené přišly ale z Dánska, Německa a Švédska. Pravidla házené, jak je známe dnes, byla prezentovaná v roce 1917 v Berlíně a v návaznosti na to vznikla v Amsterdamu roku 1928 první mezinárodní organizace pro házenou (*International amateur handball federation*, IAHF). Dalším významným datem je květen 1934, kdy došlo k zařazení házené do programu olympijských her, které se měly konat v roce 1936 v Berlíně. Po druhé světové válce došlo k úpadku tohoto sportu a s tím i k zaniknutí IAHF. K jejímu obnovení již nedošlo, ale r. 1946 vznikla zcela nová Mezinárodní federace házené (*International handball federation*, IHF) v Kodani (Hahn et al., 2013).

Sportovní házená kombinuje prvky basketbalu a fotbalu. Míč se pohybuje buď přihrávkou, nebo driblinkem po hracím poli. Na rozdíl od basketbalu hráči nestřílejí míč do obroučky, ale snaží se ho hodit do branky, kterou brání brankář. Jde tedy o týmový sport, kdy proti sobě nastupují dva týmy se sedmi hráči (včetně brankáře) v poli o rozměrech 20x40 metrů. Muži hrají s míčem průměru 19 cm, ženy pak s 17,5 cm. Ve všech kategoriích se pro lepší držení míče využívá pryskyřice, kterou si hráči pokrývají ruce a držením míče ji přenáší i na jeho povrch. Čas hry je v dospělé kategorii rozdělen do dvou poločasů po 30 minutách (Fritz et al., 2020; International Handball Federation, 2022).

Jeden kompletní tým se většinou skládá z minimálně čtrnácti hráčů. Při zápase je pak povoleno maximálně čtrnáct hráčů (7 v poli a 7 na střídání). Důvodem tak vysokého počtu je dynamika a náročnost hry. Pravidla proto dovolují vystřídat hráče kdykoli během hry. V posledních několika letech se navíc rychlost hry výrazně zvýšila. V roce 2000 se totiž zavedlo nové pravidlo – možnost rychlého pokračování ve hře po vstřelení branky soupeřem (Šlíz et al., 2022). Ve vrcholové házené se během zápasu dostane družstvo zhruba 70–80x do útoku a stejně tak i do obrany. Nevyšší efektivitu mají rychlé protiútoky, kdy protihráči nestihnou reagovat (Tůma & Tkadlec, 2002). Výměna hráče je proto velmi výhodná k udržení dostatečného útočného tlaku a obrany. Rychlost reakcí hráčů v souvislosti s dějem utkání (vzájemná interakce neustále se měnících protichůdných

jednání) rozhodují o úspěšnosti týmu (International Handball Federation, 2022; Tůma & Tkadlec, 2002).

Pravidla vymezují také herní akce využívané během sportu. V házené se vyskytují především hody a přihrávky, skoky, bloky, údery a strkání, přeběhy a driblink. Principem utkání je proto snaha využít, co pravidla nezakazují k překonání ofenzivy a zablokování útoku soupeře (Saavedra, 2018; Tůma & Tkadlec, 2002). Je umožněno například používat pokrčené paže k navázání kontaktu s protivníkem a tímto způsobem ho sledovat nebo použít trup k zablokování soupeře v boji o pozice. V pravidlech vydaných Mezinárodní federací házené najdeme i sekci pojmenovanou *Faults that normally don't lead to personal punishment*, tedy fauly, které normálně nevedou k potrestání. Zde je pak výčet několika kontaktních zákroků, jako naběhnutí nebo skočení do oponenta, které se následně posuzuje rozhodčím dle situace, za které k nim došlo. To všechno činí házenou kontaktním sportem s vysokým rizikem poranění (International Handball Federation, 2022).

### **2.1.2 Nároky na tělesnou kondici hráče házené**

Znát a pochopit nároky herního výkonu na hráče a hráčky házené je nutné jak pro optimalizaci kondičního tréninku, tak i minimalizaci projevů únavy a snížení rizika zranění. Hráči mají dvě funkce, jelikož hrají jak v obraně, tak v útoku. V elitní házené jsou různé herní pozice s různými funkcemi v týmu, a tedy i různými nároky. Výzkumy se zaměřují především na analýzu vnějšího zatížení (celková uražená vzdálenost, běžecké tempo atd.) a s ním souvisejícího vnitřního zatížení (srdeční frekvence). Specifickými požadavky pro hráče házené jsou dále i technické a taktické dovednosti. Na fyzickou náročnost mají vliv faktory jako např. pohlaví, úroveň soutěže a herní pozice hráče (García-Sánchez et al., 2023; Krüger et al., 2014).

Dosavadní studie zkoumající pohybové schopnosti hráčů vyzdvihují jako důležité faktory výbušnou sílu, rychlost, agilitu a koordinaci (Šlíz et al., 2022). Některé z kvalitativních a kvantitativních studií, které byly publikovány v oblasti specifických kondičních faktorů v házené, demonstrovaly klíčové charakteristiky hráče házené. Mezi nimi jsou vytrvalostní kapacita, sprinterská výkonnost, skokanské schopnosti a rychlost hodů míče (Krüger et al., 2014). Ve starších studiích je uváděn předpoklad, že vysoká vytrvalostní kapacita může být výhodou spíše v regeneraci mezi zápasy během sezóny než v rámci jednoho zápasu. Vzhledem k častému střídání hráčů při zápase není výborně vyvinutá vytrvalostní kapacita u hráčů pravidlem (Chaouachi et al., 2009). Za důležitější charakteristiky se udává rychlost a explozivní síla dolních končetin. Schopnost rychle akcelarovat je nutná při rychlé změně útočných a obraných akcí, vysoká rychlost hozeného

míče pak vyžaduje rychlou reakci obránce, útok z výskoku pak překonává obranu a přidává čas útočníkovi (Krüger et al., 2014; Wagner et al., 2014).

### **Vnější zatížení**

Studie ukazují, že elitní hráči a hráčky házené urazí během zápasu v průměru 3664,4 ± 1121,6 m. Při zohlednění pohlaví jsou mírně vyšší vzdálenosti zdolávány v ženských soutěžích (4549,1 ± 758,6 m) oproti mužským (3332,6 ± 1257,7 m). To souvisí i s herním tempem, které se při zápase ukázalo u žen výrazně vyšší (110,5 ± 7,2 m-min<sup>-1</sup>) než u mužů (78,4 ± 19,7 m-min<sup>-1</sup>) (García-Sánchez et al., 2023). Nejdélší vzdálenost za utkání urazí hráči na pozici křídel a spojek (García-Sánchez et al., 2023). Pro tyto posty může být výhodou rozvinutá vytrvalostní kapacita, která může pomoci nejen zabránit únavě, ale také pomoci udržet koncentraci, technické dovednosti a koordinaci až do konce hry. Při testování vytrvalostní kapacity se neprokázal významný rozdíl mezi herními pozicemi. Každopádně výše zmiňované posty dosahovaly během testování nejvyšší rychlosti, proto lze předpokládat, že pozice křídel a spojek disponují vyšší odolností proti únavě (Krüger et al., 2014). Převážně větší vzdálenosti překonávají hlavně při intenzivním běhu a sprintu hráči na pozici křídla. To pravděpodobně souvisí s jejich zvýšenou účastí ve fázi protiútku. Tento fakt vysvětluje i jejich vedení tabulek v četnosti vysokointenzivního zrychlení (angl. high intensity acceleration). Oproti tomu vysokointenzivní zpomalení provádějí o něco více spojky, jelikož mají hlavní zodpovědnost za budování pozičního útoku, který je charakteristický neustálým pohybem hráče. Tento specifický pohyb je spojen s intenzivními excentrickými kontrakcemi, které vytváří významnou nervosvalovou únavu a poškození tkání, hlavně pokud takto vysoké síly nelze účinně tlumit. U hráčů na pozici spojky a křídla je proto důležité mít rozvinutou schopnost svalů a šlach takové síly tlumit. Za jeden zápas hráči a hráčky házené obecně provedou více než 1000 zrychlení a zpomalení (García-Sánchez et al., 2023).

Pozice pivota se ukázala jako nejvíce kontaktní. Existuje proto předpoklad, že pivoti potřebují robustní tělesnou stavbu, která by jim poskytla větší stabilitu a schopnost hrát proti tlaku soupeřů prostřednictvím kontaktů, strkání a srážek. Charakteristické pro tuto pozici by proto měla být vysoká svalová hypertrofie, absolutní síla a schopnost vyvinout vysokou úroveň izometrické kontrakce pro zastavení oponenta (García-Sánchez et al., 2023; Krüger et al., 2014). Výsledky systematického review García-Sánchez et al. (2023) ukazují na středně vyšší četnost výskoků u pivotů a spojek oproti křídům (García-Sánchez et al., 2023). Co je ale zajímavé, Krüger a spol. (2014) ve své studii prokázal nejhorší úroveň explozivní síly dolních končetin (výskok s protipohybem, výskok po seskoku z vyvýšené plochy) právě u pivotů. Takové výsledky ve studii zdůvodnili tím, že pivoti

obvykle prolamují obranu bez vertikálních skoků a využívají spíše svého těla k přímému souboji. Oproti tomu křídla a spojky využívají výskoky buď k překonání obranné zdi nebo k zmenšení vzdálenosti mezi útočnou pozicí a brankářem (Krüger et al., 2014).

### **Vnitřní zatížení**

Průměrná srdeční frekvence (SF) hráčů a hráček házené se během zápasu pohybuje mezi  $157,0 \pm 18,0$  a  $185,3 \pm 9,2$  tepů za minutu. Ženy mají během hry vyšší průměrnou hodnotu %SF než muži. Není překvapením, že nejnižší průměrné hodnoty má pozice brankáře ( $70 \pm 11,0$  % až  $78,4 \pm 5,9$  % SFmax). Nejvyšší průměrné hodnoty SF během zápasu se ukázaly překvapivě na postu pivota (od  $83,0 \pm 9,0$  % do  $90,1 \pm 4,3$  % SFmax), což poukazuje na skutečnost, že znát pouze vnější zatížení sportovce není dostatečné k porozumění nároků, které jsou na hráče různých herních pozic kladeny (García-Sánchez et al., 2023).

### **Technická náročnost**

Technický profil hráče házené je důležitý především v predikci a prevenci zranění. Každý herní post charakterizuje jiný pohyb v poli a jiná technická aktivita. Z hlediska technických požadavků se zdá být nejnáročnější pozice spojky. Hráči na jejím místě totiž provádějí více hodů, skoků a doskoků a také nejvíce mění směr během zápasu než házenkáři na ostatních pozicích. Hrozí u nich poranění jak horní, tak dolní končetiny. Časté bývá zranění z přetížení v oblasti rotátorové manžety v ramenním kloubu a měkkých struktur v kloubu kolenním (García-Sánchez et al., 2023).

## **2.2 Zranění v házené**

Vzhledem k charakteru hry patří házená mezi sporty s nejvyšší mírou zranění v rámci Olympijských sportů a někteří autoři uvádějí, že je jedním ze čtyř sportů s nejvyšším rizikem zranění (Fritz et al., 2020; Vila et al., 2022). Pojem *zranění* však nemá napříč studiemi jednotnou definici (Vila et al., 2022). Mnozí se ale shodují, že zranění má negativní následky jak v rámci týmu, tak pro jednotlivce a téměř vždy je následováno různě trvajícím absencí tréninku či zápasu. Zvyšují se pak náklady spojené s léčbou a stoupá riziko vzniku nových zranění. Vážnější případy s sebou nesou dlouhodobé zdravotní problémy a ovlivňují kvalitu života a kariéru hráčů (Raya-González et al., 2020; Tsigilis & Hatzimanouil, 2005; Vila et al., 2022).

Hlavní proměnou, vztahující se ke zranění ve sportu je incidence, tedy počet zranění na 1000 h provozování sportu. Systematické review autorů Raya-González et al. (2020) udává hodnoty incidence mezi 1,7 a 7,8/1000 h hraní házené. Konkrétně muži dosahují incidence blízko 7,8/1000 h hraní, zatímco ženy 6,2/1000 h hraní. Důvodem vyšších



hodnoty u mužů může být částečně vysoká intenzita a rychlost hry zaznamenaná při mužské házené. Podporuje to zvětšující se propast mezi pohlavími při zhodnocení incidence pouze v zápase. Ta se u mužů dostává až k hodnotě 73,6/1000 h a u žen se ohybuje mezi 13-36/ 1000 h zápasu, což je zhruba souhlasné s incidencí v zápase u juniorských hráčů házené (Raya-González et al., 2020). Incidence poranění v tréninku je oproti incidenci v utkání obecně nižší (Fritz et al., 2020; Raya-González et al., 2020; Vila et al., 2022). Především posledních 10 min poločasů se zdá být nejfrekventovanějším časem, kdy dochází k poranění hráčů házené (Luig et al., 2020; Vila et al., 2022).

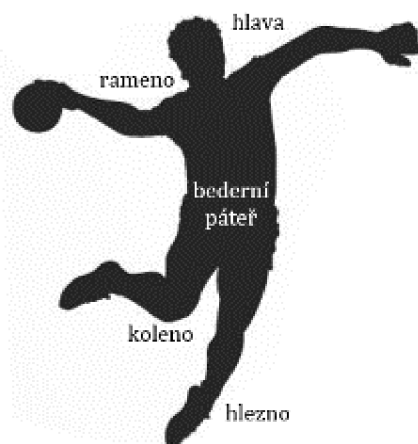
Riziko zranění, jeho druh a lokalizace jsou ovlivněny i zmiňovanou herní pozicí, kdy právě post pivota je dle incidence poranění tou nejrizikovější (Vila et al., 2022). Potvrzují to výsledky studie, vytvořené ve spolupráci s profesionálními německými házenkáři. Pivoti společně s křídly utrpěli nejvíce středně těžkých až těžkých kontaktních poranění (absence ve sportu >7 dní) během zápasu (Luig et al., 2020). Naopak systematické review z roku 2020, pojednávající o profilu zranění hráče házené prezentuje jako pozice s nejvyšší absolutní incidencí zranění spojky a křídla. Nicméně momentálně neexistuje mnoho studií, posuzujících incidenci jednotlivých herních postů s jednotnými kritérii. Závěry proto nejsou jednoznačné (Raya-González et al., 2020).

Jedna z formulovaných definic zranění říká, že zranění jsou považována za komplexní jev, který vzniká působením více rizikových faktorů, přičemž nejvýznamnější jsou charakteristiky hráčů, jako např. věk nebo pohlaví (Raya-González et al., 2020). Co se týče pohlaví, muži mají sice vyšší obecnou incidenci zranění (Vila et al., 2022; Zech et al., 2022), ale ženy trpí vyšším počtem opakovaných poranění, které u žen tvoří 66,7 % z veškerých zranění oproti 33,3 % u mužů (Vila et al., 2022). Kromě obecné incidence vedou muži i v celkovém poranění horních končetin, třísla, stehna a nohy (Zech et al., 2022). Existují studie, shodující se na tom, že adolescentní a dospělé hráčky házené mají vyšší riziko poranění ramene než hráči opačného pohlaví. Jedním z možných vysvětlení může být rozdílná kinematika hodů, kdy u žen dochází v určité fázi hodu k vyšší vnější rotaci v ramenním kloubu než u mužů (Hadjisavvas et al., 2022). Dnes je známá skutečnost, že ženy jsou obecně náchylnější k poranění předního zkříženého vazů kolenního kloubu (LCA) (Stanley et al., 2016). Hráčky házené nejsou výjimkou a k jeho přetržení dochází 3 až 5x častěji než u mužů (Fritz et al., 2020). Dalším neovlivnitelným faktorem je věk. V mládežnických kategoriích byla zpozorována nižší incidence poranění než v seniorských, kde dochází častěji ke zranění z přetížení a obnově dřívějších zranění (Vila et al., 2022).

Akutní zranění se vyskytují se stabilní četností v důsledku úderů, bloků, srážek a hrubých faulů. Podobně jsou hráči házené (bez rozdílu pohlaví) náchylní k chronickým zraněním a zraněním z přetížení (Fritz et al., 2020). Většina autorů se shoduje na tom, že nejvíce zranění vzniká v oblasti dolních končetin (Fritz et al., 2020; Martín-Guzón et al., 2022; Raya-González et al., 2020; Vila et al., 2022), především v oblasti stehna, hlezenního a kolenního kloubu (Raya-González et al., 2020; Vila et al., 2022). V oblasti horní končetiny bývá nejzranitelnější ramenní kloub (Hadjisavvas et al., 2022; Vila et al., 2022). Ten má vysokou incidenci zranění z přetížení (38-44 % všech zranění ramenního kloubu) (Hadjisavvas et al., 2022; Raya-González et al., 2020). Přetížená bývá u hráčů házené také spodní část zad, pravděpodobně kvůli akcím spojeným s kolizemi a dopadům z výskoků (Raya-González et al., 2020). U mládežnických kategorií, především u mladých házenkářů je vyozorované velmi časté zranění hlavy a obličeje (obrázek 1) (Raya-González et al., 2020; Vila et al., 2022). Oproti mladým házenkářkám hrají agresivněji s vysokou četností kontaktních akcí (Raya-González et al., 2020).

### Obrázek 1

*Oblasti s vysokým rizikem zranění v házené*



Pro házenou je typický kontakt mezi protihráči. Kontaktní sporty jsou obecně atraktivní pro diváky, ale z hlediska rizika akutního poranění bývají na prvních příčkách statistik. Mechanismů akutních poranění najdeme v házené ale více. Již zmiňovaný kontaktní mechanismus rozlišujeme na přímý, způsobený střetem s jiným hráčem nebo objektem, a nepřímý, například zranění způsobené pádem z důvodu ztráty rovnováhy po střetu s oponentem. Při nekontaktním akutním poranění naopak k žádnému střetu s jiným hráčem ani objektem nedochází, a to přímo ani nepřímo (Bahr et al., 2020). Často jsou ale závažnější než kontaktní a bývá nutná dlouhá doba rekonvalescence (Bahr et al., 2020; Martín-Guzón et al., 2022).

### 2.3 Nekontaktní poranění dolních končetin v házené

Nekontaktní zranění v házené má podobné rysy s halovými sporty, jako je basketbal a volejbal (Fritz et al., 2020). Dochází k poranění zejména dolních končetin, konkrétně pak oblast stehna, kolenního a hlezenního kloubu (Fritz et al., 2020; Henke, 2011; Luig et al., 2020). Obvykle bývají vážnější než kontaktní zranění a častěji jimi bývají ohroženy mladé házenkářky. Předchozí zranění, zejména na dolních končetinách pak zvyšují riziko opakovaných zranění. Nejčastěji se opakují zranění kotníku (Henke, 2011). Zastoupení nekontaktních zranění v házené se napříč studiemi liší, jelikož některé studie zahrnují pouze muže, nebo nemají vyrovnaný poměr mužských a ženských hráčů. Luig a et al. (2020) ve své studii zaměřené na profesionální německé mužské házenkáře udává, že ze všech zranění, zaznamenaných během šesti po sobě jdoucích sezón bylo zhruba 23 % způsobeno nekontaktními mechanismy (Luig et al., 2020). Jedno z nejaktuálnějších systematických review z roku 2022 zaměřené na zranění v házené udává, že cca 86 % zranění dolních končetin je způsobena traumaticky, v důsledku přímého i nepřímého kontaktu (Martín-Guzón et al., 2022). Bohužel už zde není uveden podíl pouze bezkontaktního mechanismu zranění.

Házená je považována za sport s nejvyšším výskytem poranění LCA (Bencke et al., 2013; Picot et al., 2022). Podle Henke (2011) může až 90 % poranění LCA vzniknout v bezkontaktních situacích (Henke, 2011). Gillot (2019) uvádí, že dvě třetiny zranění LCA v házené jsou důsledkem těchto bezkontaktních situací (Gillot et al., 2019). Přibližně 1 až 4 % všech hráčů utrpí během sezóny rupturu tohoto vazy s celkovou incidencí 0,2-0,8 u mužů a 0,7-2,8 u žen na 1000 hodin hry (Picot et al., 2022). Značné zátěži s rizikem akutního zranění je během tohoto sportu vystaveno chodidlo a kotník (Fritz et al., 2020; García-García et al., 2023). Nejčastěji zaznamenaným zraněním této oblasti je distorze laterálního kotníku. U tohoto zranění je znepokojující hlavně míra opětovného zranění, která je udávána zhruba v rozmezí 40–50 %. Vlivem vysoké funkční nestability hlezenního kloubu, která může při nedostatečné rehabilitaci trvat až 6 měsíců, pak dochází k obnově zranění bez zapříčinění jiného hráče (García-García et al., 2023). Společně s vazy jsou vyhodnocovány jako nejčastěji postižené struktury nekontaktním mechanismem svaly stehna (Martín-Guzón et al., 2022; Mónaco et al., 2014). Především jsou zmiňovány hamstringy, které bývají poškozeny při prudkém zrychlení hráče (Martín-Guzón et al., 2022).

### 2.3.1 Mechanismy nekontaktního poranění

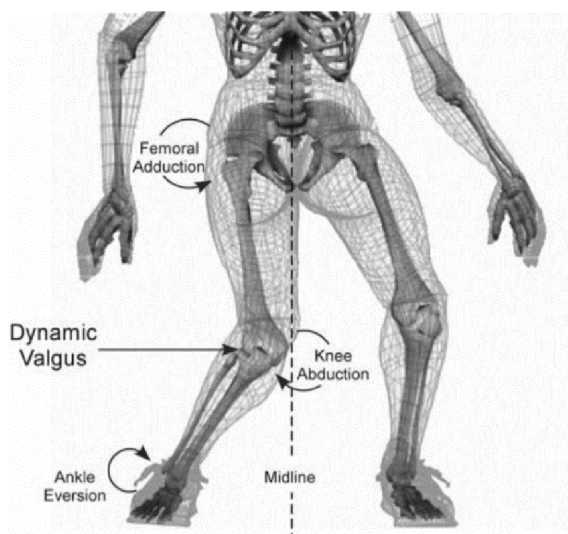
#### Poranění LCA

Situace, popisované při poranění LCA se napříč studii shodují. Mezi ty nejčastější se řadí tzv. side-cutting manévr a dopad na jednu nohu po střelbě z výskoku (Bencke et al., 2013; Fritz et al., 2020; Koga et al., 2010; Olsen et al., 2004; Picot et al., 2022). Anglicky označovaný side-cutting maneuver nebo plant-and-cut je velmi prudký a výbušný pohyb do strany s velmi velkou úhlovou změnou směru (Bencke et al., 2013). Využívaný je hlavně při klamavém pohybu za účelem překonat soupeře (Olsen et al., 2004). V české terminologii neexistuje jednoznačné označení tohoto pohybu, proto bude v následujícím textu používáno označení side-cutting manévr. Picot et al. (2022) uvádějí, že až 80 % zranění LCA se vyskytují při útočných situacích, kdy hráči provádějí výbušný side-cutting manévr v držení míče (Picot et al., 2022).

V obou situacích je mechanismus poranění stejný. Na základě kinematických a kinetických videoanalýz momentů poranění LCA v průběhu zápasu byl podrobně popsán mnoha autory (Bencke et al., 2013; Hewett et al., 2005; Koga et al., 2010; Olsen et al., 2004). Olsen et al. (2004) popisují, že dochází k silově zatíženému valgóznímu kolapsu kolenního kloubu z pozice relativní extenze v koleni v kombinaci s lehkou rotací tibie (vnitřní nebo zevní) při pozici nohy laterálně od kolene pevně v kontaktu se zemí (Olsen et al., 2004). Takové postavení dolní končetiny se označuje jako dynamický valgus. Je definován jako poloha nebo pohyb distálního femuru do středu a distální tibie od středu těla (obrázek 2) (Hewett et al., 2005). Ve výzkum Koga et al. (2010) se ukázal zatížený

#### Obrázek 2

*Dynamický valgus se zobrazuje momentů síly*



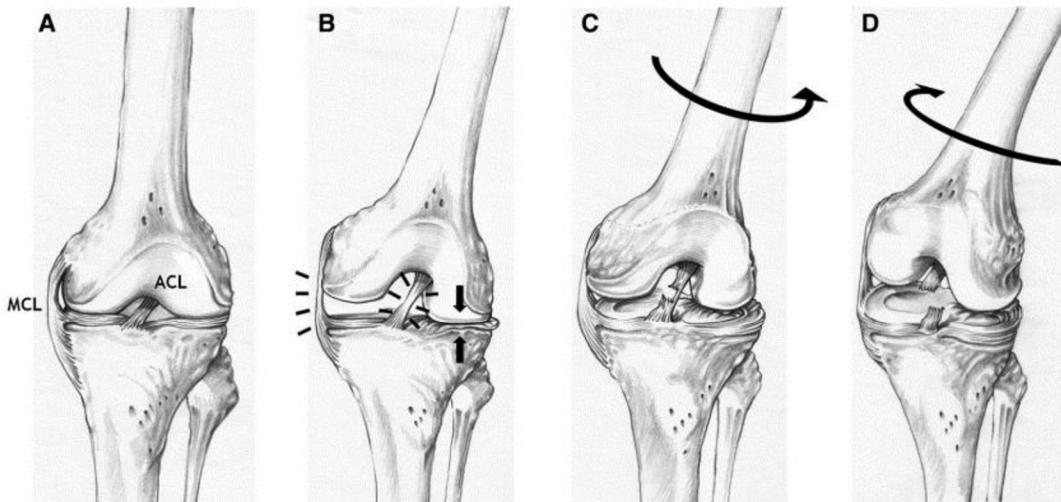
*Poznámka.* (Hewett et al., 2005)

rychlý 12° rozvoj valgozity během prvních 40 milisekund po iniciálním kontaktu dolní končetiny se zemí, se současnou vnitřní rotací femuru o 8°. Při stejné situaci, které nevyústily ve zranění LCA se valgozita kolenního kloubu zvýšila ve stejné fázi pouze o 1° a vnitřní rotace femuru o 3° (Koga et al., 2010).

Také zmíněná relativní extenze kolenního kloubu (cca 23° flexe) je u zranění vazů významná. Nízký úhel flexe totiž naznačuje, že k poranění LCA může přispívat i "zásuvný" mechanismus čtyřhlavého stehenního svalu. Při tak nízkém úhlu flexe v kolenním kloubu nabývá anteriorní střižná síla (z angl. anterior shear force) významných hodnot a svým tahem za tibií přispívá k přetížení LCA (obrázek 3) (Koga et al., 2010).

### Obrázek 3

*Hypotéza autorů Koga et al. (2010) o mechanismu nekontaktního poranění LCA*



*Poznámka. A, nezatížený kolenní kloub. B, silově zatížený valgózní kolaps kolenního kloubu, mediální kolaterální vaz se napíná a laterální zkracuje. C, vlivem kompresní síly a anteriorního vektoru síly, způsobeného čtyřhlavým stehenním svalem dochází k posunu femuru vůči tibií, kdy se laterální kondyl femuru posouvá posteriorně, tibií klouže anteriorně a vnitřně rotuje, což vede k ruptuře LCA. D, po ruptuře vazů dochází ke ztrátě primárního restričního mechanismu anteriorní translace tibiie, což způsobuje posun mediálního kondylu femuru také posteriorně s následnou vnější rotací tibiie (Koga et al., 2010).*

### Poranění vazů hlezenního kloubu

Vysoký podíl poranění laterálního hlezenního kloubu mají situace spojené s dopadem z výskoku, změny směru ve zmenšeném prostoru, side-cutting manévry a náhle rozběhnutí (Fritz et al., 2020; Luig et al., 2020; Martín-Guzón et al., 2022). Úplné ruptury laterálních vazů jsou zaznamenány hlavně při dopadu na laterální stranu nohy. Především se tak stává při dopadu na nohu jiného hráče (Fritz et al., 2020; Martín-Guzón

et al., 2022). Ve zbylých situacích pak dochází k méně závažným poraněním – parciální ruptury nebo distenze vazů (Luig et al., 2020). Klasická kaskáda trhlin laterálních vazů kotníku je: ligamentum talofibulare anterius, poté ligamentum calcaneofibulare a poslední postižené bývá ligamentum talofibulare posterius (Fritz et al., 2020).

Tradičně se popisuje, že u poranění laterálního kotníku jde o inverzní trauma (Fritz et al., 2020; Kristianslund et al., 2011). Kristianslund et al. (2011) v návaznosti na náhodné zranění, které se přihodilo při jejich studii zaměřující se na rizikové faktory poranění LCA u elitních házenkářek, dokázali popsat podrobněji kinetiku a kinematiku poranění vazů laterálního hlezna. Vzhledem ke snaze autorů o rekonstrukci herní situace co nejbližše skutečné hře, se dá předpokládat, že mechanismus zranění je reprezentativní pro situace, ke kterým dochází během skutečné hry házené. Ke zranění došlo při side-cutting manévru kolem statického obránce při třetím akceptovatelném pokusu házenkářky. Nutno dodat, že tomuto pokusu předcházelo dalších 19 (nebyly během nich splněny potřebná kritéria pro analýzu dat). Na únavu z provádění velkého počtu side-cutting manévrů pak může být nahlíženo pozitivně, ve smyslu srovnatelnosti s tréninkem nebo zápasem. Na základě pozorovaných časových průběhů kinematiky kloubů byly při pokusu se zraněním definovány tři fáze: 1) 0-50 ms kontaktní fáze, 2) 50-80 ms a 3) 80-170 ms. Během první fáze došlo k náhlému nárůstu inverze a vnitřní rotace v hlezenním kloubu, oproti předchozím dvou akceptovaným pokusům bez zranění. Hodnoty inverze dosáhly 16° oproti 6° a 5°. Vnitřní rotace na konci fáze byla 8° na rozdíl od 4° a 1°. Působíště reakční síly (z angl. center of pressure, CoP) se v tomto časovém úseku nacházelo přibližně o 2 cm laterálněji na chodidle a v následující druhé a třetí fázi došlo k jeho laterálnímu posunu (na 8,4 cm oproti 3,3 a 3,0 cm). Během třetí fáze se moment inverzní síly zvyšoval a cca ve 140 ms po prvním kontaktu dosáhl maxima 79 Nm. V tento moment dosáhl inverzní úhel hodnoty 23°, úhel vnitřní rotace 46° a dorzální flexe 22° (Kristianslund et al., 2011).

Jednoduše shrnuto, mechanismus poranění laterálních vazů při side-cutting manévru v házené zahrnuje dorzální flexi, nadměrnou inverzi a vnitřní rotaci v hlezenním kloubu. Odlehčení chodidla je zahájeno zhruba po 80 ms od prvního kontaktu nohy se zemí (Kristianslund et al., 2011).

## **Poranění hamstringů**

Svalové zranění v podobně parciální nebo úplné ruptury svalu je časté zranění ve sportech, při kterých sportovci náhle dosahují vysokých až maximálních rychlostí. V házené jsou takovými situacemi jak prudká zrychlení, tak i náhlé změny směru při překonávání soupeře (Fritz et al., 2020; Martín-Guzón et al., 2022; Poudel & Pandey, 2024). Nekontaktní poranění hamstringů se obvykle vyskytují v místě přechodu mezi šlachou a svalem nebo šlachou a kostí (Fritz et al., 2020). Situace, při kterých v házené dochází ke svalovému poranění jsou spojeny s maximální kontrakcí hamstringů při flexi v kolenním a extenzi v kyčelním kloubu (Peterson Lars & Renström Per, 2017). Hamstringy nesou hlavní zátěž ve fázi pohybu, kdy dochází ze zpomalení extenze kolene k extenzi kyčelního kloubu. Během tohoto rychlého přechodu jsou nejzranitelnější (Poudel & Pandey, 2024). Nejčastěji postiženým svalem bývá musculus (m.) biceps femoris caput longum a m. semimembranosus (Peterson Lars & Renström Per, 2017). K vysoké zranitelnosti dvouhlavého stehenního svalu přispívá dvojitá nervová zásoba jeho dvou hlav, které vede k jejich asynchronní stimulaci. Také anatomická odlišnost úponů jeho dvou hlav způsobuje, že dochází častěji ke zranění dlouhé hlavy (Poudel & Pandey, 2024).

### **2.3.2 Rizikové faktory nekontaktních poranění**

Identifikace rizikových faktorů sportovních úrazů je důležité pro potvrzení hypotéz o mechanismech vzniku takových úrazů. Na základě těchto informací je následně možné sestavit strategie k prevenci zranění (Giroto et al., 2017). Znalost rizikových faktorů je přínosná i z hlediska včasného odhalení nedostatků nebo abnormalit v pohybu a výkonnosti sportovce. Ty pak mohou vést ke zvýšenému riziku úrazu (Dolan et al., 2023). Rizikové faktory můžeme rozdělit na vnitřní, týkající se přímo sportovce, nebo vnější, vztahující se k jeho prostředí. Jak vnitřní, tak vnější rizikové faktory lze považovat za modifikovatelné (např. síla) nebo nemodifikovatelné (např. pohlaví) (Dolan et al., 2023). Vzhledem k charakteru výzkumu jsou rizikové faktory nekontaktního poranění v házené rozděleny na modifikovatelné a nemodifikovatelné.

#### **Modifikovatelné rizikové faktory**

Za významný vnější faktor zranění LCA se považuje druh hrací plochy (Acevedo et al., 2014; O. E. Olsen et al., 2004). Předpokladem je fakt, že při každé situaci, kdy docházelo ke zranění, bylo chodidlo v pevném kontaktu se zemí, což naznačuje výskyt vysokého tření mezi botou a povrchem (Olsen et al., 2004). Na základě této informace shromáždili Olsen a spol. (2004) údaje o 53 zraněních LCA v házené a výsledky ukazují,

že riziko zranění LCA je u žen vyšší na umělých površích, které mají obecně vysoké tření, než na dřevěných (parkety) (Olsen et al., 2004).

Vnitřních modifikovatelných faktorů poranění LCA v házené najdeme hned několik. Jejich výzkumem se zabývala řada autorů. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, parciální nebo úplná ruptura LCA je spojována se silově zatíženým valgózním postavením v kolenním kloubu (Olsen et al., 2004). Jedním z důvodů valgózního kolapsu v kolenním kloubu by mohla být omezená flexe v kyčelním kloubu (Koga et al., 2018). Koga et al. (2018) podpořili tuto teorii, když vypožorovali, že statická poloha kyčelního kloubu při zranění LCA se významně liší od neúrazových situacích při side-cutting a přistávacích manévrech, kdy kyčelní kloub po prvním kontaktu nohy se zemí plynule přecházel do flexe. 3D analýza sedmi situací, při kterých házenkářky utrpěly zranění LCA odhalila, že v prvních 40 milisekundách po prvním kontaktu, kdy pravděpodobně došlo k poranění LCA, zůstává flexe a rotace v kyčelním kloubu nezměněna. Naopak při stejných herních situacích (side-cutting a přistávacích manévrech) bez úrazu přechází kyčelní kloub ve stejném časovém úseku plynule do flexe (Koga et al., 2018).

Nejen rozsah kyčelního kloubu, ale také síla jeho svalstva se označuje jako významný faktor zranění LCA a laterálního kotníku (Acevedo et al., 2014; Bencke et al., 2013; Dolan et al., 2023; Raya-GonzálezGonz et al., 2021). Na základě specifických vzorců externího zatížení dolní končetiny v situacích, kdy dochází k poranění LCA lze odvodit důležitost vnějších rotátorů kyčle pro působení proti rotaci femuru směrem dovnitř a závislost mediálních hamstringů na působení proti valgózním a rotačním momentům v kolenním kloubu (Bencke et al., 2013). Zodpovědnost za kontrolu addukce a vnitřní rotace femuru mají hýžd'ové svaly, konkrétně m. gluteus maximus, medius a minimus. Při náhlých inverzích v hlezenním kloubu navíc působí protektivně a dochází ke zvýšení jejich aktivity (Raya-GonzálezGonz et al., 2021) . Dolan et al. (2023) ve svém systematickém review, zabývajícím se rizikovými faktory akutní distorze hlezna v kontaktním sportu shrnuli dosavadní souvislosti kyčelního svalstva a poranění hlezenního kloubu. Jako klíčová charakteristika byla prokázána právě síla vnějších rotátorů kyčle. Zmíněné jsou zde výsledky studie Powerse et al. (2017), kde měřili sílu abdukce kyčelního kloubu fotbalistů a zjistili, že hodnota 33,8 % tělesné hmotnosti v síle abdukce v kyčli je hraniční hodnotou pro zvýšené riziko zranění hlezenního kloubu. To by znamenalo, že s každým 1 % poklesu relativní síly abdukce kyčle se riziko zranění zvyšuje o 10 % (Dolan et al., 2023; Powers et al., 2017). Překvapivě síla abduktorů kyčelního kloubu se nedá jednoznačně označit za rizikový faktor poranění LCA v házené. I přes to, že se na základě biomechanických principů předpokládá, že slabé abduktory kyčle jsou rizikovým faktorem



bezkontaktního poranění LCA, v některých studiích došlo ke zpochybnění (Nakase et al., 2020). Nakase et al. (2020) se touto skutečností zabývali a zjistili, že studie, které předpokládají slabých abduktorů jako rizikového faktoru podporují, kombinovaly jako studijní subjekt muže a ženy, což se ukázalo jako zásadní. Studie probíhající pouze ve spolupráci s mladými sportovkyněmi naznačovaly, že naopak vysoká síla abduktorů kyčle souvisí s nekontaktním poraněním LCA (Nakase et al., 2020).

Předpokládá se, že dynamická valgozita kolenního kloubu společně s nadměrným předsunutím tibie může být i výsledkem nedostatečného stabilizačního mechanismu flexorů a extenzorů kloubu (Hewett et al., 2005). Koaktivace hamstringů a čtyřhlavého svalu stehenního byla zkoumána jako rizikový faktor poranění LCA z hlediska silového poměru těchto dvou svalových skupin (z angl. hamstring to quadriceps strength ratio; H:Q poměr). Uhorchat et al. (2003) ve své studii zkoumali H:Q poměry, u kterých se předpokládá, že jsou specifické pro mechanismy bezkontaktního poranění LCA. Konkrétně to jsou H:Q poměry excentrické síly hamstringů ke koncentrické síle čtyřhlavého svalu stehenního a síly v koncovém rozsahu kloubu. Žádný z nich ale nebyl vyhodnocen jako významný faktor (Uhorchak et al., 2003). Nutno ale zmínit, že se jedná o prospektivní čtyřleté hodnocení kadetů vojenské akademie. Nakasem et al. (2020) zkoumal maximální sílu flexorů a extenzorů kolenního kloubu u mladých házenkářek a jejich výsledky potvrdily dřívější tvrzení, že neexistuje významná souvislost mezi maximální silou flexorů a extenzorů kolene s nekontaktním poraněním LCA (Nakase et al., 2020). Podstatnější se ale zdá být svalová aktivace (Hewett et al., 2005; Nakase et al., 2020; Zebis et al., 2022). U házenkářek se prokázala snížená pre-aktivace mediálního hamstringu, konkrétně svalu m. semitendinosus, jako riziková pro zranění LCA při side-cutting manévru (Zebis et al., 2022). Mediální a laterální hamstringy hrají při tomto pohybu rozdílnou roli v kontrole stability kolenního kloubu. Úloha m. semitendinosus se v této situaci chová jako "adduktor kolenního kloubu" ve smyslu plnění antagonistické role vůči velikosti vnějšího abdukčního momentu kolene tím, že vytváří kompresi mediálního tibio-femorálního kompartmentu. Může sloužit i k protisměrnému působení velikosti vnitřní rotace tibie, způsobené posteriorně zvýšeným sklonem laterálního tibiálního plata (Zebis et al., 2022).

Zkoumaným a slibným potencionálním rizikovým faktorem svalového poranění hamstringů je jejich nedostatečná excentrická síla (Thorborg et al., 2020). Do popředí se v poslední době dostalo její testování za pomoci cviku Nodric hamstring exercise (NHE), jelikož při něm hamstringy pracují na vysokých úrovních excentrické svalové aktivity a v úhlech v kloubu podobným těm, při kterých dochází k vrcholové aktivaci hamstringů

při sprintu (Thorborg et al., 2020). Navíc v nedávném systematickém review a meta-analýze bylo zjištěno, že izokinetické testy jsou omezené v předpovědi budoucího poranění hamstringů. Pouze absolutní a relativní excentrická slabost flexorů kolene při úhlové rychlosti 60°/s prokázala malou předpovědní hodnotu tohoto poranění (Green et al., 2018). Timmins et al. (2016) ve své studii, zkoumající excentrickou sílu hamstringů pomocí NHE jako rizikový faktor poranění hamstringů u elitních fotbalistů došla k závěru, že každé zvýšení excentrické síly hamstringů o 10 N snížilo riziko jejich poranění o 8,9 % (Timmins et al., 2016). Freckleton et al. (2013) ve svém systematickém review a meta-analýze označili za rizikový faktor také maximální moment síly čtyřhlavého svalu stehenního (Freckleton & Pizzari, 2013). Autoři se domnívali, že je potencionálně nutná nadměrná excentrická aktivita hamstringů, aby se zabzdila síla vytvářená flexory kyčle a silným čtyřhlavým stehenním svalem při flexi kyčle a extenzi kolena během švihové fáze běhu. V novějších výzkumech, rozlišujících úhlové rychlosti izokinetického testování ale nedošlo k potvrzení maximální síly čtyřhlavého stehenního svalu jako rizikového faktoru pro zranění hamstringů (Thorborg et al., 2020).

Z mechanického hlediska je k dosažení vyšší rychlosti běhu nutná schopnost hamstringů pracovat vyšší kontrakční rychlostí a vytvářet větší pozitivní práci v kratším čase. Nedostatky ve schopnosti generovat sílu nebo v celkové balistické funkci by tedy mohly zvýšit náchylnost ke zranění hamstringů. K testování této hypotézy se využívá řada testů plyometrických schopností, včetně maximálního unilaterálního skoku na vzdálenost. V důsledku kontrakční mechaniky tohoto unilaterálního úkolu může být jeho slabý výkon významným indikátorem rizika svalového poranění hamstringů. Aby totiž byla propulzní fáze skoku účinná, musí hamstringy působit synergicky s ostatními extenzory kyčle, extenzory kolene a plantárními flexory kotníku, aby vytvořily pozitivní práci. Pro efektivní dopad pak musí působit excentricky, aby zpomalily a kontrolovaly pohyb v několika rovinách v kyčli a koleni (Thorborg et al., 2020). Goossens et al. (2015) ve své prospektivní studii identifikovali nízké skóre v maximálním unilaterálním skoku do dálky jako rizikový faktor pro budoucí zranění hamstringů u studentů tělovýchovného vzdělávání (Goossens et al., 2015).

Dalším zmiňovaným parametrem ve vztahu k riziku nekontaktního poranění dolních končetin v házené je vysoká míra únavy (Acevedo et al., 2014; Gillot et al., 2019; Giroto et al., 2017; Martín-Guzón et al., 2022; Thorborg et al., 2020). Únava svalů dolních končetin má za následek změnu kinematiky kloubů a může mimo jiné ovlivňovat i dynamickou stabilitu kolenního kloubu a teoreticky vede ke změnám reaktivní síly (Gillot et al., 2019). Navíc se při svalové únavě snižuje absorpce energie před strukturálním

selháním (Thorborg et al., 2020). Jak již bylo zmíněno v dřívější kapitole, k většině poranění v házené dochází na konci poločasů utkání nebo ke konci tréninkové jednotky (Giroto et al., 2017; Luig et al., 2020; Vila et al., 2022), což může naznačovat určitou roli únavy při těchto poranění. Gillot et al. (2019) zkoumal vliv izokinetického únavového protokolu na funkční stabilitu kolenního kloubu u druholigových házenkářek. Výsledky studie ale naznačují, že hráčky házené nemusí být náchylné ke svalové únavě. Rozdíly v hodnotách testů maximálního vygenerovaného momentu síly nebo přední translaci tibie, provedených před a 3 min po únavovém protokolu nebyly významné. Výsledky testování koncentrického momentu síly flexorů a extenzorů naznačují, že 3 min mezi ukončením únavového protokolu a posttestem jsou dostatečné na zotavení z únavy (Gillot et al., 2019). Podstatnější se ale zdá vliv únavy na aktivaci svalů. Behrens et al. (2013) zjistili, že únava způsobuje u žen latenci kontrakce některých hamstringů, konkrétně m. biceps femoris a m. semitendinosus. V tomto výzkumu byl ale využitý únavový protokol založený na opakovaných výskocích do vyčerpání nebo významné redukce výšky výskoku (Behrens et al., 2013). Zebis et al. (2011) zkoumali vliv únavy, vyvolané simulovaným házenkářským zápasem u mladých házenkářek na neuromuskulární strategii při typickém bočním side-cutting manévru. Překvapivě, side-cutting manévr byl po únavovém protokolu prováděn podobným způsobem ve smyslu doby kontaktu se zemí (ground contact time), reakční silou (ground reaction time) a velikostí úhlů v kyčelních a kolenních kloubech. Hlavním zjištěním ale bylo, že došlo k selektivnímu snížení aktivity hamstringů, jakožto LCA agonistů. Úroveň únavy se podobá únavě v reálném životě během zápasu a na základě těchto výsledků je spojována s mechanickou ztrátou stability kolenního kloubu (Zebis et al., 2011).

Únava je také spojována se změnou parametru tzv. stiffness dolní končetiny (angl. leg stiffness,  $K_{leg}$ ), v češtině označováno jako tuhost nebo pružnost dolní končetiny.  $K_{leg}$  představuje modifikovatelnou mechanickou vlastnost, vyjadřující reakci dolních končetin na vytváření síly a odolnosti proti deformaci při odrazových činnostech (Ruggiero et al., 2016). Běžně se používá i jako měřítko pro charakterizaci funkce cyklu protažení-zkrácení. Zahrnuje míru regulace stiffness kolem všech kloubů dolní končetiny a funkčně reprezentuje to, jak musí jedinci ovládat pohyby ve více kloubech najednou, což je regulováno nervovými mechanismy zpětné a dopředné vazby (feed-back a feed-forward) (De Ste Croix et al., 2017). Nižší  $K_{leg}$  může vést k menšímu ukládání a zpětnému využití elastické energie, což vede ke snížení schopnosti snášet nárazové zatížení. Snížení  $K_{leg}$  související s únavou naznačuje zhoršení nervosvalové kontroly a tím zvyšuje riziko zranění (De Ste Croix et al., 2017; Ruggiero et al., 2016). Thomson (2014) ve svém

systematickém review zkoumající vztah mezi  $K_{leg}$  a zranění dolní končetiny u sportovců poukazuje na jasný trend, že u sportovců se stranovými rozdíly ve  $K_{leg}$  nebo s vyšší průměrnou  $K_{leg}$  byla vyšší pravděpodobnost vzniku nekontaktního zranění dolní končetiny (Thomson, 2014).

### **Nemodifikovatelné rizikové faktory**

Řada nemodifikovatelných faktorů se vztahuje ke zranění obecně. Patří sem věk, váha, pohlaví, anatomické vlastnosti atd. (Hatzimanouil, 2005). V této kapitole budou rozepsány pouze ty faktory, které byly zkoumány v souvislosti se sportem a jsou podstatné pro tento výzkum.

Vlivem medicínských pokroků a možností, které dnes existují, rezonuje ve sportovním prostředí téma pohlaví. Detailně prozkoumaný je především rozdíl ve výkonnostních parametrech napříč sporty, každopádně se diskutuje a zkoumá i v rámci náchylnosti k poranění. S ohledem na zmiňované nekontaktní poranění v házené je pozorován vyšší výskyt zranění u žen (Acevedo et al., 2014; Hewett et al., 2005; Koga et al., 2018; Martín-Guzón et al., 2022; McLean et al., 2005; Picot et al., 2022). Již dříve zmiňovaná informace o ženském pohlaví, jako rizikovém faktoru poranění LCA, byla mnohokrát ověřována v prostředí házené. Picot et al. (2022) zjistili, že hráčky házené vykazují významné kinematické rozdíly oproti mužům při typickém side-cutting manévru, a to na celé dolní končetině. Při iniciálním kontaktu měly více abdukané a extendované koleno na stojné končetině. Takové posturální nastavení při side-cutting manévru je považováno za rizikové pro zranění LCA, jak již bylo zmíněno dříve, protože zvyšuje vnější abdukční moment kolene (Picot et al., 2022). Bencke et al. (2011) se zaměřili na rozdílnost svalové preaktivace mezi házenkáři a házenkářkami právě při typickém bočním stříhu a zjistili, že ženy vykazují výrazně nižší EMG aktivitu hamstringů než mužské protějšky (konkrétně u m. semitendinosus  $33 \pm 12 \%$  vs.  $46 \pm 14 \%$  a m. biceps femoris  $30 \pm 10 \%$  vs.  $52 \pm 22 \%$ ) (Bencke & Zebis, 2011). Hewett et al. (2005) pozorovali doskokové situace při utkání žen, při kterých hráčky utrpěly zranění LCA. I zde byla vyzorovaná změna neurosvalové kontroly dolní končetiny ve srovnání s nezraněnými. Před utrpěním zranění došlo k významnému zvýšení dynamického zatížení dolní končetiny do valgosity a abdukce kolene (Hewett et al., 2005). Navíc z dosavadních průzkumu vyplývá, že absorpce energie v kyčelním kloubu je u žen po dopadu z výšky nižší než u mužů, a i úhel flexe v kyčli při počátečním kontaktu je menší. Naopak maximální vertikální reakční síla (peak vertical ground reaction force) byla ve srovnání s muži větší, což naznačuje tužší dopad u žen (Koga et al., 2018). Tato energie

se pak promítne do míry zatížení kolenního kloubu a vede ke kaskádě mechanismů rizikových pro rupturu LCA.

Výzkumy také naznačují hormonální vliv na poranění LCA, jelikož byly v tomto vazuu identifikované estrogenové a progesteronové receptory. Hodnocení vztahu mezi menstruačním cyklem a rizikem zranění ale nemá napříč studii jednoznačné výsledky. Některé studie ukázaly, že k většině zranění LCA u žen dochází v časně a pozdní folikulární (předovulační) fázi. Jiné zase prokázaly zvýšený výskyt v luteální (postovulační) fázi a během menstruace (Acevedo et al., 2014).

Do dnes diskutabilním vnitřním faktorem ligamentózních nekontaktních poranění, včetně ruptury LCA, je generalizovaná kloubní hypermobilita (GH). Oproti mužům je u žen pozorována vyšší prevalence GH (Vaishya & Hasija, 2013). Objevuje se často u zcela zdravých jedinců bez jakékoli symptomatologie, ale ve sportu s sebou může nést nežádoucí předpoklady k poranění. Předpokládá se, že zvýšená laxicita kloubních vazů způsobuje nižší stabilitu kloubu a tím ho dělá náchylnějším ke zranění (Nathan et al., 2018; Vaishya & Hasija, 2013). Ramesh et al. (2005) se ve své prospektivní studii zaměřili na vztah GH a poranění LCA a prokázali jeho významnost v porovnání s kontrolní skupinou nezraněných. GH byla hodnocena pomocí Beighton skóre a většina hodnocených zraněných utrpěla zranění vazuu nekontaktním mechanismem (cca 74 %). Významný byl také vztah izolovaně hodnocené hyperextenze v kolenním kloubu (extenze  $>10^\circ$ ) s poraněním tohoto vazuu. Předpokladem je, že při existující nadměrné extenzi v kolenním kloubu produkuje čtyřhlavý sval stehenní větší přední translační sílu, jelikož bylo prokázáno, že s menším úhlem flexe v koleni roste jeho translační síla. Pokračující hybnost pak zablokuje koleno v hyperextenzi a umožní vazuu přijít do kontaktu s intrakondilárním zářezem femuru (z ang. intracondilar notch) a případně se poranit (Ramesh et al., 2005). Situace v házené, spojené s vysokým rizikem poranění jsou ale jiné, jelikož při těchto poraněních bývá kolenní kloub v lehké flexi. Hanzlíková et al. (2021) hodnotili sportovce s GH při provedení side-cutting manévru za pomoci 3D kinematické analýzy. Navzdory pozorovaným významným kinematickým rozdílům při tomto pohybu mezi skupinou s GH a bez GH, nebyl žádný z nich označený za rizikový pro nekontaktní poranění LCA (Hanzlíková et al., 2021). Výsledky jsou doposud nejednoznačné, každopádně dřívější systematické review naznačuje významný negativní vliv asymptomatické GH na vnímání pozice kloubů, tedy jejich propriocepci na dolních končetinách, která může mít následně vliv na samotnou koordinaci pohybu (Smith et al., 2013).

Řada studií zmiňuje v souvislosti s nekontaktním poraněním zvýšené riziko z důvodu předchozího poranění (Acevedo et al., 2014; Antohea et al., 2023; Dolan et al.,

2023; Freckleton & Pizzari, 2013; Giroto et al., 2017; Nuthan et al., 2022; Poudel & Pandey, 2024). Sice je označováno za nemodifikovatelný faktor, do jisté míry se o něm dá ale uvažovat jako o modifikovatelném. Jedním z důvodů zvýšeného rizika je totiž nedostatečná rekonvalescence a rehabilitace s uspěchaným návratem do plného zatížení, což platí především pro distorze hlezenního kloubu (Giroto et al., 2017; Miklovic et al., 2018). Zahájení sportovní aktivity krátce po takovém zranění kotníku může vést ke vzniku chronické kloubní nestability. Samotná distorze hlezna s sebou nese poranění vazů, někdy i kostí, propioceptivní deficit způsobený roztažením mechanických receptorů v kloubním pouzdře a vazech a snížení kontrakční síly peroneálních svalů (Miklovic et al., 2018). Chronická nestabilita pak znamená mechanickou a funkční nestabilitu kloubu, jelikož nedošlo k dostatečnému zahojení anatomických struktur a obnovení kvality zpětnovazebných systémů, společně s přetrvávajícím deficitem tonu i reakční doby hlezenního svalstva (Antohea et al., 2023; Miklovic et al., 2018). Také předchozí svalové zranění hamstringů se označuje za rizikový faktor pro opětovné poranění této skupiny svalů, a navíc existují důkazy střední úrovně, označující za rizikové i předchozí poranění kolenního kloubu pro svalové zranění hamstringů (Freckleton & Pizzari, 2013; Poudel & Pandey, 2024; Thorborg et al., 2020). Co se týče LCA, studie prokázaly, že prasknutí štěpu tohoto vazů a poranění kontralaterální končetiny se pohybují od 6 % do 32 % a riziko ruptury samotného štěpu LCA je o 15 % vyšší než u primárního přetržení vazů. Důvod je obdobný jako u distorze hlezenního kloubu. Nedostatečná rehabilitace po poranění LCA může vyústit v přetrvávající neuromuskulární deficit s následným přetěžováním kontralaterální končetiny a odlehčováním prvotně zraněné, kvůli přetrvávající bolesti a nejistotě (Acevedo et al., 2014; Nuthan et al., 2022).

## **2.4 Prevence nekontaktního poranění dolních končetin v házené**

Díky porozumění mechanice jednotlivých zranění a následné identifikaci rizikových faktorů dnes vzniká řada preventivních programů, se snahou snížit celkovou incidenci zranění (angl. injury prevention program, IPP). Za posledních nejméně 20 let proběhla řada studií potvrzujících nebo vyvracejících účinek různých složek preventivních programů, které by teoreticky měly snížit rizika poranění dolních končetin ve sportu, potažmo v házené. Naderi et al. (2023) ve své meta-analýze dokázali, že IPP založené na cvičení jsou u hráčů házené účinné pro snížení rizika zranění dolních končetin v rozmezí 2–67 %. Ačkoli se IPP mezi jednotlivými studiemi tohoto přehledu lišily intenzitou a délkou cvičení, všechny byly vícesložkové a zabývaly se mnoha aspekty rizika zranění (Naderi et al., 2023). Implementace IPP do samotného tréninku není jednoduchá, jelikož většina trenérů považuje za vhodnější využít tréninkový čas k práci na specifickém

obsahu, každopádně rozcvičení (angl. warm-up) před hlavní tréninkovou jednotkou se ukazuje jako vhodné pro začlenění IPP (Mehl et al., 2018; Vila et al., 2022).

Hojně zkoumaný je především neuromuskulární trénink (NMT), což je koncepční tréninkový model, který je doplňkový a zahrnuje obecné a specifické silové a kondiční aktivity, jako je odporový trénink, dynamická stabilita, síla zaměřená na tzv. core, plyometrie a agility, které jsou určeny ke zlepšení zdravotních a dovednostních složek tělesné kondice (Myer et al., 2011).

Nejvíce prozkoumaná se zdá prevence poranění LCA a kolenního kloubu obecně. Al Attar et al. (2022) ve svém systematickém review devíti klastrově randomizovaných kontrolovaných studií poskytli jasné důkazy o tom, že IPP, které zahrnují plyometrická cvičení, mají významný účinek na snížení počtu zranění LCA u sportujících jedinců. Přesněji mají snižovat počet nekontaktního zranění vazy asi o 66 % (Al Attar et al., 2022). Toto tvrzení podporují i guidelines německé společnosti kolenního kloubu (German knee society) z roku 2017, které byly vytvořené na základě důkazů (angl. evidence-based), a systematické review z roku 2015 označující plyometrický trénink za klíčovou složku NMT, zaměřeného na prevenci LCA zranění u sportujících žen (Mehl et al., 2018; Stevenson et al., 2015). Významná redukce nekontaktního poranění LCA u elitních házenkářek v návaznosti na specifický IPP byla pozorována v prospektivní studii Myklebusta et al. (2003). Program byl navržen tak, aby zlepšil uvědomění a kontrolu kolenního kloubu při stoji, side-cutting manévru, skoku a dopadu, a navíc byl progresivní. Využíváno bylo rovnovážné cvičení se zvyšující se náročností cviků postupně s tréninkem (5 stupňů náročnosti), a to např. s využitím balančních pomůcek (Myklebust et al., 2003). Progresi cviků NMT využívali u mladých házenkářů a házenkářek i ve studii Achenbacha et al. (2017). Program opět zahrnoval plyometrii a skoková/dopadová cvičení, a navíc ještě proprioceptivní a silové cviky na čtyřhlavý sval stehenní, hamstringy a core. Výsledky ukázaly, že časté provádění (2–3x týdně) NMT s těmito prvky může předcházet vážným zraněním kolenního kloubu u dorosteneckých týmů házené (Achenbach et al., 2018). Trénink rovnováhy je navíc označován za klíčový prvek v prevenci distorze hlezna, a to bez ohledu na použití balančních desek nebo jiných pomůcek (Vriend et al., 2016). Především u sportovců s předchozí distorzí byl pozorován významný efekt jak vícesložkového, tak jednosložkového preventivního programu, zahrnující právě rovnovážná cvičení (Vriend et al., 2016). Systematické review Caldemeyer et al. (2020) zaměřené na IPP hlezenního kloubu u sportujících žen doporučuje NMT, obsahující silová, rovnovážná, plyometrická cvičení a agilitu (Caldemeyer et al., 2020). Hodnocení změn při side-cutting manévrech u házenkářek a fotbalistek v reakci na roční intervenci NMT

se zabývali Zebis et al. (2008). Hlavním zjištěním bylo, že NMT vyvolal změnu vzorce neuromuskulární aktivity hamstringových svalů. Konkrétně došlo k selektivnímu zvýšení aktivity m. semitendinosus ve fázi před dopadem a v počáteční fázi dopadu souběžně s nezměněnou neuromuskulární aktivitou čtyřhlavého svalu stehenního. Nervosvalová preaktivita m. semitendinosus během bočního stříhu se zvýšila ze  $41 \pm 12 \%$  na  $52 \pm 16 \%$  maximální EMG aktivity. To může představovat důležitou adaptaci v reakci na NMT vzhledem k mechanismu poranění LCA (Zebis et al., 2008).

#### **2.4.1 Vícesložkové preventivní programy**

Do dnes byla vyvinuta řada vícesložkových preventivních programů cílených na sportovce. Oficiálně představených a dostupných s veškerými informacemi už je jich ale méně.

Jedním z prvních programů intervence kolenních vazů vytvořený pro sportovkyně, který byl publikován v odborné ortopedické literatuře je neuromuskulární tréninkový program Sportsmetrics. Byl vyvinut v roce 1994 nadací pro výzkum a vzdělávání v oblasti sportovní medicíny v Cincinnati (Cincinnati SportsMedicine Research and Education Foundation), kdy byla zavedena koncepce plyometrie pro zlepšení sportovního výkonu. V návaznosti na hypotézu, že vysoká míra zranění LCA u sportovkyň je způsobena špatnou mechanikou těla při skoku a dopadu, byl vytvořen Sportsmetrics tréninkový program založený na plyometrickém cvičení. Společně s tréninkem plyometrie zahrnuje dynamický warm-up, posilování a flexibilitu a zaměřuje se především na snížení sil působících na struktury dolních končetin, zlepšení nastavení dolní končetiny a zvýšení flexe kyčelního a kolenního kloubu při dopadech z výskoku (Noyes & Barber-Westin, 2018). Studie, zkoumající efekt tohoto preventivního programu potvrdily jeho účinnost po šestitýdenní intervenci u mladých hráček basketbalu, volejbalu a fotbalu. Došlo k významné redukci poranění LCA nekontaktním způsobem (Hewett et al., 1999). Nevýhodná je ale časová dotace Sportsmetrics programu, jelikož jedna tréninková jednotka ve zmiňované studii trvala přibližně 60–90 minut a v týdnu proběhla celkem 3x.

Velké zázemí informací ohledně prevence zranění napříč sporty poskytuje osloské centrum pro výzkum sportovních úrazů (Oslo Sport Trauma Research Center, OSTRC). Bylo založeno za účelem poskytování konkrétních evidence-based cviků, které se více zaměřují na prevenci nejčastějších zranění v populárních sportech. Například jejich program prevence zranění kolenního kloubu (dostupný na webových stránkách [Skadefri](#)) je aplikovatelný pro více než 50 různých sportů (A. Al Attar et al., 2021). Je ale nutno dodat, že výzkum zabývající se implementací cviků programu prevence zranění kolene OSTRC u profesionálních hráčů basketbalu, házené, fotbalu a volejbalu nedošel k dobrým



výsledků. Bez ohledu na zemi a sport, byla implementace velmi nízká (A. Al Attar et al., 2021; Al Attar et al., 2021).

FIFA 11 a FIFA 11+ jsou dvě varianty IPP, které zaštiťuje Středisko pro lékařské hodnocení a výzkum FIFA (FIFA Medical Assessment and Research Centre) a bylo vytvořeno v roce 2006 ve spolupráci OSTRC a Nadace pro výzkum ortopedie a sportovní medicíny v Santa Monice (Santa Monica Orthopaedic and Sports Medicine Research Foundation) (Bizzini et al., 2013). Jedná se pravděpodobně o jedny z nejpoužívanějších IPP na světě. Tyto programy zahrnují specifická fotbalová cvičení, která mají být zařazena během strukturované rozcvičky s cílem zlepšit sílu, rovnováhu a schopnost skákat/dopadat. Skládá se z 15 komponentů ve třech částech zaměřených na běh, sílu, plyometrii a trénink rovnováhy (Bizzini et al., 2013). Obvyklá frekvence cvičení FIFA 11 a 11+ je 2 až 5krát týdně a trvá 6 až 12 týdnů během sezóny (Hanlon et al., 2020). Nedávná studie Magoshiho et al. (2023) hodnotila efekt programu FIFA 11+ u vysokoškolských hráčků fotbalu po dobu tří po sobě jdoucích sezón. Bylo zjištěno, že míra výskytu celkových zranění, zranění hlezenních a kolenních kloubů, distorzí a poranění vazů, bezkontaktních zranění a středně těžkých a těžkých zranění byla v intervenční skupině významně nižší již po jedné sezóně, kdy probíhala intervence (Magoshi et al., 2023). Úspěšné zavedení systému FIFA 11+ u fotbalistek je dobrým příkladem pro další sporty, které by mohly navrhnout další opatření ke snížení rizika zranění dolních končetin u svých sportovců.

Relativně nedávno představený IPP pro sport netball byl vytvořený na Novém Zélandu. Netball je nejoblíbenějším ženským sportem na Novém Zélandu. Tento sport se vyznačuje vysokým výskytem zranění dolních končetin i přes to, že jde o nekontaktní sport. Za rok 2017 byl v tomto sportu na Novém Zélandu zaznamenán 33% nárůst počtu zranění dolních končetin od roku 2008. V návaznosti na to vznikl tříletý projekt ve spolupráci společností Národní systém pojištění bez zavinění (Accident Compensation Corporation, ACC) a Netball New Zealand s cílem vytvořit IPP. Výsledkem byl NetballSmart preventivní program (dostupný na webových stránkách NetballSmart), což je evidence-based NMT. Prioritní oblasti programu jsou "chytrý pohyb (smart movement)" a "chytrá rozcvička (smart warm-up)". První z nich zahrnuje zdroje a vzdělávací programy se zaměřením na zlepšení techniky v základním netballu, tedy pohybů spojených s výkonem a rizikem zranění (doskok, změna směru, zastavení/zpomalení). Projekt "chytré rozcvičení" integruje různé zdroje pro rozcvičení a prevenci zranění dolních končetin, vytvořený ve spolupráci s fyzioterapeuty, k efektivnímu využití rozcvičení jako IPP. Oficiálně NetballSmart Dynamic warm-up je inspirováno IPP FIFA 11+, každopádně

klade vyšší důraz na techniku doskoku a kontrolu rychlých pohybů, aby se hráči lépe připravili na hru netballu a zlepšila se kontrola pohybu při výskoku a zpomalení. Je rozdělen na 4 části: posilování, běžecká rozcvička, dynamická příprava (dynamické posilování a plyometrické pohyby) a specifická příprava na trénink (zpomalení, obratnost/sečné pohyby a dopad s kontrolou jedné nohy). Později byla vytvořena kratší verze, určená pro rozcvičení před zápasem, tzv. NetballSmart Power warm-up. Ten obsahuje 3 části: běžeckou rozcvičku, dynamickou a specifickou přípravu (Belcher, 2021). Belcher et al. 2021 ve své studii zkoumající vliv Dynamic warm-up a Power warm-up na techniku dopadu u mladých netballistek došla k pozitivním výsledkům. NetballSmart rozcvičovací program probíhal po dobu 12 týdnů a četnost tréninků byla 3x týdně. Závěrečné testování odhalilo významné zlepšení v testu Front plane projection angle, který se využívá k měření valgosity kolenního kloubu při unilaterálním seskoku z výšky, a také v testu Lending error score system, hodnotícím postavení dolních končetin při seskoku z výšky s následným maximálním výskokem. Tam došlo k výraznému snížení skóre do hodnot, považovaných za ukazatele bezpečného přistání bez rizika zranění LCA. Mimo to došlo i ke snížení maximální vertikální reakční síly (peak ground reaction force) jak při bilaterálním, tak unilaterálním dopadu (Belcher et al., 2021). Kearney (2019) ve své studii uvádí, že na základě statistik ACC se v letech 2017-2018 po zavedení NetballSmart programu snížil počet zranění o 11 % a v případě LCA zranění v netballu o 6 % (Kearney, 2019). Dá se předpokládat, že implementace programu do tréninku v netballových klubech byla napříč zemí nízká, jelikož šlo o nově představený IPP, každopádně s sebou přináší potenciál redukovat nekontaktní zranění dolních končetin ve sportu.

Pro házenou zatím nebyl vytvořený ucelený a komplexní IPP. Většina z publikovaných neuromuskulárních tréninků je ve formě studií a článků a buď postrádá údaje, podle kterých by bylo možné replikovat a využít IPP nebo postrádá komplexnost programu. Netball je sport příbuzný házené ve smyslu pohybových nároků na sportovce a zároveň i sdílí stejné mechanismy nekontaktního zranění dolních končetin. NetballSmart preventivní program by proto mohl být vhodným IPP pro začlenění do tréninků házené žen v boji proti nekontaktním zraněním dolních končetin.

## 3 CÍLE

### 3.1 Hlavní cíl

Cílem práce je zhodnotit vliv preventivního programu NetballSmart na unilaterální dynamickou stabilitu, reaktivní sílu a tuhost dolních končetin u prvoligových hráček házené.

### 3.2 Dílčí cíle

Posoudit vliv preventivního programu NetballSmart na index bilaterální asymetrie dolních končetin u dynamické stability, reaktivní síly a tuhosti dolních končetin.

### 3.3 Výzkumné hypotézy

H1: Preventivní program NetballSmart realizovaný po dobu devíti týdnů má pozitivní vliv na unilaterální dynamickou stabilitu dolních končetin u prvoligových hráček házené.

H2: Preventivní program NetballSmart realizovaný po dobu devíti týdnů má pozitivní vliv na unilaterální reaktivní sílu dolních končetin u prvoligových hráček házené.

H3: Preventivní program NetballSmart realizovaný po dobu devíti týdnů má pozitivní vliv na unilaterální tuhost dolních končetin u prvoligových hráček házené.

#### Kritéria pro potvrzení hypotéz:

Hypotéza H1 bude potvrzena, pokud po absolvování devítitýdenního tréninkového programu dojde u hráček experimentální skupiny u obou dolních končetin k signifikantnímu poklesu ( $p = <0,05$ ) s velkým efektem rychlosti dráhy působíště reakční síly a rozsahu pohybu působíště reakční síly, a to jak v mediolaterálním, tak anteroposteriorním směru.

Hypotézy H2 a H3 budou potvrzeny, pokud po absolvování devítitýdenního tréninkového programu dojde u hráček experimentální skupiny u obou dolních končetin k signifikantnímu zvýšení ( $p <0,05$ ) hodnot závisle proměnných s velkým efektem.

### **3.4 Výzkumné otázky**

- 1) Jaký vliv má preventivní program Netballsmart realizovaný po dobu devíti týdnů na asymetrii dolních končetin, hodnocenou u sledovaných parametrů?

## 4 METODIKA

Výzkum do diplomové práce probíhal ve spolupráci s dívčím házenkářským klubem Zora Olomouc. Hráčky souhlasily s účastí ve výzkumu zaměřeném na efekt preventivního programu NetballSmart Dynamic Warm-up (NSDW) na rizikové faktory nekontaktního poranění dolních končetin (DKK), které byly testovány před a po devíti týdenní intervenci. Všechny byly předem informovány o průběhu měření a svůj souhlas s testováním následně potvrdily podpisem informovaného souhlasu (Příloha č. 1) s výzkumem a použitím získaných dat pro výzkumné účely. Výzkum byl schválen etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci pod číslem 13/2024 (Příloha č. 2).

### 4.1 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor tvořil A tým žen házenkářského klubu Zora Olomouc ( $n = 15$ ), které jsou zařazeny do MOL ligy, tedy nevyšší soutěže házenkářek v ČR s mezinárodním charakterem. Podmínky pro zařazení do výzkumného souboru byly následující:

1. Alespoň 75% účast na intervencích NSDW.
2. Absolvování všech testů zařazených do vstupního a výstupního testování.

Hráčky byly náhodně rozděleny do experimentální skupiny (ES,  $n = 7$ ) a kontrolní skupiny (KS,  $n = 8$ ). Do finálního souboru nebylo zahrnuto pět hráček. Důvodem pro vyřazení z výzkumného souboru bylo zranění DKK v čase mezi vstupním a výstupním testováním, zranění během testování a neúčast na výstupním testování. Výzkumný soubor tedy tvořilo 10 hráček, a to 5 v ES a 5 v KS. Průměrný věk, výška a váha hráček jsou uvedeny v tabulce 1. Hráčky měly trénink 5x týdně, 4x týdně 90 minut a 1x týdně po dobu 120 minut. Během výzkumného období absolvoval tým 7 utkání během víkendu a 1 uprostřed týdne. V týdnu, kdy utkání proběhlo o víkendu, nedošlo ke změně četnosti tréninků. V případě utkání v týdnu odpadnul 1 trénink.

Hráčky participující v tomto výzkumu hrají házenou v průměru  $15,3 \pm 3,2$  let. Na úrovni MOL ligy hrají v průměru  $4,8 \pm 2,9$  let, každopádně tento údaj se u hráček hodně liší. Hráčky ES hrají házenou v průměru  $14 \pm 0,8$  let, na momentální úrovni  $3 \pm 1$  rok. Hráčky KS se házené věnují  $16,6 \pm 4,1$  let a na úrovni MOL ligy  $6,2 \pm 3,4$  let.

## Tabulka 1

### Demografické charakteristiky experimentální a kontrolní skupiny

<b>Proměnná</b>	<b>ES (n = 5)</b>	<b>KS (n = 5)</b>
Věk (roky)	21,2 ± 1,48	23,6 ± 3,78
Tělesná výška (cm)	173,4 ± 0,04	175,8 ± 0,05
Tělesná hmotnost (kg)	67,84 ± 8,5	81,14 ± 26,92
BMI (kg/cm <sup>2</sup> )	22,6 ± 3,04	26,46 ± 9,86

Vysvětlivky: Hodnoty jsou uvedeny jako průměr ± standardní odchylka, ES = experimentální skupina, KS = kontrolní skupina, n = počet hráček, BMI = Body Mass Index,

U hráček byla také hodnocena hypermobilita. Hodnocení hypermobility pomocí Beighton skóre ukázalo na závažnější stupně hypermobility (skóre >5) u čtyř hráček (KS, n = 2, ES, n = 2). Lehký stupeň (skóre 4-5) byl vyhodnocen u pěti hráček (KS, n = 2, ES, n = 3) (tabulka 2).

## Tabulka 2

### Hodnocení hypermobility

	<b>Kontrolní skupina</b>					<b>Experimentální skupina</b>				
Číslo hráčky	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11
Beighton skóre	6	7	5	5	2	5	4	7	9	5
Hodnocení	ZS	ZS	LS	LS	N	LS	LS	ZS	ZS	LS

Vysvětlivky: ZS = závažný stupeň hypermobility, LS = lehký stupeň hypermobility, N = nehypermobilní

V průběhu posledních dvou let prodělaly hráčky výzkumného souboru několik zranění a většina hráček trénuje s určitým stupněm muskuloskeletálního omezení, projevujícím se bolestí hlavně při zátěži (tabulka 3).

V návaznosti na utrpěné zranění byl zjišťován i možný strach z pohybu TAMPA škálou kineziofobie (Huang et al., 2019; Škvorová, 2017)(Příloha č. 3). Hraniční hodnota TAMPA škály kineziofobie, která naznačuje možnou indikaci vyššího rizika vzniku bolesti nebo zhoršení funkce, stanovená Lundberg et al. (2004) je hodnotu vyšší než 40. Ta byla zjištěna u jedné hráčky z ES (hodnota 41).

**Tabulka 3**

Profil zranění výzkumného souboru

Skupina	Číslo hráčky	Zranění v házené <sup>a</sup> , mechanismus	Jiné zranění <sup>b</sup>	Momentální omezení	Pomůcka
<b>Kontrolní skupina</b>	1	-	-	-	-
	2	distorze hlezna, K	-	bolest kolenního kloubu	patelární páska
	3	distorze hlezna, N; ruptura hamstringu, N	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	distorze hlezna, N	distorze hlezna	bolest kolene	-
<b>Experimentální skupina</b>	6	mnohonásobné distorze hlezna, K	-	-	-
	7	distorze hlezna, K	-	bolest, nejistota v hlezenním kloubu	-
	8	distorze hlezna, N	-	bolest kolenního kloubu	kolenní ortéza
	9	ruptura LCA, N	-	bolesti kolenního kloubu	kolenní ortéza
	10	distorze hlezna, N	-	bolest hlezenního kloubu	hlezenní ortéza

Vysvětlivky: K = kontaktní; N = nekontaktní, LCA = ligamentum cruciatum anterius,

<sup>a</sup> v posledních 2 letech<sup>b</sup> mimo házenou

## 4.2 Design studie

Výzkum byl proveden formou experimentu za účelem zhodnotit vliv PPN na unilaterální dynamickou stabilitu, unilaterální reaktivní sílu a tuhost DKK u prvoligových hráček házené. Nezávislou proměnou byl NSDW. Jako závislé proměnné byly zvoleny unilaterální dynamická stabilita DKK, unilaterální reaktivní síla DKK a tuhost DKK. Unilaterální dynamická stabilita DKK byla měřena pomocí dřepu na jedné noze (z angl. Single leg squat task, SLST), k hodnocení unilaterální reaktivní síly DKK byl využit unilaterální trojskok (z angl. Tripple hop jump test, THJT) a konečně pro vyhodnocení tuhosti DKK byl použit test unilaterálních vertikálních sub-maximálních skoků (z angl. Unilateral vertical hop test, UVHT).

Experimentální skupina absolvovala po dobu devíti týdnů dvakrát týdně NSDW. Trénink byl zařazen do rozcvičení před hlavní tréninkovou jednotku v době trvání 25 minut. Kontrolní skupina v této době prováděla standardní rozcvičení před tréninkem – zahřátí běžeckou formou, statický a dynamický strečink a rozházení s míčem.

Výzkum byl nasazen do počátečního období hlavní házenkářské sezóny. Na počátku sezóny podstoupily hráčky vstupní testování a po devíti týdnech intervence proběhlo testování výstupní.

## 4.3 Metody sběru dat

Jeden týden před vstupním měřením proběhlo v prostorách klubu Zora Olomouc seznámení a nácvik testů, které byly součástí měření. Zároveň byly hráčky poučeny, aby den před vstupním měřením nevykonávaly žádné intenzivní cvičení. Dále bylo za pomoci vlastního nestandardizovaného dotazníku zjišťováno možné zdravotní omezení hráček (dřívější poranění apod.) a délku hraní házené (Příloha č. 4) a možný strach z pohybu TAMPA škálou kineziofobie. Vstupní měření proběhlo po předchozí domluvě dne 18.9. 2023 v 16 hodin v prostorách Aplikačního centra Baluo v Olomouci. Na stejném místě a ve stejnou hodinu pak výstupní měření 27.11. 2023.

Hráčky byly nejprve znovu seznámeny s průběhem testování a za pomoci vizuální analogové škály (VAS) (Impellizzeri & Maffiuletti, 2007; Křivohlavý, 1992) každá vyznačila svou momentální svalovou únavu dolních končetin (Příloha č. 5). Poté se podrobily antropometrické analýze (s využitím elektronické lékařské váhy Tanita WB-3000 s výškoměrem) a hodnocení hypermobility. Následovalo řízené desetiminutové rozcvičení, sestavené s ohledem na pohybové nároky vybraných testů. Obsahovalo zahřátí (aerobní část), dynamický strečink, běhy a bilaterální a unilaterální skoky se zvyšující se



specifičností k vybraným testům. Po rozcvičení utvořily házenkářky trojice a byly náhodně přiděleny na stanoviště, kde probíhalo testování. Testovány byly dynamická stabilita DKK, tuhost DKK a reaktivní síla DKK.

#### **4.3.1 Hodnocení hypermobility**

Kloubní hypermobilita byla hodnocena pomocí Beightonova skóre (angl. Beighton scoring system). Jedná se o sérii jednoduchých testů, která se využívá k vyšetření rozsahu pohybu v kloubech u řady syndromů. Dnes je hojně využívána i k hodnocení GH. Považuje se za přijatelnou metodu pro použití v klinické praxi u dospělých vzhledem k její spolehlivosti mezi hodnotiteli. Existují sice nedostatky o validitě, každopádně jiné testy hypermobility postrádají dostatek uspokojivých informací o spolehlivosti a validitě (Juul-Kristensen et al., 2017; Malek et al., 2021).

Beighton skóre bylo hodnoceno u všech hráček jednou fyzioterapeutkou, která měla zkušenosti s vyšetřením hypermobility. Hodnoceno bylo 5 testů, během kterých lze získat 0-9 bodů. Jeden bod je roven pozitivitě příznaku v daném kloubu. Rozsah pohybu byl ověřen mechanickým goniometrem. Jako lehký stupeň kloubní hypermobility se udává skóre 4-5 bodů. Závažnější stupeň je roven hodnotám >5.

Testy zahrnují následující:

1. Pasivní hyperextenze pátého metakarpofalangeálního kloubu nad 90°
2. Pasivní přitažení palců k volární straně předloktí
3. Hyperextenze loketních kloubů nad 10°
4. Hyperextenze kolenních kloubů nad 10° v sedě
5. Ventrální flexe trupu s extenzí v kolenních kloubech

Kromě pátého testu proběhlo hodnocení na levých a pravých končetinách zvlášť. Hodnoty byly bezprostředně zaznamenány do tabulky (Příloha č. 6) a na konci sečteny.

#### **4.3.2 Měření dynamické stability**

Pro analýzu dynamické rovnováhy dolních končetin jsme zvolili dřep na jedné noze (angl. Single leg squat task, SLST) (Culvenor et al., 2016). Měření probíhalo na přenosné silové plošině (Kistler 9260AA6, Kistler Group, Winterthur, Švýcarsko). Pro dosažení validních výsledků jsme zohlednili test-retest spolehlivost tohoto postupu, která byla předchozími výzkumy prokázána jako výborná ( $r = 0,72-0,86$ ) (Hatton et al., 2014).

Hráčky stály bosé na jedné noze uprostřed desky, ruce měly složené přes hrudník. Osa silové desky byla přesně zarovnána s osou chodidla od druhého prstu po střední linii patní kosti. Za hráčkou byla umístěna laťka, zarovnaná s patou testované nohy. Laťka byla

nastavena tak, aby při dotyku s ní byl vytvořen úhel ohybu kolena 60° (ověřeno pomocí goniometru). Tím byla determinována hloubka podřepu. Hráčky dostaly pokyn k postupnému spouštění se do dřepu, dokud se jejich hýždě nedotknou laťky, s následným napřímením do výchozí pozice. Tento pohyb byl synchronizován s metronomem na 2 sekundy dolů a 2 sekundy nahoru. Po celou dobu pohybu hráčky sledovaly svislou čáru nalepenou na zdi 2 m před nimi. Synchronizace pohybu s metronomem proběhla jako zkušební pokus před samotným měřením. Každá hráčka provedl tento pohyb 5x na každé noze, bez specifických pokynů ohledně postavení trupu. Dolní končetina, která nenesla váhu, byla udržována propnutá v koleni před tělem nad zemí. Pokud se účastník dotkl země dolní končetinou, která nenesla váhu, nebo pokud se posadil na laťky, pokus byl vyloučen nebo opakován (Culvenor et al., 2016). Vše probíhalo za stabilních podmínek a samotné měření bylo vedeno fyzioterapeutkou se zkušenostmi s tímto testem.

V rámci zpracování dat ze silové plošiny byla provedena systematická analýza nashromážděných informací. Data byla zachycena s frekvencí 200 Hz, což umožnilo dostatečně podrobný záznam v čase. Pro zajištění odborného zpracování se na této fázi podílela kvalifikovaná odbornice, jejíž specializací je práce se silovými plošinami. Byla analyzována celková rychlost dráhy působíště reakční síly (CoP) a rozsah pohybu CoP v mediolaterálním (ML) a anteroposteriorním (AP) směru. Další aspekt zpracování dat spočíval ve výpočtu bilaterální asymetrie pomocí indexu bilaterální asymetrie (IBA) s rozlišením dominantní a nedominantní DK. Dominantní DK byla definována jako preferovaná noha pro kopání do míče. IBA byl vypočten pomocí následující rovnice (Maly et al., 2015):

$$IBA = \frac{\text{hodnota dominantní DK} - \text{hodnoty nedominantní DK}}{\text{hodnota dominantní DK}} \times 100 \%$$

#### **4.3.3 Měření reaktivní síly dolních končetin**

Pro měření reaktivní síly jsme využili unilaterální trojskok (angl. Tripple hop jump test, THJT). V rámci tohoto testu sportovci vykonávají sérii tří po sobě jdoucích maximálních horizontálních skoků na jedné noze. Aby sportovec test dokončil s úspěchem, je nezbytné efektivně využívat celé spektrum svalových aktivit pro vytváření síly (koncentrické fáze), snižování síly (excentrické fáze) a dynamickou stabilizaci těla (izometrické úsilí) (Williams et al., 2017). Test-retest spolehlivost tohoto testu je výborná (koeficient korelace 0.89–0.99) (Dingenen et al., 2019).

Hráčky byly ve sportovním oblečení a obuvi. Samotný úkol spočíval v provedení trojskoku na jedné dolní končetině, od vyznačené startovní pásky ve směru metru, který

byl připevněn k zemi (8 m) kolmo ke startovní pásce. Hráčky měly povoleno používat ruce, a zároveň nebylo specifikováno, v jaké pozici by měla být netestovaná dolní končetina. Každá hráčka absolvoval jeden zkušební pokus na každou nohu. Následně provedl 3 testovací skoky na každou nohu s 30sekundovými přestávkami mezi pokusy. Začínalo se skoky z nedominantní DK. Dominantní DK byla definována jako preferovaná noha pro kopání do míče. Délka trojskoku byla měřena od startovní pásky k patě testované nohy. Kritéria úspěšnosti zahrnovala prvotní odraz ze stoje na jedné DK a setrvání na testované DK alespoň 1 sekundy po posledním dopadu. Pokud nebyly kritéria dodrženy, pokus se opakoval. Stejně tomu bylo i v případě, že došlo k doteku netestovanou nohou země, ke ztrátě rovnováhy nebo dodatečnému poskoku po dopadu. Testování probíhalo pod vedením zaučené fyzioterapeutky.

Byly zaznamenány všechny tři pokusy v centimetrech provedené na každé dolní končetině každé hráčky. Prvním krokem zpracování dat byl výpočet průměrné délky ze dvou nejlepších pokusů, dosažené při trojskoku pro každou nohu. I u tohoto testu byla vypočítán IBA s rozlišováním dominantní a nedominantní DK s využitím hodnot průměru dvou nejlepších provedených pokusů (cm) s využitím rovnice dle Maly et al (2015) viz kapitola *Měření dynamické stability*.

#### **4.3.4 Měření tuhosti dolních končetin**

Tuhost dolních končetin (angl. Leg stiffness;  $K_{leg}$ ) byla změřena pro každou DK zvlášť, aby bylo umožněno odhalit potenciální rozdíly mezi končetinami. Pro sběr dat byl použit test unilaterálních sub-maximálních vertikálních skoků (z angl. Unilateral vertical hop test, UVHT), který má u žen vysoké až velmi vysoké hodnoty intraclass korelačního koeficientu (0,85-0,94) (Pruyn et al., 2016). Unilaterální testování je také vhodnější než bilaterální, protože je zde výrazně nižší variabilita mezi subjekty a vyšší test-retest spolehlivost (Brauner et al., 2014). Kromě toho se mnoho pohybů v házené provádí s jednostrannými fázemi zatížení, a proto jsou unilaterální testy  $K_{leg}$  pro tyto úkoly reprezentativnější než bilaterální (Brauner et al., 2014). Data pro výpočet  $K_{leg}$  byla získána za použití optického systému Optojump Next (Microgate, Bolzano, Itálie) a testu UVHT.

Házenkářky byly ve sportovním oblečení a obuvi. Hráčky provedly opakované sub-maximální vertikální skoky na jedné dolní končetině, v rytmu udávaném digitálním metronomem nastaveném na 2,2 Hz. Po jednom zkušebním pokusu na každou DK byl samotný test proveden v prostoru vymezeném lištami optického systému. V průběhu testování hráčky zaměřovaly pohled na vyznačený bod na zdi zhruba ve výšce očí, zatímco netestovaná dolní končetina byla držena pokrčená v koleni před tělem a ruce měly v bok.

Každá hráčka absolvovala test nejprve třikrát na dominantní a poté třikrát nedominantní dolní končetinu. Mezi měřeními byla jednodominantní pauza. Po dosažení stabilního rytmického skákání bylo zaznamenáno 20 skoků (cca 10 sekund dat) s frekvencí 1000 Hz (Pruyn et al., 2016). Testování probíhalo pod vedením kvalifikovaných examinátorů.

Průměrné doby kontaktu se zemí ( $T_c$ ) a letu ( $T_f$ ) z deseti prostředních skoků jednoho záznamu a tělesná hmotnost účastnice ( $M$ ) byly použity v rovnici pro výpočet  $K_{leg}$  (kN/m) (Dalleau et al., 2004):

$$K_{leg} = \frac{M \times \pi (T_f + T_c)}{T_c^2 \times \left( \left( \frac{T_f + T_c}{\pi} \right) - \left( \frac{T_c}{4} \right) \right)}$$

Výsledná  $K_{leg}$  je průměrné skóre  $K_{leg}$  ze dvou nejlepších měření. U tohoto testu byla také vypočítán IBA s rozlišením dominantní a nedominantní DK s využitím rovnice dle Maly et al (2015) viz kapitola *Měření dynamické stability*.

#### 4.4 Preventivní program NetballSmart

V rámci tohoto výzkumu jsme se zaměřili na NetballSmart Dynamic warm-up (NSDW), tedy dynamické rozeběhání. Princip NSDW představuje klíčový aspekt systematické neuromuskulární přípravy hráčů na trénink nebo soutěžení. Důraz je kladen na dynamické cvičení, které aktivuje klíčové svalové skupiny (Belcher et al., 2021; *NetballSmart*, n.d.).

NSDW zahrnuje prvky, které mají za cíl připravit tělo na fyzickou aktivitu. Zahrnuje čtyři části, které obsahují 3-6 cvičení s definovanou kvantitou. Cviky první a třetí části rozlišují tři úrovně obtížnosti každého cviku. V rámci našeho výzkumu začaly všechny hráčky na 1. úrovni obtížnosti všech cviků a po dvou týdnech přešly všechny na 2. úroveň. Po dalším dvoutýdenním úseku byl přechod na 3. úroveň dobrovolný. Ke druhé části bylo zapotřebí rozmístit kužely 3 metry od sebe na délce hřiště 15 metrů (*NetballSmart*, n.d.).

NSDW zahrnuje tyto části a cviky:

1. Posilování
  - a. Vzpór ležmo s oporou o předloktí nebo ruce
  - b. Boční vzpor s oporou o předloktí nebo ruku
  - c. Rumunský mrtvý tah na jedné noze
  - d. Rovnováha na jedné noze
2. Běžecké rozcvičení

- a. Rozběhání
  - b. Rozběhání s rotací v kyčli u každého kuželu
  - c. Běh s vysokými koleny střídající se se zakopáváním u každého kuželu
  - d. Obíhání spoluhráče
  - e. Cílená srážka ramenem se spoluhráčem ve výskoku
  - f. Běh 6 m vpřed a 3 m pozpátku
3. Dynamická příprava
- a. Dřepy
  - b. Výpady
  - c. Skok s důrazem na kontrolu dopadu
  - d. Výskok s otočkou s důrazem na kontrolu dopadu
4. Sportovně specifická příprava
- a. Běh 75–80% rychlostí se zastavením
  - b. Běh 80–90% rychlostí s rychlou změnou směru
  - c. Přeskoky z nohy na nohu se zastavením

Podrobnější popis cviků a jednotlivé úrovně jsou uvedeny v rámci oficiálního posteru v příloze č. 7.

Experimentální skupina absolvovala NSDW dvakrát týdně po dobu devíti týdnů. Cvičení probíhalo v prostorách tělocvičny DHK Zora Olomouc v rámci rozcvičení před hlavní částí tréninkové jednotky. Doba trvání byla zhruba 25 minut. Hráčky kontrolní skupiny se během téhož časového úseku rozvíčovaly standardním způsobem. Před začátkem výzkumu byly všechny házenkářky seznámeny s NSDW programem prostřednictvím oficiálního posteru (dostupný na webu [NetballSmart](#)) (Příloha č. 7) a prezentace, které jim byly zaslány v elektronické podobě. Samotný program byl veden fyzioterapeutkou nebo asistentem trenéra, kteří byli důkladně seznámeni s jeho obsahem. Tím bylo zajištěno správné provedení cvičení a dodržení stanovených parametrů.

## 4.5 Statistické zpracování dat

Statistická analýza byla provedena pomocí aplikace Statistica verze 14 (StatSoft, Tulsa, USA). Normalita rozdělení dat byla posouzena pomocí Shapiro-Wilkova testu. Protože všechny sledované proměnné nebyly statisticky významně odlišné od normálního rozdělení, mohly být použity parametrické testy. Data byla prezentována pomocí popisných statistik typu aritmetický průměr a směrodatná odchylka (SD). Pro posouzení hypotéz byla využita analýza rozptylu (ANOVA) pro opakovaná měření s jedním meziskupinovým faktorem (experimentální versus kontrolní) a s jedním vnitroskupinovým faktorem (pre-test versus post-test). Byly-li faktory statisticky významné, bylo detailnější porovnání hodnot pre a post pro každou skupinu provedeno pomocí Fisherových LSD testů. Statistická významnost rozdílu post-pre ve skupině experimentální vůči rozdílu post-pre ve skupině kontrolní byla vypočtena v rámci ANOVY pomocí kontrastu. Pro všechny statistické testy byla hladina statistické významnosti stanovena na  $\alpha = 0,05$ . Věcná významnost byla určena pomocí Cohenova *d*. Absolutní hodnoty vypočítaných velikostí účinku byly klasifikovány podle Cohen (1988) jako: triviální (0,00–0,19), malý (0,20–0,49), střední (0,50–0,79) a velký ( $\geq 0,80$ ) (Cohen, 1988).

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Výsledky k hypotéze H1

**H1:** Preventivní program NetballSmart realizovaný po dobu devíti týdnů má pozitivní vliv na unilaterální dynamickou stabilitu dolních končetin u prvoligových hráček házené.

Průměrná rychlost pohybu CoP na levé a pravé DK v AP a ML směru jak pro ES, tak KS je uvedena v tabulce 4. Vnitroskupinové porovnání ukázalo, že k statisticky významnému zvýšení rychlosti pohybu CoP došlo pouze u KS v ML směru u obou DKK ( $p = 0,001$  a  $p = 0,049$ ). Výsledky meziskupinového porovnání pro dvě nezávislé skupiny (ES a KS) ukázaly na statisticky významný rozdíl ve velikosti změn (výstupní x vstupní měření) mezi ES a KS pouze v případě průměrné rychlosti pohybu CoP na levé DK v ML směru ( $p = 0,043$ ,  $d = 1,54$ , velký efekt) (obrázek 4 a 5).

**Tabulka 4**

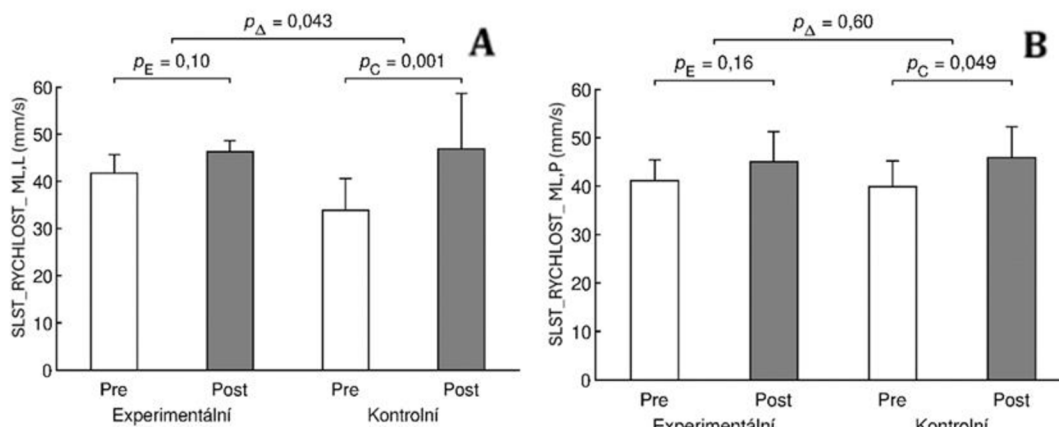
*Průměrná rychlost pohybu působiště reakční síly*

Směr, DK	Experimentální skupina (n = 5)		Kontrolní skupina (n = 5)	
	Pre	Post	Pre	Post
ML, L	41,7 ± 3,9	46,3 ± 2,3	33,9 ± 6,7	46,9 ± 11,7
ML, P	41,1 ± 4,3	45,1 ± 6,2	39,9 ± 5,2	45,9 ± 6,4
AP, L	50,2 ± 2,8	52,1 ± 7,5	47,3 ± 9,0	49,3 ± 14,2
AP, P	50,8 ± 4,5	51,9 ± 3,9	46,2 ± 4,3	48,7 ± 7,8

*Vysvětlivky:* Hodnoty jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka (mm/s), n = počet hráček, Pre = vstupní měření, Post = výstupní měření, DK = dolní končetina, L = levá, P = pravá, ML = mediolaterální, AP = anteroposteriorní

#### Obrázek 4

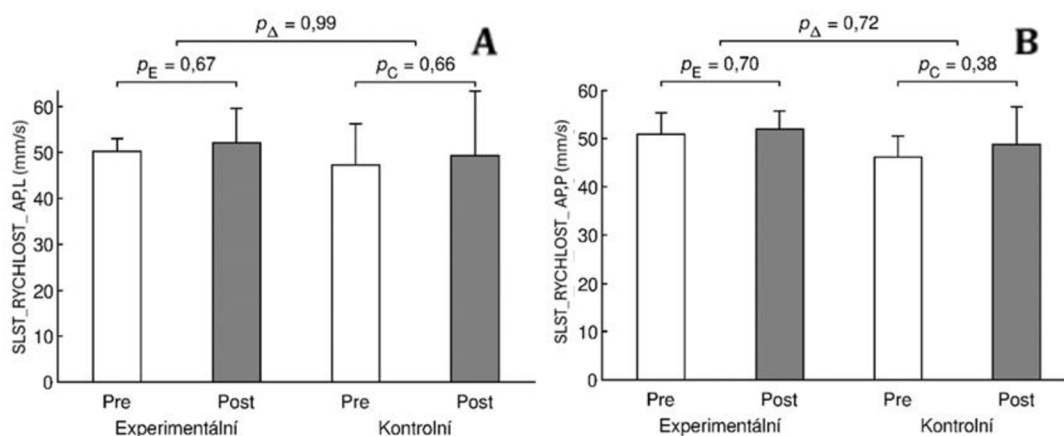
Rychlost pohybu působiště reakční síly v mediolaterálním směru u experimentální a kontrolní skupiny v posttestu a pretestu



Vysvětlivky: **A**, graf pro levou dolní končetinu. **B**, graf pro pravou dolní končetinu. SLST = dřep na jedné noze, ML = mediolaterální směr, L = levá dolní končetina, P = pravá dolní končetina, PRE = vstupní hodnoty, POST = výstupní hodnoty,  $p_E$  = hladina statistické významnosti změn pro experimentální skupinu,  $p_C$  = hladina statistické významnosti změn pro kontrolní skupinu,  $p_\Delta$  = hladina statistické významnosti rozdílů ve velikosti změn mezi experimentální a kontrolní skupinou

#### Obrázek 5

Rychlost pohybu působiště reakční síly v anteroposteriorním směru u experimentální a kontrolní skupiny v posttestu a pretestu



Vysvětlivky: **A**, graf pro levou dolní končetinu. **B**, graf pro pravou dolní končetinu. SLST = dřep na jedné noze, AP = anteroposteriorní směr, L = levá dolní končetina, P = pravá dolní končetina, PRE = vstupní hodnoty, POST = výstupní hodnoty,  $p_E$  = hladina statistické významnosti změn pro experimentální skupinu,  $p_C$  = hladina statistické významnosti změn pro kontrolní skupinu,  $p_\Delta$  = hladina statistické významnosti rozdílů ve velikosti změn mezi experimentální a kontrolní skupinou



Výsledky pro průměrný rozsah pohybu CoP v ML a AP jsou zobrazeny v tabulce 5. Z vnitroskupinového porovnání vyplynulo, že pouze v KS došlo k signifikantnímu snížení rozsahu pohybu CoP u levé DK v AP směru ( $p = 0,030$ ,  $d = 1,26$ , velký efekt) (obrázek 7A). Ostatní výsledky vnitroskupinového porovnání u experimentální a kontrolní skupiny byly nevýznamné (obrázek 6, 7B). V KS po devíti týdnech došlo ke snížení rozsahů pohybu CoP ve všech případech. Výsledky meziskupinového porovnání potvrdily signifikantní rozdíl ve velikosti změn (výstupní x vstupní měření) mezi ES a KS u levé DK v AP směru ( $p = 0,018$ ) (obrázek 7A).

Vzhledem k výsledkům, které jak v případě rychlosti pohybu CoP, tak rozsahu pohybu CoP, nepodporují předpoklady H1, byla H1 zamítnuta.

### Tabulka 5

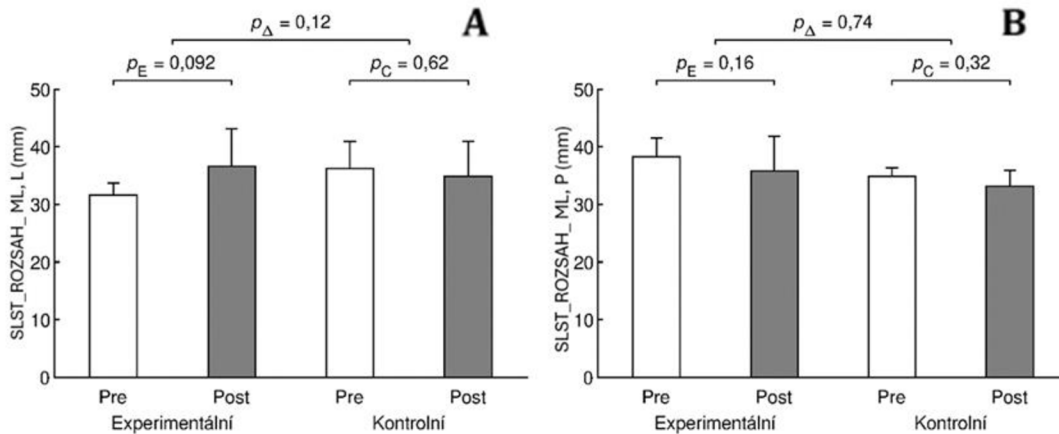
*Celkový rozsah pohybu působiště reakční síly v mediolaterálním a anteroposteriorním směru*

Směr, DK	Experimentální skupina (n = 5)		Kontrolní skupina (n = 5)	
	Pre	Post	Pre	Post
ML, L	31,6 ± 2,1	36,6 ± 6,5	36,2 ± 4,7	34,9 ± 6,1
ML, P	38,2 ± 3,3	35,8 ± 5,9	34,8 ± 1,5	33,2 ± 2,7
AP, L	50,0 ± 3,7	58,0 ± 10,2	69,8 ± 15,0	56,1 ± 12,2
AP, P	60,7 ± 14,5	62,1 ± 3,0	54,4 ± 9,8	52,0 ± 10,3

*Vysvětlivky:* Hodnoty jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka (mm), n = počet hráčů, Pre = vstupní měření, Post = výstupní měření, DK = dolní končetina, ML = mediolaterální, AP = anteroposteriorní, L = levá dolní končetina, P = pravá dolní končetina

## Obrázek 6

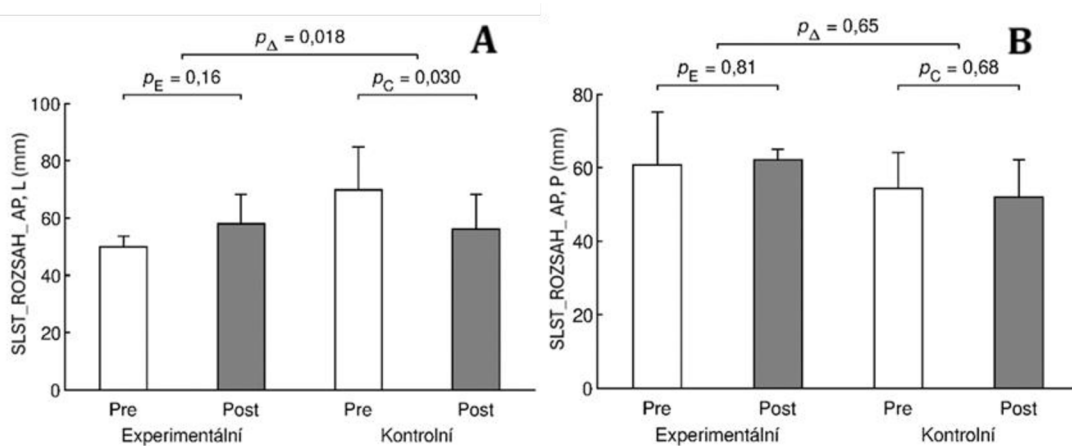
Rozsah pohybu působiště reakční síly v mediolaterálním směru u experimentální a kontrolní skupiny v posttestu a pretestu



Vysvětlivky: **A**, graf pro levou dolní končetinu. **B**, graf pro pravou dolní končetinu. SLST = dřep na jedné noze, ML = mediolaterální směr, L = levá dolní končetina, P = pravá dolní končetina, PRE = vstupní hodnoty, POST = výstupní hodnoty,  $p_E$  = hladina statistické významnosti změn pro experimentální skupinu,  $p_C$  = hladina statistické významnosti změn pro kontrolní skupinu,  $p_\Delta$  = hladina statistické významnosti rozdílů ve velikosti změn mezi experimentální a kontrolní skupinou

## Obrázek 7

Rozsah pohybu působiště reakční síly v anteroposteriorním směru u experimentální a kontrolní skupiny v posttestu a pretestu



Vysvětlivky: **A**, graf pro levou dolní končetinu. **B**, graf pro pravou dolní končetinu. SLST = dřep na jedné noze, AP = anteroposteriorní směr, L = levá dolní končetina, P = pravá dolní končetina, PRE = vstupní hodnoty, POST = výstupní hodnoty,  $p_E$  = hladina statistické významnosti změn pro experimentální skupinu,  $p_C$  = hladina statistické významnosti změn pro kontrolní skupinu,  $p_\Delta$  = hladina statistické významnosti rozdílů ve velikosti změn mezi experimentální a kontrolní skupinou

Z naměřených hodnot obou sledovaných (výše uvedených) parametrů byl vypočítán IBA a zprůměrován pro ES a KS (tabulka 6). Po intervenci NSDW došlo k statisticky významnému snížení IBA v ES v případě rozsahu pohybu CoP v ML směru ( $p = 0,040$ ,  $d = 1,85$ , velký efekt) (obrázek 9A), u ostatních charakteristik nebyly signifikantní změny potvrzeny (obrázek 8, 9B). Rovněž rozdíly post-pre v ES vůči rozdílům post-pre v KS se u žádného z parametrů signifikantně nelišily (obrázek 8, 9).

**Tabulka 6**

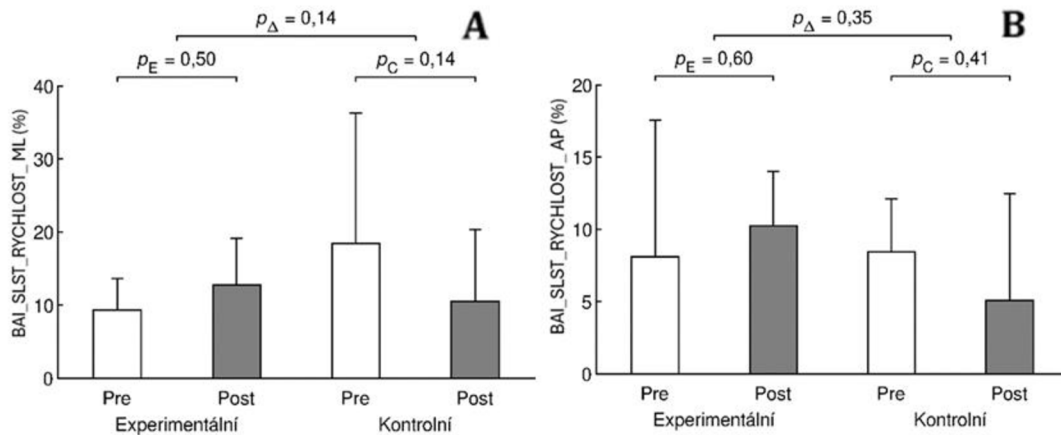
*Index bilaterální asymetrie rychlosti a rozsahu pohybu působitě reakční síly*

<b>Proměnná, směr</b>	Experimentální skupina (n = 5)		Kontrolní skupina (n = 5)	
	<b>Pre</b>	<b>Post</b>	<b>Pre</b>	<b>Post</b>
IBA rychlosti CoP, ML	9 ± 4	13 ± 6	18 ± 18	11 ± 10
IBA rychlosti CoP, AP	8 ± 9	10 ± 4	8 ± 4	5 ± 7
IBA rozsahu CoP, ML	18 ± 5	8 ± 6	8 ± 6	10 ± 8
IBA rozsahu CoP, AP	28 ± 31	14 ± 6	25 ± 9	17 ± 18

*Vysvětlivky:* Hodnoty jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka (%), n = počet hráček, Pre = vstupní měření, Post = výstupní měření, IBA = index bilaterální asymetrie, CoP = působitě reakční síly, ML = mediolaterální směr, AP = anteroposteriorní směr

### Obrázek 8

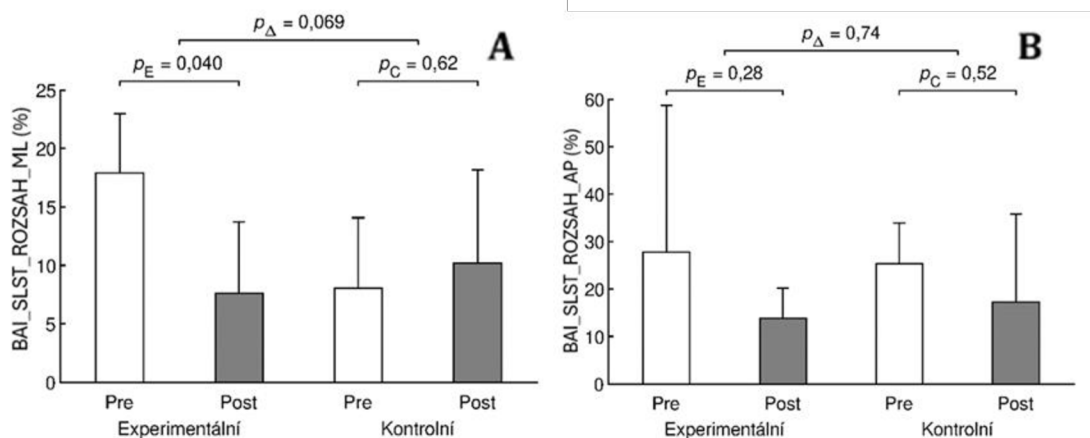
Index bilaterální asymetrie rychlosti pohybu působitě reakční síly u experimentální a kontrolní skupiny v posttestu a pretestu



Vysvětlivky: **A**, graf graf mediolaterálního směru. **B**, graf anteroposteriorního směru. IBA = index bilaterální asymetrie, SLST = dřep na jedné noze, ML = mediolaterální směr, AP = anteroposteriorní směr, PRE = vstupní hodnoty, POST = výstupní hodnoty,  $p_E$  = hladina statistické významnosti změn pro experimentální skupinu,  $p_C$  = hladina statistické významnosti změn pro kontrolní skupinu,  $p_{\Delta}$  = hladina statistické významnosti rozdílů ve velikosti změn mezi experimentální a kontrolní skupinou

### Obrázek 9

Index bilaterální asymetrie rozsahu pohybu působitě reakční síly u experimentální a kontrolní skupiny v posttestu a pretestu



Vysvětlivky: **A**, graf mediolaterálního směru. **B**, graf anteroposteriorního směru. IBA = index bilaterální asymetrie, SLST = dřep na jedné noze, ML = mediolaterální směr, AP = anteroposteriorní směr, PRE = vstupní hodnoty, POST = výstupní hodnoty,  $p_E$  = hladina statistické významnosti změn pro experimentální skupinu,  $p_C$  = hladina statistické významnosti změn pro kontrolní skupinu,  $p_{\Delta}$  = hladina statistické významnosti rozdílů ve velikosti změn mezi experimentální a kontrolní skupinou

## 5.2 Výsledky k hypotéze H2

**H2:** Preventivní program NetballSmart realizovaný po dobu devíti týdnů má pozitivní vliv na unilaterální reaktivní sílu dolních končetin u prvoligových hráček házené.

Výsledky vstupního a výstupního měření ES a KS jsou uvedeny v tabulce 7. Vnitroskupinové porovnání neprokázalo statisticky významné změny u ES, ani KS (obrázek 10). Rovněž výsledky meziskupinového porovnání pro dvě nezávislé skupiny (ES a KS) neukázaly na statisticky významný rozdíl ve velikosti změn (výstupní x vstupní měření) mezi ES a KS (obrázek 10).

Na základě těchto výsledků byla H2 zamítnuta.

Z průměrných výsledků THJT byl vypočítán IBA (tabulka 7). IBA se v rámci ES významně nezměnil, u KS došlo k signifikantnímu ( $p = 0,01$ ,  $d = 0,39$ ) zvýšení, tedy ke zvětšení asymetrie v reaktivní síle mezi končetinami (obrázek 10). Meziskupinové porovnání pro dvě nezávislé skupiny (ES a KS) ukázaly statisticky významný rozdíl ve velikosti změn (vstupní x výstupní měření) mezi ES a KS ( $p = 0,014$ ,  $d = 0,51$ , střední efekt) (obrázek 11).

**Tabulka 7**

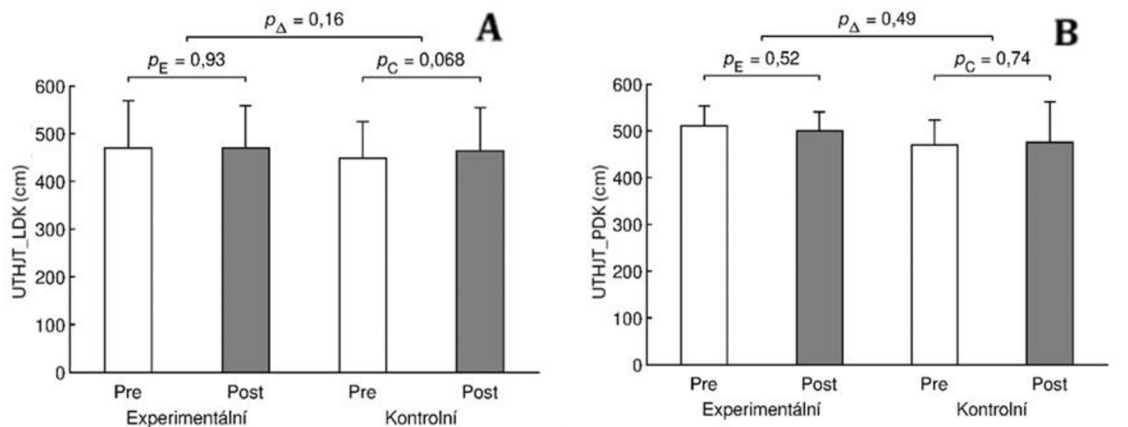
*Průměrné hodnoty unilaterálního trojskoku a indexu bilaterální asymetrie*

	Experimentální skupina (n = 5)		Kontrolní skupina (n = 5)	
	Pre	Post	Pre	Post
LDK (cm)	470 ± 98	470 ± 89	448 ± 77	464 ± 90
PDK (cm)	511 ± 42	500 ± 40	470 ± 54	476 ± 86
IBA (%)	12 ± 16	11 ± 12	5 ± 8	10 ± 7

*Vysvětlivky:* Hodnoty jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka, n = počet hráček, Pre = vstupní měření, Post = výstupní měření, LDK = levá dolní končetina, PDK = pravá dolní končetina, IBA = index bilaterální asymetrie

## Obrázek 10

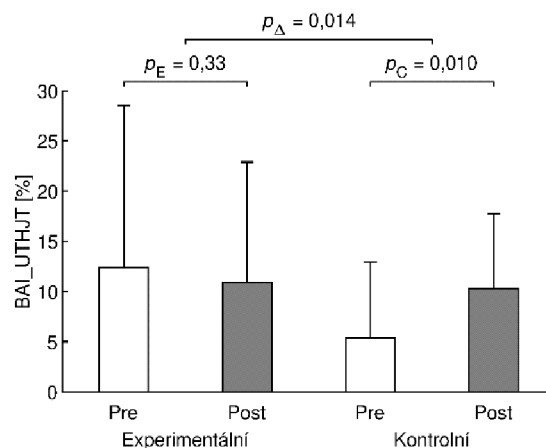
Hodnoty unilaterálního trojskoku u experimentální a kontrolní skupiny v posttestu a pretestu



Vysvětlivky: **A**, graf pro levou dolní končetinu. **B**, graf pro pravou dolní končetinu. UTHJT = unilaterální trojskok, LDK = levá dolní končetina, PDK = pravá dolní končetina, PRE = vstupní hodnoty, POST = výstupní hodnoty,  $p_E$  = hladina statistické významnosti změn pro experimentální skupinu,  $p_C$  = hladina statistické významnosti změn pro kontrolní skupinu,  $p_{\Delta}$  = hladina statistické významnosti rozdílů ve velikosti změn mezi experimentální a kontrolní skupinou

## Obrázek 11

Index bilaterální asymetrie unilaterálního trojskoku u experimentální a kontrolní skupiny v posttestu a pretestu



Vysvětlivky: IBA = index bilaterální asymetrie, UTHJT = unilaterální trojskok, PRE = vstupní hodnoty, POST = výstupní hodnoty,  $p_E$  = hladina statistické významnosti změn pro experimentální skupinu,  $p_C$  = hladina statistické významnosti změn pro kontrolní skupinu,  $p_{\Delta}$  = hladina statistické významnosti rozdílů ve velikosti změn mezi experimentální a kontrolní skupinou

### 5.3 Výsledky k hypotéze H3

**H3:** Preventivní program NetballSmart realizovaný po dobu devíti týdnů má pozitivní vliv na unilaterální tuhost dolních končetin u prvoligových hráček házené.

Výsledky vstupního a výstupního měření ES a KS jsou uvedeny v tabulce 8. Výsledky vnitroskupinového porovnání u experimentální ani kontrolní skupiny neukázaly na statisticky významné změny. Porovnání rozdílu post-pre v ES vůči rozdílu post-pre v KS také nepotvrdilo statisticky významnou odlišnost změn (obrázek 12).

Zmíněné výsledky nepodporují předpoklady naší hypotézy. Proto byla H3 zamítnuta.

Průměrné hodnoty IBA pro  $K_{leg}$  jsou pro obě skupiny zobrazeny v tabulce 8. Výsledky vnitroskupinového porovnání neukázaly na signifikantní změny u ES ani KS. Meziskupinové porovnání také neukázalo na statisticky významný rozdíl v porovnání post-pre ve ES vůči rozdílu post-pre v KS (obrázek 13).

**Tabulka 8**

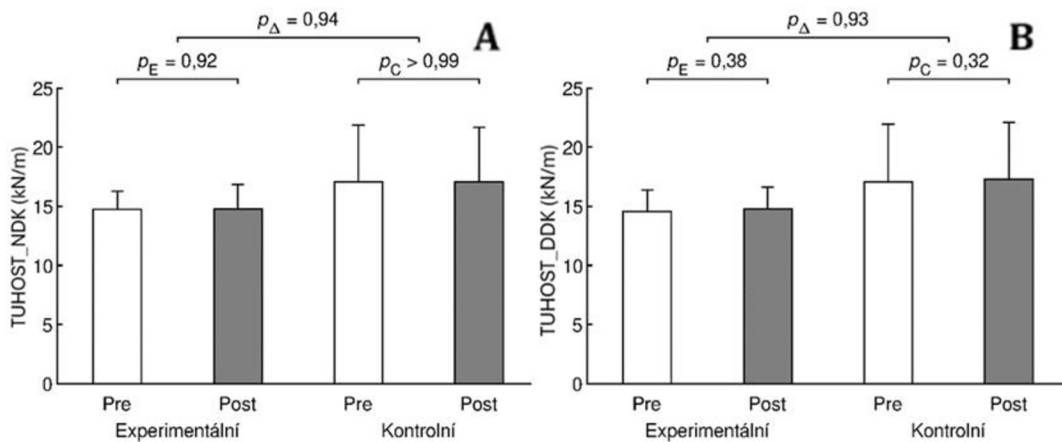
*Tuhost dolních končetin a index bilaterální asymetrie*

	Experimentální skupina (n = 5)		Kontrolní skupina (n = 5)	
	Pre	Post	Pre	Post
NDK (kN/m)	14,73 ± 1,57	14,78 ± 2,07	17,07 ± 4,77	17,07 ± 4,61
DDK (kN/m)	14,58 ± 1,79	14,79 ± 1,85	17,06 ± 4,87	17,30 ± 4,80
IBA (%)	3,0 ± 4,5	3,2 ± 2,9	1,2 ± 1,3	1,2 ± 1,2

*Vysvětlivky:* Hodnoty jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka, n = počet hráček, Pre = vstupní hodnoty, Post = výstupní hodnoty, DDK = dominantní dolní končetina, NDK = nedominantní dolní končetina, IBA = index bilaterální asymetrie

## Obrázek 12

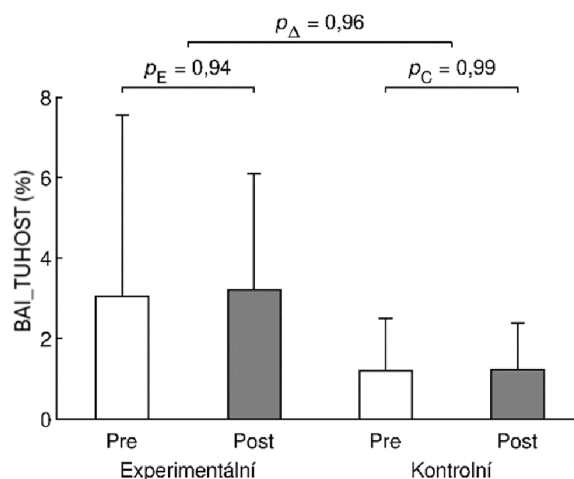
Tuhost dolních končetin u experimentální a kontrolní skupiny v posttestu a pretestu



Vysvětlivky: **A**, graf pro levou dolní končetinu. **B**, graf pro pravou dolní končetinu., DDK = dominantní dolní končetina, NDK = nedominantní dolní končetina, PRE = vstupní hodnoty, POST = výstupní hodnoty,  $p_E$  = hladina statistické významnosti změn pro experimentální skupinu,  $p_C$  = hladina statistické významnosti změn pro kontrolní skupinu,  $p_{\Delta}$  = hladina statistické významnosti rozdílů ve velikosti změn mezi experimentální a kontrolní skupinou

## Obrázek 13

Index bilaterální asymetrie tuhosti dolní končetiny – významnost rozdílů post-pre u vnitroskupinového a meziskupinového porovnání



Vysvětlivky: IBA = index bilaterální asymetrie, PRE = vstupní hodnoty, POST = výstupní hodnoty,  $p_E$  = hladina statistické významnosti změn pro experimentální skupinu,  $p_C$  = hladina statistické významnosti změn pro kontrolní skupinu,  $p_{\Delta}$  = hladina statistické významnosti rozdílů ve velikosti změn mezi experimentální a kontrolní skupinou



## 6 DISKUSE

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zhodnotit vliv preventivního programu NetballSmart Dynamic warm-up na modifikovatelné rizikové faktory nekontaktního poranění dolních končetin u prvoligových hráček házené. Hodnocenými parametry před a po absolvování preventivního programu byly dynamická stabilita, reaktivní síla a tuhost dolních končetin. Tyto parametry jsou označovány za rizikové ve vztahu k nekontaktnímu poranění dolních končetin ve sportu (Daneshjoo et al., 2022; De Ste Croix et al., 2017; Goossens et al., 2015; Ruggiero et al., 2016; Thomson, 2014; Thorborg et al., 2020). Končetiny byly hodnoceny samostatně, a navíc byl vypočítán index bilaterální asymetrie pro každý z parametrů, vypovídající o míře asymetrie mezi dolními končetinami.

Hlavním zjištěním studie je, že devíti týdenní preventivní program NSDW neměl pozitivní vliv na výše zmíněné parametry. Naše zjištění nepodporuje výsledky studie Belcher et al. (2021), ve které byl rovněž uplatněn NSDW a ve které bylo zjištěno významné zlepšení biomechaniky dopadu, který se také pokládá za rizikový faktor nekontaktního poranění dolních končetin (Belcher et al., 2021). Sice nebyly hodnoceny stejné parametry jako v této práci, každopádně by se dalo předpokládat, že společně s komplexním motorickým úkolem jako je dopad z výskoku dojde ke zlepšení i ostatních parametrů, které se na bezpečném dopadu podílejí (jako dynamická stabilita a tuhost dolních končetin). Mezi naší a zmiňovanou studií je však několik rozdílů, které mohou být důvodem rozdílných výsledků. Kromě rozdílného sportovního zaměření (házená vs. netball) se studie liší zkušeností a úrovní dovedností hráček, délkou intervence NSDW a frekvencí. Na rozdíl od naší studie, kdy NSDW probíhalo 2x týdně po dobu 9 týdnů (18 tréninkových jednotek), absolvovaly netbalistky program NSDW 3x týdně po dobu 12 týdnů (36 tréninkových jednotek), což je přesně dvojnásobek. V kontextu adherence házenkářek k programu je na místě zmínit míru účasti hráček v jednotlivých tréninkových jednotkách NSDW. Žádná z hráček neměla stoprocentní docházku a pouze tři z nich měly jedinou absenci. V tomto ohledu bylo nutné zohlednit specifické okolnosti sportovního prostředí, ve kterém se pohybujeme. Házená není v České republice tak populárním sportem jako například fotbal. Většina z hráček proto buď studovala na vysoké škole, nebo pracovala a trénink házené se na úkor toho upozadoval. Proto ani docházka na samotné tréninky nebyla vždy stoprocentní, čímž se limitovaly možnosti implementace preventivního programu. I když všechny hráčky dosáhly minimálního stanoveného prahu účasti ve výši 75 % (14 z 18 NSDW), je pravděpodobné, že tato hranice není dostatečná pro dosažení optimálního efektu preventivního programu v rozsahu osmnácti jednotek za 9 týdnů. Steib et al. (2017) ve své metaanalýze uvádějí, že neuromuskulární trénink v

krátkých 10–15minutových cyklech dvakrát až třikrát týdně má největší preventivní účinek na zranění dolních končetin u sportovců. Dále také uvádějí, že nejvyšší snížení rizika zranění bylo dosaženo při týdenním objemu 30-60 min, což odpovídá dvěma až třem týdenním tréninkům v délce 10-20 min (Steib et al., 2017). Shodné výsledky s některými parametry naší studie pozorovali Lindblom et al. (2011) u adolescentních fotbalistek, které absolvovaly NMT (Knäkontroll, SISU Idrottsböcker©, 2005) v rámci rozcvičení s frekvencí 2x týdně po dobu 11 týdnů. Pozorovali změny dynamické stability, výkonnosti skoku z místa, střídavého trojskoku a specifického testu pro hodnocení agility. V intervenční skupině neprokázali zlepšení žádného z parametrů. Samotný NMT trval pouze 15 minut a obsahoval šest cvičení zaměřených na stabilitu core, rovnováhu a techniku dopadu (Lindblom et al., 2012).

Dalším výrazným rozdílem mezi touto prací a studií Belcher et al. (2017) je počet participantů. Vzhledem k tomu, že do výzkumu bylo možné zapojit pouze jeden z týmu házenkářek, byl počet účastnic relativně nízký, což může mít vliv na spolehlivost výsledků (zvýšená chybovost) a obecnou aplikovatelnost zjištění. Nečekané zdravotní obtíže byly dále příčinou vyloučení čtyř hráček, což zahrnovalo dvě hráčky z kontrolní a dvě z experimentální skupiny. V rámci kontrolní skupiny došlo u jedné z hráček k nekontaktnímu poranění zadního zkříženého vazy kolenního kloubu při dopadu z útočného výskoku na jednu nohu, zatímco druhá hráčka si poranila vazy laterálního kotníku při dopadu z výskoku na nohu protihráčky. U hráček experimentální skupiny se jednalo o jednu výraznou limitaci funkce hlezenního kloubu v návaznosti na dřívější operaci tohoto kloubu a druhá hráčka se pro nemoc nemohla účastnit výstupní měření. Malý vzorek subjektů lze považovat za nedostatek a limitaci této práce, avšak podobné situace jsou v rámci empirických výzkumů relativně běžné.

Systematické review Vila et al. (2022) udává vyšší míru rizika poranění u starších hráčů házené oproti mladším a poukazuje tak na nemodifikovatelný faktor zranění, věk. I v tomto ohledu se naše práce liší oproti Belcher et al. (2017), kde participovaly hráčky netballu ve věku 15–18 let. Výzkumný soubor této práce tvořil pouze tým seniorských hráček házené, přičemž mezi hráčkami byly věkové rozdíly (až 9 let). Podstatnější se ale může zdát celková doba hraní házené, která odráží zkušenosti sportovce. Označení "zkušení hráči (angl. experienced players)" se objevuje v řadě studiích. Například Wagner et al. (2014) ve svém review shrnuli rozdíly mezi zkušenými/elitními hráči házené a nezkušenými hráči, kdy právě skupina zkušených hráčů vykazovala lepší schopnosti koordinace a agility než nezkušení hráči (Wagner et al., 2014). To by se teoreticky mohlo promítnout i do biomechaniky rizikových pohybů pro zranění dolních končetin, což by

znamenal nižší riziko poranění dolních končetin u této skupiny hráčů. Vila et al. (2022) také zmiňuje, že v seniorských kategoriích házené dochází často k recidivě starších zranění. Díky informacím, které nám hráčky poskytly, víme, že všech pět hráček ES v posledních 2 letech utrpělo zranění dolní končetiny a čtyři z nich v době výzkumu stále trpěly určitým stupněm muskuloskeletálního omezení při zátěži. Možný přetrvávající deficit spojený s bolestí by mohl znamenat sníženou adaptaci na preventivní program NSDW.

## 6.1 Diskuze k hypotéze H1

Pro analýzu dynamické rovnováhy DKK byl zvolen SLST. Byla analyzována celková rychlost dráhy CoP a rozsah pohybu CoP v ML a AP směru. Rychlost pohybu CoP odráží neuromuskulární odezvu při specifickém pohybovém úkolu, v našem případě SLST, přičemž nižší rychlost pohybu CoP naznačuje lepší odezvu na balanční úkol (Steffen et al., 2017). V důsledku toho bylo očekávání takové, že po absolvování NSDW dojde u hráček ES ke snížení rychlosti pohybu CoP v AP a ML směru a že u nich dojde ke snížení rozsahu pohybu CoP ve všech směrech.

Výsledky této práce neukázaly na významné zlepšení dynamické stability u ES po devíti týdenní intervenci NSDW. Při porovnání ES s KS byl sice nalezen statisticky významný rozdíl ve velikosti změn post-pre v případě změn rychlosti pohybu CoP ve prospěch ES ( $p = 0,043$ ,  $d = 1,54$ , velký efekt) na levé dolní končetině v ML směru, avšak to bylo způsobeno značným zhoršením stability v tomto směru, respektive zvýšením rychlosti pohybu CoP na levé dolní končetině u KS, nikoli snížením rychlosti u ES.

Jiná studie, zkoumající vliv NetballSmart preventivního programu na dynamickou stabilitu zatím neexistuje ani u hráček netballu. Nicméně studie zkoumající vliv jiných preventivních programů na dynamickou stabilitu u hráčů a hráček házené měly pozitivní výsledky (Daneshjoo et al., 2022; Mohamad Puzi & Choo, 2021; Steib et al., 2016). Jednou z nich je studie, zkoumající trénink „CoBAgi“ u adolescentních hráček házené. Preventivní program „CoBAgi“, vycházející z anglické zkratky pro koordinaci, rovnováhu a agilitu, prováděly hráčky 3x týdně po dobu 6 týdnů. Dynamická stabilita byla hodnocena pomocí Star excursion balance test (SEBT), který je jedním z vysoce využívaných testů pro hodnocení dynamické stability mimo laboratorní podmínky, ale klade vyšší nároky na svalovou sílu flexorů a extenzorů kolenního kloubu a rozsah pohybu v hlezenním kloubu. Po šesti týdnech tréninku CoBAgi došlo k signifikantnímu zlepšení experimentální skupiny v SEBT, zatímco u kontrolní skupiny zlepšen nebylo (Mohamad Puzi & Choo, 2021). Avšak je důležité zmínit, že jedním ze cviků preventivního programu CoBAgi byl samotný test

SEBT. Výsledky by proto mohly znamenat jen lepší zvládnutí specifických pohybových úkolů v SEBT testu vlivem tréninku právě těchto pohybů, a nikoliv zlepšení dynamické stability vlivem lepší propriocepce a svalové koordinace, která by se mohla promítnout i do situací, spojených s rizikem poranění. Steib et al. (2016) zkoumali vliv NMT na dynamickou a statickou stabilitu u seniorských házenkářek (24.0 ± 5.9 let) 4. divize. NMT probíhal v čase rozcvičení před hlavním tréninkem 3x týdně po dobu 11 týdnů. Obsahoval běžecká, balanční, silová a plyometrická cvičení společně s agilitou, a navíc po třech a pěti týdnech došlo ke zvýšení náročnosti jednotlivých cviků. Dynamická stabilita byla hodnocena pomocí SEBT a k hodnocení statické stability byla využita silová plošina, kde byla pozorována rychlost pohybu CoP při klidném stoji na jedné noze. Celková účast zhruba dvaceti hráček na NMT byla 88,7 % (29/33 tréninkových jednotek). Výsledkem bylo statisticky významné zlepšení v SEBT experimentální skupiny při meziskupinovém porovnání, a to již po 6 týdnech absolvování NMT. Co je ale zajímavé, nedošlo k významnému zlepšení parametru statické rovnováhy v rámci experimentální skupiny, a statistická významnost nebyla potvrzena ani v porovnání změn mezi skupinami (Steib et al., 2016). Daneshjoo et al. (2022) hodnotili upravený FIFA 11+ preventivní program u elitních adolescentních házenkářů po dobu 8 týdnů s četností 3x týdně. Preventivní program se skládal ze 3 částí, 1) běžecké cvičení, 2) silové, balanční a plyometrické cvičení, 3) sportovně specifická příprava (běh s náhlou změnou směru atd.). Dynamickou stabilitu hodnotili pomocí Y-balance testu, který klade stejné nároky na testovaného jako SEBT test. Výsledky ukázaly signifikantní zlepšení dynamické stability v rámci experimentální skupiny i v porovnání se skupinou kontrolní (Daneshjoo et al., 2022). Ve dvou zmíněných studiích (Daneshjoo et al., 2022; Mohamad Puzi & Choo, 2021) byl výzkum prováděn u adolescentních hráčů a hráček (14-15 let), což společně s rozdílným zastoupením pohlaví a prostředkem pro hodnocení dynamické stability limituje srovnatelnost výsledků. Výkonnost rovnováhy není v průběhu života stabilní, ale zvyšuje se v mládí, vrcholí u mladých dospělých a klesá u seniorů (Granacher et al., 2011). Schedler et al. (2021) objevili, že výkon v rovnovážných úkolech různého typu jsou ovlivněny věkem. Byla vypočítána horší dynamická stabilita u mladých dospělých (22,8 ± 2,8 let) ve srovnání s dospívajícími (14,7 ± 0,5 let) a dětmi (7,6 ± 0,6 let). Naopak mladí dospělí podali lepší výkony ve statické stabilitě oproti dospívajícím. Tuto skutečnost vysvětlují tak, že děti a dospívající lze považovat za "raně praktické", zatímco mladí dospělí mají vzhledem ke svému vyššímu věku mnohem více zkušeností. Děti a dospívající tak mohou být do určité míry schopni přepínat mezi prováděním různých úkolů (např. statické a dynamické rovnováhy), u mladých dospělých je tato schopnost pravděpodobně snížena (Schedler et al., 2021). Jelikož dynamická stabilita byla v případě všech zmiňovaných studií (Daneshjoo

et al., 2022; Mohamad Puzi & Choo, 2021; Steib et al., 2016) hodnocena funkčními/klinickými testy (SEBT, Y-balance test), které zaznamenávají dosahovou vzdálenost nezatížené DK při stožení na druhou DK, je možné srovnávat tyto výsledky s výsledky biomechanického testu (použit v této práci), který hodnotí dynamickou stabilitu na základě parametrů ze silové plošiny, jen orientačně. Na základě porovnání se zmíněnými studii proto nelze odvodit jasný důvod, proč nedošlo k potvrzení naší hypotézy. Jelikož složení tréninkových/neuromuskulárních programů nebylo v základu odlišné, jediným možným důvodem zůstává délka intervence, respektive adherence hráček k programu NSDW, která se zdá nedostatečná pro adaptační mechanismy dynamické stability. Studie zkoumající vliv různých preventivních/neuromuskulárních programů na dynamickou rovnováhu v seniorských kategoriích házené žen je nedostatek. Výzkumy, které jsou publikované napříč kategoriemi většinou využívají funkční testy pro hodnocení stability, nikoliv biomechanické, což limituje srovnatelnost tohoto výzkumu s jinými.

Informace o stabilitě dolních končetin jsou mimo jiné užitečné pro rozhodnutí, zda se zraněný hráč může vrátit ke sportu bez rizika opětovného zranění (Daneshjoo et al., 2022). Poranění kolenních vazů jsou společně s hypermobilitou stavy, které přispívají k deficitu propriocepce (Uzunkulaoglu & Çetin, 2019). Z informací získaných od hráček víme, že nejméně 3 z nich utrpěly během své dosavadní kariéry poranění LCA a všechny to do určité míry omezuje při hraní. Dvě z nich byly zařazeny do ES a byl u nich vyhodnocen závažný stupeň hypermobility. Jiné 2 hráčky z ES udávaly omezení při zátěži v hlezenním kloubu, vázané na dřívější inverzní zranění tohoto kloubu. V jejich případě se dá uvažovat o přítomnosti funkční chronické laterální nestability kotníku, při níž si sportovci stěžují na neschopnost se spolehnout na svůj kotník a dochází k opakujícím se epizodám "giving way" během dopadů a rychlých změn směru (Spennacchio et al., 2018). Všechny 4 zmiňované hráčky byly součástí ES, byla u nich vyhodnocena hypermobilita (3x závažný stupeň a 1x lehký stupeň) a jejich předchozí poranění kolenního/hlezenního kloubu jim stále způsobuje určité omezení při zatížení. Vzhledem k tomu je pravděpodobné, že NSDW, představující 20minutový komplexní preventivní program, probíhající 2x týdně nebyl pro tyto hráčky vhodný. Vhodnější by se zdál intenzivnější proprioceptivní trénink v rámci prevence opakovaného poranění, který se v intenzitě 3x týdně po dobu 15 týdnů ukázal jako efektivní pro zlepšení dynamické stability dolních končetin u hráček házené s historií distorze hlezenního kloubu (Antohea et al., 2023).

## 6.2 Diskuze k hypotéze H2

Pro hodnocení reaktivní síly byl využitý unilaterální trojskok (angl. Tripple hop jump test, THJT). Slabý výkon v unilaterálních testech plyometrických schopností byl označen jako rizikový faktor pro poranění hamstringů v důsledku kontraktlní mechaniky těchto úkolů. Účinnost propulzní fáze při unilaterálním skoku závisí na synergistickém působení hamstringů s ostatními extenzory kyčle, extenzory kolene a plantárními flexory kotníku, aby vytvořily pozitivní práci. Po propulzi musí hamstringy pro efektivní dopad působit excentricky, aby zpomalily a kontrolovaly multiplanární pohyb v kyčli a koleni. Při unilaterálních skocích, které vyžadují vykonávání práce s vysokou rychlostí (pozitivní i negativní), pak může špatný výkon indikovat zvýšené riziko zranění této svalové skupiny (Thorborg et al., 2020). V rámci našeho výzkumu jsme předpokládali, že u ES dojde ke zvětšení vzdálenosti THJT po devíti týdenní intervenci NSDW v rámci skupiny i v rámci meziskupinového porovnání změn s KS.

Analýza výsledků ale nepotvrdila naše předpoklady, neboť jak v KS, tak v ES nedošlo ke statisticky významné změně reaktivní síly dominantní anebo nedominantní DK. Důvodem stagnace výkonnosti může být zastoupení cviků v NSDW programu s ohledem na potenciální zlepšení právě tohoto parametru. NSDW obsahuje cílené posilování hamstringů v podobě Rumunského mrtvého tahu na jedné noze nebo NHE a také plyometrická cvičení, která jsou ale ve většině případů zaměřena na kontrolu dopadu, a nikoliv na zvýšení reaktivní síly, respektive balistické funkce hamstringů.

V případě našeho výzkumu hráčky cvičily Rumunský mrtvý tah (angl. Romanian deadlift, RDL). RDL je cvik využívající se hojně k posílení hamstringů. Jeho varianta ve stoji na jedné noze (angl. Single leg romanian deadlift, SLRDL) přidává další požadavek na rovnováhu, jelikož zmenšuje opornou bázi DK a zároveň zvyšuje excentrickou aktivaci m. biceps femoris oproti mediálním hamstringům (Behan et al., 2024). V prevenci poranění hamstringů se klade důraz především na excentrickou práci této skupiny svalů, jelikož vysoké excentrické nároky během cvičení jsou silným stimulem pro vyvolání prospěšných protektivních adaptací (Crawford et al., 2023). Cvikem č. 1 v preventivních programech proti poranění svalstva zadního stehna je NHE, kde při excentrickém zapojení hamstringů dochází k extenzi v kolenních kloubech. Označuje se proto jako "knee-dominant hamstring exercise". Oproti tomu RDL, potažmo SLRDL k excentrické práci hamstringů využívá flexi v kyčelních kloubech a označuje se tak "hip-dominant hamstring exercise" (Crawford et al., 2023). Otázkou, zda jsou tyto dva cviky stejně účinné z hlediska snížení rizika zranění hamstringů se zabývali Behan et al. (2024). Zjistili, že oba cviky jsou stejně účinné, i když využívají jiný pohybový mechanismus (Behan et al., 2024). Z těchto důvodů se lze

domnívat, že cviky zařazené v rámci silové komponenty programu, cílené na hamstringy, nemusely být důvodem stagnace výkonnosti v THJT. Na druhou stranu je třeba připustit, že, používané cvičení nemuselo představovat dostatečně silná adaptační podnět. V rámci NSDW se totiž nevyužívají žádné pomůcky, kromě míčů (v našem případě házenkářských) a vzhledem k tomu, že účastnice naší studie byly dospělé házenkářky a v rámci tréninku navštěvovaly až 2x týdně posilovnu, SLRDL bez externí zátěže a jeho opakované zařazování nemuselo vést k žádoucím adaptačním změnám v nervosvalovém systému.

Druhou otázkou by mohlo být, zda byl dostatečný tréninkový objem tohoto konkrétního cviku, jelikož během jedné tréninkové jednotky NSDW provedly hráčky pouze 10 opakování na každou DK. Lacome et al. (2020) ve své studii zkoumali rozdíl mezi nízkým a vysokým objemem excentricky zaměřených tréninků na hamstringy na jejich sílu a délku svalových fasciкул u elitních fotbalistů. Po šesti týdenní intervenci, kdy trénink s nízkým objemem obsahoval 10 opakování excentrického cvičení hamstringů a trénink s vysokým objemem obsahoval 40 opakování stejného cvičení, výsledky neukázaly signifikantní rozdíl v žádném parametru mezi skupinou fotbalistů, trénujících s nízkým objemem oproti skupině, která trénovala s vysokým objemem (Lacome et al., 2020).

Další studie zkoumající vliv NetballSmart preventivního programu na reaktivní sílu dolních končetin u sportující populace zatím neexistují. Jsou ale publikované studie, zaměřené na vliv jiných preventivních programů na různé testy plyometrických schopností. Portugues et al. (2020) zkoumali vliv specifického preventivního programu na funkční kapacitu dolních končetin u mladých házenkářek (12–16 let). Jednalo se o modifikovaný program FIFA 11+, jehož hlavními komponentami byla silová cvičení se zaměřením na bederní a pánevní oblast, agilita, silové, plyometrické a balanční cvičení společně se sportovně specifickou přípravou. Silová část obsahovala oproti NSDW programu NHE a plyometrická část měla o 2-3 cviky více. Intervenční skupina házenkářek (n = 9) absolvovala preventivní trénink 2x týdně po dobu 8 týdnů v rámci rozcvičení před tréninkem. Hodnocenými parametry byly Single hop test, kde bylo cílem skočit co nejdále jedním skokem na jedné noze, další parametr byl Time hop test, při kterém bylo cílem doskákat co nejrychleji na jedné noze na vzdálenost 6 metrů, a posledním sledovaným byl Side hop test, kde měli participanty za úkol co nejrychleji 10x bočně přeskočit mezi rovnoběžnými lajnami, vzdálenými 30 cm od sebe. Po ukončení intervence výsledky meziskupinového porovnání (intervenční vs. kontrolní skupina) ukázaly signifikantní zlepšení v Side hop a Time hop testu u obou DKK u intervenční skupiny oproti kontrolní (Portugues et al., 2020). Swearingen et al. (2014) udávají silnou korelaci mezi testy spočívající ve skoku na jedné noze na vzdálenost (jako THJT využitý v naší práci) a skoku

na jedné noze na čas (jako Time hop test) (Swearingen et al., 2011). Proto by se mohla zdát tato studie srovnatelná s naší prací, jelikož i četnost a délka trvání intervence byla podobná. Výrazný je ale věkový rozdíl participantek, který je podstatně nižší ve studii Portugues et al. (2020) a mohl být důvodem rozdílného výsledku v tom smyslu, že zatížení preventivním tréninkem bylo pro tuto věkovou skupinu dostatečné na vyvolání adaptačních mechanismů.

Za zmínku také stojí možná souvislost s výsledky TAMPA škály kineziofobie. Vysoké skóre kineziofobie bylo odhaleno u jedné z hráček ES. To mohlo mít negativní vliv jak na průměrné výsledky ES v jednotlivých testech, a to především v THJT, tak i na provedení NSDW. Kineziofobie značí možné vyhýbání se některým pohybům, které jsou subjektivně vnímány jako nebezpečné (Lundberg et al., 2004). U této hráčky se to projevilo již během vstupního testování, kdy neabsolvovala měření tuhosti levé dolní končetiny po absolvování THJT. Dříve stanovená hranice vysokého skóre kineziofobie byla hodnota 37 (Lundberg et al., 2004). V takovém případě by k hráčce se skóre 41 přibyla další z ES (skóre 38). Navíc mezi pěti házenkářkami s nejvyšším skóre jsou hned 4 z ES a průměrné hodnoty TAMPA skóre ES byly o 3 body vyšší než KS (36 vs. 33). Dalo by se proto předpokládat, že hráčky ES budou obecně opatrnější a při testování THJT a při NSDW nepředvedou požadované úsilí. Každopádně TAMPA škála kineziofobie je založena na subjektivním hodnocení, a proto se nedá s jistotou tvrdit, že tím byly ovlivněny výsledky práce.

### 6.3 Diskuze k hypotéze H3

Tuhost dolních končetin ( $K_{leg}$ ) byla změřena pro každou DK zvlášť. Nižší  $K_{leg}$  může vést k menšímu ukládání a zpětnému využití elastické energie, což vede ke snížení schopnosti snášet nárazové zatížení. Příliš malá  $K_{leg}$  snižuje schopnost DK odolávat deformaci při působení dané síly, a ta se prokazatelně projevuje při únavě (Millett, 2016). Snížení  $K_{leg}$  v důsledku únavy je asociováno se zhoršením nervosvalové kontroly a tím zvýšením rizika zranění (De Ste Croix et al., 2017)

Výsledky vnitroskupinového porovnání neprokázaly statisticky významné změny vstupních a výstupních hodnot. Nedošlo prakticky k žádné změně průměrných hodnot  $K_{leg}$  po devíti týdnech intervence NSDW, stejně jako po devíti týdnech standardního rozcvičování u KS. Rovněž v případě porovnání ES s KS nebyl nalezen statisticky významný rozdíl ve velikosti změn hodnot  $K_{leg}$  post-pre.

Tento parametr podléhá vlivu několika faktorů, a jak již bylo zmíněno v teoretické části, jedním z nich je únava. (De Ste Croix et al., 2017; Ruggiero et al., 2016). Porovnání



vstupního a výstupního subjektivního hodnocení svalové únavy pomocí VAS škály neukázalo velké rozdíly. Předpokládáme proto, že únava neměla na výsledky vstupního a výstupního měření vliv.

Butler et al. (2003) poukazuje na potenciální možnost tréninkem změnit  $K_{leg}$ , ovlivnit tím zatížení DK, a tím snížit riziko zranění. Schopnost optimalizovat  $K_{leg}$  závisí na schopnosti svalů produkovat sílu a na rychlosti, s jakou je síla produkována. Samotná  $K_{leg}$  je závislá na ko-kontrakci agonistických a antagonistických svalů, svalové preaktivaci a nervosvalové regulaci (Butler et al., 2003). Bylo prokázáno, že plyometrický trénink podporuje zvýšení  $K_{leg}$ , a ještě větší potenciál má v kombinaci se silovým tréninkem (Brazier et al., 2014). Kubo et al. (2007) to vysvětluje tím, že plyometrický trénink způsobuje pozitivní změny na úrovni mechanického komplexu šlacha-sval, zatímco silový trénink způsobuje změny ve smyslu zvýšení nervové aktivace (Kubo et al., 2007). Obě tyto komponenty obsahuje NSDW. Silová složka, obsahující variace dřepů, RDL a výpadů se zdá být z hlediska zvolených cviků vhodná pro zvýšení  $K_{leg}$  (Brazier et al., 2014). Plyometrická část, složená z variací skoků z nohy na nohu s výdrží a výskoků s otočkou možná postrádala skoková cvičení rychlým cyklem protažení a zkrácení svalu.

Lehnert et al. (2020) zjistili, že trénované adolescentní hráčky nevyšších národních úrovní napříč různými týmovými sporty vykazují výrazně nižší  $K_{leg}$  ve srovnání s trénovanými muži stejného věku. V souvislosti se zvýšeným rizikem vzniku zranění jsou v literatuře o  $K_{leg}$  sportovkyně uváděny v malé míře (Lehnert et al., 2020). Sikora et al. (2023) hodnotili vliv dvanácti týdenního neuromuskulárního tréninku (KneeRugbyWoman) na  $K_{leg}$  u amatérských hráček rugby. KneeRugbyWoman byl zařazen do tréninkové jednotky po rozcvičení a probíhal 2x týdně po dobu 10 minut. Obsahoval trénink rovnováhy, silová cvičení a plyometrická cvičení a pro individualizaci zátěže byly vytvořeny 4 úrovně obtížnosti cvičení. Výsledky studie jsou srovnatelné s našimi, tedy nedošlo k významnému rozdílu pre-post měření v rámci experimentální skupiny, ani v rámci porovnání rozdílů pre-post hodnot mezi experimentální a kontrolní skupinou (Sikora et al., 2023). V případě této studie byla v plyometrické části zařazena dynamická poskoková cvičení, na  $K_{leg}$  však pozitivní vliv neměla. Společně s našimi výsledky to může naznačovat, že preventivní programy, vytvořené za účelem snížit riziko poranění dolních končetin a trvající 10-20 min s frekvencí 2x týdně po dobu 9-12 týdnů nemají vliv na změnu  $K_{leg}$ .

## 6.4 Diskuze k asymetrii dolních končetin

Dílčím cílem tohoto výzkumu bylo posoudit efekt preventivního programu NetballSmart na bilaterální asymetrii (BA) prostřednictvím IBA dolních končetin v jednotlivých měřených parametrech.

Ve sportovním prostředí je funkční asymetrie poměrně běžná. Může vznikat jako reakce organismu na mechanické zatížení jedné strany, v házené to můžou být například silnější extenzory kolenního kloubu odrazové nohy (Barreto et al., 2022). Lze ji považovat za tzv. kolísavou asymetrii (z angl. fluctuating asymmetry), měnící se v reakci na stresory prostředí. Z toho důvodu se polemizuje o BA jako o dalším modifikovatelném faktoru, který teoreticky může vykazovat prognostickou hodnotu pro stanovení rizika zranění (Helme et al., 2021). Hranice BA ale není napříč studii jednotná. Někteří autoři spojují se zvýšeným rizikem zranění hranici BA 10 %, a někteří až 15 % (Kal'ata, 2023). V případě funkční asymetrie dolních končetin je oblast výzkumu omezena vysokou mírou rozdílnosti metodologických přístupů a kvality. Není tak zřejmé, zda přijmout nebo odmítnout funkční asymetrii DKK jako riziko sportovního úrazu (Helme et al., 2021). Některé preventivní programy na snížení rizika poranění DKK již v minulosti prokázaly svou účinnost. V reakci na to by mohlo být přínosné sledovat, zda se společně s parametry, indikující riziko poranění DKK mění i BA končetin.

Výsledky naší studie naznačují, že intervence NSDW mohla mít vliv na snížení BA jednoho parametru dynamické stability, rozsahu pohybu CoP v ML směru. Po devíti týdnech intervence v ES došlo ke statisticky významnému rozdílu v podobě snížení IBA rozsahu pohybu CoP v ML směru ( $p = 0,04$ ,  $d = 1,85$ , velký efekt). Nicméně rozdíly post-pre v ES vůči rozdílům post-pre v KS v tomto parametru významné nebyly. Zároveň u ES nedošlo k významnému snížení IBA v AP směru, i když tendence k poklesu jsou patrné (pre  $28 \pm 31$  %, post  $14 \pm 6$  %). Test využitý pro hodnocení dynamické stability byl dřep na jedné noze. Preventivní program NSDW obsahoval v rámci dynamické přípravy dřepy, které byly ve vyšší úrovni obtížnosti modifikovány na dřepy na jedné noze. Zlepšení by tak mohlo vysvětlit technické zdokonalení samotného provedení dřepu na DK, která měla při vstupním vyšetření horší výsledky. Zároveň ale nedosáhlo takových hodnot, aby se to promítlo do hodnocení unilaterální dynamické stability. BA dynamické stability byla napříč studii hodnocena pomocí funkčních testů (Y-balance test, SEBT). Zda je možné aplikovat hranici 10/15 % indikující zvýšené riziko poranění dolních končetin i na parametry dynamické stability, získané ze silové plošiny není jasné, jelikož BA parametrů jako je rychlost a rozsah pohybu CoP nebyla zatím zkoumána.

IBA reaktivní síly, tedy THJT se po intervenci NSDW významně nezměnil. Došlo ale k signifikantnímu zvýšení ( $p = 0,01$ ) u KS, ale s malým efektem ( $d = 0,39$ ). Meziskupinové porovnání rozdílů IBA v THJT pre-post v ES a pre-post v KS ukázalo statisticky významný rozdíl ( $p = 0,014$ ,  $d = 0,51$  střední efekt). Zvýšení IBA v kontrolní skupině po devíti týdnech může souviset se skutečností, že výzkum byl realizován v průběhu házenkářské sezóny. Během tohoto období už probíhají utkání, kterých házenkářky výzkumného souboru absolvovaly osm a tréninky jsou zaměřené hlavně na specifickou přípravu na zápasy. Asymetrické zatížení DKK je proto na nejvyšší možné úrovni, jelikož se od obecnějších tréninků z přípravného období přechází na taktické a sportovně specifické, a k tomu se přičítá intenzivní asymetrická zátěž ze zápasů. Výsledky naznačují, že NSDW plnil kompenzační funkci asymetrického zatížení DKK během sezóny, ale jen z hlediska zatížení hamstringů, jelikož v ES k významnému zvýšení IBA THJT nedošlo. Průměrné hodnoty IBA KS se zvýšily z  $5 \pm 8 \%$  na  $10 \pm 7 \%$ , čímž se posunuly přesně na jednu z udávaných hranic zvýšeného rizika poranění DKK. U ES sice nedošlo ke zvýšení IBA, ale průměrné hodnoty jsou vyšší,  $12 \pm 16 \%$  a  $11 \pm 12 \%$ . Pohybují se tedy těsně za 10% hranicí, ale stále nedosahují na druhou zmiňovanou hranici 15 %. Teoreticky by se dalo říct, že u KS se sice významně zvýšila BA reaktivní síly, ale i přes toto zvýšení stále nedosahuje hodnot ES.

Významná změna nebyla rovněž pozorována při porovnání vstupních a výstupních hodnot IBA  $K_{leg}$  v ES a KS a významný rozdíl nebyl potvrzen ani v případě meziskupinového porovnání rozdílů post-pre ES a post-pre KS (ES 3,2 %, KS 2,1 %).  $K_{leg}$  se vztahuje k míře tuhosti vazů, svalů a šlach dolní končetiny, společně s tuhostí jejich chrupavek a kostí (Farley et al., 1998). Tuhost svalů a šlach ovlivňuje rychlost vývoje síly, a proto pokud obě dolní končetiny podléhají stejnému nervovému řízení, může se projev síly v okolí kloubu mezi končetinami lišit. To může způsobit asymetrii, která může vést k většímu riziku zranění. Je tedy pravděpodobné, že bilaterální rozdíly v  $K_{leg}$  jsou rovněž významné pro určení rizika zranění (Pruyn et al., 2012). Hodnoty IBA  $K_{leg}$  ES i KS naměřené během vstupního, potažmo výstupního měření neukazují na významnou BA (ES,  $3 \pm 4,5 \%$  a  $3,2 \pm 2,9 \%$ ; KS,  $1,2 \pm 1,3 \%$  a  $1,2 \pm 1,2 \%$ ). Dalo by se proto uvažovat o tom, že již nebyl prostor na případné snížení BA  $K_{leg}$ , jelikož určitá míra BA se předpokládá vzhledem k asymetrickému charakteru házené.

Tyto výsledky potvrzují tvrzení z předchozích studií, že asymetrie jsou specifické pro daný test (Barrera-Domínguez et al., 2021; Bishop et al., 2021). Meeuwisse et al. (2007) zmiňuje, že měření asymetrií v jednom časovém bodě je problematické, protože jejich úroveň může být ovlivněna dalšími faktory (jako např. rozdílná fáze tréninkového cyklu, akumulovaná únava apod.) (Meeuwisse et al., 2007). Jedním z faktorů bylo i

muskuloskeletální omezení některých hráček, které se u každé mohlo projevit v jiném testu a různou měrou. Afonso et al. (2022) ve svém přehledu uvádí, že účinnost tréninkových programů, zaměřených na snížení BA je celkově různorodá. Poukazují zde také na možnost zanedbání důležitého faktoru, že "slabší" končetina může být dál od své maximální kapacity, je citlivější na tréninkové podněty a vykazuje větší zlepšení, než "silnější" končetina. To by pak mohlo vést ke snížení BA, což je ještě pravděpodobnější v případech již zraněných sportovců (Afonso et al., 2022).

Test-retest hodnocení asymetrie dolních končetin s analýzou pouze průměrných hodnot omezuje naše chápání toho, jak dobře tréninkové programy fungují na individuální úrovni (Afonso et al., 2022). Asymetrie mají vysoce individuální povahu a při porovnávání různých testů zřídka zvýhodňují stejnou končetinu (Barrera-Domínguez et al., 2021). Vzhledem k tomu, že individualizované tréninkové programy mohou být při práci s velkými skupinami sportovců (tj. v prostředí týmových sportů) náročné, nabízí individuální hodnocení asymetrií vhodnou metodu, jak zjistit, kteří sportovci by mohli potřebovat dodatečná cvičení ke stávajícímu tréninkovému programu, a pokusit se tak snížit riziko budoucího zranění (Bishop et al., 2021). Analýza výsledků tohoto parametru by proto mohla být přínosná i z hlediska individuálního posouzení změn IBA námi sledovaných hráček.

## **6.5 Limity studie**

Za limity této studie považujeme již zmiňovaný malý vzorek účastnic studie. Do výzkumu byly zařazeny i hráčky s muskuloskeletálním omezením na dolních končetinách, což mělo pravděpodobně také vliv na účinnost preventivního programu. Podobná omezení jsou ale v elitních seniorských kategoriích napříč týmovými sporty běžná a vzhledem k jejich fyzické zátěži se výjimečně stane, že by byl celý tým po celou herní sezónu bez jakéhokoli muskuloskeletálního omezení.

## 7 ZÁVĚRY

Po zpracování a vyhodnocení dat získaných při vstupním a výstupním měření jsme dospěli k těmto závěrům:

1. Preventivní program Netballsmart realizovaný po dobu devíti týdnů nemá pozitivní vliv na unilaterální dynamickou stabilitu dolních končetin u prvoligových hráček házené. Hypotéza H1 byla zamítnuta.
2. Preventivní program Netballsmart realizovaný po dobu devíti týdnů nemá pozitivní vliv na reaktivní sílu dolních končetin u prvoligových hráček házené. Hypotéza H2 byla zamítnuta.
3. Preventivní program Netballsmart realizovaný po dobu devíti týdnů nemá pozitivní vliv na tuhost dolních končetin u prvoligových hráček házené. Hypotéza H3 byla zamítnuta.
4. Nebyl potvrzen vliv preventivního programu NetballSmart realizovaného po dobu devíti týdnů na bilaterální asymetrii dolních končetin hodnocenou pomocí sledovaných parametrů. Změny bilaterální asymetrie v případě dynamické stability a reaktivní síly však naznačují, že uvedený program může kompenzovat specifické asymetrické zatížení hamstringů během sezóny. Tuto domněnku je však třeba ověřit.

## 8 SOUHRN

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit efekt preventivního programu NetballSmart Dynamic Warm-up na dynamickou stabilitu, reaktivní sílu a tuhost dolních končetin u prvoligových hráček házené. Současně s využitím těchto indikátorů rizika nekontaktních poranění posoudit bilaterální asymetrii dolních končetin. V teoretické části je nejprve představena házená jako sportovní hra a jsou popsány nároky na tělesnou kondici hráče házené s ohledem na herní post. Dále jsou uvedeny nejčastější zranění, vyskytující se v tomto sportu a blíže popsány mechanismy nekontaktního poranění dolních končetin a jejich rizikové faktory. Nakonec je prezentována problematika prevence nekontaktních poranění dolních končetin v házené a jsou popsány oficiální vícesložkové preventivní programy, včetně NetballSmart preventivního programu.

V metodice výzkumné části byl popsán postup vstupního a výstupního měření, metody použité při měření a postup jejich vyhodnocení a dále popsán průběh intervence společně s preventivním programem NetballSmart Dynamic-warm-up. Výzkumný soubor tvořilo 10 hráček házené prvoligové úrovně ve věku 19 až 28 let, které byly rozděleny do experimentální ( $n = 5$ ) a kontrolní skupiny ( $n = 5$ ). Experimentální skupina absolvovala devíti týdenní preventivní program NetballSmart Dynamic Warm-up, který byl zařazen 2x týdně vždy jako rozcvičení před hlavní částí tréninku. Kontrolní skupina se během této doby standardně rozcvičovala. Měření proběhlo před a po devíti týdnech intervence. Dynamická stabilita byla hodnocena pomocí dřepu na jedné dolní končetině na silové plošině (Kistler 9260AA6, Kistler Group, Winterthur, Švýcarsko), reaktivní síla prostřednictvím unilaterálního trojskoku a tuhost dolní končetiny byla měřena pomocí unilaterálních submaximálních vertikálních skoků s využitím optického systému Optojump Next (Microgate, Bolzano, Itálie).

Hlavním zjištěním studie bylo, že preventivní program NetballSmart Dynamic Warm-up, realizovaný po dobu devíti týdnů neměl pozitivní vliv na dynamickou stabilitu, reaktivní sílu ani tuhost dolních končetin u prvoligových hráček házené. Rovněž nebyl potvrzen vliv na bilaterální asymetrii dolních končetin, hodnocenou pomocí sledovaných parametrů. Změny bilaterální asymetrie v případě dynamické stability a reaktivní síly však naznačují, že uvedený program může kompenzovat specifické asymetrické zatížení hamstringů během sezóny. Tuto domněnku je však třeba ověřit.

## 9 SUMMARY

This thesis aimed to evaluate the effect of the NetballSmart Dynamic Warm-up preventive program on dynamic stability, reactive strength, and leg stiffness in first-league female handball players. Simultaneously, using these indicators of non-contact injury risk to assess bilateral lower limb asymmetry. In the theoretical part, handball as a sport game is firstly introduced and the demands on physical fitness of the handball player concerning the playing position are described. Then, the most common injuries occurring in this sport are presented and the mechanisms of non-contact injuries of the lower limbs and their risk factors are described in more detail. Finally, the prevention of non-contact lower extremity injuries in handball is presented and official multi-component prevention programs, including the NetballSmart prevention program, are described.

In the methodology of the research part, the procedure of pre and post-testing, the methods used in the testing, and the procedure of their evaluation are described, and the course of the intervention together with the NetballSmart Dynamic-warm-up prevention program is also described. The research group consisted of 10 female handball players of first-league aged 19 to 28 years who were divided into an experimental group ( $n = 5$ ) and a control group ( $n = 5$ ). The experimental group participated in a nine-week NetballSmart Dynamic Warm-up prevention program, which was included twice a week always as a warm-up before the main part of the training. The control group did a standard warm-up during this time. Measurements were taken before and after nine weeks of intervention. Dynamic stability was assessed by Single leg squat task on a force platform (Kistler 9260AA6, Kistler Group, Winterthur, Switzerland), reactive strength by Triple hop jump test, and leg stiffness was measured by Unilateral vertical hop test using the Optojump Next optical system (Microgate, Bolzano, Italy). The main finding of the study was that the NetballSmart Dynamic Warm-up preventive program, implemented for nine weeks, did not have a positive effect on dynamic stability, reactive strength, or leg stiffness in first-league female handball players. There was also no confirmed effect on bilateral lower limb asymmetry, as assessed by the investigated parameters. However, the changes in bilateral asymmetry in the case of dynamic stability and reactive strength suggest that the aforementioned program may compensate for specific asymmetric loading of the hamstrings during the season. However, this hypothesis needs to be verified.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- A. Al Attar, W. S., Alarifi, S., Alanazi, A., Alzhrani, M., Alshewaier, S., Alhosayni, S., Alharbi, S., Alraddadi, Y., & Ghulam, H. S. (2021). The Current Application of the OSTRC Knee Injury Prevention Program among Professional Basketball, Handball, Soccer, and Volleyball Players in the Gulf Cooperation Council Countries. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 9(5), 884–892. <https://doi.org/10.13189/saj.2021.090508>
- Acevedo, R. J., Rivera-Vega, A., Miranda, G., & Micheo, W. (2014). *Anterior Cruciate Ligament Injury: Identification of Risk Factors and Prevention Strategies*. <http://journals.lww.com/acsm-csmr>
- Achenbach, L., Krutsch, V., Weber, J., Nerlich, M., Luig, P., Loose, O., Angele, P., & Krutsch, W. (2018). Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(7), 1901–1908. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4758-5>
- Afonso, J., Peña, J., Sá, M., Virgile, A., García-de-Alcaraz, A., & Bishop, C. (2022). Why Sports Should Embrace Bilateral Asymmetry: A Narrative Review. *Symmetry*, 14(10), 1993. <https://doi.org/10.3390/sym14101993>
- Al Attar, W. S. A., Al Masoudi, N., Al Zubeadi, A., & Qasem, A. (2021). Implementation of the OSTRC Handball Injury Prevention Exercises in Professional Handball. *Physical Education Theory and Methodology*, 21(2), 136–141. <https://doi.org/10.17309/tmfv.2021.2.06>
- Al Attar, W. S. A., Bakhsh, J. M., Khaledi, E. H., Ghulam, H., & Sanders, R. H. (2022). Injury prevention programs that include plyometric exercises reduce the incidence of anterior cruciate ligament injury: a systematic review of cluster randomised trials. *Journal of Physiotherapy*, 68(4), 255–261. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2022.09.001>
- Antohea, B. A., Rață, M., Rață, B. C., & Rață, G. (2023). Proprioceptive exercises and their role in improving static and dynamic joint stability in ankle sprains in handball players. *Science & Sports*, 38(4), 377–384. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2022.09.005>
- Bahr, R., Clarsen, B., Derman, W., Dvorak, J., Emery, C. A., Finch, C. F., Hägglund, M., Junge, A., Kemp, S., Khan, K. M., Marshall, S. W., Meeuwisse, W., Mountjoy, M., Orchard, J. W., Pluim, B., Quarrie, K. L., Reider, B., Schweltnus, M., Soligard, T., ... Chamari, K. (2020).



- International Olympic Committee Consensus Statement: Methods for Recording and Reporting of Epidemiological Data on Injury and Illness in Sports 2020 (Including the STROBE Extension for Sports Injury and Illness Surveillance (STROBE-SIIS)). *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 8(2). <https://doi.org/10.1177/2325967120902908>
- Barrera-Domínguez, F. J., Carmona-Gómez, A., Tornero-Quiñones, I., Sáez-Padilla, J., Sierra-Robles, Á., & Molina-López, J. (2021). Influence of Dynamic Balance on Jumping-Based Asymmetries in Team Sport: A between-Sports Comparison in Basketball and Handball Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1866. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041866>
- Barreto, R. V., Assumpção, C. O., Bassan, N. de M., Cardozo, A. C., Greco, C. C., Denadai, B. S., Pinto, R. S., & Lima, L. C. R. (2022). Lateral and functional asymmetries in the lower limbs of college-level female handball players. *Motriz: Revista de Educação Física*, 28(1). <https://doi.org/10.1590/s1980-657420210013221>
- Behan, F. P., van Dyk, N., Rane, L., Thorne, E., Banaghan, A., Gilsenan, K., & Whyte, E. F. (2024). Implementing hamstring injury prevention programmes remotely: a randomised proof of concept trial. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 10(1), e001728. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2023-001728>
- Behrens, M., Mau-Moeller, A., Wassermann, F., & Bruhn, S. (2013). Effect of Fatigue on Hamstring Reflex Responses and Posterior-Anterior Tibial Translation in Men and Women. *PLoS ONE*, 8(2), e56988. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056988>
- Belcher, S. (2021). *Improving the Design and Implementation of New Zealand's NetballSmart Injury Prevention Programme* [Doctoral , Auckland University of Technology]. <https://hdl.handle.net/10292/14534>
- Belcher, S., Whatman, C., Brughelli, M., & Borotkanics, R. (2021). Short and long versions of a 12-week netball specific neuromuscular warm-up improves landing technique in youth netballers. *Physical Therapy in Sport*, 49, 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.01.016>
- Bencke, J., Curtis, D., Krogshede, C., Jensen, L. K., Bandholm, T., & Zebis, M. K. (2013). Biomechanical evaluation of the side-cutting manoeuvre associated with ACL injury in young female handball players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 21(8), 1876–1881. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2199-8>

- Bencke, J., & Zebis, M. K. (2011). The influence of gender on neuromuscular pre-activity during side-cutting. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(2), 371–375. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2010.10.008>
- Bishop, C., Lake, J., Loturco, I., Papadopoulos, K., Turner, A., & Read, P. (2021). Interlimb Asymmetries: The Need for an Individual Approach to Data Analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(3), 695–701. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002729>
- Bizzini, M., Junge, A., & Dvorak, J. (2013). Implementation of the FIFA 11+ football warm up program: How to approach and convince the Football associations to invest in prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 803–806. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-092124>
- Brauner, T., Sterzing, T., Wulf, M., & Horstmann, T. (2014). Leg stiffness: Comparison between unilateral and bilateral hopping tasks. *Human Movement Science*, 33(1), 263–272. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.08.009>
- Brazier, J., Bishop, C., Simons, C., Antrobus, M., Read, P. J., & Turner, A. N. (2014). *Lower Extremity Stiffness: Effects on Performance and Injury and Implications for Training*. [www.nscs-scj.com](http://www.nscs-scj.com)
- Butler, R. J., Crowell, H. P., & Davis, I. M. C. (2003). Lower extremity stiffness: Implications for performance and injury. *Clinical Biomechanics*, 18(6), 511–517. [https://doi.org/10.1016/S0268-0033\(03\)00071-8](https://doi.org/10.1016/S0268-0033(03)00071-8)
- Caldemeyer, L. E., Brown, S. M., & Mulcahey, M. K. (2020). Neuromuscular training for the prevention of ankle sprains in female athletes: a systematic review. *The Physician and Sportsmedicine*, 48(4), 363–369. <https://doi.org/10.1080/00913847.2020.1732246>
- Chaouachi, A., Brughelli, M., Levin, G., Boudhina, N. B. B., Cronin, J., & Chamari, K. (2009). Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 151–157. <https://doi.org/10.1080/02640410802448731>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Routledge.
- Crawford, S. K., Hickey, J., Vlisides, J., Chambers, J. S., Mosiman, S. J., & Heiderscheit, B. C. (2023). The effects of hip- vs. knee-dominant hamstring exercise on biceps femoris morphology, strength, and sprint performance: a randomized intervention trial protocol. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 15(1), 72. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00680-w>

- Culvenor, A. G., Alexander, B. C., Clark, R. A., Collins, N. J., Ageberg, E., Morris, H. G., Whitehead, T. S., & Crossley, K. M. (2016). Dynamic single-leg postural control is impaired bilaterally following anterior cruciate ligament reconstruction: Implications for reinjury risk. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, *46*(5), 357–364. <https://doi.org/10.2519/jospt.2016.6305>
- Dalleau, G., Belli, A., Viale, F., Lacour, J. R., & Bourdin, M. (2004). A simple method for field measurements of leg stiffness in hopping. *International Journal of Sports Medicine*, *25*(3), 170–176. <https://doi.org/10.1055/s-2003-45252>
- Daneshjoo, A., Hoseinpour, A., Sadeghi, H., Kalantari, A., & Behm, D. G. (2022). The Effect of a Handball Warm-Up Program on Dynamic Balance among Elite Adolescent Handball Players. *Sports*, *10*(2), 18. <https://doi.org/10.3390/sports10020018>
- De Ste Croix, M. B. A., Hughes, J. D., Lloyd, R. S., Oliver, J. L., & Read, P. J. (2017). Leg stiffness in female soccer players: Intersession reliability and the fatiguing effects of soccer-specific exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(11), 3052–3058. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001715>
- Dingenen, B., Truijen, J., Belleman, J., & Gokeler, A. (2019). Test-retest reliability and discriminative ability of forward, medial and rotational single-leg hop tests. *Knee*, *26*(5), 978–987. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2019.06.010>
- Dolan, P., Kenny, I., Glynn, L., Campbell, M., Warrington, G. D., Cahalan, R., Harrison, A., Lyons, M., & Comyns, T. (2023). Risk factors for acute ankle sprains in field-based, team contact sports: a systematic review of prospective etiological studies. In *Physician and Sportsmedicine*, *51*(6) 517–530. Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00913847.2022.2093618>
- Farley, C. T., Houdijk, H. H. P., Van Strien, C., & Louie, M. (1998). Mechanism of leg stiffness adjustment for hopping on surfaces of different stiffnesses. *Journal of Applied Physiology*, *85*(3), 1044–1055. <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.85.3.1044>
- Freckleton, G., & Pizzari, T. (2013). Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: A systematic review and meta-analysis. In *British Journal of Sports Medicine*, *47*(6), 351–358. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090664>
- Fritz, B., Parkar, A. P., Cerezal, L., Storgaard, M., Boesen, M., Åström, G., & Fritz, J. (2020). Sports Imaging of Team Handball Injuries. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, *24*(3), 227–245. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1710064>

- García-García, D., Llamas-Ramos, R., Calvo-Lobo, C., Rodríguez-Sanz, D., San Antolín-Gil, M., Cabanillas-García, J. L., Sánchez-Gómez, M. C., & Llamas-Ramos, I. (2023). Activation Capacity of the Intrinsic Musculature of the Foot in Handball Athletes with Chronic Ankle Instability. *Biomedicines*, *11*(8). <https://doi.org/10.3390/biomedicines11082115>
- García-Sánchez, C., Navarro, R. M., Karcher, C., & de la Rubia, A. (2023). Physical Demands during Official Competitions in Elite Handball: A Systematic Review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043353>
- Gillot, T., L'Hermette, M., Garnier, T., & Tourny-Chollet, C. (2019). Effect of Fatigue on Functional Stability of the Knee: Particularities of Female Handball Players. *International Journal of Sports Medicine*, *40*(7), 468–476. <https://doi.org/10.1055/a-0866-9482>
- Giroto, N., Hespanhol Junior, L. C., Gomes, M. R. C., & Lopes, A. D. (2017). Incidence and risk factors of injuries in Brazilian elite handball players: A prospective cohort study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *27*(2), 195–202. <https://doi.org/10.1111/sms.12636>
- Goossens, L., Witvrouw, E., Vanden Bossche, L., & De Clercq, D. (2015). Lower eccentric hamstring strength and single leg hop for distance predict hamstring injury in PETE students. *European Journal of Sport Science*, *15*(5), 436–442. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.955127>
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., Kressig, R. W., & Zahner, L. (2011). An Intergenerational Approach in the Promotion of Balance and Strength for Fall Prevention – A Mini-Review. *Gerontology*, *57*(4), 304–315. <https://doi.org/10.1159/000320250>
- Green, B., Bourne, M. N., & Pizzari, T. (2018). Isokinetic strength assessment offers limited predictive validity for detecting risk of future hamstring strain in sport: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, *52*(5), 329–336. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098101>
- Hadjisavvas, S., Efstathiou, M. A., Malliou, V., Giannaki, C. D., & Stefanakis, M. (2022). Risk factors for shoulder injuries in handball: systematic review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *14*(1). <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00588-x>

- Hahn, R., Glock, R., & Birkefeld, F. (2013). *Handball, history and stories* (International handball federation, Ed.; 2nd ed.). <https://archive.ihf.info/upload/Book/issue0001/offline/download.pdf>
- Hanlon, C., Krzak, J. J., Prodoehl, J., & Hall, K. D. (2020). Effect of Injury Prevention Programs on Lower Extremity Performance in Youth Athletes: A Systematic Review. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 12(1), 12–22. <https://doi.org/10.1177/1941738119861117>
- Hanzlíková, I., Richards, J., Athens, J., & Hébert-Losier, K. (2021). The Influence of Asymptomatic Hypermobility on Unanticipated Cutting Biomechanics. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 13(6), 548–553. <https://doi.org/10.1177/1941738121999063>
- Hatton, A. L., Kemp, J. L., Brauer, S. G., Clark, R. A., & Crossley, K. M. (2014). Impairment of dynamic single-leg balance performance in individuals with hip chondropathy. *Arthritis Care and Research*, 66(5), 709–716. <https://doi.org/10.1002/acr.22193>
- Hatzimanouil, D. (2005). *Factors related to the incidence and severity of injuries in team handball*. <https://www.researchgate.net/publication/242770946>
- Helme, M., Tee, J., Emmonds, S., & Low, C. (2021). Does lower-limb asymmetry increase injury risk in sport? A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 49, 204–213. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.03.001>
- Henke, T. (2011). *Acute Injuries in Handball* (F. Taborsky, Ed.). <https://www.researchgate.net/publication/262887105>
- Hewett, T. E., Lindenfeld, T. N., Riccobene, J. V., & Noyes, F. R. (1999). The Effect of Neuromuscular Training on the Incidence of Knee Injury in Female Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 27(6), 699–706. <https://doi.org/10.1177/03635465990270060301>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., Van Den Bogert, A. J., Paterno, M. V., & Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 492–501. <https://doi.org/10.1177/0363546504269591>
- Huang, H., Nagao, M., Arita, H., Shiozawa, J., Nishio, H., Kobayashi, Y., Kaneko, H., Nagayama, M., Saita, Y., Ishijima, M., Takazawa, Y., Ikeda, H., & Kaneko, K. (2019). Reproducibility, responsiveness and validation of the Tampa Scale for Kinesiophobia in patients with

- ACL injuries. *Health and Quality of Life Outcomes*, 17(1), 150.  
<https://doi.org/10.1186/s12955-019-1217-7>
- Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2007). Convergent Evidence for Construct Validity of a 7-Point Likert Scale of Lower Limb Muscle Soreness. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 17(6), 494–496. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e31815aed57>
- International Handball Federation. (2022). *IX. Rules of the Game for Indoor Handball*.  
[https://www.ihf.info/sites/default/files/2022-09/09A%20-%20Rules%20of%20the%20Game\\_Indoor%20Handball\\_E.pdf](https://www.ihf.info/sites/default/files/2022-09/09A%20-%20Rules%20of%20the%20Game_Indoor%20Handball_E.pdf)
- Juul-Kristensen, B., Schmedling, K., Rombaut, L., Lund, H., & Engelbert, R. H. H. (2017). Measurement properties of clinical assessment methods for classifying generalized joint hypermobility—A systematic review. In *American Journal of Medical Genetics, Part C: Seminars in Medical Genetics*, 175(1), 116–147. Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1002/ajmg.c.31540>
- Kal'ata, M. (2023). *Objektivizace, komparace a míra asociace maladaptáčních indikátorů u sportovců* [Disertační práce]. Univerzita Karlova.
- Kearney, S. (2019). NetballSmart – Netball New Zealand Injury Prevention Programme. Engage and make a difference. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22, S90. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.08.107>
- Koga, H., Nakamae, A., Shima, Y., Bahr, R., & Krosshaug, T. (2018). Hip and Ankle Kinematics in Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Situations: Video Analysis Using Model-Based Image Matching. *American Journal of Sports Medicine*, 46(2), 333–340. <https://doi.org/10.1177/0363546517732750>
- Koga, H., Nakamae, A., Shima, Y., Iwasa, J., Myklebust, G., Engebretsen, L., Bahr, R., & Krosshaug, T. (2010). Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: Knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *American Journal of Sports Medicine*, 38(11), 2218–2225. <https://doi.org/10.1177/0363546510373570>
- Kristianslund, E., Bahr, R., & Krosshaug, T. (2011). Kinematics and kinetics of an accidental lateral ankle sprain. *Journal of Biomechanics*, 44(14), 2576–2578. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.07.014>
- Křivohlavý, J. (1992). *Bolest - její diagnostika a psychoterapie*. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.

- Krüger, K., Krüger, K., Pilat, C., Ckert, K. Ü., Frech, T., & Mooren, F. C. (2014). PHYSICAL PERFORMANCE PROFILE OF HANDBALL PLAYERS IS RELATED TO PLAYING POSITION AND PLAYING CLASS. In *J Strength Cond Res*, 28(1). www.nsga.com
- Kubo, K., Morimoto, M., Komuro, T., Yata, H., Tsunoda, N., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2007). Effects of Plyometric and Weight Training on Muscle-Tendon Complex and Jump Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(10), 1801–1810. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31813e630a>
- Lacome, M., Avrillon, S., Cholley, Y., Simpson, B. M., Guilhem, G., & Buchheit, M. (2020). Hamstring Eccentric Strengthening Program: Does Training Volume Matter? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(1), 81–90. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0947>
- Lehnert, M., Croix, M. D. S., Svoboda, Z., Elfmark, M., Sikora, O., & Stastny, P. (2020). Gender and Age Related Differences in Leg Stiffness and Reactive Strength in Adolescent Team Sports Players. *Journal of Human Kinetics*, 74(1), 119–129. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0020>
- Lindblom, H., Waldén, M., & Hägglund, M. (2012). No effect on performance tests from a neuromuscular warm-up programme in youth female football: a randomised controlled trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 20(10), 2116–2123. <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1846-9>
- Luig, P., Krutsch, W., Henke, T., Klein, C., Bloch, H., Platen, P., & Achenbach, L. (2020). Contact-but not foul play-dominates injury mechanisms in men's professional handball: A video match analysis of 580 injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 54(16), 984–990. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100250>
- Lundberg, M. K. E., Styf, J., & Carlsson, S. G. (2004). A psychometric evaluation of the Tampa Scale for Kinesiophobia — from a physiotherapeutic perspective. *Physiotherapy Theory and Practice*, 20(2), 121–133. <https://doi.org/10.1080/09593980490453002>
- Magoshi, H., Hoshiba, T., Tohyama, M., Hirose, N., & Fukubayashi, T. (2023). Effect of the <sc>FIFA</sc> 11+ injury prevention program in collegiate female football players over three consecutive seasons. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 33(8), 1494–1508. <https://doi.org/10.1111/sms.14379>
- Malek, S., Reinhold, E. J., & Pearce, G. S. (2021). The Beighton Score as a measure of generalised joint hypermobility. In *Rheumatology International*, 41(10), 1707–1716.

Springer Science and Business Media Deutschland GmbH.  
<https://doi.org/10.1007/s00296-021-04832-4>

Maly, T., Zahalka, F., Malá, L., & Cech, P. (2015). The bilateral strength and power asymmetries in untrained boys. *Open Medicine (Poland)*, *10*(1), 224–232.  
<https://doi.org/10.1515/med-2015-0034>

Martín-Guzón, I., Muñoz, A., Lorenzo-Calvo, J., Muriarte, D., Marquina, M., & de la Rubia, A. (2022). Injury prevalence of the lower limbs in handball players: A systematic review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010332>

McLean, S. G., Huang, X., & Van Den Bogert, A. J. (2005). Association between lower extremity posture at contact and peak knee valgus moment during sidestepping: Implications for ACL injury. *Clinical Biomechanics*, *20*(8), 863–870.  
<https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.05.007>

Meeuwisse, W. H., Tyreman, H., Hagel, B., & Emery, C. (2007). A Dynamic Model of Etiology in Sport Injury: The Recursive Nature of Risk and Causation. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *17*(3), 215–219. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3180592a48>

Mehl, J., Diermeier, T., Herbst, E., Imhoff, A. B., Stoffels, T., Zantop, T., Petersen, W., & Achtnich, A. (2018). Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, *138*(1), 51–61.  
<https://doi.org/10.1007/s00402-017-2809-5>

Miklovic, T. M., Donovan, L., Protzuk, O. A., Kang, M. S., & Feger, M. A. (2018). Acute lateral ankle sprain to chronic ankle instability: a pathway of dysfunction. *The Physician and Sportsmedicine*, *46*(1), 116–122. <https://doi.org/10.1080/00913847.2018.1409604>

Millett, E. L. (2016). *INFLUENCE OF ATHLETIC TRAINING ON FUNCTIONAL LOWER-EXTREMITY STIFFNESS* [Dissertation]. Australian Catholic University .

Mohamad Puzi, M. H. B., & Choo, L. A. (2021a). The effect of six weeks CoBAgi training on coordination, dynamic balance & agility of adolescent handball players. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, *25*(1), 31–38.  
<https://doi.org/10.15561/26649837.2021.0105>

Mohamad Puzi, M. H. B., & Choo, L. A. (2021b). The effect of six weeks CoBAgi training on coordination, dynamic balance & agility of adolescent handball players.



- Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 25(1), 31–38.  
<https://doi.org/10.15561/26649837.2021.0105>
- Mónaco, M., Gutiérrez Rincón, J. A., Montoro Ronsano, J. B., Til, L., Drobnic, F., Nardi Vilardaga, J., Puigdellivol Grifell, J., Pedret Carballido, C., & Rodas, G. (2014). Epidemiology of injuries in elite handball: Retrospective study in professional and academy handball team. *Apunts Medicina de l'Esport*, 49(181), 11–19.  
<https://doi.org/10.1016/j.apunts.2013.06.002>
- My Netball - Netball New Zealand. (2024). *NetballSmart Dynamic warm-up*.  
<https://netballsmart.co.nz/component/nnzlibrary/download/2577c1b759c08f2692bc3818dd5d04e9.html>
- Myer, G. D., Faigenbaum, A. D., Ford, K. R., Best, T. M., Bergeron, M. F., & Hewett, T. E. (2011). When to Initiate Integrative Neuromuscular Training to Reduce Sports-Related Injuries and Enhance Health in Youth? *Current Sports Medicine Reports*, 10(3), 155–166. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31821b1442>
- Myklebust, G., Engebretsen, L., Brækken, I. H., Skjøberg, A., Olsen, O.-E., & Bahr, R. (2003). Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Team Handball Players: A Prospective Intervention Study Over Three Seasons. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13(2), 71–78. <https://doi.org/10.1097/00042752-200303000-00002>
- Naderi, A., Shaabani, F., Keikha, M., & Degens, H. (2023). Is an Exercise-Based Injury Prevention Programme Effective in Team Handball Players? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Athletic Training*. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0680.22>
- Nakase, J., Kitaoka, K., Shima, Y., Oshima, T., Sakurai, G., & Tsuchiya, H. (2020). Risk factors for noncontact anterior cruciate ligament injury in female high school basketball and handball players: A prospective 3-year cohort study. *Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology*, 22, 34–38.  
<https://doi.org/10.1016/j.asmart.2020.06.002>
- Nathan, J. A., Davies, K., & Swaine, I. (2018). Hypermobility and sports injury. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, 4(1). <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000366>
- NetballSmart*. (n.d.). Retrieved January 28, 2024, from <https://netballsmart.co.nz/>
- Noyes, F. R., & Barber-Westin, S. (2018). Sportsmetrics ACL intervention training program: Components and results. In *ACL Injuries in the Female Athlete: Causes, Impacts, and*

- Conditioning Programs*, 337–375. Springer Berlin Heidelberg.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-662-56558-2\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-662-56558-2_17)
- Nathan, J., Sachindra, K., Venkatesh, D., & Ankur, K. (2022). *Arthroscopy* (C. Suarez-Ahedo, Ed.). BoD – Books on Demand.  
[https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=LJ9lEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA45&dq=risk+factors+acl+injury&ots=qzqwx\\_ySnz&sig=VDwhBVrPtBCEjMUi0ux3JHYjQ&redir\\_esc=y#v=onepage&q=risk%20factors%20acl%20injury&f=false](https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=LJ9lEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA45&dq=risk+factors+acl+injury&ots=qzqwx_ySnz&sig=VDwhBVrPtBCEjMUi0ux3JHYjQ&redir_esc=y#v=onepage&q=risk%20factors%20acl%20injury&f=false)
- Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: A systematic video analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 32(4), 1002–1012.  
<https://doi.org/10.1177/0363546503261724>
- Peterson Lars, & Renström Per. (2017). *Sports injuries: prevention, treatment and rehabilitation* (4.). CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Picot, B., Falcoz, E., Rémy-Néris, O., Guegan, C., & Lempereur, M. (2022). Females exhibit lower limb biomechanics associated with an increased risk of ACL injury during a handball-specific side stepping. *Science and Sports*, 37(4), 276–285.  
<https://doi.org/10.1016/j.scispo.2021.09.002>
- Portuguez, N. C., Lara, S., Teixeira, L. P., & Oliano, V. J. (2020). A PRÁTICA DE UM PROGRAMA PREVENTIVO MELHORA A CAPACIDADE FUNCIONAL DE MEMBROS INFERIORES EM ATLETAS. *Revista Contexto & Saúde*, 20(40), 85–93.  
<https://doi.org/10.21527/2176-7114.2020.40.85-93>
- Poudel, B., & Pandey, S. (2024). *Hamstring Injury*.
- Powers, C. M., Ghoddosi, N., Straub, R. K., & Khayambashi, K. (2017). Hip strength as a predictor of ankle sprains in male soccer players: A prospective study. *Journal of Athletic Training*, 52(11), 1048–1055. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.11.18>
- Pruyn, E. C., Watsford, M. L., & Murphy, A. J. (2016). Validity and reliability of three methods of stiffness assessment. *Journal of Sport and Health Science*, 5(4), 476–483.  
<https://doi.org/10.1016/j.jshs.2015.12.001>
- Pruyn, E. C., Watsford, M. L., Murphy, A. J., Pine, M. J., Spurrs, R. W., Cameron, M. L., & Johnston, R. J. (2012). Relationship between leg stiffness and lower body injuries in professional Australian football. *Journal of Sports Sciences*, 30(1), 71–78.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2011.624540>

- Ramesh, R., Von Arx, O., Azzopardi, T., & Schranz, P. J. (2005). The risk of anterior cruciate ligament rupture with generalised joint laxity. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, *87-B*(6), 800–803. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.87B6.15833>
- Raya-González, J., Clemente, F. M., Beato, M., & Castillo, D. (2020). Injury profile of male and female senior and youth handball players: A systematic review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(11). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113925>
- Raya-GonzálezGonz, J., García-Esteban, S., Hume, P., & Castillo, D. (2021). *Effects of Gluteal Muscles Strengthening on Lower-Limb Injuries in Male Professional Handball Players: A Preliminary Study*. [www.nasca.com](http://www.nasca.com)
- Ruggiero, L., Dewhurst, S., & Bampouras, T. M. (2016). Validity and reliability of two field-based leg stiffness devices: Implications for practical use. *Journal of Applied Biomechanics*, *32*(4), 415–419. <https://doi.org/10.1123/jab.2015-0297>
- Saavedra, J. M. (2018). Handball Research: State of the Art. *Journal of Human Kinetics*, *63*(1), 5–8. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0001>
- Schedler, S., Abeck, E., & Muehlbauer, T. (2021). Relationships between types of balance performance in healthy individuals: Role of age. *Gait & Posture*, *84*, 352–356. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.01.008>
- Sikora, O., Lehnert, M., Hanzlíková, I., & Hughes, J. (2023). The Impact of a Novel Neuromuscular Training Program on Leg Stiffness, Reactive Strength, and Landing Biomechanics in Amateur Female Rugby Players. *Applied Sciences*, *13*(3), 1979. <https://doi.org/10.3390/app13031979>
- Škvorová, A. (2017). *Strach z bolesti/pohybu (algofobie, kineziofobie) u funkčních obtíží pacientů* [Bakalářská práce]. Univerzita Karlova.
- Śliż, M., Przednowek, K. H., Kapuściński, P., Dziadek, B., Godek, Ł., Warchoń, K., Zieliński, J., & Przednowek, K. (2022). Characteristics of the level of psychomotor abilities of female handball players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *14*(1). <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00475-5>
- Smith, T. O., Jerman, E., Easton, V., Bacon, H., Armon, K., Poland, F., & Macgregor, A. J. (2013). Do people with benign joint hypermobility syndrome (BJHS) have reduced joint proprioception? A systematic review and meta-analysis. In *Rheumatology International*, *33*(11), 2709–2716. <https://doi.org/10.1007/s00296-013-2790-4>

- Spennacchio, P., Carmont, M., D'Hooghe, P., Karlsson, J., Pellegrini, M. J., & Pereira, H. (2018). Management of Chronic Ankle Instability in the Handball Player. In *Handball Sports Medicine*, 355–364. Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-55892-8\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-662-55892-8_25)
- Stanley, L. E., Kerr, Z. Y., Dompier, T. P., & Padua, D. A. (2016). Sex Differences in the Incidence of Anterior Cruciate Ligament, Medial Collateral Ligament, and Meniscal Injuries in Collegiate and High School Sports. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(6), 1565–1572. <https://doi.org/10.1177/0363546516630927>
- Steffen, K., Nilstad, A., Krosshaug, T., Pasanen, K., Killingmo, A., & Bahr, R. (2017). No association between static and dynamic postural control and ACL injury risk among female elite handball and football players: a prospective study of 838 players. *British Journal of Sports Medicine*, 51(4), 253–259. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097068>
- Steib, S., Rahlf, A. L., Pfeifer, K., & Zech, A. (2017). Dose-Response Relationship of Neuromuscular Training for Injury Prevention in Youth Athletes: A Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00920>
- Steib, S., Zahn, P., zu Eulenburg, C., Pfeifer, K., & Zech, A. (2016). Time-dependent postural control adaptations following a neuromuscular warm-up in female handball players: a randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 8(1), 33. <https://doi.org/10.1186/s13102-016-0058-5>
- Stevenson, J. H., Beattie, C. S., Schwartz, J. B., & Busconi, B. D. (2015). Assessing the Effectiveness of Neuromuscular Training Programs in Reducing the Incidence of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(2), 482–490. <https://doi.org/10.1177/0363546514523388>
- Swearingen, J., Lawrence, E., Stevens, J., Jackson, C., Waggy, C., & Davis, D. S. (2011). Correlation of single leg vertical jump, single leg hop for distance, and single leg hop for time. *Physical Therapy in Sport*, 12(4), 194–198. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2011.06.001>
- Thomson, , A. (2014). THE RELATIONSHIP BETWEEN MUSCULOSKELETAL STIFFNESS AND LOWER LIMB INJURY IN ATHLETES: A SYSTEMATIC REVIEW. *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 665.1-665. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093494.280>

- Thorborg, K., Opar, D., & Shield, A. (2020). *Prevention and Rehabilitation of Hamstring Injuries* (K. Thorborg, D. Opar, & A. Shield, Eds.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-31638-9>
- Timmins, R. G., Bourne, M. N., Shield, A. J., Williams, M. D., Lorenzen, C., & Opar, D. A. (2016). Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, *50*(24), 1524–1535. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095362>
- Tsigilis, N., & Hatzimanouil, D. (2005). Injuries in handball: Examination of the risk factors. *European Journal of Sport Science*, *5*(3), 137–142. <https://doi.org/10.1080/17461390500221610>
- Tůma, M., & Tkadlec, J. (2002). *Házená*. Grada.
- Uhorchak, J. M., Scoville, C. R., Williams, G. N., Arciero, R. A., St Pierre, P., & Taylor, D. C. (2003). *Risk Factors Associated with Noncontact Injury of the Anterior Cruciate Ligament A Prospective Four-Year Evaluation of 859 West Point Cadets\**.
- Uzunkulaoğlu, A., & Çetin, N. (2019). Hypermobility syndrome and proprioception in patients with knee ligament injury. *Eastern Journal Of Medicine*, *24*(1), 38–41. <https://doi.org/10.5505/ejm.2019.14227>
- Vaishya, R., & Hasija, R. (2013). Joint Hypermobility and Anterior Cruciate Ligament Injury. *Journal of Orthopaedic Surgery*, *21*(2), 182–184. <https://doi.org/10.1177/230949901302100213>
- Vila, H., Barreiro, A., Ayán, C., Antúnez, A., & Ferragut, C. (2022). The Most Common Handball Injuries: A Systematic Review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(17). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710688>
- Vriend, I., Gouttebauge, V., van Mechelen, W., & Verhagen, E. A. L. M. (2016). Neuromuscular training is effective to prevent ankle sprains in a sporting population: a meta-analysis translating evidence into optimal prevention strategies. *Journal of ISAKOS*, *1*(4), 202–213. <https://doi.org/10.1136/jisakos-2016-000062>
- Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S., & Von Duvillard, S. P. (2014). Individual and Team Performance in Team-Handball: A Review. In *Journal of Sports Science and Medicine*, *13*. <http://www.jssm.org>

- Williams, M., Squillante, A., & Dawes, J. (2017). The Single Leg Triple Hop for Distance Test. *Strength & Conditioning Journal*, 39(3), 94–98. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000304>
- Zebis, M. K., Aagaard, P., Andersen, L. L., Hölmich, P., Clausen, M. B., Brandt, M., Husted, R. S., Lauridsen, H. B., Curtis, D. J., & Bencke, J. (2022). First-time anterior cruciate ligament injury in adolescent female elite athletes: a prospective cohort study to identify modifiable risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 30(4), 1341–1351. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06595-8>
- Zebis, M. K., Bencke, J., Andersen, L. L., Alkjær, T., Suetta, C., Mortensen, P., Kjær, M., & Aagaard, P. (2011). Acute fatigue impairs neuromuscular activity of anterior cruciate ligament-agonist muscles in female team handball players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(6), 833–840. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01052.x>
- Zebis, M. K., Bencke, J., Andersen, L. L., Døssing, S., Alkjær, T., Magnusson, S. P., Kjær, M., & Aagaard, P. (2008). The Effects of Neuromuscular Training on Knee Joint Motor Control During Sidecutting in Female Elite Soccer and Handball Players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(4), 329–337. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e31817f3e35>
- Zech, A., Hollander, K., Junge, A., Steib, S., Groll, A., Heiner, J., Nowak, F., Pfeiffer, D., & Rahlf, A. L. (2022). Sex differences in injury rates in team-sport athletes: A systematic review and meta-regression analysis. In *Journal of Sport and Health Science*, 11(1), 104–114. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.04.003>

## **11 PŘÍLOHY**

**Příloha č. 1:** Informovaný souhlas

**Příloha č. 2:** Vyjádření etické komise

**Příloha č. 3:** TAMPA škála kineziofobie

**Příloha č. 4:** Dotazník – házená a historie poranění dolních končetin

**Příloha č. 5:** Vizuální analogová škála

**Příloha č. 6:** Beighton škála

**Příloha č. 7:** Poster NetballSmart Dynamic warm-up

## Příloha č. 1: Vyjádření etické komise



Fakulta  
tělesné kultury

Geniusk

### Vyjádření Etické komise FTK UP

Složení komise: doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně  
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.  
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.  
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.  
prof. Mgr. Erik Sigmund, Ph.D.  
doc. Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.  
Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.

Na základě žádosti ze dne 9.9.2023 byl projekt diplomové práce

**Autor /hlavní řešitel/:** Bc. Pavlína Míňářová

s názvem **Efekt preventivního programu Netballsmart na rizikové faktory nekontaktního zranění dolních končetin u prvoligových hráčů házené**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: 13/2024  
dne: 15.1.2024

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnicemi pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

Řešitelka projektu splnila podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

za EK FTK UP  
doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.  
předsedkyně

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury  
Komise etická  
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci  
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc | T: +420 585 636 009  
www.ftk.upol.cz



**Příloha č. 2: Informovaný souhlas**

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI-FAKULTA TĚLESNÉ KULTURY**

***Informovaný souhlas***

**Efekt preventivního programu Netballsmart na rizikové faktory nekontaktního zranění dolních končetin u prvoligových hráček házené**

Jméno:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

1. Já, níže podepsaná souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byla jsem podrobně informována o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Porozuměla jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Souhlasím s pořizováním videozáznamu testování a jsem informována, že pokud budou záznamy prezentovány na veřejnosti můj obličej bude zakryt, a tedy nebudu identifikovatelná.
6. Porozuměla jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:

Datum: 18.9. 2023

Podpis řešitele pověřeného touto studií:

Datum: 18.9. 2023

## TAMPA škála kineziofobie

(Miller, Kori and Todd, 1991)

Číslo participanta:

- 1 = rozhodně nesouhlasím  
2 = nesouhlasím  
3 = souhlasím  
4 = rozhodně souhlasím

1. Obávám se, že kdybych cvičila, zraním se.	1	2	3	4
2. Kdybych se to snažila překonat, zvýšily by se mé bolesti	1	2	3	4
3. Mé tělo mi říká, že je se mnou něco špatně.	1	2	3	4
4. Kdybych cvičila, moje bolesti by se pravděpodobně zmírnily	1	2	3	4
5. Lidé neberou můj zdravotní stav dostatečně vážně.	1	2	3	4
6. Můj úraz mě ohrozil na zbytek mého života.	1	2	3	4
7. Bolesti vždy znamenají, že jsem se zranila.	1	2	3	4
8. Když mi něco zhoršuje bolesti, neznamená to, že je to nebezpečné.	1	2	3	4
9. Obávám se, že bych se mohla nechtěně náhodou zranit.	1	2	3	4
10. Být opatrná a nedělat žádné zbytečné pohyby, je nejbezpečnější věc, co mohu udělat, aby se mé bolesti nezhoršovaly	1	2	3	4
11. Neměla bych tolik bolestí, kdyby tu nebylo nebezpečí, že se něco děje v mém těle	1	2	3	4
12. Ačkoliv mám bolesti, bylo by lepší, kdybych cvičila.	1	2	3	4
13. Bolest mi dá signál, kdy skončit cvičení, abych se nezranila.	1	2	3	4
14. Pro osobu v mém stavu není bezpečné být fyzicky aktivní.	1	2	3	4
15. Nemůžu dělat všechny věci jako ostatní lidé, protože se snadno zraním	1	2	3	4
16. I když si myslím, že mi něco způsobuje hodně bolesti, nemyslím si, že je to pro mě skutečně nebezpečné.	1	2	3	4
17. Nikdo by neměl cvičit, když má bolesti.	1	2	3	4

Skóre: \_\_\_\_\_

## Házená a historie poranění dolních končetin

Číslo participanta:

### **Odpověz prosím na níže uložené otázky.**

1. Jak dlouho hraješ házenou na jakékoli úrovni (od začátku do dnes)?  
\_\_\_\_\_ let
2. Jak dlouho hraješ házenou alespoň na prvoligové úrovni (na stejné a vyšší úrovni jako dnes)?  
\_\_\_\_\_ let
3. Zranila sis během posledních 2 let při házené dolní končetinu (kotník, koleno, natržení svalu)? Pokud ano, co a jak? *Rozepiš (např.: natažení vazů v kotníku při běhu bez kontaktu s jinou hráčkou.)*
4. Zranila sis během poledních 2 let dolní končetinu (mimo hraní házené)? Pokud ano, co a jak? *Rozepiš*
5. Omezuje tě (bolest, omezený rozsah pohybu) do dnes zranění dolní končetiny z minulých let (i starší 2 let)? Pokud ano, napiš prosím, co to bylo za zranění, jak k němu došlo a jestli musíš při hraní používat ortézu nebo jinou pomůcku. *(např.: ruptura menisku na levé noze, pád na lyžích, používám ortézu na koleno při hraní)*

**Příloha č. 5: Vizuální analogová škála (Křivohlavý, 1992)**

**Škála VAS**

Zznač křížkem na níže uvedené přímce, jakou bolest svalů pociťuješ:

Žádná  
bolest



Nesnesitelná  
bolest

Jméno a příjmení:

Datum:

**Příloha č. 6: Záznam Beightonova skóre**

	P	L
Pasivní hyperextenze 5. MCP kloubu nad 90°		
Pasivní přitažení palců k volární str. předloktí		
Hyperextenze v loketních kloubech nad 10°		
Hyperextenze kolenních kloubů nad 10°		
Ventrální flexe trupu s extenzí v kolenních kloubech		
	Skóre:	

*Poznámka: P, pravá; L, levá*

Príloha č. 7: Poster Dynamic warm-up (My Netball – Netball New Zealand, 2024)

# NETBALLSMART DYNAMIC WARM UP



	NetballSmart Dynamic Warm-up	Time/Distance/Reps
Part A: Strengthening	<b>1. The Bench</b> i. The Bench - Static. Static bench on forearms (or hands) and feet. Lift pelvis off the ground. ii. The Bench - alternate leg (hold each 2 seconds). Continue for 20 - 30 seconds iii. Bench on forearms (or hands) and feet. Lift one leg and hold for 20-30 seconds	3 x 20-30 sec 3 x 20 - 30 sec 3 x 20 - 30 sec hold, alternative sides
	<b>2. Hips – Sideways Bench</b> i. Sideways bench - static. On elbow (or hand) and knee on ground or leg straight. Top leg out straight. Lift pelvis and maintain position. ii. Sideways bench raise and lower hips. On elbow (or hand) and legs out straight, raise and lower hips. iii. Sideways bench with leg lift. On elbow (or hand) and legs out straight. Lift hips, lift top leg and lower. Continue for 20 - 30 seconds.	2-3 x 30s ea side 2-3 x 30s ea side 2-3 x 30s ea side
	<b>3. Hamstrings</b> i. Beginner Nordic hamstring or Single leg Romanian Dead Lift (RDL) ii. Intermediate Nordic hamstrings or Single leg Romanian Dead Lift (RDL) iii. Advanced hamstring Single leg Romanian Dead Lift (RDL) throw and catch ball	3-5 or 3-5 each leg 7-10 or 5 each leg 10 each leg
	<b>4. Balance</b> i. Single leg stance – hold the ball (or imaging holding ball). Progress to moving ball around back. ii. Single leg standing throwing ball with partner iii. Single leg stance – test your partner. Facing partner. Hand on opposite shoulder of partner, tap each other. Keep balanced if possible or return to starting position. Continue for 30 seconds.	2 x 30 sec ea side 2 x 30 sec ea side 2 x 30 sec ea side
Part B: Running Warm-up	<b>5. Running Straight Ahead.</b> Run to centre of court and back. Repeat. You can vary direction of the running path as it happens in a Netball game.	2 x 15 metres
	<b>6. Running Hip Out.</b> Run to first cone, stop, lift knee forwards and rotate knee out to side and put foot down. Run to next cone and repeat with other leg.	2 x 15 metres
	<b>7. Butt Kicks and skipping.</b> Butt kick to first cone (kicking feet up to butt), skip to next cone, butt kick to third cone. Continue for length of 15m and back.	2 x 15 metres
	<b>8. Running – Circling Partner.</b> Run to first cone, side shuffle inwards towards and around partner and back out to cone. Run to next cone and repeat. Continue length of 15m and back.	2 x 15 metres
	<b>9. Running – Shoulder Contact.</b> Run to cone, side shuffle to the middle, jump shoulder to shoulder contact. Land in good stable body position. Continue length of 15m and back.	2 x 15 metres
	<b>10. Running - Quick Forwards and Backwards Sprints.</b> Run to second cone and back to first cone. Repeat 2 cones forwards one back for length of 15m and back.	2 x 15 metres



Part C: Dynamic Preparation	11. <b>Squats</b> i. Squats ii. Squat, calf raise and body extension iii. Single leg squat iv. Combination of all three	10 10 10
	12. <b>Walking Lunges</b> i. Walking lunges ii. Walking lunges and calf raise iii. Walking lunges, calf raise and body extension	5 each side 5 each side 5 each side
	13. <b>Jumping and landing</b> i. Vertical jump and land on 2 feet in a stable body position (SBP) ii. Lateral jump - jump sideways 1m off one leg and land on other leg. iii. Broad jump - jump forward 1m off two and land on one foot hold one sec in a stable body position on one foot	5 each side 5 each side 5 each side
	14. <b>Jumping, turning and landing</b> i. Vertical jump and turn 90 degrees and land in SBP ii. Vertical jump and turn 180 degrees and land in SBP iii. Vertical jump and turn 270 degree and land in SBP	5 turns each side 5 turns each side 5 turns each side
Part D: Netball Specific Preparation	15. <b>Running and Stopping.</b> Run to first cone at 75- 80% speed and stop. Use either a double foot or 1-2 foot landing. Continue length of 15 metre and back stopping at each cone.	2 x 15m
	16. <b>Running - Plant and Cut.</b> Run at 80-90%. Run to first cone, plant, and cut off on an angle towards opposite cone. Continue length of 15 metre and back	2 x 15m
	17. <b>Prop, Prop &amp; Stick.</b> Prop from one foot to another and then "stick" final landing for 2 seconds in a stable body position.	15m and jog back

