

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2022

Michal Novák

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Silové cviky pro prevenci poranění kolenního
kloubu při seskoku z výšky: systematická rešerše**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

kpt. Mgr. Vladan Oláh

Vypracoval:

čet. Michal Novák

Praha, 2022

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

V Praze, dne:

Podpis:

Evidenční list

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

Jméno a příjmení: Fakulta / katedra: Datum vypůjčení: Podpis:

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval panu kpt. Mgr. Vladanu Oláhovi za vedení práce, cenné rady, ochotu a trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině za podporu při psaní práce a v průběhu studia.

Abstrakt

Název:

Zjištění vlivu silového intervenčního programu jako prevenci poranění kolenního kloubu při seskoku z výšky: systematická rešerše.

Cíle:

Cílem práce je vytvoření četnostního přehledu silových cviků pro prevenci poranění kolenního kloubu při seskoku z výšky pomocí systematické rešerše vědeckých databází.

Metody:

Ke zpracování bakalářské práce byla použita metoda systematické rešerše na základě doporučení PRISMA (Page *et al.*, 2021). Na začátku byla definována výzkumná otázka, zaměřená na zjištění silových cviků, které se nejčastěji objevují v intervenčních programech pro prevenci poranění při seskoku. Dále byl sestaven skript, který se skládal z klíčových slov a booleovských operátorů (AND, OR a NOT). Pomocí skriptu došlo k vyhledání studií z internetových databází (Web of Science, SportDiscus, Scopus, PubMed). Z vyhledaných studií byly následně vyřazeny duplikáty a dále byl počet redukován expertním posouzením podle předem stanovených kritérií.

Výsledky:

Dle výsledků této bakalářské práce jsou nejčastějším cvikem, užívaným v intervenčních programech pro prevenci poranění kolenních kloubů při seskoku z výšky, výpady. Z 24 intervenčních programů byly užity ve 13 případech. Kromě silových cvičení jsou v intervenčních programech hojně využívána plyometrická cvičení.

Klíčová slova:

Silový trénink, kinematika, dynamika, seskok

Abstract

Title:

Strength exercises for the prevention of knee injuries in drop landing: a systematic review.

Objectives:

This study aims to create an incidence overview of strength exercises for the prevention of knee injuries during drop landing using a systematic search of scientific databases.

Methods:

For an elaboration of this thesis was used the systematic review method based on recommendations of PRISMA (Page et al., 2021). At the beginning of the thesis, a research question was defined to identify the most common strength exercises in intervention programs to prevent drop landing injuries. Next, a script was created using defined keywords and Boolean operators such as AND, OR and NOT. The script was used to retrieve studies from internet databases (Web of Science, SportDiscus, Scopus, PubMed). Duplicates were subsequently excluded from the retrieved studies, and the number of studies was further reduced by expert review according to predefined criteria.

Results:

According to the results of this bachelor thesis, lunges are the most common exercise used in intervention programs to prevent knee injuries during drop landing. They were used in 13 out of 24 intervention programs. In addition to strength exercises, plyometric exercises are widely used in intervention programs.

Keywords:

Strength training, kinematics, dynamics, drop landing

Obsah

1. Úvod.....	12
Teoretická východiska	13
2. Charakteristika skoků	13
2.1. Seskok.....	13
2.1.1. Kinematika seskoku.....	14
2.1.2. Kinetika seskoku.....	14
3. Nejčastější poranění při seskoku.....	15
3.1. Kolenní kloub	16
3.1.1. Poranění kolenního kloubu při seskoku.....	16
3.2. Přední zkřížený vaz.....	17
3.2.1. Poranění předního zkříženého vazů	17
4. Prediktory poranění kolenního kloubu	19
4.1. Valgus kolene	19
4.1.1. Dynamický valgus kolene.....	19
5. Prevence poranění kolenního kloubu.....	20
5.1. Intervenční programy.....	21
5.2. Silové intervenční programy.....	21
5.2.1 Silové schopnosti	21
5.2.2. Dělení síly	22
5.2.3 Metodotvorné činitele silového tréninku	23
6. Systematická rešerše	23
6.1. Metodika PRISMA	24
7. Metodika	25
7.1. Cíle.....	25
7.2. Metody	25

7.3. Vyhledávání studií	25
7.3.1 Web of Science	25
7.3.2. SportDiscus	26
7.3.3. Scopus	26
7.3.4. PubMed	26
7.4. Výběr studií.....	26
8. Výsledky	28
8.1. Četnost použité výšky seskoku	30
8.2. Četnost délky a frekvence intervencí	30
8.3. Četnost cviků použitých v intervenci.....	34
8.4. Vliv intervenčních programů na valgus kolene	39
9. Diskuse.....	41
9.1. Obsah intervenčních program	41
9.2. Použité výšky seskoků	42
9.3. Délka a frekvence intervencí	43
9.4. Návrh intervence dle výsledků práce	43
9.5. Limitace práce.....	44
10. Závěr	46
11. Seznam literatury	47
Seznam grafické dokumentace	55
Přílohy.....	I

Seznam zkratek

ACL	Anterium cruciate ligament (přední zkřížený vaz)
čet.	Četař
kpt.	Kapitán
MCL	Vnitřní postranní vaz kolenního kloubu
N	Newton
Nm	Newtonmetr
rad	radián
s	sekunda

Seznam značek a symbolů

a	zrychlení
F	síla
M	moment síly
m	hmotnost
t	čas
v	rychlost
ω	úhlová rychlost
$^\circ$	stupeň
$\%$	procento

1. Úvod

Zranění jsou jeden z nejčastějších problémů, zejména výkonnostních a profesionálních sportovců. V důsledku zranění se sportovci často nemohou dlouho dobu účastnit tréninků a závodů. V důsledku toho dochází ke ztrátě výkonnosti a mnoho z nich už se do sportu nevrátí nebo už se nikdy nedostanou na takovou úroveň, na jaké byli před zraněním.

I když jsou zranění ve sportu jedním z největších problémů, nevěnuje se jejich prevenci dostatek času a pozornosti. Prevence zranění se ve sportovních klubech často omezuje pouze na rozcvičení a protažení.

Jedním z nejčastějších druhů poranění jsou poranění kolenního kloubu. K velké části těchto zranění dochází při běžných sportovních činnostech, jako je například seskok nebo změna směru. Většina těchto poranění se bohužel řadí k těm vážnějším. Je to dáno zejména tím, že kolenní kloub je nejsložitějším kloubem v těle.

Přitom díky nejnovějším vědeckým poznatkům je nám známo, jak k takovým poraněním dochází, a dokonce jaké jsou prediktory těchto poranění. Se zjištěním prediktorů poranění se další studie ve sportovní vědě zaměřovali na možnosti ovlivnění těchto faktorů ve snaze poraněním předcházet. Díky tomu vzniklo velké množství intervenčních programů pro prevenci poranění kolenního kloubu.

Jelikož již velké množství intervenčních programů řešících prevenci poranění kolenního kloubu existuje, tak ve své bakalářské práci budu řešit zejména jaké cviky tyto intervence využívají, a to formou systematické rešerše.

Kromě cviků, které programy užívají, mě bude zajímat, jak jsou tyto programy dlouhé a zda mají signifikantní vliv na valgus kolenního kloubu.

Teoretická východiska

Teoretická část této bakalářské práce se zabývá zejména problematikou poranění kolenních kloubů při seskoku. Dále se zabývá prediktory těchto poranění a možnosti jejich prevence.

2. Charakteristika skoků

Skoky jsou přirozenou součástí mnoha sportů (např. basketbalu nebo volejbalu). Po každém skoku, díky přítomnosti gravitačního zrychlení, následuje doskok. Sportovec musí změnit směr pohybu, aby pohyb zastavil nebo na něj navázal. Sekvence skok – doskok je spojena se zvýšeným rizikem zranění, zejména kolenního kloubu a okolních svalových struktur, nejčastěji se zraněním předního zkříženého vazů (Shimokochi a Shultz, 2008).

Při doskoku je nutné tlumit kinetickou energii těla. Důležitá je zejména koordinovaná síla dolních končetin, orientace v prostoru a rovnovážné schopnosti (Skopová a kol, 2013).

Jeden z nejčastěji používaných pohybů u hodnocení biomechaniky doskoku je seskok (Edwards a kol. 2009).

2.1. Seskok

Dle Guntera a kol. (2012) je seskok jednou z fyzických aktivit, u kterých byly zjištěny největší osteogenní účinky na kostru a vývoj kostí u dětí. Dále má velký přínos pro mineralizaci kostí.

Jak je uvedeno výše, seskok je jedním z nejčastěji používaných pohybů ve studiích, které se zabývají biomechanikou doskoku. Je oblíbený zejména proto, že se zaměřuje na závěrečnou část skoku a umožňuje standardizaci faktorů, které by mohly ovlivňovat biomechaniku, například výšku skoku (Edwards a kol. 2009).

Seskok byl také použit v mnoha studiích, které se zabývaly posouzením účinnosti tréninkových programů, obecnou biomechanikou doskoku, technikou doskoku vlivem únavy, účinností kotníkových a kolenních ortéz a vlivem pohlaví na kinematiku doskoku. (Collings a kol. 2019).

2.1.1. Kinematika seskoku

Kinematika je součástí mechaniky, která se zabývá pohybem útvarů s ohledem pouze na čas a prostor, tedy např: zjišťováním polohy, rychlosti (v) a zrychlením (a), úhlovou rychlostí (ω) nebo určováním úhlové polohy (Valendín, 2003).

Většina studií zabývajících se kinematikou seskoku nebo seskoku a následného skoku (plyometrického skoku) zjišťují, dle Heebnera a kol. (2017), zejména tyto kinematické parametry: maximální flexi v kolenním kloubu a maximální valgus kolenního kloubu. Dalšími parametry, které se ve studiích objevují, jsou: flexe v kyčelním kloubu, abdukce v kyčelním kloubu, addukce v kyčelním kloubu a varus kolenního kloubu. Nejčastěji je zjišťována maximální velikost těchto parametrů. V některých studiích se zabývají i velikostí v okamžiku kontaktu s podložkou, nebo dobou dosažení maximální hodnoty (od kontaktu s podložkou).

I tato práce se bude zabývat výše zmíněnými parametry, zejména valgusem kolenního kloubu. Většina parametrů jsou rovinné úhly. Dle Janury a Janurové (2007) je rovinný úhel doplňková veličina a jeho jednotkou je radián (rad). V některých studiích se tyto úhly uvádí ve stupních ($^\circ$). Dle Blazevice (2017) platí mezi těmito dvěma jednotkami tento vztah: $1\text{rad} = 180^\circ$.

Dalším parametrem je čas (t). Dle Janury a Janurové (2007) se jedná o základní veličinu a její jednotkou je sekunda (s).

2.1.2. Kinetika seskoku

Kinetika je věda, která se zabývá příčinami změn pohybu. Kinetika se tedy soustředí tedy na působící síly. V kinetice má nezastupitelný význam hmotnost (m).

Můžeme říct, že hmotnost je mírou setrvačných vlastností tělesa. V případě pohybových aktivit se s touto skutečností setkáváme při změně pohybu vlastního těla. (Janura a Janurová, 2007).

Ve studiích zabývajících se seskokem se měří momenty sil jednotlivých pohybů, nejčastěji extenze kolenního kloubu a abdukce kyčelního kloubu. Dále se může měřit velikost maximální dopadové síly (Tait a kol., 2021; Heebner a kol., 2017).

Základní příčinou pohybu je síla (F). Síla je veličina charakteristická velikostí, směrem a působením. Účinkem síly je zpomalení nebo zrychlení pohybu tělesa. Jednotkou síly je Newton (N).

Síla se vypočítá následovně:

$$F = ma$$

Vzorec č. 1 – Výpočet síly

Kde F je síla; m je hmotnost; a je zrychlení.

Dle Janury a Janurové (2007) v sobě moment síly (M) spojuje velikost síly, směr síly a vzdálenost působíště síly od osy otáčení. Moment síly udává otáčivý účinek síly. Jednotka momentu síly je Newtonmetr (Nm) a můžeme ho vypočítat jako:

$$M = rF\sin(\alpha)$$

Vzorec č. 2. – Výpočet momentu síly

Kde r je rameno síly, F je působící síla, \sin je sinus, α je úhel, který svírá síla F s ramenem síly r .

Kinematické a kinetické (dynamické) analýzy seskoku se využívají ke studiu mechanismů poranění ve sportu s cílem snížení četnosti těchto poranění (Heebner a kol. 2017).

3. Nejčastější poranění při seskoku

Dle Van der Doese a kol. (2015) dochází až k 50 % akutních poranění kolenního kloubu v basketbalu a volejbalu při doskoku, a to zejména vlivem špatného technického provedení doskoku. Zároveň při doskoku dochází k 45–86 % všech akutních poranění kolenního a hlezenního kloubu ve výše zmíněných sportech.

Obecně jsou seskoky či doskoky asociovány s mnoha zraněními. Aerts a kol. (2013) uvádí tyto zranění: stresové zlomeniny, tendopatie ligamentu patellae, patellofemorální bolestivý syndrom, poranění předního zkříženého vazů (ACL) a poranění hlezenního kloubu. Jako nejčastější poranění hlezenního kloubu pak označují výrony.

Většina výše uvedených zranění se týká kolenního kloubu, který je v mnoha sportech nejčastěji zraněným kloubem. Zranění kolenního kloubu patří k nejčastější příčině dlouhodobé nemožnosti trénovat (Zarins, 1988).

3.1. Kolenní kloub

Kolenní kloub (*articulatio genus*) je složený a největší kloub v těle. Artikulují zde tři kosti: kost stehenní (*femur*), kost holenní (*tibia*) a česka (*patella*). Kloubní plochy těchto kostí si v kolenním kloubu neodpovídají tvarem ani velikostí. Tento nesoulad v kolenním kloubu vyrovnávají dva chrupavčité menisky, a to: *meniscus medialis* a *meniscus lateralis* (Dylevský, 2009).

Pouzdro kolenního kloubu zpevňuje celkem 10 vazů, které fungují jako statické stabilizátory kloubu a rozdělují se dle Hudáka a kol. (2015) do 4 skupin:

- Vazy postranní (*ligamentum collaterale tibiale, ligamentum collaterale fibulare*);
- vazy přední (*retinaculum patellae mediale et laterale, ligamentum patellae*);
- vazy zadní (*ligamentum popliteum obliquum, ligamentum popliteum arcuatum*);
- vazy nitrokloubní (*ligamentum cruciatum anterius, ligamentum cruciatum posterius, ligamentum transversum genus, ligamentum meniscofemorale anterius et posterius*).

Pohyby v kolenním kloubu můžeme dle Dylevského (2009) rozdělit na:

- Flexi – rozsah 130 – 160°;
- extenzi – rozsah 0° (základní postavení kloubu);
- vnitřní rotaci – rozsah 17°;
- zevní rotaci – rozsah 21°.

Hodnoty rozsahů pohybů, zejména rotačních, se liší u jednotlivých autorů. Hudák a kol. (2009) uvádí, že rotace v kolenním kloubu je možná pouze při současné flexi. Dylevský (2009) doplňuje, že rozsah rotačních hodnot se zvyšuje s rostoucí flexí, přičemž největších hodnot je dosaženo při flexi 45 – 90°.

3.1.1. Poranění kolenního kloubu při seskoku

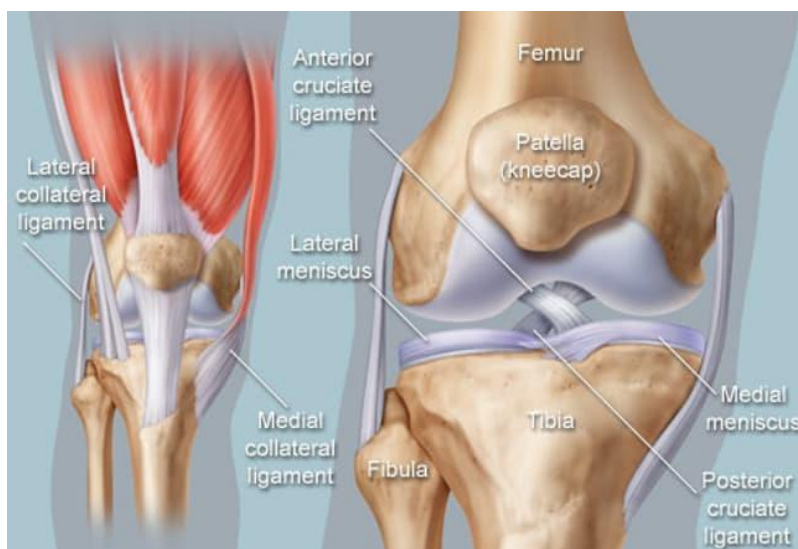
Tendopatie ligamentu patellae, někdy také označováno jako „skokanské koleno“, je poranění, které postihuje sportovce se zvýšenou zátěží extenzního aparátu kolenního kloubu. V důsledku této zátěže dochází k mikro-rupturám v *ligamentu patellae*. Zranění se projevuje bolestí při a po zátěži, v krajním případě dochází i ruptuře vazů.

Patelofemorální bolestivý syndrom je označení pro dlouhodobou bolest v oblasti patelofemorálního skloubení. Syndrom má mnoho příčin např. přetížení, nestabilita nebo úraz (Dungl, 2014).

Zranění předního zkříženého vazů (ligamentum cruciatum anterius), je velmi častým zraněním ve sportu. Většinou k poranění ACL dochází v bezkontaktní situaci. Uvádí se, že jde až o 70 % ze všech poranění ACL (Cruz a kol., 2013).

3.2. Přední zkřížený vaz

ACL je jedním ze čtyř nitrokloubních vazů kolenního kloubu. Začíná na vnitřní ploše zevního kondylu femuru a přechází do přední interkondilární plochy tibie. Jeho pozice při pohledu na kolenní kloub zepředu se nachází na obrázku č 1. Nejvíce je zatížen při vnitřní rotaci bérce, zejména pokud se kolenní kloub nachází v hyperextenzi. (Dylevský, 2009)



Obrázek č. 1 - Anatomie kolenního kloubu (Hoffman 2014)

3.2.1. Poranění předního zkříženého vazů

Dle Dungla (2014) rozlišujeme 3 typy poranění vazů:

- Natažení vazů – kontinuita vazů je zachována, jedná se o mikroskopické poranění. Projevuje se bolestí v místě poranění;
- Částečné přetržení vazů – vaz není plně přerušeno, ale je prodloužen a jeho pevnost se snižuje. Projevuje se bolestí a větším rozevřením kloubní šterbiny;
- Úplné přetržení vazů – kontinuita je zcela přerušena. Kromě bolesti se projevuje abnormálním rozevřením kloubní šterbiny nebo posunem.

Poranění ACL je poměrně běžné zranění u sportovců. Častěji k tomuto zranění dochází při sportech, které vyžadují rychlé změny směru (např. basketbal nebo házená). Toto zranění se při stejných činnostech vyskytuje častěji u žen. Poranění ACL se vyskytuje samostatně i v kombinaci s jinými zraněními, zejména s poraněními menisků, kloubní chrupavky nebo vnitřního postranního vazy dále jen „MCL“ (*medial collateral ligament*), jedná se o jiné označení pro *ligamentum collaterale tibiale* (Brukner a Khan, 2007).

Poranění ACL je součástí takzvané „nešťastné triády“. Jedná se o poranění tří výše zmíněných struktur zároveň. Tedy kromě ACL ještě MCL a poranění mediálního menisku (Hudák a kol., 2009).

Většina případů poranění ACL vzniká při bezkontaktní situaci, zejména při těchto aktivitách: doskok, otáčení, změna směru, zastavování. Často to bývají úkony, který sportovec prováděl opakovaně bez potíží v průběhu kariéry (Brukner a Khan, 2007).

K poranění ACL dochází mnohem častěji než k poranění zadního zkříženého vazy. Nejčastější mechanismem pro poranění ACL je rotace v napjatém nebo lehce flektovaném kloubu nebo rotace při valgózním postavení kolenního kloubu (Chaloupka, 2001).

Jelikož je toto zranění velmi časté a dochází k němu zejména v bezkontaktních situacích, mnoho vědců se domnívá, že je možné změnou některých biomechanických parametrů, tomuto zranění předcházet (Cruz a kol., 2013).

4. Prediktory poranění kolenního kloubu

Prediktory jsou faktory, které něco předpovídají (Vokurka a kol., 2009). Pro účely této práce je chápeme jako faktory, které zvyšují pravděpodobnost vzniku poranění. Někdy se také využívá pojem rizikové faktory. Bahr a Engebretsen (2009) ve své publikaci uvádějí tyto rizikové faktory:

- Předchozí zranění kolenního kloubu;
- anatomické faktory;
- hypermobilita kloubů;
- pohlaví;
- únava;
- svalová nerovnováha;
- špatný pohybový vzor.

Pro tuto bakalářskou práci jsou důležité prediktory, které lze ovlivnit. Z výše jmenovaných se jedná o svalovou nerovnováhu a špatné pohybové vzory.

Nejčastějším pohybovým vzorem spojovaným s poraněním kolenního kloubu je dynamický valgus kolene.

4.1. Valgus kolene

Valgózní postavení dolních končetin je charakteristické vychýlením kolenního kloubu do středu těla. Někdy se tento stav zjednodušeně nazývá „*nohy do X*“. Osa femuru a tibie vzájemně svírají tupý úhel na zevní straně dolní končetiny (Hošková a kol. 2014).

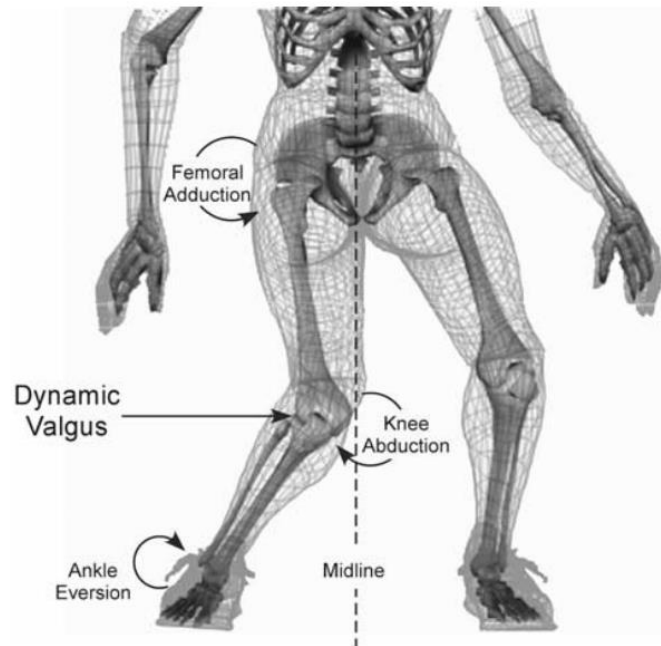
4.1.1. Dynamický valgus kolene

Meyer a kol. (2004) popisují dynamický valgus kolene jako addukci femuru, vnitřní rotaci v kyčelním kloubu, vnější rotaci tibie vůči femuru s nebo bez pronace v hlezenním kloubu. Pohybový vzorec, který staví sportovce do této pozice, v kombinaci s nedostatečnou flexí v kolenním kloubu může zvyšovat riziko poranění nebo selhání ACL. Navíc tento vaz vysoce zatěžuje. Dále uvádí, že sportovci, kteří dopadají na podložku ve valgózní pozici, mívají obvykle vyšší nárazovou sílu.

Souvislost mezi valgózním zatížením a poraněním ACL byla prokázána experimentálně. Valgózní zatížení může zvýšit síly působící na ACL. Dynamický valgus kolene je také významným prediktorem vysokých maximálních dopadových sil. Svalová

kontrakce adduktorů může snížit dynamickou valgozitu kolene až trojnásobně. Kloubní komprese prostřednictvím svalové kontrakce umožňuje absorbovat větší část addukčního zatížení kloubními kontaktními silami a tím chránit vazy před vysokým zatížením (Hewett a kol., 2005).

Schéma dynamického valgusu kolene se nachází na obrázku č. 2.



Obrázek č. 2 - Dynamický valgus kolene (Hewett a kol. 2005)

5. Prevence poranění kolenního kloubu

Pro prevenci poranění kolenního kloubu jsou nejčastěji zkoumané ortézy a intervenční programy. Studie uvádějí, že ortézy mají velký potenciál při prevenci bezkontaktních poranění kolenního kloubu. Většina studií zkoumala probandy pouze při chůzi nebo jiných každodenních činnostech, kde byly působící síly poměrně malé. Aplikace těchto poznatků ve sportovním prostředí je tedy téměř nemožná (Moon a kol. 2018).

Dále se při prevenci poranění kolenního kloubu využívají intervenční programy. Nejvíce studií v této oblasti se věnuje převážně prevenci poranění ACL a zaměřují se především na silový trénink nebo nervosvalovou kontrolu (Nessler a kol., 2017).

5.1. Intervenční programy

Dle Neeslera a kol. (2017) se v intervenčních programech užívají tři základní typy tréninků:

- **Trénink nervosvalové kontroly** – v tomto pojmu autor zahrnuje balanční cvičení, nácvik techniky a koordinační cvičení. Tento typ tréninku je zahrnut ve většině preventivních programů.
- **Silový trénink** – je velmi účinný zejména v kombinaci s dalšími dvěma typy tréninků.
- **Plyometrický trénink** – důležitá je u tohoto tréninku správná technika provedení. Tento typ tréninku pomáhá redukovat poranění vazů.

Při tvorbě úspěšných intervenčních programů je třeba dle Ter Stege a kol. (2014) přemýšlet nad všemi faktory, které ovlivňují poranění. Dále uvádí dvě možnosti zkoumání účinnosti daných programů. První možností je sledování incidence poranění v jednotlivých skupinách. K tomuto typu výzkumu je zapotřebí velký počet probandů ke snížení možnosti, že výsledný efekt je čistě náhodný. Druhou možností je sledování vlivu intervenčního programu na nějaký rizikový faktor. V případě poranění ACL se jedná o flexi v kolenním a kyčelním kloubu, vnitřní rotaci kyčelního kloubu, vnitřní nebo vnější rotaci kolenního kloubu a úhel a moment síly valgusu kolenního kloubu. Důležité pro tvorbu intervenčních programů je, že se jedná o modifikovatelné faktory (Ter Stege a kol. 2014).

5.2. Silové intervenční programy

Svalová síla a aktivace jsou faktory, které lze přímo ovlivnit tréninkovými programy. Předchozí výzkumy poranění ACL popisují například význam síly a aktivace hýžd'ových svalů a hamstringů pro snížení poranění. Stejně tak síla a aktivace hýžd'ových svalů souvisí se snížením valgosity kolenního kloubu, patelofemorální bolesti a patelární dislokace při různých činnostech (Czasche a kol. 2018).

5.2.1 Silové schopnosti

Silové schopnosti podle Periče a Dovalila (2010) jsou definovány jako schopnosti umožňující překonávat nebo udržovat vnější odpor pomocí svalové kontrakce. Dále uvádí, že se silové schopnosti ve většině odvětví významně podílí na struktuře sportovního výkonu a v některých mají rozhodující význam. Jde zejména o odvětví,

v nichž se překonává velký odpor náčiní, odpor prostředí, odpor vlastního těla nebo aktivní odpor soupeře.

Komplex silových schopností jsou významnou komponentou fyzické zdatnosti. Rozvoj síly je vždy podstatnou součástí kondičního tréninku i ve sportovních disciplínách, ve kterých převládá jiná motorická schopnost. Silové schopnosti můžeme definovat jako schopnosti překonávat odpor vnějšího prostředí pomocí svalového úsilí (Měkota, Novosad; 2005).

5.2.2. Dělení síly

Měkota a Novosad (2005) dělí sílu podle vnějšího projevu, způsobu uvolňování energie a využití svalové práce na:

- Maximální sílu;
- rychlou sílu;
- reaktivní sílu;
- vytrvalostní sílu.

Dále uvádí, že vzájemná závislost mezi jednotlivými druhy síly, je různá. Všechny druhy síly jsou ve velké míře závislé na silovém potenciálu, který představuje maximální síla. Zároveň existuje velice úzká spojitost mezi rychlou a reaktivní silou.

Perič a Dovalil (2010) využívají jako východisko pro klasifikaci silových schopností druhy svalové kontrakce. Jejich rozdělení je založeno na typu svalové kontrakce, vnějším projevu a na požadavcích pro rozvoj daných druhů síly. Sílu dělí na statickou a dynamickou, kterou dále rozdělují na výbušnou, rychlou, vytrvalostní a maximální.

Podobné rozdělení používají i Zatsiorky a Kraemer (2014), kteří silové schopnosti dělí na:

- Statickou sílu – pro kterou je typická izometrická kontrakce;
- dynamickou sílu – projevující se koncentrickými pohyby;
- excentrickou sílu.

Zároveň dodávají, že z vědeckého hlediska není toto rozdělení úplně optimální, jelikož spočívá na různých základech, a mezi různými druhy síly existují plynulé přechody.

5.2.3 Metodotvorné činitele silového tréninku

Mezi základní parametry silového tréninku se řadí počet opakování, velikost odporu, rychlost kontrakce a doba odpočinku. Tyto parametry tvoří základ pro sestavení každého silového tréninku a svými kombinacemi umožňují vysokou tréninkovou variabilitu (Petr a Šťastný; 2012).

Perič a Dovalil (2010) řadí mezi metodotvorné činitele pouze velikost odporu, počet opakování a rychlost provedení. Dále rozeznávají další dva parametry, a to délku odpočinku a charakter odpočinku. Tyto parametry nazývají pouze doplňkovými parametry, jelikož předchozí tři mají při rozlišení metod rozvoje síly zásadní význam.

Velikost odporu – jedná se o hlavní charakteristiku zatížení, vycházejí z ní ostatní metodotvorné parametry. Obvykle je dána např. hmotností závaží, odporem prostředí, silou partnera (Perič a Dovalil; 2010).

Počet opakování – předpokládá nižší odpor a je vhodné, aby poslední opakování bylo provedeno s částečnou dopomocí nebo maximálním svalovým vypětím (Perič a Dovalil; 2010).

Petr a Šťastný (2012) uvádějí počet opakování a velikost odporu společně, protože spolu úzce souvisejí. Je mezi nimi takzvaně negativní vztah, čím vyšší je odpor tím nižší je počet opakování a naopak.

Rychlost provedení – ovlivňuje celkový efekt cviku, jelikož určuje, na co se mají trénované svaly adaptovat (Petr a Šťastný; 2012).

Interval odpočinku – tímto termínem nazýváme pauzu mezi jednotlivými sériemi. Délka odpočinku významně ovlivňuje fyziologický efekt tréninku (Petr a Šťastný; 2012).

6. Systematická rešerše

Systematická rešerše je komplexní shrnutí primárního výzkumu, které se snaží identifikovat, vybrat a syntetizovat všechny kvalitní důkazy relevantní pro dané téma. Dále přehledně shromažďuje všechny důkazy vybrané na základě předem určených kritérií. Kromě toho identifikuje a minimalizuje zkreslení prostřednictvím transparentní a systematické metodiky (Harris a kol. 2013).

Systematická rešerše si klade za cíl poskytnout nezaujatou syntézu mnoha relevantních studií v jediném dokumentu. Od klasické literární rešerše se odlišuje snahou odhalit všechny relevantní údaje a zaměřuje se na výzkumy, které uvádějí data, a ne koncepty nebo teorie (Aromataris a Pearson 2014).

6.1. Metodika PRISMA

Rešeršní studie je přehledový článek zabývající se interpretací, syntézou a hodnocením vědeckých článků. Pokrývají rozsáhlou škálu témat a mohou být užitečné pro hodnocení nových konceptů. Tyto přehledy často nejsou úplné nebo neuvádějí podrobnosti o metodách. V důsledku toho mohou být nesprávně interpretovány nebo vézt k neúmyslnému zkreslení. Z tohoto důvodu mezinárodní výbor editorů lékařských časopisů přijal pokyny PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).

PRISMA se skládá z čtyřfázového flow-diagramu a kontrolního seznamu o 27 položkách. Flow-diagram popisuje identifikaci a výběr studií. Dále také obsahuje kritéria pro zařazení studií do přehledu. Kontrolní seznam obsahuje doporučení pro psaní zprávy o výzkumu (Selcuk, 2019).

7. Metodika

7.1. Cíle

Cílem bakalářské práce je vytvoření četnostního přehledu silových cviků pro prevenci poranění kolenního kloubu při seskoku z výšky pomocí systematické rešerše vědeckých databází.

7.2. Metody

Ke zpracování bakalářské práce byla použita metoda systematické rešerše na základě doporučení PRISMA (Moher *et al.*, 2009). Na začátku byla definována výzkumná otázka, zaměřená na zjištění silových cviků, které se nejčastěji objevují v intervenčních programech pro prevenci poranění při seskoku. Dále byl sestaven skript, který se skládal z klíčových slov a booleovských operátorů (AND, OR a NOT). Pomocí skriptu došlo k vyhledání studií z internetových databází (Web of Science, SportDiscus, Scopus, PubMed). Z vyhledaných studií byly následně vyřazeny duplikáty a dále byl počet redukován expertním posouzením podle předem stanovených kritérií.

7.3. Vyhledávání studií

Pro vyhledání studií byli vybrány 4 databáze: Web of Science, SportDiscus, Scopus a PubMed. Následně byl sestaven skript k vyhledání studií. Skript obsahoval kromě klíčových slov také booleovské operátory AND, OR a NOT.

7.3.1 Web of Science

Klíčová slova v databázi byla vyhledávána v názvu, abstraktu a klíčových slovech v databázi Web of Science tomu odpovídá vyhledávání v oblasti „topic“. Výsledný skript vypadal takto:

knee AND valgus AND strength AND intervention* OR training AND drop?landing or drop?freeze NOT animal NOT single?leg NOT single?limb

Rozsah vyhledávání byl od roku 2007 do roku 2021. Jazyk studií byl nastaven jako angličtina a typ dokumentu jako články a rešerše („articles and review articles“).

7.3.2. SportDiscus

V databázi SportDiscus byla klíčová slova vyhledávána v abstraktech (vyhledávací oblast AB Abstract). Výsledný skript vypadal takto:

knee AND valgus AND intervention OR training AND drop-landing OR drop-freeze NOT animal NOT single leg NOT single limb

Rozsah vyhledávání byl od roku 2007 do roku 2021. Jazyk studií byl nastaven jako angličtina.

7.3.3. Scopus

V databázi Scopus byla klíčová slova vyhledávána v kategorii název, abstrakt a klíčová slova. Výsledný skript vypadal takto:

knee AND valgus AND strength AND intervention OR training AND drop landing OR drop freeze NOT animal NOT single leg NOT single limb

Rozsah vyhledávání byl od roku 2007 do roku 2021. Jazyk studií byl nastaven jako angličtina a typ dokumentu jako články a rešerše („article“, „review“).

7.3.4. PubMed

V databázi PubMed byla klíčová slova vyhledávána v kategorii název a abstrakt. Výsledný skript vypadal takto:

knee AND valgus AND intervention OR training AND drop landing OR drop-landing OR drop freeze OR drop-freeze NOT animal NOT single leg NOT single limb

Rozsah vyhledávání byl od roku 2007 do roku 2021. Jazyk studií byl nastaven jako angličtina.

7.4. Výběr studií

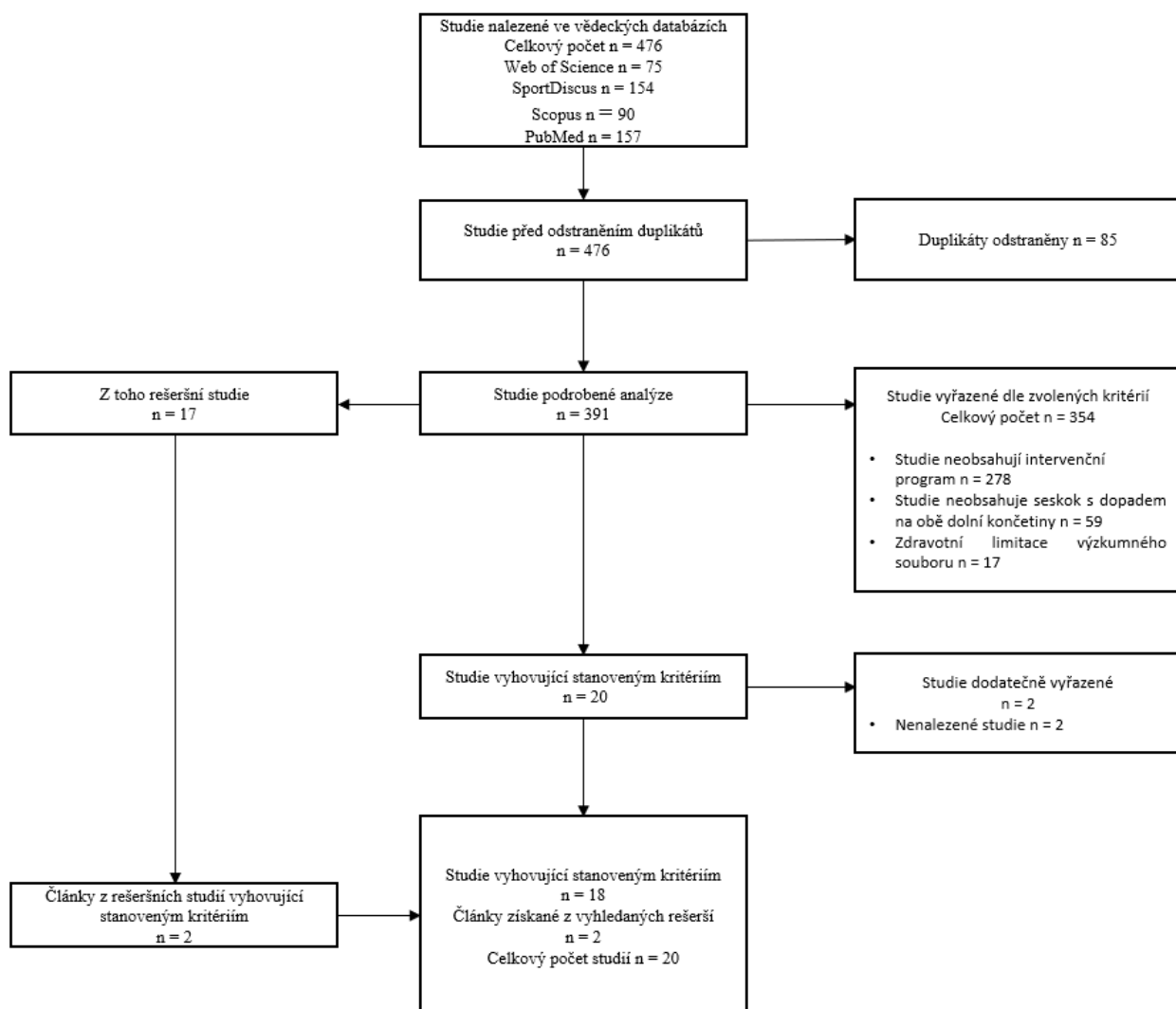
Vyhledané studie byly vyexportovány do aplikace Microsoft Excel, kde byly nejprve vyřazeny duplikáty napříč databázemi. Ve druhém kroku byly studie posouzeny, zda vyhovují kritériím pro zařazení do této práce. Tyto kritéria byla celkem tři a každá studie je musela všechna splňovat, aby mohla být zařazena do této práce.

Byla zvolena tato výběrová kritéria:

- Probandi musí být bez zranění nebo vrozených vad pohybové soustavy.
- Testem pro zjišťování prediktorů poranění kolenního kloubu musí být seskok z výšky s dopadem na obě dolní končetiny.
- Studie musí obsahovat intervenční program.

8. Výsledky

Za pomoci skriptu bylo vyhledáno celkem 476 studií, z toho 75 v databázi World of Science, 154 v databázi SportDiscus, 90 v databázi Scopus a 157 na PubMed. Bibliografické údaje těchto 476 studií byly exportovány do aplikace Microsoft Excel, kde proběhlo vyřazení duplikátů. Celkem bylo vyřazeno 81 studií, které byly duplicitní. Zbylo celkem 391 studií, z těchto studií byli vyselektovány rešerše (17) a zůstalo 374 studií. Tyto studie byly dále vyřazovány na základě kritérií uvedených na v kapitole „Výběr studií“. Těmto kritériím neodpovídalo celkem 354 studií. Zbylo tedy 20 studií a z těchto studií byly vyřazeny další 2 studie pro nedostupnost celého textu studie. K těmto studiím byly následně přidány 2 studie vyselektovány z rešerší dle stejných kritérií. Těchto 20 studií bylo použito v této práci. Pro přehlednost se postup výběru vhodných studií nachází na obrázku č. 3. Základní informace o 20 vybraných studií se nacházejí v tabulce v příloze (Příloha č. 1).



Obrázek č. 3 - Schéma výběru studií

Tato část bakalářské práce se zabývá zejména zjišťováním četností, a to těchto parametrů:

- Výšky seskoku;
- doby trvání intervenčního programu;
- frekvencí tréninků v intervenčním programu;
- doby trvání tréninků;
- použitých cviků.

Některé studie obsahují více intervenčních skupin a pro účely zjišťování četnosti délky intervence, frekvence tréninků, doby tréninků a četnosti cviků byly použity, jako by se jednalo o samostatnou intervenci. Výška seskoku byla z každé studie brána pouze 1x.

8.1. Četnost použité výšky seskoku

Ve vybraných studiích bylo použito celkem 7 různých výšek seskoku. Nejvíce krát byla použit výška 30 cm (celkem 8x). Tři výšky byli použity pouze 1x (25 cm, 35 cm a 60 cm). Nejnižší použitou výškou byla výška 25 cm, nejvyšší použitou výškou byla výška 60 cm. Všechny použité výšky seskoku a jejich četnosti se nacházejí v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1 Četnost výšky seskoků

Výška seskoku	Četnost
30 centimetrů	8
31 centimetrů	5
36 centimetrů	2
50 centimetrů	2
25centimetrů	1
35 centimetrů	1
60 centimetrů	1

8.2. Četnost délky a frekvence intervencí

Ve vybraných studiích bylo využito celkem 7 různých délek intervence. Nejčastější délka intervence byla 4 týdny (celkem 9 intervencí) a 8 týdnů (celkem 5 intervencí). Celkem 2 délky intervence se vyskytli pouze 1x, jedná se o délky: 12 týdnů, 1 rok. Nejdelší intervence trvala 1 rok a nejkratší 4 týdny. Seznam všech délek intervencí a jejich četnost se nacházejí v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2 Četnost délky intervencí

Délky intervence	Četnost
4 týdny	9
8 týdnů	5
6 týdnů	3
7-8 týdnů	3
10 týdnů	2
12 týdnů	1
1 rok	1

Ve vybraných studiích bylo použito celkem 5 různých frekvencí. Nejčastěji byly tréninky prováděny 3x týdně, a to celkem ve 12 případech. Jediná další frekvence, která se objevila více než 1 intervencí, byla 2x týdně a to v 9 případech. Nejnižší použitá frekvence byla 1x týdně, nejvyšší frekvence tréninků byla 6x týdně. Seznam použitých frekvencí a jejich četnost se nachází v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3 Četnost frekvence tréninků

Frekvence tréninků	Četnost
3x týdně	12
2x týdně	9
1x týdně	1
4x týdně	1
6x týdně	1

Ve vybraných studiích bylo použito celkem 9 různých délek tréninku. Nejčastěji byly tréninky prováděny po dobu 20 minut, a to celkem v 6 intervencích. Nejkratší tréninky trvaly 5 minut, ty nejdelší 90–120 minut. U 6 intervencí nebyla délka tréninku uvedena (McCurdy a kol. 2012, Pfile a kol. 2013, Sasaki a kol. 2014, Teixeira a kol. 2021). Seznam použitých délek tréninku a jejich četnost se nachází v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4 Četnost délky tréninků

Délka tréninků	Četnost
Není uvedena	6
20 minut	6
25 minut	3
15 minut	2
90–120 minut	2
5 minut	1
10–15 minut	1
30 minut	1
60 minut	1
90 minut	1

Četnost v tabulkách číslo 2-4 je celkově vyšší než počet studií (20). Hlavním důvodem je, že některé studie obsahovaly více intervencí nebo intervenčních skupin.

8.3. Četnost cviků použitých v intervenci

V intervenčních programech byly nejčastějším cvikem výpady, které se objevily ve 13 intervencích. Mnoho cviků všech kategorií se objevilo pouze v jedné intervenci. Pro přehlednost byly cviky rozděleny do 3 skupin: silové cviky, plyometrické cviky a ostatní cviky.

Pouze 5 silových cviků se objevilo ve více než dvou intervenčních programech. Jejich četnost byla poměrně vysoká (≥ 7). Jedná se o tyto cviky: výpady, dřepy, severské/ruské cvičení na hamstringy, plank a boční plank. Celkem 43 silových cviků se objevilo pouze v jedné intervenci. Přehled silových cviků a jejich četnost se nachází v tabulce č. 5.

Tabulka č. 5 Četnost silových cviků

Silové cviky			
Cvik	Četnost	Cvik	Četnost
Výpady	13	Severské/ruské cvičení na hamstringy	10
Dřepy	9	Plank	9
Boční plank	7	Bench press	2
Doteky ramen ve kliku	2	Hamstringový most	2
Sed-leh	2	Sed-leh do kříže	2
Tlaky na ramena	2	Výstupy na bednu	2
Abdominal draw in	1	Abdukce kyčelního kloubu s gumou	1
Abdukce kyčelního kloubu v pozici v leže na boku	1	Back fly	1
Bear crawl hold	1	Bicycle kicks	1
Bulharský split dřep	1	Dead bugs	1
Cvičení na biceps	1	Dorsální flexe kotníku	1
Most na jedné noze	1	Dřep s gumou	1

Dřep na jedné noze	1	Extenze zad v leže	1
Extenze – vnější rotace – abdukce v kyčelním kloubu v poloze na čtyřech	1	Flexe kyčelního kloubu s gumou	1
Good morning	1	Good morning na jedné noze	1
Hip thrust	1	Hip thrust na jedné noze	1
Chůze do strany s gumou	1	Kliky	1
Mrtvý tah	1	Mrtvý tah na jedné noze	1
Obrácený australský tah	1	Obrácený australský tah s TRX	1
Paloff press	1	Plantární flexe kotníku	1
Předkopávání	1	Přenášení zátěže s jednoručkami	1
Přítahování gumy k obličejí	1	Přítahy	1
Půl-dřep s gumou	1	Ruce při běhu s gumou	1
Rumunský mrtvý tah	1	Ruské vytáčení	1
Split dřepy	1	Stahování kladky s širokým úchopem	1
Veslování s jednoručkami	1	Veslování ve stoje s gumou	1
Vnější rotace kyčelního kloubu v pozici v leže na boku	1	Výpady s házením míče	1
Vzpírání s jednoručkou ve stoje	1		

Nejčastějšími plyometrickými cviky byly skok do dálky a skok do výpadu, které se objevily v celkem 9 intervenčních programech. Pouze 12 cviků se objevilo v jednom intervenčním programu, což je méně než polovina cviků. Cviky s četností 5 a vyšší se často v intervenčních programech objevovaly společně. Kromě cviků

uvedených v tabulce se v intervenčních programech objevovaly ještě jejich kombinace. Přehled četností plyometrických cviků se nachází v tabulce č. 6.

Tabulka č. 6 Četnost plyometrických cviků

Plyometrické cviky			
Cvik	Četnost	Cvik	Četnost
Skok do dálky	9	Skok do výpadu	9
Skok ze dřepu	9	Skok s otočením o 180°	8
Výskok s doskokem na jednu nohu	8	Přeskoky do stran z jedné nohy na druhou	7
Skok do výšky	7	Skok přes překážku popředu a pozadu	7
Skok s dotekem stěny	7	Skok s přitažením kolen k hrudníku	6
Skok bokem přes překážku	5	Odpichy	3
Skok do dálky na jedné noze	3	Skoky do stran	3
Výskok na bednu	3	Přeskoky překážky na žíněnce	2
Skok na jedné noze	2	Skok s otočením o 270°	2
Skok s otočením o 90°	2	Skoky do stran na jedné noze	2
Skoky dopředu a dozadu na jedné noze	2	Skoky na jedné noze	2
Přeskakování čáry	1	Přeskakování čáry na jedné noze do stran	1
Přeskakování čáry na jedné noze dopředu a dozadu	1	Přísuny do stran	1
Skok do výšky na jedné noze	1	Skoky dopředu a dozadu	1
Skok stranou přes překážku na žíněnce	1	Skok s otočením o 180° na bosu	1
Skoky přes překážku na jedné noze	1	Skoky přes zvyšující se překážku dopředu a dozadu	1
Skoky přes zvyšující se překážku do stran	1	Vertikální výskoky z rozběhu	1

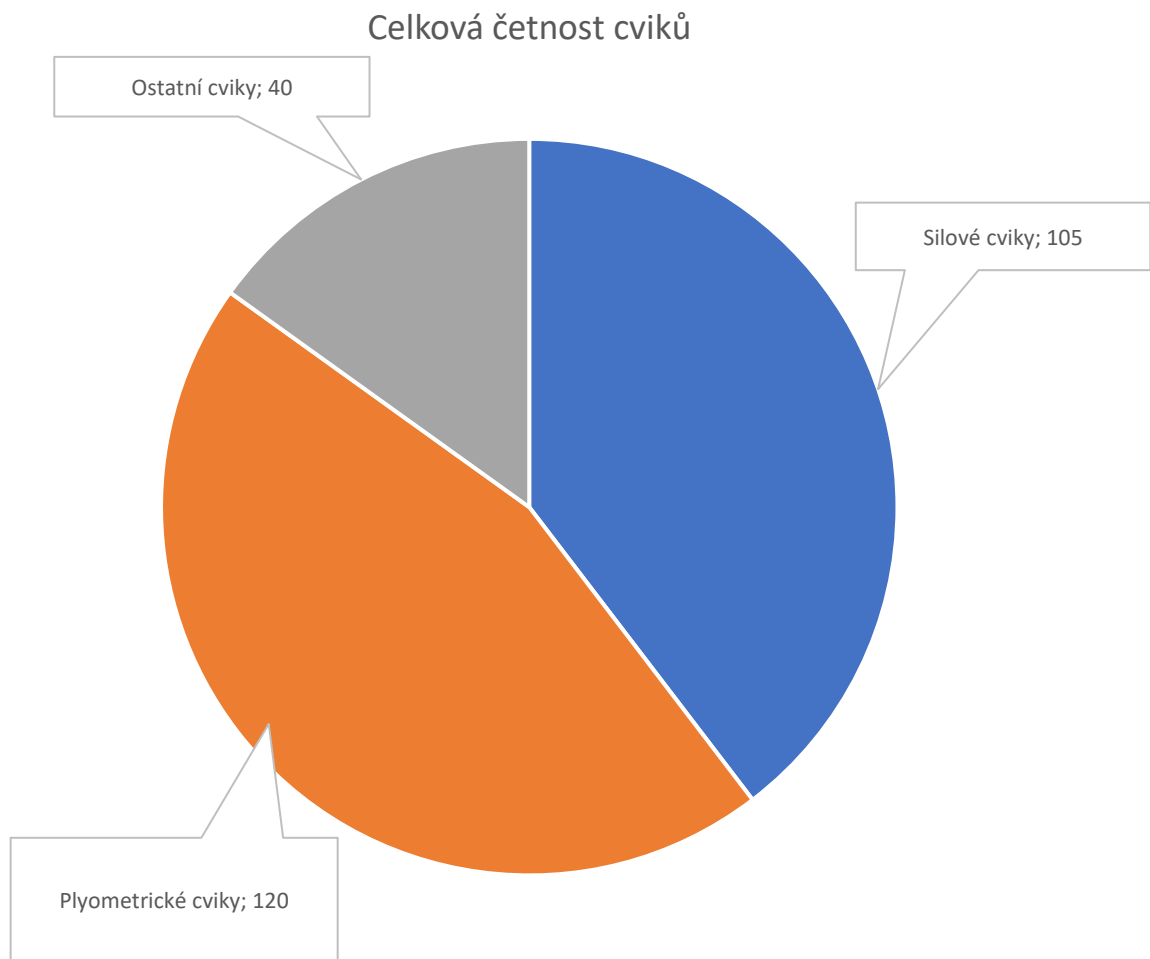
Dalšími cviky, které se objevovaly v intervenčních programech, jsou zaměřené na rozvoj koordinace, rychlosti, nebo se jedná o balanční cviky. Většina cviků se objevila pouze v 1 nebo 2 intervencích. Kompletní přehled četností se nachází v tabulce č. 7.

Tabulka č. 7 Četnost ostatních cviků

Ostatní cviky			
Cvik	Četnost	Cvik	Četnost
Agility běhy	5	Házení míče při stání na jedné noze	4
Sprinty	4	Stání na jedné noze (s míčem v ruce)	3
Balanční zápas na balanční podložce	2	Balanční zápas na žíněnce	2
Házení a chytání míče na balanční podložce	2	Házení a chytání míče při stožení na jedné noze na bosu	2
Házení a chytání míče ve dřepu na balanční podložce	2	Seskok – chycení míče – skok s otočkou o 180°	2
Seskok na techniku	2	Agility žebříky	1
Cvičení na bosu	1	Chytání míče při scházení ze schodu	1
Osmičky s míčem při stání na jedné noze	1	Plazení se s míčem	1
Rovnováha na BOSU na jednom kolenu	1	Seskok a chycení medicibalu	1
Single leg forward bend pass	1	Skok s otočkou o 180° a chycení medicimbalu	1
Sprinty s odporem	1		

Celkem měly nejvyšší četnost plyometrické cviky a to 120. Silové cviky měly četnost 105 a ostatní cviky měly celkovou četnost 40. Celkovou četnost cviků znázorňuje graf č. 1.

Graf č. 1 - Graf celkové četnosti cviků



8.4. Vliv intervenčních programů na valgus kolene

Z 20 studií nebyl ve 3 studiích (Pollard a kol. 2017; Read a kol. 2017; Teixeira a kol. 2021) měřen valgus kolenního kloubu. V 7 studiích nedošlo ke statisticky významným změnám ($p > 0,05$). V 7 studiích byly zjištěny statisticky významné změny ($p < 0,05$) v úhlu valgusu kolene nebo jiném parametru, který se používá k určení postavení kolenních kloubů ve frontální rovině. V jedné studii (Kumara a kol. 2021) došlo ke zmenšení valgusu kolene v polovině studie, ale na konci intervence byla změna nevýznamná. V jedné studii (Thompson-Kolesar a kol. 2017) došlo k významné změně pouze mezi jednotlivými intervenčními skupinami, nikoli však u jednotlivých skupin před a po intervenci a ani mezi intervenčními a kontrolními skupinami.

Ve studiích, které měřily valgus kolenního kloubu, se pro jeho zjišťování, kromě přímého měření valgusu kolene (v některých studiích uváděno jako abdukce kolenního kloubu), zjišťovala přímá hodnota některé z následujících hodnot: absolutní vzdálenost kolenních kloubů, relativní vzdálenost kolenních kloubů vzhledem ke kyčelním kloubům, relativní vzdálenost kolenních kloubů vzhledem k hlezenním kloubům, projekční úhel v čelní rovině.

V následujících 6 studiích nebyly změny ve valgusu kolenního kloubu statisticky významné: Chappel a kol. (2008); McCurdy a kol. (2012); Sasaki a kol. (2019); Stearns a Powers (2014); Thompson a kol. (2017); Czasche a kol. (2018) a Pfile a kol. (2013).

Barendrecht a kol. (2011) uvádějí, že došlo k významnému zvětšení absolutní vzdálenosti kolenních kloubů ($p < 0,001$). Uvedené údaje platí pro obě intervenční skupiny. Skupina s větším valgusem kolenního kloubu dosáhla lepších výsledků. Couclough a kol. (2017) uvádí, že došlo k významnému snížení projekčního úhlu v čelní rovině ($p < 0,001$) s velikostí efektu $d = 1,17$. Heinert a kol. (2011) uvádějí, že došlo ke zvětšení koeficientu kolena a kotníků, kdy hodnota Cohenovo „d“ byla 2,5. Herington (2010) uvádí, že došlo ke snížení valgusu kolenního kloubu na levé ($p = 0,002$) i na pravé noze ($p = 0,0001$). Ve studii Hugley a kol. (2021) došlo ke zmenšení valgusu kolenního kloubu ($p = 0,018$). Barber-Westin a kol. (2010) uvádějí, že došlo ke zvětšení normalizované vzdálenosti kolen (vzhledem ke vzdálenosti kyčelních kloubů) po intervenci ($p < 0,01$). Tento efekt přetrval i po 3 a 12 měsících ($p < 0,01$), respektive ($p < 0,001$). Ve studii Noyes a kol. (2011) došlo ke zvýšení absolutní vzdálenosti kolenních kloubů ($p = 0,002$) i normalizované vzdálenosti (vzhledem ke vzdálenosti

kyčelních kloubů) ($p = 0,04$). Nyaman a kol. (2015) uvádějí, že došlo k významnému zvětšení minimální vzdálenosti kolenních kloubů ($p < 0,001$). Cohenovo „d“ bylo 1,6.

Kumahara a kol. (2021) uvádějí, že došlo ke zvětšení koeficientu kolen a kyčlí po 6 měsících ($p < 0,001$). Tato změna na konci intervence (po 12 měsících) nebyla ve srovnání s úvodním měřením významná ($p = 0,070$).

Thompson-Kolesar a kol. (2017) uvádějí, že ani u jedné intervenční skupiny nedošlo k významné změně oproti úvodnímu měření, ani oproti kontrolním skupinám. Mladší intervenční skupina významně snížila valgus kolene oproti starší intervenční skupině ($p = 0,036$).

9. Diskuse

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření četnostních přehledů silových cviků pro prevenci poranění kolenního kloubu. Cviky do přehledů byly získány z intervenčních protokolů, tedy celkem z 20 vybraných studií.

9.1. Obsah intervenčních program

Ve všech intervenčních programech, které mají vliv na valgus kolenního kloubu s výjimkou dvou (Heinert a kol. 2021; Nyman a kol. 2015), se objevují plyometrické cviky. Heinert a kol. (2021) a Nyman a kol. (2015) využívají ve svém intervenčním programu pouze seskok s opravou techniky provedení.

Barber-Westina kol. (2010) využívají ve svém intervenčním programu plyometrické a silové cviky. Barendrecht a kol. (2011) využívají cviky balanční, koordinační, plyometrické a silové. Stejně typy cvičení využívají i Hugley a kol. (2021) a navíc využívají i rychlostní cvičení. Coclough a kol. (2017) a Herrington (2010) ve svých studiích používají stejné intervenční programy, které se skládají z plyometrických cvičení a výpadů. Noyes a kol. (2011) využívají ve svém programu plyometrických, rychlostních a rychlostně-koordinačních cvičení.

Ve všech výše zmíněných studiích obsahujících plyometrický trénink můžeme najít tyto cviky: skok s dotekem stěny, skok do dálky, skok ze dřepu, skok s doskokem na jednu nohu a skok s otočkou o 180°. V pěti studiích se pak objevuje skok s přitažením kolen k hrudníku a ve čtyřech studiích skok do výpadu. Dle mého názoru jsou tyto cviky oblíbené, jelikož k jejich provedení není potřeba žádné další vybavení. Jejich případná aplikace do tréninku ve sportovních klubech by proto mohla být jednodušší. Ve dvou studiích jsou tyto cviky doplněné o výpady, pravděpodobně ze stejného důvodu. V těchto případech se jedná o výpady bez přidané zátěže.

Ze silových cvičení se nejčastěji využívají výpady, a to celkem ve 4 studiích. Ve 2 studiích se také v intervenčních programech objevuje severské/ruské cvičení na hamstringy.

Jediným cvikem, který není silový ani plyometrický, a objevuje se ve více než jedné studii je cvik házení a chytání míče při stožení na jedné noze. Objevuje se celkem ve 2 studiích.

Dle Neeslera a kol. (2017) je plyometrický trénink vhodný zejména na zlepšení techniky a předcházení poranění vazů zejména ACL. Dále dodává, že programy obsahující silový trénink a zároveň i neuromuskulární trénink byly nejefektivnější.

Dle Myera a kol. (2005) může plyometrický i balanční trénink zmenšit valgus kolene u bilaterálních doskoků. Ter Stege a kol. (2014) uvádějí, že nejlepšími komponenty pro zmenšení valgusu kolene je kombinace plyometrického a rychlostně-koordinačního (agility) tréninku.

Z výsledků předchozích studií a výsledků této práce vyplývá, že nejvhodnějším intervenční programy pro snížení valgusu kolene jsou založené hlavně na plyometrickém tréninku doplněné o silové nebo balanční cvičení.

Je nutné také uvést, že plyometrický trénink, dle mého názoru, není vhodný pro všechny. Používání takového programu dětmi nebo netrénovanými osobami by mohlo vést k poranění svalového aparátu. Proto je nutné před zařazením takového typu cvičení nejdříve zařadit obecné silové cvičení, v tomto případě rozvíjející sílu dolních končetin. Teprve poté je možné očekávat signifikantní výsledky při použití plyometrického programu na zlepšení valgusu kolene.

9.2. Použité výšky seskoků

Z 20 vybraných studií u 11 studií nejsou uvedeny informace z jakého důvodu došlo ke stanovení dané výšky seskoku. V 6 studiích byl test stanoven na základě předchozí studie (nebo studií). V jednom případě bylo uvedeno, že daný test má vysokou retestovací reliabilitu a v jednom případě bylo uvedeno, že výška je stanovena na základě průměrného maximálního vertikálního výskoku (výška stanovena na 25 cm).

Nejčastěji použitou výškou byla výška 30 cm. Pouze ve dvou studiích bylo využito větší výšky než 40 cm. McNitt-Gray (1991), McNitt-Gray (1993) a Christoforidou a kol. (2017) shodně uvádějí, že se zvyšující se výškou dochází ke zvyšování maximální dopadové síly a uvádějí také změny v kinematice seskoku, konkrétně se jedná o větší flexi v kolenních a kyčelních kloubech při seskoku z větší výšky.

Dle mého názoru se výšky okolo 30 cm používají nejčastěji, jelikož už při těchto výškách dochází ke zvyšování dynamických sil a zároveň je riziko poranění malé.

9.3. Délka a frekvence intervencí

Většina délek intervencí ve vybraných studiích se vejde do intervalu 4–8 týdnů, pouze tři intervence trvaly delší dobu. Tyto intervaly byly zřejmě vybrány v souvislosti s rozvojem mezisvalové koordinace. Pro jiné adaptace, zejména hypertrofii svalových vláken, by tato doba byla moc krátká. Rozvoj mezisvalové koordinace v tomto případě zřejmě umožňuje rozložení sil mezi jednotlivými segmenty a tím snižuje šanci, že bude na některý stabilizátor působit příliš velká síla.

V rámci intervence tréninky probíhaly nejčastěji 2x – 3x týdně po dobu 5–120 minut. Doba tréninku se mezi jednotlivými autory lišila nejvíce ze všech parametrů. Sedm různých dob tréninku mělo četnost 1 nebo 2. Nejčastěji tréninky probíhaly po dobu 20 minut. V 6 případech nebyla délka tréninku uvedena. Větší využívání kratších dob tréninku zřejmě znovu souvisí se snadnější implementací intervenčních programů do systému sportovní přípravy.

Neesler a kol. (2017) uvádějí že, většina studií využitých v jejich práci se shoduje, že 20–30 minutové tréninky vícekrát týdně jsou zapotřebí pro efektivitu programu. Ter Stege a kol. (2014) ve své rešerši také shledali 20 – 30 minutové tréninky jako nejvíce efektivní pro prevenci poranění kolenních kloubů.

Studie, ve kterých se prokázala změna valgusu kolene, probíhaly po dobu 4–10 týdnů. Frekvence tréninků byla 1–3 tréninky za týden. Tréninky v těchto programech trvaly 15-20 minut, ale také 90-120 minut. Domnívám, že použití kratší doby tréninku je pro preventivní programy lepší a dle výsledků této bakalářské práce také mnohem více používané.

9.4. Návrh intervence dle výsledků práce

Jako příklad praktické aplikace výsledků této rešerše jsem připravil návrh „ideálního“ intervenčního programu. Program je navržený tak, aby zmenšil valgus kolenního kloubu. Celý popis programu se nachází v příloze jako tabulka č. 9.

Doba trvání byla stanovena 4 týdny, frekvence tréninků je 3x týdně a délka tréninku je 20 minut. Tyto parametry byly vybrány, protože dle dostupných informací se zdají být kratší tréninky vícekrát týdně nejefektivnější. Doba trvání 4 týdny byla nejčastější dobou u většiny programů majících vliv na valgus kolene, proto ji považuji jako dostatečně dlouhou.

Tréninkový program se skládá z plyometrického a silového tréninku. Tyto typy tréninků byly zvoleny, jelikož jejich kombinace se jeví jako neúčinnější. Plyometrický trénink se skládá z nejčtenější cviků užívaných v programech majících vliv na valgus kolenního kloubu, konkrétně jde o: skok s dotekem stěny, skok do dálky, skok ze dřepu, skok s doskokem na jednu nohu, skok s otočkou o 180° a skok s přitažením kolen k hrudníku. Silový trénink je zastoupen dřepy se zátěží, výpady, severským cvičením na hamstringy, plankem a side plankem. Kombinace silového a plyometrického tréninku by měla zvyšovat účinnost programu.

9.5. Limitace práce

Dle mého názoru je hlavním limitací bakalářské práce nedostatek studií, které by porovnávaly vliv intervencí mezi pohlavími, a také nedostatek studií sledující vliv intervenčních programů na kategorii dospělých mužů. Ve vybraných studiích se objevují práce, které se zaměřují na prevenci poranění zejména u žen. Taková situace byla sice z části očekávána, vzhledem k vyššímu výskytu poranění kolenního kloubu, zejména ACL u žen (Brukner a Khan; 2007).

Ve vybraných studiích se nachází pouze 3 studie, které zjišťují vliv intervenčních programů na prediktory poranění u mužů, a navíc všechny 3 studie se zabývají muži pod 18 let. Také se ve vybraných studiích nenachází žádná studie, která by srovnávala efektivitu intervenčního programu u mužů a žen zároveň. Nelze tedy říci, zda by dané tréninky nebo případně jednotlivé cviky z nich fungovaly s podobnou úspěšností u opačného pohlaví. Z výše uvedeného vyplývá, že o vlivu intervenčních programů na prediktory poranění při seskoku na obě dolní končetiny u mužů dosud neexistuje dostatek informací a jsou nutné další výzkumy. Dále je nutné uvést, že studie zaměřující se na vliv intervenčních programů na prediktory poranění kolenního kloubu u mužů možná užívají i jiné kontrolní cviky než seskok z výšky.

Ve vybraných studiích se také nevyskytuje mnoho informací o vlivu intervenčních programů v různých věkových skupinách. Pouze Thompson-Kolesar a kol. (2017) aplikují stejný tréninkový program na 2 skupiny probandů. První skupina je ve věku $11,8 \pm 0,8$; druhá ve věku $15,9 \pm 0,9$. V této studii mladší skupina v porovnání se starší skupinou snížila valgus kolene při prvním kontaktu s podložkou ($p = 0,036$). Z toho je možné usuzovat, že by intervenční programy mohly být účinnější u mladších dětí. Použitá intervence obsahuje silová, plyometrická a rychlostní cvičení. To podporuje i zjištění

Myera a kol. (2012), kteří zjistili, že intervence v mladším věku má větší vliv na prevenci poranění ACL. V této meta-analýze se zabývali incidencí poranění ne změnami prediktorů. Nelze tedy s jistotou říci, zda jsou intervence zaměřené na ovlivnění prediktorů poranění účinnější u mladších dětí.

Další limitací této bakalářské práce je nepřesně popsany intervenční program ve studii Hughley a kol. (2021). V této studii byly uvedeny pouze příklady některých tréninků, nikoli celý intervenční protokol. V důsledku toho je možné, že došlo k mírnému zkreslení v četnostech jednotlivých cviků.

Dále je třeba zmínit, že v kontextu efektu jednotlivých intervencí se tato bakalářská práce zabývá pouze tím, zda program nějak významně změnil valgus kolenního kloubu. Ostatní kinematické a kinetické prediktory poranění kolenního kloubu, kterými jsou například: maximální flexe kolenního kloubu nebo maximální dopadová síla (Ter Stege a kol.; 2014), zůstaly v této práci opomenuty.

10. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vytvoření četnostních přehledů cviků užívaných v intervenčních programech pro prevenci poranění kolenního kloubu.

Na základě vybraných studií bylo zjištěno, že nejčastějším cvikem využívaným v intervenčních programech zaměřených na prediktory poranění kolenního kloubu při seskoku byly výpady. V naprosté většině případů se jednalo o výpady vpřed bez zátěže, které byly zadávány počtem opakování nebo délkou úseku. Pozitivitou tohoto cviku je jeho nenáročnost na materiál a jeho vysoká efektivita pro komplexní rozvoj svalů dolních končetin.

Nejčastější skupinou cviků, která se objevovala v intervenčních programech, byly plyometrické cviky. Nejčetnějšími cviky v této kategorii byly shodně skoky do dálky, skoky do výpadů a skoky ze dřepu. Počet unikátních cviků byl sice menší než u silových cviků, ale jejich kumulovaná četnost byla vyšší. Tyto cviky jsou zejména vhodné pro rozvoj dynamické síly, ale je na místě obezřetnost zejména u netrénovaných sportovců.

V intervenčních programech se dále objevovala balanční, rychlostní a koordinační cvičení. Tyto cvičení byla mnohem méně četná než předchozí dvě skupiny. Největší četnosti zde dosáhly agility běhy.

Dle výsledků by se mohl ideální intervenční program zaměřit na kombinaci nejčetnějších silových a plyometrických cviků. Ideálně by tyto tréninky mohly být 20 minut dlouhé a probíhat 3x týdně po dobu 4 týdnů.

Výsledky této bakalářské práce by mohly sloužit pro vytváření efektivnějších preventivních programů.

11. Seznam literatury

1. AROMATARIS, Edoardo a Alan PEARSON. The Systematic Review. *AJN, American Journal of Nursing* [online]. 2014, **114**(3), 53-58 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0002-936X. Dostupné z: doi: 10.1097/01.NAJ.0000444496.24228.2c
2. BAHR, Roald a Lars ENGBRETSSEN. *Sports injury prevention*. Chichester, UK: Wiley-Blackwell, 2009, x, 238 s. : il. 25 cm. ISBN 978-1-4051-6244-9.
3. BARBER-WESTIN, Sue D, Stephanie T. SMITH, Thomas CAMPBELL a Frank R NOYES. The Drop-Jump Video Screening Test: Retention of Improvement in Neuromuscular Control in Female Volleyball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2010, **24**(11), 3055-3062 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e3181d83516
4. BARENDRECHT, Maarten, Harry C. A. LEZEMAN, Jacques DUYSSENS a Bouwien C M SMITS-ENGELSMAN. Neuromuscular Training Improves Knee Kinematics, in Particular in Valgus Aligned Adolescent Team Handball Players of Both Sexes. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2011, **25**(3), 575-584 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e3182023bc7
5. BLAZEVIČH, Anthony. *Sports biomechanics: the basics*. 3rd edition. London: Bloomsbury, 2017, vii, 264 stran : ilustrace ; 24 cm. ISBN 978-1-4729-1722-5.
6. BRUKNER, Peter a Karim KHAN. *Clinical sports medicine*. 3rd edition. North Ryde: McGraw-Hill, 2007, xxxix, 1032 s., il. 1 CD-ROM. ISBN 0-074-71520-8.
7. COLCLOUGH, A., A.G. MUNRO, L.C. HERRINGTON, J.J. MCMAHON a P. COMFORT. The effects of a four week jump-training program on frontal plane projection angle in female gymnasts. *Physical Therapy in Sport* [online]. 2018, **30**, 29-33 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1466853X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ptsp.2017.11.003
8. COLLINGS, Tyler J., Adam D. GORMAN, Max C. STUELCKEN, Daniel B. MELLIFONT a Mark G. L. SAYERS. Exploring the Justifications for Selecting a Drop Landing Task to Assess Injury Biomechanics: A Narrative Review and Analysis of Landings Performed by Female Netball Players. *Sports Medicine* [online]. 2019, **49**(3), 385-395 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-018-01045-x

9. CRUZ, Anna, David BELL, Melanie MCGRATH, Troy BLACKBURN, Darin PADUA a Daniel HERMAN. The Effects of Three Jump Landing Tasks on Kinetic and Kinematic Measures: Implications for ACL Injury Research. *Research in Sports Medicine* [online]. 2013, **21**(4), 330-342 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1543-8627. Dostupné z: doi:10.1080/15438627.2013.825798
10. CZASCHE, Maike B, Jon E. GOODWIN, Anthony M. J. BULL a Daniel J. CLEATHER. Effects of an 8-week strength training intervention on tibiofemoral joint loading during landing: a cohort study. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* [online]. 2018, **4**(1) [cit. 2022-07-06]. ISSN 2055-7647. Dostupné z: doi:10.1136/bmjsem-2017-000273
11. DUNGL, Pavel. *Ortopedie. 2.,* preparac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4357-8.
12. DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie.* Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
13. EDWARDS, S., J. R. STEELE a D. E. MCGHEE. Does a drop landing represent a whole skill landing and is this moderated by fatigue?. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. 2010, **20**(3), 516-523 [cit. 2022-07-06]. ISSN 09057188. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0838.2009.00964.x
14. GUNTER, Katherine B., Hawley C. ALMSTEDT a Kathleen F. JANZ. Physical Activity in Childhood May Be the Key to Optimizing Lifespan Skeletal Health. *Exercise and Sport Sciences Reviews* [online]. 2012, **40**(1), 13-21 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0091-6331. Dostupné z: doi:10.1097/JES.0b013e318236e5ee
15. HARRIS, Joshua D., Carmen E. QUATMAN, M.M. MANRING, Robert A. SISTON a David C. FLANIGAN. How to Write a Systematic Review. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2014, **42**(11), 2761-2768 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546513497567
16. HEEBNER, Nicholas R., Deirdre M. RAFFERTY, Meleesa F. WOHLEBER, Andrew J. SIMONSON, Mita LOVALEKAR, Andrew REINERT a Timothy C. SELL. Landing Kinematics and Kinetics at the Knee During Different Landing Tasks. *Journal of Athletic Training* [online]. 2017, **52**(12), 1101-1108 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-52.11.25
17. HEINERT, Becky, Drew RUTHERFORD, Jacqueline CLEEREMAN, Maria LEE a Thomas W. KERNOZEK. Changes in landing mechanics using augmented feedback: 4-Week training and retention study. *Physical Therapy in*

- Sport* [online]. 2021, **52**, 97-102 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1466853X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ptsp.2021.08.007
18. HERRINGTON, Lee. The Effects of 4 Weeks of Jump Training on Landing Knee Valgus and Crossover Hop Performance in Female Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2010, **24**(12), 3427-3432 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e3181c1fcd8
 19. HEWETT, Timothy E., Gregory D. MYER, Kevin R. FORD, et al. Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes: A Prospective Study. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2005, **33**(4), 492-501 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546504269591
 20. HOFFMAN Matthew. (2014). *Human Anatomy: Picture of knee*. Available online: <https://www.webmd.com/pain-management/knee-pain/picture-of-the-knee#1>.
 21. HOŠKOVÁ, Blanka. *VADEMECUM / Zdravotní tělesná výchova Druhy oslabení*. Karolinum, [online]. 2014, (132 stran). ISBN 978-80-246-2650-5. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/vademecum-zdravotni-telesna-vychova-900785/>
 22. HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK. *Memorix anatomie*. 3. vydání. Ilustroval Jan BALKO, ilustroval Simona FELŠŮOVÁ, ilustroval Šárka ZAVÁZALOVÁ. Praha: Triton, 2015. ISBN 978-80-7387-959-4.
 23. HUGHLEY, Timothy W., Timothy W. HUGHLEY, Timothy W. HUGHLEY a Timothy W. HUGHLEY. The Effect of an 8 Week Neuromuscular Training Program on Knee Movement Biomechanics in African American Female Athletes. *IJASS(International Journal of Applied Sports Sciences)* [online]. 2021, **33**(2), 119-130 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1598-2939. Dostupné z: doi:10.24985/ijass.2021.33.2.119
 24. CHALOUPKA, Richard. *Vybrané kapitoly z LTV v ortopedii a traumatologii*. Brno: Vydavatelství IDVPZ, 2001. ISBN 80-7013-341-4.
 25. CHAPPELL, Jonathan D. a Orr LIMPISVASTI. Effect of a Neuromuscular Training Program on the Kinetics and Kinematics of Jumping Tasks. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2008, **36**(6), 1081-1086 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546508314425

26. CHRISTOFORIDOU, A., D.A. PATIKAS, E. BASSA, I. PARASCHOS, S. LAZARIDIS, C. CHRISTOFORIDIS a C. KOTZAMANIDIS. Landing from different heights: Biomechanical and neuromuscular strategies in trained gymnasts and untrained prepubescent girls. *Journal of Electromyography and Kinesiology* [online]. 2017, **32**, 1-8 [cit. 2022-07-06]. ISSN 10506411. Dostupné z: doi:10.1016/j.jelekin.2016.11.003
27. JANURA, Miroslav a Eva JANUROVÁ. *Fyzikální základ biomechaniky*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-244-1805-6.
28. KUMAHARA, Ryotaro, Shizuka SASAKI, Eiji SASAKI, Yuka KIMURA, Yuji YAMAMOTO, Eiichi TSUDA a Yasuyuki ISHIBASHI. Effect of a simple core muscle training program on trunk muscle strength and neuromuscular control among pediatric soccer players. *Journal of Experimental Orthopaedics* [online]. 2021, **8**(1) [cit. 2022-07-06]. ISSN 2197-1153. Dostupné z: doi:10.1186/s40634-021-00353-y
29. MCCURDY, Kevin, John WALKER, Joseph SAXE a Jonathan WOODS. The Effect of Short-Term Resistance Training on Hip and Knee Kinematics During Vertical Drop Jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2012, **26**(5), 1257-1264 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e31824f2386
30. MCNITT-GRAY, Jill L. Kinematics and Impulse Characteristics of Drop Landings from Three Heights. *International Journal of Sport Biomechanics* [online]. 1991, **7**(2), 201-224 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0740-2082. Dostupné z: doi:10.1123/ijsb.7.2.201
31. MCNITT-GRAY, Jill L. Kinetics of the lower extremities during drop landings from three heights. *Journal of Biomechanics* [online]. 1993, **26**(9), 1037-1046 [cit. 2022-07-06]. ISSN 00219290. Dostupné z: doi:10.1016/S0021-9290(05)80003-X
32. MĚKOTA, Karel a Jiří NOVOSAD. *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2005. ISBN 80-244-0981-x.
33. MEYER, Gregory D, Kevin R. FORD a Timothy E. HEWETT. Rationale and Clinical Techniques for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Among Female Athletes. *Journal of athletic training* [online]. 2004, **39**(4), 352-364 [cit. 2022-07-06]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC535528/>

34. MOON, Jeheon, Hyeyoung KIM, Jusung LEE a Siddhartha Bikram PANDAY. Effect of wearing a knee brace or sleeve on the knee joint and anterior cruciate ligament force during drop jumps: A clinical intervention study. *The Knee* [online]. 2018, **25**(6), 1009-1015 [cit. 2022-07-06]. ISSN 09680160. Dostupné z: doi:10.1016/j.knee.2018.07.017
35. MYER, Gregory D., Kevin R. FORD, Scott G. MCLEAN a Timothy E. HEWETT. The Effects of Plyometric versus Dynamic Stabilization and Balance Training on Lower Extremity Biomechanics. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2006, **34**(3), 445-455 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546505281241
36. MYER, Gregory D., Dai SUGIMOTO, Staci THOMAS a Timothy E. HEWETT. The Influence of Age on the Effectiveness of Neuromuscular Training to Reduce Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2013, **41**(1), 203-215 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546512460637
37. NESSLER, Trent, Linda DENNEY a Justin SAMPLEY. ACL Injury Prevention: What Does Research Tell Us?. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine* [online]. 2017, **10**(3), 281-288 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1935-973X. Dostupné z: doi:10.1007/s12178-017-9416-5
38. NOYES, Frank R, Sue D. BARBER-WESTIN, Stephanie T. SMITH a Thomas CAMPBELL. A Training Program to Improve Neuromuscular Indices in Female High School Volleyball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2011, **25**(8), 2151-2160 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e3181f906ef
39. NYMAN, Edward a Charles W. ARMSTRONG. Real-time feedback during drop landing training improves subsequent frontal and sagittal plane knee kinematics. *Clinical Biomechanics* [online]. 2015, **30**(9), 988-994 [cit. 2022-07-06]. ISSN 02680033. Dostupné z: doi:10.1016/j.clinbiomech.2015.06.018
40. PAGE, Matthew J, Joanne E MCKENZIE, Patrick M BOSSUYT, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* [online]. [cit. 2022-07-07]. ISSN 1756-1833. Dostupné z: doi:10.1136/bmj.n71
41. PERIČ, Tomáš a Josef DOVALIL. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-2118-7.

42. PETR, Miroslav a Petr ŠŤASTNÝ. *Funkční silový trénink*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2012. ISBN 978-80-86317-93-9.
43. PFILE, Kate R., Joseph M. HART, Daniel C. HERMAN, Jay HERTEL, D. Casey KERRIGAN a Christopher D. INGERSOLL. Different Exercise Training Interventions and Drop-Landing Biomechanics in High School Female Athletes. *Journal of Athletic Training* [online]. 2013, **48**(4), 450-462 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-48.4.06
44. POLLARD, Christine D., Susan M. SIGWARD a Christopher M. POWERS. ACL Injury Prevention Training Results in Modification of Hip and Knee Mechanics During a Drop-Landing Task. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* [online]. 2017, **5**(9) [cit. 2022-07-06]. ISSN 2325-9671. Dostupné z: doi:10.1177/2325967117726267
45. READ, Paul J., Jon L. OLIVER, Ian J. DOBBS, Megan A. WONG, Nakul Tumkur Anil KUMAR a Rhodri S. LLOYD. The Effects of a Four-Week Neuromuscular Training Program on Landing Kinematics in Pre- and Post-Peak Height Velocity Male Athletes. *Journal of Science in Sport and Exercise* [online]. 2021, **3**(1), 37-46 [cit. 2022-07-06]. ISSN 2096-6709. Dostupné z: doi:10.1007/s42978-020-00097-8
46. SASAKI, Shizuka, Eiichi TSUDA, Yuji YAMAMOTO, Shugo MAEDA, Yuka KIMURA, Yuki FUJITA a Yasuyuki ISHIBASHI. Core-Muscle Training and Neuromuscular Control of the Lower Limb and Trunk. *Journal of Athletic Training* [online]. 2019, **54**(9), 959-969 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-113-17
47. SELCUK, Ayse Adin. A Guide for Systematic Reviews: PRISMA. *Turkish Archives of Otorhinolaryngology* [online]. 2019, **57**(1), 57-58 [cit. 2022-07-06]. ISSN 26677466. Dostupné z: doi:10.5152/tao.2019.4058
48. SHIMOKOCHI, Yohei a Sandra J. SHULTZ. Mechanisms of Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury. *Journal of Athletic Training* [online]. 2008, **43**(4), 396-408 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-43.4.396
49. SKOPOVÁ, Marie a Miroslav ZÍTKO. *Základní gymnastika*. 3., upr. vyd. Praha: Karolinum, 2013. ISBN 9788024621944.

50. STEARNS, Kristen M. a Christopher M. POWERS. Improvements in Hip Muscle Performance Result in Increased Use of the Hip Extensors and Abductors During a Landing Task. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2014, **42**(3), 602-609 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546513518410
51. TAIT, Daniel B., Phillip NEWMAN, Nick B. BALL a Wayne SPRATFORD. What did the ankle say to the knee? Estimating knee dynamics during landing — A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. 2021, **25**(2), 183-191 [cit. 2022-07-06]. ISSN 14402440. Dostupné z: doi:10.1016/j.jsams.2021.08.007
52. TEIXEIRA, Vitória A., Thiago M. QUEIROZ, Isadora V. LEÃO, Lucas D. G. INNECCO, Erica L. MARCELINO a Daniel F. M. LOBATO. FIFA 11+ Kids program effects on jump kinetics in soccer players – A randomized controlled clinical trial. *Research in Sports Medicine* [online]. 1-12 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1543-8627. Dostupné z: doi:10.1080/15438627.2021.2010204
53. TER STEGE, Marloes H. P., Joan M. DALLINGA, Anne BENJAMINSE a Koen A. P. M. LEMMINK. Effect of Interventions on Potential, Modifiable Risk Factors for Knee Injury in Team Ball Sports: A Systematic Review. *Sports Medicine* [online]. 2014, **44**(10), 1403-1426 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-014-0216-4
54. THOMPSON, Julie A., Andrew A. TRAN, Corey T. GATEWOOD, Rebecca SHULTZ, Amy SILDER, Scott L. DELP a Jason L. DRAGOO. Biomechanical Effects of an Injury Prevention Program in Preadolescent Female Soccer Athletes. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2017, **45**(2), 294-301 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546516669326
55. THOMPSON-KOLESAR, Julie A., Corey T. GATEWOOD, Andrew A. TRAN, Amy SILDER, Rebecca SHULTZ, Scott L. DELP a Jason L. DRAGOO. Age Influences Biomechanical Changes After Participation in an Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Program. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2018, **46**(3), 598-606 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546517744313

56. VALENDIN, Miroslav. *Mechanika I*. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2003. ISBN 80-7318-121-5.
57. VAN DER DOES, H., M. BRINK, A. BENJAMINSE, C. VISSCHER a K. LEMMINK. Jump Landing Characteristics Predict Lower Extremity Injuries in Indoor Team Sports. *International Journal of Sports Medicine* [online]. 2016, **37**(03), 251-256 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0172-4622. Dostupné z: doi:10.1055/s-0035-1559688
58. VOKURKA, Martin a Jan HUGO. *Velký lékařský slovník*. 9., aktualiz. vyd. Praha: Maxdorf, c2009. Jessenius. ISBN 978-80-7345-202-5.
59. ZARINS, Bertram a Mark ADAMS. Knee Injuries in Sports. *New England Journal of Medicine* [online]. 1988, **318**(15), 950-961 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJM198804143181504
60. ZATSIORSKY, Vladimír M. a William J. KRAEMER. *Silový trénink: praxe a věda*. Praha: Mladá fronta, 2014. Edice Českého olympijského výboru. ISBN 978-80-204-3261-2.

Seznam grafické dokumentace

<i>Obrázek č. 1 - Anatomie kolenního kloubu (Hoffman 2014)</i>	17
<i>Obrázek č. 2 - Dynamický valgus kolene (Hewett a kol. 2005)</i>	20
<i>Obrázek č. 3 - Schéma výběru studií</i>	29
<i>Tabulka č. 1 Četnost výšky seskoků</i>	30
<i>Tabulka č. 2 Četnost délky intervencí</i>	31
<i>Tabulka č. 3 Četnost frekvence tréninků</i>	32
<i>Tabulka č. 4 Četnost délky tréninků</i>	33
<i>Tabulka č. 5 Četnost silových cviků</i>	34
<i>Tabulka č. 6 Četnost plyometrických cviků</i>	36
<i>Tabulka č. 7 Četnost ostatních cviků</i>	37
<i>Graf č. 1 - Graf celkové četnosti cviků</i>	38
<i>Tabulka č. 8 Vybrané studie</i>	I
<i>Tabulka č. 9 Příklad intervenčního programu</i>	XII

Přílohy

Tabulka č. 8 Vybrané studie

Autor	Délka intervence	Frekvence tréninků	Délka tréninků	Obsah intervence	Probandi	Výška seskoku	Měření
Barber-Westin a kol. 2010	6 týdnů	3 x týdně	90-120 minut	<p>Plyometrická část: Skok s dotekem stěny, skok s přitažením kolen k hrudníku, skok ze dřepu, skok bokem přes překážku, skok popředu a pozadu přes překážku, skok s otočením o 180°, skok do dálky, výskok s doskokem na 1 nohu, skok do výpadu, skok do dálky na jedné noze, přeskoky překážky na žíněnce;</p> <p>Silová část: půldřepy s gumou, výpady, hamstringový most (různé varianty), ruce při běhu s gumou, ruské vytáčení, plank, bicycle kicks, flexe kyčelního kloubu s gumou, abdukce kyčelního kloubu s gumou, chůze do strany s gumou;</p>	n = 16 žen Věk: 14,6 (0,7) let	Ze 30 cm	Významné zlepšení u normalizované vzdálenosti kolen, ihned po intervenci ($p < 0,01$). Zlepšení přetrvávalo i 3 měsíce od intervence ($p < 0,01$) a 12 měsíců od intervence ($p < 0,001$).

Barendrecht a kol. 2011	10 týdnů	2 x týdně	20 minut	<p>Koordinační a balanční část: Chytání míče (při scházení ze schodu, na balanční podložce, ve stoji a na jedné noze, ve dřepu na balanční podložce), házení a chytání míče při stání na jedné noze, balanční zápas na žíněnce (i na jedné noze), seskok na žíněnkuchycení míče-skok s otočkou o 180°, balanční zápas na balanční podložce,</p> <p>Plyometrická část: Skok s dotekem stěny, přeskoky z jedné nohy na druhou, skoky do stran (později na jedné noze), skok do dálky, skok s doskokem na jednu nohu, skok s přitažením kolen k hrudníku, skok do výpadu, skok s otočkou o 180°, skok na jedné noze, skok ze dřepu, výskoky na bednu, skoky dopředu, dozadu a do stran (později na jedné noze)</p> <p>Silová cvičení: dřepy se zátěží, severské cvičení na hamstringy, výpady</p>	<p>$n_1 = 27$ Věk: 15,6 (1,5) let Vzdálenost kolen při seskoku <49,96% vzdálenosti boků;</p> <p>$n_2 = 22$ Věk: 14,9 (1,3) let Vzdálenost kolen při seskoku >49,96% vzdálenosti boků</p>	Ze 30 cm	U obou intervenčních skupin došlo ke zvětšení absolutní vzdálenosti kolen ($p < 0,001$) a normalizované vzdálenosti kolen ($p < 0,023$). První intervenční skupina ukázala největší zlepšení v obou hodnotách.
----------------------------	----------	-----------	-------------	--	--	----------	--

Colclough a kol. 2017	4 týdny	3 x týdně	15 minut	Skok s dotekem stěny, skok s přitažením kolen k hrudníku, skok do dálky, výskok na překážku, skok ze dřepu, skoky přes překážku dopředu a dozadu, skok s otočkou o 180°, výpady, skok do strany přes překážku, skok do výšky, skok do výpadu, skok s otočkou o 270°, skok s otočkou o 90°, výskok s doskokem na jednu nohu,	n = 14 žen Věk: 13,5 (2,14) let	Z 50 cm	Významné snížení projekčního úhlu v čelní rovině (p <0,001) (Cohen d = 1,17)
Czasche a kol. 2018	8 týdnů	3 x týdně	60 minut	Split dřep, good morning, mrtvý tah na jedné noze, výstupy na bednu, severské cvičení na hamstringy, most na jedné noze, dřep, mrtvý tah, good morning na jedné noze, výpady, bulharský split dřep, hip thrust na jedné noze	n = 8 žen Věk: 22,9 (2,4) let	Ze 30 cm	Pouze malé změny v kinematice a nárazové síle, které nebyli statisticky významné.

Heinert a kol. 2021	4 týdny	1 x týdně	20 minut	Seskoky se zpětnou vazbou	n = 22 žen Věk: 19 (1) let	Z 50 cm	Koeficient vzdálenosti kolen a kotníků se zvýšil o 17,2 %; (Cohen d = 2,5) a nárazová síla se snížila o 28,8 %; (Cohen d = 10,76)
Herrington 2010	4 týdny	3 x týdně	15 minut	Skok s dotekem stěny, skok s přitažením kolen k hrudníku, skok do dálky, výskok na překážku, skok ze dřepu, skoky přes překážku dopředu a dozadu, skok s otočkou o 180 °, výpady, skok do strany přes překážku, skok do výšky, skok do výpadu, skok s otočkou o 270 °, skok s otočkou o 90 °, skok s doskokem na jednu nohu,	n = 15 žen Věk: 19,1 (1) let	Ze 30 cm	Významné zmenšení valgusu kolene, na levé noze průměrně o 9,8° (p = 0,002) a na pravé noze průměrně o 12,3° (p = 0,0001)

Hughley a kol. 2021	8 týdnů	3 x týdně	90 minut	<p>Plyometrická část:skok s dotekem stěny, skok ze dřepu, skok přes překážku dopředu a dozadu, skok do strany přes překážku, přeskoky z jedné nohy na druhou, skok s otočkou o 180 °, skok do dálky, skok s doskokem na jednu nohu, skoky přes zvyšující se překážky, skoky stranou přes zvyšující se překážky, skok o 180° na BOSU,</p> <p>Silová část:vzpírání s jednoručkou ze stoje, dřep, bench press, předkopávání, tlaky na ramena, stahování kladky s širokým úchopem, ruské cvičení na hamstringy, back fly, cvičení na biceps, plantární a dorsální flexe kotníku,</p> <p>Balanční a koordinační část:seskok a chycení medicimbalu, skok o 180stup. a chycení medicimbalu, cvičení na BOSU</p> <p>Rychlostní část: sprinty, sprinty s odporem</p>	n = 15 žen Věk: 19,6 (1,12) let	Ze 31 cm	Došlo ke snížení valgusu kolenních kloubů (p = 0,018)
---------------------	---------	-----------	----------	---	------------------------------------	----------	--

Chappell a kol. 2008	6 týdnů	6 x týdně	10–15 minut	Sed-lehy, sed-lehy do kříže, plank, výpady, Balanční cvičení na jedné noze (házení při stání na jedné noze, single leg forward bend pass, osmičky s míčem při stání na jedné noze), přeskokování čáry, přísuny do strany, odpichy	n = 30 žen Věk: 19 (1,2) let	Ze 31 cm	Došlo ke zvětšení maximální flexe kolenních kloubů (p = 0,006). Maximální valgus a valgus moment se změnili pouze nevýznamně (p = 0,29) respektive (p = 0,28)
Kumahara a kol. 2021	1 rok	3 x týdně	5 minut	Plank, plank se zvednutou nohou, boční plank na koleni se zvednutou nohou, boční plank se zvednutou nohou, severské cvičení na hamstringy	n = 49 mužů Věk: 10,8 (1,1) let	Ze 35 cm	Koeficient vzdálenosti kolen a boků v okamžiku dopadu se zvýšil po 6 měsících (p <0,001), ale ve srovnání s výchozí hodnotou není změna na konci intervence statisticky významná (p <0,07).
McCurdy a kol. 2012	8 týdnů	2 x týdně	-	Dřep se zátěží, výpady, výstupy na bednu, rumunské mrtvé tahy, dřepy na jedné noze	n = 13 žen Věk: 21,04 (1,83) let	Z 60 cm	Významné změna pouze u maximální flexe kolenních kloubů, která se zvětšila (p <0,05) změny ostatních parametrů statisticky nevýznamné

Noyes a kol. 2011	6 týdnů	3 x týdně	90–120 minut	Skok s dotykem stěny, skok s přitažením kolen k hrudníku, skok ze dřepu, skok popředu a pozadu přes překážku, skok stranou přes překážku, skok s otočkou o 180°, skok do dálky, skok s doskokem na 1 nohu, skoky na jedné noze, skok do výpadu, přeskoky překážek na žíněnce, skok stranou přes překážku na žíněnce a kombinace skoků, sprinty, sprinty s odporem, agility běhy, agility žebříky	n = 34 žen Věk: 14,5 (1) let	Ze 30 cm	Významné zvětšení u hodnot absolutní vzdálenosti kolen (p=0,002) i u normalizované vzdálenosti kolen (p=0,04)
Nyman a kol. 2015	4 týdny	3 x týdně	-	Seskoky se zpětnou vazbou	n = 12 žen Věk: 15,7 ± 1,6	Ze 31 cm	Významné zvýšení hodnot u minimální vzdálenosti kolen (p <0,001) (Cohen d=1,60)

Pfile a kol. 2013	4 týdny	3 x týdně	-	<p>Přeskakování čáry na jedné noze dopředu a dozadu, skoky na jedné noze do stran přes čáru, vertikální výskoky z rozběhu, skok do dálky, skoky s přitažením kolen k hrudníku, skok ze dřepu, skok do výšky na jedné noze, skok do dálky na jedné noze, skok s otočkou o 180°</p>	<p>$n_1 = 9$ žen Věk: 14,8 (0,8) let (plyometrický program)</p>	Z 25 cm	<p>U plyometrické skupiny došlo ke snížení flexe kolenního kloubu, vnitřní rotace kolenního kloubu a abdukčního momentu kolene ($p \leq 0,05$), (Cohen $d > 0,80$)</p>
				<p>Abdominal draw in, boční plank na koleni, abdukce kyčelního kloubu v poloze v leže na boku, vnější rotace kyčelního kloubu v poloze v leže na boku, sed-lehy, extenze zad vleže, výpady, hamstringový most, extenze/vnější rotace/abdukce kyčelního kloubu v poloze na 4, sed-lehy do kříže, dřepy s vlastní vahou, výpady s házením míče</p>	<p>$n_2 = 8$ žen Věk: 14,8 (0,8) (program na posílení středu těla)</p>		<p>U silové skupiny došlo ke snížení flexe kolenního kloubu, vnitřní rotace kolenního kloubu, flexe kyčelního kloubu, abdukčního momentu kyčelního kloubu a momentu vnitřní rotace kyčelního kloubu ($p \leq 0,05$), (Cohen $d > 0,80$)</p>
Pollard a kol. 2017	12 týdnů	2 x týdně	20 minut	<p>Výpady, ruské cvičení na hamstringy, zvedání špiček na jedné noze, skoky bokem přes překážku, přeskoky přes překážku dopředu a dozadu, přeskoky přes překážku na jedné noze, skok do výšky, skok do výpadu, agility běhy</p>	<p>$n = 30$ žen Věk: 13,5 let</p>	Ze 36 cm	<p>Došlo ke zmenšení momentu extenzorů kolene ($p = 0,03$) a ke zvětšení energie absorbované kyčlemi ($p = 0,04$)</p>

Read a kol. 2021	4 týdny	2 x týdně	20 minut	Skoky na jedné noze, kliky, dřepy s vlastní vahou, boční plank, skok do výpadů, přenášení zátěže s jednoručkou, dřep s gumou, dotýkání se ramen ve kliku, výskoky na bednu, přitahování gumy k obličejí, plank, skok do dálky, dřepy se zátěží, obrácený australský tah, dead bugs;	n = 14 mužů Věk: 11,2 (0,73) let	Ze 30 cm	Došlo ke snížení LESS skóre (p <0,05)
				Dřepy se zátěží, veslování ve stoje s gumou, skok přes překážku, dotýkání se ramen ve kliku, přitahy, tlaky na ramena, skok do výpadu, boční plank, bench press, výpady s jedoručkami, veslování s jednoručkou, paloff press, hip thrust, obrácený australský tah s TRX, bear crawl hold se zátěží	n = 11 mužů Věk: 15,43 (0,89) let		Byl pozorován trend ve snížení LESS skóre (p = 0,057)
Sasaki a kol. 2019	8 týdnů	4 x týdně	-	Plank, boční plank, severské cvičení na hamstringy	n = 9 žen Věk: 19,7 (0,9) let	Ze 31 cm	Změna v maximálním úhlu valgusu nebyla významná (p =0,11), ale došlo ke snížení momentu valgusu (p=0,008)

Stearns a Powers 2014	4 týdny	3 x týdně	30 minut	Skok do výšky, přeskoky z jedné nohy na druhou, skok ze dřepu, rovnováha na BOSU na jednom kolenu, házení míče při stoji na jedné noze na BOSU,	n = 18 žen Věk: 23,7 (1,2) let	Ze 36 cm	Došlo ke zvětšení maximální flexe kolenních kloubů při seskoku ($p < 0,001$), flexe kyčelních kloubů ($p = 0,001$). Dále nedošlo k významné změně maximální abdukce kolenního kloubu ($p = 0,07$), ale došlo ke zmenšení průměrného abdukčního momentu kolenního kloubu ($p < 0,001$)
Teixeira a kol. 2021	8 týdnů	3 x týdně	-	Skok s doskokem na jednu nohu, házení míče při stoji na jedné noze, plank s dolními končetinami na míči, skoky dopředu a dozadu, přihrávky, skoky do stran, balanční cvičení, plazení a plazení se s míčem	n = 12 mužů Věk: 10 (0,6) let	Ze 31 cm	U intervenční skupiny došlo k výraznému zvětšení maximální dopadové síly u seskoku ($p = 0,01$)

Thompson a kol. 2017	7–8 týdnů	2 x týdně	25 minut	Plank, boční plank, severské cvičení na hamstringy, stání na jedné noze s míčem v ruce, házení míče při stoji na jedné noze, dřepy s vlastní vahou, výpady, skok do výšky, přeskoky z jedné nohy na druhou, rovinky, odpichy, agility běhy	n = 28 žen Věk: 11,8 (0,8) let	Ze 30 cm	U intervenční skupiny došlo ke snížení maximálního valgózního momentu ve srovnání s kontrolní skupinou (p = 0,034)
Thompson-Kolesar a kol. 2017	7-8 týdnů	2 x týdně	25 minut	Plank, boční plank, severské cvičení na hamstringy, stání na jedné noze s míčem v ruce, házení míče při stoji na jedné noze, dřepy s vlastní vahou, výpady, skok do výšky, přeskoky z jedné nohy na druhou, sprinty, odpichy, agility běhy	n = 28 žen Věk: 11,8 (0,8) let	Ze 30 cm	Mladší skupina v porovnání se starší snížila valgus kolene při prvním kontaktu (p=0,036) a také maximální valgózní moment (p=0,033) Rozdíly ve valgusu kolene mezi intervenčními a kontrolními skupinami nebyly významné.
					n = 22 žen Věk: 15,9 (0,9) let		

Tabulka č. 9 Příklad intervenčního programu

Doba trvání programu	Frekvence tréninků	Délka tréninku	Obsah intervence	Účel programu
4 týdnů	3 x týdně	20 minut	<p>Plyometrické cviky: Skok s dotekem stěny, skok do dálky, skok ze dřepu, skok s doskokem na jednu nohu a skok s otočkou o 180°, skok s přitažením kolen kolen k hrudníku</p> <p>Silové cviky: dřepy, výpady, severské cvičení na hamstringy, plank, boční plan</p>	Snížení úhlu valgusu kolenního kloubu