

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

Hodnocení kineziologických a dynamických funkcí ramenních
kloubů u elitních volejbalistek a následná doporučení
kompenzačních cvičení

Diplomová práce
(magisterská)

Autor: Bc. Kristýna Graslová, fyzioterapie
Vedoucí práce: Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.
Olomouc 2022

Jméno a příjmení: Bc. Kristýna Graslová

Název diplomové práce: Hodnocení kineziologických a dynamických funkcí ramenních kloubů u elitních volejbalistek a následná doporučení kompenzačních cvičení

Pracoviště: Katedra fyzioterapie, Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého v Olomouci

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.

Rok obhajoby diplomové práce: 2022

Abstrakt: Cílem této práce bylo zhodnotit asymetrii rozsahu pohybu a izometrické svalové síly vnitřních a zevních rotátorů ramenního kloubu dominantní a nedominantní horní končetiny. Výzkumnou skupinu tvořilo 15 elitních volejbalistek. Průměrný věk hráček byl $21,5 \pm 4,5$ let. Volejbalu se věnují v průměru 12 let. Kontrolní skupinu tvořilo 15 studentek FTK UPOL v průměrném věku $24,2 \pm 0,7$ let, věnující se rekreačně běžným sportovním aktivitám. Rozsah pohybu do rotací v ramenním kloubu byl hodnocen goniometrií a pomocí ručního dynamometru Lafayette manual muscle test system byla zaznamenávána izometrická svalová síla zevních a vnitřních rotátorů ramenního kloubu. Dílčím cílem bylo stanovit intra-rater a inter-rater reliabilitu ručního dynamometru. Z výsledků studie vyplývá, že statisticky významné rozdíly byly naměřeny u maximální izometrické síly s vyšší hodnotou vnitřní rotace u volejbalistek. Čas, kdy byla dosažena maximální izometrická síla rotátorů, byl kratší u volejbalistek a statisticky významná byla průměrná síla u volejbalistek oproti kontrolní skupině ve všech parametrech. Výsledky intra-rater reliability nabývaly hodnoty korelačního koeficientu (ICC) od 0,72 do 0,81; SEM = 3,93N–5,41N pro 1. fyzioterapeuta a ICC od 0,77 do 0,81; SEM = 3,26N–5,71 N pro 2. fyzioterapeuta. Inter-rater reliabilita vykazuje těsnost vztahu mezi jednotlivými proměnnými při posouzení dvou hodnotitelů průměrnou až velmi silnou korelací $\rho = 0,6; 0,8$.

Klíčová slova: izometrie, ramenní kloub, reliabilita, rozsah pohybu, ruční dynamometr, volejbal

Name and surname: Bc. Kristýna Graslová

Diploma thesis title: Assessment of functional kinesiology and dynamics of shoulder joints in elite female volleyball players and follow-up recommendations for compensation exercises

Department: Department of Physiotherapy, Faculty of Physical Culture, Palacký University Olomouc

Diploma thesis supervisor: Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.

Diploma thesis presentation year: 2022

Abstract: The objective of this thesis was to assess the asymmetry of the range of motion and isometric muscle strength of the internal and external rotators of the shoulder joint of the dominant and non-dominant upper limb. The experimental group consisted of 15 elite female volleyball players. The average age of the players was 21.5 ± 4.5 years. They have been playing volleyball on average since the age of 12. The control group consisted of 15 female students of the Faculty of Physical Culture of Palacký University Olomouc with an average age of 24.2 ± 0.7 years engaged in recreational sports activities. The range of motion in the rotation of the shoulder joint was measured by goniometry and a Lafayette Hand-Held Dynamometer was used to read the isometric muscle strength of the external and internal rotators of the shoulder joint. The partial objective was to establish the intra-rater and inter-rater reliability of the hand-held dynamometer. The results of the study show that statistically significant differences were measured in the maximal isometric strength with a higher value of internal rotation in the female volleyball players. The time when maximal isometric strength of the rotators was reached was shorter in the female volleyball players and the mean strength in the female volleyball players was statistically significant as compared to the control group in all parameters. The results of the intra-rater reliability indicated an intraclass correlation coefficient (ICC) value ranging from 0.72 to 0.81; SEM = 3.93N–5.41N for the first physiotherapist and an ICC ranging from 0.77 to 0.81; SEM = 3.26N–5.71 N for the second physiotherapist. The inter-rater reliability shows the closeness of the relationship between individual variables when assessing two evaluators by a mean to very strong correlation $\rho = 0.6–0.8$.

Keywords: isometry, shoulder joint, reliability, range of motion, hand-held dynamometer, volleyball

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Jarmily Štěpánové, Ph.D. a uvedla všechny použité literární, odborné zdroje a řídila se zásadami vědecké etiky.

V Olomouci dne 21. 04. 2022

.....

podpis

Děkuji Mgr. Jarmile Štěpánové, Ph.D. za cenné rady, pomoc při měření a vedení mé diplomové práce. Dále děkuji volejbalovým týmům za jejich věnovaný čas a ochotu spolupracovat.

OBSAH

1 ÚVOD	9
2 PŘEHLED POZNATKŮ	10
2.1 RAMENNÍ KLOUB.....	10
2.1.1 Funkční anatomie	10
2.1.2 Kineziologie glenohumerálního kloubu	11
2.1.3 Stabilizátory glenohumerálního kloubu	12
2.1.4 Poměr zevních a vnitřních rotátorů	13
2.2 VOLEJBAL.....	15
2.2.1 Základní charakteristika	15
2.2.2 Volejbalové údery	15
2.2.3 Analýza útočných úderů.....	17
2.2.3.1 Aktivita svalů v jednotlivých fázích.....	19
2.2.3.2 Svalové souhry a řetězce	20
2.3 ZRANĚNÍ VE VOLEJBALE	22
2.3.1 Incidence zranění.....	22
2.3.2 Zranění ramenního kloubu	24
2.3.3 Rizikové faktory	25
2.4 PREVENCE A KOMPENZACE	27
2.4.1 Cvičení v kinetických řetězcích	28
2.4.2 Excentrické posilování a stabilizační cvičení.....	29
2.4.3 Plyometrie	30
3 CÍLE A VĚDECKÉ OTÁZKY	32
3.1 HLAVNÍ CÍL	32
3.2 DÍLČÍ CÍLE	32
3.3 VĚDECKÉ OTÁZKY	32
4 METODIKA.....	33

4.1 CHARAKTERISTIKA SOUBORU	33
4.2 SBĚR DAT.....	34
4.2.1 Goniometrie.....	34
4.2.2 Dynamometrie	36
4.3 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT.....	38
5 VÝSLEDKY	39
5.1 Výzkumná otázka VO1	39
5.2 Výzkumná otázka VO2	42
5.3 Výzkumná otázka VO3	45
5.4 Výzkumná otázka VO4	46
5.5 Výzkumná otázka VO5	48
6 DISKUZE	51
6.1 Limity výzkumu	56
7 ZÁVĚR.....	57
8 SOUHRN.....	58
10 REFERENČNÍ SEZNAM.....	61
11 PŘÍLOHY	69

SEZNAM ZKRATEK

ABD - abdukce

ADD – addukce

AC – akromioklavikulární

AVGF – average force

ER – zevní rotace

EXT - extenze

FL – flexe

GH - glenohumerální

HHD – hand held dynamometr

HK – horní končetina

IK – izometrická kontrakce

IR – vnitřní rotace

PF – peak force

RAK – ramenní kloub

RM – rotátorová manžeta

ROM – rozsah pohybu

SC – sternoklavikulární

TP – time peak

1 ÚVOD

Volejbal je dynamický míčový sport, který klade velké nároky na muskuloskeletální systém sportovce. Každý sport zahrnuje specificky přetížené oblasti a ve volejbalu jsou zatěžovány právě horní končetiny. Při zpracování míče, úderech, smečích, podáních a přihrávkách je potřeba dynamická stabilizace horních končetin a zároveň posturální zajištění celého těla. Úkony ve volejbale jsou prováděny buď obouruč nebo pouze dominantní horní končetinou např. podání. Jednostranná práce s míčem je vysoce technicky náročná a vyžaduje specifickou dovednost. Smečování elitního sportovce zahrnuje enormní rozsah pohybu v ramenním kloubu a svalovou sílu paže za současné stabilizace ostatních segmentů těla, jelikož je úder prováděn ve výskoku bez jakékoliv opory.

Opakovaná nadměrná zátěž při extrémních sportovních výkonech vede ke zranění z chronického přetěžování. Dochází k mikrotraumatům charakterizovaným jako nenápadná drobná poranění, které minimálně ovlivní výkonnost a mají relativně malé subjektivní příznaky. Postižený je často nepozoruje a postupně je stav doprovázen bolestí, na kterou sportovci či trenéři neberou zřetel a pokračuje se v plné sportovní zátěži.

Pro předcházení potíží s ramenními klouby u volejbalových hráčů je potřeba znát kineziologické a dynamické aspekty a díky těmto znalostem zvolit vhodný kompenzační program. Předmětem zkoumání u volejbalistů je nejčastěji právě ramenní kloub, kde je často popisována asymetrie v rozsahu pohybu a rozdílná svalová síla mezi končetinami. Tyto údaje je vhodné potvrdit a zhodnotit dopad na ramenní kloub.

Ruční dynamometr Lafayette manual test system nabízí jednoduchý, dostupný a objektivní způsob vyšetření v praxi. Pomocí této vyšetřovací metody lze hodnotit svalovou sílu vnitřních a zevních rotátorů ramenního kloubu v rámci bilaterální a ipsilaterální stranové dysbalance. Reliabilita měření ověří, zda je ruční dynamometr využitelný v praxi.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

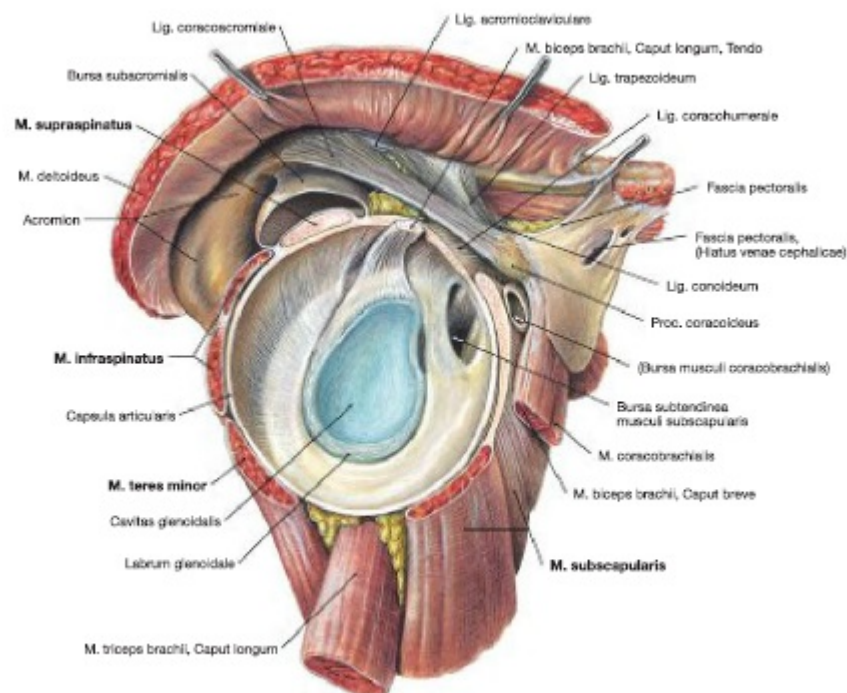
2.1 RAMENNÍ KLOUB

2.1.1 Funkční anatomie

Ramenní kloub neboli glenohumerální kloub je neoddělitelnou součástí komplexu ramenního pletence horní končetiny, který sestává z několika kostí: lopatky, pažní kosti, klíční kosti a vpředu pletenec uzavírá hrudní kost. Tyto kostěné části pletence jsou spojeny v klouby glenohumerální (GH), akromioklavikulární (AC) a sternoklavikulární (SC). Nelze opomenout specifický nepravý skapulothorakální kloub a pohyblivé subakromiální spojení, díky nimž se zvyšuje pohyblivost celé horní končetiny. Nejedná se o klouby v pravém slova smyslu, ale spíše o funkční spojení, které je realizováno pomocí vmezeřeného vaziva (Kolář, c2009).

AC skloubení je spojení akromionu a distální části klíční kosti. Pohyby v tomto skloubení jsou značně omezeny pevnými vazy, takže dochází jen k minimálním posunům. Lopatka a klíční kost se tedy pohybují jako funkční celek. SC kloub spojuje proximální část klíční kosti s hrudní kostí. Jedná o kulový kloub, kde jsou možné pohyby do všech směrů. Reálně v kloubu dochází jen k posunům malého rozsahu. Ve skloubení se nachází disk, který pohlcuje drobné nárazy přenášené z klíční kosti na kost hrudní. V kostěném řetězci segmentů pažního pletence plní SC kloub funkci stabilizátoru (Čihák, 2011; Dylevský 2009).

GH kloub je kulovitý volný kloub s rozdílnou velikostí styčných kloubních ploch. Poměr jamky a hlavice je 1:3 či 1:4. Hlavice je tvořena caput humeri a cavitas glenoidalis tvoří jamku. Povrchy nejsou kongruentní a spoj je volný. Plná kongruence a poloha těsného kontaktu se získá, když je humerus v plné elevaci. Plochu zvětšuje chrupavčitý lem labrum glenoidale kolem obvodu jamky, kde začíná kloubní pouzdro upínající se na collum anatomicum humeri. Důležitou součástí ramenního kloubu jsou zesilující vazy lig. coracohumerale a ligg. glenohumeralia a šlachy svalů, které korelují s pletencem ramenním tzv. svaly rotátorové manžety (RM) (Obrázek 1), což jsou m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. teres minor a m. subscapularis. Šlachy uvedených svalů srůstají s kloubním pouzdem, tudíž při pohybech brání jeho uskřínutí mezi kloubními plochami. Intraartikulárně se řadí k rotátorové manžetě šlacha dlouhé hlavy m. biceps brachii. V oblasti ramenního kloubu se v místech tlaku a tření vyskytují burzy např. bursa subacromialis, subdeltoidea, subcoracoidea (Čihák, 2011; Wilk et al., 2009).



Obrázek 1. Svaly rotátorové manžety (Paulsen & Waschke, 2018)

Ramenní kloub s poměrně mělkou kloubní jamkou je nejpohyblivějším kloubem lidského těla. Volná horní končetina spojená pletencem ramenním s trupem, čelí situaci, ve které je třeba zajistit maximální stabilitu a zároveň udržet co největší mobilitu. Primární mobilita je zajištěna pomocí připojení pletence s klíční kostí a skloubením s hrudní kostí. Sekundární mobilita je dána vlastnostmi GH kloubu jako volného kloubu. Pohyby ramenního pletence nelze rozdělit na děje v jednotlivých skloubeních, jelikož je za normálních okolností pohyb všech kloubů synchronizovaný, nikoliv izolovaný (Gross, 2005; Dylevský, 2009).

2.1.2 Kineziologie glenohumerálního kloubu

Kulový kloub má největší rozsahy pohybu ze všech kloubů těla. Možné jsou pohyby v rovině sagitální do ventrální a dorzální flexe (FL), v rovině frontální do abdukce (ABD), addukce (ADD), v rovině transversální do horizontální ABD a horizontální ADD a v rovině rotací do zevní rotace (ER) a vnitřní rotace (IR). Všechny další pohyby vznikají kombinací uvedených základních pohybů. Když je prováděna abdukce a ventrální flexe výhradně v GH kloubu, je rozsah pohybu omezen kvůli akromionu, který tvoří takzvanou střechu ramene. V případě kombinovaných pohybů ramene, klavikuly a rotací lopatky se rozsah pohybu

(ROM) výrazně zvětší, tudíž je možný pohyb přes horizontální rovinu až do elevace horní končetiny. Maximální rozsah pohybu je tedy možný při současných pohybech ve všech kloubech ramenního pletence. Důležitou roli pro provedení pohybu horní končetinou hraje postavení trupu a pánevního pletence (Kolář, c2009; Paulsen & Waschke, 2018).

ABD a ventrální FL nad 90° lze popsat jako elevaci paže, tedy rozsah do 180°. Jedná se o složitý pohyb, na kterém se podílí všechny klouby ramenního pletence. ADD je možná v GH kloubu v rozsahu od 20° do 40°. Tento pohyb je vždy spojen se současnou FL nebo extenzí (EXT) paže, kdy se horní končetina (HK) pohybuje před nebo za osový orgán. Horizontální ADD neboli FL v horizontále je v rozsahu do 160° a horizontální ABD/ EXT se provádí v rozsahu 45° (Dylevský, 2009).

Nejdůležitější pohyby, které zahrnuje praktická část jsou rotace GH kloubu. Rotační pohyby lze provádět ve všech třech rovinách, záleží tedy na nastavení HK a jsou nedílnou součástí některých pohybů. Kolář (c2009) uvádí, že ABD nad 90° je automaticky spojena se ER paže, čímž tuberculum majus nezpůsobuje útlak v oblasti coracoakromiálního prostoru. Vnitřní rotace je způsobena pomocí m.supscapularis, což je nejsilnější vnitřní rotátor, dále m. latissimus dorsi, m. teres major, m. deltoideus přední část a m. pectoralis major. Zároveň dochází k pohybu lopatky, při IR se aktivují m. serratus anterior a m. pectoralis minor. ER zajišťují m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. teres minor a zadní část m. deltoideus. Při pohybu lopatky se aktivují mm. rhomboidei a m. trapezius. Síla zevních rotátorů je asi poloviční oproti vnitřním. Rozsah pohybu do rotace je závislý na ABD paže. Rozsah při připažení s flektovaným loktem je do obou směrů 60° a při ABD 90° v GH kloubu je rozsah ER 90° a IR 70° (Véle, 2006; Kapandji, 2007; Dylevský, 2009; Kolář, c2009).

2.1.3 Stabilizátory glenohumerálního kloubu

Značný rozsah pohybu a kloubní vůle jsou u GH kloubu kontrolovány chrupavčítým labrem, šlachami periartikulárního svalstva a vazivovým aparátem. Méně se na stabilitě podílí kloubní pouzdro, které je dost laxní. Stabilita ramenního kloubu je zajištěna především svaly. Chrupavčitý lem ani vazivový aparát nezajišťují stabilitu kloubu na tolik, aby úplný výpadek svalové funkce nebyl v některých případech doprovázen luxací hlavice humeru (Véle, 2006; Dylevský, 2009).

V ramenním kloubu jsou stabilizující struktury statické, což jsou glenohumerální ligamenta, labrum a kloubní pouzdro, které se dají označit jako pasivní stabilizátory ramene. Naopak struktury dynamické zahrnují svalovou složku, a to RM, šlachy m.

biceps brachii caput longum a m. deltoideus. K dobré stabilitě, centraci a optimální funkci ramenního kloubu je potřeba správné zapojení všech svalů, které se pohybů účastní. Přetížení nebo nesprávná funkce svalů rotátorové manžety může vést k bolestem a následnému omezení rozsahu pohybu v ramenní kloubu (RAK) do všech pohybů s rotační složkou. Svaly RM stabilizují zejména hlavici humeru, čímž vytvářejí v místě styku s jamkou stabilní otočný bod, kolem kterého mohou povrchové svaly ramenního kloubu m. deltoideus a m. pectoralis major efektivně uplatňovat svoji sílu a funkci (Gross 2005; Věle 2006).

Pro pohyb celé HK a zejména pohybu v GH kloubu je důležité nastavení lopatky, které zajišťuje sklon artikulační plochy jamky. Rameno je nejstabilnější při ABD až mírné elevaci. U volně visící končetiny směřuje většina sil pod kloubní jamku, tudíž je končetina nestabilní. Elevace paže je pokračování FL a ABD nad horizontálu. Jedná se o kombinovaný pohyb, na kterém se podílí zejména lopatka rotující po hrudní stěně, takže dochází k postupné horizontalizaci kloubní jamky. Pohyb je fázovaný a složený, kdy se na 180° elevaci podílí GH kloub do 120° a zbytek je realizován v tzv. thorakoscapulárním spoji. Z toho vyplývá, že se na pohybu paže podílí i topograficky vzdálené svaly jako jsou např. spinoscapulární m. rhomboidei a thorakoscapulární m. serratus anterior (Dylevský, 2009).

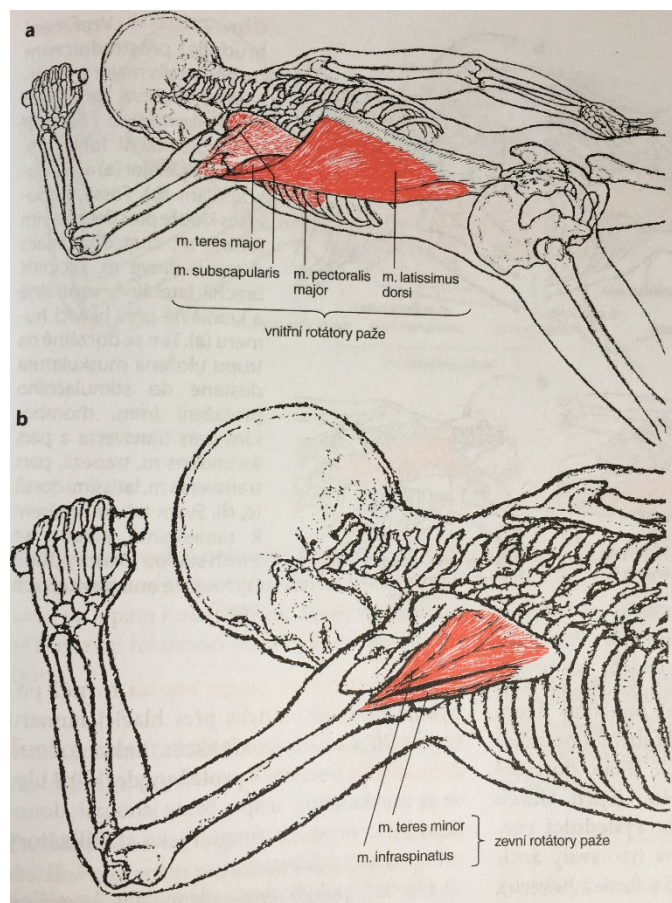
Dynamické pohyby HK vyžadují koordinaci svalů rotátorové manžety. Během fyziologického pohybu GH kloubu dochází ke kombinaci tří pohybů: rolování, klouzání a rotaci. Tyto pohyby se dějí současně a přispívají k translaci hlavice humeru. Vyšší translace humeru vede k subakromiálnímu impingementu a přispívá k natržení svalů RM. Z tohoto důvodu svaly RM omezují translaci během pohybu ramene. Při zatížení provádí m. infraspinatus a m. subscapularis kompresi hlavice humeru. Abdukce je pak dosažena rotací, která se projevuje významně méně než translační pohyb. To naznačuje, že svaly RM primárně mění směr nikoliv translaci hlavice humeru. V dynamické zátěži se síly m. infraspinatus a m. subscapularis rozcházejí, když se ABD blíží 90°, jelikož dochází k zevní rotaci humeru díky m. infraspinatus (Williamson et al., 2020).

2.1.4 Poměr zevních a vnitřních rotátorů

Svalová síla a svalová masa vnitřních rotátorů ramenního kloubu je proti zevním rotátorům mnohonásobně větší (Obrázek 2). Poměr síly vnější a vnitřní rotace se typicky pohybuje mezi 66–75 %, přičemž vnější rotátory mají alespoň 2/3 síly vnitřních rotátorů, aby byla zajištěna svalová rovnováha. Asymptomatické rameno sportovce by

mělo mít IR o 3% až 9% silnější v dominantní paži než v nedominantní, zatímco síla ER může být slabší v rozmezí od 0% do 14% ve srovnání s nedominantní stranou. Bilaterální silový poměr by měl být v rozmezí 10 - 15 %, pokud je rozdíl síly mezi dominantní a nedominantní paží větší jedná se o svalové dysbalance (Hadzic et al., 2014; Saccol et al., 2016; Dos Santos & Rodacki, 2017).

Ze všech svalů ramene je hodnocení ER a IR nejinformativnější, protože tyto svalové skupiny jsou zodpovědné za dynamickou stabilizaci GH kloubu. Dále se používá poměr síly ER/IR k indikaci optimální dynamické stability ramen u overhead sportovců. Zdá se, že nižší poměr ER/IR a snížená síla svalů ER (m. supraspinatus, m. infraspinatus a m. teres minor) v dominantní paži naznačují, že samotná akce volejbalového servisu může vyvolat nepřiměřenou koncentrickou sílu vnitřních rotátorů v dominantním rameni, které neodpovídá excentrická síla zevních rotátorů. Ideální poměr ER/IR u sportů prováděných nadhoz či servis nad hlavou je 2:3 (Kim et al., 2020).



Obrázek 2. Nepoměr vnitřních (a) a zevních (b) rotátorů (Vojta & Peters, 2010)

2.2 VOLEJBAL

2.2.1 Základní charakteristika

Volejbal se vyvinul ve vysoce výkonnostní sport a je jedním z nejpůvodnějších týmových sportů. Jedná se o hru, kdy šest hráčů na jedné straně sítě se pohybují na malém hřišti pouze 81 metrů čtverečních ve snaze zabránit protivníkům v útocích míčem do jejich hřiště, což vyžaduje dobré fyzické a duševní schopnosti. Hráči musí koordinovat své pohyby, předvídat, reagovat a pohybovat se co nejrychleji, když je míč ve hře. Tento sport je ještě složitější, jelikož je míč vždy ve vzduchu. Díky tomu je tento sport velmi unikátní v tom, že prakticky není čas na zastavení a přemýšlení, než se hráč dotkne míče, ani nemůže držet míč nebo se pohybovat v držení míče (Reynaud, 2011).

Během hraní hráči provádějí několik dovedností. Specifické herní činnosti pro volejbal jsou podání, přihrávky, blokování a útočné údery doprovázené velmi rychlými a dynamickými pohyby a skoky. Hráči vrcholového volejbalu se specializují na určité postavení na hřišti dle dovedností a vykonávaných úkolů při hře. Standardně tvoří tým šest hráčů na hrací ploše a náhradníci. Obvyklé složení je jeden nahrávač, jeden univerzál, dva smečáři, dva blokaři a libero. Činnost libera je čistě obranná, hraje pouze v zadní řadě, kde střídá spoluhráče a specializuje se na příjem míče od protihráče. Nahrávač nahrává spoluhráči na útočný úder. Univerzální neboli diagonální hráč se účastní blokování, útoku a obrany a úkolem smečářů a blokařů je především ofenzíva (Císař, c2005).

2.2.2 Volejbalové údery

Výměna míče mezi soupeři neboli volejbalové údery se vyznačují tím, že začínají příjmem míče a končí útočnou akcí. Existuje několik základních typů odbití balónu např. odbití obouruč vrchem, odbití obouruč spodem, odbití jednoruč spodem, odbití jednoruč vrchem (Haník & Lehnert, 2004). Některé charakteristiky vybraných úderů popsány zde:

Podání

Spolu s příjmem míče se řadí podání ve vrcholovém volejbale k nejdůležitějším herním činnostem hráče. Při podání je důležité nadhození míče, které musí být prováděno minimálně do výšky, která odpovídá dosahu úderové paže při podání z místa či výše při podáních s výskokem. Přestože existuje mnoho různých typů servisu, běžné

hlavní zásady by měly být aplikovány na každé podání. Cílem podání je minimálně dát míč do hry a maximálně uhrát bod (Reynaud, 2011; Buchtel, 2017).

Smečované podání

Toto podání je prudké díky dynamické letové fázi při skoku. Míč je nejčastěji nadhazován jednou rukou úderové paže, ale lze využít i nadhození opačnou paží či obouruč. Po nadhozu směřuje paže k zemi a pohyb je doprovázen předklonem se současným tří až čtyř krokovým rozběhem. Následuje pohyb paže vzhůru do náprahu s rotací trupu a extenzí těla při výskoku. Úder je proveden dlaní ruky a míč dostává vrchní rotaci (Reynaud, 2011; Buchtel, 2017).

Plachtící podání

Další nejčastější podání v současném volejbalu je naskočené plachtící podání. Jedná se o nižší výskok z krátkého rozběhu. Míč je nadhazován nízko a oběma rukama. Úder je na vrcholu dráhy nadhozu, po němž míč letí bez rotace tzv. plachtí. Variantou plachtícího podání je provedení z místa, kdy hráč provede skok z jednoho kroku (Buchtel, 2017).

Nahrávka

Jedná se o odbití míče při příjmu podání, případně v průběhu rozehry a má mnoho variant. Odbití obouruč vrchem je provedeno s nataženýma rukama před tělem nad úroveň hlavy. Ruce tvoří tzv. volejbalový košíček s roztaženými a zpevněnými prsty. Při nahrávce za sebe je důležitá dorzální flexe zápěstí a odehrání míče nad hlavou. Dalšími možnostmi jsou nahrávky jednoruč nebo obouruč spodem tzv. bagr. Nahrávky vrchem lze provádět v pohybu při výskoku. Příhrávka je jednou z nejdůležitějších dovedností ve volejbale a je klíčem, zda je tým úspěšný. Být schopen přijmout podání a přesně ho předat ať už pomocí předloktí nebo příhrávky nad hlavu určuje následný útočný úder, který tým bude moci použít k získání bodu (Reynaud, 2011).

Útočný úder

Mezi útočné údery patří smeč, při které je míč zasažen zepředu seshora a směřuje velkou rychlostí k zemi. Dalším typem je drajv, při kterém je míč zasažen zezadu a má menší rychlost a typ lob, kdy je míč zasažen zespodu. Útočný úder smeč se ve vrcholovém volejbalu provádí po odrazu z jedné nohy tzv. jednoožka, což umožňuje s rozběhem vyšší výskok než při odraze ze dvou nohou (Císař, c2005; Buchtel, 2017).

Blok

Herní činnost, která plní současně útočnou i obrannou funkci je blok. Při bloku se dostane do styku s míčem prstová a dlaňová část ruky a předloktí, které musí být s dostatečným přesahem přes síť, což umožňuje vysoký výskok a maximální extenze lokte s elevací paže a ramene. Blok lze provádět jako jedno ruč, tedy jednou paží či v častějším provedení dvěma pažemi (Císař, c2005; Reynaud, 2011).

Vybrání míče

Vybírání míče je důležitý zásah v herním poli. Lze provádět obouřuč nebo jednou rukou před tělem či vedle těla. Odbití spodem se snížením těla a míč je v kontaktu se zápěstím. Důležité je tlumení míče, které zmírní rychlost a umožní cílené nahrání. Další možností je vybrání míče odbitím nad hlavou malíkovými hranami rukou (Buchtel, 2017).

2.2.3 Analýza útočných úderů

Z fyziologického hlediska je volejbal popsán především jako anaerobní sport. Vzhledem k pravidlům hry a struktuře zápasů, volejbalista musí být schopný rychle reagovat, neustále generovat energii a v čase bez míče být vždy připraven na akci. V důsledku toho musí být aerobní i anaerobní činnost vyvážená, aby umožnila volejbalovému sportovci maximální výkon (Reeser & Bahr, 2017).

Optimální sportovní výkon pro minimalizaci rizika zranění umožňuje analýza specifických dovedností, které volejbaloví sportovci vykonávají. Z biomechanického hlediska probíhají pohyby horních končetin při volejbalových úkonech v otevřeném kinematickém řetězci, kde chybí jakákoliv opora pro tělo, jelikož se většina volejbalových úderů provádí ve skoku. Koordinovaná svalová aktivita zvyšuje hybnost a elastické vlastnosti ruky. Při technice úderu nad hlavou se hybnost ruky přenáší na míč. Volejbalová dráha míče je značně ovlivněna rychlostí a rotací paže. V závislosti na technice se trajektorie míče mírně odlišuje. Během setu je trajektorie přibližně parabolická, protože míč má nízkou rychlost a žádnou rotaci, oproti útočným úderům (Tilp, 2017).

V přípravě na podání či smeč je celý ramenní pletenec a zejména GH kloub elevován, zevně rotován a horizontálně abdukován. Toto postavení je doprovázeno zadním sklonem lopatky tzv. posterior tilt, s rotací dolního úhlu lopatky nahoru a zevně

a extenzí trupu s rotací a úklonem k napřáhané paži. Po dosažení maximálního rozsahu pohybu trupu a paže je směr obrácen a zrychlen, aby zasáhl míč. Reeser, Fleisig, et al. (2010) uvádí, že natažení paže a zrychlení paže jsou odděleny okamžikem maximální vnější rotace dominantního ramene. V očekávání úderu do volejbalového míče hráčka natáhne paži abdukcí a vnější rotací horní končetiny v rameni. Během fáze zrychlení odvíjí horní končetinu jako tzv. „práskání bičem“, aby se dotkla volejbalového míče v požadované poloze nad hlavou. V okamžiku kontaktu s míčem by měla být zrychlující horní končetina flektována a vnitřně rotována v rameni. Předloktí je v pronaci v menší nebo větší míře v závislosti na tom, zda si sportovec přeje nasměrovat míč diagonálně přes tělo nebo přímo dopředu. Po kontaktu s míčem trup a paže pokračují do flexe trupu a extenze ramene s horizontální addukcí a vnitřní rotací. Úder je prováděn dlaňovou částí ruky s roztaženými prsty. Doba styku ruky s míčem je krátká a ruka svírá s předloktím stále stejný úhel v celém průběhu pohybu (Shih & Wang, 2019).

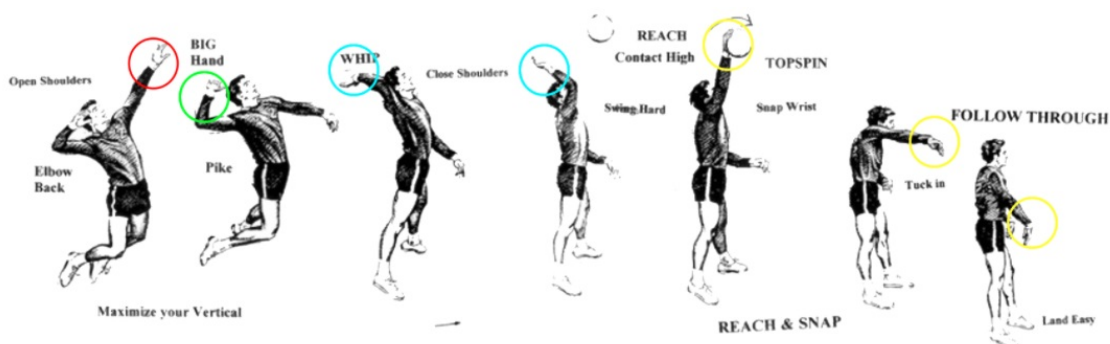
Významný podíl na práci švihové paže má postavení dolních končetin, čímž se zabývali autoři Zahálka et al. (2011), kteří 3D kinematickou analýzou hodnotili kinematiku pohybu. Předpokladem pro efektivní rotaci trupu je postavení dolních končetin, kdy v přípravné fázi smeče vychází pohyb z distálních částí DKK do boků a přes páteř se přenáší do ramen a následně do distálních částí HK. Úhel boků a ramen jsou při došlapu vůči síti téměř shodné a před odrazem dochází k rotaci v dolní části těla. Při odrazu, kdy se tělo hráče zdvihá, začíná opačná rotace boků a ramen a ramena se vytáčí od sítě až do okamžiku maximálního nápřahu smečující paže (Obrázek 3). Po dosažení potřebného rozsahu je směr rotace osy ramen k síti a po kontaktu s míčem pokračuje rotace ramen i boků ve směru pohybu až do dopadu.



Obrázek 3. Útočný úder (Haník & Lehnert, 2004)

2.2.3.1 Aktivita svalů v jednotlivých fázích

Volejbalové podání a smeeč lze rozdělit do pěti fází: vzpažení, nápřah, zrychlení, zpomalení a dokončení pohybu, kdy se paže dostává zpět do výchozí pozice (Obrázek 4). V jednotlivých fázích se zapojují svaly pletence ramenního, jejichž funkce je popsána s následujícími úkony.



Obrázek 4. Pohyb paže při úderu (Akshay, 2021)

Fáze vzpažení, při kterém je největší aktivita v přední části deltového svalu a m. supraspinatus, které jsou důležité pro rychlé zvednutí paže nad hlavu a pro zahájení vnější rotace je aktivován m. infraspinatus. Aktivní jsou také svaly rotátorové manžety, aby stabilizovali hlavici humeru v glenoidální jamce (Rokito et al., 1998).

Při nápřahu se rameno rychle externě otáčí, což zahrne vysokou aktivitu m. infraspinatus a m. teres minor. Tyto svaly vyvíjejí značnou sílu na humerus v zadní části, což pomáhá uvolnit přední pouzdro pro posun hlavice humeru dopředu při ZR. Oproti tomu jsou aktivní vnitřní rotátory m. pectoralis major a m. subscapularis, které se excentricky stahují, čímž poskytují oporu přednímu pouzdru ramene, jelikož bez této podpory může nastat přední instabilita. Vysokou aktivitu mají také svaly rotátorové manžety, zejména při vytváření glenohumerální komprese (Rokito et al., 1998; Escamilla & Andrews, 2009; Merolla et al., 2010).

Během nápřahu působí m. infraspinatus a m. teres minor společně, aby se otáčel humerus zevně. Při fázi zrychlení se však tyto svaly chovají samostatně tzn. aktivita m. teres minor zůstává vysoká, zatímco aktivita m. infraspinatus je relativně nízká. M. teres minor tak poskytuje posteriorní stabilizaci GH kloubu, čímž omezuje jeho anteriorní translaci. Pohybu paže vpřed s vnitřní rotací dominuje svalová aktivita vnitřních

rotátorů, zejména m. teres major, m. latissimus dorsi, m. subscapularis a m. pectoralis major (Escamilla & Andrews, 2009; Merolla et al., 2010).

Po úderu se pohyb paže zpomaluje excentrickou kontrakcí svalů RM se spoluúčastí m. biceps brachii. Vysoká aktivita je u svalů m. supraspinatus, m. infraspinatus a m. teres minor, které excentricky brání translaci a pomáhají při zpomalení pohyblivé končetiny. Fáze zrychlení a zpomalení a následné fázi po úderu vyžadují excentrickou práci svalů RM, aby došlo k rovnoměrné kompresi v GH kloubu a zabránění distrakčním silám. Zvýšený tlak kladený na pasivní stabilizátory ramene vede k napnutí měkkých tkání v zadní části ramenního pletence (Rokito et al., 1998; Escamilla & Andrews, 2009; Merolla et al., 2010).

Největší svalová aktivita, vzniklé síly na rameno a otáčivé momenty jsou obecně největší během fáze náprahu a zpomalení paže při úderu nad hlavou. Má se za to, že k většině zranění ramene dochází právě během těchto fází. Během práce horní končetiny nad hlavou je generována vysoká aktivita svalů rotátorové manžety, která pomáhá odolávat vysokým distrakčním silám ramen (Escamilla & Andrews, 2009).

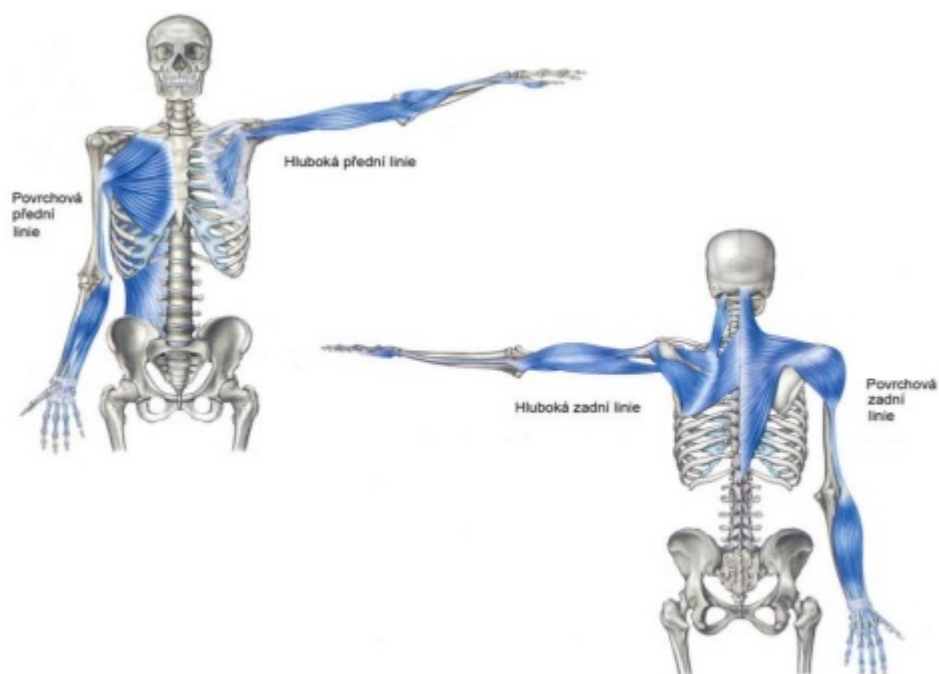
Rychlost pohybu končetiny je přibližně 13 - 19 m/s a může tak míči udávat rychlost až 120-145 km/h. Bylo vypočítáno, že vysoce trénovaný smečář provede až 40 000 nebo dokonce více těchto úkonů za rok. Smečování společně s podáním jsou pro rameno úkony nejrizikovější a velmi často ho predisponují k poranění. Oba jsou totiž spojeny s extrémní zevní rotací ramene až 150° (Reeser, Fleisig, et al., 2010).

2.2.3.2 Svalové souhry a řetězce

Volejbalové údery se odehrávají jako souhra na sebe navazujících pohybů, které si předávají kinetickou energii. Pohyb se tedy neodehrává pouze na úrovni jednoho segmentu, ale vychází z celého těla. Důležitou komponentou před končetinami je trup, který aktivitou m. rectus abdominis, m. obliquus externus abdominis, m. obliquus internus abdominis, m. transversus abdominis a m. latissimus dorsi zajišťuje propojení struktur a trup by měl v průběhu pohybu zůstat kompaktní a jít vpřed společně s paží jako jeden celek. Již od raného dětství lze toto svalové propojení sledovat. V motorické ontogenezi se buduje nejdříve opora o horní končetiny a k fázickým dovednostem dochází později. Významná role se odehrává při dynamické stabilizaci ramenního kloubu, která ovlivňuje následnou kvalitu pohybových projevů. Při volejbalovém úderu dochází k integrovanému, vícesegmentovému, sekvenčnímu pohybu ramenního kloubu a svalové aktivace v rámci kinetického řetězce. Lopatka je klíčovým článkem v řetězci a

prostřednictvím své funkce maximalizuje scapulohumerální rytmus a účinnou mechaniku provedení servisu či smeče. K tomu je potřeba kvalitní stabilizace lopatky zajišťována aktivitou svalů, které společně udržují optimální postavení a v jiných posturálních situacích se chovají jako antagonisté. Aby mohl být proveden pohyb paží, je důležitý opěrný bod, který je tvořen dynamickým závěsem lopatky. A naopak je lopatka opěrnou plochou závislou na aktivitě svalových smyček řídících její pohyb. (Véle, 2006; Kolář, c2009; Kibler & Sciascia, 2019).

Svalové řetězce ovlivňující ramenní pletenec lze rozdělit přední a zadní povrchové a hluboké linie paže (Obrázek 5). Hluboká přední linie se rozpíná od m. pectoralis minor a clavicopektorální fascie, přes m. biceps brachii na radius v oblasti kolaterálního ligamenta ke svalům thenaru. Tato linie poskytuje stabilizační funkci ramennímu kloubu a aktivuje se v oporách a kvadrupedální lokomoci. Hluboká zadní linie paže začíná od mm. rhomboidei a m. levator scapulae, svaly rotátorové manžety, musculus triceps brachii a končí na os ulnae, ulnárních kolaterálních ligamentech a svalech hypothenaru. Tato linie pracuje v úzkém vztahu s přední hlubokou linií a působí stabilizačně pro ramenní kloub. Za zmínku stojí i zadní povrchová linie paže, která zahrnuje m. trapezius, m. deltoideus a extenzorovou skupinu předloktí. Tato funkční



Obrázek 5. Přední a zadní linie paže (Myers, 2021)

jednotka se podílí na ABD v ramenním kloubu (Myers, 2021).

Anatomické studie potvrdily, že m. serratus anterior je součástí myofasciální kontinuity, tedy spirální linie, která se táhne od m. peroneus longus a m. tibialis anterior až k m. splenius capitis prostřednictvím abdominopelvicích a spinálních svalových spojení. M. serratus anterior představuje přímé spojení či interdigitace s m. obliquus externus abdominis. Tato spojení umožňují přenos napětí mezi některými sousedními anatomickými strukturami, které tvoří několik myofasciálních kontinuit, jako jsou přední a zadní funkční linie, které jsou zmíněny výše (Myers, 2021).

Rozlišují se svalové smyčky a řetězce, které propojují vzdálenější regionální oblasti a vzhledem k této komunikaci dochází k integraci systému jako celku, za předpokladu možnosti diferencované lokální funkce, tedy izolovaného pohybu. Díky propojení svalů dolních končetin a svalů trupu s ramenním komplexem je produkováno více než 50% energie během podání a smče dolními končetinami a svalstvem trupu. Proto je pro úspěšné provádění těžších specifických dovedností a návratu do tréninku nezbytné zvažovat všechny složky kinetického řetězce (Escamilla & Andrews, 2009; Reeser, Fleisig, et al., 2010).

2.3 ZRANĚNÍ VE VOLEJBALE

2.3.1 Incidence zranění

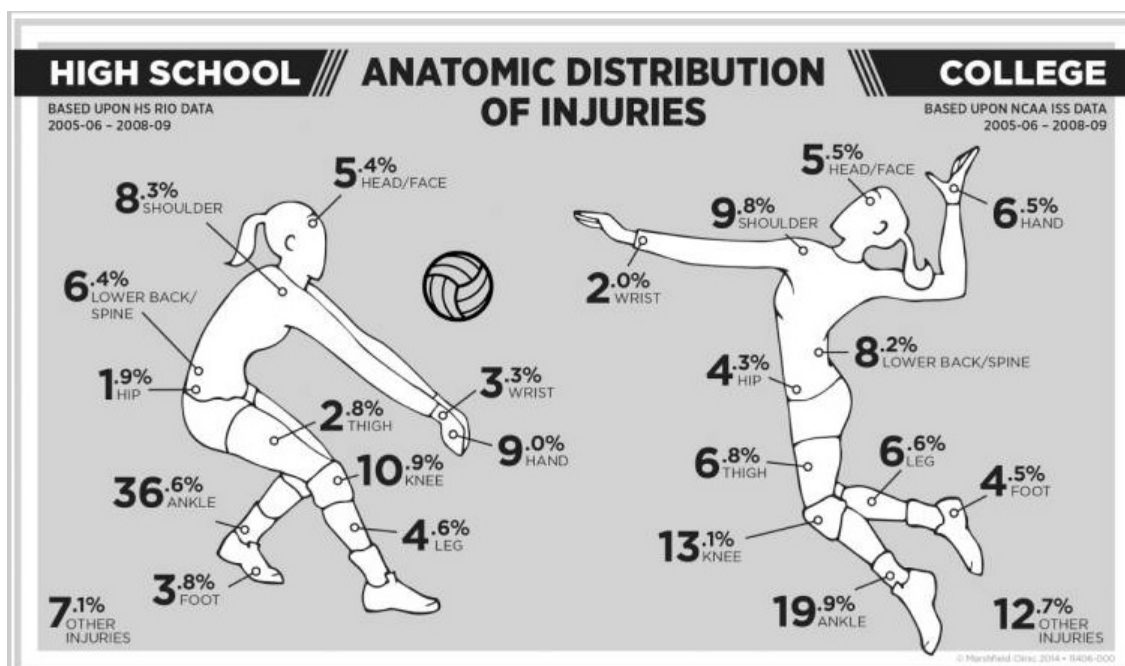
Volejbal je považován za bezpečný sport ve srovnání s ostatními kolektivními sporty, jako je fotbal, házená a basketbal, kde je součástí hry častý kontakt se soupeřem. Volejbalistům však může hrozit riziko zranění kvůli specifickým sportovním úkolům, jako je skákání a doskoky, stejně jako nahrávání a blokování míče. Přestože je volejbal vnímán jako bezkontaktní hra, kde jsou dva týmy odděleny sítí je akutní zranění často důsledkem kontaktu hráče. Volejbalisté jsou také náchylní k akutním výronům prstů, ke kterým dochází především při kontaktu s míčem (Bere et al., 2015).

U volejbalových hráčů se také vyskytují zranění z nadměrné zátěže, které mohou představovat stejný problém jako akutní zranění. Vlivem opakujících se podobných pohybových vzorů v dlouhém časovém intervalu dochází k chronicitě, kterou jsou nejčastěji postiženy ramenní a kolenní klouby (Seminati & Minetti, 2013).

Od roku 1982 používá National Collegiate Athletic Association (NCAA) systém sledování zranění (ISS) ke sběru komplexních epidemiologických dat o úrazech

ženských univerzitních sportů, včetně volejbalu. Za 16leté období, které je shrnuto od volejbalové sezóny 1988-1989 až 2003-2004, bylo hlášeno 2216 zranění z více než 50 000 zápasů a 4725 zranění z více než 90 000 tréninků. Přibližně 20 % všech zranění během zápasu či tréninku se týkalo horní končetiny. Výzkum dále zjistil, že míra soutěžního a tréninkového zranění byla 4,58 a 4,10 na 1000 atletických expozičních (Agel et al., 2007).

V datech z let 2005-2006 až 2008-2009 byla míra soutěžních a tréninkových zranění 3,93 a 4,12 na 1000 atletických expozičních. Využitím systémů sledování zranění NCAA a High School Reporting Injuries Online (HS RIO) analyzovali data během 4letého intervalu u dívek hrajících volejbal na vysoké a střední škole. Celková incidence všech zranění je znázorněna na (Obrázek 6), kde rameno představuje třetí nejčastější zraněnou část těla (Reeser et al., 2015).



Obrázek 6. Anatomická frekvenční distribuce zranění u volejbalu (Reeser et al., 2015)

V nejnovějších datech o expoziční a zranění shromážděná v programu NCAA během let 2014-2015 až 2018-2019 byla celková míra zranění 6,73 na 1000 volejbalistek. V procentuálním rozsahu poranění kolena 14,6 % a kotníku 13,8 % představovalo největší podíl ze všech hlášených zranění a většina zranění byla přičítána nadměrnému používání 26,1 % nebo bezkontaktním mechanismům 22,7 % (Chandran et al., 2021).

Nejčastější specifickou diagnózou u volejbalových hráčů je podvrtnutí kotníku, což je v souladu s dalšími výzkumy, které zjistili, že bylo nejvíce zranění utrpěno na dolní končetině s převahou výronu kotníku s distenzí laterálních vazů. (Agel et al., 2007; Bere et al., 2015; Reeser et al., 2015). Ve studii Chandran et al., 2021 se uvádí až 11,1 % případů natržení komplexu laterálních vazů kotníku.

Stejné výsledky v incidenci zranění jsou i mezi mužským a ženským volejbalem (Baugh et al., 2018). Tato studie kromě rozdílů na základě pohlaví zjišťovala navíc rozdíly v mechanismu poranění, kde ženy měly vyšší míru zranění z nadměrné zátěže a muži měli naopak vyšší míru zranění souvisejících s kontaktem míče.

Při porovnání halového a plážového volejbalu je incidence zranění odlišná. Celkem bylo zaznamenáno 974 úrazů (170 v plážovém volejbalu, 804 v halovém volejbalu). Celková úrazovost byla 5,3 zranění na 1000 hodin odehraných v hale a 1,8 zranění na 1000 hodin odehraných v plážovém volejbale. Pokud jde o 804 zranění zaznamenaných u 67 sportovců halového volejbalu, nejčastěji zraněným místem bylo koleno 16,7 %, následované ramenem 10,8 % a kotníkem 10,8 %, což nekoreluje s předchozími studii, kde dominovalo zranění kotníku. Plážoví volejbalisté měli vyšší míru zranění ramene 15,3 %. Všechny pozorovaná zranění v obou sportech se vyskytly ve vyšší míře během tréninku ve srovnání se zápasy (Juhan et al., 2021).

Riziko a vzorec zranění se u elitních volejbalistů se liší podle funkce hráče, což ve studii shrnuje Bere et al. (2015). Pozice libero ukazuje na větší podíl zranění prstů/palců než ostatní hráčské funkce, což lze vysvětlit vysokou frekvencí obranných akcí v zadní řadě. Vnější blokáři vykazovali relativně velký podíl zranění ramen, jelikož jsou hlavními útočníky. Extrémně pohyblivý ramenní kloub jim umožňuje využít maxima, což může časem způsobit problémy s přetěžováním ramen. To potvrzují Reeser, Joy, et al. (2010), kteří uvádí, že útočníci hlásili větší frekvenci obtíží s rameny než nahrávači nebo defenzivní hráči, což souvisí s opakováním totožných pohybů a objemu tréninků, čímž dochází k přetížení a únavě muskuloskeletálních struktur ramenního pletence a zvyšuje se tak riziko zranění.

2.3.2 Zranění ramenního kloubu

Volejbal zahrnuje opakované a namáhavé používání horních končetin a ramenní kloub je ohrožen jak akutními, tak zraněními z nadměrného zatížení. Pohyby nad hlavou, jako je podávání, smeč a blokování, mohou způsobit potíže v několika oblastech

a strukturách ramenního kloubu. Mezi nejčastější zranění ramene u volejbalistů se řadí vnitřní impingement a natržení labra. Dále se uvádí ještě suprascapulární neuropatie, nestabilita ramene a poškození svalů rotátorové manžety zapříčiněné opakovanými pohyby paže nad hlavou. Z celkového počtu zranění tvoří 19% poranění ramene z přetížení. Poranění ramene také zároveň vede k nejdelšímu období absence, udává se až 6 týdnů (Reeser, Joy, et al., 2010; Seminati & Minetti, 2013).

Reeser et al., (2015) ve studii udává, že poranění ramene zahrnovalo tendinózu rotátorové manžety, muskulotendinózní zranění a glenohumerální subluxaci či dislokaci. Četnost zranění ramene byla vyšší na vysoké než na střední škole jak pro trénink (poměr úrazovosti, 3,7; 95% CI, 2,6-5,2), tak pro soutěž (poměr úrazovosti, 4,0; 95% CI, 2,2-7,3). V obou NCAA ISS a HS RIO si většina zranění ramene vyžádala 3 až 9 dní klidového režimu před návratem do tréninku nebo soutěže. Obě populace identifikovaly smečování a nadhození jako převládající aktivitu vyvolávající poranění ramene (vysoká škola, 37,8 %; střední škola, 39,1 %). Symptomy ramene byly hlášeny kvůli nadměrnému zatížení u 53,3 % vysokoškoláků a 33,3 % středoškolských volejbalistek.

Postavení ramene při podání či smeči, kdy se umístí paže do 90° glenohumerální abdukce s maximální zevní rotací, může vést ke kompresi suprascapulárního nervu, m. supraspinatus a atrofii m. infraspinatus. Je možné, že nedostatek prostoru způsobený vrozenými anatomickými odlišnostmi nebo ranou sportovní účastí může vést ke zvýšenému výskytu tohoto stavu u volejbalových sportovců s vysokým tréninkovým objemem, což má za následek sníženou schopnost m. infraspinatus poskytovat excentrickou dynamickou stabilizaci během akcelerační fáze (Stickley et al., 2008; Merolla et al., 2010).

2.3.3 Rizikové faktory

Reeser, Joy, et al. (2010) rozdělili rizikové faktory bolestí ramene na vnější rizikové faktory zahrnující styl hry a hranou pozici. Jako další lze zahrnout sportovní specializace, intenzita tréninků, počet zápasů za týden a počet nadhozů nebo hodů na zápas. Tyto faktory mohou přispívat ke zraněním z nadměrné zátěže v důsledku opakovaného zatížení ramene a lokte bez dostatečné doby na zotavení. Druhou kategorií jsou vnitřní faktory jako jsou věk, výška, pohlaví, předchozí zranění, instabilita středu těla, svalové dysbalance, deficit vnitřní rotace GH kloubu a dyskineze lopatky.

K vnitřním faktorům, které by mohly potenciálně ohrozit hráče volejbalu poraněním ramene lze dále zahrnout maximální sílu rotátorové manžety, omezený rozsah pohybu GH kloubu, oslabení zevních rotátorů, nepoměr svalové síly rotátorů, klidovou polohu lopatky nebo předsunuté držení ramene, což zdůrazňuje ve své studii Forthomme et al. (2013).

Typický pohybový vzorec požadovaný při sportech nad hlavou se skládá z vnitřní a zevní rotace. Ztráta glenohumerální vnitřní rotace větší než 18–20° s odpovídající ztrátou celkové rotace větší než 5° pozorovanou u vrhacího ramene ve srovnání s nevrhacím ramenem je definován jako GIRD (Moradi et al., 2020). Tento deficit glenohumerální vnitřní rotace je chronická adaptace, která vede ke zvýšenému riziku patologických stavů u overhead sportovců. Vlivem opakovaných pohybů horní končetiny, točivým momentům a velkému zatížení ramene vede ke změnám v rozsahu pohybu konkrétně zvýšenému rozsahu ER a snížené IR. Tento fakt prokazuje několik autorů (Hadzic et al., 2014; Saccol et al., 2016; Keller et al., 2018).

Vztah mezi pohyblivostí ramene, silou svalů RM a asymetrií lopatky s možným zraněním či bolestí ramene u elitních volejbalových sportovců hodnotili Wang & Cochrane (2001). I když se studie opírala o malý vzorek 16 hráčů, výsledky ukázaly, že aktivní rozsah vnitřní rotace ramene a koncentrická síla zevních rotátorů v dominantní paži byly významně menší než v nedominantní paži, ale vnitřní rotátory byly významně silnější v koncentrických i excentrických testech, což v určité míře prokazuje souvislost mezi dysbalancí svalů a zraněními ramen.

Asymetrie mezi svaly IR a ER jsou považovány za největší rizikový faktor zranění ramene u volejbalistů. Pokud je dominantní rameno o více než 9 % silnější v IR a o více než 14 % slabší v ER než rameno nedominantní paže je sportovec vystaven většímu riziku zranění (Bagordo et al., 2020). Vzhledem k asymetrické povaze pohybů ramen ve volejbale se dá očekávat, že svalové dysbalance rotátorů se projevuje ve formě stranové asymetrie. Testy síly na poměr dominantní a nedominantní strany a poměru ER/ IR svalů ramene jsou jedním z nejčastěji používaných objektivních zkoušek. Izokinetické testování koncentrické síly rotátorů ramen volejbalistů se ve studiích většinou provádí ve dvou testovacích rychlostech 60°/s a 180°/s, kdy se největší rozdíly často vyskytují při nižší testovací rychlosti (Hadzic et al., 2014; Pivalica et al., 2014; Kim et al., 2020).

Celkově se ukázalo, že síla vnitřní a vnější rotace byla u mužů i žen asymetrická ve prospěch dominantní strany a muži i ženy vykazovali asymetrické poměry IR/ER

rotací, přičemž byly vyšší poměry na nedominantní straně. IR síla dominantního ramene je vyšší než u nedominantního ramene (Hadzic et al., 2014; Bagordo et al., 2020).

Ve studii autorů Ahmadi et al. (2020) bylo pozorováno, že muži byli silnější než ženy na obou horních končetinách. U IR asymetrie mezi končetinami při rychlosti 180°/s byly signifikantní rozdíly mezi pohlavími s větší asymetrií mezi oběma rameny u mužských volejbalistů ve srovnání s volejbalistkami.

Z hlediska herní pozice Wang & Cochrane (2001) udávají, že měli útočníci relativně slabou sílu ER na dominantním rameni oproti nedominantní straně. Svalová síla IR byla v dominantním rameni výrazně vyšší o 3 – 9 % než nedominantní strana pro všechny hráčské pozice. Útočník měl nejvyšší průměrný IR silový výkon ze všech pozic a libero nižší poměr IR na dominantním rameni oproti ostatním pozicím.

Další problematika svalových dysbalancí v ramenním kloubu související s možným důsledkem zranění je dyskineze lopatky. Klidová pozice lopatky s protrahovanou pozicí v depresi na dominantní straně je běžně detekovaná u overhead sportovců se zdravými i patologickými nálezy ramen. Spekuluje se, že možné změny v aktivitě periscapulárních svalů v důsledku asymetrického postavení lopatky mohou změnit její kinematiku vedoucí k patologii ramene. V tuto chvíli však není známo, zda je dysfunkce lopatky příčinou a/nebo následkem poranění ramene u těchto sportovců. Skutečnost, že zdravé volejbalistky s klidovou asymetrií lopatek mají tendenci vykazovat sníženou EMG aktivitu m. serratus anterior, jak se běžně vyskytuje u overhead sportovců s poraněním ramene, by neměla být ignorována, zejména při navrhování intervenčních programů (Karagiannakis et al., 2018; Hogan et al., 2021).

Jsou zapotřebí účinná preventivní opatření nejen ke snížení výskytu úrazů při volejbalu, ale také nákladů způsobených těmito úrazy. Je nezbytné vědět, jaký je výskyt a etiologie poranění pohybového aparátu u hráčů volejbalu, aby bylo možné vypracovat a provést vhodná preventivní opatření (Kilic et al., 2017)

2.4 PREVENCE A KOMPENZACE

Zařazení kompenzačního cvičení má nezastupitelnou úlohu v primární i sekundární prevenci. Cílem primární prevence je předcházet zraněním či oddálit jeho vznik, což se týká zejména úrazů z nadměrné zátěže a odstranit rizikové faktory. V případě sekundární prevence je důležité včasně detekovat a diagnostikovat vzniklý stav a zabránit progresi asymptomatických či časných obtíží (Kilic et al., 2017).

Při jednostranném či nadměrném sportovním zatížení je vhodné zařadit zdravotně kompenzační cvičení jako prevenci poruch pohybového systému. Podle specifického zaměření a fyziologického účinku se cvičení dělí na uvolňovací, jehož cílem je připravit kloubní struktury a obnovit jejich funkčnost. Před cvičením je potřeba dostatečně svalové skupiny zahřát. Následuje protahovací cvičení zaměřené na svaly s tendencí ke zkrácení, aby se mohlo dojít k poslední posilovací části, která je zaměřena na svaly s tendencí k oslabení, aby se dosáhlo kompenzace svalových dysbalancí (Levitová & Hošková, 2016).

Svalová nerovnováha je běžným vzorem zranění u overhead sportovců. U volejbalistů jsou nejčastěji přetížené oblasti krční, hrudní a bederní páteř, kolenní kloub a zejména kloub ramenní. Zranění ramen způsobená nadměrným zatížením lze potenciálně předejít sledováním tréninkové zátěže a používáním vhodných silových a kondičních technik, včetně zvýšení flexibility, která umožňuje rozvoj pohybových schopností a je na ní závislé zdokonalování volejbalové techniky. Dobrá flexibilita umožňuje práci antagonistů a agonistů v rovnováze a tím ekonomizaci pohybu (Baugh et al., 2018).

Dále je dobré zahrnout v preventivních programech do tréninků dynamický strečink, vytrvalostně-silová cvičení a vyvíjet nové herní a tréninkové techniky, které minimalizují namáhání a rozsah pohybu hlavních anatomických struktur a zároveň zachovávají výkonnost sportovců (Seminati & Minetti, 2013).

Většina autorů se v závěru studií shodují na kompenzačním či preventivním programu zahrnujícím posílení ramen, který se zaměřuje na deficit excentrické síly a korekci nerovnováhy síly mezi vnitřními a zevními rotátory (Stickley et al. 2008; Kilic et al., 2017; Kim et al., 2020). Cools et al. (2020) dodávají, že cílem je zlepšit u hráčů rozsah IR glenohumerálního kloubu, sílu vnější rotace, sílu lopatkového svalstva, pohyblivost hrudníku a cvičit v propojení kinetických řetězců.

2.4.1 Cvičení v kinetických řetězcích

Správné využití kinetického řetězce umožňuje vyvinout maximální sílu trupové stabilizace, kterou lze během těchto akcí efektivně přenést na paži. Aby byly úkoly efektivní a účinné, musí mít všechny články kinetického řetězce optimální množství svalové flexibility, síly, propriocepce a vytrvalosti, stejně jako schopnost provádět daný úkol konzistentně a na opakující se bázi. Nejdříve je dobré využívat uzavřený řetězec,

díky kontrole pohybu kloubů a zatížení tkání. Ruka se při házení a podání očividně pohybuje způsobem otevřeného řetězce, ale pozice, pohyb a přenos síly však odpovídají fyziologickým a biomechanickým požadavkům aktivit s uzavřeným řetězcem (Kibler & Livingston, 2001; Sciascia & Cromwell, 2012).

Postup dle kinetických řetězců u sportovců zahrnuje obecné charakteristiky, tj. cvičení ve vzpřímené poloze, pokud je to možné, aby se simulovali funkční požadavky, rameno páky pro rameno a trup je zkráceno, aby se snížilo zatížení při zranění či nápravě pohybového stereotypu paže a měly by být zapojené pohyby paží pomocí nohou a trupu, aby se usnadnila aktivace lopatky a ramenních svalů, což je typický motorický vzorec pohybu (McMullen & Uhl, 2000; Kibler & Livingston, 2001; Kibler & Sciascia, 2019).

Kombinace cvičení s otevřeným a uzavřeným řetězcem je nezbytná k simulaci normálních funkcí a optimalizaci návratu k aktivitám, zejména při házení a úderech. Protože jakákoliv sportovní činnost je pohybem v několika rovinách těla, měly by se využívat diagonální a rotační cvičení (Kibler & Sciascia, 2019).

2.4.2 Excentrické posilování a stabilizační cvičení

Cvičení na posílení rotátorové manžety a okolních dynamických stabilizátorů ramenního pletence se odlišují a zahrnují činnosti jako izolované posilování jednotlivých svalů a rytmickou stabilizaci. U overhead sportovců se často využívá posilování excentrickou kontrakcí, jelikož při zátěži kladou excentrický stres na jejich ramena. Např. provedení dvou sekundové koncentrické kontrakce držené na konci rozsahu zevní rotace s využitím therabandu, následované pomalým tří sekundovým excentrickým návratem do výchozí polohy byl prováděn ve studii autorů Chaconas et al. (2017) jako velmi efektivní oproti koncentrickému cvičení. Excentrická cvičení mohou zlepšit funkci, sílu a výkon a snížit bolest více než koncentrické programy, což vede k lepším celkovým výsledkům. Moradi et al. (2020) využili také cvičení s therabandem a to ve formě vrhacího mechanismu pohybu. Ukázalo se zlepšení aktivace ramenních svalů, zvýšení IR rozsahu, ovlivnění svalových dysbalancí svalů rotátorové manžety a pozitivní ovlivnění pozice GH kloubu účastníků s GIRD (Valier et al., 2016).

Program na posílení svalů RM by měl zahrnovat rytmické stabilizační cvičení, které zajistí dynamickou stabilitu ramene při sportovních činnostech. Rytmickou stabilizaci je doporučeno provádět v různém postavení a úhlu ramenního i loketního

kloubu, jelikož se předpokládá, že poloha ovlivňuje funkci svalů ramenního pletence (Krupp et al., 2009).

Vhodný je také stabilizační trénink pomocí závěsných systémů, což má vliv na zlepšení schopnosti posturálního přizpůsobení. Lze postupně přidávat obtížnost snížením opory či přidáním senzomotorických prvků pod DKK. Zařazení vhodných a pravidelných balančních cvičení do tréninkového procesu má pozitivní vliv na snížení nebo odstranění funkčních poruch svalů a redukci narušených pohybových vzorů, kterékoli části těla (Linek et al., 2016; Kanasova et al., 2019).

2.4.3 Plyometrie

Plyometrický trénink je mimořádně úspěšná metoda pro rozvoj síly. Jako u většiny typů cvičení se plyometrie pohybuje od těch snadných až po extrémně obtížné na provedení. To umožňuje sportovci postupovat dle programu postupného zatížení a podporovat postupné neuromuskulární přizpůsobení požadavkům tréninku a tím zlepšit sportovní výkon. Plyometrický trénink se skládá ze cvičení, ve kterých je sval zatížen excentricky a bezprostředně následuje koncentrická aktivace. Dochází ke změnám na úrovni neuromuskulární, což zlepšuje a usnadňuje rozvoj dynamických pohybů (Reeser & Bahr, 2017).

Plyometrická cvičení horních končetin zahrnují cvičení v otevřeném kinetickém řetězi s využitím medicinbalu, jako jsou dynamické přihrávky na úrovni hrudníku a hody míčem, a cvičení v uzavřeném kinetickém řetězci, jako jsou plyometrické kliky např. s tleskáním a tlak na medicinbal. Cvičení vyžaduje rychlý, reaktivní pohyb těla k dosažení požadované síly. Správná technika je nezbytná a je třeba volit prvky plyometrie individuálně pro každého sportovce na základě konkrétního sportu. Je důležité, aby měl sportovec pevný střed těla a zvládnutý silový trénink. Plyometrický trénink zlepšuje svalovou dynamiku hráče, reflexní kontrolu a neuromuskulární potenciaci (Reeser & Bahr, 2017; Eraslan et al., 2021).

Je několik studií, které se zabývaly využitím plyometrického tréninku ve volejbalu. To shrnuje systematický přehled autorů Silva et al. (2019), kde byl přezkoumán efekt plyometrického tréninku na výkon volejbalistů. Plyometrické tréninkové programy pro horní část těla, které obsahovaly nejčastěji hod medicinbalem přinesly podobné výsledky a byly hodnocené jako úspěšné a vhodné k zařazení do tréninkového procesu sportovců (Pereira et al., 2015; Eraslan et al., 2021).

Například studie autorů Idrizovic et al., (2018) zahrnovala plyometrické cvičení prováděné navíc k pravidelnému volejbalovému tréninku dvakrát týdně po dobu 12 týdnů u juniorských volejbalistek. V závěru zmiňují, že schopnosti skoků a vrhů se zlepšily u všech skupin účastníků, čímž potvrdila vynikající tréninkové účinky plyometrického tréninku na sprinty, skoky a vrhací kapacity.

Swanik et al. (2002) prokázal, že 6 ti týdenní plyometrický tréninkový program pro plavkyně zahrnující cvičení IR vylepšil propriocepci, kinestézii a svalovou výkonnost. Již z předchozích studií je zřejmé, že u volejbalistek se zařazuje do tréninkového plánu cvičení IR. Plyometrie zaměřená na horní končetiny a jejich rotační složku s elevací HK může obsahovat prvky proprioceptivní neuromuskulární facilitace (PNF), kdy se využije 2 diagonálu házením 1 kg medicinbalem přes rameno a jedinec provede zpomalení chyceného míče a následně zrychlí k hodů míče nazpět k terapeutovi (Krupp et al., 2009).

V jiné studii se zabývali autoři Werin et al., (2022) aktivitou svalů ramenního pletence a trupu během plyometrického cvičení, kde zahrnuli overhead sportovce včetně volejbalistů. Zvolili pozici kleku na čtyřech s dvoubodovou oporou, kde dominantní HK byla v pozici ABD ramen a FL v lokti 90° a kontralaterální DK byla v protažení. Plyometrie byla prováděna na dominantním rameni vnější rotační složkou pomocí míče s hmotností 1-3 kg, který byl vymrštěn do vzduchu a následně zpětně chycen pod úroveň ramene. Podle měřené EMG svalové aktivity je dle hodnocení dobré se zaměřit na poměry m. trapezius horní vlákna/ dolní vlákna a m. trapezius horní vlákna/m. serratus anterior. Deficit síly vedoucí k vyšším poměrům, může vést ke zhoršené zevní rotaci a snížení naklonění posterior tilt lopatky při elevaci paže, což může mít následek bolesti ramene. Díky pozici došlo ke zlepšení lumbopelvicke kontroly, která má vliv na zlepšení sportovního výkonu a snížení zranění ramene. Toto tvrzení je potvrzené studií autorů Cope et al., (2019), kde se ukázalo, že snížení lumbopelvicke produkce energie o 20 % může vést ke zvýšené zátěži ramenního komplexu až o 34 %, což znamená, že menší lumbopelvicke kontrola vede ke zvýšeným silám na glenohumerální kloub.

3 CÍLE A VĚDECKÉ OTÁZKY

3.1 HLAVNÍ CÍL

Cílem diplomové práce je hodnocení asymetrie rozsahu pohybu a izometrické svalové síly vnitřních a zevních rotátorů ramenního kloubu dominantní a nedominantní horní končetiny u elitních volejbalistek.

3.2 DÍLČÍ CÍLE

1. Zjistit reliabilitu měření ručním dynamometrem Lafayette MMT.
2. Zahrnout ukázkou kompenzačních cvičení dle zjištěných poznatků pro prevenci zranění ramenního kloubu u volejbalistek.

3.3 VĚDECKÉ OTÁZKY

VO1: Je rozdíl v naměřeném rozsahu pohybu ramenního kloubu dominantní a nedominantní horní končetiny mezi volejbalistkami a kontrolní skupinou?

VO2: Je rozdíl v naměřených hodnotách maximální izometrické svalové síly (PEAK FORCE) zevních a vnitřních rotátorů ramenního kloubu u volejbalistek a kontrolní skupiny na dominantní a nedominantní horní končetině?

VO3: Je rozdíl v době, kdy bylo dosaženo maximální izometrické svalové síly (TIME PEAK) zevních a vnitřních rotátorů ramenního kloubu u volejbalistek a kontrolní skupiny na dominantní a nedominantní horní končetině?

VO4: Je rozdíl v naměřených hodnotách průměrné izometrické svalové síly (AVERAGE FORCE) měřené po dobu 5 sekund do zevní a vnitřní rotace u volejbalistek a kontrolní skupiny na dominantní a nedominantní horní končetině?

VO5: Jaká je intra-rater a inter-rater reliabilita měření izometrické svalové síly zevních a vnitřních rotátorů ramenního kloubu pomocí ručního dynamometru?

4 METODIKA

4.1 CHARAKTERISTIKA SOUBORU

Výzkumný soubor tvořilo 15 elitních volejbalistek extraligových týmů VK UP Olomouc a TJ Sokol Šternberk (Tabulka 1). Všechny hráčky mají dominantní pravou HK (jako dominantní končetina byla stanovena preferovaná HK pro odbití míče).

Kontrolní skupinu tvořilo 15 studentek FTK UPOL (Tabulka 2) s dominantní pravou horní končetinou a věnující se rekreačně běžným sportovním aktivitám. Žádná z účastnic neměla v době testování závažný zdravotní problém či akutní úraz a jiné komplikace v oblasti ramenních kloubů.

Všechny účastnice byly před zahájením měření informovány a poučeny o jeho průběhu a podepsaly informovaný souhlas s účastí a výzkumu (Příloha 1). Projekt diplomové práce byl schválen Etickou komisí FTK UP (Příloha 2).

Tabulka 1. Charakteristika výzkumného souboru - volejbalistky

Charakteristické znaky	Věk	Váha	Výška	BMI	Počet let hraní volejbalu	Počet tréninků týdně
M	21,5	69	1,8	21,3	12	5,8
SD	4,5	6,8	0,1	1,8	4,7	1,01

Poznámky: Počet probandů (n = 15), průměr (M), směrodatná odchylka (SD), Věk (rok), Váha (kg), Výška (m), Body mass index (BMI) jednotka (kg/m²).

Tabulka 2. Charakteristika výzkumného souboru - kontrolní skupina

Charakteristické znaky	Věk	Váha	Výška	BMI	PA
M	24,2	59,4	1,7	21,0	2,7
SD	0,7	7,4	0,1	1,8	0,88

Poznámky: Počet probandů (n = 15), průměr (M), směrodatná odchylka (SD), Věk (rok), Váha (kg), Výška (m), Body mass index (BMI) jednotka (kg/m²), pohybová aktivita (PA) x hod/týden.

4.2 SBĚR DAT

Sběr dat byl proveden dvěma fyzioterapeuty. Měření výzkumné skupiny probíhalo ve sportovní hale UPOL v září 2021. Testování probíhalo odpoledne před zahájením tréninku. Nejprve byla u každé probandky odebrána anamnestická data zahrnující věk, výšku, váhu, určení dominantní horní končetiny, prodělané úrazy, operace či jiné obtíže pohybového aparátu. U volejbalistek byl navíc zjišťován počet let věnovaných aktivně volejbalu. Následovalo měření, kde byla nejdříve probandka informována o jednotlivých postupech měření a před každým měřením zvláště jí byl vysvětlen postup jednotlivého měření. Pozice pro měření byla vleže na zádech na vyšetřovacím stole s pokrčenými DKK. Začínala se vždy měřit pravá HK a pohyb do ER a následně IR. Poté se přešlo k levé HK a sled rotací byl totožný, první ER a druhá IR. Měření aktivního rozsahu pohybu obou ramenních kloubů do zevní a vnitřní rotace byl měřen pomocí dvouramenného goniometru. Odběr dat byl proveden fyzioterapeutem a fixace ramenního pletence byla provedena diplomantkou. Ve stejné výchozí vyšetřovací pozici bylo provedeno měření izometrické kontrakce zevních a vnitřních rotátorů obou ramenních kloubů hráček. Ke sběru dat byl využit ruční dynamometr Lafayette Hand-Held Dynamometer (model 01165). Odběr dat byl proveden fyzioterapeutem a fixace ramenního pletence v průběhu měření diplomantkou. Test jedné izometrické kontrakce trval 5 sekund. Samotný sběr dat u každé z volejbalistek trval cca 7 - 10 minut.

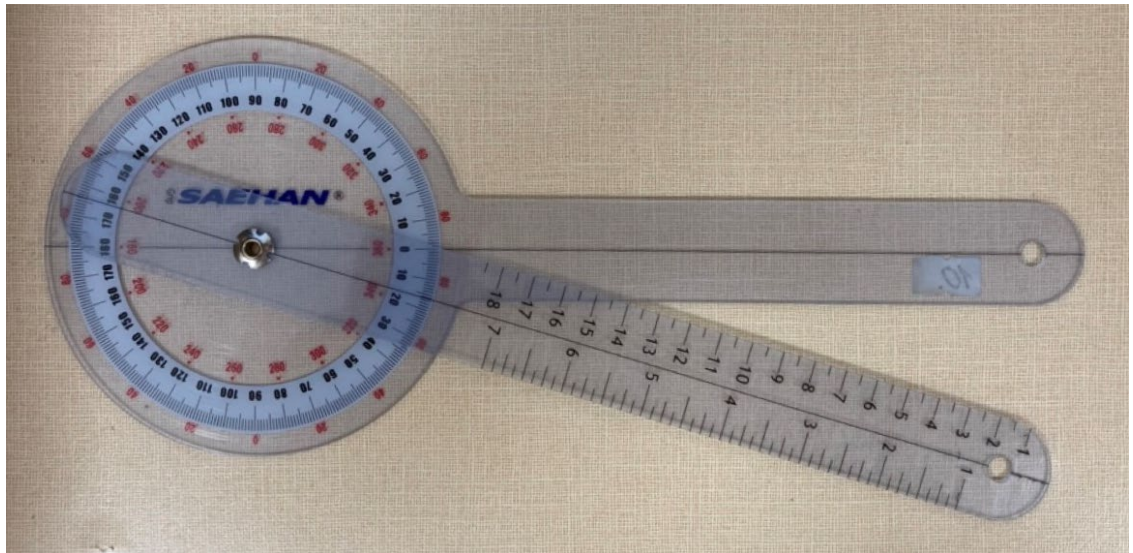
Měření kontrolní skupiny probíhalo odpoledne v prostorách FTK UPOL v září 2021. Před měřením probandky od rána nevykonávali žádnou náročnou pohybovou aktivitu. Nejprve byla odebrána anamnestická data. Zahájilo se měření prvním fyzioterapeutem, které trvalo 5 - 7 minut, kdy se první provedlo měření rozsahu pohybu ER a IR ramenního kloubu goniometrem a následně měření dynamometrem, které se opakovalo 2x pro každou izometrickou kontrakci (IK). Následovala 10 ti minutová pauza před měřením druhého fyzioterapeuta, který poté také měřil dynamometrem každou IK 2x za sebou. Celkový čas sběru dat na probandku z kontrolní skupiny byl cca 15 minut.

4.2.1 Goniometrie

Měření rozsahu pohybu v ramenním kloubu dominantní a nedominantní horní končetiny bylo provedeno pomocí ručního dvouramenného goniometru (Obrázek 7). Probandka byla v poloze vleže na zádech s napřímenou páteří a s pokrčenými dolními končetinami. Výchozí pozice paže pro měření zahrnovala 90° ABD v RAK a 90° flexi

v kloubu loketním s předloktím v neutrální pozici. Paže byla ze 2/3 položena na lehátku a 1/3 paže přesahovala přes okraj lehátka. HK byla u distálního konce paže podložena, aby se eliminoval horizontální sklon (Ness et al., 2019). Tato poloha se často používá při měření ROM rotací ramen, protože stabilizuje lopatku a eliminuje skapulothorakální příspěvky k pohybu (Zuzgina & Wdowski, 2019). Fixace byla provedena druhým vyšetřujícím, fixací ramene shora přes akromion.

Úhloměr v nastavení ramenního typu byl přiložen středem na olekranonu, pevné rameno zůstalo kolmé k zemi a nastavitelné rameno bylo vyrovnáno rovnoběžně s ulnou. Pevné rameno zůstalo v kolmém postavení a pohyblivé rameno paralelně následovalo pohyb předloktí (Obrázek 8). Provedlo se vyšetření zevní a vnitřní rotace ramene. Vždy byla nejprve měřena PHK do zevní rotace a poté do vnitřní rotace. Následně byla vyšetřena LHK s totožným pořadím rotací. Prováděný pohyb do rotací byl aktivní. Naměřené hodnoty se zapisovali metodou SFTR, tedy R: zevní rotace – 0 – vnitřní rotace. Rozsah pohybu se určuje s přesností $\pm 5^\circ$ dle metody SFTR.



Obrázek 7. Ruční dvouramenný goniometr (zdroj: vlastní)



Obrázek 8. Goniometrie a) výchozí pozice b) zevní rotace c) vnitřní rotace (zdroj: vlastní)

4.2.2 Dynamometrie

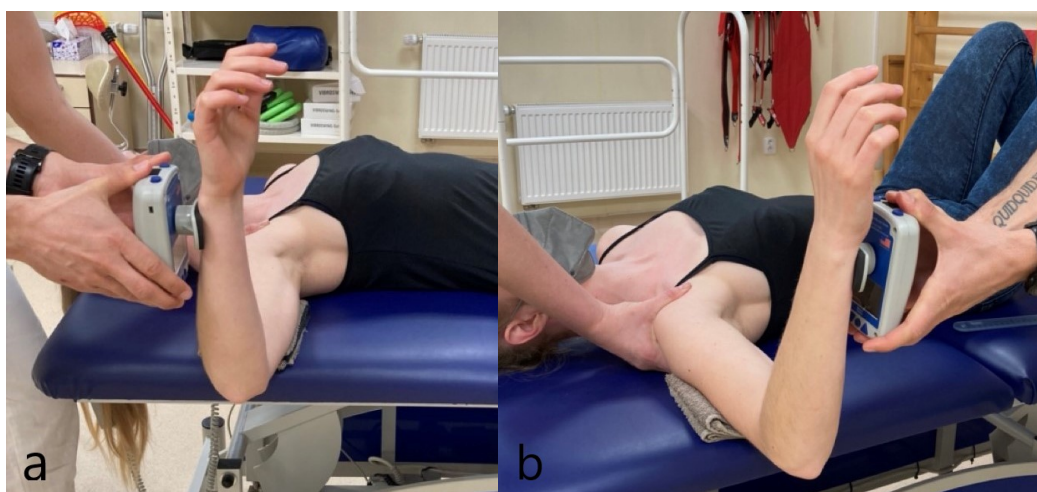
Při vyšetření byl použit ruční dynamometr „Lafayette Manual Muscle Test System“ (Obrázek 9), který vyhodnotil izometrickou svalovou sílu zevních a vnitřních rotátorů ramenních kloubů. Výchozí pozice probandky byla totožná s měřením pomocí dvouramenného goniometru, tedy vleže na zádech s napřímenou páteří, pokrčenými dolními končetinami a HK v 90° ABD v RAK a 90° flexi v kloubu loketním s předloktím v neutrální pozici. Dynamometr byl přiložen na distální konec ruky v oblasti karpu, 2 cm proximálně od procesus styloideus ulnae. Pro zevní rotaci z dorzální strany a pro vyšetření vnitřní rotace ze strany palmární (Obrázek 10) (Cools et al., 2014). Probandky byly instruovány ke správnému provedení bez pohybu v ramenním kloubu, jelikož se jedná o izometrickou svalovou sílu. Fyzioterapeut, který prováděl měření zaujal stabilní pozici proti vykonávané síle a dynamometr držel v obou horních končetinách. První byla měřena PHK a zevní rotace, poté vnitřní rotace a následně LHK ve stejném pořadí rotací. Test jedné izometrické kontrakce trval 5 sekund. Při měření docházelo k fixaci ramenního kloubu druhým terapeutem.

U kontrolní skupiny probíhalo měření dynamometrem oběma fyzioterapeuty, jelikož se zjišťovala reliabilita měření. Postup byl totožný s předchozím popisem, jen měření izometrické kontrakce trvající 5s proběhlo dvakrát za sebou pro každý směr síly. Odstup od prvního a druhého měření byl 15 s. Po měření prvním fyzioterapeutem následovala 10 min pauza a poté proběhlo měření ve stejném pořadí fyzioterapeutem druhým.

Naměřené hodnoty zahrnovaly maximální sílu, čas, kdy byla dosažena nejvyšší maximální síla a průměrnou sílu vyvíjenou po celou dobu testu, tedy během 5s. Získané záznamy svalové aktivity ze dvou měření byly zprůměrovány.



Obrázek 9. Ruční dynamometr Lafayette HHD (zdroj: vlastní)



Obrázek 10. Dynamometrie a) zevní rotace b) vnitřní rotace (zdroj: vlastní)

4.3 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT

Data byla zaznamenána do programu Microsoft Excel 2010. Nejprve byla vyhodnocena základní charakteristika souboru. Zpracovaná data se týkala věku, výšky, váhy a dalších otázek z anamnézy. Data naměřená u výzkumné skupiny (n=15) a u kontrolní skupiny (n=15) pomocí goniometru a dynamometru byla odborně vyhodnocena odpovědným zaměstnancem FTK UPOL v programu STATISTIKA 12. U vybraných proměnných byla stanovena základní popisná statistika (aritmetický průměr, medián, směrodatná odchylka). Hladina statistické významnosti byla stanovena na hodnotě $p < 0,05$. Těsnost shody dat výzkumné a kontrolní skupiny byl hodnocen Mann Whitney U Testem.

Dále byla porovnána data ze dvou po sobě jdoucích opakovaných měření kontrolní skupiny (n=15) prvním fyzioterapeutem a druhým fyzioterapeutem. Jedná se o sériové měření prováděné ve stejný den, ve stejnou denní dobu, stejným hodnotitelem vždy s odstupem 15 s. Hladina statistické významnosti byla stanovena na hodnotě $p < 0,05$. K výpočtu statistické významnosti byla využita Friedmanova ANOVA. Pro posouzení intra-rater reliability měřením test–retest měření jednoho fyzioterapeuta byl použit vnitrotřídní korelační koeficient (ICC) a standardní chyba měření (SEM). Síla ICC koeficientu byla hodnocena dle škály: jako výborná (ICC > 0,90), dobrá (ICC = 0,76–0,90), střední (ICC = 0,51–0,75) a slabá (ICC < 0,50) (Koo & Li, 2016).

V neposlední řadě byla vyhodnocena data ze sériového měření prováděném ve stejný den, ve stejnou denní dobu, odlišnými hodnotiteli, vždy s odstupem 10 minut. Hladina statistické významnosti byla stanovena na hodnotě $p < 0,05$ s využitím jednocestné ANOVA, aby se určilo, zda existují významné rozdíly mezi měřeními. Inter-rater reliability test-retest měření opakovatelné různými hodnotiteli byla vyhodnocena pomocí Spearmanovy korelace.

Síla vztahu dle Spearmanova korelačního koeficientu (Akoglu, 2018)

Síla korelace	Hodnoty kladné korelace	Hodnoty záporné korelace
Perfektní	+1	-1
Velmi silná	+0,8 až +0,9	-0,8 až -0,9
Průměrná	+0,6 až +0,7	-0,6 až -0,7
Uspokojivá	+0,3 až +0,5	-0,3 až -0,5
Slabá	+0,1 až +0,2	-0,1 až -0,2
Žádná	0	0

5 VÝSLEDKY

Celý soubor zahrnoval výzkumnou skupinu volejbalistek - V (n=15) a kontrolní skupinu - K (n=15). Parametry, které jsou z měření zpracovány:

- Peak force (PF), maximální svalová síla dosažená v průběhu měření
- Time peak (TP) čas, kdy bylo dosaženo maximální síly
- Average force (AVGF) průměrná síla působící po dobu 5 s.

5.1 Výzkumná otázka VO1

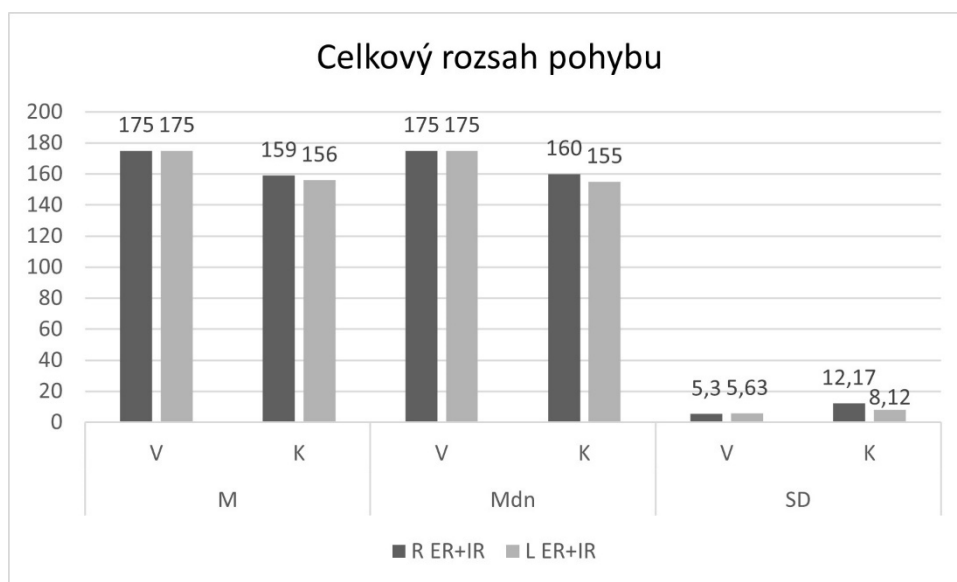
VO1: Je rozdíl v naměřeném rozsahu pohybu ramenního kloubu dominantní a nedominantní horní končetiny mezi volejbalistkami a kontrolní skupinou?

Tato výzkumná otázka zjišťuje, zda jsou rozdíly v naměřených hodnotách rozsahu pohybu v ramenním kloubu dominantní i nedominantní horní končetiny mezi volejbalistkami a kontrolní skupinou. Zahrnuty jsou rozdíly v celkovém rozsahu pohybu a jednotlivých rotacích ramenního kloubu mezi skupinami. Uvedené popisné statistiky goniometrie zevní a vnitřní rotace vymezují průměry, mediány, směrodatné odchylky a počty probandů s ohledem na rozdělení do dvou skupin (Tabulka 3). Z tabulky je zřejmé, že součty ER a IR dosahují vyšších hodnot u volejbalistek pro dominantní i nedominantní HK. Zjednodušené grafické zpracování zobrazuje celkový rozsah pohybu, tedy součet ER a IR mezi volejbalistkami a kontrolní skupinou (Obrázek 11). Při jednotlivých rotacích v ramenním kloubu dosáhly volejbalistky většího rozsahu pohybu IR na dominantní i nedominantní HK oproti kontrolní skupině, ale rozdílnost mezi skupinami je jen v řádech jednotek stupňů (Obrázek 12). Průměrné hodnoty do zevní rotace jsou s malým rozdílem mezi skupinami. Mann Whitney U Test (Tabulka 4) prokázal statisticky významné hodnoty u IR dominantní i nedominantní HK a celkovém rozsahu pohybu dominantní i nedominantní HK.

Tabulka 3. Popisné statistiky goniometrie ER a IR

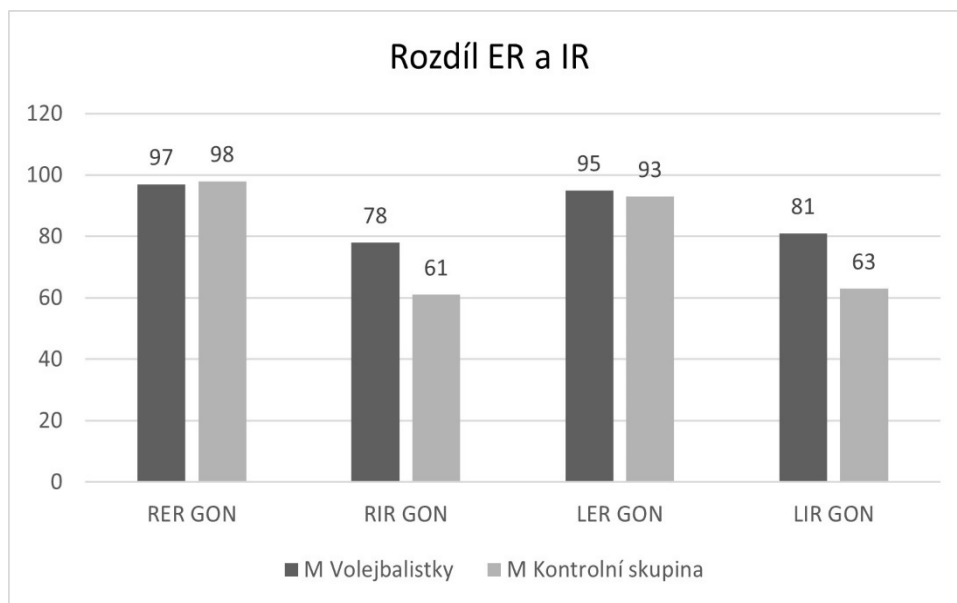
Parametry	N		M		Mdn		SD	
	V	K	V	K	V	K	V	K
RER	15	15	97	98	95	100	1,01	7,52
RIR	15	15	78	61	80	60	4,14	10,04
R ER+IR	15	15	175	159	175	160	5,30	12,17
LER	15	15	95	93	95	95	7,19	5,23
LIR	15	15	81	63	80	60	3,99	6,21
L ER+IR	15	15	175	156	175	155	5,63	8,12

Poznámky: V – volejbalistky, K – kontrolní skupina, N – počet probandů, M – aritmetický průměr, Mdn – medián, SD – směrodatná odchylka, R – pravá horní končetina, L – levá horní končetina, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace, ER+IR – součet zevní a vnitřní rotace, hodnoty ve stupních (°)



Obrázek 11. Srovnání hodnot celkového rozsahu pohybu mezi skupinami

Poznámky: V - volejbalistky (n=15), K - kontrolní skupina (n=15), M – aritmetický průměr, Mdn – medián, SD – směrodatná odchylka, R – pravá horní končetina, L – levá horní končetina, ER+IR součet externí a interní rotace, hodnoty ve stupních (°)



Obrázek 12. Srovnání průměrných hodnot ER a IR mezi skupinami

Poznámky: Volejbalistky (n=15), kontrolní skupina (n=15), M – aritmetický průměr, GON – goniometrie, R – pravá horní končetina, L – levá horní končetina, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace, hodnoty ve stupních (°)

Tabulka 4. Stanovení statistické významnosti goniometrie

Proměnné	Mann Whitney U Test				
	Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05$				
	Sčet poř. v	Sčet poř. k	U	Z	p-hodn.
RER	210,0000	255,0000	90,0000	0,01252	0,361497
RIR	325,5000	139,5000	19,5000	3,83672	0,000125
R ER+IR	320,5000	144,5000	24,5000	3,62933	0,000284
LER	248,5000	216,5000	96,5000	0,64291	0,520283
LIR	338,5000	126,5000	6,5000	4,37594	0,000012
L ER+IR	335,0000	130,0000	10,0000	4,23076	0,000023

Poznámky: v – volejbalistky (n=15), k – kontrolní skupina (n=15), R – pravá horní končetina, L – levá horní končetina, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace, ER+IR – součet zevní a vnitřní rotace, tučně označena statistická významnost $p < 0,05$

5.2 Výzkumná otázka VO2

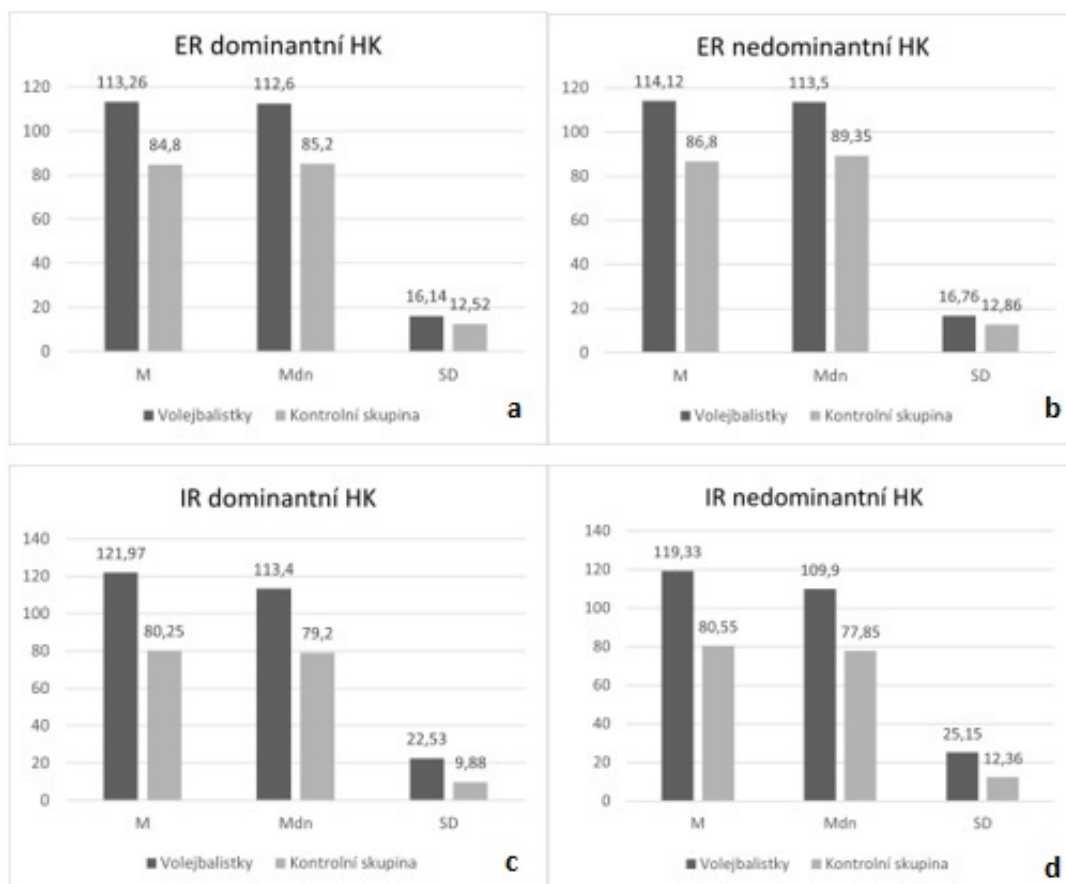
VO2: Je rozdíl v naměřených hodnotách maximální izometrické svalové síly (PEAK FORCE) zevních a vnitřních rotátorů ramenního kloubu u volejbalistek a kontrolní skupiny na dominantní a nedominantní horní končetině?

Tato výzkumná otázka se zabývá dosaženou maximální izometrickou svalovou silou vnitřních a zevních rotátorů ramenního kloubu, kterou vyvinuly během měření volejbalistky a kontrolní skupina na dominantní a nedominantní horní končetině. Zjišťují se rozdíly síly IK mezi skupinami. Popisné statistiky ukazují průměry, mediány, směrodatné odchylky (Tabulka 5). Graficky je znázorněn rozdíl IK vnitřních a zevních rotátorů ramenního kloubu mezi skupinami při jednotlivých rotacích (Obrázek 13). Z grafu je zřejmé, že volejbalistky dosahují vyšších hodnot IK vnitřních i zevních rotátorů oproti kontrolní skupině. Tento výsledek potvrzuje Mann Whitney U Test (Tabulka 6), kde jsou statisticky významné všechny hodnoty na hladině $p < 0,05$. Pokud se zaměříme na poměr ER a IR dominantní HK u volejbalistek nelze jednoznačně říct, že převažuje větší maximální síla IK vnitřních rotátorů, viz grafické znázornění (Obrázek 14). Poměr ER/IR je jednoduše vypočítán z průměrné hodnoty ER dělenou IR interpretovanou v procentech. U volejbalistek je dosažen poměr na dominantní HK ($0,95 \pm 0,17$) oproti nedominantní ($0,98 \pm 0,16$). Z hodnot je zřejmé, že to není významný poměrový ani stranový rozdíl. To potvrzuje Znaménkový test (Tabulka 7) a Wilcoxonův test (Tabulka 8), které neprokázali žádný statisticky významný rozdíl mezi poměrem rotací v dominantním ramenním kloubu u volejbalistek.

Tabulka 5. Popisná statistika PEAK FORCE

Parametry	N		M		Mdn		SD	
	V	K	V	K	V	K	V	K
RER PF	15	15	113,26	84,80	112,6	85,2	16,14	12,52
RIR PF	15	15	121,97	80,25	113,4	79,2	22,53	9,88
LER PF	15	15	114,12	86,80	113,50	89,35	16,76	12,86
LIR PF	15	15	119,33	80,55	109,9	77,85	25,15	12,36

Poznámky: V – volejbalistky, K – kontrolní skupina, N – počet probandů, M – aritmetický průměr, Mdn – medián, SD – směrodatná odchylka, PF – peak force, R – pravá horní končetina, L – levá horní končetina, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace, hodnoty v Newtonech (N)



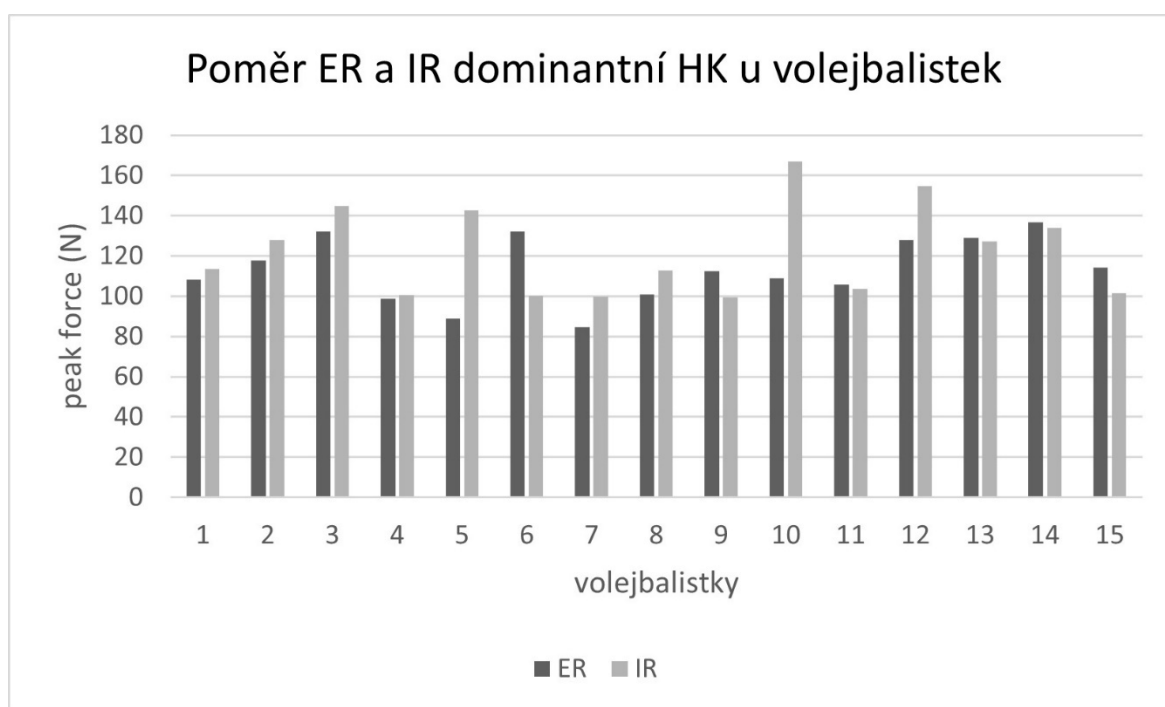
Obrázek 13. Porovnání rotací mezi skupinami na dominantní i nedominantní HK
a) ER dominantní/pravá HK b) ER nedominantní/levá HK
c) IR dominantní/pravá HK d) IR nedominantní/levá HK

Poznámky: Volejbalistky (n=15), kontrolní skupina (n=15), M – aritmetický průměr, Mdn – medián, SD – směrodatná odchylka, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace, hodnoty v Newtoněch (N)

Tabulka 6. Stanovení statistické významnosti PEAK FORCE

Proměnné	Mann Whitney U Test Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05$				
	Sčt poř. v	Sčt poř. k	U	Z	p-hodn.
RER PF	325,0000	140,0000	20,0000	3,81598	0,000136
RIR PF	345,0000	120,0000	0,0000	4,64554	0,000003
LER PF	318,0000	147,0000	27,0000	3,52564	0,000423
LIR PF	333,0000	132,0000	12,0000	4,14781	0,000034

Poznámky: v – volejbalistky (n=15), k – kontrolní skupina (n=15), PF – peak force, R – pravá horní končetina, L – levá horní končetina, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace, tučně označena statistická významnost $p < 0,05$



Obrázek 14. Poměr ER a IR dominantní/pravé HK volejbalistek

Poznámky: Volejbalistky (n=15), ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace, hodnoty v Newtonech (N)

Tabulka 7. Stanovení statistické významnosti poměru ER a IR volejbalistek

Dvojice proměnných	Znaménkový test Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05$			
	Počet různých	procent $v < V$	Z	p-hodn.
RER PF & RIR PF	15	60,00000	0,516398	0,605577

Poznámky: Volejbalistky (n=15), PF – peak force, R – pravá horní končetina, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace

Tabulka 8. Stanovení statistické významnosti poměru ER a IR volejbalistek

Dvojice proměnných	Wilcoxonův párový test Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05$			
	Počet platných	T	Z	p-hodn.
RER PF & RIR PF	15	41,00000	1,079127	0,280532

Poznámky: Volejbalistky (n=15), PF – peak force, R – pravá horní končetina, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace

5.3 Výzkumná otázka VO3

Je rozdíl v době, kdy bylo dosaženo maximální izometrické svalové síly (TIME PEAK) zevních a vnitřních rotátorů ramenního kloubu u volejbalistek a kontrolní skupiny na dominantní a nedominantní horní končetině?

Tato výzkumná otázka zjišťuje, zda jsou rozdíly v naměřených hodnotách doby pro dosažení maximální izometrické síly vnitřních a zevních rotátorů dominantního i nedominantního ramenního kloubu mezi volejbalistkami a kontrolní skupinou. Uvedené popisné statistiky zobrazují průměry, mediány, směrodatné odchylky (Tabulka 9). Časové rozmezí u volejbalistek je průměrně 2,7 – 2,9s a kontrolní skupiny 2,5 – 3,5s z celkové doby testu 5s pro dosažení maximální síly IK zevních a vnitřních rotátorů. Kontrolní skupina průměrně dosahuje maximální síly později oproti volejbalistkám. Mann Whitney U Test (Tabulka 10) prokázal statisticky významný rozdíl jen v případě vnitřní rotace nedominantní HK $p=0,019104$. Ostatní parametry žádnou statisticky významnou rozdílnost ve výsledcích nevykazovali.

Tabulka 9. Popisná statistika TIME PEAK

Parametry	N		M		Mdn		SD	
	V	K	V	K	V	K	V	K
RER TP	15	15	2,89	2,80	2,90	2,2	0,78	0,89
RIR TP	15	15	2,65	2,46	2,5	2,6	1,18	0,88
LER TP	15	15	2,76	3,08	2,8	3,1	1,10	0,84
LIR TP	15	15	2,66	3,54	2,2	3,4	1,04	0,86

Poznámky: N – počet probandů, V – volejbalistky, K – kontrolní skupina, M – aritmetický průměr, Mdn – medián, SD – směrodatná odchylka, TP – time peak, R – pravá horní končetina, L – levá horní končetina, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace, hodnoty v sekundách (s)

Tabulka 10. Stanovení statistické významnosti TIME PEAK

Proměnné	Mann Whitney U Test Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05$				
	Sčt poř. v	Sčt poř. k	U	Z	p-hodn.
RER TP	238,5000	226,5000	106,5000	0,22813	0,819546
RIR TP	239,0000	226,0000	106,0000	0,24887	0,803463
LER TP	209,0000	256,0000	89,0000	-0,95400	0,340087
LIR TP	175,5000	289,5000	55,5000	-2,34351	0,019104

Poznámky: v – volejbalistky (n=15), k – kontrolní skupina (n=15), PF – peak force, R – pravá horní končetina, L – levá horní končetina, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace, tučně označena statistická významnost $p < 0,05$

5.4 Výzkumná otázka VO4

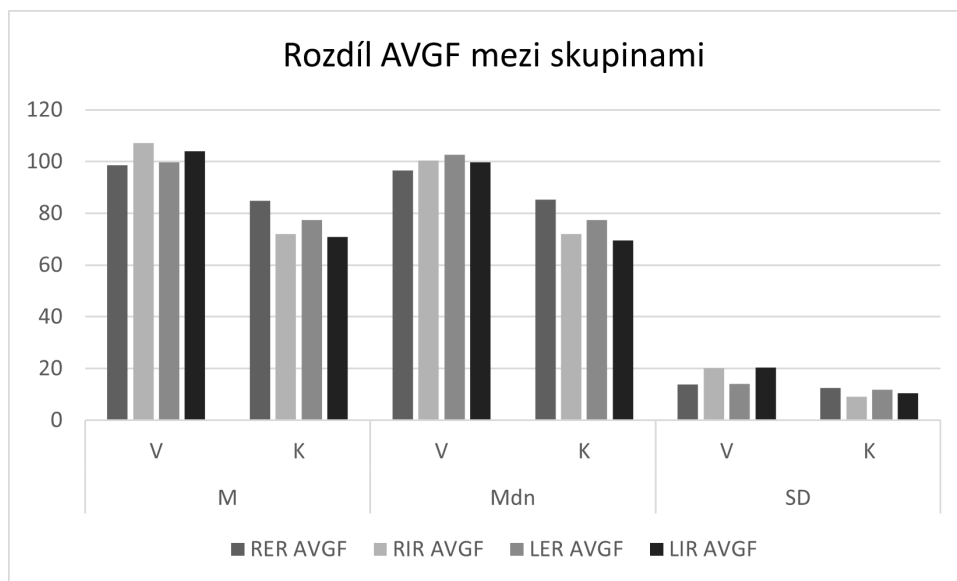
Je rozdíl v naměřených hodnotách průměrné izometrické svalové síly rotátorů ramenního kloubu (AVGF) měřené po dobu 5 sekund do zevní a vnitřní rotace u volejbalistek a kontrolní skupiny na dominantní a nedominantní horní končetině?

Tato výzkumná otázka se zabývá průměrnou silou IK vnitřních a zevních rotátorů dominantní i nedominantní HK u volejbalistek a kontrolní skupiny. Průměrná síly je hodnocena z celkové doby testu, což je 5 s. Zjišťují se rozdíly mezi skupinami. Popisné statistiky vymezují průměry, mediány, směrodatné odchylky (Tabulka 11). Z tabulky jsou viditelné vyšší průměrné hodnoty u volejbalistek oproti kontrolní skupině během rotací dominantní i nedominantní HK, což potvrzuje grafické znázornění (Obrázek 15). Mann Whitney U Test (Tabulka 12) prokázal statisticky významný rozdíl v průměrné síle IK rotátorů ramenního kloubu mezi skupinami.

Tabulka 11. Popisná statistika AVERAGE FORCE

Parametry	N		M		Mdn		SD	
	V	K	V	K	V	K	V	K
RER AVGF	15	15	98,53	84,81	96,60	85,20	13,89	12,52
RIR AVGF	15	15	107,21	72,08	100,40	72,08	20,22	9,12
LER AVGF	15	15	99,81	77,46	102,60	77,50	14,12	11,84
LIR AVGF	15	15	104,01	70,92	99,70	69,45	20,45	10,48

Poznámky: N – počet probandů, V – volejbalistky, K – kontrolní skupina, M – aritmetický průměr, Mdn – medián, SD – směrodatná odchylka, AVGF – average force, R – pravá horní končetina, L – levá horní končetina, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace, hodnoty v Newtonech (N)



Obrázek 15. Rozdíl Average force (AVGF) mezi skupinami v jednotlivých rotacích

Poznámky: V – volejbalistky, K – kontrolní skupina, M – aritmetický průměr, Mdn – medián, SD – směrodatná odchylka, AVGF – average force, R – pravá horní končetina, L – levá horní končetina, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace, hodnoty v Newtonech (N)

Tabulka 12. Stanovení statistické významnosti AVERAGE FORCE

Proměnné	Mann Whitney U Test Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05$				
	Sčt poř. v	Sčt poř. k	U	Z	p-hodn.
RER AVGF	329,5000	135,5000	15,5000	4,00263	0,000063
RIR AVGF	341,0000	124,0000	4,0000	4,47963	0,000007
LER AVGF	315,0000	150,0000	30,0000	3,40120	0,000671
LIR AVGF	334,0000	131,0000	11,0000	4,18928	0,000028

Poznámky: v – volejbalistky (n=15), k – kontrolní skupina (n=15), AVGF – average force, R – pravá horní končetina, L – levá horní končetina, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace, tučně označena statistická významnost $p < 0,05$

5.5 Výzkumná otázka VO5

Jaká je intra-rater a inter-rater reliabilita měření izometrické svalové síly zevních a vnitřních rotátorů ramenního kloubu pomocí ručního dynamometru?

Tato výzkumná otázka se zabývá reliabilitou měření pomocí ručního dynamometru Lafayette Manual Muscle Test Systém. Zahrnutý test-retest byl proveden při měření kontrolní skupiny. V případě intra-rater reliability nás zajímá míra shody mezi měřeními prvního fyzioterapeuta a měřeními druhého fyzioterapeuta a pro vyhodnocení inter-rater reliability, opakovatelnost měření různými hodnotiteli. Čím menší jsou rozdíly mezi jednotlivými měřeními, tím větší je spolehlivost měření.

Vnitřní korelační koeficient (ICC) a standardní chyba měření (SEM) byly použity k popisu spolehlivosti test-retest pro posouzení intra-rater reliability mezi 1. a 2. měřeními jednoho hodnotitele s odpovídajícím 95% intervalem spolehlivosti IC.

Hodnoty ICC mohou být ovlivněny variabilitou skóre mezi jednotlivými subjekty, protože pokud je variabilita mezi subjekty příliš vysoká. SEM však není ovlivněn interindividuální variabilitou. Proto je SEM hlášen ve spojení s ICC pomocí vzorce: $SEM = SD \times \sqrt{1-r}$ (Fieseler et al., 2015). Nakonec byly provedeny jednocestné ANOVA, aby se určilo, zda existují významné rozdíly mezi měřeními.

Dle výsledků se SEM v obou případech liší v podobných rozmezích ($4,39 \pm 0,64$ N). Naproti tomu nejvyšší SEM byla vypočtena u maximální síly vnitřní rotace na nedominantní HK s $5,71$ N (Tabulka 13). Celkově lze výsledky zapsat pro 1. fyzioterapeuta hodnoty ICC od 0,72 do 0,81; SEM 3,93N – 5,41N) a 2. fyzioterapeuta ICC od 0,77 do 0,81; SEM 3,26N – 5,71N), kdy se dosáhlo dle škály Koo a Li (2016) „střední“ až „dobré“ korelace, ale pro zhodnocení reliability jsou to nízké hodnoty, což značí nízkou spolehlivost. Pro intra-rater reliabilitu se indikující přijatelnost je ICC $>0,9$ Schrama et al. (2014).

Výsledky test-retest inter-rater reliability mezi hodnotiteli zobrazuje koeficient korelace, v našem případě Spearmanův koeficient, který ukázal na dobrou korelaci mezi měřeními prvním a druhým fyzioterapeutem. Těsnost vztahu proměnných měření dvou hodnotitelů dosahuje hodnot ρ od 0,6 do 0,8, což značí průměrnou až silnou kladnou korelaci dle Akoglu (2018). Všechny hodnoty v tomto rozmezí korelace jsou statisticky významné na hladině $p < 0,05$ (Tabulka 14) (Tabulka 15). V obou případech se nejedná o nedostatečnou hodnotu reliability.

Tabulka 13. Stanovení statistické významnosti intra-rater reliability

Proměnné	M (SD)		ICC (95% CI)		SEM	
	1 hodnotitel	2 hodnotitel	1 hodnotitel	2 hodnotitel	1 hodnotitel	2 hodnotitel
PF RER	84,8 (12,1)	83,3 (8,9)	0,81	0,80	5,41	3,98
AVGF RER	75,1 (10,1)	73,5 (7,8)	0,80	0,79	4,46	3,60
PF RIR	80,3 (9,5)	81,2 (9,4)	0,77	0,84	4,20	3,76
AVGF RIR	72,1 (8,8)	73,2 (8,7)	0,80	0,86	3,93	3,26
PF LER	86,8 (12,4)	88,9 (12,6)	0,87	0,89	4,47	4,18
AVGF LER	77,5 (11,4)	79,2 (12,0)	0,87	0,81	4,11	5,23
PF LIR	80,6 (11,9)	84,3 (10,8)	0,84	0,72	4,76	5,71
AVGF LIR	70,9 (10,1)	74,8 (10,2)	0,78	0,81*	4,73	4,45

Poznámky: Kontrolní skupina (n=15), M – aritmetický průměr - hodnoty v Newtonech (N), SD – směrodatná odchylka, ICC – interclass correlation coefficient, 95% CI – 95% konfidenční interval koeficientu vnitřní korelace, SEM – standardní chyba měření - hodnoty v Newtonech (N), PF – peak force, TP – time peak, AVGF – average force, R – pravá horní končetina, L – levá horní končetina, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace, (*) označena statistická významnost $p < 0,05$,

Tabulka 14. Stanovení statistické významnosti inter-rater reliability PEAK FORCE

Proměnné		Spearmanovy korelace (PEAK FORCE) ChD vynechány párově Označ. korelace jsou významné na hl. $p < 0,05$							
		1 hodnotitel							
		1 RER	2 RER	1 RIR	2 RIR	1 LER	2 LER	1 LIR	2 LIR
2 hodnotitel	1 RER	0,6	0,2						
	2 RER	0,8	0,7						
	1 RIR			0,6	0,5				
	2 RIR			0,6	0,6				
	1 LER					0,6	0,8		
	2 LER					0,5	0,8		
	1 LIR							0,7	0,3
	2 LIR							0,6	0,4

Poznámky: Kontrolní skupina (n=15), 1 – první měření, 2 – druhé měření, R – pravá horní končetina, L – levá horní končetina, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace, tučně označena statistická významnost $p < 0,05$

Tabulka 15. Stanovení statistické významnosti inter-rater reliability AVGF

Proměnné		Spearmanovy korelace (AVGF) ChD vynechány párově Označ. korelace jsou významné na hl. $p < 0,05$							
		1 hodnotitel							
		1 RER	2 RER	1 RIR	2 RIR	1 LER	2 LER	1 LIR	2 LIR
2 hodnotitel	1 RER	0,5	0,3						
	2 RER	0,7	0,8						
	1 RIR			0,8	0,7				
	2 RIR			0,6	0,7				
	1 LER					0,7	0,8		
	2 LER					0,4	0,8		
	1 LIR							0,7	0,6
	2 LIR							0,8	0,7

Poznámky: Kontrolní skupina (n=15), 1 – první měření, 2 – druhé měření, R – pravá horní končetina, L – levá horní končetina, ER – zevní rotace, IR - vnitřní rotace, tučně označena statistická významnost $p < 0,05$

6 DISKUZE

Jednostranně prováděné pohyby ve volejbale jsou vysoce technicky náročné a vyžadují enormní rozsah pohybu a svalovou sílu v ramenním kloubu. Opakovaná nadměrná zátěž při extrémních sportovních výkonech u hráčů může vést k přetížení tkání, poranění nebo vzniku adaptačních mechanismů v oblasti dominantního ramene. Hodnocení rozsahu pohybu a svalové síly je důležité pro diagnostiku glenohumerálních poruch, jelikož stranová asymetrie může podporovat vznik dysfunkční kinematiky a patologie (Cools et al., 2014; Challoumas et al., 2017).

U volejbalistek a jiných over head sportovců jsou často popisovány rozdíly mezi dominantním a nedominantním ramenním pletencem. Jedná se o změny mobility, svalové síly a svalové dysbalance. V mnoha studiích bylo prokázáno, že hráči a hráčky volejbalu vykazují změněné vzorce rotačního rozsahu pohybu v dominantním rameni, které podporují zvýšenou vnější rotaci a omezenou vnitřní rotaci (Borsa et al., 2008; Cools et al., 2014; Saccol et al., 2016; Keller et al., 2018) Tento fakt potvrzují naše výsledky, kde volejbalistky dosáhly většího rozsahu ER než IR na dominantní HK (viz. Obrázek 12, str. 41)

Deficit GH vnitřní rotace GIRD je faktorem spojeným se zraněním a sníženým sportovním výkonem u over head sportovců. Studie Reesera et al. (2010), Saccola et al. (2016) a Kellera et al. (2018) zjistily, že volejbaloví hráči mají relativně malý deficit GH vnitřní rotace na dominantní straně. Průměrný deficit je přibližně 10°. Dle naměřených hodnot ROM výzkumné skupiny volejbalistek této diplomové práce je nepatrný rozdíl mezi dominantní a nedominantní končetinou průměrně $3^{\circ} \pm 4^{\circ}$. Tyto hodnoty jsou podstatně menší než 20° až 25° uváděné pro jiné over head sportovce. Ve srovnání s baseballovými nadhazovači a tenisty generují volejbaloví hráči menší maximální vnější úhly rotace a produkují znatelně menší vnitřní rotační momenty ramen ve srovnání s hráči baseballu a tenisu, což vede k menšímu namáhání pouzdra a menší retroverzi humeru (Reeser, Fleisig, et al., 2010).

Tyto údaje naznačují, že kinetika útočných úderů a podání může být menší než kinetika tenisu nebo baseballu. Podstatně větší abdukce ramene a horizontální addukce při kontaktu s míčem během volejbalu však mohou být rizikovým faktorem pro subakromiální impingement nebo poškození labra. Proto sportovcům, kteří mají nepohodlí v rameni, kteří se pokoušejí vrátit po zranění nebo kteří si jednoduše přejí snížit riziko zranění ramene z nadměrného používání, může být doporučeno, aby dbali

na dostatečné rozehrání před tréninkem a trénovali útoky mimo rychlost. Pokud volejbalový hráč nemá zvláště účinné skokové podání, může být bezpečnější plachtící podání, které je doporučované při symptomatických obtížích s ramenním kloubem, jelikož není tolik rozsahově a energeticky náročné. Omezením počtu opakování nejnáročnějších dovedností nad hlavou by volejbalisté mohli snížit riziko rozvoje příznaků nadměrného zatížení ramen (Reeser, Fleisig, et al., 2010; Seminati & Minetti, 2013).

U volejbalistů se uvádí, že mají svalovou nerovnováhu síly ramen. Pravidelné hodnocení rotační síly ramene je klinicky důležité z hlediska prevence zranění a rozhodnutí o návratu do hry. Maximální izometrická svalová síla rotátorů ramene lze měřit s využitím hand held dynamometru (HHD), což potvrzuje několik studií zabývajících se hodnocením síly horních končetin a vždy zahrnují alespoň měření IR, případně obou rotací ramenního kloubu (Roy et al., 2009; Schrama et al., 2014; Terol-Sanchis et al., 2021; Trajković et al., 2022).

Studie provedená autory Hadzic et al. (2014) na vzorku 183 asymptomatických profesionálních volejbalistů a volejbalistek, posuzovala existenci asymetrie svalové síly zevní a vnitřní rotace. Hodnocení síly obou rotací bylo provedeno pomocí dynamometru v pozici vsedě s končetinou v 90 ° ABD a loktem v 90 ° FL. Hlavním výsledkem studie bylo zjištění asymetrie síly vnitřní a zevní rotace ve prospěch dominantní končetiny u obou pohlaví s asymetrií v poměru ER/IR. Dominantní rameno vykazovalo větší sílu IR než nedominantní HK. To potvrzuje Wang & Cochrane (2001) kteří udávají, že měli volejbalisté svalovou sílu IR v dominantním rameni výrazně vyšší o 3 – 9 % než nedominantní strana a relativně slabou sílu ER na dominantním rameni oproti nedominantní straně. Dle výsledků výzkumu diplomové práce dosáhly volejbalistky maximální izometrické síly při ER nižší hodnoty ($113,26 \pm 16,1$) než při IR ($121,97 \pm 22,53$), což potvrzuje shodu s předchozími autory, ale v porovnání s nedominantní HK (ER $84,80 \pm 12,52$; IR $80,25 \pm 9,88$) je svalová síla na dominantní paži vyšší v obou rotacích. V porovnání s naměřenými hodnotami ze studie autorů Cools et al. (2016), kteří testovali izometrickou sílu volejbalistek ($n=35$) dosáhly vyšších průměrných hodnot při IR ($107,7 \pm 16,3$) než izometrické kontrakci ER ($103,2 \pm 19,9$) na dominantní HK a totožně s našimi výsledky není poměr tolik výrazný. Stejná studie se zabývala i poměrem ER/IR v několika pozicích pro izometrickou sílu a navíc i poměr mezi excentrickou i izometrickou silou, což udávají jako více přínosné funkční poměr excentrické ER/ koncentrické IR. Jednostranné poměry, vypočítané jako síla vnějších

rotátorů dělená silou vnitřních rotátorů, odhalily, že externí rotátory jsou z 86 % až 99 % stejně silné jako svaly IR. U volejbalistek vyšel poměr intermuskulární síly ER/IR ($D 0,97 \pm 0,12$; $N 0,98 \pm 0,15$), což je téměř totožné s výsledky naměřených hodnot naší výzkumné skupiny volejbalistek, kdy je poměr ER/IR ($D 0,95 \pm 0,17$; $N 0,98 \pm 0,16$) a z výsledků studie je zřejmé, že to není významný poměrový rozdíl (Cools et al., 2016).

Maximální izometrická síla však není základním aspektem volejbalového podání ani útočných úderů, protože se jedná o plně dynamický pohyb, který vyžaduje velkou intra a intermuskulární koordinaci, proto se častěji pro hodnocení svalové síly sportovců využívá izokinetická dynamometrie (Ahmadi et al., 2020; Bagordo et al., 2020; Kim et al., 2020).

Existuje řada způsobů, jak kvantifikovat svalovou výkonnost v klinickém prostředí, včetně manuálního svalového testování, izokinetické dynamometrie a ruční dynamometrie. HHD je alternativou k manuálnímu svalovému testování k objektivnímu zdokumentování svalového výkonu. Ačkoli se HHD běžně používají ve fyzioterapii, existují určité problémy týkající se provedení měření. To se týká síly, která je aplikována na HHD, která opačná k síle generované svalovou kontrakcí. I když se použití HHD doporučuje jako spolehlivý a platný nástroj pro hodnocení síly ramenních svalů v klinickém prostředí, existují otázky ohledně platnosti tohoto nástroje k měření, jelikož jsou výsledky náchylné k chybám, které mohou vyplynout ze síly zkoušejícího, testovací polohy a stabilizace pacienta (Stark et al., 2011).

Kolber & Cleland (2005) provedli revizi literatury o testování HHD a zjistili, že síla testeru a nedostatek adekvátní stabilizace zařízení snižují spolehlivost a validitu nástroje. Tento problém lze ve sportovním prostředí překonat pragmatickým přístupem k upevnění zařízení k pevnému bodu. Toto tvrzení v závěru studie udává i Sung et al., (2019). Připevnění by se potenciálně předešlo problémům s neadekvátní stabilizací a síla hodnotitele by již nehrála roli. Při měření pomocí HHD bylo očekáváno s ohledem na potenciální neschopnost hodnotitele odolat generované síle nebo inhibici na straně účastníka. Ve studii autorů Roy et al. (2009) bylo prokázáno, že síla hodnotitele vede k různým výsledkům při provádění dynamometrických měření. Silnější terapeuti mohou vytvářet větší síly, díky své větší schopnosti odolávat silám, zatímco někteří terapeuti mohou být slabší než jejich pacienti. Ve většině klinických populací by většina terapeutů měla být schopna poskytnout dostatečnou odolnost, aby odpovídala schopnostem pacienta pomocí biomechanických principů. Atletická populace může mít vysokou sílu, dokonce i v poraněném stavu, a proto může být stabilizace pro tento typ

pacientů obtížnější. Tito pacienti jsou často hodnoceni pomocí izokinetické dynamometrie kvůli větší stabilitě a schopnosti hodnotit svalovou výkonnost při různých rychlostech (Roy et al., 2009).

Je také pravděpodobné, že účastníci jsou schopni generovat větší sílu pomocí připevněného ručního dynamometru (MHHD) ve srovnání s HHD, díky vyššímu stupni důvěry s přidanou stabilitou pevného bodu. Bez ohledu na to výsledky Ashall et al. (2021) poskytují důkazy, které naznačují, že HHD a MHHD nelze používat zaměnitelně a že klinici, kteří chtějí určit maximální sílu, by měli používat pevný bod.

Trajković et al. (2022) využívá HHD Easyforce dynamometr speciálně navržený pro pásem stabilizované HHD, což je velmi důležité, protože stabilizace dynamometrů s pásy prokázala lepší spolehlivost a validitu a menší chybovost měření.

Výsledky studie González-Rosalén et al. (2021) podporují stabilizaci tahem připevněním HHD k tělu zkoušejícího, což má vynikající spolehlivost dosaženou pro izometrická měření síly prováděná zkoušejícími s různou manuální silou a v testech s různými hodnotami pevnosti. Kromě toho tato nová metoda představuje lepší shodu mezi vyšetřujícími než držení HHD proti ruce, zejména u testů s hodnotami dosahují více než 200 N. Tato studie je první, která zkoumá spolehlivost HHD připojeného k tělu zkoušejícího. Vnitřní spolehlivost této metody se ukázala jako vynikající ($ICC > 0,998$). Jiné studie se stabilizovaným tahem HHD k pevnému externímu prvku také získaly vysoké ICC a to jak pro testy kyčle a kotníku (ICC se pohybovaly od 0,88 do 0,98) a testy ramen (ICC se pohybovaly od 0,94 až 0,98).

Systematický přehled reliability HHD pro hodnocení síly horních končetin dospěl k závěru, že pouze 48 % zahrnutých studií prokázalo dobrou spolehlivost intra-rater s hraniční hodnotou 0,90 pro ICC (Schrama et al., 2014). V této diplomové práci jsou hodnoty ICC oproti jiným studiím nižší, pro 1. fyzioterapeuta ($ICC = 0,72 - 0,81$; $SEM = 3,93N - 5,41N$) a 2. fyzioterapeuta ($ICC = 0,77 - 0,81$; $SEM = 3,26N - 5,71 N$), což prokazuje střední až dobrou sílu korelace a reliabilita je tedy nízká jelikož jsou výsledky $ICC < 0,90$. V porovnání s výsledky studie Fieseler et al. (2015), kde kontrolní skupina dosahovala ($ICC = 0,96-1,00$, $SEM = 0,00 N-4,48 N$) a hodnotili intra-rater reliabilitu je oproti této diplomové práci měření spolehlivé a standardní chyba měření je nižší.

Při hodnocení ramenního kloubu ve studii Trajković et al. (2022) hodnoty inter-rater spolehlivosti vykazující vynikající relativní spolehlivost ICC (od 0,82 do 0,91) Výsledky jednosměrné ANOVA také ukázaly, že nebyly žádné významné rozdíly mezi hodnotiteli ve všech testech. Jiné výsledky týkající se intra-rater spolehlivosti ukazují

ICC mezi 0,93 až 0,99, což ukazuje na vynikající spolehlivost všech provedených testů, bez ohledu na vyšetřujícího, polohu pacienta nebo polohu ramene (Cools et al., 2014).

Využití dat z měření HHD, by mohlo sloužit v praxi k prevenci dysbalancí, zejména poměru ER/IR rotátorů ramena a GIRD problematice. V příloze 4 jsou ukázky kompenzačních cviků, které jsou zaměřeny na zlepšení rozsahu IR glenohumerálního kloubu, sílu zevních a vnitřních rotátorů se zaměřením na excentrickou práci svalů, sílu lopatkového svalstva, pohyblivost hrudníku a cvičení v propojení kinetických řetězců, což doporučuje řada autorů (Seminati & Minetti, 2013; Kilic et al., 2017; Kim et al., 2020; Cools et al., 2020).

Silový trénink je účinnou metodou k dosažení lepších výkonů horních končetin u mladých sportovců a měl by být součástí tréninkového programu. U overhead sportovců se často využívá posilování v excentrické kontrakci svalů následované po koncentrické kontrakci. Tato důležitá dynamická svalová souhra je velmi efektivní oproti čistě koncentrickému cvičení, jelikož při hodů či úderu je zapotřebí právě excentrická funkce svalů (Pereira et al., 2015; Chaconas et al., 2017). Díky těmto poznatkům a jsou zvolené cviky v příloze 4 zaměřené na odporovanou koncentricko/excentrickou práci rotátorů ramene a možnost využití rytmické stabilizace v různých pozicích ramenního kloubu, což potvrzuje jako účinné v rehabilitaci ramen autor Krupp et al. (2009).

Zlepšení svalové koordinace by také částečně souviselo se specifícností pohybů používaných během plyometrie. Ze studií je zřejmé, že u volejbalistek se zařazuje do tréninkového plánu plyometrické cvičení zaměřené na horní končetiny a jejich rotační složku. Plyometrická cvičení zvyšují schopnost nervového a muskulotendinálního systému produkovat maximální výkon v co nejkratším čase, což je dynamika mezi čistou silou a rychlostí související se sportem. Čím více síly sportovci mají, tím lépe mohou vykonávat specifické úkoly, což může vést k lepšímu výkonu. Proto může být plyometrický trénink vhodnou intervencí pro zlepšení sportovní výkonnosti mladých sportovců při běhu, skákání a házení míčem (Eraslan et al., 2021).

Dle získaných dat lze vyhodnotit důležitost plyometrického cvičení pro dynamické střídání excentrické a koncentrické kontrakce rotátorů ramene a cvičení vybírat nejpodobnější k technice hodů či úderu. Plyometrii využitím PNF (Příloha 4) ve své studii využil Krupp et al. (2009) při postupu rehabilitace při poruchách m. biceps brachii. Při využití rotačních složek PNF je zařazení tohoto cviku vhodné k prevenci či kompenzaci již vzniklých svalových dysbalancí nebo pro návrat po zranění RAK. Dle

doporučení autorů Kiblera & Sciascia (2019) by se měly využívat diagonální a rotační cvičení v tréninku či rehabilitaci sportovců.

Další ukázka plyometrického cviku je dle předlohy studie Werin et al., (2022), kdy byla zvolena pozice pro posílení HSSP společně s plyometrií dominantní HK v nadhozu a chycení míčku. Kombinace cvičení otevřeného a uzavřeného řetězce je nezbytná zejména při házení a úderech (Kibler & Sciascia, 2019).

V systematické přehledu Eraslan et al. (2021) sedm studií prokázalo shodu a zjistili, že plyometrický trénink založený na vrhu zvýšil vrhací kapacity (rychlost vrhu a/nebo vzdálenost) u dospívajících over head atletů ve srovnání s jinými tréninkovými intervencemi (vrhačská desítka, odporový trénink nebo standardní trénink) nebo kontrolní skupinou. Navíc byla kombinace silového tréninku a plyometrického tréninku účinnější při zvyšování vrhacího výkonu ve srovnání se samotným plyometrickým tréninkem.

6.1 Limity výzkumu

Výsledky práce, především pak stupeň intra-rater reliability vyjádřený koeficientem ICC, mohou být do jisté míry negativně ovlivněny skutečností, že byl test opakovaně realizován pouze dvakrát. Dalším limitem práce při stanovení reliability je fakt, že úroveň síly testovaného jedince je značně variabilní při opakovaném měření a může docházet k únavě při více opakování IK. To ztěžuje intraindividuální posuzování změn úrovně síly. Tento limit jsme se pokusili eliminovat pokynem probandkám, aby opakování testu prováděly stejně jako při prvním měření. Měření svalové síly pomocí ruční dynamometrie HHD může být ovlivněno nedostatečnou silou hodnotitele a nedostatečnou stabilizací účastníků a přístroje.

Dále je třeba uznat jako omezení měření pouze asymptomatických jedinců. Budoucí studie by měly zkoumat nejen spolehlivost, ale také odezvu měření a výsledků u pacientů s různými patologickými stavy ramene.

7 ZÁVĚR

Zadáním této diplomové práce bylo zjistit, zda se liší rozsah pohybu a svalová síla izometrické kontrakce zevních a vnitřních rotátorů ramenního kloubu u volejbalistek. Pro měření byl využit ruční dynamometr Lafayette, jakožto nástroj pro objektivní posouzení parametrů. Zajímal nás rozdíl v maximální svalové síle (peak force), čas, kdy bylo dosaženo maximální síly (time peak) a průměrná síla vynaložena po celou dobu testu (average force). Dílčí cíl byl zaměřen na reliabilitu ručního dynamometru pro objektivizaci měření.

Ze získaných výsledků lze vyvodit, že volejbalistky mají prokazatelně větší rozsah pohybu do vnitřní rotace oproti kontrolní skupině a v případě celkového ROM volejbalistky dosahují vyšších hodnot oproti kontrolní skupině.

Výsledky maximální izometrické síly rotátorů ramene prokazují v mezi skupinovém porovnání vyšších dosažených hodnot u volejbalistek v dominantní i nedominantní skupině při ER i IR oproti kontrolní skupině. V případě poměru ER/IR u volejbalistek nebyl zjištěn pomocí Wilcoxonova párového testu a Znaménkového testu žádný statisticky významný rozdíl maximální izometrické síly při unilaterálním srovnání.

Rozdíl v čase, kdy bylo dosaženo maximální izometrické svalové síly mezi skupinami je dle Mann Whitney U Testu prokázána statistická významnost jen při IR nedominantní HK, kdy kontrolní skupina průměrně dosahovala maximální IK až po 3s.

V případě průměrné izometrické síly vykonané po celou dobu testu (5s), jsou z výsledků zřejmé vyšší hodnoty u volejbalistek oproti kontrolní skupině ve všech naměřených parametrech. Statisticky významným rozdílem v průměrné síle IK rotátorů ramenního kloubu mezi skupinami je prokázán Mann Whitney U Testem. Statistická významnost byla uvažována na hladině $p < 0,05$ u všech testů.

Hodnocení intra-rater reliability mezi 1. a 2. měřením v rámci jednoho hodnotitele dosáhl 1. fyzioterapeut hodnoty ICC = 0,72-0,81; SEM = 3,93N–5,41N a 2. fyzioterapeut ICC = 0,77-0,81; SEM = 3,26N–5,71 N. Inter-rater reliability vykazuje těsnost vztahu mezi jednotlivými proměnnými při posouzení dvou hodnotitelů průměrnou až velmi silnou korelací $\rho = 0,6-0,8$; $p < 0,05$. Z hlediska reliability se jedné o neakceptovatelné hodnoty, což lze shrnout jako měření s nízkou reliabilitou.

8 SOUHRN

Opakující se pohyby horních končetin nad úrovní hlavy v extrémních kloubních pozicích vytváří enormní zátěž na svalově kloubní aparát v oblasti ramenního pletence. Důvodem jednostranného zatížení dominantní paže vznikají u volejbalistů různé patologie. Včasná detekce asymetrií je proto důležitou součástí prevence zranění.

Teoretická část obsahuje informace, týkající se funkční anatomie a kineziologie ramenního kloubu se zaměřením na glenohumerální kloub. Biomechanická analýza útočných volejbalových úderů s popisem jednotlivých fází a propojením na svalové řetězce. Dále je zahrnuta incidence zranění ve volejbale s následným zaměřením na ramenní kloub. Zmíněna je také prevence zranění a kompenzace svalových dysbalancí s příklady nejčastěji využívaných cvičení.

Výzkumu se zúčastnilo 15 elitních hráček volejbalu z extraligových týmů VK UP Olomouc a TJ Sokol Šternberk. Průměrný věk hráček byl $21,5 \pm 4,5$ let. Kontrolní skupinu tvořilo 15 studentek FTK UPOL v průměrném věku $24,2 \pm 0,7$ let věnující se rekreačně běžným sportovním aktivitám. Hlavním výzkumným nástrojem byla goniometrie a ruční dynamometrie pomocí HHD Lafayette. Goniometrií byly vyšetřovány a bilaterálně srovnávány naměřené rozsahy pohybu vnitřní a zevní rotace ramenních kloubů. Za použití ručního dynamometru byla měřena izometrická svalová síla vnitřních a zevních rotátorů ramenního kloubu dominantní a nedominantní horní končetiny. Sledované parametry byly maximální izometrická síla, čas pro dosažení maximální izometrické síly a průměrná izometrická síla po celou dobu testu, tj. 5 s

Výsledky ukazují statisticky významné rozdíly ve svalové síle mezi volejbalistkami a kontrolní skupinou, kdy volejbalistky dosahují vždy vyšších hodnot maximální i průměrné izometrické síly rotátorů ramen a rychlejší dosažení maximální izometrické síly oproti kontrolní skupině. Statisticky významný rozdíl byl prokázán ve všech naměřených parametrech u maximální síly a průměrné síly vykonávanou po celou dobu testu. Hladina statistické významnosti byla stanovena na hladině $p < 0,05$ u všech testů.

Intra-rater reliabilita hodnocena pomocí ICC a SEM dosáhl 1. fyzioterapeut hodnoty ICC od 0,72 do 0,81; SEM = 3,93N–5,41N a 2. fyzioterapeut ICC od 0,77 do 0,81; SEM = 3,26N–5,71 N. Inter-rater reliabilita vykazuje těsnost vztahu mezi jednotlivými proměnnými při posouzení dvou hodnotitelů průměrnou až velmi silnou korelací hodnot $\rho = 0,6–0,8$; $p < 0,05$. V obou případech se jedná o nedostatečnou hodnotu reliability měření.

9 SUMMARY

Repetitive motion of the upper limbs above the head in extreme position of a joint puts enormous strain on the musculoskeletal system in the area of the shoulder girdle. Different pathologies appear in the female volleyball players due to the unilateral strain of the dominant arm. Therefore, timely detection of the asymmetry is an important part of injury prevention.

The theory section contains information concerning functional anatomy and kinesiology of the shoulder joint focusing on the glenohumeral joint, the biomechanical analysis of volleyball attack hits with a description of individual phases and link to muscle chains. This will include the incidence of injury in volleyball subsequently focusing on the shoulder joint. There is also mention of injury prevention and muscle imbalance compensation with examples of the most common exercises.

Fifteen elite female volleyball players from the extra-league teams of the Volleyball Club of Palacký University Olomouc and the Sokol Šternberk Gymnastics Club took part in the research. The average age of the players was 21.5 ± 4.5 years. The control group consisted of 15 female students of the Faculty of Physical Culture of Palacký University Olomouc with an average age of 24.2 ± 0.7 years engaged in common recreational sports activities. The main research tool was goniometry and hand-held dynamometry using a Lafayette HHD. Goniometry was used to test and bilaterally measure the range of motion of the internal and external rotation of shoulder joints. The hand-held dynamometer was used to measure the isometric muscle strength of the internal and external rotators of the shoulder joint of the dominant and non-dominant upper limbs. The parameters monitored were the maximal isometric strength, time to reach maximal isometric strength and mean isometric strength throughout the test, i.e. 5 seconds.

The results show the statistically significant differences in muscle strength between the female volleyball players and the control group, when the female volleyball players always reach the highest values and mean isometric strength of shoulder rotators and quicker peak of maximal isometric strength as compared to the control group. The statistically significant difference was shown in all the measured parameters for maximal strength and mean strength exerted throughout the test. The level of statistical significance was set at the level $p < 0.05$ in all tests.

The inter-rater reliability evaluated using ICC and SEM indicated ICC values reached by the first physiotherapist ranging from 0.72 to 0.81; SEM = 3.93N–5.41N and the ICC values of the second physiotherapist ranging from 0.77 to 0.81; SEM = 3.26N–5.71 N. The inter-rater reliability shows the closeness of the relationship between individual variables when assessing two evaluators by a mean to very strong correlation of the values $\rho = 0.6-0.8$; $p < 0.05$. In both cases this is an insufficient value of measured reliability.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Agel, J., Palmieri-Smith, R. M., Dick, R., Wojtys, E. M., & Marshall, S. W. (2007). Descriptive epidemiology of collegiate women's volleyball injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988-1989 through 2003-2004. *Journal of Athletic Training, 42*(2), 295–302.
- Akshay, L. Spiking in Volleyball [Online], [cit. 2021-01-09]. Retrieved from: <https://mind42.com/mindmap/fa4cdd14-2439-43ac-b05b-47d6eb467034?rel=gallery>
- Ahmadi, S., Gutierrez, G. L., & Uchida, M. C. (2020). Correlation between handgrip and isokinetic strength of shoulder muscles in elite sitting volleyball players. *Journal of Bodywork and Movement Therapies, 24*(4), 159–163.
- Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal of Emergency Medicine, 18*(3), 91–93.
- Ashall, A., Dobbin, N., & Thorpe, C. (2021). The concurrent validity and intrarater reliability of a hand-held dynamometer for the assessment of neck strength in semi-professional rugby union players. *Physical Therapy in Sport, 49*, 229–235.
- Bagordo, A., Ciletti, K., Kemp-Smith, K., Simas, V., Climstein, M., & Furness, J. (2020). Isokinetic Dynamometry as a Tool to Predict Shoulder Injury in an Overhead Athlete Population: A Systematic Review. *Sports, 8*(9), 124.
- Baugh, C. M., Weintraub, G. S., Gregory, A. J., Djoko, A., Dompier, T. P., & Kerr, Z. Y. (2018). Descriptive Epidemiology of Injuries Sustained in National Collegiate Athletic Association Men's and Women's Volleyball, 2013-2014 to 2014-2015. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach, 10*(1), 60–69.
- Bere, T., Kruczynski, J., Veintimilla, N., Hamu, Y., & Bahr, R. (2015). Injury risk is low among world-class volleyball players: 4-year data from the FIVB Injury Surveillance System. *British Journal of Sports Medicine, 49*(17), 1132–1137.
- Borsa, P. A., Laudner, K. G., & Sauer, E. L. (2008). Mobility and Stability Adaptations in the Shoulder of the Overhead Athlete. *Sports Medicine, 38*(1), 17–36.
- Buchtel, J. (2017). Trénink dětí a mládeže ve volejbalu. Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum.
- Haník, Z. & Lehnert, M. (2004). Volejbal. Praha: Český volejbalový svaz.
- Císař, V. (c2005). Volejbal: technika a taktika hry : průpravná cvičení. Grada.
- Cools, A. M., De Wilde, L., Van Tongel, A., Ceysens, C., Ryckewaert, R., & Cambier, D. C. (2014). Measuring shoulder external and internal rotation strength and range

- of motion: comprehensive intra-rater and inter-rater reliability study of several testing protocols. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 23(10), 1454–1461.
- Cools, A. M. J., Vanderstukken, F., Vereecken, F., Duprez, M., Heyman, K., Goethals, N., & Johansson, F. (2016). Eccentric and isometric shoulder rotator cuff strength testing using a hand-held dynamometer: reference values for overhead athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 24(12), 3838–3847.
- Cools, A. M., Maenhout, A. G., Vanderstukken, F., Declève, P., Johansson, F. R., & Borms, D. (2020). The challenge of the sporting shoulder: From injury prevention through sport-specific rehabilitation toward return to play. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 101384.
- Cope, T., Wechter, S., Stucky, M., Thomas, C., & Wilhelm, M. (2019). The impact of lumbopelvic control on overhead performance and shoulder injury in overhead athletes: A systematic review. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 14(4), 500–513.
- Čihák, R. (2011). *Anatomie* (Třetí, upravené a doplněné vydání). Praha: Grada.
- Dos Santos, K. B., & Rodacki, A. L. F. (2017). Bilateral balance and ratio of shoulder rotators in strength training practitioners and non-practitioners. *Sport Sciences for Health*, 13(2), 267–271.
- Dylevský, I. (2009). *Funkční anatomie*. Praha: Grada.
- Eraslan, L., Castelein, B., Spanhove, V., Orhan, C., Duzgun, I., & Cools, A. (2021). Effect of Plyometric Training on Sport Performance in Adolescent Overhead Athletes: A Systematic Review. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 13(1), 37–44.
- Escamilla, R. F., & Andrews, J. R. (2009). Shoulder Muscle Recruitment Patterns and Related Biomechanics during Upper Extremity Sports. *Sports Medicine*, 39(7), 569–590.
- Fieseler, G., Molitor, T., Irlenbusch, L., Delank, K.-S., Laudner, K. G., Hermassi, S., & Schwesig, R. (2015). Intrarater reliability of goniometry and hand-held dynamometry for shoulder and elbow examinations in female team handball athletes and asymptomatic volunteers. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 135(12), 1719–1726.
- Forthomme, B., Wiczorek, V., Frisch, A., Crielaard, J.-M., & Croisier, J.-L. (2013). Shoulder Pain among High-Level Volleyball Players and Preseason Features. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(10), 1852–1860.

- González-Rosalén, J., Benítez-Martínez, J. C., Medina-Mirapeix, F., Cuerda-Del Pino, A., Cervelló, A., & Martín-San Agustín, R. (2021). Intra- and Inter-Rater Reliability of Strength Measurements Using a Pull Hand-Held Dynamometer Fixed to the Examiner's Body and Comparison with Push Dynamometry. *Diagnostics*, *11*(7), 1230.
- Gross, J. M., Fetto, J., & Rosen, E. (2015). *Musculoskeletal Examination* (4th ed.). Wiley Blackwell.
- Hadzic, V., Sattler, T., Veselko, M., Markovic, G., & Dervisevic, E. (2014). Strength Asymmetry of the Shoulders in Elite Volleyball Players. *Journal of Athletic Training*, *49*(3), 338–344.
- Hogan, C., Corbett, J.-A., Ashton, S., Perraton, L., Frame, R., & Dakic, J. (2021). Scapular Dyskinesis Is Not an Isolated Risk Factor for Shoulder Injury in Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, *49*(10), 2843–2853.
- Chaconas, E. J., Kolber, M. J., Hanney, W. J., Daugherty, M. L., Wilson, S. H., & Sheets, C. (2017). Shoulder external rotator excentric training versus general shoulder exercise for subacromial pain syndrome: Randomized controlled trial. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *12*(7), 1121–1133.
- Challoumas, D., Stavrou, A., & Dimitrakakis, G. (2017). The volleyball athlete's shoulder: biomechanical adaptations and injury associations. *Sports Biomechanics*, *16*(2), 220–237.
- Chandran, A., Morris, S. N., Lempke, L. B., Boltz, A. J., Robison, H. J., & Collins, C. L. (2021). Epidemiology of Injuries in National Collegiate Athletic Association Women's Volleyball: 2014–2015 Through 2018–2019. *Journal of Athletic Training*, *56*(7), 666–673.
- Idrizovic, K., Gjinovci, B., Sekulic, D., Uljevic, O., João, P. V., Spasic, M., & Sattler, T. (2018). The Effects of 3-Month Skill-Based and Plyometric Conditioning on Fitness Parameters in Junior Female Volleyball Players. *Pediatric Exercise Science*, *30*(3), 353–363.
- Juhan, T., Bolia, I. K., Kang, H. P., Homere, A., Romano, R., Tibone, J. E., Gamradt, S. C., & Weber, A. E. (2021). Injury Epidemiology and Time Lost From Participation in Women's NCAA Division I Indoor Versus Beach Volleyball Players. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, *9*(4), 232596712110045.
- Kanasova, J., Czakova, N., Divinec, L., Veis, A., & Solvesterova, M. (2019). Impact of

- balance exercises on the elimination of functional muscular disorders in volleyball players. *Physical Activity Review*, 7, 152–159.
- Kapandji, A. I. (2007). *The physiology of the joints: The upper limb* (6th ed.). Churchill Livingstone.
- Karagiannakis, D., Athanasopoulos, S., & Mandalidis, D. (2018). Scapular muscles' activity in female volleyball players with scapular asymmetry in the resting position. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 22(3), 580–585.
- Keller, R. A., De Giacomo, A. F., Neumann, J. A., Limpisvasti, O., & Tibone, J. E. (2018). Glenohumeral Internal Rotation Deficit and Risk of Upper Extremity Injury in Overhead Athletes: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 10(2), 125–132.
- Kibler, W. Ben, & Livingston, B. (2001). Closed-Chain Rehabilitation for Upper and Lower Extremities. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 9(6), 412–421.
- Kibler, W. Ben, & Sciascia, A. (2019). Evaluation and Management of Scapular Dyskinesia in Overhead Athletes. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 12(4), 515–526.
- Kilic, O., Maas, M., Verhagen, E., Zwerver, J., & Gouttebauge, V. (2017). Incidence, aetiology and prevention of musculoskeletal injuries in volleyball: A systematic review of the literature. *European Journal of Sport Science*, 17(6), 765–793.
- Kim, D.-K., Park, G., Kuo, L.-T., & Park, W.-H. (2020). Isokinetic Performance of Shoulder External and Internal Rotators of Professional Volleyball Athletes by Different Positions. *Scientific Reports*, 10(1), 8706.
- Kolář, P. (c2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Galén.
- Kolber, M. J., & Cleland, J. A. (2005). Strength testing using hand-held dynamometry. *Physical Therapy Reviews*, 10(2), 99–112.
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163.
- Krupp, R. J., Kevern, M. A., Gaines, M. D., Kotara, S., & Singleton, S. B. (2009). Long Head of the Biceps Tendon Pain: Differential Diagnosis and Treatment. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39(2), 55–70.
- Linek, P., Saulicz, E., Myśliwiec, A., Wójtowicz, M., & Wolny, T. (2016). The Effect of Specific Sling Exercises on the Functional Movement Screen Score in

- Adolescent Volleyball Players: A Preliminary Study. *Journal of Human Kinetics*, 54(1), 83–90.
- McMullen, J., & Uhl, T. L. (2000). A kinetic chain approach for shoulder rehabilitation. *Journal of Athletic Training*, 35(3), 329–337.
- Merolla, G., De Santis, E., Campi, F., Paladini, P., & Porcellini, G. (2010). Infraspinatus scapular retraction test: a reliable and practical method to assess infraspinatus strength in overhead athletes with scapular dyskinesis. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 11(2), 105–110.
- Moradi, M., Hadadnezhad, M., Letafatkar, A., Khosrokiani, Z., & Baker, J. S. (2020). Efficacy of throwing exercise with TheraBand in male volleyball players with shoulder internal rotation deficit: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 21(1), 376.
- Myers, T. W. (2021). *Anatomy Trains: Myofascial Meridians for Manual Therapists and Movement Professionals* (4th ed.). Elsevier.
- Ness, B. M., Tao, H., Javers, D., Thielsen, A., Tvedt, H., Witcher, J., & Zimney, K. (2019). Development of an upper extremity “swing count” and Performance Measures in NCAA Division I Volleyball Players over A COMPETITIVE SEASON. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 14(4), 582–591.
- Paulsen, F., & Waschke, J. (2018). *Sobotta atlas of human anatomy* (16th ed). Elsevier.
- Pereira, A., Costa, A. M., Santos, P., Figueiredo, T., & João, P. V. (2015). Training strategy of explosive strength in young female volleyball players. *Medicina*, 51(2), 126–131.
- Pivalica, D., Marinovic, I., Cukelj, F., Škoric, E., Pivalica, B., & Hrsti, A. (2014). Isokinetic testing of muscle strength of rotator cuff muscles in volleyball players. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 57, e274–e275.
- Reeser, J. C., & Bahr, R. (Eds.). (2017). *Handbook of Sports Medicine and Science*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Reeser, J. C., Fleisig, G. S., Bolt, B., & Ruan, M. (2010). Upper Limb Biomechanics During the Volleyball Serve and Spike. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 2(5), 368–374.
- Reeser, J. C., Gregory, A., Berg, R. L., & Comstock, R. D. (2015). A Comparison of Women’s Collegiate and Girls’ High School Volleyball Injury Data Collected Prospectively Over a 4-Year Period. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 7(6), 504–510.

- Reeser, J. C., Joy, E. A., Porucznik, C. A., Berg, R. L., Colliver, E. B., & Willick, S. E. (2010). Risk Factors for Volleyball-Related Shoulder Pain and Dysfunction. *PM&R*, 2(1), 27–36.
- Reynaud, C. (2011). Coaching volleyball technical and tactical skills. *Human Kinetics*.
- Rokito, A. S., Jobe, F. W., Pink, M. M., Perry, J., & Brault, J. (1998). Electromyographic analysis of shoulder function during the volleyball serve and spike. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 7(3), 256–263.
- Roy, J.-S., MacDermid, J. C., Orton, B., Tran, T., Faber, K. J., Drosdowech, D., & Athwal, G. S. (2009). The Concurrent Validity of a Hand-held versus a Stationary Dynamometer in Testing Isometric Shoulder Strength. *Journal of Hand Therapy*, 22(4), 320–327.
- Saccol, M. F., Almeida, G. P. L., & de Souza, V. L. (2016). Anatomical glenohumeral internal rotation deficit and symmetric rotational strength in male and female young beach volleyball players. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 29, 121–125.
- Sciascia, A., & Cromwell, R. (2012). Kinetic Chain Rehabilitation: A Theoretical Framework. *Rehabilitation Research and Practice*, 2012, 1–9.
- Seminati, E., & Minetti, A. E. (2013). Overuse in volleyball training/practice: A review on shoulder and spine-related injuries. *European Journal of Sport Science*, 13(6), 732–743.
- Shih, Y.-F., & Wang, Y.-C. (2019). Spiking Kinematics in Volleyball Players With Shoulder Pain. *Journal of Athletic Training*, 54(1), 90–98.
- Schrama, P. P. M., Stenneberg, M. S., Lucas, C., & van Trijffel, E. (2014). Intraexaminer Reliability of Hand-Held Dynamometry in the Upper Extremity: A Systematic Review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(12), 2444–2469.
- Silva, A. F., Clemente, F. M., Lima, R., Nikolaidis, P. T., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2019). The Effect of Plyometric Training in Volleyball Players: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(16), 2960.
- Stark, T., Walker, B., Phillips, J. K., Fejer, R., & Beck, R. (2011). Hand-held Dynamometry Correlation With the Gold Standard Isokinetic Dynamometry: A Systematic Review. *PM&R*, 3(5), 472–479.
- Stickley, C. D., Hetzler, R. K., Freemyer, B. G., & Kimura, I. F. (2008). Isokinetic Peak

- Torque Ratios and Shoulder Injury History in Adolescent Female Volleyball Athletes. *Journal of Athletic Training*, 43(6), 571–577.
- Sung, K.-S., Yi, Y. G., & Shin, H.-I. (2019). Reliability and validity of knee extensor strength measurements using a portable dynamometer anchoring system in a supine position. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 20(1), 320.
- Swanik, K. A., Lephart, S. M., Swanik, C. B., Lephart, S. P., Stone, D. A., & Fu, F. H. (2002). The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 11(6), 579–586.
- Terol-Sanchis, M., Elvira-Aranda, C., Gomis-Gomis, M. J., & Pérez-Turpin, J. A. (2021). The Relationship Between Speed and Strength in the Beach Volleyball Serve. *Journal of Human Kinetics*, 80(1), 39–47.
- Tilp, M. (2017). The biomechanics of volleyball. In *Handbook of Sports Medicine and Science* (pp. 29–37). John Wiley & Sons, Ltd.
- Trajković, N., Kozinc, Ž., Smajla, D., & Šarabon, N. (2022). Interrater and Intrarater Reliability of the EasyForce Dynamometer for Assessment of Maximal Shoulder, Knee and Hip Strength. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 12(2).
- Valier, A. R., Averett, R. S., Anderson, B. E., & Welch Bacon, C. E. (2016). The Impact of Adding an Eccentric-Exercise Component to the Rehabilitation Program of Patients With Shoulder Impingement: A Critically Appraised Topic. *Journal of Sport Rehabilitation*, 25(2), 195–201.
- Véle, F. (2006). Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy (*druhé rozšířené a přepracované vydání*). Praha: Triton.
- Vojta, V., & Peters, A. (2010). Vojtův princip: svalové souhry v reflexní lokomoci a motorické ontogenezi. Grada.
- Wang, H. K., & Cochrane, T. (2001). Mobility impairment, muscle imbalance, muscle weakness, scapular asymmetry and shoulder injury in elite volleyball athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(3), 403–410.
- Werin, M., Maenhout, A., Palmans, T., Borms, D., & Cools, A. (2022). Does verbal and tactile feedback change EMG activity in shoulder girdle and trunk muscles during plyometric exercise in overhead athletes with and without shoulder pain? *Physical Therapy in Sport*, 54, 65–73.
- Wilk, K. E., Reinold, M. M., & Andrews, J. R. (2009). *The Athletes Shoulder* (2nd

edition). Elsevier Health Sciences.

- Williamson, P. M., Hanna, P., Momenzadeh, K., Lechtig, A., Okajima, S., Ramappa, A. J., DeAngelis, J. P., & Nazarian, A. (2020). Effect of rotator cuff muscle activation on glenohumeral kinematics: A cadaveric study. *Journal of Biomechanics*, *105*.
- Zahálka, F., Malý, T., Čada, M., & Malá, L. (2011). Kinematická analýza útočného úderu středem sítě ve volejbalu. *Studia Sportiva*, *5*(1), 95–104.
- Zuzgina, O., & Wdowski, M. M. (2019). Asymmetry of dominant and non-dominant shoulders in university level men and women volleyball players. *Human Movement*, *20*(4), 19–27.

11 PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Informovaný souhlas

Příloha 2 Vyjádření Etické komise FTK UP

Příloha 3 Potvrzení o překladu

Příloha 4 Ukázka kompenzace

Příloha 1 Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Jméno účastníka:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

Vedoucí výzkumu: Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.

Název výzkumu: Hodnocení kineziologických a dynamických funkcí ramenního kloubu u elitních hráčů házené, basketbalu a volejbalu.

Adresa pracoviště: Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého v Olomouci, třída Míru 117, 771 11 Olomouc

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Pokud je studie randomizovaná, beru na vědomí pravděpodobnost náhodného zařazení do jednotlivých skupin lišících se léčbou.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. 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. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. S mou účastí ve studii není spojeno poskytnutí žádné odměny.
6. Porozuměl 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:

Místo:

Podpis vyšetřující osoby:

Datum:

Příloha 2 Vyjádření Etické komise FTK UP



Fakulta
tělesné kultury

Vyjádření Etické komise FTK UP

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

Na základě žádosti ze dne 21.1.2021 byl projekt výzkumné práce

autor /hlavní řešitel/: **Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.**
spoluřešitelé **Bc. Lucie Pavlíková, Bc. Gráslová Kristýna, Bc. Závašková Iva**

s názvem **Hodnocení kineziologických a dynamických funkcí ramenního kloubu u elitních hráček házené, basketbalu a volejbalu.**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: **31/2021**

dne: **28. 2. 2021**

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

Řešitelé projektu splnili 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



Potvrzení o vyhotovení překladu

Tímto certifikátem potvrzujeme, že jsme na základě objednávky

paní Kristýny Graslové

vyhotovili odborný překlad CZ-EN abstraktu a souhrnu diplomové práce.
Překlad vyhotovil rodilý mluvčí cílového jazyka.

Za Jazykové centrum Correct:



Mgr. *Helena Samková*

V Brně dne 19. dubna 2022

Jazykové centrum Correct
Kozi 2, 602 00 Brno

info@jc-correct.com
+420 777 99 66 90





IČO 01463951
DIČ CZ01463951

DS ngzsg23
ČÚ 2700388973/2010

www.jc-correct.com

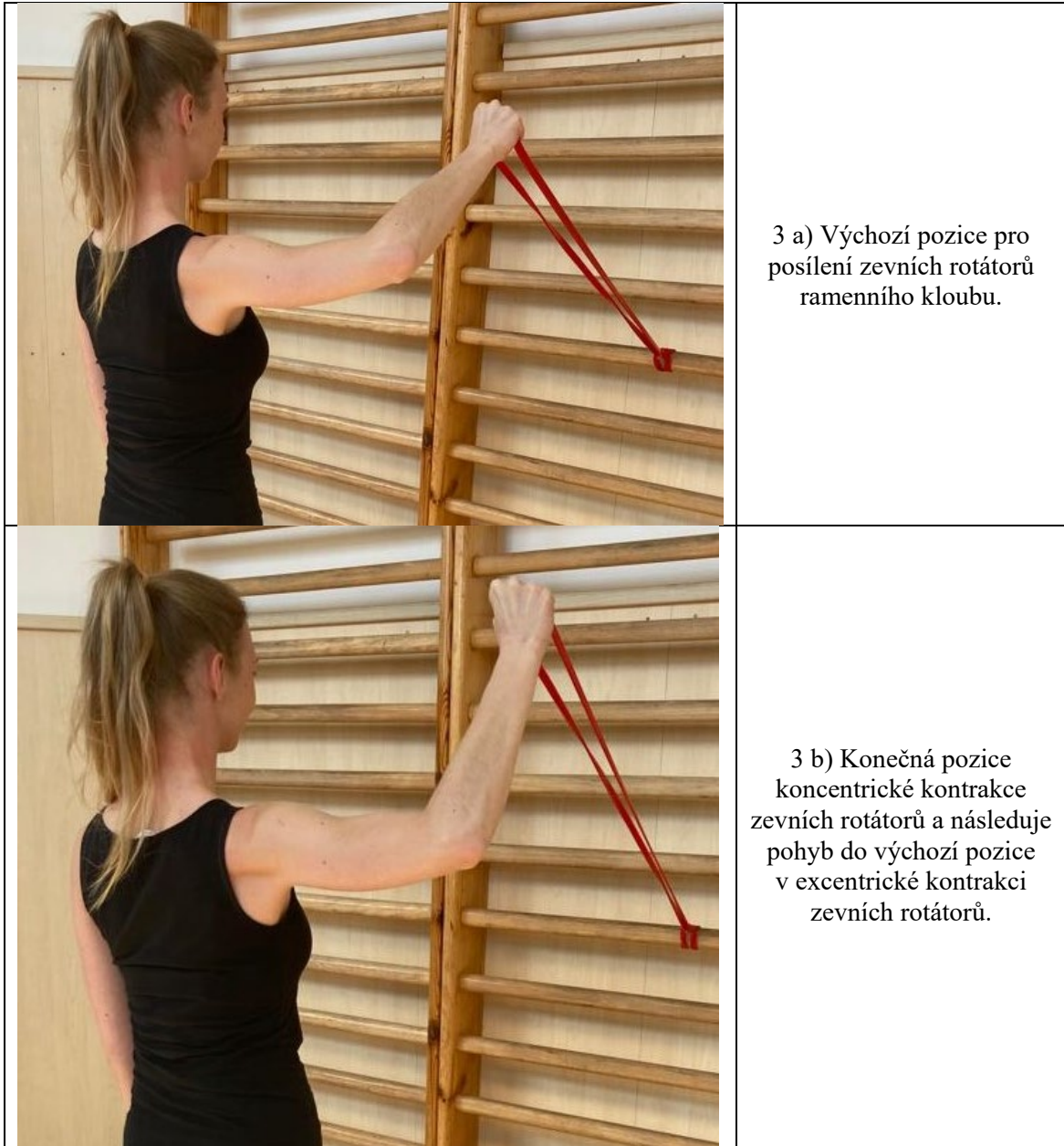
Příloha 4 Ukázka kompenzace

Stabilizační cvičení s odporem

	<p>1 a) Výchozí pozice pro koncentrické a excentrické cvičení rotátorů v ramenním kloubu.</p>
	<p>1 b) Konečná pozice koncentrické kontrakce zevních rotátorů. Následuje fáze zpětná do výchozí pozice, kdy je pohyb prováděn v excentrické kontrakci zevních rotátorů.</p>
	<p>2 a) Výchozí pozice pro posílení vnitřních rotátorů ramenního kloubu.</p>
	<p>2 b) Konečná pozice koncentrické kontrakce VR a následuje pohyb do výchozí pozice s důrazem na excentrickou práci vnitřních rotátorů ramenního kloubu.</p>

Příloha 4 Ukázka kompenzace




Stabilizační cvičení s odporem



Pozn. Při pomalém provedení obou rotací, lze provést všechna zobrazená cvičení na aktivaci a posílení zevních i vnitřních rotátorů v excentrické i koncentrické aktivitě. V jakékoliv fázi pohybu lze provést rytmickou stabilizaci střídáním rotačních pohybů či za pomoci druhé osoby, která bude při stabilizovaném rameni cvičence rytmicky vychylovat HK do rotací v ramenním kloubu.




Příloha 4 Ukázka kompenzace

Plyometrie s propojení trupové stabilizace

	<p>a) Výchozí pozice z pozice na čtyřech a následným odlehčením kontralaterálních končetin. V ruce, kde bude prováděna plyometrie je držen míček či malý medicinbal.</p>
	<p>b) Nadhození míčku s pohybem do zevní rotace v rameni.</p>
	<p>c) Fáze chytnutí míčku ve vnitřní rotaci v ramenním kloubu. Následuje opět zevní rotace a nadhození míčku rytmicky se opakující.</p>

Příloha 4 Ukázka kompenzace

Plyometrie s využitím PNF

		<p>a) Výchozí pozice je ve vysokém kleku. Cvičení začíná fází chycení míčku či malého medicinbalu, který je hozen přes rameno druhou osobou.</p>
		<p>b) Fáze zpomalení chycení letícího míčku ve 2 diagonále extenčního vzoru dle PNF propojeno s mírnou rotací trupu.</p>
		<p>c) Fáze 2. diagonály flekčního vzoru dle PNF končící odhozením míčku druhé osobě, která ho vzápětí hází zpět pro opakování cviku.</p>