UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020 **Hoppeová Andrea**

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Izokinetická síla rotace v ramenním kloubu elitních českých volejbalistek

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Mgr. Michal Šteffl, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:

Mgr. Mikuláš Hank

Vypracovala:

Andrea Hoppeová

Praha, 2020

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

V Praze, dne …… …….

podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu práce, doc. Mgr. Michalovi Štefflovi, Ph.D. a také konzultantovi Mgr. Mikulášovi Hankovi za vstřícnost, trpělivost a cenné rady při konzultacích, které mi byly poskytnuty.

Abstrakt

Název: Izokinetická síla rotace v ramenním kloubu elitních českých volejbalistek

Cíle: Cílem této práce je evaluovat a komparovat výsledky měření interní a externí rotace v ramenním kloubu u elitních volejbalových hráček věkových kategorií „ženy“ a „juniorky U18“.

Metodika práce: Měření se zúčastnily hráčky reprezentačních družstev „juniorky U18“ a „Ženy“. Parametry izokinetické síly byly měřeny pomocí izokinetického dynamometru Cybex Humac Norm (Cybex NORM ®, Humac, CA, USA). Hodnocena byla maximální síla interní a externí rotace v ramenním kloubu. Měření svalové síly probíhalo při úhlové rychlosti 60°/s a horní končetina byla v 90° abdukci. Deskriptivní statistické údaje o výsledku testování byly zaznamenány a vyhodnoceny pomocí softwaru Excel (Microsoft, USA). Statistické zpracování dat bylo provedeno na úrovni komparace průměrů a procentuálních rozdílů mezi jednotlivými kategoriemi výsledků.

Výsledky: Empirická komparace deskriptivní statistiky ukazuje, že skupina Ženy disponuje větší svalovou silou než skupina juniorky U18. Naopak skupina Juniorky má vyrovnanější výsledky, jak mezi dominantní a nedominantní končetinou, tak mezi interní a externí rotací. Naměřená síla rotace u skupiny Ženy vykazuje větší svalovou nerovnováhu. Při porovnání dostáhla interní rotace vždy vyšších hodnot než externí rotace. Maximálně naměřené síly dosáhla skupina Ženy i skupina Juniorky v interní rotaci u dominantní končetiny. Při srovnání svalové síly skupina juniorky U18 dosahuje při testování dominantní končetiny v interní rotaci 69 % a v externí rotaci 81 % svalové síly oproti skupině Ženy. V případě nedominantní končetiny dosahují v interní rotaci 84 % a v externí rotaci 91% svalové síly oproti skupině Ženy.

Klíčová slova: interní a externí rotace, rameno, dynamometrie, volejbal

Abstract

Title: Isokinetic strength of shoulder rotation in elite Czech female volleyball players

Objectives: The main goal was to evaluate and compare the results of measuring internal and external rotation in the shoulder joint of elite volleyball players of the age categories „Women“ and „Juniors U18“.

Method: The players of the national teams "Juniors U18" and "Women" took part in the measurement. Isokinetic strength parameters were measured using a Cybex Humac Norm isokinetic dynamometer (Cybex NORM®, Humac, CA, USA). The maximum strength of internal and external rotation of the shoulder joint was evaluated. Muscle strength was measured at an angular velocity of 60 °/s and the upper limb was abducted at 90°. Descriptive statistics on the test result were calculated and evaluated using the Excel software (Microsoft, USA). Statistical data processing was performed at the level of comparison of averages and percentage differences between individual categories of results.

Results: The results show that the Women group had higher strength than the U18 Junior group. On the contrary, the U18 Junior group had more balanced results, both between the dominant and non-dominant limb and between internal and external rotation. The measured strength of rotation in Women shown a greater muscle imbalance. In comparison, the internal rotation reached higher values than the external rotation in any measurements. A group of Women as well as a group of Juniors reached the maximum strength in internal rotation of the dominant limb. When comparing muscle strength, the U18 Junior group achieved 69% of the muscle strength in the internal rotation and 81% of the external rotation when testing the dominant limb compared to the female group. In the case of a non-dominant limb, U18 Junior group achieved 84% in internal rotation and 91% in external rotation compared to a group of Women.

Keywords: Internal and external rotation, shoulder, dynamometry, volleyball

Obsah

1 Úvod 9

2 Teoretická část 10

2.1 Charakteristika sportovní hry volejbal 10

2.2 Rotace v ramenním kloubu 11

2.2.1 Anatomie ramenního kloubu 12

2.2.1 Pohyby 14

2.2.2 Svaly ramene 15

2.3 Svalová síla 18

2.3.1 Koncentrická a excentrická kontrakce 20

2.3.2 Izokinetická, izotonická, izometrická síla 20

2.4 Izokinetická dynamometrie 21

2.4.1 Historie 23

2.5 Izokinetické měření ve sportu 23

2.5.1 Fotbal 24

2.5.2 Házená 24

2.5.3 Baseball 25

2.5.4 Tenis 25

2.5.5 Plavání 26

2.5.6 Volejbal 26

3 Výzkumná část 28

3.1 Cíl práce 28

3.2 Úkoly práce 28

3.3 Výzkumné otázky 28

4 Metodika práce 29

4.1 Charakteristika výzkumného souboru 29

4.2 Metody sběru dat 29

4.3 Statistické zpracování dat 30

5 Výsledky 31

6 Diskuse 35

Závěr 41

Seznam literatury 42

Seznam obrázků 45

Seznam tabulek 46

1 Úvod

Jako téma bakalářské práce jsem si zvolila měření izokinetické síly rotace v ramenním kloubu u elitních českých volejbalistek. Toto téma jsem si vybrala, protože již od dětství hraji volejbal a zajímám se o něj. Chtěla jsem alespoň na jednu jeho část nahlédnout z jiného pohledu. Chci se dozvědět více o fungování ramenního kloubu, který je při volejbale nepostradatelný. Velmi na něm závisí základní herní dovednosti, jako jsou podání a smečování. Měření izokinetické síly je možné využít při vytváření tréninkových nebo rehabilitační plánů, proto mohou být tato data tak užitečná.

Volejbal je sportovní hrou, která je rozšířená po celém světě. Hraje se ve školní tělesné výchově, rekreačně nebo také na elitní úrovni. Rekreační úroveň je zaměřená na dobrovolnou činnost, konanou výhradně pro potěšení. Vrcholová a výkonnostní úroveň se soustředí více na výsledky zápasů a soutěží. Tím, že je zaměřená převážně na výsledky, jsou na hráče kladeny vyšší nároky na techniku, ale také na fyzickou vybavenost. Aspektem, kterým se v práci budu zabývat, je svalová síla v ramenním kloubu.

Cílem této práce je zhodnotit a porovnat výsledky měření interní a externí rotace v ramenním kloubu u elitních volejbalových hráček. Tyto hráčky jsou členy juniorské a seniorské reprezentace. K měření budu využívat izokinetický dynamometr Cybex Humac Norm (Cybex NORM ®, Humac, CA, USA).

V teoretické části bakalářské práce se zaměřím na stručný popis sportovní hry volejbalu a poté na pohyby v ramenním kloubu. Následovat bude charakteristika ramenního kloubu z hlediska anatomie, zde popíšu jednotlivé svaly podílející se na pohybu při interní a externí rotaci. Dále mě bude zajímat svalová síla a její dělení, ze kterého se přesunu k izokinetické síle. Charakterizuji, v jakých sportech se využívá izokinetické dynamometrie a na závěr se zaměřím na měření izokinetické dynamometrie ve volejbalu. Ve výzkumné části zmíním cíle práce, stručně charakterizuji metody sběru dat, které byly využity, a v neposlední řadě vyhodnotím naměřené výsledky.

2 Teoretická část

2.1 Charakteristika sportovní hry volejbal

Volejbal se řadí mezi jeden z nejrozšířenějších sportů jak u nás, tak ve světě. Jedná se o míčovou hru nekontaktního charakteru. Výhodou je možnost hrát volejbal v jakémkoli věku a také na jakékoli herní úrovni, konkrétně na vrcholové, výkonnostní nebo rekreační. Rekreační úroveň je orientovaná na činnost dobrovolnou, konanou výhradně pro potěšení. Vrcholová a výkonnostní úroveň se soustředí více na výsledky zápasů a soutěží. Ve vrcholových a výkonnostních soutěžích hrají buď ženské, nebo mužské týmy. Tím, že je tento sport nekontaktní, se výrazně snižuje riziko zranění, a proto je možné hrát rekreačně také ve smíšených týmech. Jedinou kontaktní zónou může být prostor u sítě, kde dochází k soubojům o míč. Jde tedy o síťový sport, jelikož hřiště je rozdělené na dvě stejné poloviny sítí. Obdélníkové hřiště je rozděleno sítí na dva stejně velké čtverce o velikosti 9 x 9 m. Výška sítě i vyznačení hřiště je dáno pravidly (Císař, 2005).

Cílem hry je dopravit míč přes síť soupeřovi do hřiště tak, aby došlo ke kontaktu míče se zemí. Tím získává druhý tým bod. Hra není nijak omezena časem a je rozdělená pouze na sety. Vítězný set získává to družstvo, které dosáhne 25 bodů s dvoubodovým rozdílem, pokud stav bude 25:24, tak hra stále nekončí. Hra končí ve chvíli dvoubodového vedení například 28:26. U volejbalu tedy není možné dosáhnout nerozhodného výsledku. V případě oficiálních soutěží se hraje na tři vítězné sety. V případě mladších kategorií se hraje pouze na dva vítězné sety. V případě nerozhodného výsledku 2:2 na sety se hraje poslední pátý zkrácený set do patnácti bodů (Císař, 2005).

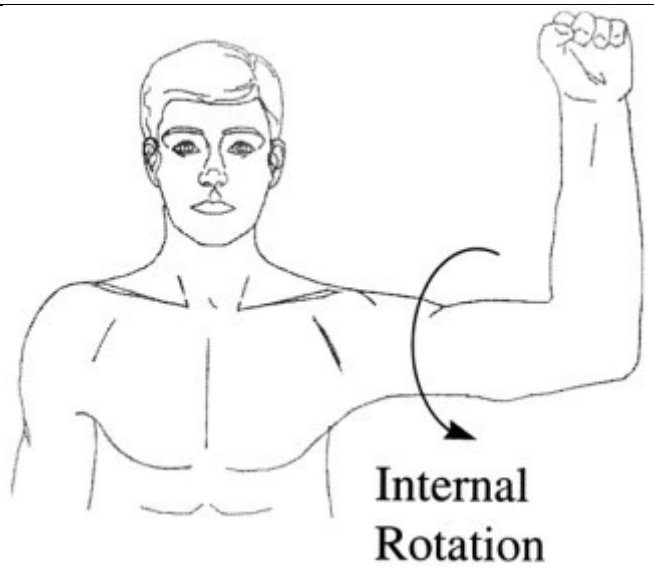
Charakteristické pro volejbal jsou různorodé výměny, mají jinou délku a také intenzitu. Po každé výměně přichází přerušení, což klade velký důraz na následné soustředění se v nadcházející rozehře a také na psychickou odolnost. Volejbal je považován za komplexní hru, kde je velmi důležitá koordinace pohybu při jednotlivých herních činnostech.

Volejbal i jiné pohybové aktivity či sportovní hry mohou být využity jako součást léčby, zvyšování tělesné kondice, posilování psychické odolnosti a jsou využívány v rámci povinného vzdělávání. Volejbal také nabízí možnost navázání společenských vztahů a sociálního zařazení (Kaplan, 1999).

2.2 Rotace v ramenním kloubu

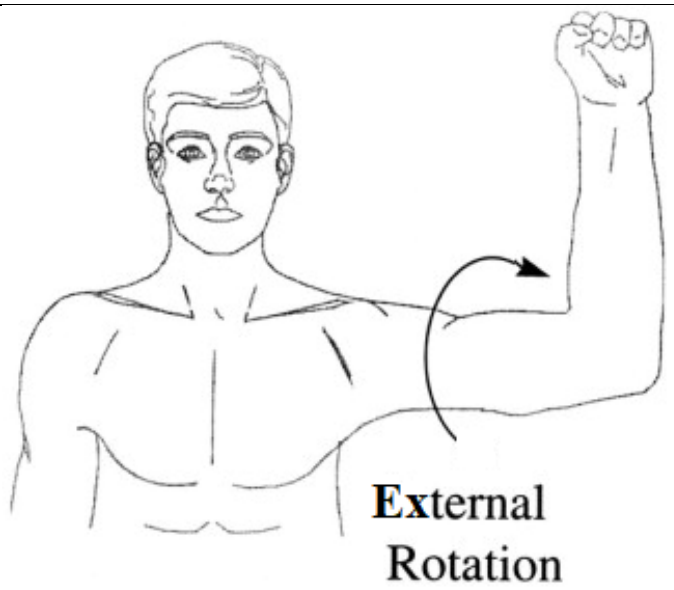
Pohybem v ramenním kloubu, kterým se budu zabývat, je rotace. Můžeme ji rozdělit na vnitřní neboli interní a vnější (zevní) neboli externí. Rotace lze provádět v horizontální i vertikální rovině. Při rotačním pohybu je v pohybu i lopatka. Při jejím zapojení je rozsah jednotlivých rotací kolem 40° - 45° (Čihák, 2001; Véle, 1997). Při pohybu ramene do vnější rotace se lopatka zasune nebo se přitáhne k tělu. V případě vnitřní rotace ramene má lopatka tendenci se odtáhnout, vzdálit od těla.

Vnitřní rotace je rotace končetiny v kloubu směrem k ose těla. Hlavní svaly podporující interní rotaci jsou: m. subscapularis, m. latissimus dorsi, m. terres major m. pectoralis major.



Obrázek 1 - Vnitřní rotace v ramenním kloubu (Chang et al., 2000)

Externí rotace je rotace končetiny v kloubu směrem od středu těla. Svaly vykonávající externí rotaci jsou: infraspinatus, teres minor, m. supraspinatus.



Obrázek 2 - Vnější rotace ramenního kloubu (upraveno podle Chang et al, 2000)

2.2.1 Anatomie ramenního kloubu

Před tím, než popíšeme druhy rotací v kloubu, zmíním základní informace z anatomie. Kloub je spojení dvou nebo více kostí. V místě dotyku jsou kosti pokryté chrupavkou a celé skloubení pokrývá kloubní pouzdro. Dutinu okolo kloubu vyplňuje synoviální tekutina, která napomáhá mechanické odolnosti kloubu. Klouby lze dělit podle typu nebo tvaru. Podle typu se dělí na jednoduché a složené, ty jednoduché jsou charakteristické spojením dvou kostí (příkladem může být ramenní či kyčelní kloub), u složených se stýkají více než dvě kosti (příkladem může být kolenní, loketní kloub nebo zápěstní kloub). Podle tvaru dělí následovně Hudák a Kachlík 2017:

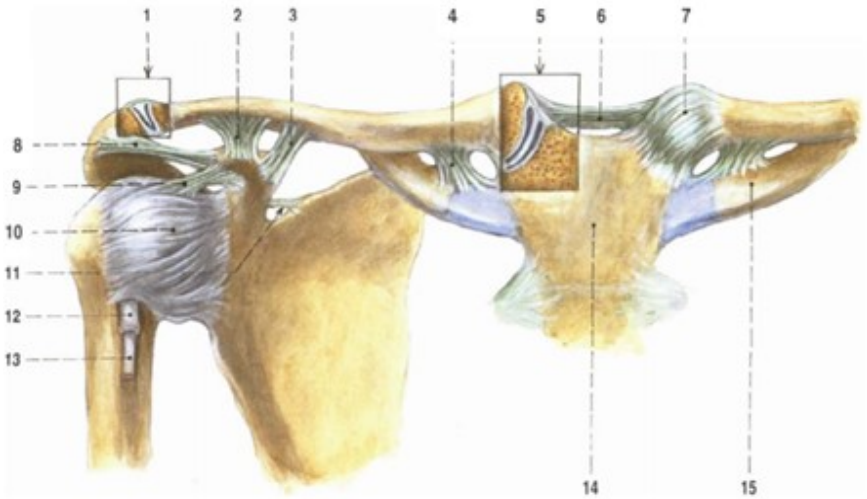
1. Kulový – hlavice i jamka jsou částí povrchu koule, umožňují pohyb do všech směrů. (ramenní, kyčelní kloub)
    a. Volný – plocha jamky je menší než hlavice, umožňuje velký rozsah
    b. Omezený – jamka je hluboká, omezuje pohyb
2. Vejčitý/ elipsový – má tvar elipsy (zápěstní kloub)
3. Sedlový – plochy jsou ve tvaru sedla

4. Válcový – styčné plochy jsou částí válce, pohyb je umožněn jen v ose
    a. Veřejový – osa pohybu je kolmá k podélné ose kosti
    b. Kolový – má tvar nízkého válce, osa otáčení je shodná s podélnou osou kosti
5. Dvojhrbolový – hlavici tvoří dva kondyly v jednom kloubu nebo dva kondyly ve funkčním spojení dvou kloubů
6. Plochý – styčné plochy jsou téměř rovné, při pohybu se po sobě posouvají, má silné vazy, které omezují v pohybu

Horní končetina je zavěšena nad horní částí hrudního koše a zajišťuje pohyblivou strukturu pro paži. Umožňuje tak širokou škálu pohybu. Spojení s hrudním košem probíhá přes klíčkohrudní kloub (articulatio starnoclavicularis) na klíční kost (clavicula), která je dále spojena s lopatkou (scapula) přes nadpažkoklíčkový kloub (articulatio acromioclavicularis). Klíčkohrudní kloub je kulového typu a umožňuje pohyby ve všech směrech, ale ve velmi malém rozsahu a nadpažkoklíčkový kloub je plochého typu (Dimon, 2017).

Ramenní kloub je nejpohyblivějším kloubem lidského těla a umožňuje pohyby paže do všech směrů. Jedná se o jednoduchý kulový kloub volný. Tvoří ho velká hlavice pažní kosti (caput humeri) a kloubní jamka (cavitas glenoidalis scapulae), která zakrývá pouze kolem 25-30 % kloubní plochy hlavice. Jelikož kloub není sám o sobě stoprocentně stabilní, musí spoléhat na svůj stabilizační aparát (Gallo, 2011).

Latinsky ligamenta neboli vazy jsou jedny ze struktur, které zajišťují, zpevňují a zesilují kloub, ale zároveň i omezují jeho pohyb proto, aby nedošlo k nežádoucímu pohybu. Jsou tvořeny pojivovou tkání, kterou tvoří hlavně bílkovinný kolagen a dále elastin, který dává vazům pružnost. Čihák, 2001 rozděluje vazy následovně: … *jsou buď zabudovány v pouzdru – ligamenta capsularia, nebo se k povrchu kloubu přikládají a jsou od pouzdra odděleny vazivem – ligamenta extracapsularia. V některých případech jsou vazy uvnitř kloubu – ligamenta intracapsularia.*



Obrázek 3 – Spojení pletence horní končetiny a kloub ramenní (Čihák 2001):

1 frontální řez akromioklavikulárním kloubem
2, 3 ligamentum coracoclaviculare
2 ligamentum trapezioideum
3 ligamentum conoideum
4 ligamentum costoclaviculare
5 frontální řez sternoklavikulárním kloubem
6 ligamentum interclaviculare
7 ligamentum sternoclaviculare anterius
8 ligamentum coracoacromiale
9 ligamentum coracohumerale
10 pouzdro ramenního kloubu
11 ligamentum transversum scapulae superius
12 výchlipka synoviální membrány podél šlachy dlouhé hlavy m. biceps brachii
13 šlacha dlouhé hlavy m. biceps brachii
14 manubrium sterni
15 první žebro

2.2.1 Pohyby

Mezi hlavní pohyby, které ramenní kloub povoluje, patří flexe (ventrální flexe) neboli ohnutí dopředu/předpažení, které lze provést v rozsahu 0-90°, opačným pohybem je extenze (dorzální flexe) neboli zapažení/propnutí/ohnutí dozadu v možném rozsahu 0-50°. Další dva pohyby jsou abdukce a addukce. Abdukce – upažení je pohyb odtažení

do strany v rozsahu 0-90° a addukce – připažení/přitažení do středu nebo přes střed v rozsahu 0-50°. Poslední dva hlavní pohyby jsou pohyby rotační v rozmezí 0-90°. Vnější a vnitřní rotace je podle Hudáka a Kachlíka 2017: *pohyb kolem osy jdoucí souběžně s osou otáčející se kosti.*

2.2.2 Svaly ramene

Jak již bylo zmíněno ramenní kloub má velmi mělkou jamku oproti hlavici humeru, proto je pro správnou stabilitu kloubu důležitá rotátorová manžeta. Jedná se o svaly, které tvoří manžetu neboli rukáv okolo ramenního kloubu (Hudák a Kachlík, 2017).

"The shoulder and its rotator cuff are perhaps the most dificult of all joints and muscle groups to evaluate in the base ball pitcher because of the number of important structures located in such a small area, the poorly understood bie mechanical demands placed on these structures during the different phases of the act of overhead accvhation and deceleration, and the ability to predict excessive wear and tear on these structures" Clancy (1979).

Rotátorová manžeta se skládá ze čtyř svalů, které pomáhají při rotaci a stabilizují ramenní kloub. Patří tam:

Nadhřebenový sval (musculus supraspinatus) začíná z hluboké jámy (fossa supraspinata) na zadní straně lopatky a upíná se na velký hrbolek pažní kosti. Nadhřebenový sval pomáhá při abdukci paže a zevní rotaci.

Podhřebenový sval (musculus infraspinatus) vyplňuje podhřebenovou jámu (fossa infraspinata) na zadní straně lopatky, dále se zužuje a upíná se ze zadní strany na velký hrbolek pažní kosti. Jeho funkcí je zevní rotace ramenního kloubu.

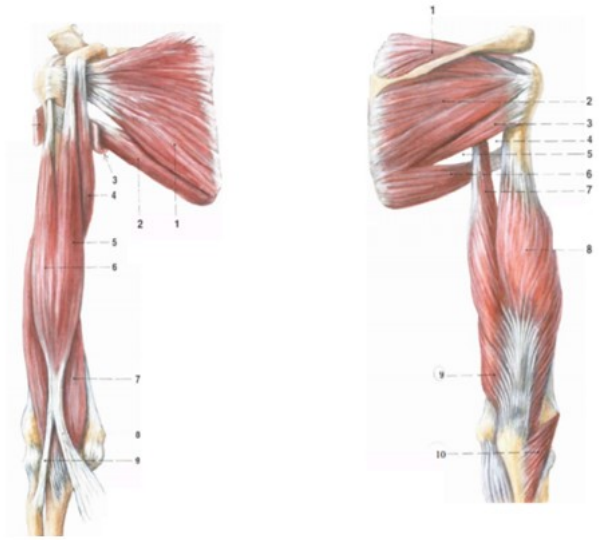
Malý oblý sval (musculus teres minor) je nejmenším svalem manžety a vede pod prvními dvěma zmíněnými svaly a začíná na vnějším okraji lopatky a vede opět k hlavici humeru. Společně s podhřebenovým svalem zajišťuje zevní rotaci.

Podlopatkový sval (muscuus subscapularis) je posledním svalem rotátorové manžety. Pokrývá celou přední plochu lopatky, postupně se zužuje a upíná se na malý hrbolek pažní kosti. Jeho funkcí je vnitřní rotace humeru (Dimon, 2017; Čihák 2001).

Svaly obklopující ramenní kloub a lopatku jsou:

Deltový sval dostal jméno podle tvaru, kterým připomíná písmeno řecké abecedy delta. Pokrývá vrchol ramene, má tři části, první část začíná na vnější třetině klíční kosti (clavicula), druhá začíná na nadpažku (acromion) a třetí začíná na hřebeni lopatky (spina scapulae). Tyto tři úpony se spojují a upínají se na vnější straně pažní kosti (humeru) téměř v její polovině. Jeho hlavní funkcí je abdukce (odtahování) – upažení, předpažení a zapažení, jeho přední část pomáhá také při vnitřní rotaci paže a zadní část pomáhá při vnější rotaci (Čihák, 2001).

Velký oblý sval (musculus teres major) vede od dolní části lopatky z margo lateralis (vnější spodní strana lopatky) k zadní straně pažní kosti. Provádí vnitřní rotaci paže a jeho další funkcí je připažení (Čihák, 2001).



Obrázek 4 - Svaly lopatkové (Čihák, 2001):

Přední strana:	*Zadní strana:*
1 m. subscapularis	*1 m. supraspinatus*
2 m. teres major	*2 m. infraspinatus*
3 úponová část m. latissimus dorsi	*3 m. teres minor*
4 m. coracobrachialis	*4 foramen humerotricipitale*
5 m. biceps brachii, caput breve	*5 foramen omotricipitale*
6 m. biceps brachii, caput longum	*6 m. teres major*
7 m. brachialis	*7 m. triceps brachii, caput longum*
8 aponcurosis musculi bicipitis brachii (lacertus fibrosus)	*8 m. triceps brachii, caput laterale*
9 tendo musculi bicipitis brachii – hlavní úponová šlacha svalu	*9 m. triceps brachii, caput mediale*
10 úponová část m. pectoralis major	*10 m. anconeus*

Další svaly ovlivňující hybnost lopatky a paže:

Kápový sval (musculus trapezius) je plochý sval, který spojuje hlavu s páteří a horní končetinou. Horní část svalu působí elevaci na lopatku a ramenní pletenec, střední část provádí addukci lopatek (stažení lopatek), dolní část působí, stahuje dolu lopatku a pletenec ramenní, tedy provádí depresi. Při poškození dochází ke změnám postavení lopatky, ovlivňuje také šíji a obecně celou horní část těla, neboť tvoří řetězec mezi hlavou, horní končetinou, krční a hrudní páteří.

Malý a velký routový sval (musculus romboideus major, minor) spojují lopatku s hrudní a krční páteří. Jejich funkcí je přitahovat lopatku k páteři.

Zdvihač lopatky (musculu levator scapulae) začíná na výběžcích krční páteře a upíná se na horní okraj lopatky. Sval je hodně namáhán při nošení těžkých břemen. Jeho oslabení mění postavení lopatky.

Přední pilovitý sval (musculus serratus anterior) spojuje žebra s lopatkou a jeho hlavní funkcí je podpora při stabilizaci lopatky, také provádí addukci lopatky.

Malý prsní sval (musculus pectoralis minor) začíná na třetím, čtvrté a pátém žebru a vede vzhůru na zobákovitý výběžek lopatky (procesus coracoideus). Při zkrácení dochází k zúžení ramen, dostávají se tedy do protrakce.

Podklíčkový sval (musculus subclavius) se upíná na první žebro a vede na vrchní část klíční kosti. Jeho funkcí je tah klíční kosti směrem dolů, tedy kaudálně.

Široký zádový sval (musculus latissimus dorsi) spojuje hrudí páteř Th9 – Th12 s lopatkou a humerem. Pomáhá při addukci a vnitřní rotaci.

Velký prsní sval (musculus pectoralis major) rozpíná se od poloviny klíční kosti a upíná se na hrudní kost s chrupavkami pravých žeber. Jeho funkcí je například flexe, addukce, vnitřní rotace.

Nadpažní sval (musculus caracobrachialis) nachází se na zobákovitém výběžku lopatky (procesus corcoideus) a upíná se na tělo pažní kosti. Podporuje vnitřní i vnější rotaci, addukci nebo flexi.

Všechny výše zmíněné svaly ovlivňují postavení lopatky, která úzce souvisí s pohybem paže (Véle, 1997). Svaly zad a paže se aktivně podílí na pohybu ramenního kloubu (Čihák, 2001).

Tabulka 1 Přehled svalů působících v ramenním kloubu při interní a externí rotaci

Vnitřní rotace	Vnější rotace
m. subscapularis	m. supraspinatus
m. teres major	m. infraspinatus
m. latissimus dorsi	m. teres minor
(m. deltoideus – přední část)	(m. deltoideus – zadní část)

2.3 Svalová síla

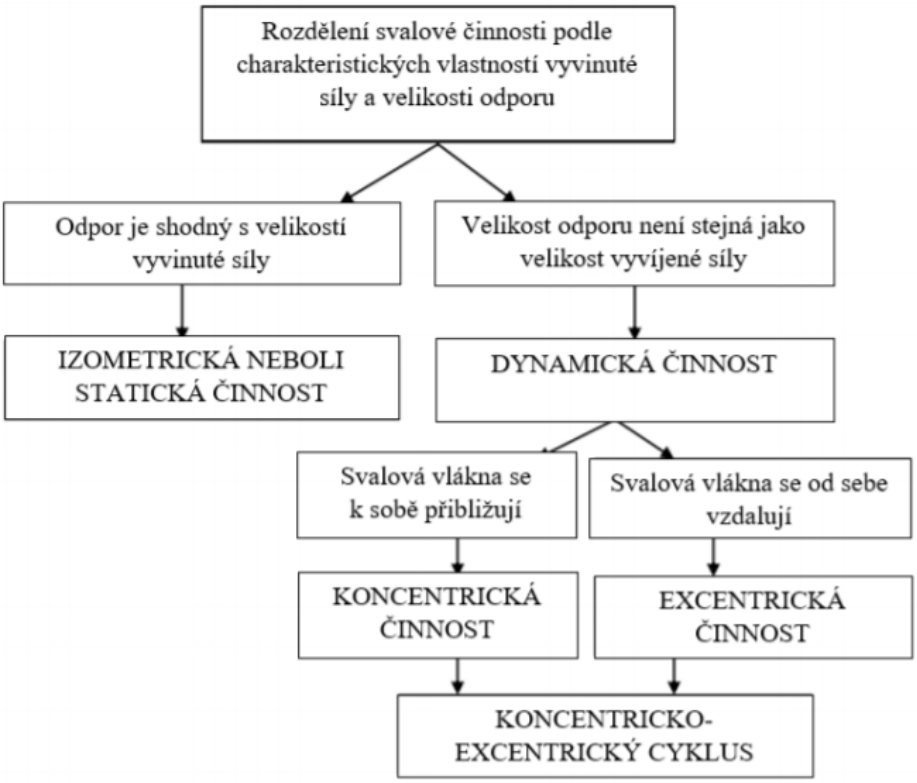
Svaly, díky kterým můžeme vykonávat pohyb, se nazývají kosterní neboli volní svaly (můžeme je řídit vůlí). Jedná se o příčně pruhovanou svalovinu, kterou ovládá centrální nervový systém. Svaly jsou složeny z jednotlivých vláken, dále se spojují do snopečků, snopců a svalových břišek. Svalová vlákna lze rozdělit podle morfologických a funkčních vlastností (rychlost kontrakce, unavitelnost atd.) na pomalá a rychlá vlákna.

Rychlá vlákna neboli bílá se dokáží velmi rychle a intenzivně stahovat a rychle se tak unaví, dokáží vyvinout velkou sílu, ale pouze na kratší dobu. Jejich vlákna vypadají světle, proto se nazývají bílá. Pomalá neboli červená vlákna mají bohaté cévní zásobení, a proto jsou odolnější proti únavě a dokáží déle pracovat. Ve svalech se objevují oba typy smíšeně, kdy jeden může převažovat (Čihák, 2001). Jarkovská, 2016 uvádí také vlákna přechodná, vlákna mají obvykle charakter červených vláken, ale zastávají funkci bílých vláken a naopak.

Každý sval má svou úlohu a musí pracovat v harmonii. Pracují naproti sobě v různých skupinách, proto když se jedna skupina svalů aktivně zkrátí, druhá skupina se prodlouží a pasivně se napne. Každý sval se dokáže zkrátit téměř o třetinu své klidové délky, uvádí Jarkovská. Délka, o kterou se sval zkrátí, je rozhodující, pokud se zkrátí méně, je tedy aktivních méně svalových vláken, a proto vyvinou menší sílu. Pokud svaly mezi sebou spolupracují a při pohybu si pomáhají, nazývají se synergisté, nemají

hlavní funkci, ale pomáhají korigovat pohyb. Agonistou je sval, který je hlavním vykonavatelem pohybu v určitém směru. Sval, který vykonává pohyb opačně, se nazývá antagonista (Jarkovská, 2016).

Sval v klidu, má svůj svalový tonus neboli napětí. V tomto napětí čeká na podnět, díky kterému dojde ke svalové kontrakci. Svalová kontrakce je činnost svalu, při kterém dochází ke stahu. Sval při kontrakci vyvíjí určitou sílu a může měnit svou délku. Dovalil (2002) dělí silové schopnosti na sílu statickou, dynamickou a explozivní. Podle Jarkovské (2016) se svalová kontrakce dělí na izometrickou a izotonickou. Při izometrické kontrakci nedochází ve svalu ke zkrácení ani prodloužení, sval vyvíjí pouze sílu a mění se jeho napětí, výsledkem je statická práce. Příkladem jsou cvičení ve výdržích. Izotonická kontrakce neboli dynamická je svalová činnost, při které se přibližují nebo oddalují úpony svalu, sval mění svou délku. Jeho napětí zůstává přibližně stejné. Charakteristické je pro izotonickou kontrakci střídání kontrakce a následná relaxace (Jarkovská, 2016).



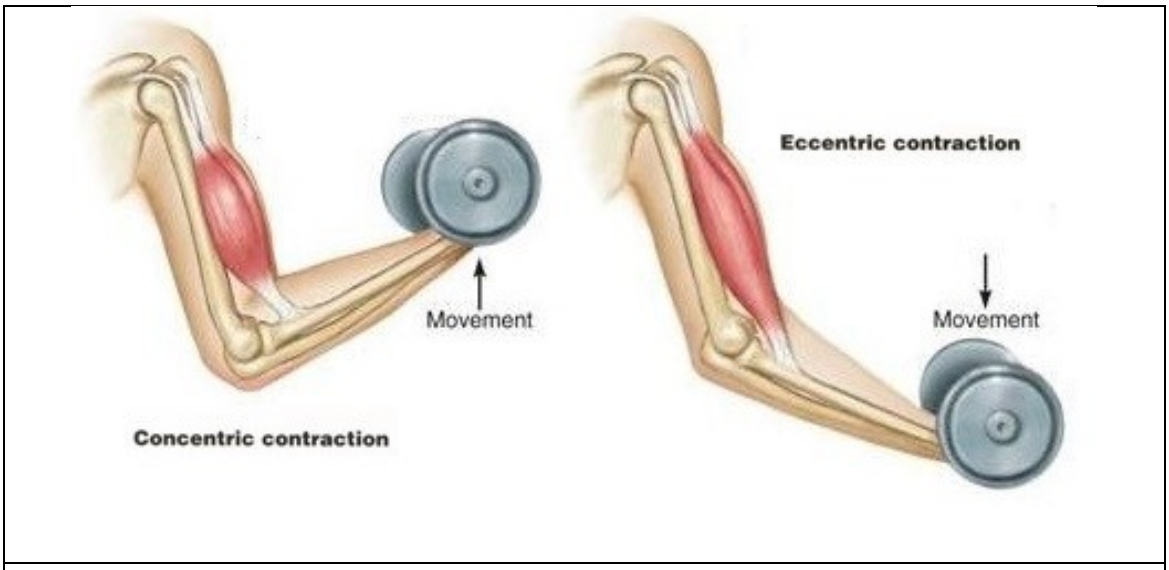
Obrázek 5 - Rozdělení svalové činnosti podle charakteristiky vyvinuté síly a velikosti odporu podle Kraemera a Hakkinena (2009)

2.3.1 Koncentrická a excentrická kontrakce

Hovoříme o svalové činnosti, podle které můžeme rozlišit kontrakci koncentrickou a excentrickou.

Při koncentrické kontrakci dochází ke zkracování svalu. Sval má schopnost zkrátit se o 30-50 % své délky, tím, jak se zkrátí, dochází ke zvětšení svalového bříška. Příkladem může být zvedání břemene.

Při excentrické kontrakci dochází k prodloužení svalu, mění se vzdálenost začátku a úponu. Svalové bříško se natahuje a tím prodlužuje. Nejčastěji je výsledným pohybem pohyb brzdící. Příkladem může být pokládání předmětu.



Obrázek 6 - Koncentrická a excetrická kontrakce, převzato z: https://www.pdhpe.net/

2.3.2 Izokinetická, izotonická, izometrická síla

Pojem izokinetika vychází z anglického slova isokinetic, což v překladu znamená stejná rychlost. Vztahuje se tedy k pohybu, který je vykonáván konstantní rychlostí a sval či svalová skupina působí proti určitému odporu. Není úkolem tento odpor překonat. Odpor se mění, působí na segment a ten se tak pohybuje danou

konstantní úhlovou nebo lineární rychlostí. Vždy se začíná s nulovou počáteční úhlovou rychlostí a cílem je rychlost nastavená. Tuto rychlost nelze překonat, jelikož úkolem odporu je udržovat ji stálou. S pojmem izokinetika se nejčastěji setkáme v oblasti sportu a rehabilitace (Vařeka a kol., 2001).

Dvir (2004) uvádí, že izokinetický pohyb je pohyb, při kterém je sval nebo svalová skupina pouze ve stanoveném pohybu a pohybuje se konstantní úhlovou rychlostí, proti řízenému odporu. Tento odpor se přizpůsobuje, takže brzdí pohyb daného segmentu.

S pojmem izotonika se setkáváme každý den při zvedání břemen. My si volíme, jakou rychlostí je zvedáme a odpor neboli váha předmětu zůstává stejná. Klíčové na tomto typu pohybu je to, že odpor (hmotnost předmětu) zůstává konstantní a mění se pouze rychlost, jak rychle předmět zvedneme.

Izometrie je druh svalové práce, při které není vykonáván pohyb. Vzdálenost mezi začátkem a úponem svalu se nemění, mění se pouze napětí. Paul Wimpenny podle článku od autorů Hislop a Perrine z roku 1967 popsal izometrické cvičení jako svalovou kontrakci působící proti zatížení, které je buď pevné, nehybné, nebo je příliš těžké překonat.

2.4 Izokinetická dynamometrie

Izokinetická dynamometrie je metoda diagnostiky svalové síly, která je využívána pro studie svalových funkcí. Využívá celého rozsahu pohybu a optimalizuje zatížení, které je v maximu. Toto hodnocení umožňuje charakterizovat změny na svalech, které vyplývají z praxe. Na základě měření lze kvalitně zlepšit výkonnost nebo lépe specifikovat tréninkové zatížení. Tréninková specializace může vyvolat nerovnováhu a díky tomu může docházet k asymetriím a dysbalancím, například k nesprávnému držení těla nebo přetěžování kloubů. Získaná nerovnováha může vést ke zhoršení výkonu, případně ke zranění. Techniku měření lze využít k vyhodnocení funkce kloubu, jelikož lze měřit objektivní parametry, kterými může být například svalová síla nebo rozsah pohybu (Siqueira, 2002).

Většina měření izokinetické dynamometrie se prováděla na dolní končetině, zejména na kolenní kloub. Horní končetina nebyla častým cílem měření. Měření kolenního kloubu je nyní spolehlivé a má již velmi dobrou instruktáž (Baltzopoulos, Brodie, 1989).

Wimpenny (2019) při definici izokinetického pohybu využívá dynamometr, je to izokinetický přístroj, kterému udáme hodnoty, aby se pohyboval pouze určitou rychlostí, a on si pak v závislosti na konstantní rychlosti bude měnit odpor. Tedy pokud budeme tlačit silně, přístroj nám zvětší odpor, abychom si udrželi konstantní rychlost pohybu. V případě nedostatku síly nám naopak odpor zmenší.

Všechny izokinetické dynamometry pracují na stejném principu. Předem nastavenou úhlovou rychlostí se pohybuje rameno páky, které je v kontaktu s testujícím. Přednost izokinetického dynamometru jsou snadná a technicky nenáročná cvičení, jejich bezpečná provedení u širokého spektra cvičenců jak u trénovaných, tak i u cvičenců v rekonvalescenci. Vysoká reliabilita, tedy spolehlivost testu (korelační koeficient se pohybuje mezi 0,93 a 0,99) a obsahová validita přístrojů je předností vzhledem k výkonnosti svalů. U některých autorů se u těchto předností můžeme setkat s více pochybnostmi. Jedním z argumentů bývá nedokonalost přístrojů vzhledem k produkci především u vyšších rychlostí v celém rozsahu pohybu (Vařeka a kol., 2009).

Paul Wimpenny 2019 mluví i o výhodách, kterými jsou: zatížení v celém rozsahu pohybu, snadná izolovatelnost jednotlivých svalů, bezpečná forma cvičení, málo kontraindikací k cvičení. Jako nevýhody vidí: časovou náročnost, náklady na přístroje, obtížné srovnávání výsledků s jinými stroji a také fakt, že je třeba hodně školení a dovedností ke správnému použití stroje.

Spolehlivost výsledků je důležitá pro správnou interpretaci, je tedy nezbytné vyhnout se chybám měření. Spolehlivost izokinetického měření ramenního kloubu může ovlivnit několik faktorů. Prvně musí být osa dynamometru v ose kloubu. Ramenní kloub má velký rozsah pohybu v několika osách a jeho rozsah se pohybuje okolo osmi centimetrů. Vliv tohoto jevu na spolehlivost výsledků nebyla prokázána. Druhým možným faktorem ovlivňujícím měření je poloha, ve které se provádí měření. Základními polohami jsou: stoj, leh na zádech, sed. Dosud není známo, která pozice je nejspolehlivější nebo nejpřesnější v měření (Meeteren, 2002).

Baltzopoulos a Brodie 1989 při měření mluví nejen o faktorech fyziologických a mechanických, ale také o faktorech psychických. Objektivních výsledků, lze dosáhnout pouze, pokud je testovaný jedinec ochoten spolupracovat, jistou roli hraje také motivace.

2.4.1 Historie

Počátky izokinetiky začínají koncem 50. let 19. století. Němečtí fyziologové Muller a Hettinger, jako první představitelé izokinetického pohybu byli v opozici s tehdejšími formami pohybu, jelikož umožňoval téměř maximální svalovou kontrakci v průběhu celého pohybu. V začátcích se nesetkával s velkými úspěchy, přístrojů bylo málo a nenabízeli příliš kvalitní zpětnou vazbu. Až v roce 1967 J. Perrine představil nové zařízení, které dokázalo regulovat rychlost, toto zařízení se jmenovalo Cybex 1. Následovalo vytváření nových přístrojů, které již nabízely proměnlivý odpor tak, aby rychlost byla konstantní v celém rozsahu pohybu. Díky rozvoji byly získány lepší a kvalitnější výsledky, které umožňovaly okamžitou analýzu.

Mezi nejznámější stroje patří již zmíněný Cybex, dále Kin Com, Isomed nebo Biodex. Nejprve se izokinetické testování objevovalo pouze ve vědě zabývající se pohybem, ale postupně si našlo cestu i do rehabilitace a terapie (Wimpenny, 2016; Dvir, 2004).

V dnešní době jsou izokinetické přístroje na vrcholu, využívají nejmodernějších technologií, a tak dokáží udávat velmi přesná data měření. Přístroje na měření se liší použitou technologií a také cenou. Tato měření jsou součástí diagnostiky i tréninku v mnoha oblastech sportu a rehabilitace (Wimpenny, 2016).

2.5 Izokinetické měření ve sportu

Izokinetické testování má pro sportovce nemalý význam. Dokáže poskytnout velké množství informací, které lze využít při tvorbě tréninkových programů, a tím budou pomáhat sportovcům zvyšovat jejich výkon nebo eliminovat zranění. Každého

sportovce bude ovlivňovat úroveň jeho silových schopností v každé sportu, a právě izokinetické měření nabízí možnost diagnostikovat svalovou sílu během celého pohybu. Výhodou izokinetického testování je možnost testovat a porovnávat sílu na obou končetinách Dvir (2004).

Dále popíšu izokinetické měření v konkrétních sportech, například v jaké části těla se nejčastěji využívá.

2.5.1 Fotbal

Fotbal je charakteristický dynamickým rozmanitým pohybem, velké množství pohybu se odehrává v proměnlivém tempu. Příklady pohybu jsou sprinty, skákání, zastavování, změny směru, práce s míčem a další. Všechny tyto pohyby jsou úzce spjaté s kolenním kloubem Sermaxhaj (2017). Proto se u fotbalistů nejčastěji setkáme s měřením izokinetické síly v kolenním kloubu.

Cotte a Chatard (2011) zkoumali vliv izokinetické síly u 30 elitních fotbalistů z anglické Premier league na 10m sprint, jelikož během fotbalového zápasu je běh ze 49 % kratší na vzdálenost 10 m a 96 % kratší než 30 m.

2.5.2 Házená

V případě házené uvádí autor Andrade et al. (2010) důležitost schopnosti házet, tuto schopnost ovlivňuje svalová síla. Izokinetické testování využívá jako vyhodnocení svalové síly vnitřní a vnější rotace v rehabilitaci a prevenci zranění. Ke zranění může docházet v glenohumerálním kloubu, díky velkým nárokům na rychlost hodu a častému opakování, proto je zde důležitá rovnováha svalové síly.

Andrade et al. (2013) ve své studii popisuje snahu o rozvoj účinných programů pro prevenci zranění. Získané informace využívá k charakteristice svalů (síla, výkon, výdrž a poměr rovnováhy).

Vliv šestitýdenního tréninku s medicinbaly zkoumali Reader, Fernandez-Fernandez a Ferrauti (2015). Jejich výzkumným souborem byly brazilské házenkářky. Hovoří o efektivitě střelby, kterou ovlivňují dva aspekty: rychlost a přesnost hodu. Již v dřívějších výzkumech byly uváděny pozitivní účinky tréninkových programů, a to i v jiných sportech, než je házená, jako příklad uvádí kriket a baseball.

2.5.3 Baseball

Baseballisty jako zástupce dalšího ze sportů, kde jsou prováděny jednostranné pohyby horních končetin, měří ve své studii Ellenbecker a Mattalino (1997). Jejich cílem bylo změřit vnější a vnitřní točivý moment rotátorů u profesionálních baseballových nadhazovačů a zjistit, jestli existují významné rozdíly mezi dominantní (vrhací) a nedominantní končetinou.

Timm (1997) se ve svém výzkumu snaží vystihnout izokinetickou křivku, pro zranění ramenního kloubu u nadhazovačů středoškolských baseballistů. Naměřené informace mohou sloužit jako doplnění klinických postupů.

2.5.4 Tenis

Juniorští hráči tenisu mají také velký výskyt zranění ramene, je to připisováno opakované svalové námaze horní končetiny. Při tréninku dochází ke specifickým pohybovým vzorcům, což může vést ke svalové nerovnováze a díky tomu je glenohumerální kloub nevhodně zatěžován, uvádí Ellenbecker a Roetert (2003).

Tenisté na nejvyšší úrovni trénují údery několik hodin denně v průběhu několika let, aby se dostali právě na nejvyšší úroveň. Ericsson odhadl, že je k dosažení dovedností na elitní úrovni třeba 10 let nebo 10 000 hodin tréninku. U tenistů se často vyskytují obtíže také s loktem. Předchozí výzkumy uvádí, že 34 % z 84 nejlepších tenistů mělo velké problémy s loktem a 31 % z 2 633 rekreačních hráčů mělo problémy s loktem. Výsledky testování budou využity pro přípravu rehabilitačních plánů pro tenisty po zranění Ellenbecker (1991).

2.5.5 Plavání

Také u plavců se můžeme setkat s bolestí ramene, možným faktorem může být svalová nerovnováha mezi interní a externí rotací. Plavci se sníženou svalovou silou nebo svalovou nerovnováhou mohou mít větší riziko zranění. McLaine et al (2018) popisuje ve své studii izometrickou sílu u mladých plavců a cílem bylo stanovit normativní měřítka síly ramen a poměry pro mladé plavce bez bolesti ramene.

2.5.6 Volejbal

Volejbal, jak je již zmíněno v úvodu, se hraje na relativně malém prostoru, hřiště je velké 9 x 9 metru, kde hráči vykonávají ve velmi krátkém čase rychlé pohyby a vysoké výskoky. Typické jsou opakované krátké, intenzivní a výbušné akce, jakými mohou být boční přesuny, skákání, podání, smečování, blokování a podobně. Hra volejbalu vyžaduje hbitost a také rychlý reakční čas, aby míč nespadl na zem. Poměr svalové síly by měl být vyvážený jak u agonistů a antagonistů, tak u dominantní a nedominantní strany.

Jedna z hlavních příčin zranění jak ve volejbale, tak ve sportu obecně je svalová nerovnováha, proto je vhodné provádět hodnocení svalové funkce a následně připravovat programy prevence úrazů. Zranění v následku nerovnováhy svalové síly je i v jiných sportech, jako například baseball, vodní pólo, tenis nebo házená. Tyto sporty využívají stejně jako volejbal ve velké míře hodu nebo dynamického úderu. Při volejbale jsou také velmi namáhána kolena a bederní páteř, zejména u smečařů, kteří nejčastěji vykonávají asymetrické a jednostranné pohyby (Kim a Jeoung, 2016; Hadzic et al., 2014).

Alfredson et al. 1998 hovoří o četnosti zranění ve volejbale, tvrdí, že nejčastější zranění je u dolních končetin, ale zranění ramen je také častě. Nejčastěji se jedná o zranění rotátorové manžety.

V případě ramenního kloubu, který je výrazně využíván při smečování a servisu, je nutné, aby byla zachována stabilita glenohumerálního kloubu, jak během akcelerace,

zpomalení, tak i úderu. To udržují převážně svaly rotátorové manžety pracující na udržování stability a správné poloze hlavice v jamce během podání a smečování. Samy asymetrické pohyby prováděné ve volejbale mohou mít za následek svalovou nerovnováhu jak v dominantní a nedominantní končetině, tak v interní a externí rotaci v ramenním kloubu. Zranění ramene je častým zraněním u elitních volejbalistů (16 %) (Franceschini et al., 2016).

Izokinetické hodnocení lze využívat k měření točivého momentu v několika kloubech, umožňuje porovnání různých svalových skupin. Jeho využití nalezneme i v rehabilitaci po poranění ramene. Nejčastěji testovanou je interní (vnitřní) a externí (vnější) rotace, jelikož svaly využité při tomto pohybu udržují správné postavení glenohumerálního kloubu (Kim a Jeoung, 2016; Hadzic et al., 2014).

3 Výzkumná část

3.1 Cíl práce

Cílem této práce bylo evaluovat a komparovat výsledky měření interní a externí rotace v ramenním kloubu u elitních volejbalových hráček věkových kategorií „ženy“ a „juniorky U18“.

3.2 Úkoly práce

1. Vyhledat a prostudovat odbornou literaturu z oblastí volejbalu, anatomie (fyziologie) a izokonetiky, která se vztahuje k danému tématu.
2. Vybrat výzkumné skupiny.
3. Vybrat vhodnou metodu pro evaluaci silových schopností pro interní a externí rotaci v ramenním kloubu.
4. Naměřit vybrané skupiny.
5. Zpracovat a komparovat získané údaje.
6. Vyhodnotit výsledky.

3.3 Výzkumné otázky

1. Skupina Ženy v našem výzkumném souboru (n = 17) budou mít o minimálně 10 % větší sílu v interní a externí rotaci na obou končetinách než skupina Juniorky U18 (n = 20).
2. Dominantní horní končetina bude vykazovat vyšší hodnoty o minimálně 5 % než nedominantní horní končetina u obou skupin.
3. Naměřené hodnoty interní rotace budou vyšší o minimálně 5 % než hodnoty u externí rotace.

4 Metodika práce

4.1 Charakteristika výzkumného souboru

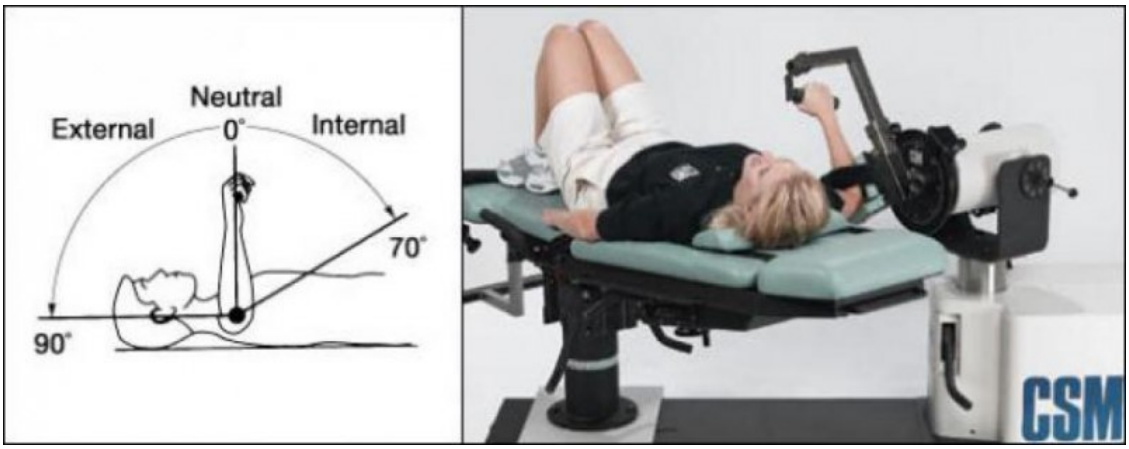
Analyzovanou skupinu tvořily dvě věkové kategorie elitních hráček volejbalu. Tyto dvě skupiny jsou družstva národního výběru. První kategorii tvořila skupina „Ženy“ (n = 17; věk = 23,6±3,9 roku; výška = 181,7±6,5 cm; váha = 75,6±7,9 kg) a druhou kategorii tvořila skupina „Juniorky U18“ (n = 20; věk = 16,7±0,5 roku; výška = 179,1±5,5 cm; váha = 70,4±8,2 kg).

Data pro bakalářskou práci byla získána jako dílčí část v rámci testování reprezentačních družstev v Laboratoři sportovní motoriky UK FTVS. Měření probíhalo se souhlasem Etické komise UK FTVS.

4.2 Metody sběru dat

Parametry izokinetické síly byly měřeny pomocí izokinetického dynamometru Cybex Humac Norm (Cybex NORM ®, Humac, CA, USA). Hodnocena byla maximální síla interní a externí rotace v ramenním kloubu a také relativní síla při interní a externí rotaci. Měření svalové síly probíhalo při úhlové rychlosti 60°/s a horní končetina byla v 90° abdukci.

Měření probíhalo v poloze na zádech, testovaný měl upevněný trup fixačními popruhy, aby nedocházelo k zapojení jiných svalových skupin. Osa otáčení ramena dynamometru byla nastavená s osou otáčení ramenního kloubu. Dynamometr byl každému probandovi individuálně upraven.



Obrázek 7 - Poloha těla při izokinetickém testování síly interní a externí rotace v ramenním kloubu; 90° abdukce na přístroji Cybex Humac Norm (Cybex NORM ®, Humac, CA, USA).

Před začátkem testování se účastníce krátce rozcvičily (zahřátí, protažení). Úkolem probanda bylo při měření vykonat maximální svalovou sílu při interní a externí rotaci při dané úhlové rychlosti v rozsahu 90° externí rotace až 70° interní rotace (viz obrázek 7). Proband měl celkem 5 přípravných pokusů a po standardizované pauze 20 vteřin následovaly celkem 2 maximální měřené pokusy při úhlové rychlosti 60°/s. Testování probíhalo na dominantní a nedominantní horní končetině. Všem probandům byla poskytnuta zpětná vazba a verbální motivace po dobu testování.

4.3 Statistické zpracování dat

Deskriptivní statistické údaje o výsledku testování byly zaznamenány a vyhodnoceny pomocí softwaru excel (Microsoft, USA). Statistické zpracování dat bylo provedeno na úrovni empirické komparace průměrů a procentuálních rozdílů mezi jednotlivými kategoriemi výsledků.

5 Výsledky

Skupina Ženy disponovala v průměru o 20 % větší svalovou silou ve všech parametrech než skupina juniorky U18. Průměrná hodnota ± směrodatná odchylka u Juniorek U18 totiž dosáhla hodnotu 21,2±3,4 Nm a u Ženy dosáhla 26,3±4,7 Nm. Naměřená svalová síla u skupiny Ženy vykazuje svalovou nerovnováhu. Průměrná minimální hodnota u skupiny Juniorky U18 dosahovala 16±1,6 Nm, u skupiny Ženy to bylo 17,5±3,4 Nm. Naopak průměrná maximální hodnota u skupiny Juniorky U18 dosahovala 27,5±2,4 Nm, u skupiny ženy to bylo 36,3±5,6 Nm.

Průměrná hodnota interní rotace dominantní končetiny u skupiny Juniorky U18 dosahovala 21,9±3,7 Nm, u skupiny Ženy to bylo 31,8±5,4 Nm. Průměrná hodnota externí rotace nedominantní končetiny u skupiny Juniorky U18 dosahovala 20,2±3,3 Nm, u skupiny ženy to bylo 25±4,8 Nm.

Tabulka 2 - Deskriptivní statistika výsledků izokinetické dynamometrie interní a externí rotace v ramenním kloubu

Věková kategorie		n	Průměr (Nm)	sd (Nm)	min (Nm)	max (Nm)
Juniorky U18	Dominantní Int	20	21,9	3,7	18	31
Juniorky U18	Dominantní Ext	20	20,2	3,3	14	27
Juniorky U18	Nedominantní Int	20	21,6	3,2	16	26
Juniorky U18	Nedominantní Ext	20	20,9	3,2	16	26
	Průměr		**21,2**	**3,4**	**16**	**27,5**
	±SD		0,8	0,2	1,6	2,4
Ženy	Dominantní Int	17	31,8	5,4	22	43
Ženy	Dominantní Ext	17	25	4,8	18	34
Ženy	Nedominantní Int	17	25,6	5,1	14	38
Ženy	Nedominantní Ext	17	22,9	3,6	16	30
	Průměr		**26,3**	**4,7**	**17,5**	**36,3**
	±SD		3,8	0,8	3,4	5,6

Legenda: n = celkový počet, Int = interní rotace, Ext = externí rotace, Nm = newton metr, sd = směrodatná odchylka, min = minimum, max = maximum

Dle výsledků z Tabulky 2 je zřejmé, že interní rotace dosáhla vždy vyšších hodnot než externí rotace. Maximální naměřené síly dosáhla jak skupina Ženy, tak skupina Juniorky U18 v interní rotaci u dominantní končetiny. Ženy dosáhly 43 Nm a juniorky 31 Nm. Minimální naměřená síla u skupiny Ženy byla naměřena v externí

rotaci u nedominantní končetiny (14 Nm) a u skupiny Juniorky U18 to byla externí rotace u dominantní končetiny (14 Nm).

Tabulka 3 - procentuální úroveň síly izokinetické dynamometrie mezi skupinou „Juniorky U18" a „Ženy"

	Rozdíl skupiny „Juniorky U18“ k výsledkům skupiny „Ženy“
Dom_Int	31 %
Dom_Ext	19 %
Ned_Int	16 %
Ned_Ext	9 %

Legenda: Dom_Int = dominantní končetina interní rotace, Dom_Ext = dominantní končetina externí rotace, Ned_Int = nedominantní končetina interní rotace, Ned_Ext = nedominantní končetina externí rotace

Tabulka 3 popisuje procentuální rozdíly mezi skupinami Ženy a Juniorky U18. Dle předpokladu lze z tabulky vyčíst, že skupina Ženy dosahuje vyšších hodnot. Juniorky při testování dominantní končetiny dosahují rozdílu v interní rotaci 31 % a v externí rotaci 19 % svalové síly oproti skupině Ženy. V případě nedominantní končetiny dosahují v interní rotaci 16 % a v externí rotaci 9 % svalové síly oproti skupině Ženy.

Další tabulky obsahují údaje o procentuálních úrovních mezi skupinou juniorky U18 a Ženy. Srovnání probíhá také zvlášť v obou skupinách. Hodnoty dominantní horní končetiny jsou brány jako 100 %.

Tabulka 4 - procentuální úroveň izokinetické dynamometrie dominantní a nedominantní končetiny u skupiny „juniorky U18“

	Dom	Ned
Int	100 %	99 %
Ext	100 %	104 %

Legenda: Int = interní rotace, Ext = externí rotace, Dom = dominantní končetina, Ned = nedominantní končetina

Tabulka 5 - procentuální úroveň izokinetické dynamometrie dominantní a nedominantní končetiny u skupiny „ženy“

	Dom	Ned
Int	100 %	81 %
Ext	100 %	92 %

Legenda: Int = interní rotace, Ext = externí rotace,
Dom = dominantní končetina, Ned = nedominantní končetina

Tabulka 4 popisuje procentuální úroveň dominantní a nedominantní končetiny pro skupinu juniorky U18. U skupiny juniorky U18 není výrazný rozdíl v dominantní a nedominantní končetině, ale externí rotace u dominantní končetiny vykazuje nižší hodnoty než externí rotace u nedominantní končetiny. Hodnoty interní rotace jsou s minimálním rozdílem.

Tabulka 5 taktéž popisuje procentuální úroveň dominantní a nedominantní končetiny, ale u skupiny ženy. Dominantní paže v obou případech vykazuje vyšší hodnoty než nedominantní. Silová schopnost nedominantní paže v interní rotaci tvoří 81 % a v externí rotaci je to 92 %.

Tabulka 6 - procentuální úroveň izokinetické dynamometrie interní a externí rotace u skupiny „juniorky U18“

	Int	Ext
Dom	100 %	92 %
Ned	100 %	97 %

Legenda: Int = interní rotace, Ext = externí rotace,
Dom = dominantní končetina, Ned = nedominantní končetina

Tabulka 7 - procentuální úroveň izokinetické dynamometrie interní a externí rotace u skupiny „ženy"

	Int	Ext
Dom	100 %	79 %
Ned	100 %	89 %

Legenda: Int = interní rotace, Ext = externí rotace,
Dom = dominantní končetina, Ned = nedominantní končetina

Tabulka 6 ukazuje procentuální úroveň interní a externí rotace u skupiny juniorky U18. Interní rotace dosáhla vždy vyšších hodnot. Svalová síla externí rotace u dominantní končetiny tvořila 92 % a u nedominantní končetiny 97 %.

Tabulka 7 ukazuje procentuální úroveň interní a externí rotace u skupiny ženy. Stejně jako u juniorek dosáhla interní rotace vyšších hodnot. Svalová síla externí rotace u dominantní končetiny tvořila 79 % a u nedominantní končetiny 89 %.

6 Diskuse

Ve své bakalářské práci jsem hodnotila a porovnávala výsledky izokinetického měření interní a externí rotace v ramenním kloubu u elitních hráček volejbalu věkových kategorií Juniorky U18 (16,7 ± 0,5 roku) a Ženy (23,6 ± 3,9 roku). Juniorky U18 dosahovaly rozdílu v průměrné výšce oproti skupině Ženy o celkem 1,45 % a u váhy to bylo o 7,39 %. V Tabulce číslo 2 můžeme po srovnání výsledků deskriptivní statistiky vidět, že skupina Ženy disponovala v průměru o 20 % větší svalovou silou ve všech parametrech než skupina Juniorky U18.

Při srovnání rozdílu svalové síly skupina Juniorky U18 dosahovala při testování dominantní končetiny v interní rotaci 31 % a v externí rotaci 19% svalové síly oproti skupině ženy. Rozdíl svalové síly u nedominantní končetiny byl v interní rotaci 16 % a v externí rotaci 9 %.

Naopak skupina Juniorky měla vyrovnanější výsledky, jak mezi dominantní a nedominantní končetinou, tak mezi interní a externí rotací. Průměrné hodnoty skupiny Juniorky u dominantní končetiny byly 21,9 Nm a 20,2 Nm u žen to bylo 31,8 Nm a 25 N/m. U nedominantní končetiny tyto hodnoty byly pro Juniorky 21,6 Nm a 20,9 Nm a pro ženy 25,6 Nm a 22,9 Nm. Ve srovnání interních rotací jsou průměrné hodnoty následující pro Juniorky 21,9 Nm a 21,6 Nm a pro ženy 31,8 Nm a 25,6 Nm. Externí rotace u skupiny Juniorky dosahovala průměrných hodnot 20,2 Nm a 20,9 Nm, u skupiny Ženy jsou hodnoty následující 25 Nm a 22,9 Nm. Jedinou odlišností je ve skupině juniorek vztah dominantní externí rotace s nedominantní externí rotací. V tomto případě vykazuje v průměru nedominantní končetina vyšší hodnoty (20,9 Nm) než končetina dominantní (20,2 Nm).

Naměřené hodnoty síly rotace u skupiny Ženy ukazují na svalovou nerovnováhu mezi interní a externí rotací, výsledky skupiny Juniorky mají malé procentuální odlišnosti, viz tabulka 4, 5. a 6, 7. Při porovnání dosáhla interní rotace vždy vyšších hodnot než externí rotace, u dominantní končetiny i u nedominantní končetiny. Maximálně naměřené síly dosáhla skupina ženy i skupina juniorky v interní rotaci u dominantní končetiny.

Ve studii zabývající se tenisem autoři Ellenbecker a Roetert (2003) píší o častém výskytu zranění ramene u elitních juniorských tenistů. V jejich studii bylo testováno 147 elitních juniorských hráčů ve věku 12–21 let. Výsledky ukázaly, že dominantní paže při interní rotaci dosáhla výrazně vyšších hodnot u mužů i žen bez ohledu na věk. Interní rotace měřených skupin Juniorky a Ženy v této práci dosáhla také vyšších hodnot v dominantní, ale také v nedominantní končetině.

Alfredson et al. (1998) posuzovali maximální izokinetickou koncentrickou a excentrickou svalovou sílu vnějších a vnitřních rotátorů ramen u volejbalistek (n = 11) a neaktivních žen (n = 11). Měření pobíhalo také pro flexorové a extenzorové svaly lokte. V dominantním rameni měly volejbalistky výrazně vyšší koncentrický točivý moment vnitřních i vnějších rotátorů a loketních extenzorů při rychlostech 60°/s a 180°/s. Ve volejbalové skupině byl točivý moment rotace při 60°/s výrazně vyšší u dominantního než u nedominantního ramene. Volejbalistky měly vyšší koncentrickou a excentrickou sílu v rotačních svalech ramene.

Kim a Jeoung (2016) posuzovali ve své studii hodnocení funkce izokinetického svalstva u korejských volejbalistů připravujících se na Olympijské hry 2020. Účastnilo se 14 hráčů a měření probíhalo ve třech částech těla, ramenní kloub, kolenní kloub a bederní oblast. Výsledky ukázaly, že počet volejbalistů s rozdíly mezi silou kolenních svalů, silou hamstringů a kvadricepsů byl vyšší než počet hráčů s rozdíly mezi silou v interní a externí rotaci ramene a vyšší než počet hráčů s rozdíly mezi silou dolní části zad v extenzi a flexi. Nejnižší hodnota síly izokinetického svalstva byla naměřena u hráčů s nejkratší dobou herních zkušeností (V10 a V14) a nejvyšší hodnota byla zaznamenána u hráče V13. Při zvážení hráčské specializace nejvyšších hodnot dosáhli hráči V13, V12 a V8 v rámci smečařů. Mezi nahrávači a libery dosáhl nejvyšších hodnot hráč V7. Hráči v levé pozici (smečaři) vykazovali nejvyšší hodnoty, oproti tomu hráči středové pozice (blokaři) vykazovali nejnižší hodnoty. Testovaný V1 vykazoval nízký poměr mezi vnější a vnitřní rotací ramene, zatímco V3 a V14 vykazovali vysoký poměr, a to naznačuje svalovou nerovnováhu.

Tabulka 8 - Charakteristika měřených hráčů, Kim a Jeoung (2016)

	Výška (cm)	Váha (kg)	Zkušenosti (m)	Pozice
V1	192,2	85,2	120	L
V2	200	87,7	86	L
V3	186	84,5	96	L
V4	188	76,9	69	L
V5	191	82,3	122	R
V6	182,9	78,2	135	Li
V7	186,4	76,5	150	S
V8	194,8	85	125	R
V9	188,3	77,9	136	S
V10	201,9	100	41	C
V11	188,3	83,3	137	L
V12	207,8	99,8	84	C
V13	199,8	85,4	120	L
V14	203,2	82,6	17	L
Průměr±SD	193,69±7,6	84,76±8,09	103,14±39,6	

Legenda: SD = směrodatná odchylka, cm = centimetr, kg = kilogram, m = měsíc, V = volejbalisté, C = blokař, L = smečař, R = univerzál, Li = libero, S = nahrávač

Franceschiny, Nissola, Soldatelli Zardo, Sacilotto Tadielo a Viçosa Bonneti (2016) píší o izokinetickém výkonu vnitřních a vnějších rotátorů ramen u dospívajících volejbalistů. Uvádí, že vzhledem k asymetriím vyskytujícím se ve volejbale se očekávají nerovnováhy v hodnotách svalové síly mezi dominantním ramenem a nedominantním ramenem. Toto tvrzení se potvrdilo také v našem měření, kdy dominantní horní končetina ve všech kromě jednoho případu, kdy externí rotace u skupiny Juniorky vykazovala vyšší hodnoty v nedominantní končetině než v dominantní. Cílem studie bylo analyzovat svalovou výkonnost a jednostranné rozdíly a vztahy mezi vnitřními a vnějšími rotátory ramen u dospívajících volejbalistů. Měření se účastnilo 20 dospívajících volejbalistů ve věku do 17 let. Vlastnosti testovaných hráčů: průměrný věk 15,95 (± 0,78), průměrná výška 1,85 metru (± 0,9m), průměrná hmotnost 76,05 kilogramu (± 10,91kg), body mass index odpovídal normálu. Hodnotily se vnější a vnitřní rotátorové svaly při úhlové rychlosti 60°/s a 180°/s. Hodnoty vnitřních rotátorů byly na nedominantní končetině při rychlosti 60°/s daleko menší než hodnoty

dominantní končetiny. Také při rychlosti 180°/s byly průměrné hodnoty vnějších i vnitřních rotátorů u nedominantní končetiny výrazně menší než hodnoty dominantní končetiny. Také v našem měření byly hodnoty interních rotátorů vyšší u dominantní končetiny.

Tabulka 9 - Průměr a úroveň odchylek pro maximální točivý moment interních a externích rotátorů na dominantní a nedominantní horní končetině, Franceschiny et al. (2016)

Angular Velocities	PT External Rotators (N/m)			PT Internal Rotators (N/m)		
	DL	NDL	*p*	DL	NDL	*p*
60°/s	35.48 (±9.63)	32.93 (±7.28)	0.101	57.05 (±10.73)	50.04 (±9.06)*	0.005
180°/s	36.17 (±9.44)	33.91 (±7.86)*	0.003	51.45 (±10.09)	45.72 (±9.90)*	0.014

Legenda: Angular Velocities = úhlové rychlosti, s = sekunda, N/m = newton metr, PT = maximální točivý moment, DL = dominantní končetina, NDL = nedominantní končetina

Tabulka 10 - Průměr a úroveň odchylek pro poměr interních a externích rotátorů (ER/ IR) na dominantní a nedominantní horní končetině, Franceschiny et al. (2016)

Angular Velocities	ER/IR ratio (%)		
	DL	NDL	*p*
60°/s	62.00 (±10.25)	66.34 (±11.37)	0.177
180°/s	70.65 (±12.08)	74.09 (±13.70)	0.203

Legenda: Angular Velocities = úhlové rychlosti, s = sekunda, ER/IR ratio = externí/ interní rotace, DL = dominantní končetina, NDL = nedominantní končetina

V případě házené uvádí Andrade, Fleury, De Lira, Dubas a De Silva (2010) ve své studii o profilu izokinetických koncentrických a excentrických silových poměrech ramenních rotátorových svalů u elitních hráček házené. Studie se zúčastnilo 27 hráček různé specializace brazilského národního týmu házené. Vlastnosti hráček byly následující: věk 23,0 + 3,4 let, hmotnost 71,0 + 10,6 kg a výška 1,73 + 0,07 m, 20 hráček mělo dominantní pravou ruku a 7 hráček levou. Cílem bylo zjistit rozdíl mezi dominantní a nedominantní horní končetinou. Koncentrická síla pro vnitřní a vnější rotaci byla na dominantní straně výrazně větší než na nedominantní. Excentrickou sílu měla silnější ve vnitřní rotaci pouze dominantní strana.

Reader, Fernandez-Fernandez, Ferrauti (2015) zkoumali vliv šestitýdenního tréninku s medicinbaly na rychlost a přesnost házení, izokinetickou sílu ramenních

rotátorů u žen házenkářek. Většina studií byla však prováděna na mužské populaci, kde je známa lepší vrhací přesnost, než mají ženy. Cílem této studie bylo určit účinky šestitýdenního programu na rychlost vrhu a izokinetickou sílu ramenních rotátorů u hráček házené a vyhodnotit vliv na přesnost házení. Studie se účastnilo 28 hráček házené (věk 20.8 ± 3.3 let, výška 170.5 ± 5.6 cm, váha 65.2 ± 8.0 kg). Vyhodnocovala se koncentricky-excentrická síla vnější a vnitřní rotace ramen pro dominantní a nedominantní rameno při rychlostech $90°\cdot s^{-1}$ a $180°\cdot s^{-1}$. Rozmezí pohybu bylo v rozsahu 60° pro vnitřní rotaci a 60° pro vnější rotaci.

V tabulkách jsou uvedeny výsledky měření izokinetické síly pro vnitřní a vnější rotaci dominantního a nedominantního ramene.

Tabulka 11 - Vliv tréninku s medicinbaly na vrcholný točivý moment vnitřní rotace ramene, Reader, Fernandez-Fernandez, Ferrauti (2015)

Variable (N·m)	Group	Mode	Laterality	Pretest	Posttest
IR_{90}	TG	CONC	D	23.1 ± 3.1	24.5 ± 2.8
	CG			22.3 ± 4.1	22.0 ± 4.8
	TG	ECC	D	33.0 ± 6.7	33.0 ± 5.9
	CG			33.1 ± 15.0	31.3 ± 7.8
IR_{180}	TG	CONC	D	19.3 ± 3.2	22.2 ± 3.2‡§
	CG			17.5 ± 5.9	17.8 ± 5.9
	TG	ECC	D	29.5 ± 4.2	30.1 ± 6.0
	CG			28.9 ± 8.4	28.7 ± 8.3
IR_{90}	TG	CONC	ND	20.8 ± 3.6	22.5 ± 3.2
	CG			18.5 ± 6.0	18.6 ± 6.0
	TG	ECC	ND	28.3 ± 4.9	27.7 ± 4.9
	CG			26.2 ± 7.2	28.7 ± 7.5
IR_{180}	TG	CONC	ND	16.9 ± 3.8	19.6 ± 3.3
	CG			17.7 ± 5.7	17.5 ± 5.5
	TG	ECC	ND	25.5 ± 4.9	27.5 ± 4.3‡
	CG			27.2 ± 7.0	28.2 ± 7.5

Legenda: Variable = proměnná, IR_{90} = interní rotace při 90°/s, IR_{180} = interní rotace při 180°/s, group = skupina, mode = způsob, conc = koncentrická kontrakce, ecc = excentrická kontrakce, laterality = lateralita, D = dominantní končetina, ND = nedominantní končetina, Pretest = před testem, posttest = po testu

Tabulka 12 - Vliv tréninku s medicinbaly na vrcholný točivý moment vnější rotace ramene, Reader, Fernandez-Fernandez, Ferrauti (2015)

Variable (N·m)	Group	Mode	Laterality	Pretest	Posttest
ER_{90}	TG	CONC	D	20.1 ± 3.0	20.5 ± 5.7
	CG			18.3 ± 4.2	18.9 ± 5.0
	TG	ECC	D	28.9 ± 6.7	29.7 ± 7.7
	CG			26.9 ± 5.6	28.0 ± 5.7
ER_{180}	TG	CONC	D	17.1 ± 2.8‡	17.0 ± 3.4
	CG			14.1 ± 3.8	14.5 ± 4.6
	TG	ECC	D	30.7 ± 4.0	29.3 ± 6.2
	CG			29.9 ± 5.8	29.4 ± 7.1
ER_{90}	TG	CONC	ND	19.2 ± 3.8	19.4 ± 3.9
	CG			17.4 ± 3.9	19.2 ± 6.9
	TG	ECC	ND	30.2 ± 8.3	29.0 ± 4.6
	CG			27.5 ± 4.9	29.2 ± 7.0
ER_{180}	TG	CONC	ND	16.1 ± 3.3	16.1 ± 3.8
	CG			14.1 ± 3.4	15.3 ± 3.9
	TG	ECC	ND	28.1 ± 5.4	28.0 ± 4.7
	CG			26.5 ± 5.0	30.1 ± 6.0

Legenda: Variable = proměnná, ER_{90} = externí rotace při 90°/s, ER_{180} = externí rotace při 180°/s, mode = způsob, conc = koncentrická kontrakce, ecc = excentrická kontrakce, laterality = lateralita, D = dominantní končetina, ND = nedominantní končetina, Pretest = před testem, posttest = po testu

Hadzic et al. (2014) ve své studii hodnotí asymetrii ramenní síly a historii zranění ve volejbale napříč pohlavím a velkým vzorkem profesionálních volejbalistů různé herní pozice. Účastnilo se 183 volejbalistů (99 mužů, 84 žen), měření bylo prováděno při úhlové rychlosti 60°/s na dominantní a nedominantní horní končetině. Měření bylo normalizováno pro tělesnou hmotnost jednotlivých hráčů. Dominantní strana byla asymetrická při interní rotaci.

Závěr

Bakalářská práce je zaměřena na popis a porovnání výsledků měření interní a externí rotace v ramenním kloubu u elitních volejbalových hráček, které jsou součástí národního výběru ve věkové kategorii „juniorky U18“ a „ženy“. Dílčím úkolem bakalářské práce bylo vyhledat a prostudovat odbornou literaturu v oblasti anatomie, izokinetiky a volejbalu. Vybrány byly dvě výzkumné skupiny, u kterých byla následně naměřena svalová síla interní a externí rotace. Jako vhodná metoda záznamu a vyhodnocení byl vybrán software excel (Microsoft, USA). Statistické zpracování dat bylo provedeno na úrovni komparace průměrů a procentuálních rozdílů mezi jednotlivými kategoriemi výsledků.

První výzkumnou otázkou bylo, že skupina Ženy (n = 17) bude disponovat minimálně od 10 % větší svalovou silou než skupina juniorky U18. Tato otázka se potvrdila ve třech faktorech ze čtyř, skupina Ženy nedosáhla více než 10 % rozdíl jen u externí rotace nedominantní končetiny, ale přesto byl výsledek velice těsný, jelikož rozdíl byl 9 %.

Druhou výzkumnou otázkou byla, zda dominantní horní končetina bude vykazovat vyšší hodnoty minimálně o 5 % než nedominantní horní končetina u obou skupin. Tato otázka se potvrdila ve skupině Ženy, kde rozdíl činil v interní rotaci 19 % a v externí rotaci 8 %. Ve skupině Juniorky rozdíl byl minimální 1 % v interní rotaci a 4 % pro nedominantní končetinu v externí rotaci.

Poslední třetí výzkumnou otázkou bylo, zda hodnoty interní rotace budou vyšší minimálně o 5 % než hodnoty externí rotace. Při porovnání dosáhla interní rotace vždy vyšších hodnot než externí rotace, u dominantní končetiny i u nedominantní končetiny. Tato otázka se potvrdila také ve třech faktorech ze čtyř, skupina Ženy dosáhla více než 5 % v dominantní i nedominantní končetině, ale skupina Juniorky dosáhla více než 5 % pouze v dominantní končetině. Nedominantní končetina dosáhla pouze 3 %.

Myslím si, že mi práce pomohla rozšířit znalosti v anatomii, svalové síle, izokinetice, ale také jsem se dozvěděla, jak probíhají měření pomáhající určit svalovou sílu. A díky těmto výsledkům lze určit vhodný tréninkový plán, ale také rehabilitační postupy při případném zranění.

Seznam literatury

1. ANDRADE, Marília Dos Santos, et al. Profile of isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of shoulder rotator muscles in elite female team handball players. *Journal of Sports Sciences*, 2010, 28.7: 743-749.
2. ALFREDSON, Håkan; PIETILÄ, Tom; LORENTZON, Ronny. Concentric and eccentric shoulder and elbow muscle strength in female volleyball players and non-active females. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sport*s, 1998, 8.5: 265-270.
3. BALTZOPOULOS, V.; BRODIE, D. A. Isokinetic dynamometry. *Sports Medicine,* 1989, 8.2: 101-116.
4. CÍSAŘ, Václav. *Volejbal: technika a taktika hry: průpravná cvičení.* Praha: Grada, c2005. ISBN 80-247-0502_8.
5. COTTE, T.; CHATARD, J. C. Isokinetic strength and sprint times in English premier league football players. *Biology of Sport*, 2011, 28.2: 89.
6. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie. 2.,* upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-716-9970-5.
7. DIMON, Theodore. *Anatomie těla v pohybu: základní kurz anatomie kostí, svalů a kloubů.* Druhé, revidované vydání. Ilustroval John QUALTER, přeložila Martina REGNEROVÁ. Praha: Euromedia, 2017. ISBN 978-80-7549-158-9.
8. DOVALIL, Josef. *Výkon a trénink ve sportu. 2. vyd.* Praha: Olympia, 2005. ISBN 80-7033-928-4.
9. DVIR, Zeevi. *Isokinetics. Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications*, 2. edition. London: Elsevier Health Science, 2004.
10. ELLENBECKER, T.; ROETERT, E. P. Age specific isokinetic glenohumeral internal and external rotation strength in elite junior tennis players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2003, 6.1: 63-70.
11. ELLENBECKER, Todd S. A total arm strength isokinetic profile of highly skilled tennis players. *Isokinetics and Exercise Science,* 1991, 1.1: 9-21.
12. ELLENBECKER, Todd S.; MATTALINO, Angelo J. Concentric isokinetic shoulder internal and external rotation strength in professional baseball pitchers. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1997, 25.5: 323-328.

13. FRANCESCHINI, Kelly Cristine, et al. Isokinetic performance of shoulder external and internal rotators in adolescent male volleyball athletes. *International Archives of Medicine*, 2016, 9.
14. GALLO, Jiří. *Ortopedie pro studenty lékařských a zdravotnických fakult.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-802-4424-866.
15. HADZIC, Vedran, et al. Strength asymmetry of the shoulders in elite volleyball players. *Journal of Athletic Training*, 2014, 49.3: 338-344.
16. HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK. *Memorix anatomie*. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0.
17. JARKOVSKÁ, Helena a Markéta JARKOVSKÁ. *Posilování s vlastním tělem: 494krát jinak.* Druhé, rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-5730-8.
18. JOBE, F. W. Symposium: Shoulder problems in overhead-overuse sports. Thrower problems. *The American Journal of Sports Medicine*, 1979, 7.2: 139-140. převzato z: TIMM, Kent E. The isokinetic torque curve of shoulder instability in high school baseball pitchers. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1997, 26.3: 150-154.
19. KAPLAN, Oldřich. *Volejbal: technika, pravidla, herní systémy, průpravná cvičení.* Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-762-1.
20. KIM, Chang-Gyun; JEOUNG, Bog Ja. Assessment of isokinetic muscle function in Korea male volleyball athletes. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 2016, 12.5: 429.
21. MCLAINE, Sally J., et al. Isometric shoulder strength in young swimmers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2018, 21.1: 35-39.
22. MILLER, Shelby. What Is an Internal Rotation? Wisegeek [online]. Conjecture Corporation, 27 June 2020n. l. [cit. 2020-07-02]. Dostupné z: https://www.wisegeek.com/what-is-an-internal-rotation.htm
23. RAEDER, Christian; FERNANDEZ-FERNANDEZ, Jaime; FERRAUTI, Alexander. Effects of six weeks of medicine ball training on throwing velocity, throwing precision, and isokinetic strength of shoulder rotators in female handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2015, 29.7: 1904-1914.

24. SERMAXHAJ, Sami, et al. Effect of recuperation with static stretching in isokinetic force of young football players. *Journal of Physical Education and Sport,* 2017, 17.3: 1948-1953.
25. SIQUEIRA, Cássio Marinho, et al. Isokinetic dynamometry of knee flexors and extensors: comparative study among non-athletes, jumper athletes and runner athletes. *Revista do Hospital das Clinicas*, 2002, 57.1: 19-24.
26. TIMM, Kent E. The isokinetic torque curve of shoulder instability in high school baseball pitchers. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1997, 26.3: 150-154.
27. VAN MEETEREN, Jetty; ROEBROECK, Marij; STAM, Henk. Test-retest reliability in isokinetic muscle strength measurements of the shoulder. *Journal of Rehabilitation Medicine,* 2002, 34.2: 91-95.
28. VAŘEKA, Ivan., aj. Sofistikovaná biomechanická diagnostika lidského pohybu Izokinetika, Izokinetická dynamometrie, Izokinetické přístroje [online] c. 2009, [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: /http://www.biomechanikapohybu.upol.cz/net/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=45&Itemid=83.
29. VÉLE, František. *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-256-5.
30. WIMPENNY, Paul. Isokinetics.net [online]. United Kingdom: Athene Services, 2020 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: http://www.isokinetics.net
31. Základy sportovní kineziologie [online]. Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity: Masarykova univerzita, 2010 [cit. 2020-06-18]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/index.html

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Vnitřní rotace v ramenním kloubu (Chang et al., 2000) 11
Obrázek 2 - Vnější rotace ramenního kloubu (upraveno podle Chang et al, 2000)..... 12
Obrázek 3 – Spojení pletence horní končetiny a kloub ramenní (Čihák 2001):..... 14
Obrázek 4 - Svaly lopatkové (Čihák, 2001): 16
Obrázek 5 - Rozdělení svalové činnosti podle charakteristiky vyvinuté síly a velikosti odporu podle Kraemera a Hakkinena (2009)..... 19
Obrázek 6 - Koncentrická a excetrická kontrakce, převzato z: https://www.pdhpe.net/ 20
Obrázek 7 - Poloha těla při izokinetickém testování síly interní a externí rotace v ramenním kloubu; 90° abdukce na přístroji Cybex Humac Norm (Cybex NORM ®, Humac, CA, USA). 30

Seznam tabulek

Tabulka 1 Přehled svalů působících v ramenním kloubu při interní a externí rotaci 18
Tabulka 2 - Deskriptivní statistika výsledků izokinetické dynamometrie interní a externí rotace v ramenním kloubu 31
Tabulka 3 - procentuální úroveň síly izokinetické dynamometrie mezi skupinou „Juniorky U18" a „Ženy" 32
Tabulka 4 - procentuální úroveň izokinetické dynamometrie dominantní a nedominantní končetiny u skupiny „juniorky U18“ 32
Tabulka 5 - procentuální úroveň izokinetické dynamometrie dominantní a nedominantní končetiny u skupiny „ženy“ 33
Tabulka 6 - procentuální úroveň izokinetické dynamometrie interní a externí rotace u skupiny „juniorky U18“ 33
Tabulka 7 - procentuální úroveň izokinetické dynamometrie interní a externí rotace u skupiny „ženy" 33
Tabulka 8 - Charakteristika měřených hráčů, Kim a Jeoung (2016) 37
Tabulka 9 - Průměr a úroveň odchylek pro maximální točivý moment interních a externích rotátorů na dominantní a nedominantní horní končetině, Franceschiny et al. (2016) 38
Tabulka 10 - Průměr a úroveň odchylek pro poměr interních a externích rotátorů (ER/IR) na dominantní a nedominantní horní končetině, Franceschiny et al. (2016) 38
Tabulka 11 - Vliv tréninku s medicinbaly na vrcholný točivý moment vnitřní rotace ramene, Reader, Fernandez-Fernandez, Ferrauti (2015) 39
Tabulka 12 - Vliv tréninku s medicinbaly na vrcholný točivý moment vnější rotace ramene, Reader, Fernandez-Fernandez, Ferrauti (2015) 40