

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

IZOKINETICKÁ DYNAMOMETRIA RAMENA U PLAVCOV

Diplomová práce

(bakalárska)

Autor: Barbora Tavačová, Trénerství a sport

Vedúci práce: Mgr. Dušan Viktorjeník, PhD.

Olomouc, 2018

Meno a priezvisko autora: Barbora Tavačová

Názov diplomovej práce: Izokinetická dynamometria ramena u plavcov

Pracovisko: Katedra športu

Vedúci diplomovej práce: Mgr. Dušan Viktorjeník, PhD.

Rok obhajoby diplomovej práce: 2018

Abstrakt:

Ramenný kĺb zohráva pri plávaní hlavnú úlohu. Jeho správna funkcia a nastavenie sú dôležité pri tvorbe maximálnej sily potrebnej na propulziu. Bolesť ramena je pre plavca závažný problém. Pomocou izokinetickej dynamometrie je možné diagnostikovať svalové dysbalancie. Na základe získaných výsledkov môžeme následne adekvátne upraviť tréning a poškodeniam ramena predchádzať. Teoretická časť práce obsahuje základné informácie o anatomickom zložení ramena a jeho funkcií a význame v plávaní. Popisuje metódu izokinetickej dynamometrie a jej aplikáciu na ramenný kĺb plavcov. Výsledkom práce je rešerš literatúry, týkajúcej sa rôznych výskumov s touto tematikou vo svete.

Kľúčové slová: rameno, plávanie, plavecké rameno, izokinetika, izokinetická dynamometria

Súhlasím s požičiavaním bakalárskej práce v rámci služieb knižnice.

Author's first name and surname: Barbora Tavačová

Title of the bachelor thesis: Isokinetic dynamometry of the shoulder in swimmers

Department: Department of Sport

Supervisor: Mgr. Dušan Viktorjeník, PhD.

The year of presentation: 2018

Abstract:

Shoulder joint plays a key role in swimming. Its proper function and alignment are important for creating maximum propulsion force. Shoulder pain is a significant problem for swimmers. Thanks to isokinetic dynamometry, we can diagnose muscle imbalances. Based on acquired results, we are able to regulate the training process as to prevent shoulder disorders. Theoretical part of the thesis contains basic information about anatomical structure of the shoulder, its functions and its significance in swimming. It also describes the method of isokinetic dynamometry and its application for swimmers' shoulder. The result of this thesis is a bibliography research regarding various studies of this topic around the world.

Keywords: shoulder, swimming, swimmer's shoulder, isokinetics, isokinetic dynamometry

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

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracovala samostatne pod vedením Mgr. Dušana Viktorjeníka, PhD., uviedla všetky použité literárne a informačné zdroje a dodržovala zásady vedeckej etiky.

V Olomouci dňa

Ďakujem Mgr. Dušanovi Viktorjeníkovi, PhD. za odborné vedenie, pomoc a cenné rady, ktoré mi poskytol pri vypracovaní bakalárskej práce.

Zoznam skratiek

AC – akromioklavikulárny kĺb

ER – vonkajšia rotácia (external rotation)

IR – vnútorná rotácia (internal rotation)

m. – musculus

RAK – ramenný kĺb

RM – rotátorová manžeta

OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	PREHĽAD POZNATKOV	9
2.1	Rameno	9
2.1.1	Anatómia kĺbov ramenného pletenca	9
2.1.2	Kineziológia	11
2.1.3	Funkcia a biomechanika ramena v plávaní	12
2.1.4	Plavecké rameno.....	13
2.2	Izokinetika	16
2.3	Izokinetická dynamometria.....	18
2.3.1	Definícia a história.....	18
2.3.2	Využité metódy	18
2.3.3	Výhody a nevýhody.....	19
2.3.4	Izokinetická dynamometria ramena.....	21
3	CIELE.....	25
3.1	Hlavný cieľ	25
3.2	Vedľajšie ciele	25
4	METODIKA	26
5	VÝSLEDKY.....	27
6	DISKUSIA	33
7	ZÁVERY	35
8	SÚHRN.....	36
9	SUMMARY	38
10	REFERENČNÝ ZOZNAM.....	40

1 ÚVOD

Plávanie je jedinečná aktivita, pretože na rozdiel od väčšiny športov, propulzívna sila v plávaní je tvorená primárne vrchnou časťou tela. Hnacia sila je z 90 % produkovaná pohybom ramena. Ramenný kĺb má preto pre plavcov veľký a nenahraditeľný význam. Väčšina ľudí sa pri plávaní s bolesťou ramena nestretne. Väčšina ľudí však nepláva rýchlo. Zatiaľ čo rekreačné plávanie sa dá považovať za zdraviu prospešnú aktivitu, výkonnostné plávanie už so sebou prináša špecifické ťažkosti.

Riziko zranenia plavcov spočíva predovšetkým v nadmernom opakovaní cyklického pohybu nad úrovňou hlavy. Bolesť ramena tvorí u plavcov najčastejší ortopedický problém. Počas kariéry sa s ňou stretne 40 – 91 % plavcov (Matzkin, Suslavich, & Wes, 2016).

Metóda izokinetickej dynamometrie sa vo svete využíva na klinické účely už desaťročia. Hoci najviac preskúmané je hodnotenie extenzorovej-flexorovej sily kolena, v posledných rokoch sa zvýšil záujem o využitie tejto metódy aj pre ramenný kĺb (Wringley, T., Vasey, A., Watson, L, & Dalziel, R., 1995). Medzi hlavné oblasti využitia izokinetickej dynamometrie patrí klinické zhodnotenie stavu, rehabilitácia, ale aj tréning. Práve dôkladná analýza svalovej aktivity a rovnováhy môže slúžiť ako prevencia zranení. Vďaka zisteným údajom je možné predchádzať ich vzniku úpravou tréningového plánu a vhodným zaradením kompenzačných cvičení.

2 PREHĽAD POZNATKOV

2.1 Rameno

Ramenný pletenec pripája hornú končatinu k trupu. Skladá sa z viacerých kĺbov a početných svalových štruktúr, ktoré z neho robia najdynamickejší a najpohyblivejší kĺb ľudského tela. Jednotlivé spojenia a k nim prislúchajúce štruktúry pracujú spoločne, aby bolo možné vytvoriť zložité pohyby, nevyhnutné pre správnu funkciu ramena. Individuálne kĺby nedosahujú taký veľký rozsah (Nordin & Frankel, 2001).

2.1.1 Anatómia kĺbov ramenného pletenca

Sternoklavikulárny kĺb

Sternoklavikulárny kĺb tvorí jediné kostné pripojenie hornej končatiny k trupu. Ide o skĺbenie kľúčnej kosti (clavicula) s hrudnou kosťou (manubrium sterni). Kľúčna kosť plní hneď niekoľko funkcií – je miestom pripojenia niekoľkých svalov, chráni štruktúry uložené pod ňou, slúži ako podpora ramenného kĺbu (RAK) a bráni jeho mediálnemu posunu pri kontrakcii svalov a zabraňuje distálnemu posunu RAK (Hamill & Knutzen, 2009). Kĺb patrí tvarom kĺbných plôch do skupiny sedlovitých. Medzi kĺbne plochy je vložený disk z väzivovej chrupavky, ktorí delí kĺbnu štrbinu na 2 kompartmenty. Práve disk je zodpovedný za rozsah pohybu kĺbu. Jeho funkciou je tiež zamedziť mediálnemu posunu klavikuly (Nordin & Frankel, 2001). Keďže koniec klavikuly, tvoriaci hlavicu kĺbu, je väčší ako kĺbna jamka hrudnej kosti, je samotný kĺb nestabilný. Z vonkajšej strany je preto spevnený väzmi. Interklavikulárny väz spája pravostranný sternoklavikulárny kĺb s ľavostranným. Kostoklavikulárny väz fixuje kľúčnu kosť k prvému rebro. Sternoklavikulárne väzy zosilňujú kĺbne puzdro z prednej a zadnej strany (Hamill & Knutzen, 2009).

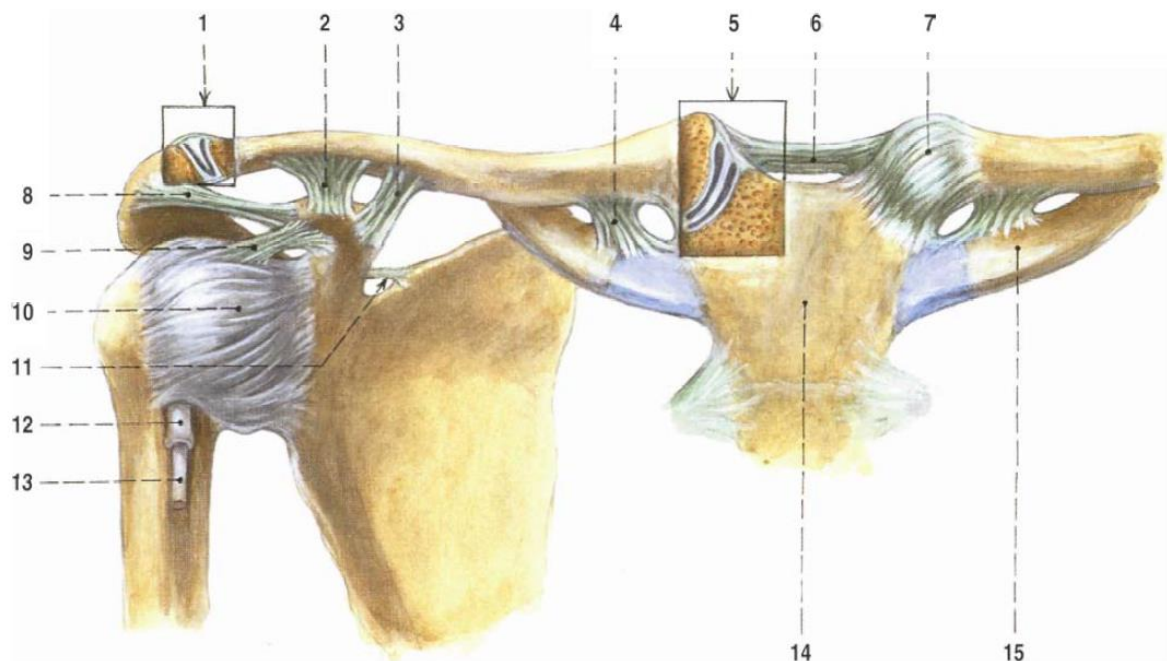
Akromioklavikulárny kĺb

Akromioklavikulárny (AC) kĺb spája laterálny koniec kľúčnej kosti s akromionom lopatky. Kĺbne plochy oboch koncov majú oválny tvar a sú ploché. Často obsahuje väzivový disk, odštiepujúci sa z hornej časti kĺbneho puzdra. Puzdro je krátke a tuhé, spevnené väzmi. Väz akromioklavikulárny spevňuje hornú stranu puzdra. Medzi hlavné štruktúry podieľajúce sa na stabilite AC kĺbu patrí korakoklavikulárne ligamentum (lig.). Nie je súčasťou samotného kĺbu. Spája processus coracoideus lopatky s kľúčnou kosťou.

Skladá sa z 2 samostatných zložiek – lig. trapezoideum v zadnej časti a lig. corioideum v prednej časti. Výrazne obmedzuje pohyby AC kĺbu (Čihák, 2011).

Glenohumerálny kĺb

Glenohumerálny kĺb je najpohyblivejším kĺbom ľudského tela. Podľa tvaru dotykových plôch patrí do skupiny kĺbov guľovitých voľných, ktoré sa vyznačujú menšou plochou jamky v porovnaní s plochou hlavice. Hlavicu kĺbu tvorí caput humeri – hlavica ramennej kosti a jamka je tvorená cavitas glenoidalis scapulae (fossa articularis) – kĺbna jamka lopatky. Rozsah jamky rozširuje kĺbny chrupavkový lem – labrum glenoidale. Napriek tomu tvorí plocha jamky len štvrtinu až tretinu hlavice (Čihák, 2011). Hlavica kĺbu má elipsovité tvar a smeruje mediálne, superioorne a posteriorne. S diafýzou humeru zvierá uhol 130° a k pomyselnéj spojnici epikondylov je 30° v retroverzii. Kĺbna jamka lopatky – glenoid, je rozšírená časť inak plochej lopatky, nachádzajúca sa pod akromionom. Povrch jamky je mierne konkávny a jej centrálna oblasť sa vyznačuje najtenšou vrstvou chrupavky. Labrum glenoidale je tvorené hustým väzivom. Začína po obvode kĺbnej jamky, ku ktorej je pripovené prostredníctvom väzivovej chrupavky. Hlavnou funkciou je vyrovnávať nepomer medzi rozsahom hlavice a jamky a tým prispievať k stabilite ramenného kĺbu. Kĺbne puzdro začína na hranici labra a upína sa na humerus v oblasti jeho krčku. Z vnútornej strany ho pokrýva vrstva synoviálnych buniek, tvoriacich synoviálnu tekutinu pre výživu kĺbu. Z vonkajšej strany je spevnené a chránené šľachami svalov rotátorovej manžety (RM) (Halder, Itoi, & An, 2000). Okrem svalov RM sa na stabilizácii kĺbu podieľajú aj väzy. Ligamentum coracohumerale fixuje kĺbnu hlavicu k lopatke z prednej strany. Rovnako na prednej strane sa nachádzajú ligamenta glenohumeralia, ktoré tvoria úzku hornú a dolnú skupinu a širšiu strednú skupinu (Čihák, 2011).



- 1 frontálny rez akromioklavikulárnym kloubem (zřetelný discus articularis jako variace)
- 2, 3 ligamentum coracoclaviculare
- 2 ligamentum trapezoideum
- 3 ligamentum conoideum
- 4 ligamentum costoclaviculare
- 5 frontální řez sternoklavikulárním kloubem; v kloubu discus articularis
- 6 ligamentum interclaviculare
- 7 ligamentum sternoclaviculare anterius
- 8 ligamentum coracoacromiale
- 9 ligamentum coracohumerale
- 10 pouzdro ramenního kloubu
- 11 ligamentum transversum scapulae superius
- 12 výchlíпка synoviální membrány podél šlachy dlouhé hlavy m. biceps brachii
- 13 šlacha dlouhé hlavy m. biceps brachii
- 14 manubrium sterni
- 15 první žebro

Obrázok 1. Spojenia pletenca hornej končatiny (Čihák, 2011)

2.1.2 Kineziológia

Biomechanika ramenného kĺbu je po dlhé roky aktívnu oblasťou výskumu. Schopnosť ramena vykonávať pohyby vo viacerých rovinách je podmienená jeho anatomickým zložením. Stupne pohybu závisia od interakcie početných štruktúr, ktoré reagujú na mechanické podnety a na ich základe sa adekvátne nastaví (Lugo, Kung, & Ma, 2008). Kapandji (2002) uvádza, že z hľadiska funkcie je rameno tvorené až 5 rôznymi kĺbmi. Kĺby glenohumerálny, akromioklavikulárny a sternoklavikulárny sú pravými anatomicky popísanými kĺbmi. Zvyšné 2 – kĺb skapulothorakálny a subdeltoidálny sú

kĺbmi funkčnými. Každý pohyb ramena vzniká ako komplex posuvných, rotačných a sklzných pohybov všetkých daných štruktúr voči sebe. Táto súhra je zabezpečená neuromuskulárnymi mechanizmami, ktoré počas celého pohybu kontrolujú ich správne nastavenie a podieľajú sa na stabilizácii ramena.

Michalíček a Vacek (2014) popisujú 3 základné mechanizmy podieľajúce sa na stabilizácii ramena. Do prvej skupiny radíme kapsuloligamentózne štruktúry, podieľajúce sa na statickej stabilizácii predovšetkým v krajných polohách kĺbov. Môžeme sem zaradiť tvar kostí, prídavné štruktúry kĺbov, väzy. Druhá skupina obsahuje dynamické stabilizátory, tzv. muskulotendinózne štruktúry. Sú to predovšetkým svaly RM. Tretiu skupinu tvorí proprioceptívny systém uvedených štruktúr, ktorý celý proces stabilizácie riadi. Na rozdiel od dolnej končatiny, hlavnou stabilizačnou zložkou ramenného pletenca sú svaly (Cutti & Veeger, 2009).

Vzhľadom k tomu, že rameno je najpohyblivejším kĺbom ľudského tela, je nevyhnutné, aby bola medzi pohyblivosťou a stabilitou vytvorená rovnováha. Tá môže byť veľmi ľahko narušená poškodením jediného elementu ramenného pletenca. Typickým príkladom sú opakované pohyby u športovcov, nadmerná námaha alebo neprirodzené polohy (Cutti & Veeger, 2009).

2.1.3 Funkcia a biomechanika ramena v plávaní

Vo všetkých plaveckých spôsoboch slúži ramenný kĺb ako os otáčania hornej končatiny. Veľký význam pre jeho funkciu má poloha lopatky a svaly, ktoré zabezpečujú jej stabilizáciu. Lopatka je základ, na ktorom môžeme stavať. Ak sú svaly lopatky oslabené, pohyby hornej končatiny, ktoré na pohyby lopatky nadväzujú, nemôžu byť dostatočne presné a svaly paže nie sú schopné využiť svoju silu v plnom rozsahu. Správne postavenie a rotácia lopatky umožňuje plavcovi natiahnuť ruku pred seba a predĺžiť a zefektívniť tak záber. Oslabenie chrbtových svalov navyše prispieva k nesprávnemu držaniu tela a zvyšuje sa riziko zranení (McLeod, 2014).

Plávanie vyžaduje rôzne pohyby ramena, väčšinu ktorých tvorí cirkumdukcia v smere, alebo proti smeru hodinových ručičiek s rozdielnym pomerom vnútornej a vonkajšej rotácie. Záber každého plaveckého spôsobu sa rozdeľuje na 2 hlavné fázy – záberová časť a prenosová časť. Záberovú časť môžeme podrobnejšie rozdeliť na vstup ruky do vody, zachytenie vody, strednú časť záberu a záver, t. j. dotiahnutie (Tovin, 2006). Bez ohľadu na plaveckú špecializáciu, najväčšia časť tréningu je absolvovaná plaveckým

spôsobom kraul. Hnacia sila kraulového záberu je tvorená pomocou addukcie a vnútornej rotácie ramena. Kľúčovými hráčmi pre vytvorenie maximálnej sily sú m. pectoralis major (veľký prsný sval) a m. latissimus dorsi (široký sval chrbta). Ako pomocné svaly slúžia m. serratus anterior (predný pilovitý sval) a m. subscapularis (podlopatkový sval). Lopatka je počas fázy záberu v protrakcii. Pri prenosovej fáze dochádza ku kombinácii retrakcie a elevácie lopatky s abdukciou a vonkajšou rotáciou ramenného kĺbu. Zadná časť m. deltoideus priťahuje pažu do addukcie a vyťahuje ju tak von z vody a zároveň m. teres minor (malý oblý sval) kontroluje vnútornú rotáciu, vytvorenú pomocou m. pectoralis major. (Matzkin, Suslavich, & Wes, 2016). Najdôležitejším svalom prenosovej fázy je stredná časť m. deltoideus, ktorá abdukuje pažu a prenáša ju ponad hlavu dopredu (McLeod, 2014).

Počas celého záberu je potrebná bezchybná stabilizácia lopatky, na ktorej sa podieľa veľké množstvo svalov - predná a stredná časť m. deltoideus (deltový sval), mm. rhomboidei (rombické svaly), horná časť m. trapezius (lichobežníkový sval) a predovšetkým svaly RM (McLeod, 2014). Rotátorová manžeta je skupina svalov, podieľajúca sa na dynamickej stabilizácii ramena. Lugo et al. (2008) dodávajú, že svaly RM nie sú len dynamickými stabilizátormi, ale svojou orientáciou a uložením okolo glenohumerálneho kĺbu prispievajú k stabilizácii ramena aj pasívne. Jednotlivé svaly zastávajú aj svoje individuálne funkcie ale hlavne ich kombinácia výrazne prispieva k celkovej stabilite, predovšetkým pri maximálnom rozsahu pohybu. Patrí sem m. subscapularis (podlopatkový sval), m. supraspinatus (nadhrebeňový sval), m. infraspinatus (podhrebeňový sval) a m. teres minor (malý oblý sval).

2.1.4 Plavecké rameno

Vo všeobecnosti sa plávanie považuje za zdraviu prospešný šport. Napriek tomu aj rekreační plavci musia dodržiavať niektoré zásady plaveckej techniky, aby si na úkor zlepšovania kondície nespôsobili zranenie pohybového aparátu. Vrcholoví športovci musia čeliť viacerým komplikáciám, ktoré sú spôsobené predovšetkým nadmerným zaťažovaním kĺbov neustálym opakovaním rovnakého pohybu.

Plavci na vrcholovej úrovni zaplávajú v tréningu priemerne 6000–10 000 m za deň. Tréningy majú spravidla 5–7 dní v týždni, z toho 3–5x dokonca dvojfázovo. Tomu zodpovedá zhruba celkovo 60 000 až 80 000 m za týždeň. Pri priemernom výkone 8–10 záberov na 25 metrov tak takýto plavec absolvuje 30 000 rotácií každého ramena za

týždeň. Vysoký počet záberov kladie obrovskú záťaž na ramenný pletenec a glenohumerálny kĺb (Heinlein & Cosgarea, 2010).

Bolesť ramena je najčastejším muskuloskeletálnym zranením vyskytujúcim sa u plavcov. Incidencia sa pohybuje od 27 %–87 % (Tovin, 2006). Podľa Pinka, Edelmana, Marka a Rodea (2011) sa v priemere u polovice vrcholových plavcov rozvinie počas ich športovej kariéry bolesť ramena do takého štádia, že sú nútení zmeniť svoje tréningové návyky a plány. Uvádzajú aj ďalšie štatistiky. Najčastejšie je bolesť lokalizovaná v anterosuperiornej oblasti, uvádza ju až 44 % plavcov. Difúznou bolesť popisuje 26 % plavcov, anteroinferiorná lokalizácia je menej častá (14 %), podobne ako posterosuperiorná (10 %) a najmenej sa vyskytuje bolesť v posteroinferiornej oblasti (4 %).

Pojem plavecké rameno bol prvýkrát definovaný v roku 1974, nie však ako konkrétna diagnóza, ale ako bolestivý syndróm, spôsobený opakovaným zaťažovaním, vyskytujúci sa u plavcov preferujúcich kraul a motýlik (Kennedy & Hawkins, 1974). Za týmto syndrómom sa môže skrývať množstvo diagnóz. Medzi ne patrí napríklad tendinopatia musculus supraspinatus, poškodenie labra ramenného kĺbu, impingement syndróm, nestabilita ramenného kĺbu z dôvodu zvýšenej elasticity väziva, poškodenie funkcie svalov, neuropatie a anatomické anomálie (Matzkin et al., 2016).

Rizikové faktory, podieľajúce sa na vzniku bolesti ramien možno rozdeliť do 3 skupín – anatómia a vlastnosti ramenného kĺbu, parametre tréningu a demografické faktory (Hill, Collins, & Posthumus, 2015). Bailón-Cerezo, Torres-Lacomba a Gutiérrez-Ortega (2016) uvádzajú, že prevalencia bolesti ramien u výkonnostných plavcov vo veku 12–24 rokov sa zvyšuje po 3 rokoch intenzívneho tréningu a vyskytuje sa viac u plavcov, ktorí preferujú kraul alebo majú vyššie hodnoty body mass indexu. Za najvýznamnejší faktor je považovaný veľký tréningový objem v období vývoja, ktorý nie je dostatočne kompenzovaný „suchou“ prípravou (Bak, 2010).

Jednou z možností prevencie vzniku bolesti ramien u plavcov je funkčný silový tréning, vytvorený tak, aby cviky posilňovali rameno v takých pozíciách a uhloch, v akých je reálne zapájané pri plávaní. Napriek tomu, že po 6 týždňoch cvičenia nebol pozorovaný výrazný nárast svalovej sily, incidencia bolesti ramien sa znížila (Swanik, Swanik, Lephart, & Huxel, 2002). Potrebu silového tréningu v rámci „suchej“ plaveckej prípravy odporúčajú aj Batalha, Marmeleira, Garrido a Silva (2015), ktorí potvrdzujú vznik svalovej nerovnováhy medzi vnútornými a vonkajšími rotátormi ramena pri plaveckom tréningu

v prospech rotátorov vnútorných. Silový tréning by mal byť preto zameraný kompenzačne na posilňovanie vonkajších rotátorov. Matthews, Green, Matthews a Swanwick (2017) dodávajú, že takýto silový program, doplnený o cvičenia na zväčšenie rozsahu pohybu a propioceptívny tréning, má pozitívny vplyv na dĺžku záberu. Udržanie dĺžky záberu aj počas únavy môže byť prospešné nie len ako prevencia vzniku zranení, ale aj na zlepšenie výkonu. Moderným prístupom k prevencii bolesti ramien je využitie závesných systémov. Mohamed (2016) vytvoril TRX závesný tréningový program pre plavcov, ktorého cieľom je zvýšiť funkčný rozsah pohybu ramenného kĺbu, posilniť rotátorovú manžetu a stabilizátory ramena a zároveň zvýšiť stabilitu stredu tela. Tvrdí, že lepšia rovnováha medzi stredom tela a svalmi rotátorovej manžety pomáha redukovať množstvo a závažnosť zranení ramien spôsobných opakovanými cyklickými pohybmi u športovcov.

Zásady prevencie platia aj pri rehabilitácii, pokiaľ už bolesť ramena vznikne. Po zvládnutí akútnej fázy bolesti je potrebná podrobná diagnostika a stanovenie konkrétnej príčiny vzniku. Následná rehabilitácia musí rešpektovať potreby daného športu a mechanické obmedzenia ramenného kĺbu. Efektívne je spojenie manuálnej terapie a cvičení na stabilizáciu ramenného pletenca (Almeida et al., 2011). Napriek vyčerpávajúcej rehabilitácii sa však môžu nájsť jedinci, ktorí sa ťažkostí nezbavia a neostáva im nič iné, iba operácia. Operácia je vždy poslednou voľbou, pretože historické zdroje ukazujú, že šanca návratu k vrcholovej výkonnosti je malá (Blanch, 2004).

2.2 Izokinetika

Pojem izokinetika sa vzťahuje k typu svalovej kontrakcie. Základné kritérium, podľa ktorého určujeme typ kontrakcie, je zmena dĺžky svalových vlákien. Z tohto hľadiska rozlišujeme 2 typy kontrakcií – izometrickú a anizometrickú (Janura, 2007).

Pri izometrickej kontrakcii nedochádza k zmene dĺžky svalových vlákien, mení sa len napätie svalu. Tento typ kontrakcie sa tiež nazýva statický, pretože pri ňom nedochádza k mechanickej práci. Veľkosť svalovej sily sa rovná veľkosti vonkajšej sily, pôsobiacej na daný segment, ktorý preto ostáva v rovnakej pozícii (Nordin & Frankel, 2001).

Anizometrická kontrakcia je charakterizovaná zmenou dĺžky svalových vlákien. Moment svalovej sily sa líši od momentu tiažovej sily bremena. Do skupiny anizometrických kontrakcií patrí kontrakcia koncentrická a excentrická (Janura, 2007). Pri koncentrickej kontrakcii dochádza k aktívnemu skracovaniu svalových vlákien. Začiatok a úpon svalu sa k sebe približujú, čo znamená, že aj jednotlivé segmenty, na ktoré daný sval pôsobí sa približujú. Môžeme ju tiež označiť ako pozitívnu kontrakciu, keďže svalová sila pôsobí reálne proti gravitácii a preyšuje tiažovú silu bremena (Hamill & Knutzen, 2009). Keď už sval nedokáže odolávať vonkajším silám, postupne sa predlžuje. Svalová sila tak pôsobí proti smeru pohybu. Excentrická kontrakcia sa preto niekedy označuje ako negatívna, alebo brzdná. Jej úlohou je spomaliť pohyb kĺbu. Špeciálnym typom anizometrickej kontrakcie je kontrakcia izotonická. Je charakterizovaná stálym svalovým napätím pri zmene svalovej dĺžky. Definícia však neberie do úvahy, že počas pohybu kĺbu dochádza k zmene stredu otáčania a ramena svalovej sily. Tento typ kontrakcie tak v pravom zmysle slova neexistuje a je nefyziologický (Nordin & Frankel, 2001).

Izokinetická kontrakcia je typ svalovej práce, pri ktorej sa kĺb pohybuje konštantnou rýchlosťou a preto aj rýchlosť skracovania a predlžovania svalových vlákien musí byť konštantná. Svalová sila sa pri pohybe kĺbu mení spoločne so zmenou ramena páky. Izokinetický pohyb môže nastať pri koncentrickej, rovnako ako aj pri excentrickej kontrakcii (Nordin & Frankel, 2001). Thistle et al. (1967) definovali izokinetiku ako dynamickú svalovú kontrakciu, pri ktorej je rýchlosť pohybu konštantná a kontrolovaná pomocou špeciálneho zariadenia. Odpor zariadenia je rovný svalovému točivému momentu počas celého rozsahu pohybu. Z definície je jasné, že na vykonanie izokinetického pohybu je potrebné elektromechanické zariadenie schopné udržiavať konštantnú rýchlosť pohybu. Podľa Browna (2000) pojem „izokinetika“ popisuje cvičenie konštantnou rýchlosťou proti

meniacemu sa odporu. (Dvir, 2004) popisuje izokinetiku ako kontrakciu svalu alebo svalovej skupiny proti kontrolovanému odporu, vďaka ktorému je pohyb segmentu vykonávaný so stálou lineárnou aj uhlovou rýchlosťou v rámci stanoveného rozsahu pohybu.

2.3 Izokinetická dynamometria

2.3.1 Definícia a história

Izokinetická dynamometria je metóda, ktorá zabezpečuje pohybujúcemu sa segmentu konštantný odpor a zároveň umožňuje meranie viacerých charakteristík vykonávaného pohybu (Dvir, 2004). Izokinetická metóda sa na testovanie a zlepšovanie výkonu používa už viac ako 30 rokov. Prvé články týkajúce sa izokinetického cvičenia boli publikované v neskorých 60-tych rokoch. Odvtedy bolo uverejnené obrovské množstvo článkov, popisujúcich využitie izokinetickej dynamometrie v oblasti testovania alebo tréningu (Brown, 2000). Izokinetický princíp vedecky predstavili v roku 1967 Hilsop a Perrine. Zostrojili čisto pasívny systém schopný merať koncentrické alebo excentrické izokinetické úsilie. Prispôsobujúci sa odpor bol vytváraný pomocou hydraulického piestu, ktorý umožňoval pohyb ramena páky v 6 predpísaných rýchlostiach (30–180°/s, s 30°/s intervalom) na základe nastaviteľného priemeru olejového výstupného ventilu.

Prvá generácia takýchto tzv. pasívnych izokinetických dynamometrov sa po 15 rokoch stala prežitkom s nástupom nových aktívnych prístrojov. Hlavnými pridanými prvkami boli aktívny zdroj energie vo forme elektrického motora a osobný počítač. Vďaka tomu mohol moderný dynamometer merať izometrickú, koncentrickú a excentrickú kapacitu svalov pri rôznych podmienkach a výsledky sa súčasne zaznamenávali v numerickej alebo grafickej forme.

2.3.2 Využité metódy

Využité metódy izokinetickej dynamometrie môžeme rozdeliť na 4 skupiny:

1. Hodnotenie stavu

Už Brown (2000) tvrdil, že izokinetické posúdenie športovcov poskytuje cenné informácie, ktoré môžu byť využité na skvalitnenie výkonu. Objektívne kvantitatívne údaje z testovania môžu slúžiť ako základný screening pred zahájením sezóny alebo ako komparatívne údaje, vďaka ktorým môžeme zhodnotiť účinnosť jednotlivých tréningových režimov.

Hodnotenie svalovej sily umožňuje presnú kvantifikáciu tréningového efektu, keďže zabezpečuje základné počiatkové a následne potréningové dáta. Izokinetická dynamometria sa v dnešnej dobe považuje za zlatý štandard v hodnotení svalovej

sily. Moderné prístroje poskytujú trénerom a klinickým pracovníkom veľké množstvo parametrov (Manca, Solinas, Dragone, & Deriu, 2015).

2. Rehabilitácia

Davies, Ellenbecker a Wilk (2009) veria, že izokinetika by mala byť súčasťou patientskej starostlivosti, keďže izokinetické cvičenie poskytne lekárovi objektívne reprodukovateľné klinické hodnoty popisujúce svalovú prácu. Okrem toho je izokinetické cvičenie jedným z najbezpečnejších metód vďaka prispôsobujúcemu sa odporu.

Výhodou izokinetického systému je nastaviteľný odpor rovný aplikovanej svalovej sile a konštantne prednastavená rýchlosť pohybu. Tieto unikátne vlastnosti poskytujú vysokú bezpečnosť pri použití na rehabilitačné účely u pacientov so svalovými alebo väzivovými zraneniami a presnosť pri meraní svalového výkonu pri rôznych rýchlostiach (Baltzopoulos & Brodie, 1989).

3. Tréning

Konštantná prednastavená rýchlosť počas izokinetického pohybu umožňuje trénovať a zvyšovať svalovú činnosť v dynamických podmienkach. Izokinetický tréning pri špecifických rýchlostiach zvyšuje maximálny točivý moment zúčastnených svalových skupín. Zdokonalenie svalového výkonu je vysvetľované špecifickou adaptáciou motorických jednotiek svalov a nervového systému na stanovenú rýchlosť (Baltzopoulos & Brodie, 1989). Keď sa izokinetické cvičenie vyžíva s rozumom, patrí medzi najlepšie metódy odporovaného tréningu (Davies et al., 2009).

4. Prevencia zranení

2.3.3 Výhody a nevýhody izokinetickej dynamometrie

Napriek širokému využitiu izokinetickej dynamometrie, tak ako všetko, aj táto metóda má svoje nevýhody. Veľký problém je predovšetkým stále vysoká cena prístroja, ktorý si následne vyžaduje pravidelné kontroly a kalibrácie. Má obmedzené možnosti ohľadom testovania jednotlivých pohybových vzorov. Hoci sa zameriava na meranie izolovaných kĺbov, v niektorých prípadoch (napr. ramenný kĺb) takáto izolácia nie je

možná. Výhodou je najmä ukládanie obrovského množstva výsledkov na neskoršie použitie (Brown, 2000).

Výhody tréningu pomocou izokinetického dynamometra spočívajú v tom, že dokáže izolovať jednotlivé svalové skupiny. Umožňuje uplatnenie maximálneho odporu v každom uhle celého rozsahu pohybu. Športovcov tiež motivuje vizuálny feedback. Nevýhodou je najmä to, že len ťažko napodobňuje športovo-špecifické pohybové vzory. Kĺby sú posilňované izolovane, bez funkčného zapojenia do svalových reťazcov (Brown, 2000).

2.3.4 Izokinetická dynamometria ramena

Objektívne informácie týkajúce sa komplikovanej rovnováhy agonistických a antagonistických svalov obklopujúcich glenohumerálny kĺb sú potrebným zdrojom pre prevenciu zranení a ich následnú rehabilitáciu. Terapeutické cvičenie a izolované testovanie kinetického reťazca hornej končatiny sú indikované pri zraneniach z preťaženia u športovcov, rovnako ako pri pooperačnej rehabilitácii ramena.

Skúmanie svalov ramena prostredníctvom izokinetickej dynamometrie je jedinečnou výzvou a to z viacerých dôvodov:

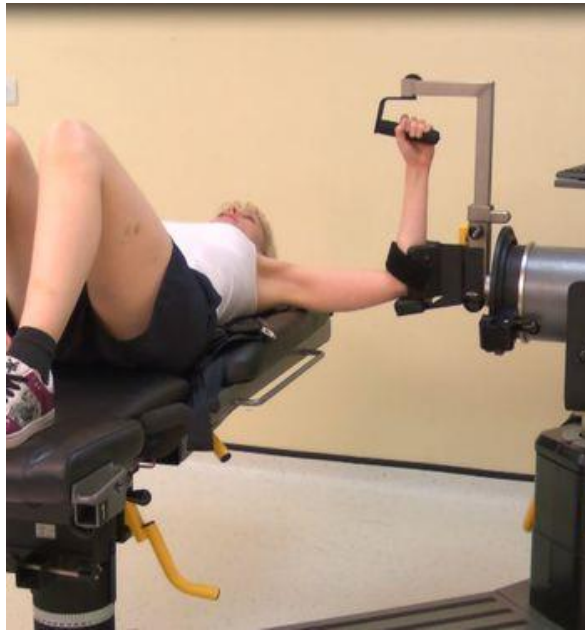
1. Napriek tomu, že pohyblivosť glenohumerálneho kĺbu je z anatomického hľadiska popisovaná v troch rovinách, v skutočnosti existuje nespočetne veľa vyšetrovacích pozícií. Neexistuje žiadna univerzálna dohoda, ktorá z nich je optimálna.
2. Na jednotlivých pohyboch ramena podieľa veľké množstvo svalov a pre reprodukovateľnosť výsledkov je preto potrebné, aby boli testovacie pozície presne stanovené a dodržiavané.
3. Anatomické orientačné body slúžiace na zosúladienie osi pohybu ramena s osou páky dynamometra nie sú také zřejmé ako u iných kĺbov, ako napríklad u kolena alebo lakt'a.
4. Testovacie protokoly sa vo vysokej miere líšia v závislosti od jednotlivých štúdií. Výsledkom neprítomnosti štandardizovaného postupu je veľké množstvo hodnôt, ktoré sú neporovnateľné (Shklar & Dvir, 1995).

Najpopulárnejší izokinetický test v oblasti ramena je vnútorná a vonkajšia rotácia. Využívajú sa na to rôzne pozície:

- Ľah na chrbte, 90° abdukcia ramena – najstabilnejšia poloha, ponúka najväčší rozsah pohybu. Jej použitie sa odporúča predovšetkým pre výskum, nie je veľmi vhodná pre pacientov (Obrázok 2a).
- Modifikovaný sed – v tejto polohe je možná lepšia kontrola lopatky. Rameno je nastavené na 30° flexie a 30° abdukcie. Napriek tomu, že táto poloha

neumožňuje také rozsahy pohybu ako poloha predchádzajúca, dáva najpoužiteľnejšie výsledky. Vhodná aj pre pacientov (Obrázok 2b).

- Sed s 90° flexiou – najmenej obľúbená poloha z dôvodu obmedzenia lopatky, ktorá je od začiatku testovania v plnej protrakcii. Ide o najstabilnejšiu polohu, avšak neumožňuje veľké rozsahy pohybov (Obrázok 2c).
- Stoj – testovanie v tejto polohe je funkčnejšie, avšak stabilizácia je náročná, ak nie nemožná (Obrázok 2d) (Wimpenny, 2016).



a) poloha v ľahu



b) modifikovaný sed



c) sed s 90° flexiou



d) stoj

Obrázok 2. Testovanie vonkajšej/vnútornej rotácie ramena (Wimpenny, 2016)

Okrem rotácií sa často stretávame aj s meraním abdukcie a addukcie. Pre tieto testy neexistuje štandardizovaná poloha. Abdukcia v glenohumerálnom kĺbe je totiž spojená s pohybmi skapulothorakálneho spojenia, ktoré umožňujú vykonanie normálneho pohybového vzorca. Najčastejšie sa využívajú 2 vyšetrovacie polohy:

- Sed – v tejto polohe je zabezpečená väčšia stabilita hrudníka, ale addukcia je obmedzená kontaktom končatiny s trupom. Na redukcii nežiaduceho pohybu trupu sa pacient stabilizuje bezpečnostným pásom. Poloha v sede sa využíva u pacientov a vo výskume (Obrázok 3a).

- Stoj – táto poloha neposkytuje žiadnu stabilizáciu, je však funkčnejšia a umožňuje aj malý stupeň addukcie (Obrázok 3b) (Wimpenny, 2016).



a) poloha v sede



b) poloha v stojí

Obrázok 3. Testovanie abdukcie/addukcie (Wimpenny, 2016)

3 CIELE

3.1 Hlavný cieľ

Hlavným cieľom bakalárskej práce je analýza literatúry, týkajúcej sa využitia izokinetickej dynamometrie u plavcov.

3.2 Vedľajšie ciele

1. Popísať ramenný kĺb z anatomického a biomechanického hľadiska.
2. Charakterizovať pojem plavecké rameno a popísať príčiny jeho vzniku.
3. Zhrnúť možnosti prevencie a terapie plaveckého ramena.
4. Vysvetliť pojmy izokinetika a izokinetická dynamometria.

4 METODIKA

Hlavnou časťou pracovného postupu bolo vyhľadávanie a štúdium odborných textov s tematikou plaveckého ramena a izokinetickej dynamometrie, či už všeobecne, ale najmä jej využitia v plávaní. Na vyhľadávanie boli použité predovšetkým databázy EBSCO, PubMed a ScienceDirect. Zadávané boli termíny „swimmers shoulder“, „isokinetics“, „isokinetic dynamometry“, isokinetic dynamometry of the shoulder“, „isokinetic dynamometry in swimming“. Vyberané boli zdroje publikované od roku 2000. Zdroje staršieho dátumu boli získané na základe ich využitia vo vybraných študovaných článkoch. Celkovo bolo použitých 35 zahraničných odborných článkov, 1 český odborný článok, 5 zahraničných kníh, 3 české knihy a 1 internetový zdroj.

5 VÝSLEDKY

Kemp a Sealey (1999) testovali elitných plavcov s cieľom zistiť separátny vplyv voľného spôsobu a znaka na maximálny točivý moment a svalovú rovnováhu vnútorných (ER) a vonkajších rotátorov (IR) ramena. Zamerali sa na testovanie elitných športovcov v polohách, ktoré najlepšie simulujú daný plavecký záber a stanovili reliabilitu testovania v pronačnej a supinačnej polohe.

Testovací protokol začal nastavením pacienta do pronačnej alebo supinačnej polohy s 90° abdukciou ramena a 90° flexiou lakťa. Izokinetické testy boli vykonané koncentricky pri rýchlostiach 60°/s a 240°/s pre každé rameno. Ako prvá sa merala vnútorná rotácia a následne rotácia vonkajšia. Každá z nich bola testovaná 3x s 10 s oddychom medzi meraniami.

Na základe nameraných výsledkov dospeli k viacerým záverom:

- 1.) Pri testovaní vnútornej rotácie dosiahli plavci hodnoty porovnateľné s kontrolnou skupinou. Hodnoty maximálneho točivého momentu pri vonkajšej rotácii však boli významne vyššie či už v pronačnej alebo supinačnej pozícií.
- 2.) Plavci dosiahli vyššie hodnoty pri testovaní v pozícií, ktorá viac zodpovedá plaveckej polohe – pronačná pozícia u voľného spôsobu a supinačná u znaka.
- 3.) V porovnaní s kontrolnou skupinou majú všetci plavci nižší podiel ER:IR.

K záveru, že pri testovanie v polohe, ktorá sa čo najviac približuje polohe pri plávaní, sú plavci schopní vyprodukovať vyššie hodnoty momentu sily pre vnútornú aj vonkajšiu rotáciu dospeli už Falkel, Murphy a Murray (1987) . Merali 39 plavcov a pri meraní v pronačnej aj v supinačnej polohe postupovali podľa rovnakého protokolu. Každý pohyb bol vykonaný 3x postupne pri rýchlostiach 120°/s, 180°/s a 240°/s. Následne pre zhodnotenie vytrvalosti pokračoval test vykonaním 50 kontrakcií pre každý pohyb pri rýchlosti 240°/s.

Tamborindeguy, Scheuer Becker a Diefenthaler (2013) zdôraznili význam sily extenzorov ramena na propulzii a potvrdili fakt, že extenzorovej skupine sa vo výskumoch nevenuje veľa času. Väčšina meraní je zameraných na vonkajšiu/vnútornú rotáciu a abdukciu/addukciu. Preto sa zamerali na výskum točivého momentu ramena do extenzie.

Testovania sa zúčastnilo 9 vrcholových plavcov, ktorým boli namerané hodnoty maximálneho točivého momentu pri koncentrickej extenzii ramena pri rýchlosti 60°/s. Meranie bolo vykonané v pronačnej polohe predlaktia pre lepšiu simuláciu kraulového záberu 5x pre obe ramená. Vo výsledku potvrdili význam extenzorov v záverečnej fáze záberu a napriek odhaleniu malých odchýlok medzi dominantnou a nedominantnou končatinou, významný podiel na celkovej propulzii majú obe končatiny. Odchýlka medzi končatinami vzniká aj pri symetrických športoch a je spôsobená preferovaním dominantnej končatiny pri bežných denných činnostiach.

Baltzopoulos a Brodie (2009) sa vo svojej štúdií zamerali na stanovenie účinku izokinetického tréningu na izokinetickú silu plavcov. Do testovania sa zapojilo 6 mužských plavcov, ktorí v období 6 týždňov podstúpili izokinetický svalový tréning. Tréningový efekt bol stanovený pomocou meraní pred a po jeho absolvovaní. Prvé testovanie prebehlo týždeň pred zahájením tréningu a druhé testovanie následne v poslednom týždni tréningu. Tréningový program spočíval v opakovaní testovaných pohybov, s postupným zvyšovaním uhlovej rýchlosti. Výsledkom bol významný nárast maximálneho točivého momentu u oboch končatín v priemere 22,6 až 31 %. Pozitívnym aspektom pre plávanie je najmä poznatok, že takýto efekt mal tréning s frekvenciou len 2x týždenne.

Pomocou izokinetickej dynamometrie stanovili efektivitu kompenzačného silového tréningu aj Batalha, Raimundo et al. (2015). Na stanovenie účinku boli porovnávané hodnoty IR a ER pred a po absolvovaní 16-týždňového špecifického silového tréningu zameraného predovšetkým na vonkajšie rotátory a celkovú stabilizáciu ramena. Testovanie prebehlo v polohe v sede, ramenný kĺb bol nastavený v 90° abdukcií a maximálnej vnútornej rotácií a lakt'ový kĺb v 90° flexií. Rovnaká poloha bola použitá aj v ďalších výskumoch (Julienne, Gauthier, Moussay, & Davenne, 2007; Tyler, Nahow, Nicholas, & McHugh, 2005). Samotný test pozostával z 15 minútovej rozcvičky, po ktorej nasledovalo meranie maximálneho točivého momentu – 3x pri rýchlosti 60°/s a 20x pri rýchlosti 180°/s. Najskôr boli namerané výsledky pre rýchlosť 60°/s na oboch horných končatinách, až následne sa prešlo na meranie oboch končatín pri rýchlosti 180°/s. V oboch rýchlostiach predchádzali meraným pokusom 2 skúšobné. Všetci probandi podstúpili meranie pred začiatkom tréningu a následne o 16 týždňov neskôr po jeho absolvovaní.

V roku 2012 sa Batalha et al.(2012) zamerali na mladšiu generáciu a rozhodli sa u nej vytvoriť profil izokinetickej sily rotátorov ramena. Do štúdie bolo zapojených 60 plavcov

vo veku 14–15 rokov a 60 neplavcov rovnakého veku v kontrolnej skupine. Izokinetická evaluácia bola vykonaná pred zahájením športovej sezóny. Meranie prebiehalo v sede pri 90° abdukcii ramena a 90° flexii lakťa. Na základe dostupnej literatúry na testovanie zvolili 2 protokoly:

- 1.) 3 opakovania koncentrickej kontrakcie pri rýchlosti 60°/s,
- 2.) 20 opakovaní koncentrických kontrakcií pri rýchlosti 180°/s.

Samotnému testovaniu predchádzalo 15–minútové rozcvičenie a medzi aplikáciou jednotlivých protokolov bola vsunutá 2–minútová pauza. Do pozorovaných veličín patril maximálny točivý moment, podiel ER:IR a index únavy, vypočítaný pomocou rovnice: $[(W1-W2)/W1] \times 100$, pričom W1 = práca v prvej 1/3 testovania, W2 = práca v poslednej 1/3 testovania.

Jedným zo záverov, ku ktorému došli, zodpovedajúci predchádzajúcim výskumom, je fakt, že sila vnútorných rotátorov je vždy vyššia ako sila ich antagonistov. Nie je to neočakávané, vzhľadom k tomu, že týchto svalov je nie len viac, ale sú aj väčšie. Práve sila vnútorných rotátorov je hodnota, ktorá nepochybne odlíši plavca od neplavca. Tento poznatok zdôrazňuje potrebu kompenzačného tréningu, zameraného na posilnenie vonkajších rotátorov na zníženie dysbalancie a prevenciu zranení. V predchádzajúcich výskumoch bola stanovená normálna hodnota pomeru ER:IR na 66 – 75 %. Pri testovaní mladších plavcov protokolom podľa Batalhy et al. (2012) bola táto hodnota u nižších vekových kategórií o niečo vyššia. Konkrétne v tomto prípade išlo o hodnoty 70 – 78 %.

West, Sole a Sullivan (2005) sa naopak zamerali na staršiu generáciu a rozhodli sa poskytnúť normatívne dáta pre rozrastajúcu sa skupinu starších rekreačných plavcov. Do štúdie sa zapojilo 13 plavcov, ktorých vekový priemer dosiahol 43,5 roka. Meranie hodnôt prebehlo počas 3 prerušovaných maximálnych kontrakcií koncentrického aj excentrického pohybu pri rýchlosti 90°/s. V porovnaní s mladšími kolegami sa u masters plavcov zistil vyšší pomer ER:IR, blížiaci sa skôr kontrolnej skupine neplavcov. Príčinou môže byť pokles celkovej sily súvisiaci s vekom alebo fakt, že v porovnaní s mladými plavcami je ich tréningový objem podstatne nižší.

Dalamitros, Manou a Pelarigo (2014) vypracovali prehľadový článok hodnotiaci najčastejšie fyziologické laboratórne testy aplikované u plavcov. Potvrdili, že izokinetické testovanie ramien je najčastejšie zamerané na abdukciu/addukciu a vnútornú/vonkajšiu

rotáciu, keďže tieto pohyby sú z pohľadu biomechaniky plávania najvýznamnejšie. Testovanie predkladá informácie o maximálnych točivých momentoch izolovaných svalov, silových a vytrvalostných hodnotách, ale tiež o svalovej asymetrii. Vďaka týmto hodnotám sa dá lepšie predchádzať vzniku typického plaveckého zranenia – plaveckého ramena. Tvrdia však, že vyššie hodnoty točivého momentu neznamenajú väčšiu propulzívnu silu, keďže za prvé, testovanie nie je schopné dostatočne zreprodukovat' plavecké pohyby a za druhé, záberová fáza počas plávania nie je izokinetický pohyb. Spracovaním dostupnej literatúry vyvodili závery, že hodnoty točivých momentov sa nelíšia u plavcov preferujúcich asymetrické plavecké spôsoby (kraul, znak) v porovnaní s plavcami preferujúcimi tie symetrické (motýlik, prsia). Nepotvrdili sa ani rozdiely medzi pravou a ľavou hornou končatinou. Avšak pri plávaní dochádza k rozdielnej produkcii sily pri propulziách, ktorá je ovplyvnená inými faktormi, ako napríklad preferovaná strana dýchania.

Na porovnanie svalovej sily adduktorov a vnútorných rotátorov ramien pri symetrických a asymetrických plaveckých spôsoboch sa vo svojom výskume zamerali Luiz, Secchi, Brech, Maria a Greve (2015). Vo výsledkoch nezaznamenali žiadne štatistické rozdiely medzi hodnotenými parametrami a došli k rovnakému záveru ako Dalamitros, Manou a Pelarigo (2014), že svalová sila adduktorov aj vnútorných rotátorov je rovnaká pri symetrických aj asymetrických plaveckých spôsoboch.

Veľká rozmanitosť plaveckých disciplín vyžaduje od plavcov rozdielnu stratégiu, techniku a fyziologické parametre. Cieľom štúdie Lawsirirata a Chaisumreja (2017) bolo porovnať izokinetickú silu a energetický výdaj medzi plavcami špecializovanými na krátke vzdialenosti (50 m) a dlhotratiami (400 m). Do testovania bolo zapojených 36 plavcov, rozdelených na 4 skupiny – muži šprintéri, muži dlhotratiaři, ženy šprintérky, ženy dlhotratiařky. Izokinetická sila sa merala na 4 kľboch v dvoch pohyboch (flexia a extenzia). Každý pohyb bol meraný v 2 sériách po 3 opakovania. Pre lakt'ový a ramenný kľb bola použitá rýchlosť 90°/s. Napriek očakávaniu, že preferovaná súťažná vzdialenosť má vplyv na svalovú silu, výsledky tento názor nepotvrdili. Jediný významný rozdiel bol v nameranej sile u mužov a žien. Hlavný záver, vyplývajúci z tohto výskumu hovorí, že rozdiel v svalovej sile je spôsobený iba pohlavím a preferovaná vzdialenosť nemá na namerané hodnoty žiadny vplyv.

Ďalšou možnosťou využitia izokinetického testovania je porovnanie plavcov na rôznych výkonnostných úrovniach. Na túto problematiku sa zamerali Bae, Yu a Lee

(2016). Rozhodli sa porovnať základnú telesnú kondíciu, aeróbnu kapacitu a izokinetickú silu plavcov na národnej a medzinárodnej úrovni. Do štúdie bolo zapojených celkovo 28 plavcov stredných škôl. Výsledky izokinetického merania potvrdili, že plavci medzinárodnej úrovne dosahujú vyššie hodnoty maximálneho točivého momentu všetkých kĺbov v porovnaní s národnými športovcami. Najväčší rozdiel zaznamenali v sile extenzorov kolena a rotátorov ramena, vnútorných aj vonkajších.

Z dôvodu zvýšenia športového výkonu a prevencie zranení sa rozhodli využiť izokinetické testovanie Chang, Cheng a Zhou (2013). S použitím IsoMed 2000 izokinetického dynamometra merali silu svalov ramena u 15 subjektov. Celý test bol rozdelený na 2 časti. V prvej fáze bola meraná sila a výdrž flexorov a extenzorov ramena vykonaním 5 maximálnych kontraktíí flexorov a extenzorov pri uhlovej rýchlosti 60°/s. Po 15 minútach oddychu bola meraná sila abdukcie a addukcie. Z nameraných výsledkov došli k nasledujúcim záverom:

- 1.) Hodnota maximálneho točivého momentu abdukcie bola vyššia ako pri addukcií.
- 2.) Štatistické rozdiely medzi pravou a ľavou končatinou u väčšiny subjektov boli viac ako 15%.

Vďaka tomu môžu prispôsobiť tréningový plán a v príprave sa zamerať na posilnenie svalov slabšej strany, či už pre zlepšenie športového výkonu alebo ako prevenciu zranení.

Bolestami ramien netrpia iba plavci, ale vodné športy vo všeobecnosti. Preto sa Aguado-Henche, Slocker De Arce, Carrascosa-Sánchez, Bosch-Martín a Cristóbal-Aguado (2018) rozhodli upriamiť pozornosť na elitné synchronizované plávanie. Cieľom ich výskumu bola analýza izokinetickej sily svalov rotátorovej manžety u dospelých synchronizovaných plavkyň, aby na základe nameraných hodnôt mohli stanoviť efekt tréningu na silu, stabilitu a svalovú rovnováhu ramenného komplexu a poznatky využiť na zlepšenie rehabilitácie a tréningových protokolov, vďaka ktorým by dokázali predchádzať zraneniam.

Na meranie zvolili modifikovanú polohu v sede – 45° abdukcia a 30° flexia glenohumerálneho kĺbu, 90° flexia lakt'ového kĺbu, neutrálne postavenie predlaktia (medzi pronáciou a supináciou). Os dynamometra zarovnaná s osou ramennej kosti až po olekranon. Podľa autorov by táto poloha mala zaistiť pohodlie a redukovať prednú

instabilitu a subakromiálny impingement. Testovanie začalo na dominantnej končatine. Sila bola meraná pri uhlových rýchlostiach $60^{\circ}/s$ (5 opakovaní) a $180^{\circ}/s$ (15 opakovaní). Pred zmenou rýchlosti bola zaradená 30 s pauza, pred zmenou končatiny (na nedominantnú) bola pauza 5 minút.

Vzhľadom k tomu, že synchronizované plávanie patrí medzi symetrické športy, neboli zistené významné rozdiely medzi silou dominantnej a nedominantnej končatiny. Výsledky potvrdili, že rovnako ako u plavcov, aj synchronizované plavkyne vykazujú väčšiu silu vonkajších rotátorov. Výskum Aguado-Hencha et al. (2018) bol prvým výskumom využitia izokinetickej dynamometrie v synchronizovanom plávaní.

6 DISKUSIA

Izokinetická dynamometria je metóda, ktorá sa využíva na rôzne účely. Pomáha v diagnostike muskuloskeletálnych porúch a ich následnej terapií a rehabilitácií, vďaka nameraným hodnotám je možné prispôsobiť a aplikovať adekvátne preventívne postupy, poskytuje obrovské množstvo štatistických dát pre porovnávanie rôznych skupín športovcov, vekových a výkonnostných kategórií a to zďaleka nie je všetko. Častejšie sa stretávame s výskumom zameraným na silu dolných končatín, avšak postupne sa zvyšuje počet výskumov, ktoré sa venujú ramennému kĺbu. Jeho zložitosť je stále dôvodom, prečo neexistujú žiadne štandardy merania.

V Českej republike sa zatiaľ izokinetickému výskumu venuje iba Fakulta telesnej kultúry Univerzity Palackého v Olomouci. K meraniu sily svalov kolenného kĺbu sa postupne pridáva testovanie ramena. Z výsledkov zahraničných štúdií môžeme získať cenné informácie, akým spôsobom výskum a merania ramenného kĺbu realizovať a ako ho prispôsobiť plaveckým športom.

Viacere výskumy (Kemp & Sealey, 1999; Falkel et al., 1987) potvrdzujú, že pri testovaní v pozíciách, ktoré napodobňujú plavecký záber, dosahujú plavci lepšie výsledky. Plavci preferujúci kraulový spôsob dosahujú lepšie výsledky v pronačnej polohe, zatiaľ čo plavci venujúci sa prevažne znakovým disciplinám preukazujú väčšiu silu pri meraní v polohe supinačnej. Preto by sa pri návrhu testovacieho protokolu mala zohľadňovať plavecká špecializácia konkrétneho jedinca.

Rozdiely vznikajú nie len medzi plavcami rozličných spôsobov, ale aj podľa preferovanej vzdialenosti. Šprintéri vykazujú pri testovaní vyššiu silu a anaeróbnú kapacitu, zatiaľ čo dlhotratiari majú vyššie VO₂max (Lawsirirat & Chaisumrej, 2017). Záverom by mal byť buď individuálny prístup alebo aspoň prispôbenie tréningového plánu konkrétnym fyziologickým požiadavkám.

Pri hodnotení nameraných parametrov a ich porovnávaní s normatívnymi dátami je potrebné myslieť na to, že tie sa líšia podľa vekovej kategórie. Tak ako je pre mladších plavcov normou vyššia hodnota ER:IR (Baltzopoulos & Brodie, 2009), tak u masters plavcov je práve táto hodnota nižšia (West et al., 2005). Neznamená to, že plavci dosahujú nadpriemerné, resp. podpriemerné výsledky. Preto je dôležité pri štatistickom spracovaní dôležité porovnávať vekovo rovnaké skupiny.

Výsledky Batalhy et al. (2012) potvrdzujú hypotézu, že plavci majú výrazne silnejšie vnútorné rotátory v porovnaní z vonkajšími. Je to dôsledok opakovaných koncentrických kontrakcií týchto svalov v propulznej fáze plaveckého záberu. S pribúdajúcim vekom a pokročilou športovou kariérou sa sila vonkajších rotátorov zvyšuje pomalšie a menej. O to viac je potrebné klásť dôraz na kompenzačné cvičenia, zamerané na túto svalovú skupinu.

V čom aj naďalej vidím problém vo väčšine štúdií, je nízky počet probandov. Každý výskum vychádza z malej vzorky. Keďže testovacie protokoly jednotlivých štúdií sa často výrazne líšia, je ťažké zozbierať normatívne dáta.

7 ZÁVERY

Teoretické

1. Jednou z možností prevencie bolesti ramien u plavcov je funkčný silový tréning, ktorý posilňuje rameno v špecifických plaveckých pozíciách a uhloch.
2. V rámci prevencie je vhodné zamerať sa v tréningu na udržiavanie rovnakej dĺžky záberu aj počas únavy.
3. Množstvo a závažnosť zranení ramien pomáha redukovať lepšia rovnováha medzi stredom tela a svalmi rotátorovej manžety.
4. Stabilitu stredu tela, väčší funkčný rozsah pohybu ramena a posilnenie rotátorovej manžety a stabilizátorov ramenného kĺbu je možné docieľiť pomocou závesného tréningového programu

Praktické

1. Izokinetická metóda sa na testovanie a zlepšovanie výkonu používa už viac ako 30 rokov.
2. Testovanie ramena predstavuje problém predovšetkým z dôvodu jeho komplexnosti a veľkého rozsahu pohybu.
3. Na testovanie ramena sa najviac využíva meranie vnútornej/vonkajšej rotácie a abdukcie/addukcie.
4. Pri testovaní ramena u plavcov je potrebné zohľadniť ich vek, výkonnostnú úroveň a konkrétnu plaveckú špecializáciu.
5. Okrem testovania je možné izokinetickú dynamometriu možné využiť na izokinetický tréning, ktorého výsledkom je významný nárast maximálneho točivého momentu.

8 SÚHRN

Rameno je najdynamickejší a najpohyblivejší kĺb ľudského tela. Ramenný pletenec sa skladá z veľkého množstva štruktúr, ktorých vzájomná spolupráca prispieva k jeho jedinečnému rozsahu. Anatomicky sú popísané 3 zložky ramenného pletenca – akromioklavikulárny kĺb, sternoklavikulárny kĺb a glenohumerálny kĺb. Z funkčného hľadiska sa k nim pridáva kĺb skapulothorakálny a subdeltoidálny.

Pre funkciu ramena je dôležitá najmä jeho správna stabilizácia. Štruktúry, ktoré sa nej podieľajú rozdeľujeme do 3 skupín – kapsuloligamentózne (tvar kostí, prídavné štruktúry kĺbov, väzy), muskulotendinózne (svaly rotátorovej manžety) a propioceptívny systém. Pohybové a stabilizačné zložky musia byť v rovnováhe, aby nedochádzalo k bolesti a poškodeniu ramena.

V plávaní je propulzívna sila vytváraná predovšetkým hornými končatinami. Kraulový záber, ktorý je počas plaveckých tréningov najviac využívaný, môžeme rozdeliť na 2 hlavné fázy – záberová a prenosová. Hlavnými svalmi záberovej fázy sú m. pectoralis major a m. latissimus dorsi. Pre prenosovú fázu je dôležitá najmä stredná časť m. deltoideus.

Nadmerným zaťažovaním kĺbov neustálym opakovaním rovnakého pohybu vzniká stav popisovaný ako plavecké rameno. Jedná sa o bolestivý syndróm, ktorý zahŕňa veľké množstvo diagnóz. Za najvýznamnejší faktor vzniku je považovaný veľký tréningový objem v období vývoja, ktorý nie je dostatočne kompenzovaný „suchou“ prípravou. V rámci prevencie je preto užitočný funkčný silový tréning, vytvorený tak, aby cviky posilňovali rameno v pozíciách a uhloch špecifických pre plávanie.

Izokinetická kontrakcia je typ svalovej práce, pri ktorej sa kĺb pohybuje konštantnou rýchlosťou. Ide o pohyb, ktorý nie je fyziologicky možné vykonať. Je potrebný špeciálny prístroj – izokinetický dynamometer. Izokinetická dynamometria je metóda, ktorá zabezpečuje pohybujúcemu sa segmentu konštantný odpor a zároveň umožňuje meranie viacerých charakteristík vykonávaného pohybu. Používa sa na diagnostiku, rehabilitáciu, tréning, ale aj prevenciu zranení. Napriek tomu, že jej počiatky siahajú 30 rokov späť, v Českej republike je to stále novinka.

Zložitosť ramenného kĺbu predstavuje pre použitie izokinetickej dynamometrie značný problém. Testovacie polohy musia byť nie len presne definované, ale následne aj dodržané. Vzhľadom k vysokej miere pohyblivosti ramena je na meranie používané veľké množstvo pozícií, čo komplikuje zber reprodukovateľných výsledkov.

Využitie izokinetickej dynamometrie u plavcov môže priniesť obrovské množstvo informácií a s nimi otvoriť možnosti ako predchádzať zraneniam, rýchlejšie sa zbaviť bolesti či zlepšiť športovú výkonnosť.

9 SUMMARY

Shoulder is the most dynamic and mobile joint of the human body. Shoulder girdle is made of a lot of structures and their interaction contributes to its unique range of motion. Shoulder girdle consists of three anatomical joints – acromioclavicular, sternoclavicular and glenohumeral. Functionally there are two more – scapulothoracic joint and subdeltoid joint.

Proper stability of the joints is very important for the shoulder function. Structures that help to stabilize the shoulder are divided into three groups – capsuloligamentous (shape of the bones, additional structures, ligaments), musculotendinous (rotator cuff muscles) and proprioceptive system. Movement and stability elements must be in balance to prevent pain and shoulder disorders.

Propulsive force in swimming is made mostly by upper limbs. Crawl stroke, which is used the most during swimming training, can be split in two main phases – propulsive and recovery. Main muscles involved in propulsive phase are m. pectoralis major and m. latissimus dorsi, for recovery phase it is the middle part of m. deltoideus.

Excessive load of the joints caused by constant repeating of the same motion creates a state called swimmer's shoulder. The name of this painful syndrome hides many different diagnoses. The main cause of its origin is consider to be a great training load in a development period, which is not compensated enough by „land training“. Therefore, functional strength training, aimed at strengthening the shoulder in specific swimming positions and angles is a useful form of prevention.

Isokinetic contraction is a type of muscle work, in which the joint moves in constant velocity. This kind of motion is not physiologically possible. A special device is needed – isokinetic dynamometer – to accomplish it. Isokinetic dynamometry is a method, which gives the moving joint a constant resistance and also enables to measure a lot of features of the movement. It is used in diagnostics, rehabilitation, and training but also for injury prevention. Despite the fact, that the isokinetic dynamometry originated 30 years ago, it is still considered a novelty in Czech Republic.

The complexity of the shoulder joint is quite a problem for isokinetic dynamometry. Testing positions must be precisely defined and kept. Considering the unique range of

motion of the shoulder, there is a lot of different measuring positions used, which complicates a compiling of reproducible results.

Application of isokinetic dynamometry for swimmers can bring a great amount of information and possibilities for injury prevention, faster pain relief and performance enhancement.

10 REFERENČNÝ ZOZNAM

- Aguado-Henche, S., Slocker De Arce, A., Carrascosa-Sánchez, J., Bosch-Martín, A., & Cristóbal-Aguado, S. (2018). Isokinetic assessment of shoulder complex strength in adolescent elite synchronized swimmers. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*.
- Almeida, G. P. L., De Souza, V. L., Barbosa, G., Santos, M. B., Saccol, M. F., & Cohen, M. (2011). Swimmer's shoulder in young athlete: Rehabilitation with emphasis on manual therapy and stabilization of shoulder complex. *Manual therapy, 16*(5), 510-515.
- Bailón-Cerezo, J., Torres-Lacomba, M., & Gutiérrez-Ortega, C. (2016). Prevalencia del dolor de hombro en nadadores de competición: estudio piloto. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte/International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport, 16*(62).
- Bae, Y.-H., Yu, J.-H., & Lee, S. M. (2016). Comparison of basic physical fitness, aerobic capacity, and isokinetic strength between national and international level high school freestyle swimmers. *Journal of Physical Therapy Science, 28*(3), 891–895.
- Bak, K. (2010). The practical management of swimmer's painful shoulder: etiology, diagnosis, and treatment. *Clin J Sport Med, 20*(5), 386–390.
- Baltzopoulos, V., & Brodie, D. (1989). Isokinetic dynamometry. *Biomechanical Evaluation of Movement in Sport and Exercise: The British Association of Sport and Exercise Sciences Guidelines, 8*(2), 103–128.
- Baltzopoulos, V. D., & Brodie, D. A. (2009). The Effect of Isokinetic Training on Maximum Torque Output of Swimmers , Using the Akron Isokinetic Dynamometer. In *SBS-Conference Proceedings Archive* (Vol. 1).
- Batalha, N. M. P., Raimundo, D. M. A. M., Tomas-Carus, P., Fernando, O. S. M., Marinho, D. A., & da Silva, A. J. R. M. (2012). Shoulder rotator isokinetic strength profile in young swimmers. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance, (February)*, 545–553.
- Batalha, N., Marmeleira, J., Garrido, N., & Silva, A. J. (2015). Does a water-training macrocycle really create imbalances in swimmers' shoulder rotator muscles?

European Journal of Sport Science, 15(2), 167–172.

- Blanch, P. (2004). Conservative management of shoulder pain in swimming. *Physical Therapy in Sport*, 5(3), 109–124.
- Brown, L. E. (2000). *Isokinetics in human performance*. Human Kinetics.
- Cutti, A. G., & Veeger, H. E. J. (2009). Shoulder biomechanics: Today's consensus and tomorrow's perspectives. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 47(5 SPEC. ISS.), 463–466.
- Čihák, R. (2011). *Anatomie I* (3rd ed.). Praha: Grada publishing, a.s.
- Dalamitros, A. A., Manou, V., & Pelarigo, J. G. (2014). Laboratory-based tests for swimmers: methodology, reliability, considerations and relationship with front-crawl performance. *Journal of Human Sport and Exercise*, 9(1), 172–187.
- Davies, G. J., Ellenbecker, T. S., & Wilk, K. E. (2009). Isokinetic Testing and Rehabilitation of the Shoulder Complex. *The Athlete's Shoulder*, 719–747.
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics: muscle testing, interpretation, and clinical applications*. Churchill Livingstone.
- Falkel, J. E., Murphy, T. C., & Murray, T. F. (1987). Prone Positioning for Testing Shoulder Internal and External Rotation on the Cybex II Isokinetic Dynamometer. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 8(7), 368–370.
- Halder, A. M., Itoi, E., & An, K.-N. (2000). Anatomy and Biomechanics of the Shoulder. *Orthopedic Clinics of North America*, 31(2).
- Hamill, J., & Knutzen, K. M. (2009). *Biomechanical Basis of Human Movement* (3rd ed.). Lippincott Williams & Wilkins, Wolters Kluwer.
- Heinlein, S. A., & Cosgarea, A. J. (2010). Biomechanical considerations in the competitive swimmer's shoulder. *Sports Health*, 2(6), 519–525.
- Hill, L., Collins, M., & Posthumus, M. (2015). Risk factors for shoulder pain and injury in swimmers: A critical systematic review. *The Physician and Sportsmedicine*, 43(4), 412–420.

- Chang, S., Cheng, L., & Zhou, J. (2013). Research on Isokinetic shoulder Strength Testing of Female Elite Swimmers. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
- Janura, M. (2007). *Úvod do biomechaniky pohybového systému člověka*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Johnson, J. N., Gauvin, J., & Fredericson, M. (2003). Swimming biomechanics and injury prevention: new stroke techniques and medical considerations. *The Physician and Sports Medicine*, 31(1), 41-46.
- Kapandji, I. A. (2002). *The Physiology of the Joints Volume 2 Lower Limb* (5th ed.). London: Churchill Livingstone.
- Kemp, J., & Sealey, P. (1999). International Symposium on Biomechanics in Sports: Conference Proceedings Archive. In *ISBS - Conference Proceedings Archive* (Vol. 1).
- Kennedy, J. C., & Hawkins, R. J. (1974). Swimmers shoulder. *Physician Sportsmed*, 2(4), 34-38.
- Lawsirirat, C., & Chaisumrej, P. (2017). Comparison of isokinetic strengths and energy systems between short and middle distance swimmers. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(147), 960–963.
- Lugo, R., Kung, P., & Ma, C. B. (2008). Shoulder biomechanics. *European Journal of Radiology*, 68, 16–24.
- Luiz, L., Secchi, B., Brech, G. C., Maria, J., & Greve, D. A. (2015). Isokinetic dynamometry on the internal rotator and adductor muscles of the swimmers' shoulders : no differences between asymmetrical and symmetrical swimming strokes. *Medical Express*, 2(2), 1–5.
- Manca, A., Solinas, G., Dragone, D., & Deriu, F. (2015). Isokinetic testing of muscle performance : New concepts for strength assessment. *Isokinetic and Exercise Science*, 23, 69–75.
- Matthews, M. J., Green, D., Matthews, H., & Swanwick, E. (2017). The effects of swimming fatigue on shoulder strength, range of motion, joint control, and performance in swimmers. *Physical Therapy in Sport*, 23, 118–122.
- Matzkin, E., Suslavich, K., & Wes, D. (2016). Swimmer's Shoulder. *Journal of the*

American Academy of Orthopaedic Surgeons, 24(8), 527–536.

McLeod, I. (2014). *Plavání - anatomie*. Brno: CPress.

Michalíček, P., & Vacek, J. (2014). Rameno v kostce - I.část. *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*, 21(3).

Mohamed, T. S. (2016). Effect of TRX suspension training as a prevention program to avoid the shoulder pain for swimmers. *Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health*, 16(2).

Nordin, M., & Frankel, V. H. (2001). *Basic biomechanics of the musculoskeletal system* (3rd ed.). Lippincott Williams & Wilkins.

Pink, M. M., Edelman, G. T., Mark, R., & Rodeo, S. a. (2011). Applied Biomechanics of Swimming. In *Athletic and sport issues in musculoskeletal rehabilitation*, 331–349. St. Louis: Saunders Elsevier.

Shklar, A., & Dvir, Z. (1995). Isokinetic strength relationships in shoulder muscles. *Clinical Biomechanics*, 10(7), 369–373.

Swanik, K. a, Swanik, C. B., Lephart, S. M., & Huxel, K. (2002). The effect of functional training on the incidence of shoulder pain and strength in intercollegiate swimmers. *J. Sport Rehabil.*, 11, 140–154.

Tamborindeguy, A. C., Scheuer Becker, V., & Diefenthaler, F. (2013). Isokinetic Shoulder Extension Torque and Work Values of Competitive Swimmers. In *ISB Congress of the International Society of Biomechanics*.

Tovin, B. J. (2006). Prevention and Treatment of Swimmer's Shoulder. *North American Journal of Sports Physical Therapy : NAJSPT*, 1(4), 166–75.

Tyler, T. F., Nahow, R. C., Nicholas, S. J., & McHugh, M. P. (2005). Quantifying shoulder rotation weakness in patients with shoulder impingement. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 14(6), 570-574.

West, D., Sole, G., & Sullivan, S. J. (2005). Shoulder External and Internal Rotation Isokinetic Strength in Master ' s Swimmers. *Journal of Sport Rehabilitatin*, 14, 12–19.

Wimpenny, P (2016). Shoulder rotation. Retrieved 12. 3. 2018 from World Wide Web:
<http://www.isokinetics.net/index.php/component/content/article?id=21>

Wringley, T., Vasey, A., Watson, L, & Dalziel, R. (1995). Reliability of clinical isokinetic dynamometry in pathological athletic shoulders. In *ISBS-Conference Proceedings Archive* (Vol. 1, No. 1)