



Darjan Spudić,
Nejc Bončina, Sara Besal, Janez Vodičar

Veljavnost in zanesljivost protokola merjenja moči sukalk ramen na namensko izdelani izometrični upornici

Izvleček

Ramenski sklep je pri metalnih športih, kjer se meti ali udarci izvajajo nad višino ramena, podvržen velikemu tveganju za poškodbe. Odstopanja od normativnih vrednosti v mišični moči ali gibljivosti so eden izmed glavnih dejavnikov tveganja za nastanek akutne ali preobremenitvene poškodbe. Meritve v izometričnih pogojih z ročnim dinamometrom so enostaven in praktično uporaben način vrednotenja moči zunanjih in notranjih sukalk ramen, vendar je zanesljivost pridobljenih rezultatov vprašljiva. Naša študija je imela dva namena, in sicer preveriti znotrajbiskovno zanesljivost rezultatov meritev moči notranjih in zunanjih sukalk ramen z ročnim dinamometrom in namensko izdelano izometrično upornico ter primerjati rezultate med napravama. Rezultati so pokazali dobro do odlično relativno zanesljivost ($ICC_{2,1} > 0,805$) in sprejemljivo absolutno zanesljivost ($CV < 6\%$) merjenja pri obeh napravah. Korelacija med napravama je bila zmerna do visoka z največjo standardno napako meritve 4,2 % v primeru kontralateralnega razmerja moči notranjih sukalk ramen. Statistično značilne višje absolutne vrednosti (Nm/kg) so bile izmerjene z ročnim dinamometrom. Namensko izdelana izometrična upornica se je izkazala kot zelo zanesljiva in veljavna za merjenje razmerij v izometrični moči notranjih in zunanjih sukalk ramen. Zaradi ugotovljenih razlik v absolutnih vrednostih med napravama priporočamo, da se za longitudinalno spremljanje športnika konsistentno uporablja le eden od teh dveh načinov merjenja.

Ključne besede: ponovljivost, navor, ročna dinamometrija, metalni športi, konstruktivna veljavnost



Validity and reliability of isometric shoulder rotation strength assessment using a custom-made isometric device

Abstract

The shoulder joint is at high risk of injury in overhead sports. Muscle strength and flexibility deficits or imbalances are one of the main risk factors for acute or overuse injuries. Isometric strength measurements with a hand-held dynamometer provides a simple and applicable method for assessing shoulder rotator strength. However, the reliability of the measurements is questionable. The main objective of our study consisted of two parts: First, to investigate the intra-session reliability of a shoulder internal and external rotation strength obtained with a hand-held dynamometer and a custom-built isometric device, and second, to compare the aforementioned strength variables between the two devices. Good-to-excellent relative ($ICC_{2,1} > 0.805$) and acceptable absolute ($CV < 6\%$) reliability was found for the observed variables, regardless the device used. Moderate-to-large correlations were found between the devices and the standard error of measurement was the largest (4.2 %) in the case of internal rotation contralateral strength ratio. Statistically significantly higher absolute values were obtained with the hand-held dynamometer. The custom-built isometric device proved to be reliable and valid. Sports practitioners should be aware of the discrepancy between devices and attempt to use the same device to longitudinally assess isometric shoulder rotator strength in overhead athletes.

Keywords: reproducibility, torque, handheld dynamometry, overhead sports, concurrent validity

Uvod

Merjenje mišične moči je že vrsto let najpogostejše uporabljena oblika za ocenjevanje mišične funkcije, uporablja pa se predvsem v športu in drugih znanostih, povezanih z gibanjem (Jarić, 2012). V številnih raziskavah in praksi se je merjenje mišične moči izkazalo kot pozitivno pri zgodnjem odkrivanju mišičnih nesorazmerij in s tem zmanjšanju možnosti za poškodbe, pri ugotavljanju vpliva poškodbe na funkcijo in mišično moč, pri vračanju v šport po poškodbi ter pri raziskovanju športne uspešnosti. Lee in drugi (2018) ter Dauty in drugi (2016) so med merjenjem moči mišic nog ugotovili, da zmanjšana mišična moč zadnje stegenske mišice v primerjavi s sprednjo stegensko mišico pomembno vpliva na pojav poškodb zadnje lože pri nogometistih. Prav tako so meritve moči trupa pri ljudeh s kronično bolečino v spodnjem delu hrbta v primerjavi z zdravimi posamezniki pokazale, da prvi dosegajo manjše maksimalne navore od zdravih posameznikov in da je pri tistih s kroničnimi bolečinami zaznati upad moči iztegovalk hrbta (Reid idr., 1991). Meritve moči nog so pokazale, da je mišična moč upogibalk in iztegovalk kolena pred rekonstrukcijo sprednje križne vezi močno povezana z močjo mišic nog po operaciji ter da ima upad moči upogibalk in iztegovalk po rekonstrukciji statistično značilen negativen vpliv na funkcijo in vračanje v šport (Riesterer idr., 2020).

Za športe, kot so rokomet, odbojka, bejzbol, badminton ipd., je značilna visoka prevalenca in incidenca poškodb rame in ramenskega obroča, saj se največ gibanj z rokami dogaja nad glavo (v literaturi tudi *angl. overhead sports*). Glenohumeralni sklep zaradi specifične anatomije, ki jo zaznamuje majhna sklepna površina, omogoča velike obsege gibanja v vseh ravneh. Prav zaradi te specifičnosti je ramenski sklep v primerjavi z drugimi bolj nagnjen k poškodbam. Stabilnost ramenu dajejo mišice in pasivne strukture – labrum, vezi, sklepna kapsula (Berckmans idr., 2017). Najpomembnejše dinamične stabilizatorje sestavljajo mišice rotatorne manšete (*teres minor, supraspinatus, infraspinatus* in *subscapularis*), med katerimi mora biti zagotovljeno optimalno razmerje moči, gibljivosti in motorične kontrole, ki omogoča ohranjanje glave nadlahtnice v sredini sklepne površine (Berckmans idr., 2017) in s tem zmanjša možnost za nastanek poškodb.

Raziskava Thompsona in drugih (2018) je pokazala, da se z bolečino v rami vsaj en-

krat na sezono sreča 35 % mladih igralcev baseballa, Asker in drugi (2018) pa so ugotovili, da se z enako težavo vsaj enkrat na sezono spopade 23 % rokometistov. Headey in drugi (2007) so ugotovili, da je najpogostejša poškodba rame pri igralcih ragbija na akromioklavikularnem sklepu, sledijo poškodbe rotatorne manšete ter dislokacije in nestabilnost ramenskega obroča.

Pogoj za dober met ali udarec nad glavo je doseganje velikih izmetnih hitrosti. Amplituda giba v smeri zunanega zasuka športniku omogoča daljšo pot pospeševanja in je prvi pogoj za učinkovitost. Pogoste maksimalne zunanje rotacije vodijo do prilagoditev struktur v ramenu, ki se kažejo v patoloških spremembah mehkih tkiv in kosti ter pogosto vodijo k poškodbam (Lin idr., 2018). Pri ponavljajočih se udarcih in metih nad glavo se pojavljajo spremembe v obsegu gibanja in mišično neravnovesje med zunanjimi in notranjimi sukalkami ramena (Berckmans idr., 2017). Spremenjen obseg gibanja se kaže v značilno povečani zunanji rotaciji, na drugi strani pa v zavrti notranji rotaciji. Mišično neravnovesje nastane zaradi povečane koncentrične moči notranjih sukalk, ki so podvržene velikim in ponavljajočim se silam med pospeševanjem, medtem ko pri zunanjih sukalkah, ki so v fazi pospeševanja ekscentrično obremenjene, opazamo upad moči. Zmanjšana moč mišic rotatorne manšete oziroma pojav nesorazmerja v moči med zunanjimi in notranjimi sukalkami je notranji dejavnik tveganja za nastanek poškodbe (Ogaki idr., 2014).

Ključnega pomena za preprečevanje nastanka poškodb je ustrezna priprava mehkih struktur na specifične obremenitve. To lahko dosežemo s krepilnimi in stabilizacijskimi vajami za mišice rotatorne manšete. Za zgodnje odkrivanje mišičnega (ne)ravnesja je priporočljivo testiranje moči notranjih in zunanjih sukalk ramena. Da bi se izognili poškodbam, morajo biti izmerjene vrednosti v okviru mejnih vrednosti (Ogaki idr., 2014). Ustrezno testiranje moči sukalk ramena in odkrivanje morebitnih nesorazmerij je potrebno tudi za boljše spremljanje volumna vadbe in s tem bolj učinkovito preprečevanje poškodb (Conceição idr., 2018).

Za uspešno primerjavo rezultatov iz različnih raziskav je pomembno, da se merilni postopki ujemajo, hkrati pa je bistvenega pomena, da so rezultati veljavni in zanesljivi (Ferligoj idr., 1995). S preverjanjem veljavnosti ugotavljamo sistematične napake v raziskovanju, medtem ko se pri merjenju

zanesljivosti ukvarjamo z ugotavljanjem slučajnih napak (Cronbach, 1970). Proces merjenja izometrične moči sukalk ramen mora torej imeti veljavno in zanesljivo metodologijo, da so rezultati verodostojni (Plotnikoff in Macintyre, 2002). Kljub temu, da naj bi bila izokinetična testiranja najbolj natančna metoda merjenja moči sukalk ramena, zaradi večjih obratovalnih stroškov niso pogosto uporabljena (Cools idr., 2014; Stark idr., 2011). V medicini športa se zato vse pogostejše uporabljajo prav meritve z ročnim dinamometrom, saj potrebna oprema ni draga in je enostavna za uporabo tudi na terenu (Cools idr., 2016). Po zanesljivosti so izometrične meritve na izokinetičnem dinamometru moči podobne izokinetičnim meritvam moči (Hadžić idr., 2012). Pri merjenju izometrične moči brez stabilizacije komolca, ki je najpogostejše v uporabi, pa se lahko pojavijo napake, ki so lahko posledica merilca, položaja merjenca ali stabilizacije merjenca (Stark idr., 2011).

Namen raziskave je bil oceniti kriterijsko veljavnost in zanesljivost protokola meritev na namensko izdelani izometrični upornici za merjenje moči sukalk ramen. Kot kriterij, s katerim smo primerjali rezultate, je bil uporabljen ročni dinamometer. Predpostavili smo visoko vsebinsko veljavne rezultate, pridobljene z izometrično upornico, in boljše zanesljivost merjenja na izometrični upornici. Protokol merjenja na izometrični upornici pomeni časovno bolj ekonomično alternativo merjenja izometrične moči sukalk ramena. Rezultati raziskave nam dajejo odgovor o smiselnosti posploševanja rezultatov in primerjave teh z rezultati v literaturi. Pripravljen standardiziran protokol merjenja bi v prihodnje lahko omogočal primerjavo med rezultati različnih merilcev in/ali naprav. Longitudinalna baza podatkov in sočasno spremljanje športne učinkovitosti in incidence poškodb pa nam daje podlago za pripravo priporočil vadbe za moč z namenom izboljšanja športnega rezultata in preventive pred poškodbami.

Metode Preiskovanci

V študiji je prostovoljno sodelovalo 16 merjencev. Izključitveni kriteriji za sodelovanje so bile poškodbe zgornjih okončin oziroma ledvenega ali vratnega dela hrbtenice, ki bi lahko vplivale na izvedbo največje hotene izometrične kontrakcije pri notranjem in zunanjem zasuku ramena. Lastnosti merjencev so podrobneje opredeljene v Tabeli 1. Merjenci so dobili navodilo, da dva dni pred meritvami ne izvajajo visoko inten-

Tabela 1

Lastnosti vzorca merjencev

	N	Starost (leta)	Masa (kg)	Višina (m)
Moški	9	23,1 ± 4,8	77,8 ± 6,7	180,8 ± 3,7
Ženske	7	22,3 ± 5,0	64,3 ± 9,3	177,7 ± 3,2
Skupaj	16	22,7 ± 5,1	71,9 ± 10,7	175,1 ± 7,6

Legenda. N – število merjencev; vrednosti so prikazane kot aritmetična sredina ± standardni odklon

živnih treningov, ki bi vključevali zgornje okončine. Celoten eksperiment je bil izveden v skladu s Helsinško deklaracijo (WHO, 2013).

Postopek meritev in pripomočki

Izvedena je bila znotrajbiskovna zanesljivostna in veljavnostna študija. Meritve so bile izvedene v Laboratoriju za športno-medicinsko diagnostiko in nutricionistko na Fakulteti za šport. Pred izvedbo testiranja so preiskovanci izvedli standardizirano trminutno ogrevanje, ki je obsegalo kolesarjenje na stacionarnem cikloergometru (1,5 W/kg, 50 RPM) in dinamične raztezne vaje za ramenski sklep. Po enominutnem premoru je bil izveden spoznavni protokol na izometrični upornici za notranji in zunanji zasuk ramena, ki je vključeval dve trisekundni ponovitvi submaksimalnega izometričnega naprežanja v smeri zunanjega in notranjega zasuka ramena z vsako roko.

Meritve so bile v naključnem zaporedju izvedene na izometrični upornici in z ročnim dinamometrom. Zaporedje meritev (notranji/zunanji zasuk, izometrična upornica/ročni dinamometer) je bilo za vsakega posameznika naključno izbrano, s čimer smo se želeli izogniti sistematični napaki zaradi učenja izvajanja giba in vplivu utrujenosti na končni rezultat.

Meritve z ročnim dinamometrom so bile izvedene v leži na hrbtu, s pokrčenimi nogami, bočno na merilca (Slika 1). Meritve je ročno izvajal izkušen merilec po postopku, ki ga je opisal Ogaki s sodelavci (2016). Merjenčeva roka je bila pokrčena v odročanju (90° upogiba v komolcu in 90° upogiba v ramenu). Nasprotna roka od merjene je bila priročena. Dinamometer je bil nameščen na koren dlani (približno tri cm višje od upogiba v zapestnem sklepu). Komolec je bil v čelni ravnini stabiliziran z merilčevo dlanjo, ki je bila postavljena na podlago, s čimer je bilo onemogočeno gibanje v smeri upogiba in iztega ramena v čelni ravnini. Dlan je bila ob pritisku stisnjena v pest in koren dlani je bil ob pritisku na oblazinjeno podlago ročnega dinamometra v vertikalni ravnini poravnan s komolcem. V začetnem položaju smo merjencem izmerili dolžino

podlahti (olekranon – 3 cm nad upogibom v zapestju).

Protokol meritev je obsegal tri največje hotene izometrične kontrakcije v smeri notranjega in zunanjega zasuka ramena z vsako roko. Merjenec je dobil navodilo, naj silo stopnjuje tako, da v dveh sekundah doseže največjo hoteno izometrično kontrakcijo



Slika 1: Položaj merjenca ob izvedbi testiranja.

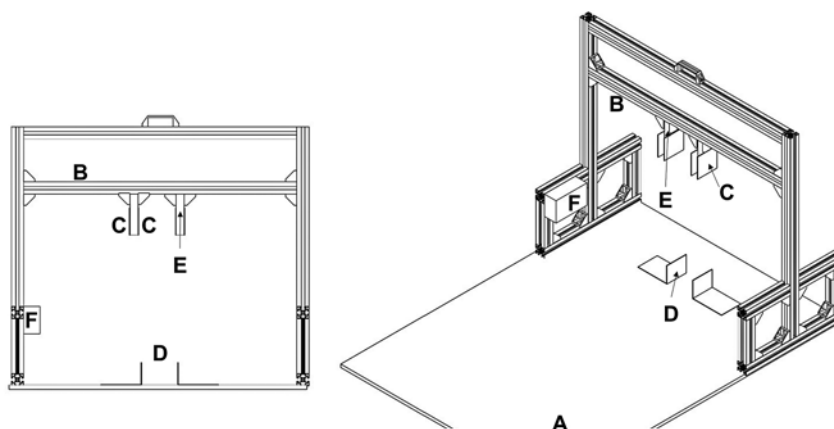
in jo zadrži še 4–5 sekund. Ponovitve so bile za vsako roko izvedene izmenično v smeri zunanjega in notranjega zasuka, z vmesnim 30-sekundnim odmorom.

Izometrična upornica

Meritve so bile izvedene na multifunkcijski namensko izdelani izometrični upornici

za izvedbo notranjega in zunanjega zasuka ramena. Naprava omogoča izvedbo testiranja izometrične moči ramena v različnih položajih postavitve trupa, komolca in ramena. Sestavljajo jo komponente, našteje v nadaljevanju (Slika 2). Na leseni podporni ploskvi (A) je nameščeno aluminijasto ogrodje širine 1 m in višine 0,9 m. Višina ogrodja opornice (B), širina postavitve senzorjev z oblazinjenimi pritiskovnimi površinami (C) in komolčna opora (D) so nastavljive glede na telesne razsežnosti merjenca in potrebe protokola meritev. Signali iz dveh tlačno-nateznih senzorjev (E) (S-Type 200 kg Steel Weighting Sensor, Changsha Taihe Electronic Equipment Co.,

Kitajska) so bili pretvorjeni z analogno-digitalnim pretvornikom (Loadcell sensor 24 bit ADC - HX711, Circuit Systems, India) ter zajeti s krmilnikom Arduino-Uno (F) (ATmega328P, Robot Italy, Italija) z namensko napisano programsko opremo (github.com/robertcv/HipStrengthTesterGUI, Črnomelj, Slovenija). Surovi signali so bili zajeti s fre-



Slika 2: Tehnična slika izometrične upornice za izvedbo notranjega in zunanjega zasuka ramena.

kvenko 10 Hz. Največja proizvedena sila je bila določena kot najvišja vrednost signala na sekundnem intervalu tekočega povprečja. Vrednosti so bile prebrane na 0,5 N natančno.

Metode obdelave podatkov

Kot produkt največje proizvedene sile in dolžine podlahti v metrih smo najprej izračunali proizveden navor (Nm) za vsako ponovitev posebej. Za vse spremenljivke je bila nato izračunana opisna statistika. Vse spremenljivke so bile normalno porazdeljene (Shapiro-Wilk; $p > 0,05$).

V prvi fazi obdelave smo po kriteriju intraklasnega korelacijskega koeficienta (ICC) izračunali zanesljivost rezultatov meritev za tri izvedene ponovitve. Za računanje zanesljivosti smo uporabili ICC tipa 2.1 (Koo in Li, 2016). Kot absolutna mera zanesljivosti je bil izračunan koeficient variance (CV = SD/M) na razlikah v rezultatih med ponovitvami (Hopkins, 2000; Schectman, 2013).

V drugi fazi obdelave smo kriterijsko veljavnost (razlika ročni dinamometer – izometrična upornica) izrazili s Pearsonovim korelacijskim koeficientom in standardno napako meritve ($SEM = SD_{\text{razlik}} \cdot \sqrt{1-r}$) (Dvir, 2015). Za izračun statistično značilnih razlik v aritmetičnih sredinah rezultatov med napravama je bil uporabljen t-test za odvisne vzorce. Homoskedastičnost razlik meritev je bila grafično preverjena z Bland-Altmanovimi grafi (Bland in Altman, 1986).

Vrednosti ICC in r pod 0,5 pomenijo slabo, vrednosti 0,5–0,75 srednje veliko, 0,75–0,9 dobro in več od 0,9 odlično zanesljivost/povezanost rezultatov meritev (Koo in Li, 2016). Dobra zanesljivost oziroma veljavnost merjenja se kaže z majhno standardno napako meritve. Sprejemljive vrednosti zanesljivostnih oziroma veljavnostnih koeficientov se med različnimi testi razlikujejo. Za uporabo testa v športnodiagnostičnih postopkih zadostujejo vrednosti ICC $> 0,70$ in CV $< 15\%$ (Haff, Ruben, Lider, Twine in Cormie, 2015).

Podatki so bili obdelani s programsko opremo GraphPad Prism 7 (GraphPad Software, San Diego, ZDA) in Microsoft Office Excel 2013 (Microsoft, Washington, ZDA). Statistična značilnost je bila sprejeta z dvostransko 5-odstotno napako alfa.

Rezultati

Opisna statistika rezultatov meritev je za vsako ponovitev in za vsak gib predstavljena v Tabeli 2. Vse vrednosti so izražene kot aritmetična sredina (M) $\pm$ standardni

odklon (SD) za povprečje treh ponovitev testa.

V Tabeli 3 je prikazana znotrajbiskovna zanesljivost merjenja. Rezultati, izmerjeni z ročnim dinamometrom in izometrično upornico, kažejo na odlično zanesljivost merjenja, z izjemo razmerja med zunanjim in notranjim zasukom ramena pri levi roki (dobra zanesljivost).

Tabela 4 prikazuje absolutno razliko v rezultatih med napravama, povezanost med rezultati in standardno napako meritve. Višje vrednosti so bile izmerjene z ročnim dinamometrom. Rezultati kažejo, da je med

napravama statistično značilna razlika v rezultatih izmerjenih vrednosti (notranji in zunanji zasuk), medtem ko razlik ni v izračunanih razmerjih med notranjim in zunanjim zasukom ter v rezultatih med rokama (levo – desno). Med rezultati obeh naprav je značilna povezanost, izmerjena standardna napaka meritve je zelo nizka (od 0,6 % – zunanji zasuk z levo ramo – do 4,2 % pri razliki med levo in desno roko v notranjem zasuku ramena).

Bland-Altmanovi grafi (Slika 3) prikazujejo absolutne razlike med napravama (navpična os) pri povprečni vrednosti rezultatov

Tabela 2

Opisna statistika rezultatov meritev

		Ročni dinamometer (Nm/kg)	Upornica (Nm/kg)
Leva	Notranji zasuk	0,53 $\pm$ 0,13	0,45 $\pm$ 0,13
	Zunanji zasuk	0,62 $\pm$ 0,12	0,54 $\pm$ 0,12
	Zunanji/Notranji	1,21 $\pm$ 0,21	1,17 $\pm$ 0,17
Desna	Notranji zasuk	0,52 $\pm$ 0,13	0,46 $\pm$ 0,12
	Zunanji zasuk	0,63 $\pm$ 0,13	0,53 $\pm$ 0,10
	Notranji/Zunanji	1,18 $\pm$ 0,19	1,24 $\pm$ 0,23
Leva/Desna	Notranji zasuk	0,99 $\pm$ 0,12	1,04 $\pm$ 0,17
	Zunanji zasuk	1,02 $\pm$ 0,11	0,99 $\pm$ 0,15

Legenda. leva – leva rama; desna – desna rama; vrednosti so prikazane kot aritmetična sredina $\pm$ standardni odklon proizvedenega navora na kg telesne mase posameznika

Tabela 3

Znotrajbiskovna zanesljivost rezultatov

		Ročni dinamometer (Nm/kg)		Upornica (Nm/kg)	
		CV (%)	ICC _{2.1} (95 % CI)	CV (%)	ICC _{2.1} (95 % CI)
Leva	Notranji zasuk	2,9	0,986 (0,966; 0,995)	1,3	0,973 (0,929; 0,989)
	Zunanji zasuk	5,2	0,945 (0,769; 0,982)	3,9	0,948 (0,875; 0,979)
	Zunanji/Notranji	6,0	0,805 (0,576; 0,918)	5,3	0,898 (0,760; 0,958)
Desna	Notranji zasuk	6,1	0,956 (0,892; 0,982)	5,2	0,955 (0,890; 0,982)
	Zunanji zasuk	5,5	0,951 (0,883; 0,980)	3,3	0,919 (0,793; 0,968)
	Notranji/Zunanji	3,4	0,932 (0,883; 0,973)	2,9	0,973 (0,932; 0,990)
Leva/Desna	Notranji zasuk	3,8	0,952 (0,883; 0,981)	0,9	0,954 (0,883; 0,981)
	Zunanji zasuk	5,5	0,949 (0,870; 0,980)	3,1	0,950 (0,877; 0,980)

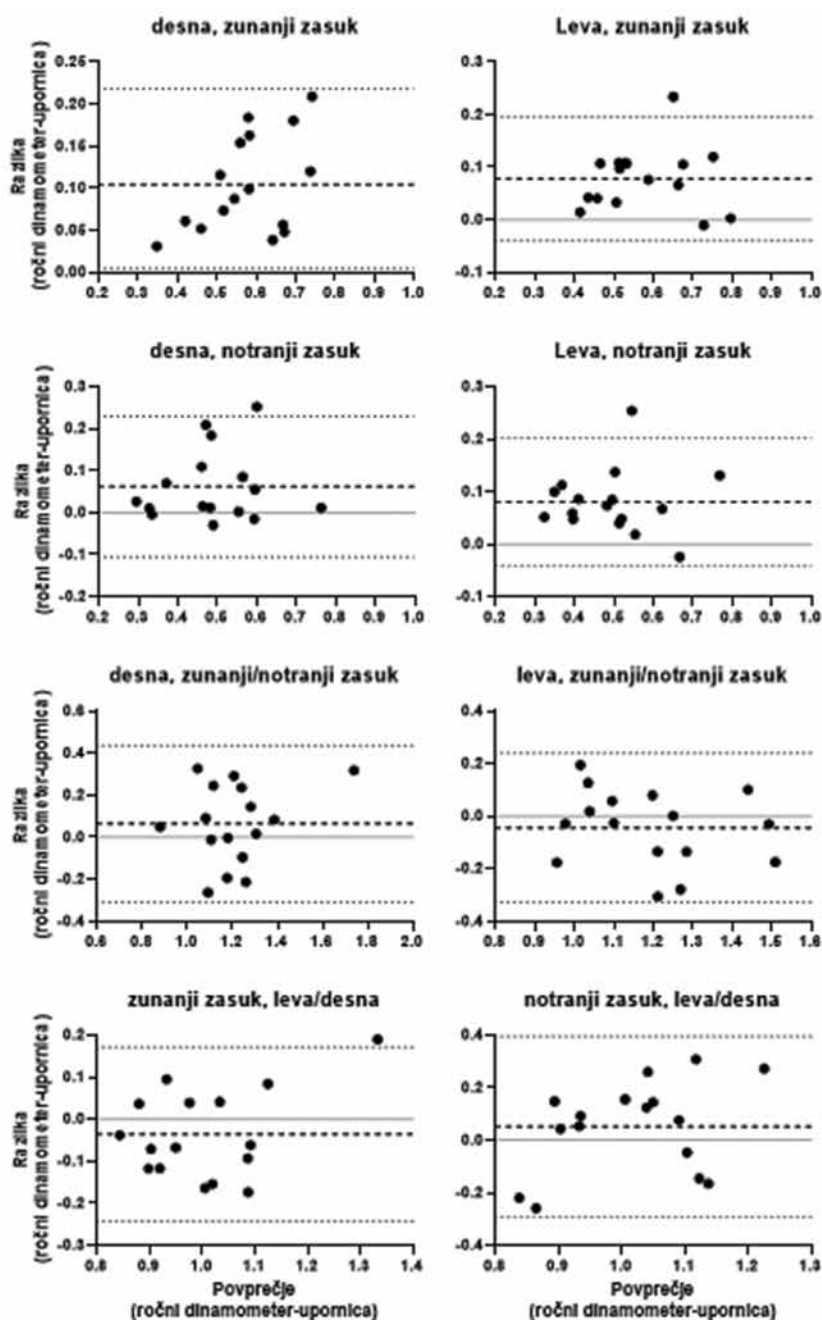
Legenda. CV – koeficient variance; ICC – intraklasni korelacijski koeficient tipa 2.1; CI – interval zaupanja

Tabela 4

Veljavnost merjenja – primerjava med ročnim dinamometrom in izometrično upornico

		Ročni dinamometer – upornica (Nm/Kg)	r (95 % CI)	SEM (%)	t	p
Leva	Notranji zasuk	0,08 $\pm$ 0,06	0,878*	0,00 (0,7)	5,212	0,000*
	Zunanji zasuk	0,08 $\pm$ 0,06	0,883*	0,00 (0,6)	5,261	0,000*
	Zunanji/Notranji	–0,04 $\pm$ 0,14	0,724*	0,02 (1,7)	–1,221	0,241
Desna	Notranji zasuk	0,06 $\pm$ 0,09	0,784*	0,01 (2,0)	2,922	0,011*
	Zunanji zasuk	0,10 $\pm$ 0,06	0,898*	0,00 (0,5)	7,205	0,000*
	Zunanji/Notranji	0,06 $\pm$ 0,19	0,694*	0,04 (3,7)	1,346	0,198
Leva/Desna	Notranji zasuk	0,05 $\pm$ 0,18	0,668*	0,04 (4,2)	1,212	0,244
	Zunanji zasuk	–0,04 $\pm$ 0,11	0,710*	0,02 (1,7)	–1,341	0,200

Legenda. r – Pearsonov korelacijski koeficient; SEM – standardna napaka meritve; t – t-vrednost testne statistike; p – testna statistika t-testa za odvisne vzorce; * – $p < 0,05$



Slika 3. Bland-Altmanovi grafi razlik med meritvenima postopkoma (ročni dinamometer – izometrična upornica).

obeh naprav (vodoravna os; (ročni dinamometer + izometrična upornica)/2). Če povprečje razlik med meritvama (črtkana vodoravna črta) odstopa od vrednosti 0 (polna siva vodoravna črta), to prikazuje sistematično razliko v rezultatih med napravama. Obe pikčasti črtkani vodoravni črti nam prikazujeta spodnjo in zgornjo mejo 95-odstotnega intervala zaupanja za razliko med napravama. Širši je interval zaupanja, večja je razlika v rezultatih testa med napravama. Med napravama nismo ugotovili

homoskedastičnosti razlik (nakazani le pri desni rami, zunanji zasuk), to pomeni, da razlike med napravama niso odvisne od proizvedene izometrične moči sukalk ramena merjencev.

Razprava

Namen študije je bil oceniti veljavnost in zanesljivost protokola meritev na namensko izdelani izometrični upornici za merjenje moči sukalk ramen. Rezultate,

pridobljene z izometrično upornico, smo primerjali z rezultati, pridobljenimi z ročnim dinamometrom, ki predstavlja ustaljeno (enostavno in dostopno) metodo merjenja moči mišic. V prvi fazi analize smo po pričakovanjih ugotovili višjo zanesljivost merjenja na izometrični upornici. V drugi fazi smo ugotovili visoko povezanost v rezultatih med napravama in statistično značilne razlike v rezultatih izmerjenih vrednosti (notranji in zunanji zasuk), ki so izginile, ko smo z njimi vstopili v računanje kontralateralnih razmerij (levo – desno) in razmerij med zunanjim in notranjim zasukom. Pripravljen standardiziran protokol merjenja se je izkazal za zanesljivega in veljavnega – če v obzir vzamemo zgolj izračunana razmerja moči sukalk ramena in ne izmerjenih absolutnih vrednosti (Nm/kg).

Rezultati, izmerjeni z ročnim dinamometrom in izometrično upornico, kažejo na odlično zanesljivost merjenja, z izjemo razmerja med zunanjim in notranjim zasukom ramena pri levi roki, kjer smo ugotovili dobro zanesljivost. V večini primerov je bila leva roka nedominantna in sklepamo lahko, da lahko večjo variabilnost rezultatov pripišemo slabšemu kinestetičnemu občutku za izvedbo giba. Po pričakovanjih je bila večja zanesljivost merjenja ugotovljena na izometrični upornici. Ta omogoča boljšo stabilizacijo komolca, standardizirano postavitev komolca in dlani merjenca in s tem manj kompenzacijskih gibanj ob izvedbi zasuka v ramenu. Glavni vzrok za boljšo zanesljivost pa je odsotnost vpliva merilca na rezultat. Nasprotno usmerjena sila merilca na dlan merjenca je odvisna od izkušenosti merjenca in lahko ima pomembno vlogo pri največji izmerjeni sili. Višje absolutne vrednosti smo izmerili z ročnim dinamometrom, verjetno zaradi slabše stabilizacije komolca. Ob izvedbi giba v smeri notranjega zasuka in zunanjega zasuka lahko pride tudi do primika roke v ramenu (vertikalne ekstenzije roke v čelni ravnini) oziroma do odmika roke v ramenu (vertikalne fleksije v čelni ravnini), saj je bil komolec stabiliziran samo z merilčev dlanjo in ne s komolčno oporo kot pri izometrični upornici. V tem primeru lahko sklepamo, da so se v gibanje vključile večje mišične skupine (odmikalke in primikalke ramena v čelni ravnini), ki so prispevale k skupni sili, proizvedeni na dinamometer.

Po pregledu literature smo ugotovili, da je področje merjenja izometrične moči sukalk ramena zelo heterogeno. V tabeli (Tabela 5) smo zbrali rezultate študij, ki so se najbolj približali uporabljenemu testnemu položaju

Tabela 5

Pregled rezultatov meritev maksimalne izometrične moči sukalk ramena pri 90° odmika roke v ramenu in 90° upogiba v komolcu

Študija	Spol	Zunanji zasuk [N/kg]	Notranji zasuk [N/kg]	ZS/NS (N/kg)	Dom/neDom		Šport
					ZS	NZ	
Fernandez-Fernandez, 2019	M	2,16	2,67	0,81	1,13	1,17	tenis
	Ž	1,75	2,22	0,79	1,02	1,20	tenis
McLaine, 2018	M	1,99	2,47	0,81	0,96	1,00	plavanje
	Ž	1,81	1,99	0,91	1,02	1,01	plavanje
Cools, idr. 2016	M	1,3	2,3	0,57	1,00	1,21	rokomet, tenis, odbojka
	Ž	1,4	1,8	0,78	1,00	1,13	rokomet, tenis, odbojka
Moreno - Perez, 2019	M	1,56	2,00	0,78	1,03	1,08	tenis
Moreno - Perez, 2018	M	1,17	1,51	0,77	1,17	1,24	tenis

Legenda. ZS/NS – razmerje med proizvedeno silo med zunanjim in notranjim zasukom ramena; Dom/neDom – razmerje med proizvedeno silo med dominantno in nedominantno roko

ju, protokolu merjenja in poročanih spremenljivkah iz naše študije. Heterogenost področja merjenja in zato odsotnost normativnih vrednosti nas je presenetila, saj menimo, da je postopek merjenja, ki smo ga uporabili v študiji (90° odmika ramena in pokrčen komolec za 90° v leži na hrbtu, ročni dinamometer), enostaven za izvedbo zaradi kontrole nad položajem merjenca (stabiliziran trup, nadzor nad premikanjem komolca). Prav tako se ta položaj približa funkcionalnim pogojem pri izvedbi gibanj nad glavo (met, blok, zaustavljanje napada s prerivanjem ipd.) (Ashworth, Hogben, Singh, Tulloch in Cohen, 2018) bolj kot testiranje moči s priročno roko, ki se, glede na pregled literature, uporablja pogosteje. Absolutne vrednosti, ki se pojavljajo v literaturi, so z izjemo izokinetičnih meritev izražene v proizvedeni sili na ročni dinamometer (N) in ne v navoru (Nm) – čeprav je jasno, da gre za zasuk ramena. Pomanjkljivost teh rezultatov je, da upoštevajo posameznikovi antropoloških in morfoloških značilnosti (npr. rezultat, izražen na kg telesne mase posameznika) in so potemtakem nerelevantni za primerjanje med študijami ali za primerjanje posameznikov znotraj skupine. Znova z izjemo razmerij med rokama ter med zunanjim in notranjim zasukom, kjer z računanjem indeksa odpravimo težavo z enotami. V študiji smo pomanjkljivosti odpravili s tem, da smo rezultat izrazili v navoru, proizvedenem na kilogram telesne mase posameznika.

Največja pomanjkljivost naše študije je majhen vzorec preizkušancev, ki izhaja samo iz enega športa (kegljanje). Kljub temu, da so bili športniki dobro seznanjeni z izvedbo meritev in so bili v povprečju v zadnjih dveh letih po istem postopku

izmerjeni že vsaj dvakrat, teh rezultatov ne moremo posplošiti na druge športe. V nasprotju z nekaterimi drugimi študijami v športu, ki kot reprezentativen rezultat moči upoštevajo najboljšo izvedenimi ponovitvami (Petrigna idr., 2019), smo z namenom, da bi se izognili previsokim ali prenizkim vrednostim, ki so lahko posledica slabše stabilizacije komolca na tleh pri meritvah z ročnim dinamometrom, povprečili tri zaporedne ponovitve testa in s tem dosegli reprezentativen rezultat izometrične moči, vendar smo s tem verjetno tudi vplivali na absolutni rezultat testa. Prav tako je našo kriterijsko vrednost predstavljal ročni dinamometer, ki z vidika zanesljivosti testiranja zaostaja za izokinetičnimi meritvami. Ena izmed pomembnih lastnosti mišic je tudi hitrost prirastka sile (Rodríguez-Rosell, Pareja-Blanco, Aagaard in González-Badillo, 2018) predvsem pri gibanjih, ki so časovno ali prostorsko/amplitudno omejena, kot je komolčni met pri rokometu. Hitrost prirastka sile se je pokazala kot bolj občutljiva spremenljivka za preprečevanje nastanka poškodb mišic v primerjavi z maksimalno izometrično močjo (Buckthorpe in Roi, 2019). Zato bi bilo smiselno ob dopolnjevanju normativne baze podatkov v prihodnje vključiti tudi hitrosti prirastka sile v smeri notranjega in zunanjega zasuka ramena.

Zaključek

Pripravljen standardiziran protokol merjenja na namensko izdelani izometrični upornici se je izkazal kot zanesljivejši od ročnega dinamometra in kredibilen za športno –diagnostiko, če upoštevamo zgolj izračunana razmerja moči sukalk ramena in ne izmerjenih absolutnih vredno-

sti (Nm/kg). V prihodnje bi bilo v literaturi smiselno poenotiti metodologijo merjenja izometrične moči sukalk ramena z upoštevanjem dolžine podlahti in telesne mase posameznika pri izražanju enote merjenja in na podlagi večjega števila meritev različnih športnih disciplin postaviti referenčne vrednosti izometrične moči zunanjih in notranjih sukalk ramena. Baza podatkov bi nam v prihodnje omogočala raziskati občutljivost in specifičnost dobljenih rezultatov za napovedovanje poškodb ramena v nekaterih športnih panogah. Z usmerjeno vadbo za krepitev stabilizatorjev ramen, ki bi temeljila na podlagi dobljenih rezultatov, bi lahko zmanjšali incidenco poškodb in s tem rezultatsko, psihološko in finančno breme, ki nastane ob odsotnosti športnika iz trenajžno-tekmovalnega procesa.

Literatura

1. Asker, M., Holm, L. W., Källberg, H., Waldén, M. in Skillgate, E. (2018). Female adolescent elite handball players are more susceptible to shoulder problems than their male counterparts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 26(7), 1892–1900. doi: 10.1007/s00167-018-4857-y.
2. Ashworth, B., Hogben, P., Singh, N., Tulloch, L. in Cohen, D. D. (2018). The Athletic Shoulder (ASH) test: Reliability of a novel upper body isometric strength test in elite rugby players. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000365>
3. Berckmans, K., Maenhout, A. G., Matthijs, L., Pieters, L., Castelein, B. in Cools, A. M. (2017). The isokinetic rotator cuff strength ratios in overhead athletes: Assessment and exercise effect. *Phys Ther Sport*, 27, 65–75. doi: 10.1016/j.ptsp.2017.03.001

4. Bland, M. in Altman, D. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 8(8476), 307–310. <https://doi.org/10.1128/AAC.00483-18>
5. Buckthorpe, M. in Roi, G. S. (2019). The time has come to incorporate a greater focus on rate of force development training in the sports injury rehabilitation process. *Muscle Ligaments and Tendons Journal*, 07(03), 435. <https://doi.org/10.32098/mltj.03.2017.05>
6. Conceição, A., Parraca, J., Marinho, D., Costa, M., Louro, H., Silva, A. in Batalha, N. (2018). Assessment of isometric strength of the shoulder rotators in swimmers using a handheld dynamometer: a reliability study. *Acta Bioeng Biomech*. 2018;20(4), 113–119.
7. Cools, A. M., Palmans, T. in Johansson, F. R. (2014). Age-related, sport-specific adaptations of the shoulder girdle in elite adolescent tennis players. *J Athl Train*, 49(5), 647–653. doi: 10.4085/1062-6050-49.3.02
8. Cools, A. M., Vanderstukken, F., Vereecken, F. in Johansson, F. (2016). Eccentric and isometric shoulder rotator cuff strength testing using a hand-held dynamometer: reference values for overhead athletes. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*, 24(12), 3838–3847.
9. Cronbach, L. J. (1970). Essentials of Psychological Testing. New York: Harper in Row, 112–149.
10. Dauty, M., Menu, P., Fouasson-Chailloux, A., Ferréol, S., Dubois, C. (2016). Prediction of hamstring injury in professional soccer players by isokinetic measurements. *Muscles Ligaments Tendons Journal*, 19, 6(1), 116–123.
11. Dvir, Z. (2015). Difference, significant difference and clinically meaningful difference: The meaning of change in rehabilitation. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 11(2), 67–73. <https://doi.org/10.12965/jer.150199>
12. Ferligoj, A., Leskošek, K. in Kogovšek, T. (1995). Zanesljivost in veljavnost merjenja. V Ferligoj, A. (ur.), Leskošek, K. in Kogovšek, T., *Metodološki zvezki*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede.
13. Fernandez-Fernandez, J., Nakamura, F. Y., Moreno-Perez, V., Lopez-Valenciano, A., Del Coso, J., Gallo-Salazar, C., ... Sanz-Rivas, D. (2019). Age and sex-related upper body performance differences in competitive young tennis players. *PLoS One*, 3;14(9):e0221761. doi: 10.1371/journal.pone.0221761
14. Hadžić, V., Uršej, E., Kalc, M. in Dervišević, E. (2012). Reproducibility of shoulder short range of motion in isokinetic and isometric strength testing. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 10(2), 83–89.
15. Haff, G., Ruben, P. R., Lider, J., Twine, C. in Cormie, P. (2015). A comparison of methods for determining the rate of force development during isometric midthigh clean pulls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 386–395.
16. Headey, J., Brooks, J. H. in Kemp, S. P. (2007). The epidemiology of shoulder injuries in English professional rugby union. *The American journal of sports medicine*, 35(9), 1537–1543.
17. Hopkins, W. G. (2000). Measures of Reliability in Sports Medicine and Science. *Sports Medicine*, 30(1), 1–15.
18. Jaric, S. (2012). Muscle Strength Testing. *Sports Med* 32, 615–631. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232100-00002>
19. Kolber, M. J., Beekhuizen, K., Cheng, M. S. S. in Fiebert, I. M. (2007). The reliability of hand-held dynamometry in measuring isometric strength of the shoulder internal and external rotator musculature using a stabilization device. *Physiotherapy Theory and Practice*, 23(2), 119–124. <https://doi.org/10.1080/09593980701213032>
20. Koo, T. K. in Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcmm.2016.02.012>
21. Lee, J. W. Y., Mok, K. M., Chan, H. C. K., Yung, P. S. H. in Chan, K. M. (2018). Eccentric hamstring strength deficit and poor hamstring-to-quadriceps ratio are risk factors for hamstring strain injury in football: A prospective study of 146 professional players. *J Sci Med Sport*. 27(8), 789–793.
22. Lin, D. J., Wong, T. T. in Kazam, J. K. (2018). Shoulder Injuries in the Overhead-Throwing Athlete: Epidemiology, Mechanisms of Injury, and Imaging Findings. *Radiology*, 286(2), 370–387.
23. McLaine, S. J., Ginn, K. A., Fell, J. W. in Bird, M. L. (2018). Isometric shoulder strength in young swimmers. *J Sci Med Sport*, 21(1), 35–39. doi: 10.1016/j.jsams.2017.05.003
24. Moreno-Pérez V., Elvira J., Fernandez-Fernandez J. in Vera-Garcia F. J. (2018). A comparative study of passive shoulder rotation range of motion, isometric rotation strength and serve speed between elite tennis players with and without history of shoulder pain. *Int J Sports Phys Ther*, 13(1), 39–49.
25. Moreno-Pérez, V., López-Samanes, Á., Domínguez, R., Fernández-Eliás, V. E., González-Frutos, P., Fernández-Ruiz, V., ... Fernández-Fernández, J. (2019). Acute effects of a single tennis match on passive shoulder rotation range of motion, isometric strength and serve speed in professional tennis players. *PLOS ONE*, 14(4), e0215015. doi:10.1371/journal.pone.0215015
26. Ogaki, R., Takemura, M., Iwai, K. in Miyakawa, S. (2014). Risk Factors for Shoulder Injury in Collegiate Rugby Union Players. *International Journal of Sport and Health Science*, 12, 31–33.
27. Ogaki, R., Takemura, M., Shimasaki, T., Nari-ai, M. in Nagai, S. (2016). Preseason muscle strength tests in the assessment of shoulder injury risk in collegiate rugby union players. *Football Science*, 13(1), 36–43.
28. Petrigna, L., Karsten, B., Marcolin, G., Paoli, A., D'Antona, G., Palma, A. in Bianco, A. (2019). A Review of Countermovement and Squat Jump Testing Methods in the Context of Public Health Examination in Adolescence: Reliability and Feasibility of Current Testing Procedures. *Frontiers in Physiology*, 10(November), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01384>
29. Plotnikoff, N. A. in Macintyre, D. L. (2002). Test-retest reliability of glenohumeral internal and external rotator strength. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 12(6), 367–372.
30. Reid, S., Hazard, R. G. in Fenwick, J. W. (1991). Isokinetic trunk-strength deficits in people with and without low-back pain: a comparative study with consideration of effort. *J Spinal Disord*, 4(1), 68–72. PMID: 1839669.
31. Riesterer, J., Mauch, M. in Paul, J. (2020). Relationship between pre- and post-operative isokinetic strength after ACL reconstruction using hamstring autograft. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 12, 68. <https://doi.org/10.1186/s13102-020-00215-7>
32. Rodríguez-Rosell, D., Pareja-Blanco, F., Aagaard, P. in González-Badillo, J. J. (2018). Physiological and methodological aspects of rate of force development assessment in human skeletal muscle. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 38(5), 743–762. <https://doi.org/10.1111/cpf.12495>
33. Schectman, O. (2013). The Coefficient of Variation as an Index of Measurement Reliability. *Methods of Clinical Epidemiology*, 33–49. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-37131-8>
34. Stark, T., Walker, B., Phillips, J. L., Fejer, R. in Beck, R. (2011). Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation*, 3(5): 472–479.
35. Thompson, S. F., Guess, T. M., Plackis, A. C., Sherman, S. L. in Gray, A. D. (2018). Youth Baseball Pitching Mechanics: A Systematic Review. *Sports health*, 10(2): 133–140.
36. WHO. (2013). Declaration of Helsinki Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/doi:10.1001/jama.2013.281053>

Darjan Spudić, mag. kin.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
darjan.spudic@fsp.uni-lj.si