

Maja Grmek,
Žiga Kozinc

Povezava med jakostjo mišic iztegovalk, odmikalk in zunanjih rotatorjev kolka in valgusom kolena pri treh gibalnih testih

Izvleček

Namen raziskave je bil proučiti, ali obstaja povezava med jakostjo iztegovalk, odmikalk in zunanjih rotatorjev kolka z dinamičnim valgusom kolena pri testih enonožnega počepa, enonožnega doskoka v počep s klopi ter sonožnega doskoka v počep s klopi z maksimalnim vertikalnim odrivom. V raziskavo smo vključili 29 rokometašic (povprečna starost 22,2 leta; razpon od 18 do 28 let). Ugotovili smo statistično značilno majhno negativno povezavo med največjim navo-rom zunanje rotacije ter valgusom kolena pri testu spusta v počep z maksimalnim vertikalnim odrivom ($r = -0,37$; $p = 0,046$), ki se ob odstranitvi osamelca spremeni v zmerno negativno ($r = -0,53$; $p = 0,004$). Med drugimi pari spremenljivk statistično značilnih povezav ni bilo. Največji valgus kolena je bil pri enonožnem doskoku v počep in enonožnem počepu, vrednosti valgusa pa so med nalogami v majhni do zmerni statistično značilni povezavi. V skladu z večino predhodnih raziskav ugotavljamo, da povezav med jakostjo mišic kolka in obsegom valgusa kolena pri izbranih gibalnih vzorcih ni. V prihodnjih raziskavah bi bilo pomembno meritve izvesti na večjem vzorcu in uporabiti gibalne teste, ki se kar najbolj pri- bližajo situacijam, pri katerih nastanejo poškodbe.

Ključne besede: valgus kolena, jakost, mišice kolka, gibalni testi, rokomet.



Foto: »Designed by Freepik«

Relationship between the strength of the extensor muscles, abductors and hip external rotators and knee valgus in three movement tests

Abstract

The aim of this study was to investigate whether there is a relationship between hip extensor, abductor and external rotator strength with dynamic knee valgus in single-leg squat, single-leg drop and drop squat jump tests. In the study we included 29 female handball players (mean age: 22.2 years; range 18 – 28 years). We found a statistically significant small negative association between maximum external rotation torque and knee valgus in drop squat jump test ($r = -0.37$; $p = 0.046$), which changed to moderate negative when ONE OUTLIER was removed ($r = -0.53$; $p = 0.004$). There were no statistically significant associations between other pairs of variables. The greatest knee valgus was present in the single-leg squat and single-leg drop, and valgus values have a small to moderate statistically significant association between tasks. Consistent with most previous studies, we find that there is no association between hip muscle strength and the degree of knee valgus in the selected movements. In future research, it would be important to conduct measurements on a larger sample and to use movement tests that most closely approximate the injury situations.

Keywords: knee valgus, strength, hip muscles, movement tests, handball.

■ Uvod

V številnih športih, kot so smučanje, nogomet, košarka, hokej, odbojka in rokomet, je koleno med najbolj obremenjenimi sklepi. V vseh omenjenih športih je veliko sprememb smeri, doskokov na eno nogo in nepredvidljivih situacij, ki povzročajo velike obremenitve (Prodrornos idr., 2007). Ta ponavljajoča se gibanja lahko pomenijo tveganje za pojav nekaterih gibalnih vzorcev, kot je valgus kolena, ki poveča obremenitev na sklep. Dinamični valgus kolena je gibanje kolena v čelni ravnini, v kateri pride do primika kolka, odmika kolena in everzije gležnja, ter tudi v horizontalni ravnini, kjer opazimo notranjo rotacijo stegnenice in notranjo ali zunanjo rotacijo golenice, ki je odvisna od kinematike gležnja (Ishida idr., 2014). Rotacija golenice v kolenskem sklepu ustvarja večjo obremenitev na sprednjo križno vez (angl. anterior cruciate ligament; v nadaljevanju: ACL), saj je v tem položaju sklepna ovojnica bolj obremenjena, vez pa podaljšana. Ob velikih silah se je treba temu položaju izogibati, saj lahko obremenitev povzroči pretrganje kolenskih vezi (Hewett idr., 2005; Krosshaug idr., 2007). Rokomet je fizično zahteven šport, pri katerem je veliko hitrih sprememb smeri, metov, obračanj, poskokov, pristankov in zelo hitrih zavrtav, ki povzročajo velike obremenitve na kolenski sklep (Wagner idr., 2014). Med sezono lahko igralci na profesionalni ravni odigrajo od 70 do 100 tekem, med tekmo pa lahko pride do več kot 825 visoko intenzivnih gibanj/akcij, ki zahtevajo visoko raven jakosti in moči (Achenbach in Luig, 2020; Bragazzi idr., 2020). Zadnje spremembe pravil ter hitrejša in bolj agresivna igra so še dodatno povečale obremenitve in zahteve igralcev (Karcher in Buchheit, 2014). Število poškodb se razlikuje glede na spol, šport in odziv na preventivne programe za zmanjšanje poškodb (Prodrornos idr., 2007). Myklebust idr. (1998) so poročali, da je tveganje za pretrganje ACL pri ženskah za približno 3- do 5-krat večje kot pri moških, zaradi anatomske in hormonske dejavnosti (Hutchinson in Ireland, 1995; Liu idr., 1996; Möller-Nielsen in Hammar, 1989; Myklebust idr., 1998). Zato smo se v naši raziskavi usmerili na dinamični valgus kolena pri rokometistih, pri katerih je tvega-

nje za poškodbe ACL veliko (Joseph idr., 2013; Myklebust idr., 1998; Prodrornos idr., 2007) especially of the anterior cruciate ligament (ACL).

Večina poškodb kolenskega sklepa nastane brez kontakta, pri čemer stabilnost sklepa in mišična kontrola, zlasti v smeri valgusa, zmanjšujeta tveganje za preobremenitve ACL (Claiborne idr., 2006). Valgus, ki vključuje primik in notranjo rotacijo stegnenice, dodatno obremeni ACL, k njegovi zaščiti pa pripomore ekscentrična jakost iztegovalk, odmikalk in zunanjih rotatorjev kolka – njihova oslabelelost lahko vodi v večji valgus in tveganje za poškodbe (Zeller idr., 2003; Hollman idr., 2009). Ključni dejavniki pri obremenitvah ACL so tudi visoka ekscentrična kontrakcija sprednje stegenske mišice pri 15–30° upogiba kolena, rotacija golenice v valgusu ter pomanjkanje jakosti zunanjih rotatorjev kolka (Beynon idr., 1995; Torzilli idr., 1994). Poleg tega so pomembni tudi nadzor trupa, položaj kolka, krepitev kolčnih mišic in miofascialne povezave, ki vplivajo na kinematiko spodnjih okončin in zmanjšujejo valgusni moment kolena (Ebstrup in Bojsen-Møller, 2000; Carvalhais idr., 2013; Hewett idr., 2005; Leetun idr., 2004; Powers, 2010). Študije poročajo, da imajo osebe s patelofemoralno bolečino zmanjšano izometrično in ekscentrično jakost mišic kolka, kar lahko privede do večjega valgusa kolena in s tem tudi bolečin (Baldon idr., 2015; Boling idr., 2009; Dierks idr., 2008; Willson in Davis, 2008).

Zdi se, da bi odpravljanje deficitov v mišični jakosti lahko bilo učinkovito za omejitev valgusa in s tem zmanjšanja tveganja za poškodbe. Mišično jakost kolčnega sklepa lahko merimo z izometričnim ali izokinetičnim dinamometrom, pri čemer je izometrični bolj dostopen in enostaven za uporabo (Hadzic idr., 2014; Holt idr., 2016) in je tudi pogostejše uporabljen v rehabilitaciji (Wilson idr., 2020). Veliko raziskav se osredotoča tudi na optimalno gibanje pri gibalnih vzorcih, pri katerih je tveganje za poškodbe večje, kot so doskoki in hitre spremembe smeri (Chimera in Warren, 2016). Dinamični valgus kolena je bil predmet številnih raziskav, katerih cilj je razumeti tveganje za poškodbe pri športnikih in rekreativcih (Erdman idr., 2024). To gibanje lahko

ocenimo med počepi, skoki in doskoki. Za natančno analizo gibanja se uporablja tridimenzionalna kinematična analiza, vendar je zaradi stroškov pogostejše uporabljena dvodimenzionalna analiza z uporabo standardne kamere (Munro idr., 2012).

Povezava med jakostjo mišic kolka in dinamičnim valgusom kolena je bila predmet številnih študij, vendar si rezultati nasprotujejo (Chia idr., 2020; Dix idr., 2019). Baldon idr. (2011) so ugotovili večji dinamični valgus pri ženskah med vajo enonožnega počepa, kar je bilo povezano z manjšo ekscentrično jakostjo mišic odmikalk kolka v primerjavi z moškimi. Podobne ugotovitve so navajali tudi v raziskavi Heinert idr. (2008). V nasprotju s tem so Hollman idr. (2009) poročali o povezanosti večje jakosti odmikalk kolka z večjim valgusom kolena. Munkh-Erdene idr. (2014) ter McCurdy idr. (2014) so potrdili negativno povezavo med jakostjo zunanjih rotatorjev kolka in dinamičnim valgusom kolena pri enonožnem počepu in doskoku. Bandholm idr. (2011) so ugotovili pozitivno povezavo pri ženskah. Stickler idr. (2015) ter Suzuki idr. (2015) so ugotovili negativno povezavo med jakostjo iztegovalk kolka in večjim valgusom kolena. Nekatere študije pa niso odkrile statistično pomembnih povezav (McCurdy idr., 2014; Smith idr., 2014). Raziskave o povezavi jakosti mišic kolka in valgusom kolena prinašajo različne ugotovitve, zato je potrebnih še več raziskav za boljši vpogled v vpliv jakosti mišic kolka na kinematiko kolena in tveganje za poškodbe.

V naši raziskavi smo želeli ugotoviti, ali obstaja povezava med jakostjo mišic iztegovalk, odmikalk in zunanjih rotatorjev kolka in dinamičnega valgusa kolena pri testu enonožnega počepa (angl. single-leg squat; v nadaljevanju: SLS), enonožnega doskoka v počep (angl. single-leg drop; v nadaljevanju: SLD) in sonožnega doskoka v počep z maksimalnim vertikalnim odrivom (angl. drop squat jump; v nadaljevanju: DSJ). Raziskave smo opravili na ženski populaciji v dveh rokometnih klubih in predvidevali majhno do zmerno statistično značilno povezavo med jakostjo vseh izbranih mišic in valgusom kolena pri vseh treh gibalnih testih.

Metode

Vzorec

V naši raziskavi je sodelovalo 29 rokometaric iz dveh klubov, ki igrata v prvi slovenski državni ligi. Merjenke so stare od 18 do 28 let, s povprečno starostjo 22,2 leta. Njihova povprečna telesna višina znaša 171,6 cm, povprečna telesna masa pa 67,6 kg. Pri merjenkah smo vse teste jakosti in enonožne gibalne teste izvajali samo z eno naključno izbrano nogo. V raziskavi so sodelovale zdrave preiskovanke brez mišično-skeletnih poškodb, ki so bile vključene v redni trenajni proces. Pisna prošnja o sodelovanju pri raziskavi je bila rokometnima kluboma poslana pred meritvami. Oba kluba sta jo odobrila.

Potek raziskave

Raziskava je bila prečno-presečnega tipa, pri čemer so v eni časovni točki testirali jakost izbranih mišic kolka in opazovali premik kolena v valgus pri treh gibalnih testih. Testiranje je bilo v celoti izvedeno med treningom testiranih ekip v telovadnicah, kjer trenira posamezna ekipa, vključena v raziskavo. Pred začetkom meritve so bile merjenke ustno seznanjene s potekom testiranja. Opravile so 10 minut ogrevanja, ki je vključevalo tri minute teka, tri minute dinamičnih razteznih vaj in štiri minute vaj za jakost mišic spodnjih okončin ter sonožne in enonožne poskoke. Sledilo je merjenje največje jakosti in po zadostnem odmoru merjenje valgusa kolena pri izbranih nalogah.

Merilni postopki

Pri merjenju jakosti mišic iztegovalk kolka so se merjenke uglele na trebuh, neelastičen pas, na katerega je privezan dinamometer (EasyForce, Meloq, Švedska), pa smo pritrdili okrog gležnja (Slika 1, zgoraj). Za merjenje jakosti odmikalk kolka se je merjenka ulegla na bok, trak pa je ostal vpet na enakem mestu na gležnju (Slika 1, na sredini). Za obe meritvi se je pri merjenkah izmerila ročica od velikega trohantra do gležnja, kjer je pripet dinamometer. Pri meritvi zunanje rotacije so merjenke sedele na koncu masažne mize, dinamometer je bil z neelastičnim trakom pritrdjen na gleženj in pripet pod kotom 90 stopinj glede na



Slika 1: Merjenje jakosti iztegovalk, odmikalk in zunanjih rotatorjev kolka

golenico (Slika 1, spodaj). Tu smo izmerili ročico od lateralnega kondila na kolenu do traka na gležnju. Pri vseh treh testih jakosti je merilec telo merjenca stabiliziral tako, da je bil izveden le gib, ki smo ga želeli izmeriti. Merjenje izometrične jakosti je pri vseh treh meritvah potekalo v nevtralnih položajih kolka. Po dveh uvajalnih meritvah pri submaksimalnem angažmaju je merjenka za vsak položaj opravila tri ponovitve, med katerimi je bil 30-sekundni odmor. Pri vsaki ponovitvi je merjenka poskusila razviti maksimalno silo v treh sekundah. Ob vsaki ponovitvi je merilec spodbujal merjenko, da razvije maksimalno silo.

Po meritvah jakosti so merjenke opravile tri gibalne teste, in sicer SLS, SLD in DSJ, pri čemer smo jih v čelni ravnini snemali s telefonom z visoko ločljivostjo in opravili dvodimenzionalno videoanalizo (v nadaljevanju: 2D). Merjenke so meritve začele s testom SLS, pri katerem so z eno nogo stale na tleh, druga noga pa je bila dvignjena od tal in pokrčena v kolenu s stopalom za telesom. Iz začetnega položaja se je merjenka spustila navzdol do vsaj 45 stopinj upogiba kolena, nato pa

se je vrnila v začetni položaj. Pri testu SLD je merjenka z nogo sestopila s švedske klopi (višina 35 centimetrov) nekoliko naprej (toliko, da z nestojno nogo ni zadela v klop) ter pristala v enonožnem počepu z vsaj 45 stopinj upogiba kolena. Ob doskoku je bila nestojna noga tako kot pri prvem testu pokrčena zadaj. Pri testu DSJ pa je merjenka prav tako z eno nogo sestopila s švedske klopi, nato pa doskočila z obema nogama v počep z vsaj 60 stopinj upogiba kolen in se takoj maksimalno vertikalno odrinila. Med izvedbo vseh testov so imele merjenke roke uprte v boke. V analizo smo vključili le poskuse, pri katerih je merjenka dosegla željeno stopnjo upogiba kolena in med izvedbo ves čas ohranila ravnotežje.

Pred gibalnimi testi smo merjenki na nogi označili naslednje točke: ASIS, medialni in lateralni kondil kolena ter točko med obema, ki leži centralno na pogačici, lateralni in medialni maleol ter točko med njima na gležnju. Merjenka je vse teste opravljala bosa, v kratkih hlačah, ki so bile zavahane tako, da so bile med izvedbo testov vidne vse označene točke. Za vsak test je merjenka opravila tri zaporedne ponovitve.

Gibanje kolena v čelni ravnini se je snemalo s telefonom, pritrjenim na fiksnem stojalu. Po kočanih meritvah se je iz videa zajelo posnetke zaslona v trenutkih, ko je bila merjenka v položaju največjega valgusa kolena. Posnetek zaslona je bil obdelan v mobilni aplikaciji Angle Meter 360 (različica 1.9.2), ki omogoča določanje projekcijskega kota v čelni ravnini. Tega sestavljata črti, ki povezujeta



Slika 2: Primer merjenja kota valgusa kolena z mobilno aplikacijo Angle Meter 360

narisane točke na telesu merjenke. Pri tem smo eno točko pomaknili na označeno točko ASIS, sredinska točka je bila na označeni točki med obema kondiloma kolena, tretja pa na točki med obema maleoloma na gležnju, kar vidimo na Sliki 7 (Ho idr., 2019; Munro idr., 2012).

Statistična analiza

Statistična analiza je bila izvedena v programu IBM SPSS Statistics 25 (IBM, New York, USA). Za vse parametre smo izračunali opisno statistiko (povprečne vrednosti, standardni odklon, najnižja in najvišja vrednost). Normalnost porazdelitve

podatkov smo preverili s Shapiro-Wilkovim testom in histogramom. Ker je test pokazal normalno porazdelitev podatkov, smo za ugotavljanje povezanosti spremenljivk uporabili Pearsonov korelacijski koeficient (r), pri čemer smo rezultate interpretirali kot: 0,1–0,29 majhna povezanost; 0,3–0,49 zmerna povezanost; 0,5–0,69 velika povezanost; 0,7–0,89 zelo velika povezanost; 0,9–0,99 popolna povezanost (Akoglu, 2018). Valgus med gibalnimi nalogami smo primerjali z analizo variance za ponovljene meritve in s post-hoc parnimi t-testi z Bonferronijevo korekcijo. Statistično značilne povezave

in razlike smo sprejeli pri stopnji zaupanja $\alpha < 0,05$. Preverjali smo znotrajposkopsko ponovljivost. Relativno ponovljivost smo ocenili z uporabo interklasnega koeficienta korelacije (angl. interclass correlation coefficient; v nadaljevanju: ICC), pri čemer smo vrednosti interpretirali kot: $< 0,5$ slaba ponovljivost; $0,5 - 0,75$ zmerna ponovljivost; $0,75 - 0,9$ dobra ponovljivost; $> 0,9$ odlična ponovljivost (Koo in Li, 2016). Absolutno ponovljivost smo ocenili s tipično napako in koeficientom variacije (angl. coefficient of variation; v nadaljevanju: CV) ter vrednosti $< 10\%$ interpretirali kot sprejemljivo ponovljivost (Hopkins, 2000) assay or other measurement in repeated trials on the same individuals. Better reliability implies better precision of single measurements and better tracking of changes in measurements in research or practical settings. The main measures of reliability are within-subject random variation, systematic change in the mean, and retest correlation. A simple, adaptable form of within-subject variation is the typical (standard).

Rezultati

S Shapiro-Wilkovim testom smo ugotovili, da so bili normalno porazdeljeni podatki za valgus pri vseh nalogah ($p = 0,651-0,702$) ter surovi ($p = 0,409-0,733$) in normalizirani ($p = 0,441-0,949$) podatki mišične jakosti. Prav tako so bili normalno porazdeljeni podatki telesne mase ($p = 0,388$) in telesne višine ($p = 0,234$), ne pa tudi starosti ($p = 0,039$). Opisna statistika za vse izhodne spremenljivke v raziskavi je prikazana v tabeli 1.

Ponovljivost

Relativna ponovljivost (Tabela 2) med ponovitvami je bila dobra do odlična za vse meritve jakosti (ICC = $0,88-0,97$ za odmik, $0,90-0,97$ za izteg in $0,83-0,95$ za zunanjo rotacijo). Prav tako je bila sprejemljiva absolutna ponovljivost (koeficient variacije = $4,1-6,3\%$ za odmik, $4,8-7,4\%$ za izteg ter $4,2-6,4\%$ za zunanjo rotacijo). Pri nalogah valgusa je bila relativna ponovljivost pri vseh nalogah bistveno slabša (ICC = $0,48-0,83$ za SLS; $0,16-0,65$ za SLD; $0,34-0,76$ za DSJ). Zaradi nizke povprečne vrednosti koeficienta variacije za naloge valgusa nismo izračunali.

Tabela 1
Opisna statistika

Spremenljivka	Povprečje	SO	Najnižja vrednost	Najvišja vrednost
Starost (leta)	22,2	3,3	18	28
Telesna višina (cm)	171,6	5,8	160	183
Telesna masa (kg)	67,6	7,6	52	85
Ročica – kolk (cm)	81,3	4,64	72	95
Ročica – koleno (cm)	36,1	2,13	31	41
Največji navor – odmik (Nm)	150,8	27,2	79,8	196,6
Največji navor – izteg (Nm)	165,7	38,4	97,4	243,5
Največji navor – ZR (Nm)	55,9	8,41	32,9	74,1
Največji navor – odmik (Nm/kgTM)	2,24	0,39	1,33	2,89
Največji navor – izteg (Nm/kgTM)	2,46	0,53	1,43	3,43
Največji navor – ZR (Nm/kgTM)	0,83	0,13	0,51	1,11
Valgus – SLS (°)	9,15	9,48	-10,83	25,17
Valgus – SLD (°)	7,80	9,29	-12,87	26,73
Valgus – DSJ (°)	-20,37	16,35	-47,47	20,43

Opomba. ZR = zunanja rotacija; SO = standardni odklon; TM = telesna masa; SLS = enonožni počep; SLD = enonožni spust v počep; DSJ = spust v počep z maksimalnim vertikalnim odzivom

Tabela 2
Statistika ponovljivosti

Spremenljivka	ICC	95-% IZ			TN	95-% IZ			KV	95-% IZ	
Največji navor – odmik (Nm)	0,93	0,88	0,97	7,18	5,98	9,17	5,0	4,1	6,3		
Največji navor – izteg (Nm)	0,95	0,90	0,97	9,23	7,68	11,78	5,9	4,9	7,5		
Največji navor – ZR (Nm)	0,91	0,83	0,95	2,70	2,25	3,45	5,0	4,2	6,4		
Valgus – SLS (°)	0,68	0,48	0,83	6,31	5,25	8,06	/*	/*	/*		
Valgus – SLD (°)	0,42	0,16	0,65	8,93	7,43	11,40	/*	/*	/*		
Valgus – DSJ (°)	0,57	0,34	0,76	13,91	11,58	17,76	/*	/*	/*		

Opomba. ZR = zunanja rotacija; ICC = intraklasni koeficient korelacije; IZ = interval zaupanja, TN = tipična napaka; KV = koeficient variacije; SLS = enonožni počep; SLD = enonožni spust v počep; DSJ = spust v počep z maksimalnim vertikalnim odzivom. * * Za te spremenljivke nismo izračunali koeficienta variacije (KV), saj je razpon vrednosti oziroma variabilnost bistveno večja od povprečne vrednosti. To je posledica širokega razpona podatkov od negativnih do pozitivnih vrednosti, zaradi česar KV izgubi interpretativno vrednost.

Tabela 3
Povezave med mišično jakostjo in valgusom

Spremenljivka	Statistična vrednost	SLS	SLD	DSJ
Največji navor – odmik (Nm/kgTM)	r	−0,06	−0,15	−0,22
	p	0,729	0,416	0,233
Največji navor – izteg (Nm/kgTM)	r	0,14	−0,17	−0,11
	p	0,448	0,358	0,546
Največji navor – ZR (Nm/kgTM)	r	0,13	−0,15*	−0,37*
	p	0,418	0,046	0,046

Opomba. ZR = zunanja rotacija; SLS = enonožni počep; SLD = enonožni spust v počep; DSJ = spust v počep z maksimalnim vertikalnim odzivom; * p < 0,05

Tabela 3 prikazuje povezave med vrednostmi valgusa in mišično jakostjo (navor, normaliziran na telesno maso). Ugotovili smo le statistično značilno negativno majhno povezavo med največjim navorom zunanje rotacije in valgusom pri DSJ ($r = -0,37$; $p = 0,046$). Med drugimi pari spremenljivk statistično značilnih povezav ni bilo.

Povezava je vizualno prikazana tudi na Sliki 3. Ob odstranitvi najbolj izrazitega osamelca (vrednost na grafu skrajno desno) se povezava nekoliko spremeni, in sicer v zmerno in statistično značilno ($r = -0,53$; $p = 0,004$).

Proučili smo še povezave med vrednostmi valgusa pri treh nalogah. Ugotovili smo statistično značilne zmerne povezave med valgusom pri SLS in SLD ($r = 0,55$; $p = 0,002$) ter med SLD in DSJ ($r = 0,44$; $p = 0,017$), medtem ko je bila povezava med SLS in DSJ majhna in statistično značilna ($r = 0,37$; $p = 0,047$). Vrednosti so prikazane v Tabeli 5 in na Sliki 9.

Razprava

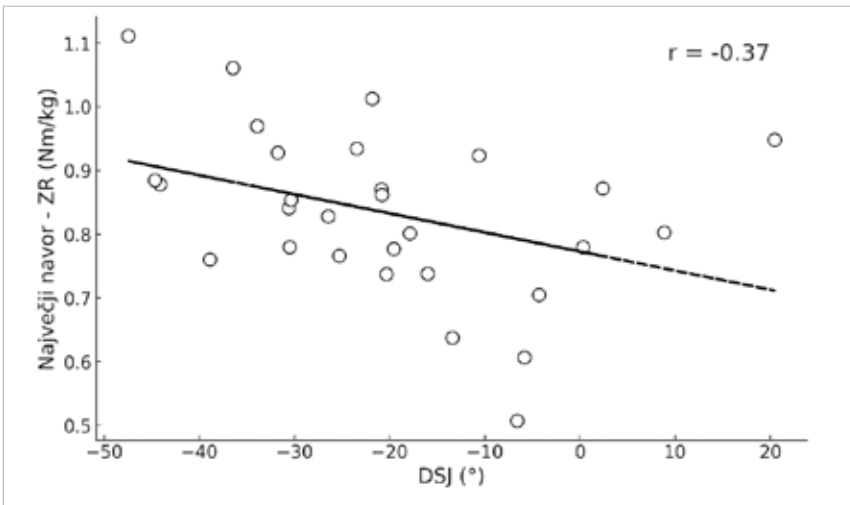
Iz rezultatov raziskave smo ugotovili statistično značilno majhno negativno povezavo med največjim navorom zunanje rotacije ter valgusom pri DSJ ($r = -0,37$; $p = 0,046$). Povezava pa se nekoliko spremeni ob odstranitvi najbolj izrazitega osamelca, in sicer v zmerno negativno statistično značilno ($r = -0,53$; $p = 0,004$). Med drugimi pari spremenljivk statistično značilnih povezav ni bilo. S tem naše prve hipoteze ne moremo potrditi, saj smo majhno do zmerno statistično značilno povezavo med jakostjo vseh izbranih mišic in valgusom kolena predvideli pri vseh treh gibalnih testih, a so rezultati pokazali majhno oziroma zmerno negativno povezavo le med največjim navorom zunanje rotacije ter valgusom pri DSJ.

Naša ugotovitev o majhni do zmerni povezavi med največjo izometrično jakostjo zunanjih rotatorjev kolka in valgusom kolena pri DSJ se ujema z nekaterimi pred-

hodnimi raziskavami (Wilson idr., 2006; Munkh-Erdene idr., 2014; McCurdy idr., 2014), obenem je veliko raziskav poročalo tudi o odsotnosti statistično značilnih povezav (Bandholm idr., 2011, Claiborne idr., 2006; Thijs idr., 2007). Nasprotujoče si rezultate je v literaturi mogoče opaziti pri povezavi med jakostjo vseh treh mišičnih skupin in dinamičnim valgusom kolena pri različnih nalogah (Almeida idr., 2016; Cashman, 2012; Chia idr., 2020; Dix idr., 2019).

Zunanji rotatorji kolka delujejo sinergistično pri omejevanju notranje rotacije kolka ob upogibu kolka za 0–60 stopinj, hkrati aktivacija vseh mišic pa zagotavlja dinamično stabilizacijo kolka. S spreminjanjem kota upogiba kolka se spremeni delovanje nekaterih mišic, ki ob večjem upogibu začnejo opravljati nalogo notranje rotacije kolka. Hkrati pa se ob večjem upogibu spremeni tudi dolžina nekaterih mišic, kar spremeni delež razpoložljivih mest za vzpostavitev aktinskih in miozinskih prečnih mostičkov v sarkomerah, kar je v neposredni povezavi s sposobnostjo mišice za generiranje sile (Baba idr., 2022; Hoglund idr., 2014). V naši raziskavi se je nakazalo, da je šibkost zunanjih rotatorjev kolka povezana z večjim valgusom kolena pri testu DSJ, in prav pri tem testu so merjenke dosegale največji upogib kolena (več kot 60 stopinj), kar je povezano tudi z večjim upogibom kolka. Zaradi večjega upogiba kolka so zunanji rotatorji kolka morda izgubili svojo primarno funkcijo in so bili v manjši meri sposobni preprečiti medialni pomik kolena, kar se je v večji meri izrazilo pri šibkejših posameznikah.

Podobno kot pri zunanjih rotatorjih kolka tudi nekatere odmikalkke kolka ob večjem upogibu kolka nekoliko prevzamejo vloge notranjih rotatorjev, zato niso več toliko učinkovite pri preprečevanju medialnega pomika kolena (Arnold in Feber, 2001; Flack idr., 2012). Za iztegovalke kolka pa literatura kaže, da največji navor ustvarjajo ob večjem upogibu v kolku, na primer med pozno zamašno fazo ali zgodnjo oporno fazo pri sprintu in ob dvigu iz globokega počepa. V teh položajih pa tudi primikalkke kolka ustvarjajo navor za izteg, s čimer pomagajo primarnim iztegovalkam (Hoy idr., 1990). Če so iztegovalke kolka šibke, to ne zagotavlja stabilizacije medenice in nadzora nad gibanjem stegenice, kar lahko sili koleno



Slika 3: Povezava med valgusom pri DSJ in jakostjo zunanjih rotatorjev

v valgusni položaj zaradi nesorazmerja sil (Crowell idr., 2021).

Dejavniki, ki lahko vplivajo na večjo pojavnost valgusa kolena, so poleg šibke mišične zmogljivosti mišic še šibkost vezi, povečana anteverzija stegenice oziroma medialna torzija golenice, povečana gibljivost srednjega dela stopala, širša medenica, večji Q-kot in večja gibljivost v hiperekstenziji (Hutchinson in Ireland, 1995; Larwa idr., 2021; Myklebust idr., 1998). Vse omenjene dejavnike v večji meri zasledimo pri ženskah, kar najverjetneje vpliva tudi na večjo pojavnost poškodb v primerjavi z moškimi (Joseph idr., 2013). V raziskavi Mueske idr. (2019) so ugotovili, da sta večja notranja rotacija kolka in večja zunanja rotacija kolena v statični stoji povezani z večjo notranjo rotacijo kolka in zunanjo rotacijo kolena med nalogami sprememb smeri ($r = 0,34$, $p = 0,001$). Ta ugotovitev nakazuje: če imamo že v mirovanju povečan valgus kolena, se bo to lahko v večji meri preneslo tudi v gibanje. To ugotovitev lahko povežemo z ugotovitvami naše raziskave, saj je bil pri naših merjenkah valgusni kot kolena statistično značilno povezan med vsemi testi. To nakazuje, da lahko že poravnava spodnjih okončin v mirovanju vpliva na večji valgusni kot v gibanju, ne glede na jakost mišic kolka.

Omejitve raziskave

V raziskavi smo se osredotočili na rokometiške, kar bi nam pri večjem vzorcu omogočalo bolj specifične in relevantne ugotovitve za izbrano populacijo. Glavna pomanjkljivost naše raziskave je razmeroma majhen vzorec, saj smo vključili le 29 oseb v starosti med 18 in 28 let. V prihodnje bi lahko na večjem vzorcu primerjali tudi razlike med moškimi in ženskami. Drugi problem naše raziskave je v merilnih napravah. V raziskavi smo ugotovili dobro do odlično relativno ponovljivost med ponovitvami za vse meritve jakosti. Prav tako je bila sprejemljiva absolutna ponovljivost. To potrdi, kar so ugotovili že v predhodnih študijah, da so meritve jakosti kolka z ročnim dinamometrom EasyForce zanesljive in ponovljive, kar omogoča tudi natančno oceno in zmanjšanje napak pri interpretaciji (Kozinc idr., 2021; Trajković idr., 2022). Tega pa ne moremo trditi za meritve 2D-videoanalize gibalnih testov, kjer je bila relativna ponovljivost

med ponovitvami bistveno slabša. Raziskave navajajo, da je ujemanje med dvodimenzionalnim in tridimenzionalnim sistemom, ki velja za zlati standard, zgolj zmerno ($r = 0,46$ – $0,66$) (Ho idr., 2019). To nakazuje, da dejanske vrednosti z dvodimenzionalno videoanalizo morda niso natančne in je treba podatke previdno obravnavati. V naši raziskavi smo se odločili za meritve izometrične jakosti posameznih mišičnih skupin, v drugih raziskavah smo zaznali še meritve ekscentrične in koncentrične jakosti mišic z izokinetiko; v nadaljnjih raziskavah bi bilo smiselno vključiti meritev jakosti v različnih režimih mišičnega krčenja. Čeprav so se meritve z dinamometrom EasyForce izkazale kot visoko ponovljive tako v naši raziskavi kot v predhodnih, ostaja odprto vprašanje veljavnosti. Pomanjkanje fiksacij in stabilizacije bi lahko predvsem pri meritvi rotacije pomembno vplivalo na rezultate. V raziskavi Olsen idr. (2004) so ugotovili, da se v rokometu največ poškodb zgodi ob doskoku na eno nogo, s čimer smo se z obema enonožnima testoma delno približali igralni situaciji. Drug gibalni vzorec, ki ga omenjajo, je sprememba smeri, ki nekako ni podobna nobenemu izmed izbranih testov v naši raziskavi (Olsen idr., 2004), kar je prav tako omejitve in je lahko med razlogi za odsotnost povezav.

Zaključek

V naši raziskavi smo ugotovili, da med jakostjo iztegovalk, odmikalk in zunanjih rotatorjev kolka ter obsegom dinamičnega valgusa kolena pri izbranih gibalnih testih ni večjih povezav, razen pri testu DSJ, kjer smo zaznali majhno do zmerno negativno povezavo med jakostjo zunanjih rotatorjev kolka in valgusom. Ti rezultati se ujemajo s številnimi prejšnjimi študijami, ki prav tako niso potrdile povezave med jakostjo mišic kolka in valgusom kolena. Naši izsledki poudarjajo pomen celostnega pristopa k preprečevanju poškodb, kjer poleg jakosti mišic upoštevamo tudi druge biomehanske in anatomske dejavnike. V prihodnjih raziskavah bi bilo smiselno uporabiti večji vzorec, vključiti različne režime mišične kontrakcije in analizirati gibalne vzorce, ki so še bolj specifični za športne situacije, v katerih nastanejo poškodbe.

Literatura

1. Achenbach, L. in Luig, P. (2020). [Epidemiology and injury prevention in handball]. *Sportverletzung Sportschaden: Organ Der Gesellschaft Fur Orthopadisch-Traumatologische Sportmedizin*, 34(3), 129–135. <https://doi.org/10.1055/a-1209-4666>
2. Almeida, G. P. L., Silva, A. P. de M. C. C. E., França, F. J. R., Magalhães, M. O., Burke, T. N. in Marques, A. P. (2016). Relationship between frontal plane projection angle of the knee and hip and trunk strength in women with and without patellofemoral pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 29(2), 259–266. <https://doi.org/10.3233/BMR-150622>
3. Arnold, A. S. in Delp, S. L. (2001). Rotational moment arms of the medial hamstrings and adductors vary with femoral geometry and limb position: implications for the treatment of internally rotated gait. *Journal of Biomechanics*, 34(4), 437–447. [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(00\)00232-3](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(00)00232-3)
4. Baba, K., Chiba, D., Mori, Y., Kuwahara, Y., Kogure, A., Sugaya, T., Kamata, K., Oizumi, I., Suzuki, T., Kurishima, H., Hamada, S., Itoi, E. in Aizawa, T. (2022). Impacts of external rotators and the ischiofemoral ligament on preventing excessive internal hip rotation: a cadaveric study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 17(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02873-w>
5. Baldon, R. de M., Lobato D, F. M., Carvalho, L. P., Santiago P, R. P., Benze, B. G. in Serrão, F. V. (2011). Relationship between eccentric hip torque and lower-limb kinematics: gender differences. *Journal of Applied Biomechanics*, 27(3), 223–232. <https://doi.org/10.1123/jab.27.3.223>
6. Baldon, R. de M., Piva, S. R., Scattone Silva, R. in Serrão, F. V. (2015). Evaluating eccentric hip torque and trunk endurance as mediators of changes in lower limb and trunk kinematics in response to functional stabilization training in women with patellofemoral pain. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(6), 1485–1493. <https://doi.org/10.1177/0363546515574690>
7. Bandholm, T., Thorborg, K., Andersson, E., Larsen, T., Toftdahl, M., Bencke, J. in Hölmich, P. (2011). Increased external hip-rotation strength relates to reduced dynamic knee control in females: paradox or adaptation? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(6), e215–221. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01255.x>
8. Beynon, B. D., Fleming, B. C., Johnson, R. J., Nichols, C. E., Renström, P. A. in Pope, M. H. (1995). Anterior cruciate ligament strain behavior during rehabilitation exercises in vivo. *The American Journal of Sports Medicine*, 23(1), 24–34. <https://doi.org/10.1177/036354659502300105>

9. Boling, M. C., Padua, D. A. in Alexander Creighton, R. (2009). Concentric and eccentric torque of the hip musculature in individuals with and without patellofemoral pain. *Journal of Athletic Training*, 44(1), 7–13. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.1.7>
10. Bragazzi, N. L., Rouissi, M., Hermassi, S. in Chamari, K. (2020). Resistance Training and Handball Players' Isokinetic, Isometric and Maximal Strength, Muscle Power and Throwing Ball Velocity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2663. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082663>
11. Carvalhais, V. O. do C., Ocarino, J. de M., Araújo, V. L., Souza, T. R., Silva, P. L. P. in Fonseca, S. T. (2013). Myofascial force transmission between the latissimus dorsi and gluteus maximus muscles: an in vivo experiment. *Journal of Biomechanics*, 46(5), 1003–1007. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2012.11.044>
12. Cashman, G. E. (2012). The effect of weak hip abductors or external rotators on knee valgus kinematics in healthy subjects: a systematic review. *Journal of Sport Rehabilitation*, 21(3), 273–284. <https://doi.org/10.1123/jsr.21.3.273>
13. Chia, L., de Oliveira Silva, D., McKay, M. J., Sullivan, J., Micolis de Azevedo, F. in Pappas, E. (2020). Limited Support for Trunk and Hip Deficits as Risk Factors for Athletic Knee Injuries: A Systematic Review With Meta-analysis and Best-Evidence Synthesis. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 50(9), 476–489. <https://doi.org/10.2519/jospt.2020.9705>
14. Chimera, N. J. in Warren, M. (2016). Use of clinical movement screening tests to predict injury in sport. *World Journal of Orthopedics*, 7(4), 202–217. <https://doi.org/10.5312/wjo.v7i4.202>
15. Claiborne, T. L., Armstrong, C. W., Gandhi, V. in Pincivero, D. M. (2006). Relationship between hip and knee strength and knee valgus during a single leg squat. *Journal of Applied Biomechanics*, 22(1), 41–50. <https://doi.org/10.1123/jab.22.1.41>
16. Crowell, K. R., Nokes, R. D. in Cosby, N. L. (2021). Weak Hip Strength Increases Dynamic Knee Valgus in Single-Leg Tasks of Collegiate Female Athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 38(8), 1220–1223. <https://doi.org/10.1123/jsr.2021-0043>
17. Dierks, T. A., Manal, K. T., Hamill, J. in Davis, I. S. (2008). Proximal and distal influences on hip and knee kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 38(8), 448–456. <https://doi.org/10.2519/jospt.2008.2490>
18. Dix, J., Marsh, S., Dingenen, B. in Malliaras, P. (2019). The relationship between hip muscle strength and dynamic knee valgus in asymptomatic females: A systematic review. *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 37, 197–209. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.05.015>
19. Ebstrup, J. F. in Bojsen-Møller, F. (2000). Anterior cruciate ligament injury in indoor ball games. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 10(2), 114–116. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2000.010002114.x>
20. Erdman, A., Loewen, A., Dressing, M., Wyatt, C., Oliver, G., Butler, L., Sugimoto, D., Black, A. M., Tulchin-Francis, K., Bazett-Jones, D. M., Janosky, J. in Ulman, S. (2024). A 2D video-based assessment is associated with 3D biomechanical contributors to dynamic knee valgus in the coronal plane. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 1352286. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1352286>
21. Flack, N. A. M. S., Nicholson, H. D. in Woolley, S. J. (2012). A review of the anatomy of the hip abductor muscles, gluteus medius, gluteus minimus, and tensor fascia lata. *Clinical Anatomy (New York, N.Y.)*, 25(6), 697–708. <https://doi.org/10.1002/ca.22004>
22. Heinert, B. L., Kernozek, T. W., Greany, J. F. in Fater, D. C. (2008). Hip abductor weakness and lower extremity kinematics during running. *Journal of Sport Rehabilitation*, 17(3), 243–256. <https://doi.org/10.1123/jsr.17.3.243>
23. Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., van den Bogert, A. J., Paterno, M. V. in Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 492–501. <https://doi.org/10.1177/0363546504269591>
24. Ho, K.-Y., Deaver, B. B., Nelson, T. in Turner, C. (2019). Using a Mobile Application to Assess Knee Valgus in Healthy and Post-Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Participants. *Journal of Sport Rehabilitation*, 28(5), 532–535. <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0278>
25. Hoglund, L. T., Wong, A. L. K. in Rickards, C. (2014). THE IMPACT OF SAGITTAL PLANE HIP POSITION ON ISOMETRIC FORCE OF HIP EXTERNAL ROTATOR AND INTERNAL ROTATOR MUSCLES IN HEALTHY YOUNG ADULTS. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(1), 58–67.
26. Hollman, J. H., Ginos, B. E., Kozuchowski, J., Vaughn, A. S., Krause, D. A. in Youdas, J. W. (2009). Relationships between knee valgus, hip-muscle strength, and hip-muscle recruitment during a single-limb step-down. *Journal of Sport Rehabilitation*, 18(1), 104–117. <https://doi.org/10.1123/jsr.18.1.104>
27. Holt, K. L., Raper, D. P., Boettcher, C. E., Waddington, G. S. in Drew, M. K. (2016). Hand-held dynamometry strength measures for internal and external rotation demonstrate superior reliability, lower minimal detectable change and higher correlation to isokinetic dynamometry than externally-fixed dynamometry of the shoulder. *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 21, 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.07.001>
28. Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 30(1), 1–15. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030010-00001>
29. Hoy, M. G., Zajac, F. E. in Gordon, M. E. (1990). A musculoskeletal model of the human lower extremity: the effect of muscle, tendon, and moment arm on the moment-angle relationship of musculotendon actuators at the hip, knee, and ankle. *Journal of Biomechanics*, 23(2), 157–169. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(90\)90349-8](https://doi.org/10.1016/0021-9290(90)90349-8)
30. Hutchinson, M. R. in Ireland, M. L. (1995). Knee injuries in female athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 19(4), 288–302. <https://doi.org/10.2165/00007256-199519040-00006>
31. Ishida, T., Yamanaka, M., Takeda, N. in Aoki, Y. (2014). Knee rotation associated with dynamic knee valgus and toe direction. *The Knee*, 21(2), 563–566. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2012.12.002>
32. Joseph, A. M., Collins, C. L., Henke, N. M., Yard, E. E., Fields, S. K. in Comstock, R. D. (2013). A Multisport Epidemiologic Comparison of Anterior Cruciate Ligament Injuries in High School Athletics. *Journal of Athletic Training*, 48(6), 810–817. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.6.03>
33. Karcher, C. in Buchheit, M. (2014). On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(6), 797–814. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0164-z>
34. 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.jcm.2016.02.012>
35. Kozinc, Ž., Smajla, D., Trajković, N. in Sarabon, N. (2021). Reliability of EasyForce Dynamometer for Assessment of Maximal Knee and Hip Strength, and Comparison to Rigid Isometric Dynamometers with External Fixation. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 26. <https://doi.org/10.1080/1091367X.2021.2019037>
36. Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B. P., Engebretsen, L., Smith, G., Slaughterbeck, J. R., Hewett, T. E. in Bahr, R. (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(3), 359–367. <https://doi.org/10.1177/0363546506293899>
37. Leetun, D. T., Ireland, M. L., Willson, J. D., Bal-lantyne, B. T. in Davis, I. M. (2004). Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 926–934. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000128145.75199.c3>
38. Liu, S. H., al-Shaikh, R., Panossian, V., Yang, R. S., Nelson, S. D., Soleiman, N., Finerman, G. A. in Lane, J. M. (1996). Primary immunolocalization of estrogen and progesterone target cells in the human anterior cruciate ligament. *Journal of Orthopaedic Research: Official Publication of the Orthopaedic Research Society*, 14(4), 526–533. <https://doi.org/10.1002/jor.1100140405>

39. McCurdy, K., Walker, J., Armstrong, R. in Langford, G. (2014). Relationship between selected measures of strength and hip and knee excursion during unilateral and bilateral landings in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2429–2436. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000583>
40. Mueske, N., Feifer, D. T., VandenBerg, C., Pace, J. L., Katzel, M. J., Zaslowsky, T., Edison, B. in Wren, T. (2019). Effect of static anatomic alignment on dynamic limb valgus during side-step cutting in uninjured adolescent athletes. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 7(3 Suppl), 2325967119S00028. <https://doi.org/10.1177/2325967119S00028>
41. Munkh-Erdene, B., Oyuna, C. in Tserendagva, D. (2014). Relationship Between Hip Muscle Strength and Kinematics of the Knee Joint. *Value in Health: The Journal of the International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research*, 17(7), A774–775. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2014.08.338>
42. Munro, A., Herrington, L. in Carolan, M. (2012). Reliability of 2-dimensional video assessment of frontal-plane dynamic knee valgus during common athletic screening tasks. *Journal of Sport Rehabilitation*, 27(1), 7–11. <https://doi.org/10.1123/jsr.21.1.7>
43. Myklebust, G., Maehlum, S., Holm, I. in Bahr, R. (1998). A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 8(3), 149–153. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1998.tb00185.x>
44. Olsen, O.-E., Myklebust, G., Engebretsen, L. in Bahr, R. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(4), 1002–1012. <https://doi.org/10.1177/0363546503261724>
45. Powers, C. M. (2010). The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 40(2), 42–51. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3337>
46. Prodromos, C. C., Han, Y., Rogowski, J., Joyce, B. in Shi, K. (2007). A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery: Official Publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*, 23(12), 1320–1325.e6. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2007.07.003>
47. Smith, J. A., Popovich, J. M. in Kulig, K. (2014). The influence of hip strength on lower-limb, pelvis, and trunk kinematics and coordination patterns during walking and hopping in healthy women. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 44(7), 525–531. <https://doi.org/10.2519/jospt.2014.5028>
48. Stickler, L., Finley, M. in Gulgin, H. (2015). Relationship between hip and core strength and frontal plane alignment during a single leg squat. *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 16(1), 66–71. <https://doi.org/10.1016/j.pts.2014.05.002>
49. Suzuki, H., Omori, G., Uematsu, D., Nishino, K. in Endo, N. (2015). The influence of hip strength on knee kinematics during a single-legged medial drop landing among competitive collegiate basketball players. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(5), 592–601.
50. Thijs, Y., Van Tiggelen, D., Willems, T., De Clercq, D. in Witvrouw, E. (2007). Relationship between hip strength and frontal plane posture of the knee during a forward lunge. *British Journal of Sports Medicine*, 41(11), 723–727; discussion 727. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.037374>
51. Torzilli, P. A., Deng, X. in Warren, R. F. (1994). The effect of joint-compressive load and quadriceps muscle force on knee motion in the intact and anterior cruciate ligament-sectioned knee. *The American Journal of Sports Medicine*, 22(1), 105–112. <https://doi.org/10.1177/036354659402200117>
52. Trajković, N., Kozinc, Ž., Smajla, D. in Šarabon, N. (2022). Interrater and Intrarater Reliability of the EasyForce Dynamometer for Assessment of Maximal Shoulder, Knee and Hip Strength. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 12(2), 442. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12020442>
53. Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S. in von Duvillard, S. P. (2014). Individual and team performance in team-handball: a review. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(4), 808–816.
54. Willson, J. D. in Davis, I. S. (2008). Lower extremity mechanics of females with and without patellofemoral pain across activities with progressively greater task demands. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 23(2), 203–211. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.08.025>
55. Wilson, J. D., Ireland, M. L. in Davis, I. (2006). Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(5), 945–952. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000218140.05074.4a>
56. Wilson, K. W., Popchak, A., Li, R. T., Kane, G. in Lin, A. (2020). Return to sport testing at 6 months after arthroscopic shoulder stabilization reveals residual strength and functional deficits. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 29(7S), S107–S114. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.04.035>
57. Zeller, B. L., McCrory, J. L., Kibler, W. B. in Uhl, T. L. (2003). Differences in kinematics and electromyographic activity between men and women during the single-legged squat. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(3), 449–456. <https://doi.org/10.1177/03635465030310032101>

Maja Grmek
Mag. kineziologije
97220388@student.upr.si