



Miha Pešič,
Sara Gloria Meh, Daniel Djurić, Žiga Kozinc

Bilateralni deficit pri stisku pesti ter iztegu in upogibu kolena v povezavi z zmogljivostjo mrtvega dviga pri treniranih posameznikih

Izvleček

Pojav, ob katerem je sila, proizvedena ob maksimalni kontrakciji obeh okončin, manjša od vsote sil, proizvedenih s posameznima okončinama, imenujemo bilateralni deficit (BLD). Pojav BLD je mogoče opaziti pri različnih gibalnih vzorcih in tipih mišične kontrakcije. Namen raziskave je bil preveriti morebiten BLD pri maksimalnem stisku pesti in izometričnem iztegu ter upogibu kolena pri rekreativnih in visoko treniranih dvigalcih uteži ter preučiti povezanost BLD pri teh treh nalogah z 1RM mrtvega dviga. V raziskavi je sodelovalo 18 rekreativnih in visoko treniranih preiskovancev, opravili so izometrične meritve jakosti iztegovalk in upogibalk kolena ter test jakosti stiska pesti, nazadnje pa izvedli 1RM pri mrtvem dvigu. Rezultati so pokazali BLD le med iztegom kolena ($p = 0,040$) in trend pri upogibu kolena ($p = 0,068$), medtem ko BLD pri stisku pesti ni bilo ($p = 0,958$). Povezav med BLD in 1RM (tako absolutno kot tudi normalizirano vrednostjo) ni bilo. V prihodnje bi bilo treba podrobneje zastaviti protokol meritev in izbrati bolj homogene skupine s podobno zgodovino treninga, s čimer bi lahko bolje preučili povezanost med BLD in zmogljivostjo mrtvega dviga, rezultati naše raziskave pa lahko služijo kot izhodiščna točka nadaljnjih raziskav.

Ključne besede: bilateralni deficit, bilateralna facilitacija, stisk pesti, mrtvi dvig



Bilateral deficit in hand grip strength and knee extension and flexion in relation to deadlift performance in trained individuals

Abstract

The phenomenon in which the force produced by maximal contraction of both limbs is less than the sum of the forces produced by the individual limbs is called bilateral deficit (BLD) and is observed in different movement patterns and types of muscle contraction. The aim of this study was to examine the presence of BLD during grip test and isometric extension and knee flexion tests, among recreational and highly-trained weightlifters, and to examine the association between BLD and 1RM of the deadlift. The study involved 18 recreational and highly trained subjects who performed maximal strength tests: grip test and isometric knee extension and flexion tasks. The results showed the presence of BLD only during knee extension ($p = 0.040$), and a trend for knee flexion ($p = 0.068$), but not during grip test ($p = 0.958$). There were no associations between BLD and 1RM (both absolute and normalized values). In the future, a more detailed measurement protocol and the selection of more homogeneous group of athletes with similar training process would be necessary to better investigate the relationship between BLD and deadlift performance, but the results of our study can serve as a starting point for further research.

Keywords: bilateral deficit, bilateral facilitation, handgrip strength test, deadlift

■ Uvod

Mišična jakost je ključna komponenta v dolgoročnem razvoju športnika, saj je eden najpomembnejših pogojev za kakovostno izvedbo gibalnih nalog in zmanjšanje tveganja za poškodbe. V številnih športih vadbene vsebine temeljijo na povečanju in vzdrževanju mišične jakosti (Luk, Winter, O'Neill in Thompson, 2014). Jakost je ključnega pomena v ekipnih športih, saj je pozitivno povezana z uspešnostjo izvedbe skokov in doskokov, šprintov ter spremembe smeri. V športih, kot sta troboj moči in olimpijsko dviganje uteži, je pomen jakosti še večji, saj je neposredno povezana s tekmovalnim dosežkom (Latella, Teo, Spathis in van den Hoek, 2020; Pearson, Spathis, van den Hoek, Owen, Weakley in Latella, 2020). Raziskave o zakonitostih izražanja jakosti so tako ključne za številne športnike.

Pojav, ob katerem je sila, proizvedena ob maksimalni kontrakciji obeh okončin, manjša od vsote sil, proizvedenih s posameznima okončinama, imenujemo bilateralni deficit (BLD) (Henry in Smith, 1961; Škarabot, Cronin, Strojnik in Avela 2016; Turnes, Silva, Konsin in Detanico, 2019; Aune, Roaas, Lorås, Nynes in Aune, 2023). Zaznati ga je pri različnih gibalnih vzorcih in tipih mišične kontrakcije. Mehanizmi BLD so zaradi svoje kompleksnosti v veliki meri še vedno neznani. Bolj konsistentno je opazen pri dinamičnih gibanjih v primerjavi z izometričnimi, in sicer je večji v spodnjih okončinah kot v zgornjih. Študije sicer poročajo o precej različnih vrednostih; za iztegovalke kolena je razpon vrednosti v literaturi denimo od $-11,7 \pm 9,7\%$ (Škarabot, Cronin, Strojnik in Avela, 2016). Rezultati raziskav tudi nakazujejo, da se poveča s hitrostjo kontrakcije (Bobbert, de Graaf, Jonk in Casius, 2006; Škarabot idr., 2016), še posebej je opazen pri balističnih ali eksplozivnih gibalnih akcijah. BLD je bil v nekaterih študijah povezan s športno zmogljivostjo; Bračić in sodelavci (2010) so na primer opazili povezavo med BLD in zmogljivostjo pri šprinterjih, pri katerih so opazili manjšo proizvodnjo skupnega impulza sile na štartne bloke in manjše hitrosti iz bloka pri šprinterjih z višjim BLD med skokom z nasprotnim gibanjem. Novejša raziskava (Aune idr., 2023) je celo pokazala, da naj bi bil BLD bolj značilen za proksimalne mišične skupine v primerjavi z distalnimi, saj je bila pri izvedbi enonožnega iztega kolena maksimalna hotena kontrakcija večja kot ob izvedbi iste vaje z obema okončinama, medtem ko pri upogibu gležnja teh razlik ni bilo opaziti.

Povezava med BLD pri testu stiska pesti in športno uspešnostjo je slabše raziskano področje. Do zdaj je bila izvedena samo ena raziskava na judoistih med sedečim in stoječim položajem (Turnes idr., 2022). Rezultati niso pokazali povezave med BLD in gibalnimi akcijami, specifičnimi za judo, so pa ob stisku pesti BLD zaznali le med stoječim položajem, kar nakazuje, da je BLD verjetno povezan z zahtevo po vzdrževanju stabilnosti (Škarabot idr., 2016; Turnes, Silva, Kons in Detanico, 2022). To sta v predhodni študiji podprla tudi Magnus in Farthing (2008), ki sta primerjala velikost BLD med izvajanjem potiska z nogami (angl. leg press) in stiska pesti ter vaje z večjo in manjšo posturalno stabilnostjo. Večji BLD sta opazila pri potisku z nogami, ne pa tudi ob stisku pesti. V drugi študiji je BLD pri stisku pesti bil opažen, a le pri posameznikih z dominantno levo roko, pri čemer je bila med bilateralno kontrakcijo sila zmanjšana le na močnejši strani (Cornwell, Khodiguan in Yoo, 2012). Večji BLD je mogoče opaziti tudi pri starajoči se populaciji, saj so Kim, Hwang in Kang (2021) poročali o manjši maksimalni jakosti stiska pesti dominantne in nedominantne roke ter ob bilateralnem stisku pri ženskah v pozni menopavzi v primerjavi z mlajšimi ženskami. Ob tem so zaključili, da lahko ocena maksimalnega stiska pesti oceni BLD in tveganje za srčno-žilne bolezni pri ženskah v pozni menopavzi. Iz omenjenih raziskav lahko sklepamo, da je v izometričnih kontrakcijah BLD običajno zaznati, medtem ko se pojavljajo mešani rezultati konkretno pri testu jakosti stiska pesti.

Upoštovati bi bilo treba tudi stopnjo treniranosti posameznika, saj rezultati nekaterih raziskav (Howard in Enoka, 1991; Turnes idr., 2022) nakazujejo, da ima stopnja treniranosti lahko učinek na pojav BLD. Howard in Enoka (1991) sta v svoji raziskavi pri netreniranih posameznikih med izvedbo maksimalnih izometričnih gibov pokazala prisotnost BLD, medtem ko je bila pri treniranih dvigalcih uteži opažena bilateralna facilitacija – ta se pojavi, ko je sila, proizvedena z obema okončinama hkrati, večja od vsote sil, proizvedenih z vsako okončino posebej (Howard in Enoka, 1991). Vendar pa to ne velja pri vseh športih. Mroz (2013) je pri igralcih bejzbola in golfa poročal, da ni bilo razlik v BLD med začetniki in treniranimi ob izvajanju gibalnih nalog, kot so upogib komolca, priteg k prsim, potisk s prsi, potisk z nogami in upogib kolena. Je pa bila pri nekaterih nalogah pri netreniranih posameznikih v primerjavi s treniranimi

nenpričakovano opazna večja bilateralna facilitacija, še posebej pri potisku z nogami (Mroz, 2013). Ker je bil v raziskavah do zdaj prepoznan potencialen vpliv treniranosti in ker je BLD morda odvisen od zahtev po stabilnosti in posledično različen pri različnih nalogah, smo s to raziskavo želeli preveriti prisotnost BLD pri dveh različnih nalogah, in sicer pri maksimalnem stisku pesti ter pri izometričnem iztegu in upogibu kolena pri rekreativnih in visoko treniranih posameznikih. Namen naše raziskave je bil torej preučiti, ali se bilateralni deficit pojavi pri rekreativnih in visoko treniranih dvigalcih uteži ter ali je BLD pri teh dveh nalogah povezan z dvignjenim največjim bremenom (1RM) pri mrtvem dvigu.

■ Metode

Preiskovanci

V raziskavi je sodelovalo 18 preiskovancev (12 moških in 6 žensk; starost: $25,3 \pm 6,1$ leta, razpon = 19–46 let; telesna masa: $74 \pm 16,9$ kg, razpon = 62–98,6 kg; odstotek telesne maščobe $19,4 \pm 3,21\%$, razpon = 11,5–29,9 %; mišična masa: $65,5 \pm 0,71$ kg, razpon = 42,6–69,7 kg). Udeleženci so poročali o rednem izvajanju vadbe proti uporabi (trenažni status: $4,1 \pm 2,8$ leta), v svoj trenažni proces so vključevali mrtvi dvig vsaj enkrat na teden, kar je bil tudi pogoj za vključitev v raziskavo. Izključitveni kriteriji so bile hujše poškodbe ali bolezen v zadnjih šestih mesecih pred izvedbo raziskave ali bolečine, ki bi lahko vplivale na izvedbo meritev. Po predstavitvi morebitnih tveganj, koristi in poteka raziskave so preiskovanci izpolnili informirano privolitev v sodelovanje pri raziskavi, ki je v skladu s Helsinško deklaracijo. Preiskovancem je bila predstavljena tudi možnost odstopa od raziskave med procesom brez posledic. Raziskavo je potrdila Komisija Republike Slovenije za medicinsko etiko (št. 0120-690/2017/8) in je v skladu z zahtevami raziskovalne etike.

Potek študije

Raziskava je prečno-presečna, za vse preiskovance je bil potreben le en obisk. Preiskovancem smo naročili, naj na meritve pridejo spočiti, naj zaužijejo primeren energijski obrok in poskrbijo za hidracijo. Sočasno sta meritve opravljala dva preiskovanca. Preiskovancu smo najprej opisali potek raziskav, tveganja in koristi. Izpolnil je list z osebnimi podatki ter kratek vprašalnik o zgodovini poškodb in značilnostih trenažnega procesa, na koncu pa še informirano

privolitev k sodelovanju v raziskavi. Zatem je sledilo ogrevanje, in sicer 5 min stopanja na višjo podlago, dinamične raztezne vaje celotnega telesa po 10 ponovitvah (kroženja – glave, ramen, rok, bokov, kolen, gležnjev) in 5 krepilnih vaj (10 počepov z dvigom na prste s 4- ali 6-kilogramsko utežjo, 10 enonožnih mrtvih dvigov s 4- ali 6-kilogramsko utežjo, 10 upogibov komolca v supiniranem in proniranem položaju podlakti s 4- ali 6-kilogramsko utežjo v vsaki roki ter 10 enonožnih dvigov mostu). Preiskovanci so nato opravili meritve jakosti stiska pesti, meritve jakosti iztegovalk in upogibalk kolena ter oceno 1RM pri vaji mrtvi dvig.

Merilni postopki

Prvi sklop meritev je bil opravljen z ročnim dinamometrom za vrednotenje maksimalne jakosti mišic podlakti. Merjenec je opravil po dve poskusni meritvi in dve največji hoteni kontrakciji stiska pesti v vsakem pogoj. Merjenci so meritev opravili dvakrat posamično na vsaki roki in dvakrat z obema rokama hkrati. Med ponovitvami so imeli vsaj 30 sekund odmora. Zabeležili smo največje sile, ki jih je preiskovanec dosegel v unilateralnih in bilateralnih poskusih. Preiskovanec je držal dinamometer oziroma dinamometra tako, da je imitiral položaj mrtvega dviga, z rahlim upogibom rame in komolcem v iztegnjenem položaju (Slika 1). Merjenec je stisnil in zadržal dinamometer z največjo možno silo vsaj pet sekund. Preiskovance smo med testiranjem glasno verbalno spodbujali.



Slika 1. Merjenje jakosti stiska pesti z dinamometrom

Drugi sklop meritev je bil opravljen na izometričnem dinamometru (S2P, Science to

Practice) z vgrajenimi senzorji sil (model 1-Z6FC3/200 kg) z namenom vrednotenja največje izometrične jakosti upogiba in iztega kolena (Slika 2). Meritve smo opravili kvazirandomizirano in uravnoteženo, kar pomeni, da smo v nekaterih primerih začeli z upogibom, nato z iztegom ter prav tako v nekaterih primerih z bilateralnim iztegom oziroma upogibom in nato z unilateralnimi iztegi oziroma upogibi in obrnjen. Dinamometer je bil pred testom kalibriran po navodilih proizvajalca. Preiskovanec se je usedel na stol dinamometra, pri tem je bil celoten hrbet v stiku z naslonjalom. Nastavitve stola so bile prilagojene tako, da je bilo prostora med sedežem in nogo toliko, da ni oviral izvedbe posamezne naloge in da je bila os kolenskega sklepa poravnana z osjo dinamometra. Prav tako je bila delovna noga preiskovanca v nevtralnem položaju, brez zunanje in notranje rotacije v kolčnem sklepu. Ročica dinamometra je bila prilagojena dolžini noge preiskovanca, vpetje je bilo tako nad lateralnim maleolom (5 cm proksimalno) in močno zatesnjeno. Za boljše stabilnost med testom je bilo preiskovancu naročeno, naj uporablja ročici na robu sedeža za oprijem. Za vsako nalogo je merjenec opravil 3 poskusne ponovitve s 50, 75 in 90 % ocenjene največje zmogljivosti, tem so sledile 3 ponovitve največje hotene kontrakcije, med katerimi so bili enominutni odmori. Tudi pri tej nalogi so imeli preiskovanci pri vsaki ponovitvi glasno verbalno spodbudo.



Slika 2. Položaj preiskovanca med merjenjem jakosti upogiba in iztega kolena

Za merjenje maksimalne jakosti pri mrtvem dvigu so merjenci izvedli 1RM za to vajo. Ogrevanje so začeli s prazno palico

ter postopno dvigovali breme po lastnem občutku. Po nekaj ogrevalnih serijah so izvajali le po eno ponovitev pri nadaljnjih bremenih, da bi se izognili vplivom utrujenosti. Ogrevanje, dodajanje bremena in odmor so si preiskovanci lahko določili sami, pri izvedbi pa so bili glasno verbalno spodbujani. Za testiranje 1RM so imeli na voljo 3 ponovitve. V analize smo vzeli tako absolutni 1RM (v kg) in 1RM, normaliziran na telesno maso (kg/kg). Pri vseh nalogah smo BLD izračunali po uveljavljeni formuli (Škarabot idr., 2016):

Statistična analiza

Statistična analiza je bila opravljena v programu IBM SPSS Statistics 25 (IBM, New York, USA). Za vse parametre smo izračunali opisno statistiko (povprečne vrednosti, standardni odklon, minimum in maksimum). Normalnost porazdelitve podatkov smo preverili s Shapiro-Wilkovim testom in histogramom. Prisotnost BLD smo preverili z enosmernim t-testom z referenčno vrednostjo 0. Za ugotavljanje povezanosti spremenljivk smo 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). Pri ordinalnih spremenljivkah ali nenormalno porazdeljenih spremenljivkah smo uporabili Spearmanov korelacijski koeficient (ρ). Statistična značilnost je bila sprejeta pri stopnji zaupanja $\alpha < 0,05$.

Rezultati

Preiskovanci so poročali, da se z dviganjem uteži ukvarjajo povprečno $4,1 \pm 2,8$ leta (razpon = 1–10). Povprečen 1RM pri vaji mrtvi dvig je znašal $156,6 \pm 45,2$ kg (razpon = 95–225 kg) oziroma $2,0 \pm 0,41$ kg/kg telesne mase (razpon = 1,3–2,7 kg/kg telesne mase). Opisna statistika za vse spremenljivke sile in navora v obeh testnih nalogah ter vrednosti BLD so v Tabeli 1.

Enosmerni t-test je pokazal statistično značilen BLD pri nalogi iztega kolena ($-5,13 \pm 9,78$ %; $p = 0,040$) ob sicer precejšnjem razponu (od $-15,84$ do $18,12$ %). Podobno se je kazalo glede BLD pri upogibu kolena, vendar BLD ni dosegel statistične značilnosti ($-5,32 \pm 11,60$; $p = 0,068$), razpon vrednosti pa je bil še večji (od $-41,89$ do $14,73$). Nedoseganje statistične značilnosti gre najbrž pripisati izrazitejši variabilnosti med osebami. Pri testu stiska pesti ni bilo statistično

Tabela 1
Opisna statistika

Spremenljivka	Povprečje	SO	Min	Max
EXT – leva (bilateralno) (Nm)	289,4	89,7	130,0	467,0
EXT – leva (unilateralno) (Nm)	314,8	116,7	125,0	509,0
EXT – desna (bilateralno) (Nm)	289,7	92,5	112,0	445,0
EXT – desna (unilateralno) (Nm)	302,8	97,9	116,0	459,0
FLEX – leva (bilateralno) (Nm)	143,2	40,2	61,2	209,0
FLEX – leva (unilateralno) (Nm)	164,6	62,3	75,3	332,0
FLEX – desna (bilateralno) (Nm)	154,3	46,4	59,3	223,0
FLEX – desna (unilateralno) (Nm)	155,8	50,7	47,7	223,0
Stisk pesti – leva (bilateralno) (kg)	52,8	14,0	31,0	78,0
Stisk pesti – leva (unilateralno) (kg)	53,3	14,3	30,0	78,0
Stisk pesti – desna (bilateralno) (kg)	53,7	15,8	30,0	88,0
Stisk pesti – desna (unilateralno) (kg)	53,2	15,3	28,0	82,0
EXT – bilateralni deficit (%)	-5,13	9,78	-15,84	18,12
FLEX – bilateralni deficit (%)	-5,32	11,60	-41,89	14,73
Stisk pesti – bilateralni deficit (%)	0,06	4,56	-9,23	9,92

Opomba. EXT = izteg kolena; FLEX = upogib kolena; SO = standardni odklon.

značilnega BLD ($0,06 \pm 4,56$; $p = 0,958$), pri čemer so bile vrednosti enakomerno porazdeljene okoli vrednosti 0 (razpon od -9,23 do 9,92). Rezultati so podrobneje prikazani tudi na Sliki 3.

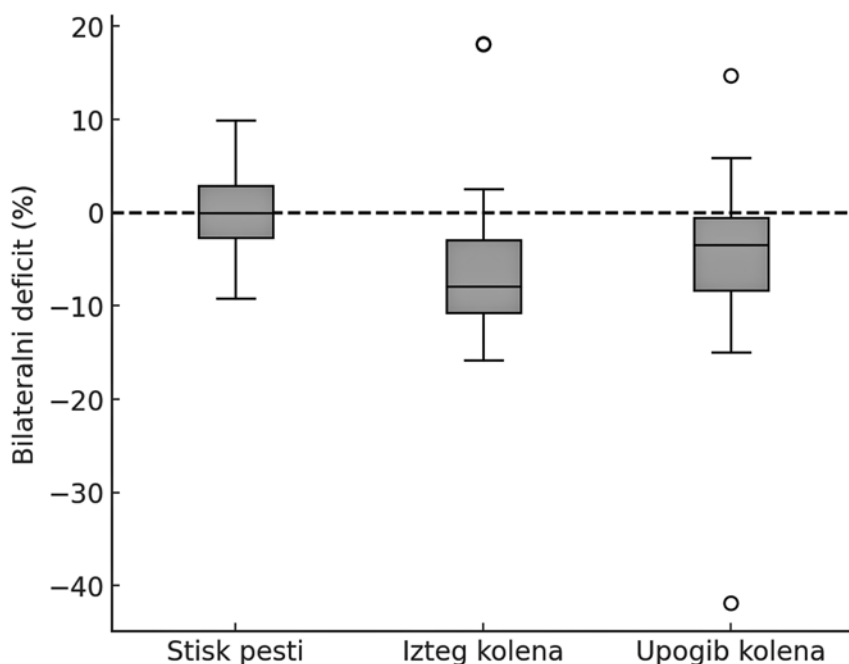
Povezave med BLD pri različnih nalogah niso bile statistično značilne (vsi $r < 0,39$; vsi $p > 0,222$). Prav tako nismo zaznali povezav med BLD in 1RM pri mrtvem dvigu (vsi $r < 0,27$; vsi $p > 0,068$) ter ravno tako ne povezav med BLD in treniranostjo v letih (vsi $p < 0,36$; vsi $p > 0,148$). BLD pri iztegu kolena je bil v zmerni korelaciji s telesno maso preiskovancev ($r = 0,66$; $p = 0,003$). Smer korelacije nakazuje, da so imeli preiskovanci z večjo telesno maso nižji BLD ali celo bilateralno facilitacijo. Statistično značilnih povezav nismo ugotovili niti takrat, ko smo korelacijske analize opravili ločeno po spolu.

Razprava

Namen raziskave je bil preveriti prisotnost BLD pri maksimalnem stisku pesti ter izometričnem iztegu in upogibu kolena pri rekreativnih in visoko treniranih dvigalcih uteži ter povezanost BLD pri teh dveh nalogah z 1RM mrtvega dviga. Ugotovili smo, da je BLD prisoten pri nalogi iztega kolena, vendar to ne velja za nalogo upogiba kolena in stiska pesti. Prav tako nismo ugotovili povezanosti med BLD in 1RM pri mrtvem dvigu.

Prva ugotovitev, da je bil BLD prisoten pri nalogi iztega kolena, je bila pričakovana, saj so tudi predhodne raziskave (Škarabot idr., 2016; Aune idr., 2023) potrdile pojav BLD ob iztegu kolena ter ob izvajanju izometričnega hkratnega iztega kolka in kolena (MacDonald, Losier, Chester in Kuruganti, 2014; Donath, Siebert, Faude in Puta, 2014; Beurskens, Gollhofer, Muehlbauer, Cardinale

in Granacher, 2015). Verjetno je prisotnost BLD odvisna od zahtev gibalne naloge po stabilnosti trupa in sklepov (Škarabot idr., 2016; Turnes idr., 2022). Turnes idr. (2022) so na judoistih pokazali, da je bilo BLD ob stisku pesti zaznati samo med stoječim položajem, kar nakazuje na povezanost BLD z zahtevo po vzdrževanju stabilnosti. Rezultati raziskave Magnusa in Farthinga (2008) so v skladu z našimi ugotovitvami pokazali BLD ob izvajanju potiska z nogami, medtem ko tega ni bilo opaziti pri nalogi stiska pesti. Ob gibanju kolčnega in kolenskega sklepa je poleg zahtev po posturalni stabilnosti za zagotovitev stabilnosti sklepa v primerjavi z gibanjem zapestnega sklepa zahtevana tudi večja koaktivacija sinergistov in antagonistov. Ne moremo izključiti, da so se razlike v velikosti BLD v njihovi raziskavi pojavile tudi zato, ker je stisk pesti statična gibalna naloga, potisk z nogami pa dinamična (Magnus in Farthing, 2008). Čeprav se stisk pesti morda zdi primerna gibalna naloga za oceno BLD, na rezultate testa stiska pesti (in tudi na prisotnost BLD) vplivajo telesna drža in koti v sklepih (Turnes idr., 2022). Med sedečim položajem se z upognjenim komolčnim sklepom minimalizira pojav kompenzacij giba, med stoječim položajem pa so hkrati potrebne še posturalne prilagoditve s sinergističnim delovanjem mišic trupa in ramen. Iztegnjen komolčni sklep rezultira v nekoliko večji dolžini tistih flektornih mišic podlahti,



Slika 3. Vrednosti BLD pri posameznih nalogah, s prikazom individualnih vrednosti

ki se pripenjajo proksimalno od sklepa (npr. povrhnja upogibalka prstov [m. flexor digitorum superficialis]), kar privede do večje sposobnosti za generiranje sile pri stisku pesti glede na odnos med dolžino in silo (Turnes idr., 2022). Višje vrednosti sile pri testu stiska pesti pri iztegnjenem komolcu v primerjavi z upognjenim potrjuje tudi starejša raziskava (Su, Lin, Chien, Cheng in Sung, 1994).

Starejša raziskava je na dvigalcih uteži nakazala prisotnost bilateralne facilitacije (Howard in Enoka, 1991), zato smo predvidevali, da bi se s treniranostjo posameznikov lahko BLD zmanjševal. Vendar v naši raziskavi povezave med BLD in 1RM pri mrtvem dvigu (tako absolutne kot normalizirane vrednosti) nismo zaznali. V nekaterih športih ugotovitve kažejo tudi v nasprotno smer – Turnes idr. (2022) so pri judoistih ugotovili, da se s treniranostjo posameznika (najmanj 10 let izkušenj) BLD vse bolj izrazi. Vzrok za to bi lahko bil večinoma unilateralni način treninga; tudi v omenjeni raziskavi so avtorji omenili, da v večini primerov judoisti izvajajo gibe z dominantnejšo stranjo telesa. Obenem raziskava Cornwella in sodelavcev (2012) kaže, da je BLD povezan z dominantnostjo okončine. Domnevamo lahko, da so nekateri preiskovanci v naši raziskavi v trening vključevali tudi unilateralne vaje, kar je lahko pomembno vplivalo na izraženost BLD in s tem na izračunane korelacije. V nadaljevanju bi bilo smiselno preveriti povezave med BLD in uspešnostjo v športih moči, pri čemer je ključno, da se natančneje določi trenajna zgodovina in v raziskave vključi bolj homogena skupina posameznikov.

Širše gledano literatura kaže, da je BLD povezan z uspešnostjo le v nekaterih športih oziroma gibalnih nalogah (Železnik, Slak, Kozinc in Šarabon, 2022). Manjši BLD je učinkovit za posameznike, ki v svojem športu izvajajo več bilateralnih akcij, medtem ko je v večini skupinskih športov za boljšo telesno zmogljivost potrebna unilateralna izvedba gibalnih akcij. Železnik idr. (2022) so s pregledom literature ugotovili, da je v tem primeru povečanje BLD z unilateralnimi vajami pri treningu proti uporabi lahko celo koristno in nakazuje boljše športno pripravljenost, je pa obenem treba omeniti, da imajo na BLD vpliv tudi živčno-mišični dejavniki, kot so inhibicija mišične aktivacije, koaktivacija antagonistov in vzdraženost (angl. spinal excitability). Omenjeni dejavniki imajo lahko pomembno vlogo v povezavi med BLD in unilateralno izvedbo gibanja,

hkrati pa so lahko živčno-mišični dejavniki pomembni, kadar želimo zmanjšati BLD ali celo pripeljati osebo do bilateralne facilitacije (Škarabot idr. 2016; Janzen, Chilibeck in Davison, 2006).

Omeniti je treba nekaj omejitev raziskave. Imeli smo majhen vzorec ljudi, prav tako so bili preiskovanci neenakomerno porazdeljeni po spolu (večje število moških udeležencev), zato je rezultate težje posplošiti na širšo populacijo. Prav tako je treba omeniti, da niso bili vključeni preiskovanci, ki se profesionalno ukvarjajo z jakostnim športom, kot sta olimpijsko dviganje uteži ali troboj moči. Kot omejitev raziskave bi lahko navedli tudi, da preiskovanci predhodno niso bili seznanjeni z gibalnimi nalogami. Na podlagi izsledkov raziskav (Secher, Rube in Elers, 1988; Škarabot idr., 2016) ima lahko seznanjenost z nalogo učinek na BLD in bi lahko v tem primeru celo povzročila bilateralno facilitacijo (Howard in Enoka, 1991; Secher, 1975). V prihodnje bi bilo treba izvesti več raziskav, ki bi bolj celostno preučile povezanost BLD in mrtvega dviga. Prav tako bi bilo v pregled smiselno vključiti tudi druge sklepe, saj je ob izvedbi mrtvega dviga v gib vključenih več sklepov in mišic (Martin-Fuentes idr., 2020). Predhodne raziskave so pokazale, da lahko večji BLD na zmogljivost vpliva negativno ali pozitivno, odvisno od narave športa (Železnik idr., 2022). Zato je ključno, da v nadaljevanju preučimo morebitno povezanost BLD in športne zmogljivosti v posameznih športih.

Zaključek

Bilateralni deficit je pojav, ob katerem je sila, proizvedena ob maksimalni kontrakciji obeh okončin, manjša od vsote sil, proizvedenih s posameznima okončinama. Če poznamo BLD posameznega športnika, lahko trenajni proces usmerimo v zmanjšanje ali povečanje BLD. Rezultati naše raziskave so pokazali, da je BLD prisoten pri nalogi iz tega kolena, vendar to ne velja za preostali dve nalogi. Ker pri drugih nalogah nismo opazili BLD, lahko sklepamo, da je BLD odvisen od kompleksnosti naloge in zahtev po stabilizaciji gibalne naloge. Dodatno smo ugotovili, da ni bilo povezanosti med BLD pri nobenem testu in 1RM pri mrtvem dvigu. Vzrok je morda to, da so nekateri preiskovanci v naši raziskavi v trening vključevali unilateralne vaje, kar lahko občutno vpliva na izraženost BLD in s tem na izračunane korelacije, zato je v prihodnje treba v raziskavo vključiti bolj homogeno skupino

posameznikov s podobnimi trenajnimi procesi. Naj omenimo še, da je BLD zelo občutljiva mera, zato je natančna izvedba meritev ključna za odkrivanje povezav.

Literatura

1. Androulakis-Korakakis, P., Fisher, J., Kolokotronis, P., Gentil, P. in Steele, J. (2018). Reduced Volume 'Daily Max' Training Compared to Higher Volume Periodized Training in Powerlifters Preparing for Competition—A Pilot Study. *Sports*, 6(3), 86. <https://doi.org/10.3390/sports6030086>
2. Aune, M. A., Roaas, T. V., Lorås, H. W., Nynes, A. in Aune, T. K. (2023). Bilateral Force Deficit in Proximal Effectors Versus Distal Effectors in Lower Extremities. *Research quarterly for exercise and sport*, 1–9. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/02701367.2023.2166893>
3. Beurskens, R., Gollhofer, A., Muehlbauer, T., Cardinale, M. in Granacher, U. (2015). Effects of heavy-resistance strength and balance training on unilateral and bilateral leg strength performance in old adults. *PLoS one*, 10(2), e0118535. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118535>
4. Bobbert, M. F., de Graaf, W. W., Jonk, J. N. in Casius, L. J. (2006). Explanation of the bilateral deficit in human vertical squat jumping. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 100(2), 493–499. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00637.2005>
5. Bračić, M., Supej, M., Peharec, S., Bačić, P. in Čoh, M. (2010). An investigation of the influence of bilateral deficit on the counter-movement jump performance in elite sprinters. *AN INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF BILATERAL ... Kinesiology*, 42, 73–81.
6. Cornwell, A., Khodiguian, N. in Yoo, E. J. (2012). Relevance of hand dominance to the bilateral deficit phenomenon. *European journal of applied physiology*, 112(12), 4163–4172. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2403-z>
7. Donath, L., Siebert, T., Faude, O. in Puta, C. (2014). Correct, fake and absent pre-information does not affect the occurrence and magnitude of the bilateral force deficit. *Journal of sports science & medicine*, 13(2), 439–443.
8. Ferland, P.-M. in Comtois, A. S. (2019). Classic Powerlifting Performance: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(1), S194–S201. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003099>
9. Henry, F. M. in Smith, L. E. (1961). Simultaneous vs. Separate Bilateral Muscular Contractions in Relation to Neural Overflow Theory and Neuromotor Specificity. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 32(1), 42–46. <https://doi.org/10.1080/10671188.1961.10762069>

10. Howard, J. D. in Enoka, R. M. (1991). Maximum bilateral contractions are modified by neurally mediated interlimb effects. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 70(1), 306–316. <https://doi.org/10.1152/jappl.1991.70.1.306>
11. Kim, J.-S., Hwang, M.-H. in Kang, N. (2021). Bilateral Deficits during Maximal Grip Force Production in Late Postmenopausal Women. *Applied Sciences*, 11(18), 8426. <https://doi.org/10.3390/app11188426>
12. Latella, C., Teo, W.-P., Spathis, J. in van den Hoek, D. (2020). Long-Term Strength Adaptation: A 15-Year Analysis of Powerlifting Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(9), 2412–2418. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003657>
13. Luk, H.-Y., Winter, C., O'Neill, E. in Thompson, B. A. (2014). Comparison of Muscle Strength Imbalance in Powerlifters and Jumpers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 23–27. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318295d311>
14. MacDonald, M., Losier, D., Chester, V. L. in Kuruganti, U. (2014). Comparison of bilateral and unilateral contractions between swimmers and nonathletes during leg press and hand grip exercises. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 39(11), 1245–1249. <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0040>
15. Magnus, C. R. A. in Farthing, J. P. (2008). Greater bilateral deficit in leg press than in handgrip exercise might be linked to differences in postural stability requirements. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(6), 1132–1139. <https://doi.org/10.1139/H08-101>
16. Martín-Fuentes, I., Oliva-Lozano, J. M. in Muyor, J. M. (2020). Electromyographic activity in deadlift exercise and its variants. A systematic review. *PLOS ONE*, 15(2), e0229507. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229507>
17. Mroz, T. J. (2013). Prevalence of bilateral deficit in trained men. (Order No. 1543427, Southeastern Louisiana University). ProQuest Dissertations and Theses, 85. Pridobljeno z <https://www.proquest.com/dissertations-theses/prevalence-bilateral-deficit-trained-men/docview/1447009381/se-2>
18. Pearson, J., Spathis, J. G., van den Hoek, D. J., Owen, P. J., Weakley, J. in Latella, C. (2020b). Effect of Competition Frequency on Strength Performance of Powerlifting Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(5), 1213–1219. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003563>
19. Secher, N. H. (1975). Isometric rowing strength of experienced and inexperienced oarsmen. *Medicine and science in sports*, 7(4), 280–283
20. Secher, N. H., Rube, N. in Elers, J. (1988). Strength of two- and one-leg extension in man. *Acta physiologica Scandinavica*, 134(3), 333–339. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1988.tb08500.x>
21. Su, C. Y., Lin, J. H., Chien, T. H., Cheng, K. F. in Sung, Y. T. (1994). Grip strength in different positions of elbow and shoulder. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 75(7), 812–815.
22. Škarabot, J., Cronin, N., Strojnik, V. in Avela, J. (2016). Bilateral deficit in maximal force production. *European Journal of Applied Physiology*, 116(11–12), 2057–2084. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3458-z>
23. Turnes, T., Silva, B. A., Kons, R. L. in Detanico, D. (2022). Is Bilateral Deficit in Handgrip Strength Associated With Performance in Specific Judo Tasks? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(2), 455–460. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003441>
24. Železnik, P., Slak, V., Kozinc, Ž. in Šarabon, N. (2022). The Association between Bilateral Deficit and Athletic Performance: A Brief Review. *Sports (Basel, Switzerland)*, 10(8), 112. <https://doi.org/10.3390/sports10080112>

Doc. dr. Žiga Kozinc
Univerza na Primorskem
Fakulteta za vede o zdravju
Inštitut Andrej Marušič
ziga.kozinc@fvz.upr.si