



Armin Paravlič^{1,2},
Kristina Drole¹

Opazovanje dejanja kot kognitivno sredstvo za rehabilitacijo po mišično-skeletnih poškodbah

Izvleček

Operativni zdravljenji, kot sta totalna kolenska artroplastika in rekonstrukcija sprednjega križnega ligamenta, imata za posledico izraženo šibkost mišic iztegovalk kolena, ki lahko vztraja tudi nekaj let po operativnem posegu. Kljub splošnemu tehnološkemu napredku, manj invazivnim kirurškim posegom in obsežni pooperativni rehabilitaciji se več kot polovica pacientov ne vrne na raven športnega udejstvovanja pred posegom. Trenutna rehabilitacijska praksa po večjih operativnih posegih kolena obsega precej tradicionalen pristop k vadbi, ki mehansko obremenjuje mišično-skeletni sistem. Takšni vadbeni programi vključujejo vaje za povečanje obsega giba, ponovno učenje vzorca hoje, obremenjevanje in prenašanje teže, trening nevromišične funkcije ter vaje za moč in vzdržljivost, pri čemer se te izvajajo tako hoteno kot z uporabo električne stimulacije. Kljub temu se zdi, da takšni programi niso zadostni pri odpravljanju funkcionalnih omejitev po omenjenih operativnih posegih. Zato je treba raziskati nova terapevtska orodja, ki ciljajo na centralni živčni sistem oz. višje centre motorične kontrole, in jih vključiti v rehabilitacijsko prakso. Za izboljšanje telesne funkcije, ko želenega gibanja ni mogoče izvesti v celoti (npr. zaradi bolečine, oslabiljene motorične kontrole in/ali imobilizacije sklepov), je bilo razvitih več tehnik za povečanje telesne in mentalne aktivacije brez izvajanja očitnega gibanja. Med priljubljenimi kognitivnimi tehnikami za izboljšanje telesne zmogljivosti sta gibalna predstava in opazovanje dejanj. Ta pregled obravnava različne kognitivne strategije, ki jih je mogoče učinkovito vključiti v rehabilitacijsko prakso ortopedskih bolnikov.

Ključne besede: totalna kolenska artroplastika, ACL, mišična moč, opazovanje dejanj, zrcalna vizualna povratna informacija, kognitivna vadba



Action observation as a cognitive tool for rehabilitation of musculoskeletal injuries

Abstract

Operative procedures, such as total knee arthroplasty and anterior cruciate ligament reconstruction surgery often lead to knee extensor muscle weakness, which can persist even years after the surgery. Despite the general technological development, less invasive surgical procedures and extensive postoperative rehabilitation, more than half of the patients do not return to preinjury levels of sports participation. Current rehabilitation practice after major knee operative procedures involves traditional approach to exercise, which mechanically stresses the musculoskeletal system. Such programmes include exercises for improving range of motion, gait re-education, weight-bearing exercise, training of the neuromuscular function and proprioception, as well as strength and endurance exercises, both performed voluntarily and by using electrical stimulation devices. Nevertheless, it seems that such programs are not sufficient in eliminating functional limitations after aforementioned surgical procedures. Therefore, it is necessary to explore new therapeutic tools that target the central nervous system or higher centers of motor control and include them in the existing rehabilitation practice. A variety of techniques for physical and mental activation have been developed for improving the physical function, when the movement execution is not possible (eg due to pain, impaired motor control and/or immobilisation). Among the most popular such cognitive techniques are motor imagery and action observation. This review describes different cognitive strategies, which can potentially be implemented in the rehabilitation practice of the orthopedic patients.

Keywords: Total knee arthroplasty, ACL, muscle strength, action observation, mirror visual feedback, cognitive exercise

¹Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Gortanova 22, 1000 Ljubljana

²Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Garibaldijeva 1, 6000 Koper

Uvod

V študiji o svetovnem bremenu bolezni in dejavnikov tveganja, ki je bila prvič objavljena leta 1990, je bilo ugotovljeno, da poškodbe obsegajo kar 15 % globalnega bremena, delež pa naj bi se z leti še povečeval (Murray in Lopez, 1997). Leta 2010 so ta trend potrdili z opaznim naraščanjem poškodb v prometu (povečanje za 6,2 % od leta 1990 do 2010) in mišično-skeletnih obolenj (povečanje za 94 % od leta 1990 do 2010) (Lozano et al., 2012). Ti izsledki dokazujejo pomembno globalno breme mišično-skeletnih bolezni in poškodb, kar kaže na potrebo po ukrepanju na področju globalne ortopedije (Beveridge in Howard, 2004; Mock in Cherian, 2008). Mišično-skeletna poškodba v večini primerov povzroči začasno ali dolgoročno nezmožnost/invalidnost, ki se kaže v zmanjšanju mišične jakosti in gibljivosti ter v bolečini (Brown idr., 2009). Najpogostejši vzrok za invalidnost med starejšimi odraslimi je osteoartritis (Boutron idr., 2003). Kar polovica ljudi, starejših od 50 let, poroča o bolečini v kolenu čez leto (Jinks idr., 2004), predvidoma pa so pri 10 % starejših od 60 let značilne klinične težave lahko povezane z osteoartritisom (Peat, McCarney in Croft, 2001; Woolf in Pfleger, 2003). Ko s konservativnimi tretmaji ni več mogoče lajšati bolečine in pridruženih simptomov (zmanjšan obseg gibanja in funkcionalna zmogljivost), se pacientom z osteoartritisom priporoča operativni poseg – totalno kolensko artroplastiko (TKA) (Knutson idr., 1994; Mizner, Petterson in Snyder-Mackler, 2005). TKA je najpogostejši ortopedski operativni poseg (Kane idr., 2005), trend naraščanja je opazen tudi v Sloveniji: letu 2019 je bilo opravljenih 666 totalnih in 190 parcialnih kolenskih artroplastik (PKA) v primerjavi z letom 1997, ko je bilo opravljenih 30 TKA in 37 PKA (Levašič, 2020).

Osteoartritis pa ni le težava starejših ljudi, saj se pojavlja tudi pri športni populaciji, 10–15 let po poškodbi sprednjega križnega ligamenta (ACL) (Lohmander, Ostenberg, Englund in Roos, 2004; Caine in Golightly, 2011). Poškodbe kolenskih vezi so resne športne poškodbe z visoko incidenco in so pogoste pri športih, ki vključujejo pivotiranje (Anderson idr., 2019; Tabben idr., 2020). Glavni dejavniki tveganja za nekontaktne športne poškodbe vezi so velike aksialne in torzijske sile, ki delujejo na kolenski sklep med športno specifičnimi aktivnostmi, kot so nenadna sprememba smeri, hitri pospeški in pojemki, skupaj z

obremenitvijo sklepov med aktivnostmi, ki vključujejo skoke (Laible in Sherman, 2014). Pri težjih poškodbah, kot je poškodba ACL, je za obnovitev normalne funkcije kolena potreben operativni poseg. To za vrhunske športnike pomeni veliko breme, saj so iz trenažnega ter tekmovalnega procesa odsotni več mesecev, lahko tudi celotno sezono (Erickson idr., 2013). Vrnitev v šport lahko traja od osem do več kot 12 mesecev, odvisno od športa in ravni tekmovanja (Baer idr., 2014; Ekstrand idr., 2020; Lindanger idr., 2019). Dolgoročni učinki takih poškodb kolena se kažejo v spremenjeni kinematiki kolena (Gardinier idr., 2013; Woo idr., 2006) in delovanju sil na sklepe, ki bi lahko sčasoma povzročili zgodnji začetek posttravmatskega osteoartritisa (Friel in Chu, 2013; Kessler idr., 2008; Von Porat idr., 2004). Kljub tehnološkemu napredku, manj agresivnim kirurškim pristopom (Condello idr., 2019) in obsežni pooperativni rehabilitaciji (Andrade idr., 2020; Cavanaugh in Powers, 2017) se do 65 % bolnikov ne vrne na raven ukvarjanja s športom pred poškodbo ACL in le polovica vseh poškodovanih se vrne na raven tekmovanja pred poškodbo (Ardern idr., 2014). Veliko raziskav poroča o funkcionalnih izidih bolnikov po rekonstrukciji ACL (ACLR) (Abrams idr., 2014; Eitzen idr., 2009; Keays idr., 2007). Znano je, da sta dinamična stabilnost kolena in oslabele ekstenzorjeve največji funkcionalni omejitvi po poškodbi ACL, za katero se domneva, da je v veliki meri posledica sprememb na centralni (kortikalni in kortikospinalni) ravni motorične kontrole, ne pa na periferni (tj. mišični) ravni (Morita idr., 2013; Needle idr., 2017; Zarzycki in Susanne idr., 2020). Poleg tega je bilo ugotovljeno, da je pomanjkanje mišične jakosti najzanesljivejši predoperativni napovedovalec telesne funkcije po ACLR (Eitzen idr., 2009). V prvem pooperativnem mesecu se lahko jakost kvadricepsa zmanjša za 67 % (Kobayashi idr., 2004), deficit pa lahko vztraja več let (Keays idr., 2007).

Trenutna rehabilitacijska praksa po večjih operativnih posegih kolena predvideva precej konservativen pristop k vadbi, ki mehansko obremenjuje mišično-skeletni sistem. Taki vadbeni programi vključujejo vaje za gibljivost sklepov, katerih cilj je izboljšanje obsega gibanja, ponovno učenje vzorca hoje, obremenjevanje in prenašanje teže, trening nevro-mišične funkcije in propriocepcije ter vaje za moč in vzdržljivost, pri čemer se te izvajajo tako hoteno kot z uporabo električne stimulacije (Andrade idr., 2020; Kittelson idr., 2013). Vseeno pa se zdi, da trenutna rehabilitacijska praksa

ne zadostuje za odpravljanje funkcionalnih omejitev po ACLR (Hunnicuttt idr., 2020; Johnston idr., 2020), kar kaže potrebo po razvoju in implementaciji novih terapevtskih pristopov, ki ciljajo na centralni živčni sistem oziroma višje centre motorične kontrole (Paravlic idr., 2019; Rush idr., 2021). Dokazano je, da je mogoče pomemben napredek pri rehabilitaciji TKA doseči z začetkom zdravljenja v zgodnjih urah po operaciji (Labraca et al., 2011). To lahko dosežemo z nevro-muskularno električno stimulacijo (NmES) in zgodnjo, intenzivno krepitvijo kvadricepsa poleg običajne fizikalne terapije (Abbey in Stevens-Lapsley, 2013; Kittelson, Stackhouse in Stevens-Lapsley, 2013; Stevens-Lapsley idr., 2012). Poleg tega posameznik po poškodbi oziroma ortopedski operaciji pogosto ne sme in/ali ne zmore mehansko obremeniti poškodovanega uda. Zato so bile razvite številne tehnike za izboljšanje telesne in kognitivne funkcije brez dejanske izvedbe gibanja, ki so bile prepoznane kot učinkovite pri različnih populacijah (Paravlic idr., 2018).

■ Pomen jakosti pri rehabilitaciji mišično-skeletnih poškodb

Znano je, da jakost uravnavajo nevrlni in strukturni dejavniki (Folland in Williams, 2007; Gabriel, Kamen in Frost, 2006). Da bi izboljšali rehabilitacijsko prakso in predpisovanje te, je potrebno razumeti pomen jakosti skeletnih mišic in osnovni mehanizem izgube jakosti, ki ga povzroči operacija.

Mišična jakost je temeljni dejavnik za uspešno in učinkovito izvajanje številnih dejavnosti vsakdanjega življenja (Ochi idr., 2015; Wang idr., 2020). Ugotovljeno je bilo, da pomanjkanje jakosti pri različnih populacijah predstavlja pomemben napovedovalec prihodnje bolezni (Leong idr., 2015), povečano tveganje za poškodbe (Ribeiro-Alvares idr., 2018), slabše izide rehabilitacije (Brown idr., 2009; Mizner, Petterson, Stevens, Axe, idr., 2005) in povečano umrljivost zaradi vseh vzrokov (Brown idr., 2016). Medtem ko lahko poslabšanje telesne funkcije delno pojasnimo s procesom staranja (Rogers in Evans, 1993), pa druge življenjske okoliščine, kot so daljša obdobja neuporabe mišic zaradi telesne nedejavnosti, bolezni, imobilizacije, hospitalizacije in/ali operativnega posega, lahko povzročijo hiter upad telesne zmogljivosti. Raziskave so pokazale, da dolgotrajna telesna nede-

javnost negativno vpliva na strukturo (Pišot idr., 2008) in na delovanje skeletnih mišic (Pišot idr., 2016). Pišot idr. (2016) so poročali o zmanjšanju volumna, moči in jakosti kvadricepsa za 8,3 %, 13,2 % in 12,3 % po dveh tednih počitka v postelji, kar je v skladu z drugimi študijami (de Boer idr., 2008; Pišot idr., 2008).

V zgodnjih pooperativnih dneh v obdobju hospitalizacije po poškodbi (Hortobagyi idr., 2000) ali ortopedski operaciji, kot sta ACLr (Palmieri-Smith idr., 2008) in TKA (Paravlic idr., 2019), se površina preseka in jakost kvadricepsa lahko zmanjša za 10–69 %. V skladu s tem se lahko v zgodnjem obdobju po operaciji zaradi več razlogov (kot so bolečine v kolenu, poškodbe sklepov, povzročene zaradi primarne patologije in kirurške travme, uporabe podveze med operacijo in mišične atrofije zaradi neuporabe) poveča oslabelost kvadricepsa (Brown idr., 2009). Vendar pa se je v zadnjem desetletju pojavilo več dokazov, da so centralno vodeni dejavniki najvidnejši kazalniki izgube mišične jakosti po operaciji kolena (Mizner idr., 2005; Morita idr., 2013; Needle idr., 2017). Morita in sodelavci (2013) so na primer poročali o zmanjšanju mišične sile za 50 % po enem tednu po PKA in za 37,5 % po dveh tednih po PKA. Opazili so tudi zoženje aktivne možganske regije senzomotoričnega predela nog (Morita idr., 2013), medtem ko je stopnja bolečine poškodovanega kolena dva tedna po operaciji ostala nespremenjena, kar kaže, da so na zgodnjo pooperativno mišično šibkost vplivale predvsem supraspinalne poti (Morita idr., 2013; Needle idr., 2017). Poleg tega lahko neuspešna hotena aktivacija mišic (VMA) in mišična atrofija skupaj pojasnita približno 85 % izgube jakosti kvadricepsa, pri čemer je relativni prispevek VMA skoraj dvakrat večji od relativnega prispevka mišične atrofije k opaženemu zmanjšanju jakosti v prvem mesecu po operaciji (Mizner idr., 2005). Mišična inhibicija kvadricepsa traja več let in jo pogosto opazimo obojestransko (Palmieri-Smith idr., 2008; Paravlic idr., 2019). Dejansko je VMA eden najbolje raziskanih centralnih dejavnikov, ki se uporabljajo za oceno mišične inhibicije, povežane z izgubo jakosti po operaciji kolena (Paravlic idr., 2019). Je glavni dejavnik pri zmanjšanju maksimalne jakosti mišice, glede na bolnikovo nezmožnost, da rekrutira vse mišične motorične enote, ali neuspeh pri doseganju največje hitrosti proženja motoričnih enot (Mizner idr., 2005; Morita in sod., 2013). Danes nova tehnologija znanstveni skupnosti omogoča, da razisku-

je centralne dejavnike motorične kontrole z bolj neposrednimi vrstami meritev, kot so funkcionalna magnetna resonanca, transkranialna magnetna stimulacija (TMS) in elektroencefalografija. Najnovejši izsledki (Zarzycki idr., 2021) podpirajo teorijo, da je disfunkcija kvadricepsa po ACLr posledica centralnih dejavnikov motorične kontrole. Z uporabo TMS so avtorji ugotovili, da se kratkotrajna intrakortikalna inhibicija (SICI) in intrakortikalna vzdraženost razlikujeta med bolniki z ACLr in zdravimi kontrolami, medtem ko so dokazali, da je SICI povezan s šibkostjo kvadricepsa (Zarzycki idr., 2021). Poleg tega so Zarzycki in sodelavci (2020) v drugi študiji, katere cilj je bil raziskati kortikospinalno in spinalno refleksno ekscitabilnost v različnih pooperativnih časovnih točkah po ACLr, ugotovili višji motorični prag v mirovanju v skupini ACLr pri neoperiranem kolenu in višji motorični kortikalni potencial (MRCP) pri operiranem kolenu. Pri zdravi kontrolni skupini niso opazili razlik med okončinami v nobeni časovni točki opazovanja (do 6 mesecev po operaciji) (Zarzycki idr., 2020). Ti podatki kažejo, da so imeli bolniki z ACLr spremenjeno kortikospinalno vzdraženost, ki se ni spremenila kar 6 mesecev po operaciji – časovna točka, ko so se vrnili k tekaškim dejavnostim (Zarzycki idr., 2020).

Čeprav je glavni poudarek rehabilitacije ACLr usmerjen v krepitev kvadricepsa (Andrade idr., 2020; Cavanaugh in Powers, 2017), je primanjkljaje jakosti pogosto zaznati še leta po operaciji (Palmieri-Smith idr., 2008). To kaže, da je treba sedanjo rehabilitacijsko prakso optimizirati, preučiti in implementirati nova in inovativna terapevtska orodja, ki ciljajo na centralni živčni sistem – višje centre motorične kontrole (Rush idr., 2021). Takšne strategije so bile prepoznane s kognitivno vadbo, ki lahko izboljša telesno funkcijo tako simptomatske (Marušič in sod., 2018; Paravlic idr., 2020; Paravlic idr., 2020) kot asimptomatske populacije (Paravlic idr., 2018). Kognitivne intervencije se pogosto uporabljajo za obnovitev telesne funkcije nevroloških bolnikov (Abbruzzese idr., 2015; García Carrasco in Aboitiz Cantalapiedra, 2016). Ker vadba ne zahteva posebnih pogojev in se je izkazala kot učinkovita tako pri učenju kot ponovnem učenju preprostih in zapletenih nalog, postaja vse bolj priljubljena tudi pri drugih populacijah, od vrhunskih športnikov do ortopedskih bolnikov.

■ Strategije za izboljšanje funkcionalne zmogljivosti po mišično-skeletnih poškodbah

Za izboljšanje telesne zmogljivosti, ko dejanskega gibanja ni mogoče izvesti v celoti (npr. zaradi bolečine, motnje motorične kontrole in/ali imobilizacije sklepov), je bilo zasnovanih več tehnik mentalne simulacije (MS) (Paravlic et. sod., 2018; Zhang idr., 2018), ki so se izkazale kot koristno orodje za izboljšanje jakosti pri različnih populacijah (Marušič in sod., 2018; Paravlic idr., 2020; Paravlic idr., 2018). Med najbolj priljubljenimi tehnikami MS, ki se uporabljajo za izboljšanje telesne zmogljivosti, literatura navaja gibalno predstavo (GP) in opazovanje dejanja (OD) (Mulder idr., 2005).

■ Opazovanje dejanja (action observation)

GP predstavlja mentalno simulacijo gibalne akcije brez motorične izvedbe gibalne naloge. Po drugi strani OD zahteva, da subjekt opazuje videoposnetek ali neposredna dejanja, ki jih izvaja model (Marušič idr., 2018). V klinični praksi se najpogosteje po OD dodatno izvaja gibalna naloga, če subjekt to zmore. Podobno kot GP in telesna izvedba giba (TIG) ima OD skupno nevrološko osnovo, ki se pripisuje sistemu zrcalnih nevronov (Cattaneo in Rizzolatti, 2009; Van Gog idr., 2009). Pri ljudeh so področja, aktivna med GP, TIG in OD, v čelnem in parietalnem režnju, medtem ko je aktivacija sistema zrcalnih nevronov povezana z izkušnjo subjekta z opazovanjem in/ali zamišljenim dejanjem (Calvo-Merino et. al., 2005; Olsson in Nyberg, 2010). Parietofrontalna mreža z deležem zrcalnih nevronov je bila prepoznana kot nevronska substrat, ki transformira vizualno informacijo v kortikalna področja in omogoča motorično izvedbo (t. i. vizuomotorična transformacija) (Rizzolatti in Sinigaglia, 2010). V zadnjih letih so se razvili različni načini OD, od katerih sta v rehabilitacijski praksi najpogosteje uporabljena gledanje videoposnetka dejanja in TIG z zrcalno vizualno povratno informacijo (MVFI) (Marusic in Grosprêtre, 2018; Sarasso idr., 2015; Zhang idr., 2018), medtem ko postaja vse bolj priljubljen tudi trening navidezne resničnosti (VR). Na splošno se je OD izkazal kot učinkovita strategija za rehabilitacijo po možganski kapi (Carrasco

in Cantalapiedra, 2016), Parkinsonovi boleznini (Buccino idr., 2011), cerebralni paralizini (Sarasso idr., 2015) in pri ortopedskih bolnikih po totalni artroplastiki kolena (Villafañe idr., 2017). Villafañe in sodelavci (2017) so raziskovali, ali lahko samostojna terapija z OD v primerjavi z rutinsko fizikalno terapijo izboljša učinke bolnišnične rehabilitacijske prakse po primarni totalni artroplastiki kolena. Avtorji so v skupini OD odkrili večje izboljšave pri aktivnem obsegu gibanja kolena, medtem ko niso ugotovili opaznejših razlik med skupinami pri vprašalniku Short Form-36, Lequesnejevem, Barthelovem indeksu in Tinettijevem rezultatu. Nedavna študija Marusica in sodelavcev (2018) je poročala o obetavnih rezultatih z uporabo kombinacije OD z GP kot dodatne terapije k rutinski rehabilitacijski praksi po popolni artroplastiki kolka (Marusic idr., 2018). Marušič in sodelavci (2018) so ugotovili, da se je eksperimentalna skupina v primerjavi s kontrolno skupino izkazala precej bolje na testu »vstani in pojdi«, testu korakanja v štirih kvadratih in pri opravljanju dvojne naloge med hitro hojo. To nakazuje, da je kombinacija OD in GP lahko učinkovito dopolnilno orodje za izboljšanje izidov rehabilitacije pri ortopedski populaciji ob upoštevanju objektivnih meril telesne funkcije.

■ Zrcalna vizualna povratna informacija (zvpi)

Na drugi strani se terapija z ZVPI uporablja pri nevrorehabilitaciji bolnikov po možganski kapi, saj naj bi spodbujala nevroplastičnost v možganskih regijah, ki so vključene v senzorično normalizacijo in motorično okrevanje (Reynolds idr., 2015; Zhang idr., 2018). Prav tako je terapija z uporabo zrcala učinkovita za zdravljenje fantomske bolečine, ki se pojavi pri do 80 % pacientov po amputaciji okončin (Erlenwein idr., 2021). ZVPI vključuje pozicioniranje zrcala v sagitalni ravnini, da se dejanska slika prizadete (tj. poškodovanega) uda nadomesti z zrcalnim odsevom neprizadete strani med izvajanjem TIG. Večinoma se uporablja v terapevtske namene za izboljšanje motorične funkcije zgornjih okončin. Nedavni sistematični pregled z metaanalizo je preučeval učinkovitost ZVPI za izboljšanje delovanja spodnjih okončin pri bolnikih po možganski kapi (Louie idr., 2019). Avtorji so prišli do pomembnih rezultatov v prid terapiji ZVPI v primerjavi s kontrolno intervencijo za hi-

trost hoje, gibljivost in okrevanje motorične funkcije spodnjih okončin (Louie idr., 2019).

Izidi rehabilitacije po ortopedskih poškodbah so pogosto nezadovoljivi, posebno pri starejših pacientih (Korbus idr., 2020) ali športnikih. Prednost kognitivnih strategij je, da se lahko uporabijo v zgodnji rehabilitacijski fazi po operaciji/poškodbi, brez mehanskega obremenjevanja živčno-mišičnih struktur poškodovanega dela. Ortopedskim poškodbam pogosto sledi imobilizacija, ki povzroči lokalne fiziološke in strukturalne spremembe, te se kažejo kot mišična atrofija in zmanjšanje obsega gibanja. Z razvojem tehnologije in novimi dognanji na področju klinične prakse pa ugotavljamo tudi spremembe v višjih centrih motorične kontrole (kortikalnem nivoju) (Burianova idr., 2016; Diaz-Garcia idr., 2011). Terapija z zrcalom je bila delno raziskana pri ortopedskih bolnikih s težavami zgornjih okončin – po operaciji dlani je terapija pripomogla k izboljšanju subjektivne in objektivne funkcije dlani, obsega gibanja, spretnosti ter zmanjšanju bolečine (Rosén in Lundborg, 2005; Altschuler in Hu, 2008; Rostami, Arefi in Tabatabaei, 2013; Yun in Kim, 2019). Raziskave kažejo, da je ZVPI v obdobju imobilizacije po zlomu zapestja učinkovitejša pri izboljšanju subjektivne funkcije, obsega gibanja ter moči stiska pesti v primerjavi z relaksacijsko tehniko (Korbus idr., 2020) ter učinkovitejša pri izboljšanju funkcije dlani v primerjavi s standardno rehabilitacijo (Rostami, Arefi in Tabatabaei, 2013). Kakorkoli, do danes ni nobene študije, ki bi raziskala učinkovitost ZVPI pri ortopedskih bolnikih s težavami spodnjih okončin. Rezultati kažejo, da je lahko omenjena terapija obetavno orodje za izboljšanje telesne funkcije po imobilizaciji okončin in/ali operaciji, zato so eksperimentalne študije na tem področju upravičene.

■ Zaključek

Članek predstavlja pomen mišične jakosti pri ortopedskih bolnikih z mišično-skeletno poškodbo s poudarkom na rehabilitacijskih postopkih po večjih operativnih posegih, kot sta TKA in ACLr. Obravnava različne kognitivne strategije, ki jih je mogoče učinkovito vključiti v rehabilitacijsko prakso ortopedskih bolnikov. Izkazalo se je, da je OD učinkovit pri izboljšanju telesne funkcije pri simptomatskih populacijah z omejeno funkcijo spodnjih okončin. Po drugi strani se je ZVPI pokazala kot učinkovita metoda za izboljšanje živčno-mišične funkcije ne-

vroloških bolnikov, zdravljenje fantomske bolečine in zmanjšanje težav po operativnih posegih zgornjih okončin. Kakorkoli, učinkovitost ZVPI za izboljšanje funkcije po operativnih posegih spodnjih okončin je v prihodnje potrebno še raziskati.

■ Literatura

1. Abbey, C. T. in Stevens-Lapsley, J. E. (2013). Importance of Attenuating Quadriceps Activation Deficits after Total Knee Arthroplasty. *National Institutes Of Health*, 40(2), 95–101.
2. Abbruzzese, G., Avanzino, L., Marchese, R. in Pelosin, E. (2015). Action Observation and Motor Imagery : Innovative Cognitive Tools in the Rehabilitation of Parkinson's Disease. 2015.
3. Abrams, G. D., Harris, J. D., Gupta, A. K., McCormick, F. M., Bush-Joseph, C. A., Verma, N. N., Cole, B. J., in Bach, B. R. (2014). Functional performance testing after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 2(1), 1–10.
4. Altschuler, E. L. in Hu, J. (2008). Mirror therapy in a patient with a fractured wrist and no active wrist extension. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery*, 42(2), 110–111.
5. Anderson, T., Wasserman, E. B. in Shultz, S. J. (2019). Anterior cruciate ligament injury risk by season period and competition segment: An analysis of national collegiate athletic association injury surveillance data. *Journal of Athletic Training*, 54(7), 787–795.
6. Andrade, R., Pereira, R., Van Cingel, R., Staal, J. B. in Espregueira-Mendes, J. (2020). How should clinicians rehabilitate patients after ACL reconstruction? A systematic review of clinical practice guidelines (CPGs) with a focus on quality appraisal (AGREE II). *British Journal of Sports Medicine*, 54(9), 512–519.
7. Ardern, C. L., Taylor, N. F., Feller, J. A. in Webster, K. E. (2014). Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: An updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *British Journal of Sports Medicine*, 48(21), 1543–1552.
8. Bauer, M., Feeley, B. T., Wawrzyniak, J. R., Pinkowsky, G. in Gallo, R. A. (2014). Factors affecting return to play after anterior cruciate ligament reconstruction: A review of the current literature. *Physician and Sportsmedicine*, 42(4), 71–79.
9. Beveridge, M. in Howard, A. (2004). The burden of orthopaedic disease in developing countries. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 86(8), 1819–1822.

10. Boutron, I., Poiradeau, S., Ravaud, J.-F., Baron, G., Revel, M., Nizard, R., ... Ravaud, P. (2003). Disability in adults with hip and knee arthroplasty: a French national community based survey. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 62(8), 748–54.
11. Brown, J. C., Harhay, M. O. in Harhay, M. N. (2016). Sarcopenia and mortality among a population-based sample of community-dwelling older adults. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, October 2015, 290–298.
12. Brown, K., Kachelman, J., Topp, R., Quesada, P. M., Nyland, J., Malkani, A. in Swank, A. M. (2009). Predictors of functional task performance among patients scheduled for total knee arthroplasty. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 436–443.
13. Buccino, G., Gatti, R., Giusti, M., Anna, N., Rossi, A., Calzetti, S. in Cappa, S. (2011). Action Observation Treatment Improves Autonomy in Daily Activities in Parkinson's Disease Patients: Results from a Pilot Study. *Movement Disorders*, 26(10), 1963–1964.
14. Burianová, H., Sowman, P. F., Marstaller, L., Rich, A. N., Williams, M. A., Savage, G., Al-Jannabi, S., de Lissa, P. in Johnson, B. W. (2014). Adaptive Motor Imagery: A Multimodal Study of Immobilization-Induced Brain Plasticity. *Cerebral Cortex*, 26(3), 1072–1080.
15. Caine, D. J. in Golightly, Y. M. (2011). Osteoarthritis as an outcome of paediatric sport: an epidemiological perspective. *British Journal of Sports Medicine*, 45(4), 298–303.
16. Calvo-Merino, B., Glaser, D. E., Grèzes, J., Passingham, R. E. in Haggard, P. (2005). Action observation and acquired motor skills: An fMRI study with expert dancers. *Cerebral Cortex*, 15(8), 1243–1249.
17. Cattaneo, L. in Rizzolatti, G. (2009). The mirror neuron system. *Archives of Neurology*, 66(5), 557–560.
18. Cavanaugh, J. T. in Powers, M. (2017). ACL Rehabilitation Progression: Where Are We Now? *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 10(3), 289–296.
19. Condello, V., Zdanowicz, U., Di Matteo, B., Spalding, T., Gelber, P. E., Adravanti, P., Heuberger, P., Dimmen, S., Sonnery-Cottet, B., Hulet, C., Bonomo, M. in Kon, E. (2019). Allograft tendons are a safe and effective option for revision ACL reconstruction: a clinical review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27(6), 1771–1781.
20. de Boer, M. D., Seynnes, O. R., di Prampero, P. E., Pišot, R., Mekjavić, I. B., Biolo, G. in Narici, M. V. (2008). Effect of 5 weeks horizontal bed rest on human muscle thickness and architecture of weight bearing and non-weight bearing muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 104(2), 401–407.
21. Díaz-García, R. J., Oda, T., Shauver, M. J. in Chung, K. C. (2011). A Systematic Review of Outcomes and Complications of Treating Unstable Distal Radius Fractures in the Elderly. *The Journal of Hand Surgery*, 36(5), 824–835. e2.
22. Eitzen, I., Holm, I. in Risberg, M. A. (2009). Preoperative quadriceps strength is a significant predictor of knee function two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *British Journal of Sports Medicine*, 43(5), 371–376.
23. Ekstrand, J., Krutsch, W., Spreco, A., Van Zoest, W., Roberts, C., Meyer, T. in Bengtsson, H. (2020). Time before return to play for the most common injuries in professional football: A 16-year follow-up of the UEFA Elite Club Injury Study. *British Journal of Sports Medicine*, 54(7), 421–426.
24. Erickson, B. J., Harris, J. D., Cvetanovich, G. L., Bach, B. R., Bush-Joseph, C. A., Abrams, G. D., Gupta, A. K., McCormick, F. M. in Cole, B. J. (2013). Performance and return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction in male major league soccer players. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 1(2), 1–8.
25. Erlenwein, J., Diers, M., Ernst, J., Schulz, F. in Petzke, F. (2021). Clinical updates on phantom limb pain. *Pain reports*, 6(1).
26. Folland, J. P. in Williams, A. G. (2007). The Adaptations to Strength Training. *Sports Medicine*, 37(2), 145–168.
27. Friel, N. in Chu, C. (2013). The Role of ACL Injury in the Development of Posttraumatic Knee Osteoarthritis. *Clinics in Sports Medicine*, 32(1), 1–12.
28. Gabriel, D., Kamen, G. in Frost, G. (2006). Neural Adaptations to Resistive Exercise. *Sports Medicine*, 36(2), 133–149.
29. García Carrasco, D. in Aboitiz Cantalapiedra, J. (2016). Effectiveness of motor imagery or mental practice in functional recovery after stroke: a systematic review. *Neurologia (English Edition)*, 31(1), 43–52.
30. Gardinier, E. S., Manal, K., Buchanan, T. S. in Snyder-Mackler, L. (2013). Altered loading in the injured knee after ACL rupture. *Journal of Orthopaedic Research*, 31(3), 458–464.
31. Hortobagyi, T., Dempsey, L., Fraser, D., Zheng, D., Hamilton, G., Lambert, J. in Dohm, L. (2000). Changes in muscle strength, muscle fiber size and myofibrillar gene expression after immobilization and retraining in Humans. *Journal of Physiology*, 524(1), 293–304.
32. Hunnicutt, J. L., McLeod, M. M., Slone, H. S. in Gregory, C. M. (2020). Quadriceps neuromuscular and physical function after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Athletic Training*, 55(3), 238–245.
33. Jinks, C., Jordan, K., Ong, B. N. in Croft, P. (2004). A brief screening tool for knee pain in primary care (KNEST). 2. Results from a survey in the general population aged 50 and over. *Rheumatology*, 43(1), 55–61.
34. Johnston, P. T., McClelland, J. A., Feller, J. A. in Webster, K. E. (2020). Knee muscle strength after quadriceps tendon autograft anterior cruciate ligament reconstruction: systematic review and meta-analysis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*.
35. Kane, R. L., Saleh, K. J., Wilt, T. J. in Bershadsky, B. (2005). The functional outcomes of total knee arthroplasty. *The Journal of Bone and Joint Surgery, American Volume*, 87(8), 1719–1724.
36. Keays, S. L., Bullock-Saxton, J. E., Keays, A. C., Newcombe, P. A. in Bullock, M. I. (2007). A 6-year follow-up of the effect of graft site on strength, stability, range of motion, function, and joint degeneration after anterior cruciate ligament reconstruction: Patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendon graft. *American Journal of Sports Medicine*, 35(5), 729–739.
37. Kessler, M. A., Behrend, H., Henz, S., Stutz, G., Rukavina, A. in Kuster, M. S. (2008). Function, osteoarthritis and activity after ACL-rupture: 11 Years follow-up results of conservative versus reconstructive treatment. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 16(5), 442–448.
38. Kittelson, A. J., Stackhouse, S. K. in Stevens-lapsley, J. E. (2013). Neuromuscular Electrical Stimulation after total joint arthroplasty: A critical review of recent controlled studies. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 49(6), 909–920.
39. Knutson, K., Lewold, S., Robertsson, O., Lidgren, L., Knutson, K., Lewold, S., ... Lidgren, L. (1994). The Swedish knee arthroplasty register : A nation- wide study of 30 , 003 knees 1976-1992 The Swedish knee arthroplasty register. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 6470(February).
40. Kobayashi, A., Higuchi, H., Terauchi, M., Kobayashi, F., Kimura, M. in Takagishi, K. (2004). Muscle performance after anterior cruciate ligament reconstruction. *International Orthopaedics*, 28(1), 48–51.
41. Labraca, N. S., Castro-Sánchez, A. M., Matarán-Peñarrocha, G. A., Arroyo-Morales, M., Sánchez-Joya, M. del M. in Moreno-Lorenzo, C. (2011). Benefits of starting rehabilitation within 24 hours of primary total knee arthroplasty: randomized clinical trial. *Clinical Rehabilitation*, 25(6), 557–566.
42. Laible, C. in Sherman, O. H. (2014). Risk factors and prevention strategies of non-contact anterior cruciate ligament injuries. *Bulletin of the Hospital for Joint Diseases*, 72(1), 70–75.
43. Leong, D. P., Teo, K. K., Rangarajan, S., Lopez-Jaramillo, P., Avezum, A., Orlandini, A., Seron, P., Ahmed, S. H., Rosengren, A., Kelishadi, R., Rahman, O., Swaminathan, S., Iqbal, R., Gupta, R., Lear, S. A., Oguz, A., Yusuf, K., Zatonska, K., Chifamba, J., ... Yusuf, S. (2015). Prognostic value of grip strength: Findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. *The Lancet*, 386(9990), 266–273.

44. Levašič, V., Savarin, D. in Milošev, I. (2020). Register artroplastike Ortopedske bolnišnice Valdoltra. Pridobljeno 21. 2. 2022 s <https://www.ob-valdoltra.si/sl/raziskovalna-dejavnost/register-artroplastike-ob-valdoltra>
45. Lindanger, L., Strand, T., Mølster, A. O., Solheim, E. in Inderhaug, E. (2019). Return to Play and Long-term Participation in Pivoting Sports After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *American Journal of Sports Medicine*, 47(14), 3339–3346.
46. Lohmander, L. S., Östenberg, A., Englund, M. in Roos, H. (2004). High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis in Rheumatism*, 50(10), 3145–3152.
47. Louie, D. R., Lim, S. B. in Eng, J. J. (2019). The Efficacy of Lower Extremity Mirror Therapy for Improving Balance, Gait, and Motor Function Poststroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 28(1), 107–120.
48. Lozano, R., Naghavi, M., Foreman, K., Lim, S., Shibuya, K., Aboyans, V., Abraham, J., Adair, T., Aggarwal, R., Ahn, S. Y., AlMazroa, M. A., Alvarado, M., Anderson, H. R., Anderson, L. M., Andrews, K. G., Atkinson, C., Baddour, L. M., Barker-Collo, S., Bartels, D. H., ... Murray, C. J. (2012). Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet*, 380(9859), 2095–2128.
49. Marusic, U. in Grosprêtre, S. (2018). Non-physical approaches to counteract age-related functional deterioration: Applications for rehabilitation and neural mechanisms. *European Journal of Sport Science*, 18(5), 639–649.
50. Marusic, U., Grosprêtre, S., Paravlic, A., Kovač, S., Pišot, R. in Taube, W. (2018). Motor Imagery during Action Observation of Locomotor Tasks Improves Rehabilitation Outcome in Older Adults after Total Hip Arthroplasty. *Neural Plasticity*, 2018(March), 1–9.
51. Mizner, Petterson, S., Stevens, E., Vandenberg, K. in Snyder-Mackler, L. (2005). Early Quadriceps Strength Loss After Total Knee Arthroplasty. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 87-A(5), 1047–1054.
52. Mizner, R. L., Petterson, S. C., Stevens, J. E., Axe, M. J. in Snyder-Mackler, L. (2005). Pre-operative quadriceps strength predicts functional ability one year after total knee arthroplasty. *Journal of Rheumatology*, 32(8), 1533–1539.
53. Mizner, R., Petterson, S. in Snyder-Mackler, L. (2005). Quadriceps Strength and the Time Course of Functional Recovery After Total Knee Arthroplasty. *Journal of Orthopaedic in Sports Physical Therapy*, 35, 424–436.
54. Mock, C. in Cherian, M. N. (2008). The global burden of musculoskeletal injuries: challenges and solutions. *Clinical orthopaedics and related research*, 466(10), 2306–2316.
55. Morita, S., Kusaka, T., Tanaka, S., Yamada, E., Arima, N., Itoh, S. in Yamamoto, T. (2013). The Relationship between Muscle Weakness and Activation of the Cerebral Cortex Early after Unicompartmental Knee Arthroplasty. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(3), 301–307.
56. Mulder, Th. (2007). Motor imagery and action observation : cognitive tools for rehabilitation. 2, 1265–1278.
57. Mulder, Theo, De Vries, S. in Zijlstra, S. (2005). Observation, imagination and execution of an effortful movement: More evidence for a central explanation of motor imagery. *Experimental Brain Research*, 163(3), 344–351.
58. Murray, C. J. in Lopez, A. D. (1997). Alternative projections of mortality and disability by cause 1990-2020: *Global Burden of Disease Study*. *Lancet (London, England)*, 349(9064), 1498–1504.
59. Needle, A. R., Lepley, A. S. in Grooms, D. R. (2017). Central Nervous System Adaptation After Ligamentous Injury: a Summary of Theories, Evidence, and Clinical Interpretation. *Sports Medicine*, 47(7), 1271–1288.
60. Ochi, E., Hamano, S., Tsuchiya, Y., Muramatsu, E., Suzukawa, K. in Igawa, S. (2015). Relationship between performance test and body composition/physical strength characteristic in sprint canoe and kayak paddlers. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 191.
61. Olsson, C. J. in Nyberg, L. (2010). Motor imagery: If you can't do it, you won't think it. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(5), 711–715.
62. Palmieri-Smith, R. M., Thomas, A. C. in Wojtys, E. M. (2008). Maximizing Quadriceps Strength After ACL Reconstruction. *Clinics in Sports Medicine*, 27(3), 405–424.
63. Paravlic, A. H., Slimani, M., Tod, D., Marusic, U., Milanovic, Z. in Pisot, R. (2018). Effects and Dose-Response Relationships of Motor Imagery Practice on Strength DeveloTIGnt in Healthy Adult Populations: a Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*.
64. Paravlic, A., Tod, D. in Milanovic, Z. (2020). Mental Simulation Practice Has Beneficial Effects on Patients' Physical Function Following Lower Limb Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 101(8), 1447–1461.
65. Paravlic, A., Kovač, S., Pisot, R. in Marusic, U. (2019). Neurostructural correlates of strength decrease following total knee arthroplasty : A systematic review of the literature with meta-analysis. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*.
66. Paravlic, A. H., Maffulli, N., Kovač S. in Pisot, R. (2020). Home-based motor imagery intervention improves functional performance following total knee arthroplasty in the short term: A randomized controlled trial. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 15(1).
67. Paravlic, A., Pisot, R. in Marusic, U. (2019). Specific and general adaptations following motor imagery practice focused on muscle strength in total knee arthroplasty rehabilitation : A randomized controlled trial. *PLoS ONE*, 14(8), 1–19.
68. Paravlic, A., Pišot, S. in Mitić, P. (2018). Validation of the Slovenian version of motor imagery questionnaire 3 (MIQ-3): promising tool in modern comprehensive rehabilitation practice. *Slovenian Journal of Public Health*, 57(4), 201–210.
69. Peat, G., McCarney, R. in Croft, P. (2001). Knee pain and osteoarthritis in older adults: a review of community burden and current use of primary health care. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 60(2), 91–97.
70. Pišot, R., Marusic, U., Biolo, G., Mazzucco, S., Lazzar, S., Grassi, B., Reggiani, C., Toniolo, L., di Prampero, P. E., Passaro, A., Narici, M., Mohammed, S., Rittweger, J., Gasparini, M., Gabrijelčič Blenkuš, M. in Šimunič, B. (2016). Greater loss in muscle mass and function but smaller metabolic alterations in older compared with younger men following 2 wk of bed rest and recovery. *Journal of Applied Physiology*, 120(8), 922–929.
71. Pišot, R., Narici, M. V., Šimunič, B., De Boer, M., Seynnes, O., Jurdana, M., ... Mekjavič, I. B. (2008). Whole muscle contractile parameters and thickness loss during 35-day bed rest. *European Journal of Applied Physiology*, 104(2), 409–414.
72. Reynolds, J. E., Thornton, A. L., Elliott, C., Williams, J., Lay, B. S. in Licari, M. K. (2015). A systematic review of mirror neuron system function in develoTIGntal coordination disorder: Imitation, motor imagery, and neuroimaging evidence. *Research in DeveloTIGntal Disabilities*, 47, 234–283.
73. Ribeiro-Alvares, J. B., Marques, V. B., Vaz, M. A. in Baroni, B. M. (2018). Four weeks of nordic hamstring exercise reduce muscle injury risk factors in young adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(5), 1254–1262.
74. Rizzolatti, G. in Sinigaglia, C. (2010). The functional role of the parieto-frontal mirror circuit: Interpretations and misinterpretations. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(4), 264–274.
75. Rogers, M. in Evans, W. J. (1993). Changes in skeletal muscle with aging: effects of exercise training. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 21(1), 65–102.
76. Rosén, B. in Lundborg, G. (2005). Training with a mirror in rehabilitation of the hand. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery*, 39(2), 104–108.

77. Rostami, H. R., Arefi, A. in Tabatabaei, S. (2013). Effect of mirror therapy on hand function in patients with hand orthopaedic injuries: a randomized controlled trial. *Disability and Rehabilitation*, 35(19), 1647–1651.
78. Rush, J. L., Glaviano, N. R. in Norte, G. E. (2021). Assessment of Quadriceps Corticomotor and Spinal-Reflexive Excitability in Individuals with a History of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, 0123456789.
79. Sarasso, E., Gemma, M., Agosta, F., Filippi, M. in Gatti, R. (2015). Action observation training to improve motor function recovery: a systematic review. *Archives of Physiotherapy*, 5(1), 14.
80. Stevens-Lapsley, J. E., Balter, J. E., Wolfe, P., Eckhoff, D. G. in Kohrt, W. M. (2012). Early Neuromuscular Electrical Stimulation to Improve Quadriceps Muscle Strength After Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*, 92(2), 210–226.
81. Tabben, M., Eirale, C., Singh, G., Al-Kuwari, A., Ekstrand, J., Chalabi, H., Bahr, R. in Chamari, K. (2020). Injury and illness epidemiology in professional Asian football: Lower general incidence and burden but higher ACL and hamstring injury burden compared with Europe. *British Journal of Sports Medicine*, 2019(January 2017), 1–6.
82. Van Gog, T., Paas, F., Marcus, N., Ayres, P. in Sweller, J. (2009). The mirror neuron system and observational learning: Implications for the effectiveness of dynamic visualizations. *Educational Psychology Review*, 21(1), 21–30.
83. Villafañe, J. H., Isgrò, M., Borsatti, M., Berjano, P., Pirali, C. in Negrini, S. (2017). Effects of action observation treatment in recovery after total knee replacement: A prospective clinical trial. *Clinical Rehabilitation*, 31(3), 361–368.
84. Von Porat, A., Roos, E. M. in Roos, H. (2004). High prevalence of osteoarthritis 14 years after an anterior cruciate ligament tear in male soccer players: A study of radiographic and patient relevant outcomes. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 63(3), 269–273.
85. Wang, D. X. M., YOD, J., Zirek, Y., Reijnierse, E. M. in Maier, A. B. (2020). Muscle mass, strength, and physical performance predicting activities of daily living: a meta-analysis. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 11(1), 3–25.
86. Woo, S. L. Y., Abramowitch, S. D., Kilger, R. in Liang, R. (2006). Biomechanics of knee ligaments: Injury, healing, and repair. *Journal of Biomechanics*, 39(1), 1–20.
87. Woolf, A. D. in Pflieger, B. (2003). Burden of major musculoskeletal conditions. *Bulletin of the World Health Organization*, 81(9), 646–656.
88. Yun, D. E. in Kim, M. K. (2019). Effects of mirror therapy on muscle activity, muscle tone, pain, and function in patients with mutilating injuries: A randomized controlled trial. *Medicine*, 98(17), e15157.
89. Zarzycki, R., Morton, S., Charalambous, C. C., Pietrosimone, B., Williams, G. N. in Snyder-Mackler, L. (2021). Athletes after anterior cruciate ligament reconstruction demonstrate asymmetric intracortical facilitation early after surgery. *Journal of Orthopaedic Research*, 39(1), 147–153.
90. Zarzycki, R., Susanne, M., Charalambos, C., Brian, P., Glenn, W. in Lynn, S.-M. (2020). Examination of Corticospinal and Spinal Reflexive Excitability During the Course of Postoperative Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Orthopaedic in Sports Physical Therapy*, 5(9), 1689–1699.
91. Zhang, J. J. Q., Fong, K. N. K., Welage, N. in Liu, K. P. Y. (2018). The activation of the mirror neuron system during action observation and action execution with mirror visual feedback in stroke: A systematic review. *Neural Plasticity*, 2018.

Drole Kristina

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
kristina.drole@fsp.uni-lj.si