

IZOKINETIČNO OCENJEVANJE KOLENA

ISOKINETIC TESTING OF THE KNEE

doc. dr. Edvin Dervišević, dr. med., asist. mag. Vedran Hadžić, dr. med.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Katedra za medicino športa, Laboratorij za izokinetične meritve

Povzetek

Izokinetično testiranje je sodobna in po vsem svetu uveljavljena standardna metoda za ocenjevanje mišične jakosti in moči dinamičnih stabilizatorjev kolena. Metoda se je razvila l. 1967 ter tehnično in tehnološko zagotavlja možnost merjenja pomembnih podatkov o mišični funkciji, zlasti o mišični jakosti, vendar tudi o sposobnosti mišice, da dlje časa vzdržuje submaksimalne napore. Izokinetično testiranje kolena je zlasti pomembno pri enostranskih poškodbah kolena, pri katerih zdrava (nepoškodovana) stran predstavlja referenčno vrednost, s katero primerjamo vrednosti poškodovane strani. Večkratno testiranje pacienta omogoča časovno spremljanje poteka kliničnega zdravljenja in rehabilitacije pacienta ter omogoča objektivno spremljanje izboljšanja mišičnih zmogljivosti poškodovane strani ter nadaljnji napredek v rehabilitacijskem procesu vse do popolne, predvsem pa varne vrnitve k vsakodnevnim aktivnostim. Članek obravnava osnovne značilnosti izokinetičnega testiranja kolena, kot tudi ugotovitve dosedanjih študij o stanju dinamičnih stabilizatorjev kolena po poškodbi in rekonstrukciji sprednje križne vezi.

Ključne besede:

izokinetično testiranje, koleno, mišična jakost, poškodbe sprednje križne vezi

Abstract

Isokinetic testing is a worldwide modern standard method used for the evaluation of muscle strength and power. Invented in 1967, this technology / technique offers a reproducible and valid body of data relating to muscle performance, particularly its strength but also its capacity to maintain prolonged submaximal effort (endurance). Isokinetic testing is particularly applicable in unilateral injuries where the muscles of the uninvolved side serve as the reference against which the status of their involved counterparts should be compared. Sequential testing at the prescribed points of time along the rehabilitation program can provide a comprehensive profile of the injured muscle/s while indicating at which point the normalization of performance has been attained as well as the progress to a more advanced stage of rehabilitation and eventually to full activities of daily living. The article describes the basic concepts of isokinetic testing of the knee, and also introduces recent scientific evidence about the isokinetic findings following the injury and reconstruction of the anterior cruciate ligament.

Keywords:

isokinetic, knee, muscular strength, anterior cruciate ligament injury

UVOD

Mišična jakost je sposobnost mišice, da proizvaja silo ali navor, in je tesno povezana z mišično močjo, ki je opravljeno mišično delo v enoti časa. Mišična moč in jakost sta zelo pomembna parametra mišičnih zmogljivosti. Ravno ta dva parametra se ob poškodbah gibal ali živčno-mišičnih boleznih bistveno spremenita. Ocena mišične jakosti in moči je zato ključnega pomena za spremljanje pacienta, načrtovanje programov vadbe za moč v rehabilitaciji kot tudi za oceno uspešnosti le-teh. Za ocenjevanje dinamične mišične jakosti že vrsto let uporabljajo izokinetične dinamometre (1). V začetku je izokinetično ocenjevanje našlo svoje mesto predvsem na področju vrhunškega

športa, vendar je z znižanjem cen naprav za merjenje postalo bolj sprejemljivo tudi za klinično delo in ga danes uporabljajo v številnih rehabilitacijskih centrih po svetu (2). Od šestdesetih let prejšnjega stoletja, ko se je koncept izokinetičnih meritev razvil, pa do danes je bilo o tem objavljenih več kot 3800 znanstvenih člankov v indeksiranih mednarodnih revijah, od tega je kar 45% vseh člankov obravnavalo spremembe mišične jakosti pri različnih poškodbah in okvarah kolenskega sklepa. Poškodbe kolenskega sklepa sodijo med najbolj pogoste poškodbe gibalnega sistema. Med stopnjo telesne aktivnosti in pojavnostjo poškodb kolenskega sklepa je tesna povezanost (3, 4). Po podatkih iz svetovne literature predstavljajo poškodbe kolenskega sklepa okrog 20% vseh poškodb v športu (5). Epidemiološka študija o športnih poškodbah med vrhunskimi športniki Republike Slovenije je pokazala podoben trend tudi

Prispelo: 30.3.2009

Sprejeto: 1.6.2009

pri nas, saj predstavljajo poškodbe kolenskega sklepa 12% vseh športnih poškodb (6). Ravno zaradi tega bomo poskušali predstaviti nekatere osnovne koncepte izokinetičnih meritev kolena (ki sicer veljajo tudi za druge mišične skupine) kot tudi nekatere glavne ugotovitve dosedanjih študij, ki so obravnavale spremembe mišične jakosti dinamičnih stabilizatorjev kolena po poškodbi kolena.

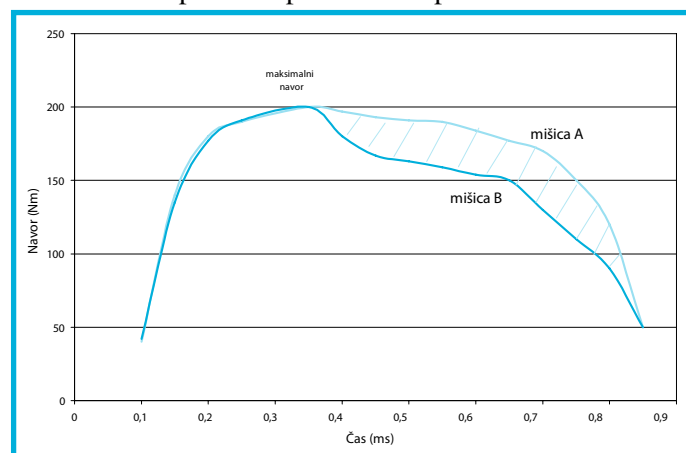
TEMELJNI KONCEPT IZOKINETIČNIH MERITEV

Pri izokinetičnih meritvah gre za meritve mišične jakosti v pogojih odprte kinematične verige. Distalni del uda merjenca je vpet v nastavek, ki je pritrjen na dinamometer. Merjenec proizvaja dinamično mišično silo (koncentrično ali ekscentrično), tako da premika nastavek najhitreje in najmočnejše, kar se da pri konstantni, vnaprej izbrani testni hitrosti (zato izokinetična). Mišica preko ročice ustvari navor (zmnožek dolžine nastavka in mišične sile; $M = F \times r$), ki ga zapisuje senzor dinamometra z ustrežno programsko opremo naprave. Ker začenja merjenec gib iz dogovorjenega začetnega položaja sklepa, bo do takrat, ko bo dosegel izbrano izokinetično meritveno hitrost, minilo nekaj časa (začetna hitrost v času t_0 je enaka $0^\circ/s$) in šele od časa t_1 , ko je izbrana meritvena hitrost dosežena, prične tudi programska oprema zapisovati navor pri izbrani hitrosti. Večina sodobnih dinamometrov zapisuje vrednosti doseženega navora in kotne hitrosti v 0,1 ms časovnih intervalih.

Osnovni parameter, ki ga dobimo pri izokinetičnih meritvah, je tako navor (M , angl. peak torque - PT), izražen v Newton-metrih. Dobljeni navor je posredno merilo mišične jakosti (7). Dinamometri zapisujejo navor agonistov in antagonistov sklepa, kar omogoča računanje ustreznih razmerij med mišicami, ki bodo pojasnjena kasneje. Meritve udov opravljamo obojestransko, kar omogoča primerjave med zdravim in poškodovano stranjo. Vsi sodobni dinamometri omogočajo tudi merjenje ekscentrične mišične jakosti (8). Pri ekscentrični mišični kontrakciji se mišica daljša ob obremenitvi. Navor, ki ga mišica ustvari pri ekscentrični mišični kontrakciji, je vedno večji, kot je navor pri izometrični ali koncentrični mišični kontrakciji (9), kar je v skladu s teoretično krivuljo odnosa med silo in hitrostjo (10).

Vse dobljene vrednosti navora običajno prevedemo na telesno maso merjenca (enota je Nm/kg telesne mase), kar omogoča primerjavo z normativnimi vrednostmi, tako da lahko mišično jakost merjenca ocenimo kot povprečno, nadpovprečno ali podpovprečno glede na njegov spol in telesno maso. Zgolj analiza navora pa včasih ne zadošča. Mišična jakost je fizikalna količina in izraža sposobnost mišice, da proizvaja silo. Mišična moč se razlikuje od mišične jakosti, saj predstavlja delo, ki ga je posamezna mišica sposobna opraviti v določenem času. Delo, ki ga mišica opravi, je celo boljši indikator mišične funkcije kot maksimalni navor, ker mora mišica navor ustvarjati med celotno amplitudo giba in ne samo v eni njeni točki. Možno je namreč, da imata dve mišici enako mišično jakost, vendar

precej različno mišično moč, kar kaže slika 1. Pri zdravih mišicah je ujemanje med jakostjo in močjo običajno izrazito veliko ($r > 0,80$), vendar pa pri mišičnih poškodbah ali motnjah pri aktiviranju mišice lahko postanejo te razlike med jakostjo in močjo pomembne, zato je ob analizi rezultatov izokinetičnih meritev vedno potrebno preveriti oba parametra.



Slika 1: Krivulji navora mišic A in B. Obe mišici imata enak maksimalni navor (200 Nm), vendar pa začne navor pri mišici B hitro upadati in ves čas kontrakcije zaostaja za navorom mišice A. Površina pod krivuljama obeh navorov predstavlja opravljeno delo (pomnožena seveda s hitrostjo gibanja) in je razvidno, da mišica A v enakem časovnem obdobju opravi več dela kot mišica B, kar pomeni, da je močnejša, kljub temu da imata mišici A in B enak maksimalni navor (torej enako jakost).

Krivulja izokinetičnega navora mišice A, ki je prikazana na sliki 1, ima značilno zvonasto obliko. Začetni del krivulje je praviloma strm in nakazuje sposobnost mišice, da silo razvije hitro, kar opisuje čas, potreben za doseganje maksimalnega navora (time to peak torque) (11). Če bi v dveh časovnih razmikih t_1 in t_2 zapisali vrednost navora v strmih delih krivulje, bi lahko izračunali hitrost razvijanja navora (rate of torque development). Ta količina predstavlja nekakšno merilo mišičnega aktiviranja in se pogosto uporablja v znanstveni literaturi ter je na primer pri pacientih po možganski kapi hitrost razvijanja navora štiriglave stegenske mišice na poškodovani strani veliko manjša kot na zdravi (12). Drugo merilo mišičnega aktiviranja bi bil navor, ki ga mišica razvije v 0,2 sekunde. Ta vrednost je bila arbitrarno določena in predstavlja tisto vrednost, v kateri naj bi mišica dosegla vsaj 90% maksimalnega navora (13). Za analizo teh podatkov je zato poleg numerične analize dobljenih podatkov potrebno vedno opraviti tudi t. i. grafično analizo krivulj mišičnega navora.

STANDARDNI MERITVENI PROTOKOL PRI IZOKINETIČNEM TESTIRANJU KOLENA

Splošne kontraindikacije

Za varno opravljanje meritev je treba upoštevati nekatere splošne kontraindikacije za testiranje. Sem sodijo: močno

omejena amplituda gibanja v sklepu, hude bolečine v sklepu, večji izliv (efuzije ali sinovitis), akutne in sveže poškodbe mehkih tkiv in seveda zlomi (14). Prav tako izokinetičnega testiranje ne smemo uporabljati pri pacientih s srčnim popuščanjem (15).

Ogrevanje in namestitev merjenca v merilni napravi

Za zagotavljanje ponovljivosti meritev se je treba držati ustaljenega testnega protokola. Merjenec mora vedeti, kaj od njega pričakujemo in kaj naj sam pričakuje med testiranjem mišične jakosti, zato je pomembno, da pacientu postopek merjenja ustrezno pojasnimo, saj tako zmanjšamo njegov strah in zvečamo njegovo zmogljivost.

Pred pričetkom testiranja se mora merjenec ustrezno ogreti (cikloergometer pri 50-100 Wattov). Ogrevanje traja 5-10 minut, čemur sledi krajše (5-10 sekund) pasivno raztegovanje mišične skupine, ki jo bomo merili (agonistov in antagonistov). Ko se merjenec ustrezno ogreje, ga je treba v merilni napravi namestiti v ustrezen položaj ter ga dobro pritrditi. Glede na to, da pri izokinetičnih meritvah želimo osamiti posamezne mišične skupine, katerih jakost merimo, je pravilna pritrditev merjenca zelo pomembna, saj se sicer lahko povečajo meritvene napake (16). Pritrditev mora zagotoviti merjenčevo stabilnost, obenem pa ga ne sme ovirati pri izvajanju aktivnih mišičnih kontrakcij in naj ne bo zanj neudobna ali celo boleča (slika 2).



Slika 2: Standardni meritveni položaj in pritrditev merjenca v merilni napravi pri izokinetični meritvi kolena. Meritve so bile opravljene na napravi TechnoGym REV 9000 v Laboratoriju za izokinetične meritve na Fakulteti za šport.

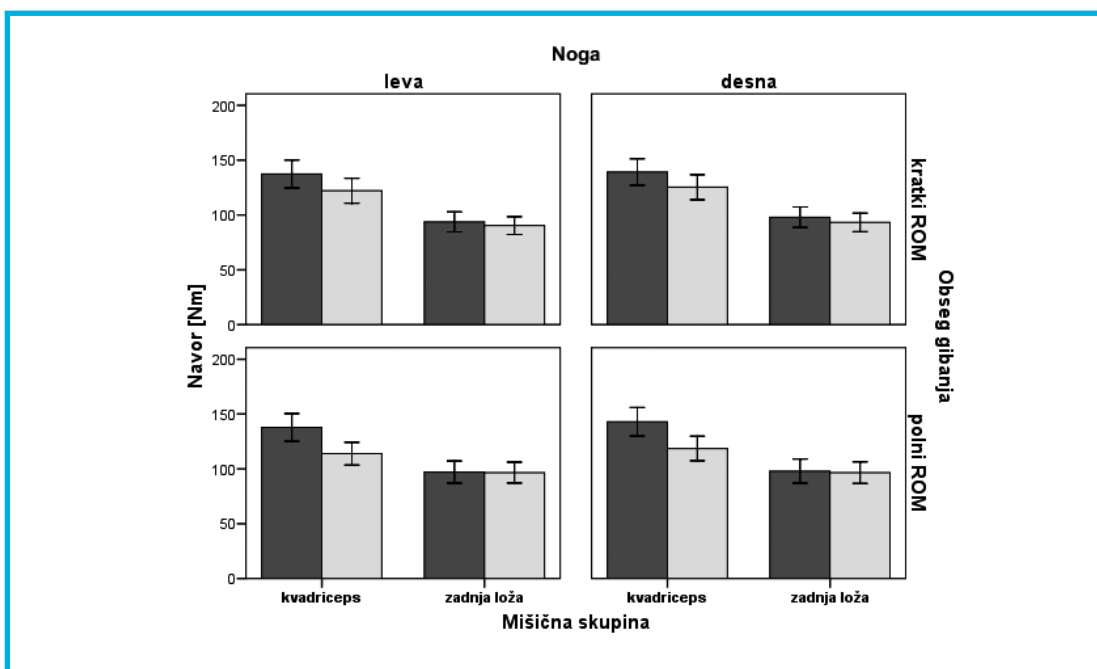
Potem ko merjenca pravilno namestimo v merilni napravi, je treba uravnati anatomsko os merjenčevega sklepa z osjo dinamometra. Nekaterе študije so namreč pokazale, da iztiritev osi sklepa z osjo dinamometra, ki se zgodi med dinamičnimi mišičnimi kontrakcijami, lahko pripelje do velikih meritvenih napak, zato je ta del protokola ključnega pomena. Pri meritvah kolena je referenčna točka zunanji femoralni kondil (oz. zunanja sklepna špranja).

Ko merjenca pravilno namestimo ter pritrdimo in ko je os dinamometra uravnana z anatomsko osjo njegovega sklepa, je treba določiti amplitudo giba, v kateri želimo meritve opraviti.

Izbira amplitude giba

Izbrana amplituda giba ne sme biti boleča, merjenec pa mora biti sposoben opraviti aktivno mišično kontrakcijo med celotno amplitudo giba ter mora seveda zajemati takšne kote amplitude gibanja v sklepu, pri katerih po teoretičnih dognanjih pričakujemo, da bo mišica (mišična skupina) dosegla najvišji navor. Izbira amplitude je v veliki meri odvisna seveda najprej od anatomskih razmer sklepa, ki ga merimo, nato pa še od vnaprejšnjih nastavitvev dinamometra, ki jih določi proizvajalec. Pri meritvah kolena v sedečem položaju je možno nastaviti meritveno amplitudo v obsegu 0-130°.

Meritve najbolj pogosto opravljajo v obsegu 90°-0° (17). Kljub temu so v določenih pogojih takšne meritve za pridobitev profila mišične jakosti pri pacientu nepotrebne (18), še zlasti takrat, ko pacient pri tako veliki amplitudi med testiranjem čuti bolečine (19). Bolečina se običajno pojavi pri določenem kotu in nam pacient o njej pove med poskusnimi ponovitvami. Obstajajo trdni dokazi o bolečinski inhibiciji ekstenzornih in flektornih mišic kolena (20), ki lahko zmanjša maksimalni navor med testiranjem, zato je interpretacija tako dobljenih podatkov težavna, če ne celo nemogoča. Novejše študije (21) so pokazale, da lahko maksimalni mišični navor uspešno ocenimo tudi v veliko manjših meritvenih obsegih, če ob spremembi amplitude giba ustrezno spremenimo tudi testno hitrost, kar smo pokazali tudi v naši študiji (22), v kateri smo primerjali maksimalni ekscentrični in koncentrični navor štiriglave stegenske mišice in zadnje lože stegna v obsegu 0-90° (polni ROM) in v obsegu 30-90° (kratki ROM). Študija je pokazala, da med vrednostmi navora v polnem ROM-u in kratkem ROM-u ni statistično pomembnih razlik (slika 3). Meritve v kratkem obsegu so zato dobra izbira pri tistih pacientih, pri katerih so končne meje ekstenzije kolena lahko problematične (patelofemoralni sindrom, patelarna tendinopatija, rekonstrukcija ACL), pa tudi sicer zaradi udobja pacienta/merjenca v našem laboratoriju opravljamo meritve kolena v tem obsegu gibanja.



Slika 3: Primerjava razlik v navoru štiriglave stegenske mišice in zadnje lože stegna v polnem in kratkem obsegu gibanja (ROM) pri dveh meritvenih hitrostih. Slika kaže, da med navori, dobljenimi v polnem in kratkem obsegu, ni statistično pomembnih razlik. Stolpca različnih barv predstavljata različni meritveni hitrosti za isto mišično skupino v izbranem obsegu gibanja (22).

Popravek zaradi težnosti

Ko je določena amplituda giba, je treba popraviti še težnost. Pri meritvah kolena del noge pod kolenom zaradi lastne mase namreč ustvarja določen gravitacijski navor (težo). Ta navor je lahko precej velik. Če težnosti ne popravimo, bi lahko bile vrednosti koncentričnega navora štiriglave stegenske mišice podcenjene, vrednosti koncentrične jakosti zadnje lože stegna pa precenjene.

Poskusne ponovitve

Merjenec je sedaj pripravljen za izokinetične meritve kolena pri izbrani testni hitrosti. Pred samo meritvijo pa mora merjenec opraviti tudi poskusne ponovitve pri izbrani testni hitrosti. Te ponovitve so submaksimalne, njihov namen pa je merjenca seznaniti s testnimi zahtevami. V sklopu poskusnih meritev merjenec naredi tudi 1-2 maksimalni ponovitvi za obe mišični skupini. Če merjenec med poskusnimi ponovitvami začuti bolečine ali toži zaradi kakšnih drugih težav, lahko meritve začasno ustavimo oz. jih po potrebi prekinemo, če ocenimo, da merjenec ne bo sposoben opraviti zahtevanih testnih ponovitev pri izbrani testni hitrosti.

Izbira testne hitrosti in števila ponovitev

Izbira kotne hitrosti, pri kateri želimo testiranje opraviti, je seveda ključnega pomena. Če opravljamo meritve koncen-

trične jakosti, moramo upoštevati, da z naraščajočo kotno hitrostjo navor pada. Pri oceni ekscentrične jakosti pa velja ravno obratno, ekscentrični navor z naraščajočo hitrostjo gibanja raste do točke, v kateri lahko pride do refleksne inhibicije ekscentrične kontrakcije (npr. močno aktiviranje Golgijevega tetivnega organa) ali do mišične poškodbe. Ravno zato je potrebno dobro poznavanje odnosa sila-hitrost, ki smo ga omenili že uvodoma. Tradicionalno testne hitrosti delimo na nizke (30, 45, 60, 90, 120°/s), srednje (180-240°/s) in visoke hitrosti (>240°/s). Seveda je izbira hitrosti odvisna od sklepa, ki ga merimo, pri kolenu pa največkrat uporabljamo hitrosti 60°/s, 180°/s in 240°/s. Zmanjšanje mišične jakosti in moči bo najbolj vidno pri nizkih hitrostih, medtem ko so srednje hitrosti primerne za ocenjevanje vzdržljivosti v moči (15).

Število nizov meritev je odvisno od namena testnega protokola. Običajno je, da uporabljamo en niz pri izbrani testni hitrosti, število ponovitev pa je odvisno od izbrane hitrosti. Pri nizkih hitrostih merjenec običajno opravi 3-5 ponovitev, pri srednjih in visokih hitrostih pa največ 15-20 ponovitev. Če želimo določiti t. i. indeks utrudljivosti (razlika v odstotkih pri navoru ali opravljenem mišičnem delu mišice/mišične skupine v prvi in zadnji tretjini ponovitev), pa lahko uporabimo test z največ 30 ponovitvami. Nemalokrat se v praksi zgodi, da pri ocenjevanju največje jakosti/moči pacient nima težav, vendar pa takšen test, ki meri vzdržljivost v moči, pokaže pomembne primanjkljaje, ki kažejo na to, da pacient še ni sposoben za daljše in ponavljajoče se obremenitve, saj dinamična stabilizacija kolena takrat odpove, možnost

za ponovno poškodbo pa je velika (23). Med ponovitvami znotraj niza meritev z enako meritveno hitrostjo počitki niso dovoljeni, med posameznimi nizi pa so potrebne 1-3 minute premora, kar omogoča, da mišica po največji obremenitvi ustrezno okreva.

Ko se odločamo o hitrosti, se moramo običajno hkrati odločiti tudi o tem, ali bomo opravljali samo koncentrične meritve ali pa tudi ekscentrične. Večina sodobnih protokolov za izokinetično ocenjevanje kolena vključuje tudi ekscentrične meritve zadnje lože stegna. Kar nekaj študij je potrdilo povezanost med ekscentrično šibkostjo zadnje lože stegna in poškodbami kolena in zadnje lože stegna (24, 25). Naj pri tem opozorimo tudi na večjo previdnost pri takšnih meritvah, saj je edini primer dokazane poškodbe mišice med izokinetičnim testiranjem opisan prav pri 25-letnem igralcu ragbija, pri katerem so opravljali ekscentrično meritev zadnje lože stegna (26).

ANALIZA REZULTATOV IZOKINETIČNIH MERITEV

Prvi korak pri analizi rezultatov izokinetičnih meritev kolena je ocenjevanje maksimalnega navora oz. normaliziranega maksimalnega navora štiriglave stegenske mišice in zadnje lože stegna. S temi podatki dobimo vpogled v profil mišične jakosti merjenca. Da bi takšni podatki lahko bili uporabni, je potrebna primerjava z normativnimi vrednostmi, ki so izmerjene pri zdravih osebah. Težava pri normativnih vrednostih je v tem, da se meritveni protokoli, ki se uporabljajo v študijah, močno razlikujejo med seboj. Po naših podatkih je pričakovana vrednost jakosti štiriglave stegenske mišice pri 60°/s med 2,7 in 3,2 Nm/kg telesne mase, zadnje lože stegna pa med 1,6 in 2,0 Nm/kg telesne mase za moške. Pri hitrosti 180°/s znašajo vrednosti jakosti štiriglave stegenske mišice 1,7-1,8 Nm/kg telesne mase, zadnje lože stegna pa 1,5-1,7 Nm/kg telesne mase (27, 28).

S stališča medicinske stroke je najbolj zanimiva obojestranska primerjava jakosti mišičnih skupin, saj pri poškodbah pričakujemo primanjkljaje jakosti na poškodovani strani. Primanjkljaj med obema stranema je izražen v odstotkih. Pri zdravih ljudeh znašajo razlike v jakosti štiriglave stegenske mišice in zadnje lože stegna med obema stranema pod 10% (29). Velike razlike v jakosti teh mišičnih skupin med obema stranema, zlasti pa štiriglave stegenske mišice so dejavnik tveganja za poškodbe spodnjega uda. Naša študija pri mladih slovenskih nogometaših (N=77) je pokazala, da je pri igralci s primanjkljajem v jakosti štiriglave stegenske mišice med obema stranema pri 60°/s več kot 10% tveganje za poškodbo spodnjega uda 2,53 (95% CI 1,11-5,74), kar je 3,6-krat večje tveganje za poškodbo spodnjega uda kot v skupini igralcev, pri katerih primanjkljajev v jakosti štiriglave stegenske mišice pri 60°/s ni bilo (0,70; 95% CI 0,51-0,95) (30). Če je bil primanjkljaj jakosti štiriglave stegenske mišice nad 30%, pacientom odsvetujemo tek, saj pri njih tveganje

za poškodbo močno narašča. Primanjkljaj v jakosti mišičnih skupin med obema stranema se po dolgoročnem spremljanju pacienta s ponavljajočimi se izokinetičnimi meritvami najbolj spreminja in je objektivna ocena uspešnosti rehabilitacijskega programa.

Poleg absolutnih vrednosti mišičnega navora in razlik med obema stranema običajno izračunamo še razmerja med mišicami, ki nam dajo podatke o mišičnem ravnovesju in sklepni stabilizaciji, kar je pomembno pri preprečevanju poškodb kolenskega sklepa (31, 32). Dokaj običajna ugotovitev je koncentrična šibkost zadnje lože stegna (upogibalk kolena) ob zelo dobrih vrednostih mišičnega navora štiriglave stegenske mišice. Takšne ugotovitve so pogoste zlasti pri tistih športih, pri katerih štiriglava stegenska mišica sodeluje kot t. i. »prime mover« pri osnovnih športnih prvinah, kot so npr. vertikalni skoki (košarka, odbojka).

Najbolj pogosto izračunavamo t. i. konvencionalno razmerje med mišicami, to je razmerje med maksimalnim koncentričnim navorom zadnje lože stegna (Hconc) in maksimalnim koncentričnim navorom štiriglave stegenske mišice (Qconc) (t. i. HQR razmerje = Hconc/Qconc), vendar v zadnjih letih vedno bolj uporabljajo tudi t. i. funkcionalno dinamično razmerje (33), to je razmerje med maksimalnim ekscentričnim navorom zadnje lože (Hecc) in maksimalnim koncentričnim navorom štiriglave stegenske mišice (Qconc) (DFR razmerje = Hecc/Qconc), saj naj bi to razmerje bolj odražalo realne odnose teh mišičnih skupin pri stabilizaciji kolenskega sklepa ter naj bi bilo boljši napovedni dejavnik možnosti poškodbe kot pa klasično razmerje HQR (34). Izračun HQR razmerja uporabljamo za določanje funkcionalne sposobnosti mišic kolenskega sklepa (35). Dokazano je, da je razmerje HQR odvisno od hitrosti izvajanja kontrakcije (ekstenzija in fleksija kolena): pri nizki hitrosti (60°/s) je normalno razmerje HQR okoli 0,60 (maksimalni navor mišic zadnje lože stegna je okoli 60% maksimalnega navora štiriglave stegenske mišice), pri srednjih in višjih hitrostih (180°/s ali 240°/s) pa so vrednosti okoli 1,00 ali več (36).

Poleg razmerij med mišicami lahko iz izokinetičnih meritev izračunamo tudi t. i. znotraj-mišična razmerja. Gre za razmerje maksimalnih ekscentričnih in koncentričnih navorov iste mišične skupine (štiriglave stegenske mišice ali zadnje lože stegna). Če merjenec najbolje izvede izokinetični test za štiriglavo stegensko mišico pri enaki hitrosti pri koncentrični (Qconc) in ekscentrični (Qecc) meritvi, mora biti razmerje ECC/CON večje od 1,00, kar pomeni, da mora biti vrednost maksimalnega ekscentričnega navora te mišice večja od maksimalnega koncentričnega navora iste mišice (15), kar je povsem v skladu s teoretičnim odnosom sila-hitrost, ki ga opisuje t. i. Hillov graf. Če povečamo hitrost merjenja PT, se poveča tudi razmerje ECC/CON (37), kar je seveda pričakovano, ker z naraščajočo hitrostjo raste ekscentrična sila, pada pa koncentrična, posledično pa razmerje naraste. Treba je poudariti, da to znotraj-mišično razmerje predstavlja tudi svojevrstno oceno sposobnosti mišice, da deluje

ekscentrično. Seveda imajo pri tem pomembno vlogo tudi številni živčni dejavniki, saj pri ekscentrični kontrakciji lahko pride do močne inhibicije preko Golgijevih teles, posledice česar pa so nizke vrednosti ekscentričnega navora in majhna vrednost znotraj-mišičnega razmerja, o čemer priča tudi podatek, ki ga navajajo Trudelle-Jackson in sod. (38) v svoji raziskavi, ugotovili so namreč, da ima 35 do 54% zdravih ljudi razmerje ECC/CON manjše od 0,85.

Poleg omenjenih ključnih dejavnikov analize je treba pri analizi podatkov vedno preveriti vrednosti mišičnega dela in moči, prav tako pa je treba okvirno preveriti tudi obliko krivulj izokinetičnega mišičnega navora, kot smo opisali uvodoma.

POŠKODBA SPREDNJE KRIŽNE VEZI IN IZOKINETIČNE MERITVE

Spremembe, ki nastanejo ob in po poškodbi sprednje križne vezi (LCA) privedejo do nestabilnosti kolena (deloma zaradi zmanjšanja mišične jakosti (39), deloma pa zaradi slabše propriocepcije ter slabšega živčno-mišičnega nadzora koordinacije med mišicami (40)), večje so tudi možnosti poškodb meniskusov in obrabe kolenskega sklepa. Glavna težava pri sklepni kirurški rekonstrukciji LCA je izbira ustreznega transplantata (41). Kateregakoli že izberemo za rekonstrukcijo poškodovanega LCA, »žrtvujemo« jakost ene mišične skupine: ekstenzornih ali flektornih mišic kolena. Vprašanje je, ali je izguba jakosti omenjenih mišičnih skupin pomembna? Da bi dobili objektivne podatke o mišični jakosti, že vrsto let uporabljajo izokinetične meritve. Izokinetične meritve kolena lahko varno opravimo 3-4 mesece po opravljeni rekonstrukciji, ko se transplantat popolnoma zaceli.

Murray (42) je primerjal skupino pacientov, ki so bili zdravljeni konzervativno, s skupino pacientov, pri katerih je bil uporabljen transplantat patelarne vezi. Primanjkljaji jakosti štiriglave stegenske mišice (17%) so bili v obeh skupinah statistično značilni (primerjavo so delali obojestransko; poškodovana/zdrava noga). Ta študija je pokazala tudi pomemben upad jakosti flektornih mišic, vendar je bil le-ta veliko manjši. Elmqvist (43) je primerjal skupino pacientov pred in po rekonstrukciji LCA z uporabo transplantata patelarne vezi. Značilne primanjkljaje štiriglave stegenske mišice (20%) so ugotovili tako pred operacijo kot tudi po njej. Tudi Lopresti (44) je prišel do enakih zaključkov, 20% upad jakosti štiriglave stegenske mišice in neznačilen upad jakosti flektornih mišic. Tudi dolgotrajno spremljanje pacientov je pokazalo, da je jakost štiriglave stegenske mišice (za okrog 20%) znižana še tudi dve leti po rekonstrukciji LCA (45). Vse omenjene študije so uporabljale koncentrično koncentrične meritve štiriglave stegenske mišice in flektornih mišic kolena.

Leta 1993 je Dvir poudaril pomen ekscentrične jakosti zadnje lože stegna, ki pripomore k delovanju LCA pri preprečevanju pretirane anteriorne translacije in tudi rotacije tibije. Številne

študije ob uporabi dinamičnega funkcionalnega razmerja (glej zgoraj) pa so pokazale, da je to razmerje veliko boljši napovedni dejavnik kot klasično merjenje razmerja med mišicami (46-48). Z vpeljavo metod pospešene rehabilitacije po rekonstrukciji LCA se je opisani upad jakosti štiriglave stegenske mišice zmanjšal na 10-15% (49).

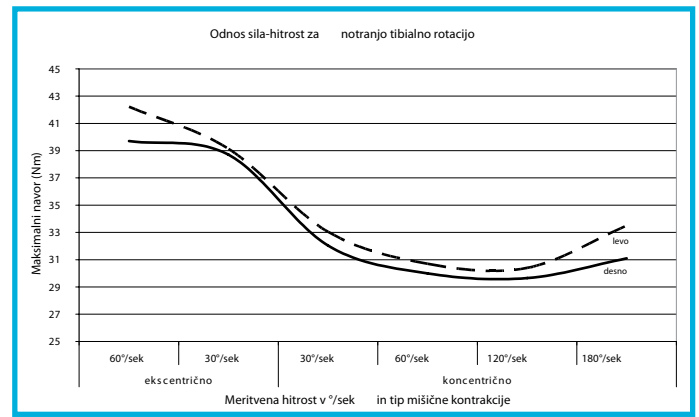
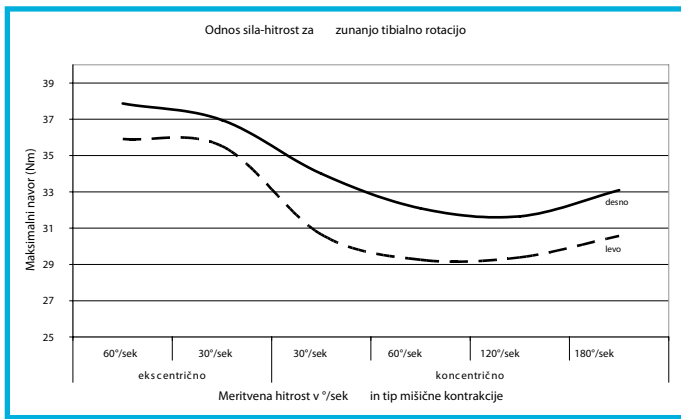
Kljub temu da imajo flektorne mišice kolena tudi pomembno vlogo pri rotacijskih gibih v kolenskem sklepu, je izredno malo študij obravnavalo to problematiko. V študiji, ki poteka sedaj, preverjamo ponovljivost izokinetičnih meritev za oceno jakosti zunanjih in notranjih tibialnih rotatornih mišic pri zdravih merjencih, kar predstavlja uvod za redno spremljanje rotatorne sposobnosti kolena pri pacientih po poškodbi in rekonstrukciji sprednje križne vezi, saj večina, sicer zelo redkih študij, ki je do sedaj obravnavala to problematiko, navaja upad jakosti notranje rotacije pri pacientih s transplantatom iz mišic semitendinosus-gracilis. Meritveni položaj prikazuje slika 4, odnos sila-hitrost pa slika 5 (na naslednji strani).



Slika 4: Meritveni položaj za merjenje zunanje/notranje tibialne rotacije. Merjenec leži, njegova medenica je močno pritrjena. Kolk je skrčen na 60°, koleno pa tako, da je golen vzporedno s podlago, tudi stopalo je močno pritrjeno.

ZAKLJUČEK

Izokinetične meritve mišične jakosti dinamičnih stabilizatorjev kolena so zelo uporabna klinična metoda, ki daje merilcu številne in pomembne podatke o mišičnem statusu merjenca. Meritve so relativno enostavne, varne in imajo visoko ponovljivost. Za uspešne meritve se je treba držati ustaljenega testnega protokola, kar omogoča tudi ustvarjanje velike in zanesljive baze podatkov za normativne vrednosti. Poleg uporabnosti pri najbolj pogosti poškodbi kolena pa dobivajo izokinetične meritve svoj pomen tudi pri ocenjevanju in spremljanju pacientov z najrazličnejšimi okvarami mišično-skeletnega (50, 51) in tudi živčnega sistema (12).



Slika 5: Odnos sila-hitrost za tibialne rotatorne mišice. Levo so prikazane zunanje, desno pa notranje tibialne rotatorne mišice. Krivulje sledijo normalnemu razmerju sila-hitrost vse do visokih koncentričnih hitrosti, pri katerih, verjetno zaradi vpliva rotatornih mišic kolka, prihaja do nepričakovanega dviga vrednosti navora obeh mišičnih skupin.

Literatura:

- Osternig LR. Isokinetic dynamometry: implications for muscle testing and rehabilitation. *Exerc Sport Sci Rev* 1986; 14: 45-80.
- Kannus P. Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *Int J Sports Med* 1994; 15 (Suppl. 1): S11-8.
- Zarins B, Adams M. Knee injuries in sports. *N Engl J Med* 1988; 318(15): 950-61.
- Kujala UM, Taimela S, Antti-Poika I, Orava S, Tuominen R, Myllynen P. Acute injuries in soccer, ice hockey, volleyball, basketball, judo and karate: an analysis of national registry data. *BMJ* 1995; 311(7018): 1465-8.
- Caine DJ, Caine CG, Lindner KJ, eds. *Epidemiology of sports injuries*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1996.
- Dervišević E, Hadžić V. Sport injuries among Slovenian top-level athletes. In: *The rehabilitation of sports muscle and tendon injuries. International Congress on Sports Rehabilitation and Traumatology: abstract book*, Milano, Italy, April 24th-25th 2004. [Milano: s. n., 2004]: 100.
- Magnusson SP. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers: a review. *Scand J Med Sci Sports* 1998; 8(2): 65-77.
- Kellis E, Baltzopoulos V. Isokinetic eccentric exercise. *Sports Med* 1995; 19(3): 202-22.
- Aagard P. Neuromuscular aspects of eccentric muscle contraction in vivo evaluated by use of isokinetic dynamometry. *Isokinet Exerc Sci* 2002; 10(1): 9-10.
- Guyton AC. *Textbook of medical physiology*. 7th ed. Philadelphia [etc.]: Saunders, 1986.
- Mattiello-Rosa SM, Camargo PR, Santos AA, Pádua M, Reiff RB, Salvini TF. Abnormal isokinetic time-to-peak torque of the medial rotators of the shoulder in subjects with impingement syndrome. *J Shoulder Elbow Surg* 2008; 17(1 Suppl.): 54S-60S.
- Gerrits KH, Beltman MJ, Koppe PA, Konijnenbelt H, Elich PD, de Haan A, Janssen TW. Isometric muscle function of knee extensors and the relation with functional performance in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2009; 90(3): 480-7.
- Bohannon RW, Walsh S. Nature, reliability, and predictive value of muscle performance measures in patients with hemiparesis following stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 1992; 73(8): 721-5.
- Davies GJ. Isokinetic testing. In: *Davies GJ. A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques*. 4th ed. Onalaska, Wisconsin: S&S Publishers, 1992: 37.
- Dvir Z. *Isokinetics: muscle testing, interpretation, and clinical applications*. 2nd ed. Edinburgh [etc.]: Churchill Livingstone, 2004: 46.
- Timm KE. Effect of different kinetic chain states on the isokinetic performance of the lumbar muscles. *Isokinet Exerc Sci* 1991; 1: 153-60.
- Dvir Z. *Isokinetics: muscle testing, interpretation and clinical applications*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1995: 41-62, 101-105.
- Dvir Z, Keating J. Reproducibility and validity of a new test protocol for measuring isokinetic trunk extension

- strength. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2001; 16(7): 627-30.
19. Nordgren B, Nordesjo LO, Rauschnig W. Isokinetic knee extension strength and pain before and after advancement osteotomy of the tibial tuberosity. *Arch Orthop Traum Surg* 1983; 102(2): 95-101.
 20. Wild JJ, Franklin TD, Woods, GW. Patellar pain and quadriceps rehabilitation: an EMG study. *Am J Sports Med* 1982; 10(1): 12-5.
 21. Dvir Z. Isokinetic measurements using short range of motion: A new approach to the assessment of muscle function. *Isokinet Exerc Sci* 2003; 11(1): 9-12.
 22. Dervišević E, Hadžić V, Karpljuk D, Radjo I. The influence of different ranges of motion testing on the isokinetic strength of the quadriceps and hamstrings. *Isokinet Exerc Sci* 2006; 14(3): 269-78.
 23. Orchard J, Best TM, Verrall GM. Return to play following muscle strains. *Clin J Sport Med* 2005; 15(6): 436-41.
 24. Jonhagen S, Nemeth G, Eriksson E. Hamstring injuries in sprinters. The role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. *Am J Sports Med* 1994; 22(2): 262-6.
 25. Orchard J, Marsden J, Lord S, Garlick D. Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *Am J Sports Med* 1997; 25(1): 81-5.
 26. Orchard J, Steet E, Walker C, Ibrahim A, Rigney L, Houang M. Hamstring muscle strain injury caused by isokinetic testing. *Clin J Sport Med* 2001; 11(4): 274-6.
 27. Bračić M, Hadžić V, Erčulj F. Koncentrična in ekscentrična jakost upogibalk in iztegovalk kolena pri mladih košarkarjih. *Šport* 2008; 56(3-4): 84-9.
 28. Bračić M, Hadžić V, Dervišević E, Peharec S, Bačić P, Čoh M. Uporaba izokinetike v atletskem treningu. *Atletika* 2008 dec. (57-58): 17-21.
 29. Schiltz M, Lehance C, Maquet D, Bury T, Crielaard JM, Croisier JL. Explosive strength imbalances in professional basketball players. *J Athl Train* 2009; 44(1): 39-47.
 30. Hadžić V, Kavčič I, Dervišević E. Soccer injuries in Slovenia. In: *Health, prevention and rehabilitation in soccer. 16th Congress on Sport Rehabilitation and Traumatology, Milano, Italy, April 14-15 2007. [S.l.]: Calzetti-Mariucci, 2007: 164-5.*
 31. Baltzopoulos V, Kellis E. Isokinetic strength during childhood and adolescence. In: Praagh E van, ed. *Pediatric anaerobic performance. Champaign, IL: Human Kinetics, cop. 1998: 225-40.*
 32. Yamamoto T. Relationship between hamstrings strains and leg muscle strength. *J Sports Med Phys Fitness* 1993; 33: 194-9.
 33. Gerodimos V, Mandou V, Zafeiridis A, Ioakimidis P, Stavropoulos N, Kellis S. Isokinetic peak torque and hamstrings/quadriceps ratios in young basketball players. *J Sports Med Phys Fitness* 2003; 43(4): 444-52.
 34. Dvir Z, Eger G, Halperin N, Shklar A. Thigh muscle activity and anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Biomech* 1989; 4(2): 87-91.
 35. Aagard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K. Isokinetic hamstrings/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. *Acta Physiol Scand* 1995; 154(4): 421-7.
 36. Osternig LR, Hamill J, Sawhill J, Bates BT. Influence of torque and limb speed on power production in isokinetic exercise. *Am J Phys Med* 1983; 62(4): 163-71.
 37. Rizzardo M, Wessel J, Bay G. Eccentric and concentric torque and power of the knee extensors in females. *Can J Sports Sci* 1988; 13(2): 166-9.
 38. Trudelle-Jackson E, Meske NB, Highenboten C, Jackson AW. Eccentric/concentric torque deficits in the quadriceps muscle. *J Orthop Sports Phys Ther* 1989; 11(4): 142-5.
 39. Berchuck M, Andriacchi TP, Bach BR, Rieder B. Gait adaptations by patients who have a deficient anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am* 1990; 72-A(6): 871-7.
 40. Georgoulis AD, Papadonikolakis A, Papageorgiou CD, Mitsou A, Stergiou N. Three-dimensional tibiofemoral kinematics of the anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knee during walking. *Am J Sports Med* 2003; 31(1): 75-9.
 41. Herrington L, Wrapson C, Matthews M, Matthews H. Anterior cruciate ligament reconstruction, hamstring versus bone-patella tendon-bone grafts: a systematic literature review of outcome from surgery. *Knee* 2005; 12(1): 41-50.
 42. Murray SM, Warren RF, Otis JC, Kroll M, Wickiewicz TL. Torque-velocity relationships of the knee extensor and flexor muscles in individuals sustaining injuries of

- the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 1984; 12(6): 436-40.
- 43 Elmqvist LG, Lorentzon R, Johansson C, Langstrom M, Fagerlund M, Fugl-Meyer AR. Knee extensor muscle function before and after reconstruction of anterior cruciate ligament tear. *Scand J Rehabil Med* 1989; 21(3): 131-9.
- 44 Lopresti C, Kirkendall DT, Street GM, Dudley AW. Quadriceps insufficiency following repair of the anterior cruciate ligament. *J Orthop Sports Phys Ther* 1988; 9(7): 245-9.
- 45 Rosenberg TD, Franklin JL, Baldwin GN, Nelson KA. Extensor mechanism function after patellar tendon graft harvest for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1992; 20(5): 519-25; discussion 525-6.
- 46 Hiemstra LA, Webber S, MacDonald PB, Kriellaars DJ. Hamstring and quadriceps strength balance in normal and hamstring anterior cruciate ligament-reconstructed subjects. *Clin J Sport Med* 2004; 14(5): 274-80.
- 47 Hole CD, Smit GH, Hammond J, Kumar A, Saxton J, Cochrane T. Dynamic control and conventional strength ratios of the quadriceps and hamstrings in subjects with anterior cruciate ligament deficiency. *Ergonomics* 2000; 43(10): 1603-9.
- 48 Dvir Z. Joint stability, instability and isokinetic strength ratios. In: Vidmar J. et al., eds. *Mednarodni kongres Sodobne metode rehabilitacije športnikov: zbornik predavanj=International Congress Modern Methods in the Rehabilitation of Sportsmen: abstract book*, [Ljubljana, 26.-28. november 2004]. Ljubljana: Fakulteta za šport, Katedra za medicine športa, 2004: 27-33.
- 49 DeCarlo MS, Shelbourne KD, McCarroll JR, Rettig AC. Traditional versus accelerated rehabilitation following ACL reconstruction: a one-year follow-up. *J Orthop Sports Phys Ther* 1992; 15(6): 309-16.
- 50 Chen CY, Chen CL, Hsu SC, Chou SW, Wang KC. Effect of magnetic knee wrap on quadriceps strength in patients with symptomatic knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89(12): 2258-64.
- 51 Cantalloube S, Monteil I, Lamotte D, Mailhan L, Thoumie P. [Strength, postural and gait changes following rehabilitation in multiple sclerosis: a preliminary study]. [Article in French] *Ann Readapt Med Phys* 2006; 49(4): 143-9.