

IZOKINETIČKA DIJAGNOSTIKA

Nataša Desnica Bakrač, dr.med.
KALIPER Centar za sportsku dijagnostiku

1. Uvod

U današnje vrijeme sport postaje sve zahtijevniji, a naponi kojima su profesionalni sportaši izloženi sve veći. Zbog toga, sve se više pažnje posvećuje kondicijskoj pripremi, kako bi se s jedne strane maksimalno poboljšale sportske performanse, a s druge strane smanjio rizik od ozljeda. Jedan od osnovnih parametara opće fizičke spremne, a ujedno i najzaslužniji za dobre sportske rezultate, je snaga mišića. Osim maksimalne snage, bitan je i pravilan odnos snaga različitih grupa mišića, pogotovo onih vezanih uz isti kinetički lanac. Također mišići služe kao glavni stabilizatori zgobnih sustava, koji su zbog svojih morfološko-funkcionalnih osobina naročito osjetljivi. S jedne strane zglobovi su relativno neelastični, a s druge strane moraju kompenzirati najveći dio stresa lokomotornog aparata. Posljedično, naročito su podložni povredama, a jedina zaštita im je jaka, dobro uravnotežena muskulatura. Da bi se pravilno i uspješno jačao mišićno-zglobni sustav, neophodna je odgovarajuća kvalitativna i kvantitativna dijagnostika koja će omogućiti pravilan odabir vježbi, te posljedično dovesti do uravnotežavanja i optimalizacije stanja. Jedno od najnaprednijih postupaka za ispitivanje relevantnih parametara u tom sistemu je izokinetička dijagnostika. Takvim testiranjem za svakog pojedinca dobivamo detaljan i egzaktn uvid u snagu pojedinih mišićnih skupina, omjere agonista i antagonista, bilateralnu usporedbu istih mišićnih grupa, količinu proizvedenog rada, izdržljivost mjerenu indeksom umora, opseg pokreta u testiranom zglobu i drugo. Nadalje, testirajući izokinetičkom dijagnostikom različite sportaše, ustanovljeno je niz specifičnosti vezanih za pojedini sport, te brojni karakteristični disbalansi između antagonističkih grupa mišića, često i s bilateralnom razlikom. Dobiveni podaci izuzetno su značajni za svakog sportaša i trenera, budući da omogućavaju precizno planiranje treninga. Time možemo znatno povećati efikasnost treninga ciljanim radom, a također i spriječiti velik broj ozljeda, koje su najveća opasnost u sportu.

2. Izokinetika

Izokinetika je metoda vježbanja mišića kod koje se tijekom aktivnog pokreta odabire konstantna brzina pokreta, a otpor se prilagođava automatski (Davies, 1992). Za razliku od izometrijskih vježbi kod kojih su brzina i otpor nepromjenljivi, te izotoničkih vježbi kod kojih je brzina promjenljiva, a otpor konstantan, kod izokinetičkih vježbi odabire se stalna brzina pokreta (dinamička brzina, 1-300°/sec), uz prilagodljiv otpor. Izokinetički uređaji omogućavaju korisniku razvijanje maksimalne sile tijekom cijelog opsega gibanja uz akomodaciju otpora na bol ili zamor, zbog čega se ne može pojaviti preopterećenje mišića ili zglobnih struktura (Dvir, 1995).

Izokinetika se upotrebljava u dijagnostičke, kao i u rehabilitacijske svrhe.

Izokinetički dijagnostički uređaji koriste se u evaluaciji trenutnog stanja lokomotornog aparata, testirajući kvantitativno snagu određenih mišićnih skupina pri različitim brzinama pokreta. U testiranju ekstremiteta najčešće se koriste manje kutne brzine za mjerenje maksimalne snage i veće kutne brzine (uz veći broj ponavljanja) za određivanje izdržljivosti. Također, tijekom testa dobivaju se i drugi važni parametri, kao što su ukupni rad, opseg pokreta, indeks umora, odnos agonističkih i antagonističkih mišićnih skupina, i dr.

U rehabilitaciji, izokinetika se vrlo uspješno koristi kod sportaša kod kojih je došlo do različitih ozljeda i oštećenja sustava za kretanje, kao i kod onih gdje je testiranjem

ustanovljena slabost određenih mišićnih skupina (Horstmann i sur., 2000, Desnica Bakrač, 2003).

3. Opis izokinetičkog testiranja i interpretacija rezultata

Postoje brojni izokinetički uređaji koji se koriste za dijagnostičko testiranje, a osnovnu razliku među njima čini sistem koji je upotrebljen za pružanje otpora. U tu svrhu može se koristiti opruga, pneumatika, hidraulika ili elektronska robotika. Ipak, najčešće se i dalje koriste hidraulički sistemi koji su se pokazali kao najosjetljiviji na fine promjene u primjeni sile, te time i najsigurniji za ispitanika.

U osnovi, izokinetički uređaj se sastoji od aktuatora (hidraulički dinamometar) i stolca s pripadajućim priborom: pomičnim naslonom s gumbima za fiksiranje leđa, ručkom i remenom za stabiliziranje trupa, trakama za fiksaciju natkoljenice, adapterom za koljeno, pomičnom koljenskom polugom s jastukom i remenom za cjevanicu. U aktuatoru je hidraulički mehanizam, s uljem, sistemom ventila i regulatorom brzina. Tijekom testa ili vježbanja ispitanik snagom mišića potiskuje ulje iz jedne komore u drugu, a specijalnim kompenzatornim mehanizmom regulira se otpor tako da se održi zadana brzina pokreta. Dok vježbač koristi svoju snagu, uređaj proizvodi otpor; kad sila prestane prestaje i otpor, zahvaljujući čemu ovakvo vježbanje ne ugrožava vježbača.

Izokinetički uređaj za izokinetičku dijagnostiku je vođen preko računala, a njegovi hidraulički dinamometri s elektronsko-senzornim sustavom čine jedinstvenu cjelinu za određivanje potrebnih mjernih parametara u svakom stupnju opsega pokreta tijekom testiranja. Dobiveni podaci automatski se obrađuju u računalu i koreliraju s očekivanim rezultatima iz baze podataka, koji se smatraju standardnim vrijednostima za određeni zglobni sustav.

Izokinetičkim aparatima moguće je aktivnim pokretom testirati mišićne grupe vezane uz koljena (slika 1 i 2), skočne zglobove (slika 3), kukove (slika 4), ramena (slika 5), laktove i kralješnicu (slika 6).



Slika 1: Izokinetika koljena



Slika 3: Izokinetika skočnog zgloba



Slika 2: Izokinetika koljena



Slika 4: Izokinetika kukova



Slika 5: Izokinetika ramena

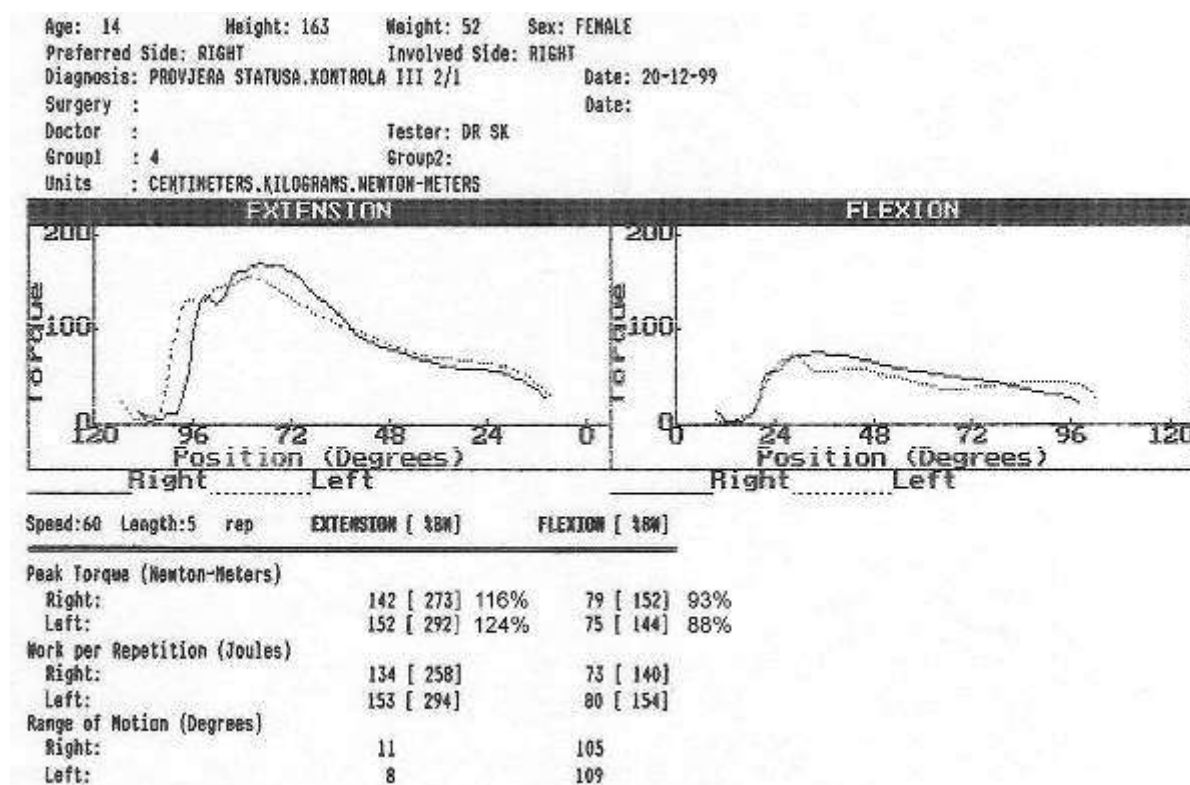


Slika 6: Izokinetika kralješnice

Pokreti se testiraju u svim smjerovima (ekstenzija, fleksija, abdukcija, adukcija, unutrašnja i vanjska rotacija), za svaki zglob posebno. Testiranje se najčešće provodi na brzinama od $60^\circ/\text{sec}$ (ispitivanje maksimalne snage mišića) i $240^\circ/\text{sec}$ (ispitivanje izdržljivosti). Tijekom aktivnog pokreta analizira se snaga pojedinih mišićnih skupina, obrtni moment, indeks umora, opseg pokreta zgloba, ostvareni rad za različite mišićne skupine, ukupni rad, i dr. Podaci se zatim uspoređuju sa standardiziranom normalom koja predstavlja očekivanu vrijednost za konkretnu mišićnu skupinu za svakog ispitanika, uzimajući u obzir dob, spol, visinu, težinu i razinu sportske aktivnosti. Treba uočiti da su te očekivane normale za svaku mišićnu skupinu vrlo različite od pojedinca do pojedinca, te će npr. biti daleko veće za dobro utreniranog sportaša mlađe dobi, nego za neku stariju osobu koja se manje kreće. Te očekivane vrijednosti

dobivene su na mjerenjima jako velikog uzorka (preko 20000 ispitanika), te im je zbog toga pouzdanost vrlo visoka.

Rezultati testa, osim izmjerenih vrijednosti koje su u digitalnom obliku, mogu se iskoristiti i za izračun: međusobnih odnosa parametara, odnosa agonista i antagonista, bilateralne usporedbe, vremena akceleracije, brzine reciprociteta pokreta, kuta maksimalnog obrtnog momenta, indeksa razvoja umora ili izdržljivosti u apsolutnim i relativnim vrijednostima itd. Grafičkom obradom dobije se prikaz krivulja opsega pokreta s mogućim kritičnim kutevima zbivanja u tijeku pokreta, komparativni odnosi parametara ispitanih mišićnih grupa i bilateralnih odnosa ekstremiteta.



Graf 1. Rezultati izokinetičke dijagnostike kukova.

Primjer grafičkog ispisa izokinetičke dijagnostike prikazan je na Grafu 1. U ovom konkretnom slučaju testiran je zglob kuka s pripadajućim mišićnim skupinama desne (puna linija) i lijeve (iscrtkana linija) noge, na brzini testiranja od 60°/sec. Obrtni moment u Nm (mjera jakosti mišića) dan je kao funkcija opsega pokreta u stupnjevima. Na lijevom dijelu grafa prikazani su rezultati za ekstenzore koljena, a na desnom za fleksore. Tablica1 prikazuje numeričku analizu istog testiranja, na brzini od 60°/sec (5 ponavljanja) i 240°/sec (15 ponavljanja). Za ekstenzore i fleksore kukova dat je obrtni moment (Nm), ostvareni rad u jednom pokretu (J), opseg pokreta (stupnjevi), indeks umora i ukupni ostvareni rad (J). Brojke u prvom stupcu prikazuju apsolutne vrijednosti, a one u zagradi relativne u odnosu na tjelesnu težinu. Pored toga date su i vrijednosti u postocima koje označavaju postotak od očekivane standardizirane vrijednosti uzimajući u obzir dob, spol, visinu, težinu i razinu sportske aktivnosti. U ovom konkretnom primjeru vidljivo je da su ekstenzori oba kuka bitno jači od fleksora, odnosno da desni ekstenzor ima snagu od čak 142%, a lijevi 148%, dakle 42% odnosno 48% više od očekivane normale za konkretnog testiranog pojedinca. Fleksori kukova bitno su slabiji, te njihova snaga iznosi samo 79% (desna noga) i 84% (lijeva noga) od očekivane vrijednosti.

Takav nalaz pokazuje nam da postoje izuzetno veliki disbalansi između antagonističkih mišićnih skupina kukova, te da bi trebalo bitno ojačati fleksore kukova kako bi se prevenirao nastanak povrede ili oštećenja u području kukova i susjednim zglobnim sklopovima.

4. Primjena izokinetičke dijagnostike

a) evaluacija trenutnog stanja sportaša

Kod svakog sportaša izuzetno je važno izokinetičkom dijagnostikom ustanoviti kolika je njegova maksimalna snaga mišića, kakva mu je mišićna izdržljivost, gdje su mu slabosti, a gdje jake točke. Na temelju dobivenih rezultata za svakog pojedinca može se optimalno prilagoditi način i intenzitet treniranja. Nadalje, potrebno je utvrditi postoje li disbalansi različitih mišićnih skupina koji bi negativno utjecali na trenažne procese, a također sportaša potencijalno predisponirali za različite ozljede.

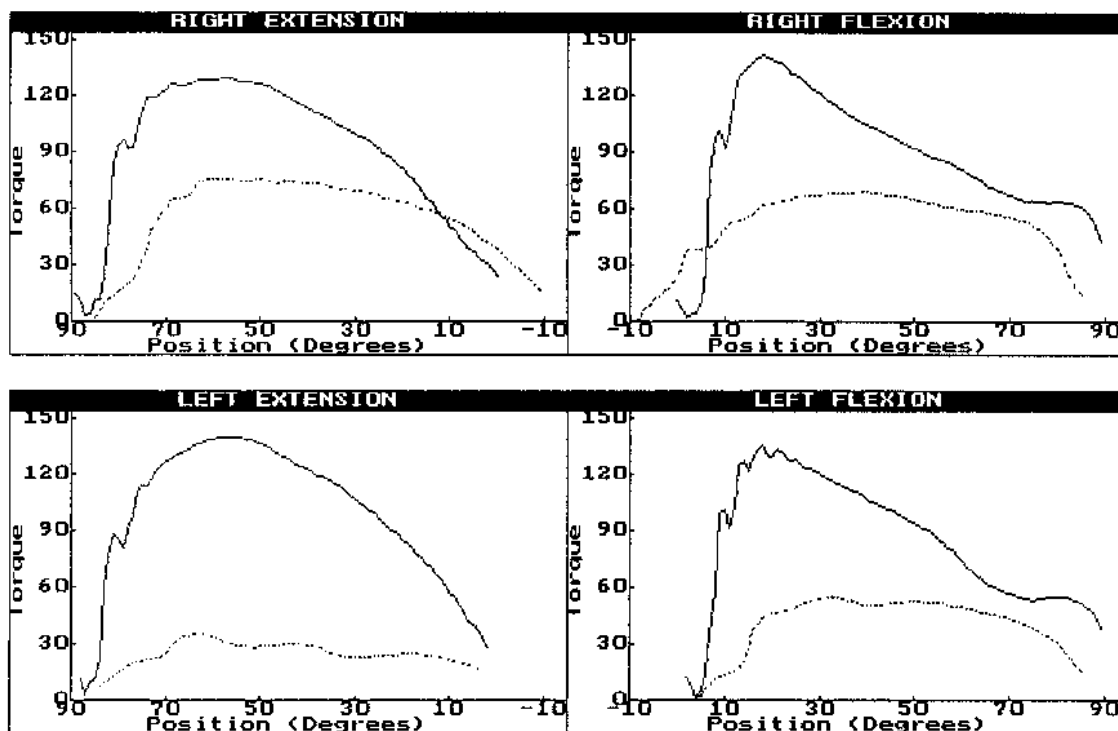
b) evaluacija stanja nakon povrede (prethodi rehabilitaciji)

Precizan, detaljan dinamički status kinetičkog lanca u kojem je došlo do ozljede, preduvjet je za provođenje kvalitetne, ciljane, individualizirane izokinetičke rehabilitacije. Pri tom se koristi vrlo važno inherentno svojstvo izokinetike da ne opterećuje zglobove, tako da je mjerenje moguće provesti i u slučaju svježih ozljeda ili oštećenja zglobnih struktura.

c) evaluacija uspješnosti rehabilitacije i procjena povratka sportu

Po završetku rehabilitacije važno je ustanoviti da li je mišićna snaga ozlijeđenog ekstremiteta vraćena u zadovoljavajućoj mjeri, a također da li su omjeri agonista i antagonista primjereni. Rehabilitacija se smatra uspješna, a sportaš spreman za povratak treningu i natjecanjima kada je snaga mišića ozlijeđenog ekstremiteta unutar 10-15 % snage zdravog ekstremiteta.

Primjer takvog komparativnog testa vidljiv je na grafu 2 i u tablici 2. Graf2 prikazuje ekstenziju i fleksiju koljena, gdje je obrtni moment u Nm (mjera jakosti mišića) dan kao funkcija opsega pokreta u stupnjevima. Prvo testiranje (isprekidana crta) rađeno je prije početka izokinetičke rehabilitacije, a drugo (puna crta) neposredno po završetku. U lijevom gornjem dijelu grafa 2 vidimo krivulje ekstenzije desnog koljena, a u desnom gornjem dijelu desne fleksije za 1. i 2. testiranje. U donjem lijevom kvadrantu nalaze se krivulje lijeve ekstenzije, a u desnom donjem lijeve fleksije koljena, za oba testiranja. puna crta testiranja. U gornjem dijelu tablice nalaze se podaci za testiranje na niskim brzinama $60^\circ/\text{sec}$, a u donjem na visokim $240^\circ/\text{sec}$ (15 ponavljanja) za slijedeće parametre, za svaku nogu posebno: obrtni moment (Nm), ostvareni rad u jednom pokretu (J), opseg pokreta (stupnjevi), indeks umora i ukupni ostvareni rad (J). Brojke u prvom stupcu prikazuju vrijednosti Testa1, u drugom Testa 2, a u trećem promjenu između Testa1 i Testa2 prikazanu u postocima. Vidljivo je da je u Testu1 snaga mišića ekstenzora koljena (mjerena kao obrtni moment u Nm) bila izuzetno niska, pogotovo za lijevu (ozlijeđenu) nogu koja je iznosila samo 35Nm.



Graf 2: Izokinetičko dijagnostičko testiranje; komparativna analiza ekstenzije i fleksije koljena – grafički prikaz: isprekidana crta - test1 (početni) puna crta – test 2 (završni)

Tablica 1. Izokinetičko dijagnostičko testiranje; komparativna analiza ekstenzije i fleksije koljena

	EXTENSION			FLEXION		
	Test1	Test2	Change	Test1	Test2	Change
LOW SPEED TEST RESULTS						
Peak Torque (Newton-Meters)						
Right:	77	123	60 %	65	136	109 %
Left:	35	141	303 %	50	129	158 %
Work Per Repetition (Joules)						
Right:	88	132	50 %	77	130	69 %
Left:	35	149	326 %	52	125	140 %
Range of Motion (degrees)						
Right:	-5	4	9 °	87	90	3 °
Left:	7	4	-3 °	86	90	4 °
HIGH SPEED TEST RESULTS						
Initial Peak Torque (Newton-Meters)						
Right:	53	99	87 %	52	130	150 %
Left:	33	88	167 %	27	100	270 %
Fatigue Index						
Right:	10	19	9 #	8	15	7 #
Left:	8	18	10 #	-20	5	25 #
Total Work Done (Joules)						
Right:	666	971	46 %	626	1105	77 %
Left:	434	1082	149 %	401	1067	166 %

U tablici 1 date su numeričke vrijednosti za gore navedena komparativna izokinetička. Po završetku rehabilitacije vidljiv je izuzetan napredak u svim testiranim parametrima, tako da ako npr gledamo povećanje jakosti ekstenzora koljena vidimo da je lijeva noga ojačala čak za 303%, dok je snaga desnog ekstenzora koljena narasla za 60%. Također vidimo da su vrijednosti ekstenzora i fleksora obje noge u Testu2 prilično dobro usklađene, a ekstenzori lijeve (ozlijeđene) noge čak jači od ekstenzora desne noge (budući da je lijeva noga bila u rehabilitaciji vježbana bitno više nego desna). Nije na odmet napomenuti da je Test 2 rađen

samo 3 tjedna nakon izokinetičke rehabilitacije (od 15 tretmana). Na temelju toga može se zaključiti da je rehabilitacija bila izuzetno uspješna, te da je sportaš spreman za povratak uobičajenim sportskim naporima.

d) u prevenciji ozljeda i oštećenja

Izokinetička dijagnostika izuzetno je značajna u prevenciji ozljeda i oštećenja mišićno-koštanog sustava. To je posebno važno kod sportaša kod njih postoje ogromni zahtjevi na sustav za kretanje (i posljedično bitno povećan rizik od ozljeđivanja) i kod kojih možemo detekcijom i ispravljanjem disbalansa različitih grupa mišića spriječiti ozljede. Postoje brojne studije koje pokazuju visoku korelaciju između mišićnih disbalansa i pojave i učestalosti povreda. Analizom izokinetičkih testova mogu se utvrditi rani rizici mogućih poremećaja ili ozljeda prije razvoja subjektivnih simptoma. Pri tome svakako treba naglasiti značaj procjene odnosa agonista i antagonista kao jednog od glavnih pokazatelja stabilnosti zgloba ili rizika ozljeda zglobnih struktura i pojave simptoma prenaprezanja. Različite studije pokazale su npr. da mišićni disbalansi kukova mogu dovesti do učestalih i opetovanih ozljeda mišića bicepsa femorisa (Croiser i sur., 2002). Također, u studiji koja je uključivala pacijente s lumbosakralnim sindromom pronađen je velik disbalans antagonista kukova, koji posljedično opterećuje kralješnicu, uzrokujući bolove u donjem dijelu leđa (Kualja i sur., 2002).

e) kao trenažni alat

Izokinetičko testiranje korisno je višestruko provoditi u različitim fazama periodizacije. Time se na temelju dobivenih rezultata trenažni procesi mogu usmjeriti na ciljano poboljšanje snage i jačanje ustanovljenih slabijih točaka (bolja uspješnost u pojedinom sportu).

f) longitudinalno praćenje pojedinog sportaša

Postoje brojne longitudinalne studije kod kojih se uspoređuju rezultati sukcesivnih testiranja kod iste osobe ili iste skupine ispitanika (Desnica Bakrač, 2002). Također, može se pratiti i razvoj mišićnih disbalansa tijekom dužeg vremenskog perioda, korelirajući ih sa subjektivnim simptomima (Benjuy i sur., 2000). Izokinetičko testiranje korisno je raditi redovito kroz dulje vremensko razdoblje radi: procjene fizičke spremnosti, praćenja napretka i procjene adekvatnosti i uspješnosti treninga. Tako se ponavljanjem testova i progresivnom analizom može dobiti detaljan uvid u promjenu svakog mjernog parametra uz izračun stupnja promjene čime je osigurana točnost retrogradne analize zbivanja.

g) ispitivanje zajedničkih karakteristika određene grupe sportaša

Izokinetičkom dijagnostikom većeg broja ispitanika dobivamo uvid u stanje lokomotornog aparata testirane grupe sportaša u cjelosti. Pokazalo se da sportaši koji se bave određenim sportom često na testiranju imaju različite poremećaje specifične upravo za taj sport. Na primjer, kod skupine vrhunskih skijaša ustanovljeni su specifični disbalansi pojedinih antagonističkih mišićnih skupina, a s tim u vezi bili su i određeni subjektivni simptomi. Konkretno u toj grupi sportaša nađen je velik disbalans između antagonista kukova (fleksori kukova bili su bitno slabiji nego ekstenzori) što je često bilo praćeno bolovima u leđima (zbog pojačanog opterećenja na kralješnicu). Svaki sport ima zbog različitosti trenažnih procesa svoje specifičnosti, a izokinetička dijagnostika daje nam uvid u srž problema, kao i smjernice za adekvatno rješenje.

5. Zaključak

Izokinetička dijagnostika je metoda koja nam omogućava preciznu objektivizaciju i kvantitativno određivanje biomehaničkih parametara u realnom procjenjivanju cjelokupne funkcije sustava za kretanje. Takvim testiranjem moguće je kod svakog pojedinog sportaša

ustanoviti trenutno stanje snage i izdržljivosti testiranih mišićnih skupina, uz adekvatan odgovor pripadajućih zglobnih sustava, te time pomoći treneru u što efikasnijem planiranju i programiranju individualiziranih trenažnih procesa, personaliziranih za konkretnog sportaša. Također, izokinetičkom dijagnostikom možemo ustanoviti postoje li specifične slabosti pojedinih mišićnih grupa, kao i potencijalni disbalansi između antagonističnih mišićnih skupina, budući da disbalansi među antagonistima mogu dovesti do različitih povreda i oštećenja lokomotornog aparata. Nadalje, longitudinalnim praćenjem sportaša možemo precizno pratiti promjene tijekom opserviranog vremena, a dobivene rezultate upotrijebiti pri planiranju treninga, budući da korekcijom eventualnih disbalansa i optimalizacijom testiranih parametara možemo značajno poboljšati sportske rezultate kao i spriječiti eventualne ozljede.

6. Literatura

1. Benjuya, N., Plotqin, D., Melzer, I. (2000): Isokinetic profile of patient with anterior cruciate ligament tear, *IESCEE*.8(4):229-232.
2. Croisier, JL., Forthomme, B., Namurois, MH., Nanderthommen, M., Crielaard, JM. (2002): Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders, *American Journal of Sports Medicine*. 30(2):199-203.
3. Davies, G.J. (1992). A compendium of isokinetics in clinical usage. 4 th ed. Onalaska,WI: S&S Publishers.
4. Desnica Bakrač, N. & Šučur Ž. (2002): Young athletes' knee instability treated with isokinetic rehabilitation. 6th International Conference in Orthopedics and Biomechanics, Asissi, Italy.
5. Desnica Bakrač, N. (2003): Isokinetic rehabilitation in treating knee injuries, *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43(1):69-74.
6. Dvir, Z. (1995). Isokinetics muscle testing, interpretation and clinical applications. 2 nd ed. Edinburgh: Churchill-Livingstone.
7. Horstmann, T., Mayer, F., Heitkamp, HC., Merk, J., Axmann, D., Bork, H., Dickhuth, HH. (2000): Isokinetic strength-training in patients with osteoarthritis of the knee [German] *Rheumatology*. 59(2):93-100.
8. Kvalja, S., Desnica Bakrač, N., Juric-Šolto, G., Šučur, Ž., Gnjidić, Ž. (2002): Isokinetic diagnostics in patients with low back pain, *Internacionalni Kongres Neurokirurškog društva*, Zagreb.