

IZOKINETIČKA DIJAGNOSTIKA

dijagnostika treniranosti sportaša

dr.med. Nataša Desnica

KALIPER Centar za sportsku dijagnostiku

1.UVOD

U današnje vrijeme sport postaje sve zahtjevniji, a napori kojima su profesionalni sportaši izloženi, sve veći. Zbog toga, sve se više pažnje posvećuje kondicijskoj pripremi, kako bi se, s jedne strane, maksimalno poboljšala sportska izvedba i postignuća, a s druge strane, smanjio rizik od ozljeda. Jedan od osnovnih parametara opće fizičke spreme, ujedno i najzaslužniji za dobre sportske rezultate, jest snaga mišića. Osim maksimalne snage, bitan je i pravilan odnos snage različitih mišićnih grupa, pogotovo onih vezanih u isti kinetički lanac. Mišići služe kao glavni stabilizatori zglobnih sustava, koji su zbog svojih morfološko-funkcionalnih osobina naročito osjetljivi. Zglobovi su relativno neelastični, a moraju kompenzirati najveći dio stresa lokomotornog sustava. Posljedično, naročito su podložni ozljedama, 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. Jedan od najnaprednijih postupaka za ispitivanje relevantnih parametara u tom sustavu jest izokinetička dijagnostika. Izokinetičkim testiranjem dobivamo:

- detaljan i egzaktan uvid u snagu pojedinih mišićnih skupina,
- omjerni odnos agon ista i antagonista,
- bilateralnu usporedbu istih mišićnih grupa,
- količinu proizvedenog rada,
- izdržljivost mjerenu indeksom umora,
- opseg pokreta u testiranom zglobu i drugo.

Nadalje, na temelju testiranja različitih sportaša, izokinetičkom dijagnostikom ustanovljen je niz specifičnosti vezanih za pojedini sport, kao i 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. Efikasnost treninga tako se znatno povećava ciljanim radom, a također se sprečava velik broj ozljeda, koje su najveća opasnost u sportu.

2. Izokinetika

Izokinetika je metoda vježbanja mišića u kojoj se tijekom aktivnog pokreta odabire konstantna brzina izvedbe, a otpor se prilagođava automatski (Davies, 1992). Za razliku od izometrijskih vježbi, u kojima su brzina i otpor nepromjenljivi, te izotoničkih vježbi, u kojima je brzina promjenljiva, a otpor konstantan, u izokinetičkim vježbama odabire se stalna brzina pokreta (dinamička brzina, 1-300⁰/s), uz prilagodljiv otpor. Izokinetički uređaji omogućavaju korisniku razvijanje maksimalne sile tijekom cijelog opsega gibanja " uz prilagodbu, 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 tako da kvantitativno testiraju 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 drugo.

U rehabilitaciji, Izokinetika se vrlo uspješno koristi za sportaše kod kojih je došlo do različitih ozljeda i oštećenja sustava za kretanje, kao i za one za koje 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 u osnovi se razlikuju prema sustavu koji je upotrebljen za pružanje otpora - opruga, pneumatika, hidraulika ili elektronska robotika. Ipak, najčešće se i dalje koriste hidraulični sistemi koji su se pokazali najosjetljivijima na fine promjene u primjeni sile te, time, i najsigurniji za ispitanika.

U osnovi, izokinetički uređaj se sastoji od aktuatora (hidraulični dinamometar) i stolca s pripadajućim priborom: pomičnim naslonom s tipkama 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 hidraulični mehanizam s uljem, sustavom ventila i regulatorom brzina. Tijekom testa ili vježbanja ispitanik snagom mišića potiskuje ulje izjedne komore u drugu, a specijalnim kompenzacijskim 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 takvo vježbanje ne ugrožava vježbača.

Računalo vodi izokinetički uređaj za izokinetičku dijagnostiku, čiji hidraulični dinamometri s elektronsko-senzornim sustavom čine jedinstvenu cjelinu za određivanje potrebnih mjernih parametara na svakom stupnju opsega pokreta tijekom testiranja. Dobiveni podaci automatski se obrađuju u računalu i uspoređuju s očekivanim rezultatima iz baze podataka, koji se smatraju standardnim vrijednostima za određeni zglobni sustav.

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

Pokreti se testiraju u svim smjerovima (ekstenzija, fleksija, abdukcija, adukcija, unutarnja i vanjska rotacija) za svaki zglob posebno. Testiranje se najčešće provodi brzinama od $60^{\circ}/s$ (ispitivanje maksimalne snage mišića) i $240^{\circ}/s$ (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 drugo.

Podaci se zatim uspoređuju sa standardiziranom normalom koja predstavlja očekivanu vrijednost za konkretnu mišićnu skupinu za svakog ispitanika, pri čemu se u obzir uzimaju dob, spol, visina, težina i razina sportske aktivnosti. Treba uočiti da se te očekivane normale za svaku mišićnu skupinu razlikuju od pojedinca do pojedinca te će, primjerice, biti daleko veće za dobro treniranog sportaša mlađe dobi, nego za neku stariju osobu koja se manje kreće. Te očekivane vrijednosti dobivene su na mjerenjima jako velikog uzorka (preko 20 000 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, bilateralnih usporedaba, 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 kutovima zbivanja u tijeku pokreta te komparativni odnosi parametara ispitanih mišićnih grupa i bilateralnih odnosa" ekstremiteta.

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, pri brzini testiranja od $60^{\circ}/s$. Obrtni moment u Nm (Newton metar - mjera jakosti mišića) dan je kao funkcija opsega pokreta u stupnjevima. Na lijevom dijelu grafa prikazani su rezultati za ekstenzore kuka, a na desnom za fleksore. Tablica 1 prikazuje numeričku analizu izokinetičke dijagnostike istog testiranja. Za ekstenzore i fleksore kukova prikazan je obrtni moment (Nm), ostvareni rad u jednom pokretu (J) i opseg pokreta (stupnjevi). Brojke u prvom stupcu prikazuju apsolutne vrijednosti, a one u zagradi relativne vrijednosti u odnosu na tjelesnu težinu. Osim toga, dane su i vrijednosti u postocima koje označavaju postotak od očekivane standardizirane vrijednosti s obzirom na 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 116%, a lijevi 124% od očekivane normale za konkretnog testiranog pojedinca. Fleksori kukova bitno su slabiji - njihova snaga iznosi samo 93% (desna noga) i 88% (lijeva noga) od očekivane vrijednosti.

Takav nalaz pokazuje nam da postoji izuzetno velik disbalans između antagonističkih mišićnih skupina kukova te da bi trebalo bitno ojačati fleksore kukova kako bi se prevenirao nastanak ozljede ili oštećenja u području kukova i u susjednim zglobnim strukturama.

4. Primjena izokinetičke dijagnostike

a) Evaluacija trenutnog stanja sportaša

Za 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, način i intenzitet treniranja mogu se optimalno prilagoditi svakom pojedincu. Potrebno je utvrditi i postoji li disbalans između različitih mišićnih skupina koji bi negativno utjecao na trenažne procese, a sportaša predisponirao za ozljede.

b) Evaluacija stanja nakon povrede (prethodi rehabilitaciji)

Precizan, detaljan uvid u dinamički status kinetičkog lanca u kojemu je došlo do ozljede, preduvjet je za provođenje kvalitetne, ciljane, individualizirane izokinetičke rehabilitacije. Pri tome 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.

e) Evaluacija uspješnosti rehabilitacije i procjena za povratak sportu

Po završetku rehabilitacije važno je provesti kvantitativno testiranje da bi se ustanovilo je li mišićna snaga ozlijeđenog ekstremiteta vraćena u zadovoljavajućoj mjeri te jesu li omjeri agonista i antagonista primjereni. Jedan od glavnih kriterija za povratak sportu jest da se snaga mišića ozlijeđenog ekstremiteta vrati unutar 10-15 % snage zdravog ekstremiteta.

Izokinetička dijagnostika smatra se najpreciznijom metodom za provjeru toga kriterija. Rehabilitacija se, dakle, smatra uspješnom, a sportaš spremnim za povratak treningu i natjecanjima kada se pouzdano i kvantitativno utvrdi da su mišići dovoljno ojačali. Primjer takvog kvantitativnog komparativnog dijagnostičkog testa vidljiv je na grafu 2 i u tablici 2. Graf 2 prikazuje ekstenziju i fleksiju koljena, gdje je obrtni moment u Nm 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 99^o dijelu grafa 2 vidimo krivulje ekstenzije desnog koljena, a u desnom gornjem dijelu krivulje fleksije desnog koljena za 1. i 2. testiranje. U donjem lijevom kvadrantu nalaze se krivulje ekstenzije lijevog koljena, a u desnom donjem fleksije za oba testiranja.

U tablici 2 prikazane su numeričke vrijednosti za gore navedena komparativna izokinetička testiranja. U gornjem dijelu tablice nalaze se podaci za testiranje pri niskim brzinama 60^o/s, a u

donjem pri visokim $240^{\circ}/s$ (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 prvog testa, u drugom testa 2, a u trećem promjenu između dva testa prikazanu u postocima. Vidljivo je da je u testu 1 snaga mišića ekstenzora koljena (mjerena kao obrtni moment u Nm) bila izuzetno niska, pogotovo za lijevu (ozlijeđenu) nogu koja je iznosila samo 35Nm. Po završetku rehabilitacije vidljiv je izuzetan napredak u svim testiranim parametrima - ako, primjerice, 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 obiju nogu u testu 2 prilično *dobra* usklađene, a ekstenzori lijeve (ozlijeđene) noge čak su jači od ekstenzora desne noge (budući da je sportaš ozlijeđenom nogom u rehabilitaciji vježbao bitno više nego zdravom, desnom). Nije na odmet napomenuti da je test 2 proveden 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 postao spreman za povratak uobičajenim sportskim naporima u znatno kraćem vremenu od onoga uobičajenoga za rehabilitaciju klasičnim metodama.

d) U prevenciji ozljeda i oštećenja

Izokinetička dijagnostika izuzetno je značajna u prevenciji ozljeda i oštećenja mišićno-koštanog sustava. To je osobito važno za sportaše kod kojih 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 te pojave i učestalosti ozljeda (Ernst i sur., 2000, Loweli i sur., 2001). Analizom izokinetičkih testova mogu se utvrditi rani rizici za moguće poremećaje ili ozljede prije razvoja subjektivnih simptoma. Pri tome svakako treba naglasiti važnost procjene odnosa agonista i antagonista kao jednog od glavnih pokazatelja stabilnosti zgloba ili rizika za ozljedu zglobnih struktura i pojavu simptoma prenaprezanja. Različite studije pokazale su da, primjerice, mišićni disbalansi kukova mogu dovesti do učestalih i opetovanih ozljeda mišića *biceps femoris* (Croiser i sur., 2002). Također je u studiji koja je uključivala pacijente s lumbo-sakralnim sindromom pronađen velik disbalans antagonista kukova, koji posljedično opterećuje kralješnicu, uzrokujući bolove u donjem dijelu leđa (Kupalja i sur., 2002).

e) Kao trenažni alat

Izokinetička testiranje korisno je višekratno provoditi u različitim fazama godišnjeg ciklusa treninga. Time se na temelju dobivenih rezultata trenažni procesi mogu usmjeriti na ciljano poboljšanje snage i jačanje slabijih točaka (bolja uspješnost u pojedinom sportu).

f) longitudinalno praćenje pojedinog sportaša

Postoje brojne longitudinalne studije kod kojih se uspoređuju rezultati sukcesivnih testiranja iste osobe ili iste skupine ispitanika (Desnica Bakrač i sur., 2002). Također se može pratiti razvoj mišićnih disbalansa tijekom dužeg razdoblja i pojava povezanih subjektivnih simptoma (Benjuy i sur., 2000). Izokinetička testiranje korisno je provoditi redovito kroz duže razdoblje radi praćenja promjena fizičke spremnosti, napretka te procjene adekvatnosti i uspješnosti treninga. Tako se ponavljanjem testova i progresivnom analizom može dobiti detaljan uvid u promjenu svakog mjenjenog 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 sustava testirane grupe sportaša u cijelosti. Pokazalo se da sportaši koji se bave određenim sportom često na testiranju imaju razne poremećaje specifične upravo za taj sport. Na primjer, u skupini vrhunskih skijaša ustanovljeni su karakteristični disbalansi pojedinih antagonističkih mišićnih skupina, a s time u vezi pojavljivali su se 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 šport ima zbog različitosti trenažnih procesa svoje specifičnosti, a izokinetička dijagnostika daje nam uvid u srž problema, kao i smjernice za primjereno 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 za svakog pojedinog sportaša ustanoviti trenutno stanje snage i izdržljivosti testiranih mišićnih skupina te (ne)adekvatnost odgovora pripadajućih zglobnih sustava. Time se može pomoći sportašu, odnosno treneru u što efikasnijem planiranju i programiranju individualiziranih trenažnih procesa, primjerenih konkretnoj osobi. Izokinetičkom dijagnostikom možemo ustanoviti i postoje li specifične slabosti pojedinih mišićnih grupa, kao i potencijalni disbalansi između antagonističkih mišićnih skupina, budući da disbalansi među antagonistima mogu dovesti do različitih ozljeda i oštećenja lokomotornog sustava. Nadalje, longitudinalnim praćenjem sportaša možemo precizno pratiti promjene tijekom promatranog vremena, a dobivene rezultate upotrijebiti u planiranju treninga, budući da korekcijom eventualnih disbalansa i optimalizacijom testiranih parametara možemo značajno poboljšati sportske rezultate, kao i spriječiti eventualne ozljede.