

IZOKINETIČKA DIJAGNOSTIKA: REHABILITACIJA SINDROMA PRENAPREZANJA

SLOBODAN KUVALJA¹, SANJA MILKOVIĆ-KRAUS²
I ŽELJKO ŠUČUR¹

*Cybex centar za izokinetička mjerenja
i vježbe¹, Institut za medicinska
istraživanja i medicinu rada², Zagreb*

Primljeno studeni 2001.

Izokinetička dijagnostika važna je prethodnica rehabilitacijskog liječenja jer individualizira svakog pojedinca bez obzira na dob, spol i fizičku aktivnost ispitanika. Osnovna je karakteristika izokinetičke dijagnostike mogućnost objektivizacije biomehaničkih parametara. Izokinetički dinamometar rabi se za mjerenje i/ili vježbanje i omogućava korisniku razvijanje maksimalne sile tijekom cijelog opsega gibanja uz akomodaciju otpora na bol ili zamor. Izokinetičkim testom pri aktivnom se pokretu mjeri snaga, okretni moment i ostvareni rad, opseg pokreta zgloba i raspored snage u opsegu pokreta. Podaci se obrađuju kompjutorskim programom kojim se koreliraju izmjerene vrijednosti, ali i odnos agonista/antagonista, vrijeme akceleracije, brzina reciprociteta pokreta, kut maksimalnog okretnog momenta te indeks umora ili izdržljivost. Prikazuje se slučaj 14-godišnjeg dječaka iz škole veslanja s dvomjesečnom anamnezom suprapatelarnih boli i nestabilnosti koljena koji je nakon provedene izokinetičke dijagnostičke obrade i potom rehabilitacije vraćen sportskim aktivnostima.

Gljučne riječi:

Cybex sustav, izokinetička dinamometrija, izokinetički test, suprapatelarna bol

U zadnjih dvadeset godina dvadesetog stoljeća došlo je do razvoja brojnih i različitih uređaja za fizikalno uzdizanje, a među brojnim uređajima i mehanizmima te vrste, ali različitih namjena pojavili su se i složeni izokinetički uređaji ili kako su ih u početku zvali

izokinetički dinamometri. Takvi su bili i poznati uređaji Cybex I i Cybex II (1). U početku su služili ponajprije za brojna laboratorijska istraživanja rezultati kojih danas čine temelj suvremene funkcionalne izokinetike i biomehanike pokreta humanoga lokomotornog sustava. Razvojem suvremenijih kompjutoriziranih uređaja, osim dijagnostičkih postupaka, izraziti je napredak na ovom području ostvaren u razvoju izokinetičkih rehabilitacijskih postupaka. Najnoviji današnji sustavi tipa CON-TREX-a i sl. opisuju se kao biomehanički izokinetički dijagnostičko-rehabilitacijski sustavi. Osnove koncepcije izokinetičke dijagnostike i rehabilitacije, koju su postavili kasnih 60-ih godina prošlog stoljeća *Hislop i Perrine* (2), čine poznati zakoni fizike i mehanike o kretanju tijela u prostoru, fiziologija aktivnih dijelova sustava za kretanje (posebno mišića i zglobova) te pravila antropometrijskih i biomehaničkih odnosa dijelova kinematičkog lanca.

Objektivizacija biomehaničkih parametara polazna je osnova za realno procjenjivanje cjelokupne funkcije lokomotornog sustava. Brz tehnološki razvoj izokinetičkih sustava omogućio je medicinskoj znanosti da dođe do željenih podataka, kako bi što točnije upravljala procesom liječenja bolesti i ozljeda sustava za kretanje.

Sam pojam "izokinetika" neprikladan je i vrlo sužen s gledišta mehanike, ali je općeprihvaćen, jer se pojam kinetike odnosno izokinetike odnosi na pojam "stalne ili konstantne brzine" u procesu gibanja dijela tijela subjekta (1, 3.). U mjerenju ili pri vježbi izokinetički "dinamometar" - sustav (mjerac sile odnosno momenta) jest uređaj koji dopušta voljnu mišićnu kontrakciju u različitim, od operatora postavljenim uvjetima brzina relativnog gibanja u zglobovima. Ovakav je način mogućeg gibanja u suprotnosti s ostalim vrstama uređaja u kojih se brzina u zglobu mijenja za vrijeme relativnog gibanja (3-5). Štoviše, izokinetički sustav omogućuje ispitaniku da ostvari maksimalnu otpornu silu u sasvim specificiranom području brzina relativnog gibanja. Ovo je također u suprotnosti s uređajima za mjerenje ili vježbanje sa slobodnom masom, pa čak i onih s krivuljnim mehanizmom u kojega pouzdanost krivuljnog mehanizma može odgovarati individualnoj krivulji "snage" ispitanika, ali nemogućnost akomodacije na snagu i zbivanja u opsegu pokreta i dalje ostaje upitna (6, 7). Iz ovoga je vidljivo da izokinetički dinamometar dopušta korisniku da razvije maksimalnu silu (moment) za vrijeme cijelog opsega gibanja zgloba pri čemu se ne može pojaviti preopterećenje mišića i zglobnih struktura zbog akomodacije otpora na bol ili zamor osobito na višim brzinama (8).

Svaki suvremeni izokinetički sustav obvezatno čine:

- ❑ izokinetički dinamometar, doskora hidraulični, a u najnovijim sustavima tipa CONTREX, robotski elektronički, kao ključni dio za kontrolu pokreta. Dinamometar može po izboru operatora nadzirati i omogućiti različite modalitete pokreta: izokinetički koncentrično koncentrične, koncentrično-ekscentrične, ekscentrično-ekscentrične i ekscentrično-koncentrične. Također je moguć program izometričkog ili izotoničkog pokreta. U rehabilitacijskom programu osim navedenih mogućnosti suvremeni uređaji mogu surađivati s pacijentom u asistiranom ili potpuno aktivnom pokretu pri izrazitoj slabosti mišića. Mogući raspon brzina pokreta je od 0° do 500° u sekundi prema izboru operatera uz mogućnost neutralizacije gravitacije;
- ❑ kompjutorski sustav za bilježenje i obradu izmjerenih parametara s bazama podataka potrebnim za cjelovitu analizu rezultata;
- ❑ višenamjensko postolje - stol za optimalno pozicioniranje ispitanika i pripadajućeg pribora.

Izokinetičkim sustavom moguće je testiranje svih dijelova lokomotornog sustava, gornjih i donjih ekstremiteta i torakolumbalne kralježnice osim prstiju šake i stopala i vratne kralježnice.

U Cybex centru za izokinetička mjerenja i vježbe koristimo se izokinetičkim sustavima Cybex 1000 za izokinetičke testove i vježbe ekstremiteta i Cybex 6000 za izokinetičke testove i vježbe torakolumbalne kralježnice (Lumex Corp. USA). Danas su već dostupni najnoviji uređaji s robotskim dinamometrima tipa Con-Trex (Con-Trex, CH) i uređaji istog proizvođača za testove i vježbe zatvorenoga kinematičkog lanca nogu (slike 1 i 2).

Visoka osjetljivost senzorskog sustava dinamometra na oscilacije mjerenih parametara za vrijeme pokreta postiže se apsolutnom točnošću boljom od 0,5% FS (FS-najmanja fizički mjerljiva jedinica u elektroničkom mjerenju mehaničkog signala pokreta) i učestalošću mjerenja svakih 0,092° opsega pokreta (236.000 pulsa/360°).



Slika 1 Izokinetički sustav Cybex 6000 s aktivnim hidrauličkim dinamometrom

U izokinetičkom se testu u aktivnom pokretu istodobno bilježe: snaga u W, okretni moment u Nm, ostvareni rad mišića u J, opseg pokreta zgloba u stupnjevima te raspored snage i rada tijekom cijelog opsega pokreta u realnom vremenu zbivanja. Kompjutorski program nakon mjerenja korelira gore izmjerene vrijednosti u realnom vremenu s antropološkim podacima ispitanika. Rezultat testa osim izmjerenih vrijednosti pokazuje i izračun međusobnih odnosa parametara, odnose agonista i antagonista, vremena akceleracije, brzine reciprociteta pokreta, kut maksimalnog okretnog momenta, indeks 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, komparativni odnosi parametara ispitanih mišićnih skupina i bilateralnih odnosa ekstremiteta (1, 9).



Slika 2 Izokinetički sustav Con-Trex MJ - najsuvremeniji tip sustava s robotskim dinamometrom i analitičkim sustavom Human Cinetics

Rezultati se s pomoću kompjutorskog programa mogu dodatno korelirati prema željama ispitivača. Konačne rezultate testa u analizi ispitivač mora procijeniti na temelju usporedbe sa standardima razrađenim za dobne i spolne skupine, stupanj aktivnosti ili treninga i kliničkog stanja ispitivane biomehaničke cjeline. Ponavljanjem testova i progresivnom analizom može se dobiti detaljan uvid u promjenu svakoga mjerenog parametra uz izračun stupnja promjene čime je osigurano točno vođenje postupka rehabilitacije ili retrogradne analize zbivanja (10, 11). Grafičkom analizom krivulja pokreta moguće je utvrditi neke tipične poremećaje kao što je npr. nestabilnost koljena zbog rupture prednje ukrizene sveze i točno odrediti kut u opsegu gibanja na kojem je nastala promjena u zglobu (12). Kao najvažnije, analizom testova obučeni analitičar može utvrditi rane rizike mogućih poremećaja ili ozljeda prije razvoja subjektivnih simptoma pri čemu svakako treba naglasiti značenje procjene odnosa agonista i antagonista kao jednog od glavnih pokazatelja stabilnosti zgloba ili rizika ozljeda zglobnih struktura i pojave simptoma prenaprezanja (13).

Izokinetički testovi omogućavaju objektivan i dublji uvid u proces razvoja sindroma prenaprezanja, a ranom dijagnostikom prevenciju i brzo uklanjanje osnovnih uzroka, što je do sada bilo jedan od najvećih dijagnostičkih problema (14, 15).

PRIKAZ BOLESNIKA

Prikazom slučaja dijagnostike i praćenja izokinetičke rehabilitacije želimo pokazati mogućnosti objektivizacije funkcija koje utječu na razvoj oštećenja lokomotornog sustava i istodobno upravljanje procesom korekcije poremećaja i procjene stanja.

Ispitanik je 14-godišnji dječak, polaznik škole veslanja, do tada bez tegoba i uredne fizičke aktivnosti. Dva mjeseca prije dolaska u naš Centar počeo je osjećati povremene boli suprapatelarno lijevo i nestabilnost u oba koljena. Zbog sumnje na ozljedu pregledan je više puta uz preporuku mirovanja i konačno imobiliziran tutor longetom. Zbog pogoršanja stanja, a sada i boli retropatelarno, odlazi ortopedu koji ga upućuje na objektivizaciju i rehabilitaciju pod sumnjom na posljedičnu hondromalaciju patele uz pretpostavku da se primarno radilo o entezitisu po tipu "skakačkog koljena". Ne može hodati bez štaka!

Tablica 1 Prvi test PTBW koljena u odnosu na tjelesnu težinu dob, aktivnost (rezultati izraženi u %)

Desno	ekstenzori %	40	fleksori %	49
Lijevo	ekstenzori %	18	fleksori %	38
Odnos agonista - antagonista%:				
Desno	84	Jaka dominacija fleksora od 23%		
Lijevo	143	Vrlo jaka dominacija fleksora od 211%		

Učinjeni su izokinetički testovi funkcija koljena prije rehabilitacije (tablica 1), u tijeku rehabilitacije (tablica 2) i na kraju rehabilitacije (tablica 3). Pri svakom ponavljanju testa činjena je i progresivna analiza stanja. Vidljiv je izrazit pad snage i reakcija na kontrakciju

Tablica 2 Drugi test PTBW koljena u odnosu na tjelesnu težinu dob, aktivnost (rezultati izraženi u %)

Desno	ekstenzori %	63 (+60%)	fleksori %	100 (+109%)
Lijevo	ekstenzori %	72 (+303%)	fleksori %	95 (+158%)
Odnos agonista - antagonista%:				
Desno	110	Vrlo jaka dominacija fleksora od 58% - blaže pogoršanje		
Lijevo	91	Jaka dominacija fleksora od 31% - bitno poboljšanje		

ekstenzora od 70 do 30 stupnjeva ekstenzije sa znakovima hondromalacije patele lijevo. Desno pad snage ekstenzora od 65 stupnjeva dalje sa znakovima opterećenja. Propisana

Tablica 3 Treći test PTBW koljena u odnosu na tjelesnu težinu dob, aktivnost (rezultati izraženi u %)

Desno	ekstenzori %	91 (+51%)	fleksori %	115 (+21%)
Lijevo	ekstenzori %	98 (+41%)	fleksori %	111 (+22%)
Odnos agonista - antagonista%:				
Desno	88	blaža dominacija fleksora od 26% - bitno poboljšanje		
Lijevo	79	blaga dominacija fleksora od 13% - bitno poboljšanje		

je terapija: izokinetičke vježbe po programu 15 tretmana po 30 min, kontrolni test nakon završetka 15 tretmana. Sedmog dana od početka vježbi spontano prestaje rabiti štake.

U prvom kontrolnom testu vidljiv je nestanak znakova hondromalacije patele, bitno poboljšanje svih parametara, bitno smanjenje retropatelarne boli, ali je još prisutan disbalans odnosa agonista i antagonista i niske snage ekstenzora obostrano. Postoji djelomična nestabilnost lijevog koljena u hodu niza stube. Provodi se daljih 10 tretmana radi korekcije odnosa. Kontrolni test usljeđuje nakon završetka 10 tretmana. Pacijent se vratio treninzima bez tegoba uz punu fizičku aktivnost; svi su parametri zadovoljavajući, nema nikakvih subjektivnih tegoba i liječenje se smatra završenim (tablica 4).

Tablica 4 *Ukupno ostvareno poboljšanje praćenih funkcija snage, testovi 1-3.*
Ukupno vrijeme trajanja izokinetičkih vježbi 25 puta po 30 minuta.

Desno	ekstenzori %	142%	fleksori %	152%
Lijevo	ekstenzori %	469%	fleksori %	214%
ukupno ostvareno poboljšanje praćenih funkcija radnog učinka				
Desno	ekstenzori %	92%	fleksori %	81%
Dijevo	ekstenzori %	434%	fleksori %	171%

ZAKLJUČAK

Kratkim opisom dijagnostičkih testova i naznakama o mogućnostima izokinetičkih vježbi te prikazom jednog od svojih bolesnika želimo skrenuti pozornost na važnost i potrebu objektivizacije funkcionalnih parametara, kako kod sindroma prenaprezanja tako i u svakom dijagnostičkom postupku, a dijelom i liječenju funkcionalnih problema lokomotornog sustava. Također napominjemo da se u izokinetičkoj obradi svakom pacijentu pristupa potpuno individualno bez obzira na spol, dob i sportsko-rekreativne aktivnosti svakog ispitanika. Na žalost, moramo konstatirati da je korištenje ove tehnologije poprimilo zadovoljavajući opseg u liječenju, ali ključno značenje dijagnostike još nije prepoznato u ranoj dijagnostici poremećaja funkcija u prevenciji ozljeda, a najviše kod sindroma prenaprezanja. Naša iskustva na temelju praćenja izokinetičkih testova pokazuju da je sindrom prenaprezanja u širem značenju mnogo češće prisutan nego što se misli, da je prisutan u različitom obliku i opsegu u svim dobima i nikako se ne može razmatrati kao problem sporta ili fizički aktivnih osoba. Istodobno mislimo da su funkcionalna ispitivanja kao što su izokinetički testovi funkcija mišića i zglobova trenutačno najpouzdanija metoda objektivne procjene stanja, kako kod pacijenata s već razvijenom slikom sindroma tako još više u ranom otkrivanju rizika.

LITERATURA

1. Davies G.J. A compendium of isokinetics in clinical usage. 4 izdanje. Onalaska (WI): S&S Publishers; 1992.
2. Hislop MJ, Perrine JJ. The isokinetic concept of exercise. *Phy Ther* 1967;47:114-7.
3. Dvir Z. Isokinetics muscle testing, interpretation and clinical applications. 2. izdanje. Edinburgh: Churchill - Livingstone; 1995.
4. Amundsen LR. Muscle strength testing. Instrumented and non-instrumented systems. Edinburgh: Churchill-Livingstone; 1990
5. Zinovieff AN. Heavy resistance exercise: The Oxford technique. *B J Phys Med* 1951;14:29-32.
6. Barnam JN. Mechanical Kinesiology. St Louis (MO): C.V. Mosby Co.; 1978.
7. Gleim GW, Nicholas JA, Webb JN. Isokinetic evaluation following leg injuries. *Phys Sportsmed* 1978;6:74-82.
8. Westing SH, Seger JY, Thorstensson A. Isoacceleration: A new concept of resistive exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23:631-635
9. Nicholas JA, Strizak AM, Veras G. A study of thigh muscle weakness in different pathological states of the lower extremity. *Am J Sports Med* 1976;4:241-8.
10. Durall CJ, Davies GJ, Kernozek TW, Gibson MH, Fater CWD, Straker JS. The reproducibility of assessing arm elevation in the scapular plane on the Cybex 340. *IESCEE* 2000;8:1-6.
11. Campanella B, Mattacola CG, Kimura IF. Effect of visual feedback and verbal encouragement on concentric quadriceps and hamstrings peak torque of males and females. *IESCEE* 2000;8:7-11.
12. Benjuya N, Plotqin D, Melzer I. Isokinetic profile of patient with anterior cruciate ligament tear. *IESCEE* 2000;8:229-32.
13. Negrini S. Isokinetic assessment in schoolchildren with low back pain. *IESCEE* 2000;8:203-12.
14. Theoharopoulos A, Tsitskaris G. Isokinetic evaluation of the ankle plantar and dorsiflexion strength to determine the dominant limb in basketball players. *IESCEE* 2000;8:181-6.
15. Pećina M. Sindromi prenaprezanja sustava za kretanje. Zagreb: Globus; 1992.

*Summary***ISOKINETIC TESTING**

Isokinetic testing of the musculoskeletal system is an important diagnostic method in the course of rehabilitation because it is adapted to individual and objective in measuring biomechanical parameters. Isokinetic dynamometer serves as a measurement and/or exercising device and helps user to achieve maximum force in through a range of motion, accommodating for potential pain or fatigue.

Isokinetic dynamometer measures strength, torque, and generated power as well as the range of motion of the joint and distribution of strength in the range of motion. These results, as well as the relation between agonists and antagonists, acceleration time, velocity of motion reciprocity, maximum torque angle, and the fatigue/endurance index are computed and compared with standard values using software. Repeated testing shows changes in parameters in later stages, ensuring an accurate insight in the progress of rehabilitation. This paper describes the treatment of a 14-year-old boy engaged in rowing who suffered from suprapatellar pain and instability of the knee. After isokinetic testing and rehabilitation the boy resumed his sport activities.

Key words:

endurance, fatigue, isokinetic dynamometer, power, range of motion, rehabilitation, strength, suprapatellar pain, torque

REQUESTS FOR REPRINTS:

Slobodan Kučalja, dr. med.
Cybex centar, Medig d.o.o.
Voćarska 106, HR-10000 Zagreb
E-mail: slobodan.kucalja@zg.tel.hr