

ULOGA SPIROERGOMETRIJE U DOZIRANJU VJEŽBI I INDIVIDUALIZIRANJU LIJEČENJA OSTEOARTRITISA KOLJENA

Izv. prof. dr. sc. Dubravka Bobek, dr. med.

Zavod za fizikalnu i rehabilitacijsku medicinu s reumatologijom
Klinička bolnica Dubrava, Avenija Gojka Šuška 6, 10000 Zagreb
dubravka.bobek@hotmail.com

Osteoartritis (OA) je najčešći oblik artritisa, a koljeno je najčešće zahvaćeni zglob (1). Prema dostupnim podacima simptomatski tip osteoartritis koljena (OAK) pogađa gotovo četvrtinu (24 %) opće populacije (2). Iako se tradicionalno smatra lokaliziranom bolešću zgloba s dominantnim kliničkim manifestacijama poput boli, zakočenosti i smanjenog opsega pokreta, sve je više dokaza koji ukazuju na sistemske karakteristike OAK-a, posebice smanjenje funkcionalnog kapaciteta (3, 4). Procjena funkcionalnog kapaciteta u bolesnika s OAK-om omogućuje objektivnu evaluaciju fiziološkog odgovora pri opterećenju te daje okvir za individualni pristup liječenju, osobito kod osoba s komorbiditetima kardiovaskularnog tipa.

Naime, dobro poznati čimbenici rizika za OAK, primjerice starija dob, pretilost i tjelesna neaktivnost, zajednički su drugim kroničnim bolestima te komorbiditet u osoba s OAK-om nije rijetkost već pravilo. Prema literaturi, većina bolesnika uz OAK (59-87 %) ima barem još jednu kroničnu bolest najčešće kardiometaboličkog tipa, dok 31 % njih ima pet ili više kroničnih stanja, primjerice abdominalnu pretilost, arterijsku hipertenziju, dislipidemiju ili dijabetes (5-8). Takva učestalost komorbiditeta dovela je do koncepta tzv. metaboličkog fenotipa OA, gdje sistemske poremećaji ne samo da doprinose nastanku i progresiji OA nego predstavljaju pravi terapijski izazov (9). Procjenom funkcionalnog kapaciteta pomoću 6-minutnog testa hoda (engl. 6 Minute Walk Test, 6MWT) u istraživanju da Silva i suradnika pokazalo se da su pacijenti u prosjeku postigli svega 67 % očekivane udaljenosti te 68 % predviđenog pulsa, dok je 40 % imalo neadekvatan oporavak pulsa nakon opterećenja. Ovi nalazi sugeriraju značajno smanjen opći funkcionalni kapacitet bolesnika te fizičku dekonciju, pri čemu je većina pacijenata imala radiološku klasifikaciju bolesti po Kellgrenu i Lawrencu tek prvog stupnja (3). Uočeni izostanak adekvatnog smanjenja srčane frekvencije u prvoj minuti oporavka kod više od trećine ispitanika (<15 otkucaja/min) u kliničkom kontekstu povezuje se s povećanim kardiovaskularnim rizikom, osobito u

bolesnika s već postojećim bolestima poput srčane insuficijencije, plućne hipertenzije i kronične opstruktivne plućne bolesti (KOPB). Rezultati navedenog istraživanja ukazuju na važnost sveobuhvatne procjene bolesnika s OAK-om, pri čemu se uz lokalnu procjenu zgloba mora uključiti i evaluacija opće fizičke kondicije. Intervencije usmjerene isključivo na simptomatsko olakšanje boli ili kirurško liječenje mogu biti nedostatne ako se ne uključe i sistemski čimbenici, osobito pretilost, niska razina tjelesne aktivnosti i prisutnost kardiometaboličkih bolesti. Stoga bi u sklopu terapijskog pristupa trebalo uključiti ciljane aerobne i kondicijske vježbe.

U prilog navedenog idu rezultati druge grupe autora koji su opisali smanjen aerobni kapacitet bolesnika s OAK-om u rasponu od 15 do 20 % u odnosu na zdravu populaciju (4). Poznato je da upravo smanjenje aerobnog kapaciteta kod osteoartritisa donjih ekstremiteta ima izravan negativan učinak na razinu funkcionalne neovisnosti u svakodnevnim aktivnostima. Brojne su studije potvrdile da različiti oblici aerobnih vježbi poput hodanja, trčanja, vožnje bicikla, plivanja, vježbi u vodi imaju pozitivan učinak na bol, ukočenost zglobova, funkcionalnu sposobnost i ukupni aerobni kapacitet pacijenata s OAK-om. Aerobne vježbe imaju i druge prednosti, kao što su povećanje kardiopulmonalne aktivnosti, smanjenje oksidativnog stresa, poticanje metabolizma masnog tkiva i sprječavanje atrofije mišića u pacijenata s OA koljena (10,11). Važno je istaknuti da različit intenzitet aerobnih vježbi ima različite fiziološke i terapijske učinke, primjerice aerobne vježbe niskog intenziteta prikladnije su za bolesnike s uznapredovalim OAK-om, dok su aerobne vježbe višeg intenziteta, uključujući i intervalni trening visokog intenziteta korisnije za bolesnike s klinički blažim OAK-om, osobito ako su funkcionalno očuvani i nemaju značajna kardiološka ograničenja (12). Upravo iz tog razloga, individualno određivanje ne samo intenziteta nego frekvencije, trajanja i vrste aerobnih vježbi postaje ključno u liječenju ovih bolesnika, što je u skladu s konceptom da se vježbe propisuju kao lijek. Međutim, iako je vježbanje prepoznato kao učinkovita i neophodna komponenta liječenja OAK-a, u kliničkoj praksi i znanstvenoj literaturi i dalje nedostaju jasne preporuke o individualnom doziranju vježbi. U tom kontekstu, spiroergometrija (engl. Cardiopulmonary Exercise Testing, CPET) predstavlja vrijedan alat jer omogućuje objektivno određivanje fizioloških granica i sigurnosnih pragova svakog pojedinog pacijenta. Spiroergometrija je test s opterećenjem koji mjeri respiratornu, kardiovaskularnu i metaboličku funkciju tijekom fizičkog napora.

Test se izvodi uz pomoć uređaja koji mjeri volumen i sastav izdahnutog zraka (O_2 i CO_2), čime se omogućuje procjena potrošnje kisika, proizvodnje ugljičnog dioksida, potrošnje energije te ventilacijskih parametara (13). Za razliku od 6MWT, koji pruža funkcionalnu, ali limitiranu procjenu u realnom

okruženju, spiroergometrija omogućuje detaljan uvid u fiziološke odgovore na opterećenje uključujući VO_2 max, anaerobni prag, ventilacijsku efikasnost i srčani odgovor te može pomoći u individualnoj prilagodbi vježbi. U bolesnika s OAK-om, osobito onih s više komorbiditeta, spiroergometrija može otkriti latentne ograničavajuće čimbenike koji nisu nužno povezani s boli u zglobu, već s kardiovaskularnom ili respiratornom disfunkcijom. To je ključno jer funkcionalna onesposobljenost bolesnika s OAK-om ne mora značiti samo posljedicu boli ili deformiteta, već i sistemskih uzroka, poput kronične srčane insuficijencije, dekondicije, anemije ili plućne patologije, što spiroergometrija može jasno razlučiti.

Nadalje, spiroergometrijom se može definirati anaerobni prag, što je korisno u doziranju aerobnog treninga tijekom rehabilitacije, osobito jer se intenzitet vježbanja može prilagoditi tako da ostaje ispod praga anaerobne metaboličke aktivacije, čime se minimalizira zaduha i mišićni umor. U populaciji iz istraživanja da Silva i sur. jasno se pokazalo da većina pacijenata postiže puls koji je daleko ispod njihovog očekivanog maksimuma, što može ukazivati ili na kroničnu fizičku neaktivnost ili na prisutnost latentne kardiološke bolesti. Primjena spiroergometrije u takvom kontekstu omogućila bi razgraničavanje fizioloških ograničenja i selekciju bolesnika koji mogu imati koristi od ciljane kardiološke obrade, uz istovremeno smanjenje rizika tijekom vježbanja. Spiroergometrija se u rutinskoj kliničkoj praksi koristi kao dijagnostička i evaluacijska metoda u okviru kardiološke i pulmološke rehabilitacije. U Zavodu za fizikalnu i rehabilitacijsku medicinu s reumatologijom Kliničke bolnice Dubrava, testiranje funkcionalnog kapaciteta spiroergometrijom provodi se prije uključivanja u specifične rehabilitacijske programe. Ova metoda omogućuje individualizirano planiranje zona treninga te propisivanje ciljane, pravodobne i optimalno dozirane aerobne aktivnosti, prilagođene specifičnim potrebama različitih kategorija pacijenata. Osim dijagnostičke vrijednosti, spiroergometrija ima vrijednost i u motiviranju bolesnika. Pacijenti koji vizualno vide svoj napredak u VO_2 max ili pomicanje anaerobnog praga tijekom rehabilitacije pokazuju višu razinu adherencije na program vježbanja. Ujedno, spiroergometrija može poslužiti kao objektivna mjera učinkovitosti rehabilitacijskih protokola u bolesnika s OAK-om.

Primjerice, ako nakon 8-tjednog programa vježbanja dođe do poboljšanja u VO_2 max ili u ventilacijskoj efikasnosti, to je dokaz realnog funkcionalnog napretka, neovisno o subjektivnom osjećaju boli. Primjenom spiroergometrije može se precizno utvrditi maksimalna potrošnja kisika (VO_2 max), kao pokazatelj aerobnog kapaciteta, anaerobni prag (engl. Anaerobic Threshold, AT), ventilacijski prag (engl. Ventilatory Threshold 1, VT1) koji predstavlja najviši intenzitet vježbanja pri kojem još uvijek dominira aerobni metabolizam, te ventilacijska efikasnost (VE/VCO_2) kao indikator respiratorne rezerve

i moguće plućne patologije. Rezultati spiroergometrije omogućuju liječniku da jasno definira ciljani intenzitet treninga u odnosu na AT, primjerice 60–70 % VO_2 max, ili 10–20 otkucaja/min ispod AT-a, čime se pacijent zadržava u sigurnoj zoni opterećenja s minimaliziranim rizikom od zglobnog preopterećenja, kardiološke dekompenzacije ili respiratorne dispneje.

Osim toga, rezultati spiroergometrijskog testiranja omogućuju i stratifikaciju pacijenata prema funkcionalnom kapacitetu, pri čemu oni s očuvanim AT-om i VO_2 max-om mogu biti kandidati za više intenzitete ili intervalne protokole, dok se kod slabije kondicioniranih ili pacijenata s komorbiditetom indiciraju protokoli niskog do umjerenog intenziteta, uz češće monitoriranje (13,14). Na taj način, spiroergometrija omogućuje klinički precizno doziranje vježbanja prema principima FITT modela (engl. Frequency, Intensity, Time, Type) (15). Primjerice: frekvencija može biti npr. 3–5 puta tjedno, intenzitet određen kao % VO_2 max, % HRmax ili ispod AT, vrijeme trajanja sesije prilagođeno aerobnom kapacitetu (npr. 20–45 minuta) te vrsta vježbi odabrana na temelju statusa lokomotornog statusa i preferencija pacijenta. Takav pristup ujedno omogućuje prepoznavanje ranih znakova kardiovaskularne ili respiratorne disfunkcije u pacijenata s OAK-om, osobito onih s latentnim komorbiditetima poput hipertenzije, ishemijske bolesti srca, zatajivanja srca ili KOPB-a. Sumarno, individualizirano doziranje aerobnih vježbi pomoću spiroergometrije može povećati učinkovitost rehabilitacije, smanjiti rizik od nuspojava (npr. bolova, zglobnog preopterećenja, kardioloških incidenata) i potaknuti adherenciju pacijenata kroz personalizirani pristup. I na kraju, ali ne manje važno, osim što razumijevanje kardiorespiratornog statusa i ograničenja funkcionalnog kapaciteta može omogućiti sigurnije provođenje konzervativnog liječenja, ova procjena može smanjiti rizik tijekom kirurškog liječenja budući da kardiovaskularni komorbiditet predstavlja potencijalni rizik za pacijente kojima je potrebno kirurško liječenje.

Zaključno, iako su dokazi o učinkovitosti vježbanja u liječenju OAK-a brojni, još uvijek postoji potreba za jasnim preporukama u doziranju vježbi koje će biti prilagođene specifičnim potrebama svakog pacijenta. U tom kontekstu, spiroergometrija kao objektivna metoda procjene kardiorespiratorne funkcije i maksimalnog kapaciteta tjelesne aktivnosti može igrati ključnu ulogu u individualizaciji terapijskih programa. Precizno mjerenje funkcionalnog kapaciteta putem spiroergometrije omogućuje ciljano prilagođavanje intenziteta i trajanja vježbi, čime se povećava učinkovitost i sigurnost terapije za pacijente s OAK-om te integracija spiroergometrije u kliničku praksu predstavlja važan korak prema personaliziranom pristupu u liječenju osteoartritisa koljena. Spiroergometrija je koristan alat u holističkom liječenju osoba s osteoartritisom koljena time što pomaže u identifikaciji ograničavajućih čimbenika,

optimizira doziranje vježbi, povećava sigurnost rehabilitacije, omogućuje praćenje napretka te poboljšava ishode liječenja kroz personalizirani pristup.

Literatura

1. Dell'Isola A, Steultjens M. Classification of patients with knee osteoarthritis in clinical phenotypes: Data from the osteoarthritis initiative. *PLoS One*. 2018;13(1):e0191045.
2. Pereira D, et al. The effect of osteoarthritis definition on prevalence and incidence estimates: A systematic review. *Osteoarthritis Cartilage*. 2011;19(11):1270-1285.
3. da Silva EB, et al. Functional capacity in patients with knee osteoarthritis: Cross-sectional study. *Acta Ortop Bras*. 2024;32(spe1):e272993.
4. Kunduracilar Z, Selici K. Cardiovascular and Functional Capacity of Patients with Knee Osteoarthritis. In: *Osteoarthritis Biomarkers and Treatments*. IntechOpen; 2019.
5. van Dijk Gm, Veenhof C, Schellevis F et al.: Comorbidity, limitations in activities and pain in patients with osteoarthritis of the hip or knee. *BMC Musculoskelet Disord* 2008; 9: 95.
6. Kadam Ut, Jordan K, Croft Pr: Clinical comorbidity in patients with osteoarthritis: a case-control study of general practice consultants in England and Wales. *Ann Rheum Dis* 2004; 63: 408-14.
7. Puenpatom Ra, Victor Tw: Increased prevalence of metabolic syndrome in individuals with osteoarthritis: an analysis of NHANES III data. *Postgrad Med* 2009; 121: 9-20.
8. Kadam Ut, Croft Pr: Clinical comorbidity in osteoarthritis: associations with physical function in older patients in family practice. *J Rheumatol* 2007; 34: 1899-904.
9. Dell'Isola, A.; Allan, R.; Smith, S.L.; Marreiros, S.S.P.; Steultjens, M. Identification of clinical phenotypes in knee osteoarthritis: A systematic review of the literature. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016; 17: 425.
10. Ferreira GE, Robinson CC, Wiebusch M, Viero CC, da Rosa LH, Silva MF. Effect of exercise therapy on knee adduction torque in people with knee osteoarthritis: a systematic review. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2015;30(5):521-7. doi:10.1016/j.clinbiomech.2015.03.028
11. Gay C, Chabaud A, Guilley E, Coudeyre E. Education patients about the benefits of physical activity and exercise for their hip and knee osteoarthritis: a systematic literature review. *Ann Phys Rehabil Med*. 2016;59(3):174-83. doi:10.1016/j.rehab.2016.02.005
12. Zeng CY, Zhang ZR, Tang ZM, Hua FZ. Benefits and mechanisms of exercise training for knee osteoarthritis. *Front Physiol*. 2021;12:794062. doi:10.3389/fphys.2021.794062
13. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Whipp BJ. Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2011.
14. Arena R, Myers J, Guazzi M. The clinical and research applications of aerobic capacity: why VO2 max should be measured in clinical practice. *Circulation*. 2007;115(17):2349-2356.
15. Stavrinou PS, Astorino TA, Giannaki CD, Aphasios G, Bogdanis GC. Customizing intense interval exercise training prescription using the "frequency, intensity, time, and type of exercise" (FITT) principle. *Front Physiol*. 2025;16:1553846. doi: 10.3389/fphys.2025.1553846.