

# SPIROERGOMETRIJA – PRAKTIČNA PRIMJENA U PLANIRANJU REHABILITACIJSKOG PROGRAMA

**Katarina Doko Šarić, dr. med.,  
specijalizantica fizikalne medicine i rehabilitacije,**

Zavod za fizikalnu i rehabilitacijsku medicinu s reumatologijom  
Klinička bolnica Dubrava

Ključna komponenta svakog rehabilitacijskog programa je medicinski vođen aktivni pokret. Dokazano je da vježba, osim što doprinosi gubitku tjelesne težine i smanjenju kardiovaskularnih čimbenika rizika, poboljšava kardiovaskularnu kondiciju, smanjuje krhkost i učestalost padova te u konačnici smanjuje smrtnost. Medicinska gimnastika također ima važnu ulogu u održavanju funkcionalne neovisnosti bolesnika i poboljšava kvalitetu života.(1,2) Program vježbanja treba biti prilagođen zdravstvenom stanju i trenutačnoj tjelesnoj spremi bolesnika. Za individualizaciju intenziteta vježbanja smjernice preporučuju provođenje testiranja progresivnog fizičkog opterećenja.(3)

Spiroergometrija, odnosno test kardiopulmonalnog opterećenja (CPET - engl. Cardiopulmonary Exercise Testing), predstavlja jednu od najsveobuhvatnijih dijagnostičkih metoda za procjenu sposobnosti organizma da se prilagodi fizičkom opterećenju. Omogućuje istodobno mjerenje i analizu respiratornih, cirkulatornih, metaboličkih i mišićnih odgovora.(4) Ona ne samo da pomaže u procjeni trenutne kondicije, već daje i objektivne parametre koji omogućuju precizno doziranje tjelesne aktivnosti, praćenje napretka te evaluaciju ishoda rehabilitacije.(5)

Spiroergometrija se provodi najčešće na pokretnoj traci ili cikloergometru, pri čemu se intenzitet opterećenja postupno povećava dok bolesnik ne dostigne maksimalni podnošljivi napor ili dok ne nastupe kliničke indikacije za prekid testa.(6) Tijekom CPET-a dolazi do povećanja potrošnje kisika ( $VO_2$ ) proporcionalno opterećenju, a istodobno raste i proizvodnja ugljičnog dioksida ( $VCO_2$ ) zbog povećane aktivnosti metabolizma. Potrošnja kisika ( $VO_2$ ) pokazatelj je aerobnog kapaciteta, a maksimalna potrošnja kisika ( $VO_{2max}$ ) zlatni je standard za mjerenje kardiorespiratorne kondicije.(4) Produkcija ugljikovog dioksida ( $VCO_2$ ) prati se zajedno s  $VO_2$  radi određivanja metaboličkih prijelaznih točaka. U aerobnim uvjetima opskrba energijom se odvija prvenstveno putem oksidativne fosforilacije, no pri dostizanju anaerobnog

praga organizam prelazi na anaerobni metabolizam, što se odražava porastom laktata i povećanom ventilacijom.(4) Anaerobni prag (AT) ključan je za propisivanje sigurnog i učinkovitog intenziteta vježbanja. Kardiovaskularni sustav odgovara linearnim povećanjem srčane frekvencije i minutnog volumena srca, čime se osigurava veća isporuka kisika mišićima. Parametar  $O_2$  puls ( $VO_2/HR$ ) često se koristi kao neinvazivni pokazatelj udarnog volumena i efikasnosti srčane pumpe.(5) Respiratorni sustav prilagođava se porastom ventilacije, pri čemu se može izračunati ventilacijska učinkovitost ( $VE/VCO_2$ ) koja pruža važne informacije o odnosu ventilacije i perfuzije u plućima.(7) Respiratorni kvocijent ( $RQ = VCO_2/VO_2$ ) pokazatelj je vrste metaboličkog supstrata koji se koristi za dobivanje energije.

Značaj spiroergometrije za specijalista rehabilitacijske medicine:

1. određivanje uzroka dispneje i intolerancije napora (8)
2. objektivizacija funkcionalnog statusa (7)
3. individualizacija rehabilitacijskog programa (9)
4. praćenje napretka (10)
5. procjena radne sposobnosti i reintegracije u profesionalne ili sportske aktivnosti (11)

Ovisno o potrebama bolesnika i postavljenim ciljevima, rezultati spiroergometrije mogu se primijeniti u različitim rehabilitacijskim područjima. Posebno se koriste u rehabilitaciji osoba sa srčanim i plućnim bolestima te metaboličkim poremećajima, kao i u neurološkoj rehabilitaciji.

Osteoartritis (OA) kao kronična degenerativna bolest zglobova koja uzrokuje bol, smanjenu pokretljivost i strah od kretanja kod bolesnika dovodi do smanjene razine tjelesne aktivnosti, posljedičnog smanjenja kardiorespiratornog kapaciteta i razvoja sekundarne sarkopenije, što dodatno pogoršava funkcionalne ishode.(12) Iako je tjelesna aktivnost ključna komponenta liječenja OA, često je izazov za fizijatra odrediti siguran i optimalan intenzitet vježbanja, pogotovo s obzirom na učestale komorbiditete, poput pretilosti, kardiovaskularnih bolesti ili dijabetesa koje ti bolesnici imaju. Tu važnu ulogu ima spiroergometrija, koja omogućava objektivnu i individualiziranu procjenu funkcionalnih sposobnosti bolesnika.(13)

U svakodnevnoj kliničkoj praksi fizijatar koristi rezultate spiroergometrije za izradu individualnog plana rehabilitacije koji uključuje vrstu, intenzitet, učestalost i trajanje vježbi. Najčešće se primjenjuje princip ciljanih zona opterećenja, gdje se intenzitet tjelesne aktivnosti određuje prema postignutom aerobnom ( $VT1$ ) i anaerobnom pragu ( $VT2$ ) ili određenom postotku  $VO_2max$  (npr. 40-60 % kod kardioloških bolesnika, 50-70 % kod sportaša u rehabilitaciji).(3) Na temelju parametara ventilacijske učinkovitosti može se odabrati i

odgovarajući tip vježbanja - kontinuirani aerobni trening, intervalni trening ili kombinacija s vježbama snage.(9) U slučajevima kada spiroergometrija pokaže značajna ventilacijska ograničenja u plan rehabilitacije uključuju se vježbe disanja i posturalni trening.(14) Kod bolesnika s izraženim umorom ili smanjenom tolerancijom napora, rehabilitacijski program se planira u kraćim intervalima s postupnim povećanjem opterećenja, što osigurava sigurnost i održavanje motivacije bolesnika. Jedna od najvećih praktičnih vrijednosti spiroergometrije sportskoj medicini upravo je mogućnost preciznog određivanja zona vježbanja.(15) Zona 1 (ispod VT1) lagana je aerobna aktivnost, pogodna za početnu fazu rehabilitacije, za bolesnike s niskim funkcionalnim kapacitetom ili u fazama oporavka. Zona 2 (između VT1 i VT2) umjerenog je intenziteta, najčešće preporučena za kardiovaskularnu i metaboličku rehabilitaciju, jer potiče adaptacije bez prevelikog rizika (9). Zona 3 (iznad VT2) je visokointenzivni trening, a koristi se selektivno u sportaša ili u naprednijim fazama rehabilitacije, kada je bolesnik stabilan i pod nadzorom.(10)

Svi podatci koji proizlaze iz CPET-a omogućuju fizijatru da precizno dozira intenzitet tjelesne aktivnosti, maksimizira terapijski učinak i smanji rizik od komplikacija. Iako je metoda sigurna, postoje neke kontraindikacije koje se moraju uzeti u obzir. Apsolutne kontraindikacije uključuju: akutni infarkt miokarda u posljednja dva dana, nestabilnu anginu pectoris, teške simptomatske aritmije, dekompenziranu srčanu insuficijenciju, akutnu plućnu emboliju ili disekciju aorte. Relativne kontraindikacije uključuju umjerenu aortnu stenozu, nekontroliranu hipertenziju, visoki rizik od aritmija, ozbiljne metaboličke ili endokrine poremećaje te značajnu lokomotornu onesposobljenost koja onemogućava izvođenje testa.(8) Unatoč tim ograničenjima, prednosti daleko nadmašuju mane, osobito uz pravilnu selekciju bolesnika i provođenje testa uz odgovarajući nadzor medicinskog osoblja.

Spiroergometrija povezuje dijagnostiku i terapiju jer istodobno procjenjuje funkcionalni kapacitet i pruža temelje za individualizirano propisivanje vježbanja. Time prelazi granice čiste dijagnostike i postaje ključni alat za terapijsko usmjeravanje. Posebno je vrijedna u rehabilitacijskoj medicini, gdje se radi s heterogenim populacijama bolesnika i različitim komorbiditetima. Budući razvoj rehabilitacijske medicine usmjeren je prema personaliziranoj terapiji, a spiroergometrija svojim sveobuhvatnim parametrima predstavlja ključan alat u ostvarivanju tog cilja.

## Reference

1. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med.* 2002;346(11):793-801. doi:10.1056/NEJMoa011858.
2. Schopfer DW, Forman DE. Cardiac rehabilitation in older adults. *Can J Cardiol.* 2016;32(9):1088-1096. doi:10.1016/j.cjca.2016.03.003.

3. Hansen D, Abreu A, Ambrosetti M, Cornelissen V, Gevaert AB, Greco E, et al. Exercise intensity assessment and prescription in cardiovascular rehabilitation and beyond: why and how—EAPC position statement. *Eur J Prev Cardiol.* 2022;29(1):230-244. doi:10.1093/eurjpc/zwab007.
4. Sue DY, Hansen JE, Stringer WW, Whipp BJ. Wasserman & Whipp's Principles of Exercise Testing and Interpretation. 6th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2020.
5. Arena R, Myers J, Guazzi M. The clinical and research applications of cardiopulmonary exercise testing. *Circulation.* 2011;123(6):668-680. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.109.914788.
6. Balady GJ, Arena R, Sietsema K, Myers J, Coke L, Fletcher GF, et al. Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults. *Circulation.* 2010;122(2):191-225. doi:10.1161/CIR.0b013e3181e52e69.
7. Palange P, Ward SA, Carlsen KH, Casaburi R, Gallagher CG, Gosselink R, et al. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Respir J.* 2007;29(1):185-209. doi:10.1183/09031936.00046906.
8. Sun XG, Hansen JE, Garatachea N, Storer TW, Wasserman K. Exercise pathophysiology in patients with chronic heart failure. *Circulation.* 2001;104(4):429-435. doi:10.1161/hc2901.091698.
9. Piepoli MF, Corrà U, Benzer W, Bjarnason-Wehrens B, Dendale P, Gaita D, et al. Secondary prevention through cardiac rehabilitation: from knowledge to implementation. *Eur Heart J.* 2016;37(23):2129-2140. doi:10.1093/eurheartj/ehw106.
10. Guazzi M, Adams V, Halle M, Meyer K, Arena R, Piepoli MF. Clinical recommendations for CPET data assessment in specific patient populations. *Eur Heart J.* 2012;33(23):2917-2927. doi:10.1093/eurheartj/ehs221.
11. Guazzi M, Bandera F, Ozemek C, Systrom D, Arena R. Cardiopulmonary exercise testing: what is its value? *J Am Coll Cardiol.* 2017;70(13):1618-1636. doi:10.1016/j.jacc.2017.08.012.
12. Rausch Osthoff AK, Niedermann K, Braun J, Adams J, Brodin N, Dagfinrud H, et al. EULAR recommendations for physical activity in people with inflammatory arthritis and osteoarthritis. *Ann Rheum Dis.* 2018;77(9):1251-1260. doi:10.1136/annrheumdis-2018-213585.
13. Messier SP, Mihalko SL, Legault C, Miller GD, Nicklas BJ, DeVita P, et al. Effects of intensive diet and exercise on knee joint loads, inflammation, and clinical outcomes among overweight and obese adults with knee osteoarthritis (IDEA). *JAMA.* 2013;310(12):1263-1273. doi:10.1001/jama.2013.277669.
14. Spruit MA, et al. Pulmonary rehabilitation: new perspectives. *Eur Respir J.* 2013;42:420-441.
15. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 11th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2021.