

## Koje nam odgovore daje spiroergometrija?

### *Which Answers Can Cardiopulmonary Exercise Testing Provide?*

Tajana Jalušić Glunčić

KBC Zagreb

Klinika za plućne bolesti "Jordanovac"

10000 Zagreb, Jordanovac 104

**Sažetak** Cilj: Upozoriti na važnost podataka koji se dobiju spiroergometrijom (engl. Cardiopulmonary Exercise Testing – CPET). Nepodnošenje napora glavni je problem plućnih i srčanih bolesti. Mjerenja plućne i srčane funkcije u mirovanju slabi su prognostički faktori za određivanje stupnja intolerancije napora. Metode: Selektivni pregled literature. Rezultati: Za dobru interpretaciju CPET-a važno je znati koji su mogući razlozi intolerancije napora, koje su indikacije za izvođenje testa. Prije testiranja o bolesniku je potrebno znati osnovne anamnestičke podatke, nalaz statusa te pretrage koje su učinjene do tada. Također je vrlo važno znati koje bolesti ograničavaju izvođenje testa. Tumačenje testa mora dati odgovor na pitanje liječnika, koji nam šalje bolesnika. Na kraju, ako je potrebno, valja dati preporuke za daljnju obradu. Zaključak: CPET može dati objektivnu mjeru kapaciteta vježbanja, identificirati mehanizme ograničavanja tolerancije napora, utvrditi indeks procjene prognoze bolesti i praćenje progresije bolesti ili odgovora na liječenje. Očita je nadmoćnost podataka dobivenih CPET-om u odnosu prema podacima u mirovanju.

**Gljučne riječi:** intolerancija napora, spiroergometrija, prognoza bolesti

**Summary** Aim: To show the importance of data obtained by Cardiopulmonary Exercise Testing (CPET). Exercise intolerance is the main problem in pulmonary and cardiac diseases. Lung and cardiac function test results obtained at rest are poorly predictive of the degree of exercise intolerance. Methods: Selective literature review. Results: A good interpretation of CPET results requires an insight into the possible reasons for exercise intolerance and possible indications for CPET. Before CPET, basic medical history, status, and results of any previous tests should be known. It is also very important to know CPET limiting disorders. The CPET interpretation must answer the questions of the referring physician. Recommendations for further processing may be given eventually. Conclusion: CPET can provide an objective measure of exercise capacity, identify the mechanisms limiting exercise tolerance, and establish indices of disease prognosis, disease progression monitoring and/or treatment response. The superiority of CPET results over those obtained at rest is obvious.

**Key words:** exercise intolerance, cardiopulmonary exercise testing, prognosis of the illness

Intolerancija napora definira se kao nesposobnost da se uspješno završi fizički zadatak koji zdrava osoba može učiniti bez teškoća. Intolerancija napora glavni je problem i kod plućnih i kod srčanih bolesti. Mjerenja parametara plućne funkcije (forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi - FEV<sub>1</sub>, difuzijski kapacitet pluća – DLCO) i parametara srčane funkcije (ejekcijska frakcija – EF) u mirovanju slabi su pokazatelji stupnja intolerancije napora (1). Srčani poremećaji mogu uzrokovati plućne simptome s poremećajima izmjene respiratornih plinova tijekom napora, a jednako tako i plućne bolesti mogu dovesti do abnormalnosti u kardiovaskularnom sustavu tijekom napora (2). Zbog toga je potrebno za svakog pojedinca izravno ocijeniti stupanj intolerancije napora i gdje je to moguće utvrditi njegove uzroke. Zlatni standard pristupa za to je spiroergometrija (engl. *Cardiopulmonary exercise testing* – CPET) (1). To je test koji se sve više rabi i ima širok raspon indikacija za

procjenu nedijagnosticirane intolerancije napora, simptomatskih uzrokovanih naporom i za objektivno određivanje funkcionalnog kapaciteta i stupnja oštećenja (3). CPET zahtijeva sofisticiranu opremu i treba se obavljati samo u laboratorijima sa strogom kontrolom kvalitete i odgovarajućim medicinskim nadzorom. To je sigurna pretraga, ali je ipak rizik od smrti bolesnika 2-5 na 100.000 učinjenih testova (3). Za interpretaciju testova jako je važno iskustvo (4).

U praksi CPET se rabi tek kada nismo dobili odgovor na specifična pitanja koja nas zanimaju, a prethodno smo učinili bazične pretrage uključujući dobru anamnezu, fizikalni pregled, rendgenogram pluća, testove plućne funkcije u mirovanju, elektrokardiogram (EKG) u mirovanju. To nikada nije prva pretraga i uvijek mora korist od pretrage biti veća nego što je rizik. Postoje apsolutne i relativne kontraindikacije za izvođenje testa (3) (tablica 1).

Tablica 1. Relativne i apsolutne kontraindikacije za izvođenje CPET-a (3)

Apsolutne kontraindikacije	Relativne kontraindikacije
<ul style="list-style-type: none"> <li>Akutni infarkt miokarda (3-5 dana)</li> <li>Nestabilna angina pectoris</li> <li>Nekontrolirana aritmija koja uzrokuje simptome</li> <li>Hemodinamski nestabilan bolesnik</li> <li>Sinkope</li> <li>Akutni endokarditis</li> <li>Akutni miokarditis ili perikarditis</li> <li>Jaka aortalna stenoza sa simptomima</li> <li>Jaka kardijalna dekompenzacija</li> <li>Akutna plućna embolija ili infarkt</li> <li>Tromboza donjih ekstremiteta</li> <li>Suspektna disecirajuća aneurizma</li> <li>Nekontrolirana astma</li> <li>Edem pluća</li> <li>Saturacija na sobnom zraku u mirovanju <math>\leq 85\%</math></li> <li>Dekompenzirana kronična globalna respiratorna insuficijencija</li> <li>Akutna nekardiopulmonalna bolest</li> <li>Bolest koja se može pogoršati u naporu (infekcija, renalna insuficijencija)</li> <li>Mentalni poremećaj koji onemogućuje suradnju</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stenoza glavne lijeve koronarne ili njezina ekvivalenta</li> <li>Umjerene stenozе srčanih zalistaka</li> <li>Netretirana arterijska hipertenzija u mirovanju (<math>&gt; 200</math> mmHg sistolički, <math>&gt; 120</math> mmHg dijastolički)</li> <li>Tahiaritmija ili bradiaritmija</li> <li>AV blok</li> <li>Hipertrofična kardiomiopatija</li> <li>Značajna plućna hipertenzija</li> <li>Uznepredovala trudnoća</li> <li>Disbalans elektrolita</li> <li>Ortopedska oštećenja koja onemogućuju izvođenje testa</li> </ul>

Mjerenja uključuju: potrošnju kisika ( $\dot{V}O_2$ ), minutnu ventilaciju (VE), količinu izdahnutog ugljičnog dioksida u određenom vremenu ( $\dot{V}CO_2$ ), mrtvi prostor ili fiziološki mrtvi prostor ( $V_D$ ) – sastoji se od anatomskeg mrtvog prostora (volumen gornjih dišnih putova, traheje i bronha) i alveolarnoga mrtvog prostora (volumen alveola koje su ventilirane, ali bez perfuzije ili sa slabom perfuzijom) – to je teoretski volumen plinova u plućima koji nije uključen u izmjenu  $CO_2$ , već napušta pluća putem plućne kapilarne krvi, omjer količine dišnog volumena koja se sastoji od fiziološkoga mrtvog prostora –  $V_D/V_T$ . To je indeks relativne neefikasnosti za izmjenu plinova i eliminaciju  $CO_2$ . Vrednuju se broj otkucaja srca, pulsna oksimetrija, krvni tlak i EKG, dišna rezerva (BR), srčana rezerva (HRR). Smjernice za referentne vrijednosti prikazane su u tablici 2.

Tablica 2. Normalne vrijednosti za interpretaciju CPET-a (3)

Legenda: potrošnja kisika ( $\dot{V}O_2$ ), minutna ventilacija (VE), količina izdahnutog ugljičnog dioksida u određenom vremenu ( $\dot{V}CO_2$ ), anaerobni prag (AT), srčana rezerva (HRR), frekvencija srca (HR), dišna rezerva (BR), mrtvi prostor ili fiziološki mrtvi prostor ( $V_D$ ), omjer količine dišnog volumena koja se sastoji od fiziološkoga mrtvog prostora ( $V_D/V_T$ ),  $O_2$  puls ( $\dot{V}O_2/HR$ ), maksimalna voljna ventilacija (MVV), parcijalni tlak kisika ( $PaO_2$ ), arterijsko-alveolarna razlika kisika ( $P(A-a)O_2$ ).

Varijable	Kriteriji za uredne vrijednosti
$\dot{V}O_2$ maks. ili $\dot{V}O_2$ vršni	$> 84\%$ očekivanog
Anaerobni prag (AT)	$> 40\%$ $\dot{V}O_2$ maks. očekivanog; široki raspon (40-80%)
Frekvencija srca (HR)	HR maks. $> 90\%$ od očekivanog za dob
Srčana rezerva (HRR)	HRR $< 15$ udara/min
Krvni tlak	$< 220/90$
$O_2$ puls ( $\dot{V}O_2/HR$ )	$> 80\%$
Dišna rezerva (BR)	MVV - VE maks.: $> 11$ L or VE maks./MVV $\times 100$ : $< 85\%$ . Široki raspon: $72 \pm 15\%$
Frekvencija disanja (fR)	$< 60$ udaha/min
$\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ (kod AT)	$< 34$
VD/VT	$< 0,28$ ; $< 0,30$ za dob $> 40$ godina
$PaO_2$	$> 80$ mmHg
$P(A-a)O_2$	$< 35$ mmHg

## Poremećaji koji mogu ograničavati toleranciju napora

1. debljina
2. bolesti perifernih arterija
3. bolesti srca (koronarna bolest, kardiomiopatija, bolesti zalistaka, prirodene srčane bolesti)
4. plućna vaskularna bolest
5. respiracijski poremećaji (opstruktivna plućna bolest, restriktivna plućna bolest, poremećaji u torakalnoj stijenci)
6. kronična metabolička acidoza
7. psihogeni uzroci

## Indikacije za CPET (3, 5, 6)

1. Procjena tolerancije napora
  - Utvrđivanje funkcionalnih oštećenja ili sposobnosti (vršni, engl. peak  $\dot{V}O_2$ )
  - Određivanje stupnja napora, ograničavajućih faktora i patofiziološkog mehanizma

## 2. Procjena nedijagnosticirane intolerancije napora

Procjenjivanje kardijalne i plućne etiologije kod koegzistirajućih bolesti

- simptomi koji su nerazmjerni srčanim i plućnim nalažima u mirovanju
- neobjašnjiva dispneja koju dosadašnja kardiopulmo-loška obrada nije mogla dijagnosticirati

## 3. Procjena bolesnika s kardiovaskularnim bolestima

- Funkcionalna evaluacija i prognoza bolesnika sa srčanom greškom
- Selekcija i prioritet za transplantaciju srca
- Preporuka vježbi i praćenje odgovora na napor te preporuka za kardijalnu rehabilitaciju

## 4. Procjena bolesnika s respiratornim bolestima

- Funkcionalna procjena oštećenja
- Kronična opstruktivna plućna bolest
  - a) Određivanje stupnja opterećenja i ocjenjivanje drugih potencijalnih pridonosećih čimbenika intolerancije napora, osobito početne bolesti srca (ishemija)
  - b) Određivanje stupnja hipoksemije i preporuka za kućno liječenje kisikom
  - c) Kod objektivnih određivanja potrebnih terapijskih intervencija koje se ne mogu adekvatno preporučiti na osnovi standardnih testova plućne funkcije.
- Patologija plućnog intersticija
  - a) Rano otkrivanje patološke konstelacije respiratornih plinova
  - b) Praćenje kretanja respiratornih plinova
  - c) Određivanje stupnja hipoksije i preporuke za kućno liječenje kisikom
  - d) Određivanje potencijalnih limitirajućih faktora u naporu
  - e) Potvrđivanje terapijskog odgovora (kod terapije sa značajnim nuspojavama)
- Bolesti plućne vaskulature (velik oprez – rizik mora biti manji od koristi, treba prethodna analiza)
- Cistična fibroza
- Bronhospazam provociran naporom

## 5. Specifične kliničke indikacije

- Kod preoperativnih priprema
- Kod resekcije pluća zbog tumora, emfizema
- Kod starijih bolesnika koji idu na zahtjevu operaciju abdomena
- Procjena stupnja opterećenja i naputak za plućnu rehabilitaciju
- Procjena tjelesnog oštećenja (invalidske komisije)
- Procjena za transplantaciju srca i pluća

- Kod objektivnih procjena različitih oblika medicinske terapije u bolesnika s različitim poremećajima

## *Što liječnik koji radi CPET mora znati prije početka pretrage?*

1. na što se žali bolesnik (na primjer, otežano disanje dok hoda uzbrdo)
2. razlog zašto ga nadležni liječnik šalje na pretragu
3. podatke o prethodnim bolestima i lijekovima
4. parametre fizikalnog pregleda (tlak, visina, težina, status na srcu i plućima)
5. rezultate drugih pretraga: EKG, rendgenogram pluća, testovi plućne funkcije
6. sadašnje lijekove
7. pretestnu dijagnozu (2).

## *Interpretacija nalaza CPET-a?*

Vrlo je važna interpretacija testa, koja se sastoji od puno podataka, na osnovi kojih se daje zaključak i eventualno daljnja preporuka (2). Izgled nalaza mora zadovoljiti kvalitetom i ima zadane parametre koje treba komentirati.

U nalazu se mora navesti vrsta aparata na kojem je rađena pretraga, naziv protokola po kojem je rađen test. Zatim kakvi su uvjeti u laboratoriju (temperatura, vlaga i tlak zraka). Kalibracija aparata izuzetno je važna i mora biti učinjena prije svakog testiranja (7). Treba navesti koji se još parametri prate te koji se testovi dodatno rade kod bolesnika (pulsna oksimetrija, elektrokardiogram, spirometrija i difuzija poslije napora i nakon bronhodilatatora). Važno je komentirati je li test izveden do kraja ili je prekinut te koji je razlog prekida. Je li daljnje testiranje prekinuo liječnik zbog određenih parametara ili sam bolesnik?

Parametar apsolutnog  $VO_2$  – količina kisika iz udahnutog zraka u određenom vremenu koja se izražava u ml/min,  $VO_2$  (ml/kg/min), anaerobni prag (AT) (to je  $VO_2$  kod kojeg laktati u krvi počinju rasti) prvi su parametri na osnovi kojih se provodi daljnja analiza.

Prvo je pitanje je li vršni  $VO_2$  snižen ili normalan te je li se dosegao AT.

Ako je vršni  $VO_2$  uredan, a bolesnik se žali na intoleranciju napora, treba razmotriti pitanje debljine, početnih srčanih ili plućnih poremećaja, ili je nalaz uredan uz postojanje pretjerane brige za svoje zdravlje. Tu se prate parametri kod maksimalnog  $VO_2$  – kakvi su respiratorni plinovi, EKG, koliki su parametri plućne funkcije.

Ako je vršni  $VO_2$  snižen i AT nije dosegnut (bolesnik je prekinuo testiranje te AT nije dosegnut), tada u obzir dolaze srčane bolesti, plućne vaskularne bolesti, plućne bolesti, poremećaji cirkulacije, anemija, kronična metabolička acidoza, slaba kondicija bolesnika (prate se parametri plućne

funkcije, minutna ventilacija u naporu, frekvencija pulsa u naporu, poremećaji u EKG-u).

Ako je vršni  $VO_2$  snižen i postignut je AT, gleda se je li on snižen ili normalan.

Kod normalnog AT-a u obzir dolaze plućne bolesti, ishemija miokarda kod relativno slabog napora, slabi napor kao posljedica mišićne ili koštane bolesti (prati se parametar dišne rezerve (BR), parametri plućne funkcije i EKG).

Ako je AT snižen, moglo bi se raditi o poremećajima periferne cirkulacije, plućnim vaskularnim bolestima, srčanim bolestima, plućnim bolestima sa sniženim parcijalnim tlakom kisika ( $pO_2$ ), kroničnoj metaboličkoj acidozi, srčanim bolestima (prate se parametri plućne funkcije, hematokrit, saturacija  $O_2$ , arterijsko-alveolarna razlika  $O_2$ ).

Uz analizu tih podataka treba komentirati status bolesnika u naporu i navesti koje je imao simptome, navesti komplikacije ako ih je imao (aritmija, bol u prsima, bronhospazam, hipertenzija, slabost nogu). Na kraju treba dati završno mišljenje i ako je to moguće, treba dati odgovor liječniku koji ga je poslao na pretražu ili preporučiti daljnju obradu ako za njom postoji potreba.

Svi bi nalazi trebali imati jednaku formu tako da su prepoznatljivi i da se lako mogu razumjeti.

## Zaključak

Cilj je CPET-a postići u organizmu takav stres kod kojeg dolaze do izražaja poremećaji koji se ne mogu raspoznati u mirovanju.

Sada postoji i mnogo dokaza koji govore da je tolerancija napora vrlo dobar pokazatelj mortaliteta kod zdravih pojedinaca, a isto tako i kod puno kardiovaskularnih i plućnih bolesti. Najbolji primjer za to je kronična dekompenzacija srca. Smjernice za transplantaciju srca bazirane su na CPET-u (vrijednost vršnog  $VO_2$  jedan je od parametara koji ubrzavaju ili ne transplantaciju) (4). CPET je i važan instrument za evaluaciju stupnja intolerancije napora kod bolesnika s plućnim bolestima (kronična opstruktivna plućna bolest – KOPB, intersticijske plućne bolesti, plućne vaskularne bolesti, cistična fibroza). Prognostička stratifikacija glavna je indikacija za CPET kod bolesnika s plućnim bolestima, općenito u preoperativnim pripremama, a osobito kod operacija pluća i kod transplantacije pluća. CPET je preporučen za preoperativnu evaluaciju stupnja rizika kod bolesnika (8-10).

Od CPET-a možemo očekivati dodatne dijagnostičke i/ili prognostičke informacije o bolesniku. CPET može dati objektivnu mjeru kapaciteta vježbanja, identificirati mehanizme ograničavanja tolerancije napora, utvrditi indeks procjene prognoze bolesti i praćenje progresije bolesti ili odgovora na liječenje (11). Vrijednost metaboličkog ekvivalenta (METS) – kisik potreban za određeni posao podijeljen s kisikom potrebnim za mirovanje daje nam mogućnost prognoze (1 MET=3,5 ml/kg/min-potrošnja kisika na kg u jedinici vremena). Postignuta vrijednost veća od 11 METS-a upućuje na dobru prognozu bolesti, a vrijednost manja od 5 na vrlo lošu prognozu bolesti.

Očita je nadmoćnost podataka dobivenih CPET-om u odnosu prema podacima u mirovanju. Danas je to vrlo važna mjera za praćenje ishoda kod većine kroničnih plućnih i srčanih poremećaja.

## Literatura

1. PALANGE P, WARD SA, WHIPP BJ. Clinical exercise testing. *Breathe*, December 2006;3(2):159-63.
2. WASSERMAN K, HANSEN JE, SUE DY, CASABURI R, WHIPP BJ. Principles of exercise testing and interpretation. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1999.
3. American Thoracic Society/American College of Chest Physicians. (2003) ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary exercise testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 167,211-77.
4. JONES NL, KILLIAN KJ. Exercise limitation in health and disease. *N Engl J Med* 2000;343:632-41.
5. HYATT RE, SCANLON PD, NAKAMURA M. Interpretation of pulmonary function test – a practical guide. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2003.
6. GUAZZI M, MYERS J, VICENZI M i sur. Cardiopulmonary exercise testing in heart failure patients with and without concomitant chronic obstructive pulmonary disease. *American Heart Journal* 2010; 160(5):900-5.
7. BALADY GJ, ARENA R, SIETSAMA K i sur. Clinician's guide to Cardiorespiratory exercise testing in adults. *Circulation* 2010;122:191-225.
8. FERRAZA AM, MARTOLINI D, VALLI G, PALANGE P. Cardiopulmonary exercise testing in the functional and prognostic evaluation of patient with pulmonary disease. *Respiration* 2009;77:3-17.
9. LICKER M, SCHNYDER JM, FREY JG i sur. Impact aerobic exercise capacity and procedure-related factors in lung cancer surgery. *Eur Resp J* 2011;1189-98.
10. AGNEW N. Preoperative Cardiopulmonary exercise testing. *Contin Educ Crit Care Pain* 2010;10(2):33-7.
11. PALANGE P, WARD SA, CARLSEN KH i sur. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Resp J* 2007;29(1):185-209.

---

### Adresa za dopisivanje.

Tajana Jalušić Glunčić, dr. med.  
 KBC Zagreb  
 Klinike za plućne bolesti "Jordanovac"  
 10000 Zagreb, Jordanovac 104  
 e-mail: tajana.jalusic-gluncic@inet.hr

### Primljeno/Received:

5. 10. 2011.  
 October 5, 2011

### Prihvaćeno/Accepted:

2. 11. 2011.  
 November 2, 2011