

*Aktuelne teme/  
Current topics*

ULOGA TELESNE PLETIZMOGRAFIJE U  
PREOPERATIVNOJ PROCENI PACIJENATA  
PLANIRANIH ZA TORAKOHIRURŠKE  
INTERVENCIJE

THE ROLE OF BODY PLETHYSMOGRAPHY  
IN PREOPERATIVE ASSESSMENT OF  
PATIENTS PLANNED FOR THORACIC  
SURGICAL PROCEDURES

**Correspondence to:**

**Dr Aleksandar Bokan**

Centar za patofiziologiju disanja i  
respiratorne poremećaje tokom  
spavanja  
Institut za plućne bolesti Vojvodine  
Put doktora Goldmana 4,  
21204 Sremska Kamenica, R. Srbija  
E-mail: a.bokan@hotmail.com  
Telefon: 0214805202

Aleksandar Bokan<sup>1,2</sup>, Marija Vukoja<sup>1,2</sup>, Ana Golić<sup>2,3</sup>,  
Ivan Kopitović<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Institut za plućne bolesti Vojvodine, Centar za patofiziologiju disanja  
i respiratorne poremećaje tokom spavanja, Put doktora Goldmana 4,  
21204 Sremska Kamenica, R. Srbija

<sup>2</sup> Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet Novi Sad, Hajduk  
Veljkova 3, 21000 Novi Sad, R. Srbija

<sup>3</sup> Institut za onkologiju Vojvodine, Klinika za internu onkologiju,  
Put doktora Goldmana 4, 21204 Sremska Kamenica, R. Srbija

**Ključne reči**

Telesna pletizmografija; Grudna hirurgija;  
LVRS

**Key words**

Body plethysmography; Thoracic surgery;  
LVRS

**Sažetak**

Telesna pletizmografija je najčešće korišćena i jedinstvena kao metod koji omogućava istovremeno merenje plućnih kapaciteta, volumena i otpora. Telesna pletizmografija ima značaj u preoperativnoj proceni i postoperativnom praćenju kod pacijenata kod kojih treba da bude načinjena bulektomija, operacija smanjenja plućnog volumena (*lung volume reduction surgery*, LVRS) ili transplantacija pluća. Izvođenje ovog dijagnostičkog testa daje dodatni uvid u ventilatornu funkciju respiratornog sistema i predstavlja koristan test za sve pacijente koji treba da se podvrgnu torakohirurškom zahvatu, odnosno ukoliko imaju pridružene bolesti od strane respiratornog sistema bilo kom operativnom zahvatu u opštoj anesteziji.

**UVOD**

Telesna pletizmografija je dobro poznat metod za ispitivanje plućne funkcije. Učestalost njenog korišćenja varira između zemalja, pri čemu se znatno više koristi u nemačkom govornom području, gde je ujedno metod i patentiran <sup>(1)</sup>. Reč pletizmografija je neologizam sačinjen iz grčkih reči *plethysmos*, što znači povećanje, i *graphie*, što znači pisanje <sup>(2,3)</sup>. *Plethusmos* je slična rečima *plethus* i *plethosa* koje znače punoća <sup>(4)</sup>.

Telesna pletizmografija je najčešće korišćena i jedinstvena kao metod koji omogućava istovremeno merenje plućnih kapaciteta i volumena, kao i plućnih otpora. Osim telesne pletizmografije postoje i druge metode kojima mogu da se mere plućni kapaciteti: metode koje koriste princip dilucije i ispiranja inertnih gasova, kompjuterizovana tomografija i magnetna rezonanca <sup>(5)</sup>. Takođe, osim telesne ple-

tizmografije postoji i više metoda za određivanje otpora u disajnim putevima: impulsna oscilometrija i metod koji koristi ezofagealni balon <sup>(6)</sup>.

Telesnom pletizmografijom se dobija uvid u sledeće parametre: ukupni plućni kapacitet (*total lung capacity*, TLC), funkcionalni rezidualni kapacitet (*functional residual capacity*, FRC), ekspirijumski rezervni volumen (*expiratory reserve volume*, ERV), rezidualni volumen (*residual volume*, RV), specifični otpor disajnih puteva (*specific airway resistance*, sRaw), otpor disajnih puteva (*airway resistance*, Raw), specifična provodljivost disajnih puteva (*specific airway conductance*, sGaw) i provodljivost disajnih puteva (*airway conductance*, Gaw). Definicija, referentna vrednost i klinički značaj parametara telesne pletizmografije su prikazni u tabeli 1 <sup>(6-9)</sup>.

### Klinički značaj telesne pletizmografije u oblasti hirurgije

Telesna pletizmografija ima značaj u preoperativnoj proceni i postoperativnom praćenju kod pacijenata kod kojih treba da bude načinjena bulektomija, operacija smanjenja plućnog volumena (*lung volume reduction surgery*, LVRS) ili transplantacija pluća<sup>(10-12)</sup>.

Bule mogu da se razviju kod zdravih osoba, međutim poseban problem jeste razvoj bula kod pacijenata obolelih od hronične opstruktivne bolesti pluća (HOBP). Ukalanjanje bula (bulektomija) je korisno jer bule najčešće nemaju značajnu ventilaciju niti perfuziju. Značajniji razlog od navedenog jeste kompresija na okolne strukture zdravog plućnog parenhima i prevencija spontanog pneumotoraksa<sup>(10-12)</sup>. Emfizematozne bule predstavljaju značajan razlog neslaganja između vrednosti funkcionalnog rezidualnog kapaciteta merenog telesnom pletizmografijom i metodama dilucije inertnih gasova, pri čemu je uzrok slaba ventilacija bula čiji se volumen meri samo telesnom pletizmografijom. Takođe, telesna pletizmografija je ponovljiva i brza metoda u odnosu na dilucione metode kod kojih je potrebno sačekati od 10 do 20 minuta radi razgradnje inertnih gasova kod pacijenata sa HOBP-om<sup>(13,14)</sup>.

Potencijalni kandidati za operaciju smanjenja plućnog volumena se podvrgavaju detaljnoj evaluaciji tokom preoperativne pripreme radi minimalizacije perioperativnog rizika i najprihvatljivijeg ishoda hirurškog zahvata. Početno ispitivanje obuhvata spirometriju, telesnu pletizmografiju, određivanje kapaciteta difuzije pluća za ugljen-monoksid i visokorezolutivnu kompjuterizovanu tomografiju (*high-resolution computed tomography*, HRCT). Određivanje plućnih volumena je neophodno u preoperativnoj proceni, pri čemu su pacijenti podobni za ovaj operativni zahvat oni kod kojih postoji zarobljavanje vazduha u plućima sa posledičnom hiperinflacijom plućnog parenhima, odnosno pacijenti čije su vrednosti rezidualnog volumena veće od 150% i ukupnog plućnog kapaciteta veće od 100%<sup>(15,16)</sup>. Kompresija zarobljenim intratorakalnim gasom vrši negativan uticaj na

ventilaciju pri čemu je poremećaj posebno izražen pri forsiranom disanju, odnosno forsiranom izdahu. LVRS smanjuje plućne otpore i patološki povećane plućne volumene i kapacitete. Shodno navedenom, LVRS smanjuje vrednost funkcionalnog rezidualnog kapaciteta i poboljšava ekspiratorni protok verifikovan forsiranim ekspiratornim volumenom u prvoj sekundi (*forced expiratory volume in the first second*, FEV1). U studiji *Sharafkhaneh*-a i saradnika je potvrđena statistički značajna razlika u parametrima plućne funkcije nakon LVRS-a u smislu smanjenja ukupnog plućnog kapaciteta, rezidualnog volumena i njihovog odnosa (RV/TLC), te povećanja forsiranog vitalnog kapaciteta (*forced vital capacity*, FVC) i forsiranog ekspiratornog volumena u prvoj sekundi<sup>(12)</sup>.

Uloga telesne pletizmografije nije posebno definisana u preoperativnoj proceni pacijenata kod kojih treba da bude rađena transplantacija pluća<sup>(17,18)</sup>, ali se nalazi njena uloga u praćenju ovih pacijenata. U studiji *Kneidinger*-a i saradnika je ispitivana hronična disfunkcija plućnog alografa (*chronic lung allograft dysfunction*, CLAD), pri čemu je posebno ispitivan značaj CLAD koji u osnovi ima restrikciju (*restrictive CLAD*, R-CLAD), odnosno CLAD koji u osnovi ima zarobljavanje vazduha (*air trapping CLAD*, AT-CLAD). Rezultati rada naglašavaju važnost praćenja bolesnika sa plućnim alograftom radi pravovremenog otkrivanja CLAD i preduzimanja terapijskih mera<sup>(19,20)</sup>.

Telesna pletizmografija pronalazi mesto i u proceni respiratorne funkcije kod pacijenata koji su imali operativni zahvat na nivou velikih disajnih puteva do nivoa grananja dušnika. Specifični endoluminalni otpor, kao parametar osetljiv na promene otpora u gornjim disajnim putevima, se prati pre i posle hirurške terapije promena u gornjim disajnim putevima. Nakon operacije specifični otpor disajnih puteva se smanjuje, a forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi povećava uz normalizaciju spiropletizmografskih krivulja<sup>(21)</sup>.

U studiji *Rezaeetalab* i saradnika je ispitivan uticaj ortogratne hirurgije, posebno uticaj korekcije III klase

**Tabela 1.** Definicija, referentna vrednost i klinički značaj parametara telesne pletizmografije.

Parametar	Definicija	Referentna vrednost	Značaj
Ukupni kapacitet pluća ( <i>total lung capacity</i> , TLC)	Ukupna količina vazduha koja ostaje u plućima nakon maksimalnog udaha	>80% predviđenih vrednosti	Procena stepena restriktivnog poremećaja ventilacije: laka (70-80%), umerena (60-69%) i teška (<60%)
Funkcionalni rezidualni kapacitet ( <i>functional residual capacity</i> , FRC)	Maksimalna količina vazduha koja ostaje u plućima nakon mirnog izdaha	<140% predviđenih vrednosti	Procena stepena hiperinflacije pluća: laka (140-170%), umerena (170-200) i teška (>200)
Rezidualni volumen ( <i>residual volume</i> , RV)	Količina vazduha koja ostaje u plućima nakon maksimalnog izdaha	<140% predviđenih vrednosti	
Specifični otpor disajnih puteva ( <i>specific airway resistance</i> , sRaw)	Razlika pritisaka u ustima i u alveolarnom prostoru potrebna da se ostvari protok 1 l vazduha u 1 s	<1,20 kPa*s	Procena opstrukcije velikih disajnih puteva: laka (1,20-2,00 kPa*s), umerena (2,00-4,00 kPa*s) i teška (>4,00 kPa*s)

malokluzija zuba, na disajne puteve i disanje. Rezultati ukazuju na porast ukupnog plućnog kapaciteta, rezidualnog volumena i njihovog odnosa (RV/TLC) nakon operacije sa posledičnim zarobljavanjem vazduha u plućima. Stoga se naglašava važnost preoperativne procene plućne funkcije i plućnih bolesti kod pacijenata planiranih za ovaj vid lečenja (22).

Studija *Schilero*-a i saradnika je ispitivala značaj telesne pletizmografije među pacijentima sa oštećenjem kičmene moždine. Rezultati ukazuju da je telesna pletizmografija punovažeća metoda za određivanje plućnih volumena, kapaciteta, plućnih otpora i odgovora na terapiju kod pacijenata sa tetraplegijom i paraplegijom. Stoga je koristan test za ispitivanje različitih aspekata plućne fiziologije i patologije kod ovih pacijenata (23).

Tumačenje nalaza telesne pletizmografije je takođe važno. Posebno je potrebno obratiti pažnju na analizu vrednosti ukupnog plućnog kapaciteta unutar referentnog opsega vrednosti, a uz postojanje stanja koje bi *per se* dalo restriktivni poremećaj ventilacije. Primer je resekcija plućnog parenhima gde je teško potvrditi restriktivni poremećaj ventilacije samo na osnovu vrednosti ukupnog plućnog kapaciteta koji je u opsegu referentnih vrednosti. Ovakvo stanje se objašnjava postoperativnim smanjenjem

preostalog plućnog parenhima ili postojanjem većeg ukupnog plućnog kapaciteta preoperativno. Takođe, važno je obratiti pažnju na tumačenje vrednosti ukupnog plućnog kapaciteta kod pacijenata kod kojih postoje plućne bolesti koje imaju suprotan efekat, te nalaz kao takav može da odgovara nalazu kao kod zdrave osobe. Primer za navedeno je bolesnik koji istovremeno boluje od HOBP-a i intersticijalne bolesti pluća<sup>(24)</sup>. Ovakve dileme se prevazilaze detaljnom analizom svih parametara telesne pletizmografije uz analizu nalaza spirometrije i kapaciteta difuzije pluća za ugljen-monoksid.

#### ZAKLJUČAK

Telesna pletizmografija je dijagnostički test koji ima relativno jasno definisane indikacije za izvođenje u oblasti grudne hirurgije, sa posebnim osvrtom na operacije smanjenja plućnog volumena. Izvođenje ovog dijagnostičkog testa daje dodani uvid u ventilatornu funkciju respiratornog sistema i predstavlja koristan test za sve pacijente koji treba da se podvrgnu torakohirurškom zahvatu, odnosno ukoliko imaju pridružene bolesti od strane respiratornog sistema bilo kom operativnom zahvatu u opštoj anesteziji.

---

#### Abstract

Body plethysmography is the most frequently used and unique as a method that allows the simultaneous measurement of lung capacity, volume and resistance. Body plethysmography has an important role in preoperative assessment and postoperative follow-up in patients who undergo bullectomy, lung volume reduction surgery (LVRS) or lung transplantation. Performing of this diagnostic test gives additional insight into the ventilatory function of respiratory system and represents useful test for all patients who need to undergo procedure of thoracic surgery. Also, it is useful test for all patients with disorders of respiratory system who undergo general anesthesia.

## LITERATURA

1. Criée CP, Sorichter S, Smith HJ, Kardos P, Merget R, Heise D, et al. Body plethysmography? Its principles and clinical use. *Respir Med*. 2011 Jul;105(7):959–71.
2. Grippi M, Elias J, Fishman J, Kotloff R, Pack A, Senior R. *Fishman's Pulmonary Diseases and Disorders*. 5th ed. New York: McGraw Hill Education; 2015.
3. Broaddus VC, Mason RJ, Nadel JA. *Murray and Nadel's textbook of respiratory medicine*. 6th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2016.
4. Goldman MD, Smith HJ, Ulmer WT. Whole-body plethysmography. *Eur Respir Monogr*. 2005;31:15.
5. Mottram C, Ruppel G. *Ruppel's manual of pulmonary function testing* [Internet]. Maryland Heights, Missouri: Elsevier Mosby; 2013 [cited 2017 Jun 13]. Available from: <http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=2072464>
6. Abumossalam A, AbdAlla A. *Comprehensive Spirometry*. Mansoura: Lambert Academic Publishing; 2015.
7. de Mir Messa I, Prado OS, Larramona H, Posadas AS, Asensi JV, others. Body plethysmography (i): Standardisation and quality criteria. *An Pediatr (Engl Ed)*. 2015;83(2):136–e1.
8. Palange P, Simonds AK. *ERS Handbook. Respiratory medicine*. 2nd ed. Sheffield: European Respiratory Society; 2013.
9. Stanetić M. *Pulmološki priručnik*. 1st ed. Banja Luka: Medicinski fakultet u Banjoj Luci; 2002.
10. DeCamp MM, Lipson D, Krasna M, Minai OA, McKenna RJ, Thomashow BM. The Evaluation and Preparation of the Patient for Lung Volume Reduction Surgery. *Proc Am Thorac Soc*. 2008 May 1;5(4):427–31.
11. Shah SS, Goldstraw P. Surgical treatment of bullous emphysema: experience with the Brompton technique. *Ann Thorac Surg*. 1994;58(5):1452–6.
12. Sharafkhaneh A. Altered thoracic gas compression contributes to improvement in spirometry with lung volume reduction surgery. *Thorax*. 2005 Apr 1;60(4):288–92.
13. Hyatt RE, Scanlon PD, Nakamura M. *Interpretation of pulmonary function tests: a practical guide*. 4th edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2014. 221 p.
14. Gibson GJ. *Clinical tests of respiratory function*. 3th ed. London: Hodder Arnold; 2009. 431 p.
15. DeCamp MM, Lipson D, Krasna M, Minai OA, McKenna RJ, Thomashow BM. The Evaluation and Preparation of the Patient for Lung Volume Reduction Surgery. *Proc Am Thorac Soc*. 2008 May 1;5(4):427–31.
16. O'Brien GM, Furukawa S, Kuzma AM, Cordova F, Criner GJ. Improvements in Lung Function, Exercise, and Quality of Life in Hypercapnic COPD Patients After Lung. *Chest*. 1999 Jan;115(1):75–84.
17. Román A, Ussetti P, Solé A, Zurbano F, Borro JM, Vaquero JM, et al. Guidelines for the Selection of Lung Transplantation Candidates. *Arch Bronconeumol*. 2011 Jun;47(6):303–9.
18. Weill D, Benden C, Corris PA, Dark JH, Davis RD, Keshavjee S, et al. A consensus document for the selection of lung transplant candidates: 2014—An update from the Pulmonary Transplantation Council of the International Society for Heart and Lung Transplantation. *J Heart Lung Transplant*. 2015 Jan;34(1):1–15.
19. Kneidinger N, Milger K, Janitza S, Ceelen F, Leuschner G, Dinkel J, et al. Lung volumes predict survival in patients with chronic lung allograft dysfunction. *Eur Respir J*. 2017;49(4):1601315.
20. Suhling H, Dettmer S, Greer M, Fuehner T, Avsar M, Haverich A, et al. Phenotyping Chronic Lung Allograft Dysfunction Using Body Plethysmography and Computed Tomography. *Am J Transplant*. 2016 Nov;16(11):3163–70.
21. Kendrick A. *Body plethysmography* [unpublished lecture notes]. Bristol; 2014 February [cited 2017 Jun 13]. Available from: [http://eks.org.ee/wp-content/uploads/2014/03/Body\\_Plethysmography\\_Feb\\_2014.pdf](http://eks.org.ee/wp-content/uploads/2014/03/Body_Plethysmography_Feb_2014.pdf)
22. Rezaeetalab F, Kazemian M, Vaezi T, Shaban B. Use of body plethysmography to measure effect of bimaxillary orthognathic surgery on airway resistance and lung volumes. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2015 Dec;53(10):988–90.
23. Schilero GJ, Grimm D, Lesser M. Comparison of lung volume measurements in individuals with spinal cord injury by two different methods. *J Spinal Cord Med*. 2004;27(5):443–7.
24. Pellegrino R. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*. 2005 Nov 1;26(5):948–68.