

Oscilometrijos klinikinis taikymas

CLINICAL APPLICATIONS OF OSCILLOMETRY

SABINA GASPEROVIČ

LSMU MA Pulmonologijos klinika

Santrauka. Plaučių funkcijos tyrimai yra svarbi kvėpavimo takų ligų diagnostikos ir gydymo veiksmingumo vertinimo dalis. Nors spirometrija laikoma auksiniu standartu vertinant ventiliacinę plaučių funkciją, šis metodas turi nemažai apribojimų. Spirometrijos atlikimas reikalauja aktyvaus paciento bendradarbiavimo, didžiausių pastangų ir tikslų, forsuočių kvėpavimo manevrų, todėl tyrimą gali būti sudėtinga atlikti vaikams, senyvo amžiaus asmenims arba pacientams, kurių bendra būklė yra sunki. Oscilometrija (angl. *forced oscillation technique*, FOT; *impulse oscillometry*, IOS) yra neinvazinis, nuo tiriamojo pastangų nepriklausantis plaučių funkcijos tyrimo metodas, leidžiantis įvertinti kvėpavimo takų mechanines savybes ramiai kvėpuojant. Nors oscilometrijos taikymą riboja tam tikri veiksniai, pirmiausia standartizuotų norminių verčių ir aiškių interpretavimo gairių stygius, klinikinėje praktikoje šis metodas tampa vis svarbesne papildoma plaučių funkcijos vertinimo priemone. Šiame straipsnyje apžvelgiami pagrindiniai oscilometrijos principai, svarbiausi vertinami parametrai ir jų klinikinė interpretacija. Taip pat aptariamos pagrindinės šio metodo taikymo sritys klinikinėje praktikoje, įskaitant astmą, lėtinę obstrukcinę plaučių ligą ir intersticines plaučių ligas.

Reikšminiai žodžiai: oscilometrija, plaučių funkcijos tyrimai, astma, lėtinė obstrukcinė plaučių liga.

Summary. Pulmonary function tests play an important role in the diagnosis of respiratory diseases and in the evaluation of treatment effectiveness. Although spirometry is considered the gold standard for assessing respiratory function, this method has several limitations. Spirometry requires active patient cooperation, maximal effort, and precise forced-breathing maneuvers; therefore, the test may be difficult to perform in children, the elderly, or patients in poor general condition. Oscillometry (*forced oscillation technique*, FOT; *impulse oscillometry*, IOS) is a non-invasive, effort-independent lung function test that assesses the mechanical properties of the respiratory system during quiet tidal breathing. Although oscillometry has certain limitations related to the lack of standardized reference values and clear interpretation guidelines, it is becoming an increasingly important complementary tool for pulmonary function assessment in clinical practice. This article reviews the basic principles of oscillometry, the main parameters used in its assessment, and their clinical interpretation. In addition, the principal clinical applications of this method are discussed, including its use in asthma, chronic obstructive pulmonary disease, and interstitial lung diseases.

Keywords: oscillometry, pulmonary function tests, asthma, chronic obstructive pulmonary disease.

DOI: <https://doi.org/10.37499/PIA.1888>

IVADAS

Kasdienėje klinikinėje praktikoje taikoma daug plaučių funkcijos tyrimų, įskaitant spirometriją, dujų difuzijos tyrimą, kūno pletizmografiją, bronchų plėtimo ir provokacinius mėginius bei kitus metodus. Šie tyrimai yra itin svarbūs diagnozuojant tokias ligas kaip astma, lėtinė obstrukcinė plaučių liga (LOPL), intersticinės plaučių ligos ir kitus plaučių funkcijos sutrikimus. Spirometrija yra dažniausiai taikomas plaučių funkcijos tyrimas, laikomas auksiniu standartu diagnozuojant obstrukcines kvėpavimo takų ligas [1]. Nepaisant plataus šio metodo taikymo, klinikinėje praktikoje susiduriama su tam tikrais apribojimais. Viena pagrindinių problemų yra tyrimo atlikimas, susijęs su gana sudėtinga atlikimo technika. Spirometrijai atlikti būtinas aktyvus paciento bendradarbiavimas, didžiausios pastangos ir tikslūs forsuito įkvėpimo bei iškvėpimo manevrai, todėl tyrimą gali būti sudėtinga atlikti mažiems vaikams, senyvo amžiaus asmenims

arba pacientams, kurių bendra būklė yra sunki [2, 3]. Be to, spirometrija daugiausia rodo stambiųjų kvėpavimo takų funkciją ir yra mažiau jautri ankstyviems smulkiųjų kvėpavimo takų pokyčiams nustatyti [4]. Siekiant išvengti šių apribojimų, vis plačiau taikoma oscilometrija (angl. *forced oscillation technique*, FOT; *impulse oscillometry*, IOS) – nuo tiriamojo pastangų nepriklausantis, neinvazinis tyrimas, leidžiantis įvertinti kvėpavimo takų pasipriešinimą oro srautui naudojant slėgio svyravimus ramiai kvėpuojant. Šis tyrimas suteikia galimybę atskirai vertinti centrinių ir periferinių kvėpavimo takų funkciją bei anksti aptikti smulkiųjų kvėpavimo takų sutrikimus [5].

OSCILOMETRIJOS ISTORIJA

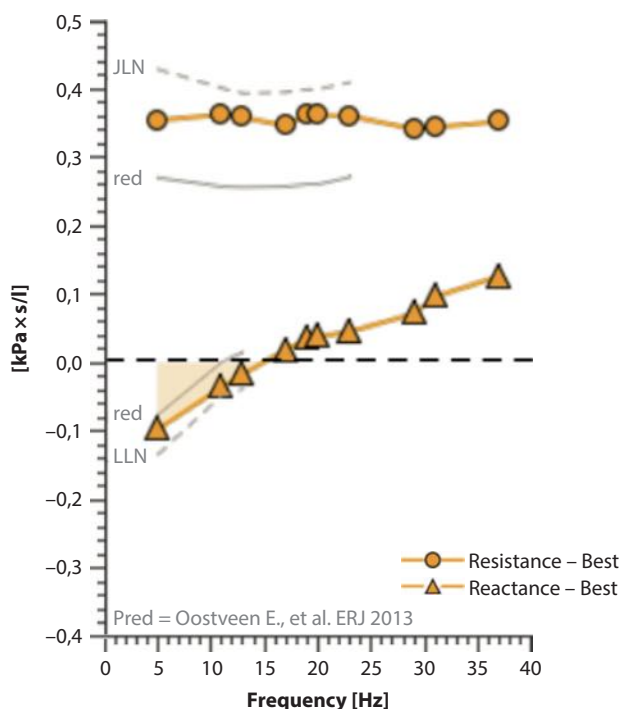
Oscilometrija pirmą kartą aprašyta 1956 m., o pirmieji komerciniai oscilometrai sukurti XX a. aštuntajame dešimtmetyje [6]. Iš pradžių šis metodas taikytas tik atliekant mokslinius tyrimus, tačiau per pastaruosius

du dešimtmečius, sukaupus pakankamai įrodymų apie jo patikimumą ir klinikinę reikšmę, susidomėjimas oscilometrija reikšmingai išaugo.

2003 m. paskelbtos pirmosios Europos respiratologų draugijos (angl. *European Respiratory Society*, ERS) oscilometrijos metodologijos gairės, kurios 2020 m. atnaujintos [7]. Šių gairių paskelbimas paskatino platesnį oscilometrijos taikymą klinikinėje praktikoje ir jos įtraukimą į kasdienį plaučių funkcijos vertinimą.

OSCILOMETRIJOS PRINCIPAI IR PAGRINDINIAI PARAMETRAI

Oscilometrijos veikimo principas grindžiamas dviem pagrindinėmis sąvokomis – osciliacija (angl. *oscillation*, liet. svyravimas) ir impedansu (angl. *impedance*). Osciliacija – tai prietaiso generuojami nedidelės amplitudės slėgio svyravimai, perduodami į kvėpavimo takus ramiai kvėpuojant. Šių svyravimų analizė leidžia įvertinti kvėpavimo sistemos mechanines savybes. Kvėpavimo sistemos impedansas apibūdina bendrą kvėpavimo takų ir plaučių audinio mechaninę atsaką į slėgio svyravimus. Jį sudaro du pagrindiniai komponentai: kvėpavimo takų pasipriešinimas (angl. *resistance*) ir reaktyvumas (angl. *reactance*), apibūdi-



		Pred	Pre	% Pred	Z-Score
RS	[kPa x s/l]	0,27	0,36	131 %	1,0
XS	[kPa x s/l]	-0,08	-0,10	128 %	-0,6
R20	[kPa x s/l]	0,26	0,36	139 %	1,3
R5-20	[kPa x s/l]	0,01	-0,01	-	-0,5
AXS	[kPa/l]	0,17	0,46	274 %	1,4
BF	[1/min.]	-	18	-	-
VT	[l]	-	0,87	-	-

1 pav. Oscilogramos pavyzdys (iš Kauno klinikų Pulmonologijos klinikos archyvo)

nantis plaučių elastines bei inertines savybes [8]. Oscilometrijos tyrimo ataskaitoje dažniausiai pateikiami šie rodikliai: R5 – bendras kvėpavimo takų pasipriešinimas; R20 – centrinių kvėpavimo takų pasipriešinimas; R5-20 – rodiklis, apibūdinantis smulkiųjų kvėpavimo takų funkciją; X5 (reaktyvumas) – periferinių kvėpavimo takų elastines savybes apibūdinantis parametras; AX (reaktyvumo plotas) – bendrą reaktyvumo pokytį apibūdinantis rodiklis, susijęs su plaučių elastinėmis savybėmis (1 pav.) [9].

OSCILOMETRIJOS ATLIKIMAS

Atliekant oscilometrijos tyrimą, tiriamasis turi kvėpuoti ramiai ir tolygiai. Tyrimas atliekamas tiriamajam sėdint vertikalioje padėtyje, nuleidus pečius ir laikant galvą neutralioje padėtyje, šiek tiek pakėlus smakrą (2 pav.). Pėdos turi būti prispaustos prie grindų. Tiriamasis turi būti užsidėjęs nosies spaustuką, sandariai apžioti kandiklį, liežuvį laikyti po kandikliu, o skruostus prilaikyti delnais, taip siekiant sumažinti viršutinių kvėpavimo takų įtaką matavimams. Prieš tyrimą svarbu paaiškinti ir prirėkus pademonstruoti tyrimo atlikimo techniką arba pateikti vaizdinę medžiagą. Oscilometrijos rezultatams įtakos gali turėti įvairūs artefaktai, tokie kaip rijimas, kosulys, balso stygų virpesiai, netaisyklinga liežuvio padėtis arba lūpų nesandarumas. Vieno matavimo trukmė turėtų būti ne trumpesnė kaip 30 sek., o tyrimo metu rekomenduojama-



2 pav. Oscilometrijos atlikimas (nuotrauka iš Kauno klinikų Pulmonologijos klinikos archyvo)

Pulmonologija ir alergologija

ma atlikti ne mažiau kaip tris pakartotinius matavimus. Oscilometrijos tyrimas turėtų būti atliekamas prieš kitus plaučių funkcijos tyrimus, nes forsuoti kvėpavimo manevrai gali iškreipti tyrimo rezultatus [7].

OSCILOMETRIJOS TAIKYMAS KLINIKINĖJE PRAKTIKOJE

Mokslinėje literatūroje plačiai nagrinėjami oscilometrinių rodiklių pokyčiai sergant įvairiomis plaučių ligomis, tačiau pagrindinės oscilometrijos klinikinio taikymo sritys yra astma, LOPL ir intersticinės plaučių ligos. Vis dėlto šiuo metu oscilometrija nėra laikoma savarankišku diagnostikos metodu, o veikiau plaučių funkcijos tyrimu, papildančiu standartinius metodus ir suteikiančiu daugiau informacijos apie apatinių kvėpavimo takų funkciją.

ASTMA

Oscilometrija, taikoma kaip atskiras astmos diagnostikos metodas, pasižymi ribotu specifiskumu, tačiau derinama su kitais plaučių funkcijos tyrimais gali padidinti diagnostinį tikslumą. Tyrimų duomenimis, palyginti su spirometrija, šis metodas gali būti jautresnis nustatant smulkiųjų kvėpavimo takų pakitimų. Dėl to oscilometrija vis dažniau vertinama kaip reikšmingas metodas šiai disfunkcijai nustatyti, nes ji siejama su astmos simptomais ir didesne paūmėjimų rizika [10]. Oscilometrija gali būti ypač naudinga diagnozuojant astmą pacientams, kurių spirometrijos rodikliai yra normalūs arba dar nėra aiškių klinikinių ligos požymių. Nustatyta, kad oscilometrijos rodikliai koreliuoja su astmos simptomais, vaizdinių tyrimų duomenimis, spirometrijos rezultatais ir atsaku į gydymą. Dėl to jie gali būti taikomi vertinant bronchų obstrukcijos laipsnį, ligos kontrolę bei stebint gydymo veiksmingumą [11–13].

2020 m. Europos respiratologų draugijos (angl. *European Respiratory Society*, ERS) paskelbtoje oscilometrijos metodikoje apibendrinti bronchų plėtimo mėginių vertinimo tyrimų duomenys. Remiantis šiomis rekomendacijomis, bronchų plėtimo mėginys laikomas teigiamu, kai nustatomas R5 rodiklio sumažėjimas viršija 40 proc., X5 rodiklio padidėjimas viršija 50 proc. ir AX rodiklio sumažėjimas viršija 80 proc. Taip pat pažymima, kad ateityje bronchų plėtimo mėginiams vertinti rekomenduojama plačiau taikyti standartizuotas Z reikšmes [7].

Oscilometrija taip pat gali būti taikoma atliekant bronchų provokacinius mėginius ir laikoma alternatyva spirometrijai [14]. Vis dėlto ERS gairėse nėra aiškiai apibrėžtų šių mėginių vertinimo ribų, nes tyrimų rezultatai išlieka nevienareikšmiai. Nustatyta, kad R5 rodiklio padidėjimas gali svyruoti nuo 20 iki 50 proc., o X5 rodiklio sumažėjimas – nuo 20 iki 80 proc. Atsižvelgiant į šią variaciją, rekomenduojama vertinti

pokyčius individualiai, priklausomai nuo populiacijos savitumų ir pasirinkto tyrimo instrumento [7]. Vienas pagrindinių oscilometrijos privalumų atliekant bronchų provokacinius mėginius yra didesnis jautrumas, leidžiantis greičiau nustatyti kvėpavimo takų reakciją. Be to, taikant šį metodą sutrumpėja tyrimo trukmė ir įkvepiama mažesnė bendra metacholino dozė.

LOPL

Oscilometrija gali būti naudinga nustatant rūkymo sukeltą kvėpavimo takų pažeidimą dar iki klinikinės LOPL diagnozės. Tyrimų duomenimis, rūkantiesiems, kurių spirometrijos rodikliai išlieka normalūs, gali būti nustatomi oscilometrinių parametrų pokyčiai, rodantys ankstyvą kvėpavimo takų funkcijos sutrikimą [15]. Vertinant oscilometrijos rodiklius, LOPL sergantiems pacientams būdingas padidėjęs kvėpavimo takų pasipriešinimas ir labiau neigiamos reaktyvumo reikšmės, palyginti su sveikais tiriamaisiais. Oscilometrinių rodiklių pokyčių laipsnis koreliuoja su bronchų obstrukcijos sunkumu, simptomų intensyvumu ir paūmėjimų rizika [16]. Oscilometrija leidžia identifikuoti pacientus, kuriems yra padidėjusi paūmėjimų rizika, o gauti duomenys gali būti naudojami ligos prognozei ir gydymo sprendimams pagrįsti [17].

INTERSTICINĖS PLAUČIŲ LIGOS

Oscilometrija gali būti taikoma vertinant plaučių mechaninių savybių pokyčius, susijusius su restrikcinėmis plaučių ligomis, ypač fibrozinėmis intersticinėmis plaučių ligomis. Nustatyta, kad plaučių fibrozės apimtis koreliuoja su oscilometrijos rodiklių pokyčiais, o tai rodo šio metodo potencialą vertinant struktūrinių pokyčių įtaką plaučių funkcijai [18].

Vis dėlto oscilometrinių parametrų pokyčiai nėra būdingi vien intersticinėms plaučių ligoms – jų gali būti nustatoma ir esant kitoms restrikcinėms būklėms, pvz., nutukimui, sisteminėms jungiamojo audinio arba nervų ir raumenų ligoms. Atliekant oscilometriją nustatyta, kad smulkiųjų kvėpavimo takų disfunkcija pasireiškia maždaug trečdaliui pacientų, sergančių reumatoidiniu artritu ir sistetine skleroze, net kai nėra radiologinių plaučių pažeidimo požymių [19, 20]. Sarkoidoze sergantiems pacientams nustatomas kvėpavimo takų pasipriešinimo rodiklių padidėjimas ir reaktyvumo rodiklių sumažėjimas, rodantys kvėpavimo sistemos mechaninių savybių pokyčius [21].

ILGALAIKĖ STEBĖSENA

Pakartotiniai oscilometrijos matavimai gali suteikti reikšmingos informacijos apie ligos eigą ir gydymo poveikį. Ilgalais oscilometrinių rodiklių vertinimas leidžia stebėti plaučių funkcijos pokyčius ir įvertinti taikomo gydymo veiksmingumą [22]. Šis metodas gali padėti anksti nustatyti plaučių funkcijos blogėjimą arba

nepakankamą gydymo atsaką. Be to, oscilometrija leidžia aptikti subtilius plaučių funkcijos pokyčius, kurie gali būti nepastebimi vertinant klinikinius simptomus arba atliekant spirometriją. Gauti duomenys gali būti svarbūs laiku koreguojant gydymą ir siekiant sumažinti ligos paūmėjimų bei komplikacijų riziką.

TYRIMO RIBOTUMAI

Nepaisant didėjančio susidomėjimo oscilometrija, šio metodo taikymas klinikinėje praktikoje išlieka ribotas. Tai lemia išsamių duomenų apie oscilometrijos taikymą kasdienėje praktikoje, taip pat sistemingų mokomųjų priemonių, aiškių interpretavimo gairių ir praktinių pavyzdžių stygius. Oscilometrijos metodikos įsisavinimas reikalauja papildomų žinių ir įgūdžių, o rezultatų interpretacija dažnai yra sudėtingesnė nei įprastų plaučių funkcijos tyrimų. Klinikinį šio metodo taikymą taip pat riboja standartizuotų protokolų ir norminių dydžių stygius. Daugelis skirtingų plaučių ligų gali sukelti panašius oscilometrinių rodiklių pokyčius, todėl vien remiantis šio tyrimo rezultatais ne visada įmanoma tiksliai diferencijuoti patologiją.

APIBENDRINIMAS

Oscilometrija yra lengvai taikomas, nuo tiriamojo pastangų nepriklausantis, alternatyvus plaučių funkcijos tyrimas, galintis suteikti papildomos informacijos apie apatinių kvėpavimo takų funkciją. Šis metodas ypač naudingas anksti nustatant obstrukcines plaučių ligas ir vertinant smulkiųjų kvėpavimo takų funkciją. Siekiant tiksliau apibrėžti oscilometrijos reikšmę klinikinėje praktikoje, reikalingi tolesni ilgalaikiai, didelės imties moksliniai tyrimai. Šiuo metu oscilometrija turėtų būti vertinama kaip papildomas diagnostikos metodas, kurio rezultatai turi būti interpretuojami kartu su kitais klinikiniais ir plaučių funkcijos tyrimų duomenimis.

LITERATŪRA

1. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, et al. Standardization of spirometry 2019 update: an official ATS/ERS technical statement. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019;200(8):e70–88.
2. Lee E, Song JH, Chung EH, Jung S, Rhee EH, Suh DI, et al. Influence of age on effort required to complete spirometry in children and adolescents. *Allergy Asthma Immunol Res*. 2022;14(6):752–9.
3. Melo SMD, Oliveira LA, Wanderley JLF, Rocha RDA. Evaluating the extremely elderly at a pulmonary function clinic for the diagnosis of respiratory disease: frequency and technical quality of spirometry. *J Bras Pneumol*. 2019;45(4):e20180232.
4. Toumpanakis D, Kim Y, Usmani OS. Small airways disease in patients with COPD: a question-and-answer approach for everyday clinical practice. *Chest*. 2026;169(3):641–51.
5. Menzella F, Antonicelli L, Cottini M, Imeri G, Corsi L, Di Marco F. Oscillometry in severe asthma: the state of the art and future perspectives. *Expert Rev Respir Med*. 2023;17(7):563–75.
6. Dubois AB, Brody AW, Lewis DH, Burgess BF Jr. Oscillation mechanics of lungs and chest in man. *J Appl Physiol*. 1956;8:587–94.
7. King GG, Bates J, Berger KI, Calverley PMA, de Melo PL, Dellacà RL, et al. Technical standards for respiratory oscillometry. *Eur Respir J*. 2020;55(2):1900753.
8. Sarkar S, Jadhav U, Ghewade B, Sarkar S, Wagh P. Oscillometry in lung function assessment: a comprehensive review of current insights and challenges. *Cureus*. 2023;15(10):e47935.
9. Kaminsky DA, Simpson SJ, Berger KI, Calverley P, de Melo PL, Dandurand R, et al. Clinical significance and applications of oscillometry. *Eur Respir Rev*. 2022;31(163):210208.
10. Cottini M, Licini A, Lombardi C, Berti A. Prevalence and features of IOS-defined small airway disease across asthma severities. *Respir Med*. 2021;176:106243.
11. Chung LP, Thompson B, King G, Usmani OS, Siddiqui S, Dandurand RJ, et al. Interpreting respiratory oscillometry in adults with asthma or COPD: findings of an international Delphi study. *ERJ Open Res*. 2025;11(6):00398–2025.
12. Kostorz-Nosal S, Jastrzębski D, Błach A, Skoczyński S. Window of opportunity for respiratory oscillometry: a review of recent research. *Respir Physiol Neurobiol*. 2023;316:104135.
13. Gasperović S, Malakauskas K. Impulsinės oscilometrijos rodiklių ir FEV1 palyginimas atliekant bronchų provokacinius ir plėtimo mėginius. *Pulmonologija ir alergologija*. 2025;9(1):67–72.
14. Pisi R, Aiello M, Frizzelli A, Calzetta L, Marchi L, Bertorelli G, et al. Detection of small airway dysfunction in asymptomatic smokers with preserved spirometry: the value of the impulse oscillometry system. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2021;16:2585–90.
15. Lu L, Peng J, Wu F, Yang H, Zheng Y, Deng Z, et al. Clinical characteristics of airway impairment assessed by impulse oscillometry in patients with chronic obstructive pulmonary disease: findings from the ECOPD study in China. *BMC Pulm Med*. 2023;23(1):52.
16. Peng J, Li X, Zhou H, Wang T, Li X, Chen L, et al. Clinical value of impulse oscillometry in chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. *Respiration*. 2025;104(2):100–9.
17. Fujii M, Shirai T, Mori K, Mikamo M, Shishido Y, Akita T, et al. Inspiratory resonant frequency of forced oscillation technique as a predictor of the composite physiologic index in interstitial lung disease. *Respir Physiol Neurobiol*. 2015;207:22–7.
18. Singh R, Krishnamurthy P, Deepak D, Sharma B, Prasad A. Small airway disease and its predictors in patients with rheumatoid arthritis. *Respir Investig*. 2022;60(3):379–84.
19. Bonifazi M, Sverzellati N, Negri E, Pomponio G, Seletti V, Bonini M, et al. Increased prevalence of small airways dysfunction in patients with systemic sclerosis as determined by impulse oscillometry. *Rheumatology (Oxford)*. 2020;59(3):641–9.
20. Bade G, Akhtar N, Trivedi A, Madan K, Guleria R, Talwar A. Impulse oscillometry as a measure of airway dysfunction in sarcoidosis. *Sarcoidosis Vasc Diffuse Lung Dis*. 2021;38(3):e2021037.
21. Simpson SJ, Irvin CG, King GG, et al. Oscillometry: clinical significance and applications. In: Dellacà R, Aliverti A, editors. *Respiratory physiology: new knowledge, better diagnosis (ERS monograph)*. Sheffield: European Respiratory Society; 2025. p. 100–18.