

Plaučių funkcijos tyrimų interpretacija – naujieji ERS/ATS standartai

INTERPRETATION OF PULMONARY FUNCTION TESTS – THE NEW ERS/ATS STANDARDS

KĘSTUTIS MALAKAUSKAS
LSMU MA Pulmonologijos klinika

Santrauka. Šioje apžvalgoje pateikiami atnaujinti 2022 m. ERS/ATS plaučių funkcijos tyrimų interpretacijos standartai. Aptariamoms sveikos populiacijos norminės lygtys ir normos ribos, bronchų plėtimo mėginio vertinimas. Pateikiami spirometrijos, plaučių tūrių ir dujų difuzijos tyrimų interpretacijos algoritmai.

Reikšminiai žodžiai: plaučių funkcija, norminės lygtys, interpretacija, spirometrija, bronchų plėtimo mėginys, plaučių tūriai, dujų difuzija.

Summary. This review provides updated 2022 ERS/ATS standards for the interpretation of pulmonary function tests. Reference equations, lower and upper limits of normal for a healthy population, bronchodilator responsiveness testing are discussed. Algorithms for the interpretation of spirometry, lung volumes and gas diffusion tests are presented.

Keywords: pulmonary function, reference equations, interpretation, spirometry, bronchodilator responsiveness testing, lung volumes, gas diffusion.

DOI: <https://doi.org/10.37499/PIA.1013>

IVADAS

2005 m. Amerikos krūtinės draugijos (angl. *American Thoracic Society*, ATS) ir Europos kvėpavimo draugijos (angl. *European Respiratory Society*, ERS) darbo grupė parengė plaučių funkcijos tyrimų interpretacijos strategiją [1]. Dabartinėje apžvalgoje pateikiami atnaujinti 2022 m. ERS/ATS plaučių funkcijos tyrimų interpretacijos standartai [2]. Šiuose standartuose pagrindinis dėmesys skiriamas plaučių funkcijos tyrimų interpretacijai.

NORMINĖS LYGTYS

Plaučių funkcijos tyrimai atspindi fiziologines plaučių savybes, siekiant diagnozuoti plaučių ligas, paaiškinti dusulio priežastis, stebėti ligos vystymąsi ir gydymo atsaką. Tam, kad būtų galima teisingai interpretuoti tyrimų rezultatus, kartu su kokybiškai atliktais tyrimais reikia naudoti tinkamas išmatuotų dydžių normines lygtis. Atnaujintuose ERS/ATS standartuose **rekomenduojama naudoti Pasaulinės plaučių funkcijos iniciatyvos (angl. *Global lung function initiative*, GLI) spirometrijos, plaučių tūrių ir dujų difuzijos (plaučių difuzinės gebos anglies monoksido, D_{LCO}) normines lygtis** [3–5]. GLI norminės lygtys sudaro vieną plaučių funkcijos tyrimų lygčių rinkinį, leidžiantį išvengti prieštarų rezultatų tarp atskirų plaučių funkcijos tyrimų ir galimos klaidingos fiziologinių procesų interpretacijos. Šios lygtys pritaikytos visų amžiaus grupių asmenims – nuo 3 iki 95 metų. Atkreiptinas dėmesys, kad iki šiol dar naudojamų

Europos plieno ir anglių bendrijos (angl. *European Community for Steel and Coal*, ECSC) norminių lygčių apskaičiuotų rodiklių vertės yra mažesnės už GLI lygčių vertes.

NORMOS RIBOS

Nerekomenduojama rodiklių vertėms taikyti 80 proc. norminio dydžio, o forsuito iškvėpimo tūrio per pirmąją sekundę (FEV_1)/forsuotos gyvybinės talpos (FVC) santykio 0,70 kaip apatinės normos ribos (ANR), nes šiais atvejais neatsižvelgiama į su amžiumi susijusius rodiklių pokyčius [6, 7]. Pavyzdžiui, FEV_1 /FVC 0,70 tik apytiksliai tinka ANR vidutinio amžiaus asmenims (apie 40 metų), bet yra klaidingas jaunesnio ir vyresnio amžiaus žmonėms.

Nustatant išmatuoto rodiklio normą rekomenduojama naudoti 5-jį ir 95-jį procentilį (–1,645 ir +1,645 z reikšmės), atitinkamai nustatant apatinę ir viršutinę normos ribą (VNR). Procentilių ribos yra standartizuotas metodas, skirtas nustatyti vertėms, kurios nepatenka į sveikos populiacijos laukiamų rezultatų diapazoną. Z reikšmės parodo, kiek tiriama plaučių funkcijos rodiklio vertė yra nutolusi nuo norminės vertės, atsižvelgiant į lytį, amžių, ūgį ir etninę grupę, išreikštą standartiniais nuokrypiais. Kadangi spirometrijoje tik žemos rodiklių vertės laikomos nenormaliomis, naudojant 5 procentilį kaip ANR pripažįstama, kad 5 proc. sveikų asmenų bus klaidingai teigiami rezultatai, t. y. netiksliai vertinami kaip turintys nenormalų rezultatą. 5-asis procentilis parodo kompromisą tarp

netaisyklingai įvertintos sveiko asmens mažos vertės ir kliniškai reikšmingo plaučių funkcijos sumažėjimo (t. y. padidėjusio jautrumo ir mažesnio specifiškumo, palyginti su mažesnio procentilio naudojimu). Atliekant tyrimus, kurių rezultatai gali būti ir per maži, ir per dideli (pvz., plaučių tūrių arba dujų difuzijos tyrimai), klaidingų teigiamų rezultatų tikimybė padidėja iki 10 proc. Atkreiptinas dėmesys, kad nukrypimai nuo normos nebūtinai rodo patofiziologinį sutrikimą ir kliniškai reikšmingą ribą ligai diagnozuoti. Ir atvirkščiai, rezultatas, atitinkantis tiriamojo normą, neatmeta ligos, pažeidžiančios plaučių funkciją, galimybės – pvz., rodiklio sumažėjimas nuo 95 procentilio iki 10 procentilio yra labai reikšmingas pokytis, bet plaučių funkcija vis tiek išlieka normos ribose. Todėl ribiniai rezultatai turi būti interpretuojami atsargiai, atsižvelgiant į tiriamojo ligos istoriją, fizinius duomenis ir ligos tikimybę prieš tyrimą. Nerekomenduotina pasikliauti vien tik tyrimų rezultatų skaitmenine išraiška. Idealiu atveju norma turėtų būti pagrįsta individo iki ligos išmatuota arba pradine verte.

PLAUČIŲ FUNKCIJOS SUTRIKIMO SUNKUMAS

Anksčiau buvo rekomenduojama bet kokių spirometrinių ventiliacijos sutrikimų sunkumą vertinti pagal FEV_1 vertę, išreikštą norminio dydžio procentais. 2005 m. ATS/ERS plaučių funkcijos tyrimų interpretacijos strategijoje [1] buvo išskirti penki sunkumo lygiai, tam naudotos 70 proc., 60 proc., 50 proc. ir 35 proc. ribos. Deja, toks skirstymas netikslus esant skirtingam tiriamųjų amžiui. Todėl, atsižvelgiant į asmens lytį, ūgį, amžių, etninę kilmę, taip pat mirties riziką, 2022 m. ERS/ATS standartuose visiems plaučių funkcijos rodikliams įvertinti rekomenduojama taikyti tris sunkumo laipsnius pagal z reikšmes [2]:

- **Norma:** $> -1,645$.
- **Lengvas sutrikimas:** nuo $-1,65$ iki $-2,5$.
- **Vidutinio sunkumo sutrikimas:** nuo $-2,51$ iki $-4,0$.
- **Sunkus sutrikimas:** $< -4,1$.

Svarbu pažymėti, kad plaučių funkcijos sutrikimo sunkumas nebūtinai atitinka ligos sunkumą, kuris apima gyvenimo kokybę, funkcinis sutrikimus, radiologinius pokyčius ir kt.

FIZIOLOGINIŲ SUTRIKIMŲ KLASIFIKACIJA

Interpretuojant plaučių funkcijos tyrimų rezultatus, pagrindinis tikslas yra nustatyti sutrikimų pobūdį. Vien tik plaučių funkcijos tyrimais neturi būti naudojamos konkrečiai patologinei būklei diagnozuoti. Plaučių funkcijos tyrimų rezultatų interpretacija turi būti aiški ir informatyvi, kad padėtų suprasti, ar gautas rezultatas yra normalus, o jei ne – koks fiziologinis sutrikimas gali būti susijęs. Be to, norint nustatyti kliniškai reikšmingus nukrypimus nuo ankstesnių

tiriamojo rezultatų, svarbūs yra kartotiniai plaučių funkcijos tyrimų vertinimai.

Įprasti plaučių funkcijos tyrimai vertina tris funkcines plaučių savybes: 1) oro srautą (įkvėpimo ir iškvėpimo); 2) plaučių tūrius ir talpas (bendrąją plaučių talpą (TLC), liekamąjį tūrį (RV), funkcinę liekamąją talpą (FRC)) ir 3) dujų difuziją (D_{LCO}). Šių trijų funkcinių savybių sutrikimai paprastai klasifikuojami kaip obstrukcinis arba restrikcinis ventiliacijos bei dujų difuzijos:

- 1) **Obstrukcinis ventiliacijos sutrikimas** – tai kvėpavimo takų susiaurėjimas dėl obstrukcijos arba dinaminio kvėpavimo takų kolapso. Proksimalinių kvėpavimo takų savybės lemia oro srauto pasipriešinimą, esant dideliems plaučių tūriams, ir FEV_1/FVC sumažėjimą; distalinių kvėpavimo takų savybės lemia oro srauto pasipriešinimą, esant nedideliame plaučių tūriui, ir mažina pasaksnį oro srautą visiškai iškvėpant. Kadangi dėl kvėpavimo takų obstrukcijos sutrinka oro šalinimas iš plaučių, ją dažnai lydi oro spūstai ir hiperinflacija, dėl ko gali sumažėti FVC. Tai vertinama RV matavimu.
- 2) **Restrikcinis ventiliacijos sutrikimas** – tai plaučių dydžio sumažėjimas. Gali pasireikšti dėl plaučių parenchimos pažeidimo arba negebėjimo pilnai įkvėpti dėl ekstrapulmoninių veiksnių (pvz., tiriamojo silpnumo, krūtinės ląstos anomalijų, nutukimo). Plaučių restrikcija sumažina FEV_1 , FVC (bet ne FEV_1/FVC) ir TLC.
- 3) **Dujų difuzijos sutrikimas** – tai sumažėjęs dujų pernešimas (anglies monoksidas naudojamas kaip deguonies pakaitalas) tarp alveolių oro ir alveolių kapiliarinio kraujo. Tai gali būti dėl sumažėjusio alveolių paviršiaus ploto, sutrikusių alveolių-kapiliarų membranų savybių arba sumažėjusio plaučių kapiliarinio kraujo (hemoglobino) tūrio. Dujų difuzija paprastai vertinama tiriant D_{LCO} .

Ventiliacijos sutrikimai, nustatomi spirometrijos metu

Iškvėpimo oro srautas paprastai vertinamas spirometriniu tyrimu, o svarbiausi rodikliai yra FEV_1 , FVC ir FEV_1/FVC . Didžiausią oro srautą gali riboti įvairios tiriamojo būklės arba ligos:

- 1) Sutrikusi iškvėpimo raumenų funkcija (tiriamojo silpnumas arba nepakankamos pastangos; nervų-raumenų ligos), sumažėjusi plaučių audinio elastinė atotampa arba sumažėjęs krūtinės sienos išsiplėtimas, dėl ko sumažėja didžiausias iškvėpimo srautas (PEF), FEV_1 ir FVC, esant įvairiam FEV_1/FVC .
- 2) Centrinų kvėpavimo takų (trachėjos, pagrindinių bronchų) obstrukcija, sukelianti neproporcingą PEF sumažėjimą, palyginus su FEV_1 , esant įvairiam FEV_1/FVC .

Pulmonologija ir alergologija

- 3) Intrapulmoninė bronchų obstrukcija, kurią sukelia kvėpavimo takų kolapsas, bronchų konstrikcija arba kvėpavimo takų susiaurėjimas dėl uždegimo, sienelių sustorėjimo ir (arba) edemos. Pastaruoju atveju vartojamas terminas „obstrukcija“, siekiant nurodyti pataloginį oro srauto sumažėjimą dėl plaučių pažeidimo. PEF ir FEV₁ sumažėja labiau nei FVC, todėl FEV₁/FVC yra mažas.

Obstrukcija

Obstrukcinis ventiliacijos sutrikimas nustatomas, kuomet FEV₁/FVC (arba FEV₁/gyvybinė talpa (VC)) yra mažiau nei ANR, kuri apibrėžiama kaip 5-asis norminio dydžio procentilis. 2005 m. ATS/ERS interpretacijos standartuose buvo rekomenduojama naudoti FEV₁/VC (kai VC yra didžiausia lėtos gyvybinės talpos (SVC) arba FVC vertė [1]). Ir nors FEV₁/VC naudojimas obstrukcijai nustatyti gali būti jautresnis, bet yra ne toks specifiškas, lyginant su FEV₁/FVC [8]. Be to, FVC registravimą lengviau standartizuoti, nes FVC ir FEV₁/FVC registruojami forsuito iškvėpimo manevro metu, o SVC – atskirai. Taip pat svarbu, kad norminės lygtys yra apskaičiuotos FEV₁/FVC, bet ne FEV₁/VC.

Siekiant kiekybiškai įvertinti smulkiųjų kvėpavimo takų funkcijos sutrikimus, ypač kai FEV₁ ir FEV₁/FVC yra normalūs, buvo vertinamas vidutinis srautas tarp 25 ir 75 procentų FVC (FEF_{25-75 proc.}). Pasirodė, kad forsuito iškvėpimo metu FEF_{25-75 proc.} matavimai labai kinta, pasižymi blogu atkuriamumu ir nėra specifiški asmenims su smulkiųjų kvėpavimo takų pažeidimu. Todėl šiuo metu nėra pakankamų įrodymų, rekomenduojančių spirometrijos atlikimą izoliuotai smulkiųjų bronchų disfunkcijai nustatyti [2].

Asmenims, kuriems būdingos ankstyvosios plaučių ligos apraiškos, ypač vaikams, spirometrijos rodiklių vertės gali būti normalios (net ir tiems, kuriems liga patvirtinta). Vertinant ventiliacijos sutrikimus, kiti plaučių funkcijos tyrimai gali papildyti spirometriją. Pavyzdžiui, kvėpavimo takų pasipriešinimas (R_{aw}), išmatuotas atliekant kūno pletizmografią, ir su tūriu susijęs specifinis R_{aw} (sR_{aw}) arba specifinis kvėpavimo takų laidumas (sG_{aw}). Šie rodikliai yra jautresni, kai siekiama nustatyti ekstratorakalinių arba stambųjų intratorakalinių kvėpavimo takų susiaurėjimą, nei periferinių kvėpavimo takų. Kvėpavimo sistemos pasipriešinimo matavimai, taikant neinvazinius metodus, tokius kaip oscilometrija, kurių atlikimui reikalingas tik ramus kvėpavimas, gali

būti naudingi asmenims, kurie negali atlikti forsuito iškvėpimo manevro, įskaitant mažus vaikus.

Restrikcija

Kai FEV₁/FVC yra normalus arba padidėjęs, sumažėjęs FVC leidžia įtarti restrikciją, bet jos neįrodo. Reikia ištirti plaučių tūrius ir talpas. Tačiau normalus FVC paprastai ekskliuduoja restrikciją [10].

Mišrus sutrikimas

Mišrų sutrikimą galima įtarti, jei FEV₁/FVC ir FVC yra sumažėję. Tačiau FVC gali būti sumažėjęs tiek dėl obstrukcijos, tiek dėl restrikcijos, todėl restrikcijos komponento egzistavimo negalima įvertinti vien tik iš FEV₁ ir FVC matavimų. Tikslinga ištirti plaučių tūrius ir talpas.

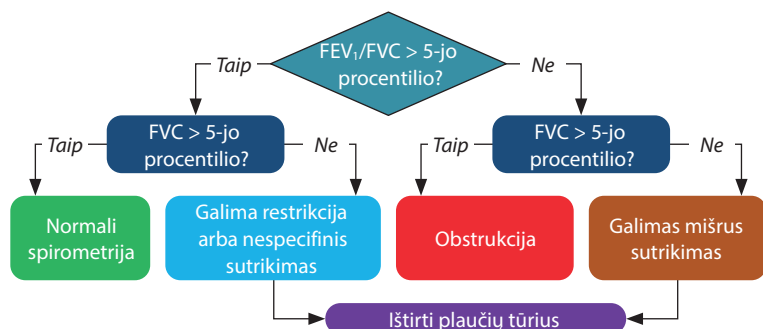
Disanapsis

Asmenims, kuriems yra sumažėjęs FEV₁/FVC bet normalus FEV₁, šių radinių klinikinė reikšmė nėra visiškai aiški. Dažniau nustatoma sveikiems, jauniems, aukšties vyrams, esant padidėjusiai FVC ir forsuito iškvėpimo srautui, iškvėpus 75 proc. FVC (FEF_{75 proc.}). Tai gali būti dėl disanaptinio (neproporcingo) kvėpavimo takų ir plaučių parenchimos augimo [11]. Greta

1 lentelė. Spirometrijos metu nustatomi ventiliacijos sutrikimai

Sutrikimas	FEV ₁	FVC	FEV ₁ /FVC	Pastabos
Obstrukcija	N/↓	N	↓	
Restrikcija	↓	↓	N/↑	Patvirtinimui įvertinti TLC, kuri turi būti ↓
Nespecifinis sutrikimas	↓	↓	N	TLC normali; tikslingi papildomi tyrimai, tokie kaip bronchų plėtimo mėginys, plaučių tūrių, kvėpavimo takų pasipriešinimo matavimas
Raumenų silpnumas	↓	↓	N	Forsuito iškvėpimo kreivė nėra smaili
Nepakankamos pastangos	↓	↓	N	Forsuito iškvėpimo kreivė nėra smaili
Mišrus sutrikimas	↓	↓	↓	Patvirtinimui tirti plaučių tūrius
Disanapsis	N	N/↑	↓	Galimas normos variantas

FEV₁ – forsuito iškvėpimo tūris per pirmąją sekundę; FVC – forsuita gyvybinė talpa; N – normalus; TLC – bendroji plaučių talpa.



1 pav. Spirometrijos interpretacijos algoritmas [2]

FEV₁ – forsuito iškvėpimo tūris per pirmąją sekundę; FVC – forsuita gyvybinė talpa.

normalaus FEV₁ ir sumažėjusio FEV₁/FVC gali būti nustatoma didelė FVC su sumažėjusiu RV. Nors manoma, kad tai gali būti normalus fiziologinis variantas, nauji duomenys rodo, kad šis fenomenas gali būti susijęs su polinkiu ateityje sirgti obstrukcine plaučių liga. Todėl individualiai sprendžiama dėl papildomų tyrimų, tokių kaip bronchų plėtimo mėginys, dujų difuzija ir kiti tyrimai.

Nespecifinis sutrikimas

Sutrikimas, kuomet FVC ir (arba) FEV₁ yra sumažėję, o FEV₁/FVC ir TLC yra normalūs, vadinamas nespecifiniu [12, 13]. Buvo manoma, kad nespecifinis sutrikimas yra susijęs su kvėpavimo takų obstrukcija arba kolapsu. Iš tiesų, nespecifinis sutrikimas gali atspindėti sumažėjusias tiriamojo pastangas (įkvepiant arba iškvepiant), restrikciją (gali būti ankstyvasis restrikcijos požymis, kai FVC sumažėjimas dar nesusijęs su RV sumažėjimu) arba būti ankstyvasis smulkiųjų kvėpavimo takų ligos su oro spąstų fenomenu ir (arba) emfizema pasireiškimas (dėl kolapso sumažėja FVC ir padidėja RV, išliekiant dar normaliam FEV₁/FVC). Nustačius nespecifinį sutrikimą, tikslinga atlikti bronchų plėtimo mėginį. Žymus FEV₁ ir (arba) FVC padidėjimas gali rodyti tam tikro laipsnio bronchų atsaką. Taip pat galima palyginti FVC su SVC. Jei SVC yra žymiai didesnė nei FVC (> 100 ml), tai leidžia įtarti forsuoto iškvėpimo metu įvykstantį kvėpavimo takų kolapsą.

1 lentelėje ir 1 paveiksle pateikiami spirometrijos metu nustatomi ventiliacijos sutrikimai bei spirometrijos interpretacijos algoritmas.

Centrinių ir viršutinių kvėpavimo takų obstrukcija

Centrinių ir viršutinių kvėpavimo takų obstrukcija išsivysto už plaučių parenchimos ribų. Tai gali atsirasti intratorakaliniuose kvėpavimo takuose (intratorakalinėje trachėjos dalyje ir pagrindiniuose bronchuose) arba ekstratorakaliniuose kvėpavimo takuose (ryklėje, gerklose ir ekstratorakalinėje trachėjos dalyje). Ankstyvosiose pažeidimo stadijose FEV₁ ir (arba) FVC gali nepakisti, bet PEF pastebimai sumažėja. 2 lentelėje pateikiami rodikliai gali padėti atskirti intratorakalinę ir ekstratorakalinę kvėpavimo takų obstrukciją. Padidėjęs FEV₁ (ml) ir PEF (l/min.) santykis gali įspėti gydytoją, kad reikia atlikti įkvėpimo ir iškvėpimo srauto-tūrio kreivės vertinimą. FEV₁/PEF santykis > 8 ml/l/min. suaugusiesiems rodo centrinių arba viršutinių kvėpavimo takų obstrukciją. Nepakankamos tiriamojo pastangos taip pat gali turėti įtakos šių rodiklių santykiui. Svarbu tai, kad besivystanti sunki viršutinių kvėpavimo takų obstrukcija galiausiai sumažina FEV₁ ir FEV₁/FVC (VC). Pažymėtina, kad iškvėpimo srauto-tūrio kreivės vizualus vertinimas gali būti labai naudingas norint nustatyti viršutinių kvėpavimo takų obstrukciją. Tačiau klasikinių centrinių kvėpavimo takų obstrukcijos spirometrinių

pokyčių nebuvimas nepaneigia galimos patologijos. Todėl, esant įtarimui, tikslingas endoskopinis arba radiologinis kvėpavimo takų ištyrimas.

Bronchų plėtimo mėginys

Esant klinikinėms indikacijoms, bronchų plėtimo mėginis įvertinamas plaučių funkcijos pokytis po bronchų plečiamojo vaisto pavartojimo. Bronchų plėtimo mėginio rezultatas atspindi integruotą kvėpavimo takų epitelio, nervų, mediatorių ir kvėpavimo takų lygiųjų raumenų fiziologinį atsaką, taip pat struktūrinius ir geometrinius veiksnius, turinčius įtakos oro srautui kvėpavimo takuose. Bronchų plečiamojo vaisto, dozės ir skyrimo būdo pasirinkimas yra klinikinis sprendimas. Atsako į bronchų plečiamuosius vaistus sąvokos nereikia painioti su obstrukcijos „išnykstanumu“, kuris yra kokybinis terminas, atspindintis FEV₁/FVC normalizavimą (obstrukcijos išnykimą) po bronchų plečiamųjų vaistų pavartojimo. Kriterijai, skirti įvertinti FEV₁ ir FVC pokyčiui po bronchų plečiamojo vaisto pavartojimo, yra šie:

- 1) Absoliutusias pokytis, palyginti su pradine verte (išreiškiamas ml).
- 2) Santykinis pokytis, susijęs su pradine verte (išreiškiamas procentais).
- 3) Pokytis, susijęs su tiriamojo normine verte (išreiškiamas procentais).

2005 m. ATS/ERS strategijoje rekomenduotas FEV₁ ir FVC absoliutaus ir santykinio pokyčio derinys, lyginant su pradiniu dydžiu [1]. Teigiamas bronchų plėtimo mėginys traktuotas, kuomet FEV₁ ir (arba) FVC padidėja pavartojus bronchų plečiamąjį vaistą ≥ 12 proc., kas sudaro ≥ 200 ml tūrio. Pagrindinis šių kriterijų trūkumas tai, kad absoliutūs ir santykiniai FEV₁ ir FVC pokyčiai yra atvirkščiai proporcingi pradinei plaučių funkcijai ir yra susiję su tiriamųjų ūgiu, amžiumi, lytimi tiek sveikiems, tiek sergantiems asmenims. Naujuosiuose 2022 m. ERS/ATS plaučių funkcijos tyrimų interpretacijos standartuose rekomenduojama naudoti FEV₁ arba FVC pokytį kaip procentinį padidėjimą, palyginti su tiriamojo normine verte, kas sumažina lyties ir ūgio įtaką vertinant bronchų plėtimo mėginį [2, 14]. **Todėl bronchų plėtimo mėginio metu FEV₁ ir FVC pokyčiai yra**

2 lentelė. Spirometriniai rodikliai, leidžiantys diferencijuoti ekstratorakalinę obstrukciją nuo intratorakalinės

Rodikliai	Ekstratorakalinė obstrukcija		Intratorakalinė obstrukcija
	Fiksuota	Variabili	
PEF	↓	N/↓	↓
FIF _{50 proc.}	↓	↓	N/↓
FIF _{50 proc.} /FEF _{50 proc.}	~1	<1	>1

FEF_{50 proc.} – forsuoto iškvėpimo srautas, iškvėpus 50 proc. FVC; FIF_{50 proc.} – forsuoto įkvėpimo srautas, įkvėpus 50 proc. FVC; N – norma; PEF – didžiausias iškvėpimo srautas.

Pulmonologija ir alergologija

vertinami procentiniu norminių dydžių skirtumu, o padidėjimas > 10 proc. rodo reikšmingą pokytį:

$$\text{Bronchus plečiamasis atsakas} = \frac{[\text{podilatacinė vertė (l)} - \text{priešdilatacinė vertė (l)}] \times 100}{\text{norminė vertė (l)}}$$

Nustatyta, kad FVC pokyčiai, o ne FEV₁, geriau atspindi fiziologinius oro spąstų procesus. Kiti forsuoto iškvėpimo srautai, pvz., PEF arba FEF_{25-75 proc.}, yra labai kintantys ir reikšmingai veikiami FVC pokyčių, todėl jų vertės prieš ir po bronchų plečiamojo vaisto pavartojimo yra nelygintinos.

VENTILIACIJOS SUTRIKIMAI, NUSTATYTI PLAUCIŲ TŪRIŲ IR TALPŲ MATAVIMU

Siekiant iširti plaučių tūrius ir talpas, dažniausiai naudojama kūno pletizmografija arba dujų praskiedimo (pašalinimo) metodai. Sergant obstrukcinėmis ligomis, dėl plaučių ventilacijos netolygumo, matuojant FRC, alveolių tūrį (V_A) ir TLC dujų praskiedimo (pašalinimo) metodais, galimos tam tikros paklaidos. Pavyzdžiui, TLC gali būti nedidelė, nes išmatuojamas tik esantis plaučiuose dujų tūris. Atliekant vieno įkvėpimo testą (pvz., V_A iš D_{LCO} tyrimo) gauta žema TLC vertė neturėtų būti interpretuojama kaip restrikcija (ypač esant sumažėjusiam FEV₁/FVC), nes tokie matavimai sistemingai nustato per mažą TLC [15]. Nepakankamo plaučių tūrio įvertinimo laipsnis didėja, sunkėjant obstrukcijai ir ryškėjant regioniniam ventilacijos netolygumui, todėl TLC gali būti nepakankamai įvertinta taikant dujų praskiedimo metodą net iki 3 l. Taip pat, atliekant kūno pletizmografiją pacientui su sunkia obstrukcija, plaučių tūrio dydis gali būti pervertintas galimai dėl nepakankamai įvertinamo alveolinio slėgio burnos ertmėje ir padidėjusio ekstratorakalinių kvėpavimo takų tūsumo.

GLI plaučių tūrių norminės lygtys koreguojamos pagal tiriamojo ūgį, bet ne svorį [16, 17]. Tačiau plaučių tūrius ir talpas gali veikti nutukimas [16, 17]. Kai kūno masės indeksas (KMI) > 30 kg/m², reikšmingai sumažėja funkcinė liekamoji talpa (FRC) ir rezervinis iškvėpimo tūris (ERV). Esant ekstremaliam nutukimui, pastebimi ir obstrukciniai, ir restrikciniai ventilacijos sutrikimai. Nepaisant to, daugumos nutukusių asmenų išmatuoti plaučių tūriai ir talpos vis dar yra normalūs, o TLC paprastai nesumažėja, kol KMI neviršija 40 kg/m². Todėl, esant nutukimui, normos neatitinkantys rezultatai turi būti interpretuojami atsargiai.

Restrikcija

Spirometrija leidžia tik įtarti restrikciją, o tai patvirtinti gali plaučių tūrių ir talpų matavimai. **Plaučių tūrių sumažėjimas apibūdinamas kaip restrikcinis ventilacijos sutrikimas, kuris charakterizuojamas**

TLC sumažėjimu žemiau ANR (t. y. žemiau 5-ojo norminio dydžio procentilio). Spirometriniu tyrimu irgi galima įtarti restrikcinį sutrikimą, kai nustatoma sumažėjusi FVC ir normalus arba padidėjęs FEV₁/FVC, o srauto-tūrio kreivė yra išgaubtos formos (atspindi didelę elastinę atotampą) [10]. Tačiau sumažėjusi FVC pati savaime neįrodo restrikcinio ventilacijos sutrikimo, nes tik mažiau nei pusei atvejų nustatoma sumažėjusi TLC. Ir atvirkščiai, normalūs FVC ir FEV₁/FVC pokitimai atmeta restrikcijos galimybę.

Daugumos restrikcinių ligų atvejais FEV₁, FVC ir TLC paprastai sumažėja maždaug ta pačia dalimi – šis sutrikimas vadinamas *paprasta restrikcija* [18]. Tačiau kai kuriems asmenims FVC sumažėja neproporcingai labiau nei TLC (TLC proc. norminis dydis – FVC proc. norminis dydis > 10 proc.), ir nustatomas neproporcingai padidėjęs RV. Ši restrikcija vadinama *sudėtine restrikcija* ir yra susijusi su procesais, kurie pablogina oro pasišalinimą iš plaučių, pvz., nervų-raumenų ligos, krūtinės ląstos judrumo apribojimai arba slapta obstrukcija su oro spąstais [18].

Obstrukcija

Obstrukcinis ventilacijos sutrikimas paprastai nustatomas spirometriniu iškvėpimo oro srauto matavimu. Tačiau yra specifinių plaučių tūrių ir talpų pokyčių, susijusių su obstrukcija, kuri paprastai atspindi hiperinfliaciją arba oro spąstus. Tai VC, įkvėpimo talpos (IC) ir FVC sumažėjimai bei FRC ir RV padidėjimas. Paprastai TLC ir kitų tūrių matavimas suteikia nedaug papildomos informacijos spirometriškai nustatytus obstrukcinį ventilacijos sutrikimą. Tačiau šie matavimai gali būti naudingi esant ribiniams arba nebūdingiems spirometriniams pokyčiams. Vienas iš ankstyvųjų smulkiųjų kvėpavimo takų ligos pasireiškimų yra RV arba RV/TLC padidėjimas dėl priešlaikinio kvėpavimo takų užsidarymo ir oro spąstų. Besivystant pokyčiams, plaučių hiperinfliaciją ir oro spąstus atspindi FRC arba FRC/TLC, dažnai ir TLC, padidėjimai. Padidėjęs RV/TLC taip pat gali būti nustatytas esant raumenų silpnumui arba nepakankamoms pastangoms ir kai kuriais restrikcijos atvejais, kuomet TLC sumažėja proporcingai daugiau nei RV.

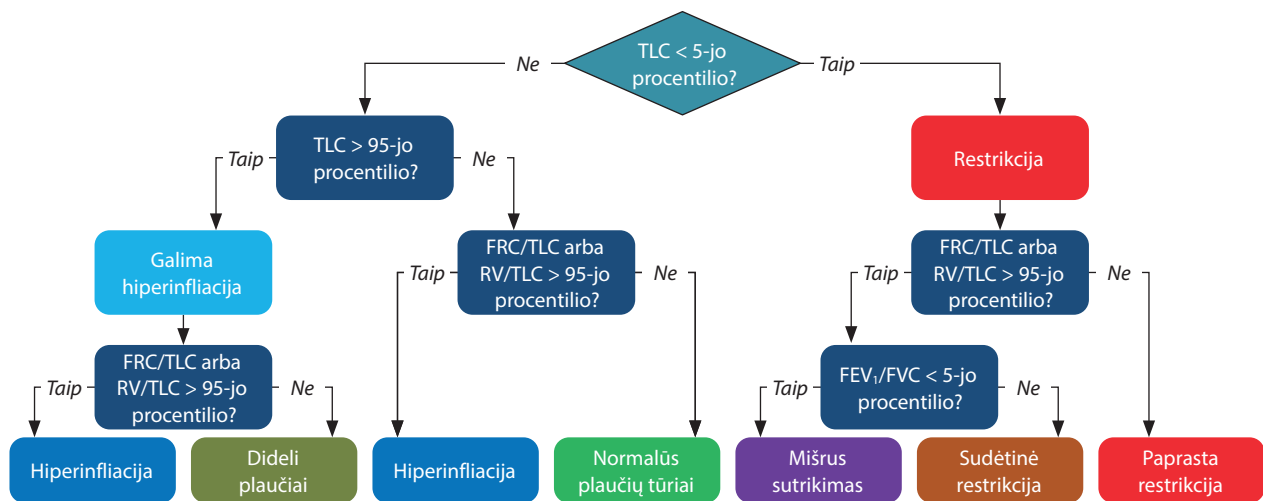
Mišrus sutrikimas

Mišriam ventilacijos sutrikimui būdingi ir obstrukcijos, ir restrikcijos požymiai. **Mišrus ventilacijos sutrikimas nustatomas, kuomet FEV₁/FVC ir TLC yra žemiau ANR (t. y. žemiau 5-ojo norminio dydžio procentilio).** Jei FEV₁/FVC ir FVC yra sumažėję, bei neišmatuota TLC, gali būti, kad FVC sumažėjo dėl padidėjusio RV. Ir atvirkščiai, kai FEV₁/FVC yra mažas, o FVC yra normalus, beveik visada galima atmesti restrikciją. Mišrus ventilacijos sutrikimas paprastai pasireiškia plaučių parenchimos pažeidimo

3 lentelė. Ventilacijos sutrikimai, nustatomi tiriant plaučių tūrius

Sutrikimai	TLC	FRC	RV	FRC/TLC	RV/TLC	Pastabos
Dideli plaučiai	↑	↑	↑	N	N	Tai normos variantas, kuomet viršija VNR
Obstrukcija	N/↑	N/↑	↑	N/↑	↑	Hiperinfliacija, jei FRC/TLC ir RV/TLC padidėję; oro spąstai, jei padidėjęs tik RV/TLC (pvz., LOPL)
Paprasta restrikcija	↓	↓	↓	N	N	Pavyzdžiui, IPL
Sudėtinė restrikcija	↓	↓	N/↑	N	↑	Kai FEV ₁ /FVC yra normalus, sudėtinė restrikcija reiškia procesą, prisidedantį prie restrikcijos, kuomet neproporcingai sumažėja FVC, palyginti su TLC (pvz., smulkiųjų kvėpavimo takų liga su oro spąstais ir nutukimu)
Mišrus sutrikimas	↓	N/↓	N/↑	N/↑	N/↑	Įprastai FEV ₁ /FVC yra sumažėjęs (pvz., IPL ir LOPL)
Raumenų silpnumas	↓	N/↓	↑	↑	↑	Kai tiriamojo pastangos pakankamos; TLC sumažėja ypač esant diafragmos silpnumui; RV padidėja, ypač esant iškvėpimo raumenų silpnumui
Nepakankamos pastangos	↓	N	↑	↑	↑	
Nutukimas	N/↓	↓	N/↑	N/↓	N/↑	ERV sumažėjęs; TLC sumažėja, esant labai dideliam KMI (> 40 kg/m ²)

FEV₁ – forsuoto iškvėpimo tūris per pirmąją sekundę; FVC – forsuota gyvybinė talpa; ERV – iškvėpimo rezervinis tūris; FRC – funkcinė liekamoji talpa; IPL – intersticinė plaučių liga; KMI – kūno masės indeksas; LOPL – lėtinė obstrukcinė plaučių liga; N – normalus; RV – liekamasis tūris; TLC – bendroji plaučių talpa; VNR – viršutinė normos riba.



2 pav. Plaučių tūrių interpretacijos algoritmas [2]

TLC – bendroji plaučių talpa; FRC – funkcinė liekamoji talpa; RV – liekamasis tūris; FEV₁ – forsuoto iškvėpimo tūris per pirmąją sekundę; FVC – forsuota gyvybinė talpa.

ir ne plaučių sutrikimo deriniu, pvz., LOPL ir stazinis širdies nepakankamumas [19]. Tais atvejais, kai kartu yra obstrukcija ir restrikcija, sumažėjusio FEV₁/FVC arba TLC jautrumas identifikuoti kurį nors vieną iš šių sutrikimų sumažėja.

3 lentelėje pateikiami spirometrinių rodiklių ir plaučių tūrio pokyčiai esant obstrukciniam, restrikciniam ir mišriam ventilacijos sutrikimams, o 2 paveiksle interpretacijos algoritmas, paremtas plaučių tūrių ir talpų pokyčiais.

DUJŲ DIFUZIJOS SUTRIKIMAI

Dujų difuzija paprastai vertinama matuojant anglies monoksido įsisavinimą plaučiuose. Bendrą anglies monoksido įsisavinimą lemia alveolių-kapiliarų membranos paviršiaus plotas ir difuzinės savybės, kontaktuojančio kapiliarinio kraujo hemoglobino kiekis, reakcijos greitis tarp hemoglobino ir anglies

monoksido. Pirminiai registruojamieji rodikliai yra anglies monoksido pernešimo koeficientas (K_{CO}) (išmatuojamas anglies monoksido koncentracijos pokytis einant laikui) ir V_A (dujų tūris, išmatuotas inertinių dujų praskiedimo būdu, kuriame yra anglies monoksido), kuriais apskaičiuojamas D_{LCO} , pagrindinis plaučių difuzinės gebos rodiklis:

$$D_{LCO} = K_{CO} \times V_A$$

Sumažėjusio D_{LCO} interpretacija turi būti vykdoma atsižvelgiant į V_A ir K_{CO} vertes (3 pav.). D_{LCO} , V_A ir K_{CO} normos yra tarp 5-ojo ir 95-ojo procentilių (ANR ir VNR). Tačiau, mažėjant plaučių tūriui, K_{CO} didėja netiesiškai (mažesnis plaučių dujų tūris reiškia greitesnius anglies monoksido koncentracijos pokyčius dėl vis didesnio paviršiaus ploto ir tūrio santykio), ir šis „normalaus“ K_{CO} diapazonas palaipsniui praranda prasmę. Todėl, nustačius mažą V_A , vadinamasis „nor-

Pulmonologija ir alergologija

malus“ K_{CO} (dažnai išreiškiamas kaip D_{LCO}/V_A) „nekoreguoja“ esant mažiems plaučių tūriams [20].

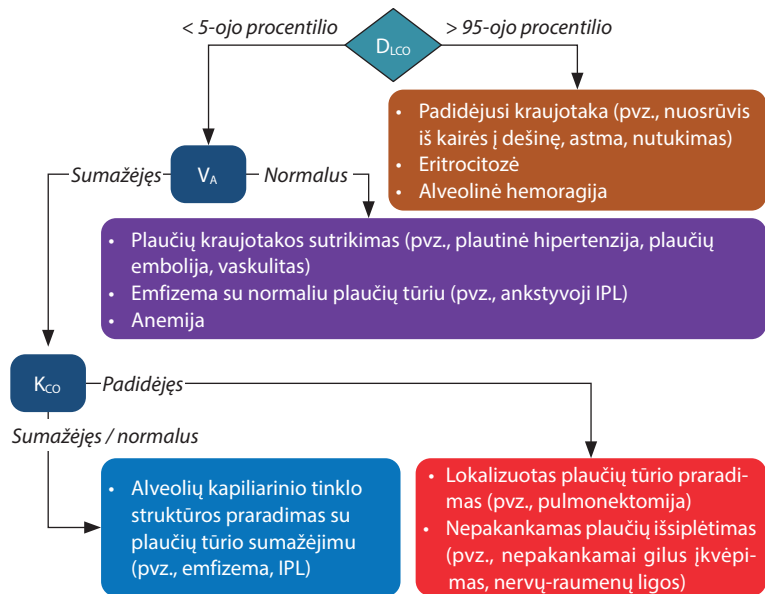
Naudinga palyginti V_A su TLC, išmatuota atliekant kūno pletizmografiją, siekiant nustatyti, ar dujų difuzijos tyrimui naudojamų dujų pasiskirstymas gali sukelti D_{LCO} sumažėjimą (kadangi anglies monoksido įsisavinimas vyksta tik tuose plaučių regionuose, kuriuose pasiskirsto tyrimo dujos). Normalus V_A/TLC suaugusiesiems yra 0,85–0,90. Sumažėjęs šis santykis rodo, kad dujų maišymosi sutrikimai greičiausiai prisideda prie žemo išmatuoto D_{LCO} . Aiškinant D_{LCO} tyrimo rezultatus taip pat reikia atsižvelgti į hemoglobino ir karboksihemoglobino kiekio pokyčius. Tai ypač svarbu tais atvejais, kai pacientai yra nuolat stebimi dėl galimo vaistų toksiškumo ir kai hemoglobino kiekis labai svyruoja.

IŠVADOS

Klinicistas, vertindamas plaučių funkcijos tyrimų rezultatus, turi interpretuoti gautus rezultatus kaip normalius arba sutrikusius, atsižvelgiant į tiriamojo amžių, lytį, ūgį, etninę kilmę, medicininę dokumentaciją, galimų toksinių medžiagų ekspoziciją, apsvarstyti, kaip laikui bėgant keitėsi plaučių funkcijos rodikliai. Vertinant, ar gautas rezultatas reprezentuoja asmens plaučių funkciją, taip pat reikia atsižvelgti į tiriamojo pastangų kokybę. Nepakankamos kokybės tyrimas turi būti pakartotas prieš priimant svarbius klinikiškus sprendimus. Normalūs įprastų plaučių funkcijos tyrimų rezultatai neatmeta fiziologinių sutrikimų, ypač sergant lengva liga. Todėl specializuoti tyrimai, naudojami kartu su įprastais tyrimais, gali suteikti išsamesnį plaučių funkcijos vertinimą ir pagerinti klinikinę interpretaciją.

LITERATŪRA

1. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*. 2005; 26:948–68.
2. Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, Thompson B, Aliverti A, Barjaktarevic I, et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J*. 2022; 60:2101499.
3. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH, et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur Respir J*. 2012; 40:1324–43.
4. Stanojevic S, Graham BL, Cooper BG, Thompson BR, Carter KW, Francis RW, et al. Official ERS technical standards: Global Lung Function Initiative reference values for the carbon monoxide transfer factor for Caucasians. *Eur Respir J*. 2017; 50:1700010.
5. Hall GL, Filipow N, Ruppel G, Okitika T, Thompson B, Kirkby J, et al. Official ERS technical standard: Global Lung Function Initiative reference values for static lung volumes in individuals of European ancestry. *Eur Respir J*. 2020; 57:2000289.



3 pav. Dujų difuzijos interpretacijos algoritmas [2]

D_{LCO} – plaučių difuzinė geba anglies monoksidui; V_A – alveolių tūris; K_{CO} – anglies monoksido pernešimo koeficientas; IPL – intersticinė plaučių liga.

6. Miller MR, Quanjer PH, Swanney MP, Ruppel G, Enright PL. Interpreting lung function data using 80 % predicted and fixed thresholds misclassifies more than 20 % of patients. *Chest*. 2011; 139:52–9.
7. Quanjer PH, Stanojevic S, Thompson BR. Spirometric thresholds and biased interpretation of test results. *Thorax*. 2014; 69:1146.
8. Saint-Pierre M, Ladha J, Berton DC, Reimao G, Castelli G, Marillier M, et al. Is the slow vital capacity clinically useful to uncover airflow limitation in subjects with preserved FEV1/FVC ratio? *Chest*. 2019; 156:497–506.
9. Kaminsky DA. What does airway resistance tell us about lung function? *Respir Care* 2012; 57: 85–96.
10. Aaron SD, Dales RE, Cardinal P. How accurate is spirometry at predicting restrictive pulmonary impairment? *Chest*. 1999; 115:869–73.
11. Thompson BR. Dysanapsis – once believed to be a physiological curiosity – is now clinically important. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017; 195:277–8.
12. Hyatt RE, Cowl CT, Bjoraker JA, Scanlon PD. Conditions associated with an abnormal nonspecific pattern of pulmonary function tests. *Chest*. 2009; 135:419–24.
13. Iyer VN, Schroeder DR, Parker KO, Hyatt RE, Scanlon PD. The nonspecific pulmonary function test: longitudinal follow-up and outcomes. *Chest*. 2011; 139:878–86.
14. Ward H, Cooper BG, Miller MR. Improved criterion for assessing lung function reversibility. *Chest*. 2015; 148:877–86.
15. Milite F, Lederer DJ, Weingarten JA, Fani P, Mooney AM, Basner RC. Quantification of single-breath underestimation of lung volume in emphysema. *Respir Physiol Neurobiol* 2009; 165:215–20.
16. Jones RL, Nzekwu MM. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest*. 2006; 130:827–33.
17. Saliman JA, Benditt JO, Flum DR, Oelschlager BK, Dellinger EP, Gosset CH. Pulmonary function in the morbidly obese. *Surg Obes Relat Dis*. 2008; 4:632–9.
18. Clay RD, Iyer VN, Reddy DR, Siontis B, Scanlon PD. The “complex restrictive” pulmonary function pattern: clinical and radiologic analysis of a common but previously undescribed restrictive pattern. *Chest*. 2017; 152:1258–65.
19. Diaz-Guzman E, McCarthy K, Siu A, Stoller JK. Frequency and causes of combined obstruction and restriction identified in pulmonary function tests in adults. *Respir Care*. 2010; 55:310–6.
20. Hughes JM, Pride NB. Examination of the carbon monoxide diffusing capacity (DLCO) in relation to its KCO and VA components. *Am J Respir Crit Care Med*. 2012; 186:132–9.