

Impulsinės oscilometrijos rodiklių ir FEV₁ palyginimas atliekant bronchų provokacinius ir plėtimo mėginius

COMPARISON OF IMPULSE OSCILLOMETRY INDICES AND FEV₁ DURING METHACHOLINE CHALLENGE AND BRONCHODILATOR TESTS

SABINA GASPEROVIČ, KĘSTUTIS MALAKAUSKAS
LSMU MA Pulmonologijos klinika

Santrauka. Spirometrija yra dažniausiai naudojamas tyrimas bronchų provokacinio ir plėtimo mėginių metu, tačiau impulsinė oscilometrija gali būti naudojama kaip alternatyvus plaučių funkcijos tyrimo būdas. **Tyrimo tikslas.** Įvertinti, ar impulsinė oscilometrija gali būti alternatyva spirometrijai, atliekant bronchų provokacinius ir plėtimo mėginius. **Tyrimo metodai.** Tyrime dalyvavo 20 asmenų, kuriems įtarta astma (12 vyrų ir 8 moterys, amžiaus vidurkis – $41,5 \pm 15,1$ metų). Visiems tiriamiesiems atliktas bronchų provokacinis mėginys metacholinu, naudojant aerozolinį dozimetą („Provo.X“, „Ganshorn“, Vokietija). Vertintas forsuito iškvėpimo tūris per pirmą sekundę (FEV₁), išmatuotas spirometru „SpiroScout“ („Ganshorn“, Vokietija), ir impulsinės oscilometrijos rodikliai, išmatuoti oscilometru „Tremoflo C-100“ („Thorasys“, Kanada): kvėpavimo takų pasipriešinimas 5 Hz (R₅), 20 Hz (R₂₀), 5–20 Hz (R_{5–20}) dažniais, reaktyvumas ties 5 Hz (X₅) ir reaktyvumo plotas ties 5 Hz (AX₅). Šie rodikliai išmatuoti tyrimo pradžioje ir po kiekvienos metacholino dozės, skiriamos provokacinio mėginio metu. Tiriamiesiems, kurių bronchų provokacinio mėginio rezultatai buvo teigiami, atliktas bronchų plėtimo mėginys, įpurškiant 400 µg salbutamolio. Po 15 min. pakartotinai įvertinti FEV₁ ir impulsinės oscilometrijos rodikliai. **Rezultatai.** Visiems tiriamiesiems atlikus bronchų provokacinį mėginį nustatyta statistiškai reikšminga koreliacija ($p < 0,05$) tarp FEV₁ ir visų impulsinės oscilometrijos rodiklių tyrimo pradžioje ir po paskutinės metacholino dozės, išskyrus tarp pradinių FEV₁ ir R_{5–20}. Skirtumas tarp pradinės FEV₁ vertės ir vertės po paskutinės metacholino dozės ($\Delta_{mch}FEV_1$) statistiškai reikšmingai koreliavo su $\Delta_{mch}R_5$, $\Delta_{mch}X_5$ ir $\Delta_{mch}AX_5$ ($p < 0,05$). Šešiams tiriamiesiems (30 proc.), kurių bronchų provokacinio mėginio rezultatai buvo teigiami, FEV₁ pokytis prieš ir po bronchų plėtimo mėginio ($\Delta_{salb}FEV_1$) statistiškai reikšmingai koreliavo su $\Delta_{salb}X_5$ ir $\Delta_{salb}R_{5–20}$ ($p < 0,05$). **Išvados.** Impulsinė oscilometrija gali būti laikoma alternatyva spirometrijai, atliekant bronchų provokacinius ir plėtimo mėginius. Tinkamiausi impulsinės oscilometrijos rodikliai bronchų provokaciniam mėginiui su metacholinu vertinti yra R₅, X₅ ir AX₅, o atsakui į salbutamolį – X₅ ir R_{5–20}. **Reikšminiai žodžiai:** impulsinė oscilometrija, spirometrija, plaučių funkcijos tyrimai, bronchų provokacinis mėginys, bronchų plėtimo mėginys.

Summary. Spirometry is the standard method for assessing bronchial responsiveness in the methacholine challenge test (MCT) and bronchodilation test (BDT), but impulse oscillometry (IOS) may serve as an alternative. **Aim of the study.** To evaluate whether IOS can substitute spirometry in MCT and BDT. **Methods.** The study included 20 subjects with suspected asthma (12 males, 8 females, mean age 41.5 ± 15.1). All participants underwent MCT using dosimeter (Provo.X, Ganshorn, Germany). FEV₁ (SpiroScout, Ganshorn, Germany) and IOS (Tremoflo C-100, Thorasys, Canada) parameters – airway resistance at 5 Hz (R₅), 20 Hz (R₂₀), 5–20 Hz (R_{5–20}), reactance at 5 Hz (X₅), reactance area at 5 Hz (AX₅) were recorded at the beginning of the test and after each methacholine dose. In subjects for whom MCT was positive, bronchodilation using 400 µg of salbutamol was performed and after 15 min FEV₁ and IOS indices were re-recorded. **Results.** At baseline and after the last methacholine dose a significant correlation was observed between FEV₁ and all IOS indices ($p < 0.05$), except R_{5–20} at baseline. $\Delta_{MCT}FEV_1$ (difference between baseline and after the last methacholine dose) significantly correlated with $\Delta_{MCT}R_5$, $\Delta_{MCT}X_5$ and $\Delta_{MCT}AX_5$ in all subjects ($p < 0.05$). Six subjects (30%) had a positive MCT for whom $\Delta_{BDT}FEV_1$ (difference between the value before and after BDT) significantly correlated with $\Delta_{BDT}X_5$ and $\Delta_{BDT}R_{5–20}$ ($p < 0.05$). **Conclusion.** IOS may be an alternative to spirometry in MCT and BDT. The most informative IOS parameters for MCT were R₅, X₅, and AX₅; for BDT – X₅ and R_{5–20}.

Keywords: impulse oscillometry, spirometry, pulmonary function tests, methacholine challenge test, bronchodilation test.

DOI: <https://doi.org/10.37499/PIA.1703>

IVADAS

Tikslus ir ankstyvas plaučių funkcijos vertinimas yra svarbus diagnozuojant obstrukcines kvėpavimo takų

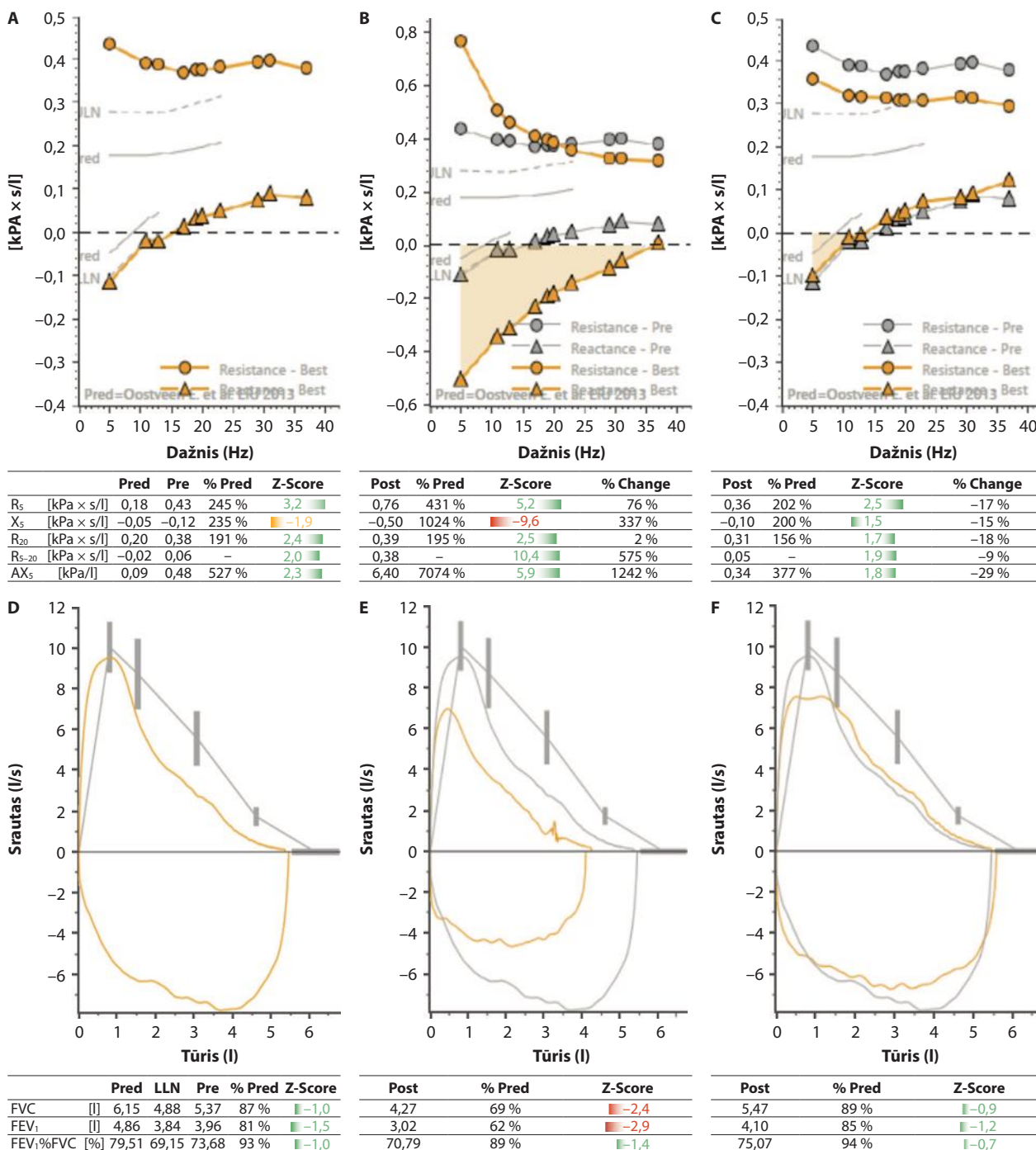
ligas, tokias kaip astma ir lėtinė obstrukcinė plaučių liga. Dažniausias tyrimo metodas vertinant bronchų obstrukciją ir bronchų reakciją į farmakologines me-

Moksliniai darbai ir apžvalgos

džiagas yra spirometrija, kurios pagrindinis rodiklis yra forsuoto iškvėpimo tūris per pirmą sekundę (FEV₁) [1, 2]. Vis dėlto spirometrijai atlikti reikia nemenkų tiriamojo pastangų bei tikslų forsuoto įkvėpimo ir iškvėpimo manevrų, kurie gali būti sudėtingi mažiems vaikams, senyvo amžiaus pacientams arba asmenims, kuriems pasireiškia ryški bronchų obstrukcija [3, 4]. Spirometrija daugiausia atspindi stambiųjų kvėpavimo

takų funkciją, todėl šis tyrimas mažiau jautrus anks-tyviems smulkiųjų kvėpavimo takų pokyčiams [5, 6].

Siekiant išvengti šių apribojimų, vis plačiau taikoma impulsinė oscilometrija – daug žadantis, nuo tiriamojo pastangų nepriklausantis tyrimas, leidžiantis įvertinti kvėpavimo takų pasipriešinimą oro srautui naudojant slėgio svyravimus ramaus kvėpavimo metu [7]. Ši technika suteikia galimybę atskirai vertinti centrinių ir



1 pav. Oscilogramos ir spiogramos skirtinguose ištyrimo etapuose pavyzdžiai: A – pradinė oscilograma; B – oscilograma po provokacinės metacholino dozės; C – oscilograma po salbutamolio įkvėpimo; D – pradinė spiograma; E – spiograma po provokacinės metacholino dozės; F – spiograma po salbutamolio įkvėpimo

AX₅ – reaktyvumo plotas ties 5 Hz; FEV₁ – forsuoto iškvėpimo tūris per pirmą sekundę; FVC – forsuota gyvybinė talpa; R₅ – kvėpavimo takų pasipriešinimas ties 5 Hz; R₂₀ – kvėpavimo takų pasipriešinimas ties 20 Hz; R₅₋₂₀ – kvėpavimo takų pasipriešinimas ties 5–20 Hz; X₅ – kvėpavimo takų reaktyvumas ties 5 Hz.

periferinių kvėpavimo takų funkciją, pagal tokius rodiklius kaip R_5 (bendras kvėpavimo takų pasipriešinimas), R_{20} (centrinių kvėpavimo takų pasipriešinimas), R_{5-20} (smulkiųjų kvėpavimo takų pasipriešinimas), X_5 (reaktyvumas) ir AX_5 (reaktyvumo plotas) [8].

Nors impulsinė oscilometrija vis plačiau taikoma klinikinėje praktikoje, o susidomėjimas šiuo metodu ir mokslinių tyrimų skaičius auga, šio tyrimo nauda, vertinant plaučių funkciją, vis dar nėra pakankamai iširta [9]. Kai kurie tyrimai rodo, kad impulsinė oscilometrija gali nustatyti kvėpavimo takų pokyčius patikimiau nei spirometrija bei aptikti smulkiųjų kvėpavimo takų disfunkciją ankstyvosiose ligos stadijose [10–12]. Kiti tyrėjai pažymi, kad šių dviejų metodų rezultatai gali būti prieštaringi, todėl išlieka abejonų dėl impulsinės oscilometrijos patikimumo ir papildomos diagnostinės vertės, o tai riboja jos platesnį taikymą klinikinėje praktikoje [13–15].

Šiuo tyrimu siekiama įvertinti, ar impulsinė oscilometrija gali būti alternatyva spirometrijai, atliekant bronchų provokacinius ir plėtimo mėginius.

TYRIMO METODAI

Tyrimas vykdytas Lietuvos sveikatos mokslų universiteto ligoninės Kauno klinikų Pulmonologijos klinikoje, gavus Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Kauno regioninio biomedicininio tyrimų etikos komiteto leidimą (Nr. P3-BE-2-58/2020). Tyrimas atliktas laikantis 1964 m. Helsinkio deklaracijos principų.

Į tyrimą įtraukta 20 Kauno klinikų pacientų, kurių spirometrijos rezultatai buvo normalūs, tačiau kliniškai įtarta astma. Visiems tiriamiesiems atliktas bronchų provokacinis mėginys metacholinu, naudojant aerozolinę dozimetą („Provo.X“, „Ganshorn“, Vokietija). Tyrimo pradžioje ir po kiekvienos metacholino dozės buvo atliekama impulsinė oscilometrija, naudojant oscilometrą „Tremoflo C-100“ („Thorasys“, Kanada), ir spirometrija, naudojant spirometrą „SpiroScout“ („Ganshorn“, Vokietija), vadovaujantis standartinėmis rekomendacijomis [8, 16].

Išmatuoti FEV_1 ir impulsinės oscilometrijos rodikliai: kvėpavimo takų pasipriešinimas ties 5 Hz (R_5), 20 Hz (R_{20}), 5–20 Hz (R_{5-20}) dažniais, reaktyvumas ties 5 Hz (X_5), reaktyvumo plotas ties 5 Hz (AX_5). Tiriamiesiems, kurių bronchų provokacinis mėginys buvo teigiamas (FEV_1 sumažėjo bent 20 proc.), atliktas bronchų plėtimo mėginys, skiriant 400 µg salbutamolio. Po 15 min. pakartotinai įvertinti FEV_1 ir impulsinės oscilometrijos rodikliai.

1 pav. pateikiami tyrimo dalyvavusio asmens oscilogramų ir spirogramų pavyzdžiai, užfiksuoti skirtingais tyrimo etapais.

Statistinė duomenų analizė atlikta naudojant programinę įrangą „IBM

SPSS Statistics 30.0“ (Niujorkas, JAV). Naudoti aprašomosios ir analitinės statistikos metodai. Dėl mažos tiriamųjų imties taikyti neparametriniai statistiniai kriterijai. Dviejų kintamųjų ryšiui vertinti naudotas Spirmeno ranginės koreliacijos koeficientas. Skirtumui tarp dviejų nepriklausomų grupių vertinti naudotas Mano-Vitnio U testas. Rezultatai laikyti statistiškai reikšmingais, kai patikimumo lygmuo (p) buvo mažiau nei 0,05.

Analizuoti duomenys: tiriamųjų lytis, amžius, kūno masės indeksas (KMI), FEV_1 ir impulsinės oscilometrijos rodikliai.

REZULTATAI

Tiriamųjų imtį sudarė 12 vyrų (60 proc.) ir 8 moterys (40 proc.). Abiejose tiriamųjų grupėse – tiek neigiamo bronchų provokacinio mėginio (asmenys, kurių bronchų reaktyvumas normalus), tiek teigiamo bronchų provokacinio mėginio (asmenys, kurių bronchų reaktyvumas yra padidėjęs) – vyrų buvo daugiau, tačiau statistiškai reikšmingo skirtumo tarp lyčių pasiskirstymo nenustatyta ($p > 0,05$). Abiejų grupių amžiaus vidurkiai buvo panašūs. Jauniausiam tiriamajam buvo 22 metai, vyriausiam – 74 metai. KMI vidurkis teigiamo provokacinio mėginio grupėje buvo kiek didesnis, tačiau šis skirtumas taip pat nebuvo statistiškai reikšmingas ($p > 0,05$). Neigiamo provokacinio mėginio grupėje nustatytas didesnis FEV_1 vidurkis, tačiau statistiškai reikšmingo skirtumo tarp grupių nenustatyta ($p > 0,05$). Tiriamųjų demografiniai ir klinikiniai duomenys pateikiami 1 lentelėje.

Tarp abiejų tiriamųjų grupių statistiškai reikšmingų pradinių impulsinės oscilometrijos rodiklių (R_5 , R_{20} , R_{5-20} , X_5 , AX_5) skirtumų nenustatyta ($p > 0,05$). Tiriamųjų pradiniai impulsinės oscilometrijos rodikliai pateikiami 2 lentelėje.

Visiems tiriamiesiems, atlikus bronchų provokacinį mėginį, nustatyta statistiškai reikšminga koreliacija ($p < 0,05$) tarp FEV_1 ir visų impulsinės oscilometrijos rodiklių tyrimo pradžioje ir po paskutinės metacholino

1 lentelė. Demografiniai ir klinikiniai tiriamųjų duomenys

Tiriamųjų duomenys	Visi tiriamieji	Neigiamo bronchų provokacinio mėginio grupė	Teigiamo bronchų provokacinio mėginio grupė	p reikšmė
Lytis, n (proc.)				
Vyrai	12 (60)	8 (57)	4 (67)	0,78
Moterys	8 (40)	6 (43)	2 (33)	
Amžius, metais (vidurkis ± SN)	42 ± 15	41 ± 14	42 ± 20	0,90
KMI, kg/m ² (vidurkis ± SN)	25,7 ± 3,7	25,5 ± 2,9	26,1 ± 5,5	0,78
FEV_1 , l (vidurkis ± SN)	3,37 ± 0,77	3,50 ± 0,70	3,06 ± 0,92	0,40

FEV_1 – forsuoto iškvėpimo tūris per pirmą sekundę; KMI – kūno masės indeksas; SN – standartinis nuokrypis.

Moksliniai darbai ir apžvalgos

2 lentelė. Tiriamųjų pradinės impulsinės oscilometrijos rodikliai

Oscilometrijos rodikliai	Neigiamo bronchų provokacinio mėginio grupė (n = 14)	Teigiamo bronchų provokacinio mėginio grupė (n = 6)	p reikšmė
R_5 , kPa $\times$ s/l (vidurkis $\pm$ SN)	0,39 $\pm$ 0,09	0,52 $\pm$ 0,21	0,27
R_{20} , kPa $\times$ s/l (vidurkis $\pm$ SN)	0,33 $\pm$ 0,09	0,39 $\pm$ 0,08	0,78
R_{5-20} , kPa $\times$ s/l (vidurkis $\pm$ SN)	0,06 $\pm$ 0,04	0,13 $\pm$ 0,14	0,13
X_5 , kPa $\times$ s/l (vidurkis $\pm$ SN)	-0,15 $\pm$ 0,05	-0,25 $\pm$ 0,23	0,60
AX_5 , kPa $\times$ s/l (vidurkis $\pm$ SN)	0,73 $\pm$ 0,47	2,60 $\pm$ 3,65	0,55

AX_5 – reaktyvumo plotas ties 5 Hz; R_5 – kvėpavimo takų pasipriešinimas ties 5 Hz; R_{5-20} – kvėpavimo takų pasipriešinimas ties 5–20 Hz; R_{20} – kvėpavimo takų pasipriešinimas ties 20 Hz; SN – standartinis nuokrypis; X_5 – kvėpavimo takų reaktyvumas ties 5 Hz.

dozės, išskyrus koreliaciją tarp pradinių FEV_1 ir R_{5-20} . Duomenys pateikiami 3 ir 4 lentelėse.

Skirtumas tarp pradinės FEV_1 vertės ir vertės po paskutinės metacholino dozės ($\Delta_{mch}FEV_1$) statistiškai reikšmingai koreliavo su $\Delta_{mch}R_5$, $\Delta_{mch}X_5$ ir $\Delta_{mch}AX_5$ pokyčiais ($p < 0,05$). Koreliacijos grafikai pateikiami 2–4 pav.

Šešiams tiriamiesiems (30 proc.), kurių bronchų provokacinis mėginys buvo teigiamas, skirtumas tarp FEV_1 vertės prieš ir po bronchų plėtimo mėginio ($\Delta_{salb}FEV_1$) statistiškai reikšmingai koreliavo su $\Delta_{salb}X_5$ ir $\Delta_{salb}R_{5-20}$ pokyčiais ($p < 0,05$). Koreliacijos grafikai pateikiami 5 ir 6 pav.

REZULTATŲ APITARIMAS

Tyrimo duomenimis, tinkamiausi impulsinės oscilometrijos rodikliai vertinant bronchų provokacinį mėginį su metacholinu yra R_5 , X_5 ir AX_5 , o vertinant bronchų plėtimo mėginį su salbutamoliu – X_5 ir R_{5-20} . Šie rezultatai leidžia teigti, kad impulsinė oscilometrija gali būti alternatyvus metodas spirometrijai, atliekant bronchų provokacinius ir plėtimo mėginius.

Vertinant impulsinės oscilometrijos rodiklius, bronchų provokacinio mėginio metacholinu tyrimo rezultatai neprieštaruoja anksčiau publikuotiems duomenims. 2021 m. Nazemiyah ir kt. atliko tyrimą, kuriame pacientams, tikėtina sergantiems astma, bronchų provokacinis mėginys metacholinu buvo atliekamas naudojant spirometriją ir impulsinę oscilometriją. Šio tyrimo autoriai išskyrė R_5 rodiklį ir įrodė, kad impulsinė oscilometrija leidžia anksčiau nustatyti bronchų hiperreaktyvumą (net po mažesnės metacholino dozės), palyginti su spirometrija [14]. Straipsnyje aprašyto tyrimo rezultatai taip pat leidžia teigti, kad R_5 yra tinkamas rodiklis bronchų hiperreaktyvumui vertinti.

Panašius rezultatus pateikė ir 2019 m. Gutierrez ir kt., atlikę tyrimą su 3–14 metų vaikais. Tyrimo duome-

3 lentelė. FEV_1 ir impulsinės oscilometrijos rodiklių koreliacija tyrimo pradžioje

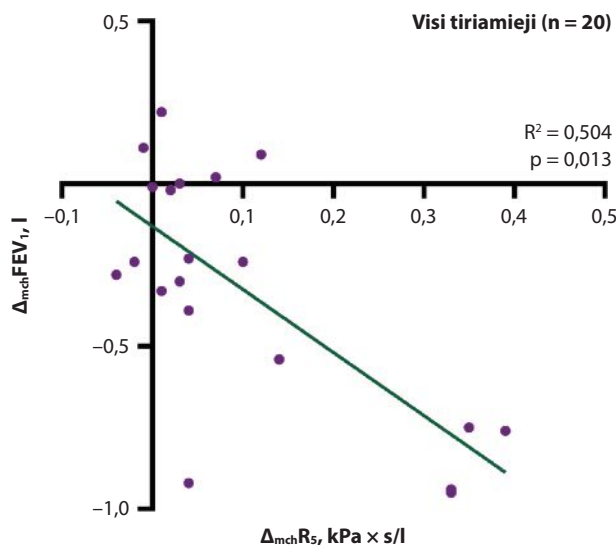
Rodikliai	Visi tiriamieji (n = 20)	p reikšmė
$pradFEV_1$, l (vidurkis $\pm$ SN)	3,37 $\pm$ 0,77	–
$pradR_5$, kPa $\times$ s/l (vidurkis $\pm$ SN)	0,43 $\pm$ 0,14	0,012
$pradR_{20}$, kPa $\times$ s/l (vidurkis $\pm$ SN)	0,35 $\pm$ 0,09	0,001
$pradR_{5-20}$, kPa $\times$ s/l (vidurkis $\pm$ SN)	0,08 $\pm$ 0,09	0,632
$pradX_5$, kPa $\times$ s/l (vidurkis $\pm$ SN)	-0,18 $\pm$ 0,13	0,015
$pradAX_5$, kPa $\times$ s/l (vidurkis $\pm$ SN)	1,29 $\pm$ 2,10	0,017

AX_5 – reaktyvumo plotas ties 5 Hz; FEV_1 – forsuoto iškvėpimo tūris per pirmą sekundę; R_5 – kvėpavimo takų pasipriešinimas ties 5 Hz; R_{20} – kvėpavimo takų pasipriešinimas ties 20 Hz; R_{5-20} – kvėpavimo takų pasipriešinimas ties 5–20 Hz; SN – standartinis nuokrypis; X_5 – kvėpavimo takų reaktyvumas ties 5 Hz.

4 lentelė. FEV_1 ir impulsinės oscilometrijos rodiklių koreliacija po paskutinės metacholino dozės

Rodikliai	Visi tiriamieji (n = 20)	p reikšmė
$paskFEV_1$, l (vidurkis $\pm$ SN)	3,05 $\pm$ 0,86	–
$paskR_5$, kPa $\times$ s/l (vidurkis $\pm$ SN)	0,53 $\pm$ 0,23	0,011
$paskR_{20}$, kPa $\times$ s/l (vidurkis $\pm$ SN)	0,37 $\pm$ 0,09	0,031
$paskR_{5-20}$, kPa $\times$ s/l (vidurkis $\pm$ SN)	0,16 $\pm$ 0,16	0,026
$paskX_5$, kPa $\times$ s/l (vidurkis $\pm$ SN)	-0,28 $\pm$ 0,31	0,011
$paskAX_5$, kPa $\times$ s/l (vidurkis $\pm$ SN)	2,82 $\pm$ 4,03	0,012

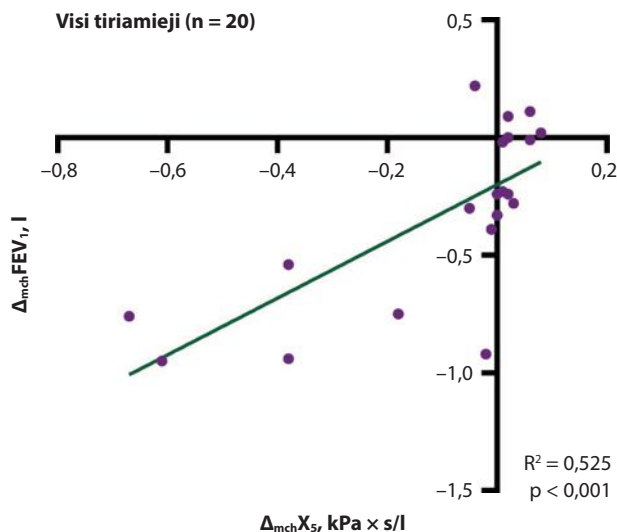
AX_5 – reaktyvumo plotas ties 5 Hz; FEV_1 – forsuoto iškvėpimo tūris per pirmą sekundę; R_5 – kvėpavimo takų pasipriešinimas ties 5 Hz; R_{20} – kvėpavimo takų pasipriešinimas ties 20 Hz; R_{5-20} – kvėpavimo takų pasipriešinimas ties 5–20 Hz; SN – standartinis nuokrypis; X_5 – kvėpavimo takų reaktyvumas ties 5 Hz.



2 pav. Koreliacija tarp $\Delta_{mch}FEV_1$ ir $\Delta_{mch}R_5$

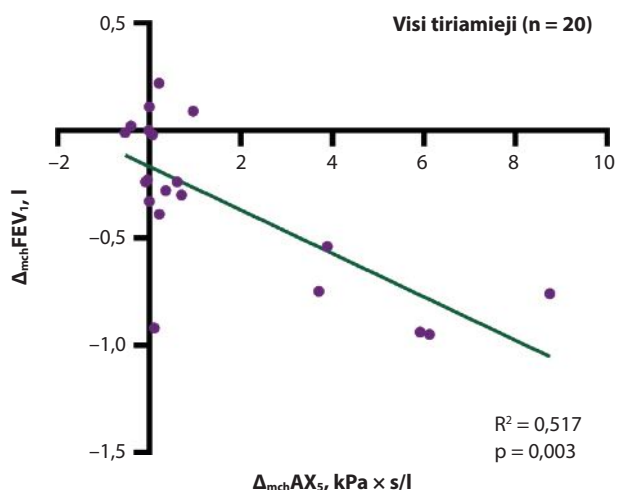
FEV_1 – forsuoto iškvėpimo tūris per pirmą sekundę; R_5 – kvėpavimo takų pasipriešinimas ties 5 Hz; $\Delta_{mch}FEV_1$ – skirtumas tarp pradinės FEV_1 vertės ir vertės po paskutinės metacholino dozės; $\Delta_{mch}R_5$ – skirtumas tarp pradinės R_5 vertės ir vertės po paskutinės metacholino dozės.

nimis, FEV_1 pokyčiai statistiškai reikšmingai koreliavo ($p < 0,05$) su impulsinės oscilometrijos rodiklių pokyčiais provokacinio mėginio metu. Didžiausią statistinį



3 pav. Koreliacija tarp $\Delta_{mch}FEV_1$ ir $\Delta_{mch}X_5$

FEV₁ – forsuoto iškvėpimo tūris per pirmą sekundę; X₅ – kvėpavimo takų reaktyvumas ties 5 Hz; $\Delta_{mch}FEV_1$ – skirtumas tarp pradinės FEV₁ vertės ir vertės po paskutinės metacholino dozės; $\Delta_{mch}X_5$ – skirtumas tarp pradinės X₅ vertės ir vertės po paskutinės metacholino dozės.

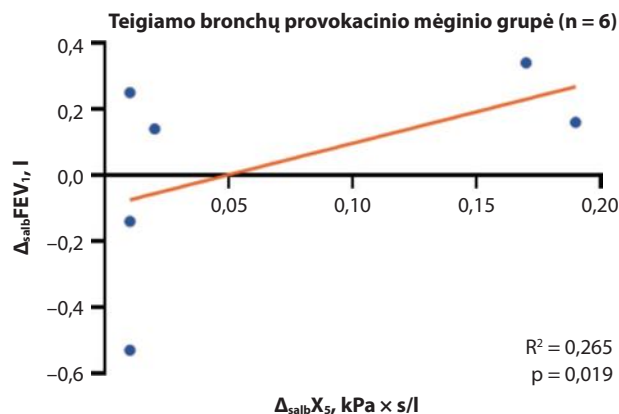


4 pav. Koreliacija tarp $\Delta_{mch}FEV_1$ ir $\Delta_{mch}AX_5$

FEV₁ – forsuoto iškvėpimo tūris per pirmą sekundę; AX₅ – reaktyvumo plotas ties 5 Hz; $\Delta_{mch}AX_5$ – skirtumas tarp pradinės AX₅ vertės ir vertės po paskutinės metacholino dozės; $\Delta_{mch}FEV_1$ – skirtumas tarp pradinės FEV₁ vertės ir vertės po paskutinės metacholino dozės.

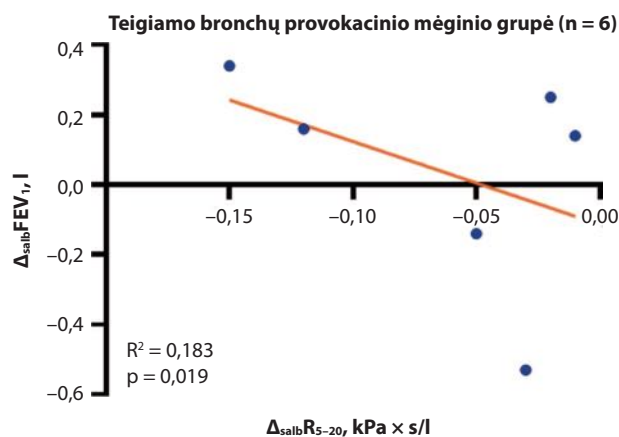
reikšmingumą parodė AX, R₅ ir X₅ [17]. 2023 m. Blanco ir kt. nustatė statistškai reikšmingą koreliaciją ($p < 0,05$) tarp visų impulsinės oscilometrijos rodiklių ir FEV₁ pokyčių, o reikšmingiausiais buvo įvardyti R₅₋₂₀ ir AX [18].

Vertinant impulsinės oscilometrijos rodiklius bronchų plėtimo mėginio salbutamoliu metu, aprašyti kitų autorių atlikti tyrimai patvirtina straipsnyje pateikiamo tyrimo rezultatus. 2024 m. Peng ir kt. atliktos metaanalizės duomenimis, atlikus bronchų plėtimo mėginį impulsinės oscilometrijos rodikliai R₅, R₅₋₂₀ ir X₅ statistškai reikšmingai ($p < 0,05$) koreliuoja su FEV₁ pokyčiais [19]. 2011 m. Nair ir kt. taip pat lygino impulsinės oscilometrijos ir spirometrijos rodiklius po bronchų plėtimo mėginio salbutamoliu. Tyrimo metu nustatyta,



5 pav. Koreliacija tarp $\Delta_{salb}FEV_1$ ir $\Delta_{salb}X_5$

FEV₁ – forsuoto iškvėpimo tūris per pirmą sekundę; X₅ – kvėpavimo takų reaktyvumas ties 5 Hz; $\Delta_{salb}FEV_1$ – skirtumas tarp FEV₁ vertės prieš ir po bronchų plėtimo mėginio; $\Delta_{salb}X_5$ – skirtumas tarp X₅ vertės prieš ir po bronchų plėtimo mėginio.



6 pav. Koreliacija tarp $\Delta_{salb}FEV_1$ ir $\Delta_{salb}R_{5-20}$

FEV₁ – forsuoto iškvėpimo tūris per pirmą sekundę; R₅₋₂₀ – kvėpavimo takų pasipriešinimas ties 5–20 Hz; $\Delta_{salb}FEV_1$ – skirtumas tarp FEV₁ vertės prieš ir po bronchų plėtimo mėginio; $\Delta_{salb}R_{5-20}$ – skirtumas tarp R₅₋₂₀ vertės prieš ir po bronchų plėtimo mėginio.

kad tinkamiausi impulsinės oscilometrijos rodikliai mėginiui vertinti yra R₅ ir X₅ [20]. 2024 m. Jailaini ir kt. nustatė reikšmingą koreliaciją ($p < 0,05$) tarp FEV₁ ir R₅. Tyrėjai taip pat vertino kitą spirometrijos rodiklį – FEF₂₅₋₇₅ proc. (vidutinį forsuoto iškvėpimo srautą tarp 25 ir 75 proc. forsuotos gyvybinės talpos) – ir nustatė, kad jis reikšmingai koreliuoja ($p < 0,05$) su impulsinės oscilometrijos rodikliais: R₅₋₂₀, AX ir X₅ [21]. Straipsnyje aprašytame tyrime reikšmingos koreliacijos tarp FEV₁ ir R₅, atliekant bronchų plėtimo mėginį, nenustatyta, tačiau nemažai autorių išskiria R₅ kaip reikšmingą rodiklį. Taip pat tyrime neanalizuoti kiti spirometrijos rodikliai, kurie nėra esminiai interpretuojant provokacinius arba plėtimo mėginius, todėl jų koreliacija su impulsinės oscilometrijos rodikliais nevertinta.

Šis tyrimas papildė vis gausėjančią literatūrą, skatinančią impulsinės oscilometrijos integravimą į klinikinę praktiką. Vienas iš tyrimo pranašumų – lygiagretus dviejų prietaisų naudojimas, leidžiantis tiesiogiai palyginti

tiriamųjų impulsinės oscilometrijos ir spirometrijos rodiklių rezultatus. Vis dėlto būtina atkreipti dėmesį ir į tam tikrus tyrimo trūkumus. Vienas jų – santykinai mažas imties dydis, kuris galėjo sumažinti statistinę galią aptikti nedidelius skirtumus tarp impulsinės oscilometrijos ir spirometrijos rezultatų. Mažesnė imtis taip pat riboja galimybes įvertinti tyrimo jautrumą ir specifiškumą bei nustatyti vertinimo kriterijus. Standartizuotų vertinimo kriterijų ir norminių verčių apibrėžimas išlieka itin svarbus, siekiant užtikrinti platesnį impulsinės oscilometrijos taikymą klinikinėje praktikoje [22, 23]. Nors abi tiriamųjų grupės nesiskyrė pagal demografinius rodiklius ir pradinį plaučių funkcijos duomenis, vieno centro tyrimo pobūdis gali riboti rezultatų pritaikomumą platesnėms arba įvairesnėms populiacijoms. Vertinant tyrimo rezultatus, būtina apsvaistyti KMI įtaką plaučių funkcijos rodikliams. Devynių tiriamųjų KMI viršijo 25,0 kg/m², o dviejų – 30,0 kg/m², taigi daugiau nei pusei (55 proc.) tyrimo dalyvių nustatytas atsvaras arba lengvo laipsnio nutukimas. Įrodyta, kad padidėjęs KMI gali didinti kvėpavimo takų pasipriešinimą ir keisti jų reaktivumą, o tai daro įtaką impulsinės oscilometrijos rodikliams, ypač R_s, R₅₋₂₀ ir X_s [24]. Be to, nutukimas gali paveikti ir spirometrijos rodiklius, nepriklausomai nuo kvėpavimo takų ligų [25]. Nors reikšmingų KMI skirtumų tarp tirtų grupių nenustatyta, padidėjęs KMI galėjo paveikti kai kurių plaučių funkcijos tyrimų rezultatų interpretavimą.

IŠVADOS

Atlikto tyrimo rezultatai patvirtina, kad impulsinė oscilometrija gali būti alternatyva spirometrijai. Vis dėlto, nepaisant metodo pranašumų, jo taikymą klinikinėje praktikoje vis dar riboja neišspręstos problemos – standartizuotų protokolų stygius ir sudėtinga duomenų interpretacija. Siekiant nustatyti impulsinės oscilometrijos normines rodiklių vertes, pritaikyti šį metodą plaučių ligoms diagnozuoti ir jų eigai vertinti, būtini tolesni ilgalaikiai, didelės imties moksliniai tyrimai. Šiuo metu, atsižvelgiant į įrodytus impulsinės oscilometrijos pranašumus ir jos taikymo paprastumą, šis tyrimas turėtų būti laikomas papildomu diagnostikos įrankiu.

Gauta 2025 04 30
Priimta 2025 05 12

LITERATŪRA

1. Stanojević S, Kaminsky DA, Miller MR, Thompson B, Aliverti A, Barjaktarević I, et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J*. 2022; 60(1):2101499.
2. Coates AL, Wanger J, Cockcroft DW, Culver BH, Carlsen KH, Diamant Z, et al. ERS technical standard on bronchial challenge testing: general considerations and performance of methacholine challenge tests. *Eur Respir J*. 2017; 49(5):1601526.
3. Beydon N, Davis SD, Lombardi E, Allen JL, Arets HG, Aurora P, et al. An official American thoracic society/European respiratory society statement: pulmonary function testing in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med*. 2007; 175(12):1304–45.
4. Brashier B, Salvi S. Measuring lung function using sound waves: role of the forced oscillation technique and impulse oscillometry system. *Breathe*. 2015; 11(1):57–65.
5. Cottini M, Lombardi C, Micheletto C. Small airway dysfunction and bronchial asthma control: the state of the art. *Asthma Res Pract*. 2015; 1(1):13.
6. Hogg JC, Chu F, Utokaparch S, Woods R, Elliott WM, Buzatu L, et al. The nature of small-airway obstruction in chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med*. 2004; 350(26):2645–53.
7. Desiraju K, Agrawal A. Impulse oscillometry: the state-of-art for lung function testing. *Lung India*. 2016; 33(4):410–416.
8. King GG, Bates J, Berger KI, Calverley P, de Melo PL, Dellacà RL, et al. Technical standards for respiratory oscillometry. *Eur Respir J*. 2020; 55(2):1900753.
9. Sheen YH, Jee HM, Ha EK, Jang HM, Lee SJ, Lee S, et al. Impulse oscillometry and spirometry exhibit different features of lung function in bronchodilation. *J Asthma*. 2018; 55(12):1343–51.
10. 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.
11. Zimmermann SC, Tonga KO, Thamrin C. Dismantling airway disease with the use of new pulmonary function indices. *Eur Respir Rev*. 2019; 28(151):180122.
12. Postma DS, Brightling C, Baldi S, van den Berge M, Fabbri LM, Gagnatelli A, et al. Exploring the relevance and extent of small airways dysfunction in asthma (ATLANTIS): baseline data from a prospective cohort study. *Lancet Respir Med*. 2019; 7(5):402–16.
13. Park JH, Lee JH, Kim HJ, Jeong N, Jang HJ, Kim HK, et al. Usefulness of impulse oscillometry for the assessment of bronchodilator response in elderly patients with chronic obstructive airway disease. *J Thorac Dis*. 2019; 11(4):1485–94.
14. Nazemiyah M, Ansarin K, Nouri-Vaskeh M, Sadeghi T, Sharifi A. Comparison of spirometry and impulse oscillometry in methacholine challenge test for the detection of airway hyperresponsiveness in adults. *Tuberc Toraks*. 2021; 69(1):1–8.
15. Houle MC, Cavacece CT, Gonzales MA, Anderson JT, Hunnigake JC, Holley AB, et al. Correlation of impulse oscillometry with spirometry in deployed military personnel with airway obstruction. *Mil Med*. 2023; 188(6):400–6.
16. Malakauskas K, Aleksionienė R, Danila E, Kalinauskaitė-Žukauskė V, Kondratavičienė L, Miliauskas S, ir kt. Spirometrijos atlikimo ir interpretacijos rekomendacijos. Kaunas. 2024: p. 50.
17. Jara-Gutierrez P, Aguado E, del Potro MG, Fernandez-Nieto M, Mahillo I, Sastre J. Comparison of impulse oscillometry and spirometry for detection of airway hyperresponsiveness to methacholine, mannitol, and eucapnic voluntary hyperventilation in children. *Pediatr Pulmonol*. 2019; 54(8):1162–72.
18. Corral-Blanco M, Díaz Campos RM, Peláez A, Melero Moreno C. Beyond forced exhalation: impulse oscillometry as a promising tool for bronchial hyperresponsiveness evaluation. *J Asthma*. 2024; 61(5):427–35.
19. Peng J, Li X, Zhou H, Wang T, Li X, Chen L. Clinical value of impulse oscillometry in chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. *Respir Int Rev Thorac Dis*. 2025; 104(2):100–9.
20. Nair A, Ward J, Lipworth BJ. Comparison of bronchodilator response in patients with asthma and healthy subjects using spirometry and oscillometry. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2011; 107(4):317–22.
21. Jailaini MFM. Correlation between impulse oscillometry with bronchodilator reversibility in asthmatic population in a tertiary referral centre. *Med J Malaysia*. 2024; 79(1):23–9.
22. Salvi S, Ghorpade D, Vanjare N, Madas S, Agrawal A. Interpreting lung oscillometry results: Z-scores or fixed cut-off values? *ERJ Open Res*. 2023; 9(2):00656–2022.
23. 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.
24. Deniz S, Kuranoglu N. Comparison of impulse oscillometry measurements according to body mass index in patients with asthma. *BMC Pulm Med*. 2024; 24:586.
25. Peters U, Dixon AE. The effect of obesity on lung function. *Expert Rev Respir Med*. 2018; 12(9):755–67.
26. Köhlhäufel M, Brand P, Scheuch G, Schulz H, Häussinger K, Heyder J. Impulse oscillometry in healthy nonsmokers and asymptomatic smokers: effects of bronchial challenge with methacholine. *J Aerosol Med*. 2001; 14(1):1–12.