

Fizinio krūvio mėginiai: kam ir kada?

EXERCISE TESTING: FOR WHOM AND WHEN?

IEVA DIMIENĖ, SKAIDRIUS MILIAUSKAS
LSMU MA Pulmonologijos klinika

Santrauka. Fizinio krūvio mėginiai pulmonologijos klinikinėje praktikoje suteikia vertingos diagnostinės ir prognozės informacijos, padeda įvertinti paciento funkcinį pajėgumą, gydymo veiksmingumą, riziką, susijusią su chirurginėmis procedūromis, bei nustatyti dusulio arba fizinio krūvio netoleravimo priežastis. Klinikinėje praktikoje taikomi įvairaus sudėtingumo tyrimai: nuo paprastų ėjimo mėginių iki techniškai sudėtingų, tokių kaip kardiopulmoninis fizinio krūvio mėginys, fizinio krūvio provokacinis mėginys ar tęstinė laringoskopija fizinio krūvio metu. Tinkamiausias tyrimas pasirenkamas atsižvelgiant į klinikinį klausimą, paciento būklę, turimas diagnostikos galimybes ir centre dirbančių specialistų kompetenciją. Straipsnyje apžvelgiamos šių mėginių indikacijos, kontraindikacijos, pagrindiniai atlikimo principai ir klinikinė reikšmė.

Reikšminiai žodžiai: fizinio krūvio mėginiai, kardiopulmoninis fizinio krūvio mėginys, dusulys, fizinio krūvio sukelta bronchokonstrikcija, fizinio krūvio sukelta gerklų obstrukcija.

Summary. Exercise testing in pulmonology provides valuable diagnostic and prognostic information. It can be used to assess functional capacity and treatment response, estimate the risk associated with surgical procedures, and help identify the causes of dyspnoea or exercise intolerance. A range of tests of different complexity is available in clinical practice, from simple walking tests to more technically demanding examinations such as cardiopulmonary exercise testing, exercise challenge testing, or continuous laryngoscopy during exercise. The choice of test depends on the clinical question, the patient's condition, available diagnostic resources, and the expertise of the clinical team. This article reviews the main indications and contraindications for these tests, their key methodological principles, and their clinical relevance.

Keywords: exercise testing, cardiopulmonary exercise testing, dyspnoea, exercise-induced bronchoconstriction, exercise-induced laryngeal obstruction.

DOI: <https://doi.org/10.37499/PIA.1963>

IVADAS

Fizinio krūvio mėginiai ne tik leidžia stebėti ligos eigą ir atsaką į gydymą arba įvertinti paciento funkcinį pajėgumą prieš tam tikras chirurgines intervencijas, bet ir gali padėti nustatyti dusulio priežastį, kai įprastai atliekamų tyrimų nepakanka diagnozei nustatyti [1, 2]. Klinikinėje praktikoje taikomi įvairaus sudėtingumo fizinio krūvio mėginiai: nuo paprastų ėjimo mėginių iki išsamaus kardiopulmoninio fizinio krūvio mėginio arba techniškai sudėtingesnių tyrimų, leidžiančių tiesiogiai įvertinti viršutinių kvėpavimo takų atsaką į fizinį krūvį. Mėginio pasirinkimas priklauso nuo klinikinio klausimo, paciento būklės, turimų techninių galimybių ir tyrimą atliekančių specialistų kompetencijos. Šiame straipsnyje apžvelgiami dažniausiai plaučių ligomis sergantiems pacientams atliekami fizinio krūvio mėginiai, jų pagrindinės indikacijos, kontraindikacijos ir klinikinė reikšmė.

ĖJIMO MĖGINIAI

Ėjimo mėginiai yra vieni paprasčiausių ir dažniausiai atliekamų fizinio krūvio mėginių. Nors jiems atlikti nereikia sudėtingos įrangos, šie mėginiai leidžia įvertinti kvėpavimo, širdies ir kraujagyslių bei raumenų sistemų atsaką į fizinį krūvį. Yra įvairių ėjimo mėginių,

tačiau mokslinėje literatūroje plačiausiai aprašytas ir klinikinėje praktikoje dažniausiai atliekamas 6 min. ėjimo mėginys. Atliekant šį mėginį vertinamas nueitas atstumas, dusulys ir kojų nuovargis, o pulsoksimetru registruojama periferinio kraujo prisotinimas deguonimi (SpO₂) ir širdies susitraukimų dažnis [1]. Šis mėginys dažniausiai taikomas pacientų, sergančių lėtinėmis širdies ir kraujagyslių sistemos, taip pat kvėpavimo sistemos ligomis, funkciniam pajėgumui, ligos prognozei ir atsakui į gydymą vertinti [3]. Jis taip pat gali būti naudingas vertinant komplikacijų riziką prieš chirurginę intervenciją. Pavyzdžiui, nustatyta, kad pacientams, kurie prieš atvirą krūtinės ląstos operaciją pajėgia nueiti mažiau nei 70 proc. prognozuojamo atstumo, kyla didesnė pooperacinių plaučių komplikacijų rizika [4]. Be to, 6 min. ėjimo mėginys taikomas reabilitacinio gydymo veiksmingumui vertinti [5, 6]. Nors atliekant ėjimo mėginius pacientams nebūtina pasiekti maksimalaus fizinio krūvio, deguonies suvartojimas (angl. *volume of oxygen uptake*, VO₂) ir širdies susitraukimų dažnis gali priartėti prie reikšmių, būdingų maksimaliam fiziniui krūviui. Dėl to ėjimo mėginių absoliučios ir santykinės kontraindikacijos yra tokios pačios, kaip ir maksimalaus fizinio krūvio mėginių [1]. Jos pateikiamos 1 lentelėje.

Pulmonologija ir alergologija

1 lentelė. Absoliučios ir santykinės kontraindikacijos fizinio krūvio mėginiams. Parengta pagal [1] ir [7]

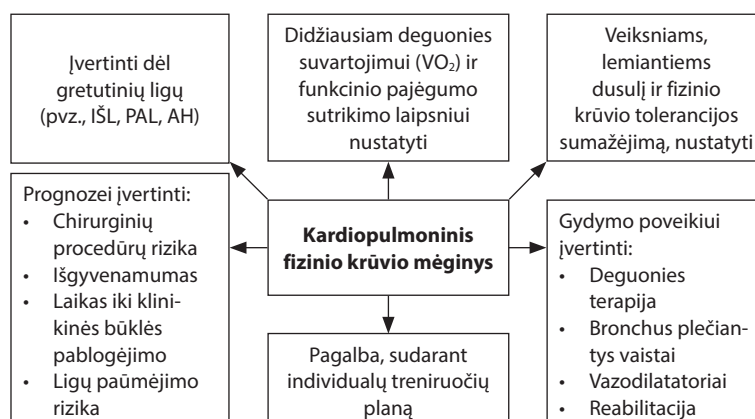
Absoliučios kontraindikacijos	Santykinės kontraindikacijos
Ūminis miokardo infarktas (3–5 d.) Nestabili krūtinės angina Nekontroliuojamos aritmijos Sinkopė Aktyvus endokarditas Ūminis miokarditas arba perikarditas Simptomus sukelianti sunki aortos vožtuvo stenozė Nepakankamai gydomas širdies nepakankamumas Ūminė plaučių embolija ir (arba) plaučių infarktas Kojų trombozė Įtariama disekuojanti aneurizma Nekontroliuojama astma Plaučių edema SpO₂ ramybės būsenoje (iki 85 proc., kvėpuojant kambario oru) Ūminis kvėpavimo nepakankamumas Kita ūminė būklė, galinti turėti įtakos fizinio krūvio mėginiui atlikti arba galinti pablogėti priklausomai nuo krūvio (pvz., infekcija, inkstų nepakankamumas, tirotoksikozė) Psichikos arba pažinimo funkcijų sutrikimas, dėl kurio pacientas negali bendradarbiauti	Kairiosios pagrindinės vainikinės arterijos stenozė arba jai lygiavertė būklė Vidutinio sunkumo širdies vožtuvų stenozė Sunki negydoma arterinė hipertenzija ramybės būsenoje (sistolinis AKS – 200 mm Hg, diastolinis – 120 mm Hg) Tachiaritmijos arba bradikardijos Aukšto laipsnio atrioventrikulinė blokada Hipertrofinė kardiomiopatija Reikšminga plautinė hipertenzija Vėlyvas arba komplikuotas nėštumas Elektrolitų balanso sutrikimai Patologija, ribojanti judėjimą

AKS – arterinis kraujo spaudimas; proc. – procentai; SpO₂ – periferinio kraujo prisotinimas deguonimi.

KARDIOPULMONINIS FIZINIO KRŪVIO MĖGINYS

Kardiopulmoninis fizinio krūvio mėginys skirtas kiekybiškai įvertinti fizinio krūvio toleranciją ir nustatyti ją ribojančius patofiziologinius mechanizmus [8]. Šio mėginio indikacijos yra įvairios. Jis gali būti naudingas sudarant ir optimizuojant fizinio aktyvumo programą pacientams, sergantiems širdies ir kraujagyslių arba kvėpavimo sistemos ligomis, taip pat vertinant reabilitacijos veiksmingumą. Tyrimas taikomas ir pacientų, kuriems planuojamos chirurginės intervencijos, komplikacijų rizikai įvertinti. Be to, kardiopulmoninis fizinio krūvio mėginys vis plačiau naudojamas atsakui į gydymą vertinti. Ypač svarbi šio tyrimo reikšmė nustatant dusulio priežastis ir atliekant jo diferencinę diagnostiką [9]. Vis dėlto svarbu įsidėmėti, kad prieš atliekant maksimalaus fizinio krūvio mėginį būtina atlikti bent pradinį paciento ištyrimą, apimančią kraujo tyrimus (bendrąjį kraujo tyrimą, natriuretinių peptidų, elektrolitų, skydliaukės ir kepenų funkcijos rodiklių tyrimus), spirometriją ir dviejų krypčių krūtinės ląstos rentgenografiją [10, 11]. Kardiopulmoninio fizinio krūvio mėginio indikacijos pateikiamos 1 pav.

Atliekant kardiopulmoninį fizinio krūvio mėginį, pacientas dažniausiai mina dviratį arba bėga bėgimo takeliu, o fizinis krūvis palaipsniui didinamas iki simptomų ribojamo maksimalaus fizinio krūvio. Dusulys ir kojų nuovargis arba skausmas vertinami pagal „Borg CR10“ skalę. Nuolat matuojami kvėpavimo dujų apykaitos rodikliai, įskaitant VO₂, anglies dioksido išskyrimą (angl. *carbon dioxide output*, VCO₂) ir minutinę ventiliaciją (angl. *expired minute volume*, VE), kartu stebint SpO₂, širdies susitraukimų dažnį, arterinį kraujo spaudimą bei



1 pav. Kardiopulmoninio fizinio krūvio mėginio indikacijos. Parengta pagal [9]

AH – arterinė hipertenzija; IŠL – išeminė širdies liga; PAL – periferinių arterijų liga; VO₂ – deguonies suvartojimas.

registruojant elektrokardiogramą (EKG). Priklausomai nuo klinikinės situacijos, mėginio pabaigoje gali būti atliekamas ir arterinių kraujo dujų tyrimas. Užregistruoti duomenys pateikiami devyniuose standartizuotuose Wasserman grafikuose. Juose vaizduojami pagrindiniai didėjant fiziniam krūviui kintantys metaboliniai, širdies ir kraujagyslių, ventiliaciniai bei dujų apykaitos rodikliai ir jų tarpusavio ryšiai. Toks grafinis duomenų pateikimas leidžia išsamiai įvertinti organizmo atsaką į didėjančią fizinį krūvį ir padeda nustatyti galimus fizinį pajėgumą ribojančius mechanizmus [12, 13]. Pakartotinai matuojant įkvėpimo talpą (angl. *inspiratory capacity*, IC) fizinio krūvio metu, galima įvertinti dinaminį plaučių tūrio pokyčius ir nustatyti dinaminę hiperinfliaciją. Šis reiškinys apibūdinamas kaip laikinas plaučių tūrio iškvėpimo pabaigoje (angl. *end-expiratory lung volume*, EELV) padidėjimas ir kartu pasireiškiantis rezervinio įkvėpimo tūrio (angl. *inspiratory reserve volume*, IRV) sumažėjimas, palyginti su ramybės būsenos reikšmėmis [14]. Dinaminė hiperinfliacija būdinga

lėtinei obstrukcinei plaučių ligai, tačiau gali būti nustatoma ir sergant astma [14, 15]. Be to, yra duomenų, kad šiomis ligomis sergantiems pacientams dinaminės hiperinfliacijos vertinimas gali būti naudingas nustatant reabilitacinio ir medikamentinio gydymo, pavyzdžiui, biologinės terapijos, veiksmingumą [16, 17].

FIZINIO KRŪVIO PROVOKACINIS MĖGINYS

Fizinio krūvio provokacinis mėginys yra reikšmingas dusulio diferencinei diagnostikai, nes padeda nustatyti, ar dusulys atsiranda dėl fizinio krūvio sukeltos bronchokonstrikcijos [18]. Be to, jis gali būti tikslingas asmenims, kurių profesinė veikla susijusi su intensyviu fiziniu krūviu, pavyzdžiui, kariškiams, policijos pareigūnams arba ugniagesiams [19]. Fizinio krūvio provokacinis mėginys įprastai atliekamas minant dviratį arba bėgant bėgimo takeliu.

Prieš pradėdant mėginį, visada atliekama spirometrija ir nustatoma pradinė forsuito iškvėpimo tūrio per pirmąją sekundę (angl. *forced expiratory volume in 1 second*, FEV₁) reikšmė. Mėginio protokolas parenkamas taip, kad tikslinis fizinio krūvio intensyvumas būtų pasiektas per maždaug 2–3 min. ir išlaikomas stabilus dar apie 4–6 min. Fizinio krūvio metu rekomenduojama pasiekti ventilaciją, atitinkančią 60 proc. prognozuojamos maksimalios valingos ventilacijos (angl. *maximal voluntary ventilation*, MVV). Jei nėra galimybės vertinti MVV, tikslinis fizinio krūvio intensyvumas gali būti nustatomas pagal širdies susitraukimų dažnį, kuris turėtų viršyti 85 proc. prognozuojamos maksimalios reikšmės. Po fizinio krūvio 30 min. laikotarpiu pakartotinai atliekami spirometrijos tyrimai ir vertinami FEV₁ pokyčiai [18].

Remiantis Amerikos krūtinės ląstos draugijos (angl. *American Thoracic Society*, ATS) rekomendacijomis, fizinio krūvio sukelta bronchokonstrikcija nustatoma, kai po fizinio krūvio FEV₁ rodiklis sumažėja bent 10 proc. nuo pradinės reikšmės [20]. Nors ilgą laiką nebuvo bendro sutarimo dėl fizinio krūvio sukeltos bronchokonstrikcijos gydymo, Visuomenės astmos iniciatyva (angl. *Global Initiative For Asthma*, GINA) šiems pacientams rekomenduoja medikamentinį gydymą – palaikomąjį inhaliuojamųjų gliukokortikoidų (IGK) dozę arba pagal poreikį skiriamą IGK ir formoterolio derinį [21].

TĖSTINĖ LARINGOSKOPIJA FIZINIO KRŪVIO METU

Nors Lietuvoje šis tyrimo metodas dar netaikomas, pasaulyje vis daugiau centrų tęstinę laringoskopiją fizinio krūvio metu įtraukia į klinikinę praktiką. Tyrimas atlie-

2 lentelė. Požymiai, padedantys atskirti fizinio krūvio sukeltą gerklių obstrukciją nuo fizinio krūvio sukeltos bronchokonstrikcijos. Parengta pagal [22]

Požymis	Fizinio krūvio sukelta gerklių obstrukcija	Fizinio krūvio sukelta bronchokonstrikcija
Pradžia	Per kelias sekundes, didžiausio fizinio krūvio metu	Per kelias minutes, dažniausiai netrukus po fizinio krūvio nutraukimo
Trukmė	Išnyksta per keletą poilsio minučių	Įprastai išnyksta per 30 min.
Gydymas įkvėpiamaisiais bronchus plečiančiais vaistais	Dažniausiai neveiksmingas; inhaliuojamieji anticholinerginiai vaistai gali sumažinti simptomus	Įprastai veiksmingi β ₂ agonistai
Kvėpavimas	Švokštimas įkvėpiant, pailgėjęs įkvėpimas	Švokštimas iškvėpiant, pailgėjęs iškvėpimas
Lokalizacija	Viršutiniai kvėpavimo takai, kaklo sritis	Apatiniai kvėpavimo takai, krūtinės sritis
Simptomai	Dusulys, švokštimas, stridoras, kosulys, veržimo pojūtis gerklyje ar krūtinėje, disfonija	Dusulys, švokštimas, kosulys, veržimo pojūtis krūtinėje
Provokuojantys veiksniai	Fizinis krūvis, emocinis stresas, šaltas oras, stiprūs kvapai	Fizinis krūvis, infekcijos, šaltas oras, alergijos, stresas

kamas įtarus fizinio krūvio sukeltą gerklių obstrukciją (angl. *exercise-induced laryngeal obstruction*, EILO) – būklę, kai esant didelio intensyvumo fiziniui krūviui susiaurėja gerklių spindis ir pasireiškia dusulys [22]. Tęstinę laringoskopiją gali būti atliekama pacientui minant dviratį arba bėgant bėgimo takeliu, kartu registruojant EKG ir pulsoksimetriją [23]. Atliekant fizinį krūvį nepertraukiamai registruojamas videolaringoskopinis vaizdas, leidžiantis tiesiogiai stebėti gerklas ir įvertinti, ar didėjant krūvio intensyvumui atsiranda jų obstrukcijos požymių. Obstrukcijos sunkumas vertinamas pagal trijų laipsnių sistemą: pirmas laipsnis atitinka lengviausią, o trečias – sunkiausią obstrukciją [22]. Fizinio krūvio sukeltą gerklių obstrukciją ypač svarbu diferencijuoti nuo bronchokonstrikcijos, nes šių būklių simptomai gali būti panašūs. Pagrindiniai jų skirtumai pateikiami 2 lentelėje.

APIBENDRINIMAS

Kiekvienas fizinio krūvio mėginys turi konkrečią paskirtį, todėl tinkamiausio tyrimo pasirinkimą turėtų lemti klinikinis klausimas ir paciento būklė. Tikslingai parinktas mėginys gali suteikti vertingos informacijos vertinant paciento funkcinį pajėgumą, ligos eigą ir gydymo veiksmingumą, nustatant su chirurginėmis procedūromis susijusių komplikacijų riziką bei aiškinantis dusulio priežastis. Prieš atliekant fizinio krūvio mėginį svarbu tinkamai ištirti pacientą ir įvertinti galimas kontraindikacijas, taip užtikrinant tyrimo saugumą.

LITERATŪRA

1. Holland AE, Spruit MA, Troosters T, Puhan MA, Pepin V, Saey D, et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J*. 2014;44(6):1428–46.

2. Radtke T, Crook S, Kaltsakas G, Louvaris Z, Berton D, Urquhart DS, et al. ERS statement on standardisation of cardiopulmonary exercise testing in chronic lung diseases. *Eur Respir Rev*. 2019;28(154):180101.
3. **ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories.** ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(1):111–7.
4. Santos BF, Souza HC, Miranda AP, Cipriano FG, Gastaldi AC. Performance in the 6-minute walk test and postoperative pulmonary complications in pulmonary surgery: an observational study. *Braz J Phys Ther*. 2016;20(1):66–72.
5. Rejbi IB, Trabelsi Y, Chouchene A, Ben Turkia W, Ben Saad H, Zbidi A, et al. Changes in six-minute walking distance during pulmonary rehabilitation in patients with COPD and in healthy subjects. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2010;5:209–15.
6. Bellet RN, Adams L, Morris NR. The 6-minute walk test in outpatient cardiac rehabilitation: validity, reliability and responsiveness – a systematic review. *Physiotherapy*. 2012;98(4):277–86.
7. **American Thoracic Society; American College of Chest Physicians.** ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;167(2):211–77.
8. Radtke T, Chávez L, Duggan L, Stanojevic S, Agostoni P, Burns P, et al. ERS technical standard on reference values for cardiopulmonary exercise testing: summary report and a call for action. *Eur Respir J*. 2026;67(6):2502463.
9. Laveneziana P, Di Paolo M, Palange P. The clinical value of cardiopulmonary exercise testing in the modern era. *Eur Respir Rev*. 2021;30(159):200187.
10. Berton DC, Mendes NBS, Olivo-Neto P, Benedetto IG, Gazzana MB. Pulmonology approach in the investigation of chronic unexplained dyspnea. *J Bras Pneumol*. 2021;47(1):e20200406.
11. Moffett BK, Panchabhai TS, Nakamatsu R, Arnold FW, Peyrani P, Wiemken T, et al. Comparing posteroanterior with lateral and anteroposterior chest radiography in the initial detection of parapneumonic effusions. *Am J Emerg Med*. 2016;34(12):2402–7.
12. Mezzani A. Cardiopulmonary exercise testing: basics of methodology and measurements. *Ann Am Thorac Soc*. 2017;14(1):S3–S11.
13. Glaab T, Taube C. Practical guide to cardiopulmonary exercise testing in adults. *Respir Res*. 2022;23(1):9.
14. Boutou AK, Daniil Z, Pitsiou G, Papakosta D, Kioumis I, Stanopoulos I. Cardiopulmonary exercise testing in patients with asthma: what is its clinical value? *Respir Med*. 2020;167:105953.
15. Milne KM, Domnik NJ, Phillips DB, James MD, Vincent SG, Neder JA, et al. Evaluation of dynamic respiratory mechanical abnormalities during conventional CPET. *Front Med (Lausanne)*. 2020;7:548.
16. Kosura N, Nwe AA, Phimphasak C, Chumpangern W, Sriya K, Ubolsakka-Jones C. Influence of conical-PEP breathing on exercise performance in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a single-blind randomized crossover trial. *Can J Respir Ther*. 2025;61:132–44.
17. Benfante A, Tomasello A, Gentile L, Lisotta AL, Marasà P, Battaglia S, et al. The effects of benralizumab on lung volume changes during exercise in experimental setting in severe asthmatics: a pilot study. *Front Pharmacol*. 2025;16:1611168.
18. Hallstrand TS, Leuppi JD, Joos G, Hall GL, Carlsen KH, Kaminsky DA, et al. ERS technical standard on bronchial challenge testing: pathophysiology and methodology of indirect airway challenge testing. *Eur Respir J*. 2018;52(5):1801033.
19. Crapo RO, Casaburi R, Coates AL, Enright PL, Hankinson JL, Irvin CG, et al. Guidelines for methacholine and exercise challenge testing-1999. This official statement of the American Thoracic Society was adopted by the ATS Board of Directors, July 1999. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;161(1):309–29.
20. Parsons JP, Hallstrand TS, Mastrorade JG, Kaminsky DA, Rundell KW, Hull JH, et al. An official American Thoracic Society clinical practice guideline: exercise-induced bronchoconstriction. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;187(9):1016–27.
21. **Global Initiative for Asthma.** Global Strategy for Asthma Management and Prevention. 2026. Prieiga internete: <https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2026/05/GINA-2026-Strategy-Report-WMS.pdf>. Date last accessed: August 11, 2026.
22. Hall A, Thomas M, Sandhu G, Hull JH. Exercise-induced laryngeal obstruction: a common and overlooked cause of exertional breathlessness. *Br J Gen Pract*. 2016;66(650):e683–5.
23. Engan M, Hammer IJ, Bekken M, Halvorsen T, Fretheim-Kelly ZL, Vollsæter M, et al. Reliability of maximum oxygen uptake in cardiopulmonary exercise testing with continuous laryngoscopy. *ERJ Open Res*. 2021;7(1):00825–2020.