

DIAFRAGMOS FUNKCIJA IR VEIKLOS SUTRIKIMAI

Irina Pocienė

Vilniaus universiteto Krūtinės ligų, imunologijos ir alergologijos klinika, VšĮ Vilniaus universiteto ligoninės Santaros klinikų Pulmonologijos ir alergologijos centras

Įvadas. Diafragma – tai pagrindinis kvėpavimo raumuo, būtinas normaliai kvėpavimo funkcijai užtikrinti. Bet kuri liga, pažeidžianti diafragmos inervaciją, kontraktilinę raumens funkciją, arba mechaninis krūtinės sienos sužalojimas gali lemti diafragmos disfunkciją (normalios veiklos sutrikimus). Sutrikus diafragmos funkcijai, gali atsirasti dusulys, fizinio krūvio netoleravimas, įvairūs miego sutrikimai, o tai sąlygoja ne tik pablogėjusią gyvenimo kokybę, bet gali turėti įtakos ir blogesniai ligonio išgyvenamumui. Taigi, svarbu žinoti dažniausius diafragmos veiklos sutrikimus, diagnostikos metodus šiems sutrikimams patvirtinti, taip pat įvairias gydymo galimybes kiekvienu atveju.

Diafragmos struktūra ir funkcija. Diafragma – tai raumuo, skiriantis krūtinės ąstą ir pilvo ertmę. Tai pagrindinis kvėpavimo raumuo, kurį inervuoja diafragminis nervas (*n. phrenicus*), nusileidžiantis iš kaklinio rezginių (C3–C5 segmentų)¹. Ramaus įkvėpimo metu kupolo formos raumuo juda žemyn (kaudaliai). Susitraukiant diafragmai, didėja intraabdominalinis slėgis, mažėja slėgis pleuros ertmėse ir įvyksta įkvėpimas. Iškvėpimo metu diafragma atsipalaiduoja, kyla į viršų (kranialiai).

Pagrindiniai veiklos sutrikimai. Diafragmos funkcija gali sutrikti dėl diafragmos raumens silpnumo, diafragmos paralyžiaus arba eventracijos. Diafragmos silpnumas – tai dalinis funkcijos praradimas, kai raumuo susitraukia nepakankamai stipriai, dėl to nesusidaro normaliai ventiliacijai reikalingi slėgiai. Diafragmos paralyžius diagnozuojamas tuomet, kai raumuo visiškai praranda savo funkciją ir negeba susitraukti. Paralyžius, priklausomai nuo priežasties, gali būti vienpusis arba abipusis, laikinas ar nuolatinis. Eventracija – tai

nuolatinis kurios nors pusės diafragmos kupolo arba jo dalies pakilimas dėl raumens išplonėjimo. Kartais pasitaiko diafragmos išvaržų – pilvo organų arba audinių protruzija į krūtinės ąstą per diafragmos defektą. Reta tačiau galima diafragmos disfunkcijos priežastis – diafragmos plazdėjimas. Tai būklė, kuriai būdingi nevalingi, pasikartojantys, įvairios trukmės diafragmos susitraukimai².

Etiologija. Diafragmos disfunkcija gali atsirasti dėl daugelio įvairių ligų. Dažniausiai šios ligos skirstomos į grupes pagal tai, kurioje anatomicinėje vietoje įvyksta pažeidimas, lemiantis sutrikusią diafragmos veiklą (*1 lentele*)³. Retesniais atvejais diafragmos disfunkcija gali būti susijusi su elektrolitų pusiausvyros sutrikimu (hipokalemija, hipofosfatemija), kai kuriomis jungiamojo audinio ligomis, lėtiniais sklerozuojančiu mediastinitu arba jatrogeninėmis priežastimis (pleuros ertmės drenavimu, centrinės venos punkcija ir pan.).

Simptomai. Esant vienpusiam diafragmos kupolo pažeidimui, žmogus dažniausiai nejaučia jokių simptomų. Aukšta kurios nors pusės diafragmos padėtis įprastai aptinkama atsitiktinai, atlikus krūtinės ąstos rentgenogramą dėl kitų priežasčių. Pastebėta, jog simptomus (dusulys fizinio krūvio metu arba atsigulus) vienpusio pažeidimo atveju dažniau jaučia nutukę, sergantys gretutinėmis plaučių arba širdies ir kraujagyslių sistemos ligomis.

Abipusiam diafragmos pažeidimui būdingi įvairūs simptomai. Vienas pradinių požymių, kai dar gali nebūti aiškaus dusulio ramybėje – pasunkėjęs kvėpavimas panirus į vandenį. Kitas diafragmos disfunkcijai būdingas simptomas – dusulys atsigulus. Sunkiais atvejais, progresuojant ligai, dusulys gali atsirasti ir ra-

1 lentelė. Diafragmos disfunkcijos priežastys

Centrinės nervų sistemos ligos	Išsėtinė sklerozė
	Insultas
	Arnold-Chiari malformacija
Nugaros smegenų pažeidimas	Popoliomielitinis sindromas
	Šoninė amiotrofinė sklerozė
	Paraneoplastinė neuropatija
	Spinalinė raumenų atrofija
Diafragminio nervo pažeidimas	Trauma
	Kompresija arba infiltracija (dėl naviko)
	Guillain-Barre sindromas
	Kritinių būklių polineuropatija
Plaučių ligos	Bronchinė astma
	Lėtinė obstrukcinė plaučių liga
Nervo-raumens jungties pažeidimas	Miastenija
	Botulizmas
Sutrikusi diafragmos kontraktinė funkcija	Raumenų distrofijos
	Vaistų (steroidų) sukelta miopatija
	Miozitas
	Dirbtinė plaučių ventilacija

mybės metu, pvz., sėdint. Tuomet taip pat pasireiškia tachipnėja, paviršutiniškas negilus kvėpavimas, pagalbinių kvėpavimo raumenų dalyvavimas, paradoksiniai pilvo sienos judesiai, cianozė.

Neretai ligoniams, kurių diafragmos funkcija sutrikusi, būna kvėpavimo sutrikimų miegant. Dėl to gali varginti nuovargis, mieguistumas dieną. Tokiems ligoniams būtina atlikti polisomnografijos tyrimą.

Diagnostika. Įtarus diafragmos disfunkciją, diagnozei patvirtinti pirmiausia atliekami vaizdiniai tyrimai, kurie gali būti tiek statiniai, tiek dinaminiai.

Krūtinės ląstos rentgenograma. Šis tyrimas yra paprastas ir informatyvus siekiant įvertinti galimus pokyčius plaučių parenchimoje, taip pat pakankamai jautrus diagnozuojant kurios nors pusės diafragmos skliauto relaksaciją (1 pav.). Abipusio diafragmos paraly-

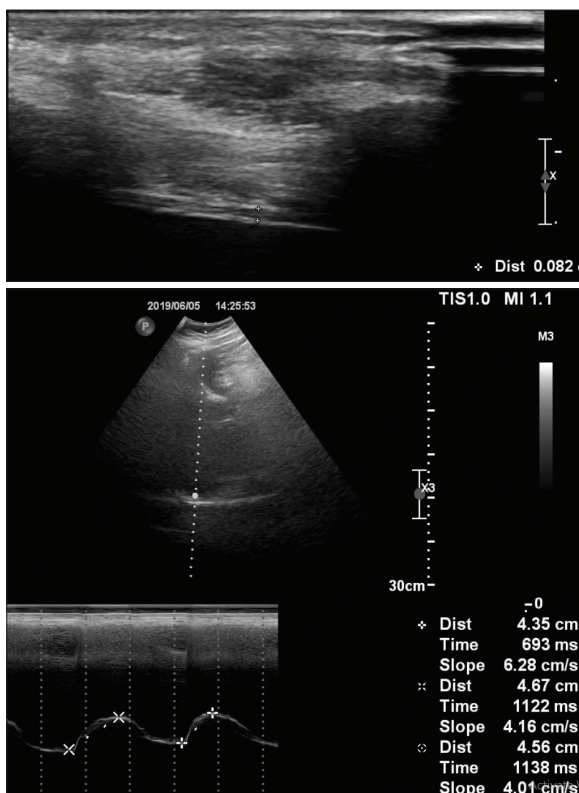
žiaus atveju būdingas radinys – aukšta abiejų skliautų padėtis, apatinių plaučių skilčių hipoventiliacijos požymiai. Nepaisant to, kad aukšta diafragmos padėtis nebūtinai yra sutrikusios raumens veiklos požymis, normali diafragmos padėtis krūtinės ląstos rentgenogramoje leidžia gana patikimai paneigti su diafragma susijusias dusulio priežastis.



1 pav. Dešiniojo diafragmos skliauto relaksacija (VUL SK)

Fluoroskopija. Tyrimo metu matomas diafragmos judėjimas kvėpavimo metu. Anksčiau tai buvo vienas svarbiausių tyrimų diagnozuojant diafragmos paralyžį. Tačiau svarbu nepamiršti, kad diafragmos silpnumo atveju tyrimas gali būti interpretuojamas klaidingai, nes ligonis neretai būna prisitaikęs kompensuoti diafragmos judrumo sumažėjimą tam tikru kvėpavimo pobūdžiu. Taigi, fluoroskopija naudinga diagnozuojant vienpusį kurios nors pusės diafragmos paralyžį, bet ne abipusės diafragmos disfunkcijos atveju.

Diafragmos ultragarsinis tyrimas. Tai neinvazinis, paprastas tyrimas, kurio metu galima kokybiškai ir kiekybiškai įvertinti diafragmos funkciją. Šis tyrimas yra labai jautrus ir specifiškas tyrimas diagnozuojant diafragmos funkcijos sutrikimą neuromuskulinių ligų atveju. Diafragmos ultragarsinio tyrimo metu įvertinamas diafragmos storis (apatinė storio normos riba ramaus iškvėpimo pabaigoje 1,5 mm), storėjimas ir judrumas kvėpavimo metu (dėl galimo paralyžiaus), taip pat galima nustatyti, ar nėra paradoksinį diafragmos judesių (2 pav.).



2 pav. Diafragmos ultragarsinis tyrimas (storio ir judrumo matavimas), VUL SK

Plaučių ir kvėpavimo raumenų funkcijų tyrimai. Atliekant plaučių funkcijos tyrimą, galima aptikti tam tikrų diafragmos disfunkcijai būdingų požymių. Esant kvėpavimo raumenų silpnumui, dažniausiai randama restrikcinio pobūdžio pokyčių: sumažėjusi bendroji plaučių talpa (TLC), gyvybinė talpa (VC) ir liekamoji talpa (RC). Iš jų bene svarbiausias rodiklis – gyvybinės plaučių talpos sumažėjimas. Jei šis rodiklis yra normos ribose, kvėpavimo raumenų silpnumas mažai tikėtinas. Bronchų obstrukcija arba dujų difuzijos sutrikimas nėra būdingi radiniai.

Dar vienas būdas įvertinti kvėpavimo raumenų funkciją – išmatuoti maksimalius slėgius, kuriuos gali sukurti (generuoti) kvėpavimo raumenys. Kvėpavimo raumenų pajėgumas gali būti išmatuotas pasitelkiant neinvazinius ir invazinius tyrimus. Maksimalaus įkvėpimo (MIP) ir iškvėpimo (MEP) slėgių matavimas informatyvus nustatant kvėpavimo raumenų silpnumą. Normaliai vyrams MIP reikšmė turėtų būti >80 cmH₂O, moterims >70 cmH₂O. MIP sumažėjimas, esant normaliai MEP reikšmei, rodo izoliuotą diafragmos silpnumą. Abiejų rodiklių sumažėjimas būdingas generalizuotam procesui, kai pažeidžiami tiek įkvėpimo, tiek iškvėpimo raumenys. Nereikėtų pamiršti, kad kvėpavimo raumenų pajėgumo sumažėjimas taip pat būdingas ne tik diafragmos ligomis, bet ir lėtine obstrukcine plaučių liga sergantiems pacientams. Vienas svarbiausių ir dažniausiai naudojamas invazinis testas diafragmos funkcijai įvertinti – transdiafragminio slėgio matavimas (Pdi). Jo metu įkišus specialius daviklius į stemplę ir skrandį, apskaičiuojamas slėgių skirtumas tarp stemplės (atitinka slėgį krūtinės ąstoje) ir skrandžio (slėgis pilvo ertmėje). Tai patikimiausias tyrimas abipusiam diafragmos paralyžiui diagnozuoti. Slėgiai tiksliausiai įvertinami atliekant Sniff testą (staigus įkvėpimas per nosį). Normos atveju transdiafragminis slėgis vyrams turėtų būti >100 cmH₂O, moterims >80 cmH₂O⁴.

Diafragminio nervo (*N. phrenicus*) stimuliacija. Nepaisant savo sudėtingumo ir kvalifi-

kuoto personalo poreikio atliekant ir interpretuojant tyrimą, jis laikomas auksiniu standartu vertinant mechaninę diafragmos funkciją. Jo metu aktyvuojama ir tiriama tik diafragmos veikla, pagalbiniai kvėpavimo raumenys neturi įtakos gaunamiems rezultatams. *N. phrenicus* stimuliacijos metu apskaičiuojamas transdiafragminis slėgis. Diafragmos disfunkcija įprastai diagnozuojama, kai Pdi reikšmė būna <10–20 cmH₂O (priklauso nuo to, ar pažeidimas vienpusis, ar abipusis). Remiantis Sniff testo ir diafragminio nervo stimuliacijos metu gautais duomenimis, galima įvertinti, ar pažeidimo priežastis centrinė, susijusi su motorinio neurono pažeidimu, o, galbūt, tiesiog su nepakankamu ligoonio bendradarbiavimu.

Gydymas. Gydymo taktika priklauso nuo diafragmos disfunkcijos priežasties ir ligoonio jaučiamų simptomų.

Dažniausiai ligooniams, kuriems yra vienpusis diafragmos pažeidimas ir kurie neturi jokių simptomų, specifinis gydymas nereikalingas. Labai svarbu tinkamas gretutinių ligų, tokių kaip, lėtinės kvėpavimo, širdies ligos arba nutukimas gydymas, nes jos gali sustiprinti ligoonio jaučiamus simptomus. Kai kuriais atvejais, kai yra aiški diafragmos pažeidimo priežastis (pvz., infekcinės kilmės, metabolinės, endokrininės kilmės ir pan.), skiriant specifinį šių ligų gydymą, diafragmos raumens funkcija gali sunormalėti. Tyrimų duomenimis, kai kuriasi atvejais (pvz., pažeidimas po operacijos, dėl paraneoplastinio sindromo) diafragmos funkcija ir kvėpavimo raumenų pajėgumas gali reikšmingai pagerėti spontaniškai. Dėl šios priežasties nereikėtų skubėti tokių ligoonių operuoti. Pirmiausia rekomenduojama kurį laiką stebėti dinamikoje, galima skirti įkvėpimo raumenų treniruoklį naudojimui namuose.

Dirbtinė plaučių ventiliacija. Gydymas, esant kliniškai reikšmingam diafragmos pažeidimui, gali būti skiriamas tiek vienpusio, tiek abipusio diafragmos pažeidimo atveju. Neinvazinė arba invazinė dirbtinė plaučių ventiliacija, priklausomai nuo diafragmos

pažeidimo priežasties, gali būti skiriama laikinai (kol pagerėja diafragmos funkcija) arba ilgalaikiam gydymui. Neinvazinė dirbtinė plaučių ventiliacija (NIV) dažniausiai yra pirmo pasirinkimo gydymas esant abipusiam diafragmos pažeidimui. Skiriant gydymą NIV, pagerėja ne tik subjektyvi ligoonio savijauta, bet ir kraujo dujų tyrimo rodmenys. Tracheostomijos ir dirbtinės plaučių ventiliacijos dažniausiai prireikia progresuojant neuromuskulinėms ligoms, kai gydymas NIV tampa neveiksmingi arba siekiama apsaugoti kvėpavimo takus nuo aspiracijos ir kvėpavimo takų infekcijų.

Chirurginis gydymas. Diafragmos plikacija – tai pagrindinis chirurginis gydymo būdas, kurio metu diafragma „imobilizuojama“ maksimalaus įkvėpimo padėtyje, taip leidžiant plaučiui išsiplėsti. Rekomenduojama atlikti, kai, stebint ligoonį, apie vienerius metus išlieka vienpusė diafragmos relaksacija ir ligoonis jaučia būdingus simptomus. Pagrindinės priežastys, dėl kurių atliekama diafragmos plikacija dažniausiai yra trauminis pažeidimas arba pažeidimas dėl jatrogeninių priežasčių. Nutukimas, įvairios neuromuskulinės ligos įprastai yra reliatyvios kontraindikacijos diafragmos plikacijai⁵.

N. phrenicus vientisumo atkūrimas – tai mikrochirurginis gydymo būdas, kurio metu gali būti atlikta lokali diafragminio nervo dekompresija, nervo transplantato transpozicija arba interpozicija. Operacija gali būti rekomenduojama esant jatrogeninei arba trauminei vienpusei diafragmos relaksacijai, kai, stebint dinamikoje, išlieka radiologinių pokyčių ir ligoonis jaučia būdingus simptomus⁶.

Diafragminio nervo stimulatoriaus implantavimas. Gali būti implantuojamas ligooniams, kuriems yra sumažėjęs diafragmos (abiejų kupolų) judrumas, kai ligoonis pageidauja atitolinti arba blogai toleruoja neinvazinę arba invazinę dirbtinę plaučių ventiliaciją. Dažniausiai rekomenduojama, kai pažeidimas yra aukščiau C3 kaklinio slankstelio, centrinės

nervų sistemos pažeidimo atveju, pvz., įgimta arba įgyta centrinės kilmės hipoventiliacija. Kartais stimulatorius implantuojamas ligoniams, sergantiems apatinio motorinio neurono liga (ne šoninės amiotrofinės sklerozės atveju), taip pat kai kuriais idiopatinės kilmės pažeidimo atvejais.

Apibendrinimas. Sutrikusi diafragmos veikla gali reikšmingai pabloginti ligonio savijautą. Kadangi diafragmos disfunkciją lemia labai įvairios priežastys, prieš paskiriant bet kokią gydymą būtinas nuodugnus ligonio ištyrimas.

Literatūra

1. Nason LK, Walker CM, McNeeley MF et al. Imaging the diaphragm: anatomy and function. *Radiographics*. 2012; 32: 51–70.
2. Ricoy J, Rodríguez-Núñez N, Álvarez-Dobaño JM, Toubes ME, Riveiro V, Valdés L. Diaphragmatic dysfunction. *Pulmonology*. 2019; 25(4) :223–235.
3. McCool FD, Tzelepis GE. Dysfunction of the diaphragm. *N Engl J Med* 2012; 366: 932–942.
4. ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002; 166: 518–624.
5. Freeman Rk, Van Woerkom et al. Long-term follow-up of the functional and physiologic results of diaphragm plication in adults with unilateral diaphragm paralysis. *Ann Thorac Surg*. 2009; 88: 1112–1117.
6. Kaufman MR, Elkwood A et al. Functional restoration of diaphragm paralysis: an evaluation of nerve reconstruction. *Ann Thorac Surg*. 2014; 97: 260–267.