

# ĮKVĖPIMO RAUMENŲ TRENIRAVIMAS: PRAKTINĖS GAIRĖS GYDYTOJAMS

Goda Šlekytė

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

**Įvadas.** Dirbtinė plaučių ventiliacija (DPV) yra būtina ir gyvybę išsauganti procedūra intensyviosios terapijos skyriuose. Ilgai skiriama ji dažnai sukelia įkvėpimo raumenų jėgos ir ištvermės sumažėjimą. Diafragmos atrofija pasireiškia greitai ir pastebima vos po 18–69 val. DPV privalomais režimais. Pacientams, ventiliuojamiems invaziškai daugiau nei 24 val., diafragmos disfunkcija susijusi su sudėtingu ir ilgai užsitęsusiu atjungimu. Vieno tyrimo metu buvo tiriami 124 pacientai, kuriems skirta DPV, skirta >24 val. 54 proc. buvo rastas kvėpavimo raumenų silpnumas jau prieš atjungimą nuo DPV, o jis buvo nepriklausomai susijęs su vienerių metų mirštamumu. Diafragmos atrofija labiau linkusi išryškėti pacientams, kuriems buvo skirta DPV privalomais režimais, lyginant su spontaniniais, ir susijusi su paciento įkvėpimo pastangomis ventiliuojant. Nors intensyviosios terapijos skyriuose stengiamasi naudoti spontaninius režimus, susilpnėjusi kvėpavimo raumenų jėga išlieka didele bėda trečdaliui šiais režimais ventiliuojamų pacientų. Taip pat įkvėpimo raumenų silpnumas gali lemti ir kvėpavimo sustojimą, pasireiškiantį trečdaliui pacientų, atjungtų nuo užsitęsios DPV.

Pastaraisiais metais įkvėpimo raumenų treniravimas (IRT) pasirodė kaip daug žadantis gydymas intensyviosios terapijos skyriaus (ITS) pacientams. Atlikus sisteminę 28 tyrimų (n=1184) apžvalgą, nustatyta, kad IRT pagerina įkvėpimo raumenų jėgą ITS gydomiems pacientams ir susijęs su lengvesniu atjungimu nuo DPV. Taip pat pacientams, kurių nepavyko sėkmingai atjungti nuo DPV, IRT gali padėti tai pasiekti. Kvėpavimo raumenų funkcijos gerėjimas taip pat susijęs su geres-

ne gyvenimo kokybe po dviejų savaičių treniravimosi pacientams, neseniai atjungtiems nuo DPV. Atsižvelgiant į tai, jog įkvėpimo raumenis galima ištrenuoti ir taip pagerinti pacientų gyvenimo kokybę, reikalingos gairės, kurios teoriją paverstų praktika.

Nepaisant vis daugiau pateikiamų įrodymų, IRT nėra standartinė procedūra daugelyje ITS. IRT taikymas klinikinėje praktikoje literatūroje aprašomas daugeliu skirtingų metodikų, tačiau stinga įrodymais pagrįstų tyrimų bei gairių. Šiame straipsnyje apžvelgiamas IRT, atsižvelgiant į 10 metų klinikinę patirtį pacientams, kuriems skiriama DPV ir neseniai nuo jos atjungtiesiems.

## Įkvėpimo raumenų treniravimo metodai.

**Bendrieji IRT principai.** Įkvėpimo raumenų treniravimas pagrįstas įkvėpimo pastangų stiprinimu sukeliant pasipriešinimą įkvėpimo metu. Neseniai paskelbta sisteminė apžvalga parodė, jog IRT ITS pacientams gali būti pasiekiamas naudojant viso kūno treniravimą, skiriant nuolatinį arba slenkstinį pasipriešinimą. Skirtumas tarp nuolatinio ir slenkstinio pasipriešinimo tas, jog nuolatinis priklauso nuo paciento sukuriamos oro srovės, o tai leidžia treniruotis skirtingu intensyvumu, priklausomai nuo galimybių. Tuo tarpu slenkstinio treniravimo metu pacientas turi gebėti sukurti jau nustatyto stiprumo oro srautą kiekvieno įkvėpimo metu ir, pasiekus slenkstį, įkvėpimo srautas nepriklauso nuo paciento įkvėpimo pastangų.

Didžiausia IRT nauda pastebėta pacientams, kuriems buvo skiriamas slenkstinis trenira-

vimas vietoje DPV prietaiso sukeliama pasipriešinimo. Skirdamas spyruoklinį slenkstinį treniruoklį, gydytojas gali būti užtikrintas paciento kvėpavimo pastangomis bei lengvu ir tiksliai JRT slėgio nustatymu.

JRT yra skirtingas priklausomai nuo ligos (pvz., lėtinė obstrukcinė plaučių liga, lėtinis širdies nepakankamumas) ir gali būti naudojamas skirtingiems tikslams: didelio intensyvumo treniravimas intervalais ir į išvermę sukoncentruotas treniravimas (kvėpavimas su mažesniu pasipriešinimu, bet trunkantis 20–30 min.). Dauguma ITS pacientų nėra pakankamai stiprūs treniruoti išvermę, todėl dažniausiai taikomas didelio intensyvumo treniravimas intervalais. Šios treniruotės metu pacientas kelis kartus naudoja didžiausias galimas įkvėpimo pastangas, kad nugalėtų pasipriešinimą. Šio treniravimo metu pacientas poilsio metu gali visiškai atsigauti, kad geriausiai toleruotų treniravimą. Iš visų neseniai sisteminėse apžvalgose aprašytų treniravimo būdų slenkstinio treniravimo metu pasiekiamos didžiausios pastangos (50 proc. didžiausio įkvėpimo slėgio), jis yra saugus bei gerai toleruojamas.

Įkvėpimo raumenų treniravimas gali būti naudojamas ir ventiliuojamiems, ir spontaniškai kvėpuojantiems pacientams. Geriausiai, jei jis būtų atliekamas sėdinčiam pacientui.

## Nuo ventiliacijos priklausomi ligoniai.

**Ligonių atranka.** Yra keletas atrankos JRT kriterijų.

Pacientai turi aktyviai dalyvauti atrankoje, jie turi būti budrūs ir bendradarbiaujantys. Pacientai turi būti pakankamai sąmoningi, kad suprastų treniruotės tikslą ir tai, jog treniravimas yra tik laikinas pasipriešinimas, o ne distreso ir diskomforto šaltinis. Taip pat turėtų būti skiriama mažiausia galima sedacija, norint pasiekti geriausių rezultatų.

Dirbtinai suskurti kvėpavimo takai (tracheostomija arba endotrachėjinis vamzdelis) nėra

kontraindikacija JRT atrinktiems pacientams. Skiriant slenkstinį treniravimą, reikalingas paciento atjungimas nuo DPV, pacientai neturėtų būti priklausomi nuo aukšto teigiamo slėgio ventiliacijos, nes šiuo atveju atjungimas nuo DPV gali pasireikšti plaučio atelektaze. Tačiau kliniškai stabiliems pacientams, kuriems teikiama PEEP (ang. *positive end-expiratory pressure*)  $\leq 10 \text{ cmH}_2\text{O}$  ir  $\text{FiO}_2 < 60$  proc., JRT nesukelia statistiškai reikšmingo klinikinio pablogėjimo, desaturacijos, tachipnėjos, todėl galima daryti išvadą, jog šių pacientų grupėje atelektazė yra reta. JRT negalimas pacientams, kuriems skiriama NO terapija, prostaciklinas per nebulaizerį arba aukšto dažnio osciliacija.

Paciento kvėpavimo dažnis turėtų būti stabilus, mažesnis nei 25k./min. Esant didesniai dažniui, pacientams bus sunku atlikti pratimus, nes reikalingas kvėpavimo sulaikymas. Pacientas taip pat turėtų būti hemodinamiškai stabilus, nes JRT gali sukelti intratorakalinio slėgio pokyčius, kurie pasireiškia veninio kraujo grįžimo į širdį sutrikdymu. Tačiau neatlikta klinikinių tyrimų, tiksliai nusakančių šiuos pokyčių dažnį. Esant stabiliam kraujospūdžiui ir širdies susitraukimų dažniui, JRT nesukelia statistiškai arba kliniškai reikšmingų šių parametru pokyčių.

JRT gali padėti tiems pacientams, kuriems buvo nesėkmingas atjungimas nuo DPV paprastais metodais, tokiais kaip, laikotarpių be ventiliacijos ilginimas. Tačiau įkvėpimo raumenų silpnumas gali būti ir skiriant JRT po 24–48 val. Labai ankstyvas JRT (nuo 48 val.) neturi didelės naudos atjungimui nuo DPV, nepaisant nedidelio įkvėpimo raumenų sustiprinimo. Žinoma, jog kai kurie pacientai bus sėkmingai atjungiami nuo DPV ir be JRT. Tačiau dauguma ITS pacientų, kurie sėkmingai atjunks nuo DPV per  $\geq 7$  dienas turi įkvėpimo raumenų silpnumą ir sumažėjusią jų išvermę, o tai gali pasireikšti dusuliu ramybės ir fizinio krūvio metu. Vertinant šiuo aspektu, JRT turėtų būti skiriamas visiems ITS pacientams nuo septintos DPV dienos, su kasdiene būklės stabilizacija.

Yra keletas būklių, kai ĮRT neturėtų būti skiriamas. Tokios būklės yra ūminis delyras, stiprus skausmas arba dusulys. Kadangi su neščiomis tyrimų neatlikta, negalima pasakyti, ar šiai grupei pacientų galėtų būti skiriamas toks gydymas, o kiekvienas atvejis turėtų būti aptariamas atskirai.

Įranga. Rinkoje yra prienami komerciniai ĮRT prietaisai. Dažnai naudojami spiraliniai slenkstiniai prietaisai (1 pav.), kuriuose pasipriešinimas gali būti keičiamas nuo 9 iki 41 cmH<sub>2</sub>O. Toks prietaisas gali būti prijungtas prie endotrachėjinio vamzdelio arba tracheostomos per lanksčią arba rigidinę jungtį tiesiogiai arba per siurbimo sistemą. Pacientams, kuriems padidėjęs sekreto kiekis, reikia iš karto prijungti siurbimo sistemą, nes, skiriant ĮRT, spaudimo pokyčiai gali sukelti padidėjusią sekreciją.

Spiralinis ĮRT įrenginys yra vienkartinis, paprastas naudoti, nereikalauja specialaus valymo, išskyrus burnos kandiklio plovimą ir sausinimą. Vienintelė įrenginio rizika – jo lūžimas naudojant didesniu nei rekomenduojama pasipriešinimu. Jei įmanoma, turėtų būti matuojamas paciento maksimalaus įkvėpimo slėgis (MIP) (2 pav.) tam, jog būtų galima įvertinti gydymo veiksmingumą. Naudojant lanksčią jungtį, MIP prietaisas gali būti sujungtas su tracheostominiu arba intubaciniu vamzdeliu ir pacientas gali įkvėpti didžiausiomis pastangomis. Pacientas turėtų būti skatinamas įkvėpti kuo stipriau, o tiksliai mata-

vimui reikėtų trijų įkvėpimų. ITS pacientams MIP matavimas gali būti labai varginantis, todėl, prieš jį atliekant, pacientas turėtų būti prijungiamas prie DPV, kad pailsėtų. Jei negalima atlikti matavimo MIP prietaisu, kai kuriuose DPV aparatuose yra funkcija, leidžianti išmatuoti neigiamą įkvėpimo jėgą (NIF). Šis matavimas turėtų būti atliekamas iš plaučių liekamojo tūrio. Negalima atlikti šio matavimo, jei paciento PEEP >0 cmH<sub>2</sub>O. Nepaisant to, jei pacientas deda didžiausias pastangas, NIF gali rodyti įkvėpimo raumenų jėgą, kuri yra naudinga titruojant ĮRT intensyvumą.

**Treniravimo parametrai.** Kadangi ITS pacientai dažniausiai turi silpnus įkvėpimo raumenis (MIP ~30–35 cmH<sub>2</sub>O, kai skiriama ventilacija ≥7 dienas), greičiausiai jie greitai pavargs skiriant ĮRT. Tam kad būtų geriausias poveikis ir mažiausias nuovargis, turėtų būti skiriamas didelio intensyvumo ir mažo dažnio treniravimas. 50 proc. MIP intensyvumas yra gerai toleruojamas, tačiau tai yra mažiausias treniravimo slenkstis jį didinant iki didžiausio toleruojamo, kada pacientas galėtų šešis kartus pakvėpuoti šešių kvėpavimų cikle.

Treniruotės intensyvumas didelis, todėl reikia keletos pakartojimų ir 6 įkvėpimų ciklas yra pakankamas. Šeši įkvėpimai penkis kartus per



1 pav. Spyrrokuolinis ikvėpimo raumenų treniruoklis



2 pav. Maksimalaus ikvėpimo slėgio matuoklis

dieną (ilsintis savaitgaliais) yra pakankamas treniravimas atrinktiems pacientams ir jis gerai toleruojamas, nes neužfiksuota satūracijos, kraujo spaudimo, kvėpavimo dažnio arba širdies susitraukimų dažnio pokyčių netgi neskiriant papildomo deguonies. Labai svarbu, kad gydytojas tarp treniruočių leistų pacientui atsikvėpuoti, pailsėti prieš kitą treniruotės ciklą. Daugumai pacientų pakanka 1–2 min. atsigauti tarp treniruočių ciklų, tačiau tais atvejais, kai pacientai yra labai silpni arba nerimastingi, gali prireikti ir ilgesnio poilsio. Jei pradinis MIP (arba NIF) nebuvo matuotas, vis tiek įmanoma titruoti ĮRT intensyvumą bandymo ir klaidos metodu, pradedant sąlyginai žemu intensyvumu (9–15 cmH<sub>2</sub>O) ir didinant intensyvumą iki tol, kol pacientas gali pakvėpuoti tik šešis kartus kiekvieno ciklo metu. Šiuo atveju pirma ĮRT bus labai varginanti ir greičiausiai sunaudos visą paciento energiją, kol bus nutitruotas tinkamas intensyvumas.

Stiprėjant paciento jėgai, treniruotės intensyvumas taip pat turėtų didėti siekiant tolesnio treniravimo. Krūvis turėtų būti didinamas 1–2 cmH<sub>2</sub>O, kas 1–2 dienas. Jei pacientui atsiranda komplikacijų, tokių kaip su ventiliacija susijusi pneumonija, padidėja sekreto kiekis, gali prireikti sumažinti treniruotės intensyvumą arba iš viso nutraukti, o atnaujinti išgydžius komplikaciją, tuomet, kai pacientas vėl atitinka gydymo kriterijus.

**Problemos.** Nenuostabu, kad ĮRT gali būti sudėtingas ypač silpniems pacientams, dažniausiai tiems, kurių MIP <18 cmH<sub>2</sub>O. Šiai pacientų grupei komercinius slenkstinius prietaisus yra ne tik sunku, bet kartais neįmanoma naudoti, nes netgi nustačius mažiausią galimą pasipriešinimo slenkstį, pacientai nepajėgus jo pasiekti. Šiems pacientams galima skirti kvėpavimą per lankstų jungties vamzdelį be prietaiso, prijungtą prie tracheostomos arba endotrachėjinio vamzdelio, taip gaunant tik lengvą pasipriešinimą. Įveikus šią treniruotę, toliau pacientas kvėpuoja per ĮRT su mažiausiu pasipriešinimu, kelis kartus per dieną didinant įkvėpimų skaičių iki pasiekiamas reikalingas intensyvumas.

ĮRT laikas yra labai svarbus, ypač kalbant apie atjungimą nuo DPV. Pastebėta, jog pacientams, kuriems atliekamas spontaninio kvėpavimo testas (SKT), ĮRT geriau atlikti per ventiliacijos skyrimo laiką arba SKT pabaigoje, kad pacientas galėtų grįžti prie ventiliacijos poilsui po penkių kvėpavimų. Yra ypač svarbu, jog, esant išleistai manžetei SKT metu, ji būtų pripūsta atliekant ĮRT tam, kad nebūtų oro nuosruvio ir būtų tiksliai žinomas treniruotės intensyvumas. Jei tracheostomuotas pacientas naudoja kalbos vožtuvą, jis turi būti pašalintas, tracheostominio vamzdelio vidinė dalis turi būti pakeista vientisu vamzdeliu, taip pat manžetė turi būti išpūsta, kad būtų tikslūs treniravimo rezultatai.

Kitas iššūkis, skiriant ĮRT, yra derinimas su reabilitacija. Jei pacientui atliekama viso kūno reabilitacija, rekomenduojama ĮRT atlikti kuo anksčiau, kad pacientas pailsėtų prieš kitą procedūrą. Jei pacientui atliekama reabilitacija, po jos jis gali jaustis išsekęs, nesusikontcentravęs optimaliam ĮRT. Kartais, jei ĮRT naudojamas sistemoje su drėkintuvu, drėgmės gali patekti į prietaisą ir jis gali užstrigti. Šiuo atveju ĮRT turi būti pakeistas.

Remiantis saugumo rekomendacijomis, ĮRT turi būti nutrauktas atsiradus bent vienai iš šių būklių: kraujo spaudimo pokyčiai > arba < 20 proc. ramybės būklėje, naujai atsiradusios aritmijos, desatūracija >10 proc., plaučių arterijos spaudimas (sistolinis) >60 mmHg, įtariamas pneumotoraksas, sujaudinimas, kai yra įrangos sugadinimo rizika arba reikalingas didesnis slopinimas. Tačiau studijos rodo, jog šios būklės ypač retos, jei pacientai buvo atrinkti pagal anksčiau minėtus kriterijus.

### **Spontaniškai kvėpuojantys ligoniai.**

**Ligonių atranka.** Atjunkytiems nuo DPV ir spontaniškai kvėpuojantiems pacientams ĮRT gali būti pradėtas skirti, kai jie dar buvo priklausomi nuo DPV arba DPV metu nebuvo galima atlikti ĮRT. Kai kuriuose tyrimuose >80 proc. nuo ventiliacijos priklausomų pacientų negali dalyvauti ĮRT dėl įvairių prie-

žasčių, dažniausiai sąmonės sutrikimo arba delyro. Nepaisant to, daugumai sėkmingai atjunkytų pacientų yra liekamasis įkvėpimo raumenų silpnumas, pasireiškiantis dusuliu ramybės būklėje ar fizinio krūvio metu. Dažniausiai tai pasireiškia pacientams, kuriems DPV buvo skirta  $\geq 7$  dienų ir kuriems pasireiškė galūnių silpnumas. Neseniai atliktas tyrimas parodė, jog per dvi savaites ĮRT pagerino ne tik įkvėpimo raumenų jėgą, bet ir gyvenimo kokybę.

Tiek nuo ventilacijos priklausomi, tiek spontaniškai kvėpuojantys pacientai, turi būti sąmoningi ir bendradarbiaujantys bei kliniškai stabilūs, nesant skausmo arba dusulio atliekant ĮRT. Kadangi ĮRT atliekama naudojant burnos kandiklį, pacientai taip pat turėtų gebėti sandariai suspausti lūpas, todėl pacientai, turintys bulbarinių simptomų arba apdegimų lūpų srityje, negali atlikti ĮRT. Taip pat ĮRT neturėtų būti skiriama esant didelei pneumotorakso rizikai arba spontaniniams šonkaulių lūžiams bei 12 mėn. laikotarpiu patyrusiems plaučių operaciją dėl didelio intratorakalinio slėgio treniruotės metu.

Įranga. Aukščiau aprašyta įranga turėtų būti naudojama ir šiai pacientų kategorijai, papildomai reikalingas burnos kandiklis ir nosies spaustukas. Taip pat pradinis įkvėpimo raumenų pajėgumo įvertinimas turėtų būti atliekamas matuojant MIP, tik šiuo atveju pacientai įkvėpiant per burną.

**Treniruotės parametrai.** Ši pacientų kategorija taip pat turėtų treniruotis mažiausiai 50 proc. MIP intensyvumu, po šešis įkvėpimus penkis kartus per dieną (ilsintis savaitgaliais). Krūvis turi būti toks, kad pacientas galėtų įkvėpti tik šešis kartus. Jei negalima išmatuoti MIP, krūvis didinamas iki tol, kol pacientas gali įkvėpti tik šešis kartus iš eilės.

Treniruojantis krūvis turėtų būti didinamas 1–2  $\text{cmH}_2\text{O}$  kas keletą dienų. ĮRT tęsti bent dvi savaites norint pasiekti geresnę gyvenimo kokybę. Rekomenduojama tęsti treniravimą, kol pasiekiamas adekvatus MIP pa-

gal amžių ir lytį (vyrų – 120-(0,41 x amžius); moterų – 108-(0,61 x amžius)). Jei pacientas serga lėtinėmis plaučių ligomis, reikalingas ilgesnis treniruotės laikas (6–8 savaitės) norint pasiekti optimalų rezultatą, be to, turėtų būti tęsiamas ir išvykus iš ITS.

**Problemos.** Pacientai, kuriems ĮRT skiriamas kelias savaites, gali pasiekti prietaiso maksimalų pasipriešinimą (pvz., 41  $\text{cmH}_2\text{O}$ ). Dažniausiai tai sudaro 50 proc. normalios MIP reikšmės. Šioje situacijoje greičiausiai pacientas grįžo į savo pradinę įkvėpimo raumenų jėgą. Yra prietaisų, kurie turi aukštesnį pasipriešinimo dydį, tačiau ar tai naudinga, kol kas tokių tyrimų neatlikta.

**Medicinos komandos vaidmuo.** ĮRT sėkmė priklauso nuo medikų komandos vaidmens. Treniruojant reikalinga mažiausia galima paciento sedacija, kurią nustato gydytojai. Taip pat svarbu atpažinti pacientą, kuris negali būti atjunkytas nuo DPV arba buvo neseniai atjunkytas nuo ilgalaikės DPV ir turi būti skiriamas ĮRT.

Medicininis personalas, įvertinęs paciento dienos režimą, turi nuspręsti, kada turi būti skiriamas ĮRT. Slaugytojos turi įvertinti paciento būklę, prireikus, atsiurbti sekretą. Bendradarbiavimas tarp viso medicinos personalo yra ypač svarbus norint pasiekti geriausių rezultatų.

**Apibendrinimas.** Pacientai, kuriems buvo arba yra skiriama DPV, dažnai susiduria su kvėpavimo raumenų silpnumu. Jis gali pasireikšti norint pacientą atjungti nuo DPV arba dusuliu neskiriant jos. Norint palengvinti atjungimo procesą bei išvengti bėdų po jo, pacientams turėtų būti skiriamas ĮRT. Įrodyta, kad, jį atliekant teisingai, ne tik stiprėja kvėpavimo raumenų jėga ir ištvermingumas, bet gerėja ir ilgalaikė gyvenimo kokybė. Vis dėlto dar per mažai atliktų tyrimų, kurie pagrįstų ĮRT poveikį kai kurioms pacientų grupėms, todėl ši sritis turėtų būti tyrinėjama toliau, nes atlikti tyrimai jau įrodė ĮRT naudą.

## Literatūra

1. Bissett B, Leditschke IA, Green M et al. Inspiratory muscle training for intensive care patients: A multidisciplinary practical guide for clinicians. *Aust Crit Care*. 2018. pii: S1036-7314(17)30385-5.
2. Bissett BM, Leditschke IA, Paratz JD, et al. Protocol: inspiratory muscle training for promoting recovery and outcomes in ventilated patients (IMPROVe): a randomised controlled trial *BMJ Open* 2012 ;2: e000813.
3. Hoffman M, Van Hollebeke M, Clerckx B, et al Can inspiratory muscle training improve weaning outcomes in difficult to wean patients? A protocol for a randomised controlled trial (IMweanT study) *BMJ Open* 2018; 8:e 021091.
4. Lumb, A. B. Pre-operative respiratory optimisation: an expert review. *Anaesthesia*, 2019; 74: 43–48.