

Spiromeetria teostamise nõuded

Enim levinud meetod hingamisteede obstruktsiooni hindamiseks on forsseeritud spiromeetria. Uuringu tulemus esitatakse graafiliselt voolu-mahu linguna. Lisaks sellele on võimalik määrata mitmeid arvulisi parameetreid, kõige olulisemad neist on FEV 1 ja FVC:

- 1) **forsseeritud ekspiratoorne sekundimaht (FEV 1)** on õhu hulk, mida suudetakse pärast maksimaalset sissehingamist forsseeritult ühe sekundi jooksul välja hingata;
- 2) **forsseeritud ekspiratoorne vitaalkapatsiteet (FVC)** on suurim õhu hulk, mida suudetakse pärast maksimaalset sissehingamist forsseeritult välja hingata.

Väga oluline näitaja on kahe viimase näitaja suhe (**FEV1/FVC**), mille vähenemise alusel toimubki hingamisteede obstruktsiooni diagnoosimine.

Uuringu käigus mõõdetud väärtusi on võimalik võrrelda norm- ehk referentsväärtustega. Praegu on maailma suurimad kopsuarstide seltsid kokku leppinud, et parimateks tuleb lugeda GLI (ingl „Global Lung Function Initiative“) normväärtusi (153). Oluline on eri parameetreid hinnata ka ajalises dünaamikas.

Spirograafia tegemine peab vastama rahvusvahelistele standarditele. Alates 2005. aastast on kasutusel olnud ATS-i ja ERS-i välja antud standardid (154), mida on uuendatud 2019. aasta lõpus (155). Mõlemas standardis rõhutatakse spiromeetria tegijate koolitamise olulisust.

Spirograafia esitatavad tehnilised nõuded

Nõuded spirograafidele on 2019. aasta standardis läinud rangemaks, aga kõigi nende muutuste sisestamine aparatuuri võib võtta aega. Seepärast kehtivad ilmselt tegelikkuses lähiajal veel 2005. aasta nõuded.

Kõik spirograafid peavad vastama standardile ISO 26782 (156). Ei ole eraldi skriining- või monitooringspirograafe, millele esitatavad nõuded oleksid teistsugused. Kui osa nõuetest ei ole mingil põhjusel täidetud, peab see olema aparaaadi spetsifikatsioonis selgelt kirjas. Aparaaadi tarvitaja vastutab selle eest, et töö käigus mõõtmistäpsus säiliks.

Spirograafia peab saama mõõta kuni kaheksaliitrist mahtu $\pm 2,5\%$ või $\pm 0,050$ L (olenevalt sellest, kumb ruumala on suurem) vooluväärtuste vahemikus 0–14 L/s. Mahtu peab olema võimalik registreerida vähemalt 15 s järjest. Aparaaadi kogutakistus koos kõigi kasutatavate torude, filtrite, klappide ja otsikutega peab voolukiirusel 14 L/s olema väiksem kui 1,5 cm H₂O/L·s. Sõltuvalt spirograafi tehnilisest lahendusest võib takistus väljahingatava õhu kondensaadi tõttu muutuda. Spirograafi mõõtmistäpsus peab säilima vähemalt kaheksa puhumise jooksul, mis mahuvad kümne minuti sisse.

Katse kvaliteedi kontrolliks on vajalikud nii voolu ja mahu kui ka mahu ja aja kõverad, mida peab olema võimalik ekraanilt vaadata pärast igat puhumist. Voolu ja mahu graafikul peab voolu ja mahu suhe olema 2:1. Kõigi katsete kõveraid peab olema võimalik vaadelda kohakuti asetatuna ja eristada katsete järjestuse järgi. Voolu ja mahu kõver kajastab paremini väljahingamise alguse kvaliteeti, mahu ja aja kõver aga väljahingamise lõppfaasi. Mahu ja aja kõveral peab olema nähtav vähemalt 0,25 s (soovitavalt 1 s enne forsseeritud väljahingamise algust), et oleks võimalik hinnata pingutust forsseeritud väljahingamise alguses tagasi ekstrapoleeritud mahu kaudu.

Aparatuuri kvaliteedikontroll

Spirograafi mõõtmistäpsust peab pidevalt kontrollima, sest tahame olla kindlad, et aparaaadi mõõdetud kopsumahu näit oleks selle tegelikule väärtusele võimalikult lähedal. Aparaaadi kalibratsioon ja kalibratsioonikontroll on eri asjad. Kalibratsioon tähendab, et spirograafi saab korrigeerida nii, et see loeks etteantud mahu kolm liitrit täpselt kolmeks liitriks. Kalibratsioonikontrolliga hinnatakse, kas aparaat loeb etteantud kolmeliitri mahu lubatud vea $\pm 2,5\%$ piiresse.

Mahukalibratsiooni kontroll tuleb teostada kolmeliitri kalibratsioonistlaga iga päev või sagedamini, juhul kui see on tootja poolt ette nähtud. Tuleb teha vähemalt kolm katset eri voolukiirustega. Kolmeliitri süstla korral peab kõige aeglasem süstla tühjendamine kestma 6 sekundit ja kõige kiirem 0,5 sekundit. Kui kalibratsioonikontrolli tulemusel selgub, et lubatud mõõtmisviga ületatakse, tuleb sõltuvalt aparatuurist teha kalibratsioon või viia aparaat hooldusesse. Kalibratsioonikontrolli tuleb korrata, kui keskkonningimused (nt toatemperatuur) muutuvad. Uued keskkonningimused tuleb enne aparaaati sisestada.

Kalibratsiooniks kasutatavat süstalt tuleb omakorda tootja ettekirjutustest lähtudes kalibreerida. Süstla leket tuleb kontrollida kord kuus. Selleks tuleb üritada süstalt vastu suletud ava vähemalt kahe erineva mahu juures tühjendada. Spirograafi kalibratsiooni kontrollimisel tuleb arvestada ka süstla lubatud viga. Kalibratsioonisüstla täpsus peab olema $\pm 0,015$ L. Kalibratsioonisüstalt tuleks hoida spirograafiga samadel ruumitingimustel, kindlasti mitte otsese päikesevalguse käes ega küttekeha või külmkapi läheduses.

Spirograafi kvaliteedikontrolli miinimum:

- 1) kalibratsioonitulemuste logi säilitamine;
- 2) aparatuuri paranduste ja muudatuste dokumenteerimine;
- 3) arvuti riist- ja tarkvarauuenduste kuupäevaline registreerimine;
- 4) aparatuuri muutmisel ja ümberpaigutamisel tuleb teha kõik kvaliteedikontrolli protseduurid.

Spirograafilise uuringu teostamine peab vastama ka infektsioonikontrolli nõuetele, et vältida infektsioonide ülekandumist nii patsiendile kui ka uuringut tegevale personalile.

Vastunäidustused spiromeetria teostamiseks

Forsseeritud väljahingamise testi tegemine võib mõnele patsiendile olla füüsiliselt üsna raske. Kui testi tegemine on mingil põhjusel patsiendile ebameeldiv ja see võib uuringutulemusi mõjutada, siis oleks parem test edasi lükata. Suhtelised vastunäidustused spirograafia teostamiseks võib summeerida järgnevalt (155):

- seoses müokardi koormuse tõusu ja vererõhumuutusega
 - üks nädal pärast müokardi infarkti
 - süsteemne hüpotensioon või kontrollimata hüpertensioon
 - kliiniliselt oluline arütmia
 - dekompenseeritud südamepuudulikkus
 - kontrollimata pulmonaalne hüpertensioon
 - äge parema südamepoole puudulikkus
 - kliiniliselt ebastabiilne kopsuarteri emboolia
 - anamneesis forsseeritud väljahingamisel või köhimisel tekkinud minestamine.
- seoses intrakraniaalse või intraokulaarse rõhu tõusuga
 - aju aneurüsm
 - neli nädalat pärast ajuoperatsiooni
 - hiljutine ajupõrutus püsivate sümptomitega
 - üks nädal pärast silmaoperatsiooni
- seoses rõhu tõusuga nina kõrvalkoobastes ja keskkõrvas
 - üks nädal pärast siinuste- või keskkõrvaoperatsiooni
- seoses intratorakaalse ja intraabdominaalse rõhu tõusuga
 - pneumotooraksi korral
 - neli nädalat pärast rindkereoperatsiooni
 - neli nädalat pärast kõhuõõneoperatsiooni
 - raseduse hilisfaasis
- seoses infektsiooni kontrolliga
 - ägeda nakkusohtrliku infektsiooni või selle kahtluse korral kaasnevate seisundite korral, mis võivad soodustada infektsiooni levikut (verikõha, rohke sekreedi eritus, suu limaskesta vigastused või veritsus)

Ettevalmistus spiromeetriaks:

- patsient ei tohiks olla suitsetanud ühe tunni vältel enne uuringut
- patsient ei tohiks olla tarvitanud alkoholi või narkootilisi aineid kaheksa tundi enne uuringut
- vähemalt tunni vältel enne uuringut ei tohi olla kogunud olulist füüsilist koormust
- uuritav ei tohi kanda riideid, mis takistavad sügaval hingamisel rindkere või kõhu liikuvust
- tarvitanud bronhilõõgasteid nende toimeaja vältel kui uuringu eesmärgiks on hinnata obstruktsiooni olemasolu

Enne uuringut peab uuringuõde:

- 1) kontrollima spirograafi kalibratsiooni;
- 2) seletama patsiendile testi olemust;
- 3) küsima patsiendilt suitsetamise, hiljutiste haiguste ja tarvitavate ravimite kohta;
- 4) mõõtma pikkuse ja kaalu ning sisestama need väärtused spirograafi;
- 5) instrueerima patsienti: istuda tuleb sirge seljaga lõug veidi ülespoole, sissehingamine peab olema kiire ja lõpuni, aga mitte forsseeritud, huulikut tuleb haarata nii huulte kui hammastega, väljahingamine peab olema maksimaalse jõuga ja lõpuni, kuni õde ütleb, et tuleb hoogsalt ja sügavalt sisse hingata.

Uuringu läbiviimine

Kui patsient istub õiges asendis ja ninaklemm on paigaldatud, järgneb forsseeritud hingamise test. Olenevalt spirograafi tüübist või valitud mõõtmisprotokollist saab katset teha kahte moodi.

1. Patsient ühendatakse hingama huuliku kaudu, ta teeb paar rahulikku hingamist ja seejärel hingab sügavalt sisse, forsseeritult välja ning forsseeritult sisse.
2. Patsient hingab ilma huulikuta sügavalt sisse, seejärel paneb huuliku suhu ja hingab forsseeritult välja.

Mõlema variandi korral tuleb tähelepanu pöörata järgnevale:

- pärast kiiret maksimaalse sügavusega sissehingamist peaks paus totaalkapatsiteedi (TLC) tasemel olema alla kahe sekundi. Nii pikem paus TLC-tasandil kui ka kiire sissehingamise asemel aeglane sissehingamine võivad vähendada FVC-väärtust;
- maksimaalne forsseeritud väljahingamine peab olema plahvatuslikult järsu algusega ja kestma kuni kops on täiesti tühjaks hingatud. Patsiendi vertikaalne kehaasend peab seejuures säilima. Väljahingamise jooksul tuleb uuritavat kindlasti ergutada, näiteks sõnadega „veel, veel“ või „lõpuni, lõpuni“. Uuringuõde peab korraga suutma jälgida nii graafikut ekraanil kui ka patsienti, et oleks tagatud maksimaalne tulemus. Pikk forsseeritud väljahingamine vähendab vere venooset rindkeresse naasmist, südame löögimaht väheneb ja tulemuseks võib olla minestamine. Seetõttu tuleb patsienti tähelepanelikult jälgida. Kui patsiendil hakkab pea ringi käima, tuleb uuring katkestada ja lasta patsiendil veidi puhata.

Forsseeritud hingamise testi tegemisel peab uuringuõde otsustama, kas iga üksikkatse oli kvaliteetne ja sobiv. Forsseeritud väljahingamise manöövrit tuleb korrata vähemalt kolm korda, kuid mitte üle kaheksa korra. Kui voolu-mahu lingud tulevad hea korratavusega, siis võime eeldada, et patsient pingutas maksimaalselt. Submaksimaalse pingutusega on väga raske tekitada täpselt samasuguseid kõveraid.

Katse sobivuse ja korratavuse kriteeriumid (ingl *criteria for acceptability and reproducibility*) on täpselt sõnastatud ERS-i ja ATS-i 2005. aasta standardites (154).

1. Sobivuse kriteeriumid

1.1. Testi alguse kriteeriumid:

- V_{be} on $< 5\%$ FVC-st või $< 0,15$ l (olenevalt sellest, kumb ruumala on suurem)

1.2. Testi lõpu kriteeriumid:

- FET > 6 s
- patsiendi väsimine või platoo mahu ja aja kõveral

1.3. Testi ajal ei tohi esineda segavaid faktoreid (nt kõha, õhu leke suu ja huuliku vahel, huuliku sulgemine keelega)

2. Korratavuse kriteeriumid (kahe parima lingu erinevus)

- $\Delta FVC < 150$ ml ja $\Delta FEV_1 < 150$ ml

Lühendid: V_{be} – tagasiekstrapoleeritud ruumala; FVC – forsseeritud vitaalkapatsiteet; FET – forsseeritud väljahingamise aeg; FEV_1 – forsseeritud ekspiratoorne sekundimaht

2019. aasta standardites on sobivuse ja korratavuse kriteeriume veidi muudetud. Näiteks on rangemaks tehtud tagasiekstrapoleerimise mahu kriteeriumit (uus nõue: V_{be} on $< 5\%$ FVC-st või $< 0,10$ l olenevalt sellest, kumb on suurem) ja muudetud on testi lõpu kriteeriume. Kuna spirograafidele on sageli sisse programmeeritud graafilised teavitused väljahingamise lõpu hindamiseks, siis 2019. aasta standarditele vastavaks muutmiseks läheb ilmselt natuke aega.

Uuringutulemuste hindamine

Kui uuring on lõpetatud ja patsiendi FEV1 ja FVC arvulised väärtused on teada, siis peab neid võrdlema normväärtustega. Tänapäeva spirograafides on kogu analüüs automaatne, kusjuures saab aparadi kasutaja valida, milliseid normväärtusi ja võrdlemismeetodit kasutada.

Viimasel ajal peetakse erinevuste hindamisel parimaks variandiks leida standardiseeritud jääk ehk Z-skoor. Z-skoor on dimensioonita suurus, mis näitab, kui kaugel on tegelik väärtus normväärtusest ja võimaldab leida sellise väärtuse esinemise tõenäosust tervete inimeste populatsioonis. Näiteks näitab Z-skoor väärtusega null, et tegelik väärtus on võrdne normväärtusega, Z-skoor väärtusega $-1,64$ näitab, et tegelik väärtus asub 5-protsentiilil, mida sageli loetakse normi alumiseks piiriks (ingl *lower limit of normal*, LLN). Z-skoor soovitatakse esitada ka graafilisel kujul. Paljudes uuemates spirograafides on see võimalus olemas ja teeb Z-skoori järgi otsuste tegemise palju lihtsamaks.