

Forsseeritud hingamise voolu-mahu lingu registreerimine eelkooliealistel lastel

Jana Kivastik, Peet-Henn Kingisepp – TÜ füsioloogia instituut

hingamisuuringud, voolu-mahu ling, lapsed, normväärtused, astma

Kõige enam hinnatakse välise hingamise funktsionaalset seisundit forsseeritud väljahingamise testi abil. Viimasel ajal soovitatakse seda teha juba lastel alates 3.–4. eluaastast, arvestades siiski mõningaid erinevusi tavauuringust täiskasvanul või suuremal lapsel. Käesolevas ülevaates on esitatud kokkuvõtte eelkooliealiste laste uurimise probleemidest, kirjeldatud uuringu ettevalmistust ja sooritamist, antud nõuandeid testi sobivuse hindamiseks ning esitatud viimastel aastatel avaldatud eelkooliealiste laste kopsuruumalade ja õhuvoolude normväärtuste arvutamise valemid. Loodetavasti julgustab see artikkel arste neid uuringuid sagedamini ette võtma ja otsima objektiivset hinnangut eelkooliealiste laste hingamis-süsteemi seisundile.

Hingamisteede haiguste sagedane esinemine lapseasja tingib vajaduse hingamis-süsteemi funktsionaalset seisundit objektiivselt hinnata. Viimastel aastakümnetel on tekkinud mitmeid uusi võimalusi kopsude seisundi uurimiseks alates imikueast. Need uuringud on väga aeganõudvad ja kulukad, enamasti teostatavad 1. ja 2. eluaastal, lapse une ajal ja ainult spetsialiseerunud keskustes (1, 2). Alates 3. eluaastast kasutatavad meetodid muutuvad. Hingamisteede takistuse mõõtmise võimalustest, kus lapse aktiivne osavõtt ei ole vajalik, on kirjutatud Eesti Arsti veergudel varem (3).

Kõige enam kasutatakse välise hingamise funktsionaalse seisundi hindamiseks forsseeritud väljahingamise testi. Kuna selles peab laps aktiivselt osalema, tehakse seda tavaliselt üle 6–7aastastel lastel (4, 5). Viimasel ajal on ilmunud mitmeid artikleid forsseeritud hingamise testi tegemisest juba alates 3. eluaastast, tuues välja ka erinevused tavauuringust täiskasvanul või suuremal lapsel (6–10). Selles ülevaates esitame kokkuvõtte eelkooliealiste laste uuringutel esinevatest probleemidest.

1. Enne uuringut

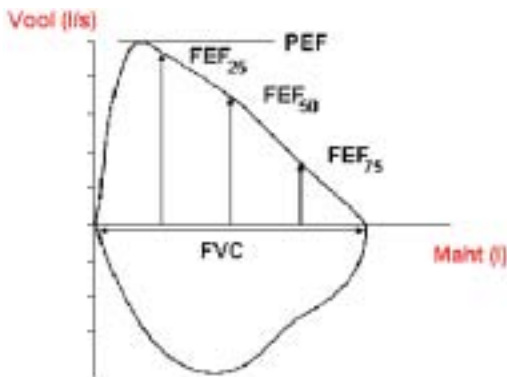
Raske on välja tuua kindlat vanusepiiri, millal tasuks lapsel forsseeritud hingamise testi proovida. Enamasti otsustab selle arst esmasel läbivaatusel, nii võib mõni 3aastane olla selle testi sooritamiseks

sobiv, kuna saab hästi aru palvest muuta oma hingamise sügavust juba kuulatluse ajal, samal ajal võib mõni teine, isegi 6–7aastane laps olla raskemini juhendatav. Isegi kui esimesel katsel ei saada usaldusväärseid tulemusi, võib seda võtta kui ettevalmistust järgmisteks kordadeks, sest paljudel hingamiskaebustega lastel on tulevikus vaja hingamisuuringuid korduvalt teha.

Olenevalt meditsiinikorraldusest riigis võib laste hingamisuuringuid teha kas põhiliselt täiskasvanutele mõeldud laboris või siis spetsiaalses lastele ettenähtud keskus. Mõlemal juhul peaks olema tagatud aparatuuri sobivus väikestele lastele, näiteks torude väike surnud ruum ja takistus, sobiv huulik, tarkvara laste normidega ning spetsiaalsete lastele mõeldud lisadega (täpsemalt allpool).

Kuna hingamisuuringute õnnestumisel on väga oluline roll ka uuringu tegijal, siis peab lastega tegeleja olema sõbraliku suhtumise ja kannatliku meelega. Lapse esmakordsel kokkupuutel spirograafiaga on oluline varuda rohkem aega kui tavauuringuks täiskasvanud patsiendiga ja kasutada tegevuse selgitamiseks lastele arusaadavat sõnavara. Koolieeliku uurimisel ei ole õnnestumise kriteeriumiks mitte ainult usaldusväärsete tulemuste saamine, vaid ka lapse soov järgmine kord uuesti tulla (2).

Kuna mõõdetud suurusid peab võrdlema normväärtustega, mis arvutatakse tavaliselt lapse pik-



Joonis 1. Voolu-mahu ling: FVC – forsseeritud vitaalkapatsiteet; PEF – ekspiratoorne tippvool; FEF_{25} , FEF_{50} ja FEF_{75} – forsseeritud ekspiratoorsed voolud, kui välja on hingatud vastavalt 25, 50 ja 75% FVCst.

kuse alusel, on väga oluline enne hingamisuuringu mõõta lapse kehapikkus, mitte leppida vanema poolt pakutud pikkusega.

2. Uuringu teostamine

Forsseeritud hingamise testi ajal peaks laps istuma või seisma ning hoidma kogu uuringu aja selga sirgelt. Tuleb jälgida, et aparadi kõrgus oleks sobiv, et lapse kael ei oleks liigselt painutatud ega sirutatud. Soovitav on kasutada ninaklemmi, aga juhul kui laps pole sellega nõus, võib forsseeritud hingamise testi teha ka ilma selleta. Kindlasti peab lapsele selgitama ja ette näitama, milliseid hingamisliigutusi temalt oodatakse. Kuna enamasti huvitavad arsti rohkem forsseeritud väljahingamisel saadavad suurused, võib esialgu piirduda ainult selle kõvera registreerimisega, sest on leitud, et väikesel lapsel on väga raske ühe uuringuga mõlemas hingamise faasis saada maksimaalseid

voolu väärtusi. Juhul kui kahtlustatakse ülemiste hingamisteede ahenemist, võib registreerida ainult sissehingamise kõvera.

Uuemates spiroanalüsaatorites on laste uurimiseks spetsiaalsed animeeritud abiprogrammid (*incentives*), mis last testi sooritamisel aitavad, näiteks peab laps õhupalli täis puhuma, seda kõrgele taevasse lennutama või siis järsu puhumisega kustutama küünlad sünnipäevatordil. Erinevad programmid on ette nähtud erinevate väljahingamisetappide stimuleerimiseks (vt testi alguse ja testi lõpu kriteeriumid allpool), nii saab näiteks sünnipäevatordigiga programmis järjest suuremaks panna ekspiratoorse tippvoolu (PEF) väärtuse, mille saavutamisel küünlad kustuvad. Ainult selle programmi kasutamine võib aga viia olukorrani, kus lapsed saavutavad küll suuremaid PEF väärtusi, kuid seevastu jääb väljahingamine lühikeseks ja see omakorda mõjutab forsseeritud vitaalkapatsiteedist (FVC) sõltuvaid õhuvoolude hetkväärtusi (vt jn 1) (11–12). Enamasti ollakse ühel meelel selles, et need programmid on vajalikud esimesel kokkupuutel spirograafiaga, kui laps on aga juba korduvalt sama testi teinud, siis saadakse paremad tulemused ilma animatsiooniprogrammideta (10, 12).

3. Lingude sobivus ja korratavus

Forsseeritud hingamise voolu-mahu lingu registreerimisel peab uuringu tegija otsustama, kas katse oli kvaliteetne, kas see oli sooritatud maksimaalse pingutusega või mitte. Esmalt hinnatakse lingu kvaliteeti alati visuaalselt: väljahingamise kõver peaks algama voolu järsu suurenemisega ja olema suhteliselt terava tipuga, mille järel voolu väärtus

Tabel 1. Sobivuse ja korratavuse kriteeriumid rahvusvaheliste standardite järgi (15)

1. Sobivuse kriteeriumid

1.1. Testi alguse kriteeriumid:

V_{be} on <5% FVCst või < 0,15 l, olenevalt kumb ruumala on suurem.

1.2. Testi lõpu kriteeriumid:

FET > 6 s;

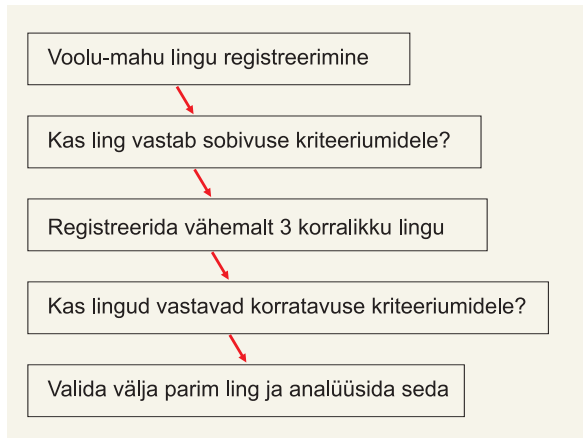
patsiendi väsimine või platoo mahu/aja kõveral.

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

2. Korratavuse kriteeriumid (kahe parima lingu vaheline erinevus)

ΔFVC <150 ml ja ΔFEV_1 <150 ml

V_{be} – tagasiextrapoleeritud ruumala, FVC – forsseeritud vitaalkapatsiteet, FET – forsseeritud väljahingamise aeg, FEV₁ – forsseeritud ekspiratoorne sekundimaht.



Joonis 2. Sobivuse ja korratavuse kriteeriumide kasutamise skeem (15).

sujvalt väheneb (vt jn 1). Need katse sobivuse ja korratavuse kriteeriumid (*criteria for acceptability and reproducibility*) on täpselt sõnastatud kahe selle valdkonna juhtiva erialaseltsi – *European Respiratory Society* (ERS) ja *American Thoracic Society* (ATS) – standardites (13, 14). Äsja ilmunud ühispublikatsioonis on mõnes siiani Euroopas ja Ameerikas erinevalt lahendatud küsimuses kokkuleppeni jõutud (15). Kokkuvõtte nendest nõuetest ja nende kasutamisest on esitatud tabelis 1 ja joonisel 2.

Sageli kinnitatakse, et alates umbes 5. eluaastast saavad paljud lapsed voolu-mahu lingu registreerimiseks vajaliku hingamisega hakkama; kui aga hakatakse analüüsima täpsemalt kõiki sobivuse ja korratavuse kriteeriume, siis laste forsseeritud hingamise uuringu teostamine sageli ikka kõigile nõuetele ei vasta.

3.1. Testi algus

Arets ja kaasautorid näitasid, et >90% 5–19aastastest lastest olid võimelised sooritama forsseeritud väljahingamise testi, mille alguse uuringu tegija tunnistas sobivaks (9). Seega, kui kõveral on näha voolu järsk tõus ja terav tipuosa, täidab see katse enamasti testi alguse sobivuse kriteeriumi (tagasiekstrapoleeritud maht (V_{be}) on väiksem kui 5% FVCst). Kuna aga laste FVC on väga väike, soovitatakse eelkooliealistel lastel kasutada V_{be} absoluutset väärtust, mitte suhet V_{be}/FVC (9, 10).

3.2. Testi lõpp

Väiksemad lapsed suudavad väga harva forsseeritud välja hingata nii, et selle kestus (FET) ületaks 6 s. Väikese kopsuruumala tõttu on nende väljahingamine lühiajaline, väljahingamise kestuse ja lapse vanuse vahel esineb positiivne korrelatsioon, s.t mida vanemaks laps saab, seda kauem kestab forsseeritud väljahingamine, kuid 6 sekundini ei jõua see isegi paljudel teismelistel. Testi lõpu kriteeriumiks on toodud ka platoo spirogrammil, s.t et väljahingatud maht muutub vähem kui 25 ml/s. Eelmistes ATS standardites oli lastel lubatud lühem FET, aga ei antud ette kindlat aega (14). Arets jt soovitasid üle 8aastastel lastel püüda saavutada FET väärtuseks vähemalt 2 sekundit, alla 8aastastel vähemalt 1 sekund (9). Uues ERS ja ATS ühispublikatsioonis pakutakse alla 10aastastele lastele väljahingamise kestuse kriteeriumiks vähemalt 3 sekundit (15). Aurora jt töös analüüsiiti vähemalt 2 forsseeritud väljahingamist ja leiti, et väljahingamine oli pikem kui 1 sekund 41%-l alla 4aastastest, 72%-l 4aastastest ja 80%-l 5aastastest (10). Väiksemad lapsed on mõnikord võimelised kogu FVC isegi vähem kui 1 sekundi jooksul välja hingama, seetõttu on juba ammu juttu $FEV_{0,5}$ või $FEV_{0,75}$ (forsseeritud ekspiratoorne poole- või kolmveerand-sekundimaht) kasutusele võtmisest (6, 7). Kuna viimasel ajal lubavad hingamisanalüsaatorid kergemini valida, milliseid suurusi registreeritakse, ja on olemas ka

normväärtused FEV_{0,5} jaoks (16), tuleks selle näitaja sobivust väiksemate laste hingamisfunktsiooni hindamisel veel täpsemalt uurida.

3.3. Lingude korratavus

ERS nõue kahe parima lingu vaheliseks erinevuseks oli nii FVC kui forsseeritud ekspiratoorse sekundi-mahu (FEV₁) jaoks kas <5% vastavast mahust või <100 ml, olenevalt sellest, kumb ruumala on suurem (13). Eelmine ATS juhend nõudis erinevust <200 ml (14), uues ühispublikatsioonis on kokku lepitud <150 ml erinevuse suhtes (15). Kuna laste FEV₁ on väga väike ja seetõttu absoluutne erinevus 100 ml alati suurem kui 5% FEV₁-st, on Aurora jt soovitanud eelkooliealistel lastel kasutusele võtta kriteeriumi <10% või <100 ml (10). Väikese lapse uurimisel peab valmis olema ka selleks, et 3 sarnase lingu saamiseks võib kuluda tunduvalt rohkem katseid kui täiskasvanul (viimati mainitud töös oli mõnel lapsel registreeritud kuni 22 lingu, mis tavaolukorras ei ole muidugi võimalik). Kordus-uringutega on näidatud, et igal järgneval uringul väikeste laste edukus sarnaste lingude saamisel paraneb (6, 7).

Kõik viimaste aastate soovitusel on siiski ühe uurimisrühma eelistused, seetõttu rõhutatakse, et võimalikult kiiresti tuleks publitseerida ERS-ATS vastava tööühma rahvusvahelised standardid eelkooliealiste laste spirograafiliste uringute jaoks.

4. Pärast uuringut

Kui voolu-mahu ling on registreeritud, peab saadud tulemusi võrdlema normväärtustega. Normväärtustest lastel ja ka võimalustest tegeliku ja normväärtuse erinevuse hindamiseks on detailsemalt juttu eestikeelses metoodilises juhendis (5). Siin tahaks rõhutada seda, et eelkooliealiste laste uurimisel tuleb olla kindel, et kasutatavad normväärtused oleksid koostatud piisava hulga vastavas vanuses laste andmete põhjal (näiteks 6–18 aastaste koolilaste rühm võis sisaldada ainult üksikuid 6aastasi). Olenevalt aparatuurist võib esineda ka olukordi, kus näiteks 4aastasele lapsele normväärtust ei esitatagi, seega oleks see vaja uurijal endal leida. Viimaste aastate kirjandusest võiks esile tuua 3 tööd, kus on uuritud terveid koolieelikuid ja koostatud nende hingamisfunktsiooni näitajate alusel sellele earühmale normiarvutusvalemid (16–18).

USAs tehtud töö põhjal leiti 307 kolme- kuni kuueaastase lasteai lapse hulgast 259 last, kes vastasid uuringus esitatud terve lapse kriteeriumidele, neist 82,6% (214 last) olid võimelised sooritama esimesel katsel forsseeritud hingamise testi (17). Uuritud laste pikkuse vahemik oli 87 kuni 127 cm. Normide arvutamisel kasutati ainult 184 valge rassi esindaja andmeid, normiarvutusvalemid on ühised nii poiste kui ka tüdrukute jaoks (vt tabel 2).

Nystadi ja kaasautorite töös uuriti Oslo laste-aedade 3–6aastasi lapsi. Uuringupäeval oli

Tabel 2. Peamiste voolu-mahu lingu suuruste normiarvutusvalemid

Lapse sugu	Normiarvutusvalem	Ühik	RSD	Kirjanduse viide
Poiss või tüdruk	$\ln PEF = -10,99 + 2,54 \cdot \ln(H)$	l/s	0,1509	17
Poiss või tüdruk	$\ln FVC = -13,63 + 2,95 \cdot \ln(H)$	l	0,1167	17
Poiss või tüdruk	$\ln FEV_1 = -12,26 + 2,63 \cdot \ln(H)$	l	0,1124	17
Poiss või tüdruk	$\ln FEF_{25-75} = -8,13 + 1,81 \cdot \ln(H)$	l/s	0,2393	17
Tüdruk	$PEF = -3,72 + 0,0589 \cdot H$	l/s	0,50	16
Tüdruk	$FEV_{0,5} = -1,17 + 0,0192 \cdot H$	l	0,14	16
Tüdruk	$FEV_1 = -1,66 + 0,0251 \cdot H$	l	0,17	16
Tüdruk	$FVC = -1,93 + 0,0279 \cdot H$	l	0,19	16
Poiss	$PEF = -4,04 + 0,0620 \cdot H$	l/s	0,49	16
Poiss	$FEV_{0,5} = -1,35 + 0,0210 \cdot H$	l	0,15	16
Poiss	$FEV_1 = -2,11 + 0,0295 \cdot H$	l	0,18	16
Poiss	$FVC = -2,52 + 0,0337 \cdot H$	l	0,20	16
Poiss või tüdruk	$\ln FVC = -12,8765 + 2,76732 \cdot \ln(H)$	l	0,08632	18
Poiss või tüdruk	$\ln FEV_1 = -12,0625 + 2,58448 \cdot \ln(H)$	l	0,07778	18
Poiss või tüdruk	$\ln PEF = -9,57528 + 2,23178 \cdot \ln(H)$	l/s	0,10856	18

H – pikkus (cm), RSD – jääkide standardhälve, PEF – ekspiratoorne tippvool, FVC – forsseeritud vaitaalkapatsiteet, FEV₁ – forsseeritud ekspiratoorne sekundimaht, FEV_{0,5} – forsseeritud ekspiratoorne poolesekundimaht, FEF₂₅₋₇₅ – keskmine forsseeritud ekspiratoorne vool, kui FVCst hingatakse välja maht 25%st kuni 75%ni.

kohal 652 last, neist 630 (97%) olid uuringuga nõus, 603 (92%) lapse tulemusi peeti analüüsiks sobivaks (16). Normiarvutusvalemite koostamisel arvestati kõigi, sealhulgas ka hingamiskaebustega laste tulemusi, sest kaebused ei olnud regressioonanalüüsil oluliseks tunnuseks. Artiklis on nii ainult pikkusest sõltuv lineaarne seos kui ka keerukam normiarvutusvalem, kus argumenttunnusteks on lisaks pikkusele veel ka kaal ja vanus. Meie esitame tabelis 2 ainult lihtsama variandi.

Zapletali grupi uuringus osales 279 tervet Praha last vanuses 3–6 aastat, neist 173 last sai hakkama nõuetele vastava forsseeritud hingamisega (18). Kahjuks pole artiklis esitatud täpseid kriteeriume, mille alusel lingude sobivust hinnati (näiteks kuidas hinnati testi alguse ja lõpu sobivust).

Näiteks on esitatud FEV_1 normi ja 95% usaldusvahemiku leidmine 100 cm pikkuse poisi jaoks kolme valemi alusel.

A. Normväärtuse arvutamine Eigeni jt järgi (17):

$$\ln FEV_1 = -12,26 + 2,63 \cdot \ln(H);$$

seega meie katsealusel $\ln FEV_1 = -12,26 + 2,63 \cdot \ln 100$;

$$\ln FEV_1 = -12,26 + 2,63 \cdot 4,605 = -0,1486;$$

$$FEV_1 = e^{-0,1486} = 2,718^{-0,1486} = 0,86 \text{ liitrit.}$$

Jääkide standardhälbe (RSD) kasutamisel peab arvestama, et see on samuti logaritmilises skaalas, nii saame 95% usaldusvahemiku arvutada:

$$\ln FEV_1 \pm 1,96 \cdot RSD, \text{ seega meie katsealusel } -0,1486 \pm 1,96 \cdot 0,1124;$$

$$2,5 \text{ protsentiili väärtuseks } \ln FEV_1 \text{ jaoks saame } -0,1486 - 0,2203 = -0,3689;$$

$$97,5 \text{ protsentiili väärtuseks } \ln FEV_1 \text{ jaoks saame } -0,1486 + 0,2203 = 0,0717.$$

Leiame vastavad protsentiilid FEV_1 jaoks:

$$2,5 \text{ protsentiili väärtuseks on } e^{-0,3689} = 2,718^{-0,3689} = 0,69 \text{ liitrit,}$$

$$97,5 \text{ protsentiili väärtuseks on } e^{0,0717} = 2,718^{0,0717} = 1,07 \text{ liitrit.}$$

B. Normväärtuse arvutamine Nystadi jt järgi (16):

$$FEV_1 = -2,11 + 0,0295 \cdot H;$$

$$\text{seega meie katsealusel } FEV_1 = -2,11 + 0,0295 \cdot 100 = 0,84 \text{ liitrit.}$$

Jääkide standardhälbe võimaldab arvutada 95% usaldusvahemiku järgmiselt:

$$FEV_1 \pm 1,96 \cdot RSD, \text{ seega meie katsealusel: } 0,84 \pm 1,96 \cdot 0,18.$$

Leiame vastavad protsentiilid FEV_1 jaoks:

$$2,5 \text{ protsentiili väärtuseks on } 0,84 - 0,3528 = 0,49 \text{ liitrit,}$$

$$97,5 \text{ protsentiili väärtuseks on } 0,84 + 0,3528 = 1,19 \text{ liitrit.}$$

C. Normväärtuse arvutamine Zapletali jt järgi (18) (sama arvutuskäik nagu Eigeni järgi):

$$\ln FEV_1 = -12,0625 + 2,58448 \cdot \ln(H);$$

$$\text{seega } \ln FEV_1 = -12,0625 + 2,58448 \cdot 4,605 = -0,1605;$$

$$FEV_1 = e^{-0,1605} = 2,718^{-0,1605} = 0,85 \text{ liitrit.}$$

95% usaldusvahemiku leidmiseks meie katsealusel $-0,1605 \pm 1,96 \cdot 0,07778$;

$$2,5 \text{ protsentiili väärtuseks } \ln FEV_1 \text{ jaoks saame } -0,1605 - 0,1524 = -0,3129;$$

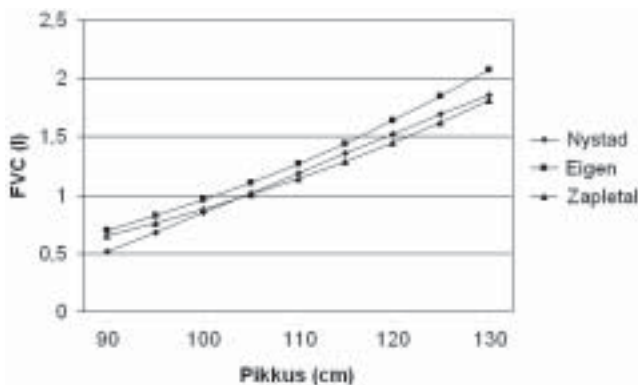
$$97,5 \text{ protsentiili väärtuseks } \ln FEV_1 \text{ jaoks saame } -0,1605 + 0,1524 = -0,0081.$$

Leiame vastavad protsentiilid FEV_1 jaoks:

$$2,5 \text{ protsentiili väärtuseks on } e^{-0,3129} = 2,718^{-0,3129} = 0,73 \text{ liitrit,}$$

$$97,5 \text{ protsentiili väärtuseks on } e^{-0,0081} = 2,718^{-0,0081} = 0,99 \text{ liitrit.}$$

Nagu näha, on FEV_1 normväärtused kolme autori järgi arvutades üsna sarnased, kuid silma hakkab hajuvuse erinevus – Nystadi jt (16) valemid lubavad kõige suuremat kõikumist normist. FVC normväärtused on Eigeni grupil kõige suuremad (vt jn 3), üheks erinevuse põhjuseks arvatakse olevat asjaolu, et Nystad kasutas küünaldega abiprogrammi, mis võis vähendada FET ja sellega ka FVC väärtust (10). Zapletali jt (18) uuringul puudub samuti info väljahingamise kestuste kohta. Erinevusi võib põhjustada ka uurimrühma valik, Nystad jt analüüsisid ka hingamiskaebustega laste andmeid, Eigen jt aga ainult täiesti terveid lapsi. Normide sobivust oleks vaja hinnata erinevates populatsioonides, esimesed sellelaadsed tööd on juba ka ilmunud (10, 19).



**Joonis 3. Kolme uurimisrühma valemite järgi arvatud forsseeritud vital-
kapatsiteedi normväärtused poistele (16–18).**

Kindlasti oleks soovitatav koos arvuliste näitajatega välja trükkida ka sooritatud voolu-mahu lingu graafik. Olenevalt aparatuuri võimalustest peaks püüdma võimalikult informatiivse väljatrüki poole. Sageli see aga nii ei ole, kui automaatselt kasutatakse samu telgi, mis täiskasvanu tulemuse puhul. Optimaalne on trükkida ling võimalikult suurelt, valides voolu ja mahu telgede jaotused suhtes 2 : 1 (s.t et 2 l/s voolu teljel on sama vahemik mis 1 liiter mahu teljel), sellisel juhul saab lingust visuaalselt õige pildi. Kui telgede vahekord on teistsugune, võib tekkida ekslik mulje kas obstruktiivsest või restriktiivsest lingust.

Kokkuvõte

Hingamiskaebustega lastel on väga vaja hingamisteede seisundit objektiivselt hinnata. Sobiva aparatuuri korral soovitame spirograafilisi uuringuid teha juba eelkooliealistel lastel. Isegi kui esimesel korral ei ole kõik katsed rahvusvahelistele standarditele vastavad, annavad nad lapsele võimaluse uuringuga tutvuda ja järgmisel korral vajalikud forsseeritud hingamised juba edukalt läbi teha.

Tänuavaldus

Artikli valmimist on toetanud Eesti Teadusfond (grant nr 5684).

Kirjandus

- Davis SD. Neonatal and pediatric respiratory diagnostics. *Respir Care* 2003;48:367–84.
- Merkus PJFM, de Jonste JC, Stocks J. Respiratory function measurements in infants and children. *Eur Respir Mon* 2005;31:166–94.
- Kivastik J, Kingisepp P-H, Vasar M. Hingamistakistused II. Hingamistakistuse mõõtmine väikelastel Eesti Arst 2005;84:563–7.
- Kingisepp P-H, Lamp J. Välise hingamise parameetrite mõõtmine automaatspiroanalüsaatoriga UT-8911. Eesti Arst 1991;70:334–7.
- Kivastik J, Kingisepp P-H. Laste hingamise funktsionaalsed uuringud. Juhend forsseeritud hingamise voolu-mahu lingu näitajate hindamiseks. Tartu; 1999.
- Kanengiser S, Dozor AJ. Expiratory maneuvers in children aged 3 to 5 years. *Pediatr Pulmonol* 1994;18:144–9.
- Crenesse D, Berloz M, Bourrier T, Albertini M. Spirometry in children aged 3 to 5 years: reliability of forced expiratory maneuvers. *Pediatr Pulmonol* 2001;32:56–61.
- Arets HGM, van der Ent CK. Flow/volume measurements from childhood to adulthood. *Monaldi Arch Chest Dis* 2000;55:348–52.
- Arets HGM, Brackel HJL, van der Ent CK. Forced expiratory manoeuvres in children: do they meet ATS and ERS criteria for spirometry? *Eur Respir J* 2001;18:655–60.
- Aurora P, Stocks J, Oliver C, Saunders C, Castle R, Chaziparasidis G, Bush A, on behalf of the London Cystic Fibrosis Collaboration. Quality control for spirometry in preschool children with and without lung disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2004;169:1152–9.
- Vilozni D, Barker M, Jellouschek H, Heimann G, Blau H. An interactive computer-animated system (SpiroGame) facilitates spirometry in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164:2200–5.
- Gracchi V, Boel M, van der Laag J, van der Ent CK. Spirometry in young children: should computer-

animation programs be used during testing? *Eur Respir J* 2003;21:872–5.

13. Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault J-C. Standardized lung function testing: lung volumes and forced ventilatory flows. 1993 update. *Eur Respir J* 1993;16:14-40.
14. American Thoracic Society. Standardization of spirometry. 1994 update. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152:1107–36.
15. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J* 2005;26:319–38.
16. Nystad W, Samuelson SO, Nafstad P, Edvardsen E, Stensrud T, Jaakkola JJK. Feasibility of measuring

lung function in preschool children. *Thorax* 2002;57:1021–7.

17. Eigen H, Bieler H, Grant D, Christoph K, Terrill D, Heilman DK, et al. Spirometric pulmonary function in healthy preschool children. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:619–23.
18. Zapletal A, Chalupova J. Forced expiratory parameters in healthy preschool children (3–6 years of age). *Pediatr Pulmonol* 2003;35:200–7.
19. Marostica PJC, Weist AD, Eigen H, Angelicchio C, Christoph K, Savage J, et al. Spirometry in 3- to 6-year-old children with cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:67–71.

Summary

Flow-volume measurements in pre-school children

Flow-volume measurement is the most frequently used pulmonary function test in childhood. Recent studies have shown that even pre-school children are often able to perform the maximal effort in breathing required for this test. The conditions and criteria for reliable measurement of flow-volume curves in 3-6 year-old children are reported. We

have also presented the reference values published for this age group, and discussed problems associated with interpreting results. This review will hopefully encourage our children's hospitals to use spirometric testing in pre-school children in both clinical practice and research.

jana.kivastik@ut.ee