



Pregled | Review

Testovi plućne funkcije u predškolskoj dobi

Pulmonary function tests in preschool children

Ivana Maloča Vuljanko^{1,2} , Giorgie Petković¹

¹Dječja bolnica Srebrnjak, Zagreb

²Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Ključne riječi

TESTOVI PLUĆNE FUNKCIJE; PREDŠKOLSKA DOB;
SPIROMetriJA

Keywords

PULMONARY FUNCTION TEST; PRESCHOOLS;
SPIROMETRY

SAŽETAK. Mjerenje plućne funkcije kod predškolske djece predstavlja jedno od najdinamičnijih i najizazovnijih područja istraživanja fiziologije dišnog sustava te integralnu komponentu kliničkog praćenja i liječenja. Cilj ovoga preglednog članka jest pružiti uvid o metodi i primjeni najčešćih testova plućne funkcije u djece predškolske dobi koji su nam dostupni (spirometrija, impulsna oscilometrija, tjelesna pletizmografija), kao i potencijalne probleme ispitivanja plućne funkcije u toj dobi. Spirometrija je najčešće primjenjivani test plućne funkcije koji se izvodi u pedijatrijskoj populaciji na standardiziran način kao i kod odraslih. U predškolskoj dobi primjena spirometrije ima nekoliko izazova poput dobi ispitanika, osiguravanja maksimalnog napora kod izvođenja, duljine izdisaja tijekom spirometrijskog manevra, pouzdanosti dobivenih parametra. Mjerenje specifičnog otpora dišnih putova putem tjelesne pletizmografije kao i impulsna oscilometrija također daju uvid u plućnu funkciju, a glavna im je prednost što se izvode tijekom mirnog disanja te zahtijevaju samo minimalnu suradnju. Kod odabira metode procjene plućne funkcije važno je odrediti moguću kliničku dijagnozu, a ne da se izbor pretrage temelji na dostupnoj opremi. Važno je i primijeniti odgovarajuće dostupne referentne intervale za pojedine pretrage. Potrebna su dodatna istraživanja koja će odrediti ulogu pojedinih testova, standardizirati postupak i odrediti prikladne referentne vrijednosti što bi olakšalo praćenje bolesnika, ali i omogućilo uspoređivanje različitih metoda u cilju dobivanja potpunije kliničke slike.

SUMMARY. Lung function testing in preschool children represents one of the most dynamic and challenging areas of respiratory physiology research and an integral component of clinical monitoring and treatment. The aim of this review article is to provide insight into the method and application of the most common lung function tests in preschool children currently available (spirometry, impulse oscillometry, body plethysmography), as well as potential problems of lung function testing in that age group. Spirometry is the most commonly used lung function test, performed in the pediatric population by standardized procedure. Use of spirometry in preschool age has several challenges, such as the age of the subject, ensuring the maximum effort during performance, the length of exhalation during the spirometric maneuver, the reliability of the obtained parameters. Measurement of the specific resistance of the airways by body plethysmography as well as impulse oscillometry also provide insight into lung function, and their main advantage is that these tests are performed during tidal breathing and require only minimal cooperation. When choosing a method of lung function assessment, it is important to determine the question of a possible clinical diagnosis and not to base the choice of test on the available equipment. It is also important to apply the appropriate available reference intervals. There is a need for additional studies that will determine the role of individual tests, standardize the procedure and determine reference values, which would facilitate the monitoring of patients, enable the comparison of different methods in order to obtain a more complete clinical picture.

Testovi plućne funkcije sastavni su dio dijagnostike i praćenja učinka liječenja kod djece školske dobi i odraslih osoba oboljelih od plućnih bolesti. S druge strane, mjerenje plućne funkcije kod predškolske djece predstavlja jedno od najdinamičnijih i najizazovnijih područja istraživanja fiziologije dišnog sustava. Sve do prošlog desetljeća bilo je uvriježeno mišljenje da je nemoguće procijeniti plućnu funkciju u predškolske djece, prvenstveno zbog nedostatne koordinacije, razumijevanja i suradnje prilikom izvođenja testova. No, shvaćanje da štetni utjecaj/ozljeda na dišnom sustavu u fazi njegovog razvoja može dovesti do ireverzibilnih posljedica stvorilo je potrebu da se razviju metode procjene respiratorne funkcije u dojenčadi i djece

predškolske dobi. Nedostatna dostupnost odgovarajuće opreme, nepostojanje standardizacije postupka, ali i nedostatne referentne vrijednosti za predškolsku dob dugo su ograničile izvođenje takvih mjerenja na razinu kliničkih istraživanja u specijaliziranim centrima.

U današnje vrijeme testovi plućne funkcije predstavljaju integralnu komponentu kliničkog praćenja i liječenja djece predškolske djece. Kada se metode izvođe, a dobiveni rezultati interpretiraju na odgovarajući

✉ Adresa za dopisivanje:

Doc. dr. sc. Ivana Maloča Vuljanko, dr. med., <https://orcid.org/0000-0001-5603-0602>,
Dječja bolnica Srebrnjak, Srebrnjak 100, 10000 Zagreb,
e-pošta: ivanamaloca@gmail.com

način, njihova je primjena u utvrđivanju prirode i prognoze plućne bolesti ili odgovora na terapiju te za praćenje napredovanja ili povlačenja bolesti. Rezultati takvih testova imaju važnu ulogu u epidemiološkim i kliničkim istraživačkim studijama. Iako je danas dostupno nekoliko vrsta testova plućne funkcije, niti jedan sam po sebi nije dostatan za postavljanje dijagnoze, niti zadovoljava kriterije idealnog testa.

Idealan test za kliničku primjenu kod predškolske djece trebao bi:

- biti jednostavan i brz za izvođenje
- imati standardizirani postupak izvođenja
- razlikovati zdrave od bolesnih uz visoku osjetljivost i specifičnost testa
- biti izvediv za bilo koju dob kako bi se osiguralo longitudinalno praćenje kod bolesnika s plućnom bolesti
- imati primjerene referentne raspone ovisno o dobi
- biti cjenovno prihvatljiv i široko dostupan.

Cilj ovoga preglednog članka jest pružiti uvid o metodi i primjeni najčešćih testova plućne funkcije u djece predškolske dobi koji su nam dostupni (spirometrija, impulsna oscilometrija, tjelesna pletizmografija), kao i potencijalne probleme ispitivanja plućne funkcije u toj dobi. U tu svrhu učinjena je pretraga literature putem portala *PubMed* i općih tražilica.

Spirometrija u predškolskoj dobi

Spirometrija je najčešće primjenjivani test plućne funkcije koji se izvodi u pedijatrijskoj populaciji. Princip izvođenja spirometrije sukladan je smjernicama ERS/ATS (od engl. *European Respiratory Society / American Thoracic Society*).¹ Spirometrijsko mjerenje izvodi se maksimalnim udahom do totalnoga plućnog kapaciteta, nakon kojega se uz kratko zadržavanje zraka (ne dulje od jedne sekunde) ispuhne sav zrak iz pluća u usnik spirometra (zrak ne smije izlaziti kroz nos [ispitanik ima štipaljku na nosu] ili pored usnika). Nakon svakog pokušaja treba procijeniti tehniku izvođenja, trud ispitanika te moguće artefakte. Samo testove koji zadovoljavaju kriterije ponovljivosti i prihvatljivosti treba razmotriti za tumačenje dobivenih rezultata.

Međutim, kod djece predškolske dobi postoji nekoliko izazova u izvođenju spirometrije poput dobi ispitanika, osiguravanja maksimalnog napora kod izvođenja, duljine izdisaja tijekom spirometrijskog manevra, pouzdanosti vrijednosti parametra forsiranoga ekspiratornog protoka izmjenjenog tijekom izdisaja pri 25 do 75% ($FEF_{25\%-75\%}$) forsiranoga vitalnog kapaciteta (FVC).

Tradicionalno se smatralo da djeca predškolske dobi ne mogu izvesti prihvatljive spirometrijske manevre. No, dobna granica za izvođenje spirometrije ne postoji, nego se preporučuje da se spirometrija pokuša izve-

sti ako dijete želi pokušati bez obzira na dob. Istraživanja su pokazala da je spirometrija u djece predškolske dobi izvediva (47–92%).^{2,3} Niža izvedivost (samo 21%) utvrđena je kod djece mlađe od četiri godine i u onih s neurorazvojnim teškoćama.⁴

Najzahtjevniji dio spirometrije jest osigurati kontinuirani izdisaj nakon što je nagli izdisaj započeo. Djeca predškolske dobi, ali i određen broj djece školske dobi ne razumiju kako održati taj pritisak na prsni koš i abdomen jednom kad osjete da su im pluća prazna. Valja imati na umu da se djeca predškolske dobi i fiziološki razlikuju od starije djece i odraslih: značajno brže prazne pluća tijekom forsiranog izdisaja u odnosu na stariju djecu jer je veći promjer dišnih putova u odnosu na volumen pluća. Stoga spirometrijski manevri u djece predškolske dobi traju kraće nego u starije djece, ponekad čak i manje od jedne sekunde. Kao rezultat toga, u ovoj dobnoj skupini forsirani ekspiratorni volumen u jednoj sekundi (FEV_1) nije uvijek mjerljiv te je bolje koristiti parametre poput forsiranog ekspiratornog volumena u 0,75 sekundi ($FEV_{0,75}$) ili forsiranog ekspiratornog volumena u 0,5 sekundi ($FEV_{0,5}$). Kriteriji za prihvatljivost u predškolskoj dobi jesu najmanje dvije prihvatljive krivulje protok – volumen s brzim porastom do vršnog protoka i glatki silazni dio krivulje bez znakova kašlja ili zatvaranje glotisa, gdje su drugi najveći FVC i FEV_1 / $FEV_{0,75}$ / $FEV_{0,5}$ unutar 0,1 L ili 10% od najviše vrijednosti, što god je veće.⁵ Ako se zabilježi jedan zadovoljavajući manevar, tada se ti rezultati ne bi trebali isključiti samo zbog slabe ponovljivosti, već treba procijeniti ostale parametre izvedivosti.

Početak testa u odraslih procjenjuje se mjerenjem volumena ekstrapolacije (VBE), bilo kao apsolutni ili kao postotak FVC. Nedavno izvješće potvrdilo je da je VBE u djece tipično niži nego u odraslih, dok je VBE/FVC veći.⁶ Oba se nalaza mogu jednostavno objasniti manjim apsolutnim volumenom pluća kod djece, a zbog toga VBE može prijeći kriterij od 5%. Ako je VBE veći od 80 mL ili 12,5% FVC-a, krivulju treba ponovno pregledati, ali ne mora nužno biti isključena.

Vrijednost parametra $FEF_{25\%-75\%}$ dugo se smatrala pokazateljem protoka iz malih dišnih putova. No, kao i kod odraslih, problem je značajne varijabilnosti u odnosu na FEV_1 i FVC. Budući da su mjerenja kod djece manje ponovljiva, pouzdanost tog parametra je upitna. Nadalje, ako dijete ne izdahne do rezidualnog volumena, $FEF_{25\%-75\%}$ može biti lažno povišen zbog smanjenoga vitalnog kapaciteta. Valja imati na umu da je i taj parametar snižen i kod stanja koja nisu vezana za perifernu opstrukciju, nego za fiksnu opstrukciju na razini velikih dišnih putova (npr. trahealna stenoza).

Iako je spirometrija korisna za određivanje prirode i ozbiljnosti nekoliko plućnih bolesti, praćenje progresije bolesti i usmjeravanje liječenja, treba podsjetiti da

„normalna spirometrija“ ne znači nužno normalnu funkciju pluća. Mnogi povremeni ili blagi astmatičari imaju normalnu spirometriju između akutnih egzacerbacija. Svrha spirometrije u procjeni odgovora na bronhodilatator nije uvjerljivo dokazana kod djece predškolske dobi s piskanjem, dok se najveća korist vidi kod onih koji imaju veći rizik za dijagnozu astme u kasnijoj dobi.^{7,8} Promjena FEV_{0,75} od 11% predložena je kao granična vrijednost za razlikovanje djece predškolske dobi s astmom.^{5,7} Djeca s cističnom fibrozom (CF) praćena su pomoću spirometrije kroz dulji period te je većina studija pokazala da je njihova funkcija pluća već oštećena u predškolskoj dobi u do 36% ispitanika.^{9,10} Nadalje, prisutnost bakterije uzročnika poput *Pseudomonas aeruginosa* ili *Staphylococcus aureus* u dišnim putovima bio je povezan sa smanjenjem FEV_{0,75} u rasponu između 11,3% i 15,6%.¹¹ U prijevremeno rođene djece predškolske dobi izvedivost spirometrije je otežana zbog mogućih pratećih kognitivnih oštećenja povezanih s prijevremenim porodom. U nedavnom radu o izrazito prijevremenoj rođenoj djeci u dobi od 4 – 5 godina samo 46% populacije moglo je dovršiti spirometrijski manevar koji rezultira prihvatljivim nalazom.¹²

Pletizmografska mjerenja specifičnog otpora dišnih putova (sRaw)

Mjerenje specifičnog otpora dišnih putova (sRaw) predstavlja dio plućne funkcijske dijagnostike koja se može uspješno mjeriti kod većine djece predškolske dobi uređajem za tjelesnu pletizmografiju.¹³ Pretraga zahtijeva samo minimalnu suradnju tijekom mirnog disanja, u kabini gdje će manja djeca možda trebati sjediti zajedno s pratnjom (odraslom osobom) radi sigurnosti i poboljšanja suradnje tijekom testa. Pritom se ne provodi hermetičko zatvaranje kabine jer je vrlo teško izvedivo u toj dobnoj skupini. Štoviše, test je upravo zbog prostornog ograničenja i teže izvediv, tako da koeficijent varijacije unutar istog ispitanika u ovoj dobnoj skupini iznosi 8 – 11%.^{14,15} Prednost parametra sRaw je njegova neovisnost o dobi, spolu ili visini pa je posebno koristan u longitudinalnom praćenju. U kliničkoj primjeni Nielsen i suradnici su pokazali da je sRaw povećan kod djece s piskanjem te u male djece s CF-om. Također je utvrđeno je da je sRaw značajno povišen u predškolske djece s CF-om u usporedbi sa zdravom kontrolnom skupinom i čini se da je prikladniji od spirometrije u ranoj fazi bolesti, no lošiji u odnosu na određivanje indeksa klirensa pluća.^{10,16}

Impulsna oscilometrija

Impulsna oscilometrija spada u grupu forsiranih oscilatornih tehnika (FOT, od engl. *forced oscillation technique*) za mjerenje mehanike disanja. Metoda je idealna za primjenu kod djece koja ne mogu surađivati

tijekom spirometrije, budući da se izvodi tijekom mirnog disanja zbog čega je potrebna minimalna suradnja. Pretraga se izvodi na takav način da dijete u sjedećem položaju diše kroz nastavak za usta i antibakterijski filter najmanje 8 – 16 sekundi, noseći štipaljku za nos, a obrazi su poduprti rukama.¹⁷ Za razliku od pletizmografskog mjerenja ne postoji kabina, već dijete udobno sjedi samostalno ili u krilu pratnje. Najmanje tri ponovljiva pokušaja bez artefakata zbog kašljanja, gutanja, vokalizacije ili zadržavanje daha moraju se postići da bi se test smatrao valjanim.¹⁷ Uspješnost izvedbe ove metode veća je od 80% u predškolskoj dobi.

Princip rada bazira se na primjeni valova tlaka unutar frekvencije 4 i 48 Hz izvana na dišne putove te na mjerenju i analizi reflektiranih valova. Impedancija dišnog sustava (Zrs) izračunata je iz dobivenih promjena tlaka i protoka.³ Zrs predstavlja zbroj respiratornog otpora (Rrs) i reaktanse (Xrs).¹⁷ Rrs uključuje otpor dišnih putova, plućnog tkiva i prsnog koša i predstavlja gubitak tlaka uslijed trenja u dišnom putu, dok Xrs predstavlja ravnotežu respiratorne elastičnosti (1/popustljivosti) i inertnosti. Elastične sile daju negativan Xrs i prevladavaju na niskim frekvencijama, dok inercijske sile daju pozitivan Xrs i prevladavaju na visokim frekvencijama; frekvencija na kojoj su elastična i inercijska sile međusobno jednake (što rezultira Xrs=0) jest rezonantna frekvencija (Fres). AX je ukupna reakcija (područje ispod krivulje) na svim frekvencijama između 4 – 5 Hz i Fres i odražava Xrs na niskim frekvencijama, a time i elastičnost dišnog sustava. Niske frekvencije (4 – 10 Hz) mogu doprijeti do perifernih pluća, dok se visoke frekvencije (18 – 22 Hz) mogu prenositi samo u velike dišne putove; time najniže frekvencije predstavljaju procjenu cijeloga dišnog sustava, a više frekvencije procjenu gornjih dišnih putova.¹⁸ Razlika između Rrs na 5 Hz i Rrs primjenjuje se za izražavanje otpora perifernih dišnih putova (R5-20).¹⁹

Uloga FOT-a u razlikovanju predškolske djece koja su zdrava od onih koja piskaju prije ili nakon primjene bronhodilatatora ostaje nejasna. Neka istraživanja nisu pokazala razliku u početnoj vrijednosti funkcija pluća i reakcija na bronhodilatatore između zdravih i astmatičara, dok su drugi pokazali značajne razlike, čak i između različitih fenotipova piskanja. Kada je metoda primijenjena u skupini pacijenata s CF-om uključujući djecu u dobi od tri godine, parametri R, Fres i AX povećavali su se tijekom egzacerbacije i smanjivali nakon tretmana, dok su se vrijednosti X (10 – 15 Hz) smanjile tijekom egzacerbacije i povećale nakon oporavka.²¹ No, u usporedbi sa spirometrijom, IOS nije bio tako osjetljiv kao spirometrija za otkrivanje i praćenje dugotrajno pogoršanje plućne funkcije.²² Dijagnostička sposobnost FOT-a da identificira djecu

s CF-om koji imaju teži oblik plućne bolesti u usporedbi s djecom s blagim oblikom plućne bolesti jest niska, što ukazuje da FOT možda nije metoda izbora za praćenje progresije bolesti. Samo je nekoliko studija mjerilo Rrs i Xrs kod prijevremeno rođene djece; pokazuju manju popustljivost dišnih putova, što je prikazano njihovim abnormalnim vrijednostima, osobito u djece s BPD-om.^{23,24} Nadalje, otpor dišnih putova bio je u korelaciji s duljinom potrebe za suplementacijom kisika.²⁵

Iako je možda nedovoljno iskorišten u ovom području, FOT je koristan u otkrivanju i kvantificiranju bolesti gornjih ili središnjih dišnih putova, uključujući trahealnu stenozu, traheoezofagealnu fistulu, laringealnu opstrukciju i inducibilnu laringealnu opstrukciju. Valja razmišljati i o neuromuskularnim bolestima, gdje FOT može omogućiti bolji način procjene funkcije pluća od konvencionalnih tehnika.

Bronhodilatacijski test

Varijabilnost tonusa glatkih mišića bronha predstavlja važno, ali i nespecifično obilježje astme.

Klinički se može očitovati u pretjeranoj bronhodilataciji na podražaj bronhodilatatora ili povećanoj bronhokonstrukciji nakon izlaganja bronhoprovokativnom čimbeniku (tzv. bronhalna hiperreaktivnost). Činjenica da nije patognomonično obilježje astme očituje se pojavom te varijabilnosti kod drugih respiratornih poremećaja poput cistične fibroze, bronhopulmonalne displazije ili tijekom akutnih infekcija dišnog sustava.

Bronhodilatacijski test se izvodi na standardiziran način tako da se prvo mjeri osnovna vrijednost plućne funkcije, obično FEV₁, zatim se udiše bronhodilatator (salbutamol ili ipratropij) te se potom nakon odgovarajućeg vremena ponovno izvodi test plućne funkcije. Prema ERS/ATS preporukama, pozitivnim odgovorom se smatra povećanje FEV₁ i/ili FVC od mL \geq 12% početne vrijednosti i \geq 200 mL nakon inhalacije.¹ U manje djece, koja imaju puno niži vitalni kapacitet u odnosu na odrasle, apsolutna promjena od 200 mL predstavlja velik volumen te za sada nije određen definitivni prag za značajno povećanje FEV₁ i/ili FVC u toj dobi. Korisnost primjene očekivano se viđa kod astmatičara, gdje se porast između 12 i 15 % u FEV_{0,75} ili FEV₁ nakon primjene bronhodilatatora češće opaža u djece predškolske dobi s astmom u odnosu na zdrave ispitanike.^{5,26,27} Upotreba MEF₂₅₋₇₅ kao ishoda za procjenu BDR-a ne preporučuje se zbog velike varijabilnosti ovog parametra i unutar istog ispitanika i kod iste grupe ispitanika.²⁸

Što se tiče FOT-a, čak ni odgovori na bronhodilatatore u zdravoj populaciji nisu jasno određeni. Zbog varijabilnosti ovog testa potrebno je vidjeti ovako visok postotak promjene da bi se rezultati protumačili kao značajan odgovor na bronhodilatator: uvećanje od

32% za X5 zajedno s smanjenjem od 64% AX parametra i smanjenje od 42% Fres korelira sa smanjenjem otpora i značajnim odgovorom na bronhodilatator.¹⁹ Druga studija je predložila granične vrijednosti za BDR: -32% za Rrs8, +65% za Xrs8 i -82% za AX.²⁰

Ako je osnovno mjerenje tjelesnom pletizmografijom, tada prag za značajno smanjenje specifičnog otpora dišnih putova (sRaw) nije dogovoren, odnosno kreće se od 25% do 50% početne vrijednosti. Iako je sugerirano da bronhalna hiperreaktivnost i BDR mogu biti uspješno utvrđeni pomoću sRaw-a, uz dostatno razlikovanje zdravih i onih s astmom ili piskanjem u smislu da je potrebno smanjenje sRaw-a za najmanje 20% da bi se promjena smatrala klinički značajnom.²⁹

Vidljivo je da postoje razlike u veličini reverzibilnosti izmjerene u djece s astmom pomoću spirometrije i metodama koje uključuju mirno disanje. Ove potonje pokazuju bolju osjetljivost vjerojatno zbog činjenice da je intraindividualna varijabilnost veća u mirnom disanju nego kod forsiranog disanja, ali možda i zato što kod nekih osoba s astmom forsirano disanje tijekom (ponovljene) spirometrije može izazvati bronhokonstrukciju.

Izbor testa

Kod odabira metode procjene plućne funkcije važno je odrediti pitanje o mogućoj kliničkoj dijagnozi, a ne da se izbor pretrage temelji na dostupnoj opremi. Također je bitno da se takvi testovi provode samo tijekom razdoblja kliničke stabilnosti, koje se obično definira kao period od najmanje 2 – 3 tjedna nakon plućnog pogoršanja osnovne bolesti ili akutnih infekcija dišnih putova. Klinička korisnost bilo kojeg testa plućne funkcije uvijek će biti veća ako se izvode susljedna mjerenja u istog ispitanika u odnosu na jedno mjerenje.

Utjecaj ispitanikovih odrednica

Glavne determinante funkcije pluća jesu visina, dob, spol i etnička pripadnost. Budući da je visina glavna odrednica očekivane plućne funkcije, bilo kakva odstupanja u mjerenjima visine mogu dovesti do pogrešnog tumačenja rezultata.¹⁰ Visinu djeteta treba mjeriti pomoću standardiziranih protokola u svakoj epizodi mjerenja, pogotovo jer je riječ o periodu kontinuiranog rasta.⁶

Dob ispitanika je također važna odrednica plućne funkcije tijekom cijeloga životnog vijeka, tako da je točan izračun ključan, osobito tijekom djetinjstva kada su rast i razvoj tako brzi. Zadana postavka u mnogim komercijalnim uređajima, odnosno skraćivanja ili „zaokruživanja“ dobi na najbližu godinu mogu dovesti do ozbiljnoga pogrešnog tumačenja i postavke bi se trebale promijeniti kako bi se osiguralo da je dob izračunata ispravno i precizno.¹⁰

PFT izvješća također trebaju uzeti u obzir etničku pripadnost pacijenta. Iako je utvrđeno da postoje etničke razlike u plućnim volumenima nakon korekcije za dob, visinu i spol, PFT rezultati kod osoba koje nisu bijele rase često se uspoređuju sa zdravim osobama bijele rase, što dovodi do značajnog podcjenjivanja funkcije pluća kod ispitanika.

Utjecaj referentnih vrijednosti

Kako bi se utvrdila priroda i ozbiljnost bilo koje temeljne patofiziologije kod pojedinca, bitno je imati jasnu ideju o rasponu vrijednosti koje se mogu očekivati kod zdravog djeteta slične dobi, spola, veličine tijela i nacionalnosti. Stoga pouzdano tumačenje rezultata plućne funkcije ovisi o dostupnosti odgovarajućih referentnih podataka koji će pomoći razlikovati zdravlje od bolesti. Važno je znati da se rezultati PFT i kod zdravih i kod bolesnih često preklapaju u tolikoj mjeri da rezultat unutar normalnog raspona ne isključuje bolest. Slično tomu, dok su rezultati abnormalne funkcije pluća često povezani sa simptomima bolesti, oni jednostavno mogu biti „atipični“ i moraju se uvijek tumačiti u svjetlu svih drugih klinički relevantnih informacija.

Iako su kliničari u respiratornoj medicini više upoznati s konceptom izražavanja plućne funkcije kao predviđenog postotka ($[\text{promatrano/predviđeno}] \times 100$), puno bolji pristup tumačenju funkcije pluća jest izraziti rezultate kao Z-vrijednost koja predstavlja položaj pojedinog rezultata u nekoj normalnoj raspodjeli i to tako da se ta vrijednost izrazi u dijelovima standardne devijacije. Gornja i donja granica normalnog raspona (GGN i LLN) konvencionalno se definiraju kao Z-vrijednost od $\pm 1,64$ SD, raspon koji obuhvaća 90% zdravih ispitanika. Međutim, zbog povećane nezivjesnosti u pogledu pouzdanosti referentnih raspona za dojenčad i malu djecu i činjenice da se više tipova PFT-a često koristi u procjeni, granice trebaju biti postavljene na Z-vrijednost od $\pm 1,96$ SD koje obuhvaćaju 95% zdrave populacije. Potreban je poseban oprez pri tumačenju graničnih rezultata između normalnog raspona vidljivog u zdravlju i kod sumnje na bolest, osobito kada rezultat prikazuje samo jedno ispitivanje. Kao i sa svim testovima, PFT-ove treba promatrati kao samo jedan od dijelova cjelokupne kliničke slike.

Valja napomenuti da su danas dostupni GLI (od engl. *global lung initiative*) normativi koje je potrebno implementirati u svakodnevnu kliničku praksu gdje god je to moguće radi ujednačenosti praćenja bolesnika. Riječ je o najvećem ikada sastavljenom izvoru referentnih vrijednosti za spirometriju i statičke volumene pluća, koji uključuje referentne intervale od treće godine života.³⁰ Ti referentni rasponi uključuju i podatke za parametre $FEV_{0,5}$, $FEV_{0,75}$, te $FEV_{0,75}/FVC$ i FEF_{75} , ali samo za bijelu rasu.³⁰

Zaključak

Zaključno, ako se želi optimizirati interpretacija testova plućne funkcije kod djece, bitno je da i liječnici koji indiciraju i tehničko osoblje koje provodi takve testove razmotre zašto se ti testovi provode i koja je kombinacija testova najprikladnija za dob, klinički status ispitanika i postavljeno kliničko pitanje. Procjena PFT-ova kod djece zahtijeva posebnu stručnost i empatiju, tako da osoblje treba biti odabrano i obučeno u skladu s tim, s naglaskom na strpljenju, izvrsnoj komunikaciji i potrebi provjere točnosti opreme u redovitim intervalima. Stopa uspješnog izvođenja testova kod djece predškolske dobi (izuzev djece koja imaju neurorazvojna oštećenja) raste s dobi, te ako je dijete suradljivo preporučuje se pokušati provesti testiranje bez obzira na dob djeteta. U djece predškolske dobi opisane metode daju bolji uvid u stanje dišnih putova, dok je samo FOT rezerviran za proučavanje distalnih dijelova dišnog sustava koji su interesantniji za kliničke entitete poput CF-a i BPD-a.

No, potrebna su dodatna istraživanja koja će odrediti ulogu pojedinih testova, standardizirati postupak i stvoriti prikladne referentne vrijednosti, što bi olakšalo praćenje bolesnika, ali i omogućilo uspoređivanje različitih metoda u cilju dobivanja kompletnije kliničke slike.

LITERATURA

1. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A i sur. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005;26(2):319–38.
2. 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(12):2200–5.
3. Nystad W, Samuelsen SO, Nafstad P, Edvardsen E, Stensrud T, Jaakkola JJ. Feasibility of measuring lung function in preschool children. *Thorax*. 2002;57(12):1021–7.
4. Lombardi E, Calogero C, Hall GL. Pulmonary function testing in infants and preschool children. U: Eber E, Midulla F, ur. *Paediatric Respiratory Medicine*. 2. izd. European Respiratory Society, str. 135–41.
5. Beydon N, Davis SD, Lombardi E, Allen JL, Arets HG, Aurora P i sur. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: pulmonary function testing in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med*. 2007;175(12):1304–45.
6. Aurora P, Stocks J, Oliver C, Saunders C, Castle R, Chaziparasidis G i sur. Quality control for spirometry in preschool children with and without lung disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2004;169:1152–9.
7. Raywood E, Lum S, Aurora P, Pike K. The bronchodilator response in preschool children: A systematic review *Pediatr Pulmonol*. 2016;51(11):1242–50.
8. Vilozni D, Barak A, Efrati O, Augarten A, Springer C, Yahav Y i sur. The role of computer games in measuring spirometry in healthy and “asthmatic” preschool children. *Chest*. 2005;128:1146–55.

9. Marostica PJ, Weist AD, Eigen H, Angelicchio C, Christoph K, Savage J *i sur.* Spirometry in 3- to 6-year-old children with cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166:67–71.
10. Nielsen KG, Pressler T, Klug B, Koch C, Bisgaard H. Serial lung function and responsiveness in cystic fibrosis during early childhood. *Am J Respir Crit Care Med.* 2004;169:1209–16.
11. Ramsey KA, Ranganathan S, Park J, Skoric B, Adams AM, Simpson SJ *i sur.* Early respiratory infection is associated with reduced spirometry in children with cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med.* 2014;190:1111–6.
12. Verheggen M, Wilson AC, Pillow JJ, Stick SM, Hall GL. Respiratory function and symptoms in young preterm children in the contemporary era. *Pediatr Pulmonol.* 2016;51:1347–55.
13. Nielson KG. Plethysmographic specific airway resistance. *Paediatr Respir Rev.* 2006;7(Suppl 1):17–9.
14. Dab I, Alexander F. On the advantages of specific airway resistance. *Pediatr Res.* 1978;12(8):878–81.
15. Klug B, Bisgaard H. Measurement of the specific airway resistance by plethysmography in young children accompanied by an adult. *Eur Respir J.* 1997;10(7):1599–605.
16. Aurora P, Stanojevic S, Wade A, Oliver C, Kozłowska W, Lum S *i sur.* Lung clearance index at 4 years predicts subsequent lung function in children with cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med.* 2011;183(6):752–8.
17. Smith HJ, Reinhold P, Goldman MD. Forced Oscillation technique and impulse oscillometry. *Eur Respir Mon.* 2005;31:72–105.
18. Thamrin C, Gangell CL, Udomittipong K, Kusel MH, Patterson H, Fukushima T *i sur.* Assessment of bronchodilator responsiveness in preschool children using forced oscillations. *Thorax.* 2007;62:814–9.
19. Hynes K. Pediatric Pulmonary Function Testing. U: Mottram CD, ur. Ruppel's Manual of Pulmonary Function Testing. 12. izd. St. Louis. Elsevier, 2023, str. 251–307.
20. Calogero C, Simpson SJ, Lombardi E, Parri N, Cuomo B, Palumbo M *i sur.* Respiratory impedance and bronchodilator responsiveness in healthy children aged 2 to 13 years. *Pediatr Pulmonol.* 2013;48:707–15.
21. Sakarya A, Uyan ZS, Baydemir C, Anik Y, Erdem E, Gokdemir Y *i sur.* Evaluation of children with cystic fibrosis by impulse oscillometry when stable and at exacerbation. *Pediatr Pulmonol.* 2016;51:1151–8.
22. Moreau L, Crenesse D, Berthier F, Albertini M. Relationship between impulse oscillometry and spirometric indices in cystic fibrosis children. *Acta Paediatr.* 2009;98:1019–23.
23. Vrijlandt EJ, Boezen HM, Gerritsen J, Stremmelaar EF, Duiverman EJ. Respiratory health in prematurely born preschool children with and without bronchopulmonary dysplasia. *J Pediatr.* 2007;150:256–61.
24. Verheggen M, Wilson AC, Pillow JJ, Stick SM, Hall GL. Respiratory function and symptoms in young preterm children in the contemporary era. *Pediatr Pulmonol.* 2016;51:1347–55.
25. Udomittipong K, Sly PD, Patterson HJ, Gangell CL, Stick SM, Hall GL. Forced oscillations in the clinical setting in young children with neonatal lung disease. *Eur Respir J.* 2008;31:1292–99.
26. Sonnappa S, Bastardo C, Wade A, Bush A, Stocks J, Aurora P. Repeatability and bronchodilator reversibility of lung function in preschool children. *Eur Respir J.* 2013;42:116–24.
27. Borrego LM, Stocks J, Almeida I, Stanojevic S, Antunes J, Leiria-Pinto P *i sur.* Bronchodilator responsiveness using spirometry in healthy and asthmatic preschool children. *Arch Dis Child.* 2013;98(2):112–7.
28. Rosenfeld M, Allen J, Arets B, Aurora P, Beydon N, Calogero C *i sur.* An Official American Thoracic Society Workshop Report: optimal lung function tests for monitoring cystic fibrosis, bronchopulmonary dysplasia and recurrent wheezing in children <6 years of age. *Ann Am Thorac Soc.* 2013;10:S1–11.
29. Sonnappa S, Bastardo C, Wade A, Bush A, Stocks J, Aurora P. Repeatability and bronchodilator reversibility of lung function in preschool children. *Eur Respir J.* 2013; 42:116–24.
30. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH *i sur.* ERS Global Lung Function Initiative Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur Respir J.* 2012;40(6):1324–43.