

Doporučený postup pro provedení a interpretaci spirometrie v předškolním věku

Česká pneumologická a ftizeologická společnost
Česká společnost dětské pneumologie

Autor: MUDr. Václav Koucký, Ph.D., Pediatrická klinika 2. LF UK a FN Motol, 150 06 Praha 5 a Olivova dětská léčebna Říčany, Olivova 224, 251 01 Říčany

Oponenti:

- MUDr. Tamara Svobodová, CSc., Klinika dětí a dorostu FN Královské Vinohrady, Šrobárova 50, 100 34 Praha 10
- MUDr. Eva Voláková, Klinika plicních nemocí a tuberkulózy, FN Olomouc, I.P. Pavlova 185/6, 779 00 Olomouc
- MUDr. Jana Kociánová, Plicní klinika Alveolus, s.r.o., Opavská 6115/17, 708 00 Ostrava 8
- MUDr. Tereza Doušová, Ph.D., Pediatrická klinika 2. LF UK a FN Motol, Praha 5
- Prof. MUDr. Petr Pohunek, CSc., Pediatrická klinika 2. LF UK a FN Motol, Praha 5
- MUDr. Jana Tuková, Ph.D., Klinika pediatrie a dědičných poruch metabolismu 1. LF UK a VFN, Ke Karlovu 455, 120 00 Praha 2

Souhrn:

1. Ačkoliv klinický význam spirometrie v předškolním věku není literárně plně doložen, je doporučováno ji provádět od 3 let věku.
2. Hlavními indikacemi spirometrie jsou diagnostika a monitorace onemocnění dýchacích cest. Význam může mít i u nemocí plicního parenchymu či pro posouzení vlivu mimoplicních onemocnění na dýchací trakt.
3. Spirometrie je bezpečné vyšetření. Hlavní rizika souvisejí s možností přenosu infekce a mechanickými změnami při usilovném výdechu (přenos vysokých intratorakálních tlaků na hrudní a břišní orgány, kolísání tlaku krve během manévru a rozepjetí hrudní stěny a plic).
4. Provedení manévru usilovné spirometrie je nutno v předškolním věku zjednodušit a uzpůsobit konkrétnímu dítěti.
5. Správně provedený manévr se skládá z rychlého nádechu do maximální objemové úrovně plic. Prudký a dlouhý výdech následuje bezprostředně po nádechu. Výdech musí být ukončen na minimální objemové hladině plic. Cílem je dosáhnout průtokové limitace a vydechnutí veškerého přímo měřitelného objemu plynu z plic.
6. Posouzení kvality vyšetření v předškolním věku je založeno především na vizuálním hodnocení křivky průtok-objem a objem-čas. Některé tvary křivky průtok-objem upozorňují na typické chyby při provedení spirometrického manévru (Obr. 1).
7. Pro spolehlivé hodnocení jsou vyžadovány alespoň dva akceptovatelné pokusy. Kritéria akceptovatelnosti jsou uvedena sekci Kritéria kvality tohoto dokumentu. Pokusy nesplňující všechna kritéria akceptovatelnosti lze pro klinické účely též využít, je však třeba počítat s nižší spolehlivostí měření a tedy nižší relevancí klinických závěrů.

8. Interpretace předškolní spirometrie má svá specifika a společná doporučení ERS/ATS pro děti starší a dospělé lze použít jen omezeně.
9. Usilovně vydechnutá vitální kapacita (FVC) je základním spirometrickým parametrem pro posouzení velikosti plic. Snížená hodnota FVC může odpovídat: a) restrikci (nutno konfirmovat sníženou celkovou velikost plic - TLC); b) pseudorestrikci (např. při hyperinflaci, nutno konfirmovat normální TLC); c) nedostatečnému výdechovému úsilí, resp. špatné kvalitě vyšetření.
10. Parametr FEV_1 je pro posouzení obstrukce dýchacích cest v předškolním věku málo citlivý, v některých případech nemůže být ani určen (výdech kratší než 1 s). V tomto případě lze použít parametry $FEV_{0,75}$ či $FEV_{0,5}$. Parametr FEV_t nediferencuje mezi periferní a centrální obstrukcí.
11. Obstrukci centrálních dýchacích cest posuzujeme podle tvaru křivky průtok-objem (Obr. 1) a parametrů PEF a MEF_{75} . Hodnocení obstrukce centrálních dýchacích cest pomocí předškolní spirometrie má nízkou sensitivitu i specifitu.
12. Pro posouzení periferní obstrukce doporučujeme použít parametry MEF_{25} , MEF_{50} a $MMEF_{25-75}$.
13. Zejména v případě snížené FVC je vhodné parametry průchodnosti dýchacích cest vztahovat k objemu plic – FEV_t/FVC , MEF_{xx}/FVC .
14. Pro interpretaci spirometrie v předškolním věku používáme v ČR normy prof. Zapletalova z roku 2003, event. normy GLI 2012.
15. Vztah aktuální hodnoty měřeného parametru k normě doporučujeme vyjadřovat jako z-skóre, pro základní orientaci pak využívat hodnotu dolního limitu normy (LLN – 5. percentil referenční populace).
16. Samotné spirometrické vyšetření neumožňuje spolehlivě odlišit jednotlivé typy ventilačních poruch (obstrukční, restrikční, smíšená). Vhodná je kombinace spirometrie s dalšími metodami (bodypletysmografie, impulzní oscilometrie, test vícedechového vyplavování dusíku z plic atd.).
17. Bronchodilatační test provádíme u pacientů s nálezem obstrukce dýchacích cest, event. i snížené FVC na vstupním vyšetření. Cílem je posoudit reversibilitu patologického nálezu po podání bronchodilatancia. Bronchodilatační test je doporučen i při prvním vyšetření pacienta s normálním výsledkem spirometrie a susp. příznaky asthma bronchiale (resp. bronchiální hyperreaktivitu). Takto mohou být nalezeny osobní nejlepší hodnoty.
18. Bronchodilatační test je doporučeno provádět s dávkou 400 μ g salbutamolu aplikovanou přes inhalační nástavec. Rozestup mezi vstupním a post-bronchodilatačním vyšetřením je 20 min. Existuje řada dalších modifikací protokolu bronchodilatačního testu. Vysazení dlouhodobé léčby před testem závisí na klinické otázce.
19. Kritéria positivity bronchodilatačního testu nejsou jednotná a aktuálně jsou převzata od starších dětí. Jako signifikantní změna se nejčastěji udává vzestup parametru FEV_1 o 12 a více % iniciálních hodnot, event. 10 a více % populační normy. V předškolním věku lze použít i vzestup parametrů MEF_{25} , MEF_{50} , $MMEF_{25-75}$, Aex a PEF o 20 a více % iniciálních hodnot. V tomto případě je vyžadována signifikantní změna alespoň 2 parametrů.
20. Bronchoprovokační testy provádíme u pacientů bez akutního infektu a s normální vstupní spirometrií při podezření na zvýšenou bronchiální hyperreaktivitu. Metodika a hodnocení jsou u předškolních dětí aktuálně převzata od dětí starších. Do budoucna lze v předškolním věku očekávat úpravu metodiky i hodnocení těchto testů podle novějších výzkumů.
21. Při využití spirometrie pro monitoraci průběhu onemocnění či efektu léčby je třeba přihlížet k přirozené středně- a dlouhodobé variabilitě spirometrických parametrů, která určuje minimální signifikantní změnu v čase.

Úvod

Interpreovatelné spirometrické vyšetření lze provést již u dětí ve věku od 3 let. Úspěšnost stoupá s počtem pokusů a závisí na stupni psychomotorického vývoje, zkušenostech dítěte se zdravotnickým prostředím, schopnosti personálu laboratoře dítě namotivovat a připravit pacienta na vyšetření. V rámci přípravy pacienta na vyšetření je vhodný nácvik jak prudkého tak i dlouhého (úplného) výdechu. Lze využít různé pomůcky (náustek, odporové aparátky) či animační programy. Výběr je třeba individuálně přizpůsobit konkrétnímu dítěti.

Ačkoliv literárně není dostatečně zdokumentován význam předškolní spirometrie pro klinickou praxi, převládá názor, že toto vyšetření může přinést cenné informace jak pro diagnostiku, tak i léčbu řady patologií dětského věku [1]. Vzhledem k nízkému riziku a zátěži pro pacienta, je doporučováno spirometrii provádět již od 3 let věku. Některá doporučení pro provedení a interpretaci spirometrie jsou však převzata od dětí starších.

Indikace

Obecné indikace spirometrie zahrnují: i) diagnostiku (posouzení respiračních příznaků a dalších patologických nálezů, zhodnocení prognózy pacienta či posouzení perioperačního rizika), ii) monitoraci (progrese nemoci, hodnocení efektu léčby, nežádoucí účinky léčby), iii) posudkové účely, iv) další (epidemiologické studie, výzkum). Konkrétní indikace předškolní spirometrie jsou především:

- podezření na obstrukci periferních dýchacích cest (astma, různé formy chronické bronchitidy)
- podezření na obstrukci centrálních dýchacích cest (poruchy stability dýchacích cest – malacie, stenózy velkých dýchacích cest)
- hodnocení velikosti plic (vitální kapacita) a jejich růstu
- posouzení bronchiální reaktivity (bronchodilatační a bronchoprovokační testy)
- posouzení vlivu mimoplicních onemocnění na dýchací trakt (neuromuskulární onemocnění, skeletální deformity, atd.)

Kontraindikace

Při usilovné spirometrii dochází k různým fyziologickým změnám, které mohou mít negativní vliv na různé orgánové systémy: i) generování vysokých tlaků v hrudníku a jejich vliv na hrudní a břišní orgány, ii) kolísání tlaku krve během manévru a vliv na prokrvení orgánů jako jsou CNS, končetiny,... iii) roztažení hrudní stěny a plic, iv) přenos infekčních onemocnění. V současné době jsou zdravotní rizika spirometrie považována za méně významná, než byla vnímána dříve, nicméně přetrvává princip předběžné opatrnosti. V některých případech existují i rozporuplná doporučení ohledně kontraindikací spirometrie [2,3], přičemž v řadě případů jsou tato doporučení založena jen na názoru expertů, adekvátní studie chybí. Klasické kontraindikace spirometrie relevantní pro předškolní věk zahrnují:

- celkově těžký stav dítěte (neumožní provedení dechového manévru)

- akutní respirační infekce (omezuje interpretaci výsledků, submaximální úsilí, vyšší riziko přenosu infekce)
- aktivní přenosné infekce (TBC, HBV, MRSA, *Clostridium difficile*,...)
- pneumotorax a pneumomediastinum – nejméně 2 týdny po plném zhojení (resorpce vzduchu)
- hemoptýza – aktivní a nejasné etiologie
- stavy po hrudní a břišní operaci – 4 týdny
- stavy po operaci středouší (a vedlejších nosních dutin) – 1 týden
- stavy po operaci oka – 2 týdny¹
- stavy po operaci mozku – 4 týdny
- specifické kontraindikace pro bronchoprovokační a bronchodilatační testy související s aplikací bronchodilatancia či bronchoprovokačního podnětu

Raritní, byť možné kontraindikace v dětském věku zahrnují:

- nestabilní aneurysma mozkových tepen
- nekompensovaná plicní hypertenze
- nekompensované srdeční selhání
- nekontrolovaná systémová hypertenze
- velké aneurysma aorty
- signifikantní srdeční arytmie
- plicní embolie – nestabilní, před nastavením antikoagulační léčby

Spirometrii též nemá smysl provádět v případě evidentní nespolupráce či nezájmu dítěte a/nebo rodiče.

Provedení spirometrie

Vzhledem k omezené schopnosti spolupráce předškolních dětí není komplexní manévr usilovné spirometrie podle doporučení ERS/ATS z roku 2019 [2] v této věkové kategorii vhodný. Doporučuje se ho zjednodušit a dítěti individuálně přizpůsobit. Možné varianty provedení spirometrického manévru zahrnují:

- rychlý a maximální nádech do polohy TLC ihned po připojení k náustku, usilovný výdech do polohy RV následuje bezprostředně po nádechu,
- klidové dýchání, poté pomalý výdech do úrovně RV, následuje rychlý a maximální nádech do polohy TLC, pak usilovný a maximální výdech do polohy RV.

Varianta i) umožňuje hodnotit pouze výdechové parametry (FVC, FEV_t, MEF_{xx}, atd.), hodnoty IC, IRV a ERV nejsou spolehlivé, resp. nelze je určit. Stejně tak není k dispozici inspirační vitální kapacita (VCin). Správně provedená varianta ii) umožní hodnotit VCin. Pro spolehlivé hodnocení IC, IRV a ERV je třeba dbát na nastavení klidového dechového vzoru se stabilní hladinou EEL (end expiratory level). Spolehlivější je hodnocení těchto parametrů z klidové spirometrie. Základní orientaci však může poskytnout i F-V křivka se správně nastaveným klidovým dechovým vzorem.

¹ týká se okuloplastických operací, operace intraokulární vyžadují delší dobu (1-3 měsíce)

Pro přesné zhodnocení FVC a výdechových parametrů (FEV_t , MEF_{xx} , atd.) je u obou variant nutné zajistit, aby nádech dosáhl skutečně maximální objemové úrovně (TLC), aby výdech začal ihned po ukončení nádechu (prodleva nesmí být více než 1 s) a aby byl výdech úplný – tzn. do úrovně RV. Trvání výdechu samotného však zvláště u předškolních dětí není vhodným ukazatelem úplnosti výdechu (viz Kritéria akceptovatelnosti).

Poloha dítěte při vyšetření může být jak ve stoje, tak vsedě. Ačkoliv nejsou data prokazující vliv užití nosního kolíčku na výsledky spirometrie, doporučujeme jeho použití. Pouze v situaci, kdy by dítě vyšetření s kolíčkem nebylo schopné (ochotné) provést, je možné to zkusit bez a poznamenat to do protokolu. Minimální doporučený počet pokusů jsou 3, horní limit není stanoven, závisí na koncentraci dítěte a dalších aspektech

Tabulka 1: Hlavní výstupní parametry spirometrie

Parametr	Zkratka [jednotka]	Definice	Poznámka
Usilovná vitální kapacita	FVC [l]	Maximální usilovně vydechnutý objem z maximální objemové polohy (TLC) do minimální objemové polohy (RV)	Udává se nejvyšší naměřená hodnota ze všech pokusů
Inspirační vitální kapacita	VCin [l]	Maximální nadechnutý objem z minimální objemové polohy (RV) do maximální objemové polohy (TLC)	- udává se nejvyšší naměřená hodnota ze všech pokusů - u technicky správně provedeného pokusu platí $VCin \geq FVC$
Usilovný t-sekundový objem	FEV_t [l]	Maximální usilovně vydechnutý objem během prvních t sekund výdechu	- udává se nejvyšší naměřená hodnota ze všech pokusů - klasicky se používá parametr FEV_1 , u předškolních dětí je často nutné použít $FEV_{0,5}$ či $FEV_{0,75}$ (výdech kratší než 1 s)
Vrcholový výdechový průtok	PEF [l/s]	Maximální průtok dosažený během výdechu	Udává se nejvyšší naměřená hodnota ze všech pokusů
Maximální výdechový průtok na hladině 25 %, 50 % a 75 % FVC ²	MEF_{25} , MEF_{50} , MEF_{75} [l/s]	Maximální výdechový průtok na objemové hladině, kdy zbývá vydechnout 25, 50 nebo 75 % FVC	Udává se hodnota z nejlepší F-V křivky, tzn. takové, kde je největší součet FVC a FEV_t
Plocha pod křivkou	Aex [l^2/s]	Plocha pod expiračním raménkem F-V křivky	Udává se hodnota z nejlepší F-V křivky, tzn. takové, kde je

² Alternativní označení (používané zejména v USA) je FEF_{xx} , přičemž číselná hodnota zde značí, kolik procent FVC již bylo vydechnuto. Platí tedy: $MEF_{75} = FEF_{25}$, $MEF_{50} = FEF_{50}$, $MEF_{25} = FEF_{75}$. V dalším textu používáme výhradně značení MEF_{xx} (preferováno v ČR a Evropě).

			největší součet FVC a FEV _t
Inspirační kapacita	IC [l]	Maximální objem nadechnutý po klidném výdechu (tzn. z polohy EEL)	Pro spolehlivé měření je nutné správné nastavení klidového dechového vzoru se stabilní hladinou EEL
Inspirační rezervní objem	IRV [l]	Maximální objem, který lze nadechnout navíc oproti klidovému nádechu	Pro spolehlivé měření je nutné správné nastavení klidového dechového vzoru se stabilní hladinou EEL
Expirační rezervní objem	ERV [l]	Maximální objem, který lze vydechnout navíc oproti klidovému výdechu	Pro spolehlivé měření je nutné správné nastavení klidového dechového vzoru se stabilní hladinou EEL

Kritéria kvality

Hodnocení kvality spirometrického vyšetření u předškolních dětí provádíme podle společného doporučení ERS/ATS z roku 2007 [4]. Kritéria hodnocení kvality navržená ERS/ATS v roce 2019 jsou určena primárně pro dospělé a starší děti; pro předškolní věk nejsou příliš vhodná, i když oproti roku 2005 [5] došlo k určitým změnám, které částečně reflektují i specifika dětského věku.

Při posuzování kvality spirometrického manévru je zásadní vizuální zhodnocení křivky průtok-objem (F-V) a objem-čas (V-t). Hodnotíme zejména výdechové raménko F-V křivky, nádech není příliš spolehlivý (viz komentář k provedení spirometrického manévru výše). Hodnocení kvality není tak striktní jako u starších pacientů. Akceptovatelnost spirometrického pokusu posuzujeme podle následujících aspektů:

- i) rychlý nárůst průtoku na začátku výdechu k hodnotě PEF
- ii) zpětně extrapolovaný objem (BEV³) je menší než 80 ml (12,5 % FVC)⁴
- iii) plynulé sestupné výdechové raménko F-V křivky
- iv) ukončení výdechu na průtokové hladině < 10 % PEF (tzn. bez předčasného ukončení výdechu)
- v) absence artefaktů kašle a uzávěru glottis – pokud jsou přítomny, není to důvod k úplnému odmítnutí pokusu, konstatujeme pouze nižší kvalitu pokusu
- vi) není limit pro minimální trvání výdechu⁵
- vii) optimální ukončení výdechu je dosažení průtokového plateau (změna objemu ≤ 25 ml v poslední sekundě výdechu), event. dosažení opakovatelnosti FVC a FEV_t (tzn. rozdíl

³ Hodnota BEV se používá k posouzení výdechového úsilí daného pokusu. Pokud je hodnota BEV vyšší než příslušný limit, pravděpodobně nebyl výdech proveden s dostatečným úsilím. Přesný způsob stanovení BEV je popsán např. v publikaci [2].

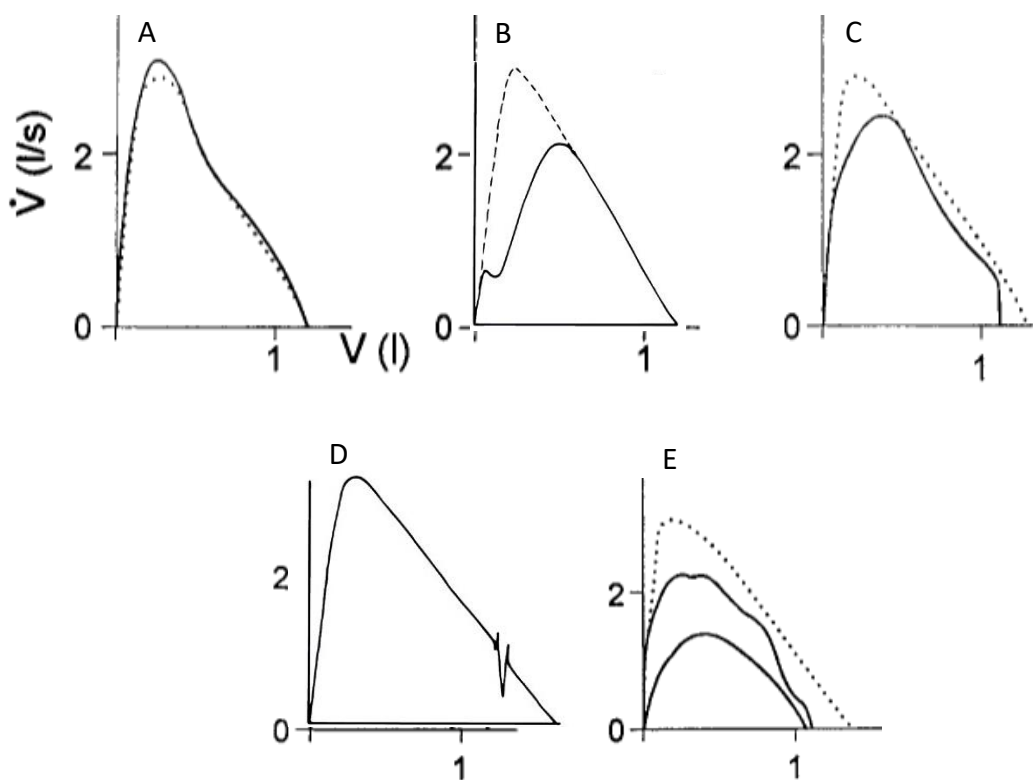
⁴ oproti 100 ml (5 % FVC) podle ERS/ATS 2019 pro starší pacienty

⁵ v doporučení ERS/ATS 2019 došlo též k posunu oproti roku 2005 a minimální trvání 6 (resp. 3) sekundy již není vyžadováno ani u starších jedinců

dvou nejlepších hodnot FVC a $FEV_t < 100$ ml nebo 10 %), nesplnění těchto kritérií pro ukončení usilovného výdechu (EOFE) není důvodem pro odmítnutí pokusu.

U předškolních dětí provádíme minimálně 3 pokusy o F-V křivku, maximální počet pokusů – na rozdíl od dospělých - není omezen. Pro spolehlivou interpretaci výsledků jsou za dostatečné považovány 2 akceptovatelné pokusy. Závěry lze však činit i z jedné kvalitní F-V křivky. Při klinické interpretaci je třeba vždy zohlednit míru spolehlivosti měření (nižší relevance výsledků z méně kvalitního vyšetření, resp. jen z jedné F-V křivky).

Obrázek 1: Ukázka akceptovatelných a neakceptovatelných F-V křivek



volně podle Zapletal et al., *Pediatr Pulmonol.* 2003

A – akceptovatelná F-V křivka; B – váhavý začátek výdechu – hodnoty PEF není dosaženo bezprostředně po začátku výdechu, BEV bude > 80 ml /12,5 % FVC); C – předčasné ukončení výdechu (ukončení výdechu na průtokové hladině > 10 % PEF; D – artefakt kašle/uzávěru glottis; E – nedostatečné výdechové úsilí, neopakovatelná F-V křivka (rozdíl FVC a FEV_t ze dvou křivek > 100 ml nebo 10 %).

Interpretace výsledků

Interpretace výsledků předškolní spirometrie se v určitých aspektech odlišuje od přístupu u dětí starších a dospělých. Společná ERS/ATS doporučení z roku 2022 pro interpretaci plicních funkcí [6] lze aplikovat jen omezeně. Vždy je třeba brát v potaz specifika předškolní spirometrie.

Doporučený postup při hodnocení spirometrie předškolních dětí:

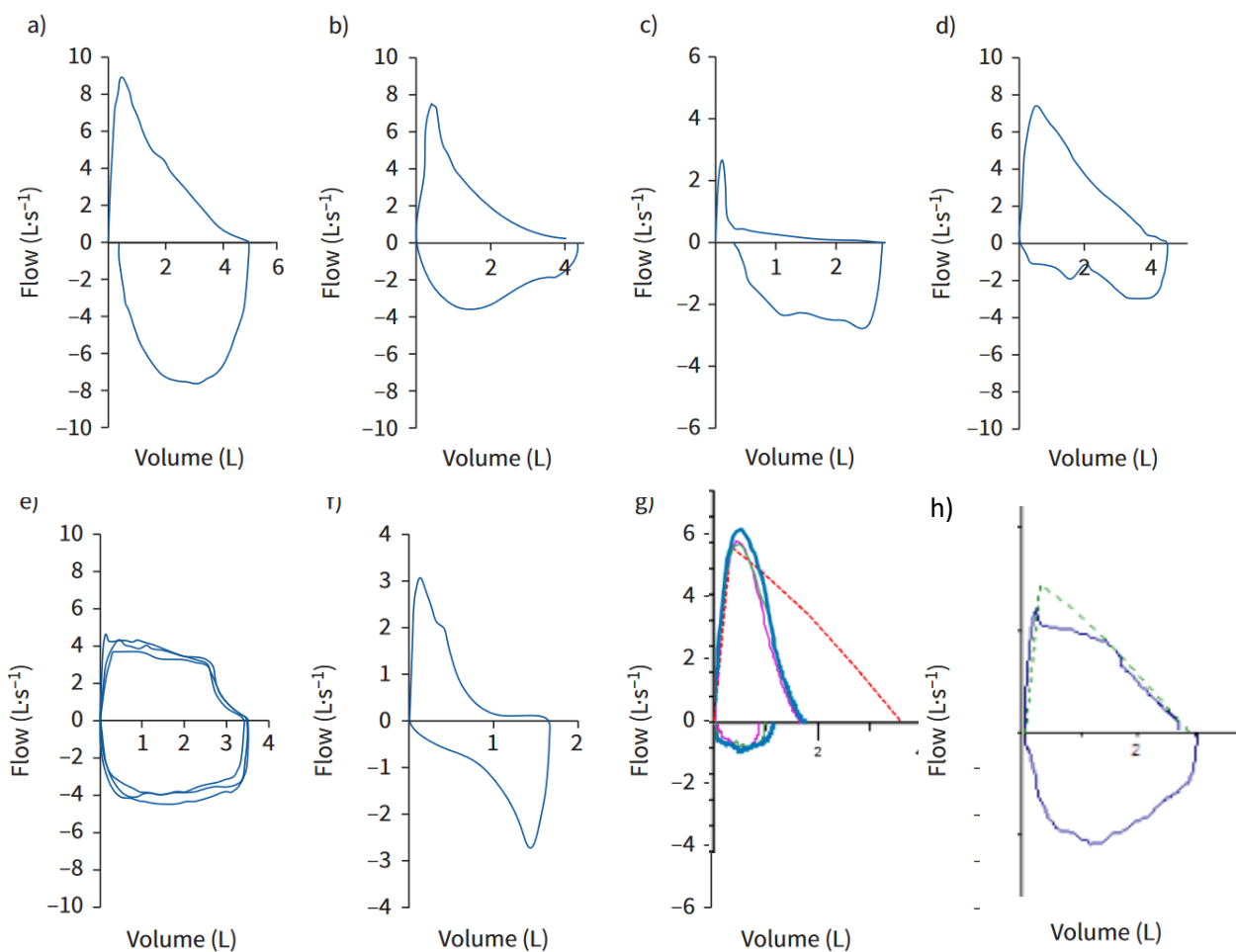
- i) zhodnocení kvality vyšetření (viz výše)
- ii) vizuální posouzení křivky průtok-objem a objem-čas – získání základní představy o fyziologickém/patologickém nálezu
- iii) zhodnocení usilovné vitální kapacity (FVC) – snížené hodnoty mohou ukazovat na a) restrikcii (pro potvrzení je třeba získat informaci i o nepřímo měřitelných objemech, které jsou též snížené), b) pseudorestrikcii (např. při hyperinflaci plicní – zde je snížená pouze FVC při normální až zvýšené celkové velikosti plic, často bývá přítomna i obstrukce dýchacích cest), c) nedostatečné výdechové úsilí – špatná kvalita vyšetření. V situaci, kdy je snížená FVC pod normu, je třeba parametry průchodnosti dýchacích cest vztahovat k objemu plic - viz dále
- iv) základní posouzení obstrukce dýchacích cest pomocí parametru FEV_1 - zejména v předškolním věku je tento parametr k obstrukci dýchacích cest málo citlivý, parametry odvozené z kratšího výdechu ($FEV_{0,75}$ a $FEV_{0,5}$) taktéž. Parametry FEV_t navíc nediferencují mezi obstrukcí centrálních a periferních dýchacích cest. Zejména při snížené FVC je třeba parametry FEV_t korigovat na objem plic (FVC) – Tiffeneauův index (FEV_1/FVC).
- v) přesnější zhodnocení průchodnosti centrálních dýchacích cest – provádíme zejména na základě tvaru F-V křivky (obr. 2), pomocné mohou být parametry PEF, MEF_{75} , případně nádechové parametry (MIF – maximální nádechový průtok). Upozorňujeme, že hodnocení obstrukce centrálních dýchacích cest na základě předškolní spirometrie je problematické a vždy je vhodná její confirmace (např. opakovaný záchyt odpovídajícího tvaru F-V křivky zvyšuje pravděpodobnost obstrukce centrálních DC, dále napoví odpovídající klinika a anamnéza, bronchoskopický nález, atd.)
- vi) přesnější zhodnocení průchodnosti periferních dýchacích cest – používáme zejména parametry MEF_{25} , MEF_{50} a $MMEF_{25-75}$, které mají sice větší variabilitu než FEV_t , ale větší citlivost k postižení periferních dýchacích cest. Pro hodnocení odezvy periferních dýchacích cest v rámci bronchomotorických testů lze s výhodou využít i parametr plochy pod křivkou (Aex), který má větší citlivost [7]. V případě snížené FVC je třeba tyto parametry vztahovat k objemu plic – MEF_{xx}/FVC . Důležité je též zhodnocení tvaru F-V křivky (viz obr. 2). Při nejasnostech a potřebě přesného posouzení stavu periferních dýchacích cest lze v předškolním věku použít další vyšetřovací metody jako jsou impulzní oscilometrie, bodypletysmografie (měření specifického odporu dýchacích cest během klidového dýchání⁶) a test vícedechového vyplavování inertního plynu z plic. Využít lze i bronchodilatační test, který může ukázat zlepšení parametrů průchodnosti dýchacích cest a potvrdit tak podezření na obstrukci dýchacích cest. Upozorňujeme, že při

⁶ Při této modifikaci bodypletysmografie nedochází k uzavěru dýchacích cest a pokusu o nádech proti odporu. Není tak stanovena hodnota funkční reziduální kapacity, ale jen specifický odpor dýchacích cest). Celé vyšetření se tak podstatně zjednoduší. Dítě může sedět v bodypletysmografu na klíně rodiče (který by měl během měření zadržet dech).

hodnocení průchodnosti dýchacích cest jen podle parametru FEV₁, můžeme u řady pacientů obstrukci dýchacích cest minout – to platí zvláště u předškolních dětí.

- vii) klinicky relevantní diferenciálnědiagnostická rozvaha – snaha o přiřazení konkrétního nálezu k odpovídajícímu typu ventilační poruchy. Na základě samotné spirometrie není vždy možné definitivně rozhodnout o typu ventilační poruchy (obstrukční – restriktivní – kombinovaná), v takovém případě je vhodné doporučit (event. rovnou doplnit) další vyšetření k upřesnění nálezu. Závěry ohledně klinické relevance nálezu lze činit jen při znalosti anamnestických a dalších údajů o pacientovi (optimální situace – indikující lékař vyšetření i popisuje, méně vhodná varianta - řádně vyplněná žádanka s dostatkem klinických informací a pracovní diagnózou)

Obrázek 2. Typické tvary F-V křivek u různých patologií⁷



volně dle Stanojevic S, et al., Eur Respir J. 2022, doplněno vlastními křivkami autora

⁷ Tvary F-V křivek neslouží k definitivní diagnostice daného typu poruchy, spíše upozorňují na možnou patologii. Ne vždy je typický tvar F-V křivky plně vyjádřen, resp. ho nelze spolehlivě přiřadit k dané patologii (např. křivky d, f, g).

a) normální F-V křivka; b) mírná až středně těžká obstrukce periferních dýchacích cest, c) těžká obstrukce periferních dýchacích cest (emfyzematický tvar F-V křivky), d) variabilní extrathorakální obstrukce (oploštění nádechového raménka F-V křivky), e) fixovaná obstrukce velkých (centrálních) dýchacích cest, f) jednostranná obstrukce hlavního bronchu, g) restriční tvar F-V křivky, h) tracheomalacie.

Absolutní naměřené hodnoty spirometrických parametrů vztahujeme k normě. Normální hodnoty spirometrických parametrů závisí nejčastěji na výšce pacienta, věku a pohlaví (od puberty). Z tohoto důvodu je naprosto zásadní pacienta před každým spirometrickým vyšetřením přesně změřit (a event. i zvážit) certifikovaným nástrojem, tak abychom měli aktuální antropometrické hodnoty. V ČR tradičně pro předškolní věk používáme normy prof. Zapletalova [8]. Jejich výhodou je, že pocházejí přímo z české populace předškoláků a k dispozici jsou pro řadu parametrů včetně těch korigovaných na FVC. Nověji jsou k dispozici mezinárodní normy GLL2012 [9], které zahrnují věkové spektrum 3-95 let. Jejich hlavní přínos spočívá v tom, že při přechodu z pediatrie do dospělé péče není třeba měnit normy a tím je eliminována skoková změna v přechodném období (vhodné pro dlouhodobé sledování pacientů). Dále zohledňují etnicitu a její vliv na náležité hodnoty.

Porovnání měřených hodnot k náležitým hodnotám lze vyjádřit pomocí procent náležitých hodnot (% n.h.). Dříve tradovaná dolní hranice pro normu – 80 % n.h. - je zavádějící, jelikož není univerzálně platná (liší se u jednotlivých spirometrických parametrů) a může vést k závažným misinterpretacím funkčních výsledků. Aktuální doporučení se proto od % náležitých hodnot odklánějí a upozorňují na vhodnější vyjádření pomocí z-skóre. To udává, jak moc je daná hodnota patologická – tzn. o kolik se liší od průměru populace. Univerzálně platí, že za patologické považujeme snížení parametru pod 5. percentil (z-skóre -1,65), respektive jeho zvýšení nad 95. percentil (z-skóre 1,65)⁸. 5. a 95. percentil označujeme jako dolní a horní limit normy (LLN a ULN) a umožňují nám rychlou orientaci, zda je měřená hodnota ještě v normě nebo již pod/nad normou. Na rozdíl od % n.h. je 5. a 95. percentil platný pro všechny spirometrické parametry.

Závažnost patologie obvykle rozdělujeme do 3 stupňů – lehká, středně těžká a těžká porucha⁹. Odpovídající rozmezí v % n.h. pro hodnocení obstrukce dýchacích cest podle prof. Zapletalova [8] udává Tabulka 2 (upozorňujeme na odlišné hodnoty % n.h. pro jednotlivé spirometrické parametry a pro různé věkové kategorie). Tabulka 3 udává klasifikaci tíže redukce vitální kapacity dle % n.h. FVC. Nověji (ERS/ATS 2022 doporučení [6]) je doporučováno univerzální dělení pro všechny parametry na základě jejich z-skóre: lehká porucha -1,65 až -2,5 SD, středně těžká porucha, -2,51 až -4 SD a těžká porucha pod -4,1 SD. Výhodou tohoto přístupu je jednotná klasifikace ventilačních poruch a skutečnost, že v případě obstrukce dýchacích cest lépe odráží prognózu pacienta. Data z předškolního věku korelující s tíží poruchy podle spirometrie a prognózou pacienta však zatím nejsou k dispozici.

⁸ 5. a 95. percentil se týkají parametrů, které mají patologickou odchylku jen na jednu stranu (buď zvýšení nebo snížení). V případě možné patologie oběma směry (snížení i zvýšení), je třeba použít 2,5. a 97,5. percentil. Pro spirometrické parametry je relevantní první varianta.

⁹ Někdy je udáván ještě 4. stupeň závažnosti poruchy (obstrukce periferních dýchacích cest) – velmi těžká porucha, kde z-skóre > 5 směrodatných odchylek. Klinická relevance tohoto 4. stupně je ale sporná, a proto se v zájmu zjednodušení klasifikace od jeho použití odkláníme.

Tabulka 2: Zapletalova klasifikace tíže obstrukce periferních a centrálních dýchacích cest pro předškolní věk vyjádřená v % normy

		Periferní DC		Centrální DC
		MEF ₂₅	MEF ₅₀	PEF
Stupeň	Klasifikace	% n.h.		
1	lehká	70 – 60	75 – 66	80 - 72
2	středně těžká	59 – 50	65 - 58	71 – 64
3	těžká ¹⁰	< 49	< 57	< 63

DC – dýchací cesty; % n.h. – procenta náležitých hodnot

Tabulka 3: Klasifikace tíže redukce vitální kapacity vyjádřená v % normy podle PSDP ČPS 1994

Stupeň	Klasifikace	% n.h. FVC
1	lehká	71 – 84
2	středně těžká	61 - 70
3	těžká	< 60

PSDP ČPS – Pracovní skupina pro dětskou pneumologii České pediatrické společnosti

Tabulka 4: ERS 2022 klasifikace tíže ventilační poruchy vyjádřená jako z-skóre

Stupeň	Klasifikace	z-skóre*
1	lehká	-1,65 až -2,5 SD
2	středně těžká	-2,5 až -4 SD
3	těžká	< -4 SD

* univerzálně platné rozmezí pro všechny spirometrické parametry

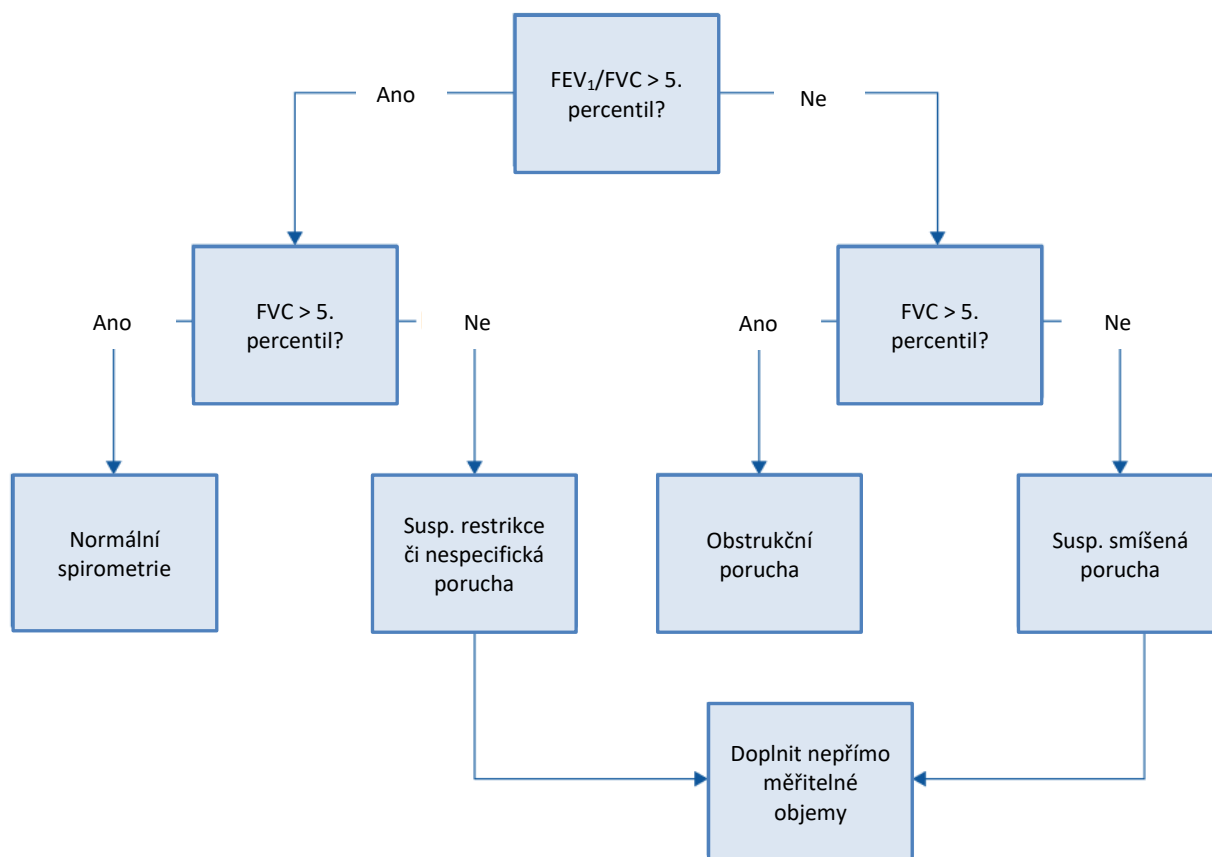
SD – směrodatná odchylka

Schematické znázornění postupu při interpretaci spirometrie je znázorněno na Obrázku 3. Schéma vychází z doporučení ERS/ATS 2022 a využívá přístup založený na hodnocení patologie pomocí z-skóre (resp. LLN). Zdůrazněna je role parametru FEV₁/FVC jakožto prvotního parametru pro diferenciatně diagnostickou rozvahu. Zde upozorňujeme, že tento přístup je určen primárně pro dospělé pacienty a starší děti. Zvláště pro předškolní věk je limitující nízká citlivost parametru FEV₁/FVC pro obstrukci periferních dýchacích cest. Alternativně lze tedy použít parametry FEV_{0,75}/FVC, FEV_{0,5}/FVC či MEF_{xx}/FVC¹¹. Podstatné ale zůstává vztažení informace o průchodnosti dýchacích cest k objemu plic (FVC).

¹⁰ Tradičně se ještě udává 4. stupeň tíže obstrukce dýchacích cest – obstrukce velmi těžká (z-skóre < -5 SD, MEF₂₅ < 42 % n, MEF₅₀ < 50 % n, PEF < 58 % n), někteří autoři vyžadují ještě redukcí FVC pod normu.

¹¹ Normy pro parametry MEF_{xx}/FVC jsou k dispozici jen v datech prof. Zapletalova, nikoliv GLI.

Obrázek 3: Schematické znázornění postupu při interpretaci spirometrie



upraveno podle Stanojevic S, et al., Eur Respir J. 2022

Spirometrické nálezy charakteristické pro jednotlivé typy ventilačních poruch jsou uvedeny v Tabulce 5. Upozorňujeme, že k definitivnímu přiřazení typu ventilační poruchy resp. konkrétní patologie je v některých případech nutné doplnit další vyšetření (např. bodypletysmografii, difuzní kapacitu), což může být v předškolní věku obtížné.

Tabulka 5: Typické spirometrické nálezy pro jednotlivé ventilační poruchy

	FEV _t	FVC	FEV _t /FVC	Poznámka
Obstrukční porucha	N/↓	N	↓	
Susp. restrikční porucha	↓	↓	N/↑	nutné TLC ¹² k potvrzení
Susp. nespecifická porucha	↓	↓	N	normální TLC, vhodné doplnit další testy (bronchodilatační test, Raw)
Svalová slabost	↓	↓	N	snížené PEF, oploštělý tvar F-V křivky

¹² Stanovit hodnotu TLC (ať bodypletysmograficky či dilučně) je v předškolním věku velmi náročné, u řady dětí vlivem nedostatečné spolupráce až nemožné. V takovém případě jednoznačné rozlišení typu ventilační poruchy může být nemožné.

Nedostatečné úsilí	↓	↓	N	známky horší kvality vyšetření
Smíšená porucha	↓	↓	↓	nutné TLC k potvrzení
Dysanapsea	N	N/↑	↓	

N – norma; ↓ - parametr snížen; ↑ - parametr zvýšen

upraveno podle Stanojevic S, et al., Eur Respir J. 2022

Bronchomotorické testy

Bronchomotorické testy přinášejí zásadní informaci ohledně reaktivity dýchacích cest na zevní podněty (léčiva, dráždivé látky/podněty). Poskytují tak klinicky cenné údaje pro nastavení a řízení léčby. Obecně lze k testování reaktivity využít různé metody vyšetření funkce plic, spirometrie je nejčastěji používaným testem. K bronchomotorickým testům přistupujeme v situaci, kdy je dítě schopno provést reprodukcibilní spirometrii, je tedy k dispozici spolehlivé vstupní vyšetření a lze předpokládat i dobrou kvalitu opakovaného vyšetření.

Bronchodilatační test (BD test) poskytuje informaci o reversibilitě obstrukce dýchacích cest po podání bronchodilatačního léku, nověji je doporučováno označení hodnocení reakce na bronchodilatans (odezvou totiž nemusí být jen ústup obstrukce dýchacích cest, ale i změny FVC např. v souvislosti s ovlivněním hyperinflace). Indikován je v situaci, kdy při vstupním vyšetření je přítomna porucha funkce plic – nejčastěji obstrukce dýchacích cest. BD test však může být přínosný i v situaci, kdy je přítomno snížení FVC bez zjevné obstrukce dýchacích cest. Tato situace může odpovídat hyperinflaci plicní, která též může reagovat na podání bronchodilatační. Pozitivita BD testu tak pomáhá odlišit restrikcii od pseudorestrikcí (hyperinflace) – např. v situaci, kdy není dostupná bodypletygmografie pro stanovení TLC. Bronchodilatační test je také doporučován při normálním spirometrickém nálezu v rámci prvního vyšetření pacienta, zejména v případě klinického podezření na obstrukci dýchacích cest, resp. bronchiální hyperreaktivitu. Důvodem je skutečnost, že populační norma spirometrie je poměrně široká a u individuálního pacienta může být obstrukce dýchacích cest/bronchiální hyperreaktivita přítomná navzdory normálním spirometrickým hodnotám. Po podání bronchodilatační pak může dojít k významnému zlepšení spirometrických parametrů a posunu hodnot až do pásma supranormálního (stanovení osobních nejlepších hodnot).

Okolnosti provedení BD testu závisí na klinické otázce. V situaci, kdy zjišťujeme, zda je u pacienta i na zavedené dlouhodobé medikaci přítomna reziduální bronchiální reaktivita, dlouhodobou léčbu nevysazujeme. V této situaci pozitivita testu svědčí buď pro nedostatečnou dávku dlouhodobé medikace, a nebo pro špatnou adherenci k léčbě. Naopak v situaci, kdy chceme nově diagnostikovat či potvrdit bronchiální reaktivitu, dlouhodobou léčbu vysazujeme. Časové intervaly doporučeného vysazení medikace jsou v Tabulce 6. Volba bronchodilatační medikace vychází z klinické otázky, stejně tak i způsob jejího podání. V předškolním věku používáme prakticky výhradně salbutamol ve formě MDI (Metered Dose Inhaler) aplikovaný přes inhalační nástavec s náustkem (nikoliv s obličejovou maskou) v dávce 400 µg (4 vstřiky). Rozestup mezi pre- a post-bronchodilatační spirometrií vychází z farmakokinetiky daného preparátu. V případě salbutamolu je doporučený rozestup 20 minut (minimum je 15 min).

Tabulka 6. Doporučená doba vysazení dlouhodobé medikace před BD testem

Medikace	Příklad	Doba vysazení
Krátkodobě působící beta 2 agonista (SABA)	Salbutamol	4-6 hod
Dlouhodobě působící beta 2 agonista (LABA)	Formoterol, salmeterol	24 hod
Krátkodobě působící anticholinergikum (SAMA)	Ipratropium	12 hod
Inhalační kortikosteroid (IKS)	Flutikason, Budesonid, Beklometason	netřeba
Antileukotrien (LTRA)	Montelukast	netřeba

převzato z Graham BL et al., Am J Respir Crit Care Med. 2019

Při hodnocení odezvy na bronchodilatans porovnáváme pre- a postbronchodilatační hodnoty vybraných spirometrických parametrů. Tradičně (ještě podle ERS/ATS 2005 [5]) bylo doporučováno postbronchodilatační změnu daného parametru vyjadřovat jako absolutní či relativní (procentuální) změnu vůči iniciálním hodnotám. Nověji (podle ERS/ATS 2022 [6]) je doporučováno vyjadřovat postbronchodilatační změnu (BDR) relativně k populační normě. Výpočet provádíme dle vzorce:

$$BDR (\%) = \frac{(post - bronchodilatační hodnota [l]) - (pre - bronchodilatační hodnota [l])}{náležitá hodnota [l]} * 100 \%$$

Zcela zásadní je pak rozhodnutí o tom, kdy považovat test za pozitivní – tzn. co představuje signifikantní změnu daného parametru. Zde vycházíme z přirozené krátkodobé variability spirometrických parametrů – tzn. jejich změny v rámci jedné testovací série (horizont několika minut až hodin) bez intervence či podání medikace. Data o variabilitě spirometrie v předškolním věku jsou limitovaná, nicméně panuje shoda, že bude vyšší než u dětí starších či dospělých. I přesto nebyly dosud stanoveny specifické hodnoty pro signifikantní změnu spirometrických parametrů v předškolním věku. Proto používáme hodnoty pro děti starší. Ani zde však není situace jednoznačná. Tabulka 7 shrnuje nejčastěji udávané hodnoty změny vybraných spirometrických parametrů považované za signifikantní. Uvedeny jsou hodnoty při použití hodnocení pomocí % změny iniciálních hodnot i pomocí % změny vztažené k populační normě. V případě positivity BD testu ještě uvádíme, zda byla reverzibilita úplná (tzn. návrat hodnot do normy) nebo neúplná (i po medikaci přetrvává porucha funkce plic).

Tabulka 7: Spirometrické parametry používané pro hodnocení bronchodilatačního testu a jejich signifikantní změna

Parametr	Signifikantní změna dříve	Signifikantní změna nově
FVC	10 % i.h.	10 % normy
FEV ₁	12 % i.h. nebo > 200 ml*	10 % normy
FEV _{0,75}	?	8,5 % normy
Aex†	20 % i.h.	?
MEF ₂₅ , MEF ₅₀ , MMEF ₂₅₋₇₅ †	20 % i.h.	?

PEF†	15 % i.h.	?
------	-----------	---

* absolutní hodnota změny v předškolním věku je nevhodná, i když ERS 2021 doporučení pro diagnostiku astmatu u dětí mezi 5-16 rokem života toto pravidlo používá [10]

† V případě hodnocení bronchodilatačního testu pomocí parametrů MEF₂₅, MEF₅₀, MMEF₂₅₋₇₅ a PEF je vyžadována signifikantní změna alespoň 2 z nich.

i.h – iniciální hodnota parametru

Bronchokonstrikční testy mají za cíl zhodnotit odezvu dýchacího traktu na různé dráždivé podněty a tak posoudit bronchiální (hyper)reaktivitu. Hlavní indikace jsou: i) diagnostika bronchiálního astmatu u dětí se susp. klinikou a normální spirometrií a negativním BD testem, ii) posouzení efektu dlouhodobé antiastmatické léčby¹³, iii) posouzení bronchiální hyperreaktivitě z jiných příčin (např. persistující po prodělaném virovém infektu), iv) posudkové účely. Rozlišujeme přímé a nepřímé bronchokonstrikční testy. Přímé testy využívají podněty, které působí přímo na hladký sval a způsobují bronchospasmus (methacholin, event. i histamin). Obecně mají větší senzitivitu a nižší specifitu pro diagnózu asthma bronchiale. Jejich výhodou je též možnost lépe intenzitu provokace dávkovat (několik stupňů aplikace látky). Naopak nepřímé testy využívají různé podněty, které mění osmotické a termické podmínky v dýchacích cestách a tím nepřímo (přes jiné buňky a mediátory) aktivují hladkou svalovinu. Nejčastěji je používán bronchokonstrikční test s fyzickou zátěží (v ČR volný běh 8 min optimálně ve venkovním prostředí), event. inhalace manitolu. U testů s nepřímo působícími podněty je udávána nižší senzitivita a vyšší specifita pro diagnózu asthma bronchiale. V případě bronchokonstrikčního testu volným během je oceňována jednoduchost provedení. Krom pulzního oxymetru a prostředků na zvládnání akutního bronchospasmu nevyžaduje žádné specifické vybavení laboratoře. Navíc se jedná o pro dítě přirozený typ provokace. Nevýhodou je nemožnost intenzitu zátěže přesně dávkovat (a tím i vyšší riziko těžkého bronchospasmu). Další nevýhodou je riziko falešně negativního testu při malé (nedostatečné) intenzitě testu.

Klinický význam bronchokonstrikčních testů v předškolním věku nebyl dostatečně validován. Řada technických aspektů testu zůstává nezodpovězena a protokoly pro provedení nejsou jednotné. Existuje jen několik obecných doporučení k provádění bronchokonstrikčních testů v předškolním věku [4], ostatní doporučení jsou přejata z dokumentů pro děti starší a dospělé [11], [12]. Zde tedy odkazujeme na příslušná doporučení pro děti starší a uvádíme jen základní poznámky:

- test má být proveden u dítěte bez známek respiračního infektu, resp. po 3 týdnech rekonvalescence, s normálním poslechového nálezem, SpO₂ ≥ 95% a normální vstupní spirometrií^{14, 15}

¹³ Bronchokonstrikční test sice není aktuálně standardním nástrojem pro posouzení stupně kontroly nad astmatem (podle současných doporučení je toto hodnoceno primárně na základě klinických příznaků - např. mezinárodní Test kontroly astmatu), nicméně bronchoprovokační test provedený na léčbě může přinést dodatečné informace o reziduální bronchiální hyperreaktivitě. Řada studií ukazuje, že inhlační kortikosteroidy u dětí s asthma bronchiale signifikantně snižují bronchiální hyperreaktivitu [13]. Některé studie dokonce naznačují, že léčba astmatu řízená podle bronchiální hyperreakivity může mít benefity proti standardně vedené léčbě [14].

¹⁴ Požadavek normální spirometrie je uveden v práci [4]. Doporučení pro starší děti a dospělé [11,12] povoluje hodnoty FEV₁ > 60 % pro přímé testy a FEV₁ > 75% pro nepřímé testy.

¹⁵ Vzhledem k tomu, že při bronchoprovokačních testech (zejména s methacholinem) je nutné provést několik spirometrických manévrů po sobě a test vyžaduje delší soustředění dítěte, může být jeho kvalitní provedení

- k dispozici musí být prostředky pro zvládnání akutního bronchospasmu, kyslík, pulzní oxymetr, tlakoměr a stetoskop
- vysazení dlouhodobé medikace před testem závisí na klinické otázce, doba vysazení odpovídá starším dětem
- aplikační protokoly u testů přímo působícími podněty musí být uzpůsobeny předškolnímu věku, z důvodu bezpečnosti (nižší kontaminace prostředí provokační látkou) jsou aktuálně preferovány dozimetrické metody. Při dozimetrické metodě má být doba nádechu < 0,6 s. Metody kontinuální nebulizace jsou nyní využívány méně. Vzhledem k tomu, že nevyžadují usilovný nádech pro aplikaci bronchokonstrikční látky, může být jejich úspěšnost v předškolním věku o něco vyšší než u dozimetrických metod. V následujících krocích nebulizace jsou používány dvojnásobné koncentrace aplikované po dobu 2 min, event. čtyřnásobná koncentrace po dobu 1 min (v případě potřeby zkrátit trvání testu pro omezenou pozornost dítěte)
- inhalaci fyziologického roztoku lze použít k posouzení přirozené variability spirometrie
- test je ukončen aplikací bronchodilatancia (i při nesignifikantním poklesu plicních funkcí), propuštění dítěte z laboratoře je možné až po návratu plicních funkcí do původních hodnot [4]
- výsledek bronchoprovokačních testů s přímými podněty může být vyjádřen jako provokační dávka či koncentrace¹⁶, přičemž preferováno je uvádění provokační dávky. Zejména v předškolním věku lze použít i sklon křivky dávka-odpověď (tuto lze stanovit i v případě, že nebylo dosaženo zvoleného provokačního prahu)
- výsledek bronchokonstrikčních testů s nepřímými působícími podněty (zátěž během) hodnotíme pouze jako dosažení prahového poklesu vybraného parametru – klasicky FEV₁ o 10 % (podle ERS 2018)
- věkově-specifické normy k posouzení přirozené bronchiální hyperreaktivitě v předškolním věku stále chybí.

Dlouhodobé sledování pacienta

Spirometrie je často využívána k monitoraci pacienta v čase - např. hodnocení přirozeného průběhu onemocnění, efektu léčby či jiných intervencí. V této situaci porovnáváme výsledky dvou a více spirometrických vyšetření provedených v časovém odstupu. Následně rozhodujeme, zda pozorovaná změna odpovídá přirozené variabilitě měření, resp. přirozenému vývoji plicních funkcí, nebo se již jedná o patologický pokles. Nezbytná je tak znalost přirozené střednědobé až dlouhodobé variability spirometrických parametrů (horizont měsíců až roku) a také znalost přirozeného vývoje spirometrických parametrů v čase. V dětském věku je také třeba počítat s růstem plic a průdušek (ne

v předškolním věku pomocí spirometrie obtížné. Proto test indikujeme až u dětí, které jsou schopny spolehlivě provést základní spirometrii. Alternativně lze použít jiné metody vyšetření funkce plic (oscilometrie, apod.).

¹⁶ V případě spirometrie jsou v předškolním věku doporučovány parametry FEV_{0,5} (FEV_{0,75}) či Aex, alternativně i FEV₁. U nich je požadován minimální pokles o 20 % iniciálních hodnot. Místo spirometrie může být použito i měření odporu dýchacích cest (Raw), kde je požadován pokles alespoň o 35-40 %. Dále lze pro potřeby hodnocení odpovědi použít transkutánní oxymetrii (pokles PtcO₂ o 20 %) případně auskultační vyšetření s pulzní oxymetrií (zde hodnotíme pouze dosažení prahu – tzn. rozvoj obstrukčních poslechových fenoménů a pokles SpO₂ pod 91 %).

vždy synchronním – efekt tzv. dysanapse). Konstantní absolutní hodnoty parametru tak znamenají relativní pokles.

Klasický přístup pro hodnocení vývoje spirometrických parametrů je založen na posouzení jejich absolutní či relativní změny oproti vstupním hodnotám. Změny vyšší než přirozená variabilita jsou považovány za signifikantní. Tradičně je jako signifikantní uváděna změna FEV_1 větší než 10 %¹⁷. Tento přístup má však řadu nedostatků. Variabilita spirometrických parametrů závisí na věku, pohlaví a tíži nemoci. Jedna univerzálně platná hodnota (viz výše) tedy není přesná – zejména v dětském věku. Navíc data o variabilitě v předškolním věku chybí a nyní jsou používány hodnoty od dětí starších.

Recentně bylo pro hodnocení vývoje spirometrie v dětském věku navrženo tzv. skóre podmíněné změny (conditional change score -CCS) [13], které se vypočte podle vzorce:

$$CCS = \frac{FEV_{1T_1} - (r \times FEV_{1T_2})}{\sqrt{1-r^2}},$$

kde FEV_{1T_1} je z-skóre parametru FEV_1 v čase T1 (počátek), FEV_{1T_2} je z-skóre parametru FEV_1 v čase T2 (konec) a r je koeficient spočtený podle vzorce: $r = 0,642 - 0,44 \times t + 0,02 \times a$ (t = čas v letech mezi okamžikem T1 a T2, a = věk pacienta v letech v čase T1). Hodnoty CCS v rozmezí $\pm 1,96$ jsou považovány za normální. Klinický význam CCS bude nutno ještě validovat, ale mohl by zpřesnit hodnocení vývoje spirometrie v čase.

Závěr

Klinický význam spirometrie v předškolním věku sice není literárně plně doložen, nicméně v řadě případů lze pomocí tohoto nástroje získat klinicky užitečné informace. Výsledky spirometrie v předškolním věku je však třeba interpretovat obezřetně a mít na paměti větší míru nejistoty než u dětí starších, kde je kvalita vyšetření zpravidla vyšší.

¹⁷ V absolutních hodnotách je to pokles o 100 ml. V předškolním věku (vzhledem k očekávanému růstu plic) to však není relevantní a proto vždy používáme procentuální vyjádření.

Literatura

- [1] Rosenfeld M, Allen J, Arets BH, Aurora P, Beydon N, Calogero C, Castile RG, Davis SD, Fuchs S, Gappa M, Gustaffson PM, Hall GL, Jones MH, Kirkby JC, Kraemer R, Lombardi E, Lum S, Mayer OH, Merkus P, Nielsen KG, Oliver C, Oostveen E, Ranganathan S, Ren CL, Robinson PD, Seddon PC, Sly PD, Sockrider MM, Sonnappa S, Stocks J, Subbarao P, Tepper RS, Vilozni D; American Thoracic Society Assembly on Pediatrics Working Group on Infant and Preschool Lung Function Testing. An official American Thoracic Society workshop report: optimal lung function tests for monitoring cystic fibrosis, bronchopulmonary dysplasia, and recurrent wheezing in children less than 6 years of age. *Ann Am Thorac Soc*. 2013 Apr;10(2):S1-S11. doi: 10.1513/AnnalsATS.201301-017ST. PMID: 23607855.
- [2] Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, Hallstrand TS, Kaminsky DA, McCarthy K, McCormack MC, Oropez CE, Rosenfeld M, Stanojevic S, Swanney MP, Thompson BR. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019 Oct 15;200(8):e70-e88. doi: 10.1164/rccm.201908-1590ST. PMID: 31613151; PMCID: PMC6794117.
- [3] Cooper BG. An update on contraindications for lung function testing. *Thorax*. 2011 Aug;66(8):714-23. doi: 10.1136/thx.2010.139881. Epub 2010 Jul 29. PMID: 20671309. Cooper BG. An update on contraindications for lung function testing. *Thorax*. 2011 Aug;66(8):714-23. doi: 10.1136/thx.2010.139881. Epub 2010 Jul 29. PMID: 20671309.
- [4] Beydon N, Davis SD, Lombardi E, et al. American Thoracic Society/European Respiratory Society Working Group on Infant and Young Children Pulmonary Function Testing. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: pulmonary function testing in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med*. 2007 Jun 15;175(12):1304-45.
- [5] Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Crapo R, Enright P, van der Grinten CP, Gustafsson P, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Navajas D, Pedersen OF, Pellegrino R, Viegi G, Wanger J; ATS/ERS Task Force. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005 Aug;26(2):319-38. doi: 10.1183/09031936.05.00034805. PMID: 16055882.
- [6] Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, Thompson B, Aliverti A, Barjaktarevic I, Cooper BG, Culver B, Derom E, Hall GL, Hallstrand TS, Leuppi JD, MacIntyre N, McCormack M, Rosenfeld M, Swenson ER. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J*. 2022 Jul 13;60(1):2101499. doi: 10.1183/13993003.01499-2021. PMID: 34949706.
- [7] Zapletal A, Hladíková M, Chalupová J, Svobodová T, Vávrová V. Area under the maximum expiratory flow-volume curve - a sensitive parameter in the evaluation of airway patency. *Respiration*. 2008;75(1):40-7.
- [8] Zapletal A, Chalupová J. Forced expiratory parameters in healthy preschool children (3-6 years of age). *Pediatr Pulmonol*. 2003 Mar;35(3):200-7. doi: 10.1002/ppul.10265. PMID: 12567388.
- [9] Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH, Enright PL, Hankinson JL, Ip MS, Zheng J, Stocks J; 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 Dec;40(6):1324-43. doi: 10.1183/09031936.00080312. Epub 2012 Jun 27. PMID: 22743675; PMCID: PMC3786581.

- [10] Gaillard EA, Kuehni CE, Turner S, Goutaki M, Holden KA, de Jong CCM, Lex C, Lo DKH, Lucas JS, Midulla F, Mozun R, Piacentini G, Rigau D, Rottier B, Thomas M, Tonia T, Usemann J, Yilmaz O, Zacharasiewicz A, Moeller A. European Respiratory Society clinical practice guidelines for the diagnosis of asthma in children aged 5-16 years. *Eur Respir J*. 2021 Nov 4;58(5):2004173. doi: 10.1183/13993003.04173-2020. PMID: 33863747.
- [11] Coates AL, Wanger J, Cockcroft DW, Culver BH; Bronchoprovocation Testing Task Force: Kai-Håkon Carlsen, Diamant Z, Gauvreau G, Hall GL, Hallstrand TS, Horvath I, de Jongh FHC, Joos G, Kaminsky DA, Laube BL, Leuppi JD, Sterk PJ. ERS technical standard on bronchial challenge testing: general considerations and performance of methacholine challenge tests. *Eur Respir J*. 2017 May 1;49(5):1601526. doi: 10.1183/13993003.01526-2016. PMID: 28461290.
- [12] Hallstrand TS, Leuppi JD, Joos G, Hall GL, Carlsen KH, Kaminsky DA, Coates AL, Cockcroft DW, Culver BH, Diamant Z, Gauvreau GM, Horvath I, de Jongh FHC, Laube BL, Sterk PJ, Wanger J; American Thoracic Society (ATS)/European Respiratory Society (ERS) Bronchoprovocation Testing Task Force. ERS technical standard on bronchial challenge testing: pathophysiology and methodology of indirect airway challenge testing. *Eur Respir J*. 2018 Nov 15;52(5):1801033. doi: 10.1183/13993003.01033-2018. PMID: 30361249.
- [13] Childhood Asthma Management Program Research Group, Szeffler S, Weiss S, Tonascia J, Adkinson NF, Bender B, Cherniack R, Donithan M, Kelly HW, Reisman J, Shapiro GG, Sternberg AL, Strunk R, Taggart V, Van Natta M, Wise R, Wu M, Zeiger R. Long-term effects of budesonide or nedocromil in children with asthma. *N Engl J Med*. 2000 Oct 12;343(15):1054-63. doi: 10.1056/NEJM200010123431501. PMID: 11027739.
- [14] Nuijsink M, Hop WC, Sterk PJ, Duiverman EJ, de Jongste JC. Long-term asthma treatment guided by airway hyperresponsiveness in children: a randomised controlled trial. *Eur Respir J*. 2007 Sep;30(3):457-66. doi: 10.1183/09031936.00111806. Epub 2007 May 30. PMID: 17537770.
- [15] Stanojevic S, Filipow N, Ratjen F. Paediatric reproducibility limits for the forced expiratory volume in 1 s. *Thorax*. 2020 Oct;75(10):891-896. doi: 10.1136/thoraxjnl-2020-214817. Epub 2020 Aug 11. PMID: 32788261.