

## Épreuves fonctionnelles respiratoires de l'enfant de 3 à 5 ans : quel matériel, quelles mesures ?

### PFTing in children aged 3–5 years : Which material, which measurements?

N. Beydon <sup>a,\*</sup>, <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Unité fonctionnelle de pneumologie pédiatrique, hôpital Robert-Debré, 48, boulevard Sérurier, 75935 Paris cedex 19, France

<sup>b</sup> Laboratoire d'explorations fonctionnelles respiratoires, hôpital Armand-Trousseau-La-Roche-Guyon, 26, avenue du Dr Arnold-Netter, 75571 Paris cedex 12, France

Disponible sur Internet le 26 février 2010

---

#### Résumé

L'exploration fonctionnelle respiratoire (EFR) de l'enfant âgé de 3 à 5 ans est possible sous réserve de connaître le fonctionnement du matériel utilisant les techniques adaptées à cette tranche d'âge. Les techniques utilisées dépendent tout autant des capacités de l'enfant que des habitudes du personnel à utiliser ces techniques. Cet article revoit les techniques disponibles à cet âge en pratique courante en laboratoire de ville ou à l'hôpital.

© 2010 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

#### Abstract

Lung function testing in children 3 to 5 years of age is possible using equipment and techniques suitable for this age group. The use of different techniques will depend on the child's ability as well as on the technician's skill to use specific techniques. This review will detail the techniques that are easily available for routine lung function assessment in private practice or in hospital laboratory.

© 2010 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

*Mots clés* : Fonction respiratoire ; Enfant préscolaire ; Résistance ; Spirométrie

---

## I. INTRODUCTION

La nécessité de pouvoir établir le développement normal de la fonction respiratoire de la naissance à l'âge adulte est à la fois le prérequis à l'évaluation de l'altération de la fonction respiratoire secondaire aux maladies respiratoires chroniques et un outil indispensable pour l'évaluation de l'effet des thérapeutiques. Grâce aux développements technologiques survenus depuis une trentaine d'années, nous sommes passés du matériel fabriqué « maison » à du matériel de mesure fabriqué et diffusé par des compagnies industrielles. Cela facilite

l'uniformisation des mesures et l'utilisation de normes établies par d'autres ou collectivement. Nous proposons de faire le point sur les différentes techniques adaptées au jeune enfant (de 3 à 5 ans dans le présent article) et aisément disponibles pour les mesures de routine.

## 2. GÉNÉRALITÉS

L'exploration de la fonction respiratoire (EFR) du jeune enfant se singularise par le fait que si l'enfant est exploré éveillé, sa coopération reste minimale. L'EFR du jeune enfant nécessite un environnement favorable, en particulier un personnel habitué au contact avec les jeunes enfants, un mobilier adapté,

---

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [nicole.beydon@rdb.aphp.fr](mailto:nicole.beydon@rdb.aphp.fr).

des décorations et jeux qui mettent l'enfant à son aise. Enfin, il faut prévoir un temps suffisant pour la mise en confiance de l'enfant et la nécessité parfois de répéter les mesures si celles-ci ne sont pas correctes ou reproductibles.

Toutes les mesures se font enfant assis, éveillé, respirant à travers un embout buccal et un filtre antibactérien, pince-nez en place [1]. Cependant, si un enfant n'est pas capable d'effectuer une spirométrie forcée autrement que debout et sans pince-nez, les mesures et leurs conditions de réalisation doivent être reportées. Pour toutes les techniques, sauf celle de l'oscillation forcée, l'espace mort de l'appareil doit être minimal (< 2 ml/kg de poids) et rapporté par le constructeur. La résistivité du filtre antibactérien doit être minimale et pour les mesures de la mécanique respiratoire elle doit être rentrée dans le calcul des mesures. Les appareils doivent avoir une procédure de calibration satisfaisant les recommandations internationales, mais pour le jeune enfant on veillera à la précision des mesures de volumes et de débits ( $\pm 5\%$ ) et à la capacité du matériel à mesurer des pressions bien plus élevées que chez l'adulte (jusqu'à 2,5 kPa/L par seconde) du fait des valeurs normales inversement corrélées à l'âge. Les mesures de mécanique respiratoire doivent être effectuées plancher buccal et joues, soutenus pour diminuer la compliance des voies aériennes supérieures et toujours avant de procéder aux manœuvres forcées qui peuvent entraîner un bronchospasme.

Les mesures doivent être interprétées en fonction de normes établies chez l'enfant du même âge et avec la même technique, en particulier, il ne convient pas d'extrapoler des valeurs établies chez les enfants plus âgés ou d'utiliser des normes de résistances établies avec une technique pour des mesures utilisant une autre technique [1]. Il est habituel de vérifier la congruité des normes choisies sur une petite population d'enfants sains dans son laboratoire.

### 3. TECHNIQUES UTILISÉES CHEZ LE JEUNE ENFANT

#### 3.1. Mécanique respiratoire

##### 3.1.1. Pléthysmographie : résistance spécifique des voies aériennes

La mesure directe de la résistance spécifique des voies aériennes (sRaw) s'effectue à partir de la courbe débit (à la bouche)-volume (dans la boîte) sans nécessité d'interrompre le flux aérien [2]. sRaw est le produit de la résistance des voies aériennes et du volume de mesure. En cas de mesure anormalement élevée, il ne peut pas être précisé la part qui revient à la diminution du calibre bronchique et celle qui revient à l'augmentation du volume intrathoracique (elle-même conséquence de l'obstruction bronchique). Cependant, en cas de mesure normale on peut affirmer qu'il n'y a pas d'obstruction bronchique car en cas d'obstruction bronchique, les deux facteurs de l'équation varient dans le même sens et ne peuvent donc pas se compenser pour donner une valeur normale. La réalisation de la mesure nécessite que l'enfant respire sans fuite à travers l'embout buccal, pince-nez en place, dans la cabine fermée. Il a été montré qu'avec un adulte

accompagnant l'enfant dans la cabine, et en tenant compte du volume supplémentaire, les mesures de sRaw étaient superposables à celles obtenues avec l'enfant seul dans la cabine [3]. L'adulte doit retenir sa respiration ou expirer très lentement durant la mesure. Pour abolir l'effet thermique (air inspiré froid, air expiré chaud) sur le volume, un système de sac pour ré-inspiration était utilisé autrefois. Ce matériel n'existe plus et il est proposé une compensation thermique électronique dont les effets sont variables selon le réglage (souvent abscon et délicat), plutôt dans le sens de l'augmentation de la valeur de résistance. Enfin, la sRaw augmente avec la fréquence respiratoire. Il est recommandé d'effectuer les mesures à environ 30 cycles par min et de calculer la médiane de cinq mesures correctes consécutives. Différentes méthodes de calcul de sRaw sont possibles sRaw<sub>TOT</sub>, sRaw<sub>V<sub>MAX</sub></sub>, sRaw<sub>0,5</sub>, sRaw<sub>MID</sub>. Tous ces paramètres, en particulier la compensation thermique, font qu'avant d'utiliser les normes publiées, il est fortement recommandé de les tester avec son matériel sur 30 à 50 enfants sains. Le matériel utilisé chez le jeune enfant doit pouvoir proposer :

- l'affichage des mesures sRaw sans avoir besoin d'effectuer une mesure de volume par occlusion ;
- l'affichage de cinq mesures consécutives et la fréquence respiratoire lors de la mesure ;
- la correction pour le volume d'un adulte accompagnant ;
- un manuel explicitant l'algorithme utilisé pour le calcul de sRaw et de la compensation thermique.

##### 3.1.2. Oscillations forcées : impédance du système respiratoire

La technique de l'oscillation forcée permet la mesure de l'impédance du système respiratoire [4]. Il existe différentes techniques de mesure essentiellement liée à la nature des oscillations. On note la technique du bruit pseudo randomisé par ondes continues et celle de l'oscillométrie par impulsions par ondes discontinues. Les ondes peuvent être de fréquences multiples ou uniques empêchant, alors, l'étude de la fréquence dépendance de l'impédance. L'impédance est composée de la résistance (propriétés résistive du système respiratoire [Rrs]) et de la réactance ([Xrs] et fréquence de résonance [FreqRes] : propriétés d'élastance et d'inertance du système respiratoire). Tous les résultats obtenus dépendent de la fréquence de la mesure. Il est recommandé de mesurer l'impédance avec un spectre de fréquences comprenant des fréquences moyennes de 4 à 10 Hz plus adaptées à la mesure de Rrs [1]. L'acquisition est rapide (8 à 16 s) en volume courant et la moyenne de trois à cinq acquisitions correctes ainsi que le coefficient de variation (en général inférieur de 10 %) sont calculés. Indépendamment des critères d'acceptabilité liée à la ventilation, aux mouvements de l'enfant et à l'allure des courbes de débit et pression, il est proposé un facteur de cohérence ( $\gamma^2 \geq 0,95$ ) pour valider l'hypothèse princeps de linéarité du système respiratoire pour les variations de pression et de volume lors de la mesure. Le matériel utilisé chez le jeune enfant doit pouvoir proposer :

- de visualiser les courbes de débit et pression ;
- donner la cohérence de la mesure ;

- calculer le coefficient de variation ;
- afficher Rrs, Xrs et FreqRes pour toutes les fréquences étudiées.

### 3.1.3. Résistance par interruption du débit aérien

La technique classique de mesure de résistance par interruption du débit aérien (Rint) en volume courant utilise le débit mesuré juste avant une brève et soudaine interruption et la pression, calculée par régression arrière jusqu'au temps de l'occlusion, du plateau. La majorité des normes ont été établies avec cette technique et toute autre technique (débit après la réouverture de la valve, autre méthode de calcul de la pression) donnera des résultats différents non comparables. Des caractéristiques techniques de rapidité de fermeture de la valve, de distance entre capteur de pression et transducteur sont établies [1]. La mesure doit comporter un minimum de cinq interruptions correctes tant en ce qui concerne l'absence de mouvement de l'enfant que l'allure de la courbe ou la relation pression-débit. La médiane et le coefficient de variation (en général inférieur de 12 %) sont calculés. Le matériel utilisé chez le jeune enfant doit pouvoir proposer :

- un calcul de la pression par régression linéaire arrière ;
- la visualisation de la courbe de pression pour chaque interruption et la possibilité de l'éliminer ;
- le calcul de la médiane et du coefficient de variation.

## 3.2. Spirométrie

Chez le jeune enfant les particularités sont liées à la difficulté d'effectuer un effort à la fois intense et prolongé. De plus, le petit volume pulmonaire est généralement expiré en moins de 3 s (recommandation ATS/ERS pour les inférieurs de 8 ans) et parfois en moins de 1 s. Enfin, le gradient moins marqué entre dimension des voies aériennes centrales et périphériques rend compte de l'aspect de la courbe plus en forme de « cloche » que de « triangle ». L'effort est jugé satisfaisant si le débit expiratoire de pointe (DEP) est clairement individualisable en début de courbe (volume extrapolé arrière inférieure de 10 % CVF [5]), que la courbe de débit descend progressivement vers le zéro ou s'interrompt à un débit inférieur à 10 % du DEP, qu'il existe une reproductibilité à 10 % et 100 mL des volumes expirés [1]. Compte tenu de l'expiration rapide, il faut tenir compte des volumes expirés en moins d'une seconde (volume expiré en 0,5 s et 0,75 s), la courbe ayant la meilleure somme VEMS ou  $VE_{0,5} + CVF$  est celle sur laquelle les débits distaux doivent être reportés. Des logiciels incitatifs basés sur la CV ou sur le DEP ont été développés. Si leur apport est incontestable pour certains enfants, il ne l'est pas pour tous et il n'a pas été démontré que ces logiciels augmentaient le taux de réussite de la manœuvre forcée à cet âge. Le matériel utilisé chez le jeune enfant doit pouvoir proposer :

- afficher en temps réel et en différé les courbes débit-volume et volume-temps ;
- afficher un nombre important de courbes pour une série de mesure ;
- afficher, en sus des indices habituels, les volumes expirés à différent temps (0,5 s et 0,75 s), le volume extrapolé arrière,

le débit à la fin de l'expiration si différent de zéro en pourcentage par rapport au DEP ;

- intégrer des critères de reproductibilités différents de celui du grand enfant et de l'adulte ;
- proposer des logiciels incitatifs basés sur la CV et/ou sur le DEP.

## 3.3. Interprétation des résultats

Il n'existe aucune recommandation pour interpréter les EFR de l'enfant âgé de 3 à 5 ans du fait :

- de l'absence de *gold standard* ;
- du manque d'étude de corrélation clinique-EFR.

Les indications données ci-dessous sont issues de notre pratique quotidienne et de notre analyse suivie de la littérature sur le sujet.

### 3.3.1. Résistance respiratoire

Des valeurs supérieures à 140–150 % sont considérées comme témoignant d'une obstruction bronchique. La réversibilité après administration de bronchodilatateur est diversement appréciée selon la technique. Il a été proposé une diminution de 25 % sur valeur prédite pour sRaw [6], de 27,5 % sur base  $Rrs_{FOT}$  [7], et de 35 % sur valeur prédite pour Rint [8], la spécificité du test augmente notablement lorsque le seuil choisi augmente. Lors du test de provocation bronchique une augmentation inférieure à 35 % est en faveur de l'absence de réponse significative [1].

### 3.3.2. Spirométrie

Des normes adaptées viennent d'être publiées pour l'enfant âgé de 3 à 5 ans [9]. La limite inférieure de la normale est donnée par le 5<sup>e</sup> percentile ou par une valeur de z score (c'est dire : valeur observée – valeur prédite par RSD) inférieure à 1,645. En effet, dans cette tranche d'âge la variabilité des index de spirométrie est telle que le pour cent de la valeur prédite indiquant la limite inférieure de la normale est très différente selon l'âge (par exemple valeur inférieure de la normale pour le VEMS à 3 ans = 66 % prédit). La réactivité bronchique a été très rarement étudiée à cet âge. Le bronchodilatateur augmente en moyenne et de façon similaire VEMS et  $VE_{0,5}$  en cas d'asthme modéré (+15 %) et sévère (+20 %) [10], le test d'hyper-réactivité bronchique diminue plus fréquemment le  $VE_{0,5}$  que le VEMS.

## 4. CONCLUSION

Il est possible d'effectuer des EFR chez l'enfant âgé de 3 à 5 ans avec du matériel commercial. Il est cependant nécessaire de bien connaître les contraintes liées à l'âge pour recueillir des résultats pertinents pour le suivi de la fonction pulmonaire des enfants.

## CONFLIT D'INTÉRÊT

Aucun.

## RÉFÉRENCES

- [1] Beydon N, Davis SD, Lombardi E, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement : pulmonary function testing in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med* 2007;175:1304–45.
- [2] Dab I, Alexander F. A simplified approach to the measurement of specific airway resistance. *Pediatr Res* 1976;10:998–9.
- [3] Bisgaard H, Nielsen KG. Plethysmographic measurements of specific airway resistance in young children. *Chest* 2005;128:355–62.
- [4] Oostveen E, MacLeod D, Lorino H, et al. The forced oscillation technique in clinical practice: Methodology, recommendations and future developments. *Eur Respir J* 2003;22:1026–41.
- [5] Neve V, Edme JL, Devos P, et al. Spirometry in 3–5-year-old children with asthma. *Pediatr Pulmonol* 2006;41:735–43.
- [6] Nielsen K, Bisgaard H. Discriminative capacity of bronchodilator response measured with three different lung function techniques in asthmatic and healthy children aged 2 to 5 years. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164:554–9.
- [7] Delacourt C, Lorino H, Herve-Guillot M, et al. Use of the forced oscillation technique to assess airway obstruction and reversibility in children. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:730–6.
- [8] Beydon N, Pin I, Matran R, et al. Pulmonary function tests in preschool children with asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;168:640–4.
- [9] Stanojovic S, Wade A, Cole TJ, et al. Spirometry centile charts for young Caucasian children. The asthma UK collaborative initiative. *Am J Respir Crit Care Med* 2009;180:547–52.
- [10] Vilozni D, Barak A, Efrati O, et al. The role of computer games in measuring spirometry in healthy and “asthmatic” preschool children. *Chest* 2005;128:1146–55.