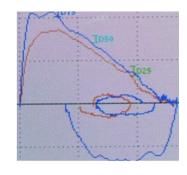
# Particularités des EFR pédiatriques

Nicole Beydon
Hôpital Armand Trousseau
Paris



# A partir de quel âge peut-on réaliser des EFR ?



Naissance

2/3 ans

5/6 ans

• 8/10 ans

> 8/10 anş

**Sommeil** (sédation> 2 mois), expérience longue à acquérir, présence d'un médecin obligatoire, examen long, normes discutées et matériel-dépendantes !! Place, matériel onéreux

Enfant éveillé, assis droit, respire à travers embout buccal + pince-nez sans bouger ni parler = **coopération minimale** 

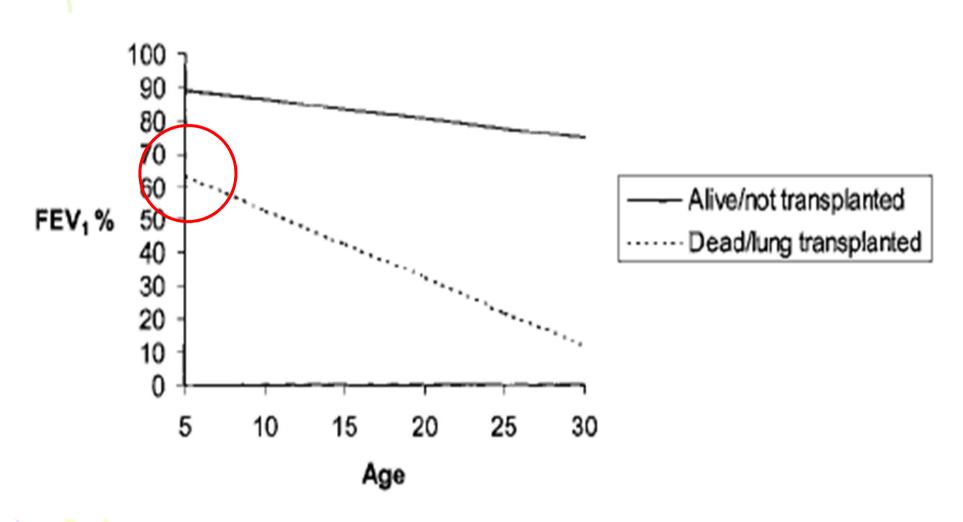
Technique « adulte » utilisables avec **variabilité** interindividuelle et intra-individuelle plus grande

Technique « adulte » utilisables comme chez l'adulte

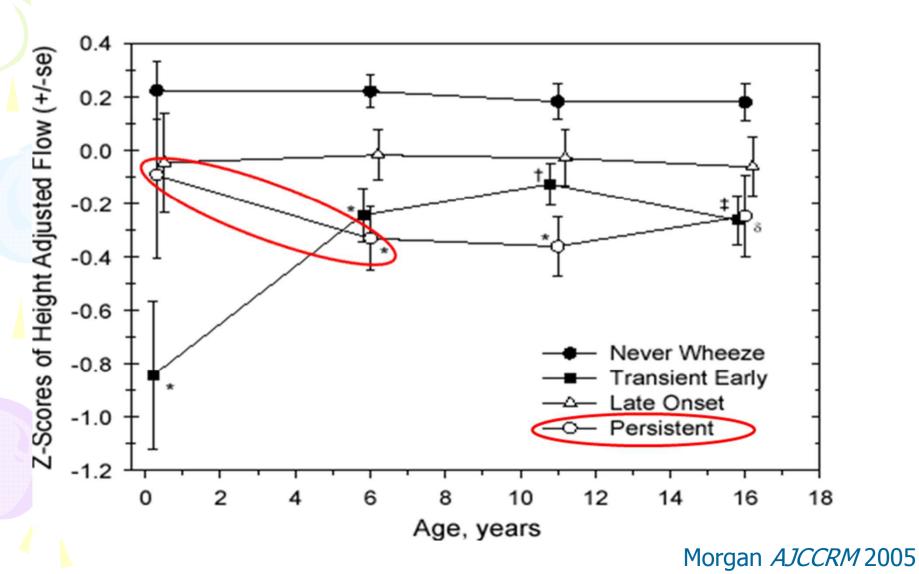
## Pourquoi explorer les jeunes enfants?

- Temps pendant lequel la maladie peut progresser « silencieusement »
- Période durant laquelle une intervention pourrait éviter des atteintes irréversibles
- Obtenir des critères objectifs
  - De gravité et d'évolution de la maladie
  - d'efficacité des traitements
    - en recherche
    - en clinique

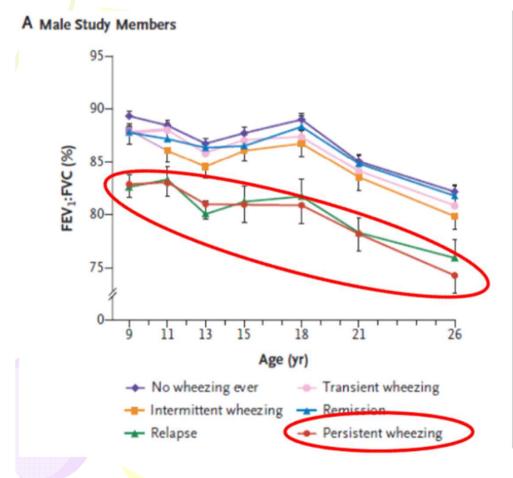
# Mucoviscidose, valeur prédictive du VEMS à 5 ans

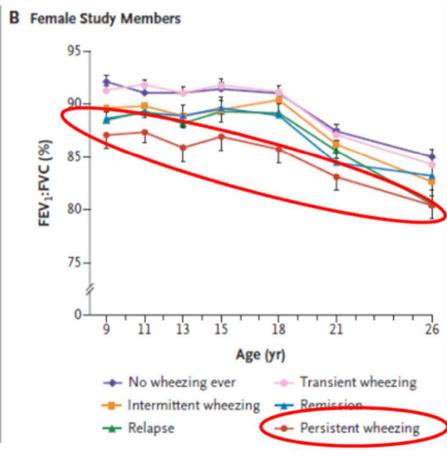


# Atteinte fonctionnelle et phénotype (âge de début) des sifflements entre 0 et 16 ans



# Persistance de l'atteinte fonctionnelle ans selon le phénotype entre 9 et 26





### Utilité des EFR chez l'enfant

- Confirmer / exclure un diagnostic et objectiver sa gravité
  - Base, réactivité bronchique (BDR, tests de provocation)
  - Ponctuellement (pré-op scoliose)
- Suivre l'évolution de la maladie
  - Avec ou sans traitement de fond (~1/an)
- Evaluer l'effet des traitements
  - > 2 mois après modification (saison)
- Evaluer le prognostic
  - "tracking" de la fonction respiratoire asthme

### Contraintes pédiatriques

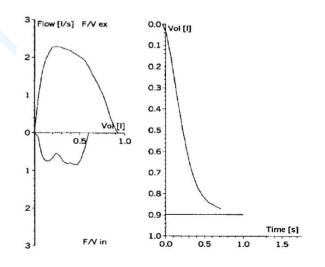
- Matériel adapté à l'âge (dimensions)
  - Embout buccal
  - Filtre anti-microbien

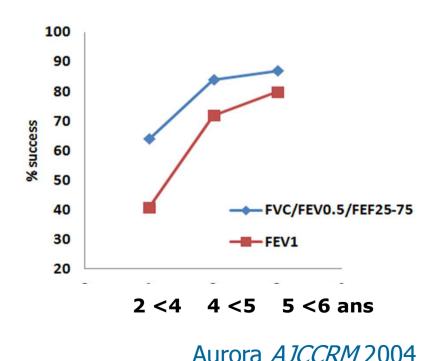


- Techniques adaptées à la maturité
  - Techniques en volume courant
- Normes adaptées à l'âge/taille avec la technique utilisée
- Locaux accueillants si possible # de ceux accueillant des adultes
- Personnel entraîné, motivé, patient
- Du temps...

## **Spirométrie**

- Les jeunes enfants ne peuvent remplir les critères adultes avant l'âge de 8 ans (ATS/ERS Miller ERJ 2005)
- Reproductiblité médiocre jusqu'à 10 ans
- Succès/âge
- Incitatifs facultatifs





## Spirométrie, technique

 Enfants scolaires / adolescents / adultes Enfants préscolaires

ATS/ERS AJRCCM 2007

ATS/ERS ERJ 2005

#### Début du test

VBE <5%CVF ou 150mL (le + grand) <12,5%CVF ou 80mL

Montée rapide jusqu'au DEP, pas de toux...

#### **Expiration**

Forme triangulaire

En cloche

#### Fin du test

Expiration ≥6s (3s <10 ans)

Expi ≥1s (VEMS) ou <1s

#### Reproductibilité

CVF & VEMS <150mL d'écart

<100mL ou 10% (le + grand)

#### Nombre max d'essais

Maximum 8 essais

Pas de nombre max

#### Résultats

Meilleurs d'au moins 2 courbes repro

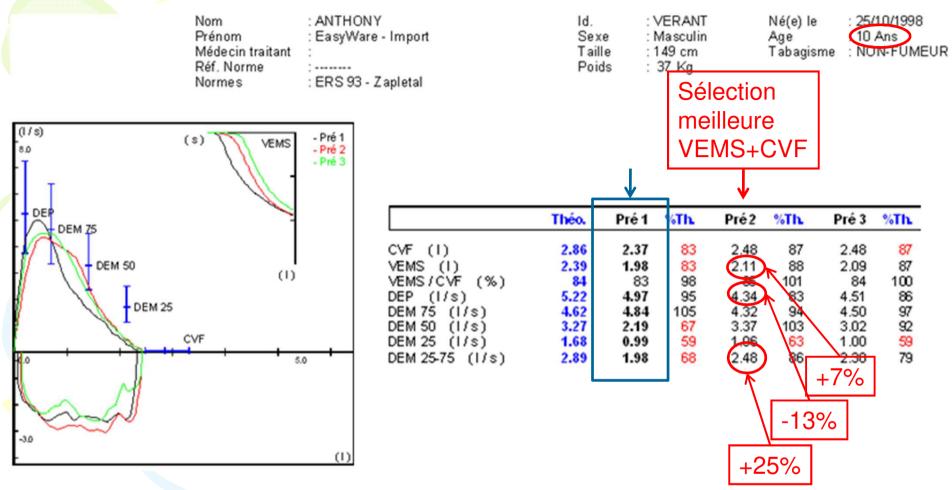
Meilleurs  $\geq 1$  courbe(s)

DEF courbe avec meilleure VEMS+CVF

#### Réversibilité

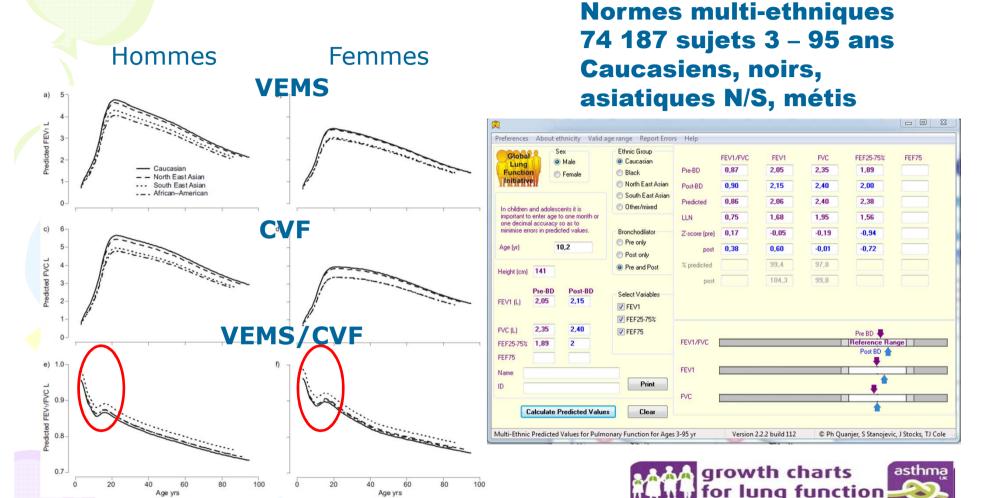
CVF et/ou VEMS > 12%B ET > 200m ? GINA > 2015 5-11 ans > 12%Prédit,

VEMS>15%B, DEMM>55%B (Borrego ADC 2013)



- Inspection des courbes
- Critères de début et de fin
- Séléction de la courbe de meilleure technique

# Spirométrie, interprétation



Z-SCOTE The Asthma UK Collaborative Initiative to Develop Reliable Reference Ranges for Lung Function in Young Children

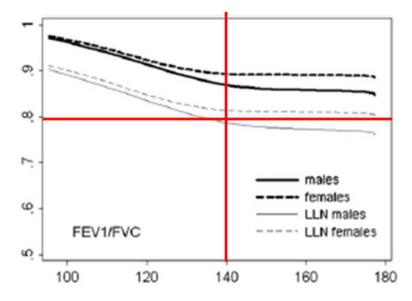
90% population entre -/+ 1,645 95% population entre -/+ 1,96

www.lungfunction.org

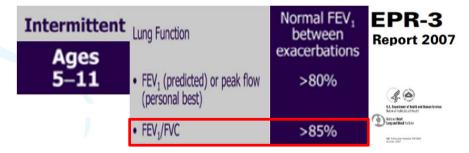
Quanjer *ERJ* 2012

Limite Inférieure de la normale VEMS/CVF

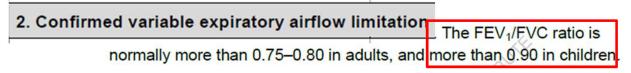
VEMS/CVF LIN = -1,64 z-sc	Filles	Garçons
100 cm	85	83
110 cm	83	80
120 cm	81	78
130 cm	79	77
140 cm Quanjer <i>ERJ</i> 2012	78	76



< 140 cm LIN VEMS/CVF ~ 0,80 puis décroît avec un rebond à la puberté



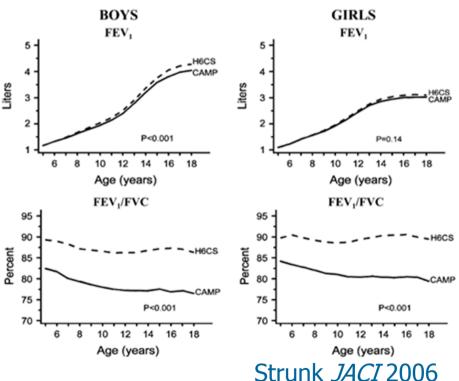
Box 1-2. Diagnostic criteria for asthma in adults, adolescents, and children 6-11 years





# Chez l'enfant asthmatique VEMS et VEMS/CVF souvent dans les limites de la normale

Characteristic*	asthme léger à modéré CAMP	sujets sains H6CS
No. of children	1041	5415
No. of examinations	22,137	28,562
Mean age (y) at initial examination†	$8.9 \pm 2.1$	$8.2 \pm 1.7$
Mean age (y) at examination†	$12.4 \pm 3.2$	$11.9 \pm 3.4$
FEV <sub>1</sub> (% of predicted)‡	$97.2 \pm 14.2$	$101.0 \pm 12.5$
FEV <sub>1</sub> /FVC (% of predicted)	\$9.9 ± 9.3	99.6 ± 6.6



#### **Enfants asthmatiques**

- VEMS normal
- VEMS/CVF bas ou LIN
- Cotation de l'obstruction sur l'altération du VEMS non adaptée

### Résistance respiratoire chez l'adulte

Diaphragme

Bouche +20-30%
Larynx
0.05 kPa.L<sup>-1</sup>.s

Trachée Bronches 0.08 kPa.L<sup>-1</sup>.s

Alvéoles
Tissu pulmonaire
0.02 kPa.L<sup>-1</sup>.s
Paroi thoracique
0.05 kPa.L<sup>-1</sup>.s

**RVAS** 

**RVAI** 

**PLETHYSMOGRAPHIE**, Raw

TECHNIQUES
BALLONNET OESOPHAGIEN

INTERRUPTION DEBIT, Rint OSCILLATIONS FORCES, Rrs

TOTAL 0.2 kPa.L<sup>-1</sup>.s

### Intérêt de la mesure de la résistance

Pression dans les voies aérienens

Débit dans un tube

- R proportionnel à 8ηl/ΔΡπ<sup>4</sup>
  - o Si r/2 alors R\*16!!

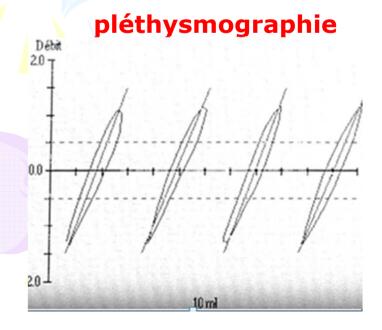
### Mesures de résistance

- Réaliser avant l'expiration forcée
- Enfant assis, dos droit, cou position neutre, joues maintenues, pince-nez
- Pas de fuite autour de l'embout buccal, pas de mouvement ou phonation pendant la mesure
- Espace mort ≤2 mL/kg
- Résistance basse du filtre anti-bactérien
- Capteur capable de mesurer des pressions hautes (2kPa.s.L<sup>-1</sup>)

# Mesures de résistance $R = \Delta P/V'$

**Voies aériennes** 

Système respiratoire



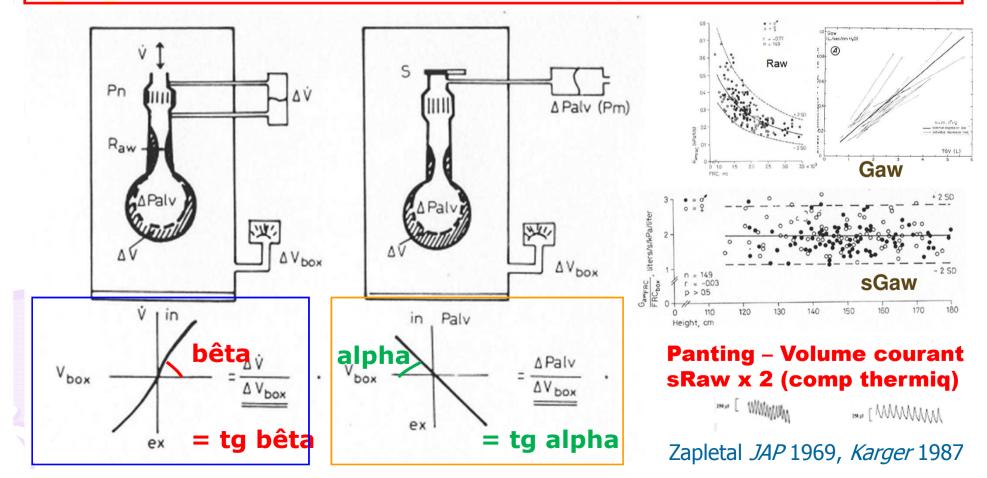
#### **Oscillations forcées**

#### Rrs Pmax (hPa.s.l-1) Pint<sub>F</sub> Pint Slope P25 R<sub>16</sub>-Ppre T<sub>0</sub> T30 T70 T100 12 20 28 Frequency (Hz)

#### **Interruption débit**

# Pléthysmographie loi Boyle-Mariott's PV = C<sup>st</sup>

- Raw = (ΔPalv/ΔV') = tg alpha∗ctg bêta
- $VGT = (\Delta V / \Delta Palv)*(P_B-P_{H2O}) = ctg alpha*(P_B-P_{H2O})$
- Raw\*VGT = sRaw =  $(\Delta V/\Delta V')_*(P_B-P_{H2O})$  = ctg bêta\* $(P_B-P_{H2O})$



#### • sRaw

			4.00		THEOI SOTT
Age (years)	No. testet	No. completed	(%)	墓	
2	28	16	57		au alle
3	31	20	65	tros	
4	34	28	82		
5	21	21	100		
6	22	21	95		
7	15	15	100	1	
	151	121			
Klug B, Bisg	gaard H. <i>Pediatr Pulmoi</i>	nol 1998;25:322–331			

- Faisabilité
- CoV 8-11%
- En cas d'obstruction sRaw augmente
  - Augmentation Raw
  - et/ou augmentation VGT



(Bisgaard *Chest* 2005)

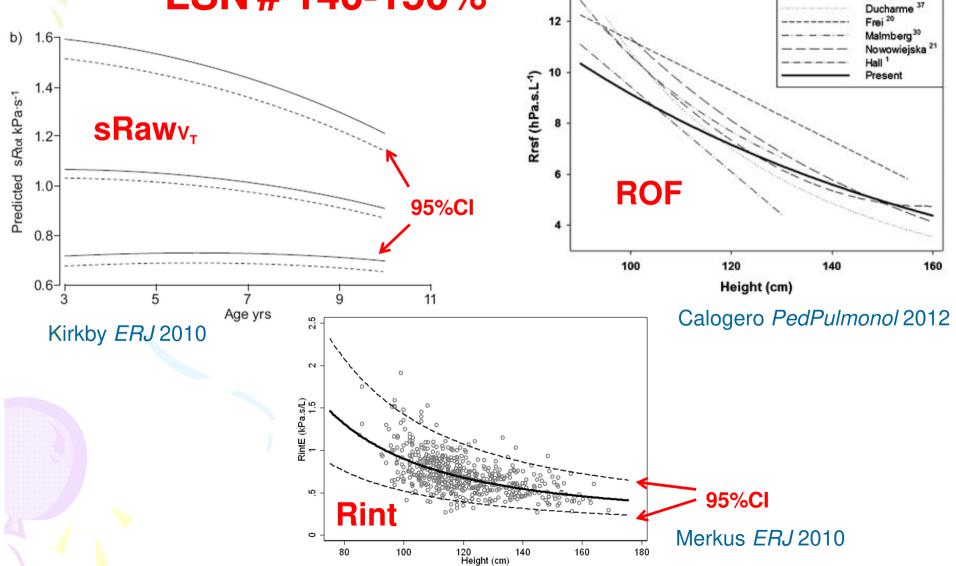
## Résistance du système respiratoire

- Résistance par interruption du debit Rint
- Technique des oscillations forcées (FOT), impulse oscillométrie (IOS)
- Débit et pression mesurés à la bouche
- Recommendations
  - Faisabilité ≥ 3 ans > 90%, 2-3 ans ~50%
  - → CoV Rint ~12%, ROF <10%
- Le volume n'entre pas directement en compte dans la mesure

# Normes Résistance

Duiverman 39

Obstrués z-score > 2 LSN # 140-150%



## En résumé, la résistance

- Large distribution inter individuelle
  - Chevauchement valeurs sains obstrués
  - Détecte plus souvent une bronchoréactivité anormale qu'un valeur de base anormale
- Valeurs anormales > 140-150% ou > 2 z-score
- Réversibilité
  - **-** # -40%
  - -0,25 kPa.L<sup>-1</sup>.s pour Rrs enfants < 130 cm
- Provocation
  - # + 35 40% (++ toujours autre technique tcPO<sub>2</sub>,SpO<sub>2</sub>)

### Julien, 4 ans

 Toux chronique plutôt hivernale et majorée par l'effort, pas de traitement de fond

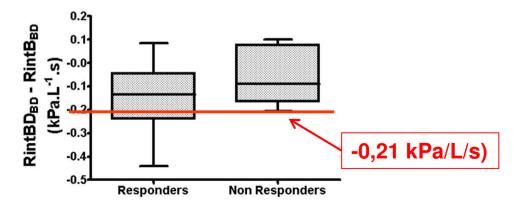
102cm	Base	(%N, z so	e) BD	(%N, z sc)	BD
CRF <sub>He</sub>	0,56	98			
	(L)				
Rrs	1,10	127%	0,78	90%	- 36% N
	(kPa.L <sup>-1</sup> .s)	1,04	(kPa.s.L <sup>-1</sup> )	-0,43	- 0.30
					kPa.s.L <sup>-1</sup>
SpO <sub>2</sub> (%)	98				

### **BDR mesurée avec Rint et HRB**

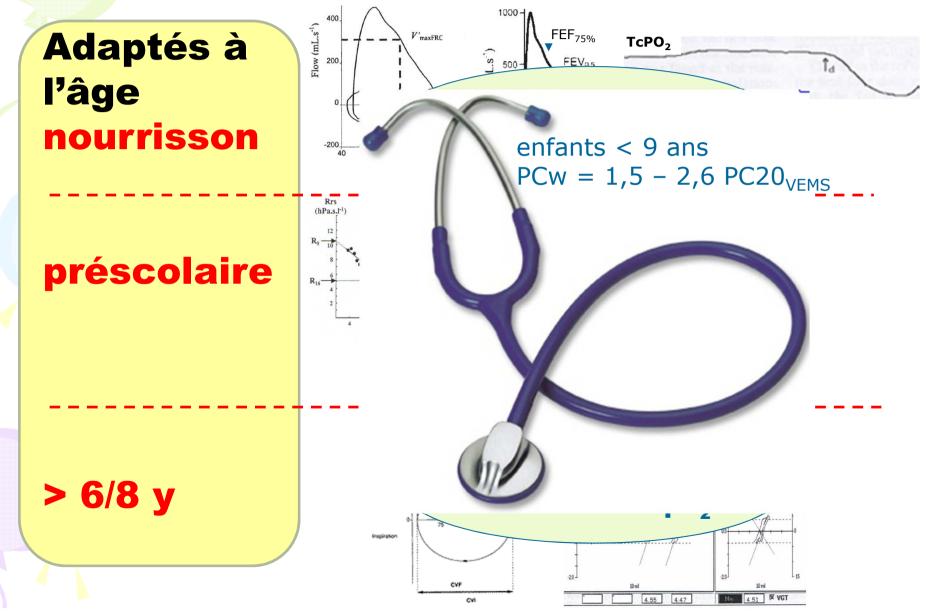
- 38 enfants 5 ans (de 2,8 à 6,4) toux chronique
- BDR 4 mois avant test à la métacholine
- 24 HRB+ 14 HRB-

Figure 1

Réversibilité de la Rrs en faveur d'une HRB (traitement d'épreuve)



# Test de provocation Techniques et critères



# Interprétation du test

- Préscolaires
- Tests pharmacologiques directs
  - TcPO<sub>2</sub> -20% avec TcPCO<sub>2</sub> stable
  - Résistance >+ 35%
  - VEMS -20% moins ??
  - VE<sub>0.5</sub> -25% ?
  - **SpO<sub>2</sub>** -5 points ou < 91%, -3 points + Rint
  - Tests indirects inhalés (AMP)
    - TcPO<sub>2</sub> -15%
    - **SpO<sub>2</sub>** -5 points

(Avital JPed 1995, Joseph-Bowen AJRCCM 2004, Beydon AJRCCM 2007, Vilozni PedPulm 2009, Bakirtas PedPulm 2007, Kim PedPulm ActaPaed 2006, ClinExpAll 2007, Beydon ERJ Open Res 2015

# Interprétation du test

- Scolaires et adolescents
  - Tests pharmacologiques directs
    - VEMS -20%
    - Résistance pléthysmographique +80%
    - TcPO<sub>2</sub> -20% avec TcPCO<sub>2</sub> stable
  - Tests physiques
    - VEMS -10% (labo) or -15% (hors labo)
    - VEMS -10% ET DEF<sub>75-25%</sub> -26%
  - Tests indirects inhalés (mannitol, AMP...)
    - VEMS -15%

(ATS AJRCCM 1999, Holmgren Acta Paed 1996, Custovic Chest 1994, Barben PedPulm2011)

## Cas clinique: Florinda 4 ans

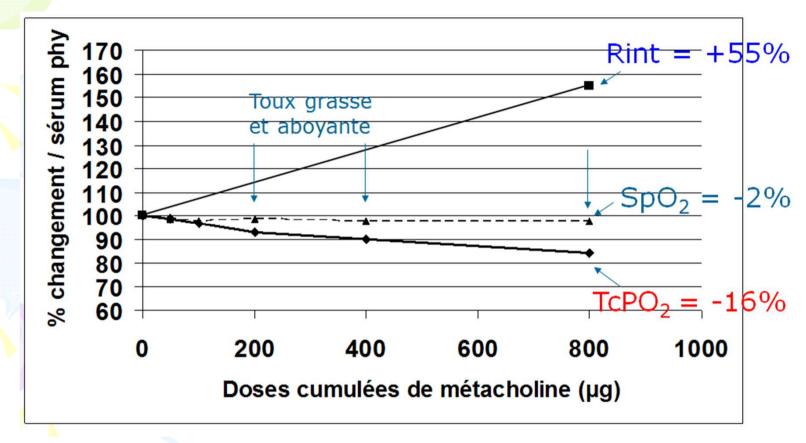
- Pas d'antécédents personnels ou familiaux
- Toux spasmodique depuis  $1^{1/2}$  an, grasse et parfois sèche
- Traitement Sérétide<sub>125</sub> 1 bX2/j semi-efficace, pas de sibilants
- Radiographie thoracique: syndrome bronchique
- Bilan allergologique négatif

# Florinda 4 ans

Base (%N, z-sc) BD (%N, z-sc) BD

Rrs		85%	77%	- 8%
		-0,61	-1,01	- 0.06
				kPa.s.L <sup>-1</sup>
SpO <sub>2</sub>	(%)	98		

# Florinda 4 ans Test de provocation bronchique



Ne jamais faire un test HRB sur la seule mesure de résistance (faux-positifs, faux-négatifs)
Associer au minimum une mesure SpO<sub>2</sub>

Si augmentation isolée de la résistance faire mesure post-seuil Si présence de signes clinique (hors toux) + baisse SpO<sub>2</sub> 3 points, même si résistance non augmentée, arrêter le test

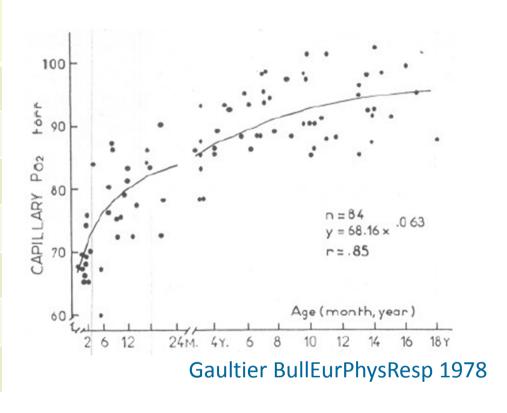
# HRB sensibilité et spécificité dans l'asthme de l'enfant

	Course libre	EHCA	Méta	Histam
sensibilité	35%	30.7%	47%	<b>52</b> %
spécificité	97%	88.2%	97%	90%

- Meilleur test pour exclure que pour affirmer diagnostic d'asthme
- Positivité différente selon test in/direct
- Jeune enfant, test direct seulement réalisable
- Recherche de bronchospasme d'effort
  - 50% des cas, bronchospasme survient avant la fin de l'effort

## **Valeurs normales PaO<sub>2</sub>cap, PCO<sub>2</sub>**

Age	PaO <sub>2</sub> cap mmHg (SD)
NN – 2 r	mois 70 (7.74)
2-10 mo	is 75 (7.74)
10-24 m	ois 80 (7.74)
2-4 ans	85 (5.5)
4-7 ans	88 (5.5)
7-10 ans	92 (5.16)
>10 ans	95 (5.16)

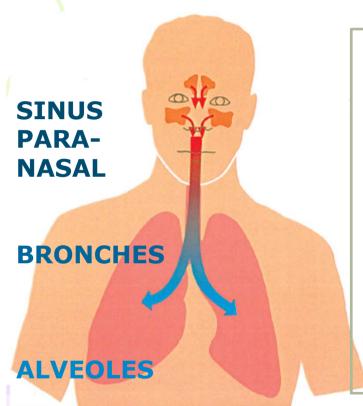


 $PaCO_2 = PaCO_2 cap = adultes = enfants = 35 - 45 mmHg (36-44)$  50 mmHg peut être obtenu par l'apnée

PvCO<sub>2</sub> =PaCO<sub>2</sub>+5 mmHg

< 45 mmHg 100% sensibilité 57% spécificité pour éliminer une hypercapnie pH = 7.36 - 7.45

# Monoxide d'azote



**SAINS** 

Elevé 500-1500ppb

Bas < 15-25ppb

Très bas <8ppb

**ASTHME** 

Elevé Très élevé (sinusitis)

Elevé si allergie Diminue avec CSI

Parfois élevé

**CF-DCP** 

**Bas-TrèsB** 

Bas

?

Augmente la tension partielle en oxygène

Diminue les résistances vasculaires pulmonaires

Modulation immunologique, pro-inflammatoire, anti-bactérien

# NO expiré, FeNO



Expiration contre résistance (5-10 cm $H_2O$ ), fermeture du palais mou, débit constant (0.05L.s-1  $\pm$  10%) reflète la production bronchique de NO

**Durée mesure** 

≥4s si <12 ans et ≥6s si >12 ans Plateau

≥2s si <12 ans et ≥4s si >12 ans Moyenne 2 mesures à 10% (1 ppb si<10 ppb) (ATS/ERS AJRCCM 2005)



- FeNO dépend
  - De l'âge < 12 ans
  - De la taille et de l'âge >12 ans
- Valeur FeNO chez l'enfant < 12 ans</li>
  - Basse < 20 ppb</li>
  - Élevée > 35 ppb
  - Intermédiaires 20-35 ppb
- > 12 ans; basse < 25 élevée > 50 ppb

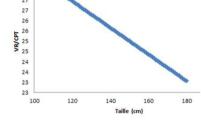
(See Chest 2013, Dweik AJRCCM 2011)

## **Autres techniques**

#### Volumes

- CRF dilution quand pléthysmographie impossible = n'évalue pas les gaz piégés
- VR/CPT plus élevé chez le jeune enfant

(Zapletal *Karger* 1987)



- Pmax
  - Normes pour l'âge (Pe<sub>MAX</sub>) et le poids (Pi<sub>MAX</sub>)
  - Sniff-test > 6ans, normes garçons selon âge

(Wilson *Thorax* 1984, Stefanutti *AJRCCM* 1999)

#### DLCO

- Technique d'apnée : diminuer le volume rejeté, le temps d'apnée (8s)
- Technique en volume courant: normes? V<sub>E</sub>?

