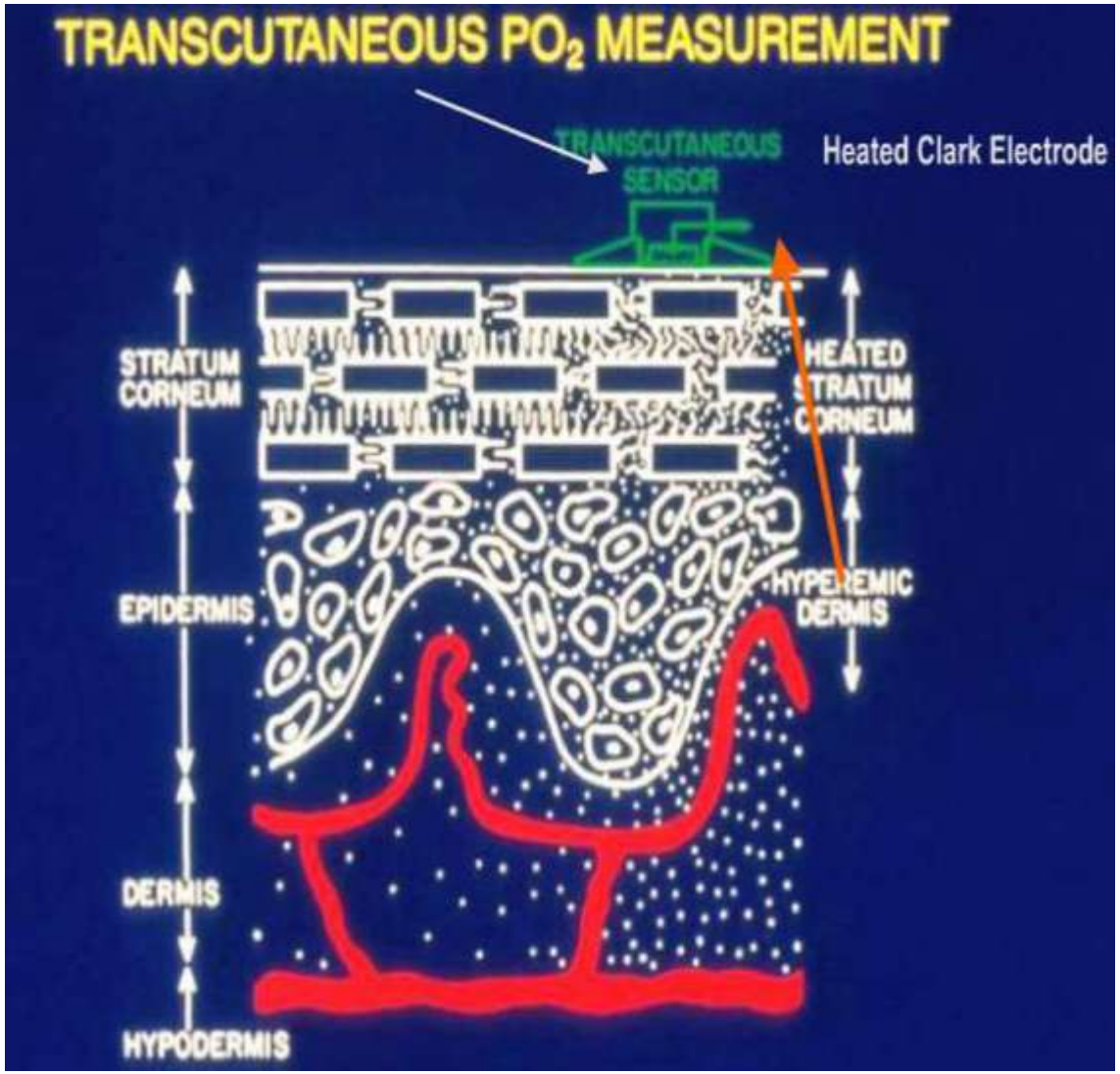
Mesure de la Pression transcutanée en CO_2 chez l'enfant

Pr Etienne Javouhey
Service de réanimation pédiatrique
Hôpital Femme Mère Enfant, Hospices Civils de Lyon
Université Claude Bernard Lyon 1

PRINCIPES



Artérialisation

Diffusion au travers de la couche cornée et de l'épiderme à partir des boucles capillaires

CO_2 grande solubilité tissulaire et diffusion cutanée

Stabilisation $TcPCO_2$
3 à 15 minutes

$PtcCO_2$

$PtcCO_2$ cutanée > PCO_2 capillaire = gradient physiologique (métabolisme cutanée et température)

↑**Gradient** : Perfusion locale insuffisante (choc, inotropes, ...)
Température locale (facteur de correction)
Epaisseur
Pigmentation ?

↑ Perméabilité par artérialisation de la peau par **chauffage**

$PtcCO_2$

Avantages

- Eviter les GDS itératifs : pertes sanguines, douleur
- Fiable chez les patients en VNI, avec ventilation à fuite (≠ $ETCO_2$)
- Fiable même chez le patient instable, avec inégalités V/P, VDalv (≠ $ETCO_2$)
- Permet de suivre des évolutions, mesure continue

Inconvénients-limites

- Contraintes techniques:
  - Calibration
  - Équilibration
  - Changement de sites
  - Fragilité des membranes et sondes
- Coût du matériel et des consommables
- Limites fiabilité: peau noire, épaisse, valeurs extrêmes, situation de choc, vasopresseurs

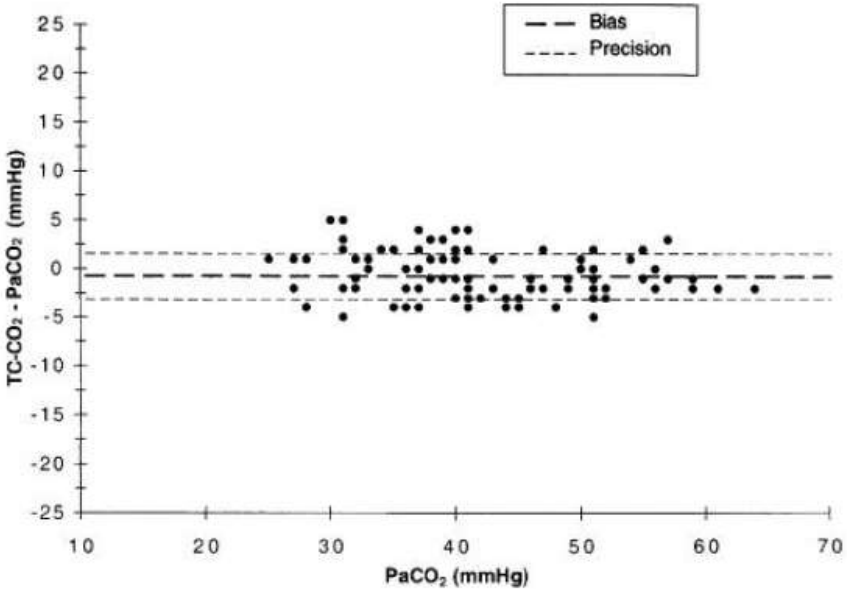
Intérêt de la $PtcCO_2$ chez l'enfant ventilé à domicile

- **Détection d'une hypoventilation nocturne**
  - Ajuster les réglages du ventilateur
  - Limiter les fuites de l'interface : changement de masque, mentonnière…
  - Si détection à domicile, confirmer par enregistrement à l'Hôpital si possible avec sommeil
- Evolution après différents réglages, différentes interfaces (commerciaux/moulés)

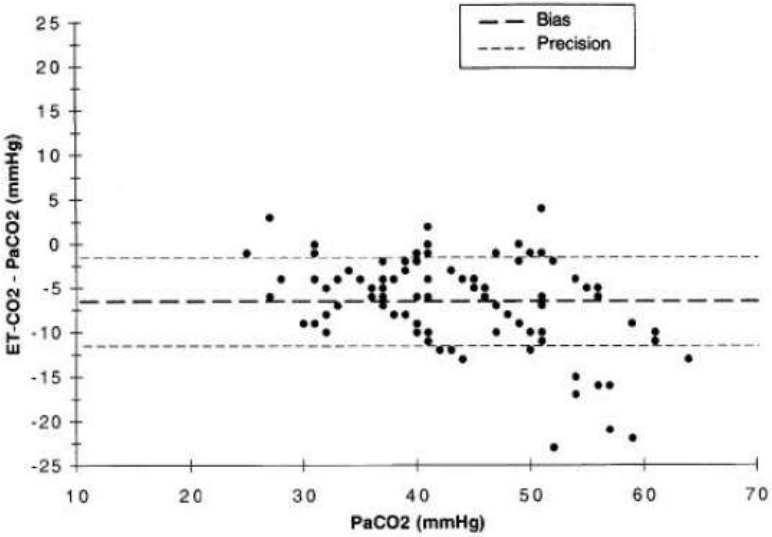
Comparaison avec EtCO2 chez les enfants de moins de 4 ans en détresse respiratoire aigue

Tobias and Meyer, Anesth analg 1997;85:55

$PtcCO_2$



$EtCO_2$



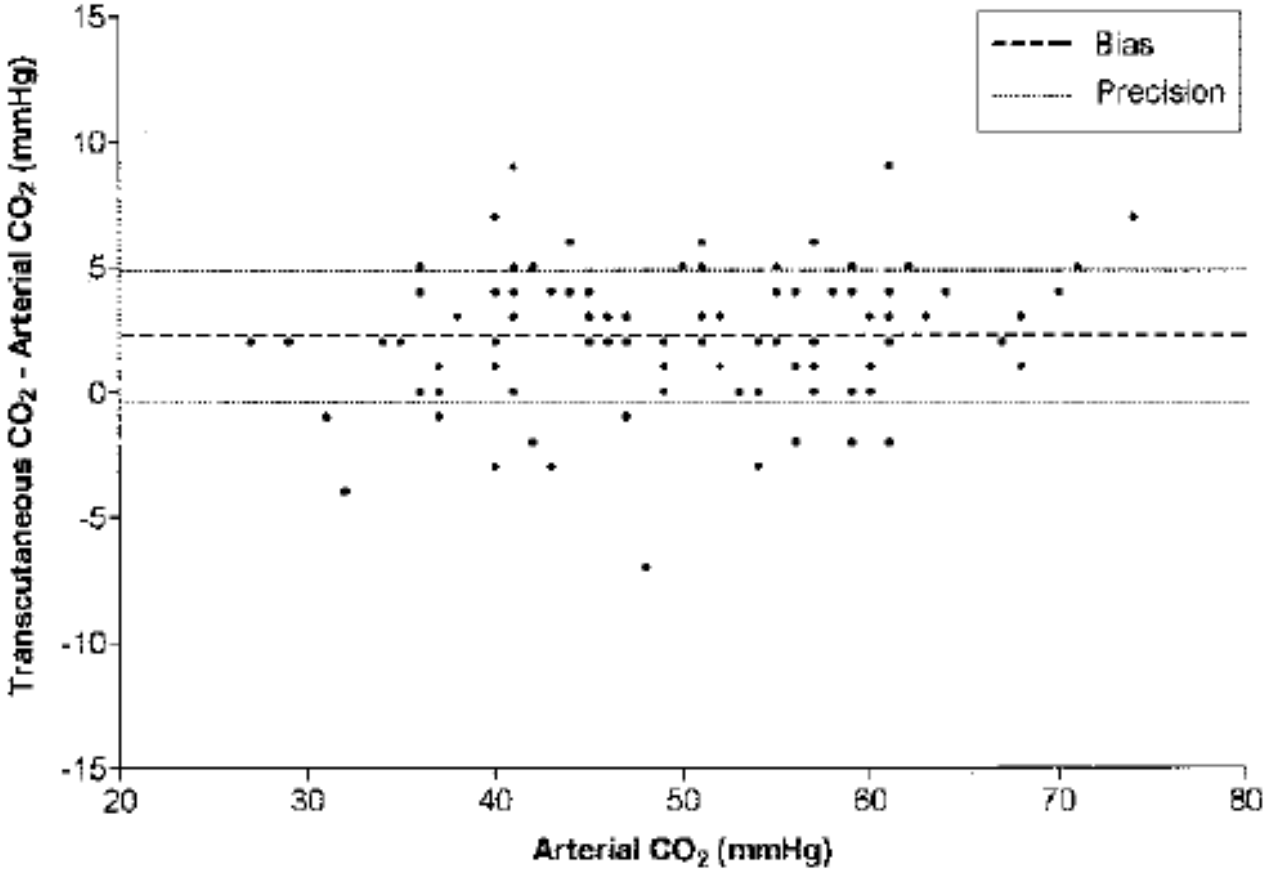
25 enfants
100 échantillons

$ETCO_2/PaCO_2$ différence = 6,8 +/- 5,1
$PtcCO_2/PaCO_2$ différence = 2,3 +/- 1,3
P< 0,0001

$PtcCO_2$ et $PaCO_2$ en OHF

Berkenbosch and Tobias *Crit Care Med 2002; 30:1024*

14 patients: Biais 2,1 mmHg Précision 2,7 mmHg



Utilisation en situations aigues

- DRA du nourrisson : **bronchiolites graves**, asthme *(Kolmgren et sixt Pediatr Pulmonol 1992, Wennergan et al. Acta Paediatr Scand 1986)* , broncho-pneumopathies
- **Décompensation des IRC** (DBP, MNM)
- Non respiratoires :
  - HTAP origine cardiaque
  - Cardiopathies dépendantes des RVP
  - HTIC (si $ETCO_2$ non fiable)
  - Test hypercapnie, coma acido-cétosique (Tobias *et al.)*

Types de monitorage

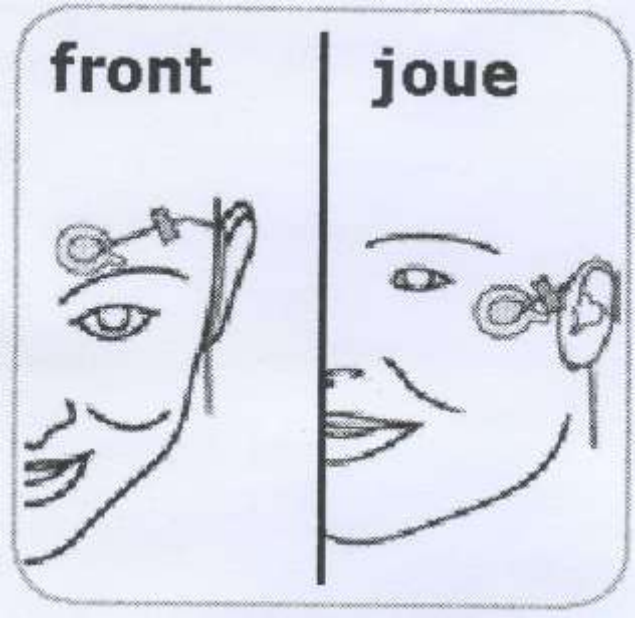
- Moniteur externe:
  - Tina TCM4®, Tosca® (Radiometer)
  - Sentec®
- Moniteur de réanimation; ex Philips
  - Système de module
  - Calibration plus complexe
  - Membranes (28 jours ou 5 jours si utilisation continue) fragiles

SITES de MESURES

Lobes oreilles (Sentec®)

Thorax, dos, abdomen, cuisses

Front, joues (Sentec®)



PRECAUTIONS

- **Changement site de mesures** (fonction Température de mesure)

43 - 44°C : 4 heures (Tina®, Tosca®, Philips®)
41 - 42°C : 8 à 12 heures (Sentec®)

- **Contact Capteur +++**

PAS d'AIR (Gel ou eau)

PAS de poils

Contact total (lobe de l'oreille)

Gel de contact (ou eau)

PRECAUTIONS

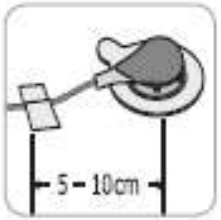
-Fixation capteur

-Sécurisation fixation +++

Boucles autour de l'oreille

Scotcher câble sur la peau

Fixation câble au matelas ou vêtement

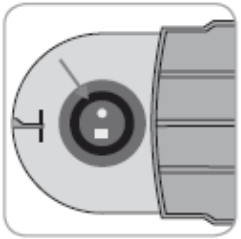


PRECAUTIONS

Après utilisation : Essuyer capteur ++++

4. Après utilisation et avant de remettre le capteur dans la station d'accueil, retirez tout résidu de gel ou de saleté du capteur et nettoyez la peau du patient avec un bâton ouaté imbibé d'isopropanol à 70% .

Vérifier propreté de la chambre de calibration



2. Vérifiez le joint de la Docking Station. Si nécessaire, nettoyez la Docking Station et son joint à l'aide d'un coton-tige imbibé d'isopropanol à 70%.

⚠ **AVERTISSEMENT:** Nettoyez toujours le capteur avant de l'insérer dans la Docking Station.

Ranger capteur +++

Philips / Radiometer : gouttes d'électrolytes puis bouchon

Sentec : dans la chambre appareil branché …

Noter date de membranage +++

$PtcCO_2$ / SPO_2 - SENTEC®

<u>Capteur auriculaire</u> :

Lobe oreille adapté ….
> 10 kg

Chauffage **42°C** / Durée **8 heures**

$PtcCO_2$ et SPO_2

<u>Capteur cutané</u> :

NRS < 1 mois : programme **NEO**
Chauffage **41°C** / Durée **8 heures** (12 heures)
PtcCO2 uniquement

Adulte / Pédiatrie : **Désactiver** SpO_2 et pouls
Chauffage **42°C** / Durée **8 heures** (12 heures)
PtcCO2 uniquement

Comparaison des différents appareils

Urbano *et al. Pediatric Pulmonol 2010; 45:481*

Parameter	Overall population	TINA TCM3®	TOSCA 500®	SenTec®
$PaCO_2$(mmHg)	44.0 (28–85)	48.7 (36–79)	47.7 (36–51)	40 (36–59)
$PtcCO_2$ (mmHg)	42.1 (29–90)	48.5 (36–69)	41.5 (35–59)	41.3 (34–69)
Bias	0.4	0.9	1.5	−2.1
95% limits of agreement	±13.0	±11.5	±14.8	±10.6
Diff. ≤7.5 mmHg	75%	77.7%	67.7%	81.2%[1]
Diff. ≤4.5 mmHg	57.7%	61.1%	50%	62.5%[2]

Différences moyennes (mmHg)	4,5 (3,7)	5,6 (5,1)	4,3 (3,8)

Indication de ventilation chez les enfants avec MNM

- Décompensation respiratoire aigue grave
- Hypoventilation alvéolaire nocturne, SAOS
- Hypoxémie nocturne

- Quels seuils?
- Comment faire le diagnostic de manière fiable et précoce?

$PtcCO_2$ / SPO_2

Hypoventilation ?

PCO_2 > 45 mmHg (6 kPa) ou
Augmentation disproportionnée / éveil

$PTcCO_2$ > 50 mmHg (6,7 kPa) / 50% TTS

ΔPCO_2 > 10 mmHg (1,33 kPa)

Hypoxémie ?

SpO_2 < 90% **/ > 2 % TTS**
/ > 5 min (nadir 85%)
/ > 30 % TTS

CAPACITE VITALE

PRONOSTIC

D.M.D. : Diminution annuelle 8% (2 à 39%)

Hypoventilation nocturne rare si C.V.F. < 60%

+++ C.V.F. < 40%

> 5 – 7 ans

Enfants MNM = 40% échecs de mesure et/ou non reproductible

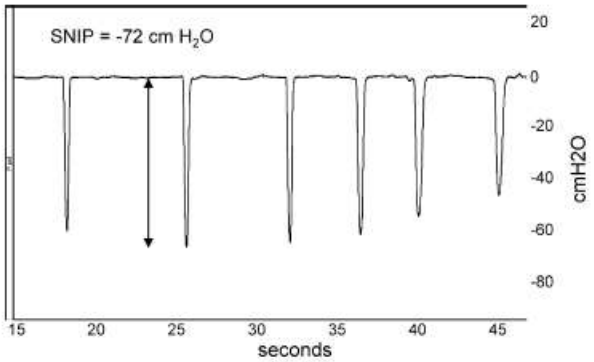
CVF < 10% = Trachéotomie

SNIP ou Pression de reniflement

Mesure force muscles inspiratoires

Nle : - 93 ± 23 (F) / - 104 ± 26 (H) cmH_2O

Corrélation avec Pimax



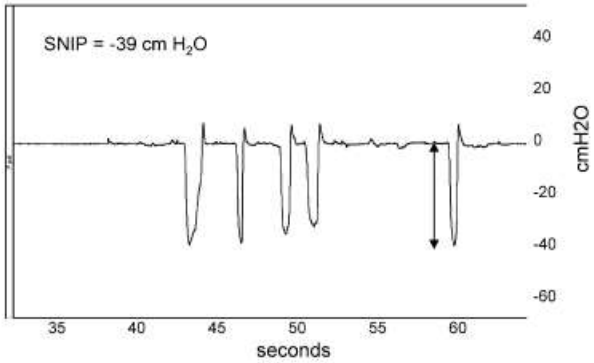


Figure 1 Sniff nasal inspiratory pressure (SNIP) performed by a girl with spinal amyotrophy.

Mesure à la fin d'une expiration calme et passive
10 manoeuvres max séparée de 30 secondes

Respiratory Medicine (2009) 103, 574–581

available at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rmed

Which tests may predict the need for noninvasive ventilation in children with neuromuscular disease?

Brigitte Fauroux [a,b,*], Guillaume Aubertin [a], Annick Clément [a,b], Frédéric Lofaso [c], Monique Bonora [b]

Table 1 Characteristics and comparison of the patients not ventilated (*Unventilated group*) and ventilated by nasal positive pressure ventilation (*Ventilated group*).

	Unventilated group n = 27	*Ventilated group n = 8*	p
Patient characteristics			
Age (years)	12 ± 3	12 ± 5	NS
Body weight (kg)	43 ± 17	29 ± 9	0.03
Duchenne muscular dystrophy	17	3	
Other neuromu			
PaO_2 (mm Hg)			
$PaCO_2$ (mm Hg)			
Noninvasive no			
Respiratory par			
Vт (ml/kg)			
fк (breaths/min)			
Vc (ml/kg/min)			
fк/Vт (breaths/			
Ventilatory resp			
Vт/slope			
fк/slope			
Vc/slope			
Lung function parameters			
FRC helium (% predicted)	90 ± 23	78 ± 30	NS
Rsint (% predicted)	200 ± 57	159 ± 68	NS
Noninvasive volitional tests			
FVC (% predicted)	59 ± 14 (n = 20)	24 ± 7 (n = 4)	0.0001
Pemax (cm H_2O)	32 ± 14 (n = 17)	18 ± 11 (n = 3)	NA
Pimax (cm H_2O)	42 ± 25 (n = 17)	34 ± 7 (n = 3)	NA
SNIP (cm H_2O)	47 ± 15	17 ± 9	<0.0001
Invasive non-volitional tests			
ΔPgas/ΔPdi	0.03 ± 0.2	0.13 ± 0.5	NS
Cdyn (ml/cm H_2O)	82 ± 57	40 ± 29	0.055
TwPdi	11.3 ± 4.8	4.8 ± 2.6	0.009
Respiratory muscle output			
PTPes/min (cm $H_2O \cdot s \cdot min^{-1}$)	146 ± 51	168 ± 56	NS
PTPdi/min (cm $H_2O \cdot s \cdot min^{-1}$)	227 ± 90	300 ± 204	NS
Invasive volitional tests			
Respiratory muscle performance			
Sniff Pes (cm H_2O)	55 ± 15	23 ± 8	<0.001
Sniff Pdi (cm H_2O)	57 ± 19	31 ± 18	0.002
Pgas cough (cm H_2O)	52 ± 18	25 ± 12	0.001
Respiratory muscle endurance			
TTdi	0.07 ± 0.03	0.16 ± 0.06	<0.0001
TTes	0.05 ± 0.02	0.13 ± 0.06	<0.0001

Noninvasive volitional tests

FVC (% predicted)	59 ± 14 (n = 20)	24 ± 7 (n = 4)	0.0001
Pemax (cm H_2O)	32 ± 14 (n = 17)	18 ± 11 (n = 3)	NA
Pimax (cm H_2O)	42 ± 25 (n = 17)	34 ± 7 (n = 3)	NA
SNIP (cm H_2O)	47 ± 15	17 ± 9	<0.0001

Gaz du Sang

Hypercapnie diurne tardive

Hypoventilation nocturne probable si :

Base excess ≥ 4 mmol/L

$PaCO_2$ diurne ≥ 40 mmHG

GDS au réveil +++

$TcPCO_2$ nocturne +++

Daytime Predictors of Sleep Hypoventilation in Duchenne Muscular Dystrophy

CRAIG A. HUKINS and DAVID R. HILLMAN

AM J RESPIR CRIT CARE MED 2000;161:166–170.

$TcPCO_2$ / SPO_2

PERGAMON

Neuromuscular Disorders 14 (2004) 56–69

NMD

www.elsevier.com/locate/nmd

Workshop report

117th ENMC Workshop: Ventilatory Support in Congenital Neuromuscular Disorders — Congenital Myopathies, Congenital Muscular Dystrophies, Congenital Myotonic Dystrophy and SMA (II)
4–6 April 2003, Naarden, The Netherlands

Carina Wallgren-Pettersson[a,*], Kate Bushby[b], Uwe Mellies[c], Anita Simonds[d]

Recommandations

12 mois si CVF < 60%

6 mois si CVF < 40%

Enfants < 5 ans : 1 fois/an

Enregistrement nocturne SPO_2 / $TcPCO_2$

Paiva *et al*. Intensive care med 2009;35:1068

65 Enfants /12 MNM
Clinique et GDS diurne normaux, Sentec

Corrélation $TcPCO_2$ et GDS capillaire artérialisé (r=0,644): validation, légère sous-estimation, plus fiable chez le petit (NS)

21 patients (42%) Hypercapnique ($TcPCO_2$ > 50 mmHg) / SpO_2 > 90%

36% d'Hypercapnie nocturne sans hypoxémie définie par SpO_2<92% ou ano GDS diurne

Intérêt du dosage des bicarbonates sanguins : plus élevés dans le gpe avec hypo VA nocturne

Prédicteurs d'anomalies respiratoires au sommeil chez les enfants avec MNM

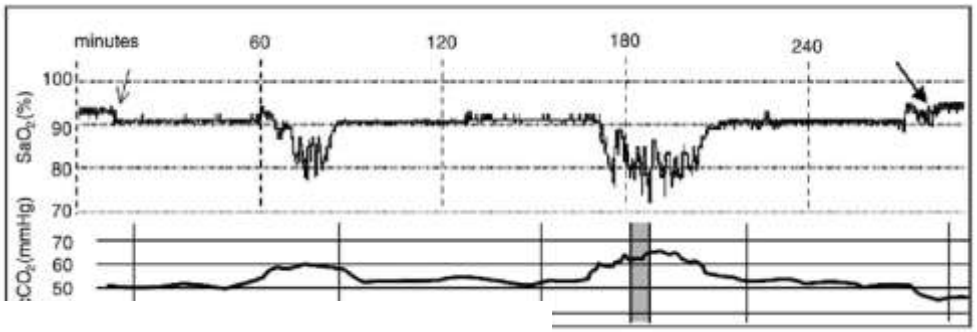
Mellies *et al.* Neuromuscular disorders 2003;13:123

49 enfants (âge 11.3 +/- 4.4)
Pas signes respiratoires et GDS diurne normal

Symptômes diurnes modérés (3/10): **réveils nocturnes**
céphalées matinales
fatigue
somnolence

SAOS	**70 %**
Hypoventilation nocturne	**52 %**

	SAOS	Hypoventilation nocturne
CV	**< 60%**	**< 40%**
PIP	**< 4 kPa**	**< 2 kPa**
$PaCO_2$ diurne		**> 40 mmHg**



Mellie

DMD - ATS recommandations 2004

Bilan respiratoire

- Evaluation initiale à 4 à 6 ans
- 2 fois /an : dés perte marche
  FCV < 80% prédite
  et/ ou > 12 ans

- 3 à 6 mois si Ventilation et/ou drainage instrumental
- Avant Chirurgie

ATS Consensus Statement. Am J Respir Crit Care Med. 2004; 170: 456

DMD - ATS recommandations 2004

Evaluation respiratoire

SpO_2 ; spirométrie (FVC, FEV_1, PImax, PEmax, Peak cough flow)

$EtCO_2$, $TcPCO_2$, PCO_2 GDS ou capillaire le matin

PSG annuelle * dès fauteuil et/ou signes cliniques
(* ou monitoring SPO_2 et $TcPCO_2$)

CVF < 60 %

$PaCO_2$ éveil > 40 mmHg

DMD - ATS recommandations 2004

VENTILATION

Ventilation nocturne :

SAOS (CPAP)

Hypoventilation (BiPAP/VAC)

Ventilation diurne :

PCO_2 éveil > 50 mmHg et/ou SPO_2 à l'éveil < 92%

Pièce buccale (efficace avec FCV 600 ml (5% prédit))

Trachéotomie :

CI VNI ou Demande

Autonomie

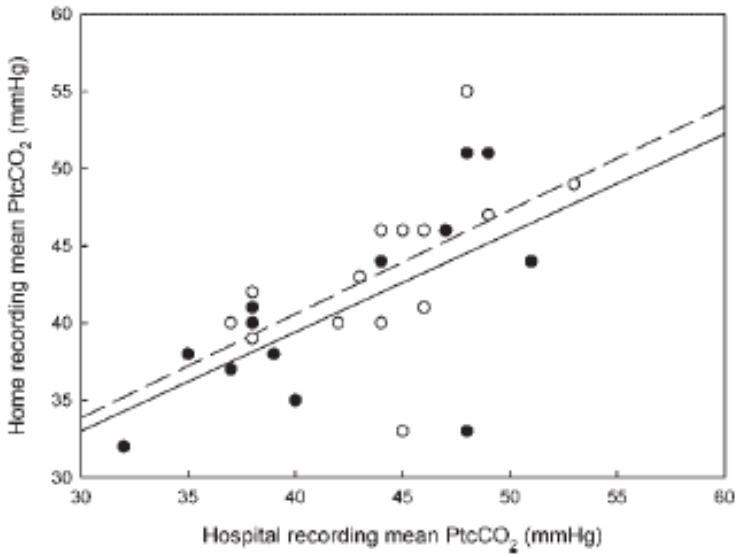
Enregistrements à domicile des enfants en VNI au long cours

Felemban *et al.* Pediatr Pulmonol 2011;46:802

- 24 patients : 13 MNM, 11 autres (9 obstructions VAS)
- 2 nuits randomisées domicile/hôpital
- $PtcCO_2$ et SpO_2
- > 1 an, Sentec®, exclusion peau noire,
- état stable VNI > 1 mois, pas de SC d'hypoVA nocturne

Fiabilité enregistrement à domicile

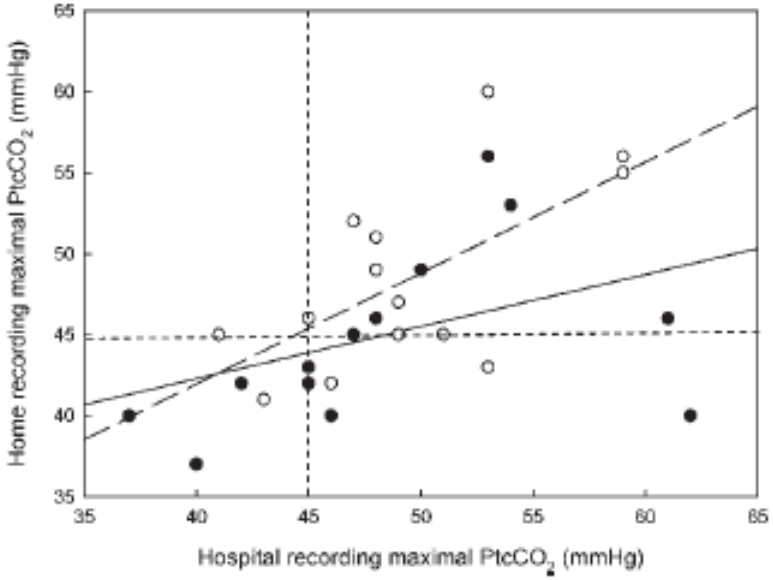
Felemban *et al*. Pediatr Pulmonol 2011;46:802



Bonne corrélation pour les $PtcCO_2$ moyennes dans les deux groupes

97% de réussite du monitorage à domicile

Mieux à la maison pour les parents
Moins cher



Bonne corrélation pour les $PtcCO_2$ maximales pour le groupe « autres »

Corrélation non significative pour les MNM

Attention interprétation valeurs extrêmes

Utilisation de la $PtcCO_2$ à domicile chez les malades ventilés non NM

- Obstructions des VAS +++ : Séquence Pierre Robin, Laryngomalacies, Encéphalopathie avec SAOS, SAOS…
- Initiation à l'hôpital, pour trouver les bons réglages: niveau de CPAP, niveau d'Aide si besoin
- Protocole de surveillance :
  - Si SC d'hypoVA nocturne, GDS-Iono et corrections (réglages, fuites, interface…)
  - Si pas de SC, TcPCO2 et SpO2 à domicile
    - Si anomalies : contrôler à l'hôpital, +/- corrections et contrôle 3-6 mois (GDS, Iono, RP…)
    - Si normal, rassurer, poursuivre 1 x/an

Environnement nécessaire

- **Initiation :**
  - Ide ou kiné formés, protocoles écrits
  - Médecins formés et habitués
  - Éducation thérapeutique des parents +++
  - Hôpital
  - ou structure spécialisée si
    - volume suffisant d'activité
    - malade stable
    - coopérant (> 2 ans)
    - Personnel formé
    - Protocoles
    - Validation par médecin spécialiste
- **Surveillance :**
  - Structure de domicile
  - Institutions spécialisées
  - Validation par médecin spécialiste
  - Parfois séjour hospitalier nécessaire : autres contrôles, revoir éducation, revoir interface