Apports de la PCO_2 transcutanée lors de troubles respiratoires chez l'adulte

Prof. Jean-Paul Janssens
Genève, Suisse
Lyon, Mars 2012

HUG
Hôpitaux Universitaires de Genève

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

Défaillance de la pompe ventilatoire

-

Hypoventilation alvéolaire

Hypoxie
Hypercapnie
Acidose respiratoire

Hypertension pulmonaire
Cor pulmonale
Rétention hydro-saline

L’oxymétrie nocturne manque de spécificité

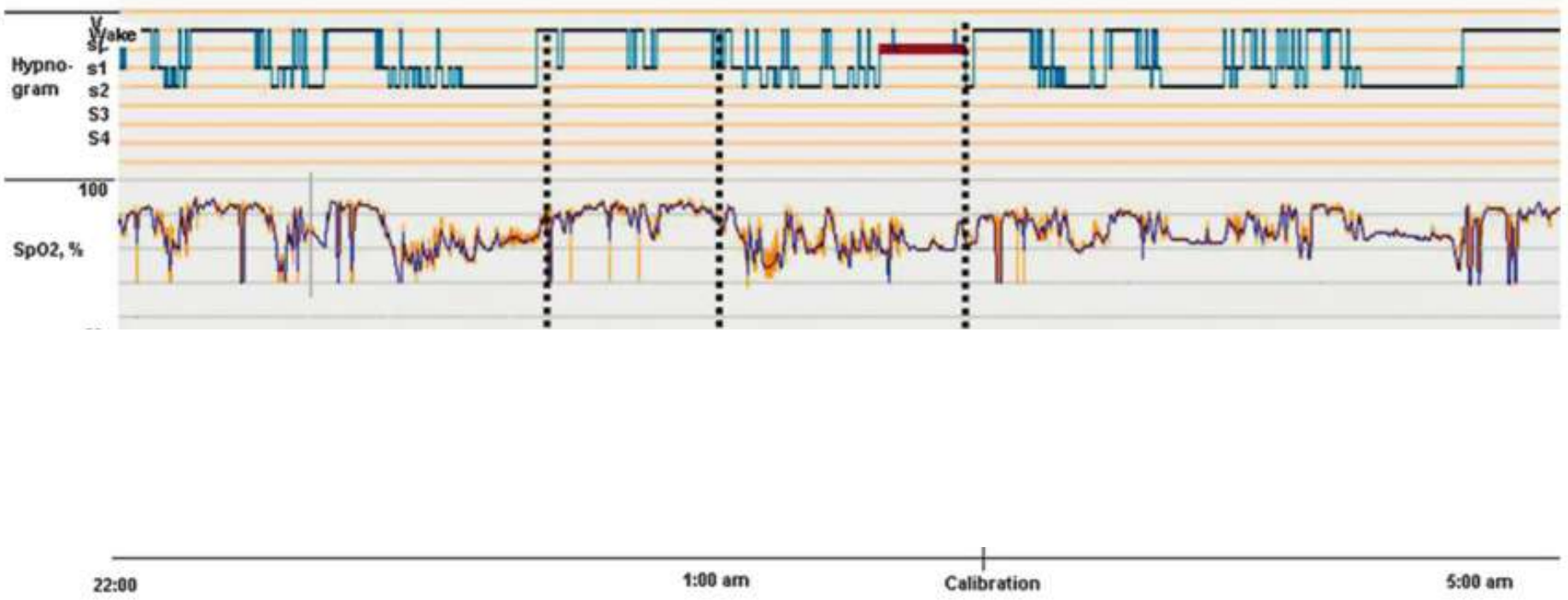
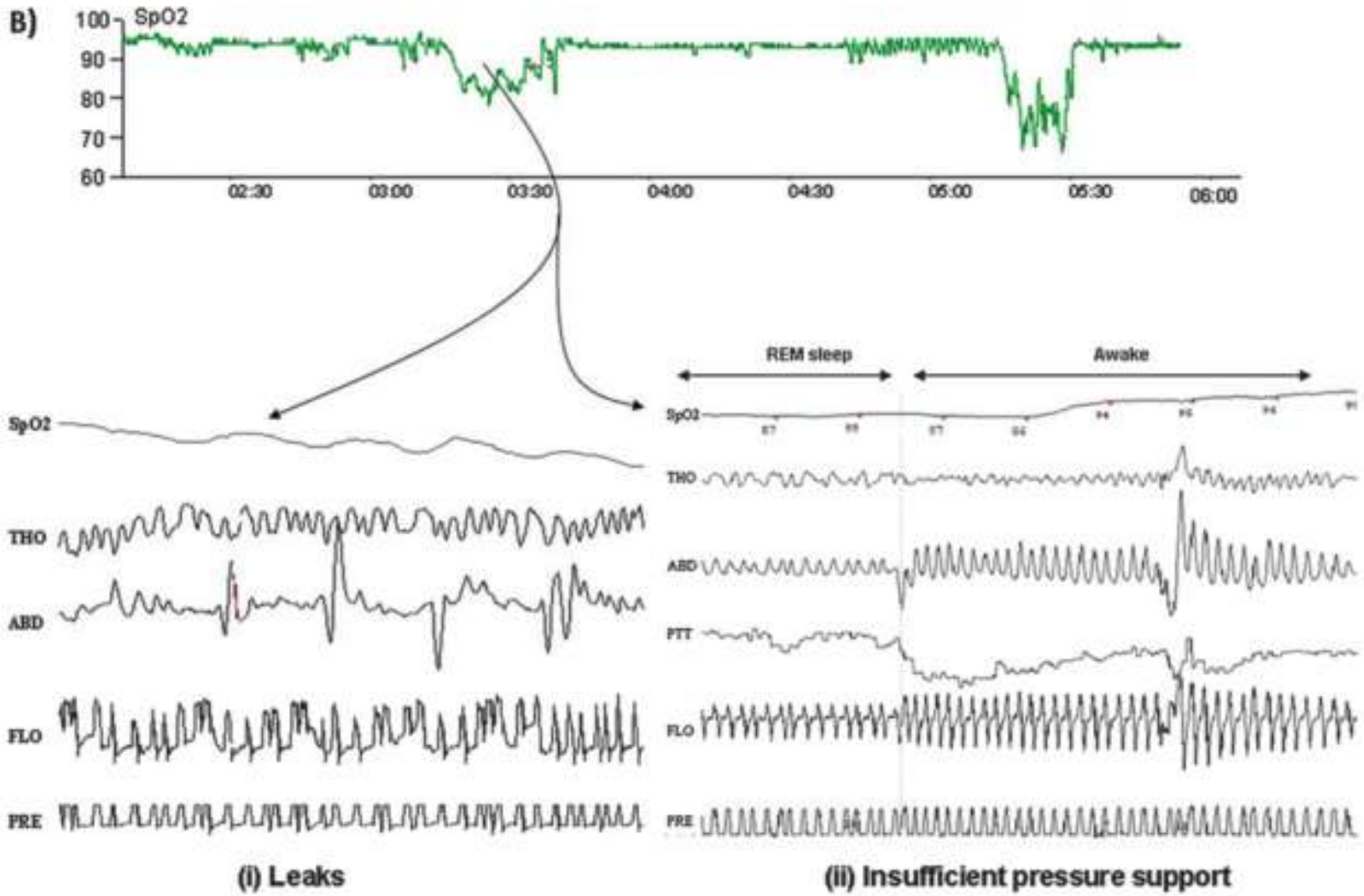
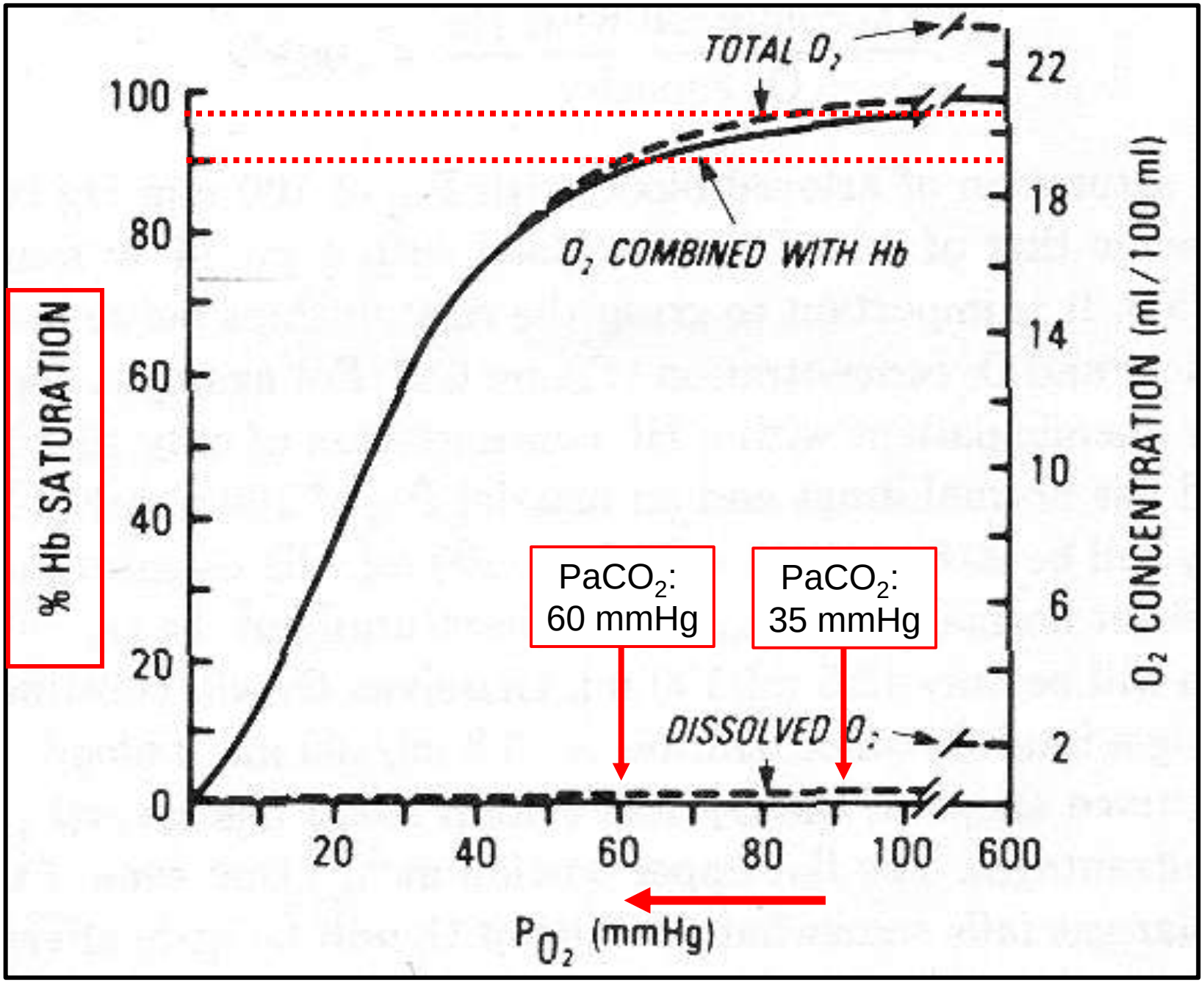


Figure 4 Transcutaneous measurement of carbon dioxide ($Ptcco_2$) during night in a ventilated patient. Note normalisation of $Ptcco_2$ (A) during periods of wakefulness versus (B) hypoventilation related to continuous major leaks during sleep. Spo_2, oooxygen saturation measured by pulse oximetry.



(i) Leaks

(ii) Insufficient pressure support


TOTAL O_2
O_2 COMBINED WITH Hb
DISSOLVED O_2
% Hb SATURATION
O_2 CONCENTRATION (ml/100 ml)
$PaCO_2$: 60 mmHg
$PaCO_2$: 35 mmHg
P_{O_2} (mmHg)
100
80
60
40
20
0
22
18
14
10
6
2
20
40
60
80
100
600

Des variations considérables de $PaCO_2$ sont possibles avec des changements minimes de SpO_2 si les poumons sont sains

Outils disponibles pour monitorer la $PaCO_2$ (hors SI)

- Clinique
- Gazométrie diurne
- Gazométrie capillaire
- Saturométrie nocturne
- $ETCO_2$
- Capnographie trans-cutanée

Gazométrie artérielle

Gazométrie capillaire

Principe:

- Gel vasodilatateur appliqué sur le lobe de l'oreille
- Petite incision avec pointe de scalpel
- Recueil du sang capillaire artérialisé dans un capillaire

Differences in P_{O_2} and P_{CO_2} between arterial and arterialized earlobe samples

A. Sauty, C. Uldry, L-F. Debétaz, P. Leuenberger, J-W. Fitting

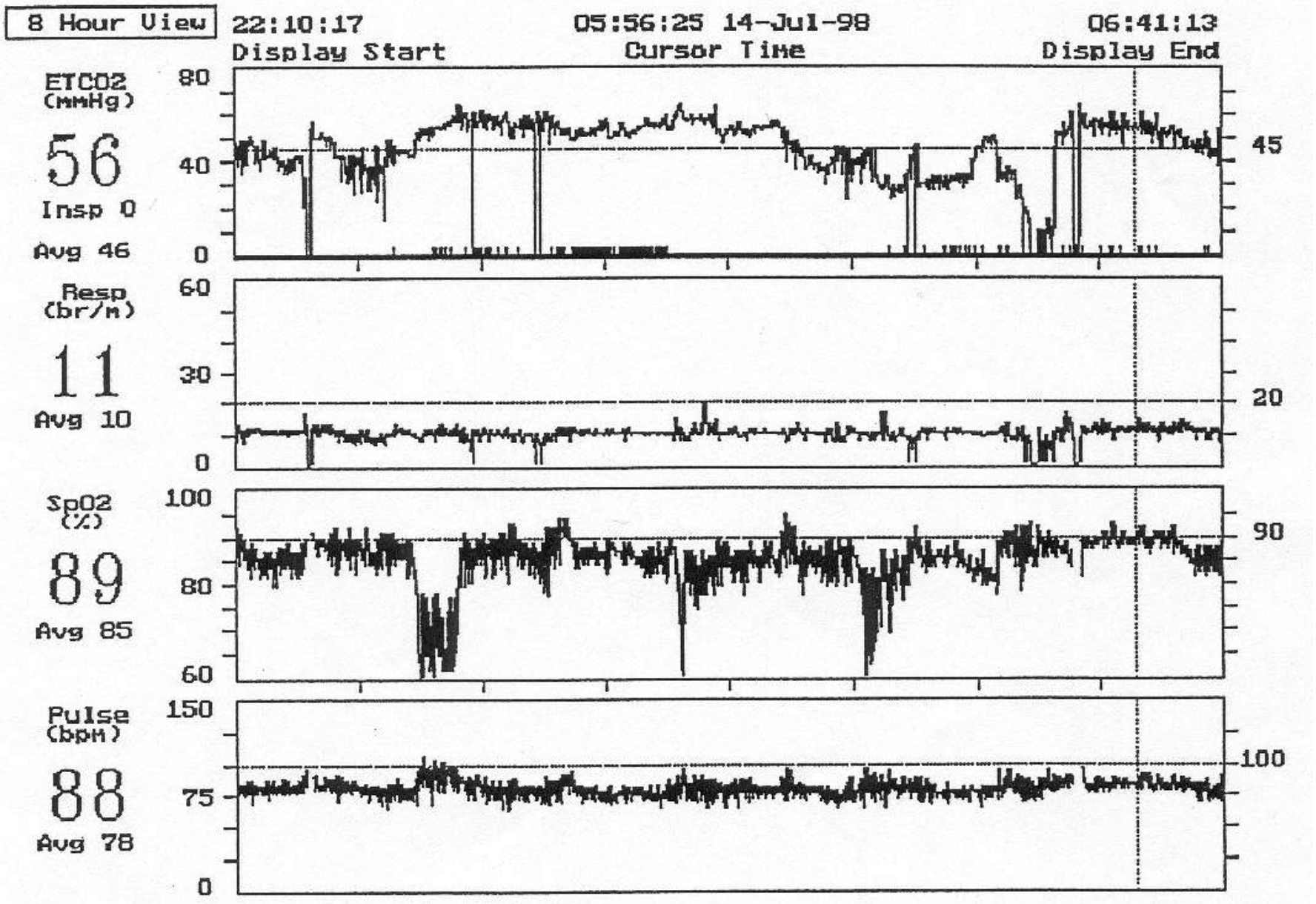
Eur Respir J, 1996, 9, 186–189

Table 1. – Limits of agreement of the differences in P_{O_2} and P_{CO_2} values between arterial and arterialized earlobe blood samples

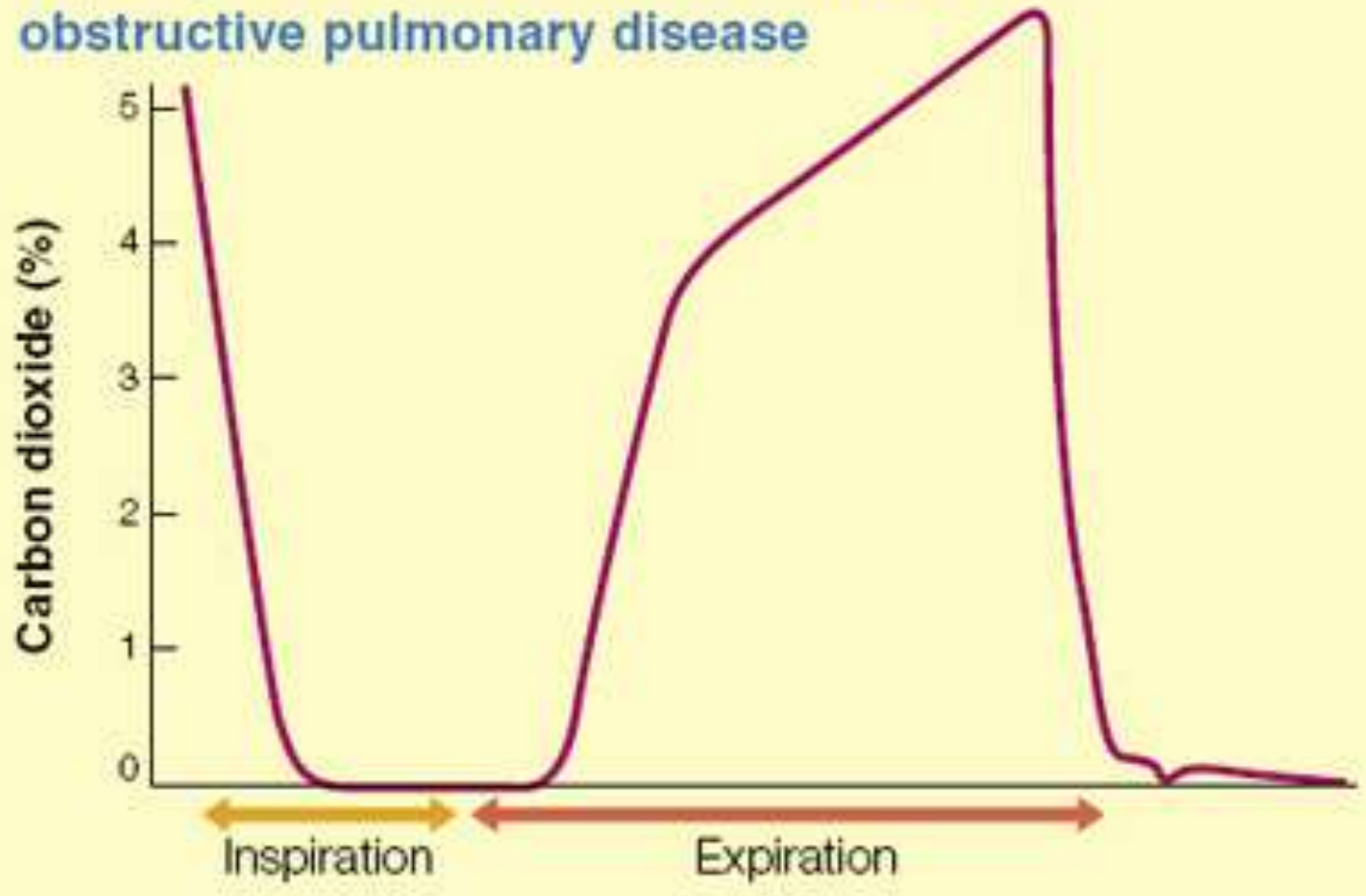
	ΔP_{O_2}		ΔP_{CO_2}	
	kPa	mmHg	kPa	mmHg
Mean±SD	0.59±0.59	4.4±4.4	0.07±0.20	0.5±1.5
Range	-0.51–2.4	-3.8–18.0	-0.68–0.79	-5.1–5.9
95% CI of				
mean+2 SD	1.6–1.9	11.8–14.6	0.34–0.52	2.9–3.9
mean-2 SD	-0.4–0.77	-3.0–-5.8	-0.25–-0.37	-1.9–-2.8

ΔP_{O_2}: difference in partial pressure of oxygen (arterial-arterialized); ΔP_{CO_2}: difference in partial pressure of carbon dioxide (arterial-arterialized). 95% CI: 95% confidence interval.

$ETCO_2$: CO_2 de fin d'expirium


8 Hour View
22:10:17
Display Start
05:56:25 14-Jul-98
Cursor Time
06:41:13
Display End
ETCO2 (mmHg)
56
Insp 0
Avg 46
80
40
0
45
Resp (br/m)
11
Avg 10
60
30
0
20
SpO2 (%)
89
Avg 85
100
80
60
90
Pulse (bpm)
88
Avg 78
150
75
0
100

Capnogram in patient with severe chronic obstructive pulmonary disease



V Belpomme et al;
Am J Emerg Med 2005; 23: 852

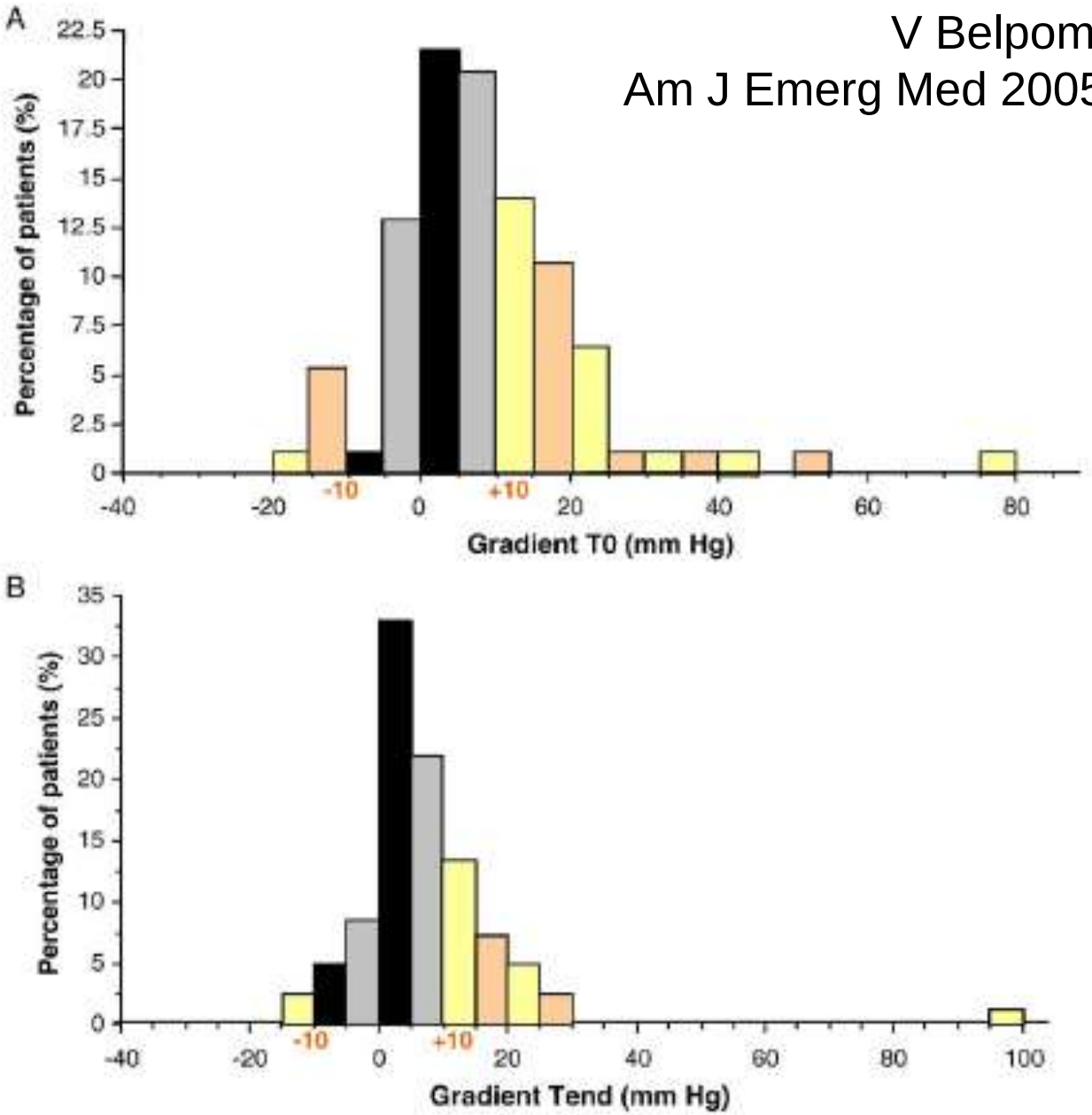


Fig. 1 A, $PaCO_2 - PETCO_2$ gradient (mm Hg) at the beginning of prehospital management (T_0). B, $PaCO_2 - PETCO_2$ gradient (mm Hg) at the end of prehospital management (T_{end}).

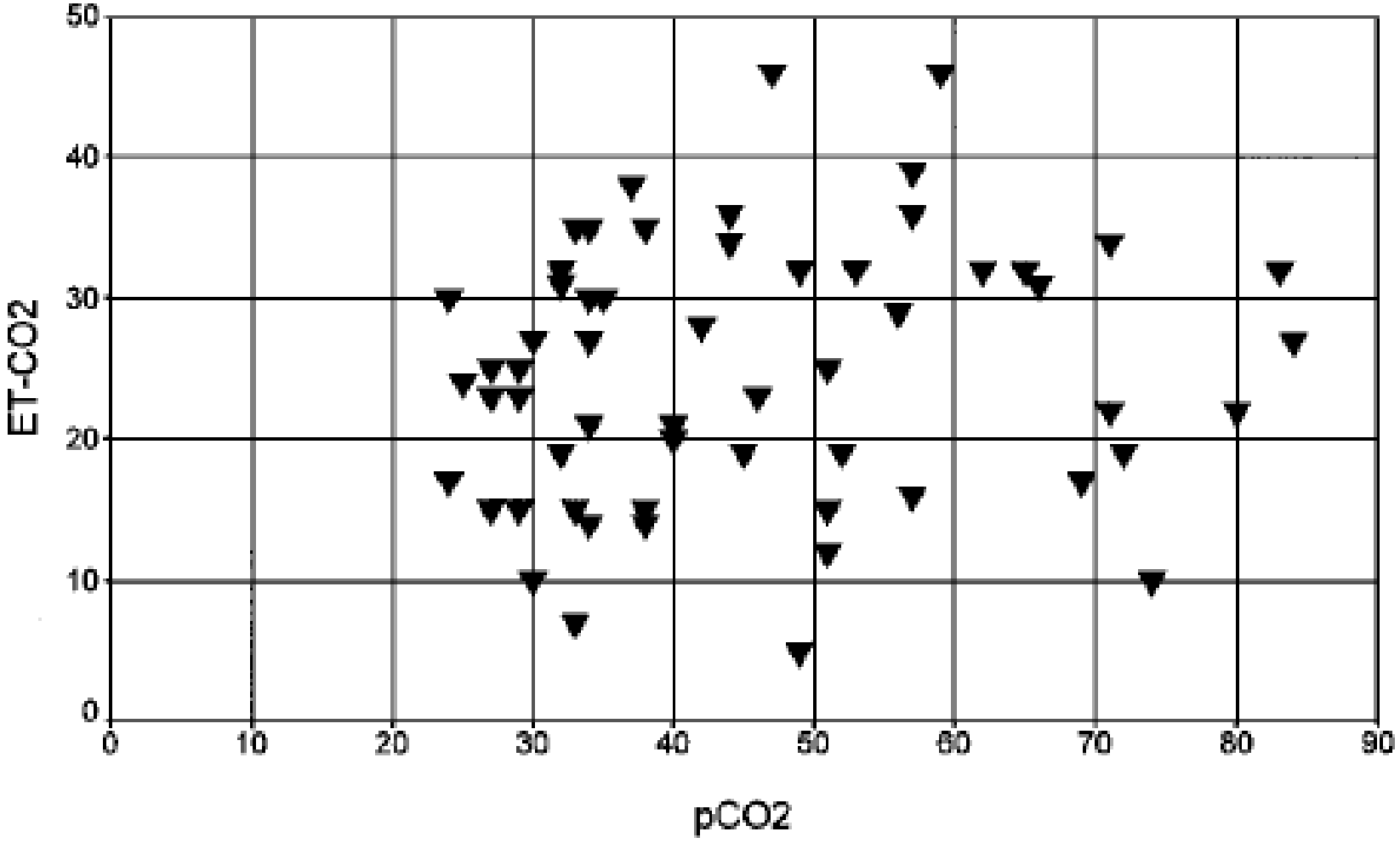
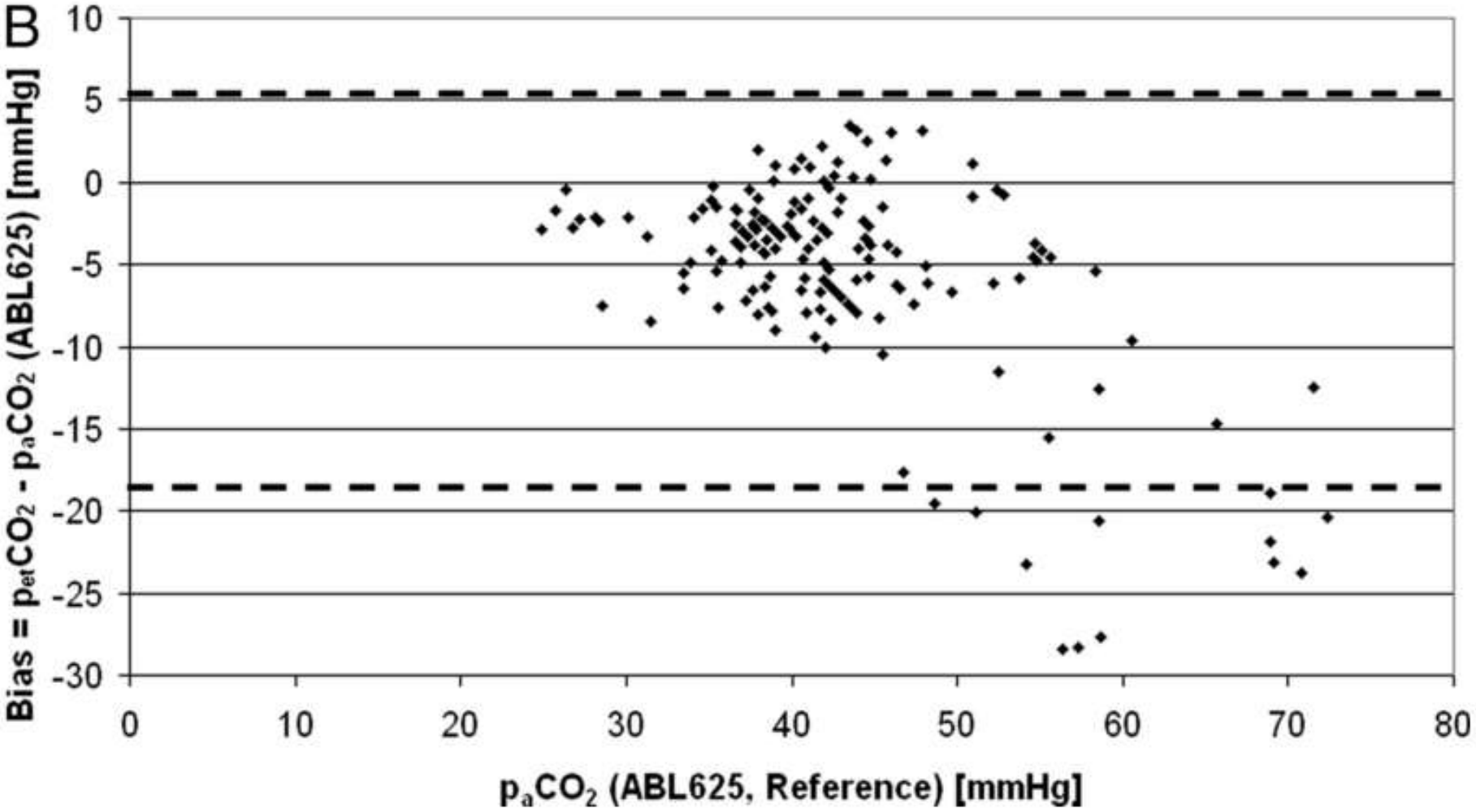


Fig. 1. Scatter plot of the $ETCO_2$ and pCO_2 values in the whole group of patients.

G Prause et al; Resuscitation 1997; 35: 145



Hinkelbein et al; 2008

$ETCO_2$

- Largement utilisé par les anesthésistes et réanimateurs

Mais:

- Mauvais reflet de la $PaCO_2$
- Δ ($PETCO_2$ - $PaCO_2$) $\Uparrow$ lors d'atteintes parenchymateuses (BPCO, pneumopathies interstitielles, maladies vasculaires pulmonaires..)

$$PECO_2 = PaCO_2 (1-V_D/V_T)$$

V_D = : Espace mort physiologique; V_T = Volume courant

Une gazométrie en fin de nuit et une saturométrie nocturne ne sont-ils pas suffisants?

- Une gazométrie diurne est un mauvais reflet de la capnie nocturne
- Les désaturations détectées par saturométrie nocturne sont totalement aspécifiques en VNI et ne permettent pas de différencier inhomogénéités des rapports VA/Q vs. hypoventilation alvéolaire
- La saturométrie nocturne est peu ou pas contributive lors d'adjonction d'oxygène sur le circuit de ventilation

R Paiva, U Krivec et al. Intensive Care Med 2009; 35: 1068

Janssens, Heritier-Praz et al.; Eur Resp J 2002 S38: 155S

Intensive Care Med (2009) 35:1068–1074
DOI 10.1007/s00134-009-1408-5

ORIGINAL

Rebeca Paiva
Uros Krivec
Guillaume Aubertin
Emmanuelle Cohen
Annick Clément
Brigitte Fauroux

Carbon dioxide monitoring during long-term noninvasive respiratory support in children

Table 3 Daytime partial arterial carbon dioxide pressure ($PaCO_2$) and nocturnal transcutaneous carbon dioxide ($PtcCO_2$) recording with the combined $PtcCO_2/SpO_2$ monitor in the 50 patients

	Patients with normal overnight $PtcCO_2$ $n = 29$ (%)	Patients with abnormal overnight $PtcCO_2$ $n = 21$ (%)
$PaCO_2 < 45$ mm Hg	29 (48%)	18 (36%)
$PaCO_2 \geq 45$ mm Hg	0 (0%)	3 (6%)

Identification de sujets sous VNI ayant une valeur médiane de $PtcCO_2$ > 45 mmHg

	Sensibilité
$PaCO_2$ diurne sans ventilateur > 45 mmHg	64%
$PaCO_2$ diurne avec ventilateur > 45 mmHg	59%
SaO_2 nocturne moyenne < 90%	32%
SaO_2 nocturne < 90% pdt > 20% de l'enregistrement	56%

N=107 cas

Janssens JP et al; Eur Respir J, 2002; 20; S38; 155S

$PtcCO_2$: Mesure transcutanée du CO_2

Severinghaus JW. Electrodes for blood PO_2 and PCO_2 determination.

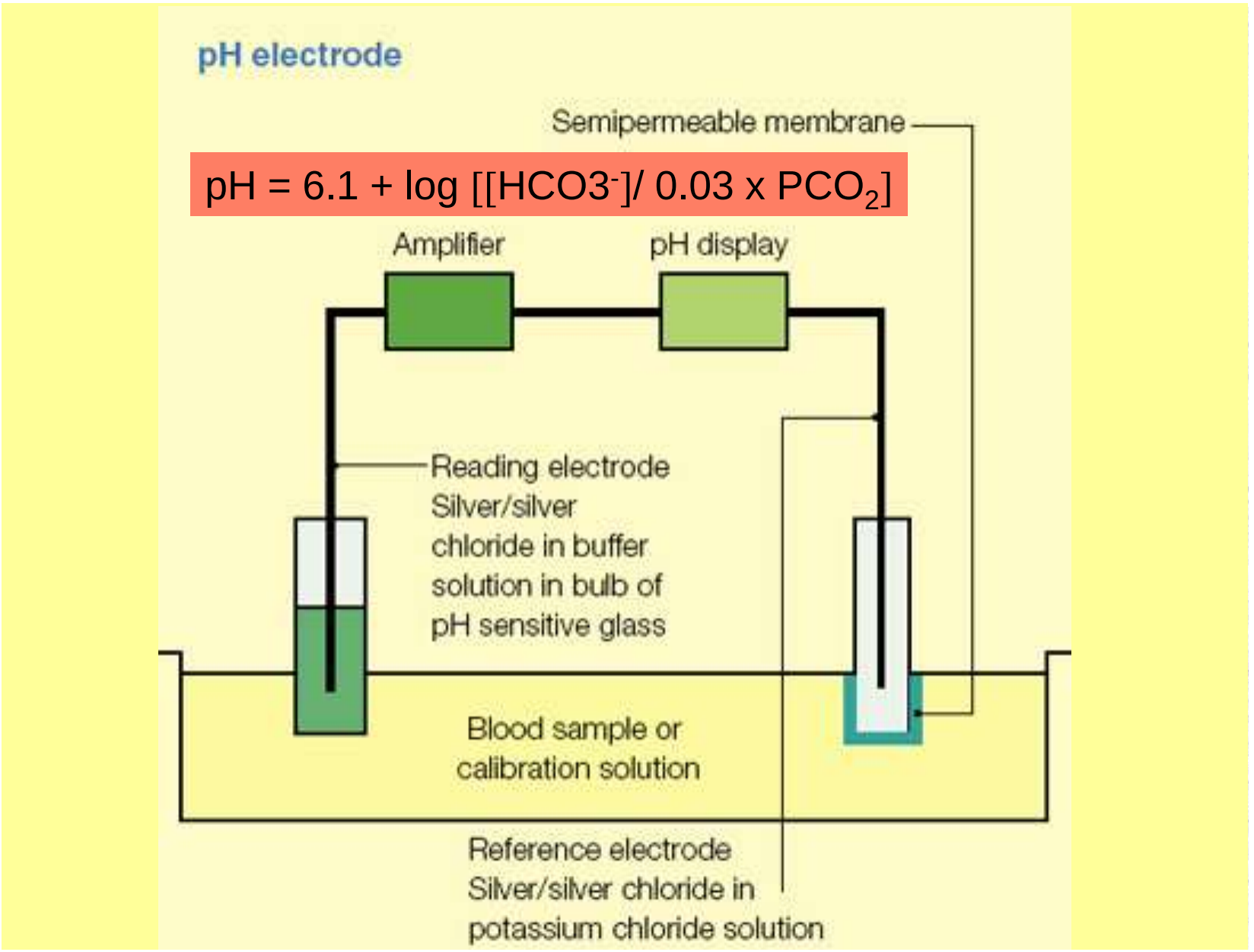
J Appl Physiol 13: 515—520, 1958

Historique

- 1960: 1ères mesures transcutanées
- 1971: 1ers capteurs chauffants
- ≈1980: 1ers capteurs de $PtcCO_2$ introduits en clinique
- ≈1985: 1ers capteurs de $PtcCO_2$/$PtcO_2$

Historique

- Premiers appareils devaient être re-membranés chaque jour
- Actuellement: changement de membrane 1x/ 2-4 semaines
- T°: 42°C donne résultats adéquats pour CO_2



Facteur de correction tenant compte de la surestimation de $PaCO_2$ par $PtcCO_2$

98
38

sentec
39.4
PCO2
96
SpO2
84
PR
Trend & Plethysmogram

TCM3
400
159
38
CAL
SET
READY
TCC3

159
159
159
159

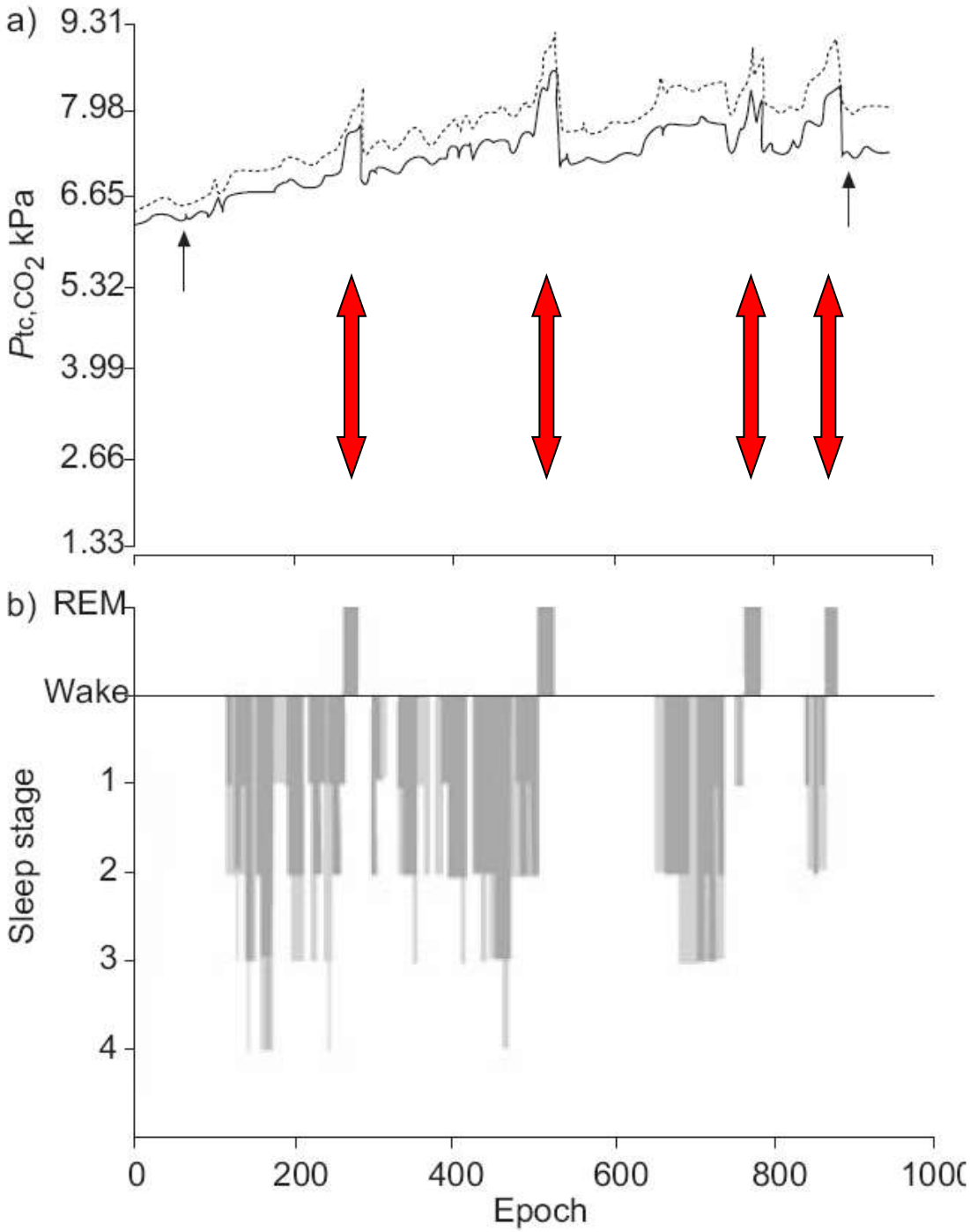
Cutaneous carbon dioxide monitoring in adults

Prashant N. Chhajed[a,c], Ludwig T. Heuss[b] and Michael Tamm[a,c]

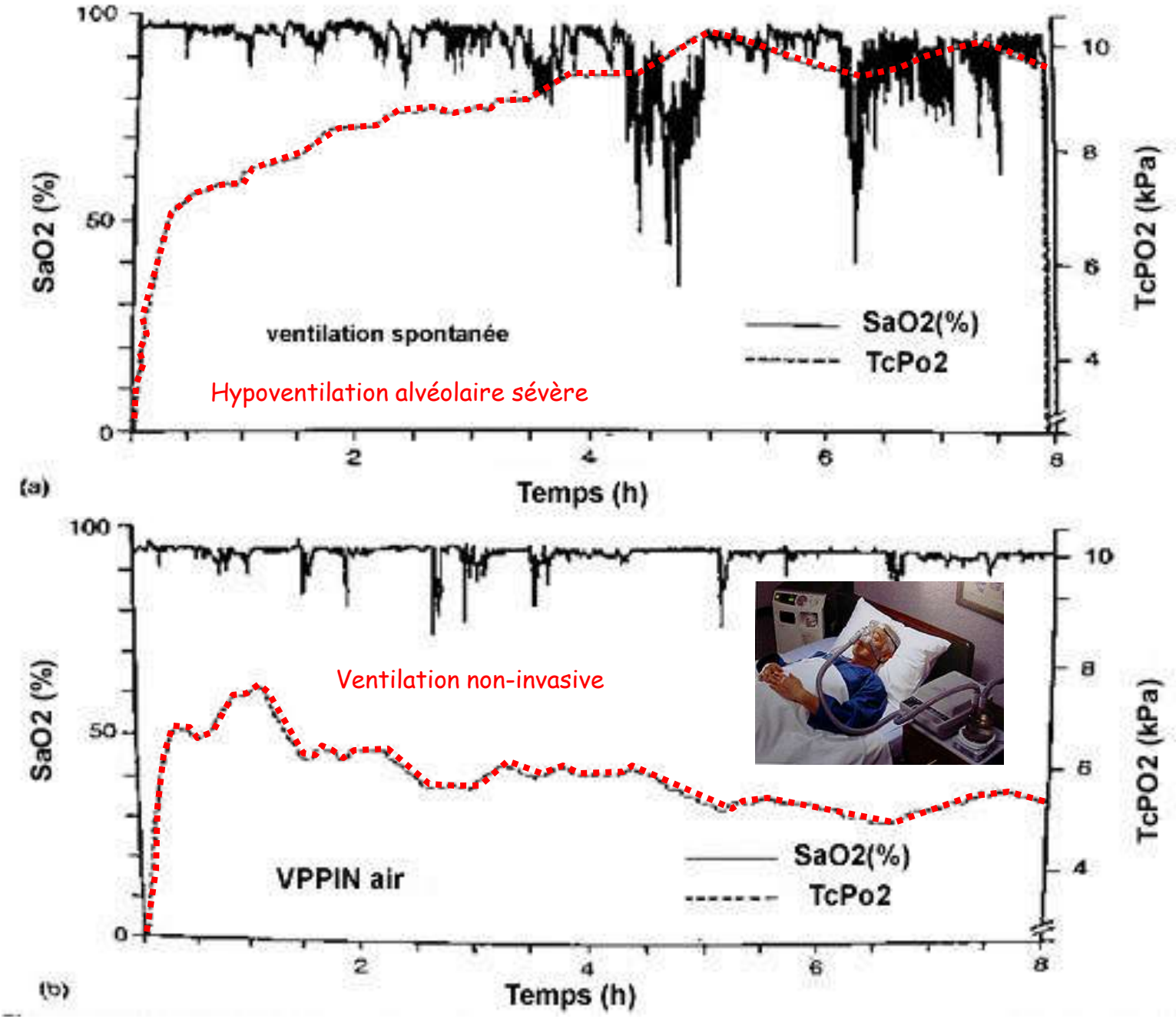
Table 1. Clinical applications of $PcCO_2$ monitoring

- Operating room – patient monitoring during and after anaesthesia
- Intensive care unit
  - Monitoring patients receiving noninvasive ventilation
  - Guiding mechanical ventilation
  - Monitoring of patients after extubation
- Endoscopy under conscious sedation
  - Bronchoscopy
  - Thoracoscopy
  - Gastroscopy/colonoscopy
- Sleep laboratory
  - Assessment of alveolar hypoventilation
  - Titration of noninvasive ventilation
- Lung function laboratory
  - Oxygen titration in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease
  - Diagnosis of hyperventilation
  - Assessment of hyperventilation response in patients with hypercapnia

Current Opinion in Anaesthesiology 2004, 17:521–525

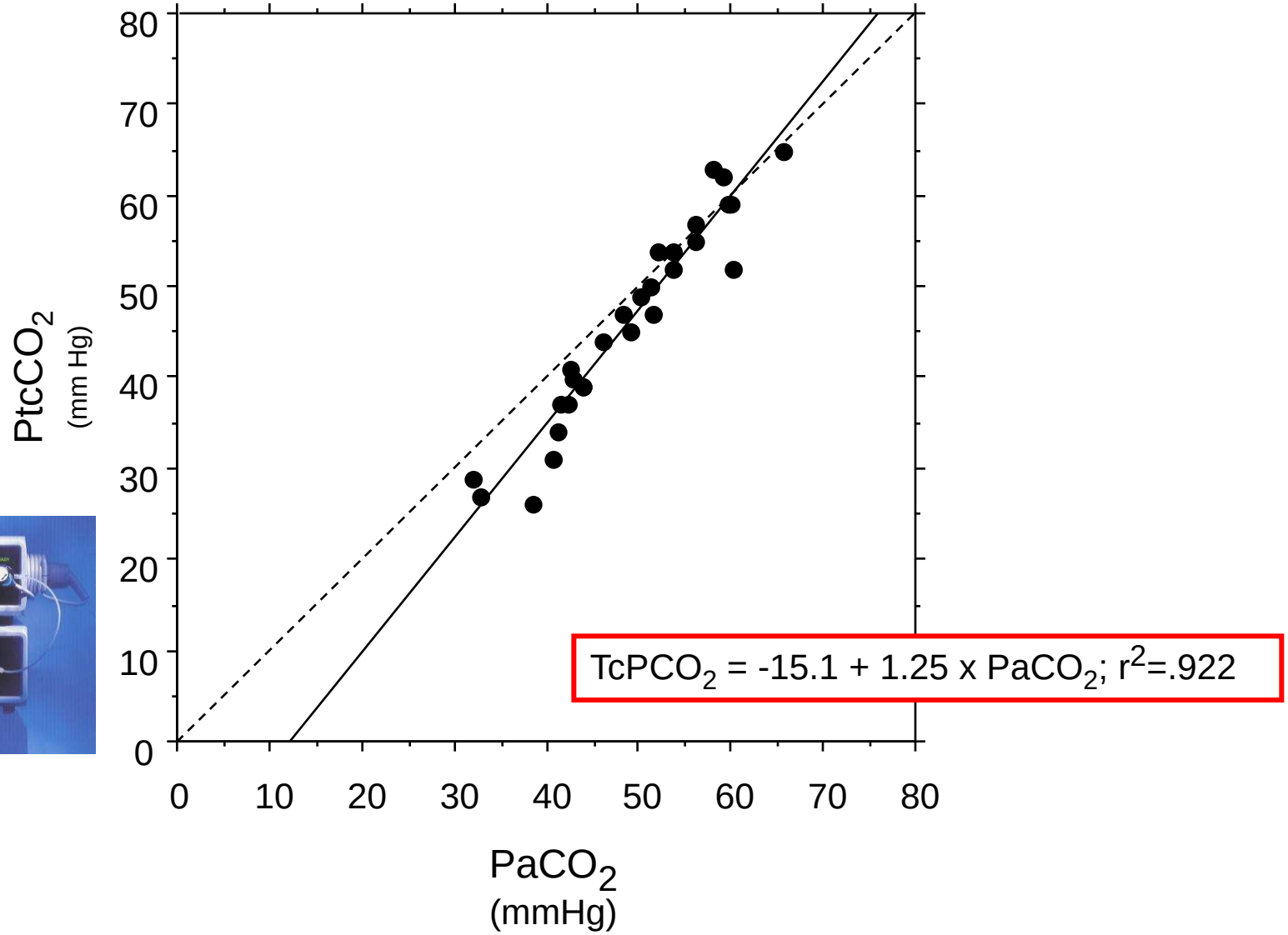


JL Pepin et al;
Eur Respir Mon 2008


100
50
0
SaO2 (%)
10
8
6
4
TcPO2 (kPa)
ventilation spontanée
SaO2(%)
TcPo2
Hypoventilation alvéolaire sévère
2
4
6
8
Temps (h)
(a)
Ventilation non-invasive
VPPIN air
(b)

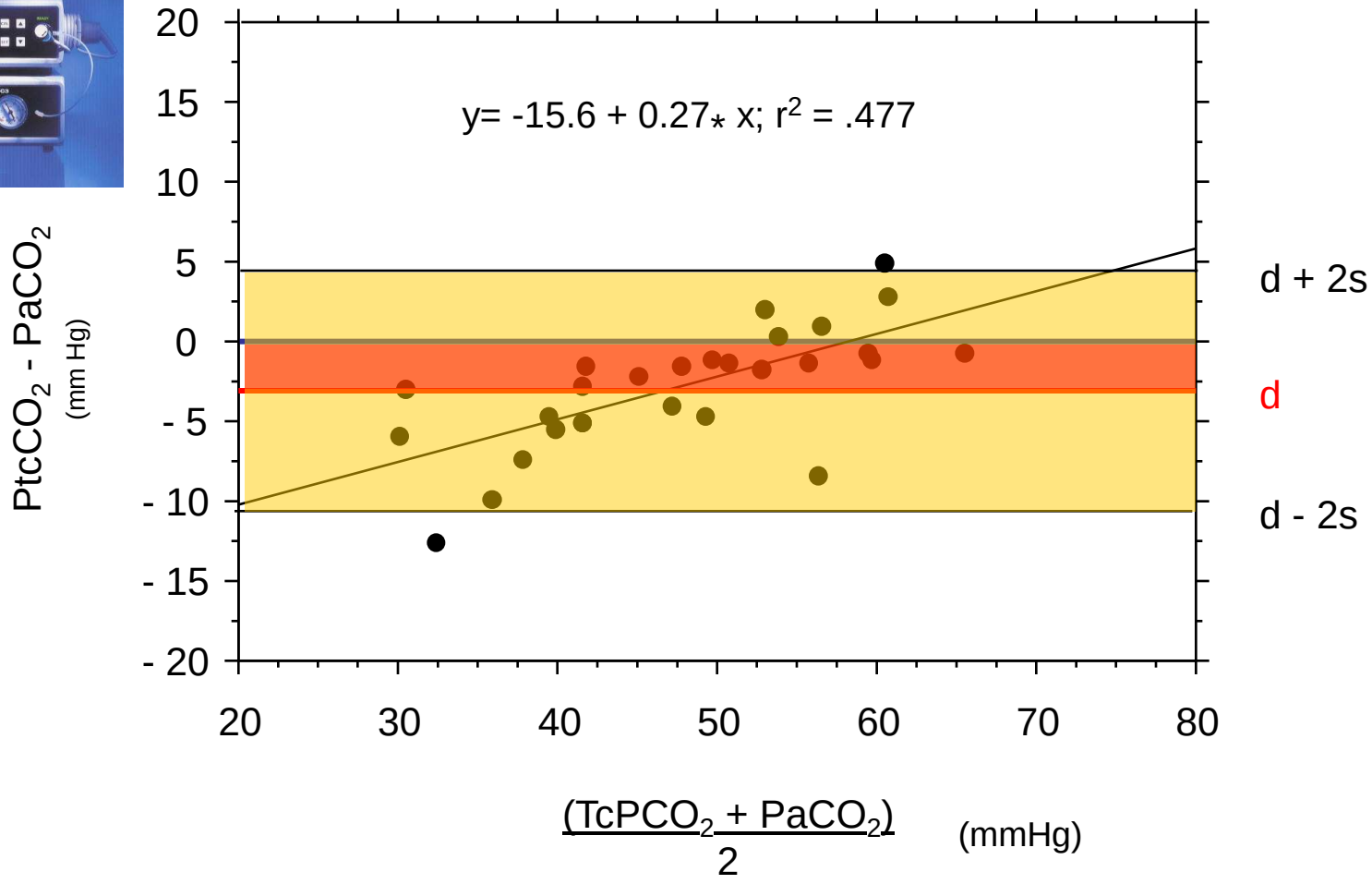
Concordance entre $PtcCO_2$ et valeurs artérielles ($PaCO_2$)

$PtcCO_2$ vs. $PaCO_2$: Radiometer® TINA TCM3

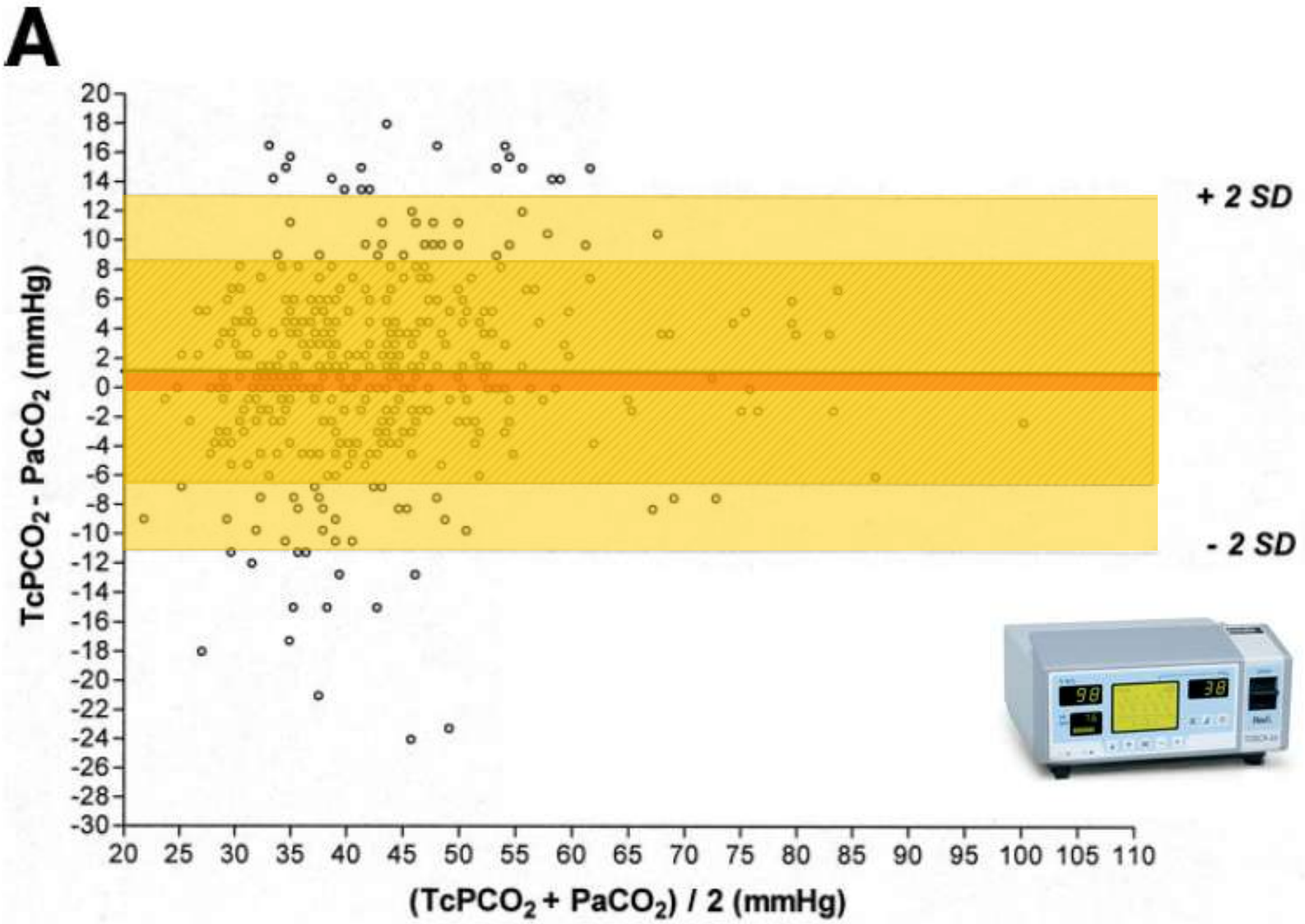


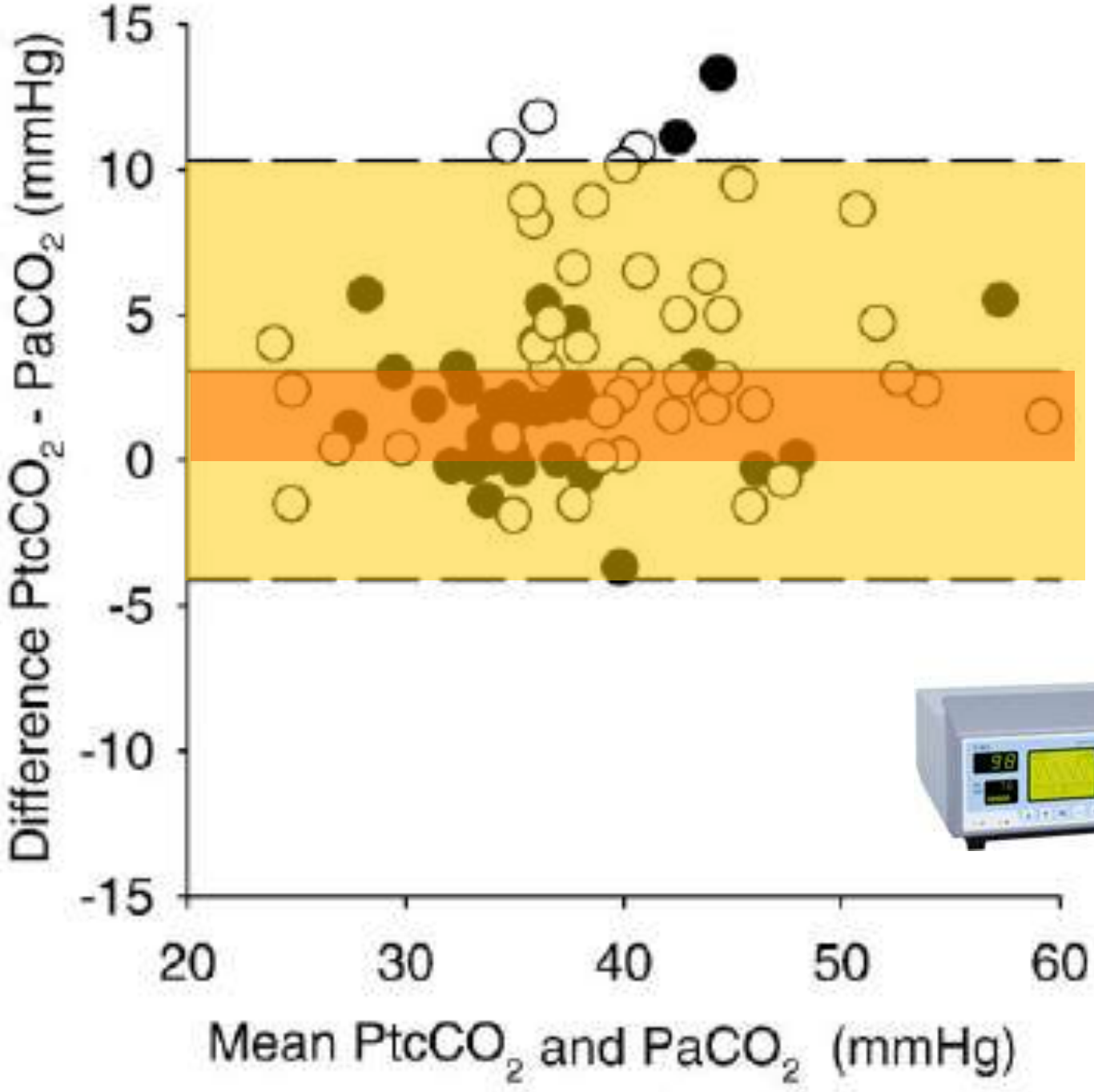
Janssens JP et al., Respir Med 2001

$PtcCO_2$ vs. $PaCO_2$: Radiometer® TINA TCM3
Biais et limites de concordance (Bland & Altman)



Janssens JP et al., Respir Med 2001


A
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
-12
-14
-16
-18
-20
-22
-24
-26
-28
-30
TcPCO2 - PaCO2 (mmHg)
20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110
(TcPCO2 + PaCO2) / 2 (mmHg)
+ 2 SD
- 2 SD


15
10
5
0
-5
-10
-15
Difference PtcCO2 - PaCO2 (mmHg)
20
30
40
50
60
Mean PtcCO2 and PaCO2 (mmHg)

Bias:
3 mmHg

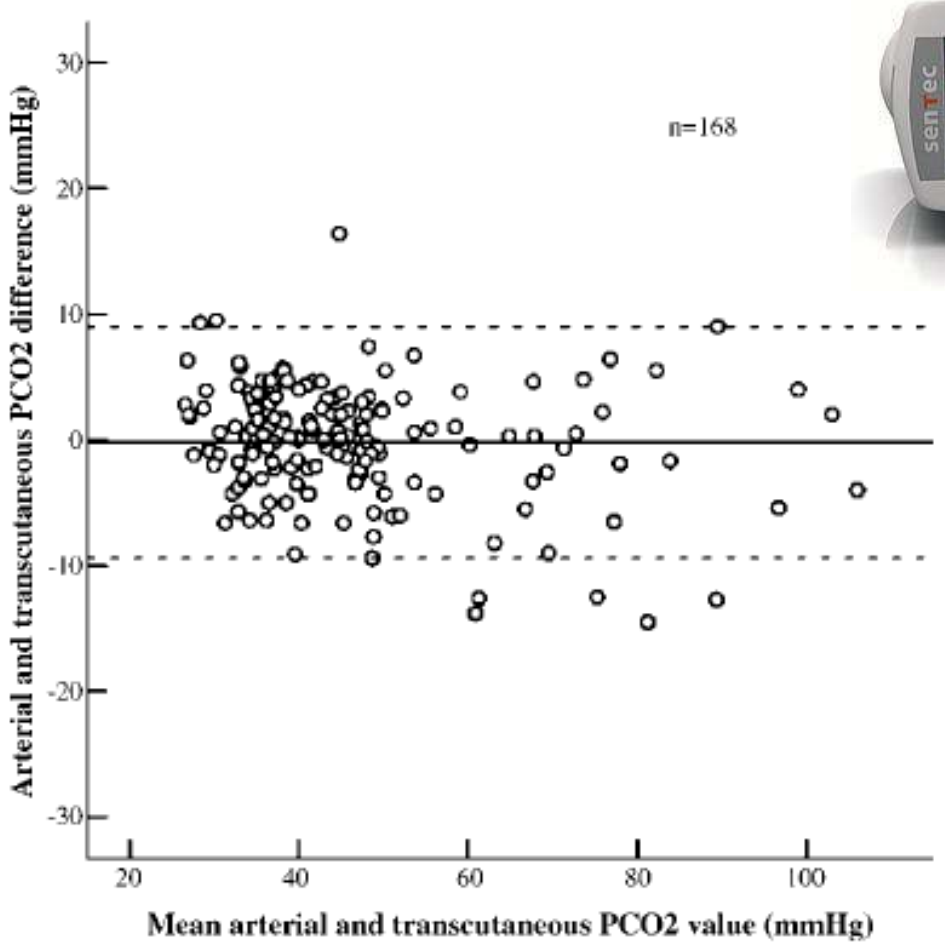


Fig. 2 Arterial to transcutaneous PCO_2 difference versus the mean of two values (Bland and Altman graph). The *solid line* represents the mean PCO_2 bias. The *broken lines* represent the limits of agreement (mean bias ±2 standard deviations). Measurements done in the presence of profound vasoconstriction were not used for analysis

P Rodriguez et al; Intensive Care Med (2006) 32:309

Moins bonne concordance au dessus de 55 mmHg?

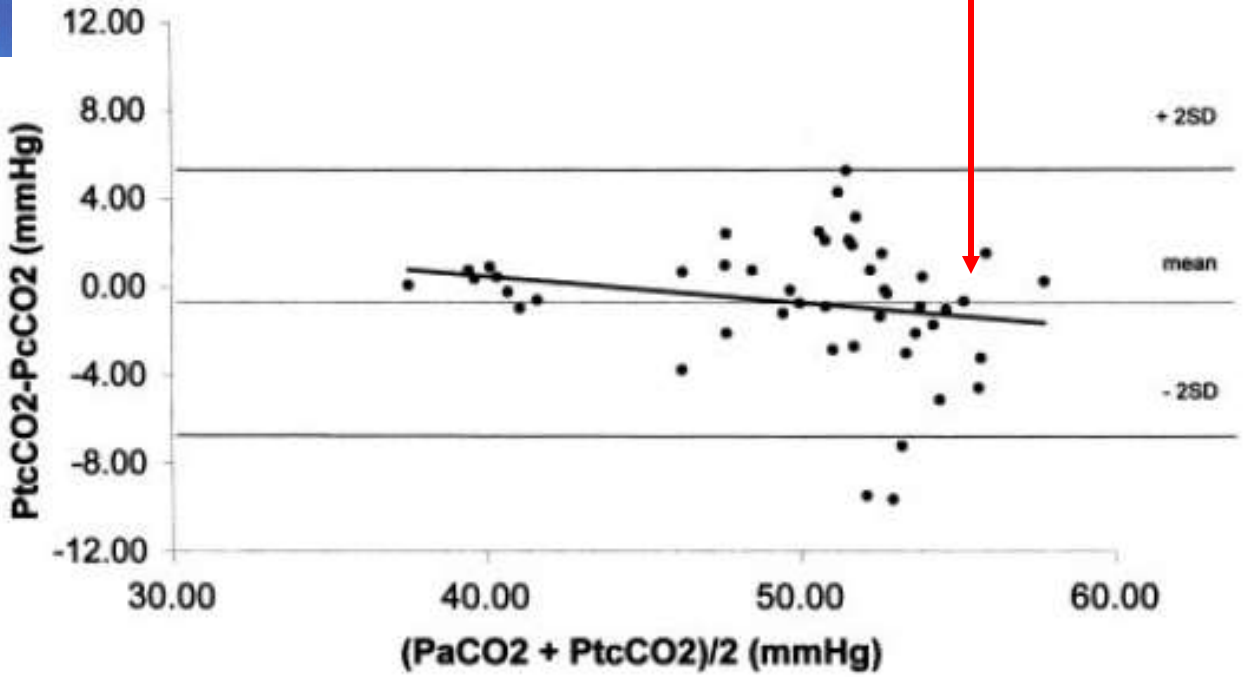


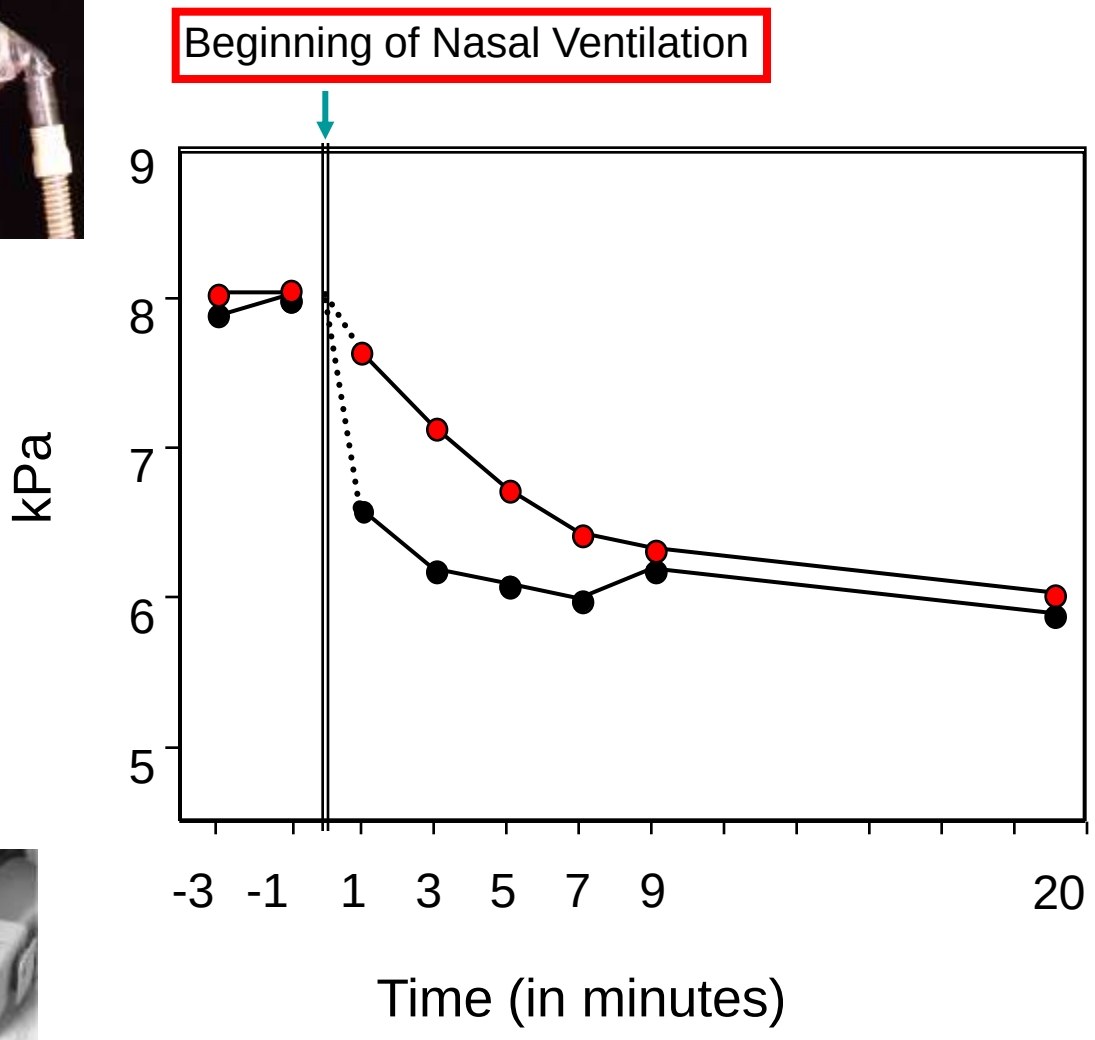
FIGURE 2. Differences against mean for P_{CO_2} data according to Bland and Altman (n = 48).[7] Arterial and transcutaneous values were assessed every 10 min during 40 min of spontaneous breathing in the stable state and with room air, except for three patients who did not tolerate room air and were receiving low-flow oxygen.

A Cuvelier et al; Chest 2005; 127: 1744

Auteur	Capnograph	Biais (mmHg)	Precision	Limits of agreement
JD Tobias	Radiometer TCM3	2.3	± 1.4	0.9; 3.7
M Oshibuchi	Radiometer TCM3	-0.4	± 4.3	-9: + 8.2
O Senn	Tosca 500	3	± 7	-4; +11
A Cuvelier	Radiometer TCM3	-0.7	± 3	-6.7; 5.2
JH Storre	SenTec	4.6	± 4.3	-3.9; + 13.2
M Cox	Tosca 500	-1.1	± 1.7	- 6.7; + 4.5
K Benjelid	Tosca 500	1.2	± 6	- 11.7; 12.9
JP Janssens	Radiometer TCM3	-2.8	± 3.8	-10.4; +4.8
R Rohling	Kontron	-0.6	± 1.1	-2.8; +1.6
P Rodriguez	SenTec	0	± 4.5	-9; + 9
Range		[-2.8]- [+ 4.6]	± [1.1 - 7]	

Temps de reaction (Lagtime)

Lagtime of $PtcCO_2$ vs. $PaCO_2$



Janssens JP et al; Chest 1998; 113: 768

A Cuvelier et al; Chest 2005; 127: 1744

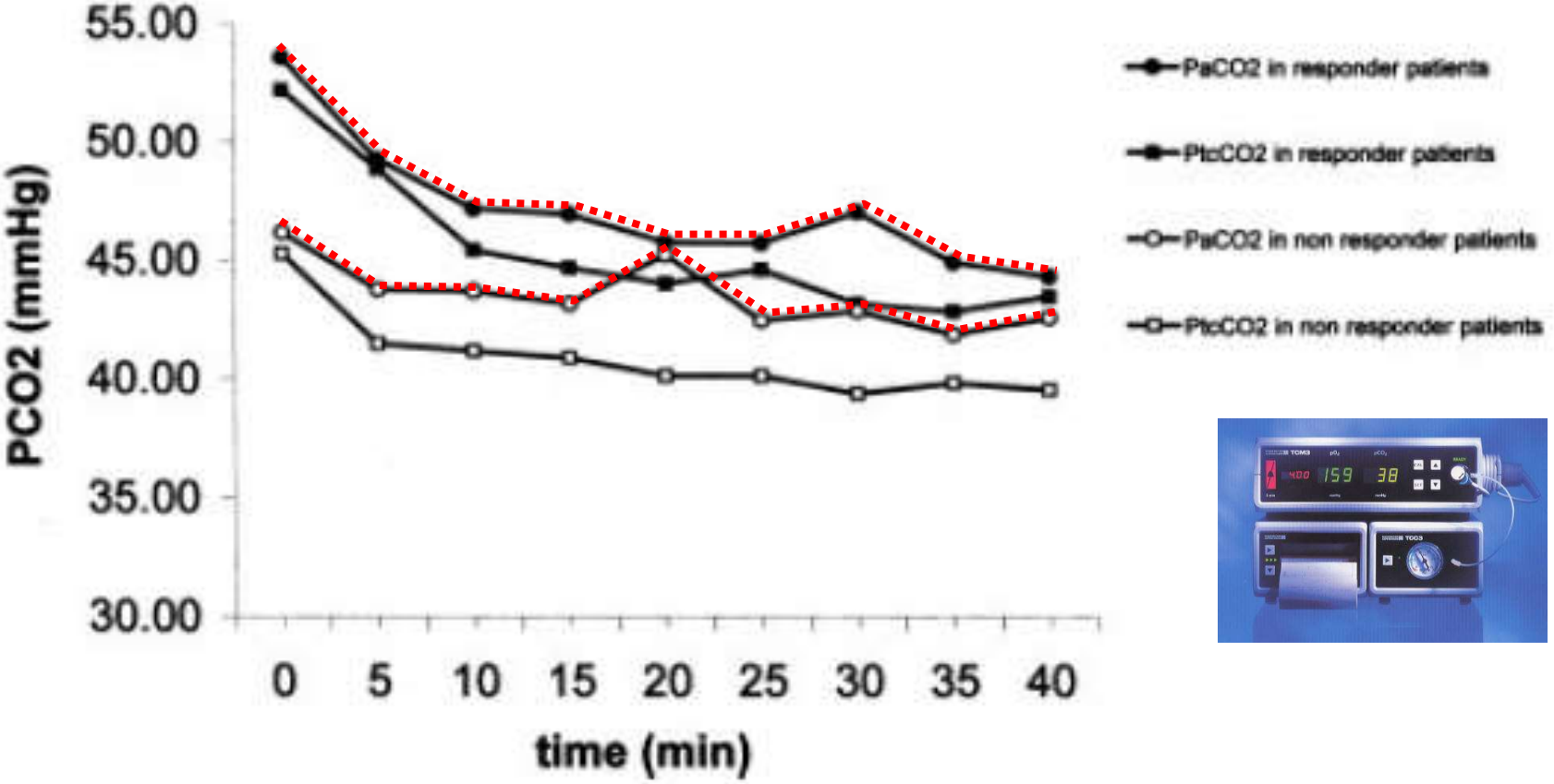
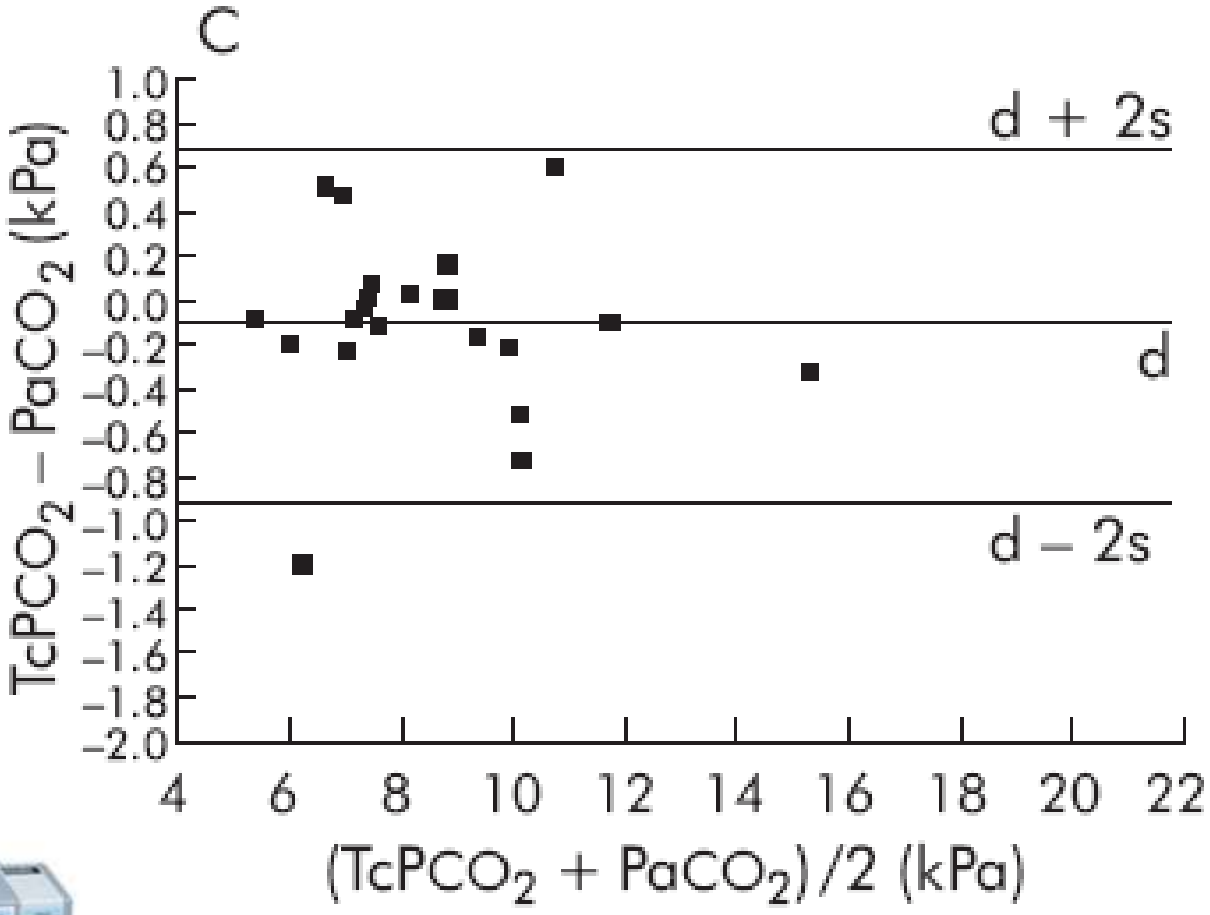


FIGURE 3. Parallel evolution of $PaCO_2$ and $PtcCO_2$ among responders (n = 7) and nonresponders (n = 5) to mechanical ventilation. Responder patients were defined as patients whose $PaCO_2$ decreased by ≥ 4 mm Hg between T0 and T35, and also between T0 and T40 during mechanical ventilation (n = 7).

Dérive (Drift)

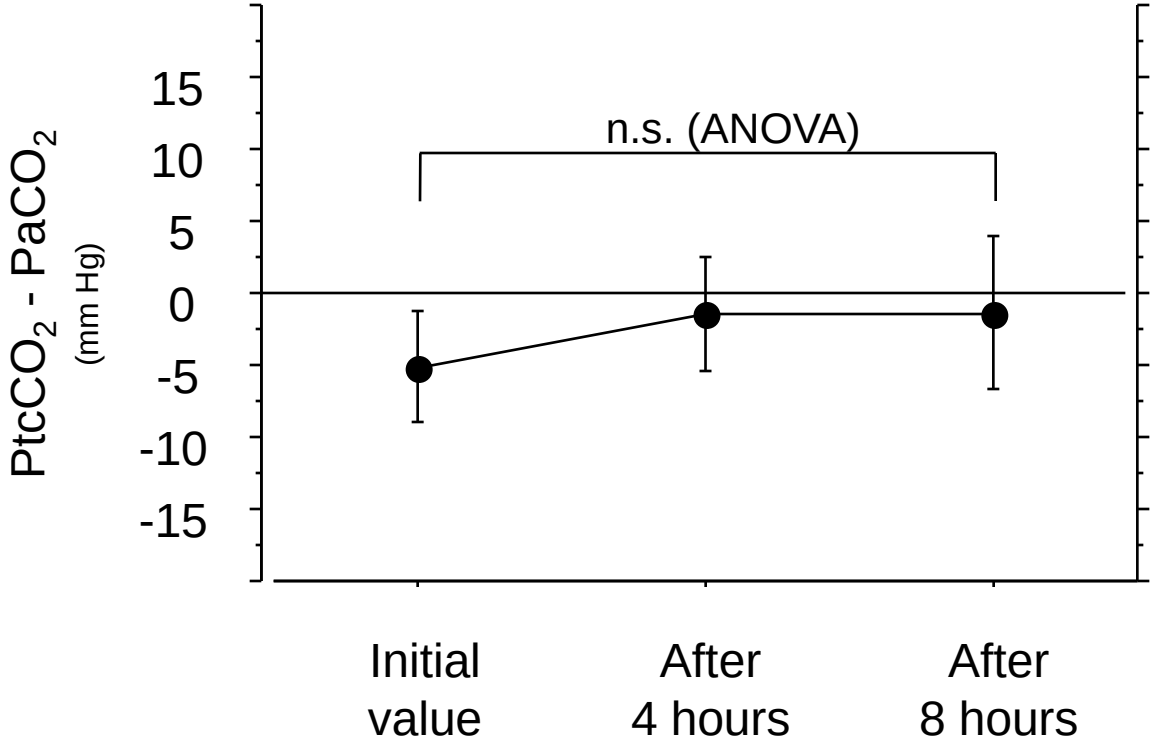
$PtcCO_2$ vs. $PaCO_2$: Tosca 500: EABPCO et VNI; T0, & après 1hr, et 4 hrs



n=21

M Cox et al; Thorax 2006

$PtcCO_2$ vs. $PaCO_2$: trend sur 8 hrs en continu



n=10

Janssens JP et al., Respir Med 2001

Cas particuliers

- Sujets âgés: concordance entre valeurs artérielles et trans-cutanées pour la $PaCO_2$ identiques à celles de l'adulte plus jeune
- Sujets obèses: pas de relation entre concordance avec valeurs artérielles et IMC: résultats aussi fiables

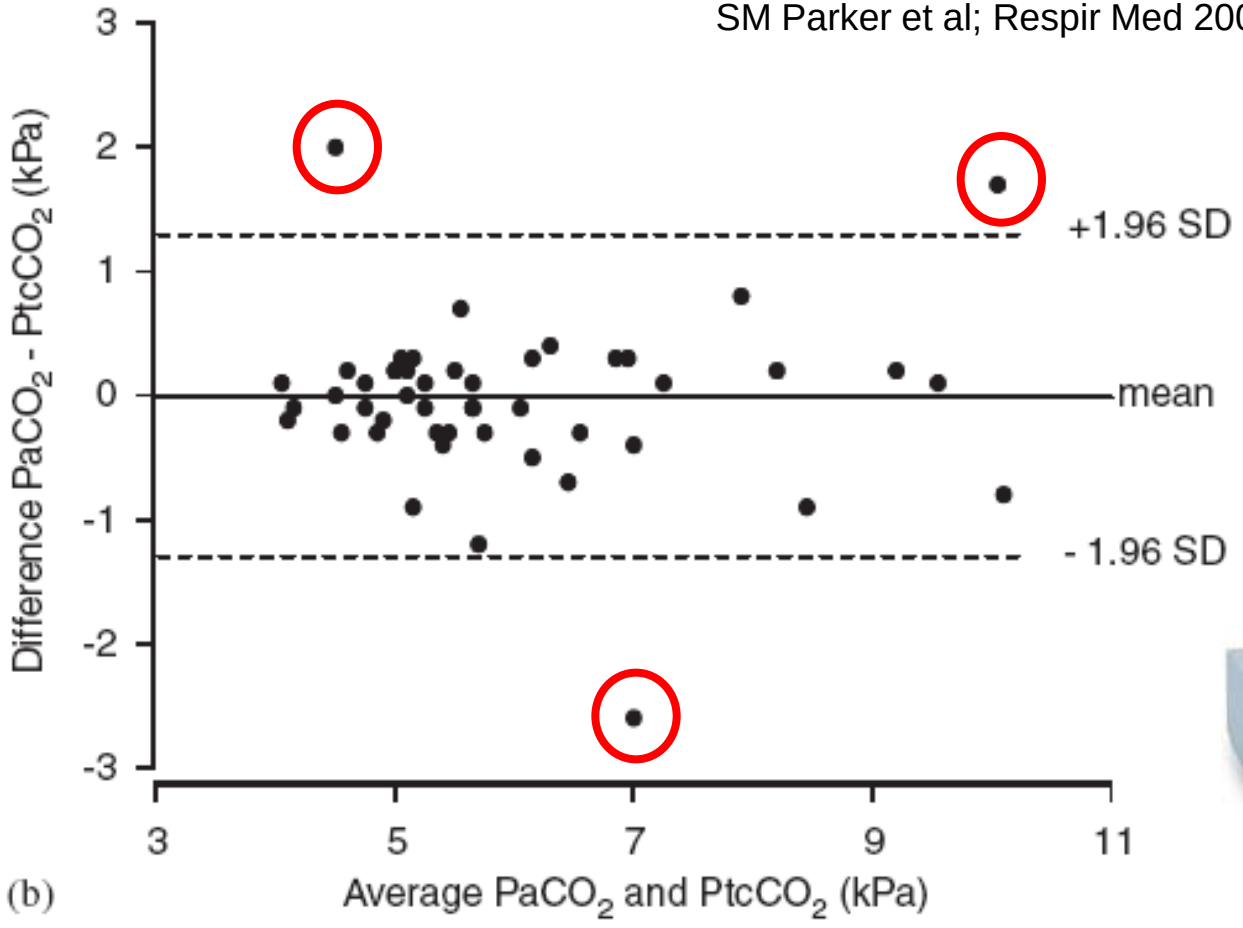
Janssens et al; Gerontology 2005;51:174
Casati A et al; Journal of Clinical Anesthesia (2006) 18, 436–440
Maniscalco M et al; Intensive Care Med. 2008 Jul;34(7):1340-4

Errand values (valeurs absurdes)

Evaluation of a transcutaneous carbon dioxide monitor (“TOSCA”) in adult patients in routine respiratory practice

S.M. Parker, G.J. Gibson*

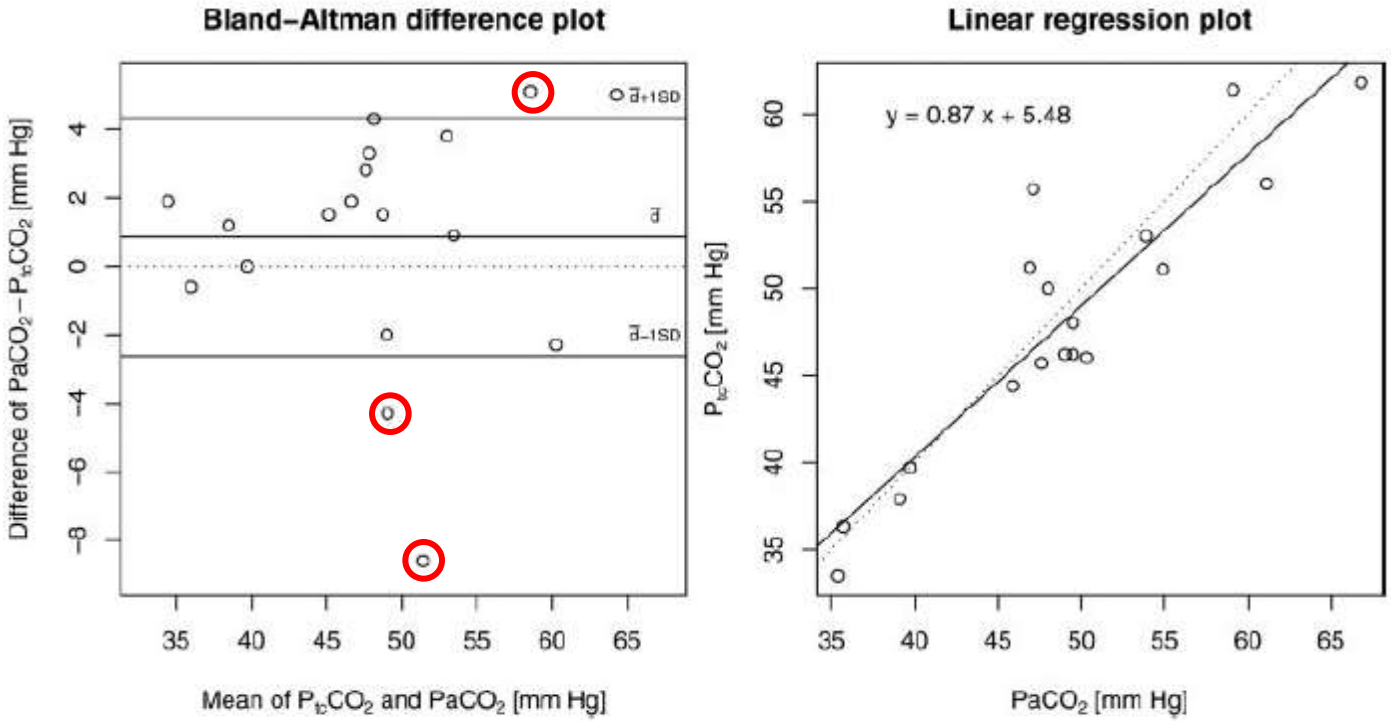
SM Parker et al; Respir Med 2007; 101: 261



n=48

Combined Oximetry-Cutaneous Capnography in Patients Assessed for Long-term Oxygen Therapy*

Salome Schafroth Török, MD; Jörg D. Leuppi, MD; Florent Baty, PhD; Michael Tamm, MD, FCCP; and Prashant N. Chhajed, MD



n=20

FIGURE 1. Comparison of $PtcCO_2$ and $PaCO_2$. $PtcCO_2$ is compared with $PaCO_2$ (Copenhagen ABL 725; Radiometer) at the end of titration. Measurements were compared using both a Bland-Altman plot (*left*) and a linear regression plot (*right*). The Bland-Altman plot displays the mean bias and limits of agreement (solid lines). The linear regression plot displays the line of best fit (solid line) and the identity line (dashed line).

(CHEST 2008; 133:1421–1425)

Causes possibles d'erreur et de dysfonctionnement lors de mesure de la $PtcCO_2$

Facteurs techniques

- Mauvaise mise en place de la membrane (bulles d'air ..)
- Membrane défectueuse ou changée trop tard
- Fuite du gaz de calibration

Facteurs liés au patient

- Hypoperfusion; baisse du débit cardiaque; médicaments vaso-constricteurs
- Anatomie et épaisseur du lobe de l'oreille

Current Opinion in Anaesthesiology 2004, 17:521–525

Commentaires généraux..

Mesure de la PCO_2 transcutanée dans le monitoring de la VNI au long cours (1)

- Clarifie le $\Delta\Delta$ lors d'hypoxémie nocturne
- Atteste du contrôle nocturne de l'hypoventilation alvéolaire, voire de la présence d'une hyperventilation alvéolaire nocturne (bilan d'apnées centrales)
- Rend compte des *conséquences* d'évènements respiratoires tels que fuites, asynchronies patient-ventilateur, sur l'efficacité du support ventilatoire

Mesure de la PCO_2 transcutanée dans le monitoring de la VNI au long cours (2)

- Outil reconnu dans l'évaluation de différents modes ventilatoires (i.e. PEEPe ds BPCO, volume cible, auto-VNDP, ventilation barométrique vs. volumétrique) ou interfaces

Storre JH et al; Chest. 2006 Sep;130(3):815-21

Janssens et al; Respir Med 2009

Willson GN et al; Eur Respir J. 2004 Apr;23(4):605-9

M Elliott et al; Eur Respir J. 1995 Mar;8(3):436-40

Mesure de la PCO_2 transcutanée dans le monitoring de la VNI au long cours (3): sujets restrictifs

- L'hypercapnie nocturne chez des patients neuromusculaires est prédictive de la nécessité d'une VNI dans l'année qui suit
- $PtcCO_2$ nocturne: facteur pronostic significativement lié à la survie lors d'IRC hypercapnique sur atteinte restrictive

Ward S et al; Thorax. 2005 Dec;60(12):1019-24

Young AC et al; Thorax. 2008 Jan;63(1):72-7

Budweiser S et al; Respirology. 2007 Jul;12(4):551-9

$PtcCO_2$ chez l'obèse (apnéique ou non)

- Lors d'hypoxémie résiduelle sous PPC, la $PtcCO_2$ est déterminante pour déterminer le choix thérapeutique
- Bien que ce ne soit pas « EBM », la détection d'une hypoventilation alvéolaire nocturne peut orienter le clinicien pour le choix d'une PPC vs. une VNDP

$PtcCO_2$ chez l'obèse (apnéique ou non)

- L'effet de la VNI chez l'obèse repose essentiellement sur l'amélioration de la commande ventilatoire et de la réponse ventilatoire au CO_2
- Celle-ci passe par un contrôle optimal de la capnie nocturne.

Chouri-Pontarollo N et al, Chest 2007

Où utiliser la $PtcCO_2$?

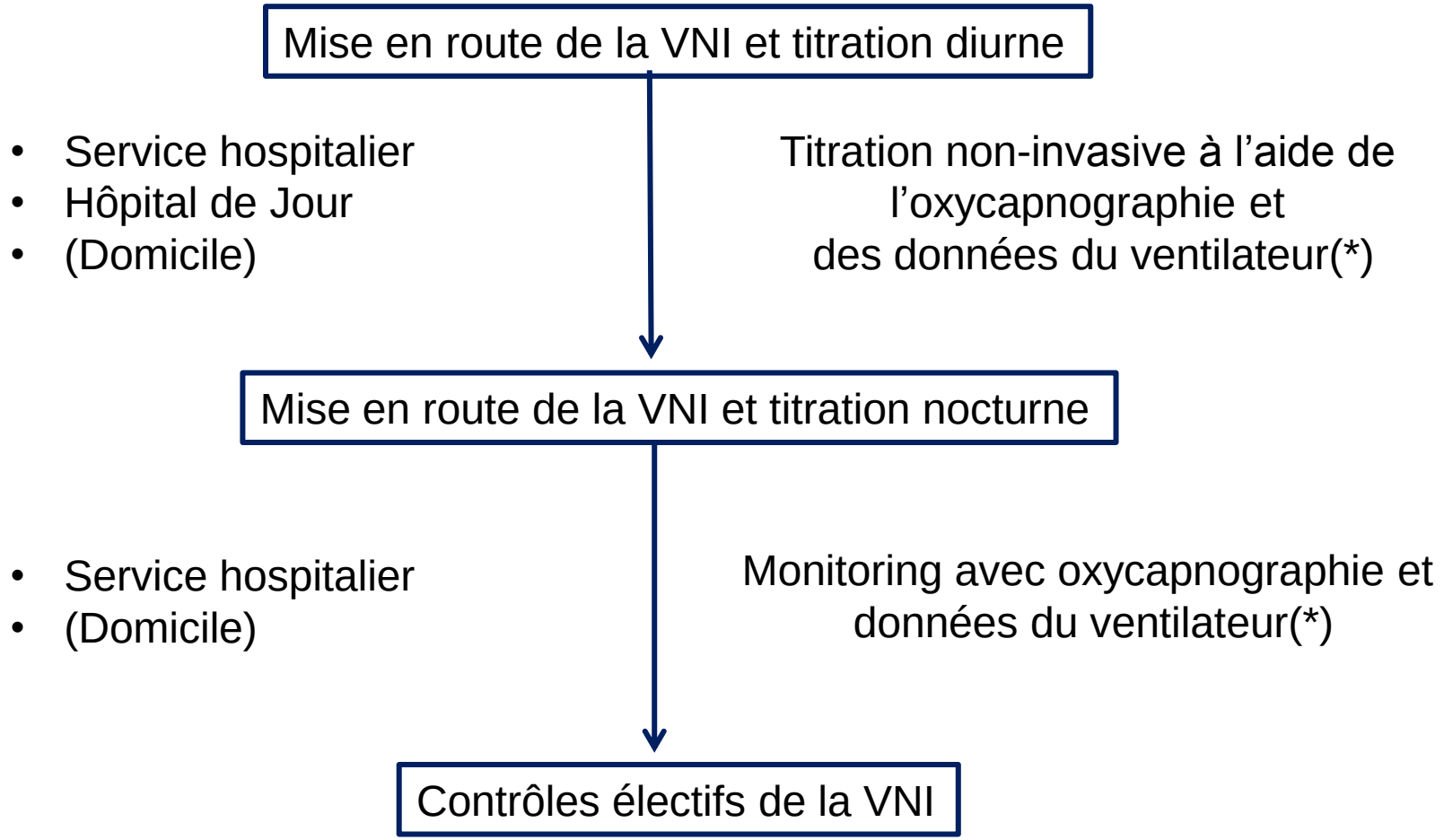
- SI, Urgences: attention à l'hémodynamique: intéressant pour les trends; vérifier adéquation des mesures pathologiques
- Hors SI: HdJ, services spécialisés
- Domicile ? : contribution clinique réelle à documenter.
- Problème des «valeurs erronées»; mais séduisant par ailleurs: couplage avec données mémorisées des ventilateurs? avec gazométrie à domicile?

Les pros et contras des mesures de $PtcCO_2$

Contras:

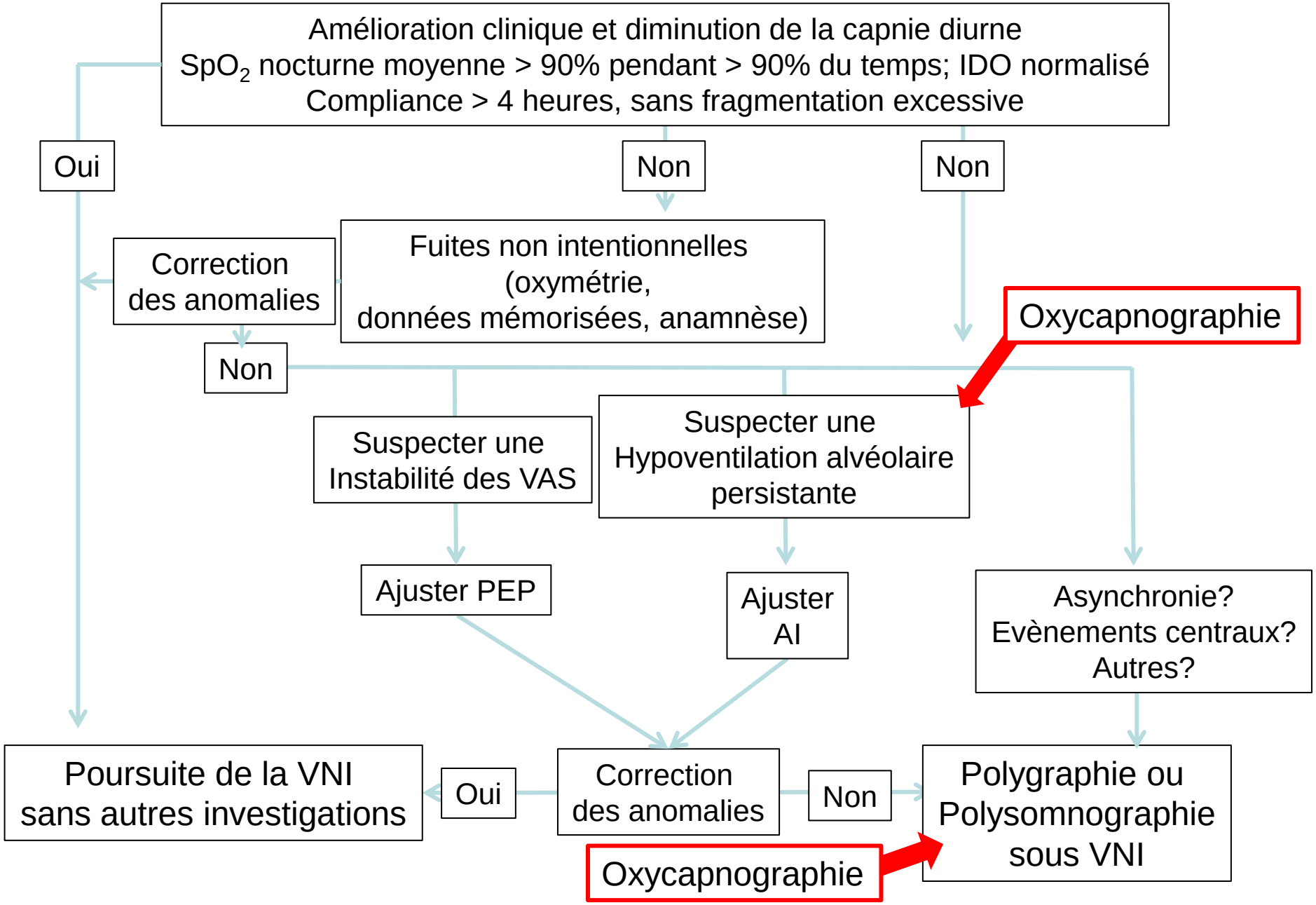
- Valeurs absurdes occasionnelles, imprévisibles
- Cher; fragile, de manipulation délicate pour certains appareils
- Performances inégales entre capnographes
- Lag-time (delai de réaction)
- Software et connexion avec systèmes de PG et PSG à améliorer

En pratique…



Oxycapnographie si hypoxémie nocturne inexpliquée, après correction des fuites, si patient sous O_2, si symptômes évocateurs d'hypercapnie nocturne, si BE ⇑
(Bilan hospitalier, ou si possible à domicile)

(*): fuites, volume courant, % de cycles déclenchés et cyclés par le patient, IAH



D'après Janssens JP et coll; Thorax 2011; 66: 438