

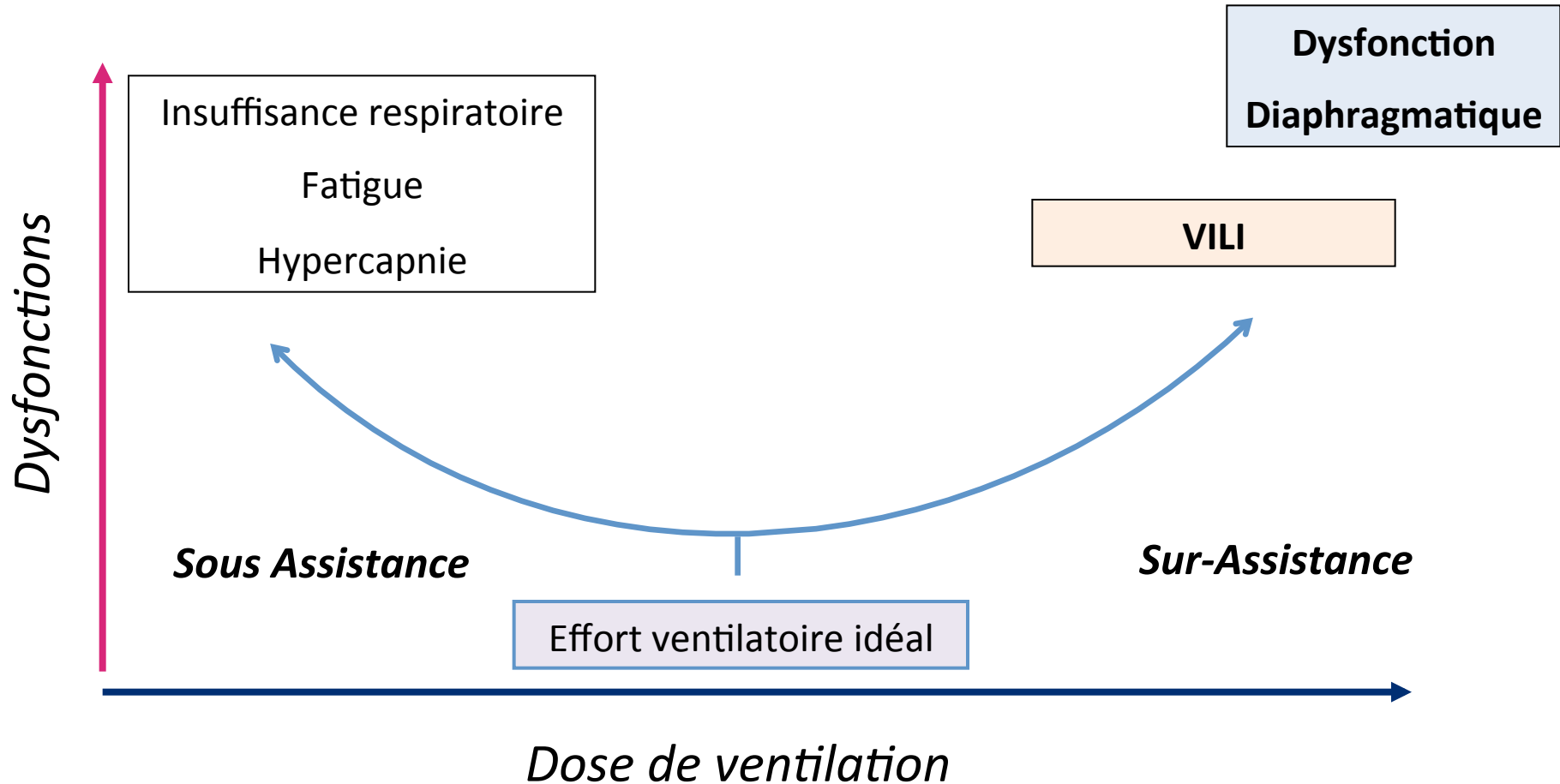


Modes Proportionnels

Nicolas TERZI - MD-PhD
Inserm U1042 Grenoble
Service de Réanimation Médicale – CHU de Grenoble

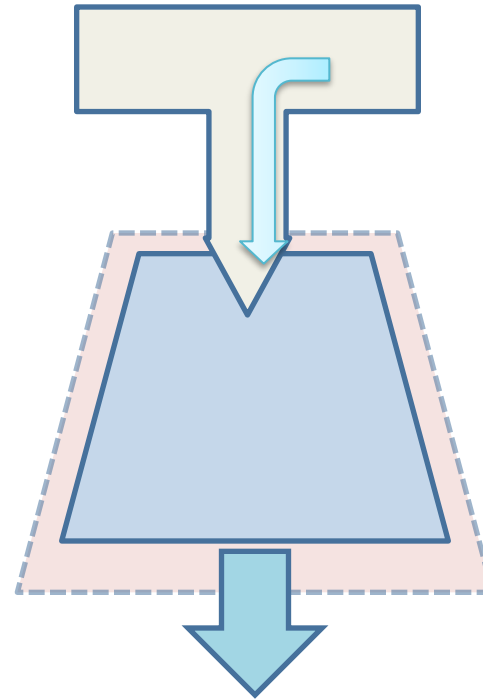
Objectif

La bonne dose de ventilation



D'une Ventilation Contrôlée à une Ventilation Assistée

Couple ou ménage à 3 ...

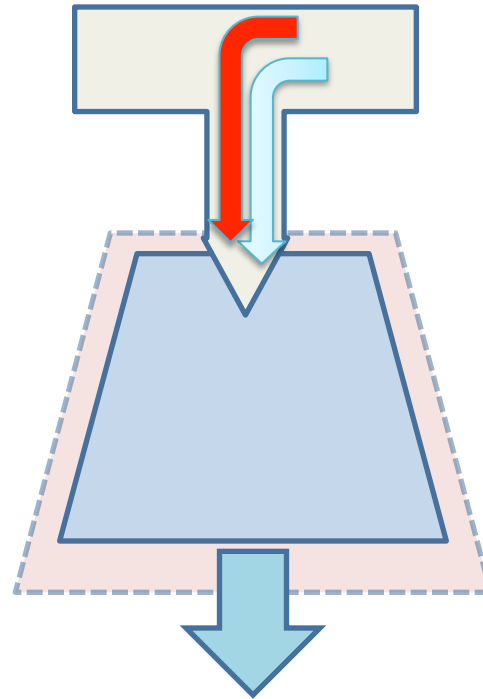


VM assistée



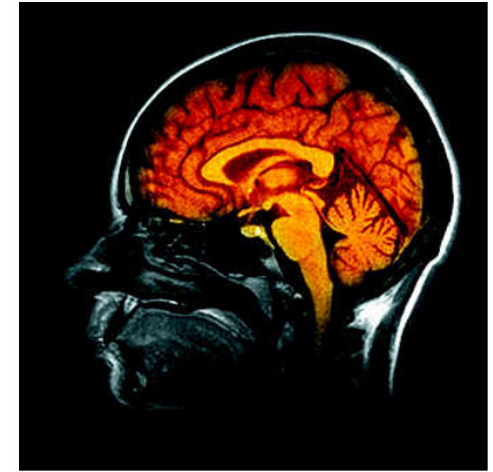
D'une Ventilation Contrôlée à une Ventilation Assistée

Couple ou ménage à 3 ...



VM assistée

Patient et Machine
Paw+Pmus



Pourquoi un Mode Assisté

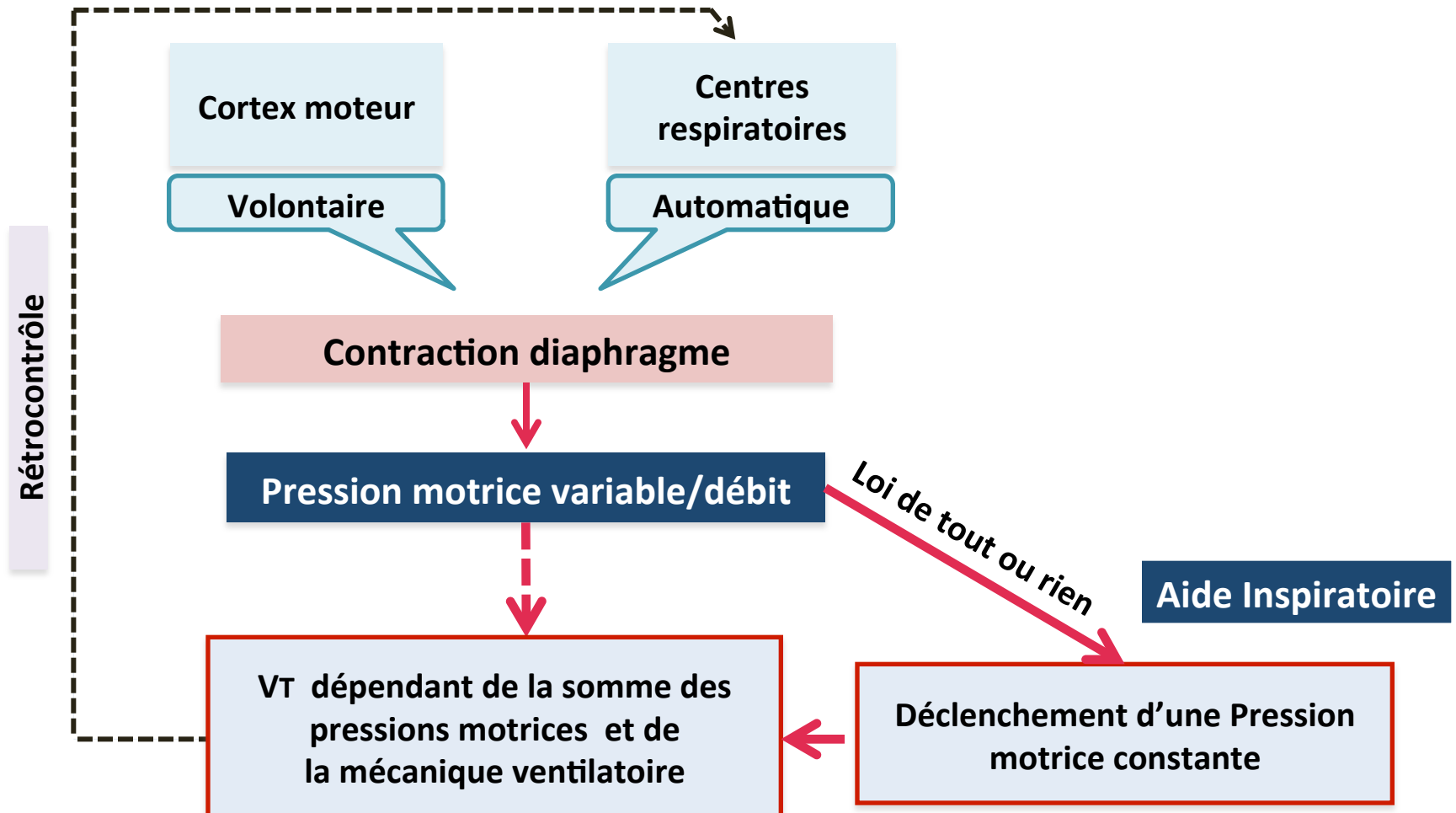
Intérêts:

- **Adéquation à la commande ventilatoire**
 - Respecte/utilise la commande ventilatoire du patient
 - Objectif de synchronisation de l'assistance ventilatoire à l'appel inspiratoire du patient
 - Moins de dyspnée / Meilleur confort
 - Moins de Sédatifs
- **Maintien d'une activité diaphragmatique**
 - Prévient la dysfonction diaphragmatique
- **Recrutement harmonieux du parenchyme pulmonaire**
- **Réduction de la période de sevrage**

Quel Mode Assisté ?

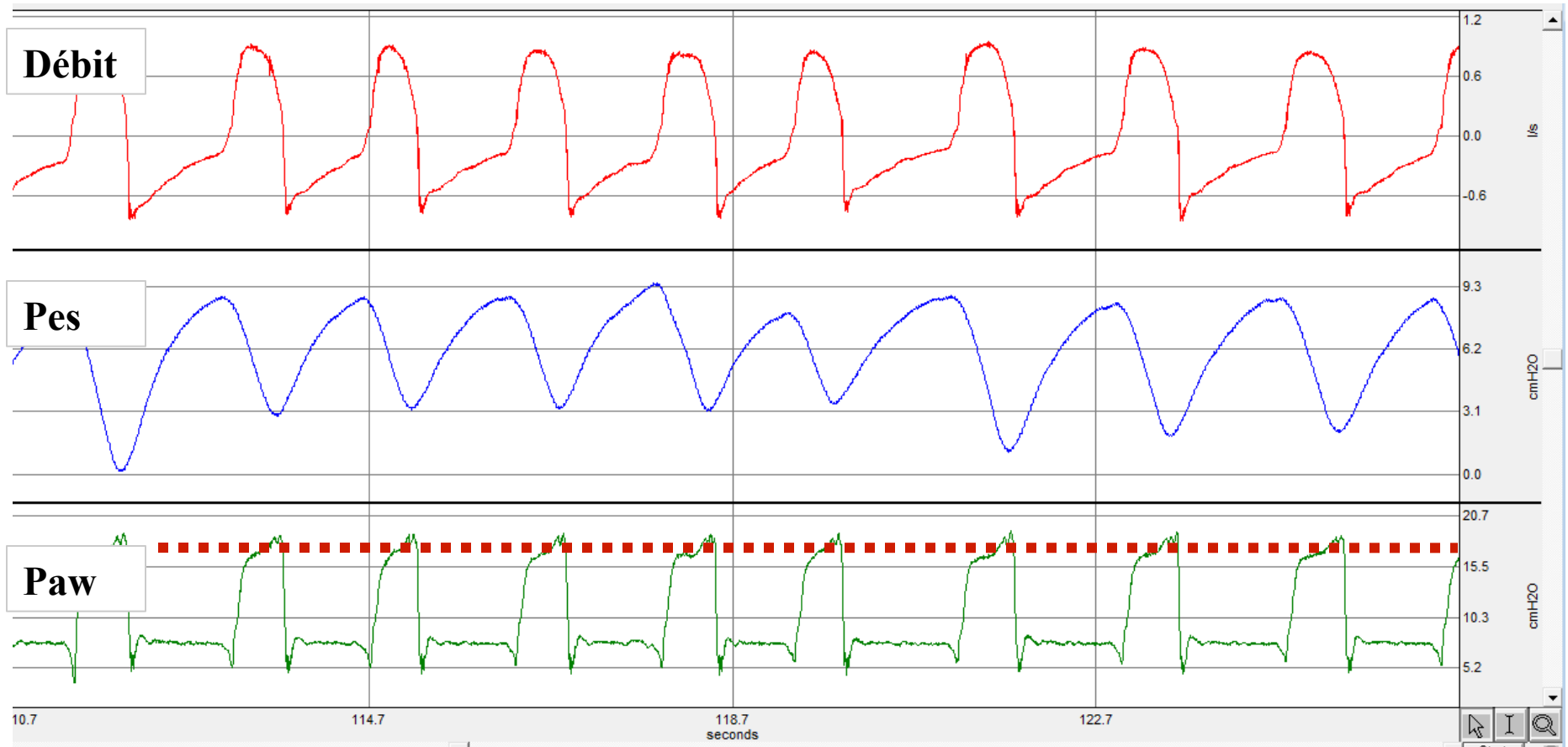
- ***Mode Volumétrique:***
 - Ventilation Assistée Contrôlée : N'est pas un mode de sevrage
- ***Mode Barométrique:***
 - Aide Inspiratoire
 - SIMV (obsolète actuellement)
- ***Mode Proportionnel:***
 - PAV
 - NAVA

Que se passe t-il en mode barométrique assisté ?



VS-AI

Niveau d'assistance constant

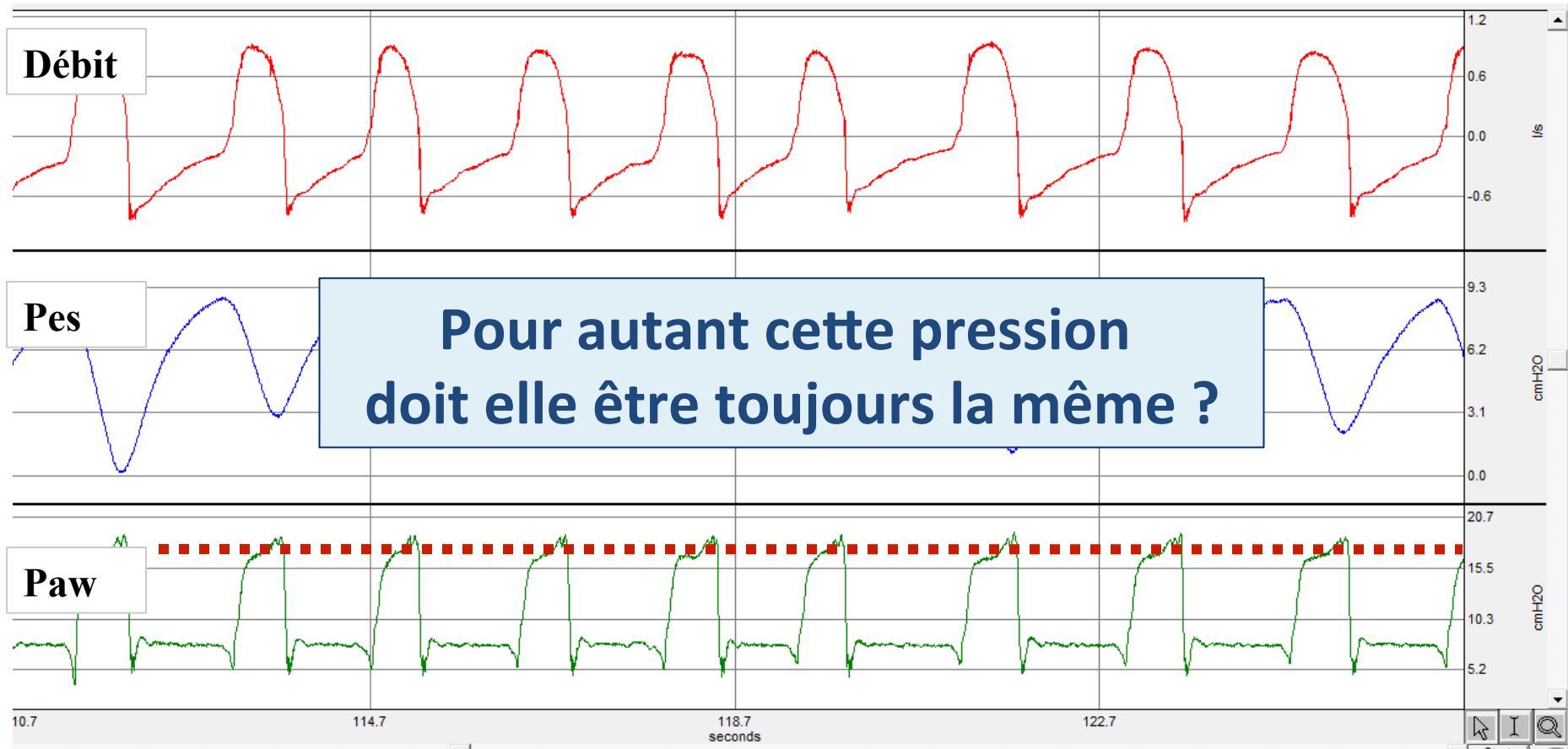


20 sec

AI = 10 cmH₂O
PEEP = 7 cmH₂O

VS-AI

Niveau d'assistance constant



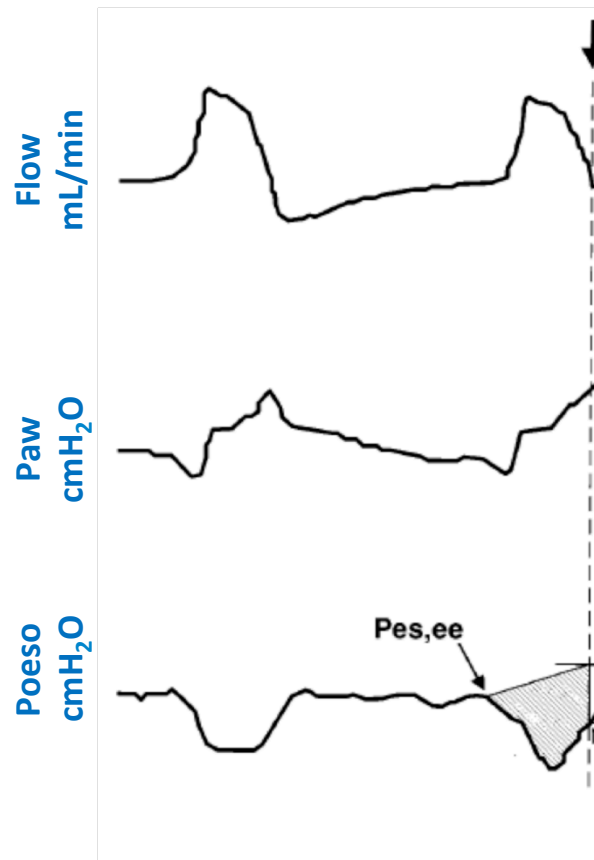
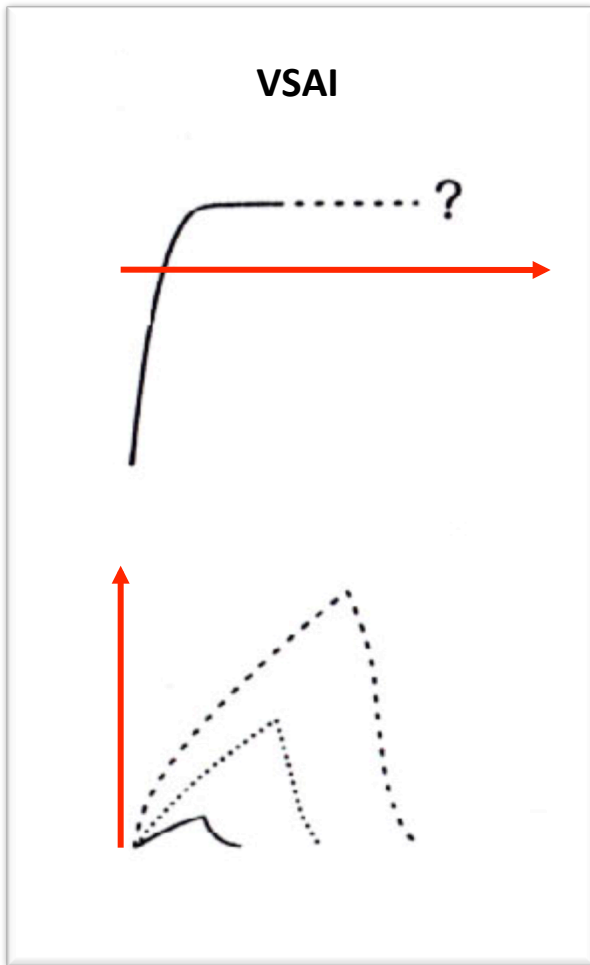
20 sec

AI = 10 cmH₂O
PEEP = 7 cmH₂O

Limites de l'Aide Inspiratoire

- **Volume courant le plus souvent dépendant du niveau d'AI (pour une mécanique ventilatoire donnée)**
 - Déconnection avec les besoins réels
 - Sur assistance=> seuil d'apnée=> pauses respiratoires=> fragmentation du sommeil
 - Peut favoriser ou majorer une auto-PEEP
 - Peut être responsable de VILI
- **Défaut de synchronisation avec l'appel inspiratoire**
 - Exemple de l'auto-PEEP
 - Efficacité altérée de la ventilation mécanique

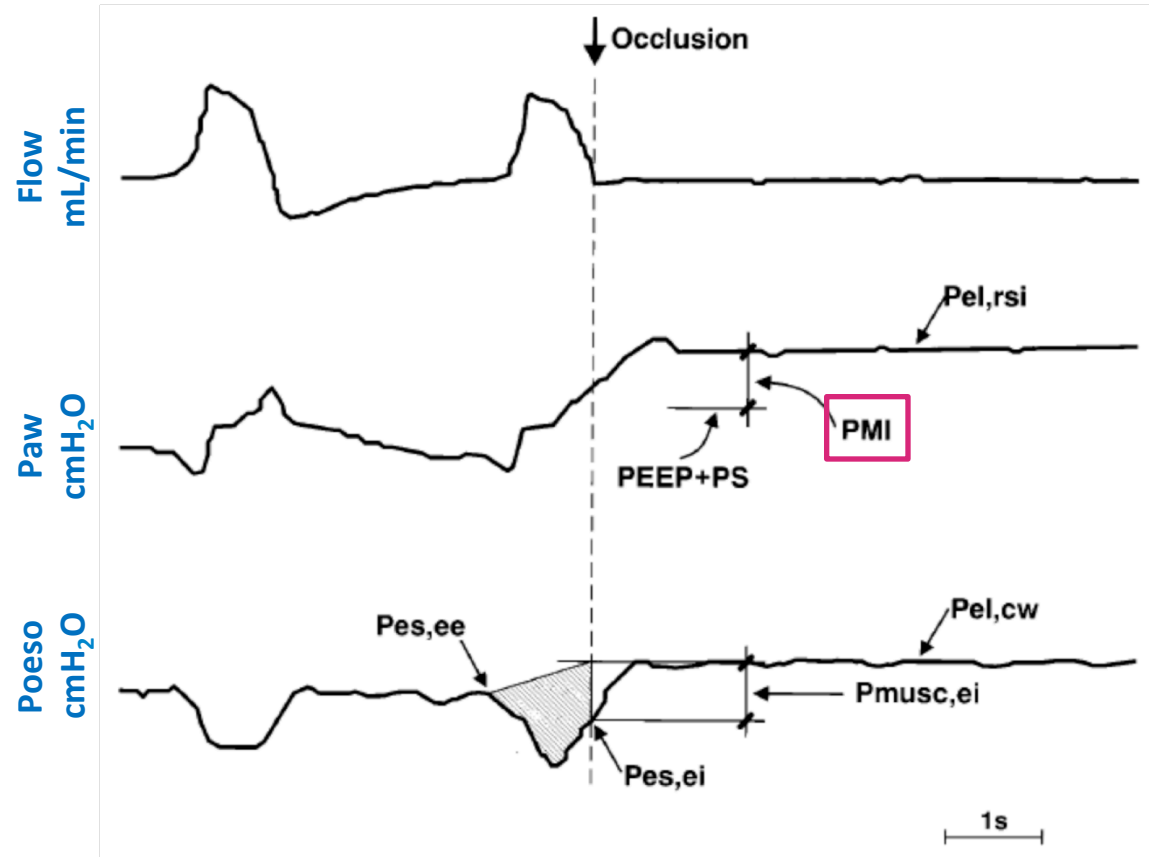
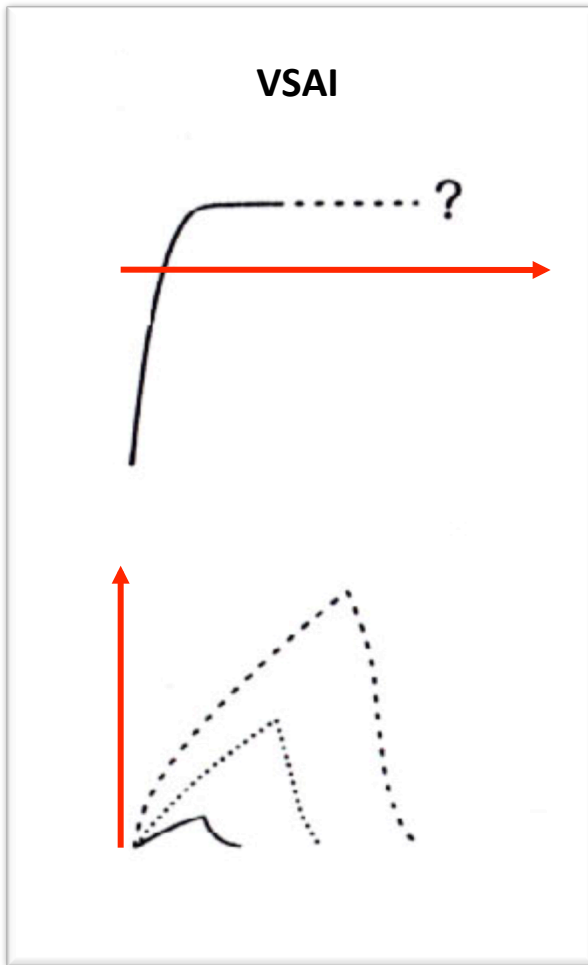
Limites de l'Aide Inspiratoire



Foti et al. AJRCCM 1997

Au niveau d'aide inspiratoire s'ajoute la dépression intra-thoracique liée à la contraction diaphragmatique

Limites de l'Aide Inspiratoire

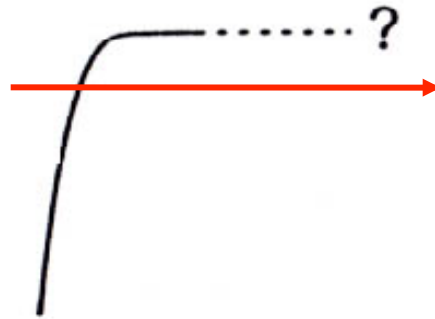


Foti et al. AJRCCM 1997

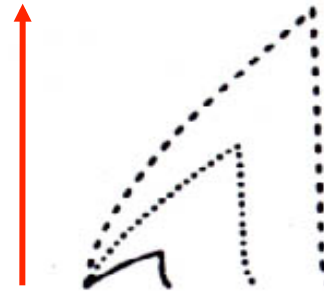
Au niveau d'aide inspiratoire s'ajoute la dépression intra-thoracique liée à la contraction diaphragmatique

Principes des modes proportionnels

VSAI



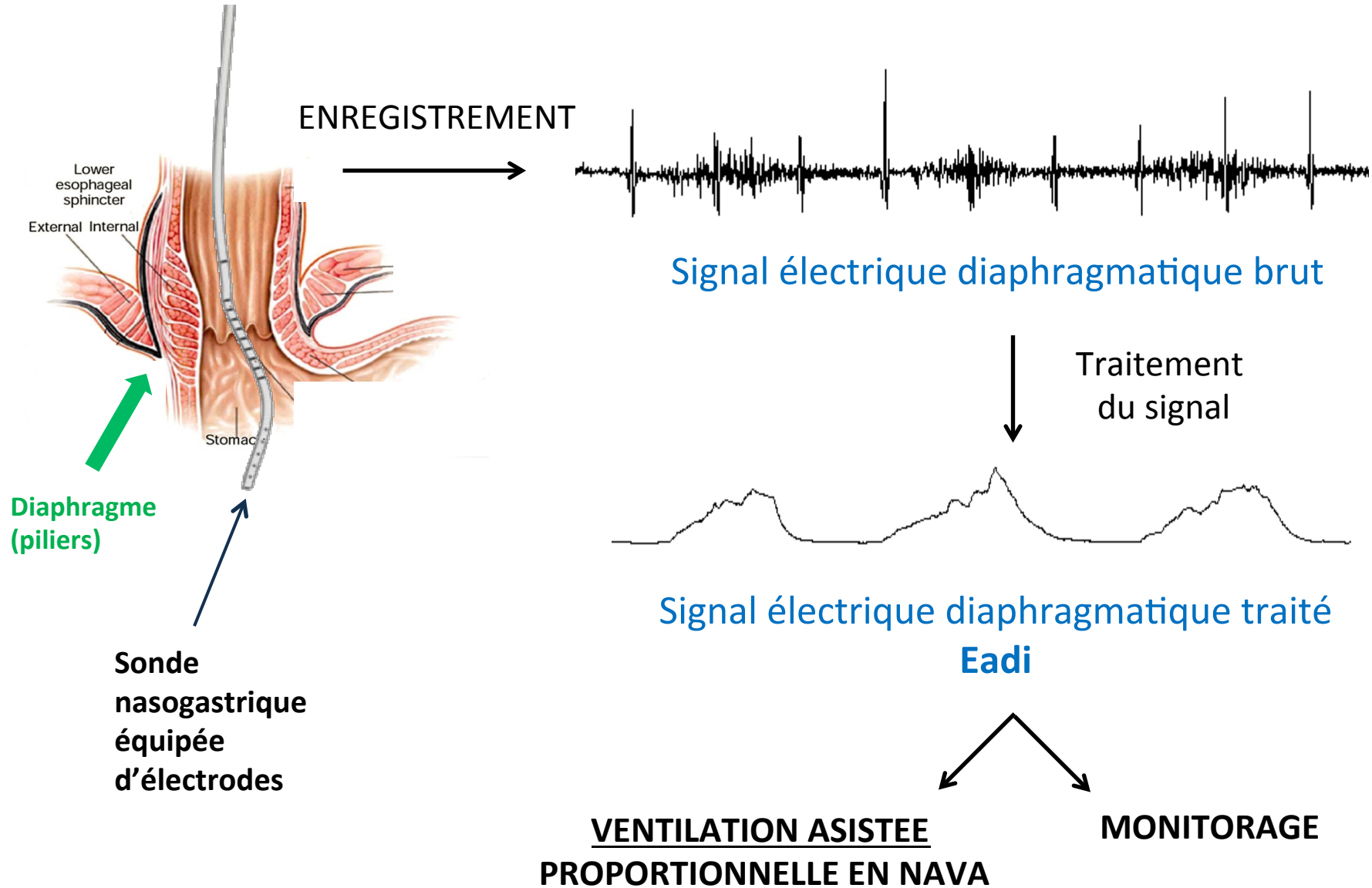
VENTILATION
PROPORTIONNELLE
PAV+, *NAVA*



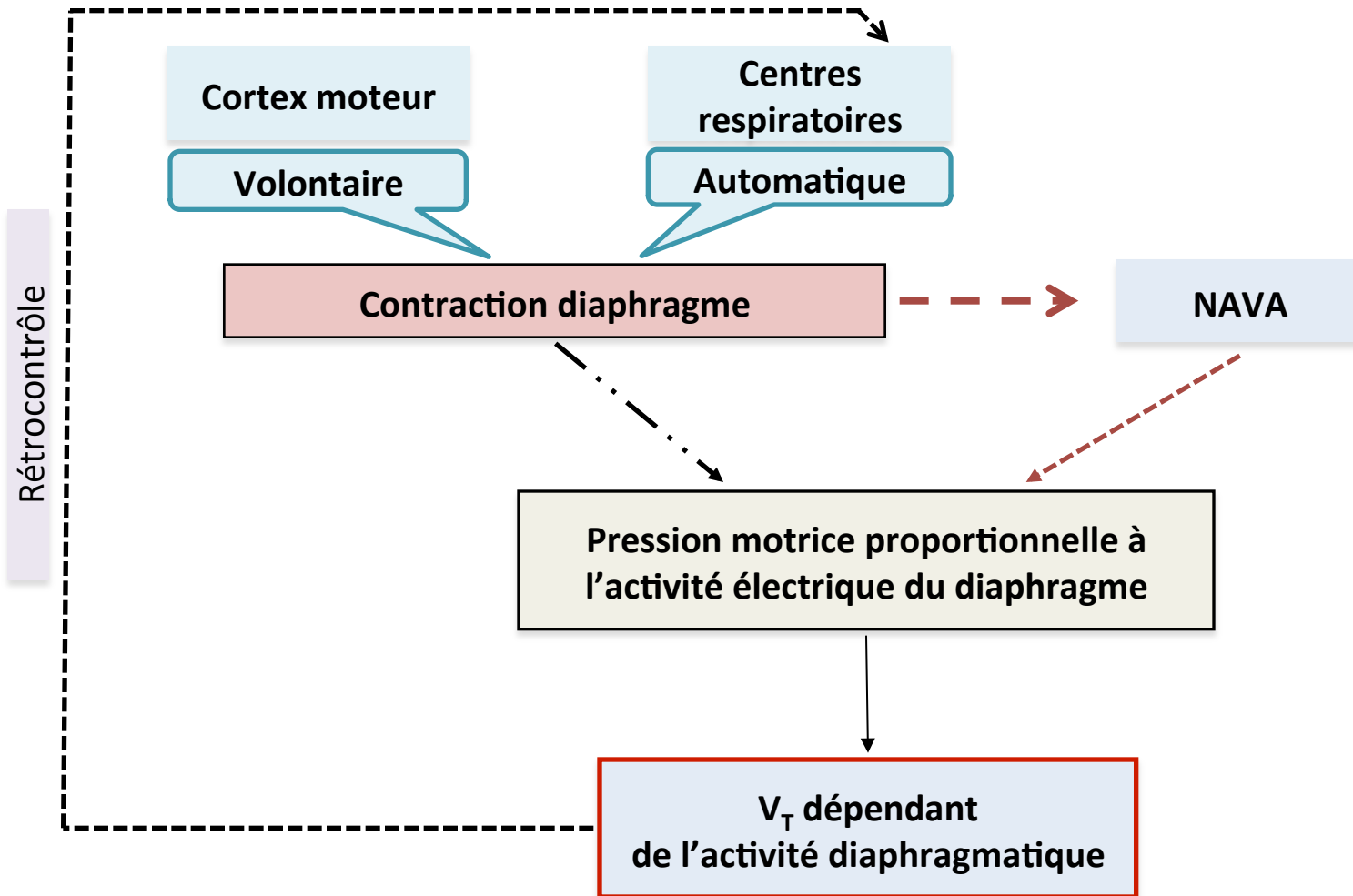
Principes de la NAVA

- **Recueil EMG pour piloter ventilateur – Sonde Naso-gastrique spécifique**
- **Pression motrice proportionnelle à l'activité EMG**
 - Réglage non pas d'une pression mais d'un gain
 - $Paw = Edi \times \text{Gain NAVA}$
- **Différence avec AI dont la pression motrice est constante**
- **Trigger neural – Basé sur l'EMG : Différence avec la PAV**

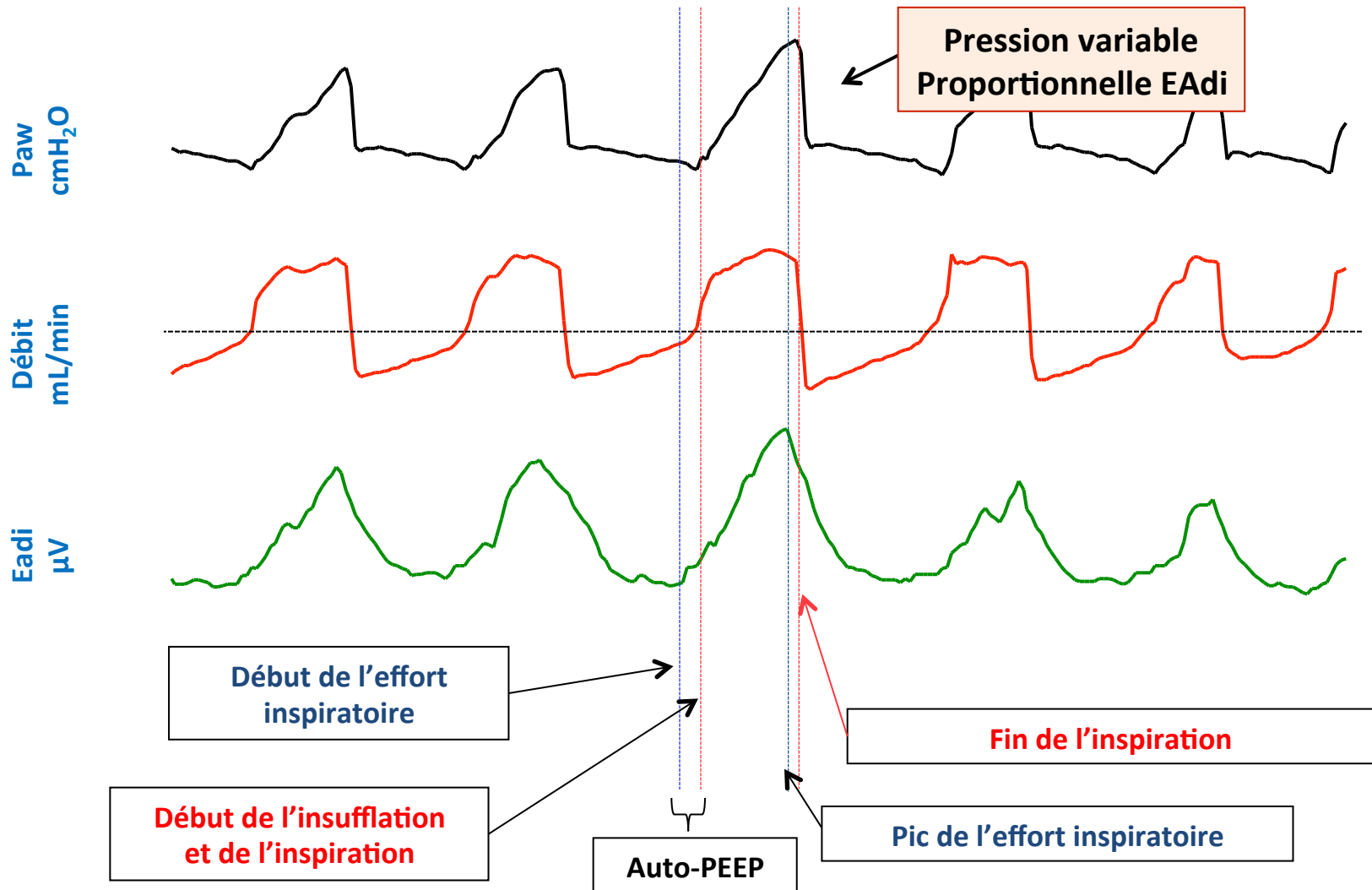
Principes de la NAVA



Une boucle autorégulée



Une assistance proportionnelle à l'activité diaphragmatique



NAVA - Synchronisation

Patient-ventilator interaction
and neurally adjusted ventilatory assist

Jadranka Spahija, PhD; Michel de Maesseneke, PhD;
Stéphane Delisle, MSc; Jennifer Berthiaume, PhD

Intensive Care Med (2012) 38:1624-1631
DOI 10.1007/s00134-012-2626-9
Lise Piquilloud
Didier Tassaux
Emilie Bialais
Bernard Lambermont
Thierry Sottiaux
Jean Roeseler
Pierre-François Laterre
Philippe Jolliet
Jean-Pierre Revelly

ORIGINAL
Analysis during neurally adjusted ventilatory assist (NAVA) in patients with acute respiratory disease
Hoeven¹ and Leo
2012, 18:550

Intensive Care Med (2011) 37:263-268
DOI 10.1007/s00134-010-2052-6

Lise Piquilloud
Laurence Vignaux
Emilie Bialais
Jean Roeseler
Thierry Sottiaux
Philippe Jolliet

Automated patient-ventilator interaction during neurally adjusted non-invasive ventilation in chronic obstructive pulmonary disease
24, Jennifer B...

Neurally adjusted ventilatory assist (NAVA) improves patient-ventilator interaction during non-invasive ventilation delivered by face mask

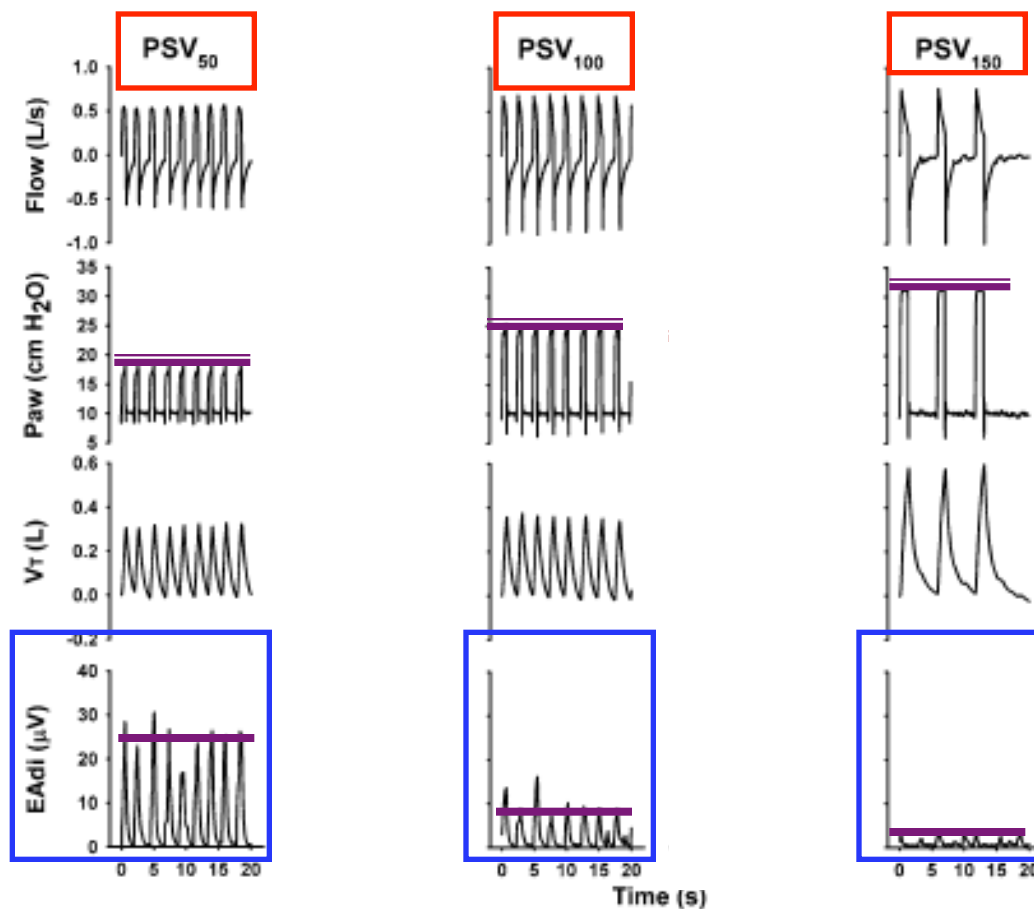
Neurally Adjusted Ventilatory Assist (NAVA) Improves Patient-Ventilator Asynchrony During Pressure Support Ventilation and Noninvasive Ventilatory Assist in Infants and Children

Matthias
Felix K...

Laurence Vignaux, PT^{1,2}; Serge Grazioli, MD³; Lise Piquilloud, MD⁴; Nathalie Bochaton³;
Oliver Karam, MD³; Yann Levy-Jamet³; Thomas Jaecklin, MD³; Pierre Tourneux, MD, PhD^{2,5};
Philippe Jolliet, MD⁴; Peter C. Rimensberger, MD³; CCM Journal Oct 2013 • Vol 14 • Number 8
Manuelle Deslandes-Boutmy, MD;
...owski, MD, PhD; Alexandre Demoule, MD, PhD

Physiologic response to varying levels of pressure support and neurally adjusted ventilatory assist in patients with acute respiratory failure

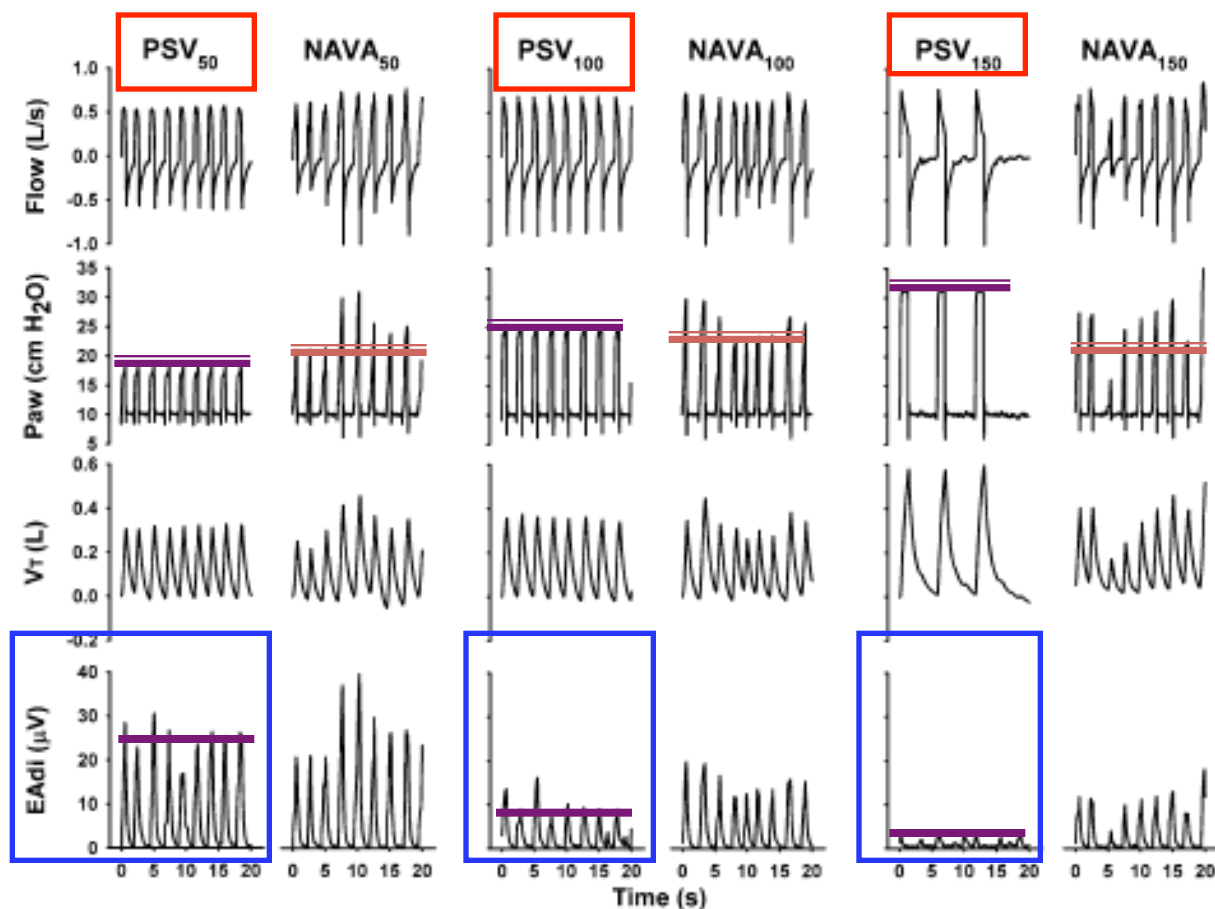
2008



Paw (cmH₂O)

EAdi (µV)

Conclusions: En comparaison à AI, NAVA limite le risque de sur-assistance, améliore l'interaction et réduit les asynchronies

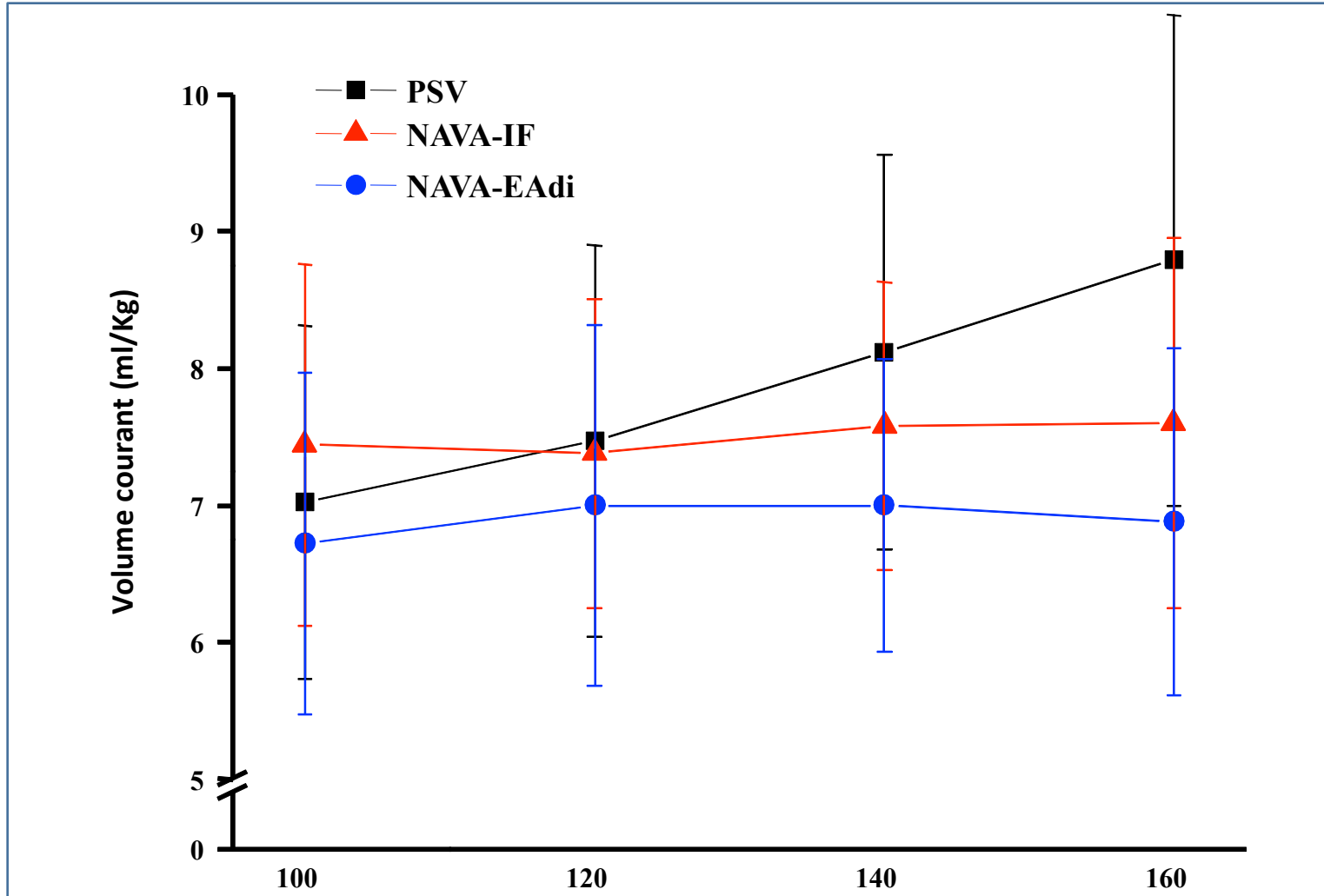


Paw (cmH₂O)

EAdi (µV)

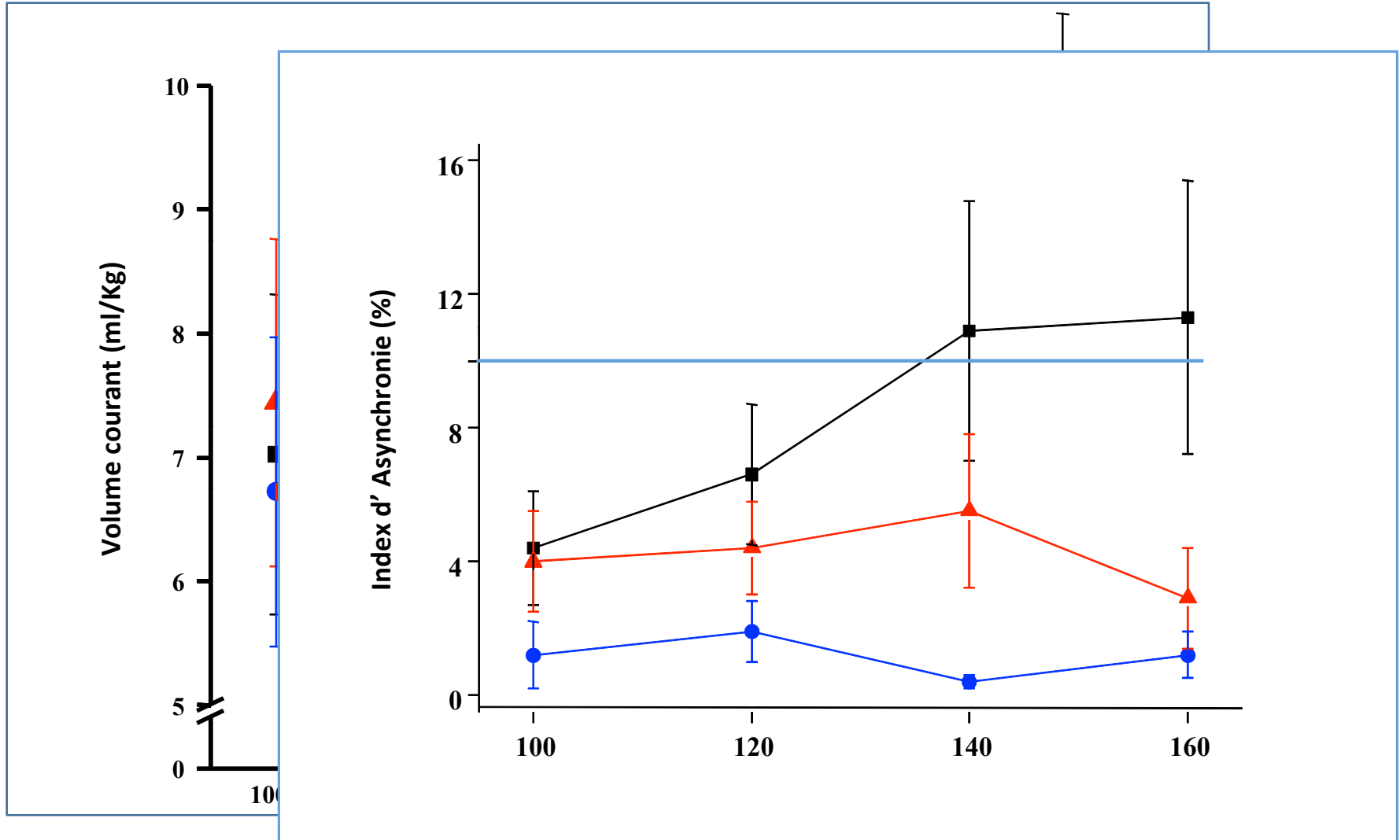
Neurally adjusted ventilatory assist in patients recovering spontaneous breathing after acute respiratory distress syndrome: Physiological evaluation*

Terzi et al. 2010

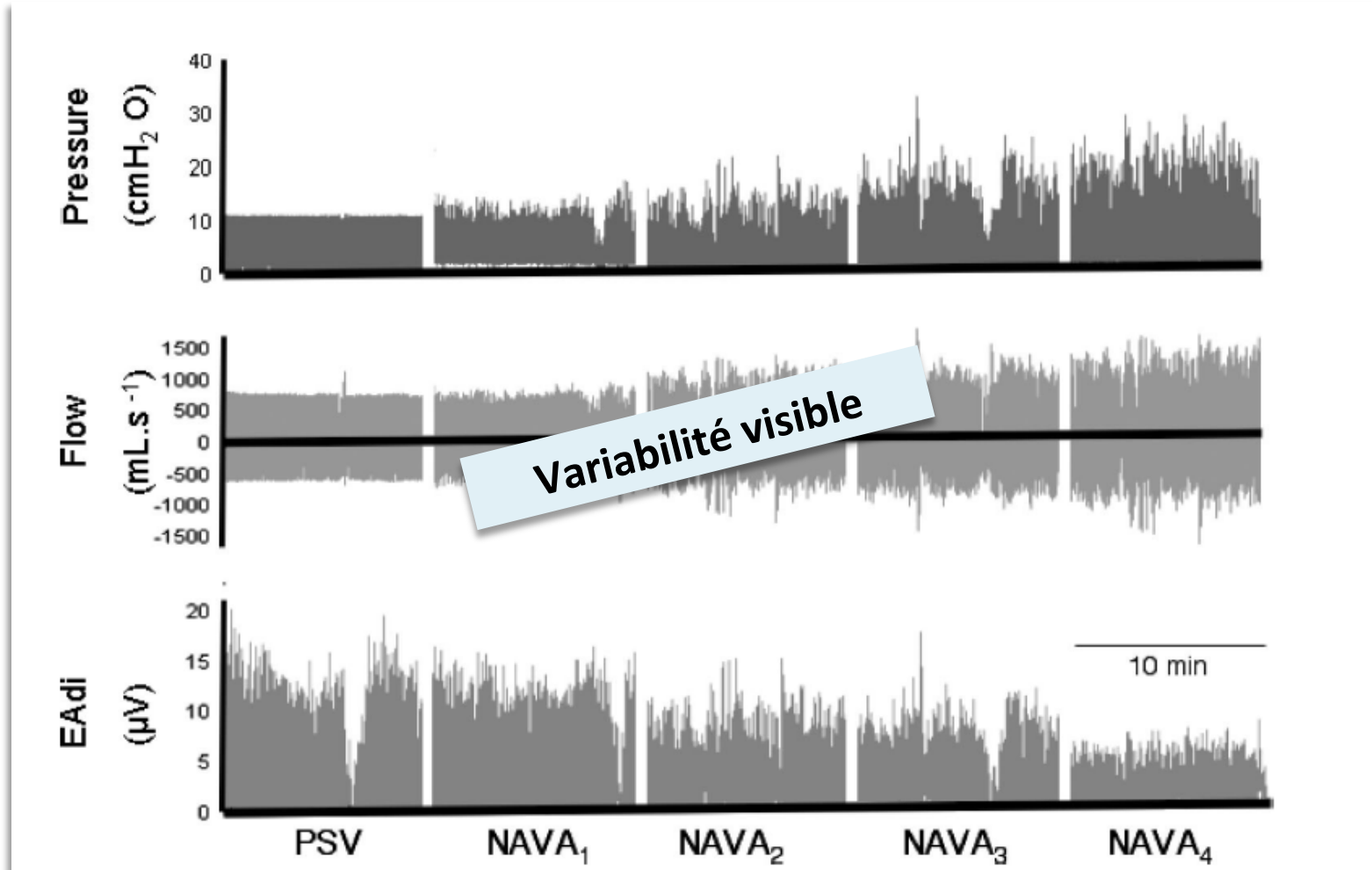


Neurally adjusted ventilatory assist in patients recovering spontaneous breathing after acute respiratory distress syndrome: Physiological evaluation*

Terzi et al. 2010



Neurally Adjusted Ventilatory Assist Increases Respiratory Variability and Complexity in Acute Respiratory Failure

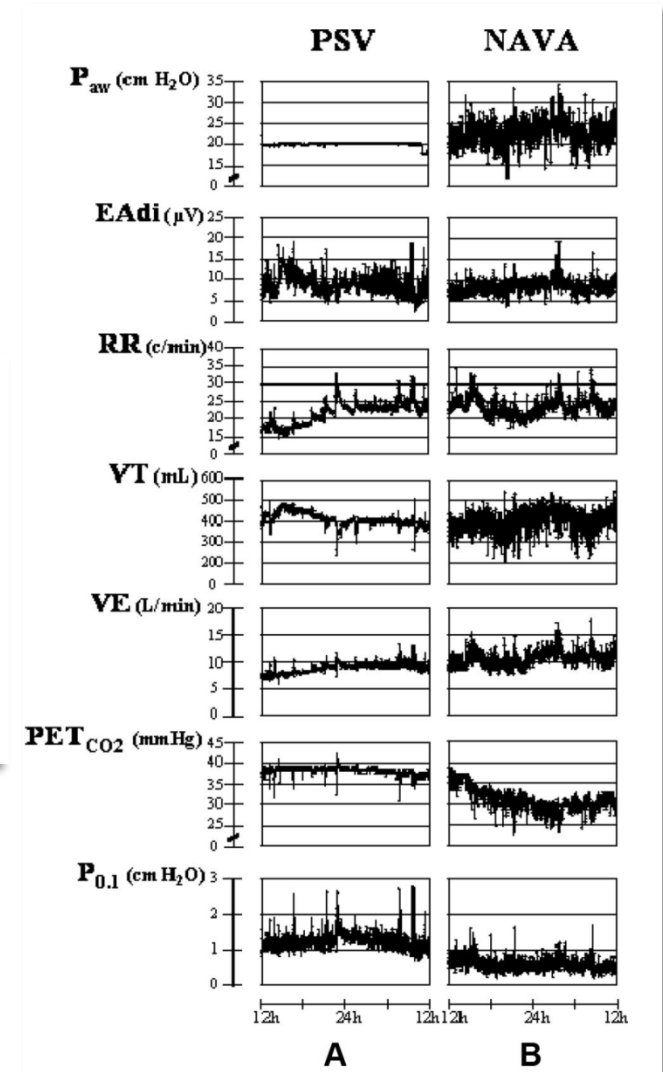
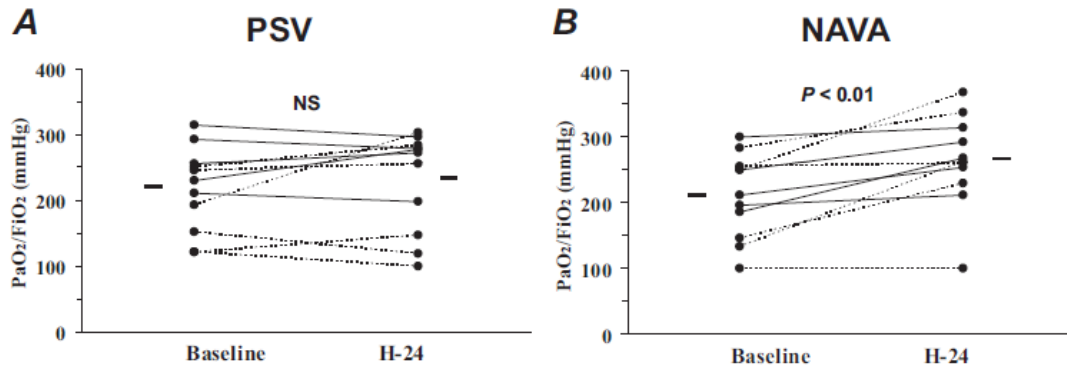


Neurally Adjusted Ventilatory Assist in Critically Ill Postoperative Patients: A Crossover Randomized Study



Amélioration
oxygénation

Plus grande
variabilité



Sleep quality in mechanically ventilated patients: comparison between NAVA and PSV modes

Stéphane Delisle^{1,2,3*}, Paul Ouellet^{3,4,5}, Patrick Bellemare¹, Jean-Pierre Tétrault³ and Pierre Arsenault³

2011

Table 3 Comparison of sleep quality between the ventilatory modes

	PSV	NAVA	<i>p</i>
Stage 1, %	7.5 [4-15]	4 [3-5]	0.006*
Stage 2, %	68 [66-75]	55 [52-58]	0.001*
Stage 3 and 4, %	16.5 [17-20]	20.5 [16-25]	0.001*
REM, %	4.5 [3-11]	16.5 [13-29]	0.001*
Fragmentation index, (n/h)	33.5 [25-54]	17.5 [8-21.5]	0.001*
Sleep efficacy, %	44 [29-73.5]	73.5 [52.5-77]	0.001*

Ce qui a pu être démontré...

Intérêts physiologiques:

- **Meilleure synchronisation inspiratoire et expiratoire**
 - Trigger neuronal > trigger mécanique
 - Trigger inspiratoire neuronal fonctionne en cas d'auto-PEEP
 - Trigger expiratoire « neuronal » plus précoce que les critères mécaniques d'interruption de l'effort inspiratoire ou de sur-inflation
- **Niveau d'assistance proportionnel à la commande ventilatoire**
 - Ajustement de cette commande selon les besoins
 - Evite la sur-assistance – Evite les apnées centrales
- **Restauration de la boucle de régulation de la PaCO₂**
 - Variabilité ventilatoire retrouvée « plus physiologique »
- **Meilleure oxygénation**

Neurally Adjusted Ventilatory Assist in the early phase of weaning from mechanical ventilation
A multicenter randomized study

*A. Demoule ; M. Clavel ; C. Rolland-Debord ; S. Perbet ; N. Terzi ; A. Kouatchet ; F. Wallet ; H. Roze
F. Vargas ; C. Guérin ; J. Dellamonica ; S. Jaber ; T. Similowski*

Results:

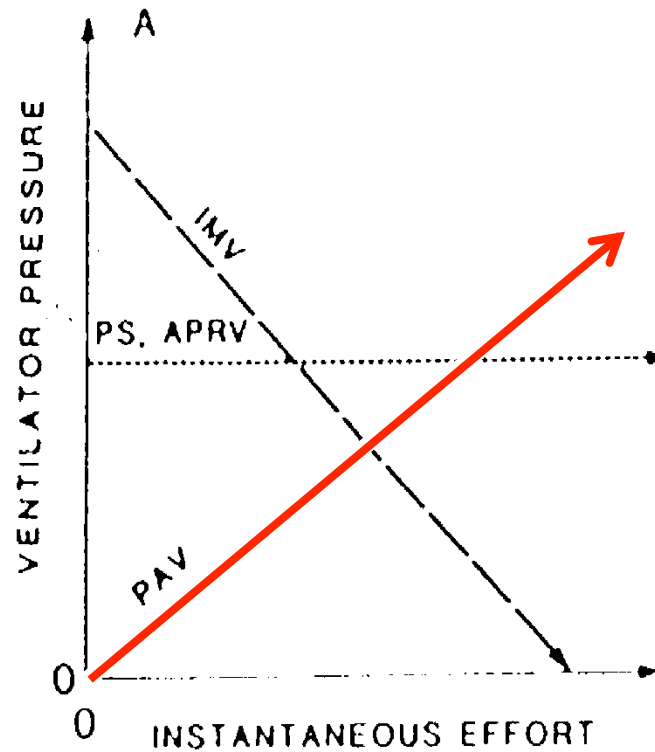
The proportion of patients remaining in an assist mode during the entire first 48 hours was 67.7% in the NAVA group vs. 69.4% in the PSV group ($p=0.47$). The time spend in an assist mode similar in the two groups (47 [43-48] vs. 47 [40-48], $p=0.55$). The asynchrony index was lower in the NAVA group (19.7% vs. 32.6%). Duration of mechanical ventilation was similar in the two groups (12.0 [7.0-17.0] in the NAVA group vs. 13.5 [10.0-21.0] in the PSV group, $p=0.121$) as was the ICU mortality rate (12.9% vs 21.2%, $p=0.21$). **More patients required post-extubation non invasive mechanical ventilation in the PSV group (66.6% vs. 43.5%, $p=0.008$).**

Conclusion

NAVA can be applied efficiently in a clinical setting and improves patient ventilator interaction. However, NAVA does not increase the probability to remain in an assisted mode during the first 48 hours.

Principes de la PAV

Mode de ventilation où la pression générée par la machine est proportionnelle à l'effort

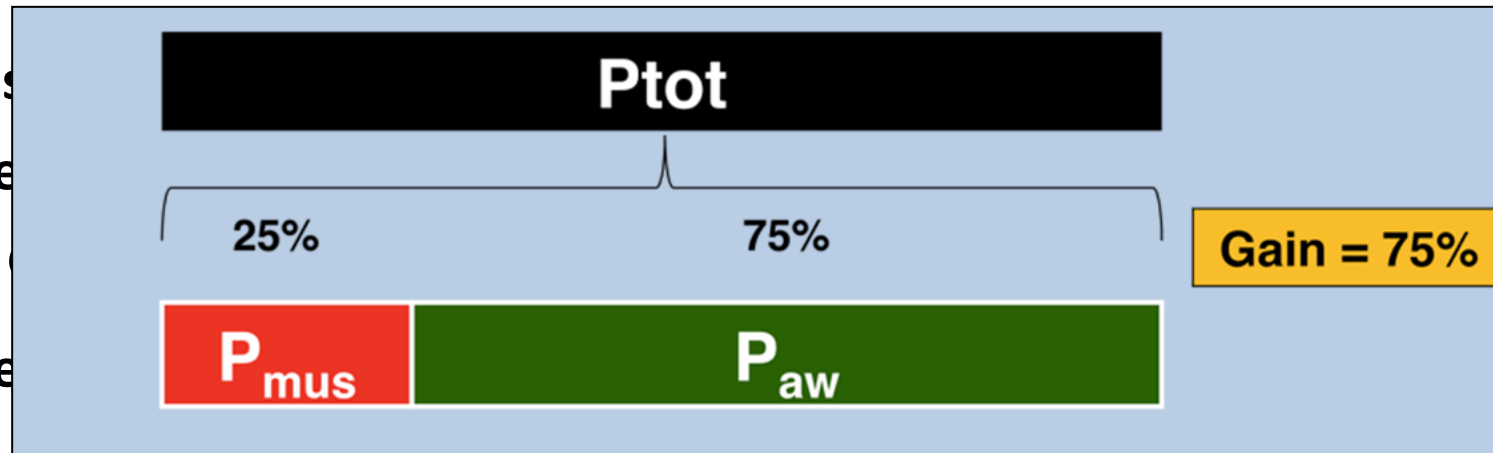


Principes de la PAV

- **PAV+ évolution automatisée de la PAV**
- **Basée sur l'équation de mouvement du système respiratoire**
- **Mesure automatisée régulière (4 à 10 cycles) de l'élastance et de la résistance**
- **Mesure instantanée par le ventilateur du débit et du volume**
- **Estimation de la pression à appliquer au système**
 - **$P_{aw} = Assistance * P_{mus}$**
- **Assistance: % de la pression totale prise en charge par ventilateur**

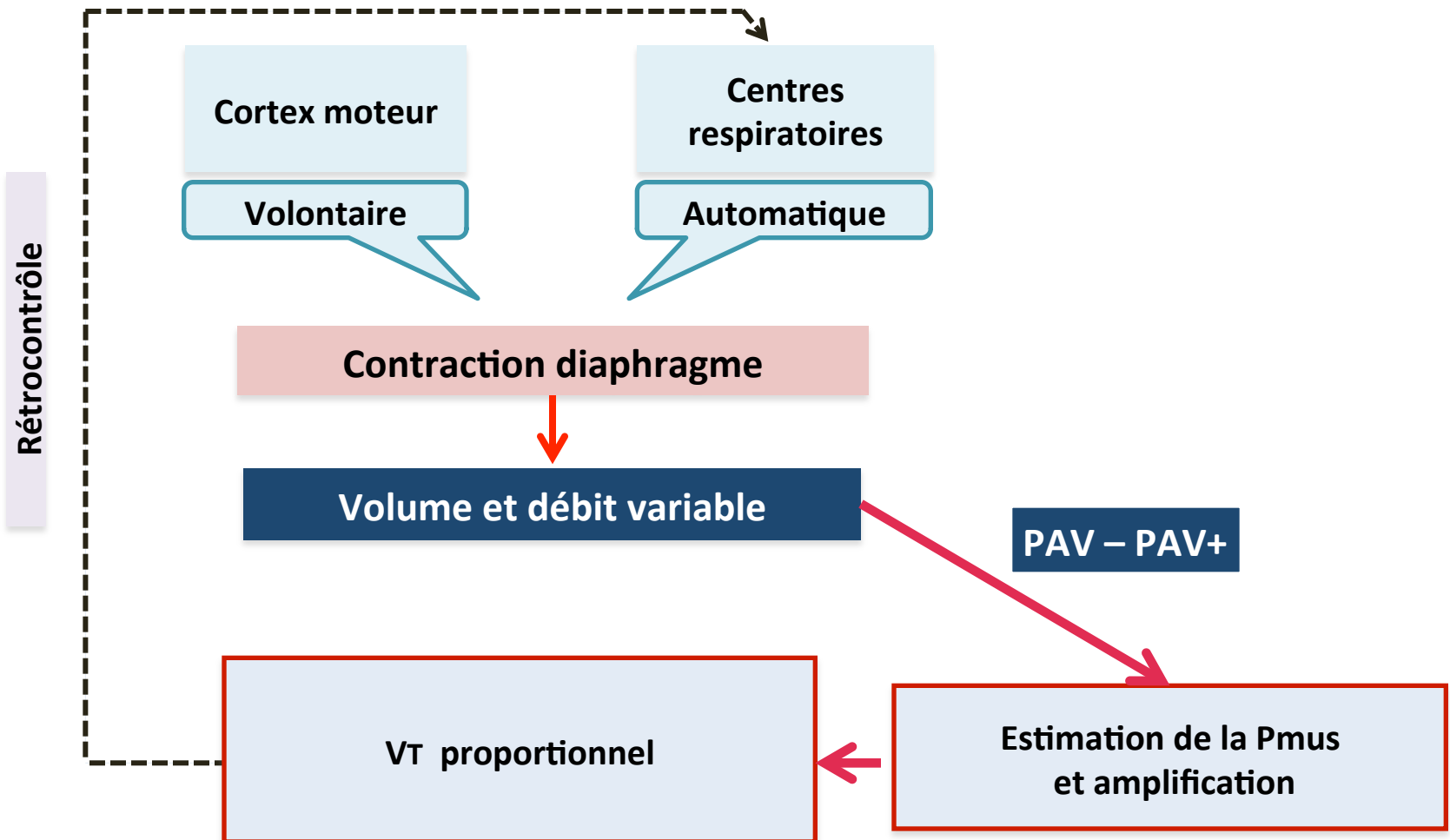
Principes de la PAV

- PAV+ évolution automatisée de la PAV

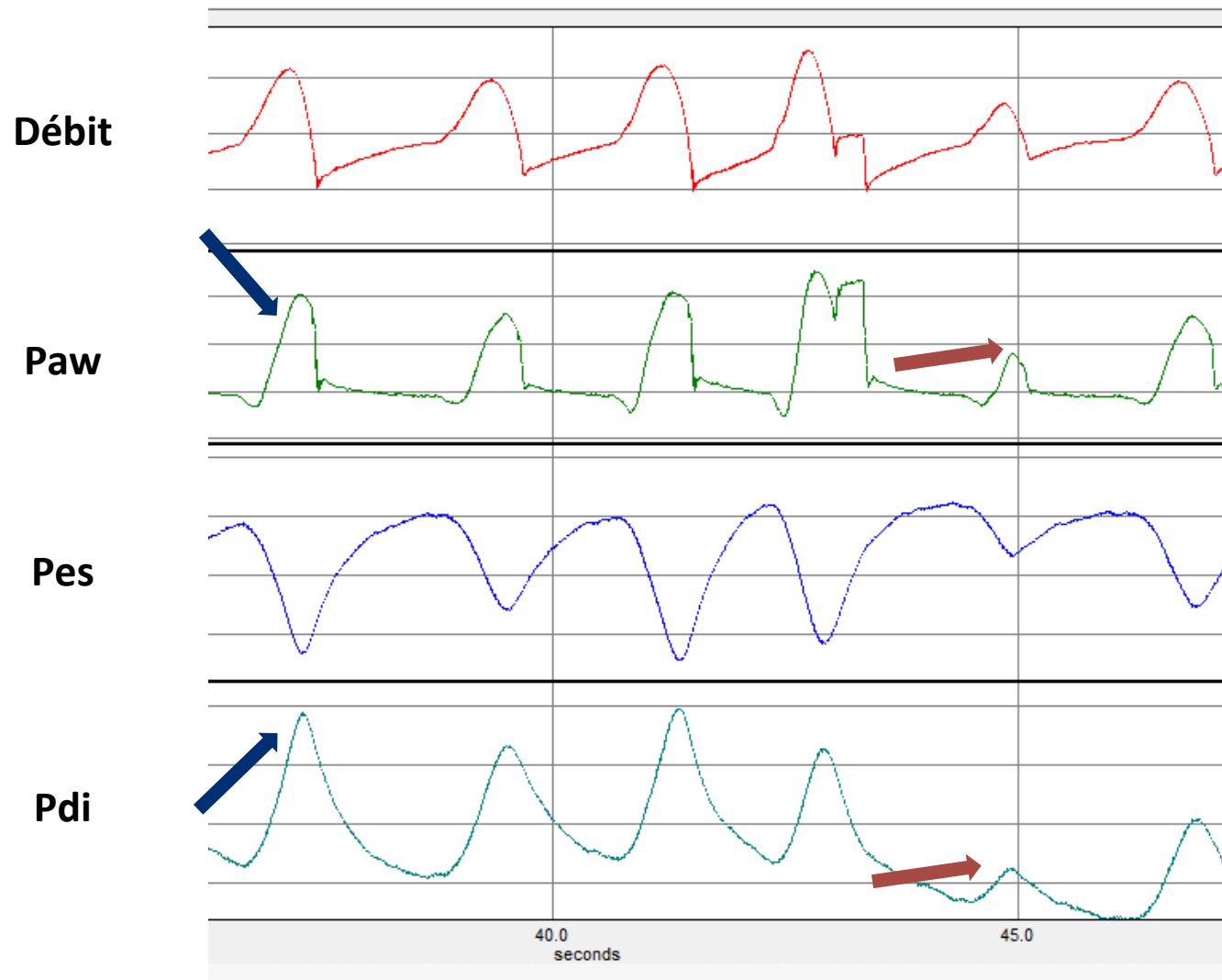


- Estimation de la pression à appliquer au système
 - $P_{aw} = Assistance * P_{mus}$
- Assistance: % de la pression totale prise en charge par ventilateur

Que se passe t-il en mode PAV & PAV+?



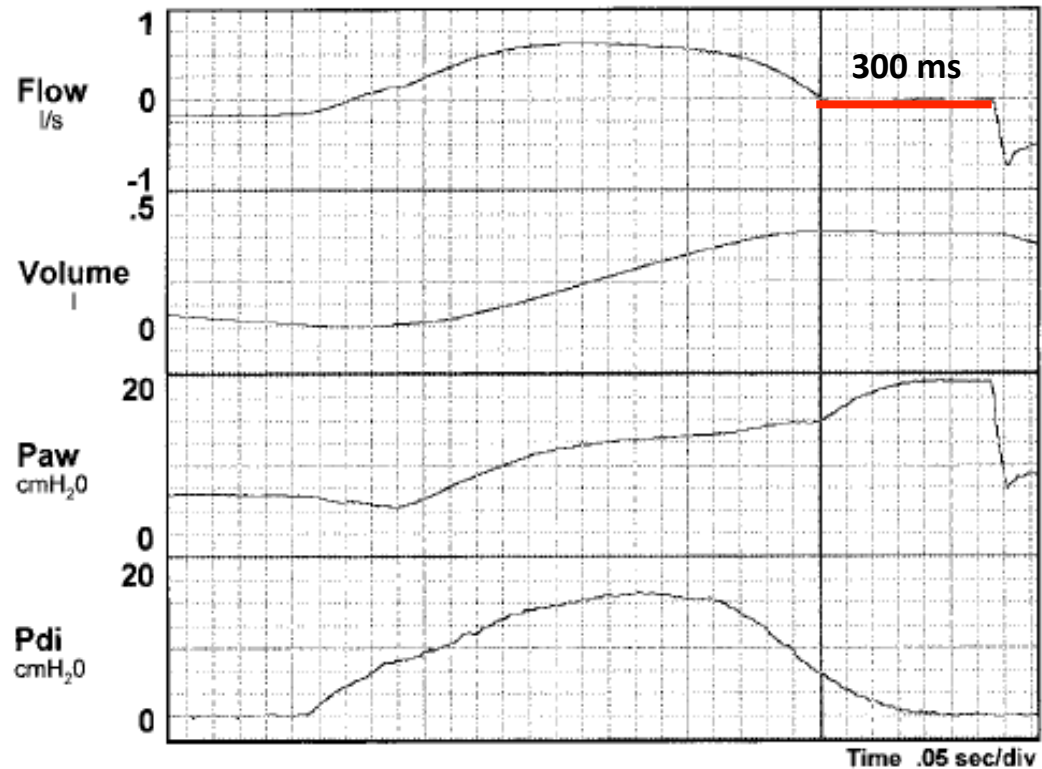
Une assistance proportionnelle à la pression musculaire du patient



Estimation de l'Elastance

Pause télé-inspiratoire de 300 ms à intervalle randomisé tous les 4 à 10 cycles : $P_{plat_{PAV}}$

$$E_{PAV} = (P_{plat_{PAV}} - PEEP_{tot}) / V_t$$



Estimation de la résistance

P_{alv} et R_{tot} sont calculés à 3 points sur la courbe de débit expiratoire:
au pic de débit, 5 et 10 msec après

$$P_{\text{alv}} = P_{\text{plat}} - \Delta V \cdot E_{\text{PAV}}$$

$$R_{\text{tot}} = (P_{\text{alv}} - P_{\text{aw}}) / V'$$

$$R_{\text{tot}} = R_{\text{PAV}} + R_{\text{tube}}$$

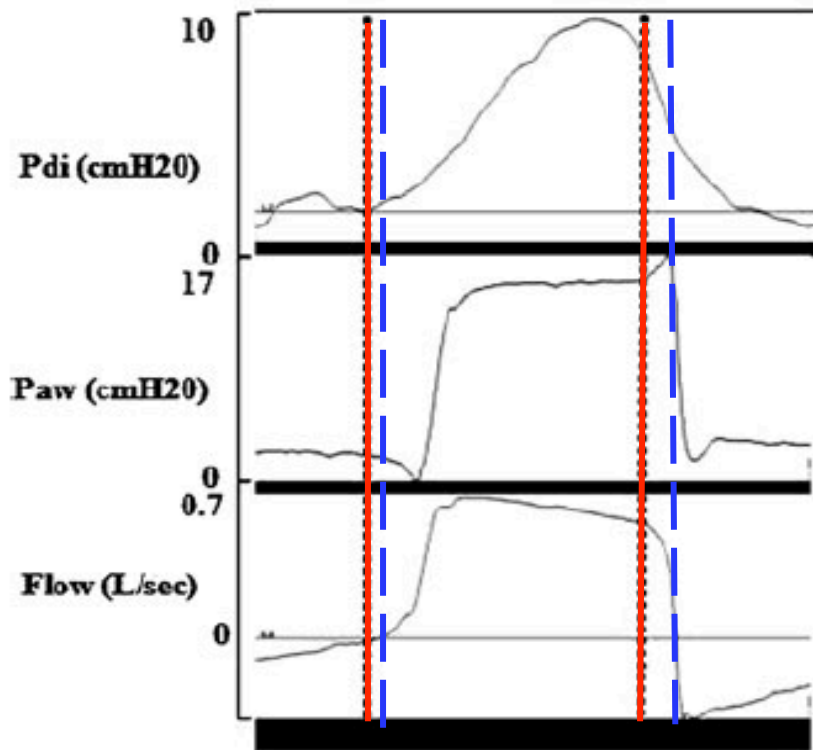
Ce qui a pu être démontré...

Intérêts physiologiques:

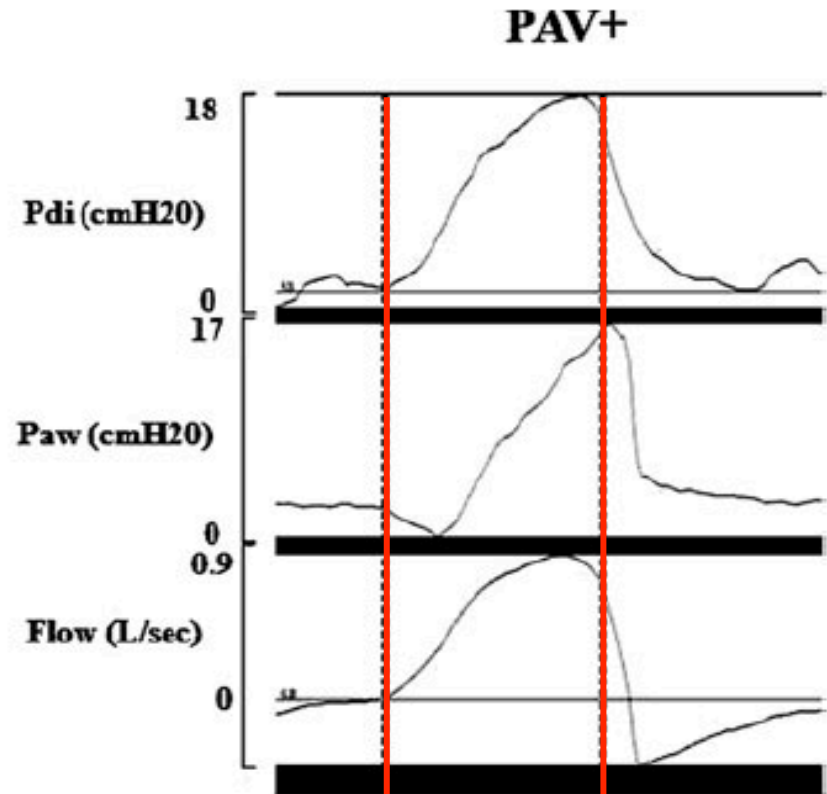
- **Niveau d'assistance proportionnel à l'effort musculaire**
 - Evite la sur-assistance
 - Augmente le contrôle du respirateur par le patient
- **Meilleure synchronisation patient ventilateur**
- **Améliore la sommeil chez les patients asynchrones en VSAI**
- **Diminue les besoins de sédation**
- **Meilleur confort ventilatoire**
- **Variabilité restaurée**

A physiologic comparison of proportional assist ventilation with load-adjustable gain factors (PAV+) versus pressure support ventilation (PSV)

Costa et al. ICM 2011

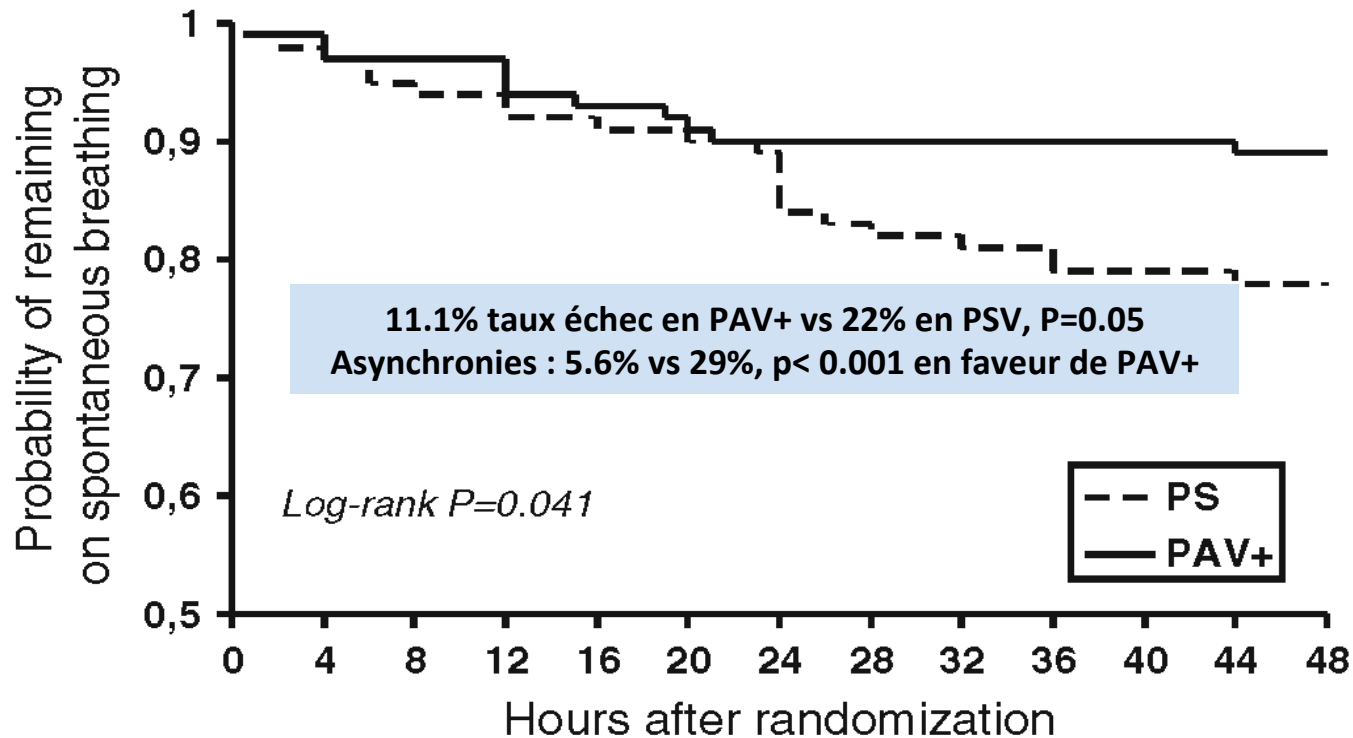


PSV



Proportional assist ventilation with load-adjustable gain factors in critically ill patients: comparison with pressure support

Xirouchaki et al.
ICM 2008



RCT: 208 patients

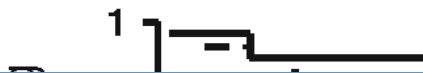
Patients at risk

PS	100	92	84	79	78
PAV+	108	101	97	97	96



Proportional assist ventilation with load-adjustable gain factors in critically ill patients: comparison with pressure support

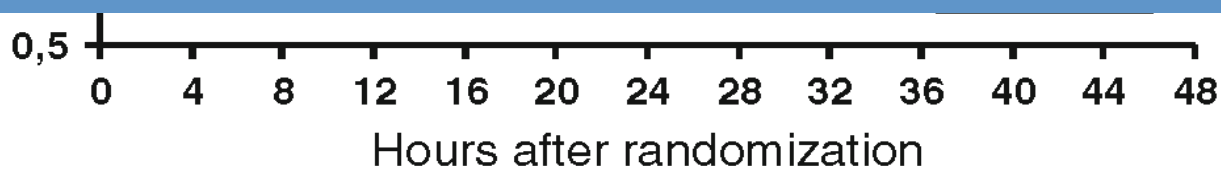
Xirouchaki et al.
ICM 2008



Conclusion:

Comparé à la VSAI, PAV+ augmente la probabilité de rester en ventilation spontanée et réduit considérablement l'incidence des asynchronies patient-ventilateur.

Diminution non significative de l'utilisation de sédatifs.



Patients at risk

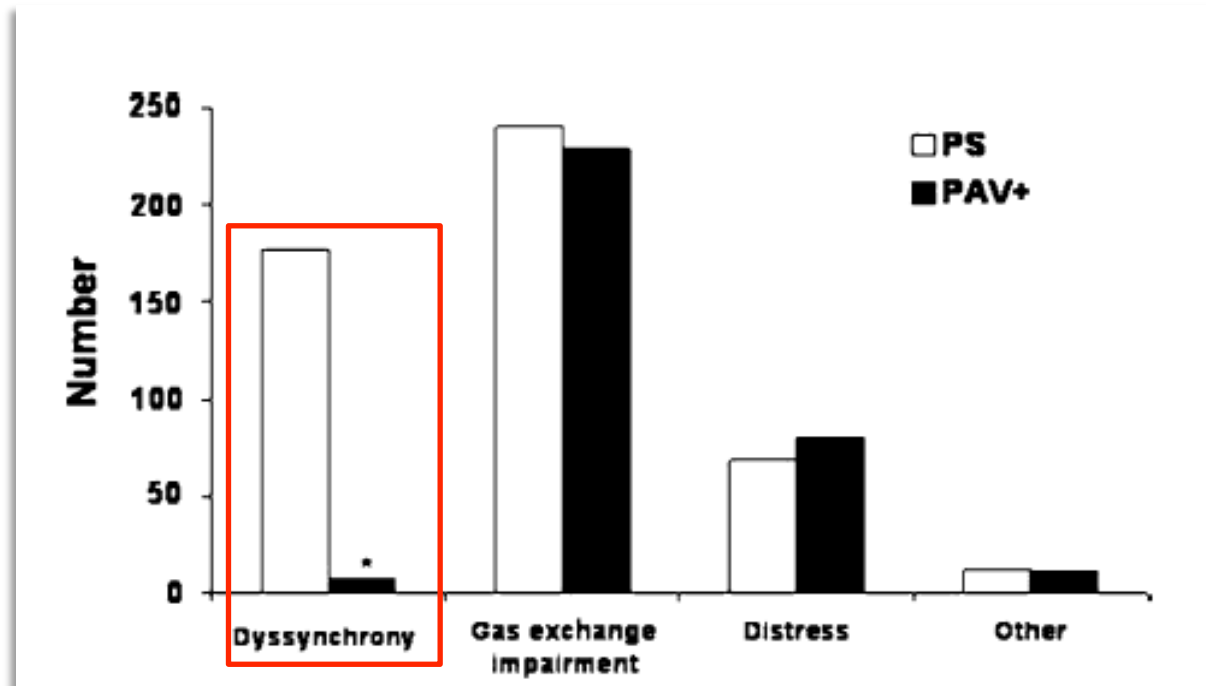
PS	100	92	84	79	78
PAV+	108	101	97	97	96



Nectaria Xirouchaki
Eumorfia Kondili
Maria Klimathianaki
Dimitris Georgopoulos

Is proportional-assist ventilation with load-adjustable gain factors a user-friendly mode?

In conclusion, this study showed that when using a specific protocol, PAV+ is a user-friendly mode associated with fewer manipulations of ventilator settings and fewer changes in sedative dosing compared to PS.



Patient-ventilator interaction and sleep in mechanically ventilated patients: Pressure support versus proportional assist ventilation*

Intensive Care Med (2007) 33:1139–1147
DOI 10.1007/s00134-007-0630-2

Daniela Ferreyra, MSc, RRT; Cristina Ambrogio, MD; Daniela Pasero, MD; MD; Lorenzo Appendini, MD; Luciana Mascia, MD, PhD;

Kar
L

ORIGINAL

- C. Alexopoulou
- E. Kondili
- E. Vakouti
- M. Klimathianaki
- G. Prinianakis
- D. Georgopoulos

Sleep during proportional-assist ventilation with load-adjustable gain factors in critically ill patients

PAV vs AI

Sommeil

- Meilleure qualité de sommeil en PAV
- Même quantité de sommeil
- Plus d'asynchronies en AI
- Corrélation entre asynchronies et micro-éveils

Bosma et al. Crit Care Med 2007

- Les occlusions n'affectent pas la qualité de sommeil
- Meilleure qualité de sommeil en PAV+

Alexopoulou et al. ICM 2007

AI vs Modes Proportionnels

	Déclenchement	Contrôle	Cyclage	Niveau de fin d'expiration
AI	Débit ou pression	Pression constante	% du débit de pointe	PEP

PAV vs NAVA

- **PAV**

- Utilise les données de débit et de pression
- Aucun équipement supplémentaire nécessaire
- Disponible en ventilation invasive et non-invasive
- Patients de + de 20 Kg
- Influencée par les fuites et l'auto-PEEP

- **NAVA**

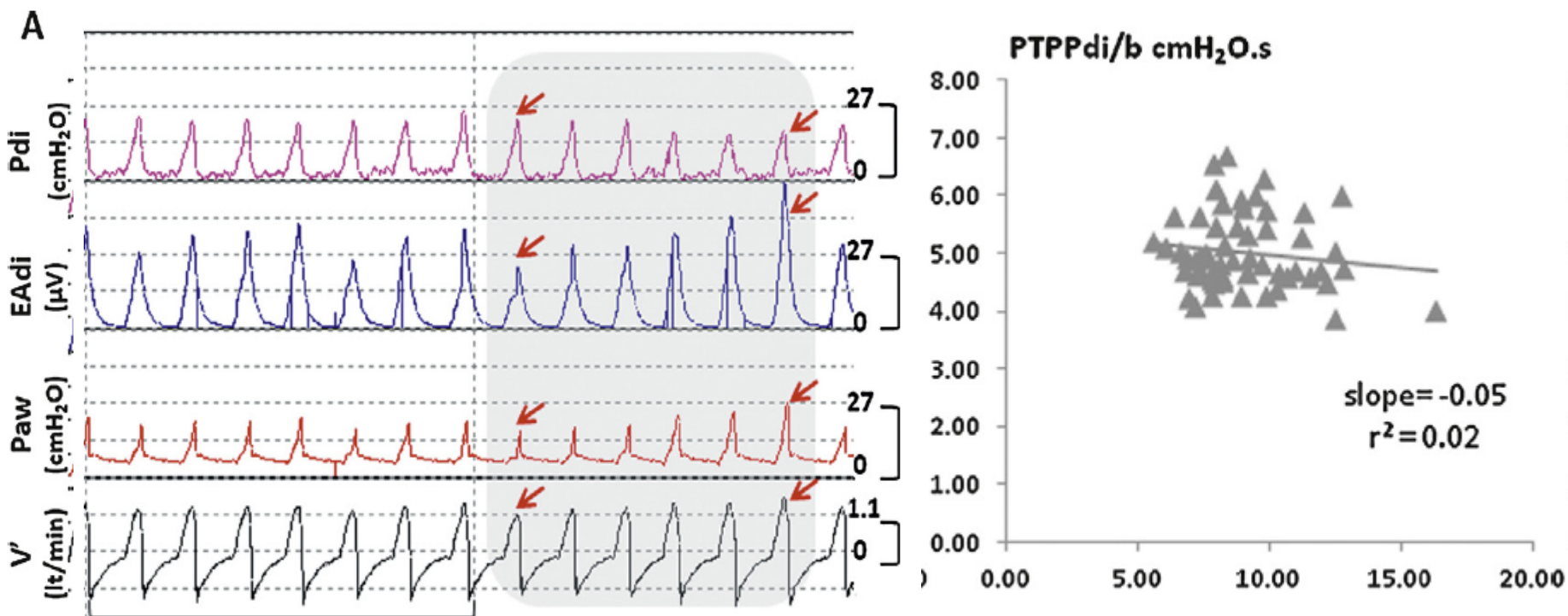
- Utilise l'activité électrique du diaphragme
- Nécessite l'utilisation d'une sonde spécifique
- Disponible en ventilation invasive et non-invasive
- Disponible chez l'enfant et l'adulte
- Non influencée par les fuites et l'auto-PEEP

Neurally adjusted ventilatory assist and proportional assist ventilation both improve patient-ventilator interaction

Inspiratory trigger delay (msec)	PSV	NAVA	PAV
level ₅₀	162 (109–241)	157 (138–289)	185 (140–305)
level ₁₀₀	170 (140–282)	124 (100–238)	224 (176–280) [£]
level ₁₅₀	266 (140–427)	164 (99–278)*	201 (166–317)
Expiratory trigger delay (msec)			
level ₅₀	156 (112–191)	151 (125–175)	152 (107–175)
level ₁₀₀	212 (176–273)	157 (140–188)*	182 (116–230)
level ₁₅₀	255 (227–541)	146 (131–218)*	225 (169–333)

Physiologic comparison of neurally adjusted ventilator assist, proportional assist and pressure support ventilation in critically ill patients

Akoumianaki et al. 2014



	PSV	NAVA	PAV
Trigger delay without challenge (msec)	110 (80-140)	110 (70-140)	160 (120-200)
Trigger delay with challenge (msec)	110 (90-170)	120 (70-150)	170 (130-210)

Conclusion

Intérêt des modes proportionnels

- **Sûrs**
- **Niveau d'assistance proportionnel à la commande ventilatoire**
 - Ajustement de cette commande selon les besoins
 - Evite la sur-assistance et donc les volumes courants élevés
 - Réduit les apnées centrales
- **Restauration de la boucle de régulation de la PaCO₂**
- **Meilleure synchronisation**
- **Confortables**
- **Intérêt sur la durée de ventilation ?**