

# Entraînement des muscles inspiratoires en réanimation

---

CLEMENT MEDRINAL, FRANCIS-EDOUARD GRAVIER, TRISTAN BONNEVIE

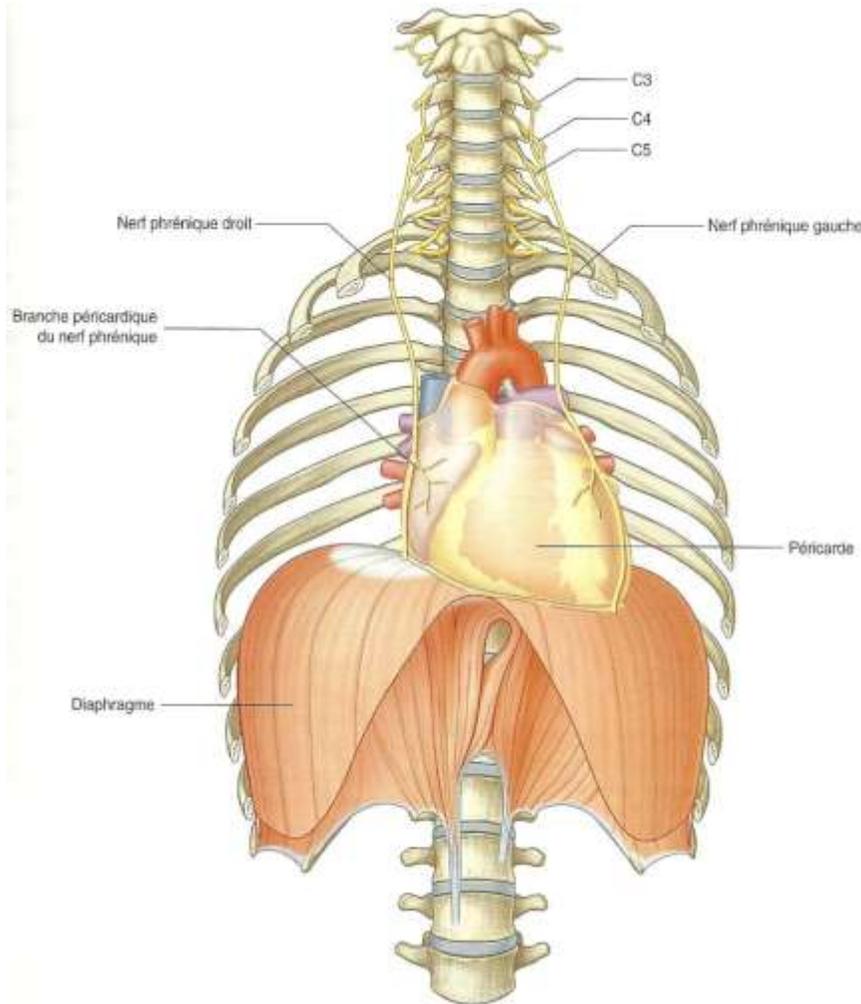
SRLF 2017

# Absence de conflit d'intérêt

---

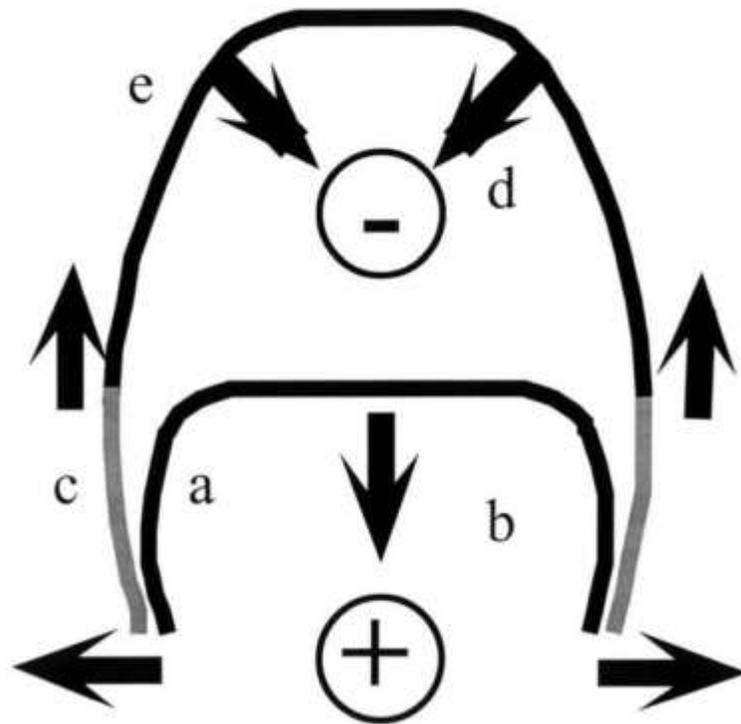
# Le diaphragme: Principal muscle respiratoire

---



- Nappe musculaire et tendineuse en forme de coupole
- Majorité des fibres orientées de façon verticale
- Innervation C3-C4-C5 par le nerf phrénique Droit et Gauche
- Vascularisation par les artères phréniques, mammaires internes et intercostales

# Le diaphragme: Principal muscle respiratoire



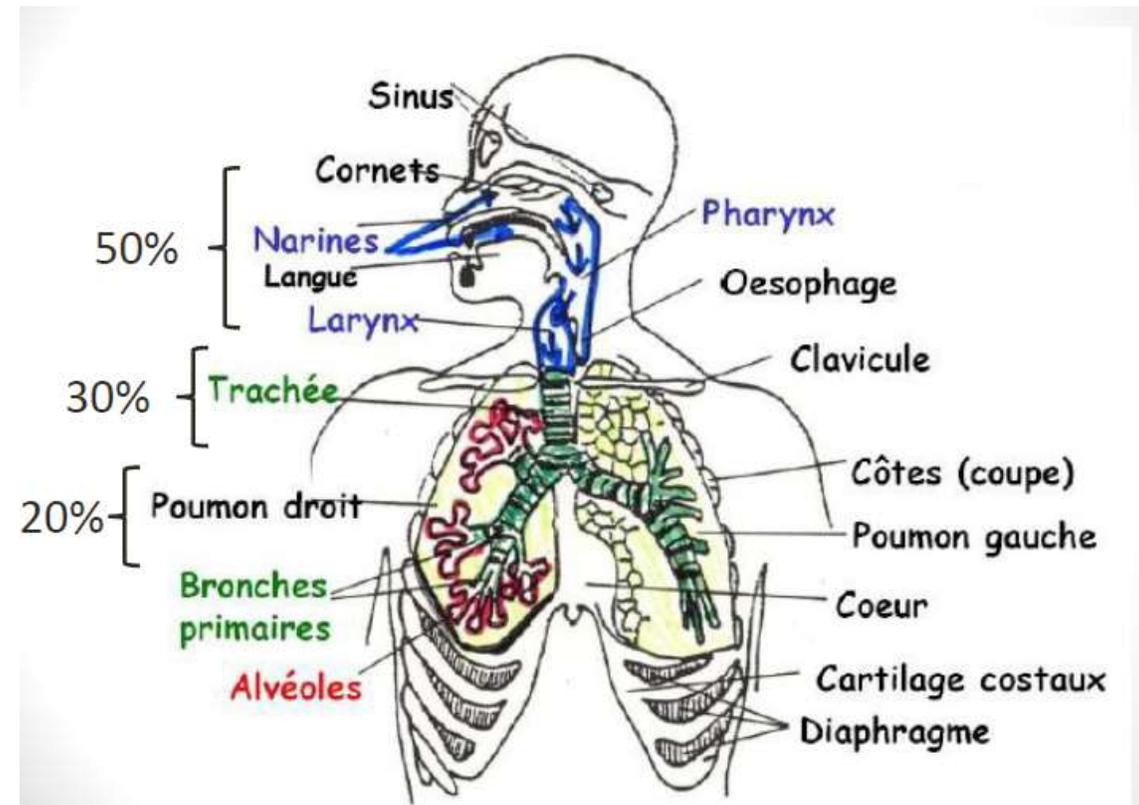
- Assure à lui seul + de 50% du volume d'air lors de la respiration calme
- Seul muscle strié d'une importance vitale
- Mixte:
  - 50% fibres de type I
  - 20% fibres de type IIa
  - 20% de fibres de type IIb
- Se contracte tout au long de la vie d'un individu
- Travaille constamment contre résistance

# Bref rappel sur les résistances

Rayon des tuyaux ( $r$ )

$$R = L \pi / r^4 \text{ (Loi de Poiseuille)}$$

Le diamètre des bronches est le principal facteur de résistance.



# Muscles squelettiques: Diaphragme vs. Muscles périphériques

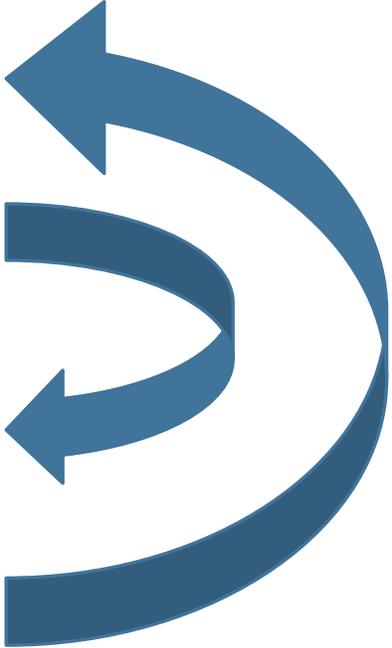
---



Nécessité absolue de préserver au maximum la fonction contractile

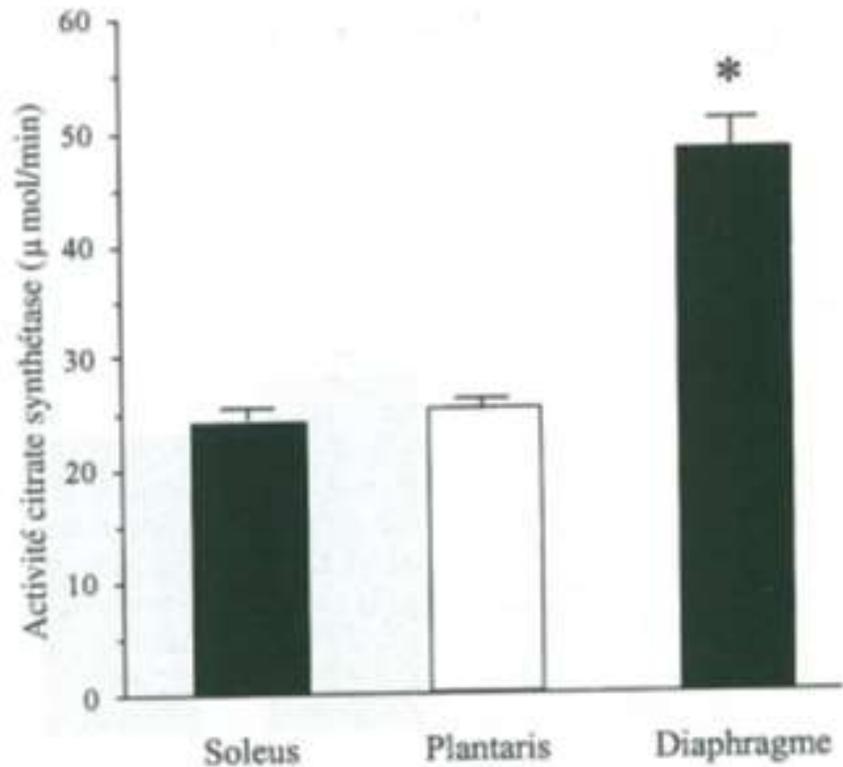
Vascularisation très développée (comparable au polygone de Willis)

Profil oxydatif plus important qu'un muscle périphérique de même constitution

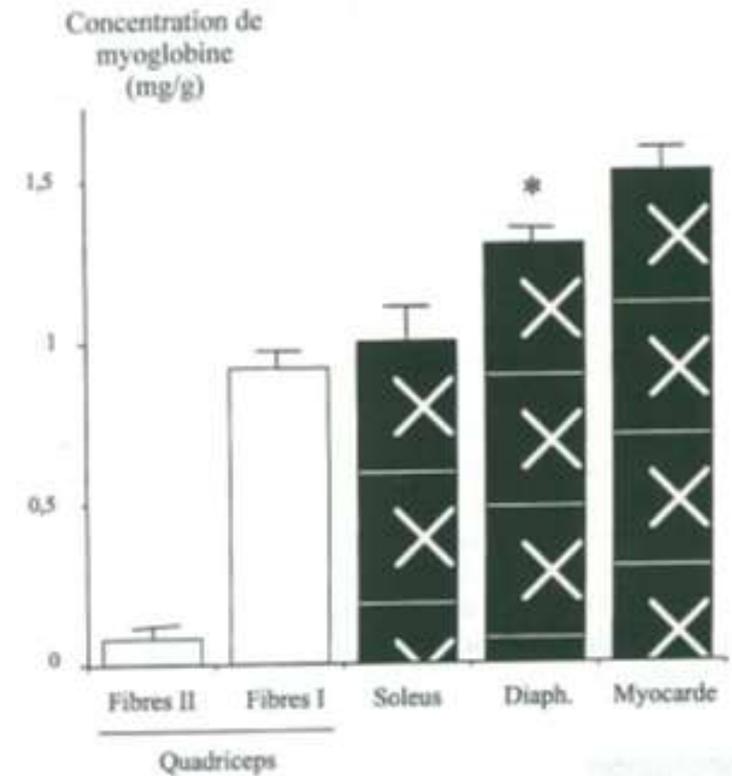


Capacité d'endurance et de récupération supérieure aux muscles périphériques

# Capacités oxydatives du diaphragme



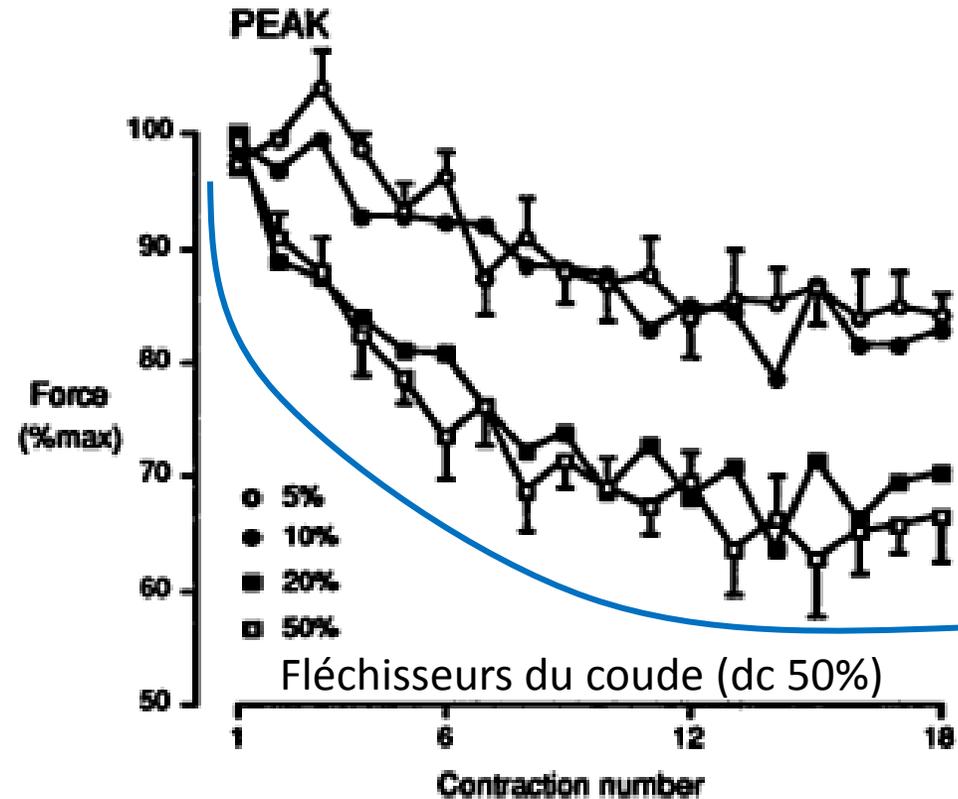
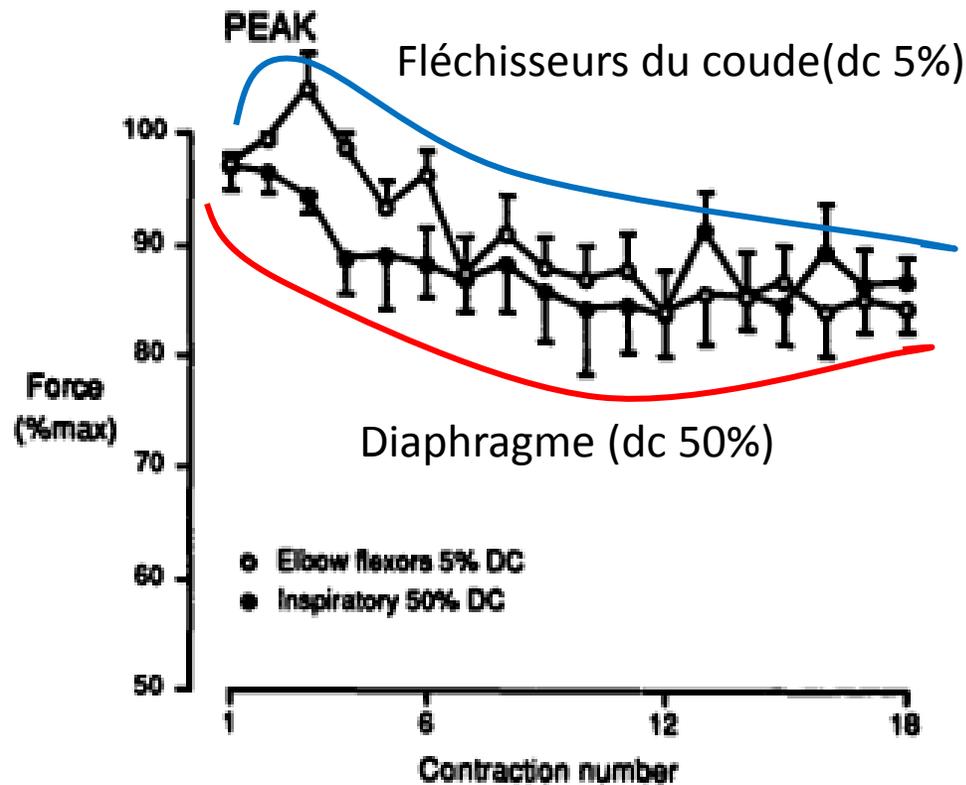
Sexton, Respir Physiol, 1995



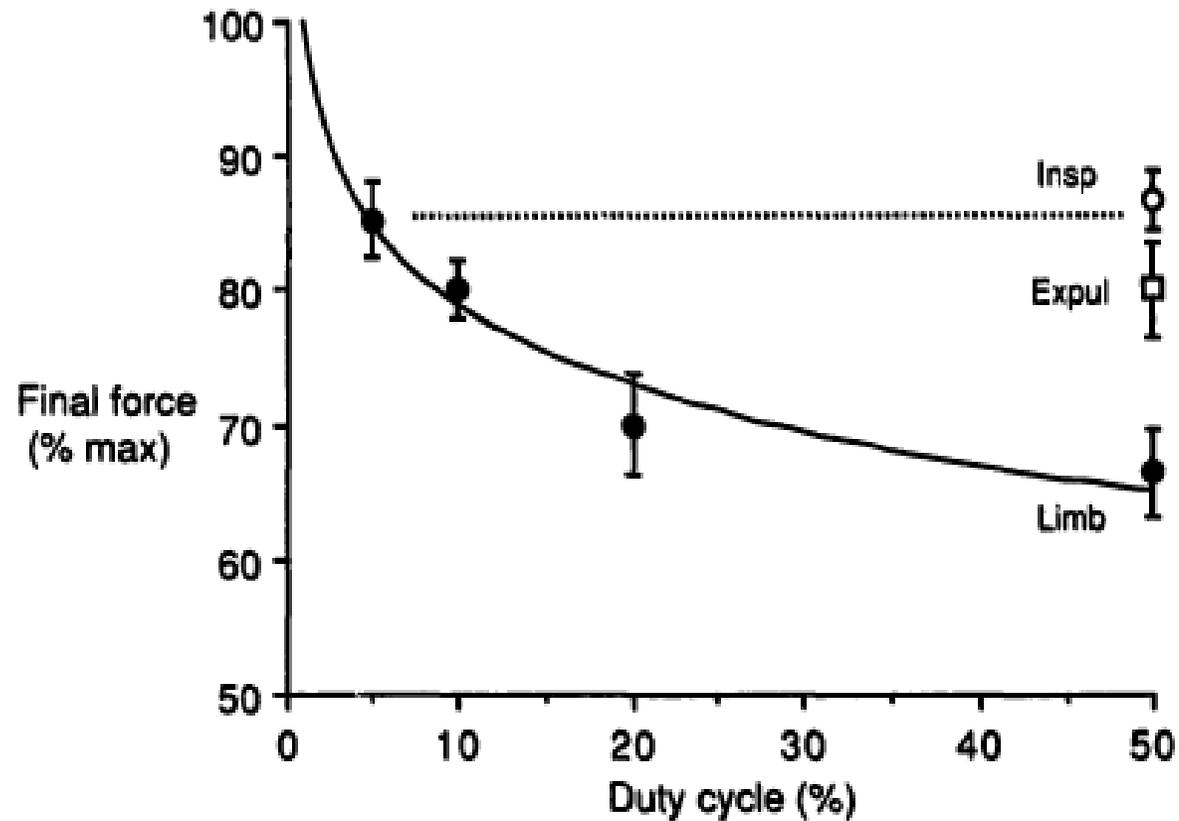
Ohno, Jpn J Physiol, 1986

# Endurance et récupération

## Diaphragme vs. Fléchisseurs du coude

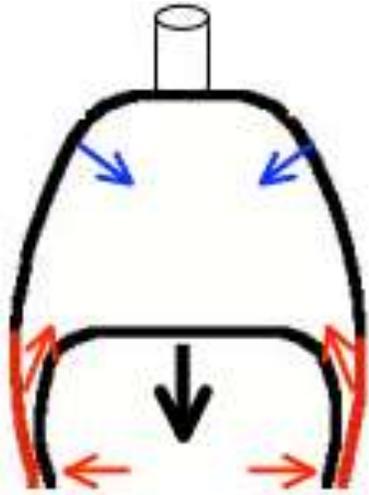


# Nécessité d'augmenter de 20 fois le temps de récupération pour les muscles du coude

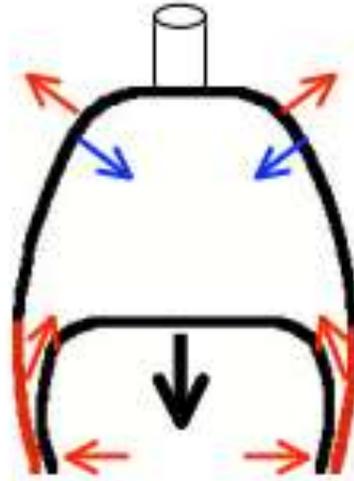


# Les muscles inspiratoires dans leur intégralité

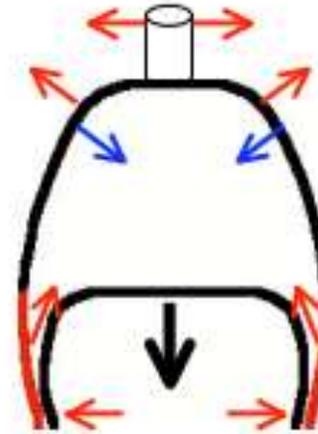
---



Diaphragme



Diaphragme  
+  
Intercostaux et Scalènes



Diaphragme  
+  
Intercostaux et Scalènes  
+  
SCOM

# Les muscles inspiratoires en réanimation

---



# Les muscles inspiratoires sous ventilation mécanique

---

LA VENTILATION MÉCANIQUE EST INSTAURÉE ENTRE 40 ET 70% DES PATIENTS ADMIS EN RÉANIMATION

Normalement

Sous Ventilation Mécanique

Travail actif contre résistance 24/24h

Ø travail

Raccourcissement actif cyclique

Raccourcissement passif continu (Pep)

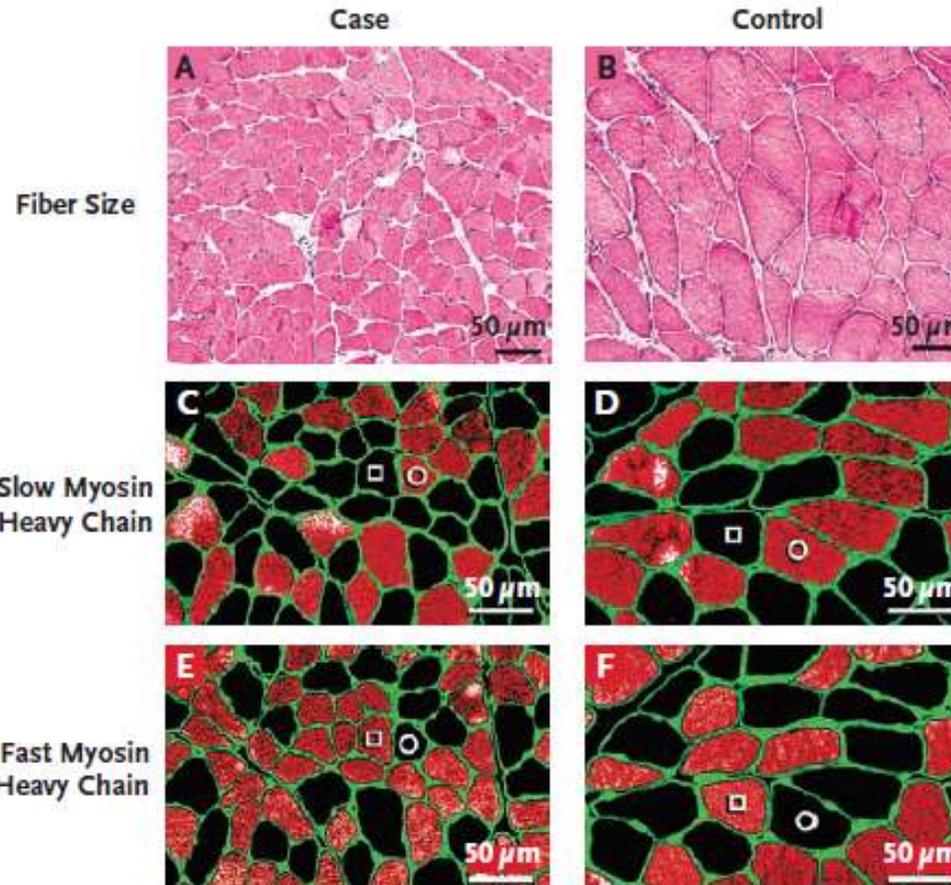
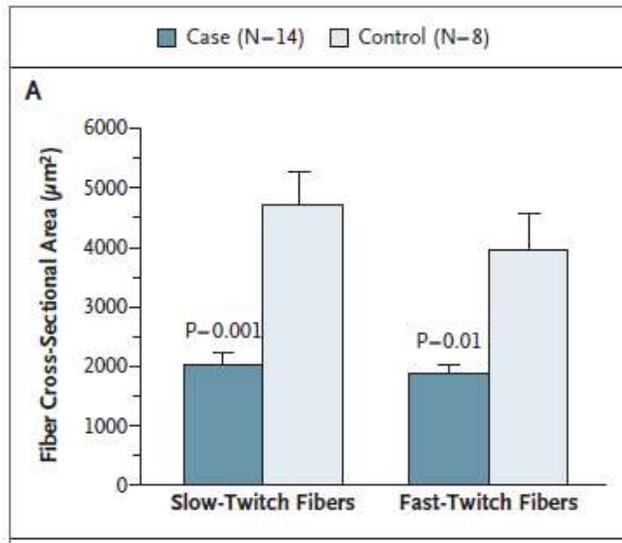
Génération de pression négative intra thoracique

Pression positive intra thoracique

# Conséquences: Atrophie musculaire



## Rapid Disuse Atrophy of Diaphragm Fibers in Mechanically Ventilated Humans

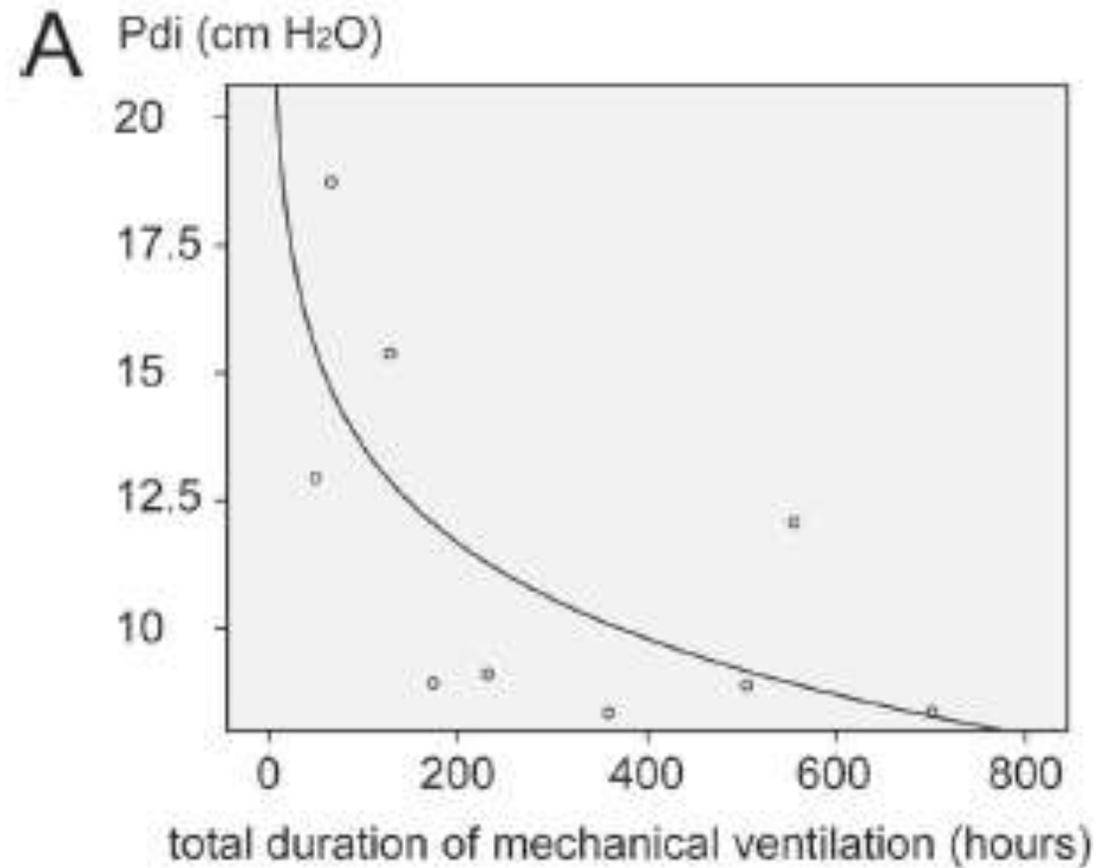


18 à 69h de VM  
 ↘ 50% CSA Fibres I et II

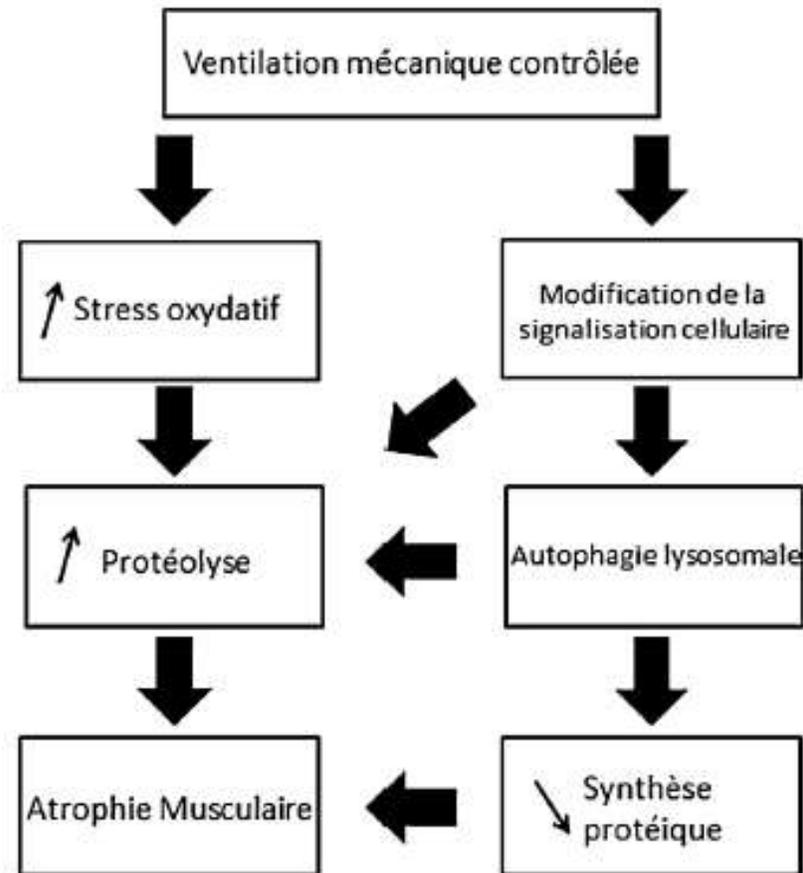
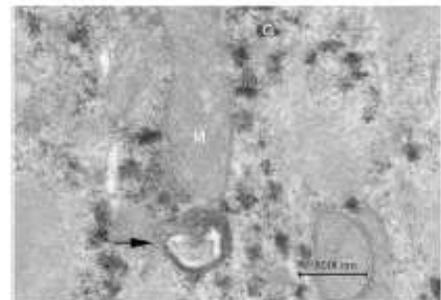
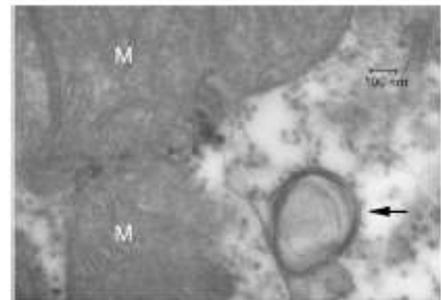
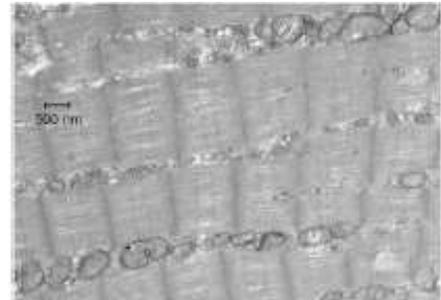
Levine, NEJM, 2008

# Conséquences: Diminution de la contractilité

---

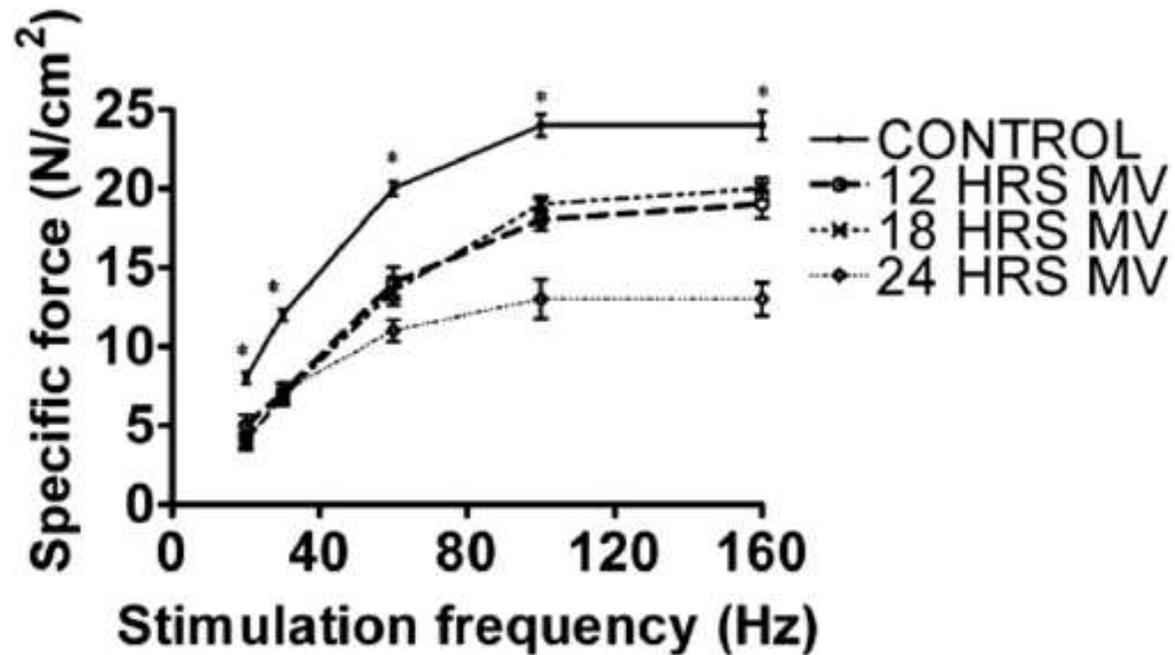


# Conséquences: Atteinte de l'ultrastructure

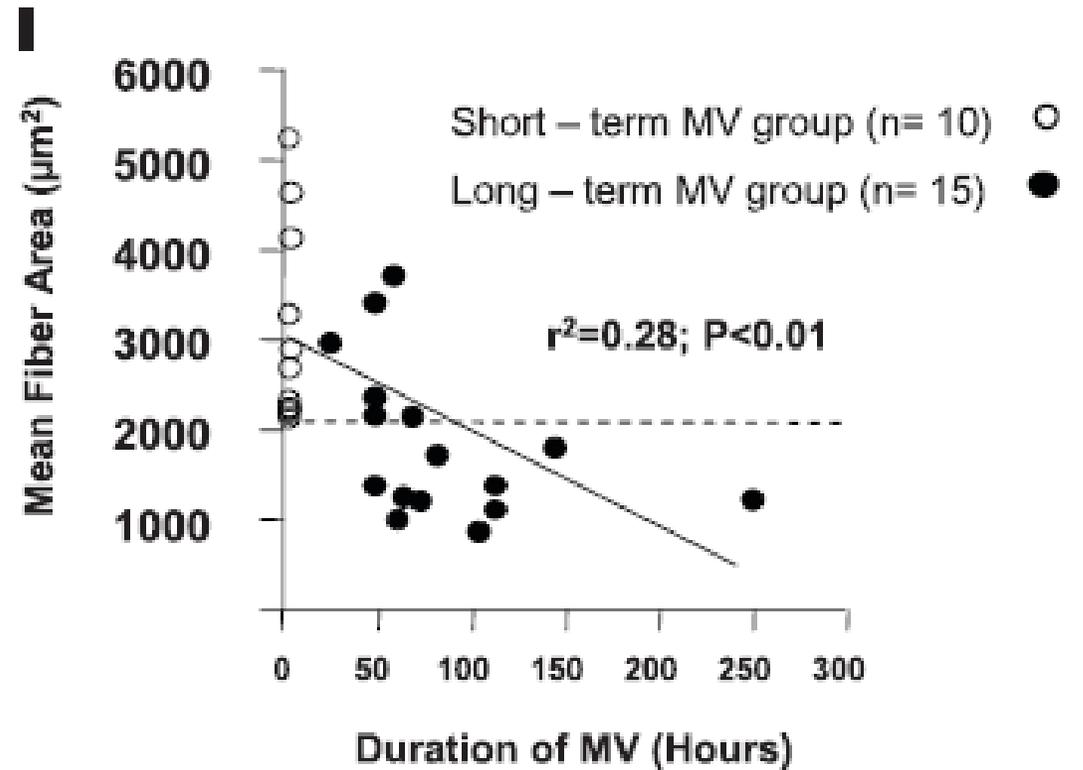


Hussain, Am J Respir Crit Care Med, 2010  
Inspiré de Jaber, Crit Care, 2011

# Impact de la durée de ventilation mécanique



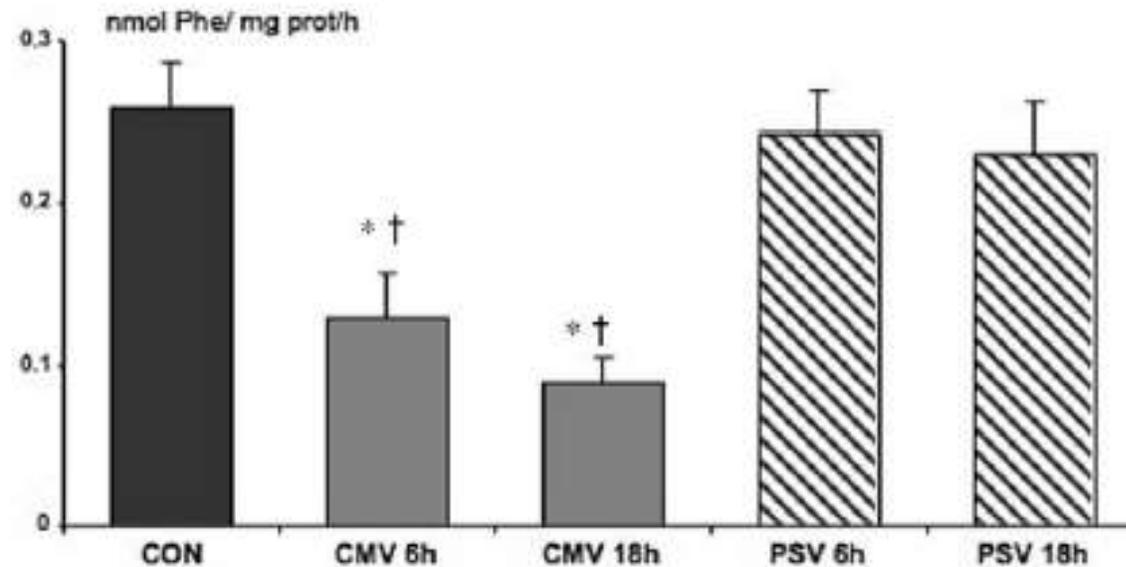
Power, J Appl Physiol, 2002



Jaber, Am J Respir Crit Care Med, 2011

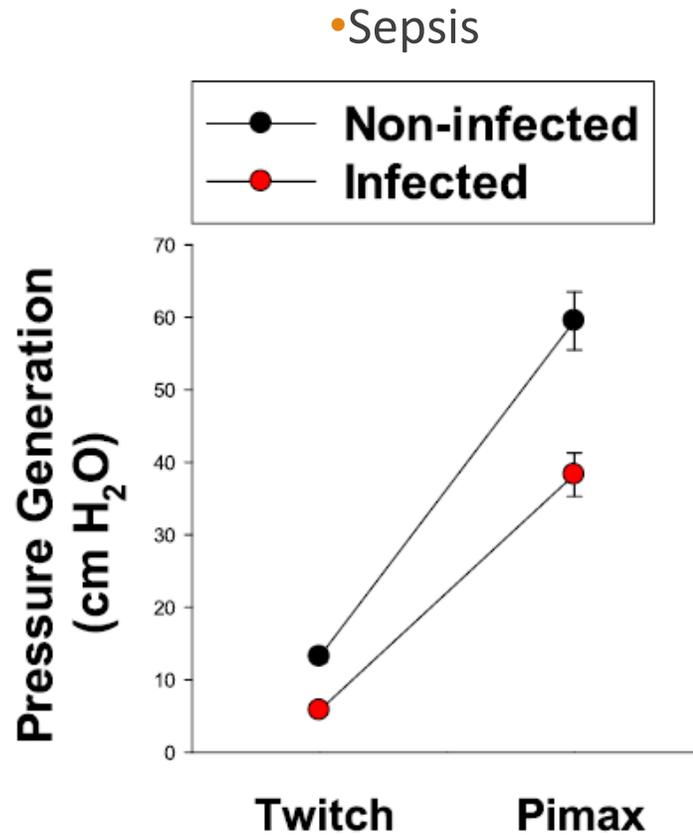
# Impact du mode de Ventilation mécanique

Figure 3

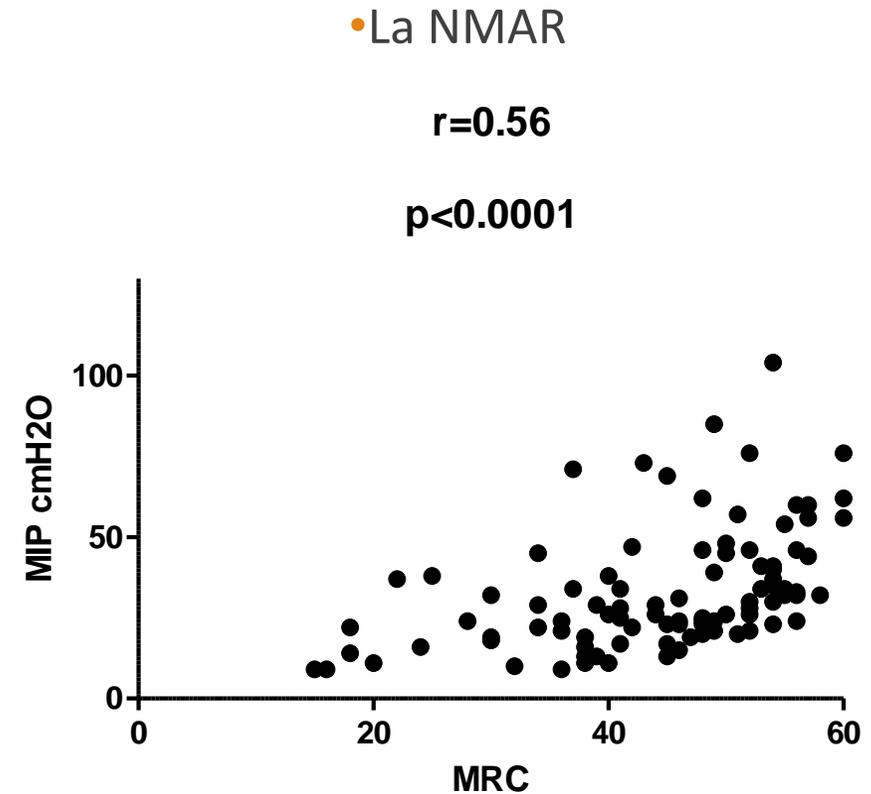


*In vitro* protein synthesis after 6 and 18 hours of controlled mechanical ventilation (CMV) and pressure support ventilation (PSV).

# Autres facteurs responsables de l'atteinte des muscles inspiratoires



Supinski, Crit Care, 2016

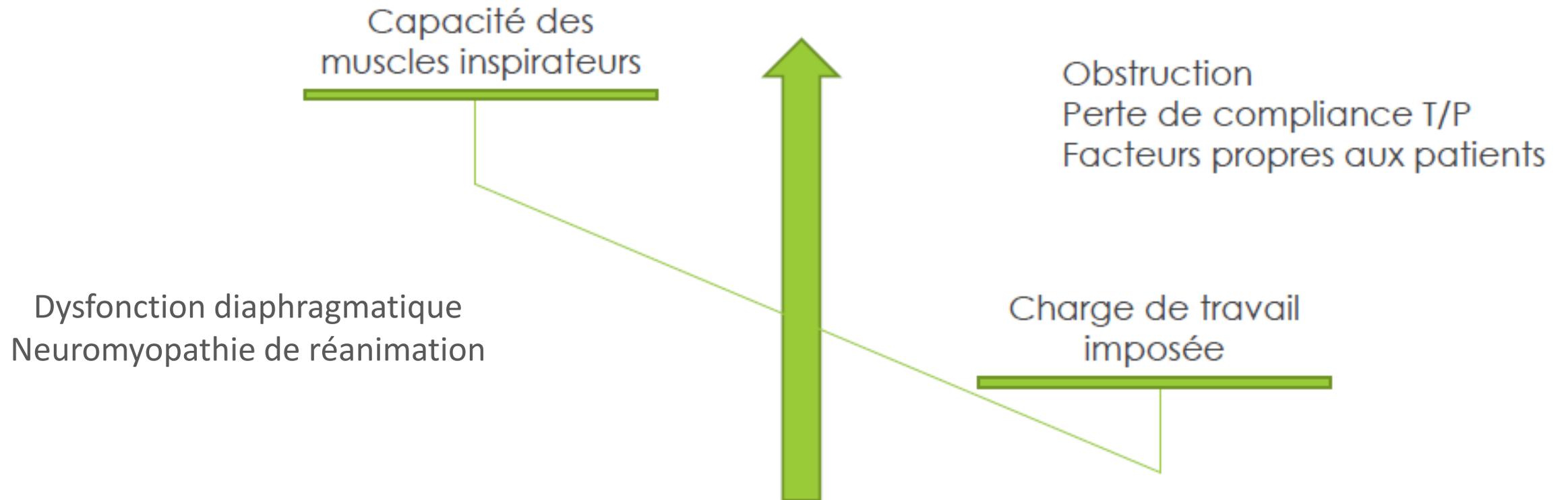


Medrinal, Intensive Care Med, 2016

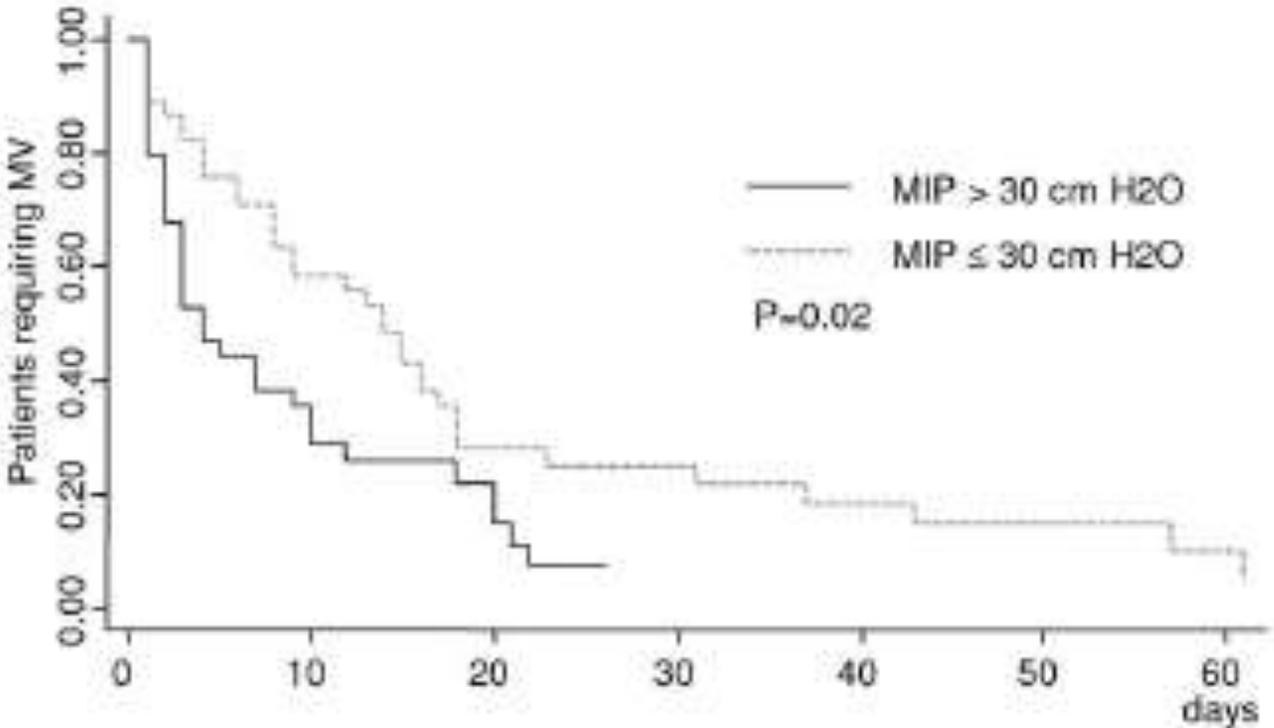
# Au final

---

Déséquilibre de la balance capacité/charge



# Conséquences sur le sevrage de la VM



# Conséquence sur la fatigabilité musculaire périphérique

## RESPIRATORY MUSCLE METABOREFLEX

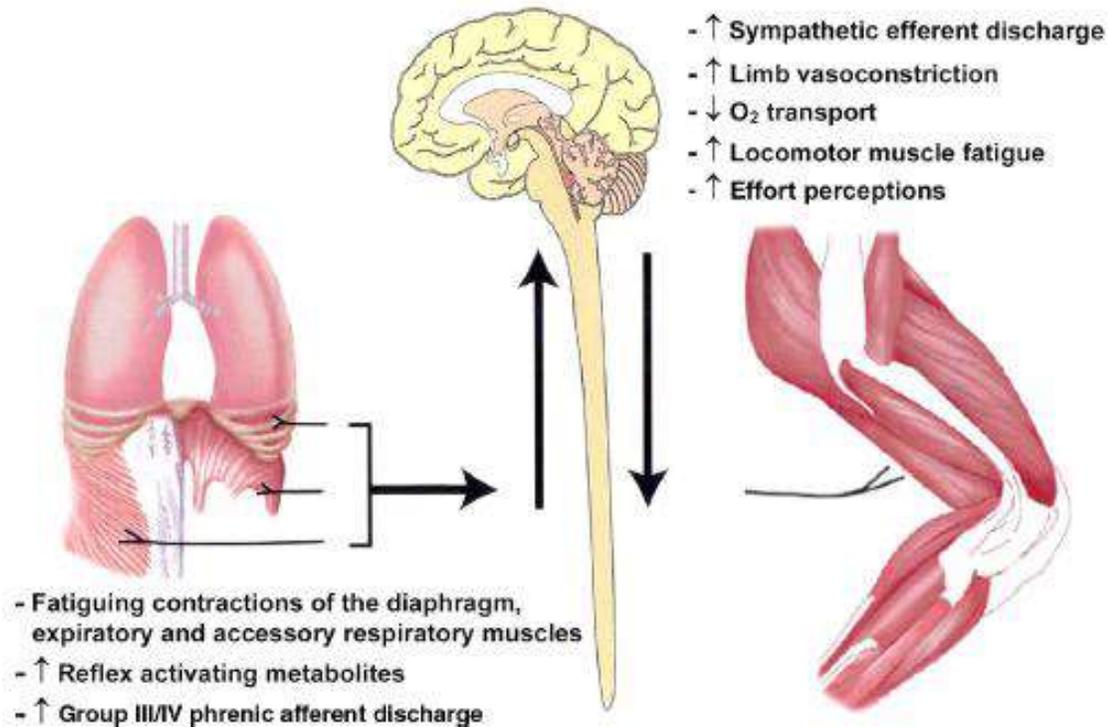
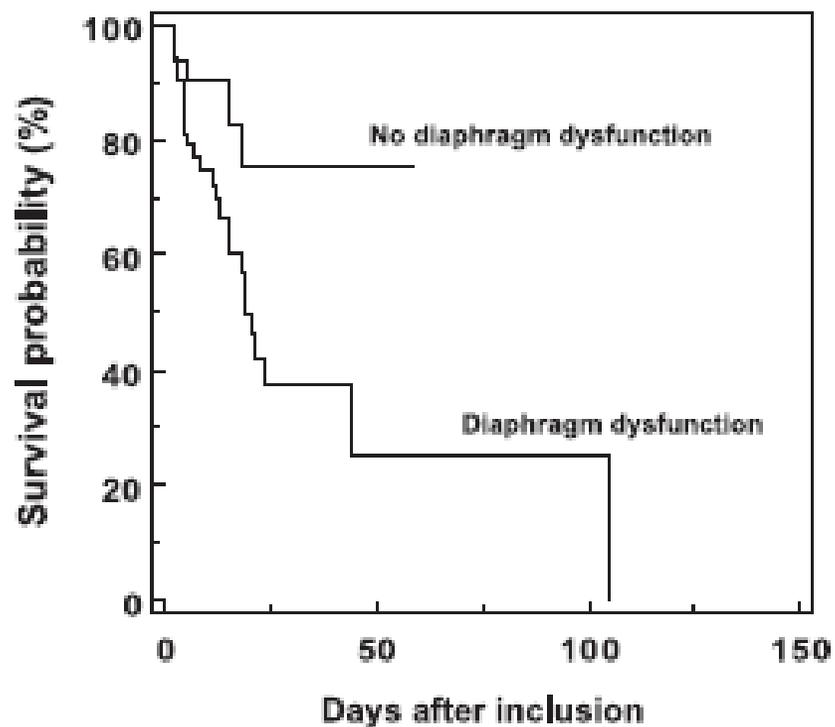


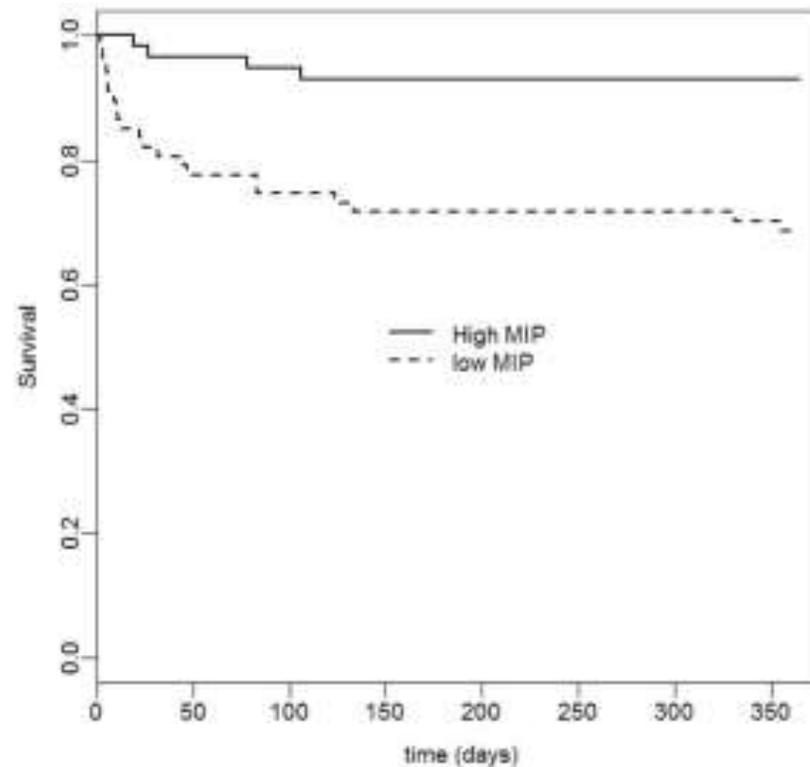
Fig. 2. Schematic of the proposed respiratory muscle metaboreflex and its effects. The metaboreflex is initiated by fatigue of the respiratory muscles, mediated supraspinally via group III/IV afferents, leading to sympathetically mediated vasoconstriction of limb locomotor muscle vasculature, exacerbating peripheral fatigue of working limb muscles and (via feedback) intensifying effort perceptions, thereby contributing to limitation of heavy-intensity endurance exercise performance. [Adapted from Dempsey et al. (21).]

# Conséquences à long terme

ATTEINTE DIAPHRAGMATIQUE PURE



ATTEINTE DE L'ENSEMBLE DES MUSCLES INSPIRATOIRES



# Stratégies possibles?

---

- Approche médicamenteuse
- Choix du mode ventilatoire
- **Entraînement des Muscles Inspiratoires**

# En France?

---



ELSEVIER

Journal of  
**PHYSIOTHERAPY**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jphys](http://www.elsevier.com/locate/jphys)

---

Research

Inspiratory muscle training is used in some intensive care units, but many training methods have uncertain efficacy: a survey of French physiotherapists

Bonnevie, J Physiother, 2015

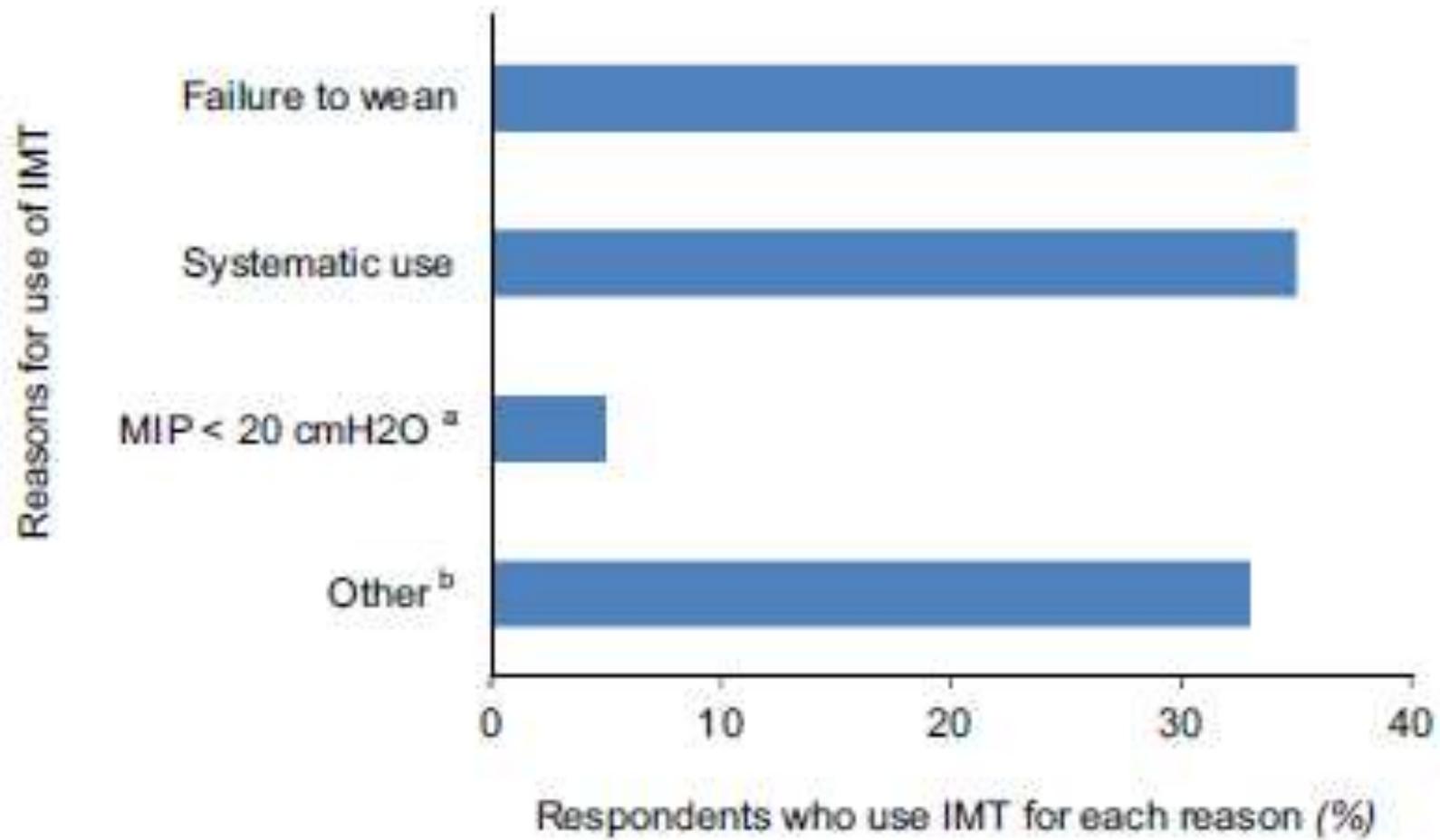
**Table 1**  
 Characteristics of respondents to the survey.

Characteristic category	All respondents (n= 265)	Respondents using IMT (n= 96)	Respondents not using IMT (n= 169)	p-value <sup>a</sup>
Age (yr), n (%)				0.56
21 to 30	81 (31)	32 (33)	49 (29)	
31 to 40	75 (28)	28 (29)	47 (28)	
41 to 50	44 (17)	17 (18)	27 (16)	
51 to 60	57 (22)	18 (19)	39 (23)	
> 60	8 (3)	1 (1)	7 (4)	
ICU experience (yr), n (%)				0.02
< 1	32 (12)	7 (7)	25 (15)	
1 to 5	103 (39)	44 (46)	59 (35)	
6 to 10	57 (22)	26 (27)	31 (18)	
> 10	73 (28)	19 (20)	54 (32)	
Type of ICU, n (%)				0.11
medical	47 (18)	25 (26)	22 (13)	
surgical	25 (9)	7 (7)	18 (11)	
cardiac	8 (3)	3 (3)	5 (3)	
neurosurgical	8 (3)	3 (3)	5 (3)	
general	177 (67)	58 (60)	119 (70)	
Patient:therapist ratio, n (%) <sup>b</sup>				0.21
1 to 5	24 (9)	7 (8)	17 (10)	
6 to 10	70 (26)	33 (36)	37 (23)	
11 to 15	75 (28)	25 (27)	50 (30)	
16 to 20	38 (14)	14 (15)	24 (15)	
> 20	53 (20)	15 (16)	38 (23)	

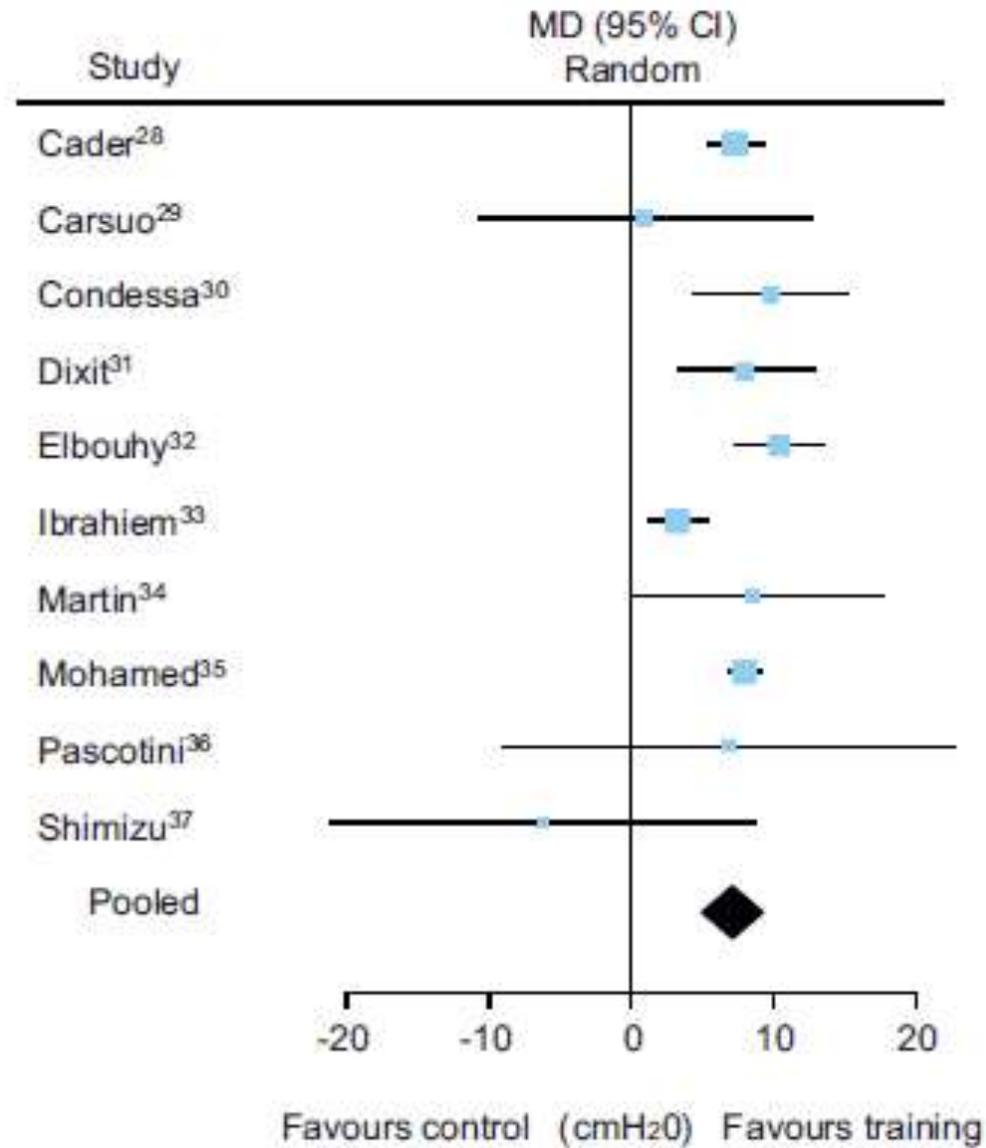
# A quel patient dois-je proposer de l'EMI?

---

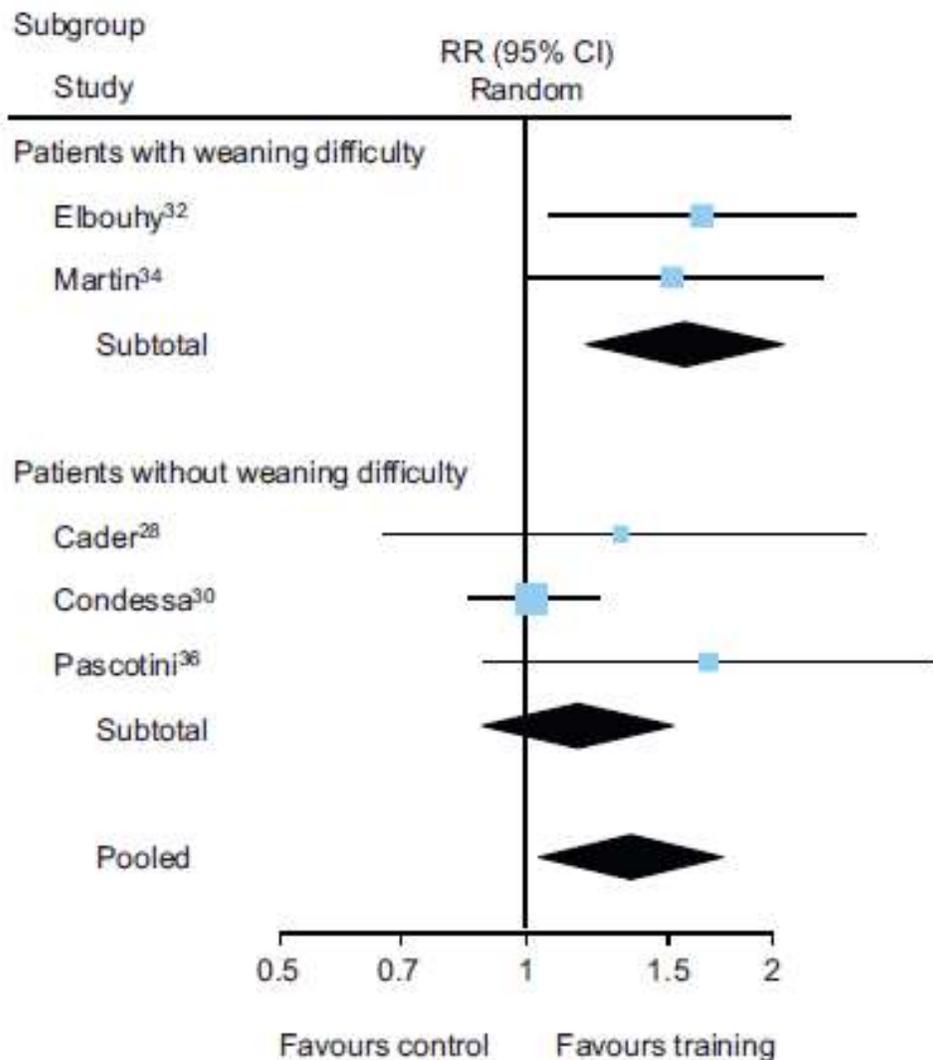
- A. Tous les patients en réanimation?
- B. Tous les patients intubés?
- C. Les patients en échec de sevrage ventilatoire?
- D. Les patients (intubés ou non) avec une faible Pimax?



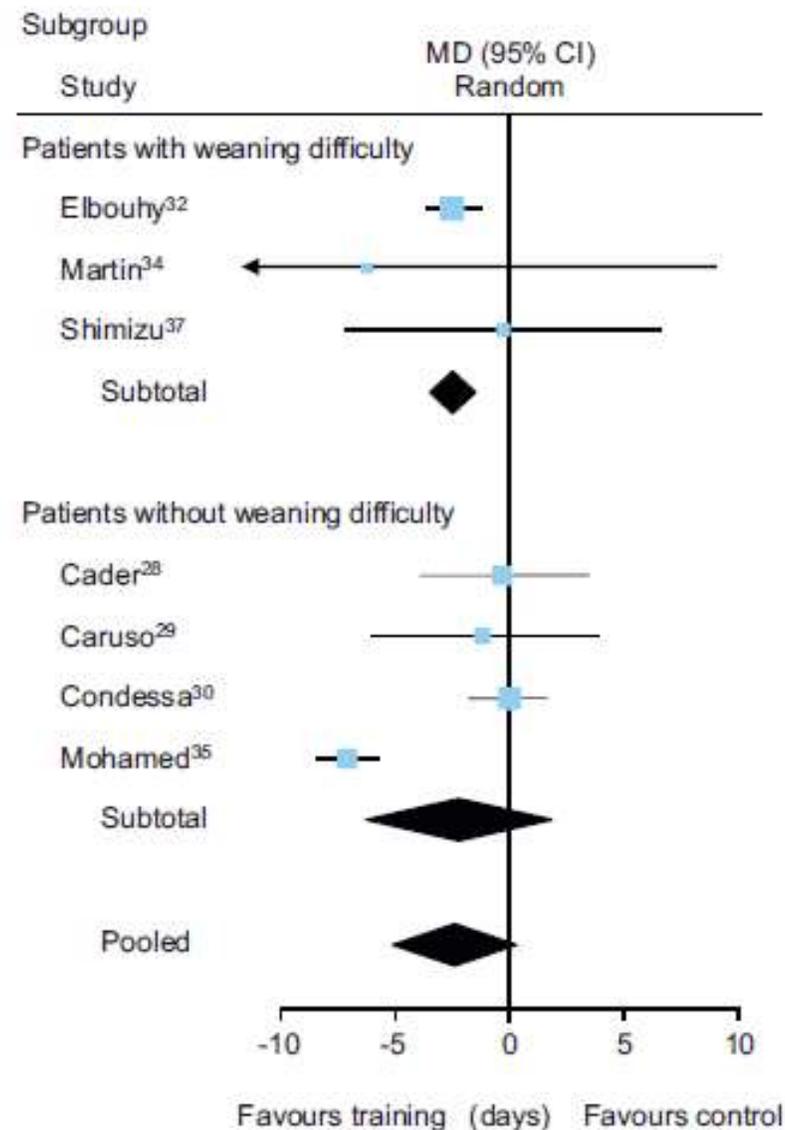
# Effet sur la Pimax



# Effet sur le sevrage ventilatoire



**Figure 8.** Relative risk (95% CI) of weaning success due to inspiratory muscle training, estimated by pooling data from five studies (n = 256), with subgroup analysis by whether patients were known to have weaning difficulty before randomisation.



**Figure 10.** Mean difference (95% CI) in duration of mechanical ventilation (in days) due to inspiratory muscle training, estimated by pooling data from seven studies (n = 305), with subgroup analysis by whether patients were known to have weaning difficulty before randomisation.

# A quel patient dois-je proposer de l'EMI?

---

- A. Tous les patients en réanimation?
- B. Tous les patients intubés?
- C. Les patients en échec de sevrage ventilatoire?
- D. Les patients (intubés ou non) avec une faible Pimax?

# A quel patient dois-je proposer de l'EMI?

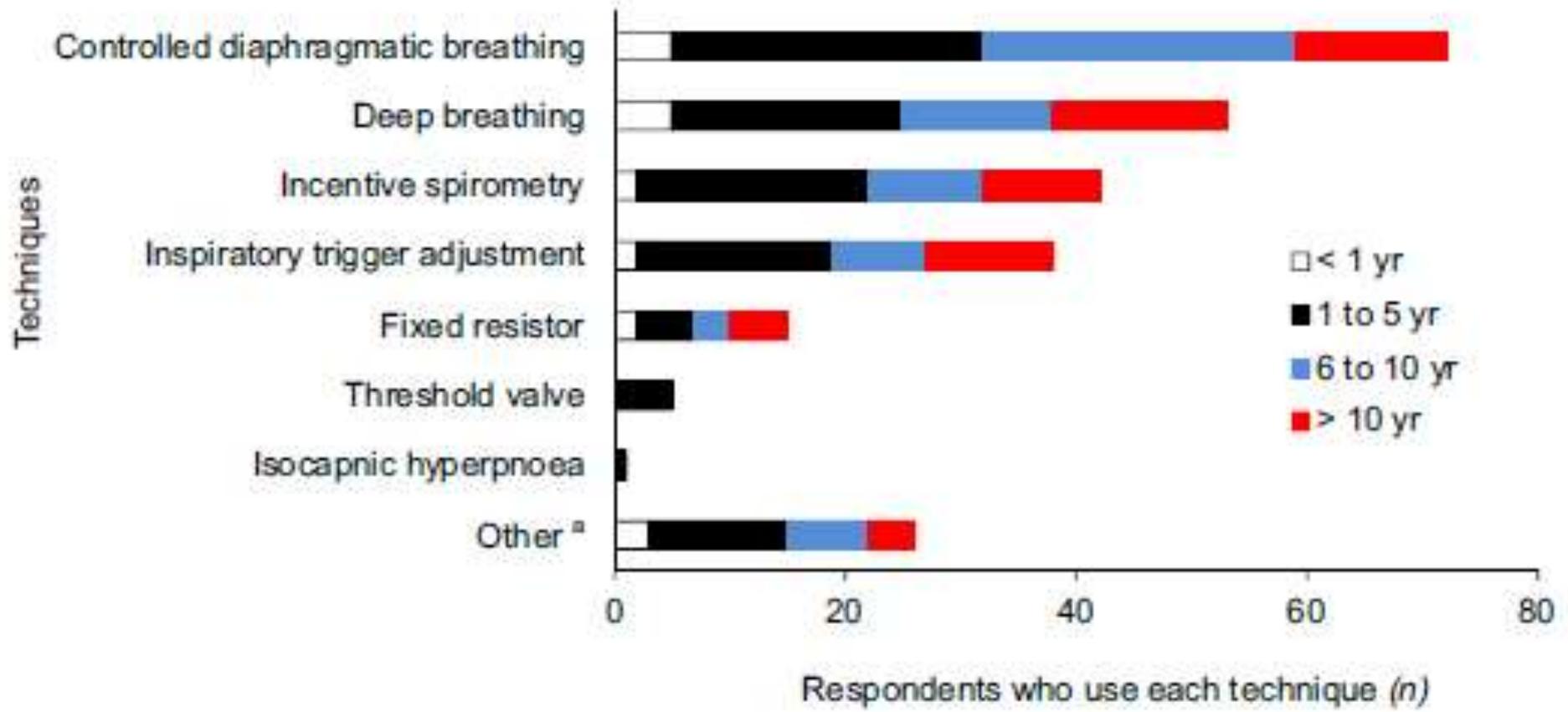
---

- A. Tous les patients en réanimation?
- B. Tous les patients intubés?
- C. Les patients en échec de sevrage ventilatoire?
- D. Les patients (intubés ou non) avec une faible Pimax?

# Comment faire? Quelle technique?

---

- A. Ventilation dirigée
- B. Exercices respiratoires (lèvres pincées, inspiration profonde...)
- C. Spirométrie incitative
- D. Modification du trigger inspiratoire
- E. Résistance inspiratoire (Respirex<sup>®</sup>)
- F. Valve threshold<sup>®</sup>
- G. Autres



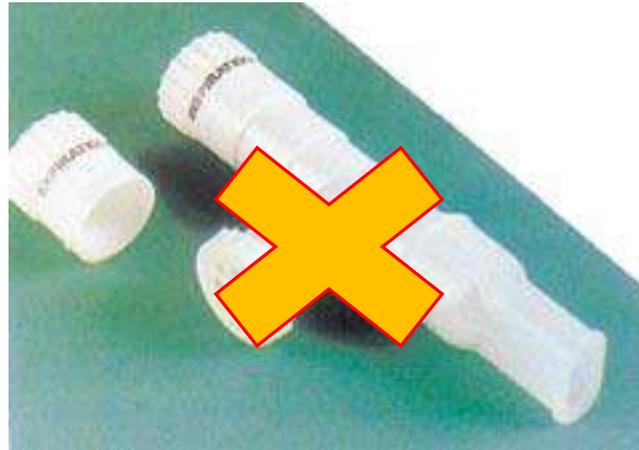
# Dispositifs évalués dans la littérature

Peu applicable en réanimation



Belman, 1981

Débit dépendant  
Peu applicable en réanimation



Aldrich, 1985, 1987, 1989  
Tan, 1992



Caruso, 2005  
Elbouhy, 2014



Cader, 2010  
Martin, 2011  
Condessa, 2013  
Dixit, 2014  
Ibrahiem, 2014  
Mohamed, 2014  
Pascotini, 2014  
Shimizu, 2014

# Les autres techniques?

---

Les techniques d'EMI les plus utilisées sont paradoxalement les moins évaluées dans la littérature : ventilation dirigée abdominodiaphragmatique (83 %), respirations profondes (59 %), spirométrie incitative (41 %). Ces techniques sont sans résistance pour les muscles respiratoires et ne peuvent être considérées comme des techniques de renforcement musculaire.

# Trigger inspiratoire ou valve à seuil?

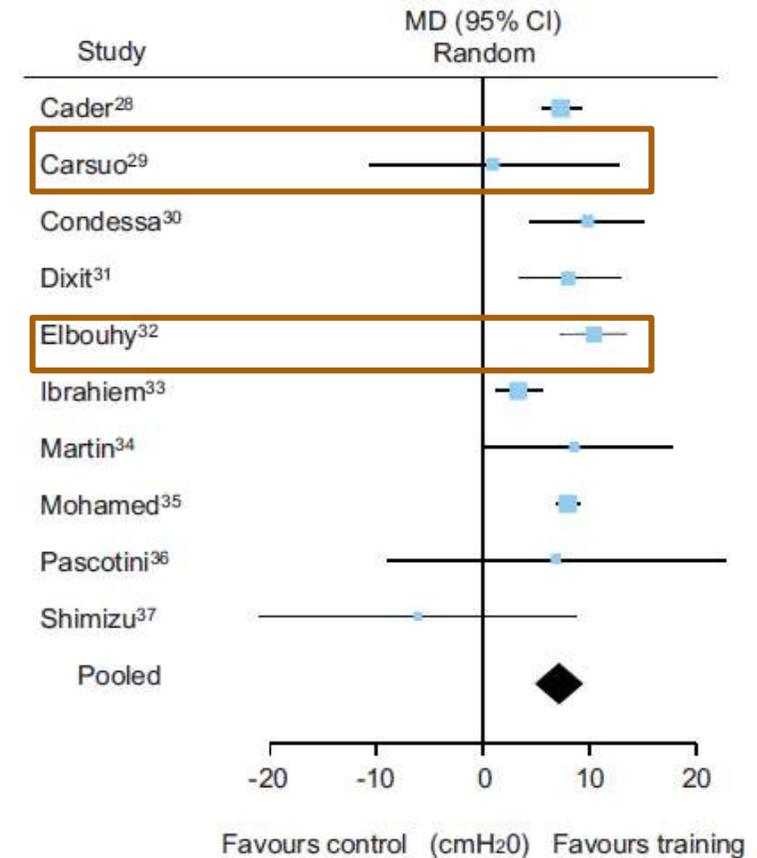
Caruso et al  
(2005)<sup>29</sup>

Exp: Adjustment of ventilator trigger sensitivity to 20% of initial MIP  
5 min x twice daily x 7 d/wk x until weaned  
Duration increased by 5 min each session, max 30 min  
Pressure increased by 10% of initial MIP, max 40% MIP  
Stopped if adverse signs



Elbouhy et al  
(2014)<sup>32</sup>

Exp: Adjustment of ventilator trigger sensitivity to 20% of initial MIP  
5 min x twice daily x 5 d  
Duration increased by 5 min each session, max 30 min  
Pressure increased by 10% of initial MIP each session  
Stopped if adverse signs



# Avantages/Inconvénients

---

## TRIGGER INSPIRATOIRE

- 
- Ne nécessite pas la coopération du patient
  - Peut se débiter très précocement
- 
- 
- Charge de travail uniquement à l'ouverture de la valve donc moindre efficacité
  - Intensité maximale à 20 cmH<sub>2</sub>O

## VALVE À SEUIL THRESHOLD<sup>®</sup>

- Littérature abondante et positive
  - Débit indépendant
- 
- Nécessite la coopération du patient
  - Intensité minimale à 9 cmH<sub>2</sub>O

# Comment faire? Quelle technique?

---

- A. Ventilation dirigée
- B. Exercices respiratoires (lèvres pincées, inspiration profonde...)
- C. Spirométrie incitative
- D. Modification du trigger inspiratoire
- E. Résistance inspiratoire (Respirex<sup>®</sup>)
- F. Valve threshold<sup>®</sup>
- G. Autres

# Comment faire? Quelle technique?

---

- A. Ventilation dirigée
- B. Exercices respiratoires (lèvres pincées, inspiration profonde...)
- C. Spirométrie incitative
- D. Modification du trigger inspiratoire
- E. Résistance inspiratoire (Respirex®)
- F. Valve threshold®
- G. Autres

# Comment débiter mon programme d'EMI?

---

- Sélectionner mon patient:

Patient en échec de sevrage

Patient avec faible Pimax??

- Evaluer l'état neurologique du patient (RASS ou RAMSAY)

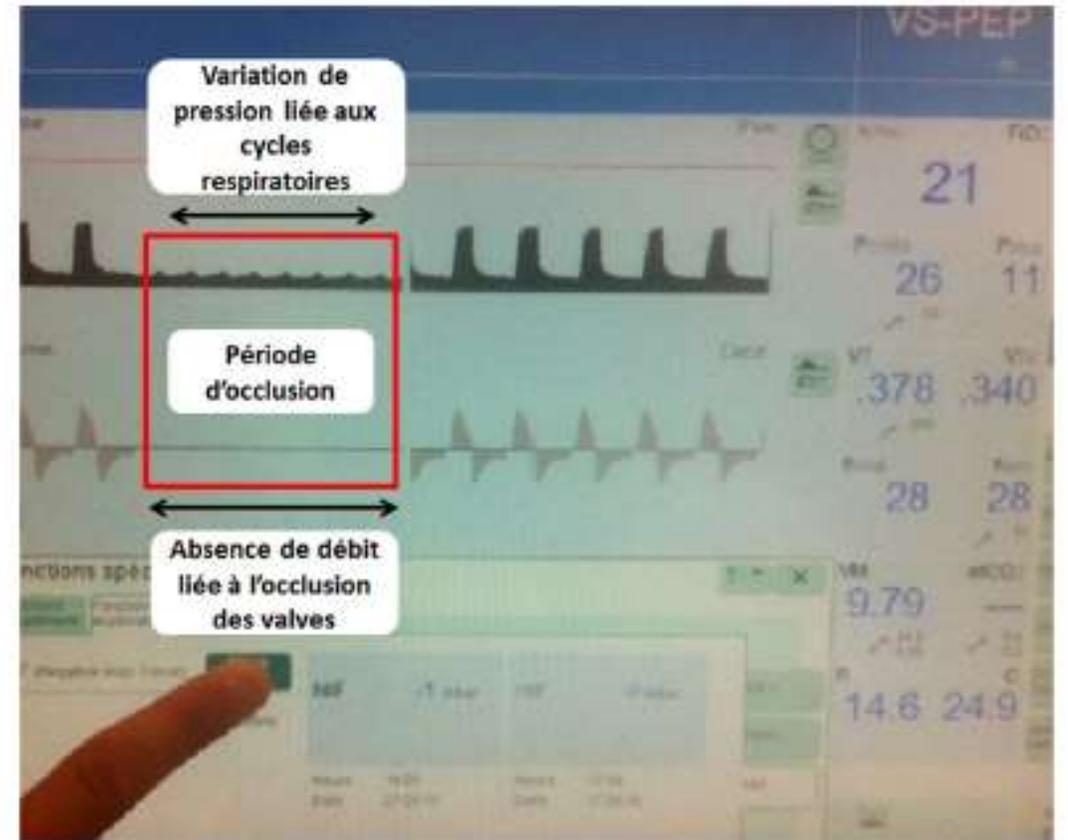
- Evaluer sa Pimax pour déterminer l'intensité de l'entraînement et définir les modalités d'entraînement

- Matériel nécessaire:

Manomètre électronique ou fonction NIF du ventilateur

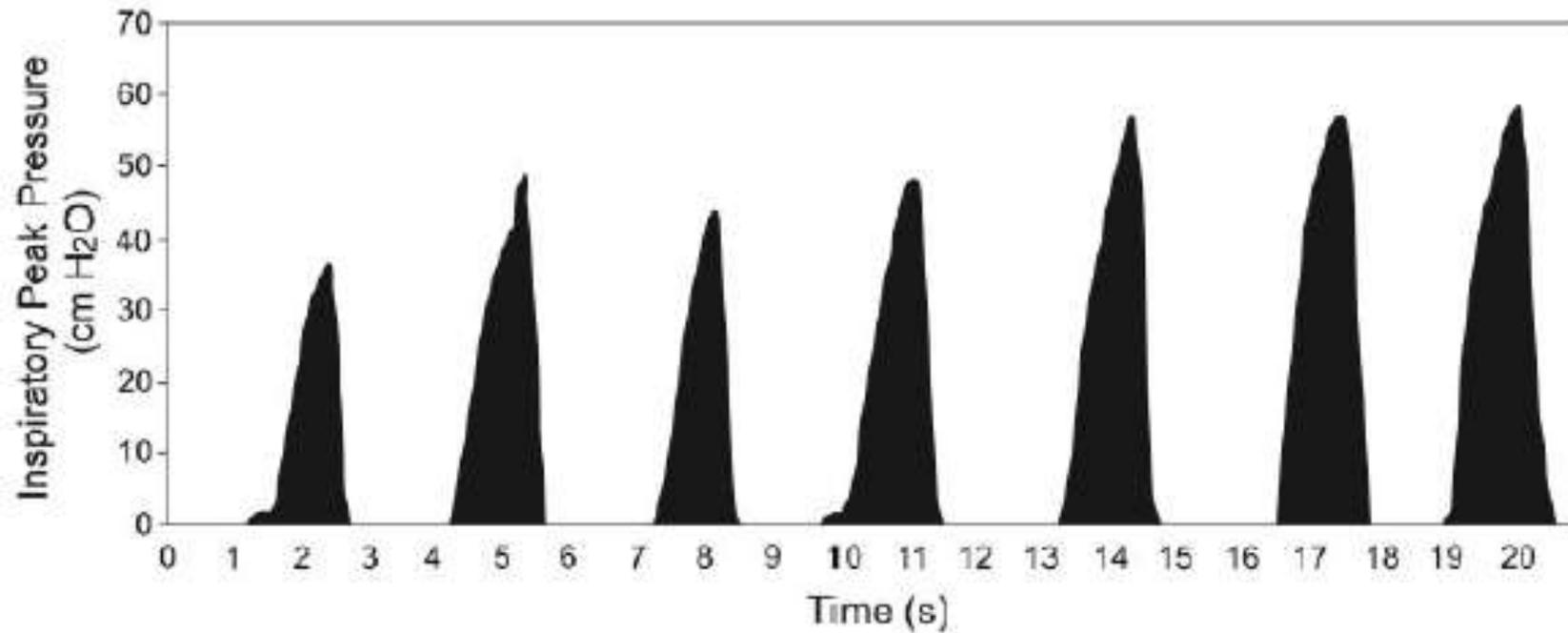
Valve à seuil Threshold<sup>®</sup>

# Evaluation de la Pimax



# L'occlusion doit être maintenue 20 secondes

---



# Programme

Score RASS < -1  
FR = FR réglée

Pas d'EMI

Score RASS < -1  
FR > FR réglée  
PiMax  $\leq$  20-35cmH<sub>2</sub>O

EMI via trigger inspiratoire

*Intensité* : 20% PiMax min.

*Modalité* : 5min.

*Fréquence* : 1-2x/j, 5-7j/sem jusqu'à  
0 < RASS < 2 ou sevrage.

*Progression* : +5min à chaque séance  
(30min max) puis +10% PiMax à  
chaque séance.

*Associer à* : protocole de sevrage, de  
sédation, de réhabilitation précoce.

Score  $-1 \leq$  RASS < 2  
PiMax  $\leq$  20-35cmH<sub>2</sub>O  
Difficultés de sevrage

EMI via valve à seuil

*Intensité* : Entre 30% PiMax et le  
maximum toléré.

*Modalité* : 3-6 séries de 6-10  
respirations avec repos 1-2min sous  
VM entre les séries.

*Fréquence* : 1-2x/j, 5-7j/sem jusqu'au  
sevrage.

*Progression* : +1-2cmH<sub>2</sub>O ou +10%  
PiMax initiale à chaque session.

*Position* : 45° proclive.

*Associer à* : protocole de sevrage, de  
sédation, de réhabilitation précoce.

Poursuivre  
après le  
sevrage :



# Inspiratory muscle training to enhance recovery from mechanical ventilation: a randomised trial

Bernie M Bissett,<sup>1,2,3</sup> Anne Leditschke,<sup>4,5,6</sup> Teresa Neeman,<sup>7</sup> Robert Boots,<sup>1,8</sup> Jennifer Paratz<sup>1,8,9</sup>

**Table 2** Differences within and between groups for each outcome measure at 2 weeks

Outcome	Differences within groups		Differences between groups (mixed model analysis)	p Value
	Week 2 minus week 0 Mean (SEM)			
	IMT (n=34)	Control (n=36)	Difference between groups (95% CI)	
MIP % predicted	17 (4)	6 (3)	11 (2 to 20)	0.024*
Fatigue resistance index/1.00	0.03 (0.05)	0.02 (0.5)	0.02 (-0.15 to 0.12)	0.816
QOL: SF-36	0.08 (0.02)	0.04 (0.02)	0.05 (-0.01 to 0.10)	0.123
QOL: EQ5D	14 (4)	2 (4)	12 (1 to 23)	0.034*
ACIF/1.00	0.25 (0.04)	0.25 (0.04)	0.00 (-0.12 to 0.12)	0.974
Dyspnoea at rest/10	-0.8 (0.4)	-0.4 (0.4)	-0.4 (-1.5 to 0.7)	0.483
Dyspnoea during exercise/10	-0.5 (0.4)	0.2 (0.4)	-0.7 (-1.8 to 0.4)	0.223

\*=p<0.05. \*\*=p<0.01. \*\*\*=p<0.001. All analyses are intention-to-treat. ACIF, acute care index of function; IMT, inspiratory muscle training; MIP, maximum inspiratory pressure; QOL, quality of life (SF-36 or EQ5D tools).

**Table 3** Comparisons between groups for postintervention outcome measures

Outcome	Randomised (n= 70)	
	IMT (n=34)	Control (n=36)
Post-ICU hospital length of stay (days), mean (SEM)	35 (8)	37 (9)
Number of participants readmitted to ICU, n (%)	6 (18)	8 (22)
Number of participants reintubated, n (%)	6 (18)	8 (22)
In-hospital mortality, n (%)	4 (12)*	0 (0)

\*p=0.051 between IMT and control groups. ICU, intensive care unit; IMT, inspiratory muscle training.

# Conclusion

---

- La faiblesse respiratoire des patients en réanimation est associée au mauvais pronostic.
- L'Entraînement des muscles inspiratoires est une des stratégies possibles pour améliorer les patients en échec de sevrage.
- L'évaluation de la Pimax et un matériel adapté sont des pré requis nécessaires.
- D'autres études sont nécessaire pour évaluer l'effet de l'EMI chez les patient post ventilation mécanique.



Merci de votre attention