



# Conséquences de la VNI sur les muscles respiratoires

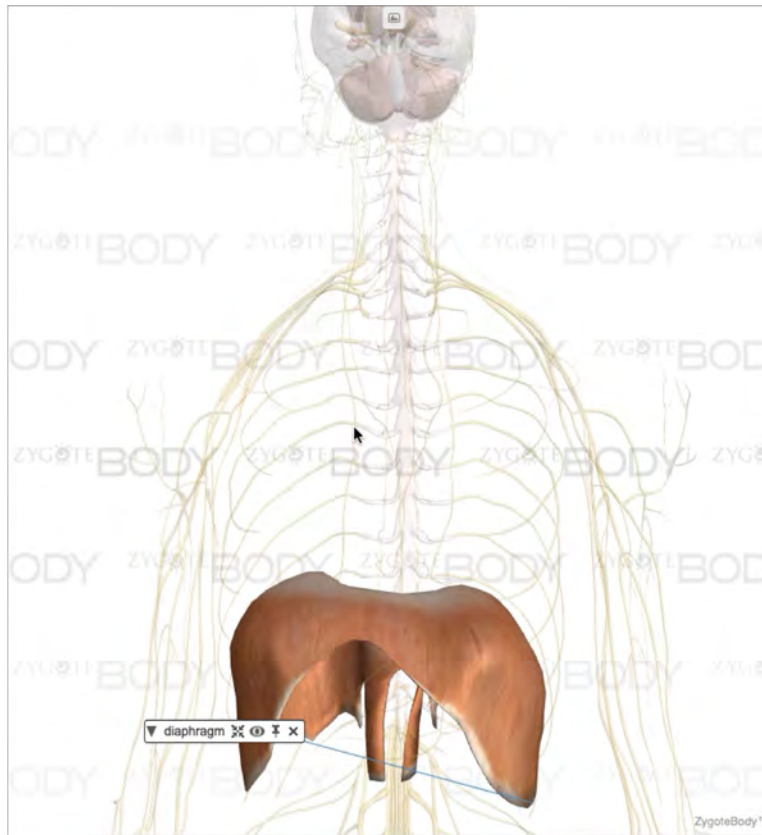
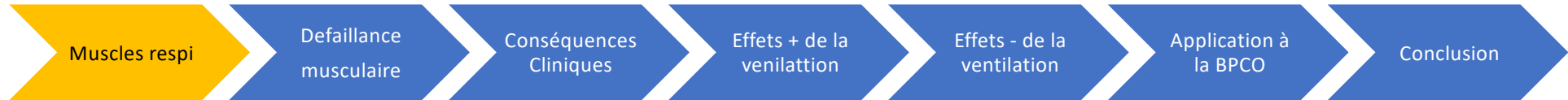
Module **LA VENTILATION MECANIQUE ET SES CONSEQUENCES PHYSIOLOGIQUES** Nom  
Pr Jesus Gonzalez-Bermejo

Service de pneumologie-GH Pitié Salpêtrière

Jesus.gonzalez@aphp.fr

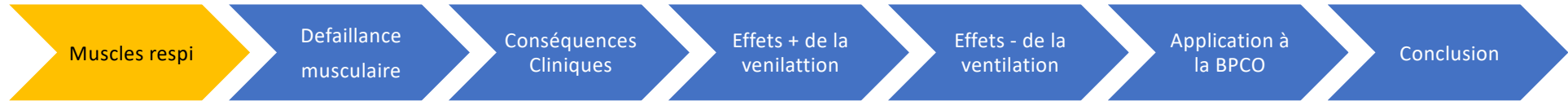


# Comment marchent les muscles respiratoires?



- Muscle Digastrique
- Avec innervation par les 2 nerfs phréniques droit et gauche
- Issus de la 4<sup>ème</sup> vertèbre cervicale

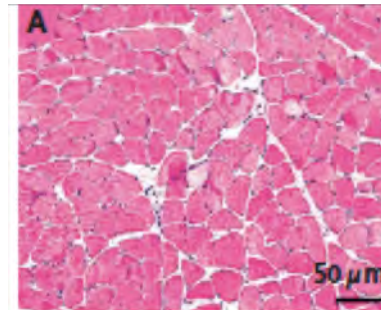
# Comment marchent les muscles respiratoires?



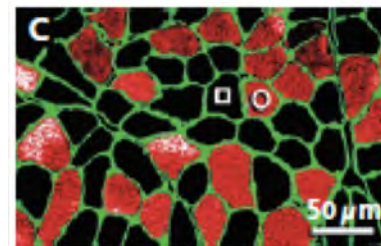
LE DIAPHRAGME EST UN MUSCLE  
ENDURANT et FORT A LA FOIS

*Sanchez Bulletin 1982*

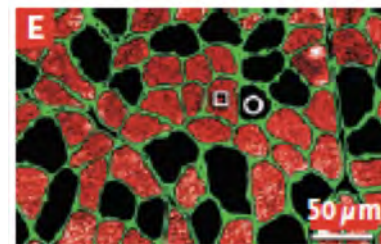
*Levine NEJM 2008*



Muscle  
diaphragmatique

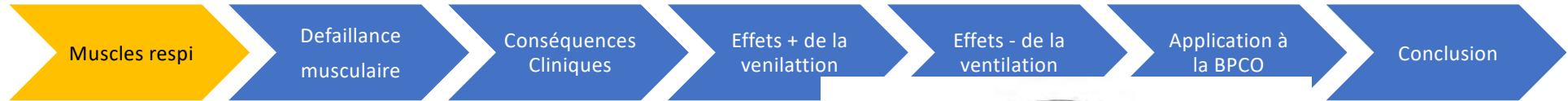


Fibres de type I = fibres  
endurantes = 50%  
(40% dans un muscle autre du corps)

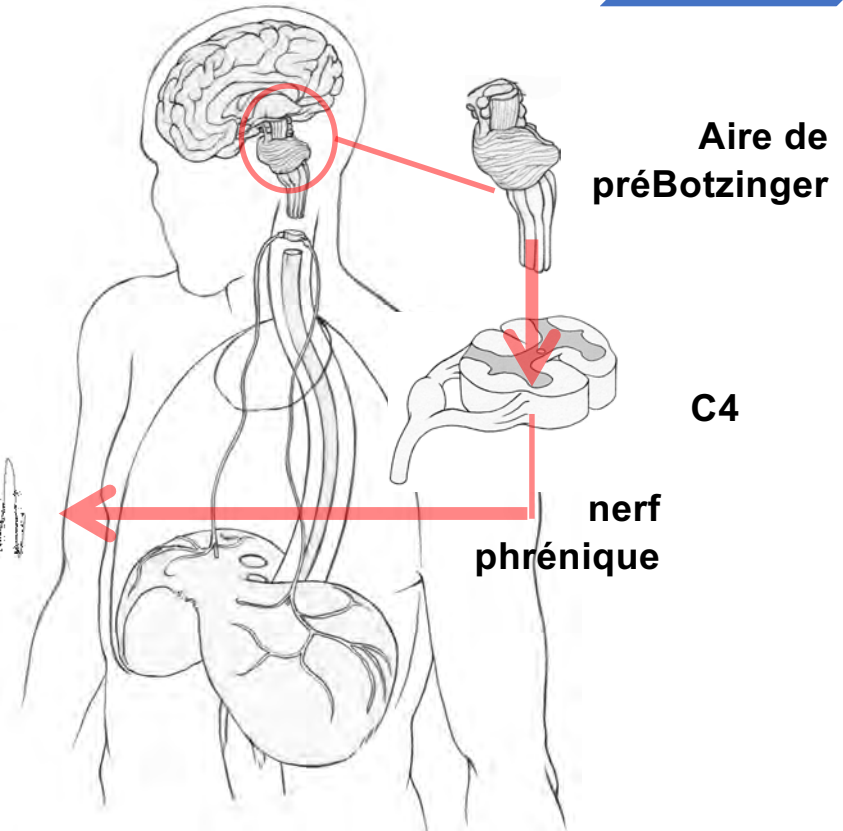
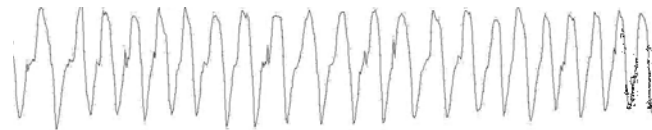


Fibres de type II =  
fibres rapides = 50%

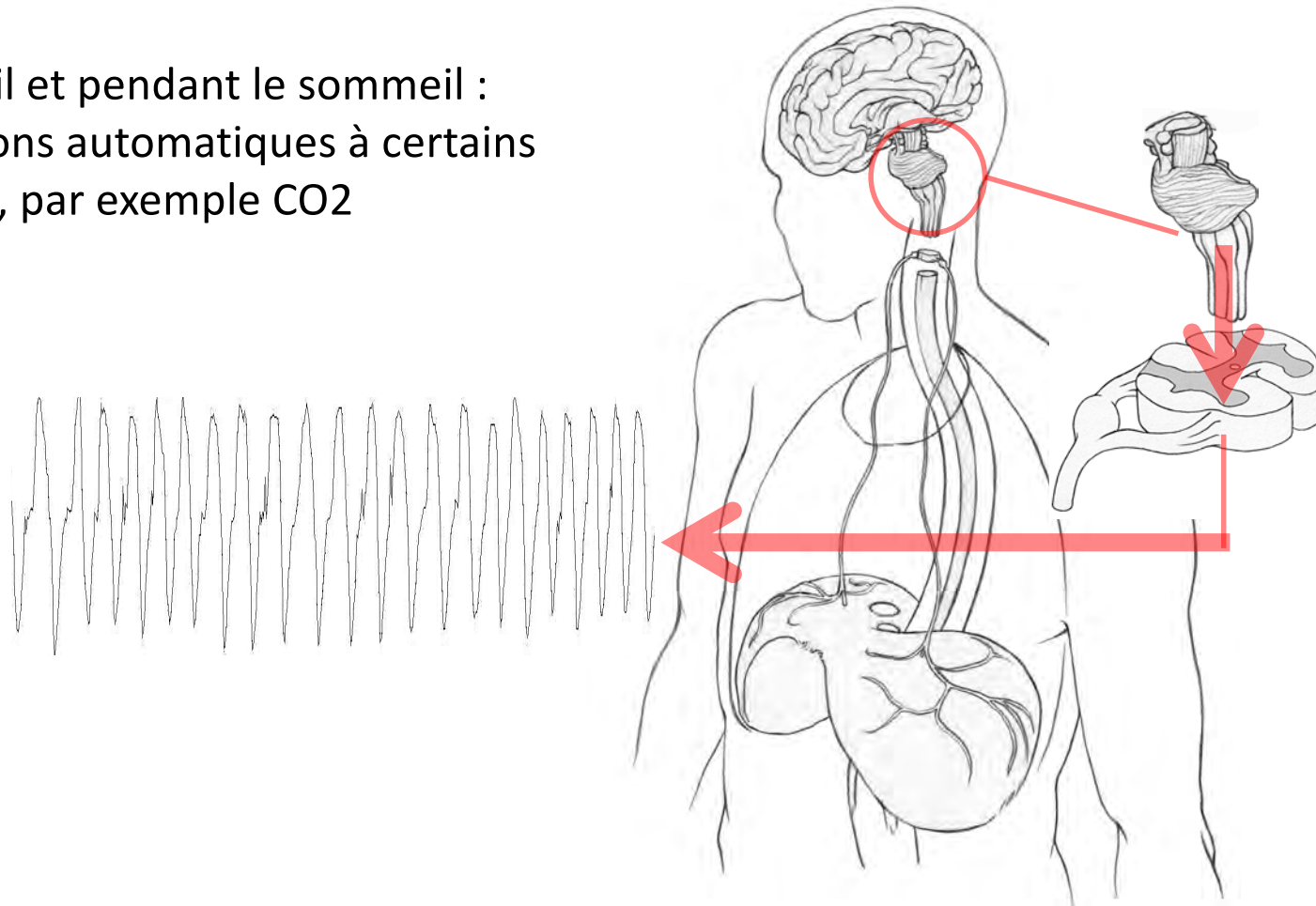
# Comment marchent les muscles respiratoires?



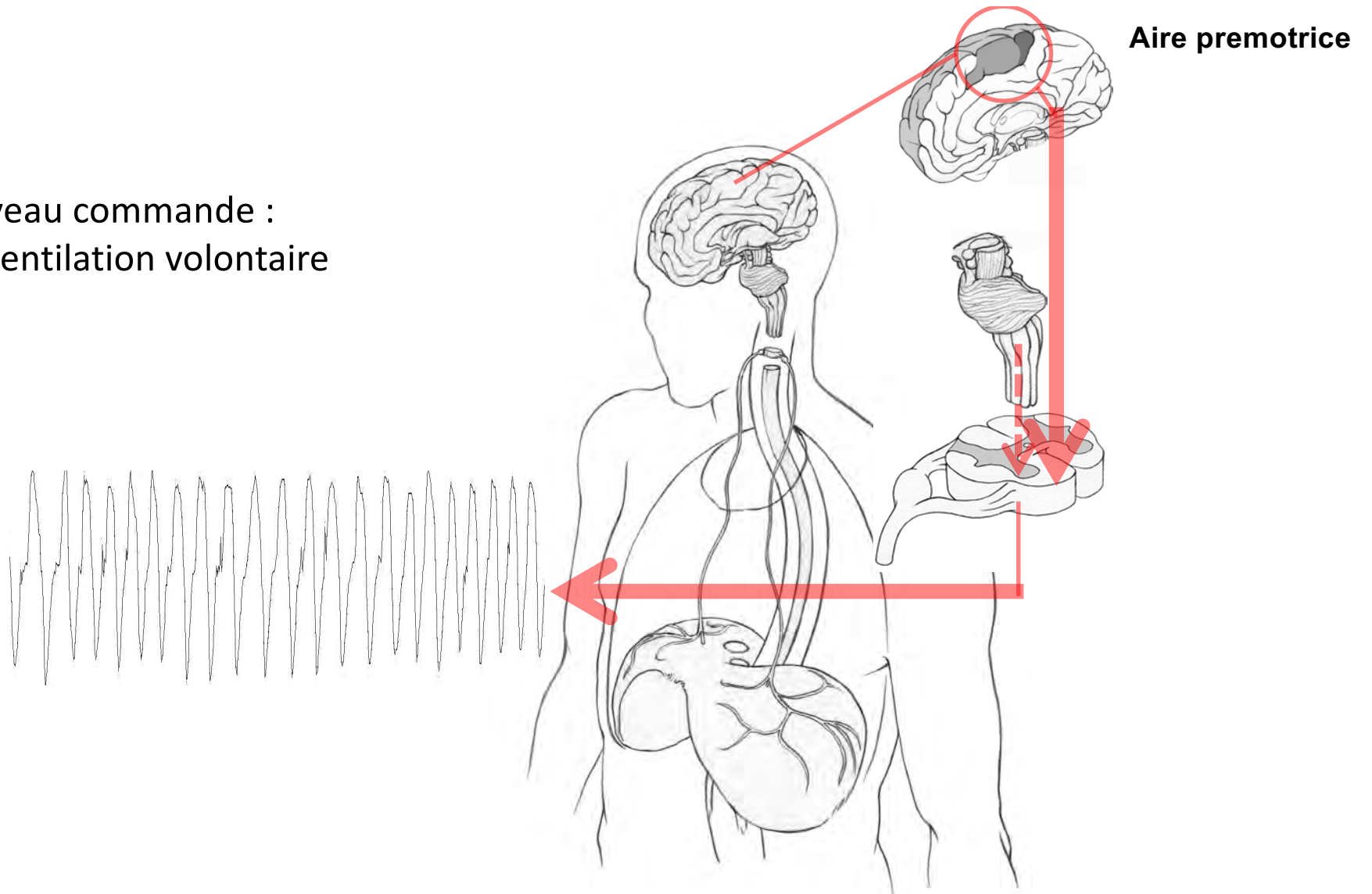
A l'éveil et pendant le sommeil



A l'éveil et pendant le sommeil :  
Réactions automatiques à certains  
stimuli, par exemple CO<sub>2</sub>



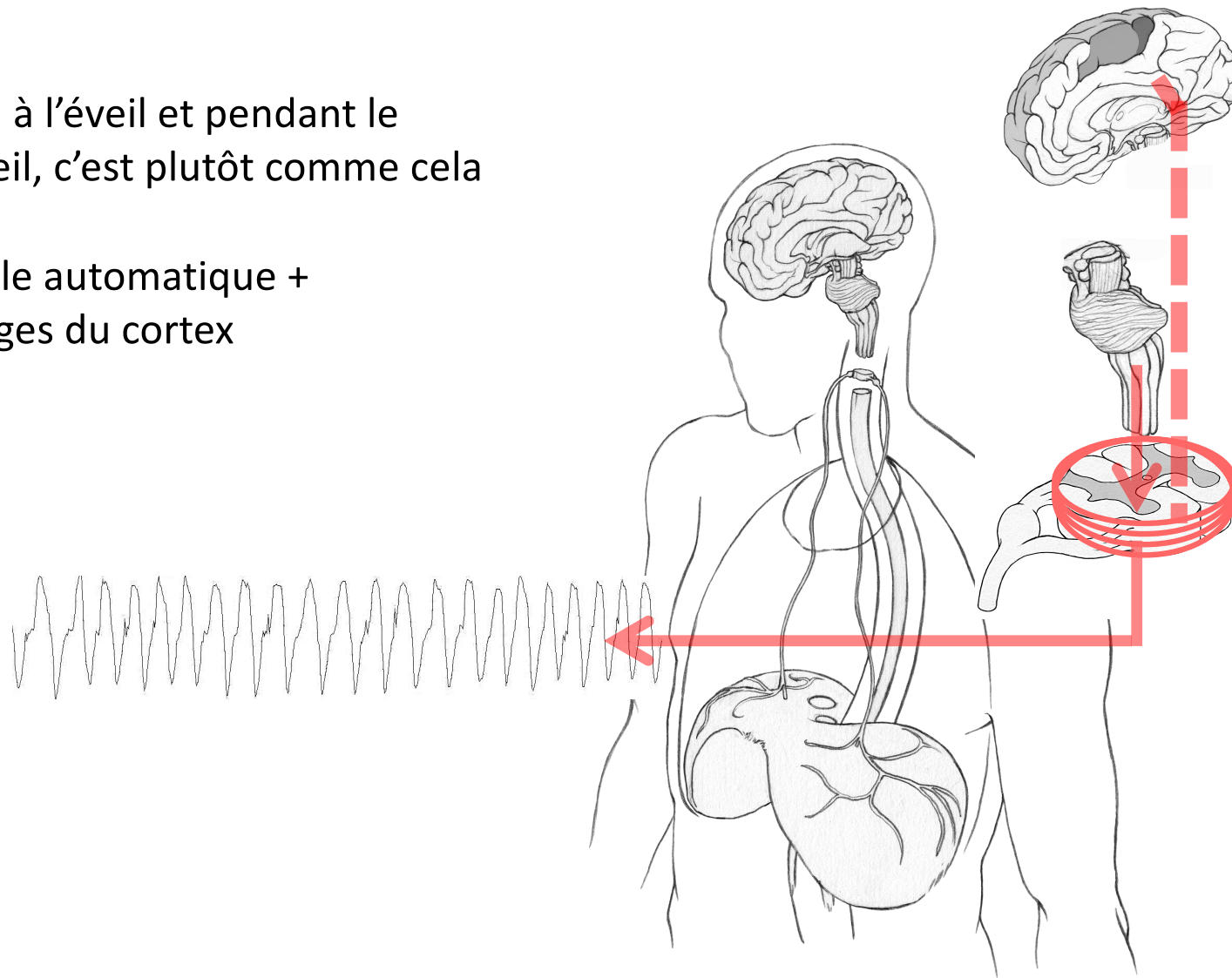
Le cerveau commande :  
hyperventilation volontaire





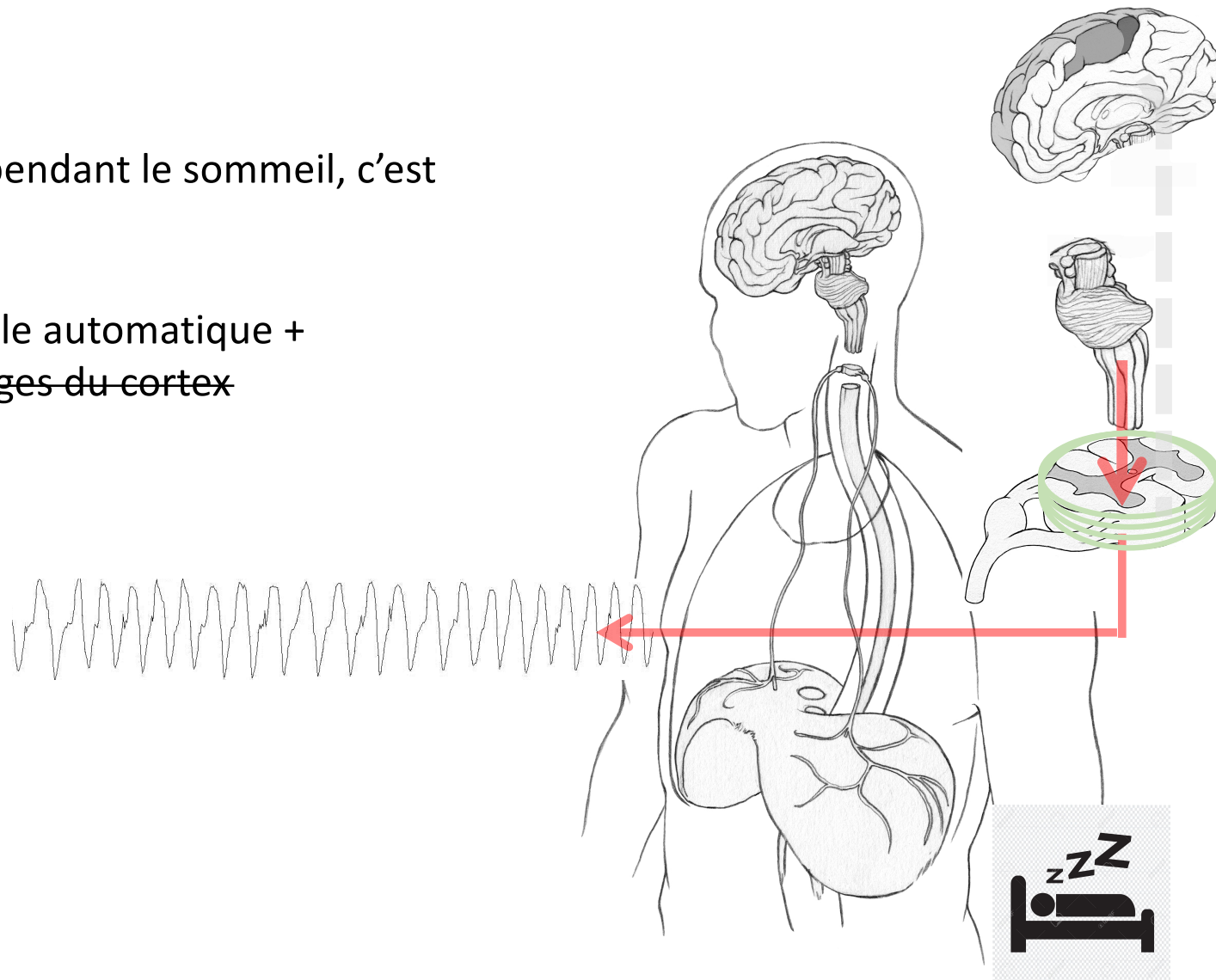
En fait, à l'éveil et pendant le sommeil, c'est plutôt comme cela

Contrôle automatique +  
Messages du cortex



Donc pendant le sommeil, c'est moins

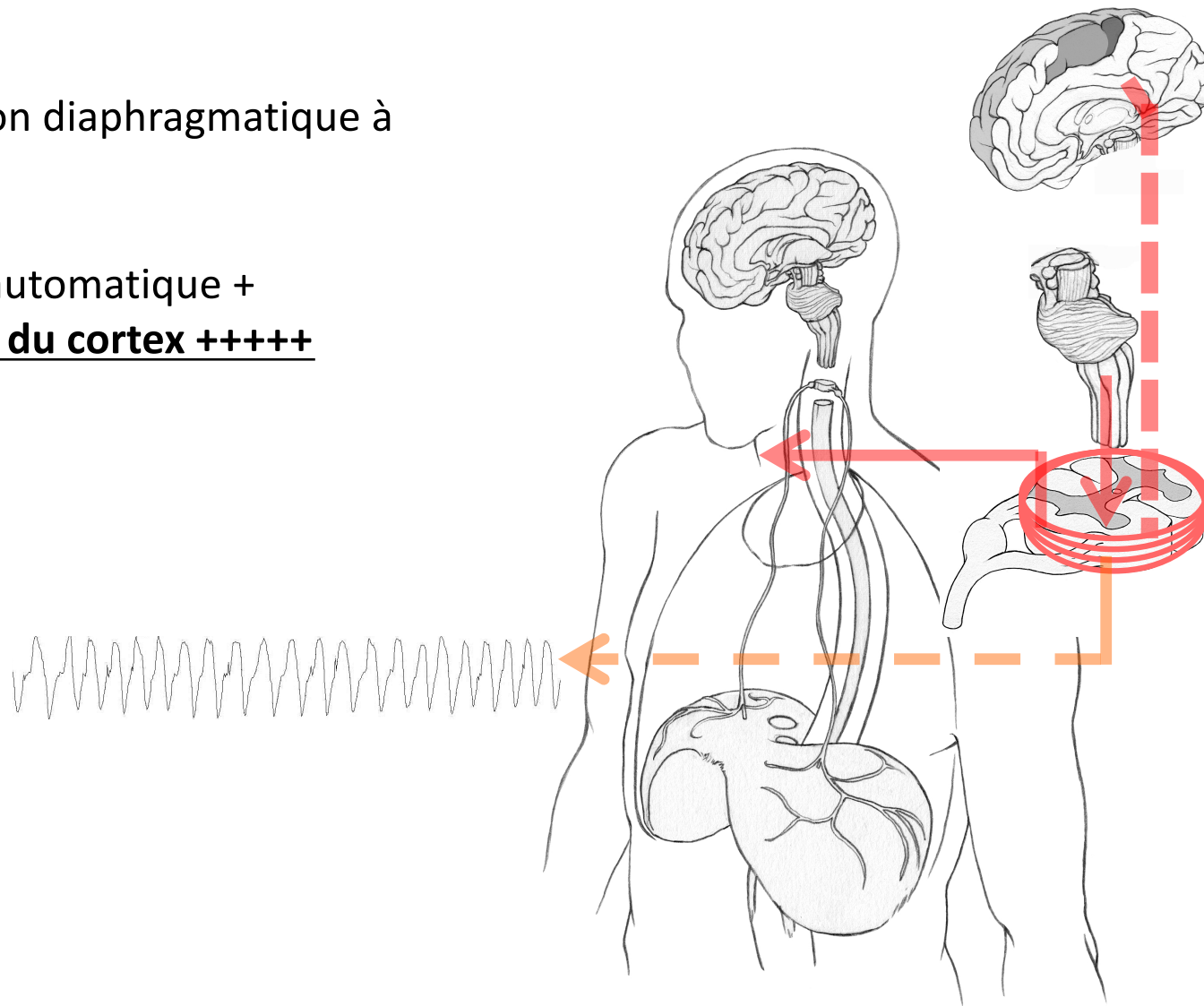
Contrôle automatique +  
~~Messages du cortex~~





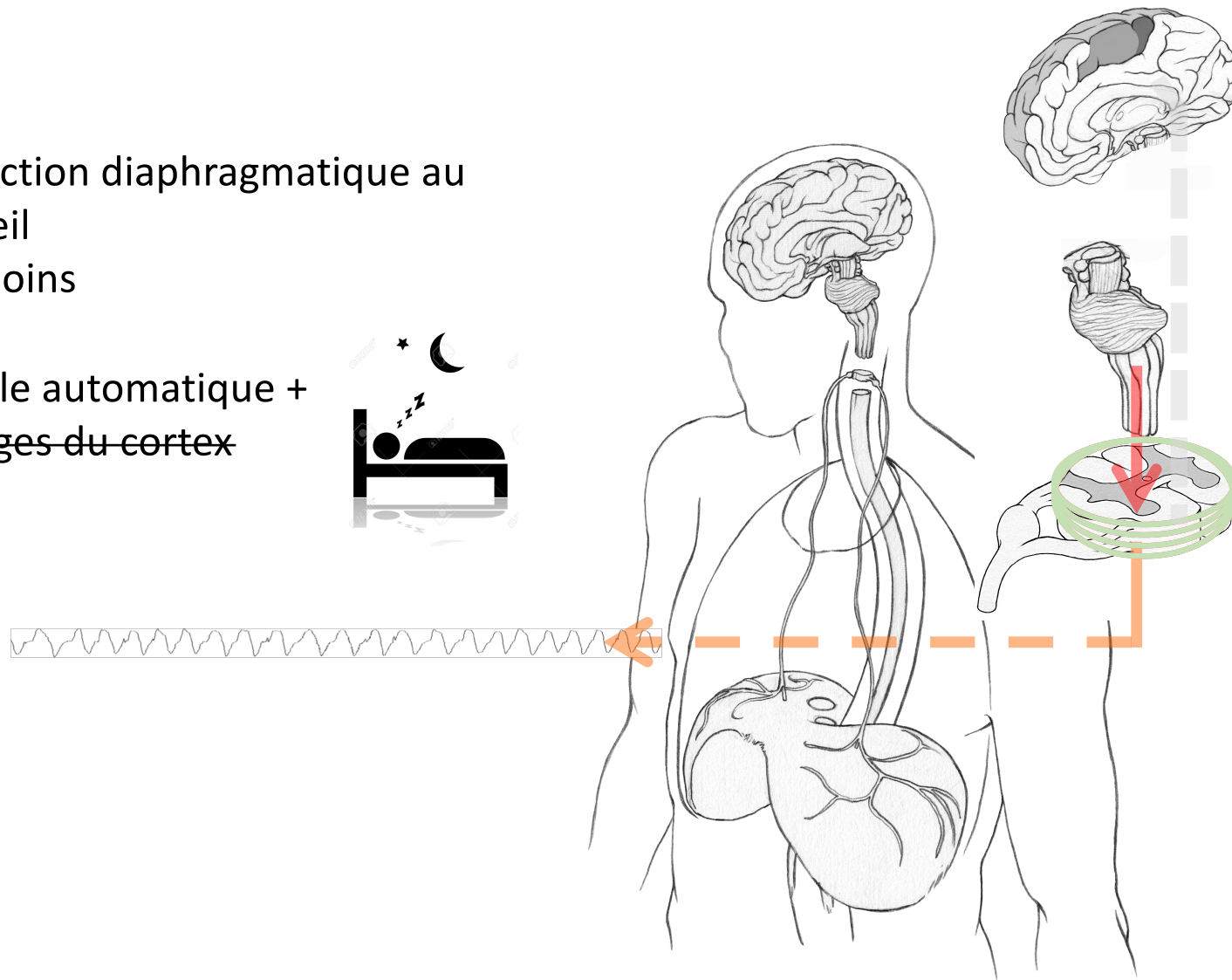
Dysfonction diaphragmatique à l'éveil

Contrôle automatique +  
Messages du cortex +++++

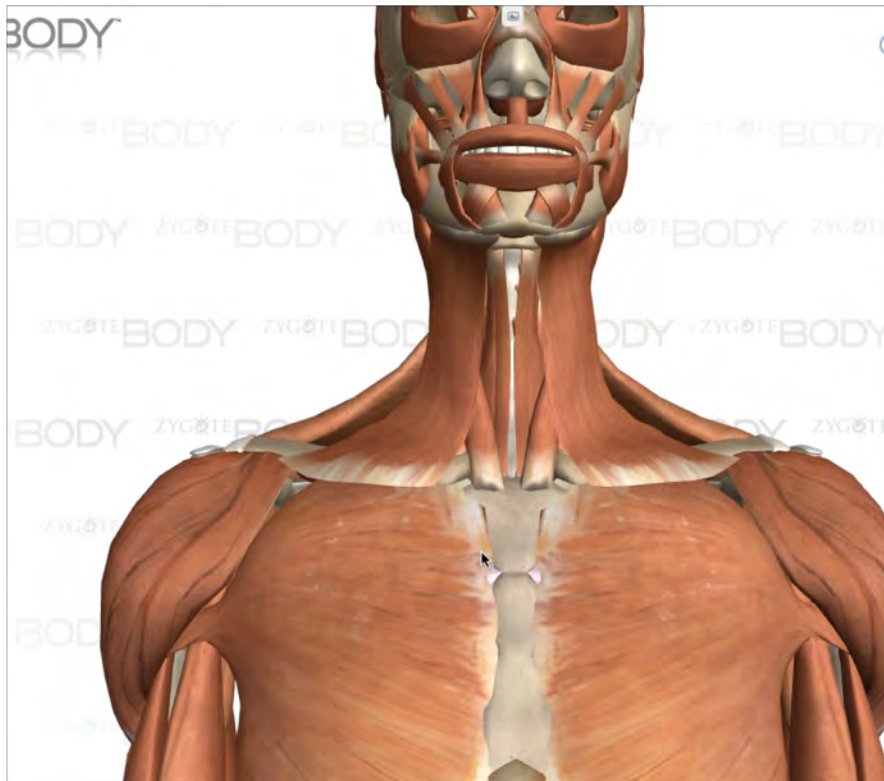
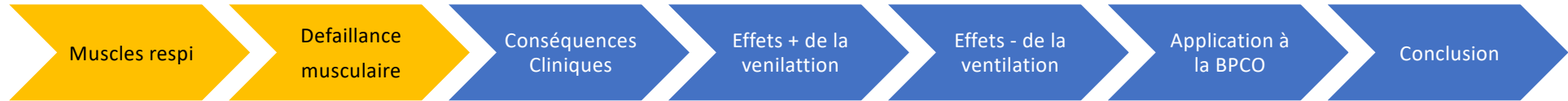


Dysfonction diaphragmatique au  
sommeil  
c'est moins

Contrôle automatique +  
Messages du cortex



# Et quand le diaphragme est dépassé?



## Muscles respiratoires accessoires :

1. Sternocléidomastoïdien
2. Scalènes
3. Trapèzes
4. Intercostaux

Signes cliniques :

TIRAGES

Et SIGNE DE  
CAMPBELL



Signes cliniques :

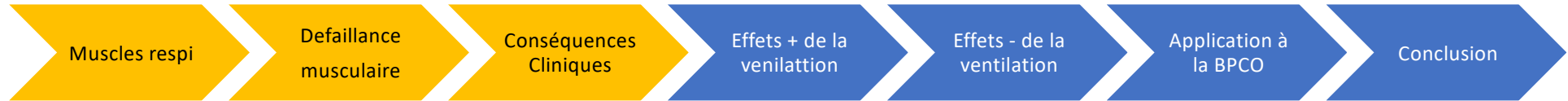
RESPIRATION  
ABDOMINALE  
PARADOXALE

Le ventre rentre à  
l'inspiration

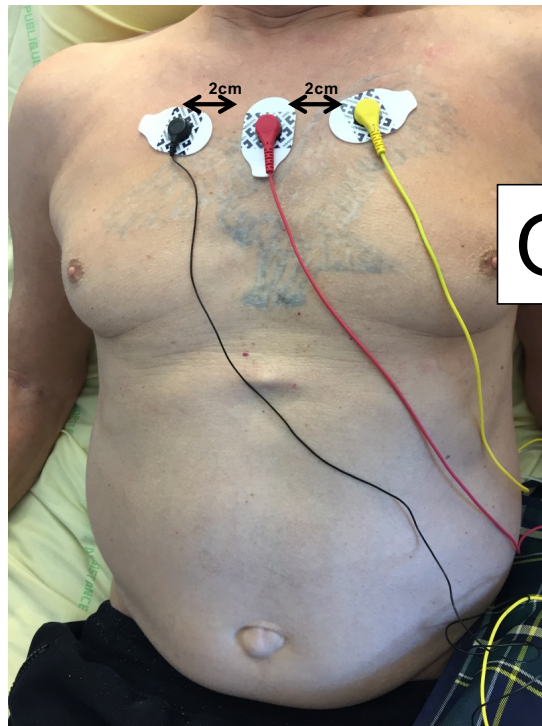




# Et quand le diaphragme est dépassé?

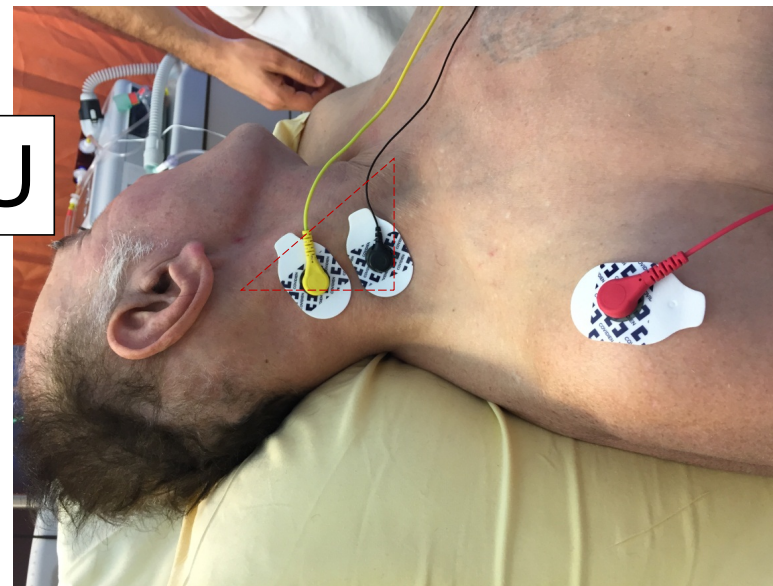


## Mesure de l'activité des muscles accessoires



PARASTERNAL

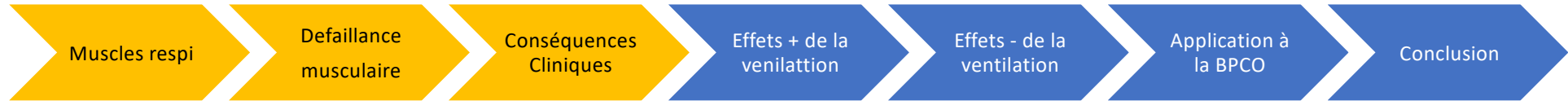
OU



MUSCLES DU COU



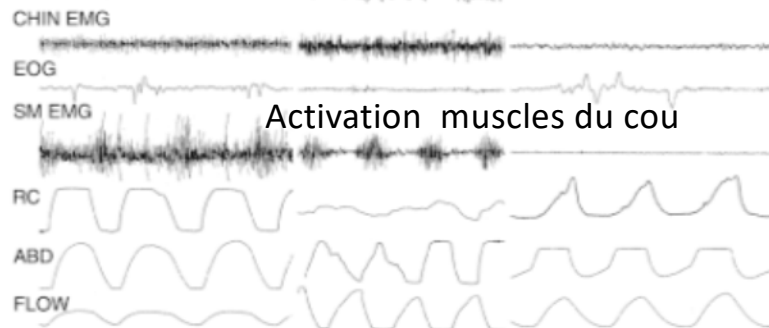
# Quand le diaphragme est dépassé...danger



1) Défaillance Diaphragmatique >>>> 2) Utilisation des muscles respiratoires accessoires>>> 3) Problèmes la nuit (quand les muscles respiratoires accessoires dorment) = **HYPOVENTILATION et REVEILS NOCTURNES**

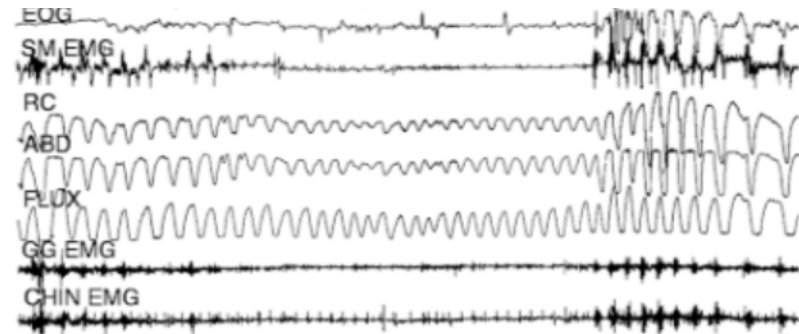


EEG EVEIL SOMMEIL LEGER SOMMEIL PARADOXAL



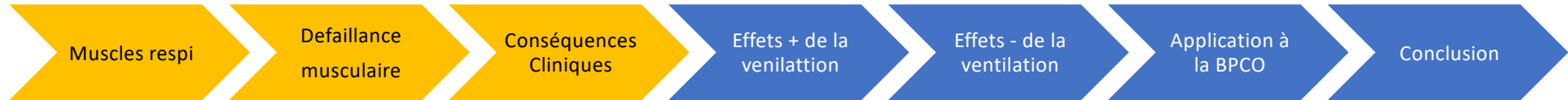
Mouvement du thorax/abdomen

SOM. LEGER SOM.PARADOXAL **REVEIL**

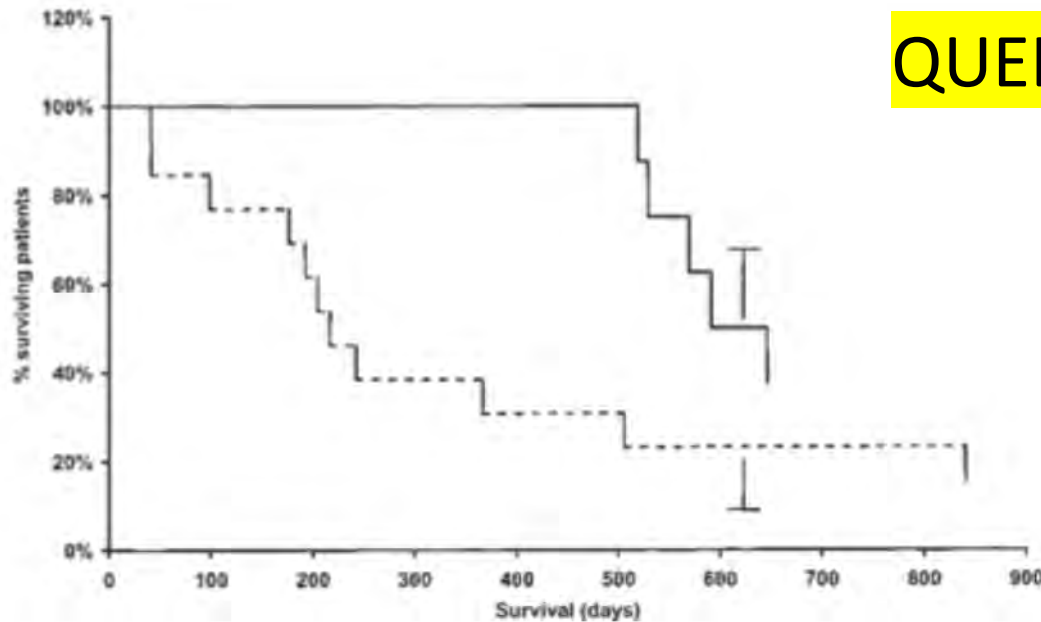


ARNULF, AJRCCM1999

# Quand le diaphragme est dépassé...danger



...et SURVIE DES MALADES AVEC ATTEINTE DIAPHRAGMATIQUE NON TRAITES  
>>>> **PLUS COURTE**

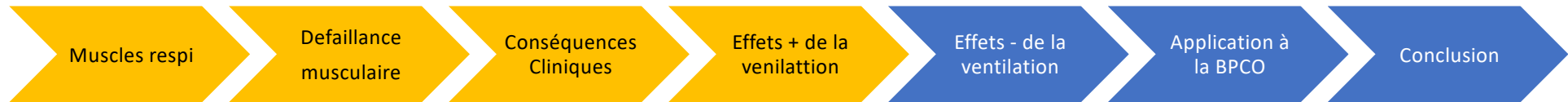


**QUEL TRAITEMENT?**

ARNULF, AJRCCM1999



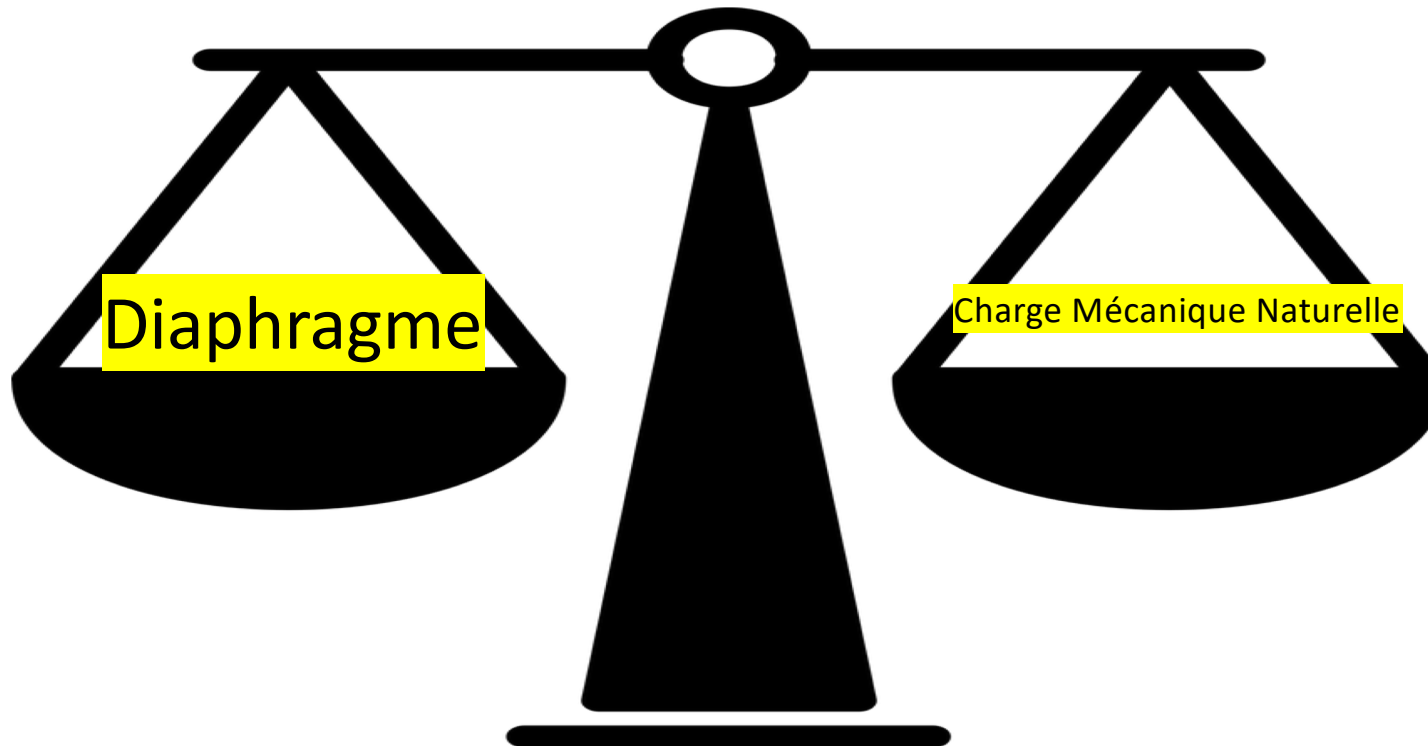
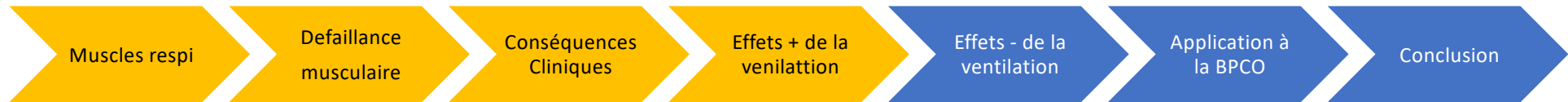
# La ventilation mécanique aide/remplace le diaphragme



La VNI au long cours dans le cadre d'une dysfonction diaphragmatique :

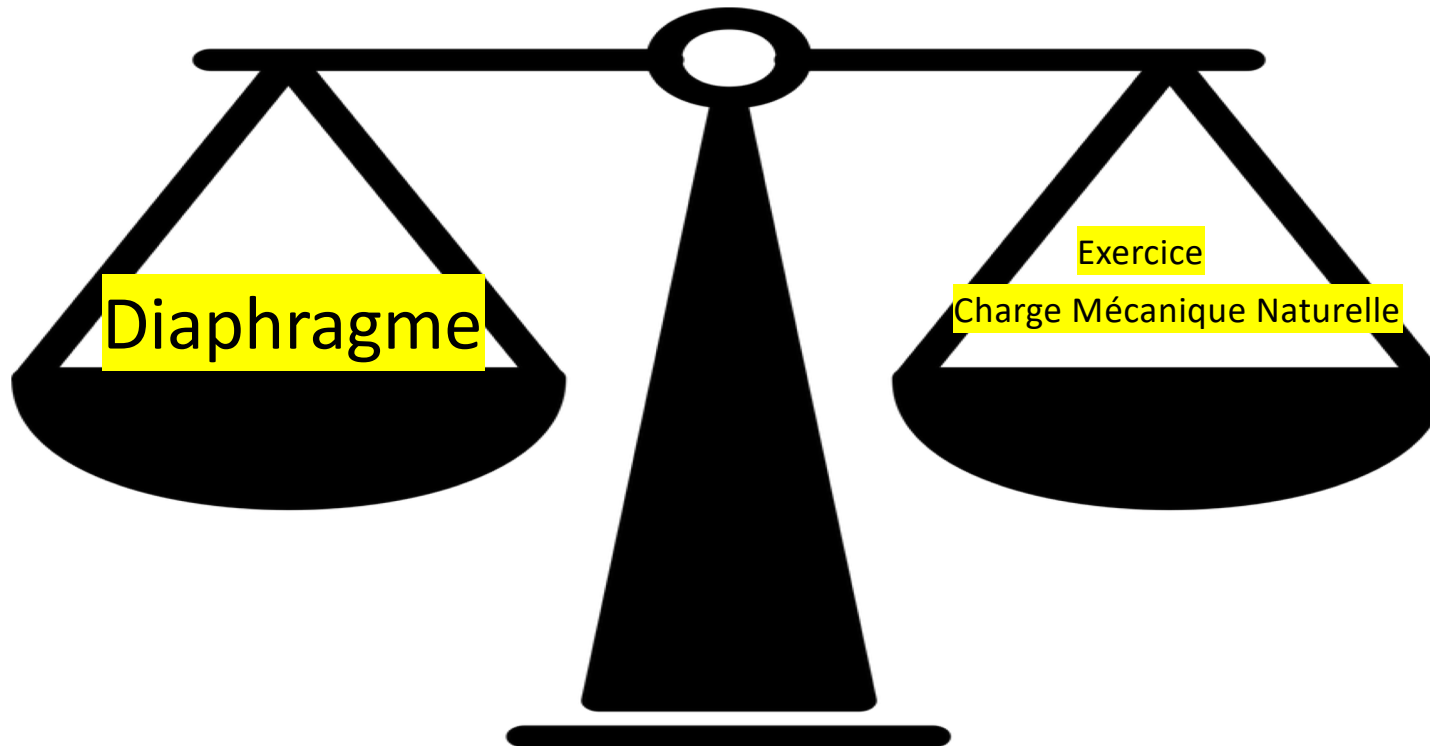
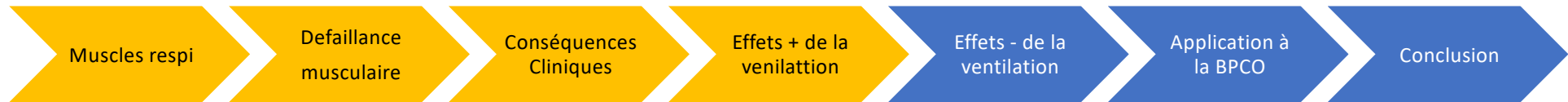
- Améliore la survie (haut niveau de preuve)
- Améliore le sommeil (haut niveau de preuve)
- Améliore la qualité de vie (haut niveau de preuve)

# La ventilation mécanique aide/remplace le diaphragme



Normalement, le diaphragme arrive à surmonter le travail de la cage thoracique pour faire rentrer de l'air

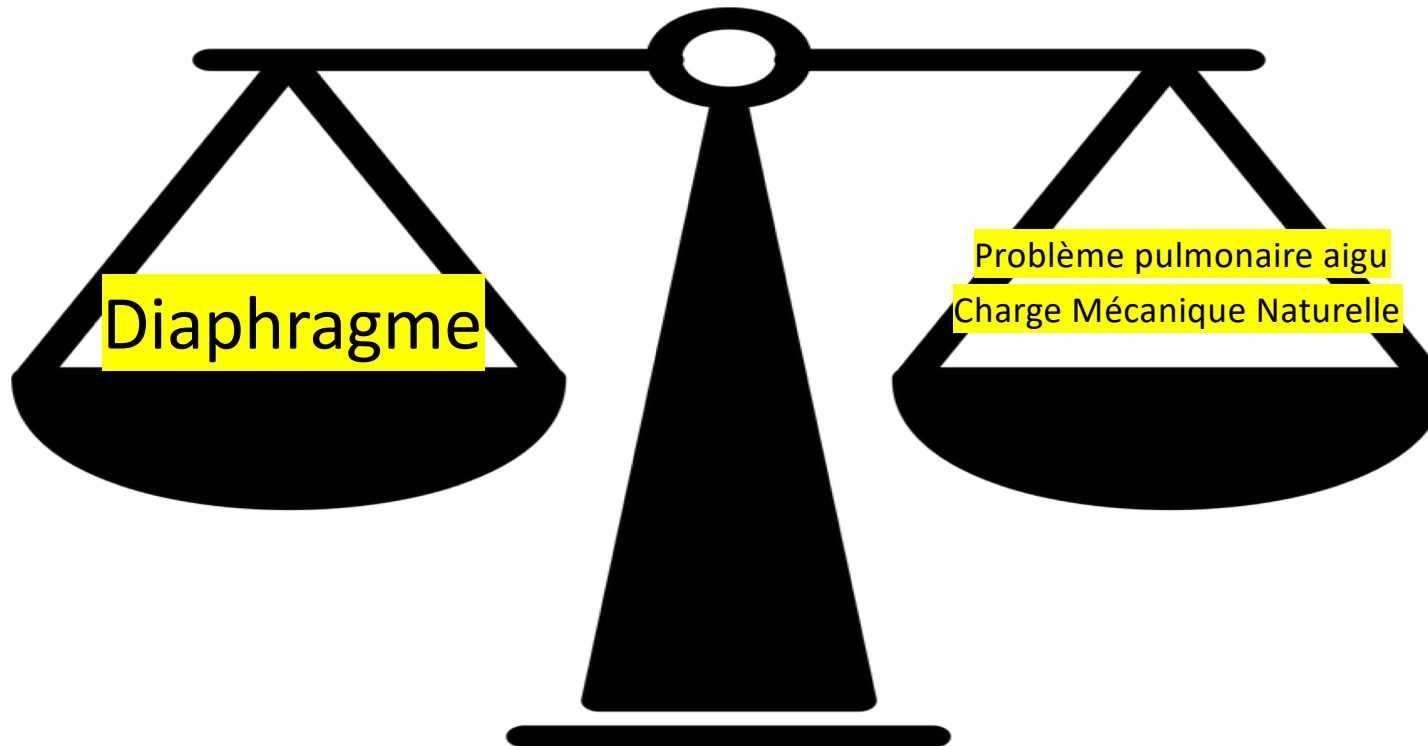
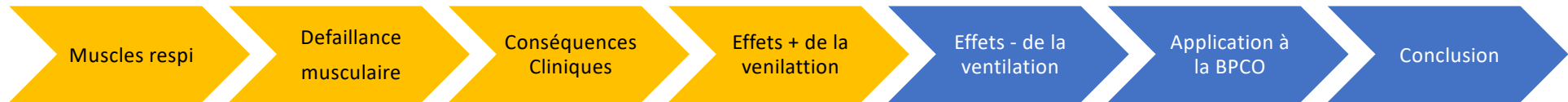
# La ventilation mécanique aide/remplace le diaphragme



Normalement, le diaphragme arrive à surmonter le travail de la cage thoracique + un exercice pour faire rentrer de l'air

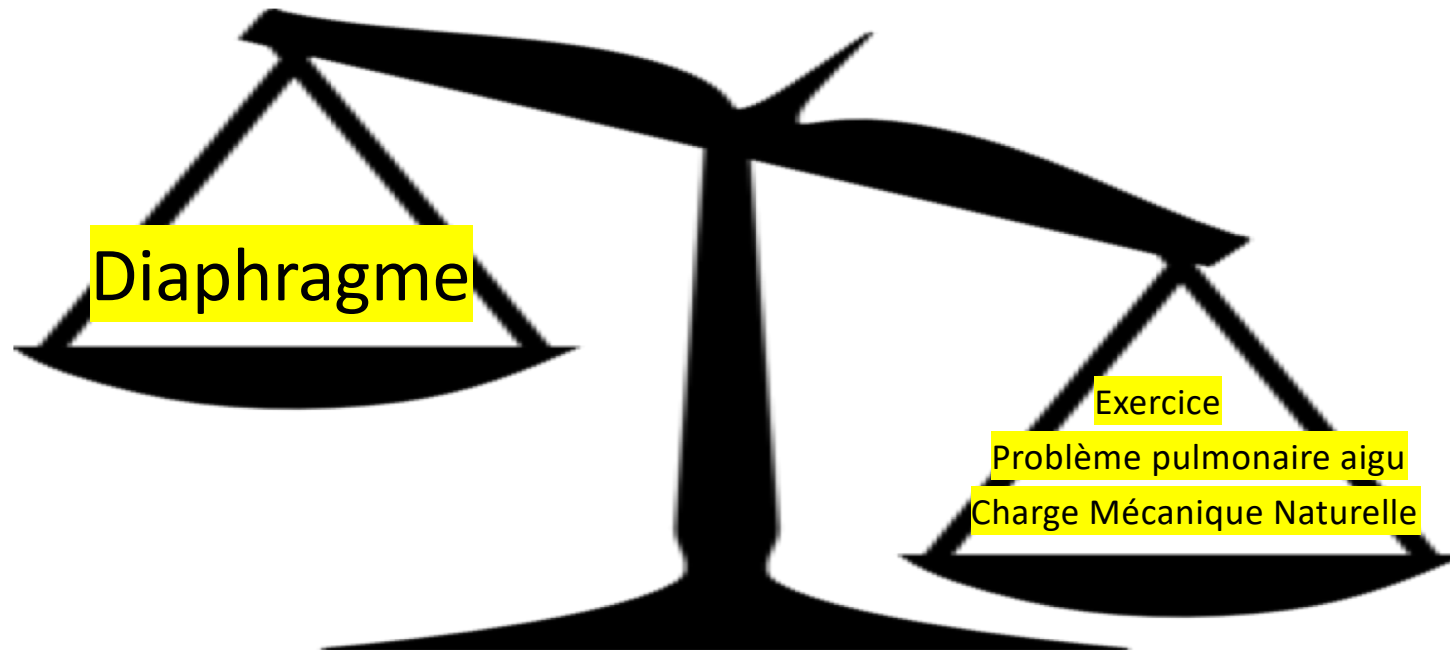
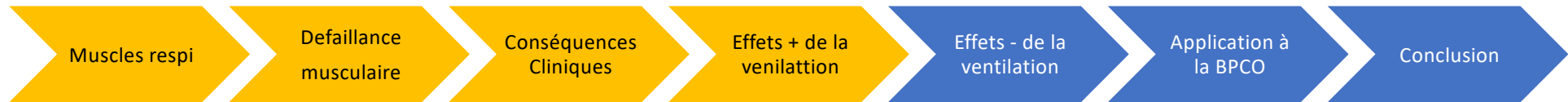


# La ventilation mécanique aide/remplace le diaphragme



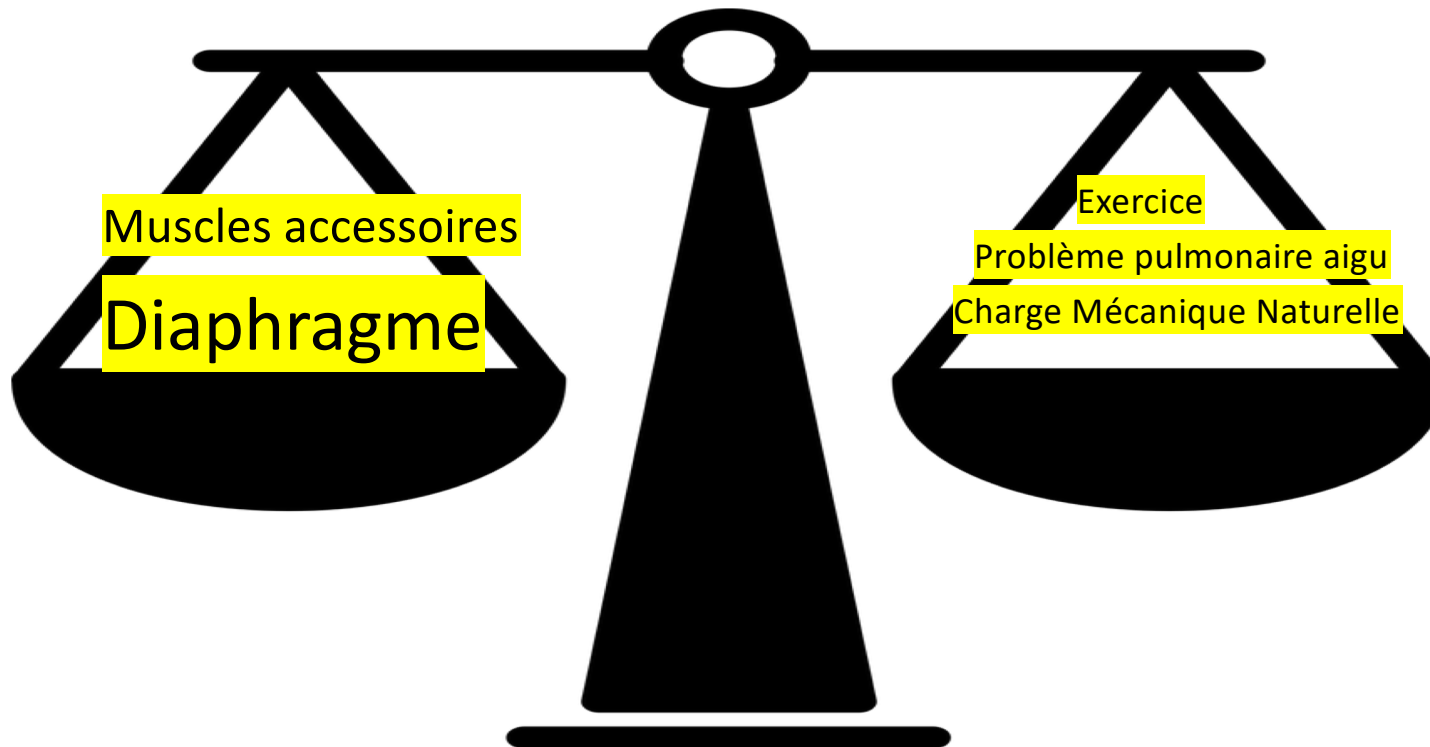
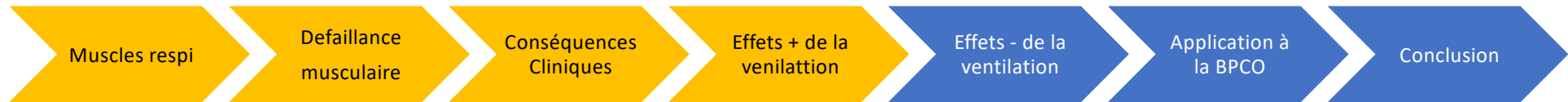
Normalement, le diaphragme arrive à surmonter le travail de la cage thoracique + un problème respiratoire passager pour faire rentrer de l'air

# La ventilation mécanique aide/remplace le diaphragme



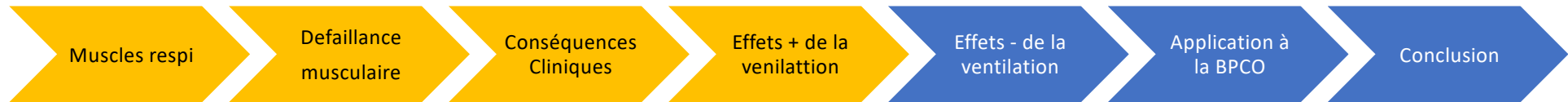
Mais parfois , le diaphragme peut être dépassé par le travail de la cage thoracique + un problème respiratoire + un effort pour faire rentrer de l'air >>>> SOLUTION?

# La ventilation mécanique aide/remplace le diaphragme



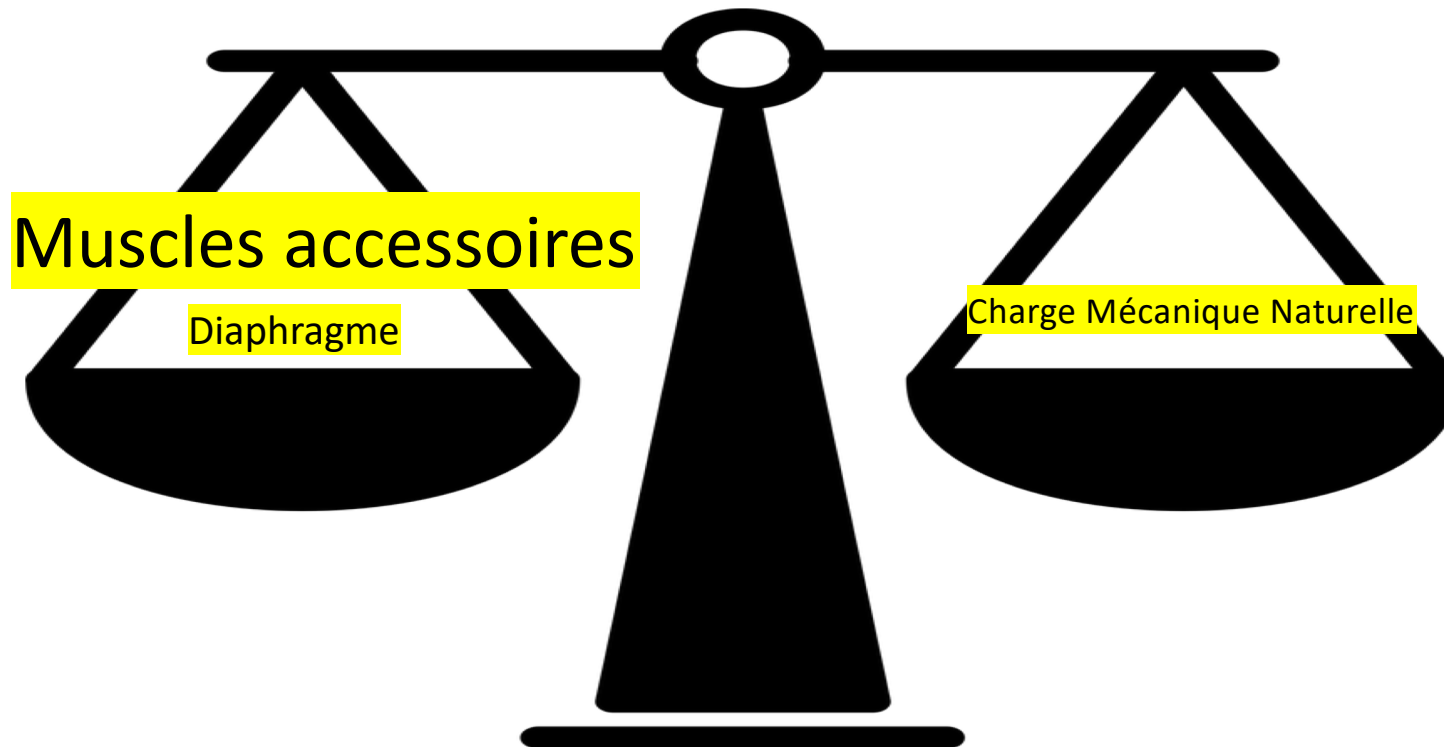
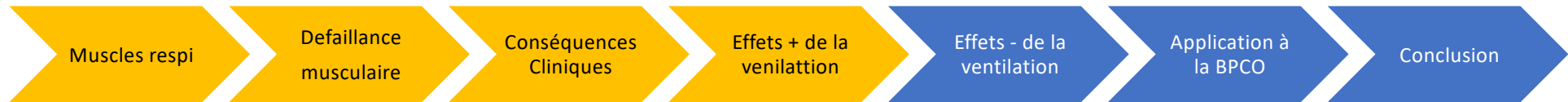
Le diaphragme arrive à surmonter le travail de la cage thoracique pour faire rentrer de l'air aidé par les muscles accessoires s'il est dépassé seul

# La ventilation mécanique aide/remplace le diaphragme



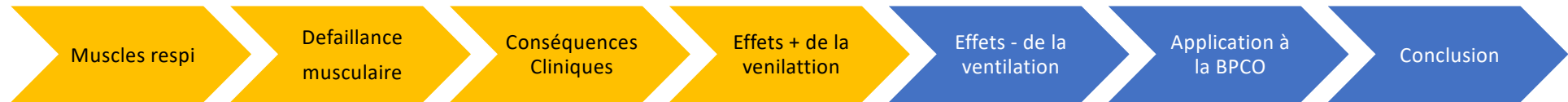
Si le diaphragme est malade il n'arrive plus à surmonter le travail de la cage thoracique pour faire rentrer de l'air >>> SOLUTIONS

# La ventilation mécanique aide/remplace le diaphragme



Si le diaphragme est malade avec l'aide des accessoires il arrive à surmonter le travail de la cage thoracique pour faire rentrer de l'air

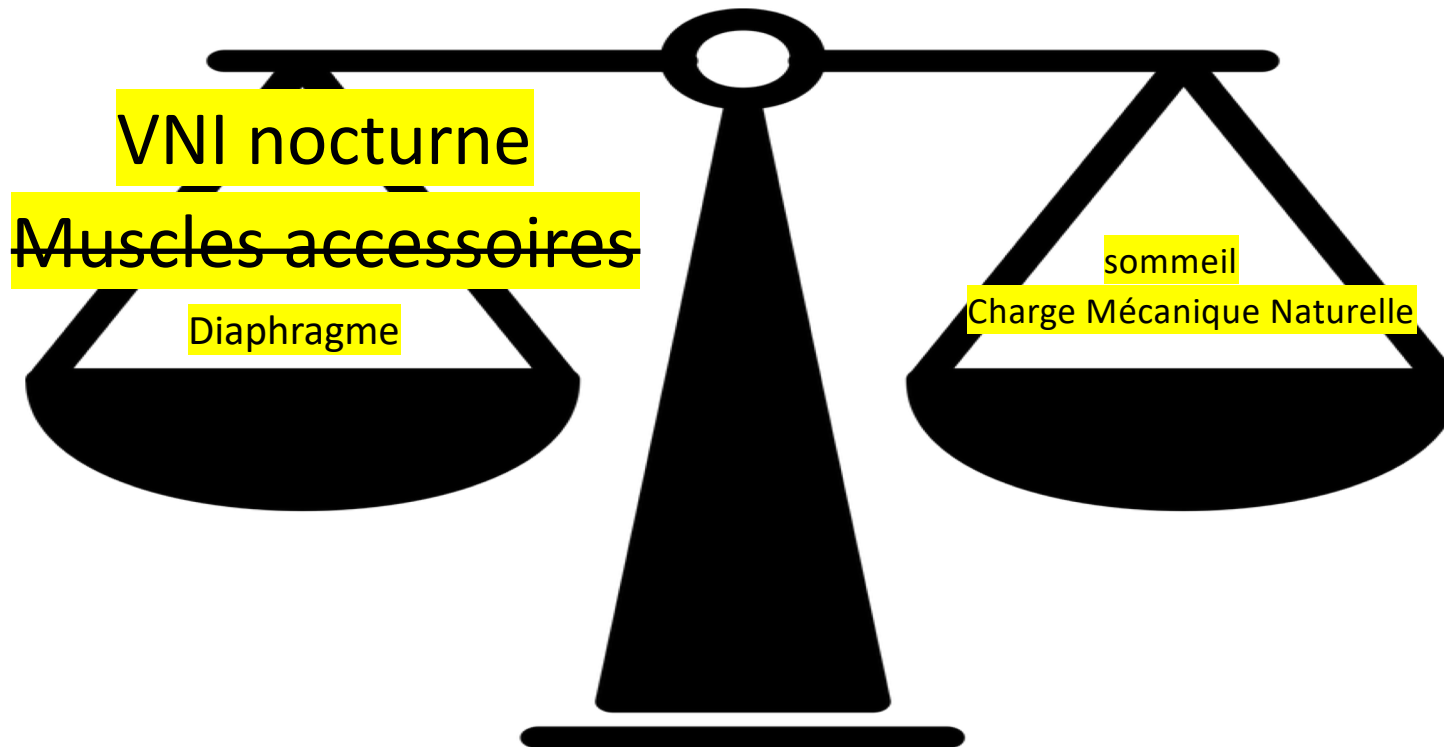
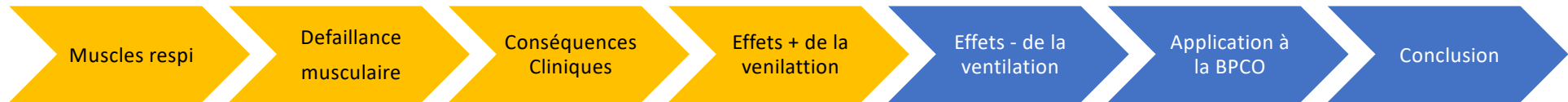
# La ventilation mécanique aide/remplace le diaphragme



Si le diaphragme est malade il n'arrive plus à surmonter le travail de la cage thoracique pour faire rentrer de l'air quand les accessoires l'abandonnent, comme pendant le sommeil

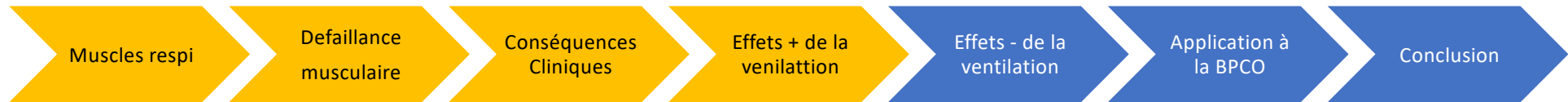


# La ventilation mécanique aide/remplace le diaphragme

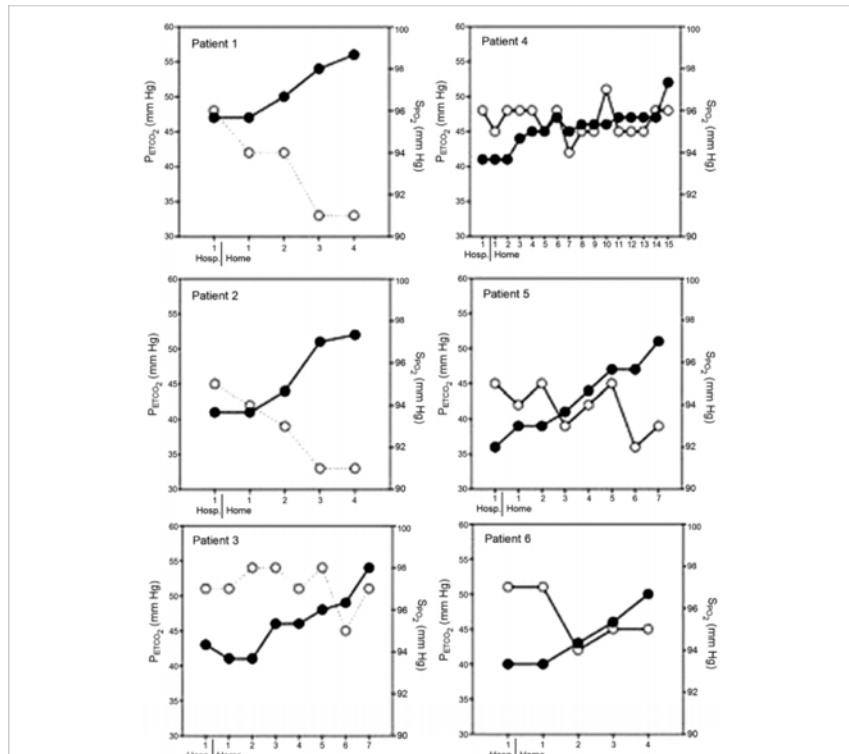


Si le diaphragme est malade il n'arrive plus à surmonter le travail de la cage thoracique pour faire rentrer de l'air, la ventilation va donc l'aider

# La ventilation mécanique aide/remplace le diaphragme



## Et l'arrêt de la VNI dégrade le malade en 2 jours



Evolution de la PCO<sub>2</sub> (noir) et de la SpO<sub>2</sub> (Blanc) au fur et à mesure des jours

Petitjean, RESPIRATORY CARE • OCTOBER 2008

## MESSAGE 1 :

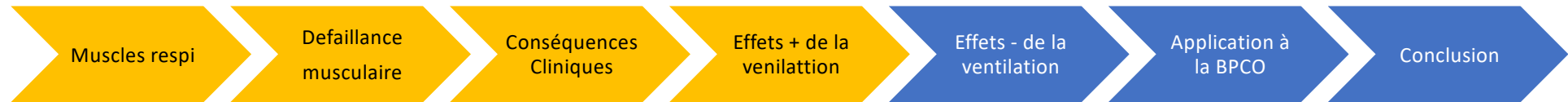
Quand le diaphragme est atteint et/ou dépassé par une charge mécanique trop importante, il existe un risque vital

A ce jour le seul traitement substitutif est la ventilation mécanique

A noter

- La stimulation phrénique a une indication anecdotique (voir autre cours)
- L'intérêt d'une remusculature diaphragmatique est peu clair

# Effet de la ventilation sur les muscles respiratoires

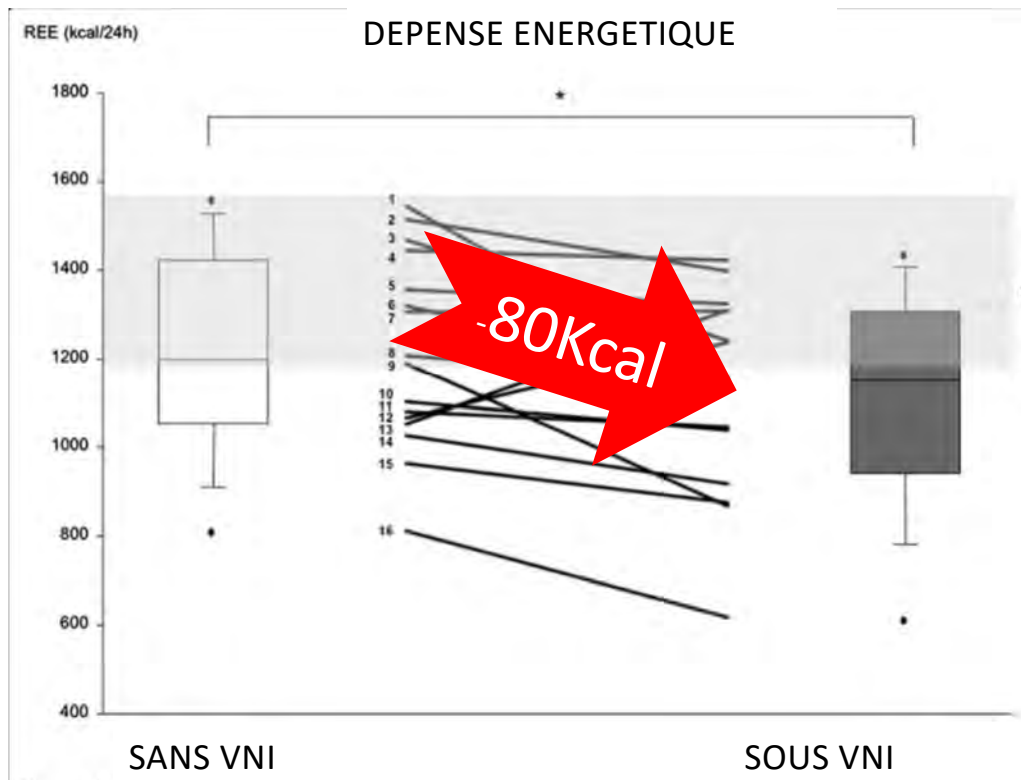
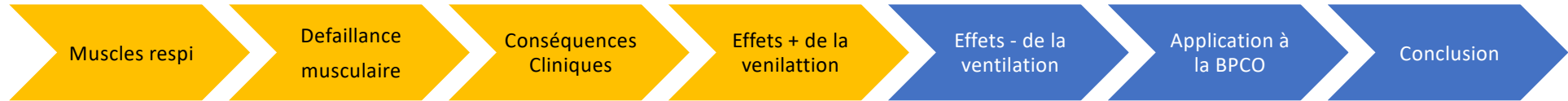


La VNI au long cours dans le cadre d'une dysfonction diaphragmatique :

- Améliore la survie (haut niveau de preuve)
- Améliore le sommeil (haut niveau de preuve)
- Améliore la qualité de vie (haut niveau de preuve)

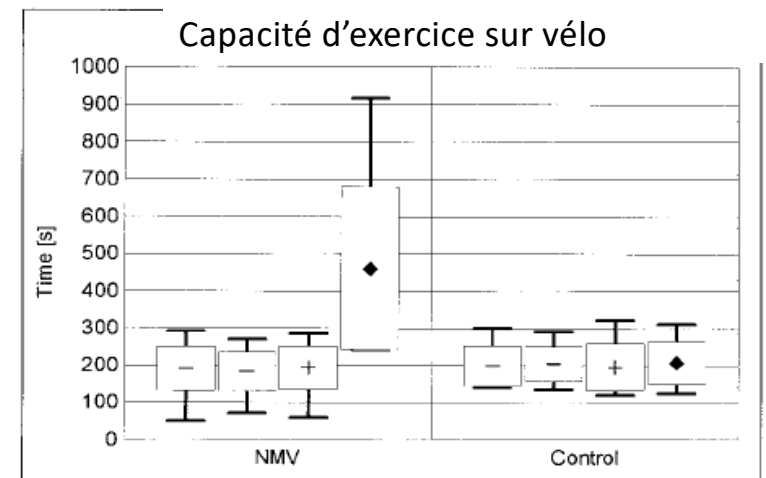
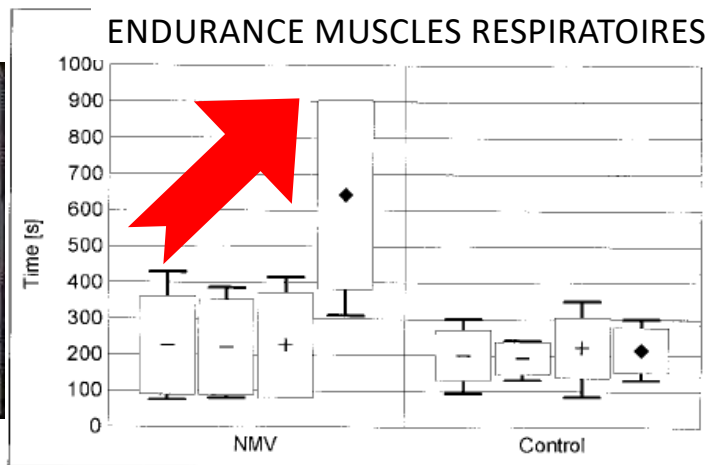
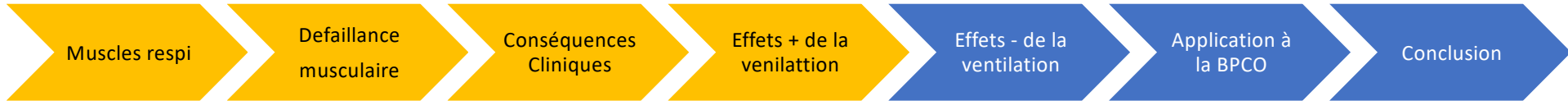
Quel effet de la VNI sur le muscles respiratoires eux mêmes?

# La ventilation diminue la dépense énergétique



Georges et coll.  
BMC 2014

# La ventilation améliore l'endurance des muscles respiratoires



(-) essais

(+) avant VNI

■ après 3 mois de VNI

N=10

**Noninvasive Mechanical Ventilation Improves Endurance Performance in Patients With Chronic Respiratory Failure Due to Thoracic Restriction\***

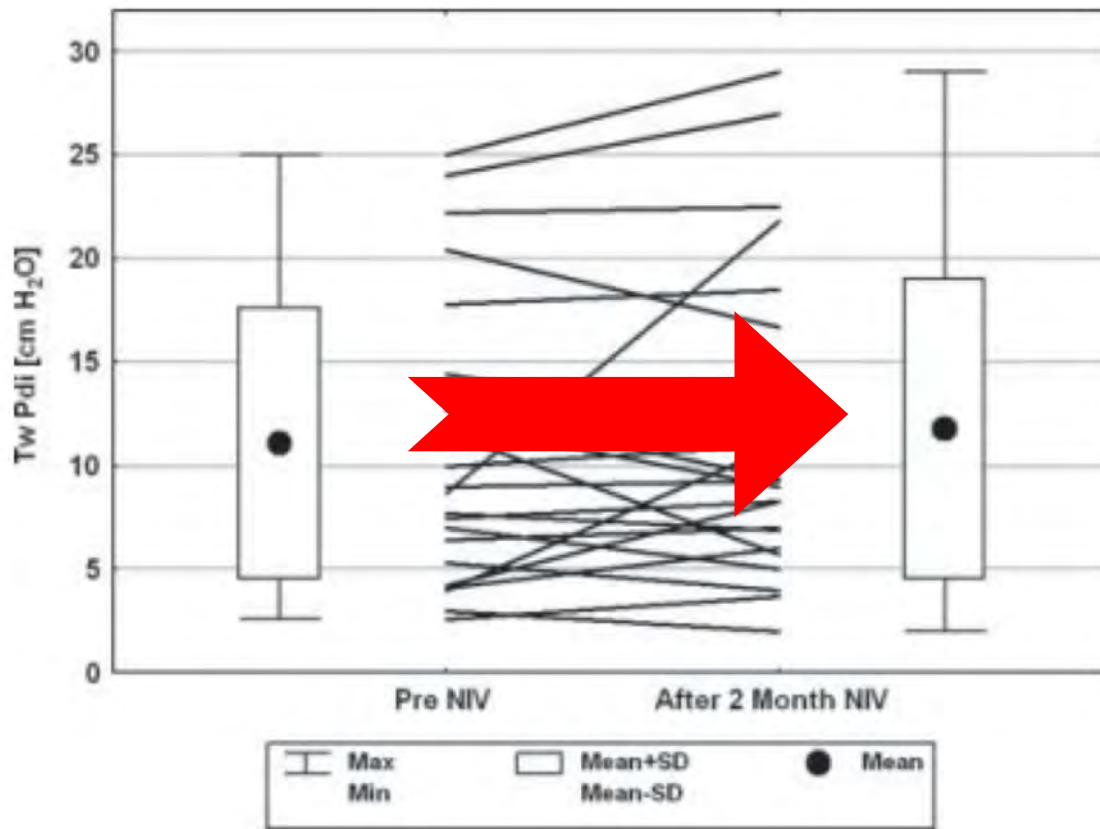
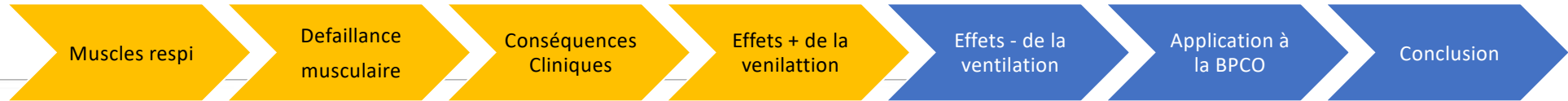


*Bernd Schonhofer, MD, PhD; Sven Wallstein, RPFT; Conny Wiese, RPFT; and Dieter Kohler, MD, FCCP*

**CHEST 2001; 119:1371–1378**



# Mais n'améliore pas la force du diaphragme



Patients BPCO



Schönhofer, Chest 2006

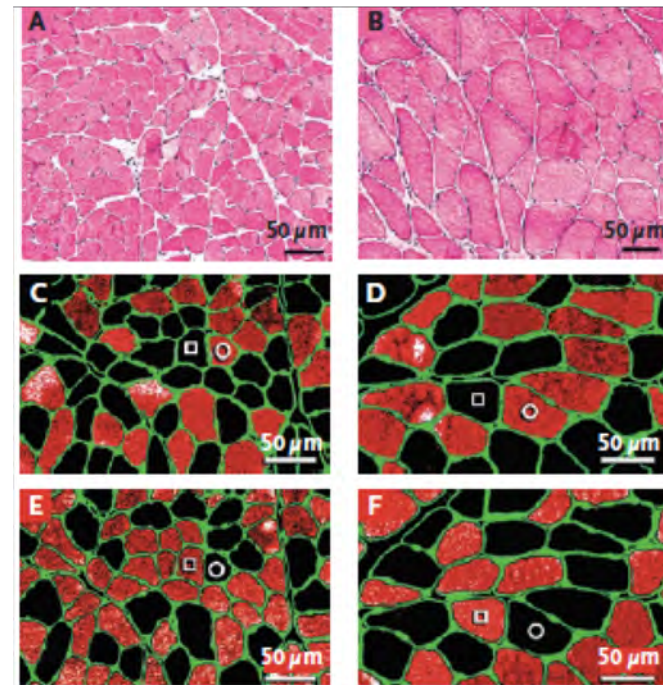
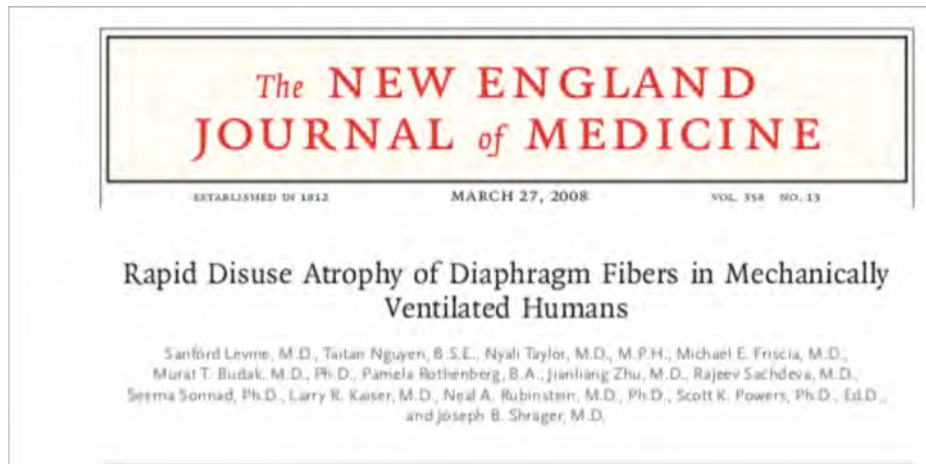
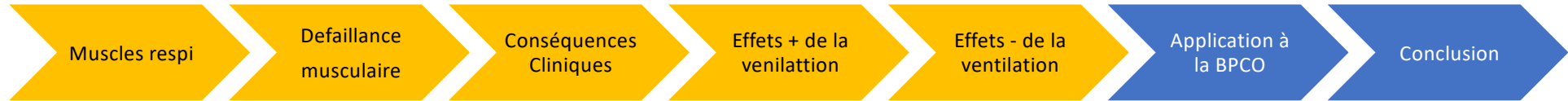
## MESSAGE 2 :

En cas d'atteinte diaphragmatique, la ventilation mécanique repose les muscles respiratoires (accessoires?) et permet

- 1) De diminuer la dépense énergétique
- 2) D'améliorer l'endurance des muscles respiratoires
- 3) Sans améliorer la force du diaphragme

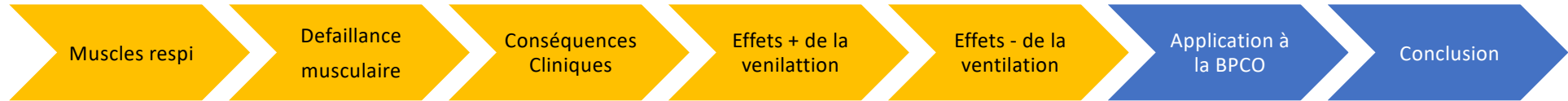
Mais....

# La ventilation mécanique peut abimer le diaphragme!



APRES VENTILATION

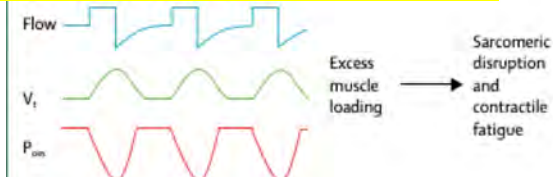
# La ventilation mécanique abime le diaphragme!



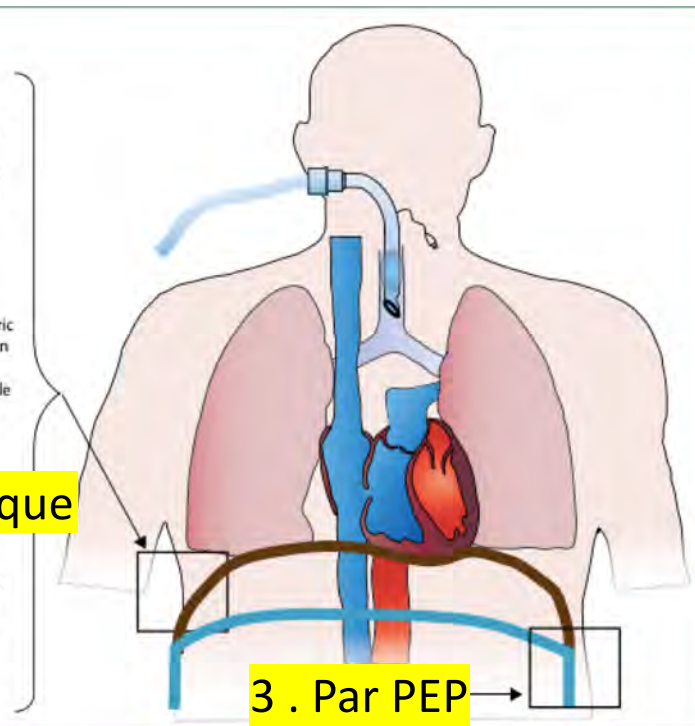
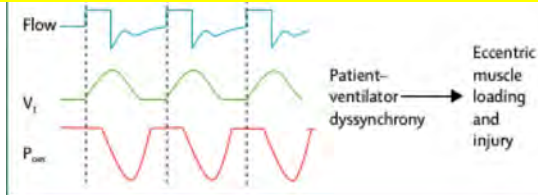
## 1. PAR SUPRA ASSISTANCE



## 2 . PAR SOUS-ASSISTANCE

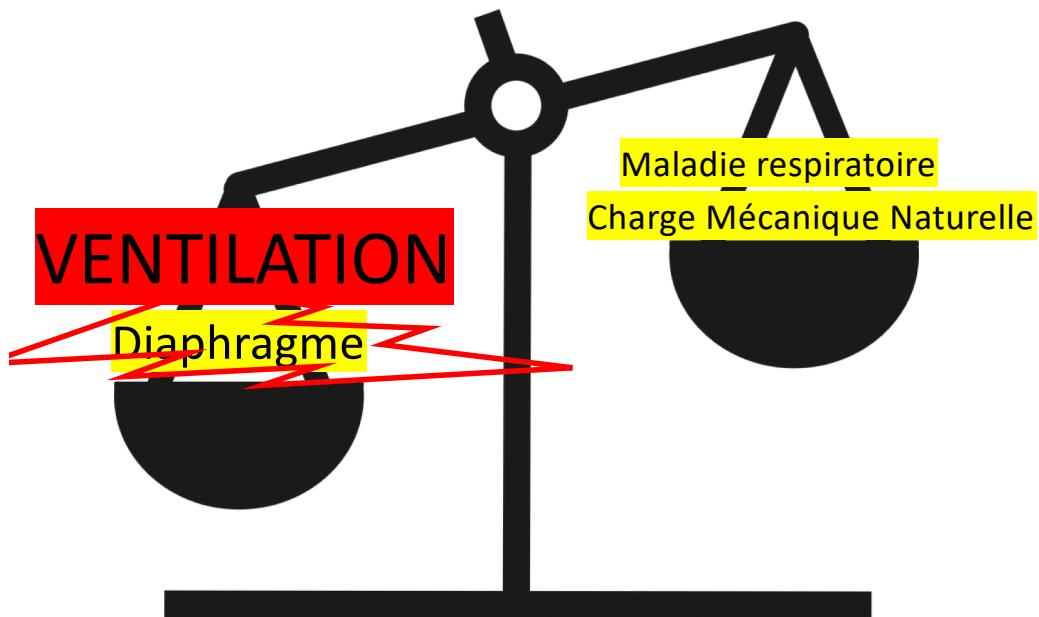
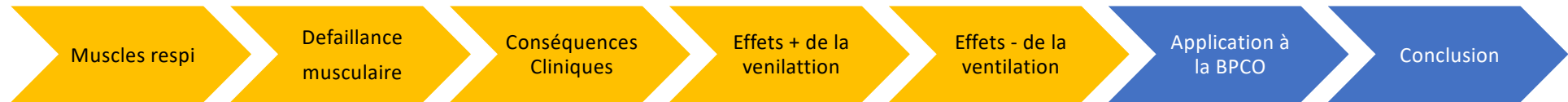


## 3 . Par contraction excentrique



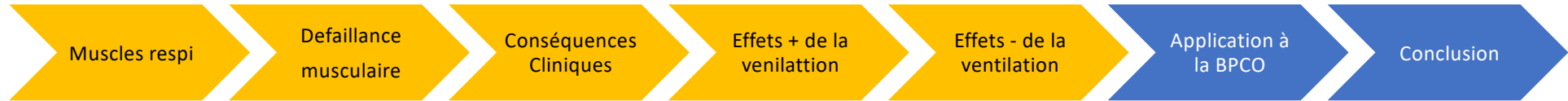
THE LANCET  
Respiratory Medicine  
Goligher 2018

# Une « Sur assistance » lèse le diaphragme

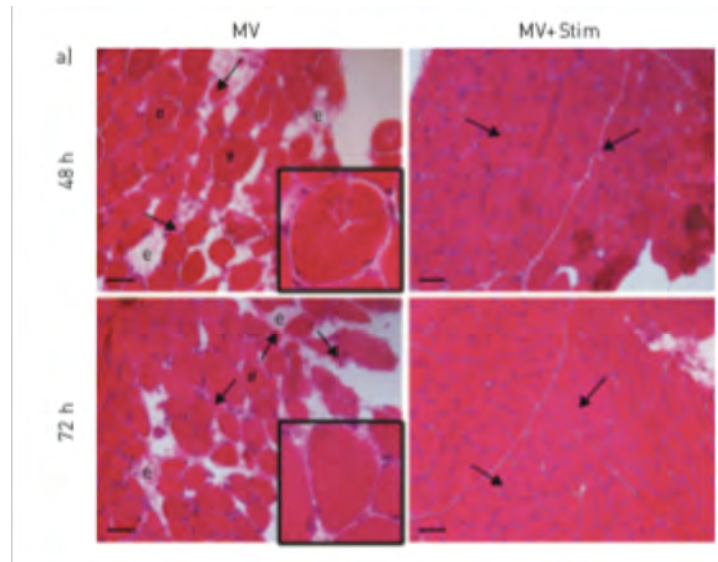


1. Une assistance ventilatoire trop importante va dégrader le diaphragme par sous utilisation
2. Cela touche 50% des malades ventilés en réanimation
3. Des modes assistés ne garantissent pas la dégradation du diaphragme
4. La stimulation phrénique sous ventilation pourrait prévenir la dégradation

# Une « Sur assistance » lèse le diaphragme



Mais si on stimule le muscle, on le maintient

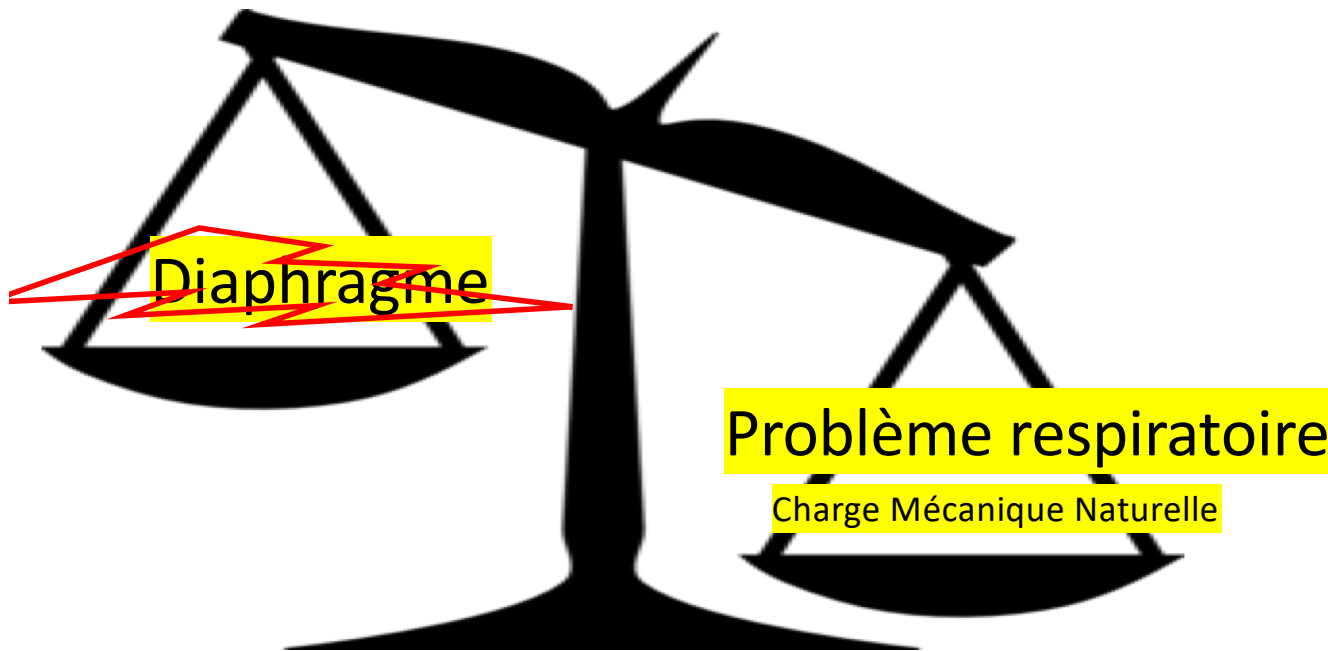
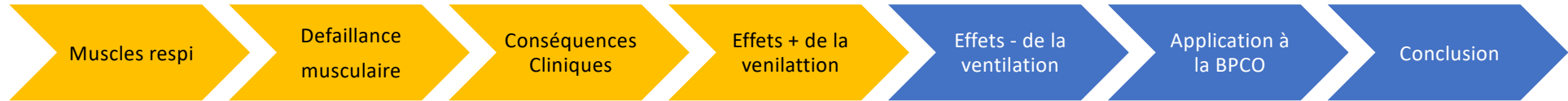


VENTILATION  
Sans stimulation

VENTILATION  
+ stimulation

ERJ, 2013, Hicham Masmoudi

# Une « sous assistance » lèse le diaphragme

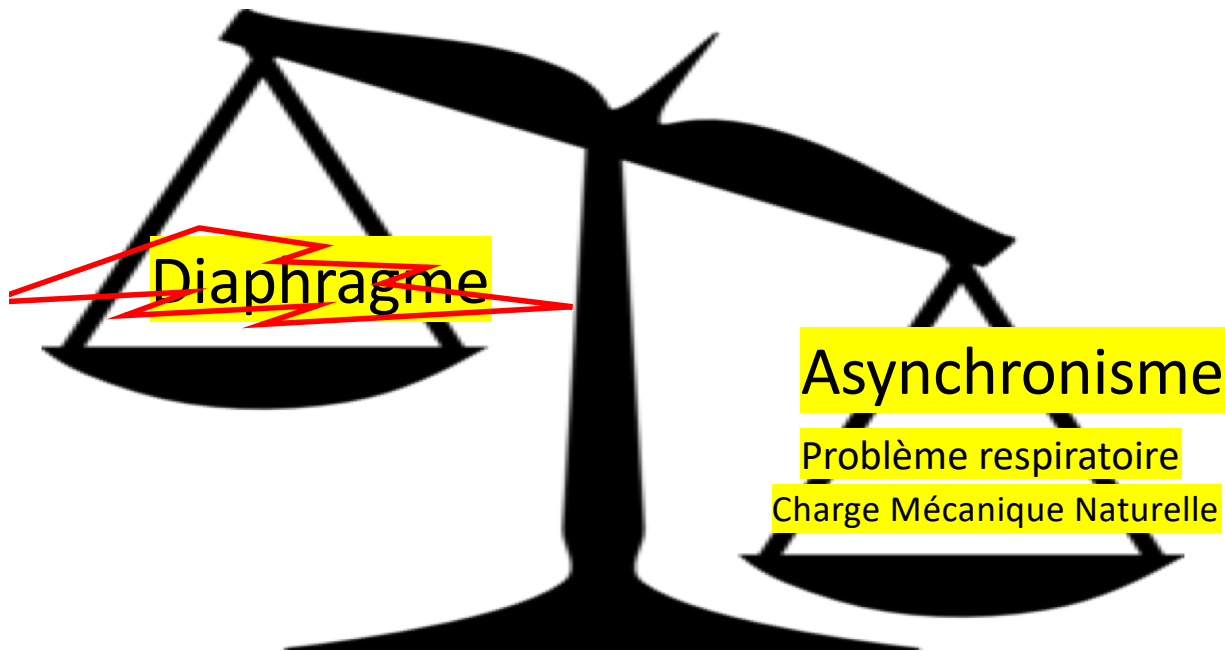
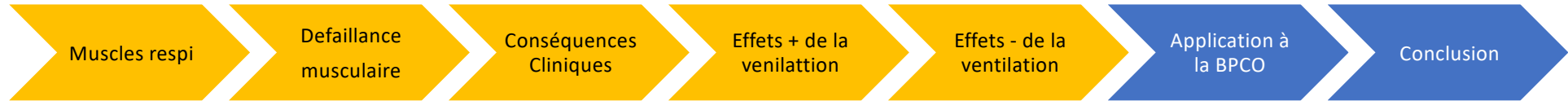


- Un excès de travail lèse les fibres musculaires
- Le diaphragme devient plus fin
- Touche 25% des malades
- Un excès de travail va entraîner une inflammation
- Il a été prouvé que la mise sous VNI de BPCO en exacerbation diminue l'inflammation en quelques heures

THE LANCET  
Respiratory Medicine  
Goligher 2018



# Un asynchronisme lèse le diaphragme

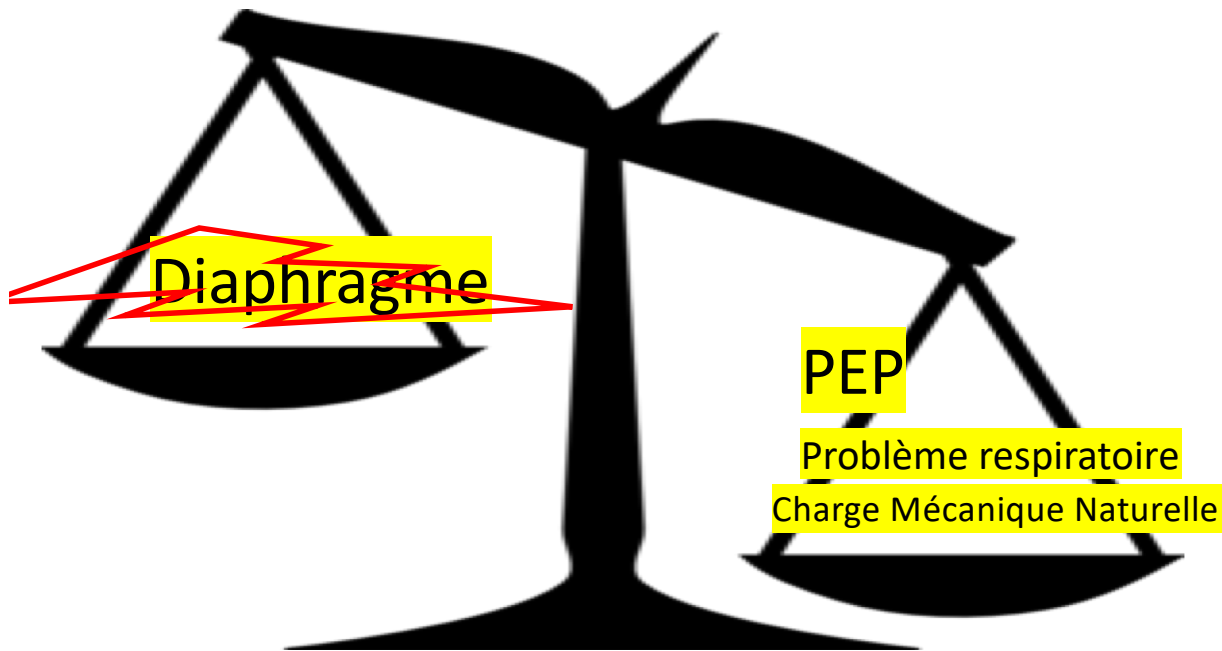
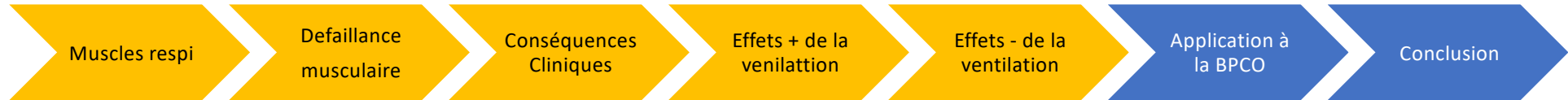


L'asynchronisme fait travailler le diaphragme de manière inadaptée

# Un asynchronisme .....on comprend pourquoi!

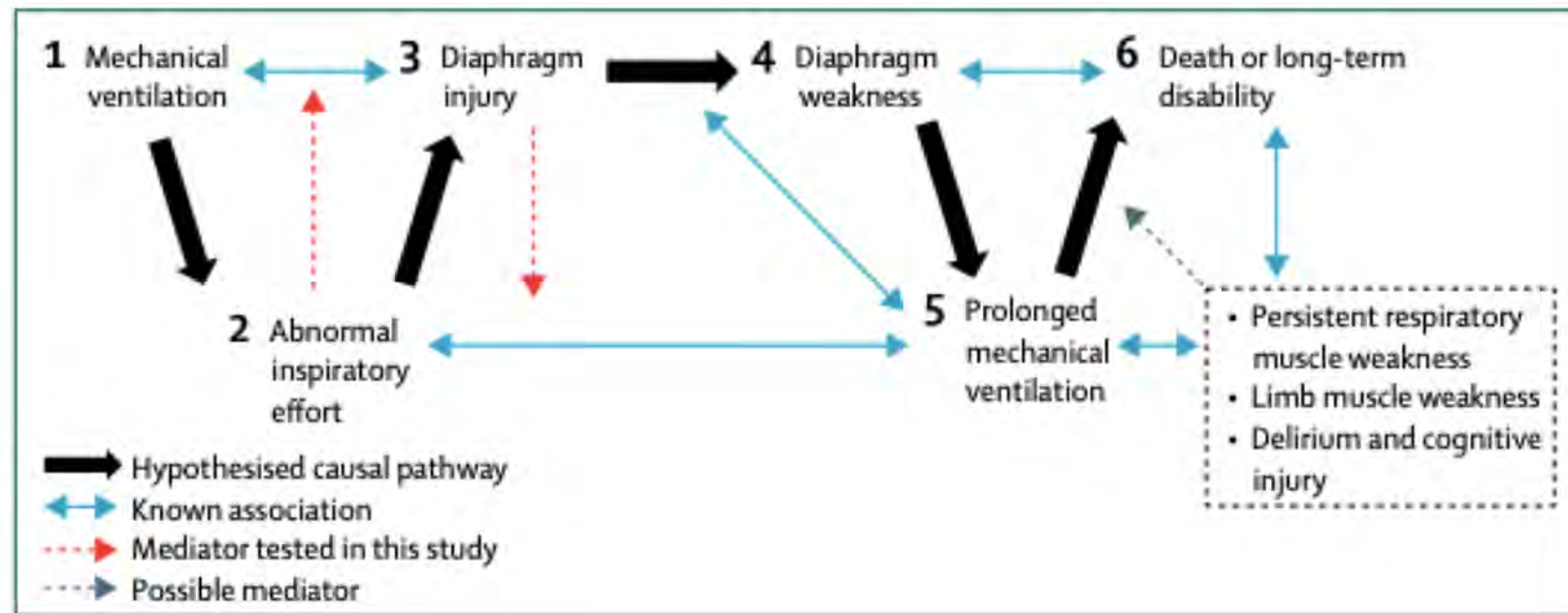
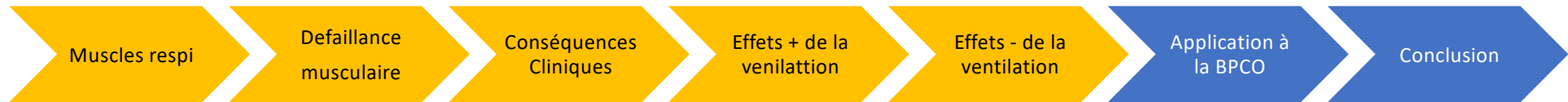


# Une PEP élevée lèse le diaphragme



Le diaphragme commence sa contraction à une longueur peu adéquate

# Les conséquences de la V sur le diaphragme = majeures

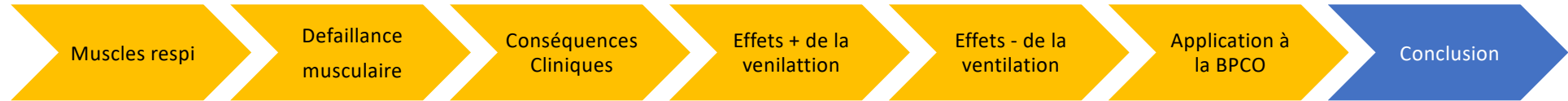


## Message 3

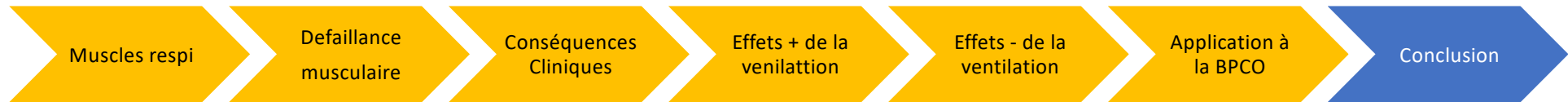
La ventilation mécanique (mal adaptée) va léser le muscle diaphragmatique lui même, par

- 1) Sur assistance
- 2) Sous assistance
- 3) Asynchronie
- 4) PEP

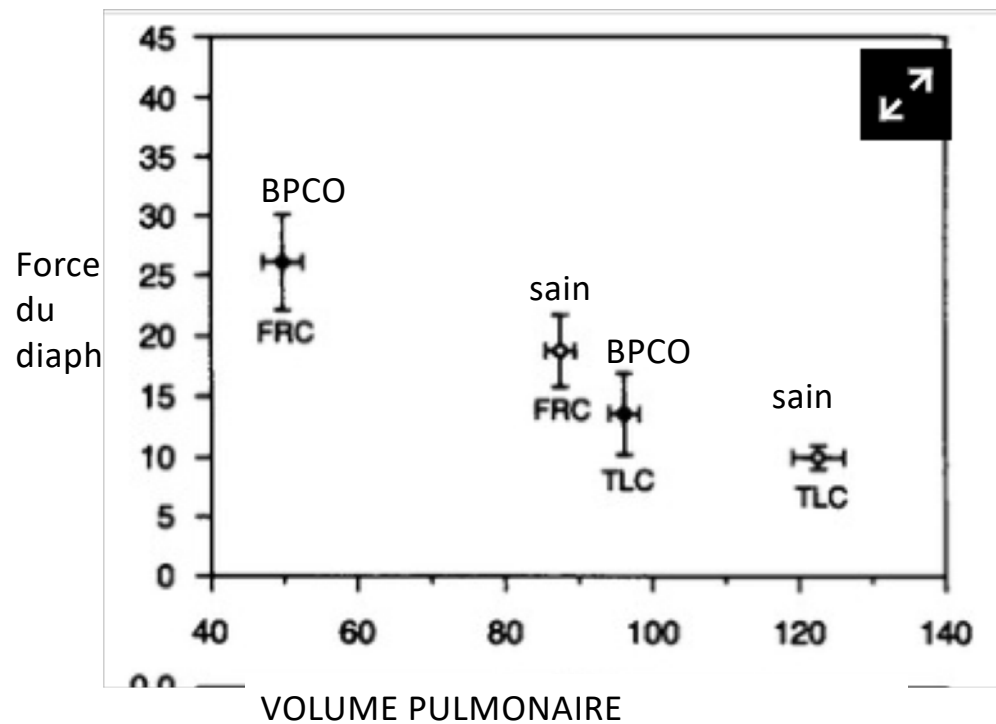
# Complicqué dans la BPCO...



# Complicqué dans la BPCO...

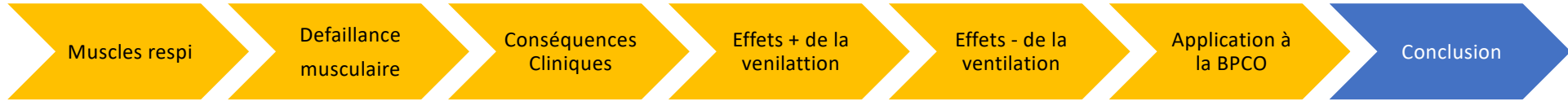


Car le diaphragme du BPCO doit être plus fort



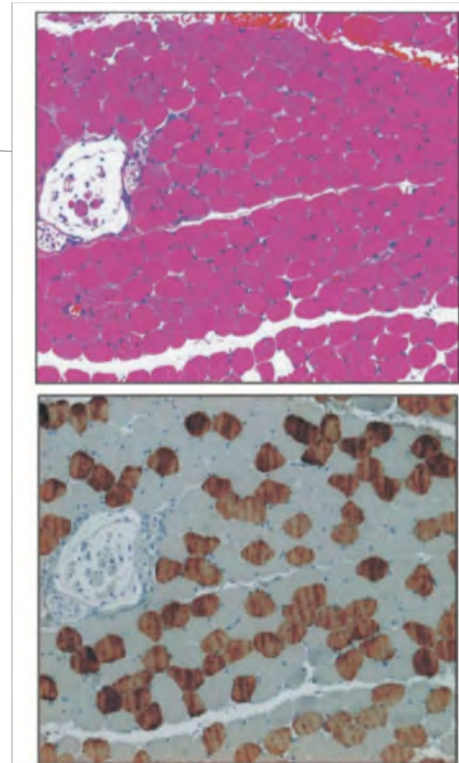
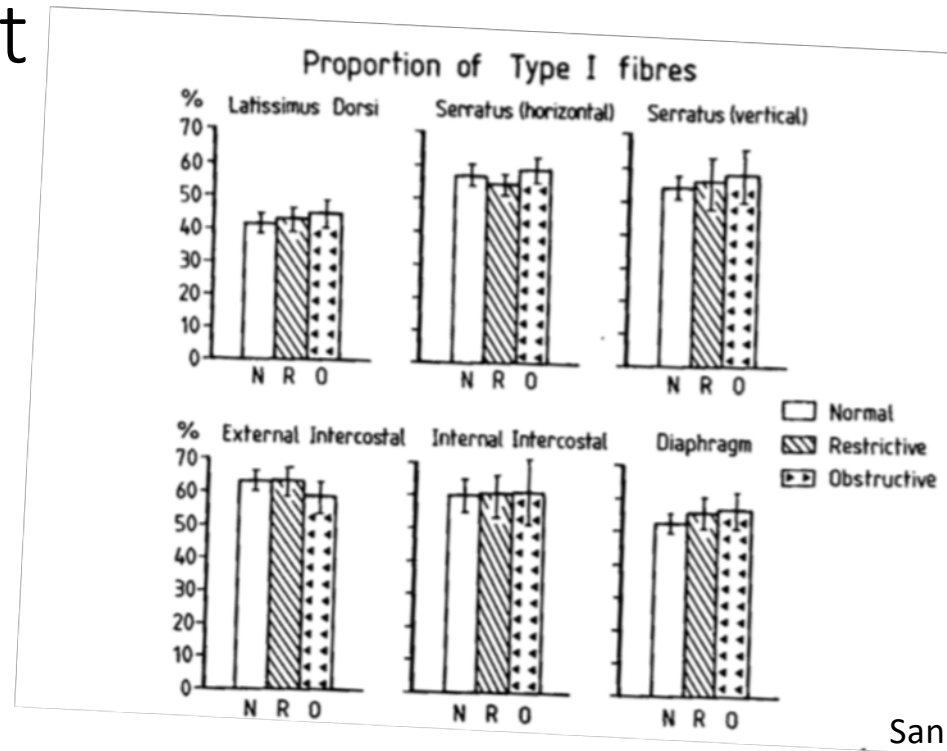
Similowski,  
NEJM, 1991

# Complicqué dans la BPCO...



Car le diaphragme du BPCO doit être plus endurant

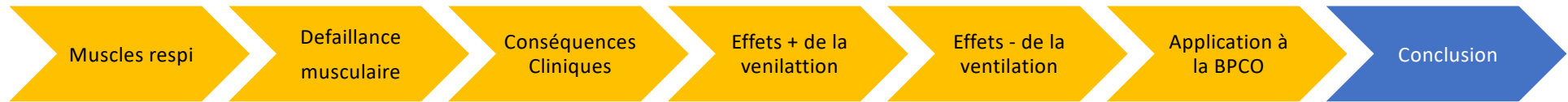
60% de fibres de type I



Sanchez 1982



# Complicqué dans la BPCO...

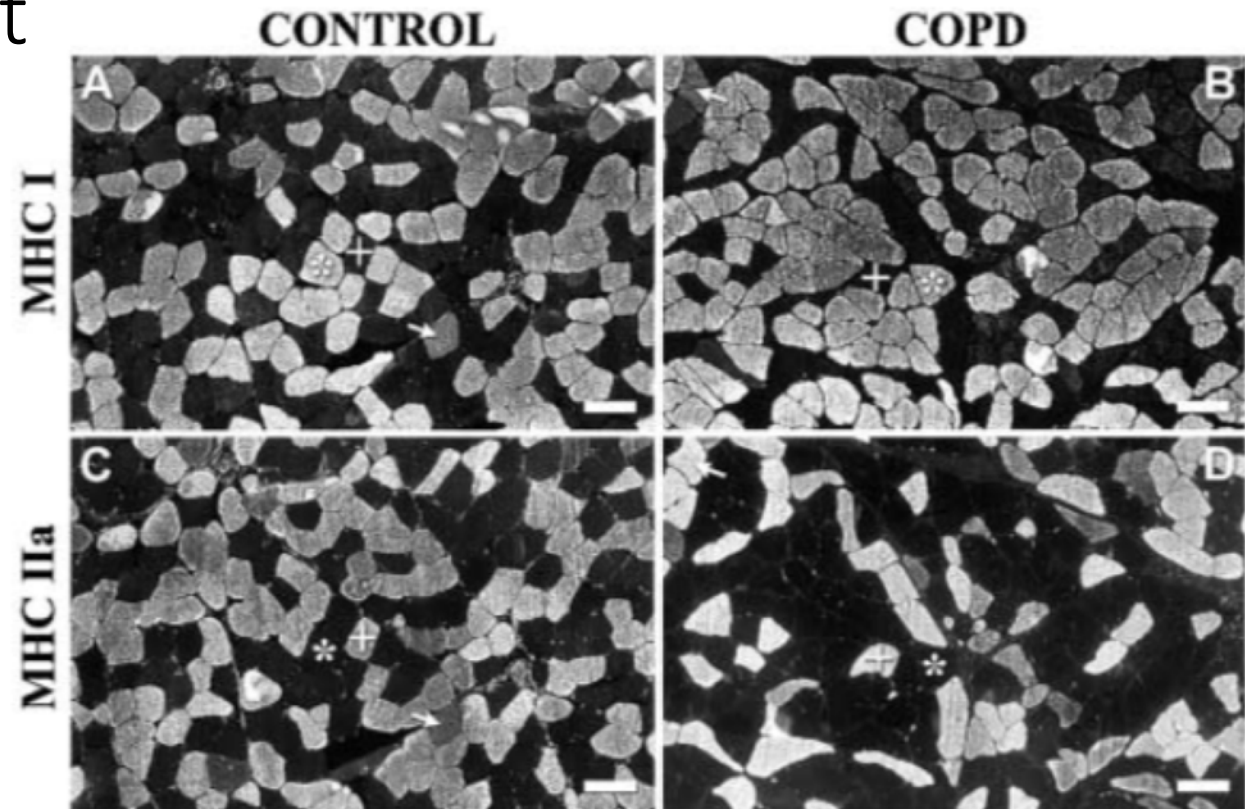


Le diaphragme doit changer

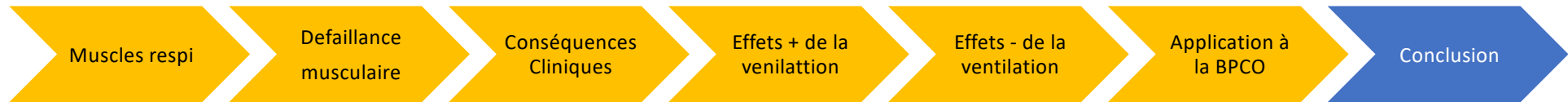
## Human Diaphragm Remodels in Response to Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Clinical Implications

Sanford Levine, Taitan Nguyen, Larry R. Kaiser, Neal A. Lawrence C. Rome, Gary A. Dudley, Gary C. Sieck, and

Surgical, and Research Services, Philadelphia Veterans Affairs Medical Center, Philadelphia, Pennsylvania; Department of Developmental Biology, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, Pennsylvania; Departments of Physiology and Biophysics, Mayo Clinic, Rochester, Minnesota; and Department of Exercise Physiology, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota



# Complicqué dans la BPCO...



Le diaphragme doit changer

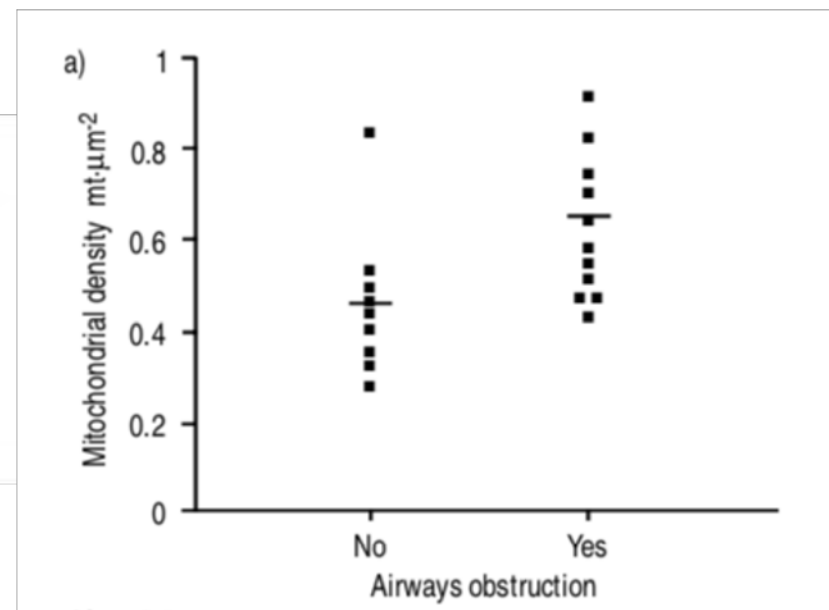
## Inspiratory Muscle Training in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease

### Structural Adaptation and Physiologic Outcomes

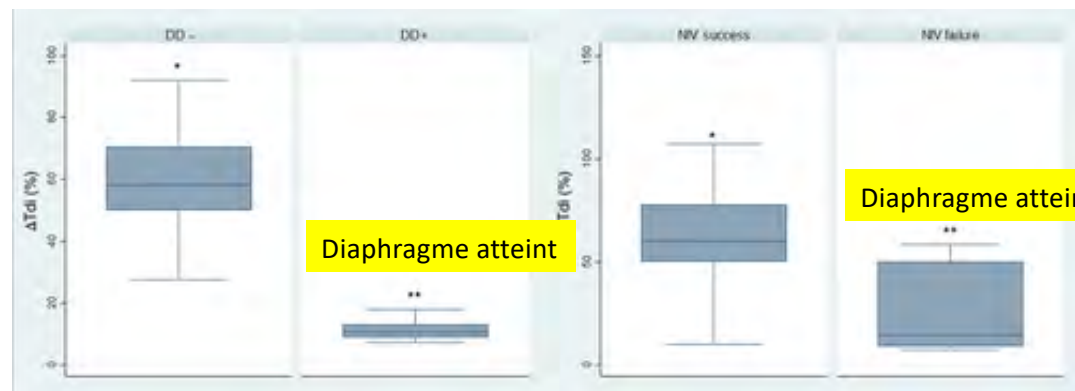
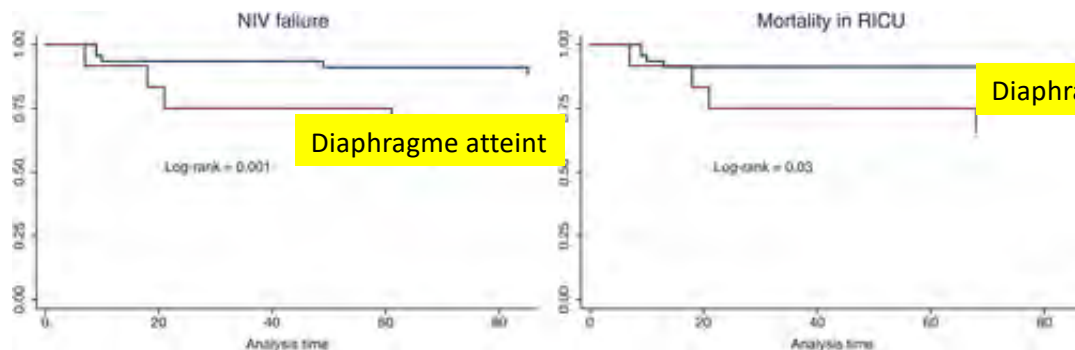
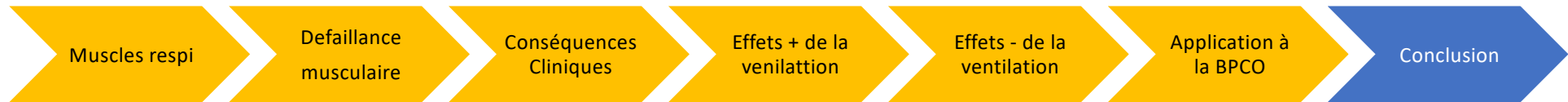
Alba Ramírez-Sarmiento, Mauricio Orozco-Leví, Rosa Güell, Esther Barreiro, Nuria Hernandez, Susana Mota, Merce Sengenès, Joan M. Broquetas, Pere Casan, and Joaquim Gea

Servei de Pneumologia, Hospital del Mar; Grup de Recerca de Pneumologia, Unitat de Recerca Respiratòria i Ambiental; Institut Municipal d'Investigació Mèdica; Ciències Experimentals i de la Salut-Universitat Pompeu Fabra; and Servei de Pneumologia, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, Spain

Plus de mitochondries

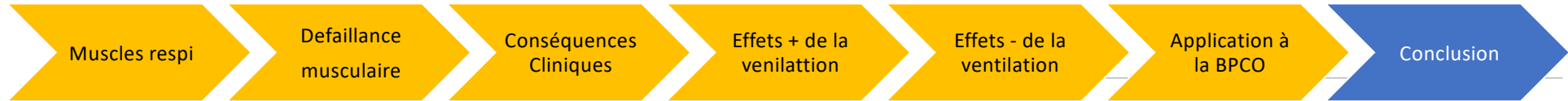


# Compliqué dans la BPCO...



Mais diaphragme atteint chez 25% des BPCO en exacerbations

# Compliqué dans la BPCO...



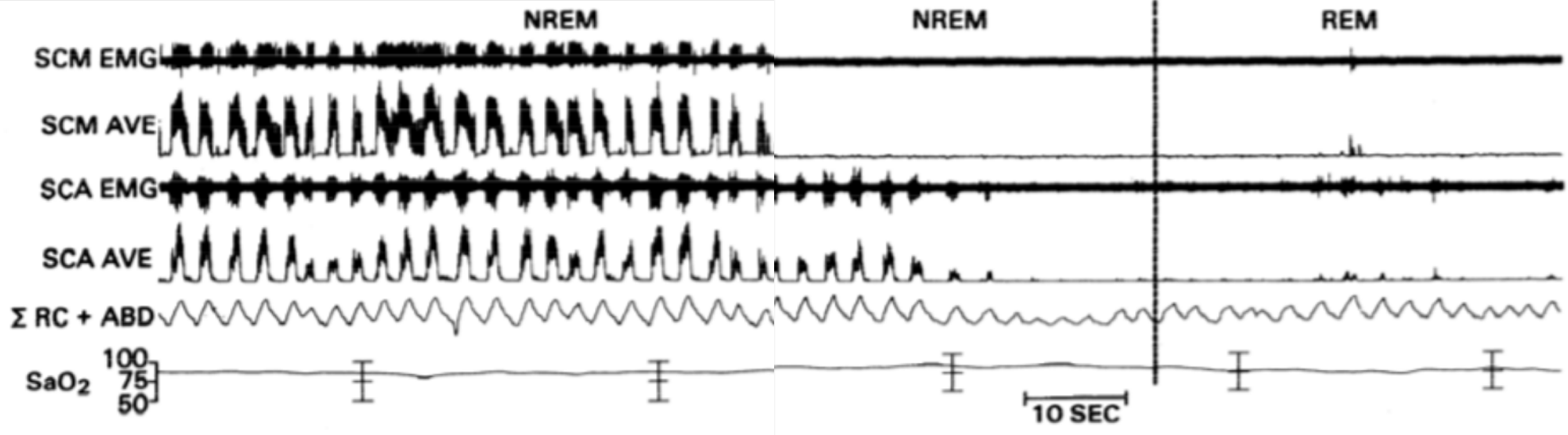
## Endormissement d'un BPCO les accessoires lâchent le diaphragme



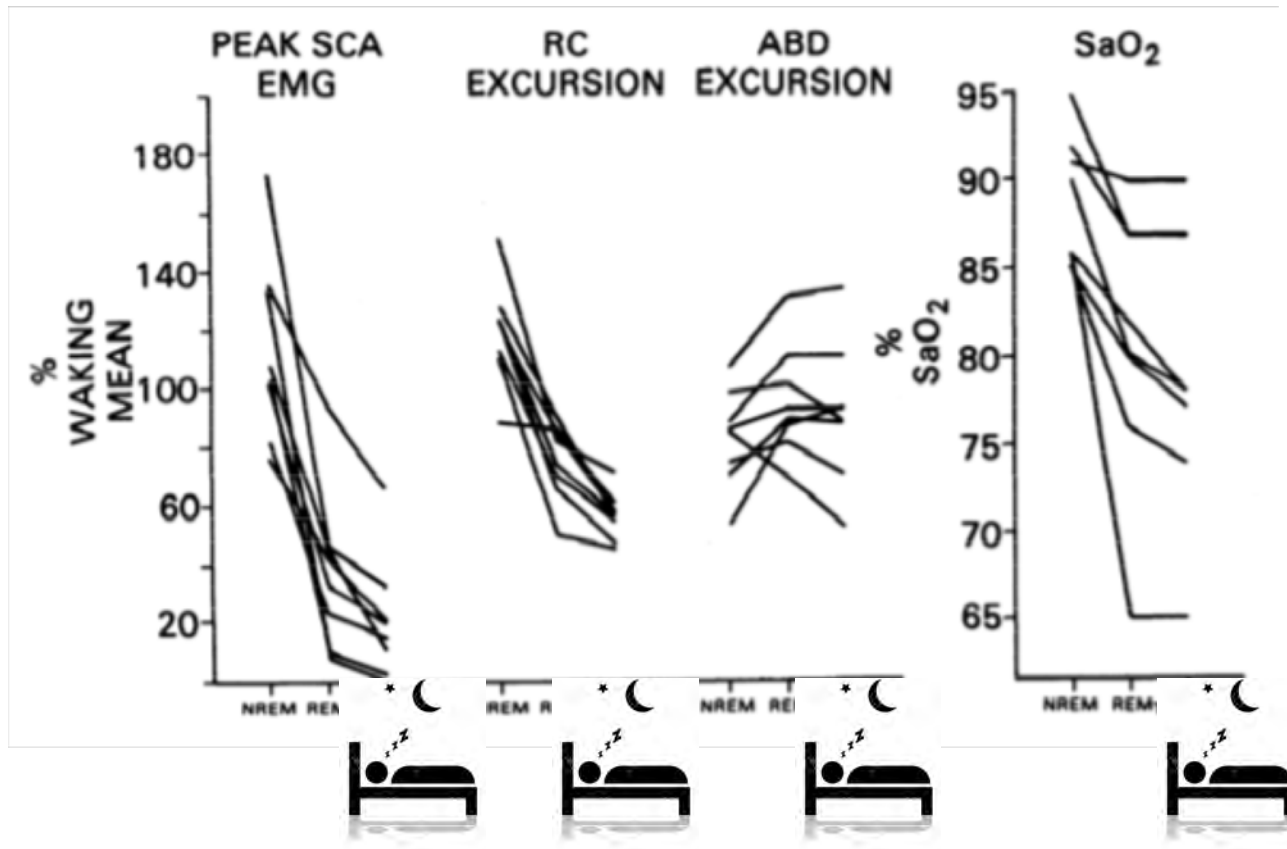
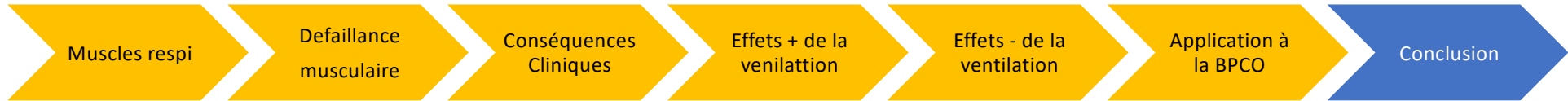
Accessory muscle activity during sleep  
in chronic obstructive pulmonary disease

MARK W. JOHNSON AND JOHN E. REMMERS  
*Pulmonary Division, Department of Internal Medicine,  
University of Texas Medical Branch, Galveston, Texas 77550*

JOHNSON, MARK W., AND JOHN E. REMMERS. Accessory muscle activity during sleep in chronic obstructive pulmonary disease. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 57(4): 1011-1017, 1984.—Hypoventilation contributes to oxygen desaturation during rapid-eye-movement (REM) sleep. REM-related muscle inhibition in a variety of animals (8, 20, 23) and normal humans (23, 28, 31) exerts a differential action on respiratory muscles: those with a



# Compliqué dans la BPCO...



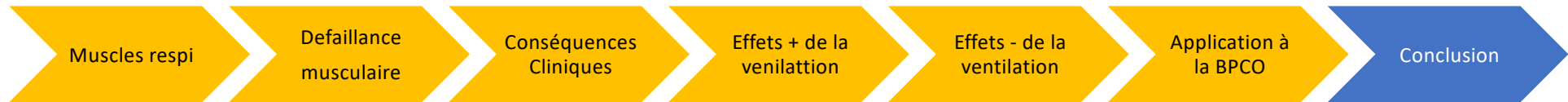
Accessory muscle activity during sleep in chronic obstructive pulmonary disease

MARK W. JOHNSON AND JOHN E. REMMERS  
 Pulmonary Division, Department of Internal Medicine,  
 University of Texas Medical Branch, Galveston, Texas 77550

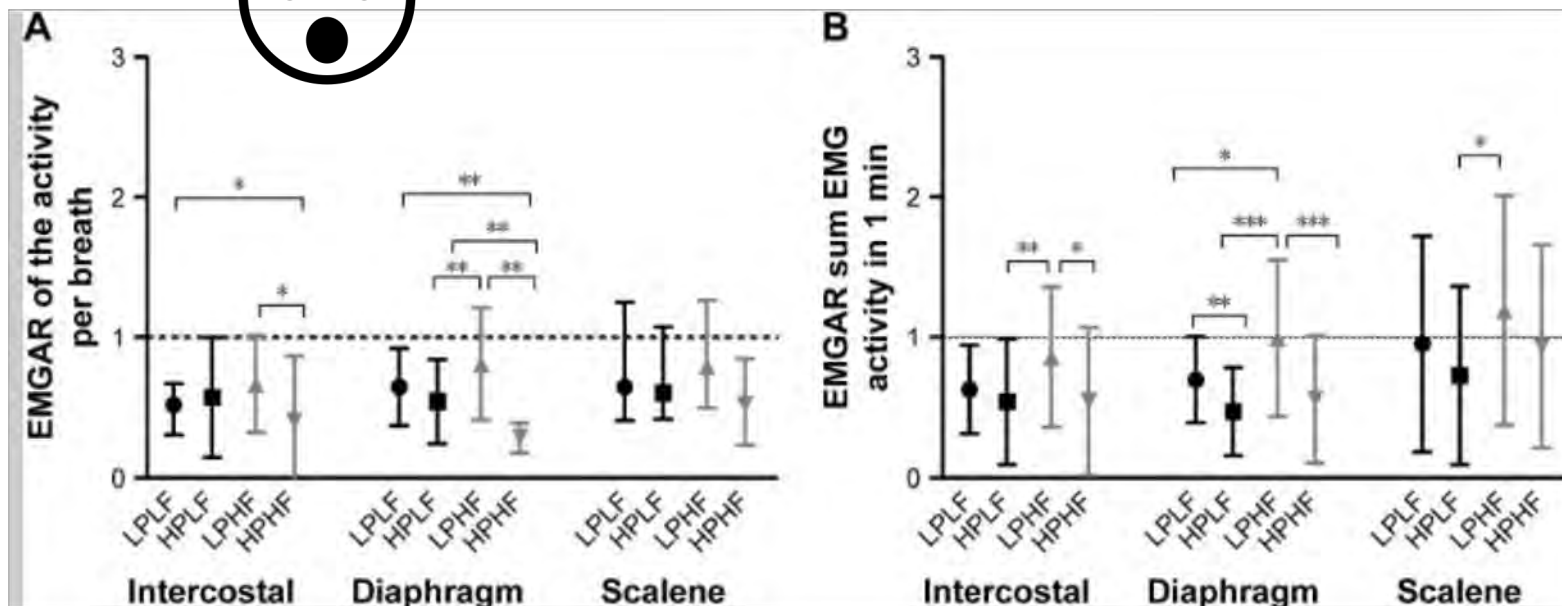
JOHNSON, MARK W., AND JOHN E. REMMERS. Accessory muscle activity during sleep in chronic obstructive pulmonary disease. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 57(4): 1011-1017, 1984.—Hypoventilation contributes to oxygen desaturation during rapid-eye-movement (REM) sleep during the phasic events of REM sleep (23). REM-related muscle inhibition in a variety of animals (8, 20, 25) and normal humans (23, 28, 31) exerts a differential action on respiratory muscles; those with a

Endormissement d'un BPCO les accessoires lâchent le diaphragme

# Compliqué dans la BPCO...

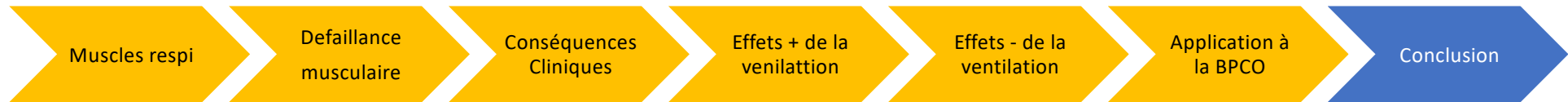


SOUS VNI, le repos des muscles respiratoires dépend vraiment du réglage du ventilateur





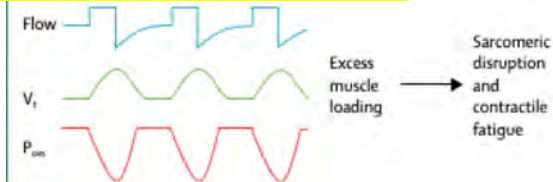
# Tout ceci est fréquent dans la VNI de la BPCO



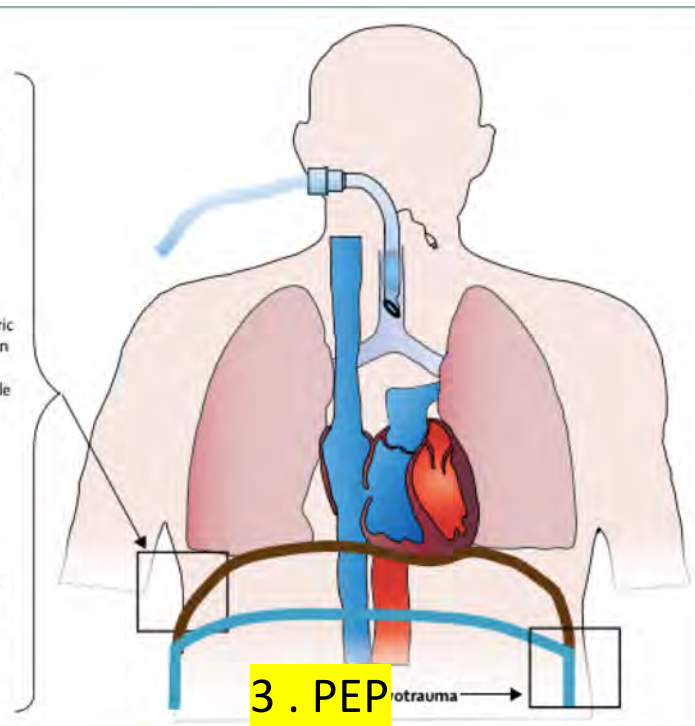
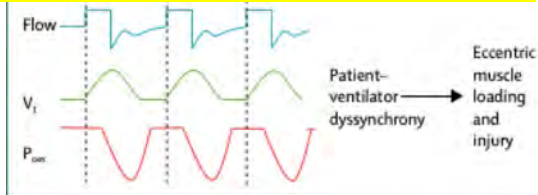
## 1. SUPRA ASSISTANCE



## 2. SOUS-ASSISTANCE



## 3. contraction excentrique



THE LANCET  
Respiratory Medicine

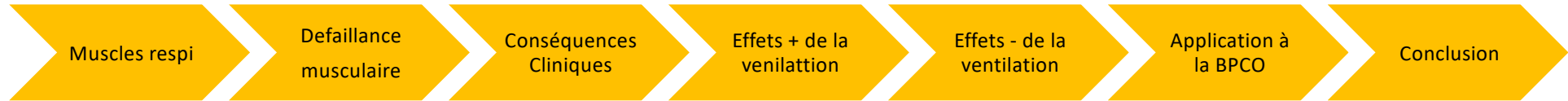
Goligher 2018

## Message 4

Les malades atteints de BPCO ont des muscles respiratoires très sollicités et très particuliers

Une mauvaise qualité de VNI risque de ne pas faire un bon travail







# Conséquences de la VNI sur les muscles respiratoires- Conclusion

- 1) La VNI est le traitement incontournable pour remplacer le diaphragme quand il est défaillant ou dépassé. Ceci est VITAL
- 2) Au long cours, non seulement la VNI supprime le risque vital mais elle améliore aussi les muscles respiratoires directement probablement par repos
- 3) Mais des mauvais réglages peuvent léser le diaphragme, surtout en réanimation, par sur assistance, sous assistance, asynchronismes ou PEP élevée
- 4) Il faut optimiser les réglages au long cours (et donc suivre ce DIU) 😊
- 5) Un groupe de malades très sensible et très particulier risque de nous mettre en difficultés, les malades atteints de BPCO : très « musculaire »...mais pas que et très difficiles à ventiler