

# Dyspnée: physiopathologie, mesure, approche étiologique



Prof. Jean-Paul Janssens,  
Service de Pneumologie, HUG  
Hôpital de La Tour, Meyrin, Genève

**HUG** Hôpitaux  
Universitaires  
Genève

 Service de  
Pneumologie

 Hôpital  
de  
**La Tour**



## *Dyspnée: définition*

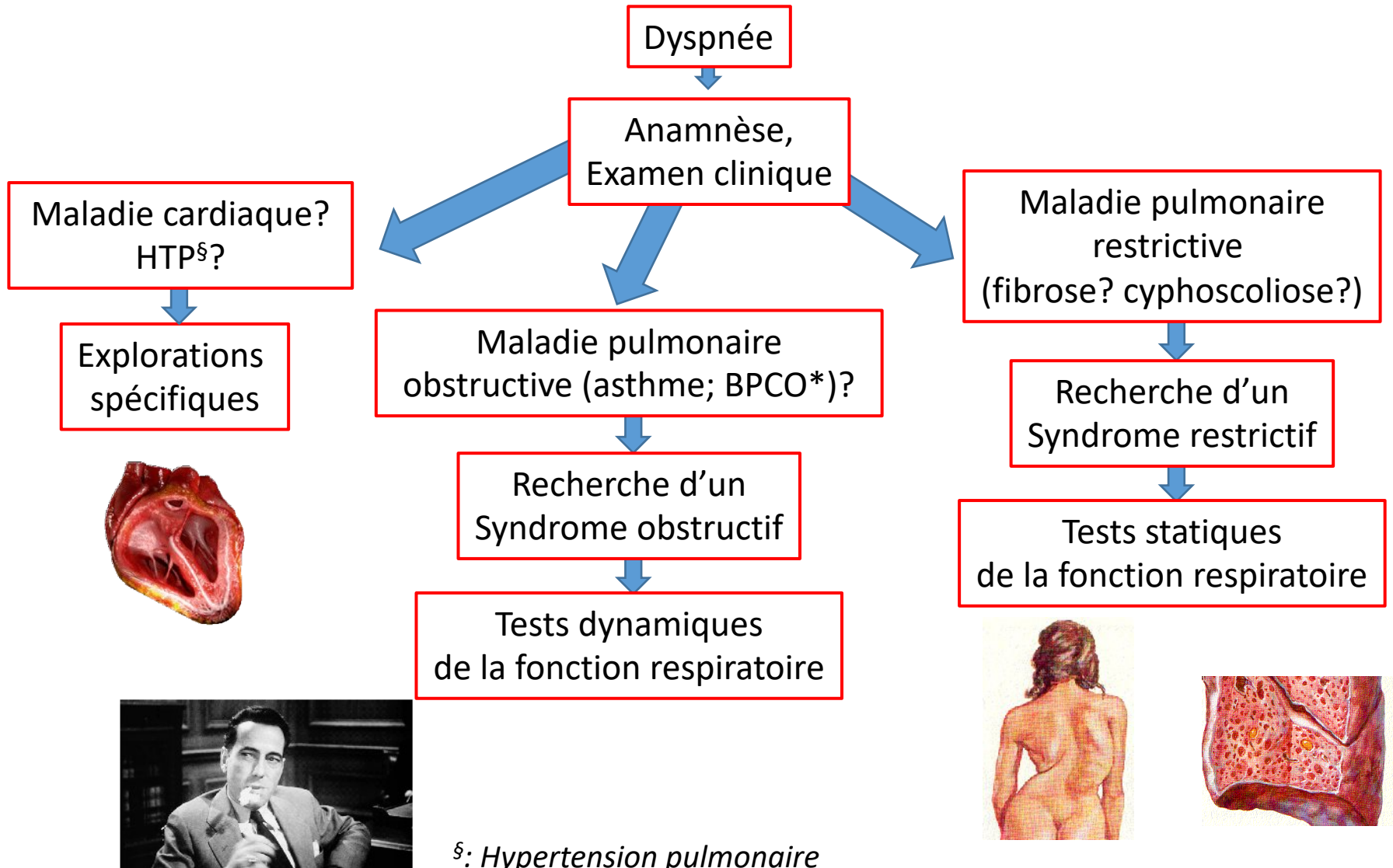
---

*Perception inconfortable d'un effort respiratoire...*

*ATS\*, 2012: «...expérience subjective d'inconfort respiratoire, caractérisée par des sensations qualitativement distinctes et d'intensité variable. Cette expérience dépend de nombreux facteurs physiologiques, mais également psychologiques et sociaux. Elle induit des réponses secondaires physiologiques et comportementales..»*

*\*: American Thoracic Society*

# Dyspnée: quelques causes possibles..



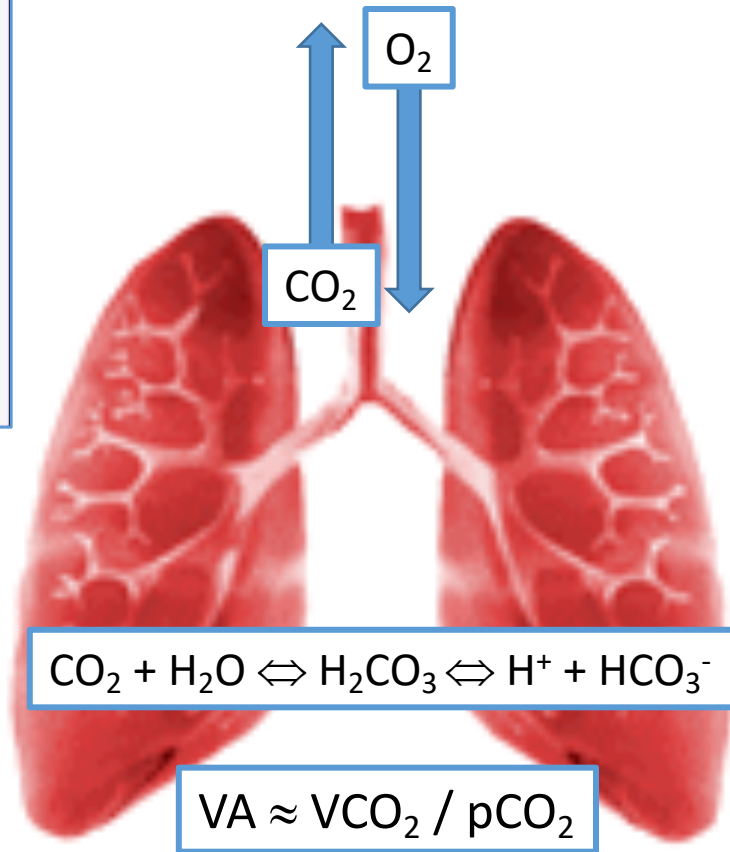
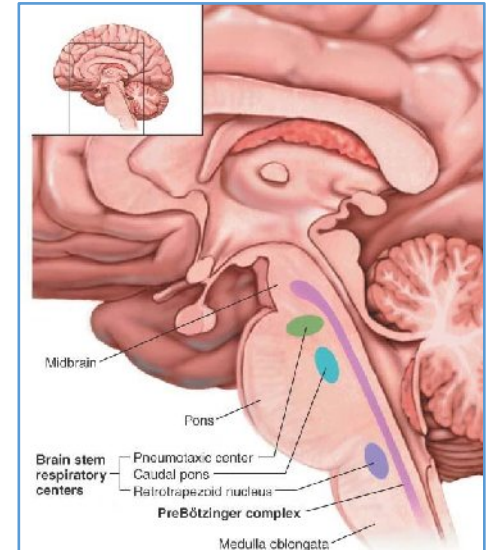
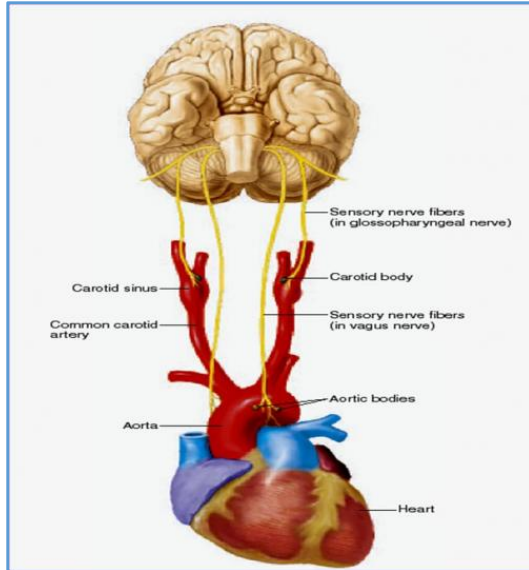
§: Hypertension pulmonaire

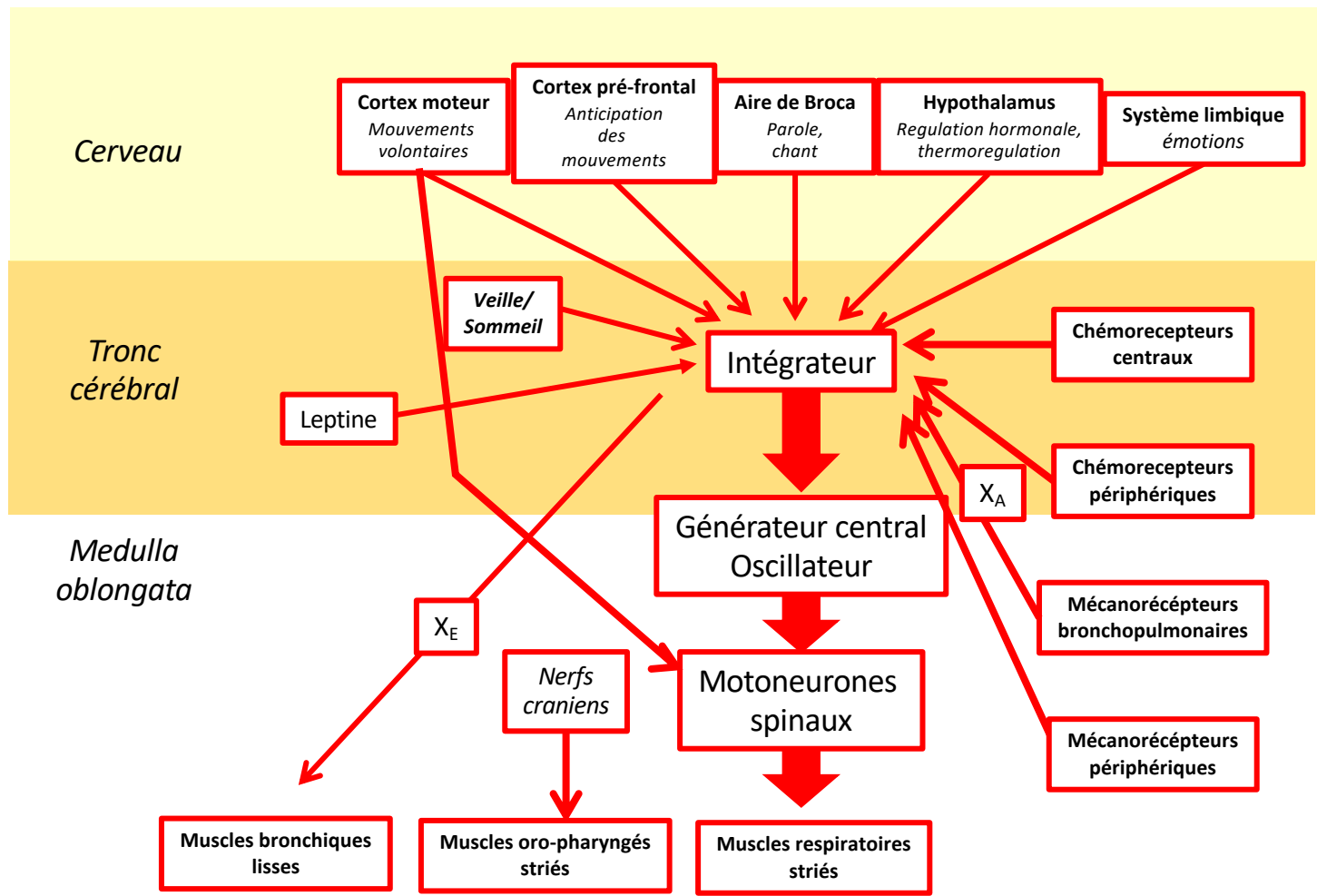
\*: Broncho-Pneumopathie-Chronique Obstructive

*Dyspnée: un peu de physiologie*

---

# Contrôle de la ventilation et maintien de la capnie: Chémorécepteurs périphériques et centraux





D'après Polycopié du Prof Haab

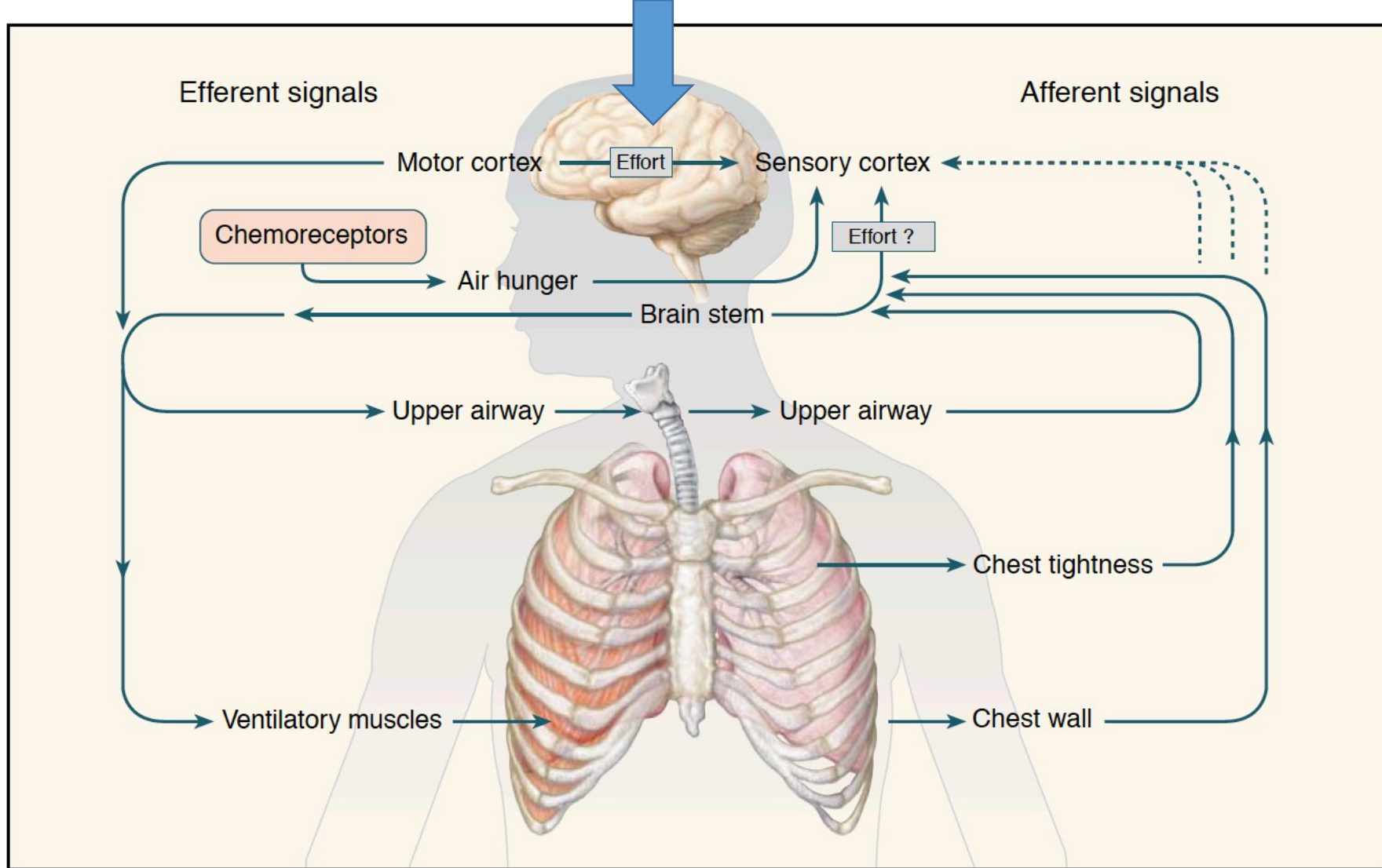


Figure 1. Efferent and Afferent Signals That Contribute to the Sensation of Dyspnea.

The sense of respiratory effort is believed to arise from a signal transmitted from the motor cortex to the sensory cortex coincidentally with the outgoing motor command to the ventilatory muscles. The arrow from the brain stem to the sensory cortex indicates that the motor output of the brain stem may also contribute to the sense of effort. The sense of air hunger is believed to arise, in part, from increased respiratory activity within the brain stem, and the sensation of chest tightness probably results from stimulation of vagal-irritant receptors. Although afferent information from airway, lung, and chest-wall receptors most likely passes through the brain stem before reaching the sensory cortex, the dashed lines indicate uncertainty about whether some afferents bypass the brain stem and project directly to the sensory cortex.

*HL Manning et al, NEJM, 1995*

## *Dyspnée: une sensation corticale complexe*

**TABLE 2. POSSIBLE AFFERENT SOURCES FOR RESPIRATORY SENSATION\***

Source of Sensation	Adequate Stimulus
Medullary respiratory <u>corollary discharge</u>	Drives to automatic breathing (hypercapnia, hypoxia, exercise)
Primary motor cortex <u>corollary discharge</u>	Voluntary respiratory drive
Limbic motor <u>corollary discharge</u>	Emotions
Carotid and aortic bodies	Hypercapnia, hypoxemia, acidosis
Medullary chemoreceptors	Hypercapnia
Slowly adapting pulmonary <u>stretch receptors</u>	Lung inflation
Rapidly adapting pulmonary <u>stretch receptors</u>	Airway collapse, irritant substances, large fast (sudden) lung inflations/deflations
Pulmonary C-fibers (J-receptors)	Pulmonary vascular congestion
Airway C-fibers	Irritant substances
Upper airway "flow" receptors	Cooling of airway mucosa
<u>Muscle spindles in respiratory pump muscles</u>	Muscle length change with breathing motion
<u>Tendon organs in respiratory pump muscles</u>	Muscle active force with breathing motion
Metaboreceptors in respiratory pump muscles	Metabolic activity of respiratory pump
Vascular receptors (heart and lung)	Distention of vascular structures
Trigeminal skin receptors	Facial skin cooling
<u>Chest wall joint and skin receptors</u>	Tidal breathing motion

\* Reviewed, for example, in References 24–26 and 39–41.

*Parshall, AJRCCM, 2012*

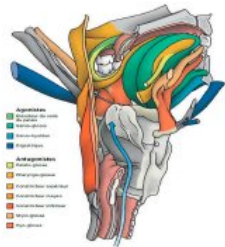
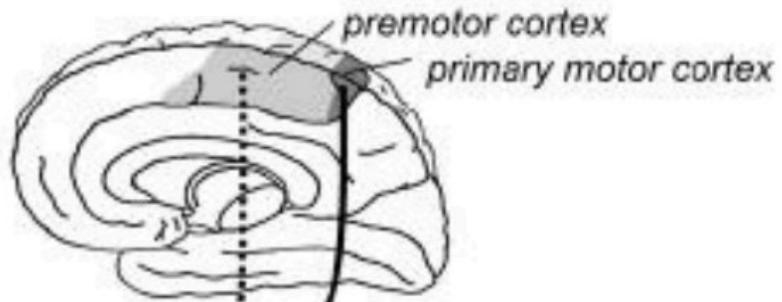


## *Dyspnée et potentiels préfrontaux*

---

- Tout effort respiratoire inhabituel (parole, chant, effort, charge résistive) s'accompagne de l'apparition de potentiels (activité électrique) préfrontaux, dont l'intensité est proportionnelle à la charge anticipée
- Le cortex reçoit des afférences des signaux efférents (vers les muscles respiratoires) et afférents (proprioceptifs, Héring-Breuer). La discordance entre efférences et afférences attendues est un contributeur de la dyspnée

**cerebral cortex**

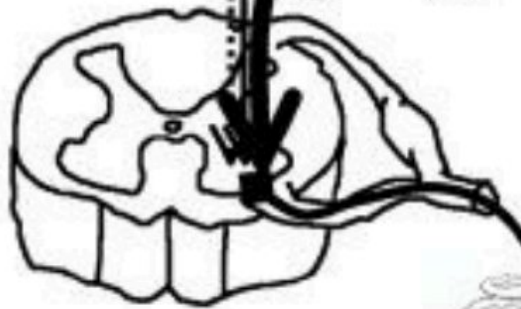


**XII**

③  
②  
①

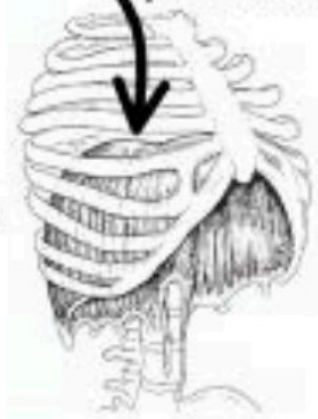
**brainstem**

**spinal phrenic motoneurons**

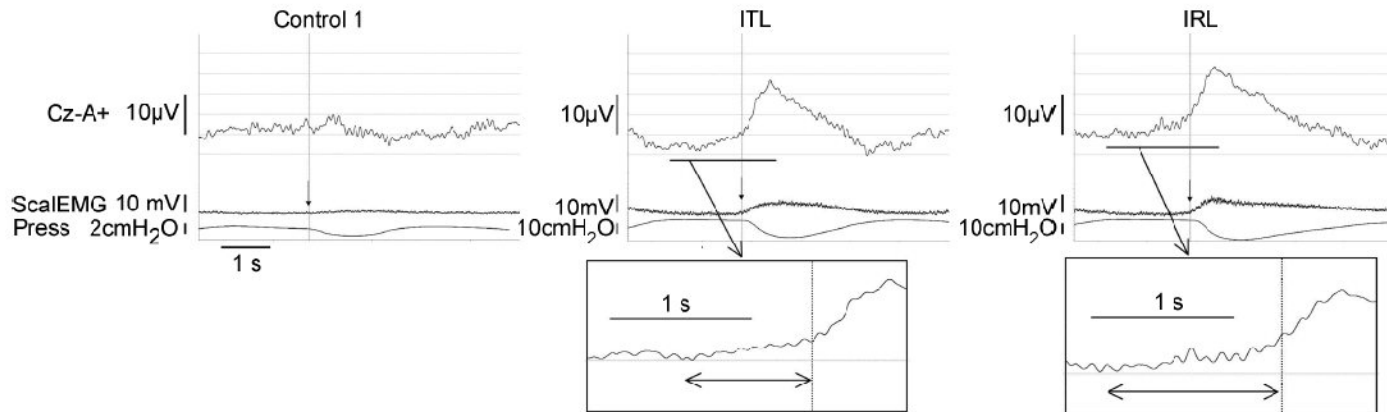


**phrenic nerve**

**diaphragm**

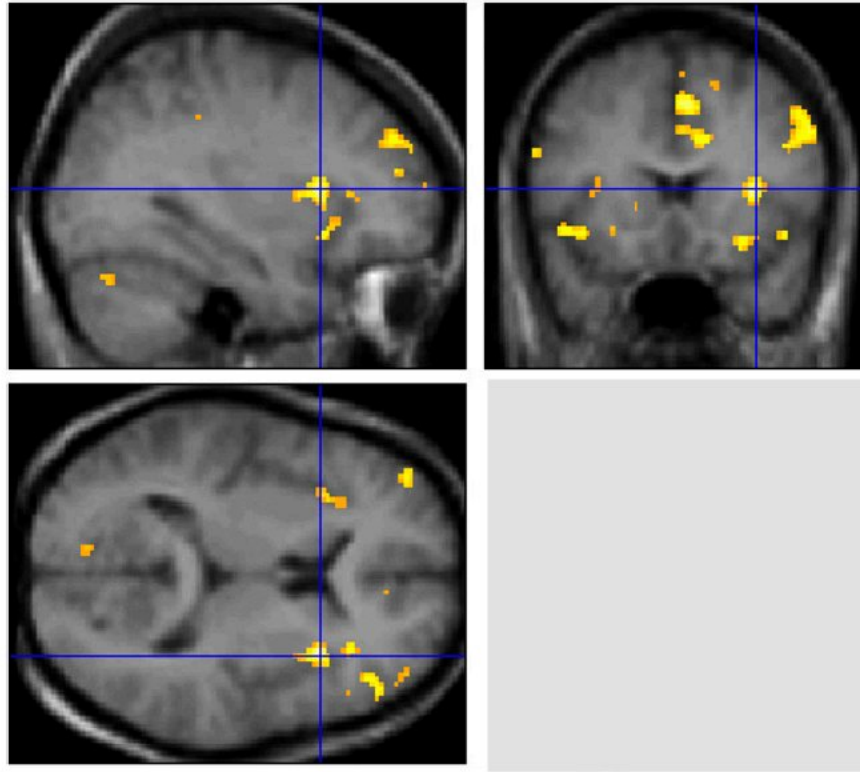


## Rôle du cortex pré-moteur: activation lors de la perception d'une charge respiratoire accrue



ITL: charge inspiratoire à effet seuil; IRL: charge inspiratoire résistive

*M Raux et al, J Physiol, 2007*



**Figure 1.** Functional magnetic resonance images showing cerebral activations correlated with the experience of strong air hunger in healthy subjects. The test condition consisted of low tidal volume controlled ventilation during mild hypercapnia; the baseline comparison condition used the same level of hypercapnia but with high tidal volume (subjects reported little or no discomfort at baseline). The strongest activation is in the right anterior insula, indicated by the *blue crosshairs*; this activation has been shown in a number of studies. Other activations can be seen in the left anterior insula, anterior cingulate, supplementary motor area, prefrontal cortex, and cerebellum. Not visible in this figure, but reported in the same study was activation of the amygdala. Most of these regions fall in the category of limbic/paralimbic, and overlap with activations seen during pain, thirst, fear, and hunger. Reproduced and adapted with permission from Reference 137.

*Parshall, AJRCCM, 2012*

## *Dyspnée: corrélations physiologiques*

---

- Peu de corrélation avec le VEMS (Volume expiré maximal /sec), la SpO<sub>2</sub>, les gaz du sang (PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>)
- Corrélation avec le travail des muscles respiratoires ( $W_{\text{RESP}}$ )
- $\Rightarrow$  corrélé avec  $PI/PI_{\text{MAX}}$  (effort inspiratoire généré/effort inspiratoire maximal)
- $\Rightarrow$  inversement corrélé avec la compliance du système respiratoire ( $C_{\text{RS}}$ )

## *Dyspnée et travail respiratoire*

---

- De façon générale, tout ce qui augmente le travail respiratoire ( $W_{\text{RESP}}$ ) de manière inattendue (à l'inverse de l'effort par ex), peut être source de dyspnée:
  - Augmentation des charges *résistives* au niveau des voies aériennes hautes ou basses
  - Augmentation des charges *élastiques* d'origine parenchymateuse ou pariétale
  - Augmentation inappropriée de la ventilation
  - Augmentation de la charge musculaire (PI)

**TABLE 5. EXAMPLES OF CONDITIONS AND CAUSES OF DYSPNEA GROUPED BY PHYSIOLOGICAL MECHANISM\***

**Increased respiratory drive—increased afferent input to respiratory centers**

Stimulation of pulmonary receptors (irritant, mechanical, vascular)<sup>†</sup>

Interstitial lung disease

Pleural effusion (compressive atelectasis)

Pulmonary vascular disease (e.g., thromboembolism, idiopathic pulmonary hypertension)

Congestive heart failure

Stimulation of chemoreceptors

Conditions leading to acute hypoxemia, hypercapnia, and/or acidemia

Impaired gas exchange, e.g., asthma, pulmonary embolism, pneumonia, heart failure<sup>‡</sup>

Environmental hypoxia, e.g., altitude, contained space with fire

Conditions leading to increased dead space and/or acute hypercapnia

Impaired gas exchange, e.g., acute, severe asthma, exacerbations of COPD, severe pulmonary edema

Impaired ventilatory pump (*see below*), e.g., muscle weakness, airflow obstruction

Metabolic acidosis

Renal disease (renal failure, renal tubular acidosis)

Decreased oxygen carrying capacity, e.g., anemia

Decreased release of oxygen to tissues, e.g., hemoglobinopathy

Decreased cardiac output

Pregnancy

Behavioral factors

Hyperventilation syndrome, anxiety disorders, panic attacks

**Impaired ventilatory mechanics—reduced afferent feedback for a given efferent output (corollary discharge of motor command)**

Airflow obstruction (includes increased resistive load from narrowing of airways and increased elastic load from hyperinflation)

Asthma, COPD, laryngospasm, aspiration of foreign body, bronchitis

Muscle weakness

Myasthenia gravis, Guillain-Barre, spinal cord injury, myopathy, post-poliomyelitis syndrome

Decreased compliance of the chest wall

Severe kyphoscoliosis, obesity, pleural effusion

## *Dyspnée et travail respiratoire: notions de compliance et résistance*

---

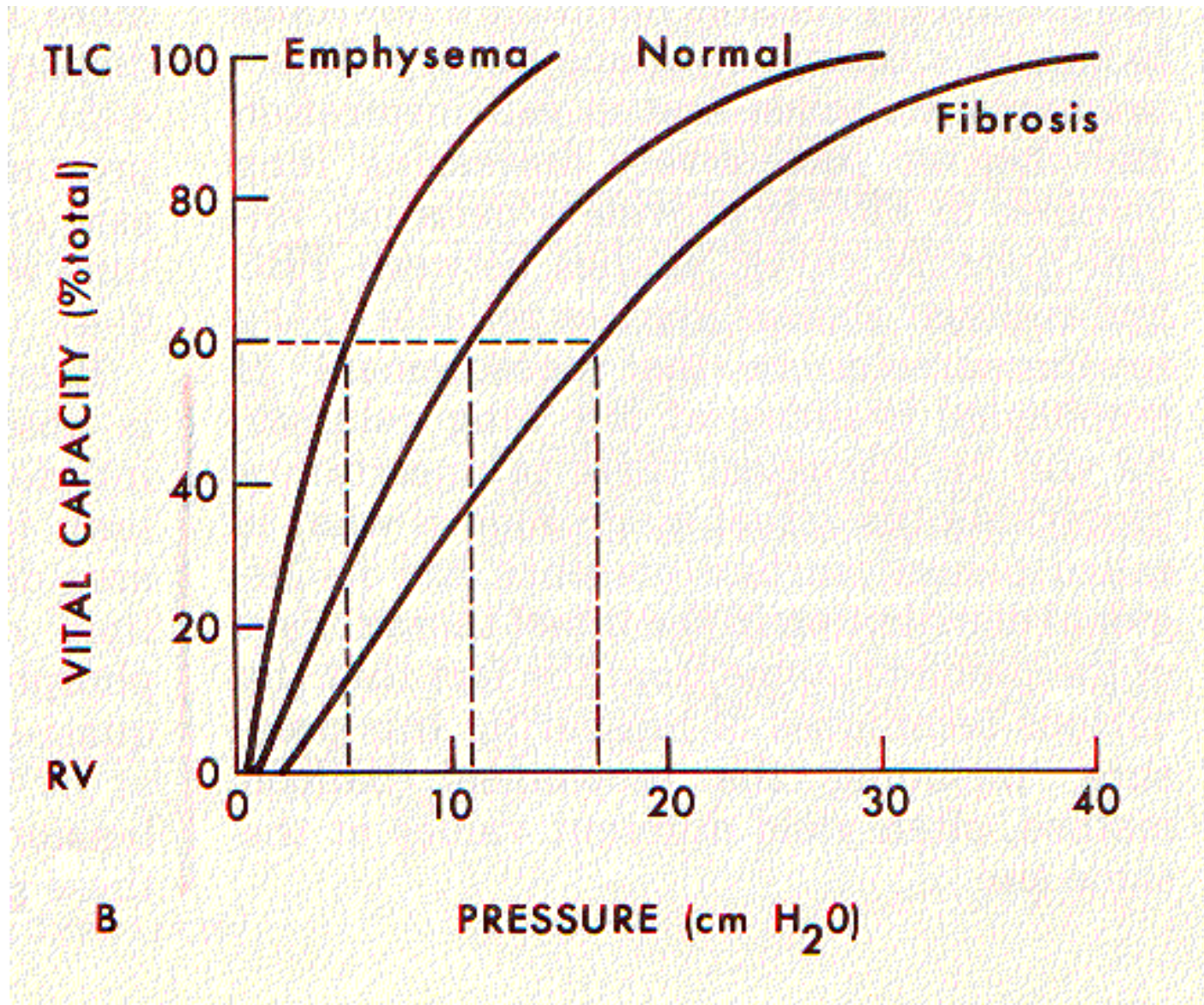


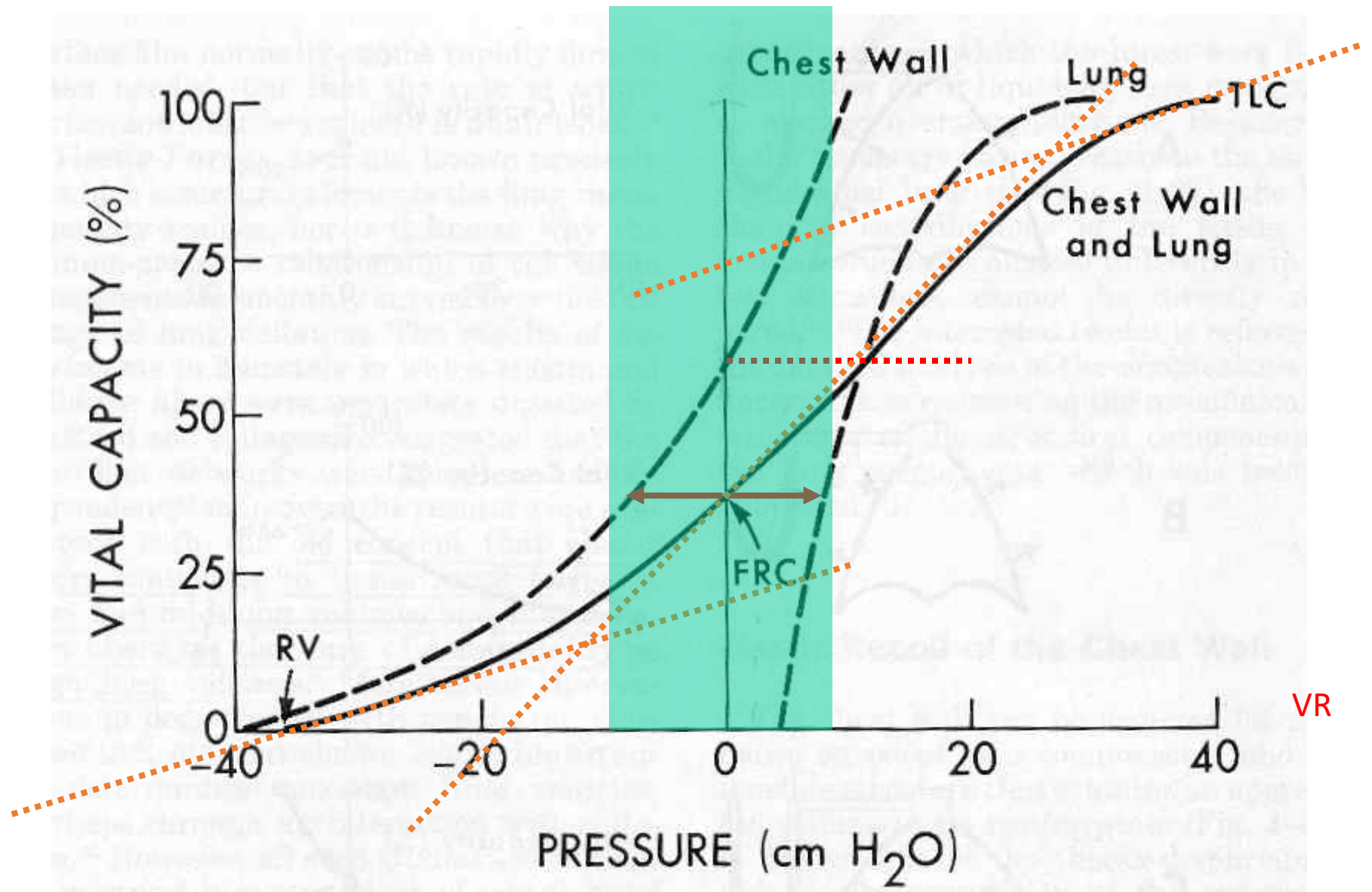
## *Compliance ( $\Delta V/ \Delta P$ )*

---

- Comprend 2 éléments: compliance du poumon ( $C_L$ ) et de la cage thoracique ( $C_{CW}$ )
- Est le déterminant de la composante élastique du  $W_{RESP}$ , auquel s'ajoute la composante résistive ( $R_{AW}$ )

## Modifications de la compliance pulmonaire





VR

## *Dyspnée et compliance du système respiratoire*

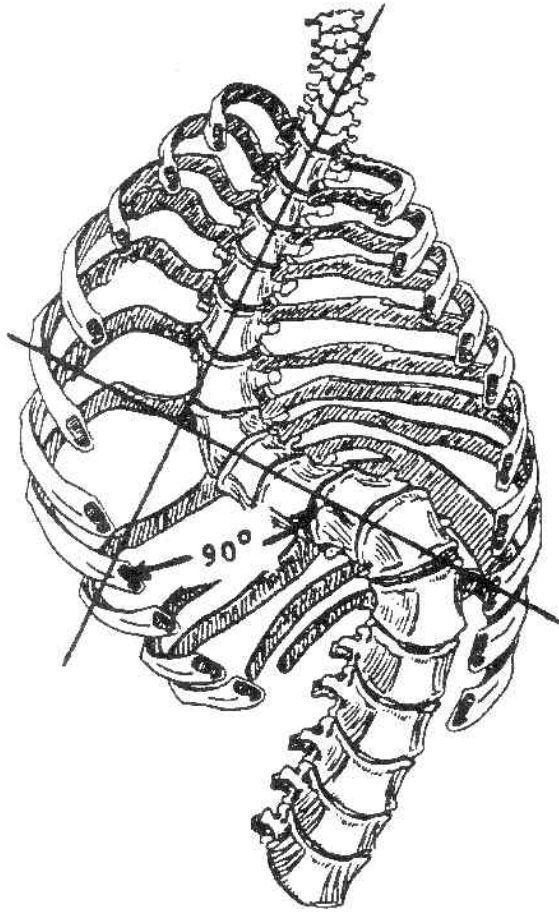
---

Diminution de la compliance pariétale ( $C_{CW}$ ):

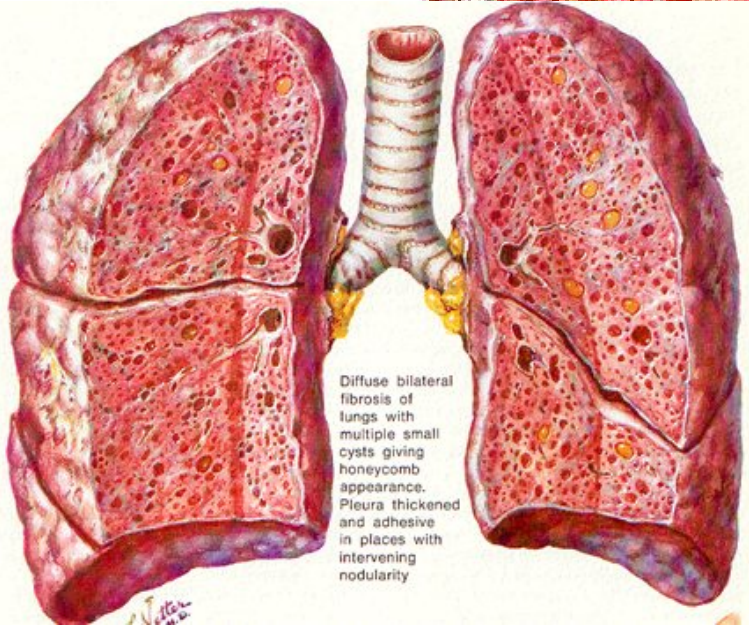
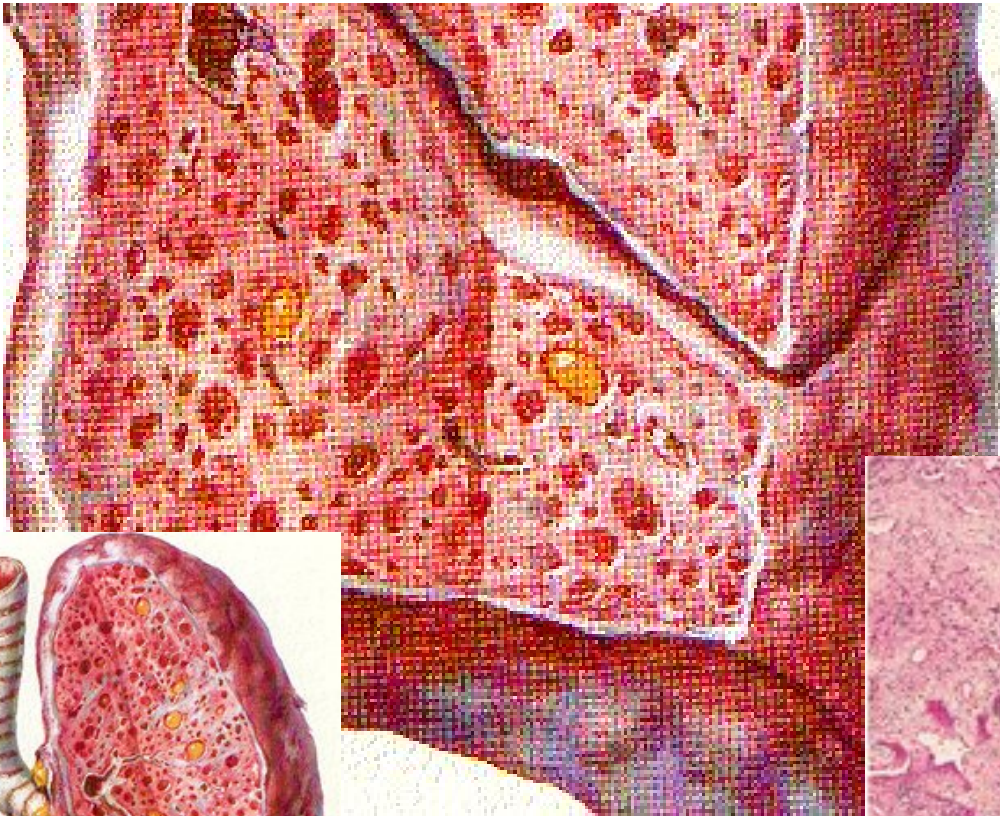
- Cyphoscoliose, status post chirurgie thoracique mutilante, atteintes pleurales diffuses, mésothéliome...

Diminution de la compliance parenchymateuse ( $C_L$ ):

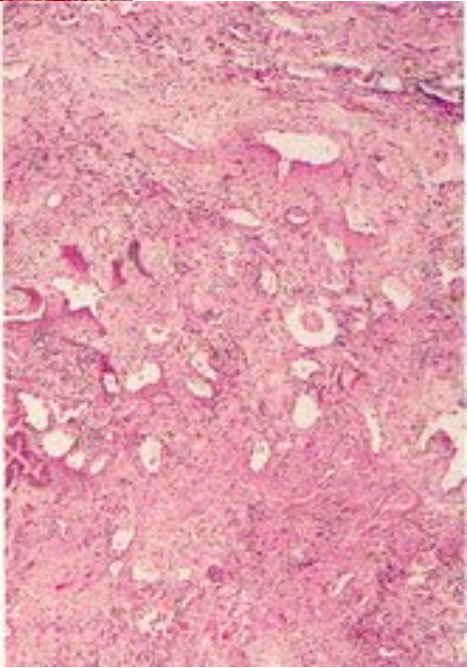
- Pneumopathies interstitielles (Fibrose pulmonaire), lymphangite carcinomateuse, processus infectieux interstitiel (par ex: P Jiroveci), stase interstitielle (OAP, insuffisance cardiaque gauche)



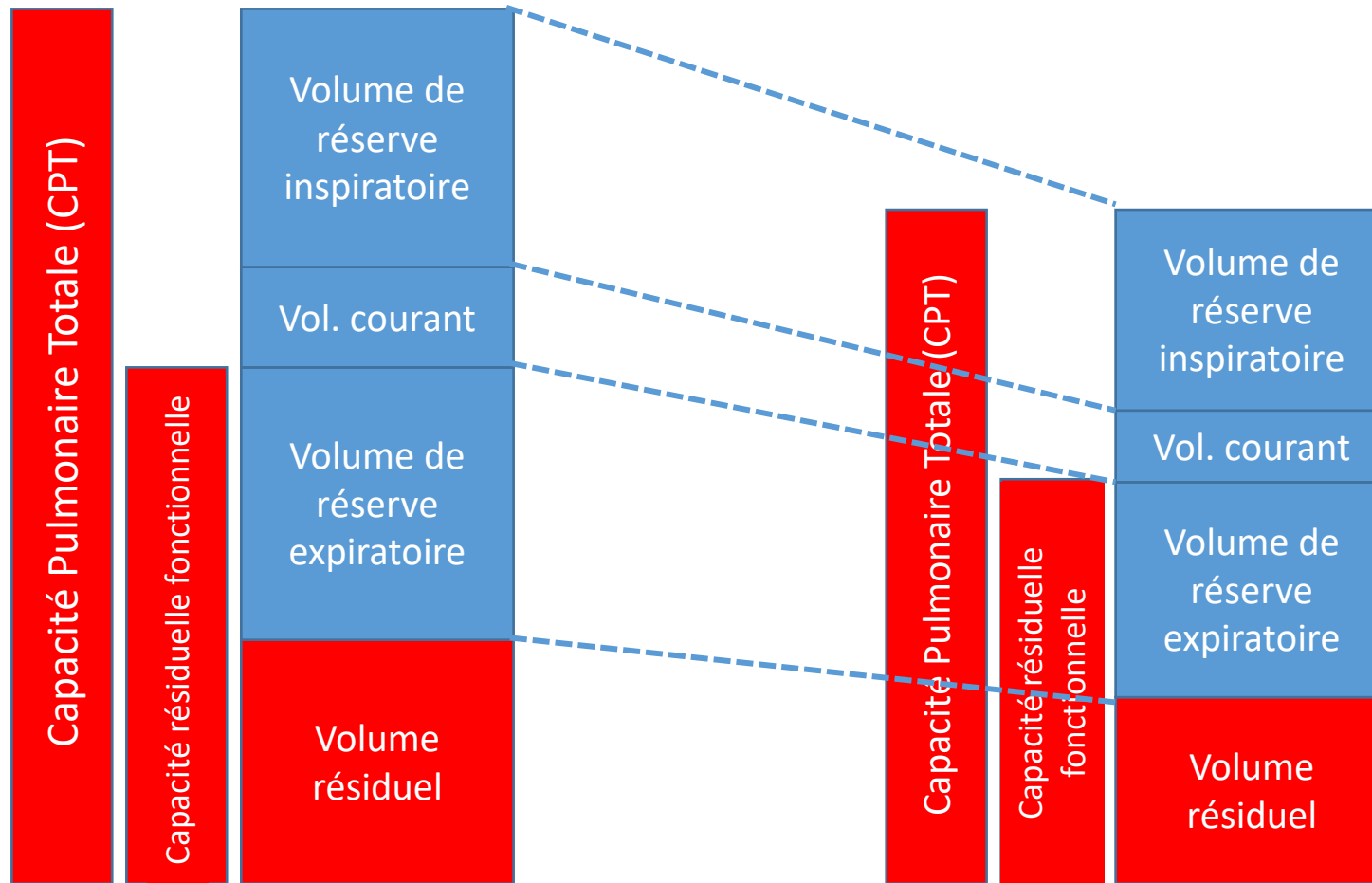
*Fibrose pulmonaire: forte diminution de la compliance pulmonaire*



Diffuse bilateral fibrosis of lungs with multiple small cysts giving honeycomb appearance. Pleura thickened and adhesive in places with intervening nodularity



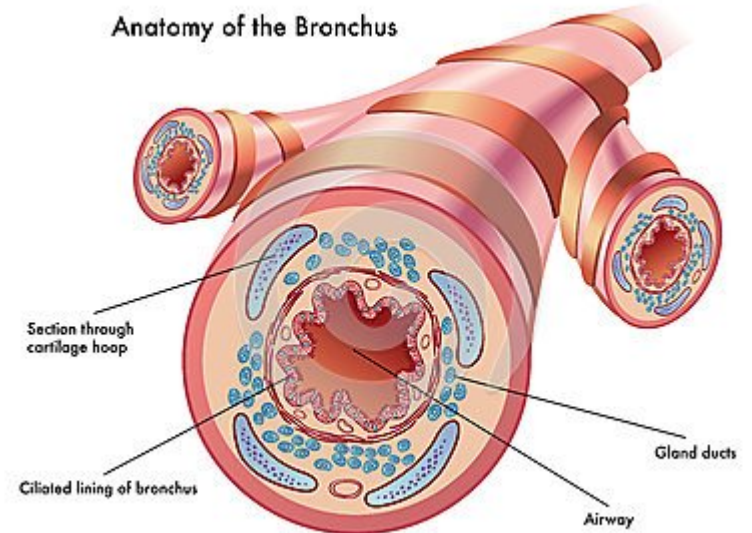
## Exemple de syndrome restrictif: fibrose pulmonaire



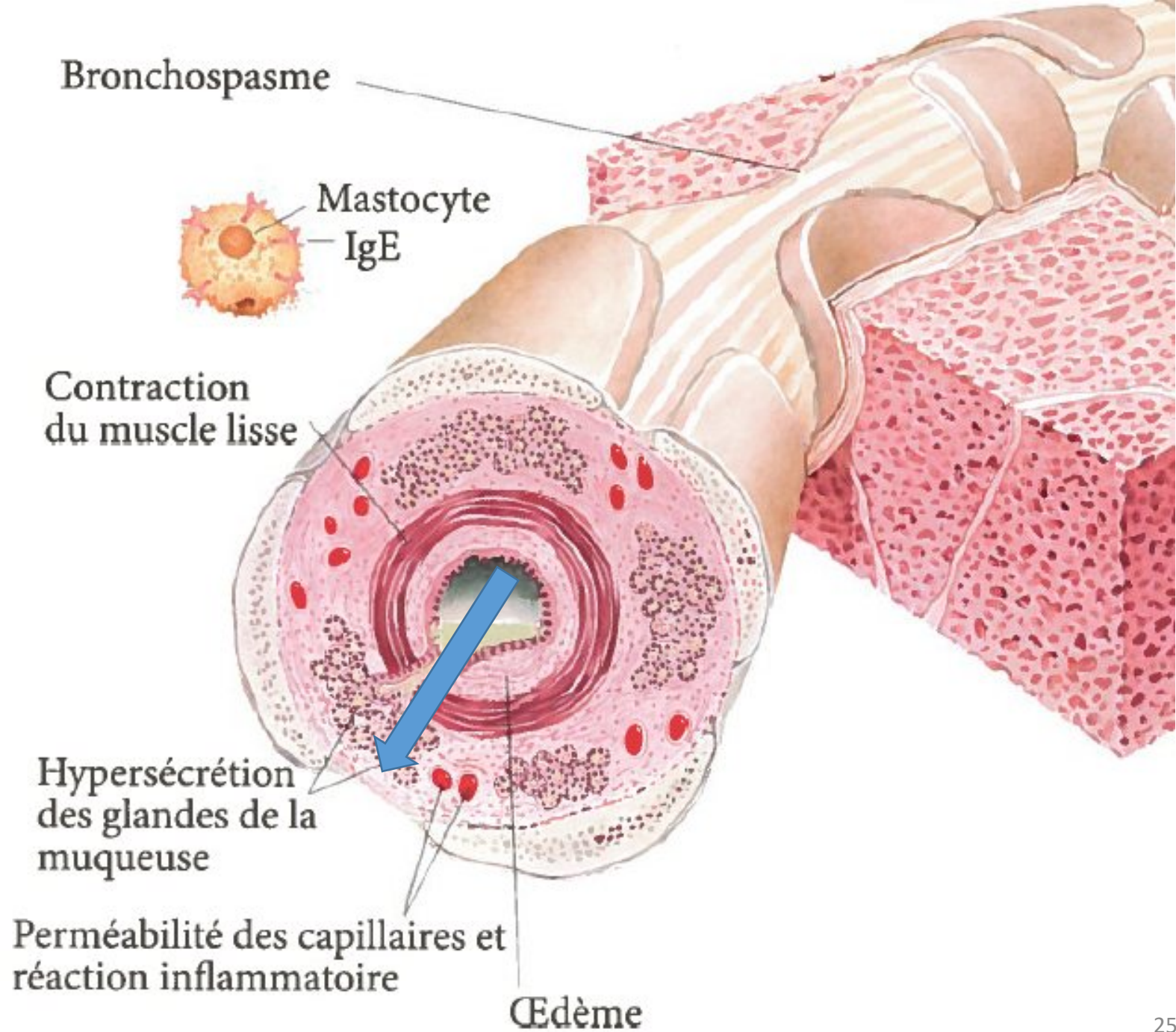
Ce qui ne peut être mesuré qu'à l'aide d'un plethysmographe ou par dilution

# Augmentation de la résistance des voies aériennes et syndrome obstructif:

*Illustration: l'asthme*

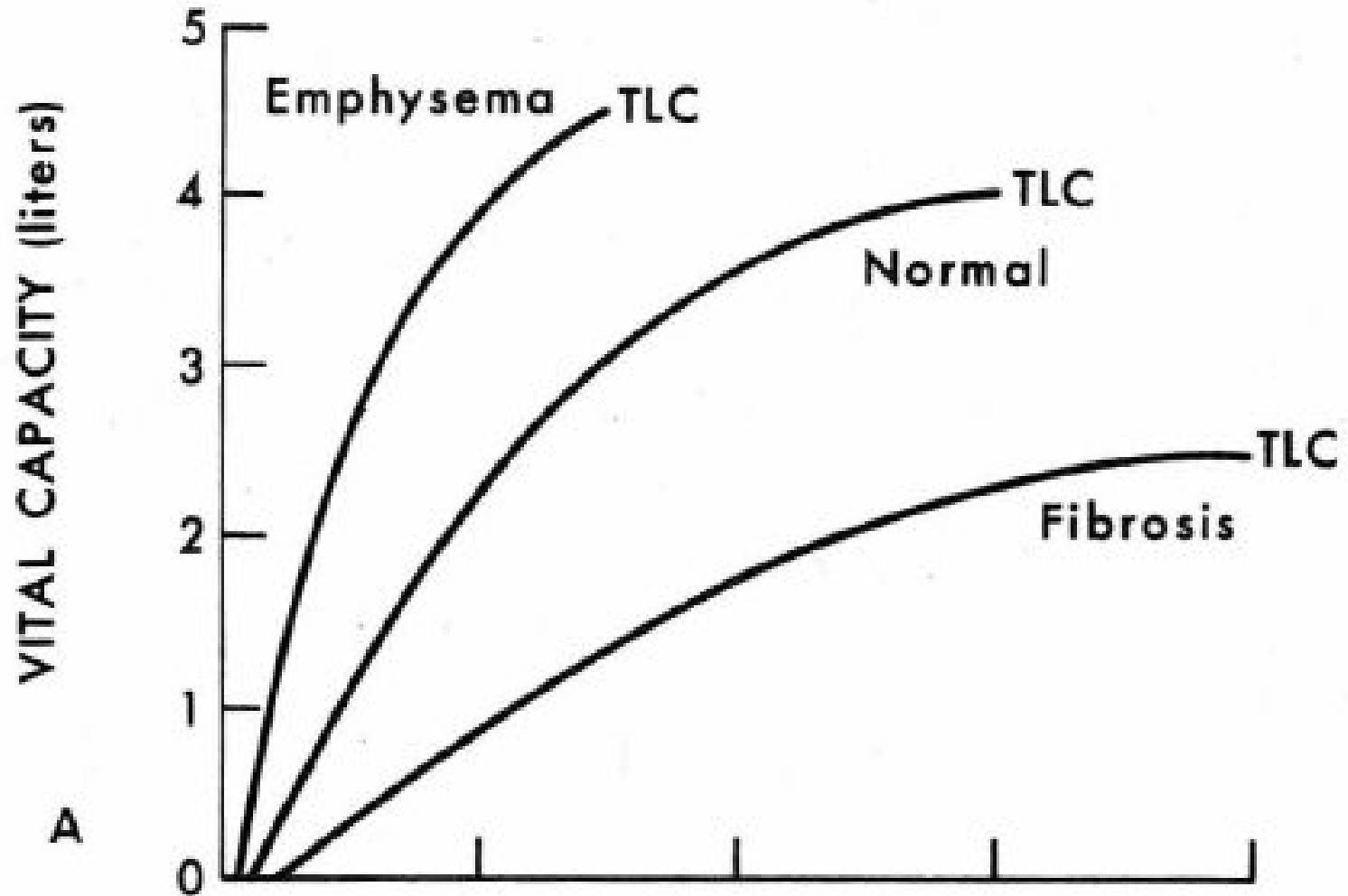






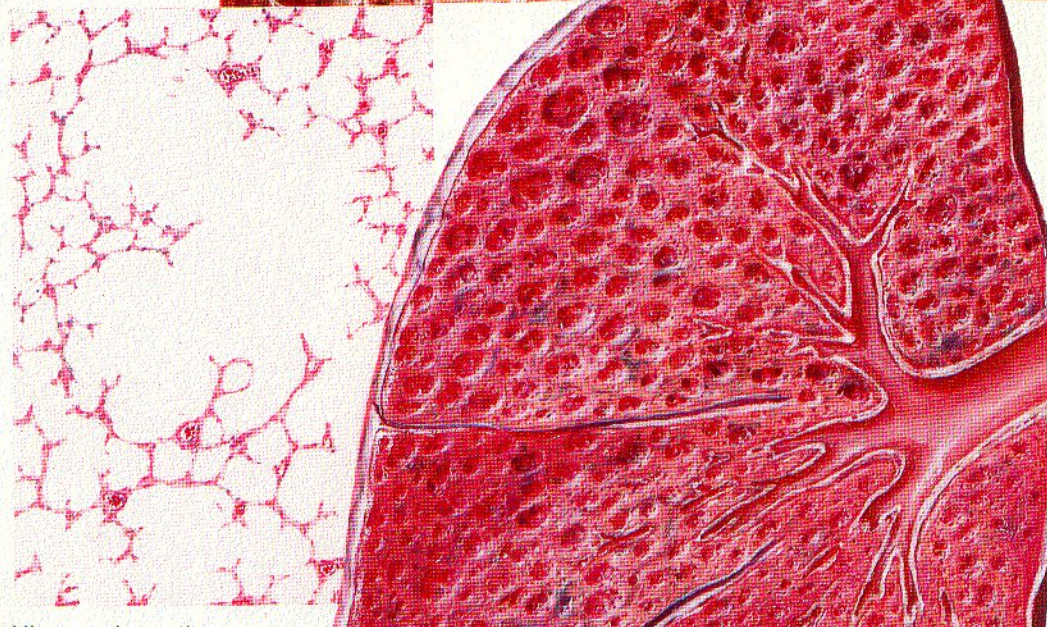
## *Et l'hyperinflation?*

---

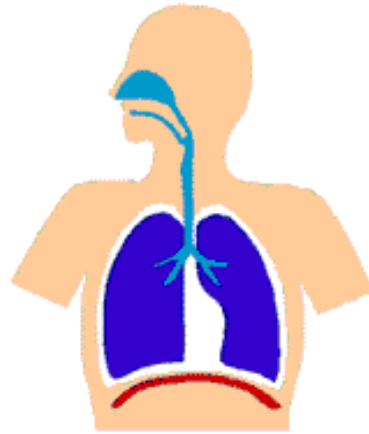


**Centriacinar  
(Centrilobular)  
Emphysema**

Magnified section.  
Distended, inter-  
communicating,  
saclike spaces  
in central area  
of acini

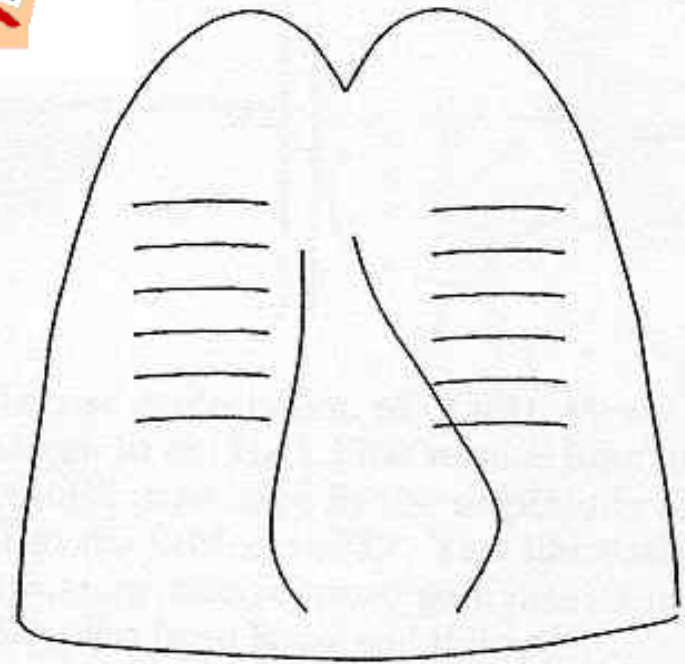
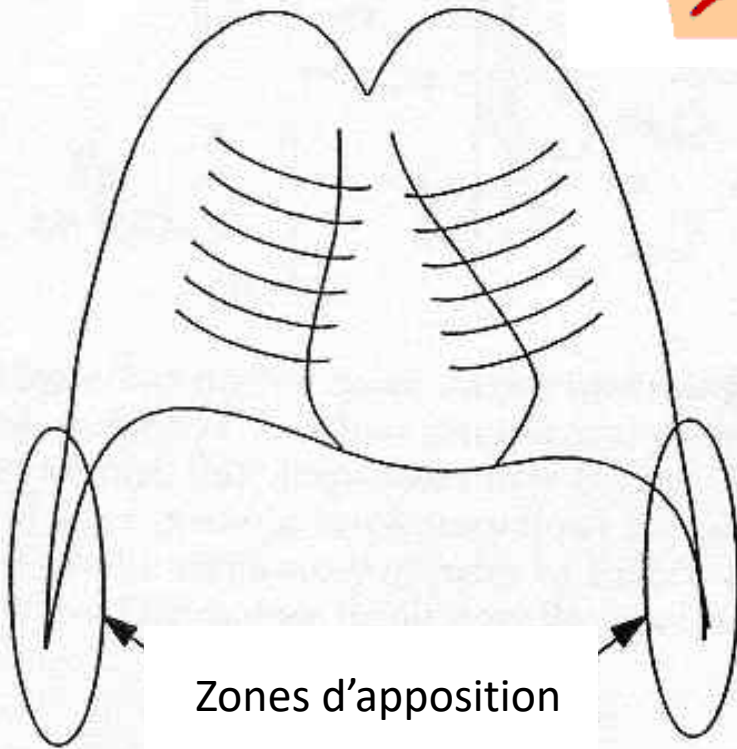






Sujet normal

Emphysème sévère  
avec hyperinflation



Zones d'apposition

Diaphragme aplati et  
disparition de la zone d'apposition

## *Dyspnée et résistance des voies aériennes*

---

### Maladies des voies respiratoires

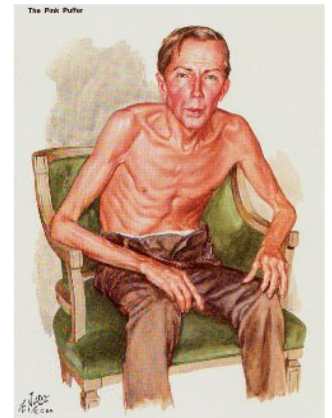
distales:

- BPCO
- Asthme
- Maladies des petites voies aériennes (bronchiolites)
- Bronchotrachéomalacie

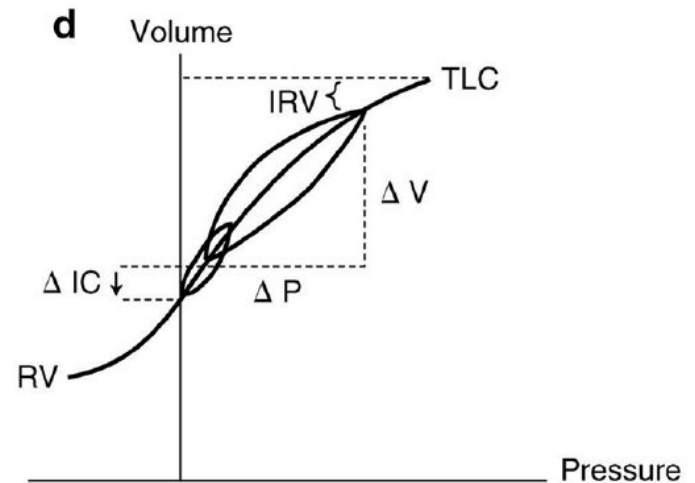
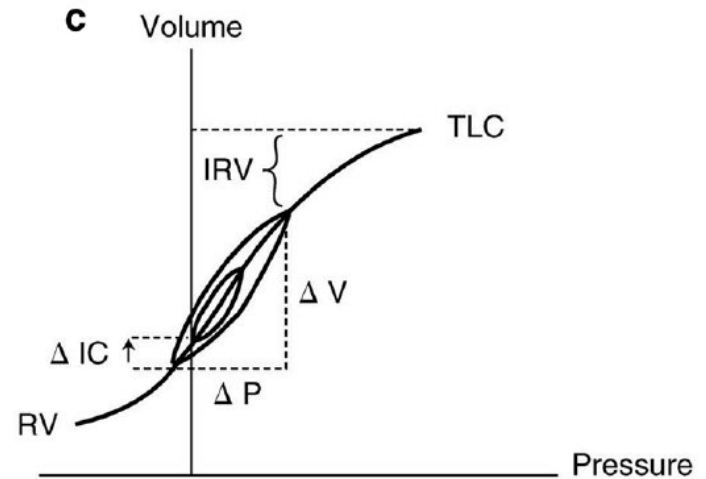
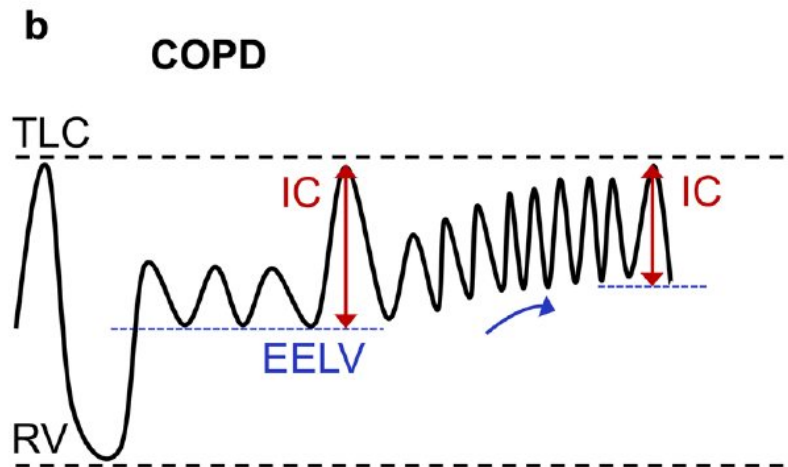
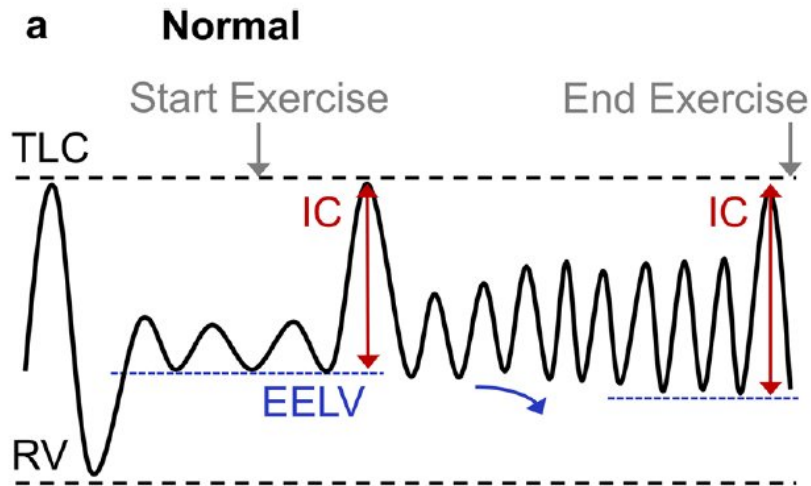
### Atteintes des voies aériennes

proximales:

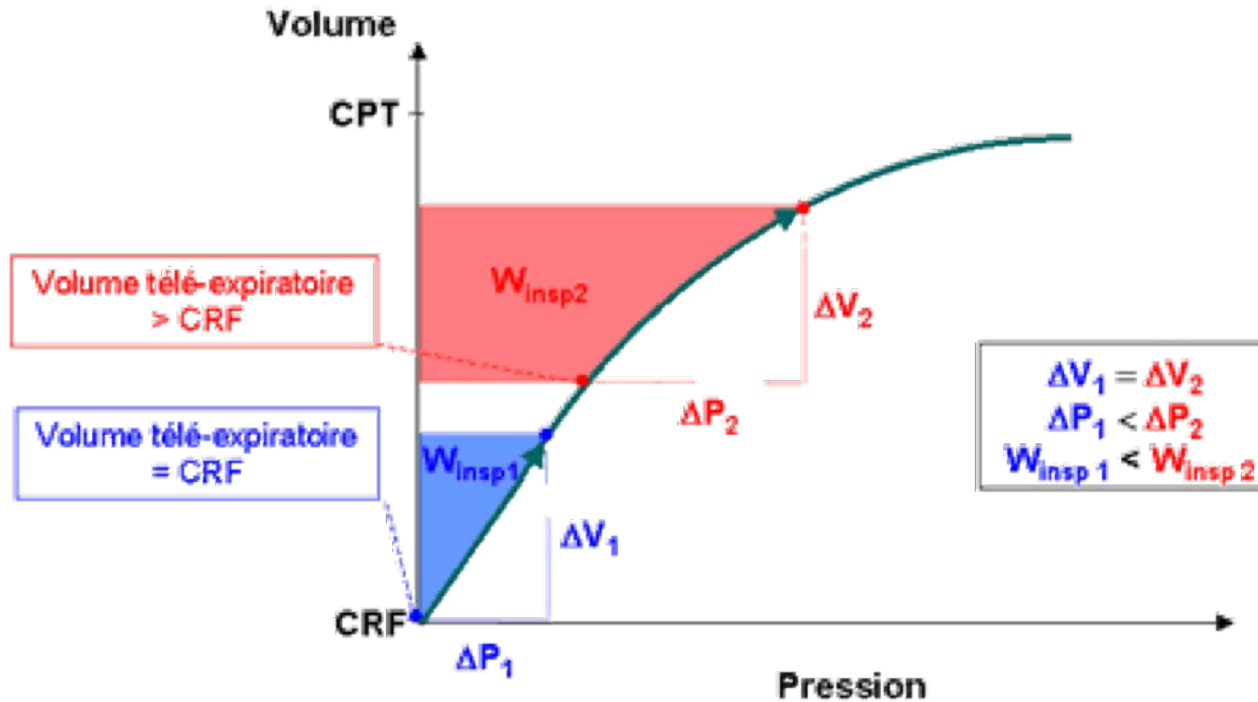
- Parésie/paralyse/dysfonction des cordes vocales
- Lésions trachéales ou laryngées
- ..



# Piégeage dynamique lors de BPCO: source de dyspnée d'effort

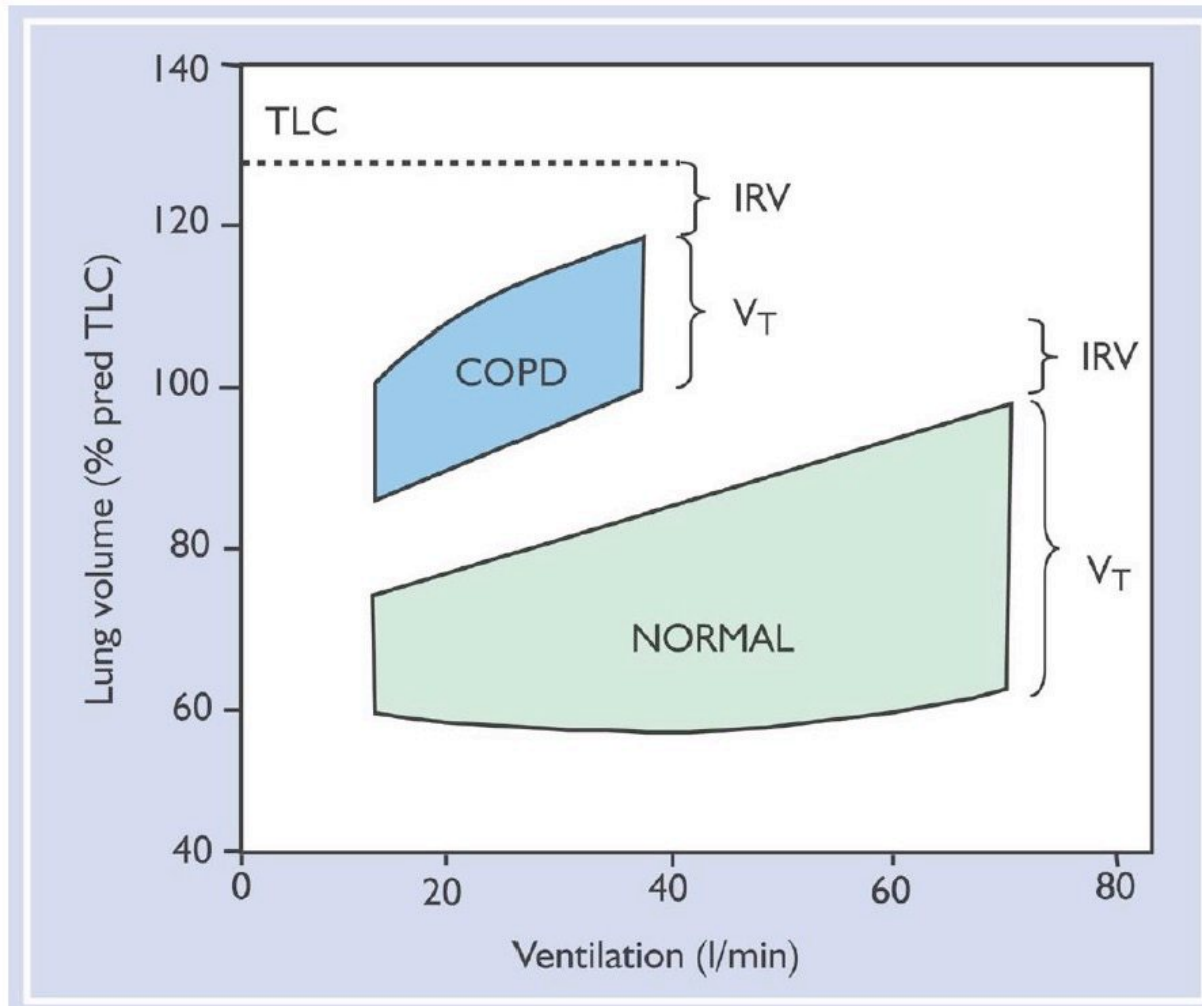


# Piégeage dynamique lors de BPCO: $\uparrow W_{RESP}$



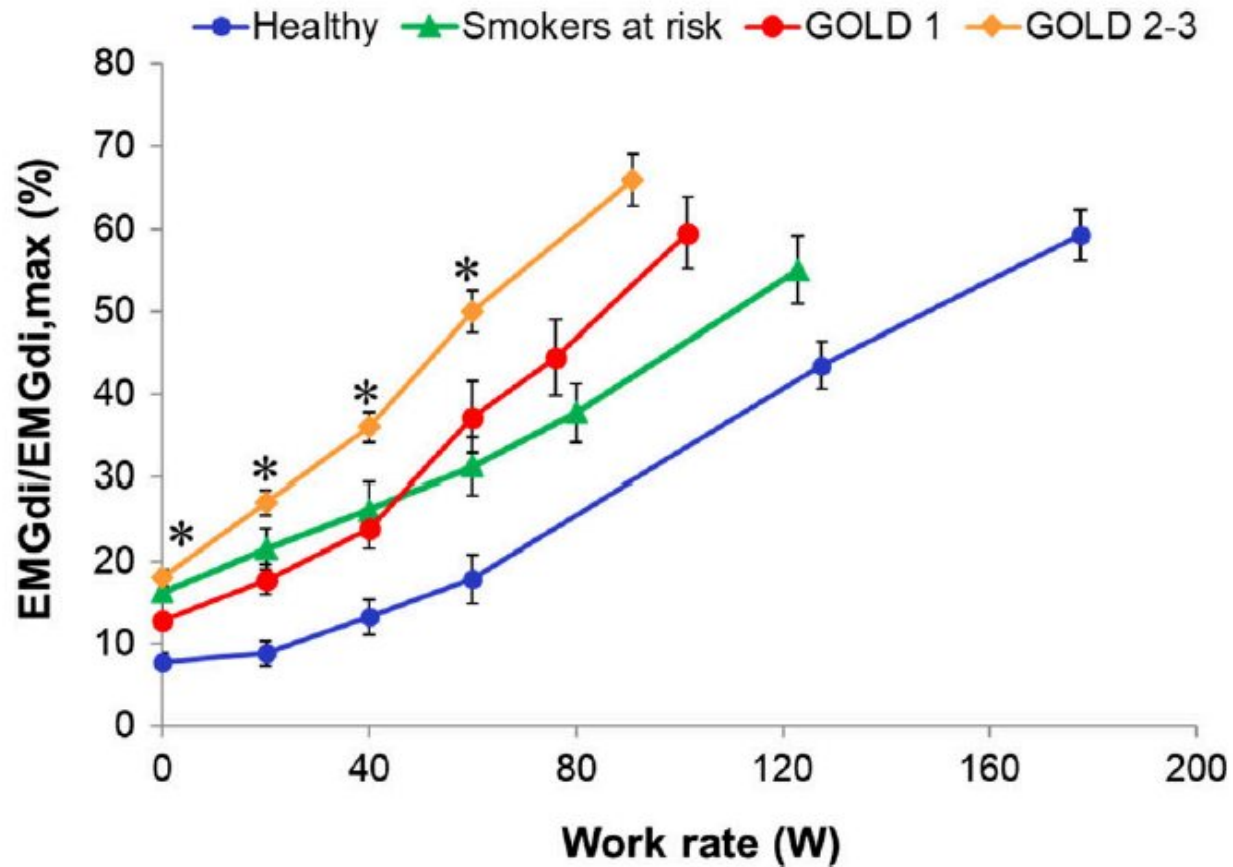


## Piégeage dynamique lors de BPCO



TLC: Capacité pulmonaire totale; IRV: volume inspiratoire de réserve; V<sub>T</sub>: volume courant

## Dyspnée: corrélations physiologiques



O'Donnell, D 2020

## *Dyspnée et muscles respiratoires*

---

- Lorsque la force des muscles inspiratoires diminue de manière critique, un effort même minime peut être source de dyspnée.
- *L'orthopnée* est un reflet de dysfonction diaphragmatique
- Cette dysfonction est mesurable par des techniques non-invasives: MIP (Maximal Mouth Inspiratory Pressure; SNIP: Sniff Nasal Inspiratory Pressure;  $\Delta$  CV (assis-couché) > 20%) ou invasives ( $P_{OES}$ : pression oesophagienne, ou  $P_{di}$ : pression trans-diaphragmatique)

## Muscles of inspiration

### Accessory

Sternocleidomastoid  
(elevates sternum)

Scalenes Group  
(elevate upper ribs)

Not shown:  
Pectoralis minor

### Principal

External intercostals  
Interchondral part of  
internal intercostals  
(also elevates ribs)

Diaphragm  
(dome descends, thus  
increasing vertical  
dimension of thorac  
cavity; also elevates  
lower ribs)



## Muscles of expiration

### Quiet breathing

Expiration results from  
passive, elastic recoil  
of the lungs, rib cage  
and diaphragm

### Active breathing

Internal intercostals,  
except interchondral  
part (pull ribs down)

Abdominals  
(pull ribs down,  
compress abdominal  
contents thus pushing  
diaphragm up)

Note shown:  
Quadratus lumborum  
(pulls ribs down)

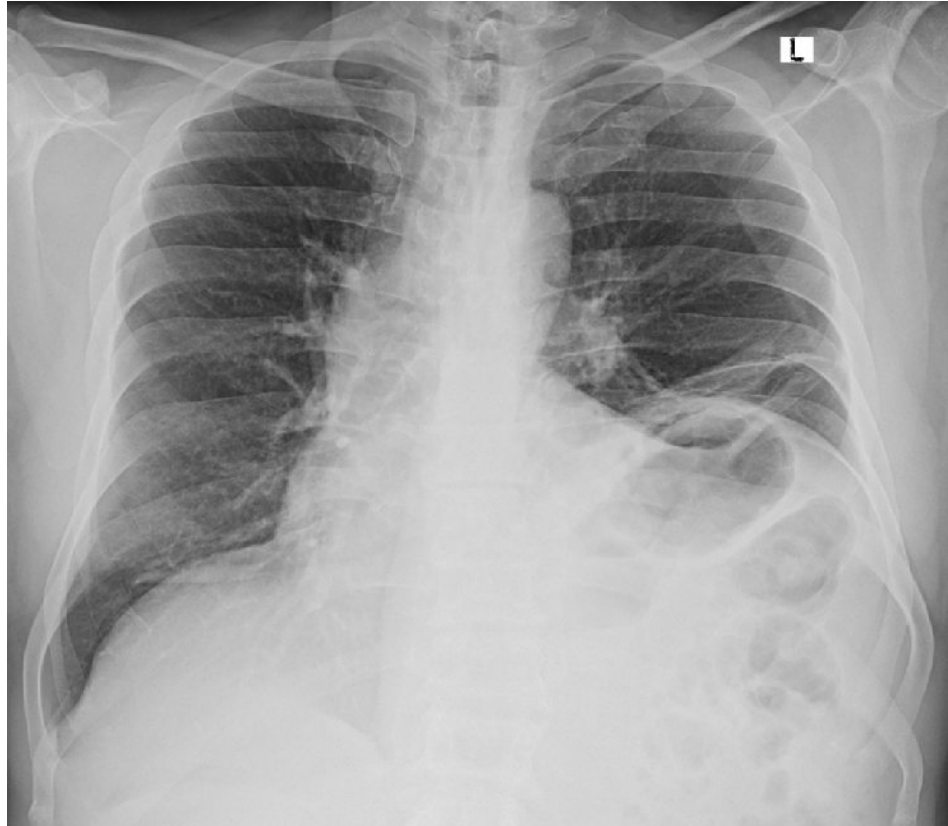
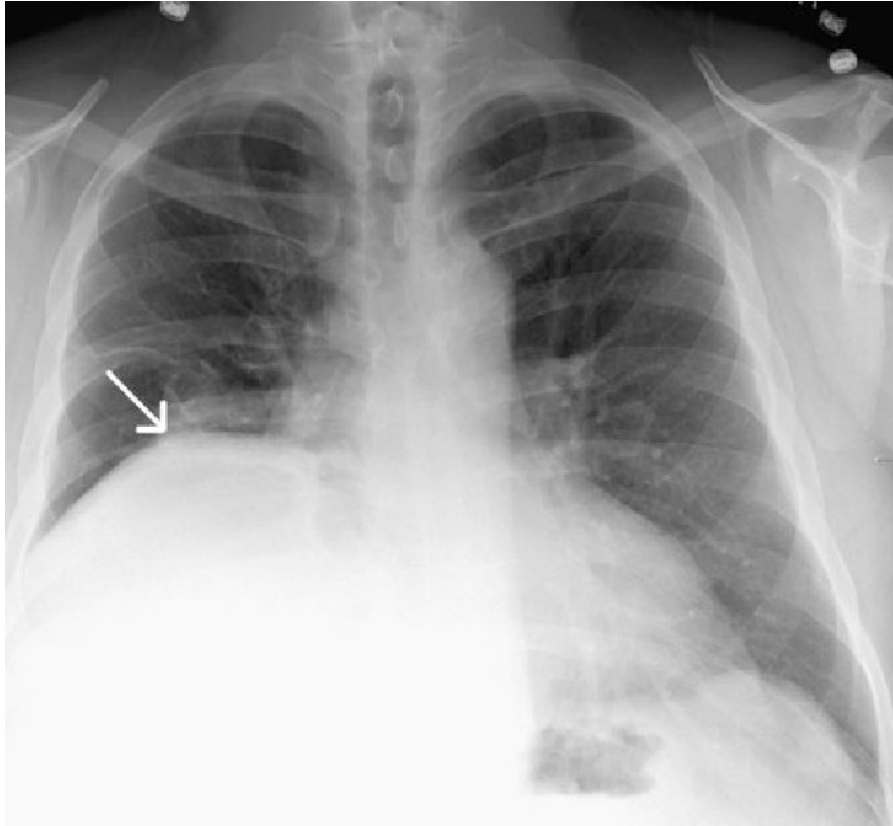


Peak flow meter



ADAM.



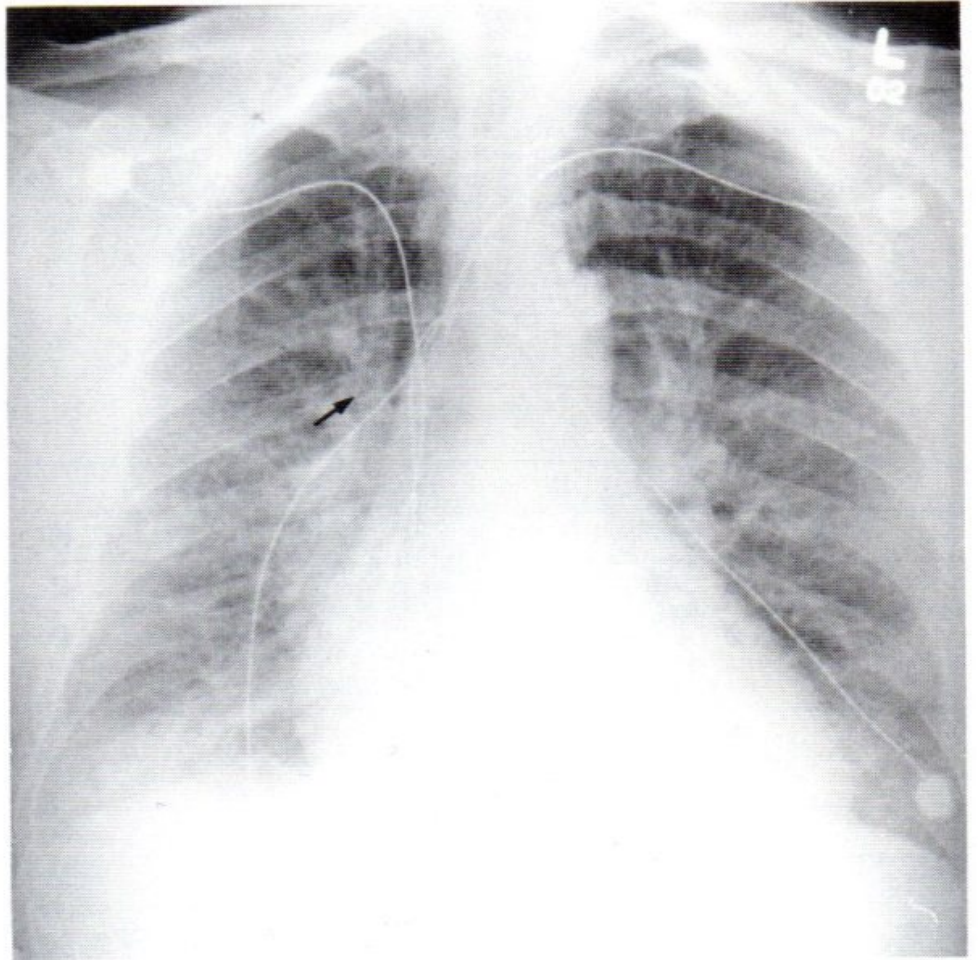
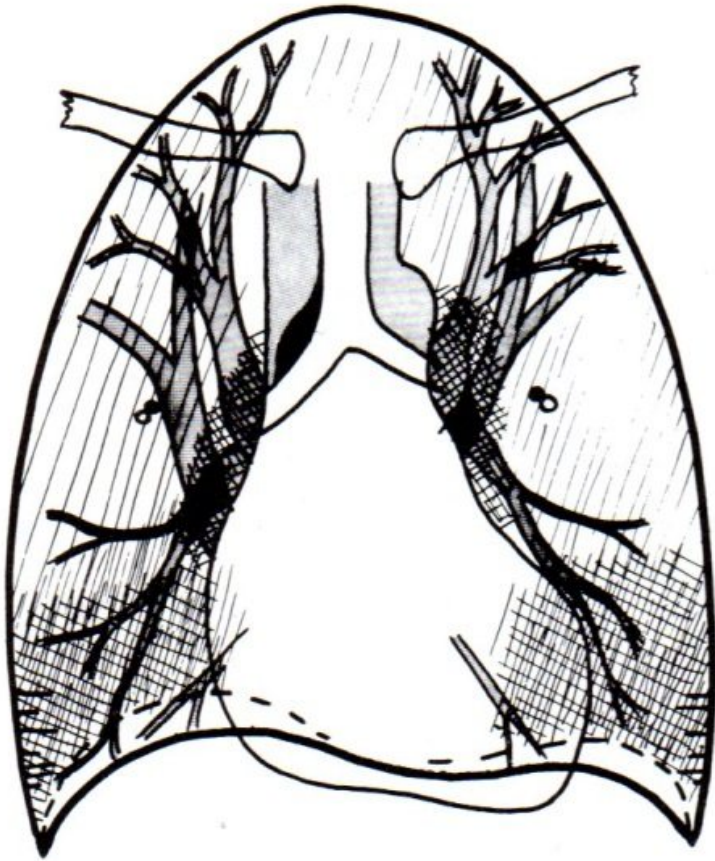


## *Dyspnée et cardiopathie*

---

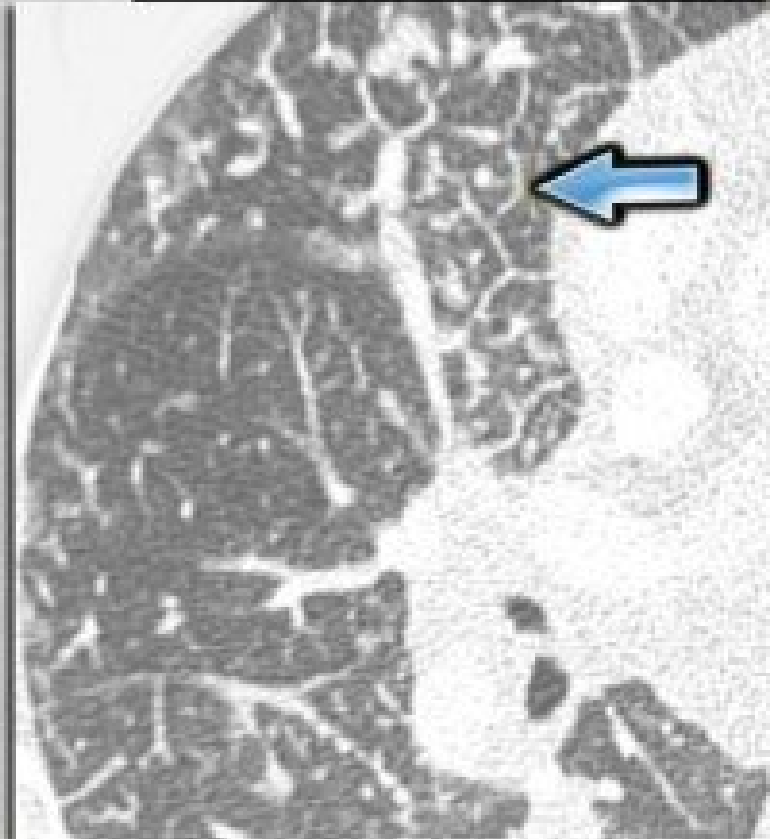
- Plusieurs mécanismes impliqués
- Lors de dysfonction ventriculaire gauche systolique et/ou diastolique: œdème interstitiel, œdème bronchique
- Epanchements pleuraux
- Diminution de la  $DO_2$ : «oxygen delivery» (distribution périphérique d' $O_2$ ): hypoxémie tissulaire, acidose métabolique, avec impact sur les chémorécepteurs
- Augmentation des besoins ventilatoires (donc de  $W_{RESP}$ ) pour un effort donné

A





Stimulation par l'œdème interstitiel de fibres J  $\Rightarrow$  augmentation de la VE et  
Augmentation du «gain» de la réponse aux variations de PaCO<sub>2</sub>



## *Dyspnée et maladies vasculaires pulmonaires*

---

Embolie pulmonaire, hypertension pulmonaire

Plusieurs mécanismes impliqués

- Interdépendance ventriculaire
- Effet «d'espace mort» (VD/VT): «ventilation gaspillée»
- Diminution de la  $DO_2$
- Augmentation des besoins ventilatoires (donc de  $W_{RESP}$ ) pour un effort donné

## *En résumé, la dyspnée ....*

---

- Est une sensation complexe générée au niveau cortical (comme la douleur)
- Intègre l'intensité de la charge respiratoire attendue, l'intensité des afférences depuis les centres respiratoires, les afférences du système respiratoire (qui renseignent sur la ventilation effective) et proprioceptives
- Nait d'une dysharmonie entre charge respiratoire attendue, commande ventilatoire et ventilation effective....

## *La dyspnée ça se mesure....*

---

- Anamnèse
- Echelle numérique (0 à 10, lors d'un test d'effort par ex.)
- Echelle VAS (Visual Analogic Scale)
- Echelle de Borg ou de Borg modifiée
- Echelle MRC (Medical Research Council)
- Echelle de la NYHA (New-York Heart Association)
- Baseline Dyspnea Index & Transition Dyspnea Index
- Echelles spécifiques au sein de questionnaires plus élaborés de QVLS\*

\*: Qualité de vie liée à la santé

## *Caractériser la dyspnée*

---

- Depuis quand?
- Evolution?
- Permanent? Intermittent?
- Jour? Nuit?
- Facteurs favorisants?
- Phénomènes associés?

Des sensations distinctes:

- Sensation d'effort
- Soif d'air
- Sensation de suffocation
- Poitrine serrée
- ..

Table 1. Respiratory Sensations Associated with Various Conditions.\*

SENSATION	COPD	CONGESTIVE HEART FAILURE	INTERSTITIAL LUNG DISEASE	ASTHMA	NEUROMUSCULAR AND CHEST-WALL DISEASE	PREGNANCY	PULMONARY VASCULAR DISEASE
Rapid breathing		X					X
Incomplete exhalation				X			
Shallow breathing				X	X		
Increased work or effort	X		X	X	X		
Feeling of suffocation	X	X					
Air hunger	X	X				X	
Chest tightness				X			
Heavy breathing				X			

\*Adapted from Simon et al.<sup>10</sup> and Elliott et al.<sup>11</sup>

## *Caractériser la dyspnée*

---

Aiguë; ex:

- Obstruction des VA
- Embolie
- Infection
- PNO
- Hyperventilation...
- OAP
- Tamponnade..

Chronique; ex:

- BPCO, asthme
- Pneumopathie interstitielle
- Troubles statiques
- Affection neuro-musculaire
- Syndrome d'hyperventilation...

# Différentes échelles de dyspnée

## Échelle visuelle analogique

Dyspnée maximale



Absence de dyspnée

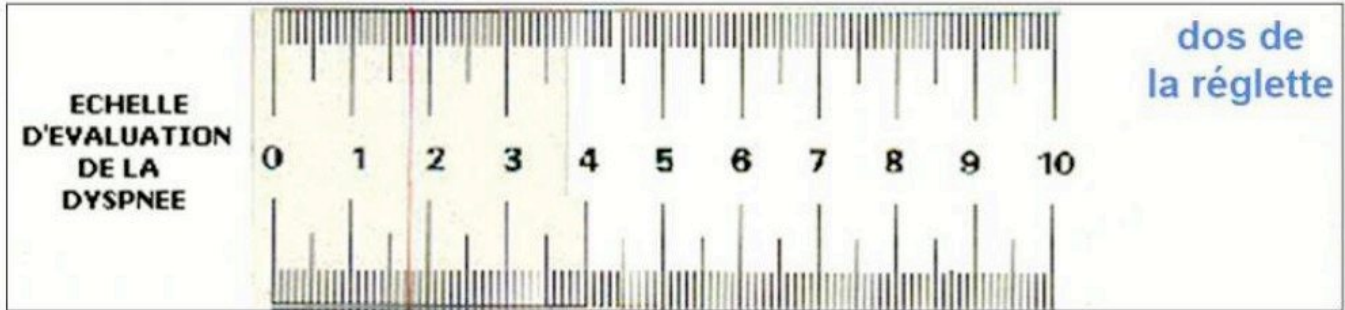
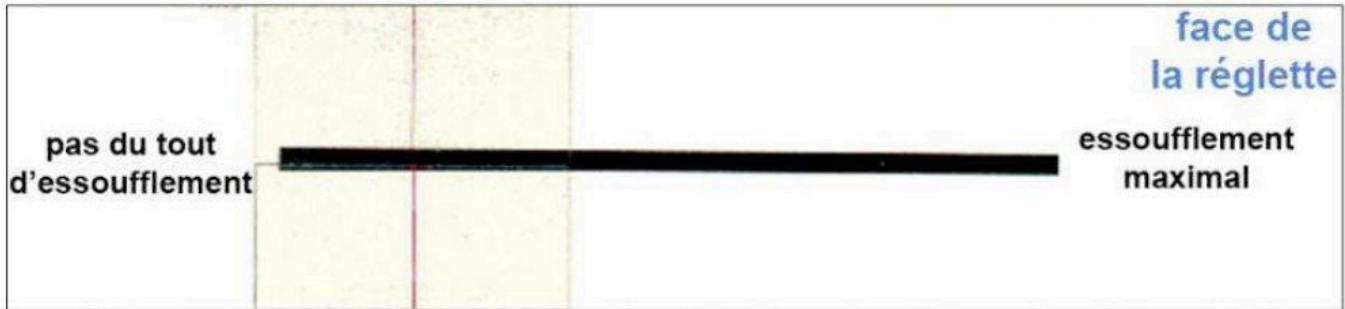
## Échelle de Borg

- |     |                        |
|-----|------------------------|
| 0   | Pas du tout de dyspnée |
| 0,5 | Très, très légère      |
| 1   | Très légère            |
| 2   | Légère                 |
| 3   | Modérée                |
| 4   | Un peu sévère          |
| 5   | Sévère                 |
| 6   | } Très sévère          |
| 7   |                        |
| 8   |                        |
| 9   |                        |
| 10  | Très, très sévère      |

## Échelle du *Medical Research Council*

- |   |   |
|---|---|
| 0 | Aucune dyspnée  |
| 1 | Peut hâter le pas ou monter une pente                 |
| 2 | Peut marcher sur terrain plat à pas normal            |
| 3 | Doit s'arrêter même lorsqu'il marche à son propre pas |
| 4 | Est essoufflé pour s'habiller et faire sa toilette    |







## Echelle de dyspnée du Medical Research Council (MRC) :

---

- Stade 0 : je suis essoufflé uniquement pour un effort important
- Stade 1 : je suis essoufflé quand je me dépêche à plat ou quand je monte une pente légère
- Stade 2 : je marche moins vite que les gens de mon âge à plat ou je dois m'arrêter quand je marche à mon pas à plat
- Stade 3 : je m'arrête pour respirer après 90 mètres ou après quelques minutes à plat
- Stade 4 : je suis trop essoufflé pour quitter ma maison ou je suis essoufflé rien qu'à m'habiller

## échelle de dyspnée de la NYHA

- Classe I :** Aucune limitation d'activité; capacité d'effort normale pour l'âge. Les patients ne souffrent d'aucun symptôme au cours des activités ordinaires. Des efforts physiques inhabituels peuvent cependant être responsables d'un essoufflement.
- Class II :** Limitation d'activité légère à modérée. Pas de limitation au repos mais apparaissant pour des activités normales pour l'âge.
- Classe III :** Limitation d'activité marquée. Pas de limitation au repos mais apparaissant pour des activités inférieures à la normale pour l'âge.
- Classe IV :** Limitation au moindre effort et/ou au repos.

## *Dyspnée et COVID: «silent hypoxemia» ou «happy hypoxemia»*

---

- Dans un sous-groupe de patients atteints de COVID-19 on a constaté une dissociation entre hypoxémie sévère et symptômes, en particulier une absence de dyspnée
- Ces patients se sont avérés particulièrement à risque de décompensation brutale
- L'hypothèse est «neurologique»: non perception des afférences ou traitement inapproprié au niveau cortical des signaux afférents..

## *Dyspnée et troubles du mode ventilatoire*

---

- Conséquence fréquente du COVID..
- Associés aussi aux troubles anxieux
- Syndromes d'hyperventilation
- Dysfonctions laryngées au repos, à l'effort (EILO)
- Troubles du mode ventilatoire: augmentation de la CRF, soupirs...

## *Dyspnée psychogène*

---

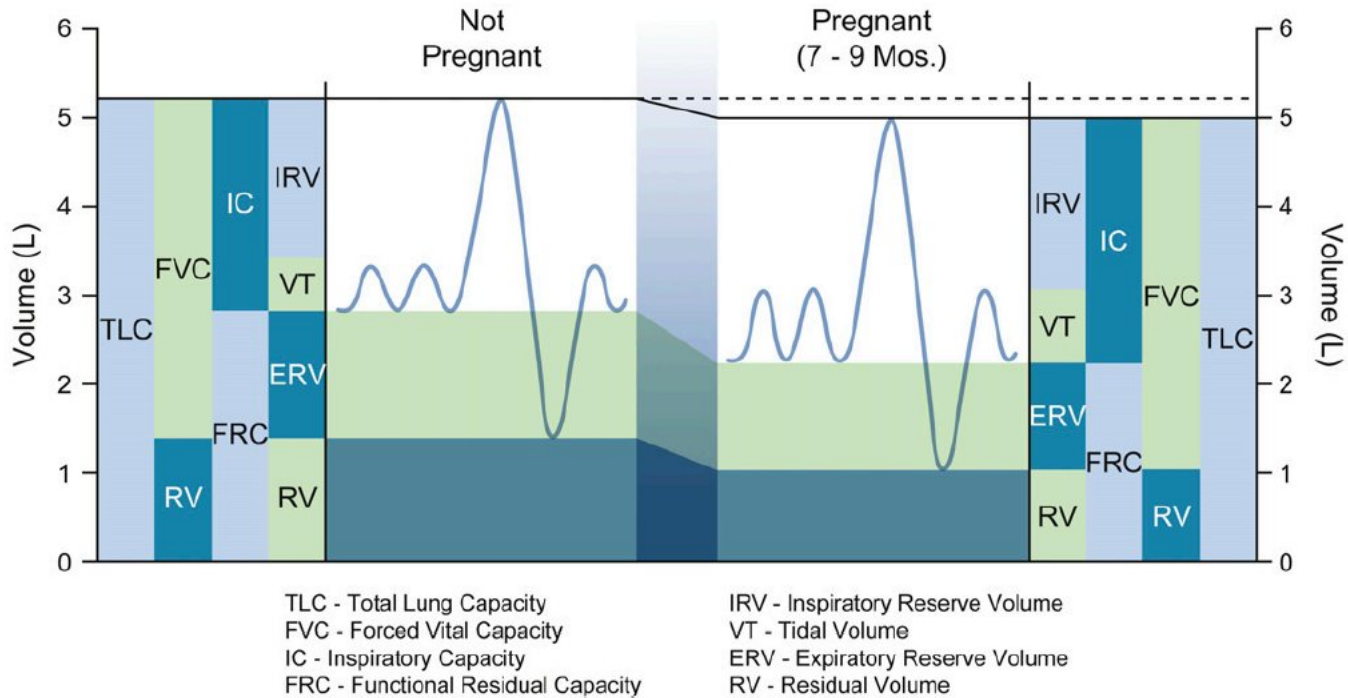
- Un diagnostic d'exclusion
- En dehors des pathologies précédemment mentionnées, très rare

## *Dyspnée et grossesse*

---



Hegewald & Crapo



**Fig. 2.** Changes in lung volumes with pregnancy. The most significant changes are reductions in FRC and its subcomponents ERV and RV, and increases in IC and VT.



**Table 1**  
**Arterial blood gas (ABG) changes in pregnancy (sea level)**

<b>ABG Measurement</b>	<b>Nonpregnant State</b>	<b>Pregnant State</b>	
		<b>First Trimester</b>	<b>Third Trimester</b>
pH	7.40	7.42–7.46	7.43
P <sub>a</sub> O <sub>2</sub> (mm Hg)	93	105–106	101–106
P <sub>a</sub> CO <sub>2</sub> (mm Hg)	37	28–29	26–30
Serum HCO <sub>3</sub> (mEq/L)	23	18	17

Data from Refs.<sup>44,57,63</sup>

## *Dyspnée: Varia*

---

- Déconditionnement (fréquent chez le sujet âgé)
- Anémie
- Intoxication au CO

## *Dyspnée et traitements*

---

- Traitement étiologique (de la pathologie sous-jacente)
- Réhabilitation cardio-respiratoire
- Traitements symptomatiques: **opiacés**, buspirone, (théophylline)
- Support ventilatoire: O<sub>2</sub>, PPC, O<sub>2</sub> à haut débit humidifié, ventilation non-invasive (VNI)
- Pas de place à priori pour les anxiolytiques

## *Dyspnée: «Take-home messages»*

---

- Notion centrale de  $W_{RESP}$
- La dyspnée est subjective et se mesure
- Démarche étiologique nécessaire
- Importance sous-estimée du déconditionnement
- Place importante de la réhabilitation