

## **Cours Anatomie – Physiologie de l'Appareil Respiratoire**

**Pr Yves Jammes**

### **1 – Introduction : poumon à interface Homme – Environnement (surface 150 m<sup>2</sup>)**

Fonctions principales : extraction de l'oxygène, évacuation du CO<sub>2</sub> produit par les cellules, épuration de l'air inspiré et son conditionnement (réchauffement, hydratation)

### **2 – Anatomie des voies aériennes et poumons**

Les voies aériennes supérieures (nez ou bouche / pharynx / larynx) et inférieures (trachée / bronches souches ou principales / bronchobes lobaires / bronches segmentaires / bronchioles / bronchioles terminales et alvéoles).

#### **Segmentation pulmonaire :**

3 lobes à droite (Supérieur – moyen – inférieur) / 2 lobes à gauche supérieur incluant la lingula – inférieur)

Lobe sup droit : 3 segments / lobe sup gauche : 5 segments

Lobe moyen (droit) : 2 segments

Lobes inférieur droit ou gauche : 5 segments

#### **Structure de arbre aérien :**

Trachée : anneaux cartilagineux – mur postérieur de muscle lisse

Bronches : cartilage discontinu – muscle lisse dirculaire

Bronchioles : aucun cartilage – richesse de muscle lisse

**Paroi des voies aériennes :** mucus - épithélium avec cellules ciliées – muqueuse : muscle lisse, capillaires, glandes sécrétoires, terminaisons nerveuses sensibles.

**Paroi des alvéoles :** Pneumocytes I formant la paroi / Pneumocytes II sécrétant le SURFACTANT / Macrophages attendant les agents pathogènes et les particules inertes. / Contact très étroit avec capillaires de circulation pulmonaire.

### **3 – Anatomie fonctionnelle de cage thoracique**

#### **Le GRILL costal et mouvements des côtes :**

12 paires de côtes dont 10 insérées en avant sur le sternum et 2 côtes « flottantes »

Mouvements des côtes : 2 points d'appui (sternum en avant / rachis en arrière) ; ascension des côtes pendant l'inspiration augmente périmètre thoracique et projette sternum vers l'avant et vers le haut

### **Muscles respiratoires et leurs actions**

**Muscles intercostaux** : internes (expiratoires), externes (inspiratoires), parasternaux (inspiratoires)

**Diaphragme** : sépare thorax de abdomen / 2 coupoles / tendon central / 3 orifices de passage pour œsophage-aorte-veine cave inférieure.

Mouvements du diaphragme : descente pendant sa contraction (INSPIRATION) / ascension passive pendant son relâchement (EXPIRATION). Sa descente augmente tous les diamètres de la cage thoracique (vertical, transversal, antéro-postérieur). Il assume 85% de la ventilation de repos

**Muscles accessoires** (hyperventilation, chant, parole) :

**Muscles recouvrant cage thoracique** : grand et petit pectoraux, grand dentelé (rôle inspiratoire accessoire)

**Muscles du cou** : sterno-cleido-mastoidien et scalène (aide inspiratoire : tirage des insuffisants respiratoires)

**Muscles de l'abdomen** : grand et petit obliques, transverse, grand droit (expiration : compression de l'abdomen fait remonter le diaphragme).

**Solidarité poumons-thorax = rôle de la plèvre** : plèvre assume contact étroit entre cage thoracique et poumons : ses deux feuillets (plèvre pariétale et plèvre viscérale) sont séparés par un film liquidien renouvelé par la circulation lymphatique. Aspiration constante du tissu pulmonaire

### **Commande des muscles respiratoires et son contrôle :**

**Innervation des muscles respiratoires** : voir diaporama

**Automatisme de activité respiratoire** : alternance inspiration – expiration : rôles de neurones dans le bulbe rachidien (groupe respiratoire dorsal commande le diaphragme / groupe respiratoire ventral commande les muscles dits accessoires)

### **Importance des informations périphériques sur :**

Etat des poumons et voies aériennes (nerf vague)

Contenu en O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> du sang artériel (chimiorécepteurs des sinus carotidien et de crosse aortique) : informations sur hypoxémie ou/et hypercapnie

Activité des muscles respiratoires et squelettiques (activité physique)

#### 4 – Fonctions de l'appareil respiratoire

##### 4.1 Respiration : transferts de oxygène et CO<sub>2</sub> entre milieu ambiant et cellules\*

**Ventilation** : voir diaporama

Moteur = mouvements respiratoires

Rôle majeur des résistances des voies aériennes et de la compliance des tissus

Causes d'augmentation des résistances et de diminution de compliance : voir diaporama

Contrôle du muscle lisse trachéobronchique et des résistances : rôle du nerf vague (neurotransmetteur = Acétylcholine qui contracte muscle lisse et augmente les résistances) et du sympathique (neurotransmetteur = Noradrénaline qui relâche muscle lisse et dilate les voies aériennes). Médicaments de l'asthme : mimant action de noradrénaline (béta mimétique) ou inhibant effets de l'acétylcholine (atropine)

**Diffusion alvéolo-capillaire :**

Moteur = pressions des gaz O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> de part et d'autre de la paroi alvéolo-capillaire

Diffusion facilitée par faible épaisseur de paroi, proximité des capillaires pulmonaires et contact des globules rouges à la paroi capillaire.

**Transport de O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> par le sang :**

**Transport de O<sub>2</sub> :**

*Cascade de l'oxygène entre air ambiant et cellules :* passage de PO<sub>2</sub> de 150 mmHg (air inspiré) à 10 mmHg dans les cellules : 3 étapes essentielles : appareil respiratoire, circulation, espace interstitiel entre paroi des capillaires et membrane cellulaire

*Transport sous forme dissoute dans le plasma :* elle crée la pression partielle d'O<sub>2</sub> (PaO<sub>2</sub> normale = 85 – 95 mmHg)

*Transport sous forme liée au Fer porté par hémoglobine* (98,5% de masse d'O<sub>2</sub> transportée). Hémoglobine doit libérer l'O<sub>2</sub> transporté lorsque les globules rouges arrivent au contact des cellules. Explication : forme particulière

de la courbe de saturation (charge) en O<sub>2</sub> de l'hémoglobine (relargage d'O<sub>2</sub> lorsque PO<sub>2</sub> diminue et c'est ce qui se passe au contact des cellules qui consomment O<sub>2</sub>).

Saturation en O<sub>2</sub> dans le sang artériel (SaO<sub>2</sub>) mesurée le plus souvent de façon non invasive (capteur cutané au doigt ou au lobe de l'oreille)

Limites de mesure de SaO<sub>2</sub> : petite diminution (passe de 98 % à 95%) traduit chute importante de PaO<sub>2</sub>

### **Transport du CO<sub>2</sub> produit par les cellules :**

#### **Formes de transport :**

dans le sang, CO<sub>2</sub> dissout qui crée PCO<sub>2</sub> responsable d'une acidification du sang, et sous forme de bicarbonates (bases)

dans les globules rouges : lié à l'hémoglobine (carbhémoglobine) (et non carboxyhémoglobine = CO lié à l'hémoglobine)

**Le poumon participe à la régulation de l'équilibre acide-base** en éliminant le CO<sub>2</sub> : pour les désordres de cet équilibre voir diaporama

## **4.2 Fonctions non respiratoires et non métaboliques:**

**Echanges thermiques :** rôle majeur du nez dans le réchauffement et l'hydratation de l'air inspiré qui doit être à 37°C et contenir 100% d'eau dans la trachée cervicale. Conséquences néfastes de la respiration prolongée par la bouche en cas de rhinite obstructive (« nez bouché »)

### **Epuration pulmonaire**

**Toux : voir diaporama** (acte réflexe physiologique mais dangereux pour les parois trachéobronchiques et aussi pour le cœur en cas de quinte de toux prolongées)

**Tapis roulant muco-ciliaire :** cils vibratiles de l'épithélium trachéobronchique + mucus (activités bactéricides et virucides) + macrophages transportent particules et germes inhalés vers le pharynx (déglutition ou expectoration)

**Passage possible des macrophages chargés de particules (amiante) ou/et de germes dans la lymphe puis vers les plèvres**

## 5 – Exploration fonctionnelle respiratoire

**Indications :** voir diaporama (**non limitées aux seules maladies pulmonaires**)

### **Outils diagnostiques :**

**Spirométrie :** mesure de capacité vitale (CV) et de capacité pulmonaire totale (CPT = CV + volume dit résiduel ou VR). Diagnostic de « syndrome restrictif » porté si, et seulement si, CPT est diminuée.

**Expiration forcée maximale :** mesure l'obstruction (réduction volume expiré maximum en 1 seconde = VEMS). Intérêt dans **asthme et bronchite chronique**

**Transfert du monoxyde de carbone (CO) :** évalue transfert de O<sub>2</sub> par diffusion intraalvéolaire et alvéolo-capillaire (**emphysème, fibrose pulmonaire**)

**Recherche d'une hyperréactivité bronchique (asthme) par test dit de provocation bronchique par la Métacholine**