

Fiche C5 UE12 : MECANIQUE VENTILATOIRE ET VOLUMES PULMONAIRES

Cours relativement complexe, bien lire une fois le cours de la ronéo pour bien comprendre et ensuite travailler fiche.

I/RAPPEL

La fonction du système respiratoire est d'assurer l'**hématose**, c'est-à-dire les échanges gazeux et donc l'apport d'O₂ et l'élimination de CO₂.

Il a également d'autres fonctions non respiratoires comme le maintien du pH car c'est un tampon ouvert ayant un rôle dans l'équilibre acido-basique.

Il faut savoir qu'on parle d'air inspiré et de gaz expiré et non d'air expiré car il n'y a plus d'O₂.

II/SYSTEME MECANIQUE VENTILATOIRE

Il est constitué d'un **système passif** (poumon+paroi+voies aériennes) et d'un **système actif** (muscles ventilatoires).

A. SYSTEME PASSIF

Le système passif est composé d'un « sac » (le poumon) qui a une fonction de compliance, d'un « tuyau » (qui sont les voies aériennes) qui exerce une résistance à l'écoulement des gaz dans les voies aériennes et d'une paroi (la paroi thoraco-abdominale).

Il est caractérisé par deux grands systèmes :

- **Le système élastique**

Correspondant à l'ensemble **poumon (sac) + paroi thoraco-abdominale**.

On peut caractériser ce système en mesurant la **compliance et le volume** quand ce système est à l'équilibre.

Concernant la distensibilité du poumon (sans paroi): Etant capable de se gonfler, il est donc marqué par la notion de distensibilité. Il va se gonfler en fonction des différences de pressions entre l'intérieur, c'est-à-dire l'alvéole, et l'extérieur qui est la pression atmosphérique. Cette différence de pression va dépendre de l'élastance et du volume gagné par le sac. On peut utiliser de manière équivalente l'élastance ou bien la notion de compliance car celle-ci est l'inverse de l'élastance.

$$\Delta P = E \times V = 1/C \times V$$

élastance - compliance

V : Volume
E : Elastance
C : Compliance

Sur la courbe dépendant de la formule ci-dessus, la pente sera la compliance. **La distensibilité du poumon est donc caractérisée par la compliance**. A force de gonfler le poumon, on va arriver à une pression de rétraction maximale (30 cmHg), où le volume va rester constant et la compliance va chuter. C'est la pression au-delà de laquelle on peut faire éclater le poumon.

Il y a **deux** déterminants de la compliance pulmonaire, elle est liée :

- **Au tissu pulmonaire.** Dans le tissu pulmonaire on retrouve des éléments cellulaires, et une matrice extra-cellulaire qui comprend de l'élastine et du collagène fibrillaire. C'est cette **matrice extra-cellulaire** qui joue un rôle et non les cellules.

Le tissu pulmonaire va sécréter du surfactant. Il a deux grands rôles :
-**Diminuer la tension de superficielle** et donc d'augmenter la compliance pulmonaire,
-**Permettre la coexistence d'alvéoles de tailles différentes.**

Il existe des maladies telles que l'emphysème et la fibrose. Ces deux maladies vont donc modifier la compliance du poumon car sont des atteintes de la MEC.

- **A l'interface gaz-tissus.** A cette interface, il existe une tension superficielle. L'interface air-tissus est responsable d'une différence de travail entre le travail inspiratoire (qui est supérieur) et le travail expiratoire, c'est l'hystérésis. (Alors qu'avec de l'eau salée, on supprime l'interface, et donc l'hystérésis, la compliance sera plus importante).

Concernant la distensibilité de la paroi thoraco-abdominale (sans poumon) :

La paroi a un certain volume de relaxation.

- Lors d'une expiration maximale, la paroi se comprime. La paroi va spontanément vouloir retourner vers son volume de relaxation. Elle exerce donc une force pour se distendre.
- Lors d'une inspiration maximale, la paroi va se distendre. Elle va vouloir retourner à son volume de relaxation.

Concernant la distensibilité poumon + paroi thoraco-abdominale:

La compliance (pente) de la paroi et la compliance du poumon sont assez similaires.

Par rapport à ces deux éléments séparés (compliance poumon seule et compliance paroi seule), on observe que le **compliance (pente) de la courbe pression-volume de l'ensemble poumon + paroi va diminuer.**

Compliance du poumon = Compliance paroi = 0,2L par cm d'H₂O. Compliance de l'ensemble poumon + paroi = 0,1L par cm d'H₂O. (On additionne les élastances) La nouvelle position d'équilibre du volume du système respiratoire passif poumon-paroi est la **capacité résiduelle fonctionnelle (CRF)**

Concernant les volumes pulmonaires, il y en a deux types :

- **Statiques :** Les volumes statiques ne bougent pas. Ce sont des volumes mesurés à la transition entre l'inspiration et l'expiration. Quand le débit est nul, le **système poumon + paroi est à l'équilibre**. On ne peut pas les mesurer de façon simple : On utilise soit la dilution, soit le pléthysmographe.

Il y a 3 volumes pour lesquels c'est le cas : Capacité résiduelle fonctionnelle (volume pulmonaire à la fin d'une expiration calme, CRF=3L) ; Capacité pulmonaire totale (volume en fin d'inspiration forcée CPT=6L) ; Volume résiduel (Volume à la fin de l'expiration forcée VR=1,5L)

- **Mobilisables :** On peut les mesurer par spirométrie. On a le **VT** (Volume courant, mobilisé quand on respire calmement VT=0,5L et le **CV**(Capacité vitale, volume mobilisé entre une inspiration forcée et une expiration forcée CV=4,5L).

L'espace pleural : C'est l'espace entre le poumon et la paroi qui est virtuel. Au sein de l'espace virtuel, **à la CRF**, on a une **pression négative**. Elle est de l'ordre de -5cmd'H₂O.

➤ **Le système résistif**

Il correspond à l'arbre aérien avec les **voies aériennes** (tuyaux).

➤ L'arbre aérien se divise en :

→ Voies aériennes supérieures avec le **nez**, le **pharynx** et le **larynx**.

Le nez va permettre le conditionnement du gaz en température (donc le réchauffement du gaz inspiré) et en humidité.

→ Voies aériennes inférieures avec la trachée et les bronches/bronchioles.

Il y a en tout 23 divisions **dichotomique**. On distingue **une zone de conduction** puis de **transition**, et enfin une **zone respiratoire** où se font les échanges gazeux.

Il existe une différence de pression entre l'entrée et la sortie de ces tuyaux, correspondant à une perte de charge qui dépend de la résistance (s'opposant à l'écoulement du gaz) des voies aériennes (tuyaux) et du débit à l'intérieur de ces tuyaux. (*Attention ici $V^\circ = \text{débit}$*).

$\Delta P = R \times \dot{V} = 1/G \times \dot{V}$ <p><i>résistance - conductance</i></p>	R : Résistance V° : Débit G : Conductance
---	---

Avec la résistance :

$$R = \frac{(P_1 - P_2)}{\text{débit}} \quad R = \frac{8 \cdot l \cdot \eta}{\pi \cdot r^4} \quad \text{Loi de Poiseuille}$$

cmH₂O / (L/s)

Cette perte de charge va également dépendre de :

- **La géométrie/calibre.**
- **Des conditions d'écoulements des gaz.** Résumé de la répartition des résistances dans les voies aériennes : Nez : 50% des résistances (le nez est donc un système résistif), voies aériennes centrales : 40% des résistances, voies aériennes périphérique : 10% des résistances.

❖ Analyse des débits expiratoires : (*à travailler avec cours page car complexe+++*)

On peut mesurer le débit qui est lié à la résistance pour évaluer le système résistif.

Un **débit reflète le calibre** des voies aérienne **uniquement** si le calibre est limitant pour le débit c'est-à-dire à l'**expiration forcée**. Cette expiration forcée va donc être mesurée aux EFR.

Pour évaluer l'état des bronches, on va étudier l'expiration forcée qui a une limitation du débit, c'est-à-dire que quand je souffle j'ai une pression à l'intérieur des poumons qui est positive et qui va permettre de faire sortir le gaz. Cependant à partir d'une certaine pression, le débit ne sort pas plus vite, il y a une limitation du débit expiratoire.

Le débit inspiratoire est lui non limité par le calibre car quand on inspire on agrandit les voies aériennes. De plus il y a une limitation par l'effort musculaire.

Avec $V^\circ = \frac{\Delta P}{R}$ Cf Explications page 14 +++

On mesure différents paramètres de façon quotidienne : La **capacité vitale forcée**, le **VEMS** (Volume expiré maximal en 1 seconde, normalement : VEMS > 75% de la CV forcée, sinon traduit une obstruction des bronches) ; **Débit expiratoire de pointe**.

A. EXPLORATIONS FONCTIONNELLES RESPIRATOIRES (EFR) DE PATHOLOGIES RESPIRATOIRES

Elles permettent d'étudier :

- Des maladies obstructives des voies aériennes comme le BCPO (qui est une obstruction permanente des bronches) ou l'asthme (qui est une obstruction transitoire). On mesurera en exploration fonctionnelle des débits en expiration et des résistances.
- Des maladies atteignant le parenchyme pulmonaire comme l'emphysème (destruction des fibres élastiques) ou la fibrose (dépôts de collagène fibrillaire qui empêche la distensibilité du poumon). On mesurera en exploration des volumes statiques et la compliance du poumon.

B. LE SYSTEME ACTIF

Quand on respire, les muscles ventilatoires vont exercer un certain travail musculaire pour vaincre les forces résistives s'opposant à l'écoulement du gaz dans les tuyaux. C'est la dissipation résistive. Il vont ainsi faire gonfler ce sac (poumon) en permettant un stockage élastique lié à la distensibilité du poumon.

Travail muscle = dissipation résistive + stockage élastique

Ce qui est **important de retenir** c'est ce que les muscles sont capables de générer des forces de l'ordre de plusieurs centaines de cm d'H₂O et que la mesure de ces pression maximales peut nous donner une idée de la fonction du muscle respiratoire, à la fois l'inspiration et à l'expiration.

Il y plusieurs muscles inspiratoires : (*retenir les noms des muscles accessoires !*)

Le **diaphragme** : C'est un muscle strié ayant un double contrôle automatique et volontaire. Il a un rôle essentiellement inspiratoire. **Les muscles intercostaux parasternaux et muscles scalènes. Les muscles accessoires : intercostaux externes et sternocléidomastoidien** qui sont recrutés en cas de besoin (en cas de défaillance respiratoire).

L'expiration : Elle est passive au cours de la respiration calme et normale. Elle devient active lors de l'exercice musculaire liée à l'action des muscles expiratoires de la paroi abdominale. Leur contraction refoule le diaphragme vers le haut.

C. PRESSIONS AU COURS DE LA VENTILATION COURANTE

Se référer à l'image page 17

A l'inspiration : le diaphragme part vers le bas et l'abdomen part en avant. La pression pleurale devient plus négative et diminue, la pression alvéolaire devient négative (à -1cm d'H₂O ici).

A l'expiration ; le diaphragme se relâche, la pression alvéolaire va devenir positive, la pression pleurale retourne a sa position de repos à -5cm d'H₂O.

Important :

Pour une respiration normale : le volume courant est de 400 ml, la pression pleurale est négative et égale à -5cm d'H₂O, le débit de repos est < 500 mL/s (il varie entre l'inspiration et l'expiration) et il y a de très faibles variations de pressions alvéolaires