

## Transport en oxygène dans les capillaires

Pas de réserve d'O<sub>2</sub> dans les tissus, ce qui entraîne une adaptation permanente de l'apport d'O<sub>2</sub> en fonction des besoins du métabolisme cellulaire. Par conséquent, il y a un contrôle constant de la ventilation et du débit cardiaque (via résistance vasculaire).

Si l'apport en O<sub>2</sub> est insuffisant, cela entraîne une hypoxie tissulaire, un métabolisme anaérobie et une production d'acide lactique avec une chute de pH ce qui entraîne un mauvais fonctionnement cellulaire.

Cas de baisse de l'apport en O<sub>2</sub> :

- hypovolémie,
- anémie : manque d'hémoglobine
- diminution du débit cardiaque

En situation physiologique de repos, c'est plus la demande tissulaire en O<sub>2</sub> que les apports d'O<sub>2</sub> qui détermine la consommation tissulaire (VO<sub>2</sub>).

Au cours d'état de choc, la CaO<sub>2</sub> (concentration en oxygène des artères) et le débit cardiaque diminuent, aboutissant à une mise en route de mécanismes compensateurs :

- Augmentation de l'extraction en O<sub>2</sub> par les cellules pour maintenir la consommation tissulaire en O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>) jusqu'à une valeur critique du seuil de transport de l'O<sub>2</sub>.
- Au-delà d'un certain seuil, baisse de VO<sub>2</sub> et métabolisme anaérobie.

Cette dépendance entre VO<sub>2</sub> et TO<sub>2</sub> définit l'état de choc.

La régulation de l'extraction en O<sub>2</sub> dépend d'une activation simultanée de 2 mécanismes :

1. Central : dépendant du SNV et principalement du sympathique (vasoconstriction) et du SRA (volémie) → redistribution régionale du débit sanguin.

- Le sympathique provoque à la fois :
  - Une veino-constriction qui augmente le retour veineux et le débit cardiaque
  - Une vasoconstriction artérielle qui maintient une pression de perfusion suffisante et permet une régulation métabolique

⇒ Quand ces mécanismes sont défaillants, l'organisme est en état de choc.

La redistribution du transport d'O<sub>2</sub> privilégie alors les organes vitaux (cerveau, cœur).

2. Régionale : la diminution de la PO<sub>2</sub> au niveau pré-capillaire provoque une vasodilatation des artérioles terminales → augmentation du nombre de capillaires perfusés et de la quantité de sang → diminution des distances inter-capillaires et augmentation du temps de transit des GR dans les capillaires → augmentation des échanges et augmentation de l'O<sub>2</sub>.

Les capacités d'extraction tissulaire de l'O<sub>2</sub> peuvent être altérées (pouvant conduire à des états de chocs) :

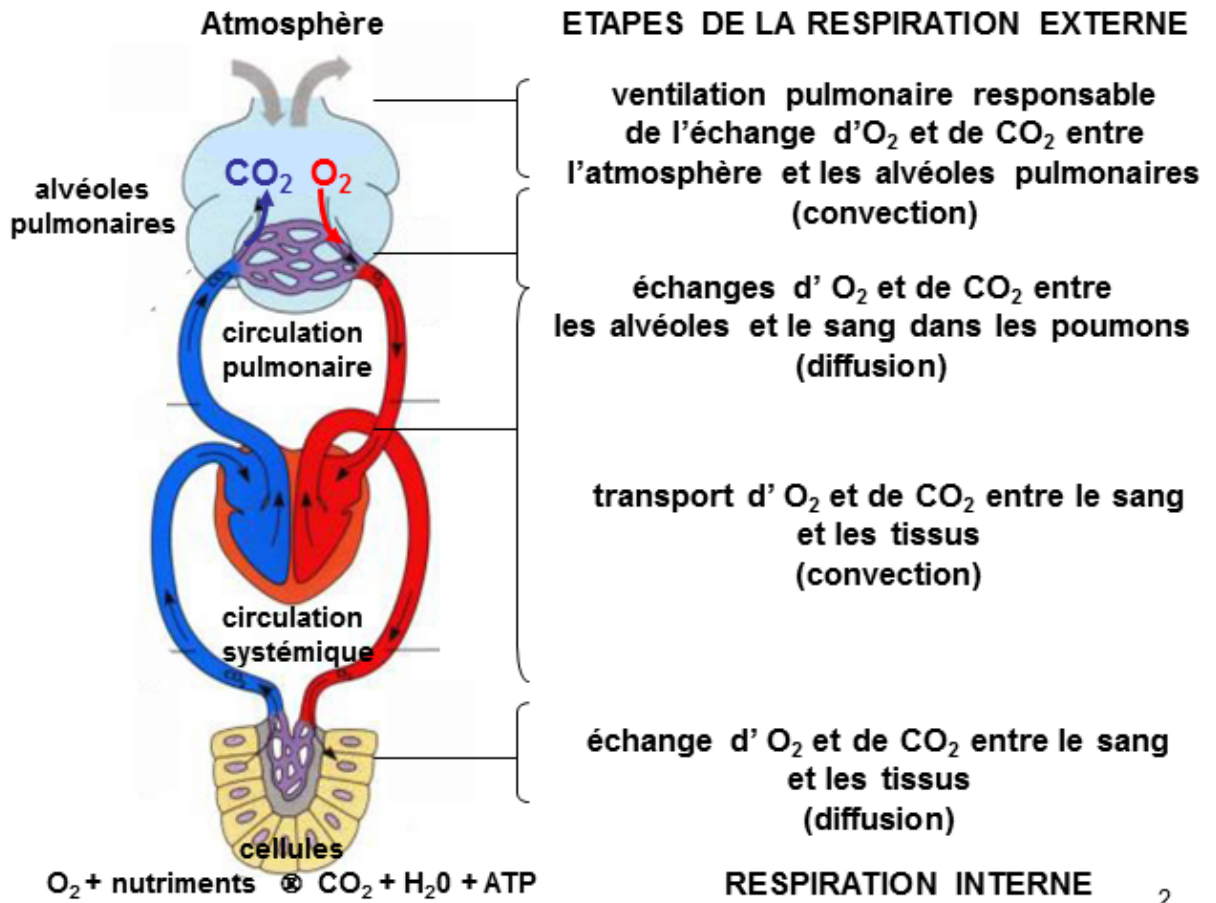
- Au niveau systémique : par atteinte du sympathique et shunt artério-veineux
- Au niveau microcirculatoire par : lésion endothéliales, micro-embolies
- Au niveau cellulaire par : atteinte mitochondriale (les cellules ne savent plus utiliser l'oxygène)

NB : Le saturomètre :

Non précis. Nous donne une idée de la saturation en oxygène du sang (reflet partiel de la pression partielle en O<sub>2</sub>) : revu plus tard dans l'UE pulmonaire.

# LA VENTILATION ET LES ECHANGES GAZEUX.

## I. Généralités :

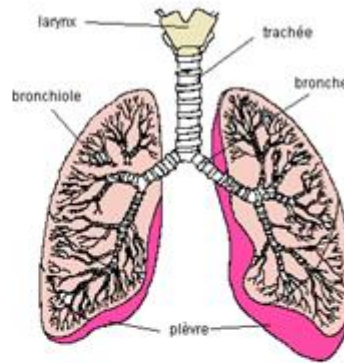


NB : Composition air : 21% d'O<sub>2</sub>, beaucoup d'azote, quelques traces de CO<sub>2</sub> et des gaz rares.

Convection : résulte du déplacement d'un fluide sous l'action d'une force extérieure. Entre deux fluides en mouvement.

Ex : muscle ventilatoire pour les gaz en phase gazeuse ou cœur pour les gaz transportés par le sang)

Diffusion : résulte du déplacement des gaz du fait de leur différence de pression partielle d'un point à un autre. Lié à un gradient



Radio-poumon :  
poumons, cœur,  
et les hiles  
pulmonaires  
(départ des  
vaisseaux et des  
bronches). Ici,  
le patient doit avoir  
une bronchite.



Image en bas à gauche : Sur  
humain à  
l'autopsie.  
Injection d'une  
substance  
plastique.

Séparation des  
bronches par

dichotomie. Présence d'une fraise (oui, la boule rouge sur le poumon gauche est une fraise !) pour représenter une tumeur : comme la tumeur est placée sur la bronche souche, on va devoir faire un pneumonectomie.

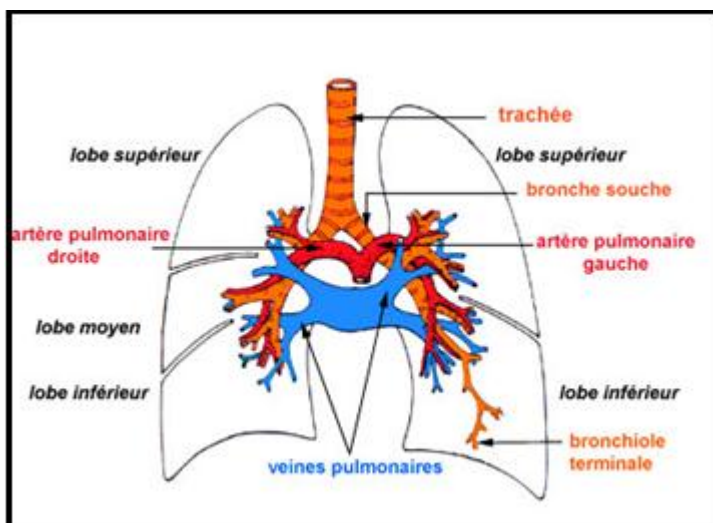
NB : Cancer du poumon : généralement un cancer bronchique.

- Peut-on vivre avec un seul poumon ?

Si le poumon restant va bien, il va s'étendre. On peut vivre normalement, sans effort intense.

Mais majorité des causes de cancers due au tabac : augmentation sécrétion → diminution de la fonction respiratoire. Lors de pneumonectomie, insuffisance respiratoire : intérêt d'un bilan pré-op pour mesurer la ventilation du sujet.

- Anatomie du poumon et ses limites.



A observer :

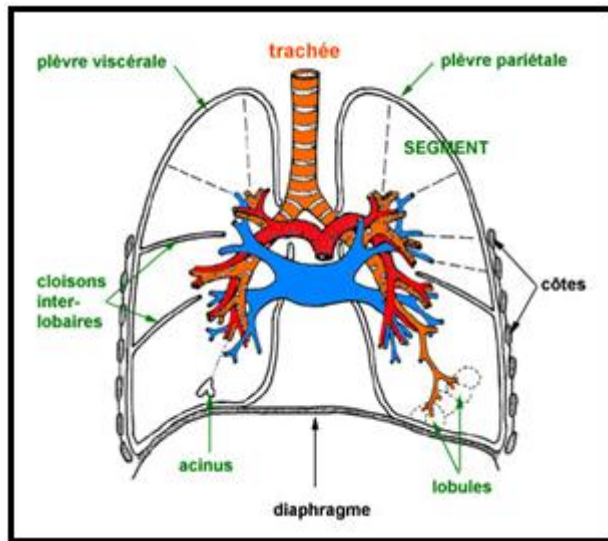
Poumon D : trois lobes

Poumons G : deux lobes

Partage des bronches et leurs séparations dans les différents lobes

Ramification et position des artères par rapport aux bronches.

- Limites du poumon :



A observer :

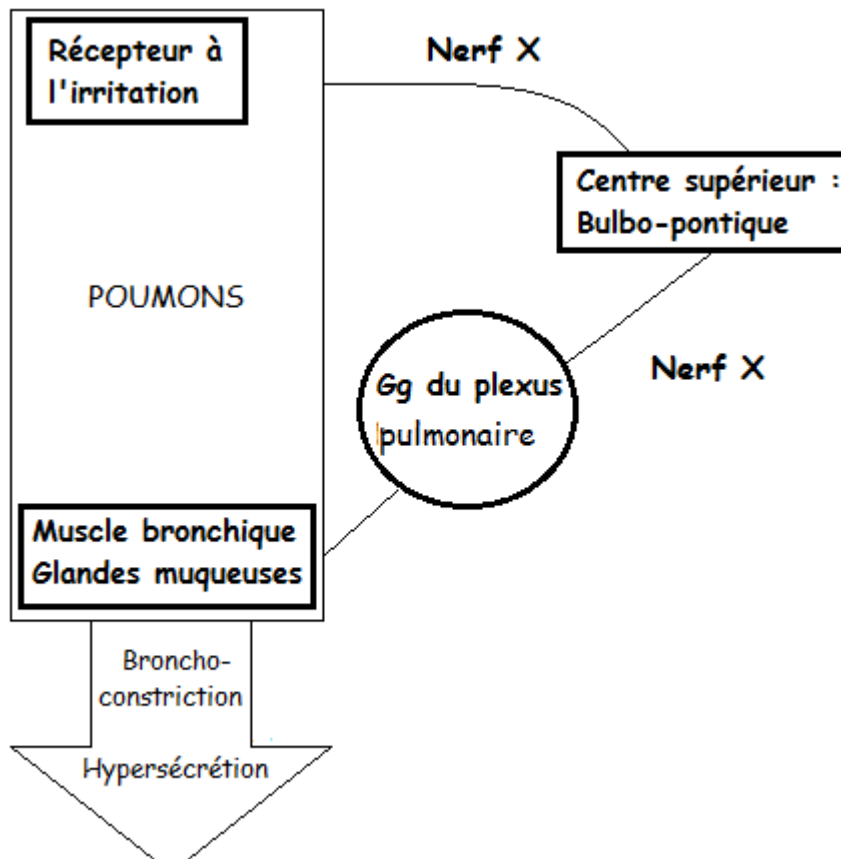
Limite inférieure : muscle diaphragme, prépondérant dans la respiration.

Limite sur les côtés : côtes, rôle dans la respiration lors de leur mouvement.

## II. Action du SNV sur la respiration

Voir le schéma général du fonctionnement du SNV ronéo concernée.

### a. Action du parasympathique :



Explication du mécanisme :

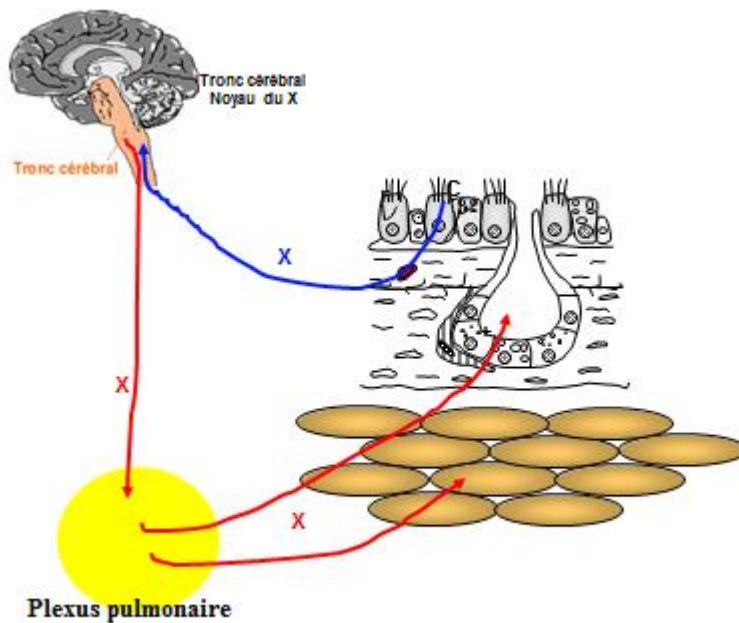
Les principaux récepteurs sont des récepteurs à l'irritation. Ils sont présents tout le long de l'arbre bronchique. Ils vont être envoyés des renseignements par l'intermédiaire du X (nerf vague), au niveau des centres supérieurs et principalement au niveau bulbo-pontique (base de l'encéphale).

Ce centre va envoyer des neurones afférents pré-ganglionnaires par l'intermédiaire du X qui vont faire synapse au niveau de plexus pulmonaire avec le neurone efférent post-ganglionnaire qui va venir innervé l'effecteur qui sont :

- Soit les muscles bronchiques avec une broncho constriction.
- Soit les glandes muqueuse avec une hypersécrétion.

⇒ Donc quand stimulation du sympathique, on va moins bien respirer, sécréter plus de mucus.

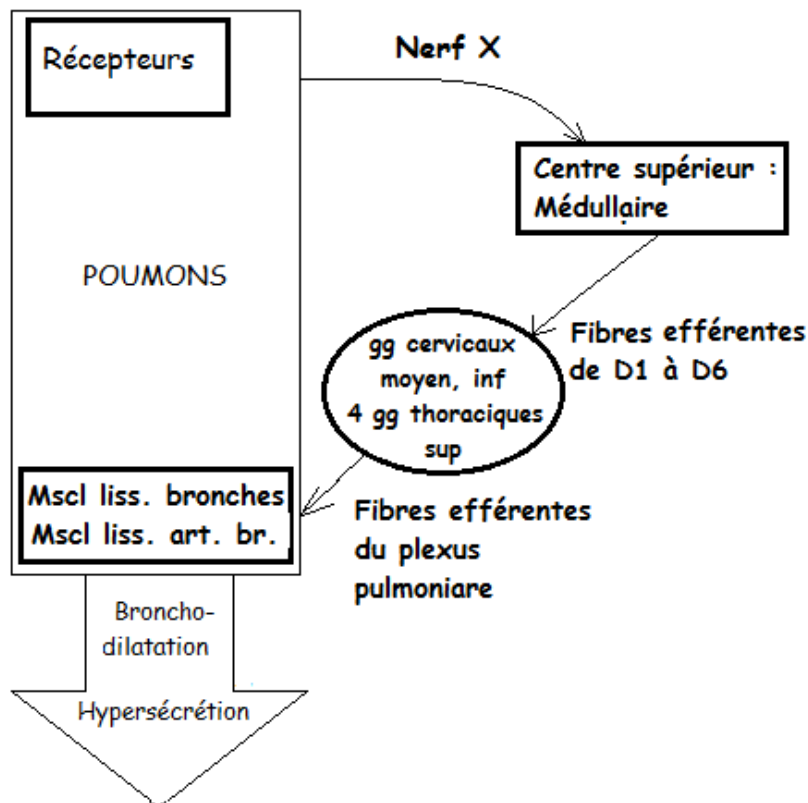
Schéma de l'épithélium bronchique :



Epithélium caractérisé par des cellules ciliaires (vues après), des cellules glandulaires et une couche de muscle lisse.

9

**b. Action du sympathique**



Explication du mécanisme :

Récepteurs via le nerf X au centre médullaire → fibres efférentes de D1 à D6 → synapse au niveau du ganglion cervical moyen, inférieur, 4 ganglion thoracique sup. → fibres efférentes post ganglionnaire dans plexus pulmonaire vers (via récepteur bêta) :

- Muscles lisses des artères bronchiques entraînant une vasoconstriction
- Muscles lisses des bronches provoquant une broncho-dilatation.

⇒ Donc la norADR et l'ADR sécrétées par la médullo-surrénale sont broncho-dilatateur.

- **Asthme :** pendant longtemps, on a utilisé l'ADR pour soigner l'asthme. Mais l'ADR provoque une tachycardie. Maintenant, on a mis au point des médicaments qui miment l'action de l'ADR (sympathomimétique) dont le principal, qui est bêta2 mimétique : la ventoline.

La prise de ventoline entraîne une broncho-dilatation et souvent en début de traitement, les patients ont des tachycardies.

### III. Voies aériennes supérieures

#### a. Au niveau de nez

Muqueuse : membrane tapissant les cavités qui s'ouvrent à l'extérieur :

- Glandes muqueuses qui sécrètent du mucus
- Glandes séreuses qui sécrètent du lysozyme
- Muqueuse olfactive avec terminaisons nerveuses capable de capté les odeurs

Très vascularisée et assure le réchauffement de l'air inspiré (pour ne pas que l'air au fond des alvéoles soit froid).

⇒ Pourquoi on a plus de débit aérien quand on respire par la bouche que par le nez ?

- Y a plus de place dans la bouche : OK. Mais air par réchauffé.
- Dans le nez, l'air passe dans des conduits sinueux pour qu'il ait le temps de se réchauffer : résistances.

On respire beaucoup : 20000 litres d'air traverse chaque jour le nez.

La morphologie interne des fosses nasales conditionne le volume et vitesse de l'air inspiré.

Le régime d'écoulement l'air à l'intérieur des fosses nasales est turbulent et instable ce qui favorise son contact avec la muqueuse des fosses nasales → les particules en suspension sont filtrées en adhérant au mucus qui tapisse la surface épithéliale.

Le mouvement muco-ciliaire se charge ensuite de l'épuration du mucus contaminé.

- Fonctions principale du nez et des sinus :

- *Filtration* : les particules > 10µ sont piégées dans les poils du nez (ex : lorsqu'on se mouche après avoir été dans un environnement très pollué, on se mouche sombre)

- *Conditionnement* de l'air inspiré destiné aux échanges respiratoires en le filtrant (utilité du lysozyme), l'humidifiant et le réchauffant par les vaisseaux (la richesse des vaisseaux explique les épistaxis)

- *Immunitaire* : élimination de nombreuse substance aéroportées (pollution, poussière, pollens, virus, bactéries, champignons...)

- *Odorat*.

- Conditionnement de l'air inspiré :

- Humidification : le mucus est composé à 95% d'eau : convection et la diffusion permettent les transferts d'eau du mucus à l'air inspiré.

- Réchauffement : du sang à 37°C traverse en permanence les plexus vasculaires et réchauffe les fosses nasales

Lorsqu'on va au ski (univers très froid), conditionnement d'air très froid au niveau du nez et augmentation de sécrétion de mucus beaucoup plus liquide → goutte au nez.

⇒ Importance du conditionnement de l'air chez l'athlète endurant :

Lors d'un exercice intense, il y a une énorme quantité d'air à conditionner, ce qui entraîne :

- Dessiccation des voies aériennes,
- Inflammation : muqueuse gonflée, bronches irritées

- Toux

Asthme d'exercice : broncho-contriction des bronches dues à l'air froid → réaction de protection.

- Défense épithéliale :

Assurée par la barrière épithéliale et le système muco-ciliaire : le mucus (10µm d'épaisseur) recouvre la surface de l'épithélium.

Ce mucus est un gel viscoélastique contenant de nombreux éléments immunocompétents.

Les cils des cellules ciliées battent de façon constante et synchrone emmenant ce mucus vers le pharynx afin de l'éliminer (+ mouchage)

Les sécrétions nasales contiennent les IgA 2 qui inhibent l'adhérence/la prolifération bactérienne à la muqueuse, neutralisent certains virus et toxines et limitent l'absorption des antigènes.

L'inflammation non spécifique participe aussi aux mécanismes de défense.

- Odorat :

Par deux voies :

- Directe par inspiration nasale.

- Rétro-olfaction lors d'une inspiration buccale, entraînant une remontée des molécules odorantes en arrière du voile du palais vers la fente olfactive.

La rencontre des molécules odorantes avec les neurones de l'épithélium olfactif est le point de départ de l'activation de la voie olfactive qui transmet l'information nerveuse aux bulbes olfactifs.

. Relation étroite en odorat et le gout :

Quand on est enrhumé, on n'a ni odorat (logique !), ni gout du à l'inhibition des zones olfactives et gustatives.

## **b. Le pharynx :**

Zone de passage commune aux aliments et à l'air : carrefour aéro-digestif.

Plus de 20 muscles différents puisqu'il va falloir bien envoyer les aliments dans le tractus digestif et l'air dans le tractus respiratoire.

Les centres de commande de ces muscles des voies aériennes supérieures sont les mêmes que ceux des muscles respiratoires.

Zone impliquée dans :

- Les fausses routes alimentaires (peut-être lié à certaines maladies neurologiques)

- Les apnées du sommeil : fréquent. Souvent lié à l'obésité. Arrêt respiratoire de quelques secondes qui se répète plusieurs fois dans la nuit : baisse d'oxygène qui entraîne une tachycardie. A 90% des ronfleurs. Motifs de consultation : Affolement du conjoint qui entend l'arrêt respiratoire (si le patient est célibataire, on s'en aperçoit que lorsqu'il y a des complications). Élément sémiologique : Mauvais sommeil, donc pique des rouspilles dans la journée. Conséquences : HTA, risque AVC, risque de s'endormir au volant...

NB : Manœuvre de Heimlich sur soi : sur le dossier de siège.

## **c. Larynx et cordes vocales**

(Photo de la diapo 22) Avec arête de poisson : très fréquent. Muqueuse œdématisée, rouge, brillante. Boursouflures des cordes enflées et les cordes vocales sont en train de se fermer.

Larynx, pharynx et trachée : couvert de l'épithélium cilié qui piège des particules. Ils continuent le travail du nez.

⇒ L'arbre bronchique supérieur (génération 0-15) reçoit un air :

- Réchauffé
- débarrassé de la plupart des impuretés
- saturé en vapeur d'eau (vascularisation)

Le larynx agit comme une valve qui empêche les aliments de pénétrer dans la trachée. C'est une zone de rétrécissement donc de résistance à l'écoulement de l'air.

Le larynx participe au contrôle de la ventilation.

Le larynx est le point d'arrimage supérieur de la trachée : le cartilage cricoïde est le seul anneau cartilagineux complet autour de la trachée (après, la trachée est dépourvue de cartilage sur sa face postérieure).

- Le larynx est impliqué dans la *phonation* par la présence des cordes vocales : l'intensité du son est liée à la pression du gaz sous-glottique :
  - < 10cmH<sub>2</sub>O pour la voix d'une conversation habituelle
  - Vers 50cmH<sub>2</sub>O pour un enseignant faisant cours (à haute voix).
  - Atteignant 200cmH<sub>2</sub>O au cours d'un effort de chant à grande puissance

Les cordes vocales sont constituées de deux bourrelets musculaires horizontaux qui se rejoignent en avant et peuvent s'écarter ou se rapprocher l'un de l'autre en arrière pour émettre le son. Les différentes morphologies de cordes vocales est à l'origine des différentes voix entre les individus (+ facteurs hormonal).

Le blocage du larynx en position fermée permet aussi d'effectuer certains efforts abdominaux.

Sans courant d'air, il n'y a pas de phonation.

Les poumons (grâce au diaphragme et aux muscles inspireurs et expirateurs) expulsent l'air qui traverse la trachée jusqu'à l'entrée du larynx = soufflerie sub-glottique.

Les articulations et les muscles du larynx mettent en position phonatoire les cordes vocales et la glotte = au passage de l'air, elles vibrent de façon ondulatoire dans le sens du courant.

La bouche, le pharynx et les cavités nasales = ensemble des cavités supra-glottiques → rôle résonateur. Ils modulent le flux pharyngé et y déterminent les zones fréquentielles privilégiées appelés formants.

Les signaux moteurs proviennent du cortex sensorimoteur et rejoignent le noyau X. Le X assure l'innervation sensitive et motrice du larynx. Les fibres sensibles de la muqueuse du larynx renseignent en permanence les centres sur la position et le degré de tension des cordes vocales.

Le registre de la voix humaine s'étend de 40 à plus de 2000 Hz. La voix parlée s'étend de 100 à 300 HZ et son intensité de 20 à 50dB (train : 60 à 90dB).

Les composantes de la communication orale sont :

- L'ouïe (quand on diagnostique une surdité chez un nouveau-né, on va très vite l'appareiller pour lui permettre de parler car on ne parle que parce qu'on a entendu)
- La compréhension de la parole (aire cortical 22)
- La production centrale de la parole (aire corticales 44 et 45)
- La transmission de la parole au niveau moteur

#### IV. Les voies aériennes intra-thoraciques :

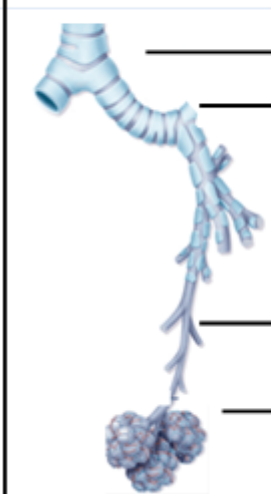
|                    |                           |    |
|--------------------|---------------------------|----|
| Zone de conduction | Trachée                   | 0  |
|                    |                           | 1  |
|                    | Grosses bronches          | 2  |
|                    | Bronchioles               | 3  |
|                    | Bronchioles terminales    | 4  |
| Zone de transition |                           | 16 |
|                    | Bronchioles respiratoires | 17 |
|                    |                           | 18 |
| Zone respiratoire  |                           | 19 |
|                    | Conduits alvéolaires      | 20 |
|                    |                           | 21 |
|                    |                           | 22 |
|                    | Sacs alvéolaires          | 23 |

La trachée se subdivise très rapidement en une bronche souche D et une bronche souche G. La bronche souche D est droite : quand on inhale par inadvertance un corps étranger, on a plus de chance qu'il descende dans la bronche droite.

Trachées : L = 12cm, diamètre = 2cm. S 3cm<sup>2</sup>.

23 à 24 divisions dichotomiques jusqu'aux sacs alvéolaires. Pendant ces divisions, il n'y a pas d'échanges. Ce sont des conductions d'air.

Il n'y a que dans les trois à quatre dernières divisions qu'il va commencer à se faire des échanges.

|   | Nom            | Division | Diamètre (mm) | Nombre              | Surface de section (cm <sup>2</sup> ) |                     |
|---|----------------|----------|---------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|
|  | Trachée        | 0        | 15-22         | 1                   | 2,5                                   |                     |
|   | Bronche souche | 1        | 10-15         | 2                   | ↓                                     |                     |
|   | Bronches       | 2        | 1-10          | 4                   |                                       |                     |
|   |                | ↓        |               | ↓                   |                                       |                     |
|   |                | 11       |               | 1x10 <sup>4</sup>   |                                       |                     |
|   |                | 12       |               | 2x10 <sup>4</sup>   |                                       |                     |
|   | Bronchioles    | ↓        | 0,5-1         | ↓                   |                                       |                     |
|   |                | 23       |               | 8x10 <sup>7</sup>   |                                       |                     |
|   | Alvéoles       | 24       | 0,3           | 3-4x10 <sup>8</sup> | 5x10 <sup>3</sup>                     | > 1x10 <sup>6</sup> |

⇒ Regarder les diamètres, le nombre et les surfaces.

L'écoulement dans les bronches se fait selon deux régimes en fonction de la vitesse et du diamètre :

- Débit est de < 0,4L/sec/cm de diamètre, l'écoulement est laminaire : le mouvement est régulier et ordonné.
- Si le débit augmente, l'écoulement devient turbulent : le mouvement est irrégulier, avec fluctuation aléatoire de la vitesse (hyperventilation au cours de l'exercice)

Dans les voies aériennes proximales, le débit est élevé et le diamètre total petit → écoulement turbulent.

Dans les voies aériennes plus distales, le débit diminue et la section totale augmente → écoulement laminaire.

La transition se fait entre 2<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> génération bronchique.

- Fonctions des voies aériennes :

- Passage de l'air
- Humidification et réchauffement
- Filtration, élimination des corps étrangers.

- Quel est le corps étranger le plus fréquent dans les bronchioles des enfants ?

La CACAHUETE !!!

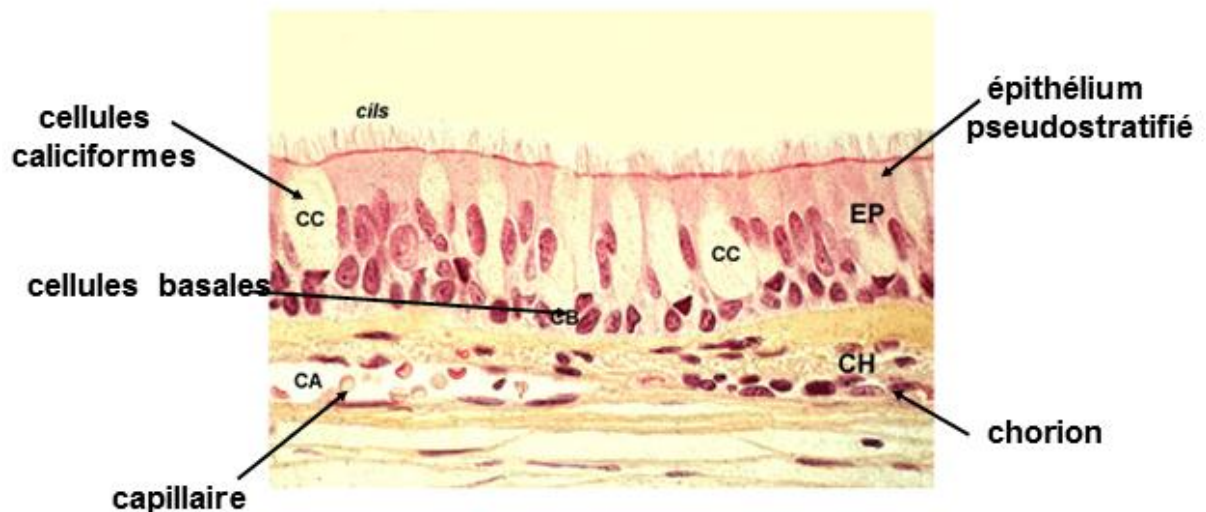
⇒ Pourquoi est-ce une catastrophe ?

Au bout de quelques temps, il fait une pneumopathie. La cacahuète est huileuse, se dissout et va faire une pâte qui va s'étaler au fond de l'alvéole → attaque la paroi de l'alvéole, s'infecte et faire une pneumopathie. Au fibroscope, on va arriver à récupérer cette pâte. Ensuite on va donner des ATB.

⇒ Problème de jouets pour les enfants : certains objets vont être très difficiles à retirer et il va falloir faire une trachéotomie (invasif +++). Il y a des indications d'âge sur les paquets des jouets.

⇒ Autre cas : Pendant la canicule, une patiente arrive avec douleur rétro-sternale thoracique. ECG normal : on décide la garder en observation. Dans la nuit, comme il fait très chaud : elle boit et tombe dans le coma → Morceau de poison coincé dans l'œsophage, qui a abimé l'œsophage et qui est allé se fiché dans la trachée → elle s'est noyé quand elle a bu.

Coupe histologique de la trachée :

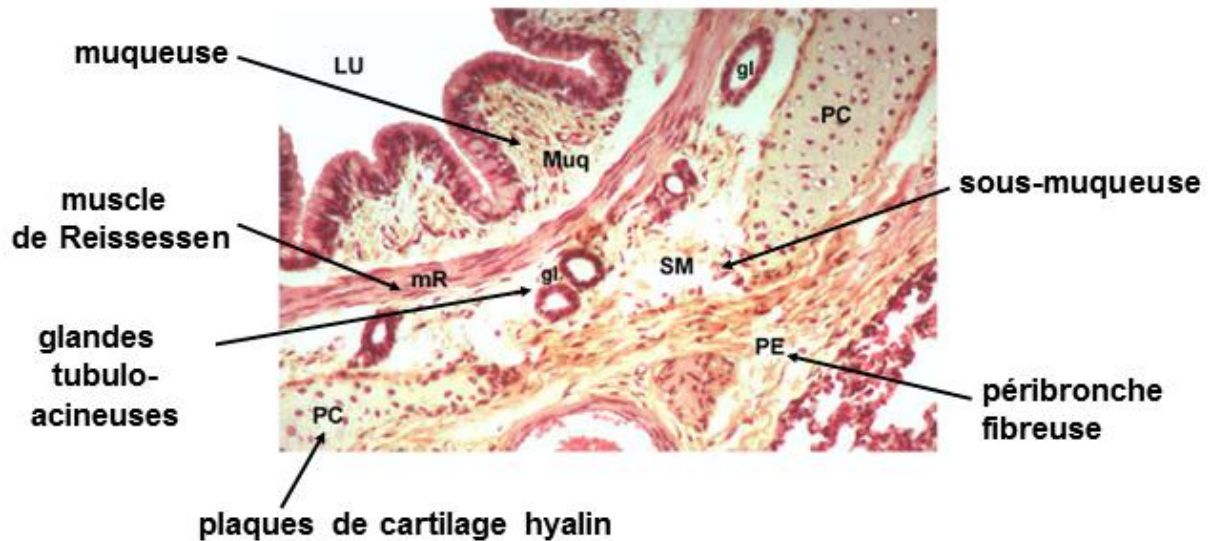


A observer :

Muqueuse de la trachée couverte de cellules ciliées (rôle important des cils).

Capillaires pour amener le sang pour alimenter la trachée.

Certaines cellules qui vont sécréter du mucus.

Coupe histologique des bronches :A observer :

Même chose sauf qu'il y a la présence de cellules musculaires lisses (muscles de Reissessen) qui se contractent pour modifier les diamètres des bronches et des bronchioles.

- De par sa fonction indispensable à la vie (échanges gazeux), le poumon est continuellement exposé à l'air extérieur et cet air passe dans les bronches.

En moyenne, l'inhalation quotidienne minimale représente 10 000 L d'air (0,5 L x 14/min x 60 min x 24 h)

Cet air contient 21% O<sub>2</sub> et 79% N<sub>2</sub>.

Mais aussi :

- Des polluants : CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, ozone, hydrocarbures, particules inorganiques ou organiques, particules chimiques...

- Micro-organismes (bactéries, virus, champignon, pollens)

⇒ Nécessité de mécanismes de défense

NB : Greffe du poumon.

Difficulté de réussite de la greffe liée à une balance entre le besoin d'immunosuppresseurs pour éviter le rejet de la greffe et la nécessité de l'organe à posséder des mécanismes de défense immunitaire pour lutter contre les infections omniprésentes.

Cas d'une greffée du poumon (ses parents étaient donneurs) pour la mucoviscidose : a fait une infection sur un poumon et un rejet sur l'autre. On n'est pas arrivé à réguler le déséquilibre.

## V. Mécanisme de protection du poumon

Nous inhalons continuellement des particules ou micro-organisme. Seuls les éléments < 3µm parviennent au poumon profond. Tout au long du système respiratoire existent des mécanismes de protection.

### 1. Mécanismes anatomiques :

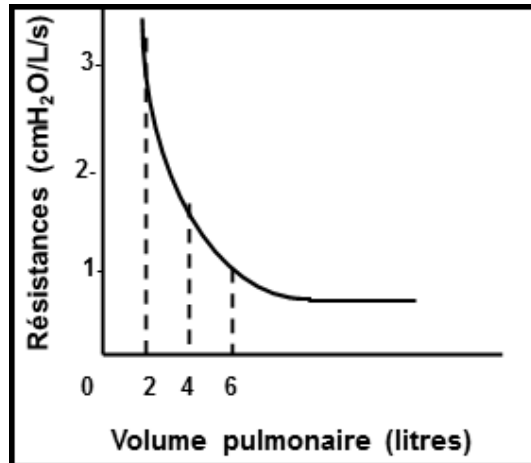
Il en existe deux : l'arbre bronchique et la broncho-motricité.

**a. L'arborisation bronchique** favorise l'impact et la sédimentation des particules liées à la diminution du diamètre → protection des alvéoles. La zone de dépôt varie selon le diamètre des particules

Mais les toutes petites particules subsistent.

**b. La broncho-motricité.**

- *Broncho-motricité passive :*



Dépendance du rapport entre les résistances au passage de l'air et le débit ventilatoire.

- vibration de pression à l'intérieur et à l'extérieur de la lumière bronchique,
- armature bronchique cartilagineuse,
- parenchyme pulmonaire : plus le volume pulmonaire est faible, plus la résistance des voies aériennes est grande (les fibres élastique du tissu pulmonaire réduisent le diamètre des bronches en cours d'expectoration)

- *Broncho-motricité active :*

L'innervation se distribue aux muscles lisses bronchiques (muscle de Reissessens), aux glandes sous-muqueuses et aux vaisseaux bronchiques.

⇒ Voies afférentes sensibles de la muqueuse

- Les récepteurs :

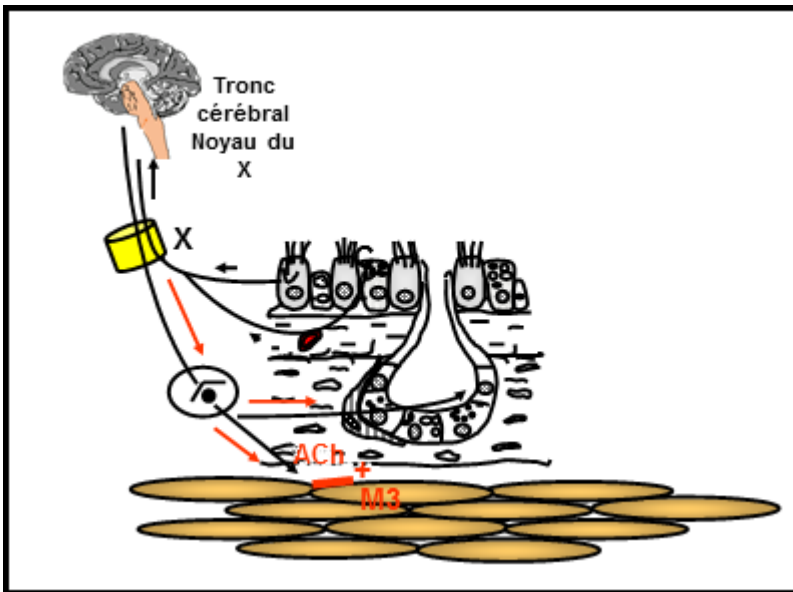
Les SAR (= slow Adapty stretch receptor) : mécanorécepteurs (trachée et grosses bronches) sensibles à l'étirement (débit respiratoire) et à l'irritation. Adaptation lente.

Les RAR (= rapid adapty stretch receptor) : récepteurs polymodaux (tout l'arbre bronchique) sensibles à l'irritation :

- Fibre B : récepteurs à l'irritation
- Fibre C : thermorécepteurs au niveau du larynx, sensible au CO<sub>2</sub> dans les bronches, un peu à l'irritation
- Récepteurs J : (petites bronchioles à l'arrivée des alvéoles) sensibles au liquide dans le milieu interstitiel autour des alvéoles. Pour éviter que les bronchioles soient noyées. Si mauvaise circulation ou insuffisance cardiaque G, il va rester du sang dans la circulation pulmonaire avec une stase → engorgement avec passage de liquide des capillaires au milieu interstitiel.

⇒ Ces récepteurs montent au bulbe rachidien par le X.

- Action du parasympathique : broncho-constriction



#### Explication du schéma :

Départ à partir des fibres C qui envoient l'information au X puis aux neurones pré et post-ganglionnaires qui se distribuent aux cellules du muscle lisse (récepteurs muscariniques) avec bronchoconstriction et aux cellules sous-muqueuses avec sécrétion de mucus.

Se distribue surtout au niveau des voies aériennes centrales. Bronchoconstriction du muscle lisse et hypersécrétion.

De nombreux stimuli sensitifs peuvent influencer le tonus broncho-moteur :

- Stimulation des voies aériennes

supérieures, de l'œsophage

Ces réflexes interviennent fréquemment dans les situations pathologiques. Il existe par exemple des asthmes secondaires à des RGO (en position allongée, l'acide remonte au carrefour aéro-digestif, passe dans la trachée, stimule les récepteurs et bronchoconstriction → difficulté à respirer et possible crise d'asthme).

La stimulation parasympathique, en complément de son action sur le muscle lisse bronchique, augmente la sécrétion de mucus par les glandes de la sous-muqueuse.

Cet effet est important dans l'obstruction bronchique de type asthmatique.

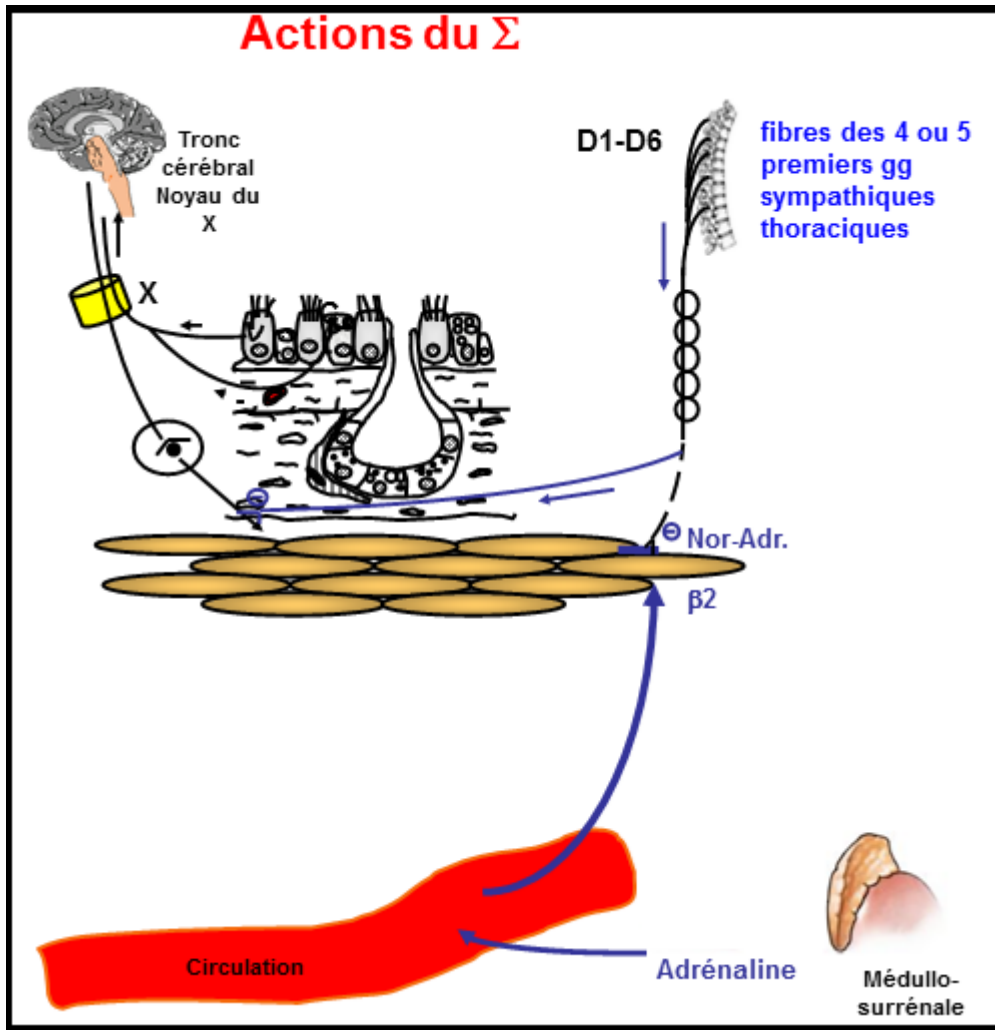
NB : pour éviter le RGO (souvent chez l'enfant), incliner le lit (les coussins ne sont pas utiles car l'enfant va glisser dans le lit). Pour les bébés, ils sont maintenus par des harnais sur un lit incliné pour éviter qu'il glisse.

- Action du sympathique : broncho-dilatation

#### Explication du schéma :

Activation des récepteurs qui activent le noyau du X puis il y a une réponse au niveau de la chaîne neuro-végétative. La réponse du sympathique va être l'activation de fibres efférentes post-ganglionnaires qui vont sortir de D1 à D6 pour aller au niveau des muscles lisses.

L'action du sympathique au niveau des muscles lisses n'est pas très importante parce que la NorADR n'a pas un rôle très important sur les récepteurs des muscles lisses mais le sympathique inhibe l'action du parasympathique. L'ADR de la médullo-surrénale se fixe sur les récepteurs bêta 2 et provoque la broncho-dilatation.

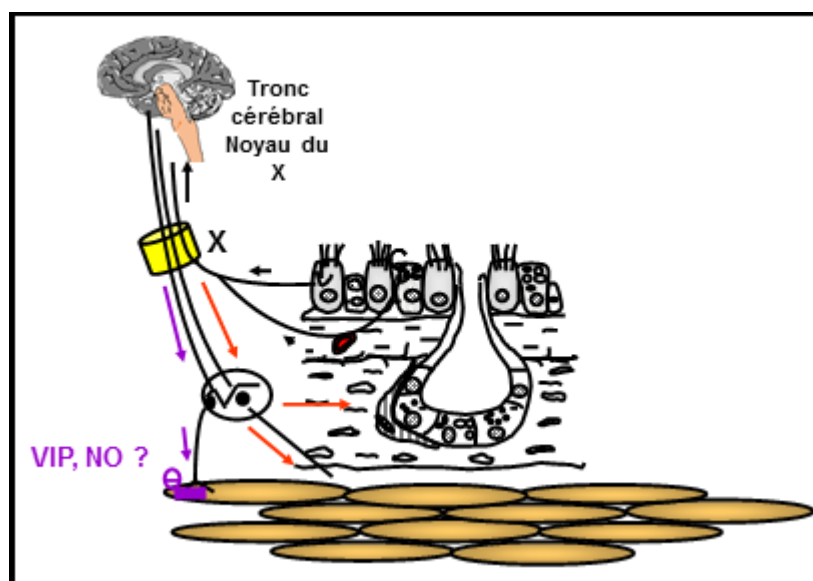


Les B2 agonistes ont, en plus de l'effet relaxateur sur le muscle lisse, plusieurs effets qui s'opposent à l'obstruction bronchique :

- Diminution de la libération des médiateurs provenant du mastocyte.
- Diminution du tonus parasympathique
- Augmentation de la clairance muco-ciliaire (battements des cils)
- Diminution de l'œdème de la muqueuse et de l'extravasation plasmique

⇒ Améliorer le fonctionnement de la bronche.

- Action du NANCi (Non Adrénérique Non Cholinergique inhibiteur) : via le nerf X

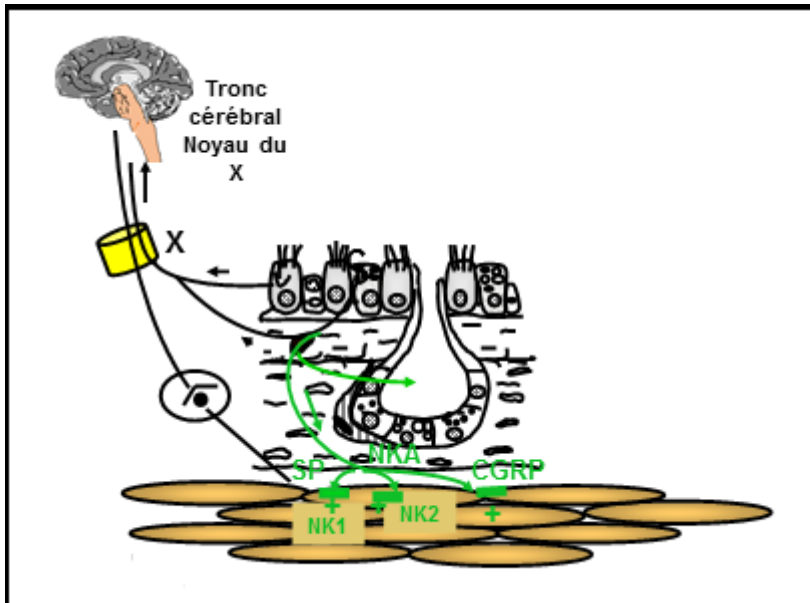


L'innervation du NANCi contrôle la contraction du muscle lisse bronchique grâce à l'action de neuropeptides :

- Le VIP (vasoactive intestinal peptide) et ses dérivés par action sur un récepteur membranaire musculaire spécifique.
- Le monoxyde d'azote (NO) pourrait également intervenir dans la relaxation induite par l'activation du NANCi.

⇒ Broncho-dilatation.

- Action NANCe (Non Adrénérique Non Cholinérique excitateur): bronchoconstriction, hypersécrétion du mucus, réaction inflammatoire.



L'innervation contrôle la contraction du muscle lisse trachéo-bronchique grâce à l'action des neuropeptides :

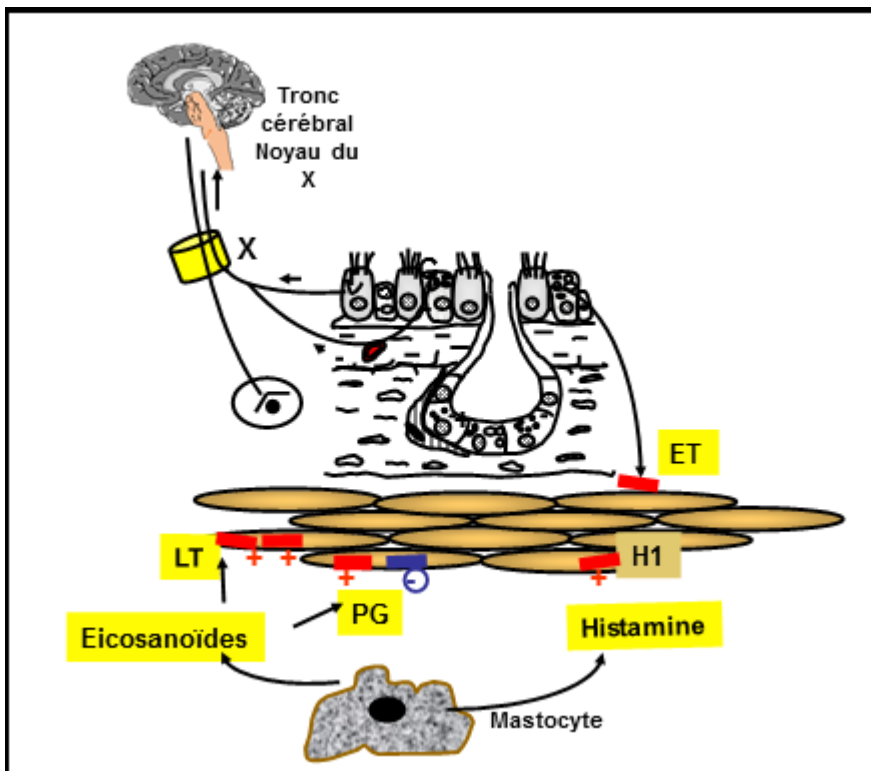
- La tachykinine et le CRPG (calcitonine gene related peptide), libérées par les terminaisons nerveuses sensibles des fibres C bronchiques

- Deux des tachykinines : la substance P et la neurokinine A (NKA), contractent le muscle lisse bronchique humain par action sur les récepteurs dénommés

respectivement NK1 et NK2.

- Le CGRP est co-localisé avec les tachykinines dans les neurones sensitifs et contracte le muscle bronchique humain par action sur deux récepteurs.

- Action des médiateurs : substances sécrétées par le mastocyte (très nombreux dans le poumon) : Eicosanoïdes avec PG et LT, Histamine.



⇒ Bronchoconstriction, réaction inflammatoire. ALLERGIIIIIIIIIIE

Les mastocyte des bronches renferment des granules qui contiennent des médiateurs de l'inflammation : histamine, chimiokine...

L'action du mastocyte aboutit à l'exocytose des granules.

Le mastocyte a une action broncho-constrictive et entraîne une importante réaction inflammatoire (Ex : réaction allergique au cyprès : possible cirse d'asthme ou rhinite allergique).

Les béta2 agonistes sont de puissants inhibiteurs de la dégranulation mastocytaire.

## **2. Mécanismes moléculaires et dynamiques : le mucus respiratoire et la clairance muco-ciliaire**

L'épithélium trachéal et bronchique est recouvert d'une couche de fluide qui assure un état d'hydratation convenable de la muqueuse et une fluidité suffisante du mucus, pour maintenir une clairance muco-ciliaire normale.

L'épithélium trachéal et bronchique a pour double rôle de sécréter le fluide péri-ciliaire et d'en contrôler le volume.

Le mucus capte les particules et les cils déplacent le mucus.

Le filtrage de l'air est assuré par le système muco-ciliaire.

A partir de la glotte, la paroi des voies respiratoires est tapissée de millions de cils vibratiles qui battent en permanence (++) la nuit) afin de faire circuler une sécrétion visqueuse qui les recouvre : le mucus bronchique.

Celui-ci retient les poussières ou les bactéries présentes dans l'air inspiré et les ramène jusqu'en haut de la trachée, au niveau du carrefour aéro-digestif où elles seront dégluties (dans l'estomac) ou recrachées à l'extérieur (« expectorées »).

NB : Inhibition du fonctionnement des cils par la fumée. Elle paralyse le mouvement de ces cils et les fait mourir → diminution de la remontée du mucus pendant la nuit et il se colle dans les bronches → toux

### **a. Le mucus :**

- Forme un film continu de 5 à 10 mm d'épaisseur à la surface de l'épithélium respiratoire (des voies aérienne supérieures aux bronchioles terminales)
- Production = 10 à 20mL/j
- Chez l'homme, 90% du mucus provient des glandes sous-muqueuses, petites contribution des cellules caliciformes de surface et des cellules de Clara, au niveau des bronchioles.
- Contient 95% eau (régulation par transport ionique), 1% glycoprotéine (mucine), 1% lipides, ions, protéines de défense (ex : antiprotéinase)

#### • Gradient dans la composition :

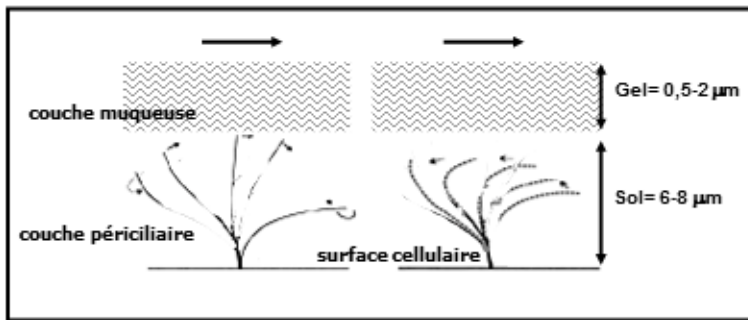
- A la base des cils : phase « sol » très fluide, riche en eau : permet aux cils de battre correctement.

- Au sommet des cils : phase « gel », concentration de glycoprotéines plus élevée

#### • Rôle du mucus :

- Piégeage et élimination des particules (escalator muco-ciliaire)
- Protection contre la déshydrations de l'épithélium.
- Défense (molécule anti-lésionnelles et anti- microbiennes)

**b. La clairance muco-ciliaire :**



Sur le schéma : présence de la phase sol et de la phase gel.

- Il y a environ 200 cils/cellules ciliée.
- L : 6-7μm.
- Fréquence de battements 10 à 20/s (+ élevées en proximale).

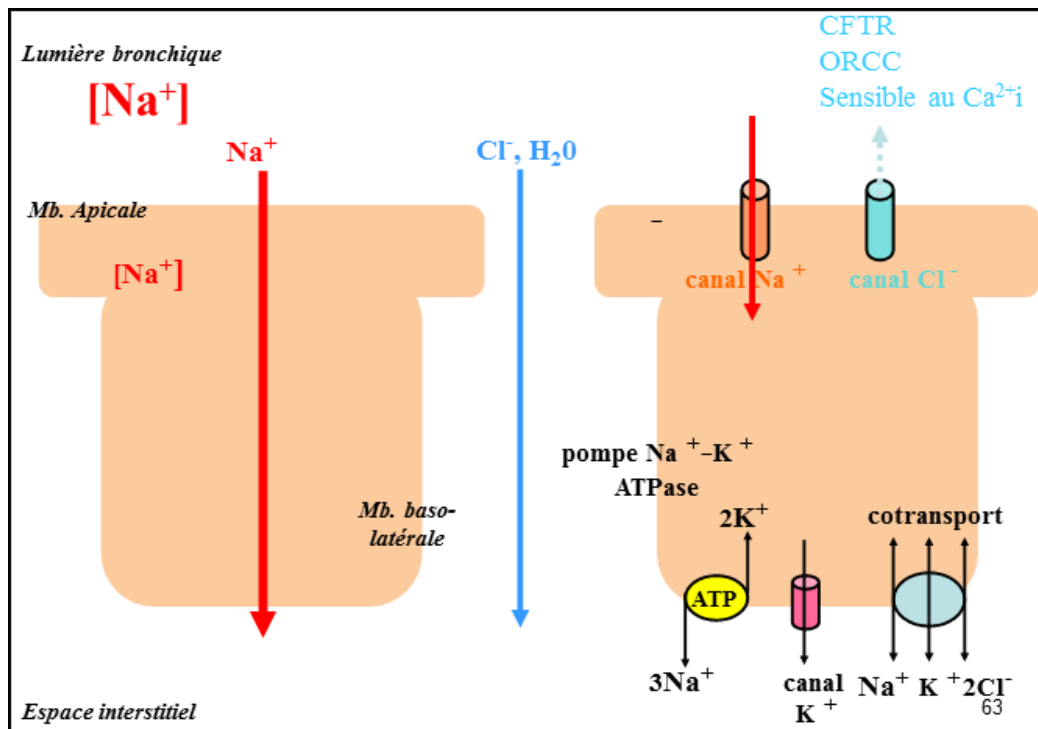
- Vitesse de transport du mucus 5-10min
- Vitesse de transport du mucus, 2,5mm/min dans les bronchioles terminales.

L'activité ciliaire est :

- Régulée par le système neuro-végétatif (rôle important du  $Ca^{2+}$  intracellulaire) : contraction de ces cils.
  - Influencée par la viscosité du mucus, l'épaisseur de la couche et la composition (pH et osmolarité)
- ⇒ Nécessité d'un contrôle précis de l'épaisseur et de la viscosité de la phase sol pour un bon fonctionnement du mécanisme de clairance muco-ciliaire.

L'épaisseur de la couche de mucus tend à augmenter progressivement lorsque le mucus remonte des voies aériennes distales vers les voies proximales, dans la mesure où il y a diminution considérable de la section équivalente des voies aériennes → pour maintenir constantes l'épaisseur de la phase sol, il doit y avoir absorption de liquide.

**c. Épithélium des bronches : épithélium absorbant**



Réabsorption du sodium par l'épithélium qui va entraîner la réabsorption le chlore et l'eau.

- Concentration de sodium beaucoup plus importante à l'extérieur qu'à l'intérieur : gradient de sodium qui permet le passage de sodium à travers la cellule épithéliale. Suivi par le chlore et par l'eau.
- Canal sodium qui permet la rentrée de sodium en grande quantité
- Sortie du sodium par la pompe Na/K ATPase.
- Canal potassium de sortie.
- Système de co-transport permettant l'échange de Na, de K et de Cl entre les milieux intra et extra-cellulaire.
- Excès de chlore de la cellule sort dans la lumière bronchique pour maintenir la quantité et la fluidité de mucus : canal chlore CFTR (canal muté dans la mucoviscidose : mucus trop épais qui les encombre : les enfants doivent faire tous les jours de la kiné respiratoire pour apprendre à drainer ce mucus trop épais et qui risque de s'infecter)

**d. Contrôle des transports :**

- Sodium :
  - Les médiateurs agissent par l'intermédiaire de la phospholipase C (comme la bradykinine) augmentent le transport de Na<sup>+</sup>
  - L'ATP augmente le transport de Na<sup>+</sup>
  - Un pH intracellulaire abaissé inhibe le transport de Na<sup>+</sup>
- Chlore :

La sécrétion est stimulée par les agents qui augmentent l'AMPc intracellulaire :

  - B2 mimétique,
  - ATP,
  - UDP,
  - bradykinine
  - histamine,
  - prostaglandines....

Ex : drainage des sécrétions bronchiques au cours de la bronchiolite du nourrisson. (voir photo)

Le nourrisson n'arrive pas à tousser. On va lui permettre de drainer les sécrétions en lui malaxant le thorax.

Première séance : mère affolée, bébé pleure. A la fin, le kiné lui sort l'excès de mucus et le bébé respire mieux.

Deuxième séance (Miracle !) : le bébé est ravi de voir revenir le kiné...

*Note de fin : Ahah ! Une petite ronéo de dernière minute menée à son terme.*

*Merci à Alexis pour son appareil photo fraîchement chargé, à Sarah pour sa clé USB, à Maéva pour son enregistrement du cours et bien entendu à Margot pour sa bonne humeur matinale !*

*Sans vous, cette ronéo aurait été un véritable gruyère...*

*Je vous souhaite à tous bien du courage pour l'apprendre...*