

DES : Médecine physique et de réadaptation
 DIU : Médecine de rééducation
 Module : MPR et Pathologie respiratoire
 Rennes : 2009
 Coordonnateurs : Pr R Brissot, Pr O. Remy-Neris, Pr F Boyer, Pr B Desrues, Dr J Gonzalez
 Titre : Physiopathologie de la toux et de l'encombrement
 Auteurs : Benoît Desrues

© Cofemer 2009 irr et l'auteur
 Tous droits réservés

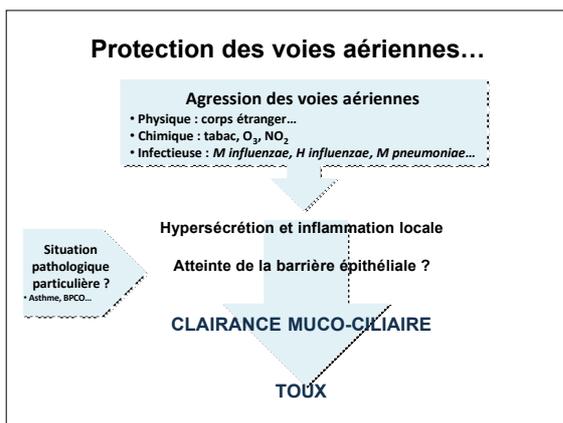


Physiopathologie de la toux et de l'encombrement bronchique

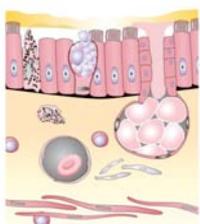
Enseignement National Interuniversitaire de Médecine Physique et Réadaptation

Rennes, le 4 février 2009

Pr Benoît Desrues



Épithélium respiratoire



- Cellules ciliées : s'étendent de la partie moyenne de la muqueuse nasale aux bronchioles terminales
- Cellules muqueuses (caliciformes)
- Cellules basales : souches
- Glandes de la sous-muqueuse
- Vaisseaux, muscles, cartilage, cellules immunitaires, terminaisons nerveuses

Composition du mucus

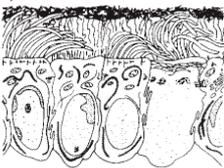
- Eau : 95 à 97 %
- Ions
- Mucines (glycoprotéines) : 106 Da, riche en sucres complexes, longues chaînes flexibles
 - Rôle dans le « piègeage » des micro-organismes ?

Gel dont l'état d'hydratation est conditionné par les mouvements actifs ioniques transépithéliaux

1 phase sol, très fluide dans laquelle baignent les cils

1 phase gel superficielle viscoélastique

Gradient très vraisemblable



Composition du mucus

- Protéines transsudées ou excrétées
 - Fonction anti-infectieuse : IgA, Lysozyme, peroxydases, transferrine, lactoferrine, défensines
 - Protection contre les agressions « non infectieuses » : inhibiteurs de protéases, glutathion, catalases, superoxyde-dismutase
- Phospholipides

Contrôle de la sécrétion

- **Neuro-humoral**
 - Innervation des cellules sécrétrices (glandes sous muqueuses) système nerveux sympathique et parasympathique et neurones afférents non myélinisés (fibres C)
 - Médiateurs : norépinephrine, acétylcholine, neuropeptide Y, vasoactive intestinal peptide, substance P
- **Stimulation de la sécrétion**
 - -adrénergique : sécrétion faible mais visqueuse
 - -adrénergique : hypersécrétion fluide
 - Processus infectieux et allergiques
 - Histamine
 - Métabolites de l'A. Arachidonique

Propriétés physiques du mucus

- **Propriétés rhéologiques**
 - **Viscoélasticité** : capable de s'écouler (liquides) et capable de se déformer (solides)
 - **Filance** : capacité d'étirement. Une filance élevée permet un transport mucociliaire élevé
- **Propriétés de surface (propriétés bioadhésives)**
 - Interaction inter faciale mucus-cils est caractérisée par le « travail d'adhésion » qui correspond au travail nécessaire à la séparation de deux phases initialement en contact
 - importance du contenu en eau, de l'osmolalité, de la composition du mucus et des phospholipides
 - L'adhésivité du mucus à la muqueuse est un facteur favorable, évitant l'accumulation des sécrétions au niveau des bronches distales
 - Trop élevée elle est défavorable à l'épuration...

Interaction cils-mucus

- **Battements** : 10 à 20 cycles/s
 - Stimulants : Anti cholinergiques, α_2 -adrénergiques, Ca^{2+}
 - Inhibiteurs : atropine
- **Vitesse** : 2,4 mm/min niveau des bronchioles ; 12 mm/min niveau trachéal
- **Gradient insuffisant pour éviter l'accumulation de sécrétions intrabronchiques** ce qui suggère que l'épithélium absorbe une partie des sécrétions
- **Interaction air-mucus significative dans les conditions physiologiques ?**
 - Débit trachéal de 1m/s ; Bronchioles : 10 mm/s
 - Les mouvements expiratoires favorisent la progression du mucus vers les voies aériennes centrales

Perturbations de la clairance mucociliaire

- **Épuration modulée par** :
 - T° , hydrométrie, osmolarité, pH, NO, exercice
- **Pathologies congénitales** : maladie des cils, mucoviscidose
- **Pathologies bronchiques acquises** :
 - modification de la qualité rhéologique des sécrétions : asthme, BPCO, DDB...
 - Atteinte ciliaire (bronchite chronique)
- **Inhalation** : répétées (salive, RGO)

Perturbations de la clairance mucociliaire

Infections :

- **lésions structurelles**
 - Déciliation de l'épithélium, nécrose des cellules épithéliales, desquamation de l'épithélium
 - Mise à nu de la membrane basale et des récepteurs nerveux sous épithéliaux ; favorise l'adhérence bactérienne
 - *Myxovirus influenzae* (normalisation en 3 mois) ; *M pneumoniae* (persiste 1 an ?)

Perturbations de la clairance mucociliaire

Infections :

- **Modifications du mucus**
 - Hypersécrétion : bactéries (stimulation production mucine...)
 - Augmentation de la viscosité par l'ADN (polynucléaires)

Peut-on valablement améliorer la qualité du mucus ?

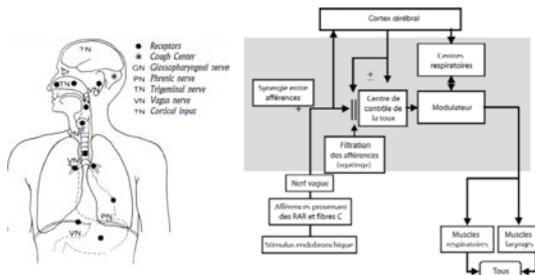
- Vaste question...
- Globalement les thérapeutiques existantes (fluidifiants, « mucorégulateurs »...) ont des effets peu pertinents cliniquement et ne sont pas recommandées (par exemple dans la BPCO)
- Mouvements respiratoires : agissent sur la structure du mucus
- Cas particuliers :
 - DNase (+/- sérum hypertonique) dans la mucoviscidose
 - β_2 -agonistes ?
 - stéroïdes dans l'asthme
 - en diminuant la charge bactérienne, les antibiotiques améliorent la qualité des sécrétions

Dans ces conditions pathologiques, les capacités d'épuration sont dépassées...

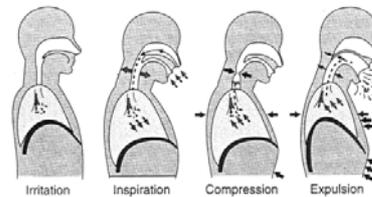
Toux

- Composante neurologique : reflexe de toux
 - Récepteurs, voies de conduction, centres ?, médiateurs
 - Médiateurs inflammatoires (histamine, bradykinines, tachykinines...)
 - Intérêt dans les toux « irritatives » pour guider les thérapeutiques antitussives...
- Composante mécanique
 - Mécanique proprement dite
 - Interaction toux-mucus
 - Comment augmenter/remplacer la toux

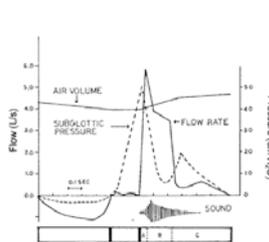
Composante neurologique de la toux



Composante mécanique de la toux

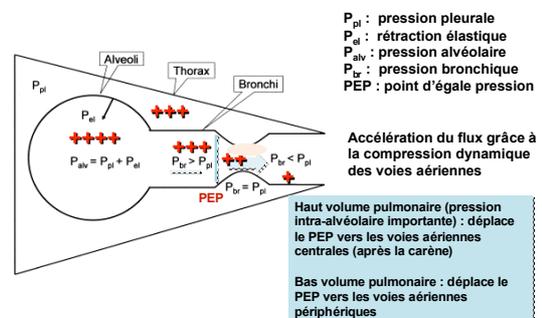


Composante mécanique de la toux



- Inspiration**
- profonde, rapide, volume variable
 - position optimale des muscles expiratoires
 - Fermeture de la glotte et contraction des muscles expiratoires (0,2 sec)
 - pressions jusqu'à 300cmH₂O
 - Ouverture rapide de la glotte (+contraction du diaphragme)
 - expulsion d'air (6 à 12 l.sec⁻¹) vitesse 250 m.sec⁻¹
 - vibration des gaz intrathoraciques et des voies aériennes (bruit)
 - plateau et poursuite de débit (collapsus des voies aériennes)

Effet du flux d'air sur les voies aériennes



Interaction mucus-air

- Slug flow : mucus épais (bouchons muqueux)
- Annular flow : voies aériennes proximales, film muqueux
- Mist flow : aérosol (flux important, gouttelettes se détachant du film de mucus)
- variable fonction :
 - de l'importance du flux
 - de la viscosité du mucus
 - épaisseur du mucus

Toux chez le sujet sain

Inhalation Infection

- Irritation (toux sèche)
- Encombrement rare
- Il faut une épaisseur suffisante du mucus pour que la toux soit « libératrice »
- Problématique : contrôler la toux

Pathologie broncho-pulmonaire (a priori sans atteinte musculaire)

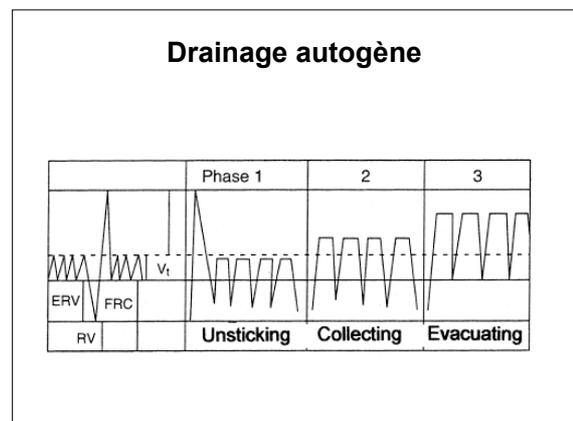
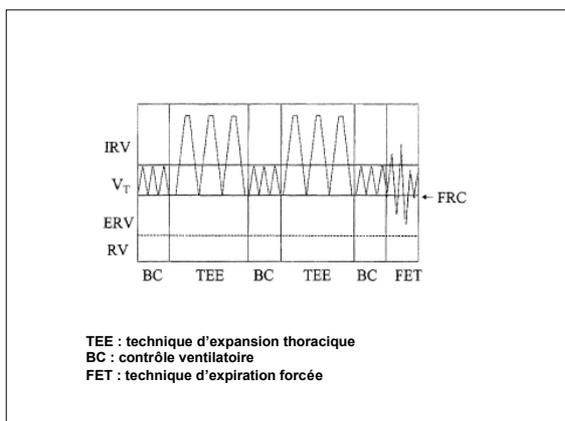
DDB, mucoviscidose, bronchite chronique...

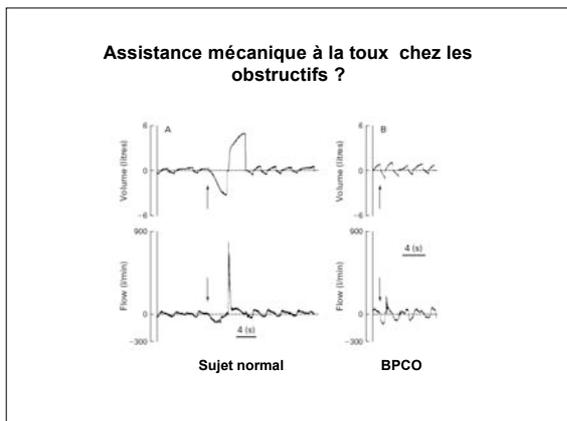
- Sécrétions visqueuses, adhérentes
- Collapsus des voies aériennes
- Pas de déficit musculaire

- Agir sur la qualité des sécrétions
- Éviter le collapsus des voies aériennes

Pathologie broncho-pulmonaire

- Techniques d'expiration forcée
 - Toux dirigée...
 - Accélération de flux à glotte ouverte (huff)
 - Volumes pulmonaires moyens et bas, permet la mobilisation des sécrétions en périphérie
 - Répétition des manœuvres : modification des propriétés du mucus
 - Techniques combinées





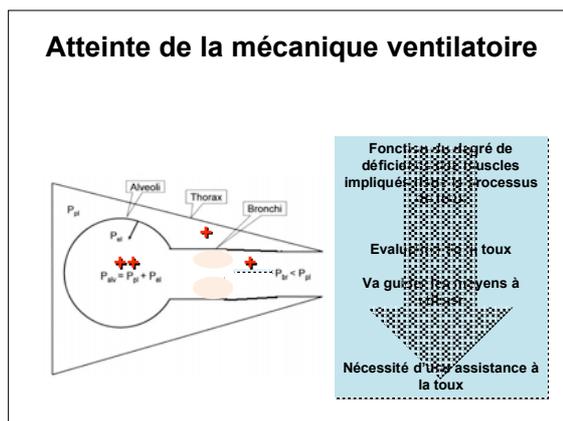
Assistance mécanique à la toux chez les obstructifs ?

- accélération du flux
- insufflation (CoughAssist)
- combinaison des deux techniques

PCEF : peak cough expiratory flow rate
CEV : cough expiratory volume
PVT : peak value time

	Normal subjects (n=9)	COPD (n=8)
Baseline		
PCEF (l/min)	668 (310-700)	370 (267-483)
CEV (l)	2.4 (1.31-4.91)	1.02 (0.4-2.51)
PVT (ms)	35 (30-45)	32 (25-40)
Manually assisted cough		
PCEF (l/min)	624 (326-700)	226 (120-315)*
CEV (l)	2.91 (1.31-5.31)	0.8 (0.26-1.51)
PVT (ms)	50 (40-85)**	45 (30-60)*
Mechanical insufflation		
PCEF (l/min)	676 (494-695)	288 (218-370)
CEV (l)	2.2 (0.8-5.91)	0.75 (0.2-2.37)*
PVT (ms)	35 (30-40)	33 (30-40)
In combination		
PCEF (l/min)	624 (388-695)	245 (218-370)*
CEV (l)	2.2 (0.7-5.41)	0.8 (0.3-1.06)
PVT (ms)	55 (40-100)	40 (35-50)

- ### Pathologie obstructive bronchique
- Assurer un bon drainage périphérique sans phénomène d'obstruction bronchique donc éviter les manœuvres « intempestives » et privilégier le contrôle ventilatoire
 - Il n'y a pas de franche déficience mécanique de la toux donc pas de nécessité d'aide mécanique à la toux qui risque d'être délétère



- ### Atteinte mécanique de la toux
- Phase inspiratoire
 - Inhalation jusqu'à la CV
 - induit la meilleure pression intrathoracique
 - Le meilleur Rapport longueur/tension des muscles expiratoires
 - Atteinte bulbaire
 - Déficit d'adduction : pas essentiel pour générer une toux efficace chez les patients sans atteinte musculaire (huffing)
 - Déficit d'abduction plus préjudiciable : limitation du flux aérien
 - Risque d'inhalation après déglutition (pas d'expiration)

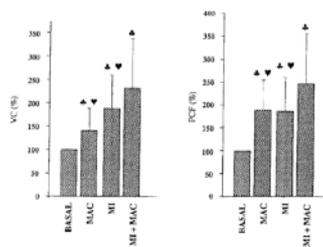
- ### Atteinte mécanique de la toux
- Phase expiratoire
 - Réduction de la pression expiratoire (indépendamment du volume inhalé)
 - distension abdominale paradoxale
 - Atteinte présente malgré une ventilation « acceptable »
- IMPORTANT DE L'EVALUATION DE LA TOUX

Assistance à la toux

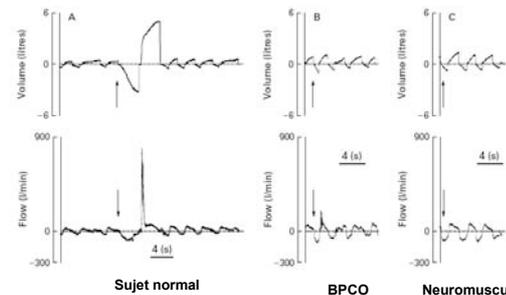
- **Assistance manuelle seule**
 - Force inspiratoire préservée (traumatisme médullaire)
 - Compression du thorax et de l'abdomen
 - Rapide pour les gros tronc
 - Lente pour un drainage plus périphérique
- **Manceuvres d'hyperinflation**
 - Déficit inspiratoire
 - Insufflation : ballon, relaxateur de pression, technique de stacking (empilement)
 - Pas d'atteinte bulbaire
 - Ventilation glossopharyngée parfois suffisante
- **Combinaison de manœuvres inspiratoires et assistance manuelle à l'expiration**



Assistance à la toux



MAC : toux manuellement assistée
 MI : insufflation manuelle
 PCF : Débit de toux



Sujet normal BPCO Neuromusculaires
 7 SLA
 2 polio
 1 Beker
 1 Duchenne

- Effet d'une assistance à la toux
- accélération du flux
 - insufflation (avec CoughAssist)
 - combinaison des deux techniques

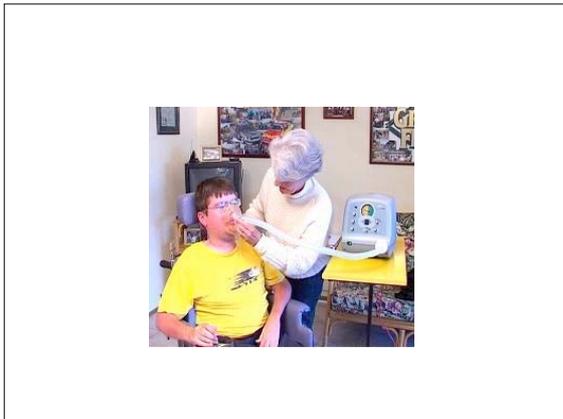
PCEF : peak cough expiratory flow rate
 CEV : cough expiratory volume
 PVT : peak value time

	Normal subjects (n=9)	COPD (n=8)	Neuromuscular weakness	
			Without scoliosis (n=4)	With scoliosis (n=4)
Baseline				
PCEF (l/min)	668 (310-700)	370 (267-483)	104 (43-188)	288 (175-362)
CEV (l)	2.4 (1.31-4.91)	1.02 (0.4-2.51)	0.5 (0.3-0.9)	0.9 (0.50-1.1)
PVT (ms)	35 (30-45)	32 (25-40)	80 (40-220)	44 (40-50)
Manually assisted cough				
PCEF (l/min)	624 (326-700)	226 (120-315)*	185 (93-355)	193 (185-287)
CEV (l)	2.91 (1.31-5.31)	0.8 (0.20-1.51)	0.7 (0.31-1.07)	0.5 (0.41-1.01)
PVT (ms)	50 (40-82)**	43 (30-60)*	118 (35-360)*	50 (35-55)
Mechanical insufflation				
PCEF (l/min)	676 (494-695)	288 (218-370)	136 (61-247)	231 (148-597)
CEV (l)	2.2 (0.8-5.91)	0.85 (0.2-0.91)*	0.7 (0.3-1.01)	0.7 (0.3-1.3)
PVT (ms)	33 (30-40)	33 (30-40)	85 (20-420)	45 (30-60)
In combination				
PCEF (l/min)	624 (288-695)	245 (218-370)*	248 (110-343)*	162 (218-440)
CEV (l)	2.2 (0.7-5.41)	0.8 (0.3-1.00)	0.6 (0.40-2.19)	0.6 (0.4-1.01)
PVT (ms)	55 (40-100)	40 (35-50)	75 (20-420)	50 (45-120)

P Sivasothy, L Brown, I E Smith and J M Sheeerson Thorax 2001;56:438-444

Assistance mécanique à la toux

- **In-exsufflation (coughAssist)**
 - Connu depuis les années 50
 - Combinaison d'une insufflation (3 à 4 sec) et d'une exsufflation (1/2) qui permet d'augmenter le flux expiratoire
 - Pressions de l'ordre de + et - 40 cm H₂O
 - Plusieurs cycles
 - Masque ou pièce buccale
 - Possible chez le patient trachéotomisé
 - Intérêt clinique très vraisemblable...



Limites de l'aide mécanique à la toux

- **Atteinte bulbaire sévère**
 - SLA
 - Obstruction dynamique des voies aériennes supérieures au moment de exsufflation
- **BPCO**
 - Collapsus expiratoire
- **Syndromes restrictifs en rapport avec une atteinte de la paroi thoracique (cyphoscoliose)**

Autres méthodes mécaniques

Aide au drainage périphérique

- **Percussions**
 - **Externes**
 - Manuelles : inefficaces, à déconseiller...
 - Instrumentales (vestes, matelas...)
 - Augmentent la clairance, réduit la viscosité, améliore les battements ciliaires
 - 10 à 15 Hz
 - Preuve ? Petites séries...

Autres méthodes mécaniques

Aide au drainage périphérique

- **Percussions**
 - **Internes**
 - Ventilation intrapulmonaire à percussion (percussionnaire™)
 - 100 à 300 cycles
 - Couplé à un relaxateur de pression
 - Aussi efficace que la kinésithérapie dans la mucoviscidose...non recommandé
 - Etudes peu convaincantes
 - Partisans...
 - Pas dangereux

Physiopathologie de la toux et de l'encombrement

Situation complexe - choix des techniques

Pathologies différentes - niveaux de gravité variables, avec de nombreux paramètres

- **Obstructifs :**
 - A priori pas ou peu de déficit de la toux
 - éviter le collapsus et favoriser le drainage périphérique
- **Neuromusculaires :**
 - Impossible et/ou dangereux d'utiliser certaines techniques : drainage postural, drainage autogène, fluidifiants
 - assurer le drainage périphérique et l'expulsion en recréant les étapes de la toux
 - Mise en œuvre rapide et efficace de la prise en charge de l'encombrement bronchique