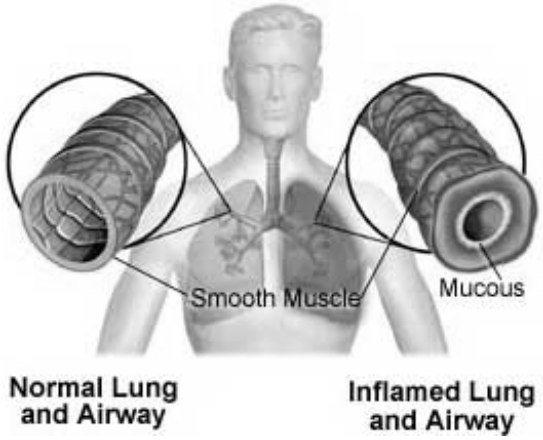
UCL Université catholique de Louvain

Université partenaire de l'Académie universitaire 'Louvain'

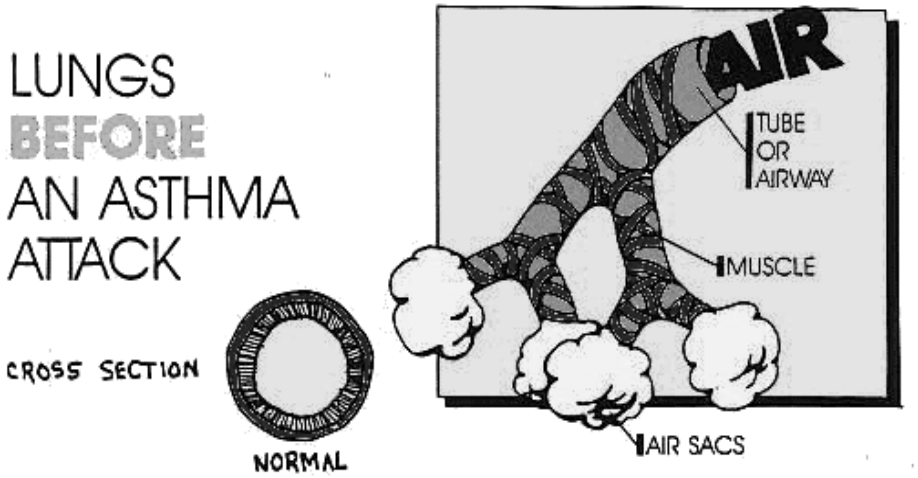
FARM 2129 : Pharmacologie spéciale

L'asthme



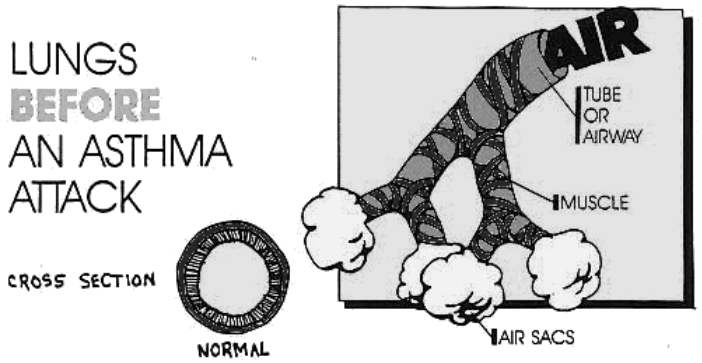
Rang: chapitre 22

Les voies aériennes normales …



Entendez-vous-même

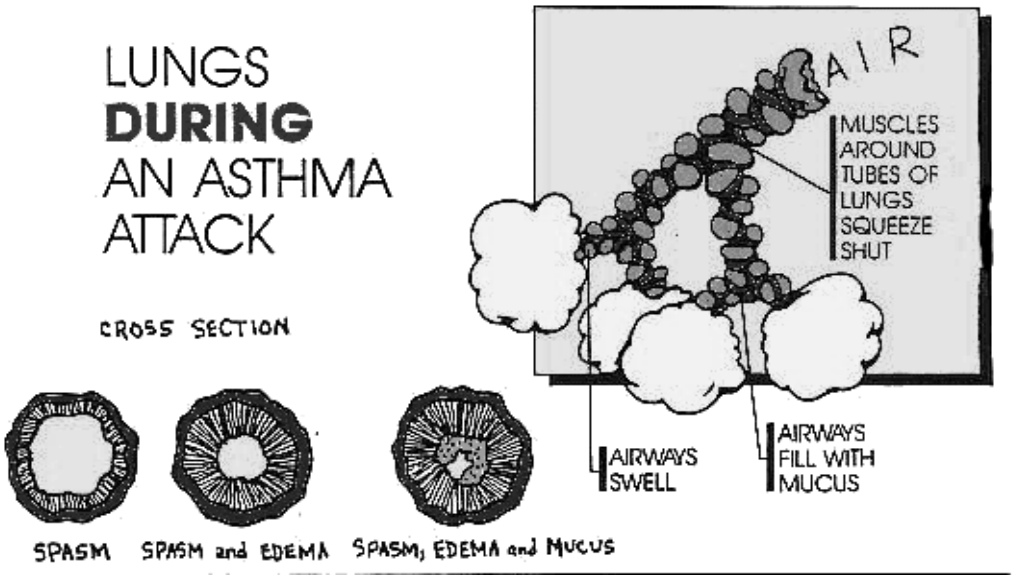
Les voies aériennes normales et celles de l'asthmatique



Entendez vous-même ...

Et maintenant...

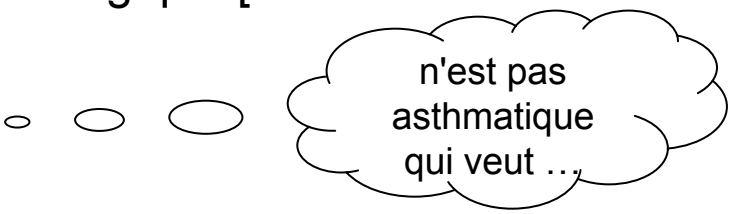
- Spasme
- oedème
- mucus



From: http://www.people.virginia.edu/~smb4v/tutorials/asthma/asthma1.html

Ethiopathogénie de l'asthme

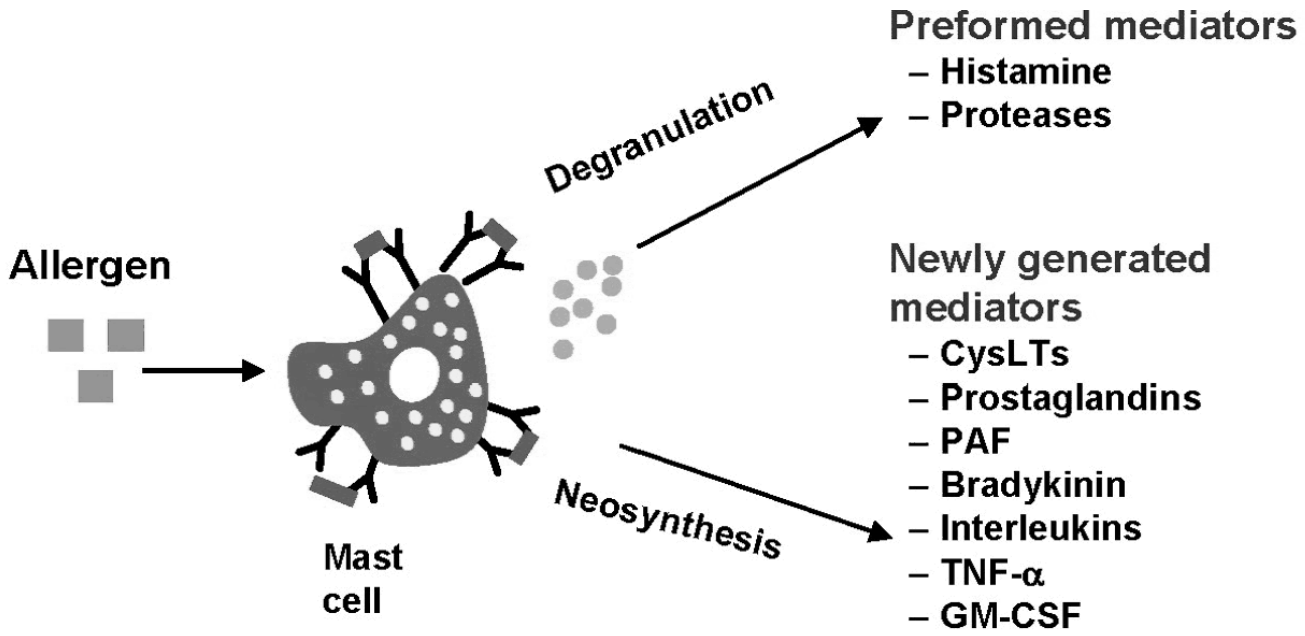
- réaction de type immédiat médiée par les IgE avce libération de médiateurs bronchoconstricteurs et chimiotactiques favorisant un œdème inflammatoire
- réaction semi-retard (type phénomène d'Arthus * / complexes immuns solubles)
- réactions de type inflammatoire (polynucléaires, éosinophiles…)
- inflammation neurogène (subtance P, neurokinines, Vasoactive Intestinal Peptide [VIP]).
- perturbation de la régulation neurogène du tonus bronchique (activation du système cholinergique; diminution de l'activité du système bronchodilatateur non-adrénergique non-cholinergique [très probablement médié par le NO])
- réactivité bronchique anormalement élevée (terrain atopique **)



* Maurice Arthus (1862-1945, physiologiste français, a démontré l'existence d'une anaphylaxie locale, par des injections répétées de sérum de cheval au lapin, déclenchant ainsi un oedème local à tendance hémorragique et nécrotique, qui fut baptisé le "phénomène d'Arthus".

** situation familiale, héréditaire, caractérisée par la coexistence chez un même enfant, mais à des âges différents, d'affections qui se succèdent : eczéma constitutionnel, asthme, rhume des foins, urticaire, etc.

Relation allergie – asthme (et libération des médiateurs)



CysLTs=cysteinyl leukotrienes; GM-CSF=granulocyte-macrophage colony–stimulating factor; PAF=platelet-activating factor; TNF-α=tumor necrosis factor α.

Young MC. Allergy Asthma Proc*. 1998;19:211-218; Holgate ST et al.* J Allergy Clin Immunol*. 1996;98:1-13; Naclerio RM.* N Engl J Med. 1991;325:860-869.)

Aspect biphasique de l'asthme: constriction - inflammation

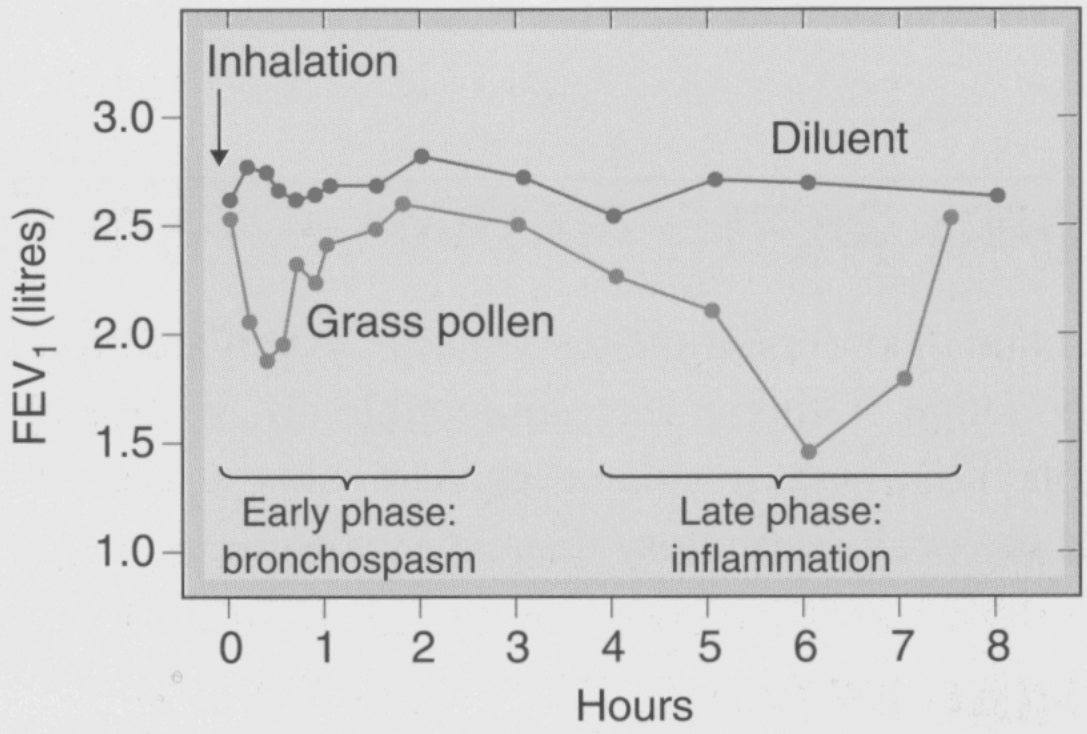


Fig. 22.1 The two phases of asthma as demonstrated by the changes in the forced expiratory volume in 1 second (FEV_1) after inhalation of grass pollen in an allergic subject. (From: Cockcroft D W 1983 Lancet ii: 253.)

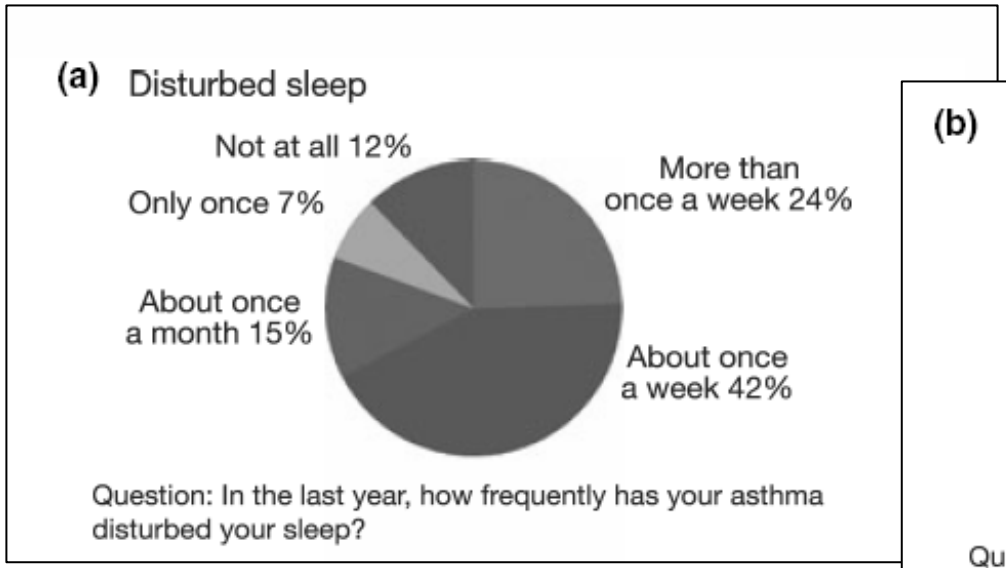
Rang 2003 p 342

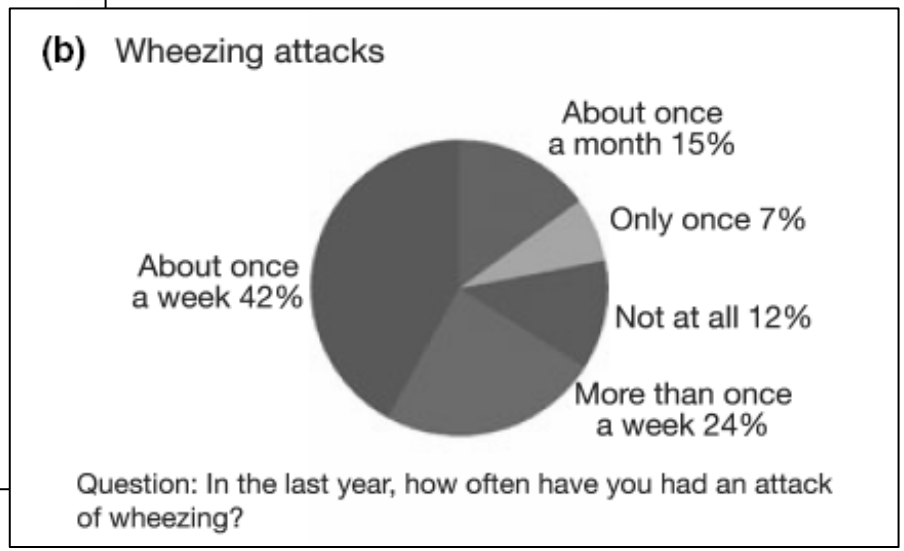
Repérer les signes importants…

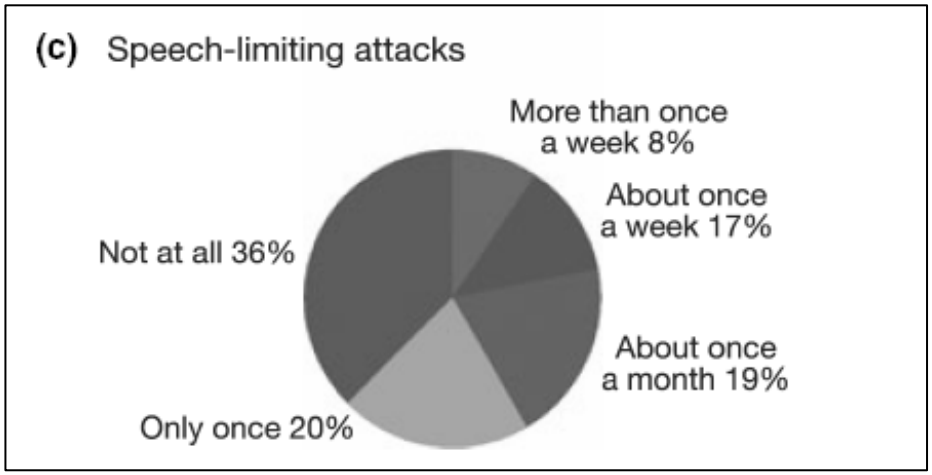
L'asthme est une maladie à prendre au sérieux.

L'asthme est l'une des maladies pulmonaires chroniques les plus fréquentes : environ 8% des Belges sont concernés. Mais quels en sont les symptômes ? A quoi sont-ils dus ? Parlez-en à votre pharmacien.

Chez l'adulte …







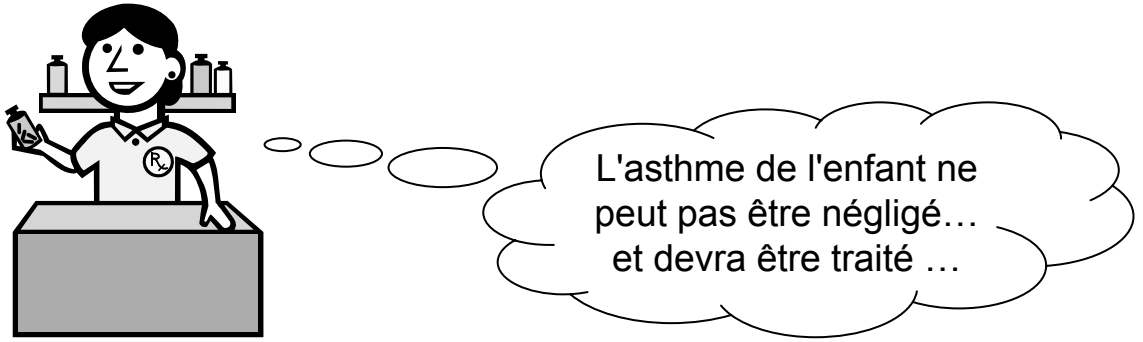
Dockerell et al. The limitations of severe asthma: the results of a European survey. Allergy 2007: 62: 134–141

disponible sur i-campus

Chez l'enfant, l'asthme étreint, fait tousser, étouffer, … et fait peur…

Ecoutez la …

Ecoutez la aussi si vous pouvez …



Mais est-ce de l'asthme ?

Figure 1. Is It Asthma?

Presence of any of these signs and symptoms should increase the suspicion of asthma:

- Wheezing—high-pitched whistling sounds when breathing out—especially in children. (A normal chest examination does not exclude asthma.)
- History of any of the following:
  - Cough, worse particularly at night
  - Recurrent wheeze
  - Recurrent difficult breathing
  - Recurrent chest tightness
- Symptoms occur or worsen at night, awakening the patient.
- Symptoms occur or worsen in a seasonal pattern.
- The patient also has eczema, hay fever, or a family history of asthma or atopic diseases.
- Symptoms occur or worsen in the presence of:
  - Animals with fur
  - Aerosol chemicals
  - Changes in temperature
  - Domestic dust mites
  - Drugs (aspirin, beta blockers)
  - Exercise
  - Pollen
  - Respiratory (viral) infections
  - Smoke
  - Strong emotional expression
- Symptoms respond to anti-asthma therapy.
- Patient's colds "go to the chest" or take more than 10 days to clear up.

Il faut mesurer ...

Lung function indices

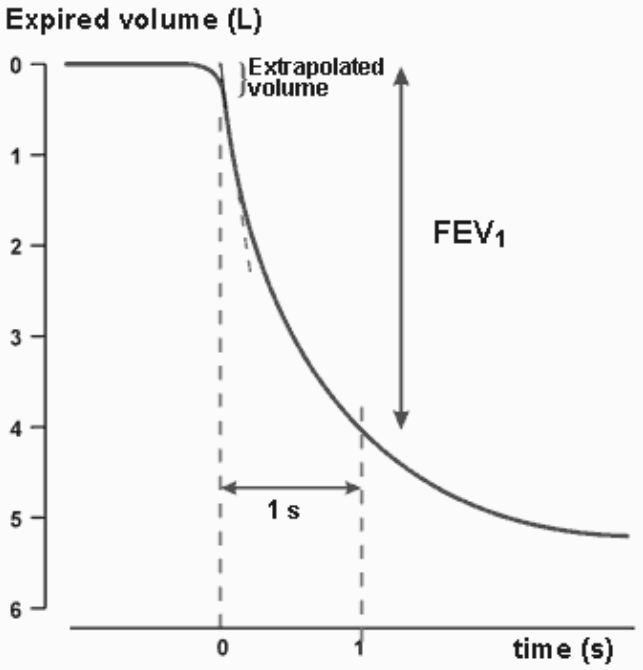
Overview of spirographic indices
VC | IVC | EVC | FVC | FIVC | FEV1and FEV1%VC | FIV1and FIV1%VC
PEF | MEFx%, FEFx% | MMEF, FEF25-75% | MIFx% | RV | FRC | TLC

FEV1 - forced expiratory volume in 1 second, FEV1%VC

The FEV1 is the volume exhaled during the first second of a forced expiratory maneuver started from the level of total lung capacity.

- report the largest value of three technically satisfactory maneuvers.
- the start of the forced expiration is obtained by linear extrapolation of the steepest part of the volume-time diagram.
- the extrapolated volume should not be more than 5% of the FVC or 150 mL, whichever is greater.
- the FEV1 reported should not differ by more than 150 mL from the next largest FEV1, or 100 mL if the FVC is 1.0 L or less (procedures, ref. 3) If the difference is larger up to 8 maneuvers (ref. 1) should be performed.
- if more than 8 maneuvers would be required to satisfy the criteria, then report the largest FEV1 with a note that reproducible measurements could not be obtained.

FEV1 is by far the most frequently used index for assessing airway obstruction, bronchoconstriction or bronchodilatation; FEV1 expressed as a percentage of the VC is the standard index for assessing and quantifying airflow limitation. In adults, but not in children and adolescents, FEV1%VC declines with age.
As IVC > EVC > FVC in patients with obstructive lung disease, the VC should be specified when using the FEV1/VC ratio, hence FEV1%FVC or FEV1%IVC. The Tiffeneau-index is FEV1%IVC (ref. 2).



Measurements of **lung function** provide an assessment of the severity, reversibility, and variability of airflow limitation, and help confirm the diagnosis of asthma.

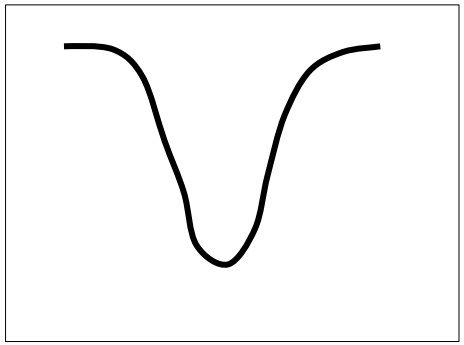
Spirometry is the preferred method of measuring airflow limitation and its reversibility to establish a diagnosis of asthma.

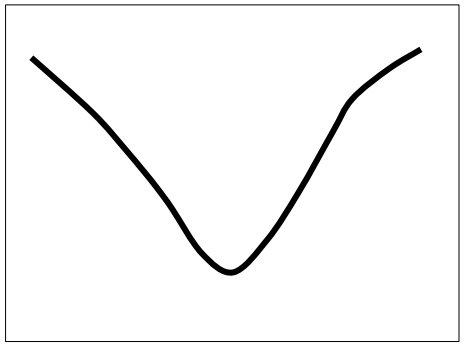
- An increase in FEV_1 of ≥ 12% (or ≥ 200 ml) after administration of a bronchodilator indicates reversible airflow limitation consistent with asthma. (However, most asthma patients will not exhibit reversibility at each assessment, and repeated testing is advised.)

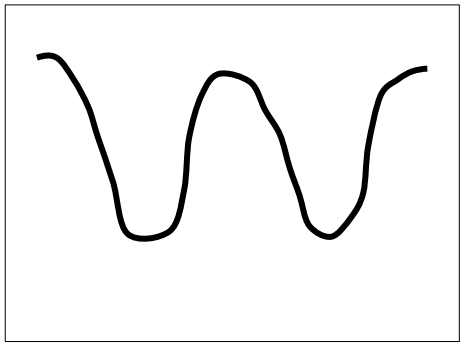
http://www.spirxpert.com/indices7.htm

L'asthme est une maladie qui montre des formes aiguës mais présente en fait un fond chronique ...

FEV_1







Asthme aigu	Asthme subaigu	Asthme chronique
bronchoconstriction	oedème et hyperéactivité	Fibrose hypertrophie musculaire
histamine leucotriènes	PAF interleukines	Réaction inflammatoire globale

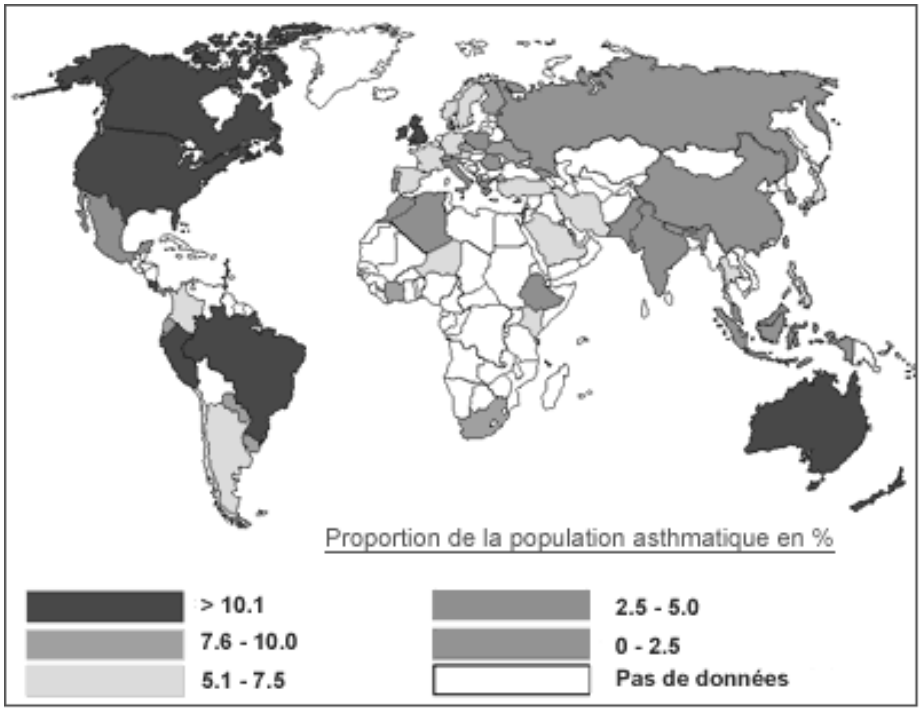
Principaux agents pouvant causer des crises d'asthme

- Infections respiratoires
  - virus respiratoire syncitial, rhinovirus, influenza, parainfluenza, Mycoplasma pneumoniae
- Allergènes
  - pollens, poussières de maison, poils d'animaux, insectes, spores fongiques
- Stimuli environnementaux
  - air froid, brouillard, fumées, ozone, NO_2, SO_2…
- Emotions
  - anxiété, stress, rire, …
- Exercice
  - particulièrement dans les climats froids et secs
- Médicaments
  - acide acétylsalycilique, les AINS, les β-bloquants
- Préservatifs / antiseptiques
  - sulfite, chlorure de benzalkonium
- Allergènes liés à la profession
  - farine et la poussière de céréales, champignons et moisissures, épices et enzymes, etc…

Adapté de DiPiro, 2005, p 504

Prévalence de l'asthme …

- L'Organisation mondiale de la santé estime que plus de 180 000 décès par an sont dus à cette affection.
- 8 % de la population suisse souffrent d'asthme, contre 2 % seulement il y a 25 ou 30 ans ;
- Dans l'ensemble de l'Europe occidentale, selon un institut belge, l'Institut de l'Allergologie l'UBC, l'incidence de l'asthme a doublé en dix ans ;
- En Australie, un enfant de moins de 16 ans sur six est touché.



Prévalence mondiale de l'asthme clinique © Gina
http://www.ginasthma.com/

Points d'action des médicaments de l'asthme

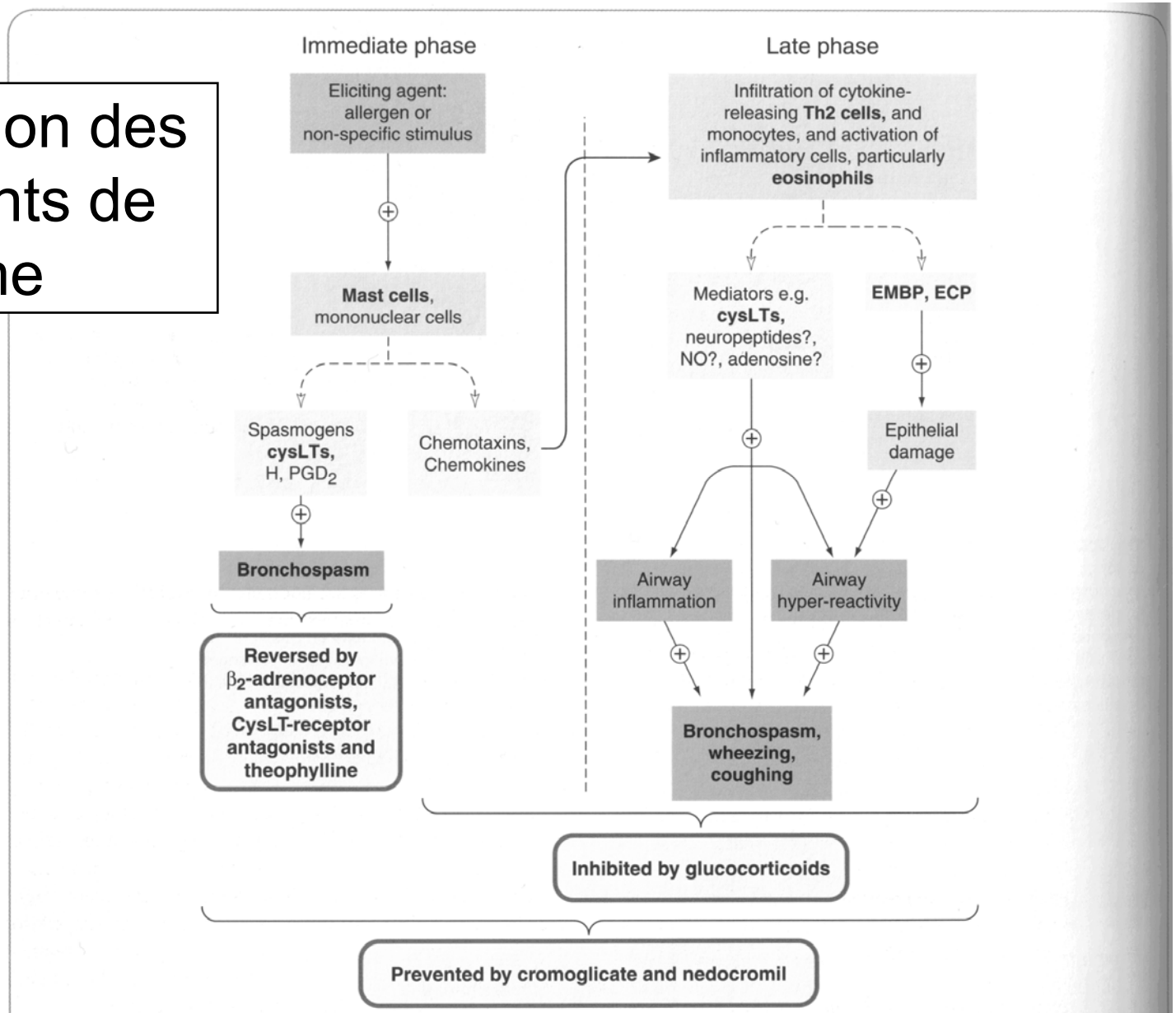


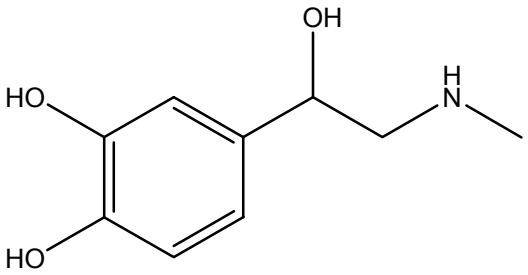
Fig. 22.3 Outline of the reactions thought to occur in asthma, with the actions of the main drugs. Important mediators and cells are emphasised. (CysLTs, cysteinyl-leukotrienes (leukotrienes C_4 and D_4); H, histamine; EMBP, eosinophil major basic protein; ECP, eosinophil cationic protein; iNO, induced nitric oxide.) For more detail of the Th2-derived cytokines and chemokines, see Chapter 15, page 225 and Figure 15.4. Note that not all asthmatic subjects respond to cromoglicate or nedocromil, and that theophylline and the cysteinyl-leukotriene receptor antagonists are only second-line drugs.

Médicaments de l'asthme…

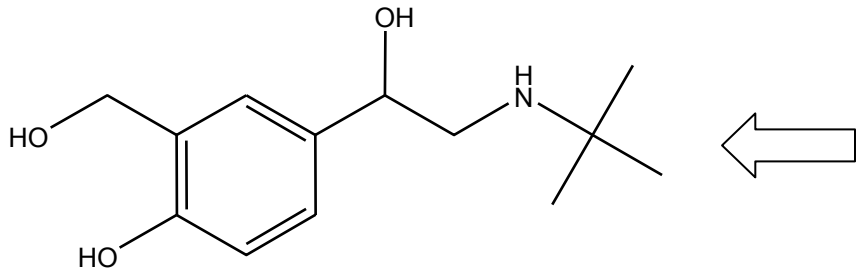
- à visée principalement bronchodilatatrice
  - β-2 agonistes
    - courte durée d'action
    - longue durée d'action
  - xanthines
  - antagonistes des récepteurs aux leucotriènes
  - antagonistes muscariniques
  - antagonistes H_1 *
- à visée principalement anti-inflammatoire
  - glucocorticoïdes
  - cromoglycates
- associations β-2 agonistes-corticoïdes

* n'ont pas de place dans l'asthme car action uniquement sur la première phase (exception: kétotifène)

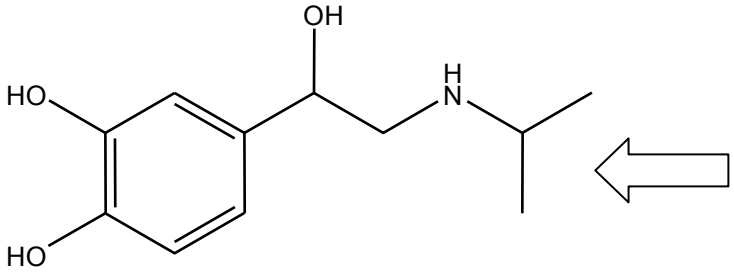
de l'adrénaline aux β-2 agonistes sélectifs à courte durée d'action



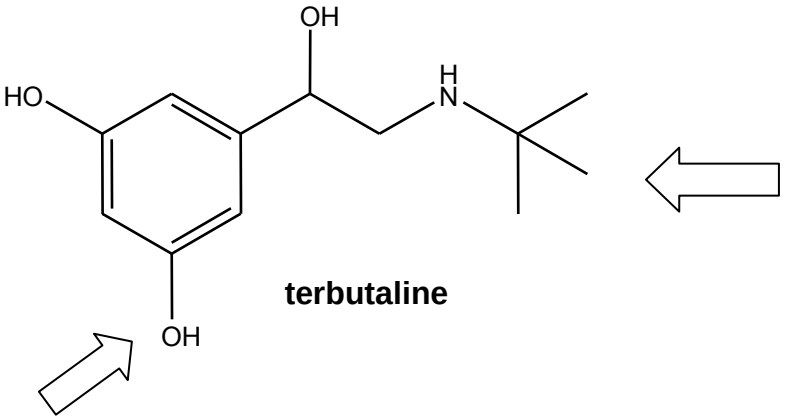
adrenaline



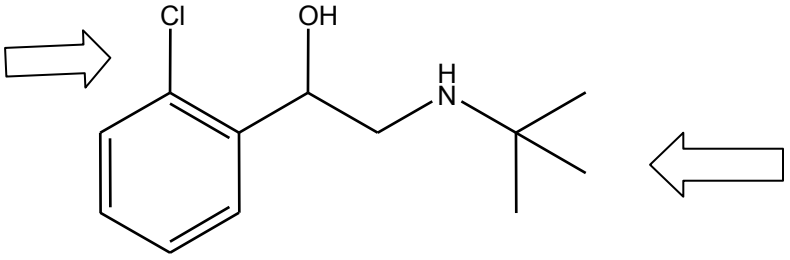
salbutamol



isoprénaline



terbutaline



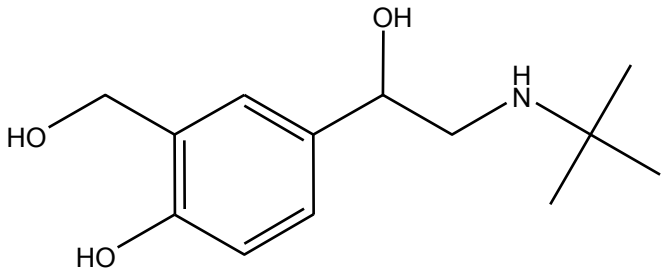
tulobuterol

actions pharmacologiques des β-2 agonistes

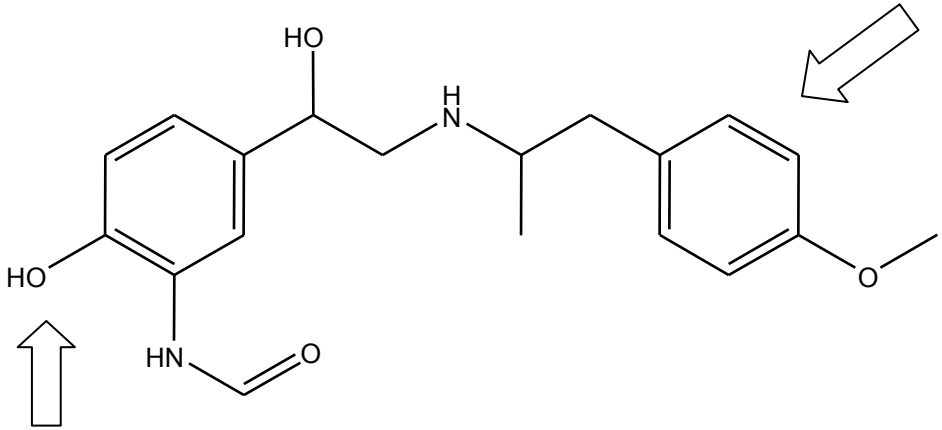
- Effets désirables
  - action directe sur le récepteur β-2 des cellules musculaires bronchiques entrainant la **bronchodilatation** par
    - l'activation de l'adénylate cyclase et ensuite l'activation de la protéine kinase A
    - diminution de la sensibilité de la kinase des chaines légères de la myosine après phosphorylation par la protéine kinase
    - abaissement du taux de Ca^{++} intracellulaire (stimulation de l'efflux par la Ca^{++}-ATPase; inhibition de la libération d'IP_3)
  - stimulation de la clairance mucociliaire et du transport du Cl^- à partir des glandes vers la lumière bronchique
  - diminution de la libération des médiateurs bronchoconstricteurs à partir des éosinophiles
- Effets indésirables
  - tachycardie (par action directe sur les récepteurs β-1 cardiaques (manque de sélectivité)
  - tremblements des extrémités (effets sympathicomimétiques au niveau des muscles striés)
  - hyperglycémie (par stimulation de la glycogénloyse hépatique)
  - agitation (stimulation centrale), céphalées, vertiges
  - hypokaliémie (par stimulation du transfert du K^+ vers les cellules)

⇒ administration locale (aérosols) préférée….

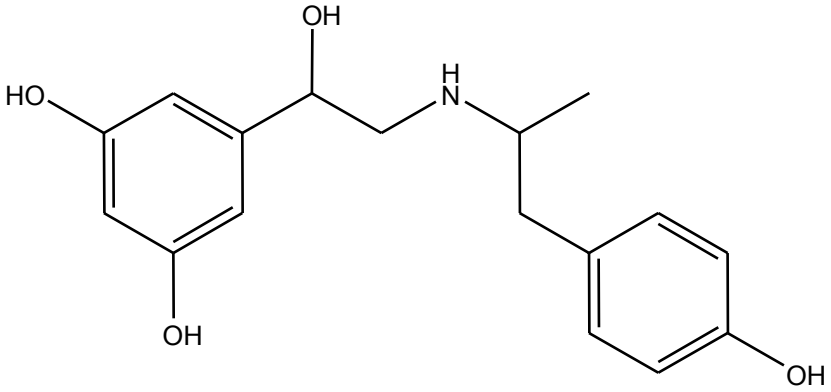
vers les β-2 agonistes sélectifs à longue durée d'action



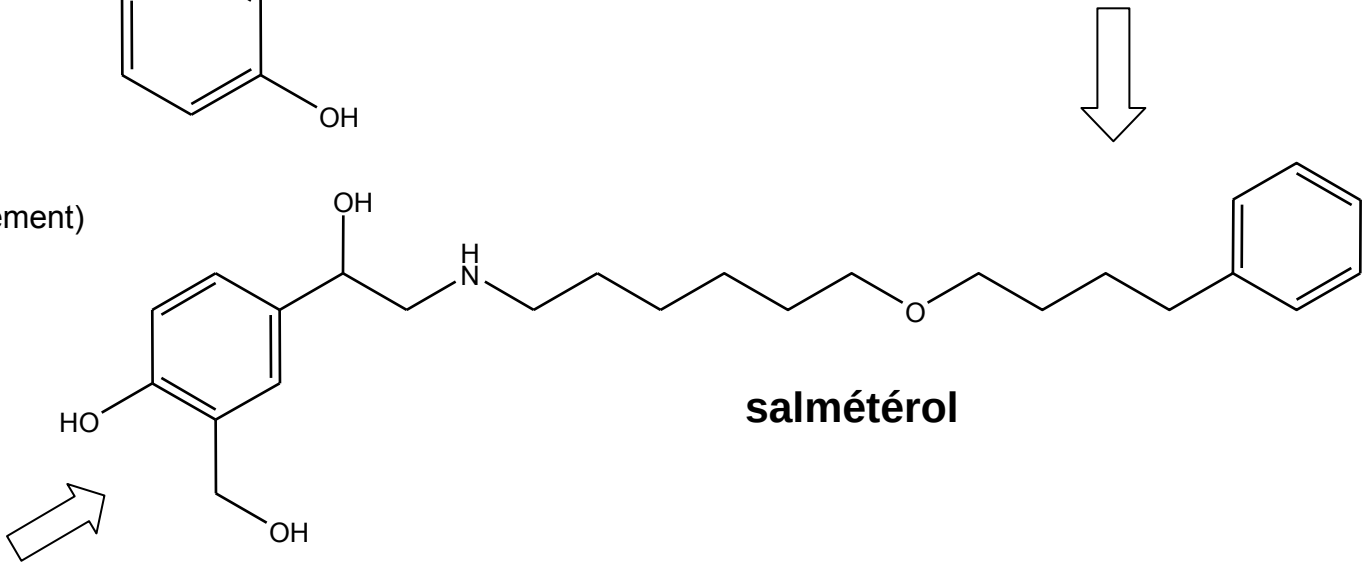
salbutamol



formoterol



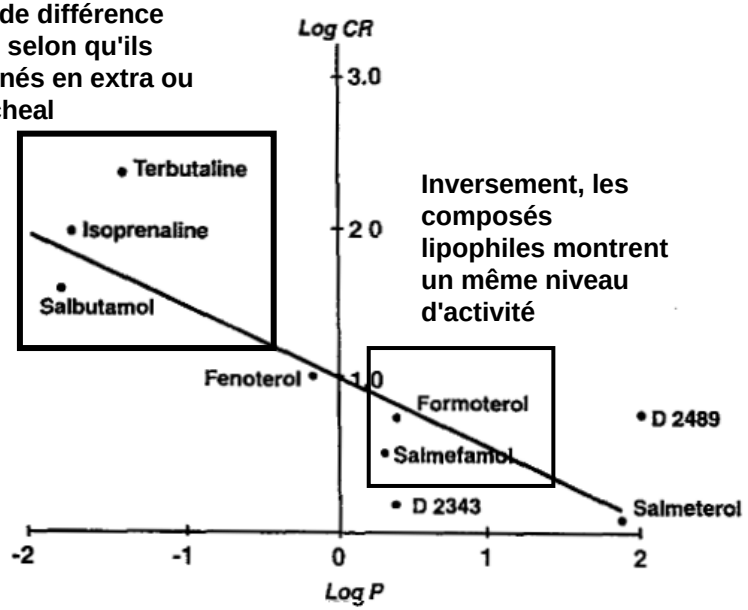
fénotérol
(usage interne uniquement)



salmétérol

Tous ces composés sont plus lipophiles (et diffusent et persistent dans les membranes)

Les composés hydrophiles montrent une grande différence d'activité selon qu'ils sont donnés en extra ou intra-tracheal



Inversement, les composés lipophiles montrent un même niveau d'activité

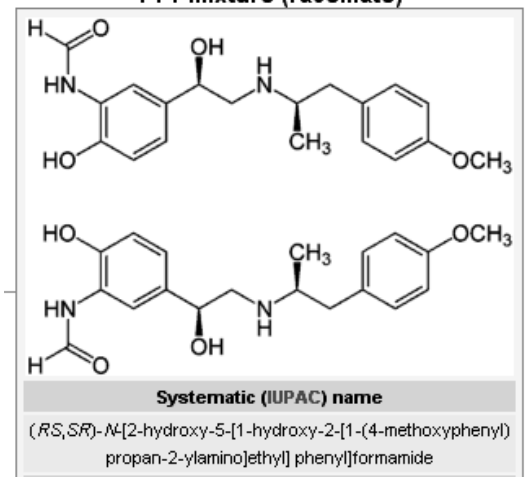
FIGURE 2. Relation between effect kinetics and lipophilicity for some β-adrenoceptor agonists. Inhibition of contraction was measured in an electrically stimulated vagus nerve-trachea tube preparation from guinea-pig. The log difference (Log CR) for pEC_{50} obtained with extra- versus intra-tracheal administration of drug was plotted against the logarithm for the octanol/water distribution-coefficient at pH 7.4 (Log P). Data from Jeppsson *et al.* (1989a, 1989b).

Waldeck B. Some pharmacodynamic aspects on long-acting beta-adrenoceptor agonists. Gen Pharmacol. 1996; 27:575-80.

disponible sur i-campus

Et sont des mélanges racémiques…

1 : 1 mixture (racemate)



Systematic (IUPAC) name

(*RS,SR*)-*N*-[2-hydroxy-5-[1-hydroxy-2-[1-(4-methoxyphenyl) propan-2-ylamino]ethyl] phenyl]formamide

TABLE 1. Steric aspects of long-acting β_2-adrenoceptor agonists. Potency (pEC_{50}) for the relaxing effect on guinea-pig tracheal smooth muscle and the relation (eudismic ratio) between the more active and the less active enantiomer

Enantiomer	pEC_{50}	Eudismic ratio	Source
(R;R)-formoterol	9.89		
(S;S)-formoterol	6.96	850	Trofast et al. (1991)
(R;S)-formoterol	7.87		
(S;R)-formoterol	7.83	1	Trofast et al. (1991)
(R;R)-TA-2005	9.29		
(S;S)-TA-2005	5.62	4,680	Voss et al. (1992)
(R)-salmeterol	8.77		
(S)-salmeterol	7.09	47	Johnson et al. (1993)

Xanthines (théophylline et dérivés)

Historiquement les plus premiers et les plus importants médicaments de l'asthme mais largement abndonnés car

- **Marge thérapeutiques étroite** (min. 10 mg/L – max. 20 mg/L)
  - ➔ formes orales à libération prolongée (pour éviter les fluctuations importantes des taux sériques; formes intraveineuses réservées à l'asthme sévère; mauvaise diffusion locale et donc PAS de formes par inhalation)
  - ➔ être extrêmement prudent en cas d'utilisation de doses élevées en l'absence de mesure e la théophyllinémie.

- **Nombreux effets indésirables** (liés au surdosage)
  - Troubles gastro-intestinaux (nausées, vomissements).
  - Hypokaliémie.
  - Troubles du rythme cardiaque.
  - Convulsions.
  - Parfois, arrêt respiratoire et cardiaque.

- **Interactions principales dues au métabolisme des xanthines par le CYP**1A2, et dans une moindre mesure le CYP3A4:
  - Augmentation des concentrations plasmatiques de théophylline par les inhibiteurs
  - Diminution des concentrations plasmatiques de théophylline par les inducteurs

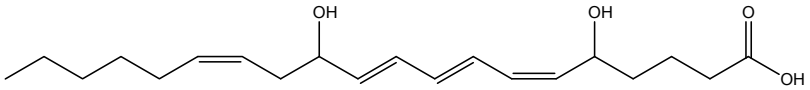
Xanthines (théophylline et dérivés): conditions d'usage

- Dosage à adapter individuellement en fonction de l'effet et des éventuels effets indésirables.
- insuffisants cardiaques, hépatiques et rénaux: doses réduites.
- enfant: adapater la posologie en fonction du poids et de l'âge.
- mise en route du traitemetn de façon progressive:
  - dose initiale de 16 mg/kg/jour (maximum 400 mg).
  - augmentation de 25% tous les trois jours en se basant sur la théophyllinémie (7,5 à 15 µg/ml) et en l'absence d'effets indésirables.
- dose journalière maximale:
  - enfant de 1 à 9 ans: 24 mg/kg
  - enfant de 9 à 12 ans: 20 mg/kg
  - adolescent de 12 à 16 ans: 18 mg/kg
  - adulte:13 mg/kg avec un maximum de 900 mg.
- Préparations à libération prolongée: administration deux fois par jour, mais peut devoir être de 3 fois si élimination rapide …. (enfants ou fumeurs, par .ex.).
- chez les patients qui prennent déjà de la théophylline, il est impératif, en raison du risque de toxicité, de mesurer les taux plasmatiques avant de procéder à une injection intraveineuse.

Note: le mode d'action précis par lequel les xanthines causent une relaxation bronchique est encore inconnu mais ne repose probablement pas sur l'action inhibitrice de la phosphodiestérase (démontrable uniquement *in vitro*…).

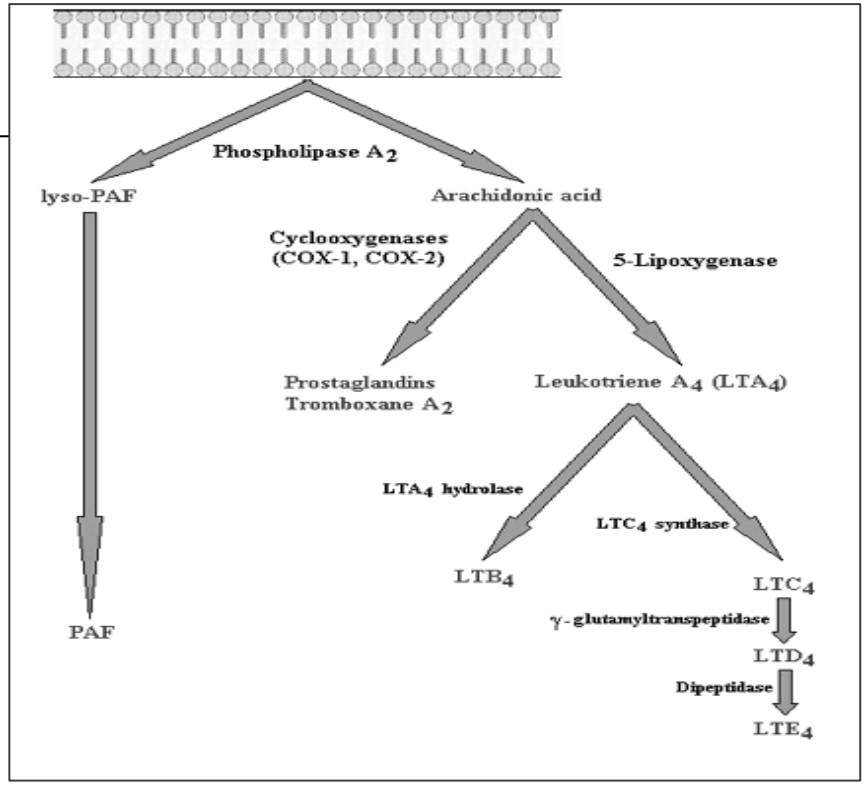
Leucotriènes…

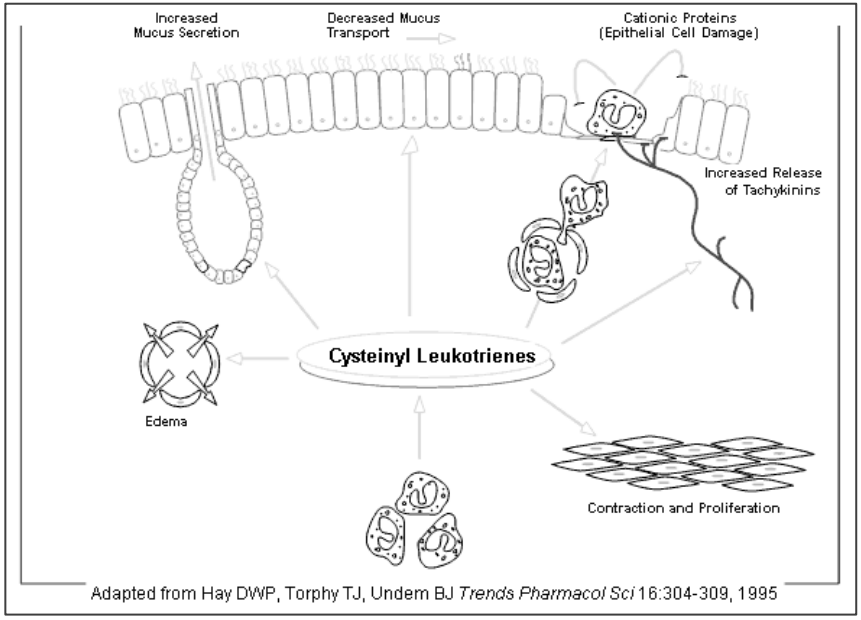
- Les cellules inflammatoires des bronches produisent des leucotriènes à partir de l'acide arachidonique via l'action de la 5-lipoxygénase (cette voie est favorisée si la cyclo-oxygénase est bloquée !!).
- Ceci conduit à la formation de 3 cystéinyl-leukotrienes (LTs; LTC4, LTD4, and LTE4) et de LTB4.



LTB4

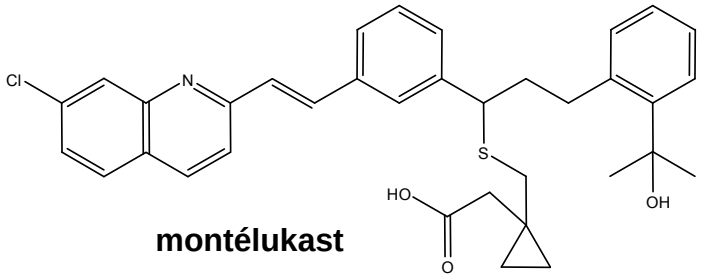
- Ces leucotriènes induisent de l'œdème, de l'hypersécértion de mucus, la migration de cellules inflammatoires (éosinophilie; avec libération de médiateurs du bronchospasme [hyperréactivité bronchique], et de la contraction musculaire.



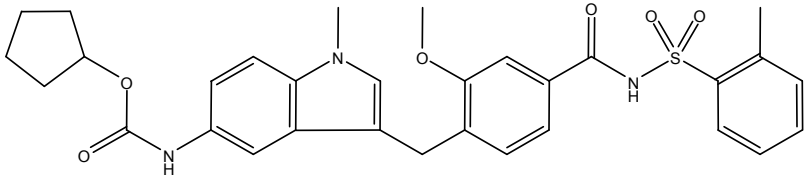


Antagonistes des leucotriènes…

- les antagonistes des récepteurs au leucotriènes (montelukast, zafirlukast) diminuent ou préviennent les effets des leucotriènes
- mais pas de façon rapide ni de façon majeure en ce qui concerne les effets cliniques pertinents (voir exemple) …
- ils ne peuvent donc pas agir dans le traitement des crises aiguës d'asthme, mais bien uniquement comme traitement de fond (➔ formes orales)
- ces antagonistes montrent une efficacité
  - chez environ 50 % des patients souffrant d'asthme <u>léger à modéré</u>, en particulier dans l'asthme d'effort et l'asthme allergique (l'identification à-priori des patients répondeurs est difficile);
  - de façon additive aux β_2-agonistes (et permettent de réduire le nombre d'inhalations)
  - en permettant de réduire les doses de corticoïdes



montélukast

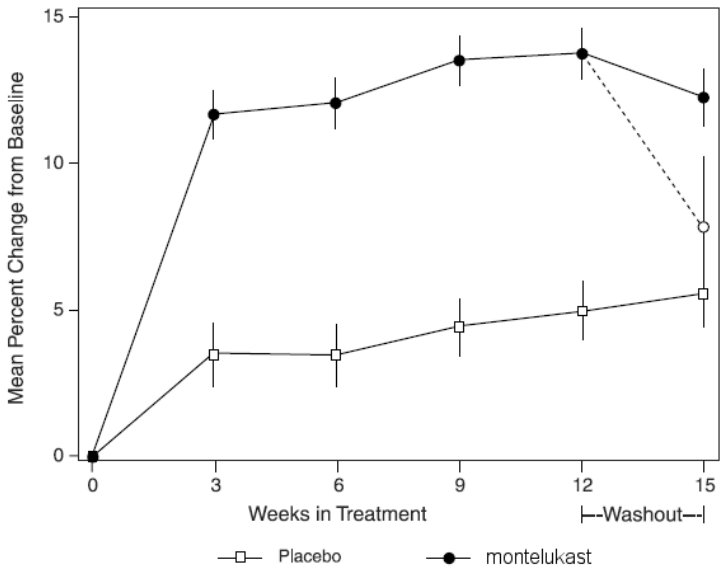


zafirlukast

Exemple: augmentation du FEV_1 après traitement au montélukast:

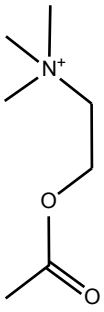
Randomized, 12-week, double-blind, placebo-controlled trials in 1576 patients (795 treated with SINGULAIR, 530 treated with placebo, and 251 treated with active control). The patients studied were mild and moderate, non-smoking asthmatics who required approximately 5 puffs of inhaled β-agonist per day on an “asneeded” basis. The patients had a mean baseline percent of predicted forced expiratory volume in 1 second (FEV1) of 66% (approximate range, 40 to 90%).

Source: notice américaine du SUNGULAIR®
http://www.singulair.com/montelukast_sodium/singulair/consumer/allergies/for_adults/product_information/pi/index.jsp

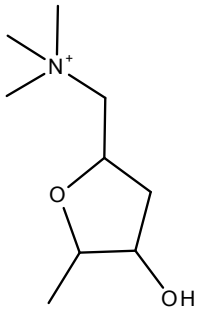


Antagonistes muscariniques…

Le système cholinergique joue peu de rôle dans l'asthme (à l'inverse de la bronchopneumopathie obstructive chronique [BPCO])!!

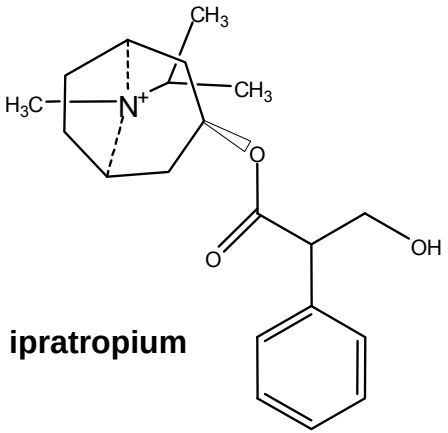


acétylcholine



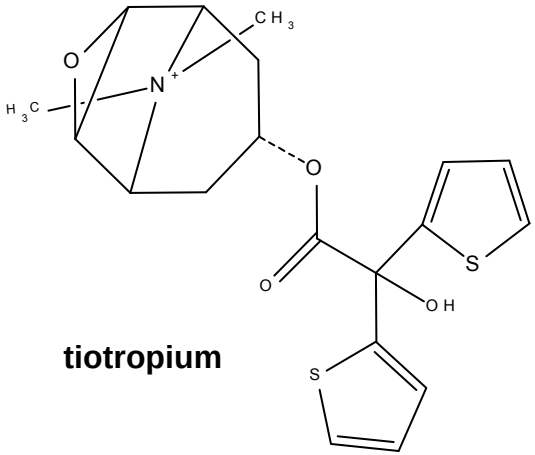
muscarine

- ipratropium: antagoniste non-spécifique (récepteurs M1, M2 et M3) et à courte durée d'action :
  - peu efficace dans les asthmes allergiques
  - utilisé uniquement en aérosol pour éviter les effets anticholinergiques généraux
  - rarement utilisés seuls mais plutôt en complément des β-2 agonistes (association fixes avec le salbutamol ou le fénotérol)



ipratropium

- tiotropium: antagoniste spécifique et à action prolongée (se dissocie rapidement du récepteur M2 [récepteurs de rétrocontrôle; ceci évite la libération réactionnelle d'acétylcholine) mais lentement des récepteurs M1 et M3 [broncholidatation prolongée])
  - indication uniquement dans le traitement bronchopneumopathie obstructive chronique [BPCO]



tiotropium

Glucocorticoïdes

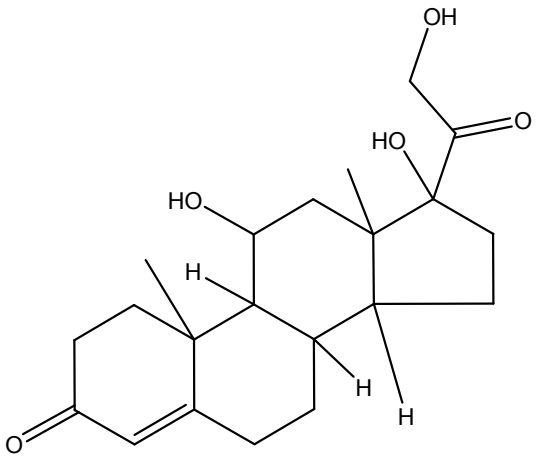
- Ne sont pas bronchodilatateurs et de donnent donc pas de réponse immédiate
- Agissent uniquement sur l'inflammation mais de façon très large en diminuant la production de
  - cytokines Th2 (qui recrutent les éosinophiles et augmentent l'expression des récepteurs aux IgE
  - la formations des PGE_2 et PGI_2 (vasodilatatrices)
  - la formation des leucotriènes et du PAF
  - la formation d'IL-3 (qui recrute les mastocytes)

➔Traitement de fond de l'asthme !!

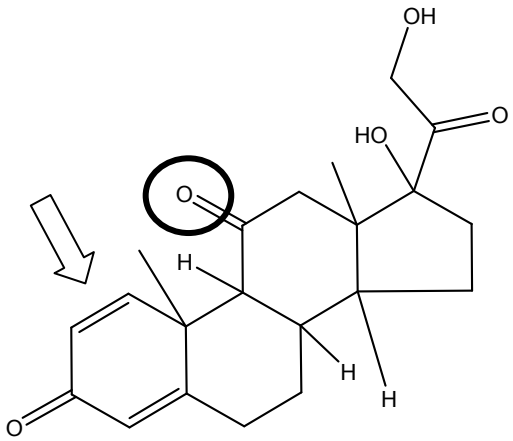
- Administration:
  - par aérosol si la perméabilité bronchique est suffisante (béclométhasone, budénoside, fluticasone) adaptation individuelle de la posologie: commencer par des doses faibles, et augmenter jusqu'à stabilisaton; envisager ensuite une diminution de la dose…
  - par voie orale dans les cas sévères (prednisone / prednisolone), suivie d'un relai par aérosol (avec diminution progressive des doses orales)
  - par voie intraveineuse dans les cas très graves (hydrocortisone)

- Effets indésirables
  - par aérosol: candidose oropharyngée
  - par voie générale et par aérosol si doses trop élevées : Inhibition de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénal (voir le cours sur les corticoïdes).

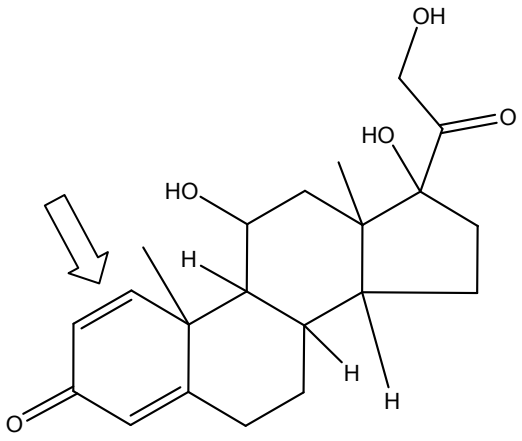
Glucocorticoïdes pour le traitement de l'asthme: de l'hydrocortisone vers …



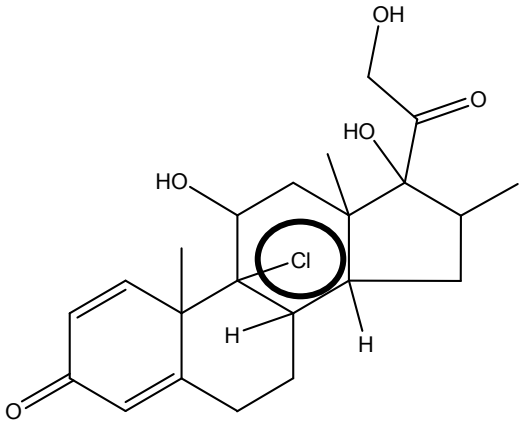
hydrocortisone



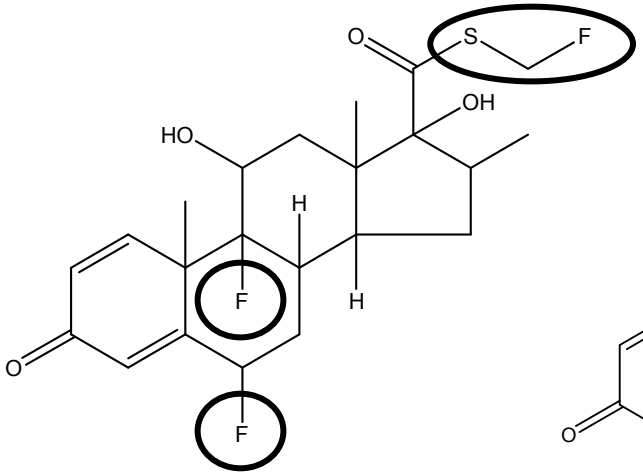
prednisone



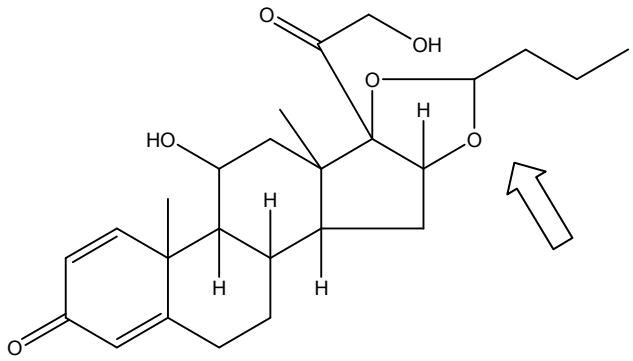
prednisolone



béclométasone



fluticasone



budénoside

Glucocorticoïdes pour inhalation: équivalences térapeutiques

Tableau 3. Doses équivalentes des corticostéroïdes à inhaler selon GINA 2006

	Posologie journalière faible (µg)	Posologie journalière moyennement élevée (µg)	Posologie journalière élevée (µg)
Dipropionate de béclométhasone - Adultes - Enfants	 200 – 500 100 – 200	 > 500 - 1000 > 200 - 400	 > 1000 – 2000 > 400
Budésonide - Adultes - Enfants	 200 – 400 100 – 200	 > 400 - 800 > 200 - 400	 > 800 – 1600 > 400
Fluticasone - Adultes - Enfants	 100 – 250 100 – 200	 > 250 - 500 > 200 - 500	 > 500 – 1000 > 500

Folia Pharmacotherapeutica **34**, janvier 2007 • http://www.cbip.be

Associations β-2 agonistes - corticoïdes …

fluticasone + salmétérol / budénoside / formotérol,

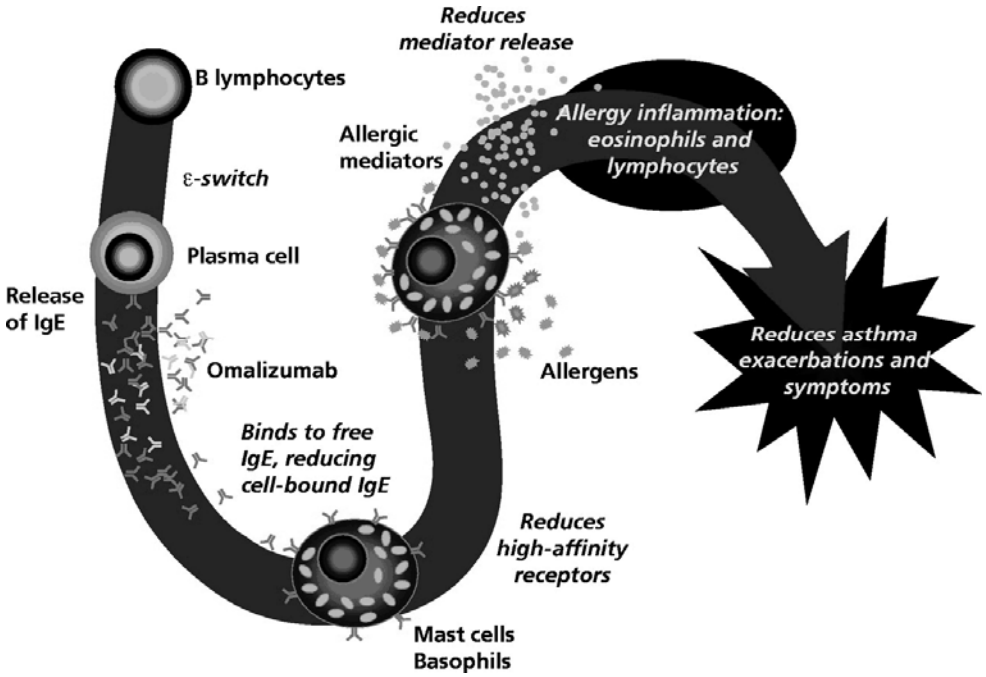
soit un β-2 agoniste a longue durée d'action avec un corticoïde … de la firme correspondante

- Positionnement
  - peuvent être utilisées pour le traitement d'entretien de l'asthme et de la BPCO sévère à très sévère avec des exacerbations répétitives.
  - pas indiquées pour le traitement de la crise d'asthme aiguë.
- Effets indésirables et précautions principales:
  - celles des substances utililisées séparément

Cromoglycate

- considéré longtemps comme agissant en stabilisateurs des mastocytes, mais agirait en diminuant la réponse neuronale (aspect neurogène de l'asthme)
- produit quasi-totalement insoluble ➔ inhalation (poudre)
- est efficace à titre prophylactique dans l'asthme allergique (surtout chez les enfants; mais variable et imprévisible) et provoqué par l'air froid et l'effort
- cause de l'irritation locale avec, parfois, des réactions d'hypersensibilité

Vers les nouveaux médicaments …

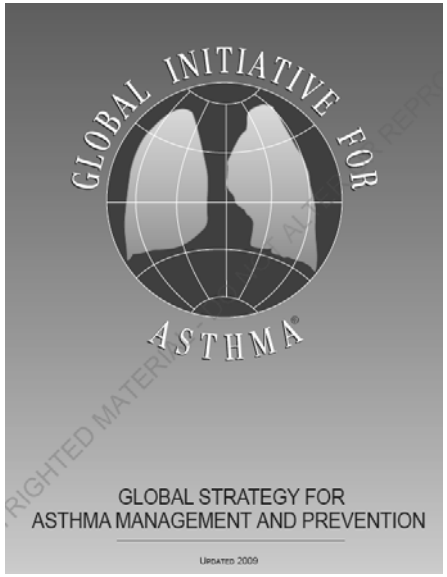


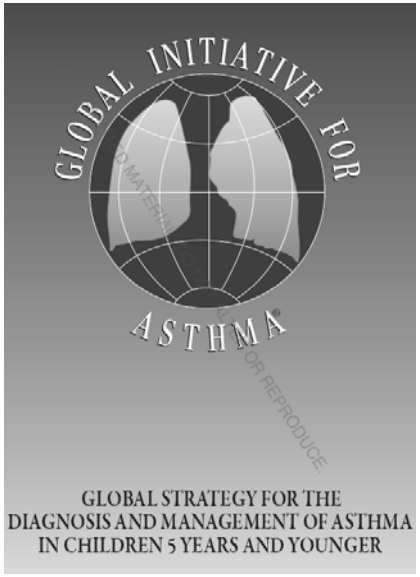
L'omalizumab: anticorps monoclonal humanisé recombinant anti-IgE

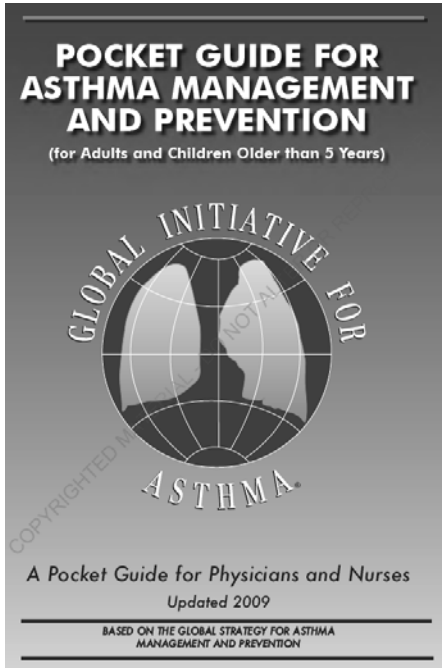
- complément au traitement conventionnel dans l'asthme allergique grave persistant (stade IV; voir "GINA")
- si hypersensibilité médiée par des IgE démontrée
- posologie est déterminée en fonction du taux d'IgE.
- effets indésirables: réactions au site d'injection, céphalées, réactions allergiques

Traitement de l'asthme (patients ambulants):

recommandations







Application en Belgique…

Asthme: recommandation

A partir du 1er novembre 2008, la prescription des médicaments pour le traitement de l'asthme est basée sur cette recommandation.
Le traitement des exacerbations (*poussées aiguës*) ne fait pas partie de cette recommandation.

Cette recommandation est publiée au Moniteur Belge du 15 octobre 2008.

Informations supplémentaires:

CBIP BCFI **www.cbip.be** Répertoire, chapitre 4.

INAMI **www.inami.be** Questions?: asthmebpco@inami.fgov.be

octobre 2008

disponibles sur i-campus

http://www.ginasthma.org

Asthme: évaluer le niveau de contrôle

Figure 2. Levels of Asthma Control

Characteristic	Controlled (All of the following)	Partly Controlled (Any measure present in any week)	Uncontrolled
Daytime symptoms	None (twice or less/week)	More than twice/week	Three or more features of partly controlled asthma present in any week
Limitations of activities	None	Any	
Nocturnal symptoms/ awakening	None	Any	
Need for reliever/ rescue treatment	None (twice or less/week)	More than twice/week	
Lung function (PEF or FEV_1)‡	Normal	< 80% predicted or personal best (if known)	
Exacerbations	None	One or more/year*	One in any week†

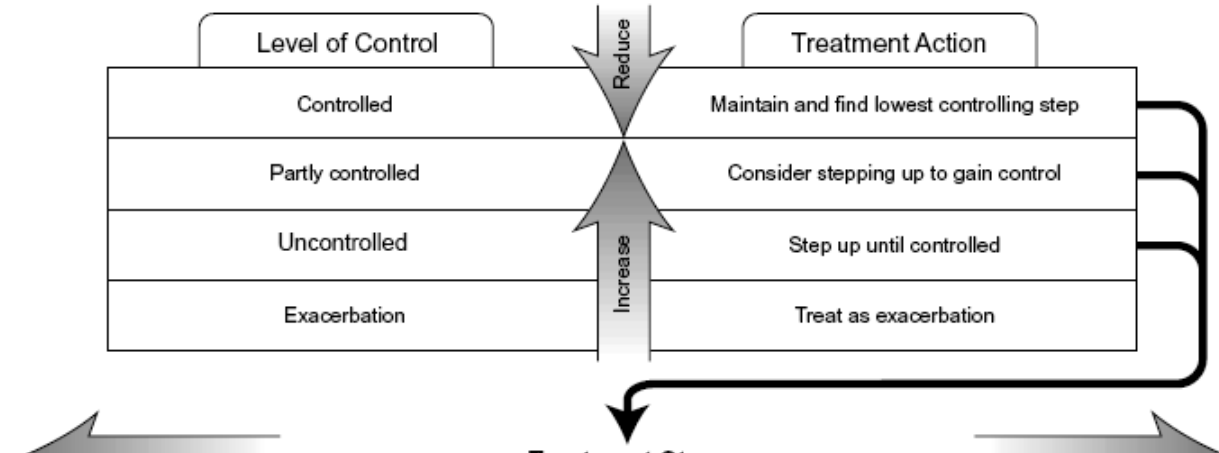
* *Any exacerbation should prompt review of maintenance treatment to ensure that it is adequate.*
† *By definition, an exacerbation in any week makes that an uncontrolled asthma week.*
‡ *Lung function testing is not reliable for children 5 years and younger.*

http://www.ginasthma.org

Ensuite agir

Figure 5. Management Approach Based On Control

For Children Older Than 5 Years, Adolescents and Adults



Reduce — **Treatment Steps** — **Increase**

Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5
Asthma education Environmental control				
As needed rapid-acting β_2-agonist	As needed rapid-acting β_2-agonist			
Controller options	Select one	Select one	Add one or more	Add one or both
	Low-dose inhaled ICS*	Low-dose ICS plus long-acting β_2-agonist	Medium-or high-dose ICS plus long-acting β_2-agonist	Oral glucocorticosteroid (lowest dose)
	Leukotriene modifier**	Medium-or high-dose ICS	Leukotriene modifier	Anti-IgE treatment
		Low-dose ICS plus leukotriene modifier	Sustained release theophylline	
		Low-dose ICS plus sustained release theophylline		

* ICS=inhaled glucocorticosteroids
** =Receptor antagonist or synthesis inhibitors

http://www.ginasthma.org