

INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE  
A.P.S.A.H. DE LIMOGES

Travail Ecrit en vue de l'obtention du  
Diplôme d'Etat de Masseur-Kinésithérapeute

**Juin 2011**

**DIAPHRAGME ET KINESITHERAPIE :**  
**REVUE GENERALE ET APPLICATION CLINIQUE**

Josselin BROUX

Sous la direction de :

Dr ANTONINI Marie-Thérèse

Mr DUZOU François : Cadre formateur de l'institut



## **Remerciements :**

Je remercie le Dr Marie-Thérèse ANTONINI ainsi que François DUZOU qui m'ont soutenu et aidé dans l'élaboration de ce travail.

Je tiens également à remercier Jean-Yves COUTAREL, Jacques ROUZIER, Dominique PEJOAN, Patrick CHAZELAS et Magali VERGER pour leur aide et le temps qu'ils m'ont consacré.

Je remercie enfin toutes les personnes qui m'ont accompagné et soutenu durant ces trois années d'étude.

Merci à tous.

# **Sommaire**

## **I – Introduction**

## **II – Problématique**

## **III – Le diaphragme**

### **1 – Rappels anatomiques**

#### **1.1 – Centre phrénique**

#### **1.2 – Insertions musculaires**

#### **1.3 – Orifices du diaphragme**

#### **1.4 – Innervation et vascularisation**

#### **1.5 – Rapports anatomiques**

### **2 – Biomécanique**

### **3 – Les rôles du diaphragme**

#### **3.1 – Rôle ventilatoire**

#### **3.2 – Rôle statique**

#### **3.3 – Rôle circulatoire**

#### **3.4 – Rôle phonatoire**

#### **3.5 – Rôle digestif**

### **4 – Pathologies et facteurs limitant le jeu diaphragmatique**

#### **4.1 – Pathologies neurologiques**

#### **4.2 – Pathologies traumatiques**

#### **4.3 – Facteurs mécaniques**

## **IV – Application clinique : intérêt de la prise en charge kinésithérapique du diaphragme en chirurgie thoraco-abdominale**

### **1 – Complications pulmonaires post-opératoires**

#### **1.1 – Syndrome restrictif post-interventionnel**

#### **1.2 – Complications précoces**

#### **1.3 – Complications aiguës tardives**

### **2 – Facteurs de risque**

#### **2.1 – Liés au patient**

#### **2.2 – Liés à la chirurgie et à l'anesthésie**

### **3 – Méthodes d'exploration du diaphragme**

#### **3.1 – Méthodes non-invasives**

#### **3.2 – Méthodes invasives**

### **4 – Kinésithérapie et chirurgie thoraco-abdominale**

#### **4.1 – Prise en charge pré-opératoire**

#### **4.2 – Phase per-opératoire**

#### **4.3 – Prise en charge post-opératoire**

## **V – Discussion**

## **VI – Conclusion**

## **VII – Bibliographie**

## **Annexes**

## I - Introduction

Mon parcours de stage durant ces trois années d'études m'a amené à de nombreux questionnements sur la place de la kinésithérapie en milieu hospitalier. Le stage que j'ai effectué en Janvier 2011 dans le service de chirurgie digestive du CHU de Limoges, et au cours duquel j'ai pu découvrir le service de chirurgie thoracique et cardio-vasculaire m'a permis de rencontrer des patients en périodes pré et post-opératoires. De ce fait, j'ai été initié à la rééducation péri-opératoire relative aux services de chirurgie thoraco-abdominale et j'ai pu constater que le diaphragme jouait un rôle essentiel dans la survenue de complications post-opératoires.

L'atteinte diaphragmatique entraîne des conséquences non-négligeables sur le pronostic vital. Elle doit être prise en charge de la façon la plus efficace possible afin de réduire les risques de mortalité ainsi que le coût et la durée d'hospitalisation. En chirurgie thoraco-abdominale par exemple, une rééducation bien menée permet de réduire les risques de complications post-opératoires. Des études montrent que le fait de débiter la kinésithérapie dès la phase pré-opératoire diminue de 20 à 30 % ces risques [1].

Ces constatations m'ont amené à prendre conscience que le diaphragme bien qu'indispensable à ma survie et à celle de tout un chacun, m'était cependant étranger. Je me suis donc attaché à sa connaissance et de nombreuses questions me sont apparues à l'ouverture des manuels d'anatomie et de physiologie. L'une d'entre elles a particulièrement retenu mon attention : de quels moyens le masseur-kinésithérapeute (MK) dispose-t-il afin de rééduquer un diaphragme pathologique ? Et comment atteindre ce muscle directement inabordable ?

## II - Problématique

L'atteinte diaphragmatique consécutive à la chirurgie thoraco-abdominale étant la principale cause de la survenue des complications post-opératoires, j'ai voulu approfondir ma connaissance du diaphragme. En m'intéressant à son anatomie, je me suis demandé quelle place tient réellement ce muscle dans l'organisme et quelles sont ses actions sur les différentes fonctions de ce dernier. L'étude du diaphragme m'a également amené à tenter d'identifier les différents moyens dont dispose le MK pour aborder celui-ci. En effet, ce muscle n'étant pas directement palpable, sa rééducation peut sembler difficile à entreprendre. J'ai donc voulu connaître les différents moyens d'évaluation du diaphragme ainsi que les techniques inhérentes à sa rééducation. Ces dernières sont relativement nombreuses, notamment sur le plan ventilatoire, et permettent d'avoir un impact sur la force ainsi que sur la qualité de la course musculaire du diaphragme. J'ai choisi de m'attacher dans ce travail à l'aspect ventilatoire de la rééducation diaphragmatique, bien que cette dernière ait un impact inévitable sur les autres fonctions de ce muscle.

En considérant les différentes fonctions dans lesquelles il intervient, je me suis également demandé si le diaphragme, lorsqu'il est sain, peut éventuellement devenir un outil de rééducation. Ayant des effets sur l'organisme autant variés que nombreux, le diaphragme peut-il jouer un rôle dans la rééducation de pathologies qui lui sont à première vue totalement étrangères ?

Ce travail se partage donc en trois axes :

- Un premier portant sur la connaissance générale du diaphragme. J'ai cherché tout d'abord à explorer la physiologie de ce muscle singulier afin de bien en comprendre les mécanismes. La connaissance des rôles multiples du diaphragme m'a permis de mieux appréhender les retentissements des différentes pathologies de celui-ci sur l'organisme.
- J'ai choisi ensuite d'orienter mon travail vers la rééducation du diaphragme dans un domaine précis : celui de la chirurgie thoracique et abdominale, dans lequel il joue un rôle fondamental. Je présenterai tout d'abord les risques liés à ce type de chirurgie ainsi que les méthodes permettant l'évaluation du diaphragme. Je tenterai ensuite de montrer l'intérêt d'une prise en charge kinésithérapique bien conduite du diaphragme dans la prévention ou la lutte contre les complications pulmonaires post-opératoires.

- Le troisième axe de ce travail concerne la discussion dans laquelle j'ai choisi de débattre de la question : le diaphragme peut-il être considéré comme un outil de rééducation ?

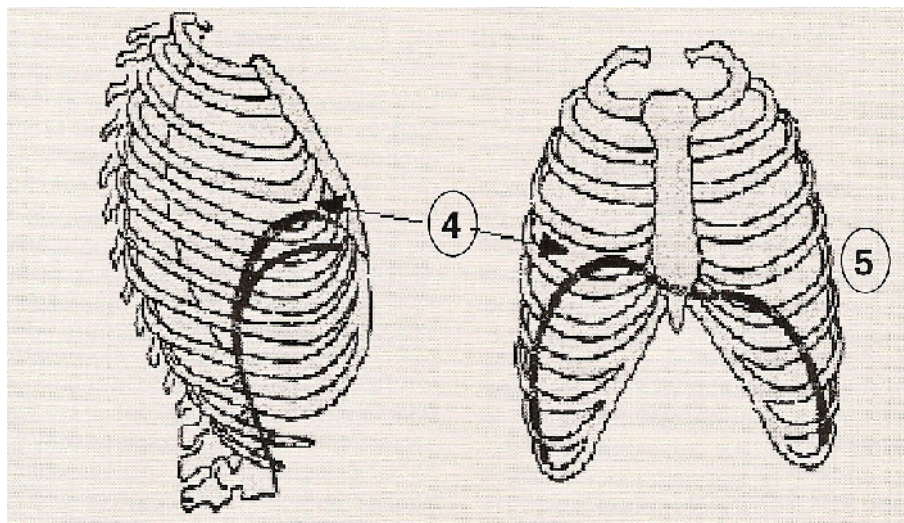


### III – Le diaphragme

#### 1 – Rappels anatomiques

Le diaphragme est une nappe fibreuse concave vers le bas qui sépare la cavité thoracique de la cavité abdomino-pelvienne. Cette séparation n'est toutefois pas totale puisque l'œsophage ainsi que certains nerfs et vaisseaux sanguins la traversent. Le diaphragme est composé d'une portion verticale, vertébro-lombaire, et d'une portion horizontale, sterno-chondro-costale. La partie horizontale forme deux coupoles, la droite étant plus haute que la gauche, dont les projections en expiration forcée se font respectivement au niveau des 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> espaces intercostaux [Fig 1]. Ces projections sont toutefois relatives et dépendent de la conformation du thorax ainsi que des variations de pression abdominale [2], [3], [4]. Ce muscle particulier, de par sa forme et sa physiologie, est constitué d'une partie centrale, fibreuse, et d'une partie périphérique, musculaire.

**Figure 1** : Projections des coupoles diaphragmatiques (face et profil)



**Source** : KREMPF M. & GIRON J. – Le diaphragme, physiologie, pathologie et imagerie du diaphragme (et de ses confins). SAURAMPS, 1996, p15

### 1.1 – Centre phrénique

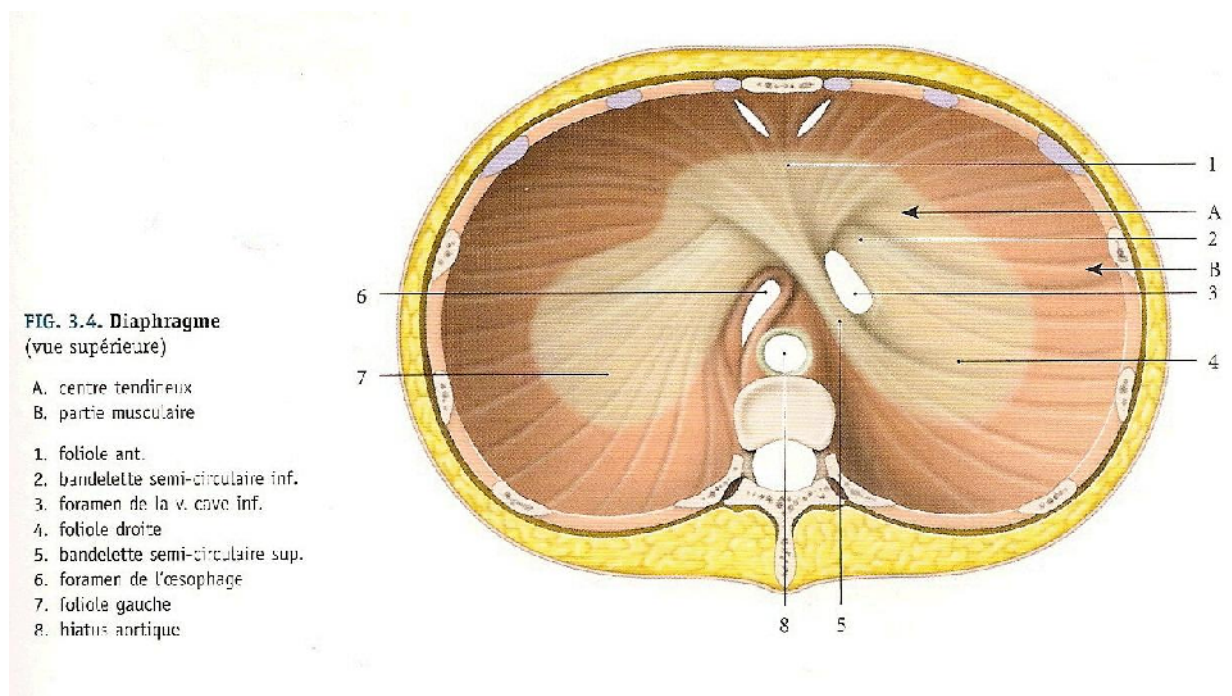
La partie tendineuse du diaphragme, ou centre phrénique, est composée de trois folioles fibreuses en forme de trèfle à pédicule vertébral :

- La foliole antérieure est large, courte et allongée dans le sens transversal.
- Les folioles droite et gauche sont allongées obliquement de part et d'autre du rachis.

Ces trois zones tendineuses sont reliées par des portions fibreuses plus minces : les bandelettes semi-circulaires.

La bandelette supérieure fait la jonction entre les folioles antérieure et droite, et la bandelette inférieure entre les folioles droite et gauche [Fig 2].

**Figure 2 : Diaphragme (vue supérieure)**



**Source :** P. KAMINA - Anatomie clinique, 2<sup>e</sup> édition, Tome 3 : thorax, abdomen. MALOINE, Paris, 2007, p27

## 1.2 – Insertions musculaires

La périphérie du diaphragme est composée d'une multitude de muscles digastriques dont les tendons intermédiaires forment le centre phrénique. Les insertions osseuses, quant à elles, intéressent tout le pourtour thoracique inférieur ainsi que les faces antérieures des trois premières vertèbres lombaires.

- **La partie sternale**

Elle est formée par deux faisceaux qui s'attachent sur la face postérieure du processus xiphoïde

- **La partie costale**

Elle comprend :

- Les insertions sur la face interne des 6 dernières côtes ainsi que la partie adjacente des cartilages costaux correspondants. Ces insertions s'imbriquent avec celles du muscle transverse de l'abdomen sans continuité des fibres (directement pour les 3 dernières côtes et par l'intermédiaire d'une intersection tendineuse pour les 3 premières),
- Les ligaments arqués accessoires (anciennement « arcades de Sénac »), reliant les apex des côtes 11 et 12,
- Les ligaments arqués latéraux, ou arcades des carrés des lombes, qui relient les processus costiformes de la première vertèbre lombaire à l'apex des 12<sup>es</sup> côtes.

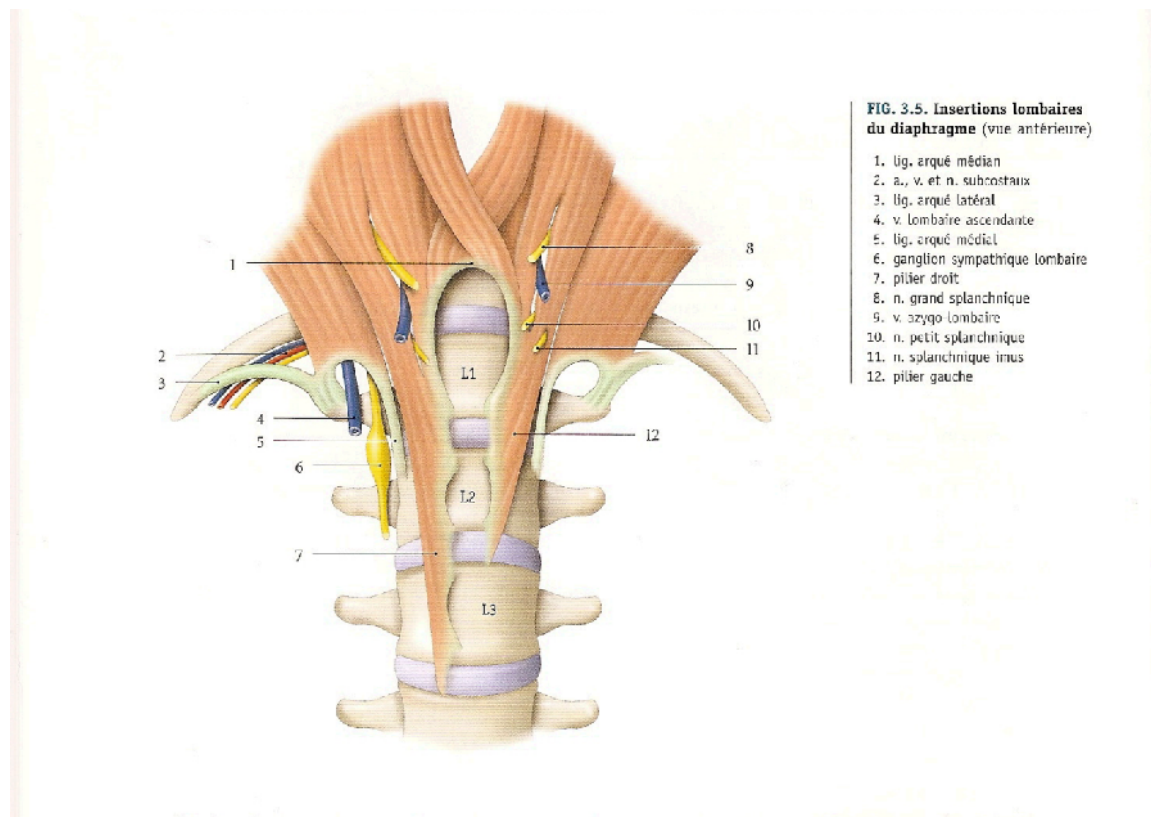
- **La partie lombaire**

Elle est composée :

- Des piliers principaux :
  - Le droit est un tendon puissant, large et épais. Il s'insère sur les bords supérieur et inférieur de la face latérale des corps des vertèbres L1, L2 et L3 et sur les disques intervertébraux intermédiaires.
  - Le gauche, plus mince, vient s'attacher sur les bords supérieur et inférieur de la face antéro-latérale des corps des vertèbres L1 et L2 ainsi que sur le disque intermédiaire.

- Des piliers accessoires, inconstants. Ils sont constitués par de fins tendons qui s'insèrent sur le corps vertébral de L2, juste à côté et en dehors des piliers principaux.
- Du ligament arqué médian, arcade fibreuse unissant les deux piliers principaux en regard de la vertèbre T12
- Des ligaments arqués médiaux, ou arcades des psoas, qui relient le corps de la vertèbre L2 (ou L1 selon les auteurs) aux processus costiformes de la vertèbre L1. Ces arcades tendineuses ensèrent les muscles psoas dans leurs concavités inférieures [Fig 3].

**Figure 3 : Insertions lombaires du diaphragme**



Source : P. KAMINA - Anatomie clinique, 2<sup>e</sup> édition, Tome 3 : thorax, abdomen. MALOINE, Paris, 2007, p28

On trouve plusieurs dénominations pour ces insertions vertébrales dans la littérature.

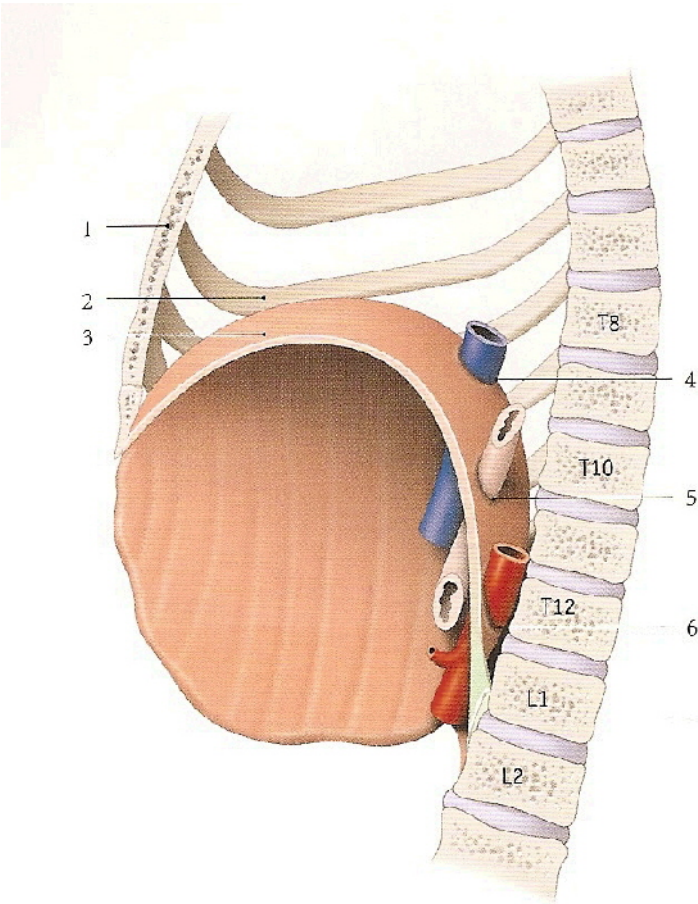
- LUSCHKA et FARABEUF décrivent :
  - Un pilier interne principal
  - Un pilier moyen accessoire
  - Un pilier externe représenté par l'arcade du psoas.
- GREGOIRE, lui, distingue :
  - Un pilier interne
  - Un pilier moyen représenté par le pilier accessoire et l'arcade du psoas
  - Un pilier externe formé par l'arcade du carré des lombes. [2], [3], [4], [5]

### 1.3 – Orifices du diaphragme

La cloison étanche que forme le diaphragme est traversée par plusieurs organes, permettant ainsi les échanges entre les parties supérieure et inférieure de celui-ci. On peut donc déterminer 3 orifices majeurs : les orifices aortique, œsophagien et celui de la veine cave inférieure.

- Le hiatus aortique est défini par l'espace entre les deux piliers principaux, sur les côtés, le ligament arqué médian, en avant, et le corps vertébral de T12 (et de L1, selon les auteurs). Il contient l'aorte ainsi que le conduit thoracique. Parfois, il est également traversé par une anastomose des veines azygos et héli-azygos. C'est un orifice fibreux et inextensible.
- Le hiatus œsophagien est formé par l'entrecroisement des fibres musculaires des piliers, au regard de la vertèbre T10. Il contient l'œsophage, qui est entouré du fascia phrénico-œsophagien (prolongement du fascia transversalis), et les nerfs vagues droit et gauche. Les fibres musculaires qui composent cet orifice lui confèrent des propriétés extensibles et contractiles. On peut de ce fait apparenter le hiatus œsophagien à un sphincter.
- Le foramen de la veine cave inférieure, à l'union des folioles antérieure et droite, est délimité par les bandelettes semi-circulaires supérieure et inférieure (respectivement en arrière et en dedans, et en avant et en dehors). Il laisse passer la veine cave inférieure ainsi que certaines branches du nerf phrénique droit. C'est un orifice fibreux et inextensible [Fig 4].

**Figure 4 :** Situation des trois principaux orifices du diaphragme



**FIG. 3.8. Situation des trois principaux orifices du diaphragme (vue latérale)**

- 1. sternum
- 2. 5<sup>e</sup> côte
- 3. diaphragme
- 4. foramen de la v. cave inf.
- 5. hiatus œsophagien
- 6. hiatus aortique

**Source :** P. KAMINA - Anatomie clinique, 2<sup>e</sup> édition, Tome 3 : thorax, abdomen. MALOINE, Paris, 2007, p30

Des orifices moins remarquables permettent le passage de vaisseaux (comme l'artère épigastrique supérieure, vaisseaux lymphatiques du foie, veines azygo-lombaire, lombaire ascendante), et de nerfs (comme les grand et petit splanchniques, le splanchnique inus et le tronc sympathique).

### 1.4 – Innervation et vascularisation

Les nerfs phréniques droit et gauche assurent l'innervation motrice du diaphragme. Ils naissent des racines C3, C4 et C5 et innervent chacun un hémidiaphragme. L'innervation sensitive est assurée par les 6 derniers nerfs intercostaux, qui proviennent des racines T6 à T11. Le nerf sympathique joue un rôle vaso-moteur et intervient dans le tonus musculaire.

La vascularisation du diaphragme est riche, elle est assurée par plusieurs artères : les artères thoraciques internes, les artères phréniques supérieures et inférieures et les 5 dernières artères intercostales. [2], [3], [6]

### 1.5 – Rapports anatomiques

La face supérieure du diaphragme est rattachée au péricarde par l'intermédiaire des ligaments phréno-péricardiques, ces derniers s'insérant sur la foliole antérieure du centre phrénique. Cette face est également en rapport avec les plèvres pariétales droite et gauche, ceci par l'intermédiaire du fascia phrénico-pleural. Le fascia cervico-thoraco-abdomino-pelvien, qui englobe notamment les aponévroses cervicales et thoraciques, relie le péricarde, la plèvre pariétale et, donc, le diaphragme aux vertèbres cervicales et thoraciques hautes, et plus particulièrement aux vertèbres C7 à T4. P. E. SOUCHARD parle de « *tendon du diaphragme* » [7], [8], [9].

La face inférieure est tapissée en grande partie par le péritoine. Le foie est relié à la coupole droite par les ligaments falciforme et triangulaires. Cette coupole est également en rapport avec le rein et la surrénale droite La coupole gauche accueille le fundus de l'estomac, suspendu grâce au ligament gastro-phrénique. Elle répond également à la rate et à l'angle gauche du colon, fixés respectivement par les ligaments phréno-splénique et phrénico-colique. Le rein et la surrénale gauches sont aussi en contact avec la coupole gauche.

Le pancréas, lui, s'attache en arrière de la face inférieure du diaphragme. [2], [7].

## 2 - Biomécanique

B. DOLTO, en 1977, disait à propos du diaphragme : « *Entre le premier cri et le dernier soupir, toute une mythologie s'est élaborée autour de ce muscle singulier, tissé comme un tapis volant pour orchestrer la ventilation aérienne ou devenir alternativement une coupole rigide.* » [5].

En effet, le diaphragme est le seul muscle du corps humain à posséder des modes de contraction à la fois automatique et volontaire. La commande automatique permet d'assurer les fonctions vitales que sont la ventilation et la digestion. La contraction volontaire du diaphragme peut momentanément suspendre ces fonctions essentielles lors d'actions telles que la phonation ou le port de charges lourdes. Cette interruption n'est que temporaire, la ventilation ne pouvant être stoppée très longtemps [7].

La contraction diaphragmatique se décompose en plusieurs étapes :

- Dans un premier temps, le diaphragme a comme points fixes ses insertions distales périphériques. Comme dans toute contraction musculaire concentrique, les insertions vont se rapprocher les unes des autres, entraînant ainsi un abaissement du centre phrénique. La tension des ligaments phréno-péricardiques ainsi que la pression des viscères abdominaux (ces derniers étant comprimés en avant par la gaine abdominale et en dessous par le plancher périnéal) vont freiner cette descente, jusqu'à une position de relative fixité du centre phrénique. Ce dernier ainsi stabilisé va devenir point semi-fixe.
- L'étape suivante de la contraction va consister en une élévation des côtes inférieures. Ph. E. SOUCHARD parle de « *poulie de réflexion qu'offrent en particulier le foie et l'estomac aux fibres musculaires du diaphragme* » permettant ainsi l'élévation des basses côtes [4], [7]. M. DUFOUR et M. PILLU donnent deux raisons à cette élévation : d'une part l'obliquité des fibres musculaires du diaphragme, qui donne à la contraction une « *forte composante ascensionnelle* », et d'autre part l'anatomie des articulations costo-vertébrales, qui induit un mouvement des côtes « *obligatoirement en élévation et écartement* » [4], [10]. La masse viscérale, comprimée dans le sens vertical, va s'étendre dans le sens horizontal et participer ainsi à l'écartement des côtes inférieures. Le diaphragme, dans sa contraction, élève également les côtes supérieures par l'intermédiaire du sternum [11].

En cas d'insuffisance diaphragmatique, la dynamique ventilatoire peut être modifiée et aboutir à une ventilation dite paradoxale. En effet, le patient amené à utiliser ses muscles inspireurs accessoires pour compenser un diaphragme trop faible va augmenter son volume pulmonaire par mobilisation des côtes supérieures. Le diaphragme, trop faible pour abaisser son centre phrénique va être attiré vers le haut par le biais de ses relations anatomiques avec



les éléments pulmonaires et cardiaques. Il va par là même entraîner une ascension des viscères abdominaux. D'un point de vue clinique, la ventilation paradoxale se manifeste par un asynchronisme thoraco-abdominal. On observe donc à l'inspiration un rentré de l'abdomen couplé à une ascension de la partie supérieure de la cage thoracique. A l'inverse, la cage thoracique s'abaisse et la paroi abdominale se gonfle lors de l'expiration [12].

### **3 - Rôles du diaphragme**

Le diaphragme, en plus de son anatomie singulière, joue un rôle dans de nombreuses fonctions du corps humain. En effet, bien connu pour son action essentielle dans la ventilation, il participe également aux fonctions de digestion, de phonation, intervient lors du port de charges lourdes et influence le système de retour sanguin veineux ainsi que la statique humaine.

#### **3.1 – Rôle ventilatoire**

Le diaphragme, dans sa fonction ventilatoire, intervient à plusieurs niveaux. Il est tout d'abord considéré comme le moteur principal de l'inspiration. En effet, lors de sa contraction, il augmente à lui seul tous les diamètres du thorax :

- L'abaissement du centre phrénique augmente le diamètre vertical,
- L'élévation des côtes inférieures élargit le thorax dans le plan horizontal,
- l'élévation du sternum et, par son intermédiaire, des côtes supérieures augmente le diamètre antéro-postérieur.

Durant une inspiration calme, de faible amplitude, l'action du diaphragme est soutenue par celle des muscles éleveurs des côtes et intercostaux externes, dont la contraction provoque une élévation des côtes. Leur participation à l'augmentation des diamètres thoraciques reste néanmoins minime en comparaison de celle apportée par le diaphragme.

En revanche, lors d'une inspiration dite « *forcée* », l'intervention de muscles considérés comme inspireurs accessoires (sterno-cléido-occipito-mastoïdien, scalène, grand et petit pectoral, dentelé antérieur, grand dorsal, dentelé postéro-supérieur, sacro-lombal) va permettre d'augmenter la puissance et/ou l'amplitude de cette inspiration [11].

Le rôle du diaphragme dans la fonction ventilatoire ne se limite cependant pas à l'inspiration. En effet, il intervient durant la phase expiratoire en initiant cette dernière par son

relâchement. De plus, la contraction excentrique du diaphragme va contrôler la remontée des viscères abdominaux pendant toute la durée de cette phase.

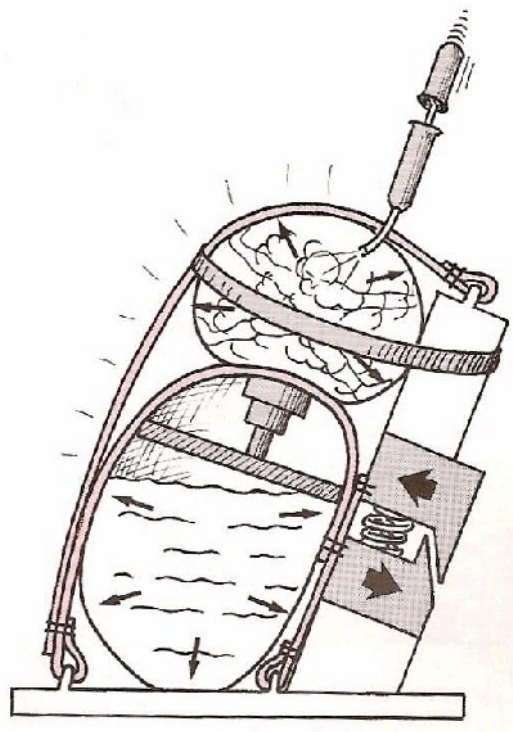
L'expiration normale étant, selon A. I. KAPANDJI « *un phénomène purement passif* », on peut avancer l'idée que le diaphragme orchestre presque à lui seul l'ensemble des mécanismes ventilatoires en situation de repos et en position verticale (cette dernière étant une position de facilitation grâce à l'effet de la pesanteur) [4]. Le terme de muscle vital est donc tout à fait adapté à ce « *tapis volant* » dont parlait B. DOLTO.

### 3.2 – Rôle statique

- **Notion de caissons**

Le tronc humain est séparé en deux cavités, l'une gazeuse (cavité thoracique) et l'autre liquidienne (cavité abdominale). Le diaphragme forme une séparation étanche entre les deux parties de ce que M. DUFOUR appelle « *le caisson hydro-pneumique* » [Fig 5] [10].

**Figure 5 : Caisson hydro-pneumique**



La cavité abdominale n'étant limitée par une paroi osseuse, donc indéformable, qu'en arrière, elle peut s'étendre vers l'avant, le haut ou le bas (directions dans lesquelles elle est limitée par des parois musculaires déformables : respectivement les abdominaux, le diaphragme et le plancher périnéen). Durant la ventilation, il existe une synergie entre les muscles abdominaux et le diaphragme, l'antagoniste se relâchant lors de la contraction de l'agoniste [11].

Le diaphragme, dans son rôle de séparateur mobile, est un élément clé du caisson hydro-pneumique. On le constate lors des activités d'expulsion (miction, défécation, accouchement) ou bien dans le port de charges lourdes. Les activités d'expulsion demandent une augmentation de la pression abdominale, qui ne peut être créée que par une contraction simultanée des muscles abdominaux et du diaphragme (le périnée devant être relâché lors de ce type d'activité). Une hyper-pression thoracique est également nécessaire afin de bloquer le diaphragme en inspiration et ainsi finir de solidariser l'ensemble thorax-abdomen avec le rachis. Cette hyper-pression thoracique est obtenue par la fermeture de la glotte une fois le diaphragme abaissé [4], [7]. Tout cela explique la nécessité de la ventilation lors d'un accouchement ou bien l'apnée inspiratoire facilitant la défécation. Lors du port d'une lourde charge, le même mécanisme est mis en jeu, mais dans une optique différente. En effet, c'est la stabilité du rachis (et notamment du rachis lombaire) qui va, dans ce cas, être l'objectif de la surpression thoraco-abdominale [10].

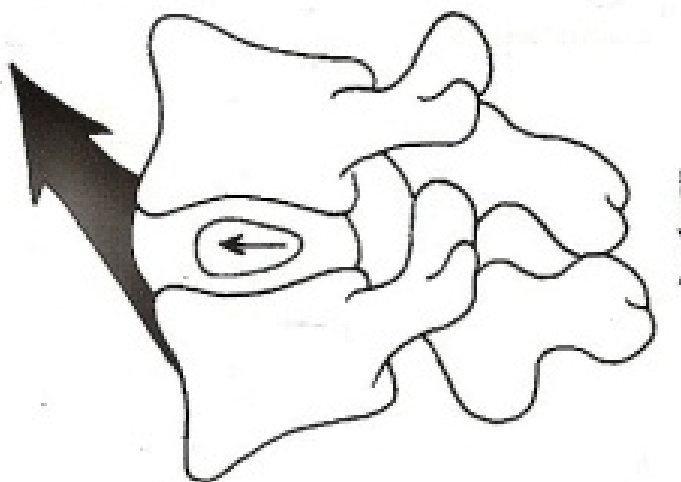
- **Diaphragme et statique humaine**

La morphologie humaine est conditionnée par les éléments osseux, qui forment la charpente de notre corps, mais également par la balance des tensions musculaires qui positionnent nos segments osseux selon l'influence de notre développement [13]. Le diaphragme n'échappe pas à la règle et, par le biais de ses insertions osseuses, agit sur notre statique.

Lors de la fixation de son centre phrénique, le diaphragme exerce une traction antérieure et dirigée vers le haut sur la colonne lombaire [Fig 6]. Cette traction, dont l'action est lordosante, se fait notamment par l'intermédiaire des piliers lombaires au niveau des vertèbres L1 et L2. C'est ainsi, selon P. E. SOUCHARD, que « *tout blocage diaphragmatique en inspiration correspond à une hyper-lordose D11, D12, L1, L2* » (la mobilité des 11<sup>e</sup> et 12<sup>e</sup> côtes ainsi que la direction faiblement oblique des fibres du diaphragme y étant insérées provoquent une traction antérieure des vertèbres D11 et D12) [7]. F. MEZIERES parle de

« *lordose diaphragmatique* » [8]. La traction effectuée par le diaphragme sur la colonne lombaire est particulièrement marquée lors de l'inspiration, le centre phrénique devenant point fixe, mais tout de même relativement maintenue à l'expiration avec la remontée du centre phrénique (et donc la mise en tension des fibres lombaires). P. CAMPIGNION écrit à ce sujet que le diaphragme a une « *action statique [...] rythmique* » [8].

**Figure 6 :** Traction du diaphragme sur les vertèbres lombaires

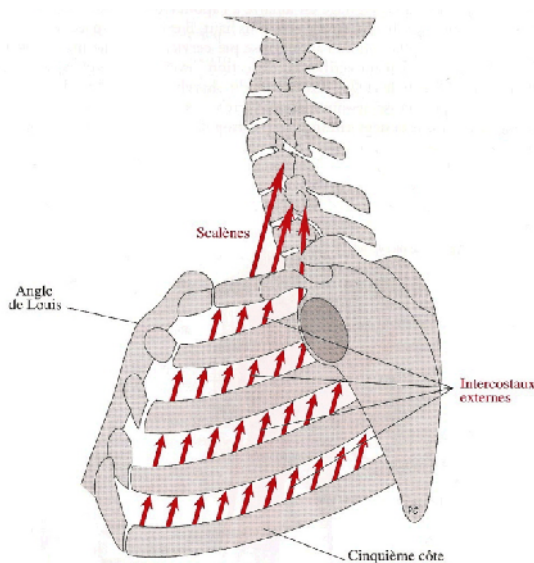


**Source :** SOUCHARD P. E. – Le diaphragme. LE POUSSOE, 1980, p22

L'alternance de contraction et de relâchement des fibres musculaires du diaphragme mobilise en permanence les côtes inférieures. La seule incidence que peut avoir le diaphragme sur la morphologie costale est la formation d'ailerons de SIGAUD (horizontalisation des dernières côtes) lors du phénomène de distension thoracique dû à l'emphysème [14].

La continuité des fibres du centre phrénique avec celles des aponévroses thoraciques puis cervicales crée une « pseudo-insertion » du diaphragme sur les vertèbres cervicales basses et thoraciques hautes. L'abaissement du centre phrénique va entraîner un étirement aponévrotique et donc une traction vertébrale antérieure et dirigée vers le bas [Fig 7].

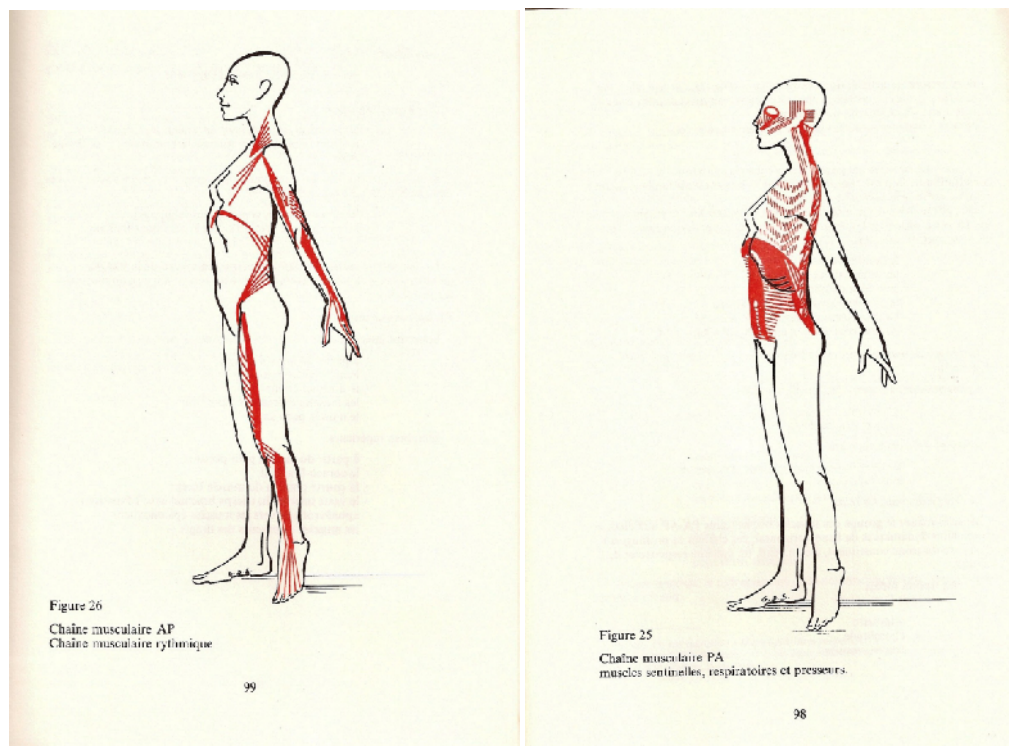
**Figure 7 :** Traction du diaphragme sur les vertèbres cervicales



**Source :** CAMPIGNON P. - Respir-actions. FRISON-ROCHE, 2007, p26

G. DENYS-STRUYF intègre le diaphragme à la chaîne musculaire postéro-antérieure – antéro-postérieure (PA-AP), dont le rôle est d’assurer l’équilibre dynamique de la colonne vertébrale [Fig 8 & 9]. Selon elle, « *lorsque le système PA AP tend à se figer, à devenir statique, tous les rythmes du corps [...] seront perturbés. Et ceci à partir d’une première perturbation qui sera celle de la respiration* ». Cela replace le diaphragme dans un contexte plus global, de muscle multi rôles dont chaque fonction n’est pas indépendante des autres [13].

## Figures 8 & 9 : Chaînes musculaires Antéro-postérieure (AP) et Postéro-antérieure (PA)



Source : STRUYF-DENYS G. – Les chaînes musculaires et articulaires. ICTGDS, 2000, p98-99

### 3.3 – Rôle circulatoire

Il est depuis longtemps reconnu que des exercices respiratoires améliorent le retour sanguin veineux des membres inférieurs. La contraction diaphragmatique provoque un phénomène de dépression thoracique et de surpression abdominale. La dépression thoracique crée une aspiration sanguine (cette aspiration n'est cependant limitée qu'aux territoires situés au-dessus de l'aîne) favorable au drainage sanguin veineux. En revanche, la surpression intra-abdominale accompagnant cette dépression provoque un collapsus veineux qui a pour effet de limiter le drainage. De ce fait, dans la plupart des situations (la position du sujet jouant un rôle essentiel dans la dynamique veineuse des membres inférieurs), une ventilation de type diaphragmatique va contrarier la circulation de retour sanguin veineux des membres inférieurs. Il semblerait donc que seule une ventilation de type scalénique, ne mettant pas en jeu le diaphragme, permette une amélioration de ce retour sanguin. La ventilation

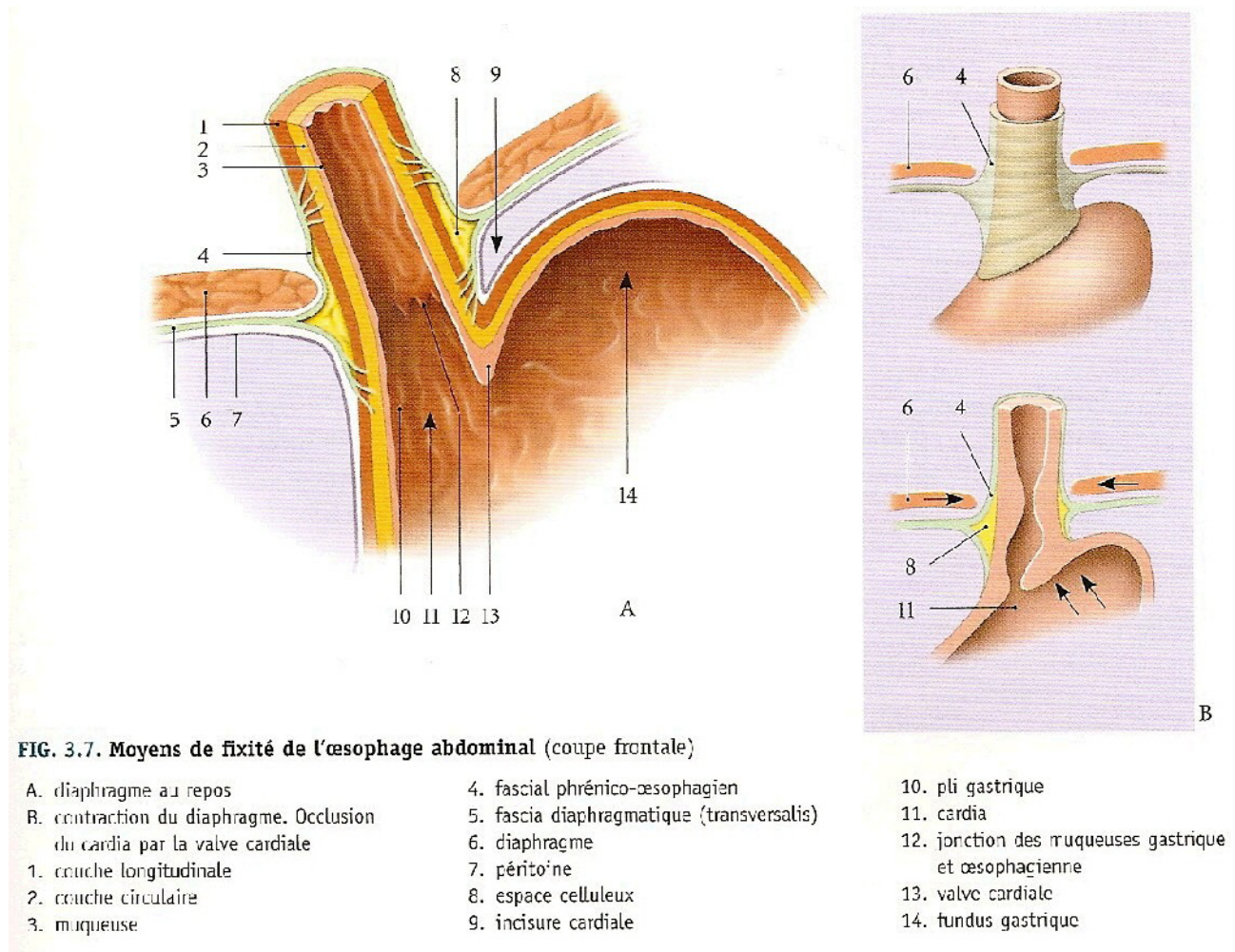
diaphragmatique ne trouverait sa place, d'ailleurs très limitée, que dans la prévention des thromboses veineuses profondes [15].

### **3.4 – Rôle phonatoire**

P. E. SOUCHARD décrit l'appareil phonatoire comme étant « *un ensemble instrumental dont le diaphragme est la soufflerie, le larynx est l'anche et l'ensemble buccal forme les clés* » [7]. Afin de produire un son, il est indispensable de créer un débit aérien. La fonction de phonation utilise essentiellement le débit expiratoire. Le son est produit par la contraction des cordes vocales et est modulé par le pharynx, la bouche et le nez. La bouche assure l'articulation du langage. Le rôle du diaphragme est essentiel lors de l'acte de phonation car c'est le contrôle de la remontée de son centre phrénique qui va réguler le débit expiratoire. Lors d'une expression ou d'une déglutition, le centre phrénique prend appui sur la masse viscérale abdominale qui joue le rôle de poulie de réflexion [7].

### **3.5 – Rôle digestif**

Le diaphragme tient un rôle non négligeable dans la digestion et le transit. En effet, par son action cyclique, il masse les viscères abdominaux et contribue au brassage du bol alimentaire [8]. Mais son action ne s'arrête pas là. Lors de l'inspiration, l'abaissement du diaphragme entraîne un « *pompage qui provoque la dilatation de l'œsophage* » [7]. De plus, il constitue un véritable sphincter entre l'œsophage et l'estomac en empêchant la remontée du bol alimentaire lors des efforts violents de toux ou d'éternuement [Fig 10].

**Figure 10 : Sphincter diaphragmatique**

**Source :** P. KAMINA - Anatomie clinique, 2<sup>e</sup> édition, Tome 3 : thorax, abdomen. MALOINE, Paris, 2007, p29

Le diaphragme tient donc une place centrale dans le corps humain, tant sur le plan anatomique que par les fonctions essentielles qu'il occupe. On comprend donc l'importance de son bon fonctionnement ainsi que la nécessité d'une prise en charge efficace lors de son atteinte.

#### **4 – Pathologies et facteurs limitant le jeu diaphragmatique**

Le diaphragme peut être limité dans son fonctionnement par des pathologies qui peuvent être d'ordre neurologique, traumatique, ou encore par certains facteurs comme l'obésité, la douleur ou l'hyperinflation thoracique liée à l'emphysème.



## 4.1 – Pathologies neurologiques

- **Atteinte médullaire**

Lors d'une atteinte médullaire d'origine traumatique, une section de moelle ou une compression par hématome ne touchera le diaphragme qu'en étant située au dessus de C5. Une tétraplégie accompagnera donc la paralysie phrénique. Cette dernière peut également être rencontrée dans des myélopathies de type sclérose en plaques (SEP), syringomyélie, atteintes cancéreuses ou tumeurs primitives de la moelle. La poliomyélite antérieure aiguë, la sclérose latérale amyotrophique (SLA) ou certaines maladies dégénératives à caractère familial peuvent provoquer une atteinte des motoneurones.

- **Atteinte radiculaire**

Une cervicarthrose peut entraîner la compression d'une racine nerveuse par la formation d'ostéophytes ou par ostéoarthrite. Il a également été rencontré des paralysies suite à des manipulations de la colonne cervicale.

- **Atteinte tronculaire**

La paralysie phrénique peut aussi avoir une origine tronculaire. Un traumatisme thoracique peut entraîner une paralysie traumatique. Ce type d'atteinte peut aussi être lié à la chirurgie, par lésion directe ou par refroidissement du phrénique après chirurgie cardiaque. Mais la majeure partie des atteintes tronculaires est due à une compression par tumeur médiastinale, goitre plongeant ou anévrisme de l'aorte.

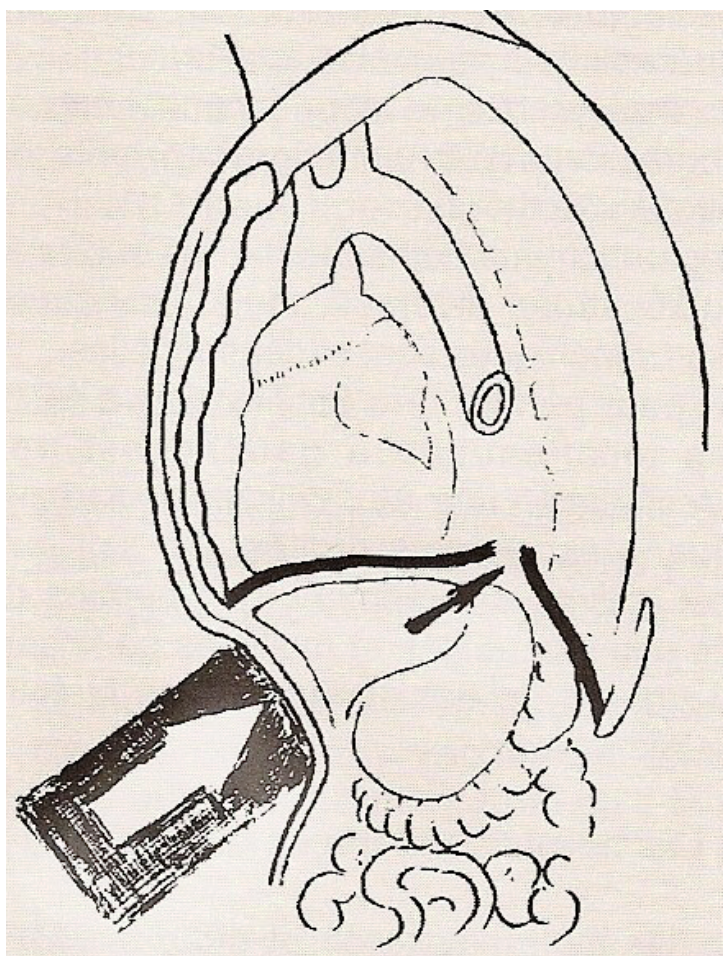
Enfin, dans le cadre des neuropathies, l'atteinte du nerf phrénique peut être due à une polyradiculonévrite de type Guillain-Barré, à une polynévrite diphtérique, ou encore à une névralgie brachiale amyotrophique.

## 4.2 – Rupture diaphragmatique traumatique

La rupture diaphragmatique peut survenir lors d'un traumatisme violent réalisant une hyperpression abdominale ou thoracique [Fig 11]. Le foyer de rupture se situe généralement au niveau de la région postéro-latérale ou du sommet de la coupole gauche (zone dite « faible »). Mais la rupture peut aussi résulter d'une compression à glotte fermée (rupture transversale, en cas de compression antéro-postérieure, ou sagittale, en cas de compression

latéro-latérale). La rupture diaphragmatique est un signe de gravité du traumatisme et reste relativement rare puisqu'elle concerne 1% des patients admis en urgence pour traumatisme fermé thoraco-abdominal. Une fois la rupture constituée, la dépression intra-thoracique attire les viscères vers le haut et constitue une hernie diaphragmatique dite « traumatique » (la toux amplifie le phénomène) [4].

**Figure 11** : Mécanisme de rupture traumatique du diaphragme



Source : KREMPF M. & GIRON J. – *Le diaphragme, physiologie, pathologie et imagerie du diaphragme (et de ses confins)*. SAURAMPS, 1996, p111

### 4.3 – Facteurs mécaniques

- **Obésité**

Une personne est dite obèse lorsque son indice de masse corporelle (IMC) est supérieur à la valeur 30. Un IMC supérieur à 40 correspond à une obésité morbide. Chez une personne obèse, la masse viscérale abdominale provoque une distension du diaphragme et limite la course de ce dernier en le repoussant dans le thorax. Le volume et la compliance pulmonaires sont diminués et le travail diaphragmatique devient plus important [1].

- **Douleur**

Les douleurs d'origine thoracique vont limiter le jeu diaphragmatique. Après une intervention en chirurgie thoracique, non seulement l'incision chirurgicale mais également des phénomènes inflammatoires et une contracture musculaire réflexe entraînent des douleurs. Ces douleurs sont parmi les plus intenses car elles sont amplifiées par les mouvements respiratoires et la toux. Les douleurs abdominales limitent également la descente du centre phrénique, notamment en chirurgie viscérale après laquelle la poussée des viscères en bas et en avant par le diaphragme mobilise l'incision.

- **Hyperinflation thoracique**

Chez un patient atteint d'emphysème, le processus de « *Trapping gazeux* » (emprisonnement d'air dans les alvéoles pulmonaires en fin d'expiration) distend peu à peu le thorax. L'hyperinflation thoracique entraîne un aplatissement du diaphragme (par l'écartement des insertions costales). Cet aplatissement génère une perte de courbure des coupes diaphragmatiques ainsi qu'une diminution de la zone d'apposition du diaphragme à la paroi thoracique. A long terme, la structure histologique du muscle s'adapte par un raccourcissement des sarcomères. Ce phénomène de distension statique limite la course musculaire du diaphragme dont l'action se résume à l'écartement des côtes inférieures. Dès lors, sa contraction entraîne une remontée des viscères abdominaux et un creusement de la paroi abdominale (signe de HOOVER) [14], [16], [17].

## **IV – Application clinique : intérêt de la prise en charge kinésithérapique du diaphragme en chirurgie thoraco-abdominale**

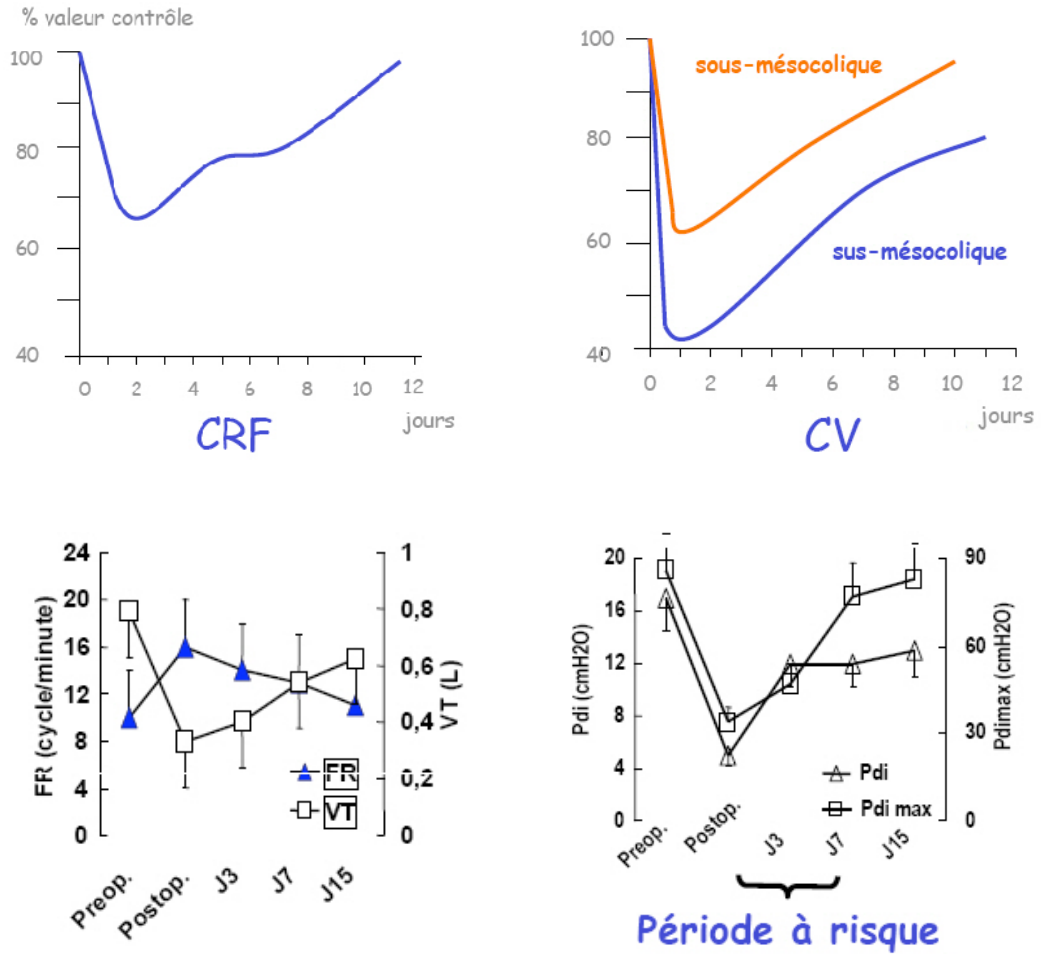
Lors d'une chirurgie thoracique ou abdominale haute, de nombreux éléments peuvent provoquer des complications pulmonaires post-opératoires et ainsi augmenter les taux de morbidité et de mortalité de ce type d'intervention. L'acte chirurgical est lui-même considéré comme un facteur de risque puisqu'il touche au diaphragme ainsi qu'à l'ensemble de la mécanique ventilatoire, créant ainsi un syndrome restrictif post-interventionnel. La prise en charge thérapeutique péri-opératoire, qu'elle soit médicale, infirmière ou kinésithérapique est donc primordiale et doit être débutée dès la phase pré-opératoire afin de limiter au mieux les complications pulmonaires et ainsi diminuer le coût hospitalier de ce type de chirurgie.

### **1 – Complications pulmonaires post-opératoires**

#### **1.1 – Syndrome restrictif post-interventionnel**

La chirurgie thoraco-abdominale utilise des actes invasifs qui, de par leur proximité avec le diaphragme, entraînent un dysfonctionnement de ce dernier. Le syndrome restrictif post-interventionnel est directement corrélé à ce dysfonctionnement. En effet, l'atteinte pariétale induite par l'acte chirurgical, ainsi que les réflexes péritonéal et viscéral ont pour conséquence une perte de force et de mobilité du diaphragme amenant à une diminution immédiate de la capacité vitale allant de -40 à -60% de la valeur pré-opératoire [18], [19]. La douleur est également un facteur non négligeable qui va limiter le jeu diaphragmatique et contraindre le patient à adopter une ventilation superficielle. On observe dès lors une diminution du volume courant ( $V_t$ ), de la capacité vitale ( $C_v$ ) et de la capacité résiduelle fonctionnelle (CRF) [Fig 12 à 15]. Le décubitus dorsal prolongé durant l'intervention et la période post-opératoire immédiate participe également à cette diminution. L'altération de la fonction diaphragmatique favorise l'apparition d'atélectasies et d'infections (les atélectasies apparaissant dès la phase per-opératoire avec l'arrêt de la ventilation).

**Figures 12, 13, 14 & 15 : Diminution des volumes pulmonaires et de la force diaphragmatique après chirurgie abdominale**



Source : <http://www.desarpic.fr/Doc1/staffs/38-Jayr.pdf>

### 1.2 – Complications précoces

Les complications sont dites « précoces » lorsqu'elles se manifestent avant la 6<sup>e</sup> heure post-opératoire. Les agents anesthésiques mais également l'intubation, la pression bronchique positive per-opératoire et l'analgésie provoquent une dépression des centres respiratoires, entraînant ainsi une hypoventilation alvéolaire. Cette dernière, lorsqu'elle se généralise, peut aboutir à une hypoxémie, des atélectasies ou une hypercapnie [1], [18].

### **1.3 – Complications aiguës tardives**

Ce type de complication représente, en chirurgie thoracique, 27 % de celles survenues en période post-opératoire. Elles regroupent les épanchements pleuraux, les pneumothorax, les pneumopathies, les torsions de lobe pulmonaire et les œdèmes pulmonaires [1], [18].

## **2 – Facteurs de risques**

De nombreux facteurs peuvent influencer la période post-opératoire en favorisant la survenue de complications pulmonaires. Ces facteurs dépendent en partie de l'intervention (type d'anesthésiant, de voie d'abord, ...), mais sont également liés au patient et à son mode de vie (antécédents médicaux, obésité, tabac, ...). La connaissance de ces facteurs de risques est importante afin de déterminer le type de prise en charge à effectuer.

### **2.1 – Liés au patient**

- **Age**

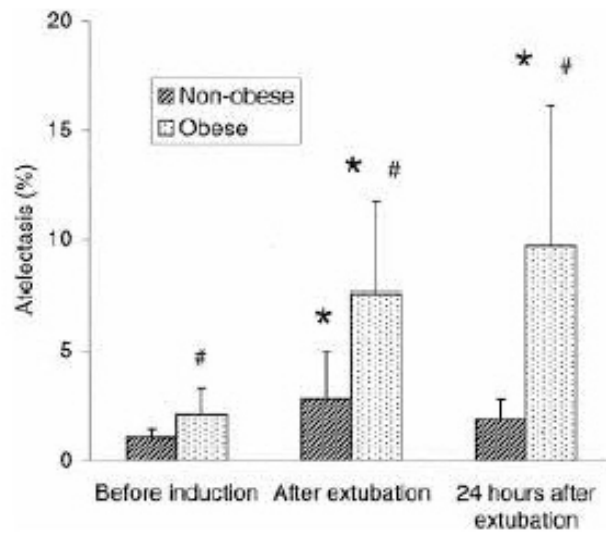
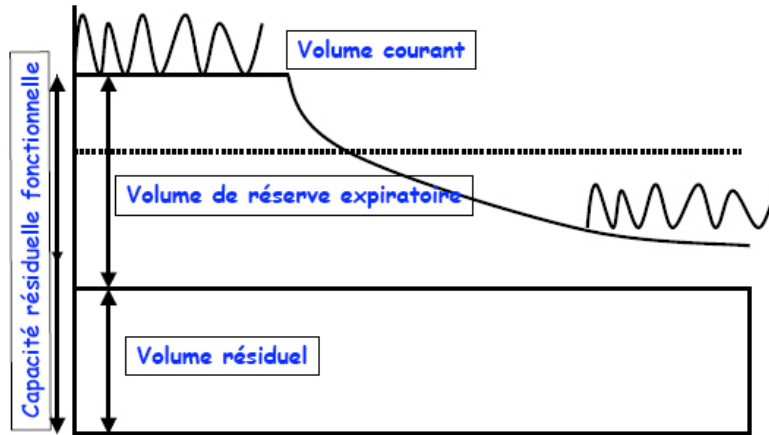
Le risque de complications pulmonaires post-opératoires en chirurgie thoraco-abdominale peut être accru, selon certains auteurs, en fonction de l'âge du patient [1]. En effet, les patients de plus de 70 ans auraient un risque de complications plus important. La pneumonectomie chez les personnes âgées possède également un risque important de mortalité [1]. En revanche, pour d'autres auteurs, le risque opératoire est plus souvent lié aux conditions physiques et mentales du patient qu'à son âge réel [18].

- **Obésité**

Les modifications de compliance et de volume pulmonaires ainsi que les résistances apportées par la masse abdominale à la course diaphragmatique font de la personne obèse un patient prédisposé aux complications pulmonaires [Fig 16 & 17]. En effet, la personne en obésité morbide est exposée au risque de développer des atélectasies, des pneumonies ou une hypoxémie, cela même en l'absence d'antécédents respiratoires [1], [18].

Figures 16 & 17 : Prédiposition du patient obèse aux complications pulmonaires

Obésité →



Source : <http://www.desarpic.fr/Doc1/staffs/38-Jayr.pdf>

- **Dénutrition**

La dénutrition, outre le fait de retarder la cicatrisation et de diminuer l'immunité du patient, peut entraîner une atrophie musculaire. Cette atrophie, si elle touche le diaphragme (qui est particulièrement concerné), va altérer la fonction ventilatoire et ainsi exposer le patient au risque de développer des atélectasies ou des pneumopathies (qui peuvent à leur tour amener à une hypoxémie et une hypercapnie) [1], [18].

- **Tabac**

Le tabac est l'un des principaux facteurs de risque de complications pulmonaires post-opératoires. En effet, la réaction inflammatoire ainsi que l'hypersécrétion bronchique et la paralysie du tapis mucociliaire qu'il entraîne augmentent de 3 à 6 fois (selon les auteurs) le risque de complications. L'incidence de ces complications pulmonaires est de 22 % chez les patients fumeurs contre 3,9 % chez une personne n'ayant jamais fumé. L'arrêt du tabac est conseillé 6 à 8 semaines avant l'intervention afin d'en réduire les risques. Cette période correspond au temps nécessaire à l'organisme pour stabiliser la phase hypersécrétante qui suit l'arrêt du tabac. Un arrêt moins de 6 semaines avant l'intervention augmenterait les risques de complications [1], [18].

- **Antécédents respiratoires**

Les patients présentant une pathologie pulmonaire, comme la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO), sont plus susceptibles d'être touchés par des complications post-opératoires. L'incidence de ces complications est 2,7 à 4,7 fois plus élevée chez ce type de patient (ce risque peut être doublé selon la sévérité de l'atteinte). En revanche, dans une étude récente, WARNER et son équipe démontrent que les personnes ayant des antécédents d'asthme bien traité ont un risque équivalent à des personnes dites « saines ». Cependant, des pathologies telles qu'une bronchite aiguë, un syndrome restrictif ou même une sinusite constituent un facteur de risque et ne doivent pas être négligées [18].



- **Etat général**

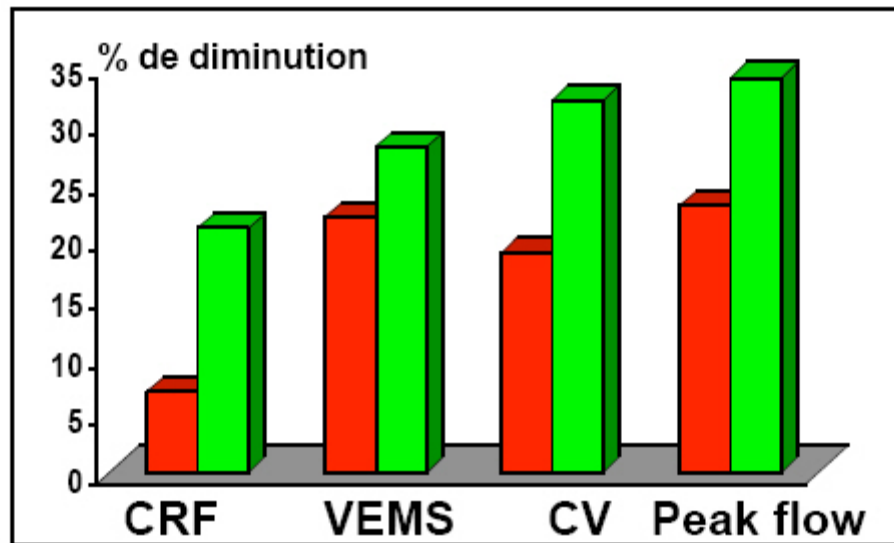
L'état général d'un patient constitue un bon indicateur des facteurs de risque. Plusieurs scores intègrent différents facteurs afin de déterminer les patients à risque :

- La classification de l'American Society of Anesthesiologists (ASA) prend en compte le nombre et la gravité des comorbidités.
- L'index cardiaque de GOLDMAN prédit les complications cardio-pulmonaires en péri-opératoire.
- Le score d'EPSTEIN a été développé sur la base des critères de GOLDMAN en ajoutant des nouveaux tels que la toux, l'obésité, le tabagisme, des épreuves fonctionnelles respiratoires perturbées et l'hypercapnie. Il n'est cependant validé que pour la chirurgie thoracique et cardiaque [18].

## 2.2 – Liés à la chirurgie et à l'anesthésie

- **Voie d'abord**

En chirurgie thoracique et abdominale haute, la voie d'abord constitue le premier facteur de risque de complications pulmonaires post-opératoires. Les chirurgies réalisées par laparoscopie et thoracoscopie ont peu d'incidence sur la survenue de ces complications. En revanche, les laparotomies, sternotomies et surtout les thoracotomies provoquent une forte altération de la fonction ventilatoire [Fig 18]. D'une part, l'acte chirurgical entraîne un syndrome restrictif dû à l'incision des éléments de la mécanique ventilatoire. D'autre part, plus l'incision est proche du diaphragme, plus la sidération de ce dernier sera importante. Ceci augmente d'autant plus le risque de complications pulmonaires. Les interventions nécessitant plusieurs voies d'abord telles que l'oesophagectomie de type AKIYAMA (trois voies d'abord) ou de type LEWIS (deux voies d'abord) présentent un risque post-opératoire plus élevé. En chirurgie thoraco-abdominale, les risques de complication vont de 10 à 40 %. La durée de l'acte chirurgical est également un élément non négligeable puisqu'une intervention de plus de 3 heures accroît les risques de complication [18].

**Figure 18 : Coelioscopie vs laparotomie**

Coelioscopie  / Laparotomie 

Source : <http://www.desarpic.fr/Doc1/staffs/38-Jayr.pdf>

### **Circulation extracorporelle (CEC)**

La CEC est un processus permettant de remplacer temporairement le système cardiovasculaire par une machine assurant l'oxygénation et la circulation du sang. Ce mécanisme s'accompagne de l'arrêt de la ventilation pulmonaire ainsi que de la mise en hypothermie relative ( $\pm 26^\circ$ ), ce qui a pour conséquence une diminution de la consommation en  $O_2$  du patient. L'arrêt ventilatoire entraîne automatiquement une perte de la circulation aérienne pulmonaire et des atélectasies, qui peuvent conduire à des complications comme la détresse respiratoire aiguë. Il est donc nécessaire, lors de la remise en route du système ventilatoire, d'assurer une réexpansion pulmonaire douce et progressive, mais qui doit néanmoins être maximale [18].

- **Type d'anesthésie**

Il a été démontré par de nombreuses études qu'une anesthésie générale favorise d'importants risques de complications pulmonaires par rapport à une anesthésie de type

locorégionale. L'anesthésie générale entraîne une hypoventilation alvéolaire, une diminution de la compliance thoracique et de la capacité résiduelle fonctionnelle (CRF) ainsi que des atélectasies [18].

- **Morphiniques**

Les morphiniques sont reconnus pour provoquer en partie une dépression des centres respiratoires. Leur dosage optimal contrebalance cet effet indésirable par le fait que l'analgésie permet au patient d'améliorer sa ventilation et ainsi de diminuer les risques d'infection et d'atélectasies [18].

### **3 – Méthodes d'exploration du diaphragme**

L'évaluation de la fonction respiratoire est une étape importante en prévision d'une intervention chirurgicale. En effet, elle permet de prédire les risques de complications post-opératoires du patient. Le volume expiré maximal à la fin de la première seconde (VEMS) renseigne sur les notions de volumes pulmonaires ainsi que de débit et de résistances bronchiques. Dans le cas d'une exérèse pulmonaire, un VEMS post-opératoire prévisible (VEMS ppo) supérieur à 40% de la valeur théorique autorise la pratique de l'intervention. Une valeur inférieure à 35% confère au patient un risque majeur de complications [1]. Mais l'étude de la fonction respiratoire doit également comporter une évaluation précise de la force et de la qualité de la course du diaphragme. Cette évaluation est particulièrement indiquée (que ce soit en chirurgie ou non) dans les cas de dyspnée inexplicée ou d'affection neuromusculaire. Parmi les nombreuses méthodes d'exploration du diaphragme, certaines sont peu coûteuses et simples d'utilisation. Ces méthodes n'offrent cependant qu'une évaluation globale des muscles inspiratoires. D'autres, plus invasives, permettent une étude spécifique du diaphragme.

#### **3.1 – Méthodes non-invasives**

- **Mesures de pression**

Les méthodes de mesure de pression inspiratoire non-invasives sont les plus largement utilisées dans la pratique médicale, c'est pourquoi j'ai choisi de les détailler plus particulièrement. Il existe deux méthodes de mesure de pression inspiratoire non-invasives :

La mesure de pression inspiratoire maximale ( $P_{i_{max}}$ ) et la pression nasale mesurée lors d'un reniflement brusque appelée « sniff nasal inspiratory pressure » (SNIP) [Fig 19].

**Figure 19 :** Appareil permettant la mesure de la  $P_{i_{max}}$  (à gauche) et de la SNIP (à droite)



- **Pression inspiratoire maximale ( $P_{i_{max}}$ )**

La  $P_{i_{max}}$ , lorsque le patient est collaborant, constitue un test de force inspiratoire intéressant. Très simple d'utilisation, il requiert un enregistreur de pression ainsi qu'un embout buccal. Il est demandé au patient d'effectuer un effort inspiratoire maximal d'une durée de 1,5 à 3 secondes (les valeurs varient selon les auteurs) contre une quasi-occlusion des voies aériennes supérieures [20], [21]. La non-occlusion totale permet d'éviter la fermeture de la glotte et le recrutement des muscles buccaux pendant la mesure. Il convient d'effectuer au moins 4 à 5 mesures et de retenir la meilleure parmi trois s'écartant de moins de 20%. La valeur maximale soutenue en plateau pendant une seconde sera préférée à la valeur pic, cette dernière étant moins reproductible [21]. La mesure peut être effectuée au

volume résiduel (où elle offre les valeurs les plus élevées mais reflète la somme de la pression générée par le diaphragme et de la pression élastique de la cage thoracique), ou bien à la capacité résiduelle fonctionnelle (où elle reflète la pression générée par le diaphragme). La méthode connaît cependant d'importantes limites, la première étant que l'action demandée au patient est volontaire, ce qui implique un apprentissage. De plus, la pénibilité de l'effort amène certains patients à n'effectuer qu'un test sous-maximal. La seconde limite concerne la contribution du diaphragme à l'effort demandé. En effet, cette contribution peut varier d'un patient à l'autre en fonction de l'entraînement et diminuer l'objectivité du test. Enfin, une faiblesse des muscles buccaux peut induire des fuites. En pratique, une  $P_{i_{max}}$  supérieure à 80 cm H<sub>2</sub>O chez l'homme et à 70 cm H<sub>2</sub>O chez la femme exclut une faiblesse inspiratoire cliniquement significative [20], [21].

- **Pression nasale sniff**

La méthode reprend le même principe que la mesure de  $P_{i_{max}}$ . Elle requiert un enregistreur de pression ainsi qu'un tampon muni d'un cathéter qui mesure la pression nasale. Le tampon est introduit dans une narine et le patient effectue un reniflement brusque et maximal de l'autre narine. La mesure est effectuée à la capacité résiduelle fonctionnelle. Après au moins 10 essais, la pression pic la plus élevée est retenue. L'avantage de cette méthode tient au fait que le reniflement demandé au patient reste une action physiologique et donc plus facile à réaliser. L'absence d'embout buccal annule les risques de fuites en cas de faiblesse des muscles buccaux. L'obstruction nasale constitue cependant une limite. En pratique, une SNIP supérieure à 70 cm H<sub>2</sub>O chez l'homme et 60 cm H<sub>2</sub>O chez la femme exclut une faiblesse musculaire cliniquement significative [20], [21].

Ces méthodes de mesure de pression inspiratoire non-invasives constituent des outils pratiques et dotés de nombreux avantages puisqu'elles sont simples d'utilisation et peu contraignantes pour le patient.

- **Mesure de volumes**

La mesure spirométrique de la capacité vitale (CV) permet d'évaluer indirectement la force diaphragmatique. Pour ce faire, la mesure est réalisée tout d'abord en position assise, puis couchée en décubitus dorsal. Chez le sujet normal, on observe une diminution de la CV de moins de 10% en position couchée. Une diminution supérieure à 20% traduit une

dysfonction diaphragmatique sévère. Ce test est de réalisation simple mais possède un désavantage majeur puisqu'il est de sensibilité très faible. En effet, la diminution de la CV en position couchée ne devient significative que lorsque la force du diaphragme est réduite d'environ 75%. Cependant cet outil d'évaluation reste largement utilisé de par sa simplicité dans un but de surveillance dans de nombreuses pathologies neuromusculaires [20], [21].

- **Techniques manuelles**

Il existe plusieurs techniques manuelles permettant d'apprécier la qualité de la course musculaire ainsi que la force du diaphragme. Cependant, ces appréciations restent subjectives et n'apportent que des indications qualitatives au thérapeute. Elles sont néanmoins très facilement réalisables et permettent d'amener le thérapeute à proposer une exploration plus poussée.

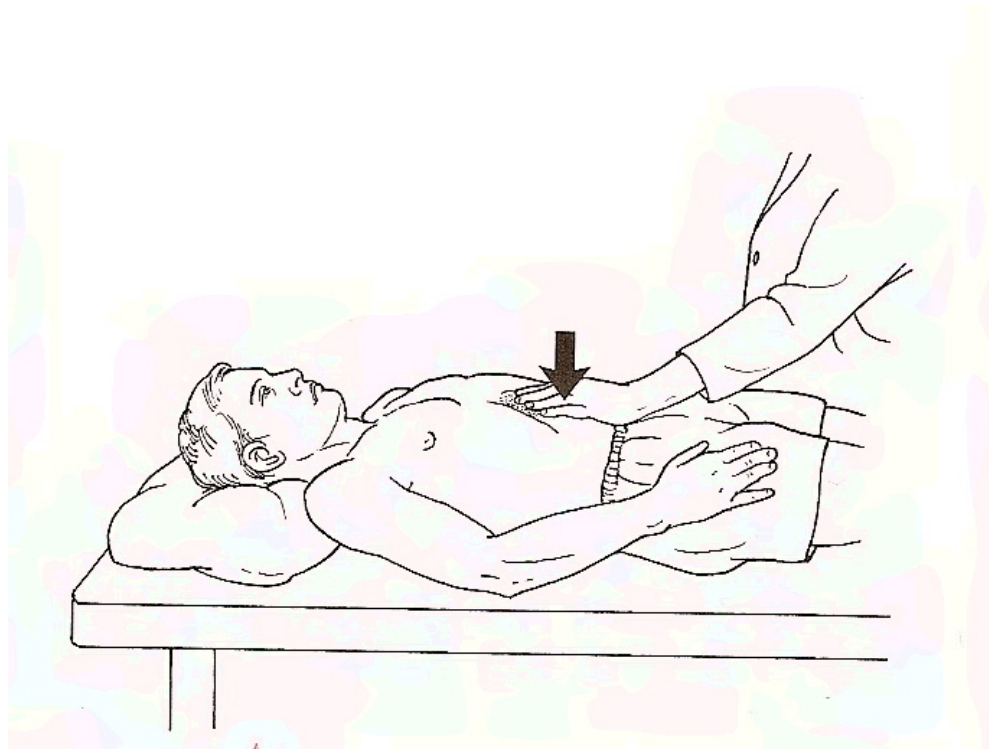
- **Appréciation de la course musculaire du diaphragme**

Le jeu diaphragmatique peut être apprécié visuellement et manuellement. Lors de l'inspiration d'un patient couché en décubitus dorsal, le soulèvement de la région épigastrique ainsi que l'évasement de la partie inférieure du thorax confirment une contraction diaphragmatique. La symétrie des coupes du diaphragme lors de leur abaissement peut être appréciée visuellement et manuellement en plaçant les pouces sous les dernières côtes.

- **Testing manuel**

DANIELS & WORTHINGHAM, dans leur bilan musculaire, proposent une technique d'évaluation de la force du diaphragme. Le patient doit être couché en décubitus dorsal, l'examineur place une main en appui léger sur l'abdomen au niveau de la région épigastrique juste en dessous de l'appendice xiphoïde. Il est demandé au patient d'effectuer une inspiration maximale contre la résistance appliquée par la main de l'examineur [6]. La cotation de la force musculaire se fait de 0 à 5 [Fig 20].

**Figure 20** : Manœuvre de testing du diaphragme



Source : HISLOP H. & MONTGOMERY J. - Le bilan musculaire de DANIELS & WORTHINGHAM, techniques de testing manuel. MASSON, 2006, p58

Durant ces trois années d'étude, j'ai été confronté plusieurs fois à la pratique du « *sniff test* » afin d'évaluer la force d'un diaphragme. Ce test consistait à demander au patient de renifler 3 fois consécutives de façon maximale. Je n'ai cependant trouvé qu'une trace de ce test dans la littérature. M. LACÔTE l'évoque dans son évaluation clinique de la force musculaire. Le « *sniff test* » fait partie du protocole d'évaluation du diaphragme pour les cotations allant de 0 à 2 (contraction diaphragmatique inexistante à faible) [22]. Ce « *sniff test* » n'a donc qu'une valeur relative dans l'évaluation de la force diaphragmatique.

### 3.2 – Méthodes invasives

Il existe deux procédures permettant d'évaluer spécifiquement la force du diaphragme. Ces méthodes sont cependant plus contraignantes pour le patient car elles sont invasives.

- **Pression trans-diaphragmatique (Pdi)**

L'exploration spécifique du diaphragme nécessite la mise en place de cathéters à ballonnets ou d'une sonde mesurant les pressions œsophagienne (Poes) et gastrique (Pga). La pression trans-diaphragmatique est obtenue en soustrayant la pression œsophagienne à la pression gastrique ( $Pdi = Pga - Poes$ ). La force diaphragmatique peut être mesurée par la  $Pdi_{max}$ , qui est une valeur difficile à obtenir, c'est pourquoi la pression trans-diaphragmatique sniff ( $Pdi_{sn}$ ) est généralement plus utilisée. Dans cette dernière, le patient doit effectuer un reniflement brusque et maximal, comme pour la SNIP. La pression pic la plus élevée après 10 essais est retenue. On admet qu'une  $Pdi_{sn}$  supérieure à 100 cm H<sub>2</sub>O chez l'homme et 80 cm H<sub>2</sub>O chez la femme exclut une faiblesse diaphragmatique cliniquement significative. La méthode possède cependant le biais amené par le fait que l'action demandée au patient soit volontaire (et puisse donc être mal réalisée) [20].

- **Stimulation magnétique des nerfs phréniques**

Cette méthode évalue la force du diaphragme de façon très précise. En effet, elle combine le principe de la Pdi (sondes œsophagienne et gastrique), qui lui permet d'explorer spécifiquement le diaphragme, avec une stimulation non-volontaire du muscle (généralement stimulation cervicale en choc unique). Cette méthode a l'avantage d'être totalement indolore pour le patient. La pression trans-diaphragmatique dite « de secousse » ( $Pdi_{tw}$ ) est mesurée mais peut être remplacée par un dispositif non-invasif qui mesure la pression buccale de secousse ( $Pm_{tw}$ ). On considère qu'une  $Pdi_{tw}$  supérieure à 25 cm H<sub>2</sub>O ou une  $Pm_{tw}$  supérieure à 10 cm H<sub>2</sub>O permettent d'exclure une dysfonction diaphragmatique cliniquement significative [20].

L'exploration du diaphragme, de par son aspect prédictif, va constituer une indication à la kinésithérapie pré-opératoire. En effet, en cas de dysfonction diaphragmatique, une prise en charge kinésithérapique pré-opératoire sera tout indiquée afin d'optimiser les capacités ventilatoires du patient et ainsi rendre l'intervention possible. La force diaphragmatique mesurée constituera une base à l'entraînement pré-opératoire.



## **4 – Diaphragme et kinésithérapie péri-opératoire**

La kinésithérapie trouve sa place au sein des services de chirurgie thoraco-abdominale car elle contribue à diminuer les risques de complications pulmonaires (donc de morbidité et de mortalité) et aide à raccourcir la durée d'hospitalisation (et donc à diminuer son coût). Une prise en charge globale du patient de son entrée dans le service (prise en charge pré-opératoire) à sa sortie améliore la récupération tant sur le plan ventilatoire que fonctionnel [1], [18]. Cependant, il me semble important de garder à l'esprit que l'état du diaphragme va conditionner le rétablissement du patient. Ce muscle nécessite donc une attention toute particulière durant ce type de prise en charge.

### **4.1 – Prise en charge pré-opératoire**

La kinésithérapie pré-opératoire doit permettre d'optimiser la fonction ventilatoire et d'enseigner au patient les techniques utilisées pendant la période post-opératoire. Elle débutera par une évaluation précise de la fonction ventilatoire du futur opéré afin de déterminer les facteurs de risques potentiels. Cette évaluation définira les objectifs de la prise en charge, qui associera plusieurs types de techniques (éducatives, manuelles et instrumentales).

- **Evaluation de la fonction ventilatoire**

L'évaluation pré-opératoire a pour but de déterminer si le patient possède un risque élevé de complications pulmonaires post-opératoires. Plusieurs critères vont donc être évalués :

- La dyspnée renseigne sur un éventuel dysfonctionnement du système cardio-respiratoire. Elle peut être évaluée grâce à l'échelle visuelle analogique (EVA), l'échelle de BORG ou bien l'échelle de SADOUL (ANNEXE 1). Le kinésithérapeute doit déterminer l'intensité ainsi que le degré d'apparition de la dyspnée (dyspnée d'effort, de repos). L'apparition de la dyspnée pour un effort habituellement facilement réalisé peut témoigner d'une aggravation de l'état du système cardio-respiratoire [1].
- L'encombrement bronchique est la principale cause de survenue de complications graves telles que les pneumopathies ou l'insuffisance respiratoire aiguë. L'évaluation pré-opératoire est basée sur l'auscultation thoracique et

l'interprétation de la gazométrie artérielle. Elle doit également se porter sur le volume d'expectoration et sur le caractère purulent ou non des sécrétions. Dans le cas d'une suspicion de colonisation bactérienne, un traitement adapté doit être débuté et l'intervention repoussée si nécessaire. La radiographie standard permet également d'évaluer le retentissement de l'encombrement bronchique [23].

- La toux doit également être évaluée. Son efficacité et son caractère productif donnent des indications sur d'éventuels risques post-opératoires [1].
- Le mode et la fréquence ventilatoires ainsi que la présence de lèvres pincées, de cyanose ou de la mise en jeu des muscles ventilatoires accessoires peuvent être les témoins d'un accroissement excessif des résistances des voies aériennes [1].
- La présence d'une hyperinflation thoracique doit aussi être recherchée car elle permet de préconiser une ventilation mécanique per-opératoire à faible volume courant et expiration douce et prolongée afin de lutter contre le phénomène de « *Trapping* » gazeux (emprisonnement de l'air dans les alvéoles pulmonaires lors de l'expiration).
- Le test de marche de 6 minutes (TDM6) est intéressant car il permet de mettre en évidence une possible désaturation à l'effort (ANNEXE 2). Il a été montré que le fait de parcourir plus de 305 mètres lors de ce test en pré-opératoire est associé à un faible risque de complications [1].

- **Objectifs de la prise en charge**

Les déficits mis en évidence par l'évaluation de la fonction ventilatoire vont définir les objectifs à atteindre avant l'opération. L'information du patient sur l'intervention et ses suites ainsi que sur les techniques kinésithérapiques employées en péri-opératoire est un point à aborder impérativement. La diminution de l'encombrement bronchique (s'il existe) constitue ensuite le principal objectif de cette prise en charge. L'entretien des volumes pulmonaires et l'entraînement des muscles inspiratoires (et notamment du diaphragme) durant la phase pré-opératoire semblent améliorer l'état post-opératoire du patient, ceci même lorsque l'évaluation de la fonction ventilatoire de ce dernier est correcte [1], [19]. La réhabilitation à l'effort des patients atteints de pathologies respiratoires comme la BPCO serait de bonne intention mais nécessite un entraînement d'une durée de 4 semaines minimum à raison de 3 séances par semaine. De tels délais et le manque d'institutions proposant ce type de

programmes rendent la réhabilitation à l'effort pré-opératoire de ces patients difficilement réalisable [18].

- **Education et information du patient**

L'information dispensée au patient dès son entrée dans le service sur l'intervention et ses suites, les positions antalgiques et les exercices ventilatoires réalisés en post-opératoire permet d'optimiser les résultats obtenus par la suite. Le patient, plus conscient et disposé à l'écoute des conseils qu'en période post-opératoire, va pouvoir intégrer beaucoup plus rapidement ces éléments et s'entraîner à leur réalisation.

- Tout d'abord, il est important d'informer le patient sur l'intervention dont il va bénéficier ainsi que des suites post-opératoires (cicatrice, drains, solidité des sutures lors de la toux). Lui expliquer l'importance du désencombrement et des exercices ventilatoires proposés durant la période post-opératoire va l'inciter à s'impliquer d'avantage pendant les séances. L'information porte également sur l'utilité de la « Patient control analgesia » (PCA) durant les deux premiers jours post-opératoires afin de calmer les douleurs et de permettre une kinésithérapie plus efficace [12].
- Le positionnement semi-assis du patient (à 45°) réduit la dépense énergétique au niveau ventilatoire et de faciliter le drainage de la plèvre par les drains posés durant la phase opératoire [1], [12].
- La contention manuelle ou instrumentale des plaies lors des exercices ventilatoires et des efforts de toux limite les douleurs liées à ces actions. Il est donc important d'enseigner au patient, dans l'éventualité d'une contention manuelle, la position à adopter dans ces cas. L'apprentissage de la toux dirigée, est également important car il va permettre au patient de ne tousser que lorsque les sécrétions seront proximales. Les douleurs seront alors limitées par la réduction des phases de toux [1], [12].
- La ventilation dirigée abdomino-diaphragmatique (VDAD) permet une prise de conscience de la part du patient de la synergie thoraco-abdomino-diaphragmatique lors de la ventilation. Le groupe muscles et respiration (GMR) et le groupe de travail en kinésithérapie (GTK) ont réalisé, à la demande de la Société de pneumologie de langue française (SPLF) un travail présentant les modalités de

réalisation de cette technique et constituant un ensemble de propositions pour un éventuel consensus. Description de la technique : le patient est en position semi-assise (45°), le thérapeute place une main sur la paroi abdominale (incitative puis mettant en évidence la détente musculaire en fin d'inspiration) et une main sur la cage thoracique (afin de s'assurer que le patient ne ventile pas de façon paradoxale). Il est tout d'abord demandé au patient une expiration buccale douce et active en rentrant le ventre. Le pincement des lèvres peut être ajouté si le sujet l'utilise spontanément. Le patient réalise ensuite une inspiration ample par le nez et en gonflant le ventre. La ventilation doit être ample mais pas maximale. Le volume courant est augmenté progressivement au cours de la séance dont la durée est adaptée au niveau de tolérance du patient (elle ne dépasse cependant pas 20 minutes). La ventilation paradoxale apparaissant, persistant ou s'aggravant et la désaturation sont des critères d'arrêt de la VDAD [24]. Cette technique constituera une base à l'application d'autres comme les modulations du flux expiratoire, la spirométrie incitative ou le threshold inspiratoire.

- **Désencombrement bronchique**

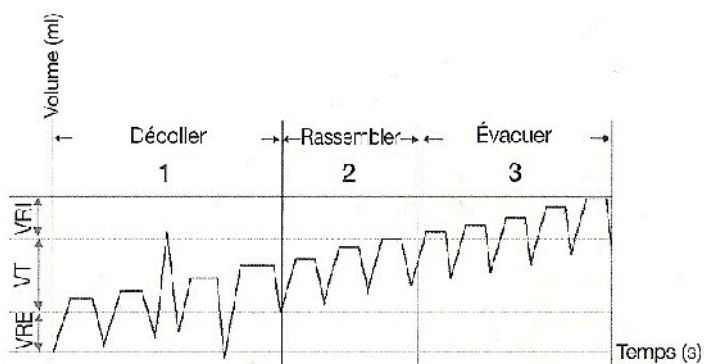
Selon certains auteurs, un délai de 10 à 15 jours semble raisonnable pour contrôler un encombrement bronchique [18]. De nombreuses techniques de drainage bronchique existent et il incombe au MK de choisir les plus adaptées à chaque patient et chaque situation. Je me propose ici de détailler celles qui me paraissent les plus appropriées au désencombrement bronchique pré-opératoire.

- L'utilisation de modulations du flux expiratoire permet le cisaillement des sécrétions bronchiques et leur décrochage par transfert d'énergie entre molécules d'air et de mucus [1]. Elles englobent un ensemble de techniques comme l'augmentation du flux expiratoire (AFE), l'expiration lente et totale glotte ouverte en latérocubitus (ELTGOL) ou le drainage autogène. La réalisation de ces techniques requiert quelques conseils donnés au patient afin qu'il réalise des expirations maximales et à glotte ouverte. Le thérapeute place ses mains sur le thorax du sujet en fonction de la technique et de la zone à désencombrer. Ses mains ont un rôle incitatif mais aussi d'accompagnement du mouvement de la cage thoracique. Les techniques de modulation du flux expiratoire ont été recommandées au cours de la première conférence de consensus en kinésithérapie

respiratoire organisée en 1994. Elles sont également préconisées dans les recommandations pour la prise en charge des BPCO ainsi que dans une revue sur la rééducation respiratoire des malades atteints de troubles obstructifs [23], [25].

- Les AFE peuvent être lentes (ALFE), afin de drainer les troncs bronchiques distaux, ou rapides (ARFE), afin de drainer les troncs bronchiques proximaux. Le MK utilisera une alternance d'AFE rapides et lentes en fonction de l'état d'encombrement du patient. L'expectoration, lorsque les sécrétions remontent au niveau laryngé, se fait à l'aide de la toux (technique de toux dirigée) [18], [25].
- Le drainage autogène est basé sur les mêmes principes et permet au patient, s'il est réalisé correctement, de se désencombrer seul en complément des séances de kinésithérapie [Fig 21], [1], [18], [25]. Cette technique nécessite néanmoins un bon

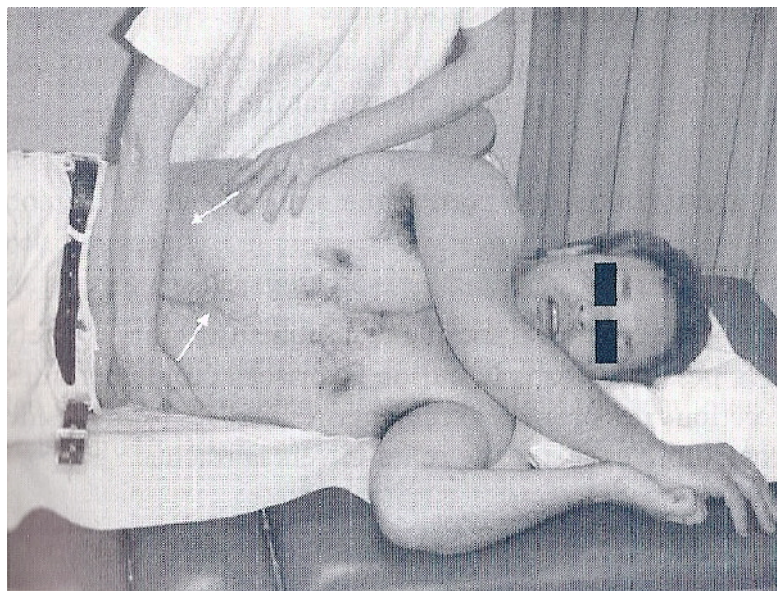
**Figure 21 : Drainage autogène**



**Figure 12.5.** Schématisation du drainage autogène. VRE : volume de réserve expiratoire ; VT : volume courant ; VRI : volume de réserve inspiratoire.  
**1.** Mobilisation des sécrétions périphériques par une ventilation à bas volume pulmonaire (VRE).  
**2.** Rassemblement des sécrétions dans les bronches par une ventilation à moyen volume respiratoire (VT).  
**3.** Rassemblement et évacuation des sécrétions par une ventilation à moyen et haut volume respiratoire (VT, VRI).

- La technique d'ELTGOL consiste en une expiration lente, glotte ouverte, du volume courant au volume résiduel dont la particularité est de placer le patient en décubitus latéral sur le côté à désencombrer. Cette technique est décrite par son auteur comme exerçant, grâce à la position déclive du poumon infra-latéral, une déflation de ce dernier ainsi qu'une compression des voies aériennes [25]. Le MK utilise des incitations manuelles afin de guider le patient [Fig 22].

**Figure 22 :** Technique d'expiration lente et totale glotte ouverte en latérocubitus



**Source :** REYCHLER G., ROESLER J., DELGUSTE P. - Kinésithérapie respiratoire. ELSEVIER, 2007 ; p117

- Les recommandations des journées internationales en kinésithérapie respiratoire instrumentale (JIKRI) établissent que la ventilation non-invasive (VNI) n'a pas prouvé son efficacité dans la réduction de l'encombrement bronchique (niveaux de preuve III) [23].
- L'utilisation de la spirométrie incitative a été validée comme améliorant l'efficacité du drainage bronchique (niveau de preuve II.2). La spirométrie

incitative inspiratoire est préconisée dans la prévention de l'encombrement bronchique (niveau de preuve III) [23].

- L'assistance mécanique externe passive est également préconisée dans le désencombrement bronchique (niveau de preuve III) [23].

- **Entretien des volumes pulmonaires**

Les techniques de recrutement alvéolaire permettent un entretien voire, dans les cas de pathologie respiratoire préexistante, une amélioration des volumes pulmonaires [1]. Ce travail permet la prévention d'atélectasies post-opératoires [1], [18].

- La spirométrie incitative (SI) est un outil intéressant puisque très simple d'utilisation, qui permet au patient d'être autonome. Elle propose un travail inspiratoire lent et maximal ayant pour objectif d'étirer le parenchyme pulmonaire afin de recruter un maximum d'alvéoles. Composé d'un embout buccal relié à une chambre volumétrique par le biais d'un tuyau flexible, le spiromètre ajoute un feed-back visuel qui permet au patient de maintenir un débit inspiratoire constant et de contrôler son amélioration volumétrique éventuelle [18]. De nombreux modèles existent (Mediflow®, Inspirex®, Respiflo®,...) et vont du simple spiromètre incitatif au spiromètre électronique assisté par informatique.
- La ventilation non-invasive (VNI) présente un intérêt considérable dans la récupération des volumes pulmonaires en post-opératoire. Sa mise en place durant la phase pré-opératoire permet une dédramatisation de la phase post-opératoire par le patient et augmente sa compliance et son adhésion au futur traitement. Elle est de bonne indication chez des patients à risque permettant ainsi d'envisager une diminution de la morbidité et de la mortalité post-opératoires [1].
- Le principe de pression expiratoire positive (PEP) permet un recrutement alvéolaire prolongé durant la phase expiratoire. elle peut être réalisée selon deux modalités : continue ou discontinue. Elle favorise également le drainage bronchique par accroissement du volume d'air en amont des sécrétions [18].
- La ventilation à percussion vise à améliorer la clairance mucociliaire et les échanges gazeux ainsi qu'à humidifier les voies aériennes. Elle peut être réalisée de façon intra-thoracique (Percussionnaire®) ou extra-thoracique (Vest®). L'avantage des percussions extra-thoraciques est que l'appareil peut être utilisé par le patient seul en totale autonomie [1].

- **Entraînement des muscles inspiratoires**

De nombreuses études montrent que, chez le sujet sain, l'entraînement des muscles inspiratoires, et notamment du diaphragme améliore non seulement leur force et leur endurance mais diminue aussi la dyspnée et la fatigabilité du diaphragme. Il augmente également la tolérance et la performance à l'effort [26]. D'autres études, réalisées chez des patients BPCO, montrent une amélioration significative de la force, de l'endurance et de la dyspnée après entraînement en résistance des muscles inspiratoires [26]. Chez des patients atteints de mucoviscidose, ce même entraînement améliore la  $P_{i_{max}}$ , la CV mais aussi le temps d'exercice sur tapis roulant (+10 %) [27]. Le travail du diaphragme durant la phase pré-opératoire semble également diminuer les risques de complications pulmonaires [1]. Un simple dispositif constitué d'un petit orifice placé sur le système inspiratoire suffit à créer une résistance à l'inspiration. Cependant, cette résistance est mal contrôlée car la pression inspiratoire varie fortement en fonction du débit aérien. Le système de valve inspiratoire à seuil de déclenchement réglable utilisé par le threshold inspiratoire (Threshold IMT®) [Fig 23] permet d'imposer un plateau de pression inspiratoire quasiment indépendant du débit (ANNEXE 3). Ce plateau est réglable de -7 à -41 cm H<sub>2</sub>O. Avant de débiter l'entraînement, il faut réaliser au préalable une mesure de la  $P_{i_{max}}$  qui servira à définir le seuil de résistance à imposer au patient. Les recommandations préconisent une utilisation de l'appareil 30 minutes par jour en 2 à 3 séances. La résistance est d'abord faible puis augmentée progressivement jusqu'à une valeur maximale variant entre 30 et 60 % de la  $P_{i_{max}}$  (niveaux de preuve I). L'entraînement peut être réalisé à domicile par le patient qui notera dans un journal de suivi la durée des exercices et leur intensité [27]. L'entraînement en hyperpnée isocapnique réalisé grâce au Spirotiger® renforce également les muscles inspiratoires.



**Figure 23 :** Threshold inspiratoire (Threshold IMT®)

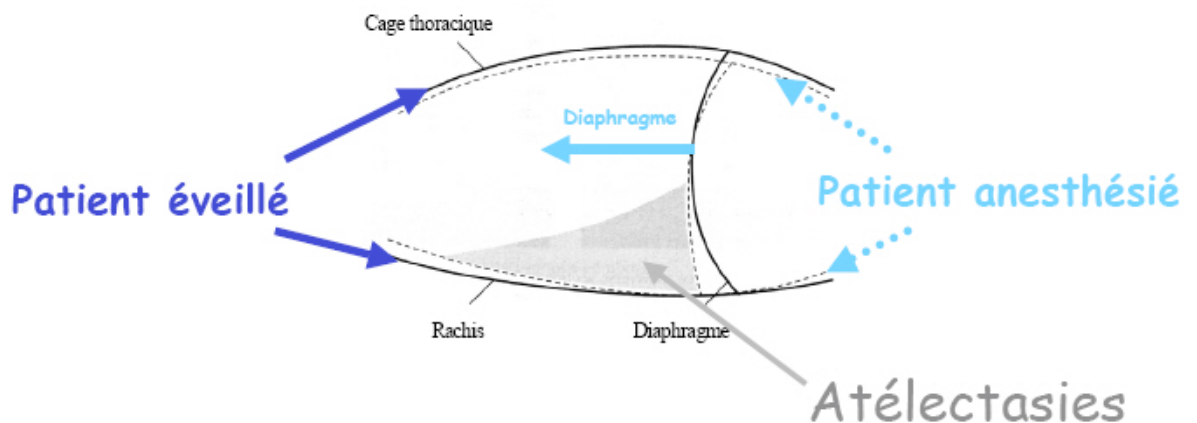


De nombreuses études démontrent l'efficacité d'une prise en charge pré-opératoire lors de chirurgie thoraco-abdominale en termes de diminution du risque de complications pulmonaires post-opératoires et de récupération fonctionnelle du patient [1], [18]. Pourtant, au cours de mes stages j'ai pu me rendre compte que cette prise en charge était très peu pratiquée au sein des services de chirurgie thoracique et abdominale du CHU de Limoges. En effet, le coût qu'elle engendre et le personnel nécessaire à sa réalisation rendent sa mise en place difficile. Seuls les patients à haut risque bénéficient d'une prise en charge pré-opératoire en centres spécialisés ou parfois en cabinet. Le service kinésithérapie en chirurgie thoracique du CHU de Bordeaux propose néanmoins une alternative : une séance, systématique, courte (d'une durée de 30 minutes) et unique, pour les patients opérés de lobectomie, pneumonectomie ou oesophagectomie, dispensée en chambre à l'entrée du patient la veille de l'intervention. Cette séance est précédée du visionnage d'une vidéo par l'ensemble des patients. Cette vidéo, courte (15 minutes environ), est diffusée en salle d'attente en présence du kinésithérapeute. Cette méthode a montré son efficacité avec un gain en confort pour le patient ainsi qu'une collaboration plus nette de sa part améliorant l'efficacité de la kinésithérapie post-opératoire [12].

## 4.2 – Phase per-opératoire

Durant l'intervention, l'anesthésie et le décubitus prolongé couplé à l'arrêt de la ventilation (puis à la ventilation mécanique par pression positive) entraînent l'apparition d'atélectasies en général situées dans les territoires bronchiques « au contact » de la table d'opération [Fig 24] [19]. Ces atélectasies constituent un élément du syndrome restrictif post-interventionnel. La voie d'abord entraîne une perte de force diaphragmatique et éventuellement une perte de mobilité costo-vertébrale et scapulaire (respectivement dans les cas de sternotomie et de thoracotomie). En chirurgie pulmonaire, l'étendue de la résection pulmonaire et l'extension de celle-ci à la paroi ou au rachis vont influencer le retentissement de l'intervention sur le plan ventilatoire. L'extubation précoce du patient va permettre une remise « en charge » des muscles ventilatoires plus rapide et ainsi de diminuer la perte de force de ces derniers [1].

**Figure 24 : Atélectasies per-opératoires**



Source : <http://www.desarpic.fr/Doc1/staffs/38-Jayr.pdf>

### 4.3 – Prise en charge post-opératoire

Elle débute dès le lendemain de l'opération et va être différente d'un patient à l'autre en fonction du risque de complication de ce dernier. Là encore, une évaluation précise de la fonction ventilatoire doit être réalisée afin de déterminer le niveau de complication.

- **Prise en charge de la douleur**

L'antalgie permet la réalisation d'une kinésithérapie plus précoce et plus efficace. Le patient souffrant moins, il est d'avantage disposé à supporter les séances et à diminuer le phénomène de ventilation superficielle. Le massage est fréquemment utilisé comme traitement antalgique. L'électrostimulation transcutanée antalgique utilisée à haute fréquence (100 Hz) est également efficace. Les techniques de posture antalgique et de contention manuelle des cicatrices enseignées en pré-opératoire limiteront les douleurs et faciliteront l'effort ventilatoire [1], [18].

- **Diminution de l'encombrement bronchique**

La gestion de l'encombrement bronchique est l'une des priorités du MK durant la phase post-opératoire. Une évaluation régulière du volume et de la viscosité des sécrétions est importante.

- L'utilisation d'une aérosolthérapie peut être autant indiquée dans le cas de sécrétions visqueuses (afin de fluidifier ces dernières) que contre-indiquée dans le cas inverse (risque de « noyade »).
- Les techniques de modulation du flux expiratoire sont de pratique quotidienne dans la gestion d'un encombrement bronchique post-opératoire. Elles permettent une mobilisation des sécrétions bronchiques durant la séance (grâce à l'alternance d'AFE lentes et rapides) et en dehors de celle-ci (grâce au drainage autogène). Les AFE pratiquées à 4 mains permettent d'améliorer l'effet recherché et de couvrir un plus large territoire bronchique. Les techniques de type ELTGOL peuvent être réalisées en fonction des douleurs du patient, ces dernières ne permettant pas ou peu le positionnement du patient en latérocubitus. L'apprentissage pré-opératoire va faciliter l'application de ces techniques.

- La toux dirigée présente un intérêt majeur puisqu'elle réduit le nombre d'épisodes de toux, ces derniers provoquant des douleurs par surpression au niveau de la cicatrice.
  - La spirométrie incitative est intéressante puisqu'elle permet au patient initié d'être autonome en lui apportant un feed-back visuel ou auditif.
  - L'assistance mécanique externe passive peut aussi être envisagée.
  - La mise en place d'une PEP peut apporter une aide au drainage bronchique.
- **Récupération des volumes pulmonaires**

La diminution de la CV après chirurgie est dépendante du type de voie d'abord. La thoracotomie constitue par exemple la voie la plus délétère [18], [19]. Le rôle du kinésithérapeute est d'inciter le patient à utiliser de nouveau les territoires bronchiques non-ventilés. Pour cela, il peut utiliser :

- Des incitations inspiratoires manuelles en variant la position des mains selon la zone à ventiler
- La spirométrie incitative
- L'utilisation de la VNI chez des patients BPCO après chirurgie thoracique a montré une amélioration durable de la pression partielle en O<sub>2</sub> (PaO<sub>2</sub>) sans favoriser la survenue de fuites bronchopleurales. Son efficacité a également été prouvée chez des patients en insuffisance respiratoire aiguë après extubation [1], [18].

- **Amélioration de la force du diaphragme**

La force diaphragmatique diminuée par l'acte chirurgical semble se rétablir progressivement durant les 15 jours suivant l'intervention. Au terme de ce délai, elle reste néanmoins inférieure à celle évaluée durant la phase pré-opératoire [19]. Il me semble donc important de réentraîner le diaphragme dès que possible (en fonction des douleurs du patient) afin qu'il retrouve sa force initiale plus rapidement, réduisant ainsi les risques d'hypoventilation alvéolaire. Le threshold inspiratoire me semble être un outil intéressant puisqu'il offre un contrôle de la résistance apportée à la contraction diaphragmatique. L'entraînement proposé au patient devrait être soumis à un protocole impliquant l'utilisation de résistances faibles afin de ne pas être délétère pour les sutures (pulmonaires ou viscérales).

## V – Discussion

Le diaphragme possède plusieurs rôles et sa contraction a un impact sur de nombreuses fonctions de l'organisme. Lorsqu'il devient pathologique, son dysfonctionnement ne lui permet plus de générer une contraction optimale, entraînant ainsi des troubles variés dans chacune des fonctions qu'il occupe. Sur le plan ventilatoire, son atteinte peut se traduire par l'apparition d'une dyspnée, d'atélectasies (amenant à leur tour à une hypoxie) ou encore par une colonisation bactérienne [1], [18], [25]. La phonation est perturbée par la dyspnée ainsi générée. Un défaut de contraction du diaphragme va également limiter l'effet massant de celui-ci sur les viscères abdominaux (favorisant la digestion) et rendre les activités de miction et de défécation moins confortables. Au niveau de la statique, un blocage diaphragmatique en inspiration sera à l'origine d'une hyperlordose lombaire haute [7], [8].

La diversité des effets de la contraction du diaphragme sur l'organisme m'a amené à me demander si ce muscle, lorsqu'il est sain, pouvait ou non me servir dans la rééducation de pathologies ne le concernant pas directement. Le diaphragme peut-il donc devenir un outil de rééducation ?

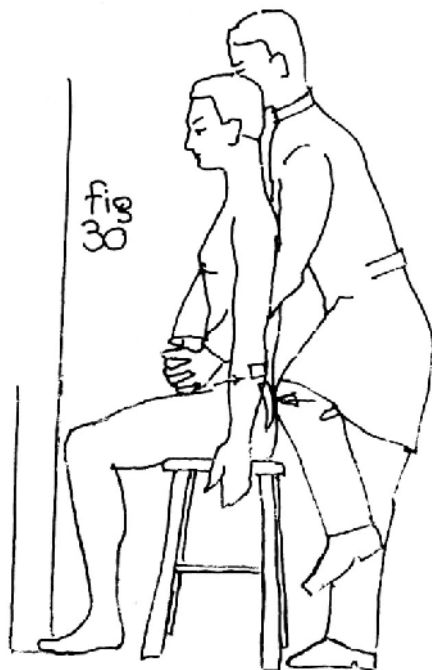
- Le concept Mézières propose une approche particulière de la rééducation en partant d'un constat simple : et si la pesanteur n'était pas le seul facteur à tasser notre corps et à y induire des déformations ? F. MEZIERES disait : « Le corps est aussi tassé par notre propre force » [28]. Nos pertes d'élasticité, nos hypertonies, nos états de tension amènent notre corps à se déformer. Les techniques proposées par F. MEZIERES sont donc basées sur des postures d'étirement permettant une réharmonisation des tensions globales de l'individu. Ces étirements sont appliqués globalement à des chaînes musculaires et impliquent la participation active du patient. La respiration tient une place importante lors des étirements car elle favorise la diminution du tonus musculaire. En effet, lors de situations de stress ou de tension musculaire, on entend souvent dire que la respiration permet le retour au calme et la détente des muscles. Les exercices ventilatoires jouent effectivement un rôle dans la diminution du tonus musculaire. Ils provoquent l'excitation de la boucle réflexe gamma qui agit sur le contrôle du tonus et favorise sa diminution [29]. Les exercices de yoga et la sophrologie sont également basés sur ce principe. Le concept Mézières place donc le diaphragme comme une aide, un outil permettant d'améliorer les effets recherchés par

le thérapeute afin de rééduquer les nombreuses pathologies pour lesquelles il est efficace.

- R. SOHIER, dans la rééducation du spondylolisthésis peu sévère, propose une technique dans laquelle il utilise la contraction du diaphragme. Cette pathologie, qui touche généralement les 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> vertèbres lombaires, est souvent la conséquence d'une spondylolyse (perte de continuité entre le corps vertébral et les deux isthmes vertébraux) entraînant le glissement antérieur du corps vertébral. Afin de limiter, voire de réduire ce glissement, R. SOHIER utilise la pression intra-abdominale générée par la contraction du diaphragme. Il décrit la technique suivante : le patient est assis sur un tabouret, genoux et pointes de pieds au contact d'un mur. Le thérapeute se tenant derrière lui place son genou contre le sacrum afin de bloquer celui-ci en bascule postérieure (plaçant ainsi le plateau sacré en position horizontale). Le thérapeute enserre l'abdomen du patient afin de limiter le gonflement de l'épigastre lors de l'inspiration. Le patient inspire profondément, puis réalise une apnée. Le MK repousse les viscères abdominaux [Fig 25]. La pression intra-abdominale générée par la contraction diaphragmatique et les mains du thérapeute favorisent une sollicitation postérieure de la vertèbre [30]. R. SOHIER se sert donc du diaphragme comme d'un levier lui permettant de réintégrer ce corps vertébral.

**Figure 25 : Mobilisation analytique du spondylolisthésis peu sévère**

**La mobilisation analytique du spondylolisthésis peu sévère.**



Le patient est assis sur un tabouret, les genoux et la pointe des pieds au contact d'un mur — fig. 30 —. Le kinésithérapeute applique le genou sur le bombé sacré et y assure un appui ferme. Des deux bras, il embrasse la taille du patient et vient joindre les mains sur son abdomen. Une inspiration profonde est demandée, puis l'apnée. Pendant ce temps, le genou insiste la postéro-bascule sacrée tandis que les mains réalisent une poussée des viscères abdominaux.

Le rachis lombaire accentue sa cyphose et tend ainsi les ligaments ilio-lombaires.

La pression thoraco-abdominale dégage l'empilement vertébral de la charge corporelle. La poussée manuelle sollicite la vertèbre vers l'arrière.

80

Source : SOHIER R. - Kinésithérapie analytique de la colonne vertébrale

Tome 2. Kiné-Sciences, JUMET, 1970

- En revanche, dans certaines pathologies, la contraction diaphragmatique s'avère être délétère. Dans les cas d'insuffisance de retour sanguin veineux des membres inférieurs, le diaphragme va jouer un rôle limitant le drainage sanguin veineux. Le thérapeute doit donc être attentif au type de ventilation du patient et lui conseiller une ventilation de type scalénique (ne mettant pas en jeu le diaphragme) afin de compléter sa rééducation.

Le diaphragme peut donc, à mon sens et dans certains cas, être perçu comme un outil de rééducation. Le MK doit cependant être familiarisé avec ce muscle et ses nombreuses fonctions, et étudier les effets éventuels de sa contraction avant de l'intégrer comme outil dans la rééducation qu'il propose au patient.

## VI – Conclusion

La pathologie diaphragmatique nécessite une prise en charge bien conduite dans le but d'en réduire les taux de morbidité et de mortalité. En chirurgie thoraco-abdominale, la prise en charge spécifique du diaphragme permet de potentialiser la récupération post-opératoire des patients. Celle-ci, lorsqu'elle est débutée dès la phase pré-opératoire, diminue les risques de complication pulmonaires de 20 à 30 % [1]. Malheureusement, pour des raisons qui ont été développées dans ce travail, la prise en charge pré-opératoire est souvent laissée de côté. Il existe néanmoins des solutions afin de prodiguer aux patients une prise en charge de qualité en dépit de ces facteurs. Ceci me poussera, si l'opportunité m'est donnée de travailler dans un service de chirurgie thoraco-abdominale, à tenter de mettre en place (ou d'améliorer) un protocole de rééducation pré-opératoire en m'inspirant des travaux déjà effectués. L'outil vidéo utilisé par le service kinésithérapie en chirurgie thoracique du CHU de Bordeaux et évoqué dans ce travail me semble être un bon compromis, puisqu'à moindre coût, il permet de dispenser une information collective et de susciter chez les patients les questionnements et réactions légitimes avant une intervention de ce type.

Les moyens dont dispose le MK afin d'évaluer et de rééduquer le diaphragme sont nombreux, notamment sur le plan ventilatoire, et il est important que le thérapeute ait une bonne connaissance du fonctionnement diaphragmatique pour choisir et adapter au mieux ces techniques. Ce travail m'a ouvert les yeux sur le rôle fondamental de cette connaissance de la physiologie. Ma prise en charge sur le plan ventilatoire a évolué tout au long de ces recherches qui m'ont permis de mieux comprendre pourquoi j'utilisais certaines techniques et comment les mettre en œuvre. Les techniques employées en kinésithérapie respiratoire reposent cependant pour la plupart sur l'expérience clinique et nécessiteraient des études approfondies afin de mieux comprendre leurs niveaux d'efficacité.



## VII – Bibliographie

- [1] PITON F., EVELINGER S., DUBREUIL C., LAPLACE C. - Kinésithérapie périopératoire de l'opéré thoracique pulmonaire. EMC (ELSEVIER-MASSON SAS, Paris) kinésithérapie médecine physique et de réadaptation, 26-504-D-10, 2010
- [2] KAMINA P. - Anatomie clinique, 2<sup>e</sup> édition, Tome 3 : thorax, abdomen. MALOINE, Paris, 2007
- [3] BRIZON J. & CASTAING J. - Les feuillets d'anatomie, Fascicule 12 : muscles du cou et du tronc. MALOINE, 1997
- [4] KREMPF M. & GIRON J. - Le diaphragme, physiologie, pathologie et imagerie du diaphragme (et de ses confins). SAURAMPS, 1996
- [5] DUFOUR M. - Anatomie de l'appareil locomoteur, Tome 3 : tête et tronc. MASSON, 2007 (2<sup>e</sup> édition)
- [6] HISLOP H. & MONTGOMERY J. - Le bilan musculaire de DANIELS & WORTHINGHAM, techniques de testing manuel. MASSON, 2006
- [7] SOUCHARD P. E. - Le diaphragme, 4<sup>e</sup> édition. LE POUSSOE, 1980
- [8] CAMPIGNION P. - Respir-actions. FRISON-ROCHE, 2007
- [9] <http://www.osteopathie-france.net/essai/thorax/30-thoraxgene?start=3> - 22/01/2011, 19h20
- [10] DUFOUR M. & PILLU M. - Biomécanique fonctionnelle. MASSON, 2005
- [11] KAPANDJI A. I. - Physiologie articulaire, 6<sup>e</sup> édition, tome 3. MALOINE, 2007
- [12] [http://www.reanesth.org/reanesth/02formcont/jarcas/2005/jarca\\_2005/articles/kines/04\\_derlich.pdf](http://www.reanesth.org/reanesth/02formcont/jarcas/2005/jarca_2005/articles/kines/04_derlich.pdf) - 06/03/2011 : 18h13
- [13] STRUYF-DENYS G. - Les chaînes musculaires et articulaires. ICTGDS, 2000
- [14] SERGYSELS R., SMILOWSKI T., ROCHE N. - La distension doit-elle devenir la préoccupation principale de la prise en charge de la BPCO ? . Rev Mal Resp 2008 ; 25 : 1219-22
- [15] THEYS S. & DUEZ D. - Rôle du facteur respiratoire dans le retour veineux des membres inférieurs : en manque d'inspiration ? Kinésithérapie, les annales 2004 ; 35 - 6
- [16] DELPLANQUE D. - A propos de l'article " étude des effets de la ventilation dirigée abdomino-diaphragmatique chez les BPCO de stade I et II ", de LAUSIN G. & GOUILLY P. Kinésither rev 2009 ; 92 - 3

- [17] O'DONNELL D. E. - Implications cliniques de la distension thoracique, ou quand la physiopathologie change la prise en charge thérapeutique. Rev Mal Resp 2008 ; 25 : 1305 – 18
- [18] REYCHLER G., ROESELER J., DELGUSTE P. - Kinésithérapie respiratoire. ELSEVIER, 2007
- [19] <http://www.desarpic.fr/Doc1/staffs/38-Jayr.pdf> - 08/03/2011 : 13h55
- [20] FITTING J. W. - Techniques d'évaluation de la force des muscles respiratoires. Kinésither rev 2009, 94
- [21] PEREZ T. - Comment explorer en première intention les muscles respiratoires ?. Rev Mal Resp 2005 ; 22 : 2S237-2S46
- [22] LACÔTE M., CHEVALIER A. M., MIRANDA A., BLETON J. R. - Evaluation clinique de la fonction musculaire, 4<sup>e</sup> édition. MALOINE, 2001
- [23] <http://www.em-consulte.com/article/78572> - 07/04/2011 – 17h32
- [24] <http://www.splf.org/s/IMG/pdf/VDADGTKGMR.pdf> - 07/03/2011 : 17h54
- [25] ANTONELLO M., DELPLANQUE D. - Comprendre la kinésithérapie respiratoire. MASSON, 2004
- [26] <http://www.splf.org/s/IMG/pdf/01-V7-SVerges-Vendredi16h30.pdf> - 05/03/2011 : 17H26
- [27] PEREZ T. - Entrainement des muscles inspiratoires. Rev Mal Resp 2005 ; 22 : N° 3 : 521- 3
- [28] DENYS-STRUYF G. - Le manuel du Méziériste, tome 1. FRISON-ROCHE, 2004
- [29] <http://prevost.pascal.free.fr/pratique/stretch/stretch41.htm> - 18/04/2011 : 11H43
- [30] SOHIER R. - Kinésithérapie analytique de la colonne vertébrale Tome 2. Kiné-Sciences, JUMET, 1970

## Annexe 1 : Echelles de BORG et de SADOUL

### ECHELLE DE BORG Perception de la fatigue

	6
TRES TRES FACILE	7
	8
TRES FACILE	9
	10
ASSEZ FACILE	11
	12
UN PEU DIFFICILE	13
	14
DIFFICILE	15
	16
TRES DIFFICILE	17
	18
TRES TRES DIFFICILE	19
	20

	MRC	SADOUL	NYHA
Absence de dyspnée		0	<b>I</b>
Essoufflé seulement pour des efforts intenses	0	1	
Essoufflé en hâtant le pas ou en montant une légère côte	1	2	<b>II</b>
La marche sur terrain plat se fait plus lentement que les sujets de son âge, ou doit s'arrêter en marchant à son rythme sur terrain plat	2	3	<b>III</b>
Doit s'arrêter après 100m ou quelques minutes de marche	3	4	<b>IV</b>
Trop essoufflé pour sortir de la maison	4	5	

**Note :** Les échelles MRC et NYHA présentées ci-dessus évaluent également la dyspnée. L'échelle NYHA est cependant conçue pour des patients insuffisants cardiaques.

## Annexe 2 : Test de marche de 6 minutes (TDM6)



### Le test de marche de 6 minutes

---

Il permet une évaluation fonctionnelle et c'est un bon indicateur des capacités d'endurance du patient.

Ce test est simple de réalisation, validé et couramment utilisé.

Il existe une bonne corrélation entre la distance de marche, le pic de VO<sub>2</sub>, la classification NYHA et donc la gravité de l'insuffisance cardiaque.

#### La réalisation pratique :

Le but pour le patient est de parcourir une distance maximale en 6 minutes à plat.

Les conditions doivent être reproductibles pour permettre de comparer les données.

Un grand couloir dont la distance a été mesurée et qui peut être « balisé » est idéal.

Le patient doit marcher d'un pas égal le plus rapidement possible pendant 6 minutes, toutefois il peut s'arrêter et repartir ensuite dans le temps total de 6 minutes.

Les arrêts seront notés.

Le patient peut être encouragé toutes les 30 sec et les 2<sup>èmes</sup> et 4<sup>èmes</sup> minutes lui seront signalées.

#### Le résultat :

c'est le nombre de mètres parcouru par le patient en 6 minutes.

#### L'interprétation :

Il existe des valeurs de référence théoriques qui tiennent compte du sexe, du poids, de la taille et de l'âge.

Dans le cas de l'insuffisant cardiaque :

- en classe NYHA II le patient parcourt en moyenne 562 m
- en classe NYHA III le patient parcourt en moyenne 402 m
- un minimum de 322 m permet d'autoriser une autonomie en milieu urbain.

valeur pronostique : distance <300m 11 % mortalité/an

distance >450m 4 % mortalité/an

#### l'intérêt :

évaluation simple et reproductible permettant un suivi de l'aptitude physique des patients en répétant ce test après un programme de réadaptation, à 6 mois et 1 an.

**Note :** Le TDM6 est également utilisé dans les cas d'atteinte pulmonaire

# Threshold™ IMT

## Dispositif d'entraînement des muscles respiratoires.



### Le principe :

Le Threshold™ IMT crée une résistance lors de l'inspiration afin d'entraîner les muscles respiratoires. Le concept novateur permet de maintenir une pression constante quel que soit le débit inspiratoire du patient. La pression est déterminée par le médecin et ajustée en fonction de l'exercice.

### Différentes Indications:

- Augmente la force des muscles respiratoires
- Augmente l'endurance des muscles respiratoires
- Augmente la tolérance à l'exercice

### Caractéristiques techniques :

- Valve uni-directionnelle indépendante du flux respiratoire
- Résistance constante quel que soit le souffle du patient
- Facilité de réglage (graduations de la pression tous les 2 cm H<sub>2</sub>O par simple rotation de l'embout distal)
- Performant quelle que soit la position du patient
- Utilisable avec l'embout buccal (fourni) ou un masque ISO 22mm (pince nez inclus)
- Matériau acrylique haute résistance
- Nettoyage à l'eau savonneuse
- Patient unique

Fournit avec son mode d'emploi détaillé ainsi qu'avec le journal de suivi du traitement.

Réf. - Cdt	Réglage	Performances*	Dimensions
HS730EU	Plages de résistance: 7-41 cm H <sub>2</sub> O	Précision : +/- 2 cm H <sub>2</sub> O	Lg 10 cm-diam. 4.07 cm
Par carton de 10 ou A l'unité	Résolution : 2 cm H <sub>2</sub> O	Reproductibilité: +/- 1 cm H <sub>2</sub> O	

\*Précision et reproductibilité assurées pendant une période de 2 ans minimum (+/- 1cm H<sub>2</sub>O)

Distribué par : Teleflex Medical sas - 31460 Le Faget - France. Tél. : 05 62 18 79 40 - Fax : 05 61 83 35 84

© 2008 Teleflex Incorporated

**DEPRAXEL | HUDSON RCI | KMedic | Pilling | FLEUR-EMC | RUSCH | WECK**

## **Résumé**

Le diaphragme est un muscle singulier indispensable à notre survie. Mis à part son rôle vital dans la ventilation, il occupe de nombreuses fonctions toutes aussi nécessaires à la bonne marche de l'organisme : au niveau de la statique, de la phonation, de la digestion, ainsi qu'un rôle moins connu au niveau circulatoire. Lors d'une chirurgie cardiaque, pulmonaire ou digestive, l'atteinte diaphragmatique induite par l'intervention est source de complications pulmonaires post-opératoires. Le rôle du masseur-kinésithérapeute se divise en trois axes : déceler les facteurs de risque potentiels pouvant induire des complications post-opératoires, préparer le malade à la future intervention afin d'optimiser sa récupération, et limiter la survenue de complications durant la période post-opératoire ainsi que leurs conséquences sur l'appareil ventilatoire. Ce travail tente de montrer l'intérêt d'une prise en charge masso-kinésithérapique bien conduite du diaphragme chez des patients opérés de chirurgie thoraco-abdominale.

## **Mots-clés**

- Diaphragme
- Complications pulmonaires
- Ventilation dirigée
- Chirurgie thoraco-abdominale
- Pression inspiratoire maximale
- Treshold inspiratoire

## **Abstract**

The diaphragm is a special muscle essential to our survival. Apart from its vital role in ventilation, it is in charge of numerous functions, all equally necessary if the body is to function smoothly : they include statics , phonation, digestion, as well as a lesser-known part in blood circulation. When heart, lung or digestive surgery is performed, the impact of the operation on the diaphragm may cause post-operative complications in the lungs. The role of the physiotherapist covers three areas: detecting all potential risk-factors that might bring about post –operative complications , preparing the patient for the planned surgery so as to optimize recovery, and limiting the occurrence of complications during the post-operative phase as well as their consequences on the ventilatory system. This research aims to show the interest of a well-conducted physiotherapeutic intervention on patients undergoing thoraco-abdominal surgery.

## **Keywords**

- Diaphragm
- Lung complications
- Controled diaphragmatic breathing
- Thoraco-abdominal surgery
- Maximal inspiratory pressure
- Inspiratory threshold