MINISTERE DE LA SANTE
REGION LORRAINE
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE
DE NANCY

EVALUATION D'UN TRAITEMENT MANUEL D'UNE DYSFONCTION MECANIQUE DU DIAPHRAGME.

Mémoire présenté par **Lucas KOENIG**
en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat
de Masseur-Kinésithérapeute
2014-2015

SOMMAIRE

Page

RESUME

1. INTRODUCTION.....1

2. LE MUSCLE DIAPHRAGME : RAPPELS ANATOMO-PHYSIOLOGIQUES FONCTIONNELS.....2

2.1. Insertions périphériques.....2

2.2. Le centre phrénique : un élément primordial et une voie de passage.....3

2.3. Innervations différentielles.....3

2.4. Analyse des fonctions diaphragmatiques.....4

2.5. Importance de l'entourage viscéral.....5

3. DE LA PHYSIOLOGIE A LA DYSFONCTION DIAPHRAGMATIQUE.....6

3.1. Le diaphragme, un élément central selon Busquet.....6

3.2. Définition d'une dysfonction de la mécanique diaphragmatique.....7

4. MATERIEL ET METHODE.....8

4.1. Objectifs de l'étude.....8

4.2. Méthode de recherche bibliographique.....8

4.3. Population.....9

4.4. Protocole.....12

4.4.1. Protocole de mesure.....12

4.4.1.1. Matériel de mesure.....12

4.4.1.2. Mesure des périmètres xiphoïdien et abdominal.....12

4.4.1.3. Mesure de la Pression Inspiratoire Maximale (Pi max).....14

4.4.2. Description du traitement.....15

4.4.2.1. La posologie.....15

4.4.2.2. Détente du plan antérieur.....15

4.4.2.3. Détente du ligament cintré : arcade du carré des lombes.....17

4.4.2.4. Détente du plan postérieur.....17

4.4.2.5. Travail excentrique du diaphragme.....18
4.4.2.6. Réharmonisation.....19
4.4.2.7. Les effets recherchés sur les structures.....20
4.5. Méthode d'analyse statistique.....21

5. RESULTATS.....22
5.1.Modification de l'examen clinique.....22
5.2. Modification des périmètres xiphoïdien et abdominal.....23
5.3. Modification de la Pression Inspiratoire Maximale.....24

6. DISCUSSION.....26
6.1. Approche de l'évolution des tests cliniques.....26
6.2. Approche des périmètres xiphoïdien et abdominal.....27
6.3. Approche de l'évolution de la Pression Inspiratoire Maximale.....28
6.4. Perspectives cliniques.....30

7. CONCLUSION.....30

BIBLIOGRAPHIE
ANNEXES

RESUME

Le diaphragme est un muscle essentiel aux facettes multiples. Il s'adapte à différents changements mécaniques et sa dysfonction n'est pas rare. Son approche en thérapie manuelle est courante.

Nous avons effectué sur un échantillon de 30 sujets sains inclus, 9 hommes et 21 femmes, d'âge moyen de 21 ans +/- 2,85, un examen clinique d'inclusion, nous permettant de mettre en évidence une dysfonction de la mécanique diaphragmatique. 20 sujets ont été exclus à la suite de l'examen clinique, car ils présentaient des critères d'exclusion ou ne présentaient aucun signe de dysfonction.

Les sujets ont subi des mesures des périmètres xiphoïdien et abdominal, à raison de quatre mesures pour chaque élément, et quatre mesures de la pression inspiratoire maximale (Pi max). Par la suite, ils bénéficiaient du traitement manuel selon la méthode décrite. Ils étaient réévalués à court terme (5 minutes) par l'examen clinique, les mesures des périmètres et de la Pi max selon les mêmes modalités et par le même opérateur effectuant le traitement.

Une modification statistiquement et cliniquement significative a été retrouvée concernant l'évolution de la Pression Inspiratoire Maximale. Le gain est similaire dans le groupe homme et femme, avec une évolution parallèle face au traitement. Les périmètres, abdominal et xiphoïdien, n'ont, quant à eux, pas eu de modification statistique et clinique.

Nous avons constaté une modification d'un paramètre évalué, liée au traitement manuel du diaphragme. Ces résultats nous incitent à mieux comprendre les mécanismes d'action et les perspectives cliniques.

Mots clés : diaphragme, dysfonction mécanique, thérapie manuelle, paramètres respiratoires

Keywords : diaphragm, mechanical dysfunction, manual therapy, respiratory parameters

1. INTRODUCTION

Le diaphragme est un muscle central chez l'Homme, en lien avec de nombreuses structures anatomiques, dont son fonctionnement dépend [1, 2, 3]. Ces liens s'effectuent sous différentes formes :

- Les liens musculaires, décrits par Busquet sous la forme de chaînes musculaires. Elles sont au nombre de 6 (les chaînes droites antérieures de flexion, les chaînes droites postérieures de redressement, les deux chaînes croisées antérieures de fermeture et les deux chaînes croisées postérieures d'ouverture) [2] ;
- Les liens viscéraux, par les éléments médiastinaux et abdominaux [4] ;
- Les liens neuro-vasculaires, par les différents éléments y effectuant leur passage [5];
- Les liens conjonctifs et fasciaux, décrits par Bienfait mais également par Paoletti, qui nous permettent d'avoir une vision complémentaire de la vision musculaire [2, 3].

Le diaphragme, en tant qu'élément horizontal, est une structure d'adaptation rapide et économique d'une modification du plan vertical [1]. Il permet, par exemple, d'augmenter les volumes des cavités, abdominale ou thoracique. Il se place lui-même dans une position spécifique de travail déterminant une dysfonction, le muscle étant détourné de sa fonction physiologique. Elle entraîne des troubles associés.

Nous proposons ainsi, sur un échantillon de 30 sujets jeunes et sains, étudiants à l'Institut Lorrain de Formation en Masso-Kinésithérapie, et présentant une dysfonction de la mécanique diaphragmatique, d'évaluer les effets à court terme d'un traitement manuel du muscle diaphragme, s'inspirant de plusieurs concepts, sur la modification des valeurs de Pression Inspiratoire Maximale et des périmètres xiphoïdien et abdominal.

Après des rappels anatomo-physiologiques d'importance dans la compréhension du traitement, nous aborderons les différents aspects de la dysfonction avant de s'intéresser précisément à la méthode et aux résultats obtenus, ainsi qu'aux perspectives cliniques.

2. LE MUSCLE DIAPHRAGME : RAPPELS ANATOMO-PHYSIOLOGIQUES.

2.1. Insertions périphériques (ANNEXE I).

Le muscle diaphragme thoracique est un muscle strié et rayonné, membrane de séparation de la cavité thoracique et abdominale [6].

Ce muscle est formé par un ensemble de 8 muscles digastriques dont les ventres musculaires forment la partie périphérique charnue, s'insérant à deux points opposés au niveau de l'orifice thoracique inférieur, et dont les tendons intermédiaires s'entrecroisent au centre pour former le centre phrénique, partie conjonctive et suspendue de ce muscle [2, 7]. Ses insertions sont atypiques, elles ne sont osseuses qu'en périphérie. Le muscle s'insère par 6 digitations musculaires sur la face interne des 6 dernières côtes [7].

Ses insertions lombaires se font par deux piliers musculaires : le pilier droit de L3 à T12, plus long et plus épais que le gauche [7], formant une boucle pour le passage aortique en T12 et se poursuivant par le pilier gauche de T12 à L2. Deux piliers accessoires s'insèrent à la partie antérolatérale du corps vertébral de L2 pour se terminer au niveau de l'échancrure du centre phrénique [8].

Pour assurer une continuité musculaire, un lien est établi entre les piliers et les dernières côtes [1, 7, 8] : le ligament arqué médial, latéral et les deux arcades de Sénac [1, 9].

Différents passages musculaires s'établissent sous ces arcades conjonctives : les muscles psoas et carré des lombes. Cela nous fait réaliser l'importance de leur traitement dans la prise en charge d'un diaphragme en dysfonction, en particulier dans la vision globale du fonctionnement en chaîne [1].

Deux portions fonctionnelles peuvent être différenciées au niveau du muscle : la zone d'apposition correspondant à la portion verticale du muscle qui est en contact avec la partie interne du gril thoracique et antérolatérale des lombaires, et le dôme diaphragmatique, séparant thorax et abdomen, comportant le centre phrénique [10,11].

2.2. Le centre phrénique : un élément primordial et une voie de passage.

Le centre phrénique est un élément conjonctif formé de 3 zones que nous nommons folioles. La foliole antérieure met en lien le muscle avec la chaîne fasciale profonde cervico-thoraco-abdomino-pelvienne composée, entre autres, des organes médiastinaux [2,12]. La foliole droite couvre le foie. La foliole gauche couvre la rate et une partie de l'estomac [13]. Ces folioles sont en relation par l'intermédiaire de bandes conjonctives plus épaisses nommées bandes semi-circulaires, supérieure et inférieure. Elles délimitent l'orifice de la veine cave inférieure à l'union de la foliole antérieure et droite [7, 8]. Le centre phrénique est l'élément principal du dôme diaphragmatique [10].

Le diaphragme est une zone de passage des éléments faisant jonction entre le thorax et l'abdomen, qu'ils soient vasculaires, nerveux ou viscéraux [8]. Le hiatus œsophagien est compris entre l'intersection de fibres contractiles [1, 14]. Son passage est accompagné des nerfs vagues droit et gauche [13]. En arrière de cet orifice se situe le passage aortique [9]. La veine cave inférieure effectue également son passage à la jonction des deux bandes semi-circulaires [14]. Le nerf phrénique droit se joint à son passage à droite, et passe au niveau de la foliole gauche pour sa portion gauche [8].

2.3. Innervations différentielles.

L'innervation diaphragmatique se décline sous trois critères :

- *l'innervation motrice* est permise par les nerfs phréniques droit et gauche dont l'origine radiculaire est C3 C4 C5 ;

- *l'innervation sensitive et proprioceptive* par les 6 derniers nerfs intercostaux et également une partie des nerfs phréniques se poursuivant par l'innervation sensitive péritonéale, montre la proximité des éléments viscéraux ;

- *l'innervation végétative* est effectuée par le plexus solaire et des branches phréniques,

déterminant conjointement un rôle vasomoteur et tonique du diaphragme, qui sera particulièrement sollicité par le traitement [15].

2.4. Analyse des fonctions diaphragmatiques.

Le diaphragme regroupe des fonctions toniques grâce à la présence de fibres de type I à hauteur de 55%, et phasiques grâce à la présence de fibres IIa (21%) et IIb (24%), lui permettant de s'adapter aux différentes fonctions qu'il assure [6, 10].

La fonction respiratoire est la plus importante, en tant que muscle inspirateur principal. Dans le cadre d'une respiration profonde, son action permettra une augmentation de la ventilation pulmonaire, une augmentation de la Pression artérielle en O_2 ($Pa0_2$) et une diminution des éventuelles zones présentant une atélectasie [16]. Lors de la contraction musculaire, sur un temps inspiratoire, ces éléments contractiles rapprochent leurs insertions afin d'abaisser le centre phrénique. Ceci constitue le premier temps cinétique [17]. Cet abaissement se fait conjointement avec celui du diaphragme pelvien (périnée), permettant une descente viscérale légère et une course diaphragmatique accentuée. Une contraction réflexe du diaphragme pelvien, et la contraction du muscle transverse vont permettre la stabilisation des viscères et initier le deuxième temps cinétique. Le centre phrénique prend appui sur le sac péritonéal stabilisé. Sa descente est également limitée par sa suspension à la charnière cervico-dorsale et à l'occiput par le péricarde fibreux et la chaîne fasciale profonde [2]. Ces deux mises en tension permettent à la partie centrale de devenir point fixe et de favoriser le mouvement thoracique [17].

Une fonction posturale est présente grâce aux fibres toniques de type I. Elle a pour but la stabilisation rapide du rachis lombaire lors des mouvements des grands segments de membres, et fait intervenir la notion d'antagonisme synergique entre le muscle diaphragme et le muscle transverse [18, 19]. Ces deux muscles participent à l'élaboration du caisson abdominal et interviennent au sein de la poutre composite lombaire [17, 20]. Les deux contractions musculaires sont bénéfiques l'une à l'autre. La contraction du diaphragme précède chaque mouvement du corps, en augmentant la pression abdominale, et aide à la stabilisation des lombaires [19]. Elle permet au muscle transverse de s'appuyer sur la masse

viscérale et de mettre en tension le fascia thoraco-lombaire, augmentant la stabilité rachidienne [21, 22, 23].

Cependant, si la demande respiratoire lors d'un effort prolongé augmente, la fonction posturale diminue pour une orientation phasique du diaphragme par la stimulation rythmique des motoneurones provenant des centres respiratoires pontiques et bulbaires. La stabilité du rachis est ainsi compromise dans des situations sportives avec stress physique ou pathologiques, car la demande respiratoire augmente [18]. La fonction respiratoire prédomine sur la fonction posturale. Par contre, dans le cas d'algies rachidiennes, de type lombalgie, la fonction posturale est recrutée précocement, avec pour conséquence une diminution rapide de la course diaphragmatique au profit d'une action tonique posturale [24]. La répartition des fibres musculaires diaphragmatiques se modifie suivant la fonction demandée par une situation prolongée [25, 26].

Sa situation anatomique l'implique également dans la digestion. Sa contraction entraîne une tension du côlon transverse et une variation des pressions au niveau hépatique, splénique et gastrique favorable à leur fonctionnement seulement si cette action est alternative et non statique. De plus, sa proximité avec le sphincter inférieur de l'œsophage en fait un atout majeur dans la limitation du reflux gastro-œsophagien [9, 27].

2.5. Importance de l'entourage viscéral et jonctions fasciales.

Le diaphragme est en lien avec les éléments médiastinaux et abdominaux par des jonctions aponévrotiques, ligamentaires et fasciales.

Les éléments médiastinaux supérieurs, par les attaches au niveau du péricarde et de la plèvre, font partie du système conjonctif dit chaîne fasciale profonde. Ils relient la face diaphragmatique supérieure aux vertèbres cervicales et à l'occiput, permettant ainsi de limiter la course caudale [2, 3]. Ces liens permettent également d'adapter la position des viscères médiastinaux, que sont le cœur et les poumons, aux mouvements respiratoires et à l'augmentation de volume de la cage thoracique. Ils adaptent le contenu par rapport à un contenant qui amplifie son volume [1, 4].

4. MATERIEL ET METHODE.

4.1. Objectifs de l'étude.

L'étude a pour but de vérifier, sur la population des étudiants de l'Institut Lorrain de Formation en Masso-Kinésithérapie avec un échantillon de 30 sujets sains inclus présentant une dysfonction diaphragmatique, la présence d'une augmentation ou d'une stagnation des valeurs de Pression inspiratoire maximale (Pimax) et des périmètres xiphoïdien et abdominal après un traitement manuel du muscle diaphragme.

4.2. Méthode de recherche bibliographique.

Lors de notre recherche, nous n'avons recensé aucun travail similaire utilisant l'association des techniques utilisées et les évaluant via les paramètres choisis. Des travaux utilisant ces paramètres pour mettre en évidence des modifications à la suite de l'étirement diaphragmatique simple avaient été recensés mais suivant des modalités d'application différentes. Notre étude s'est basée sur des données anatomiques et physiologiques permettant la justification des techniques.

Différents moteurs de recherche ont été interrogés : Pubmed, Pedro, Kinedoc, EM Premium, la base Reedoc, Google Scholar, ainsi que des recherches spécifiques au sein des revues *Manual Therapy, International Journal of Osteopathic Medecine* et *Journal of Bodywork and Movement Therapies* entre autres. Les mots-clés utilisés ont été « diaphragm and manual therapy », « diaphragm and respiratory parameters », «diaphragm and osteopathy », « diaphragm and mechanical dysfunction », « diaphragm and dysfunction », «diaphragm and stretching», «diaphragm and chest physiotherapy». Les mots-clés français utilisés ont été : «diaphragme et thérapie manuelle», «Diaphragme et Pression Inspiratoire Maximale», «Diaphragme et ampliations», « Diaphragme et étirement ». Le travail a été complété de recherches manuelles. 16 livres ont été retenus et 38 articles, nous permettant de justifier nos propos.

4.3. Population.

Cinquante sujets au total ont été rencontrés. Trente sujets jeunes et sains (moyenne d'âge 21 +/- 2,85 ans s'étalant entre 18 et 30 ans) ont été sélectionnés et inclus dans l'étude, après un examen clinique d'inclusion. L'examen a été réalisé par le même opérateur effectuant par la suite le traitement et les mesures post traitement. Vingt sujets ont été exclus à la suite de l'examen clinique car ils répondaient à certains critères d'exclusion définis. L'échantillon sélectionné est composé de 9 sujets masculins et de 21 sujets féminins, bénéficiant du même traitement.

L'examen clinique d'inclusion se séparait en deux phases : une phase d'interrogatoire du sujet et une autre d'examen spécifique par le thérapeute. L'absence de critères d'exclusion lors de la première phase permet d'entamer la deuxième phase. La présence d'un de ces critères lors de l'interrogatoire entraîne le renvoi immédiat du sujet.

La présence de toutes pathologies respiratoires, viscérales, rachidiennes (déviation scoliotique en particulier) ainsi que les antécédents de chirurgies abdominales, thoraciques, pelviennes et rachidiennes et toutes algies au niveau du tronc ou des cervicales décrites sont des critères d'exclusion directe. De plus, si le patient fume plus de 20 cigarettes par jour, s'il a un usage régulier d'analgésiques ou d'anti-inflammatoires ou s'il présente un IMC supérieur à 28, il est automatiquement exclu de l'étude et la deuxième phase n'est pas débutée.

L'examen spécifique par le thérapeute, considéré comme la deuxième phase de l'examen clinique, s'attache à vérifier en charge l'aspect abdominal, en reploiement ou en déploiement, et l'aspect thoracique, en reploiement ou en déploiement, ainsi que la statique du sujet, sans effectuer un examen complet et dynamique des chaînes musculaires. Le but est de mettre éventuellement en évidence un morphotype décrit, nous laissant supposer la présence d'un type de dysfonction de hauteur (ANNEXE IV et V).

Ensuite, les éléments cliniques de dysfonction diaphragmatique sont ciblés selon les trois critères de dysfonction que sont la hauteur, la tension et la mobilité (cf. 3.2) afin de la qualifier. La dysfonction de hauteur, en inspiration ou en expiration, est le critère principal

d'inclusion. Les étapes d'une approche palpatoire correcte ont été respectées [34, 35].

La mise en évidence d'une dysfonction de hauteur diaphragmatique selon Busquet est le fruit de la mise en corrélation de différents signes cliniques [5]. Le type de respiration est à définir. Une respiration abdominale nous orientera plutôt vers un diaphragme de type inspiratoire alors qu'une respiration à prédominance thoracique, vers un diaphragme à tendance expiratoire (fig. 1).

Fig. 1 : Position d'observation du type respiratoire.

Ces éléments seront corrélés au test dit « des pouces posés » (fig. 2). Le Masseur-Kinésithérapeute (MK) se place à la tête du patient, bord ulnaire de la main au contact de l'auvent costal et le premier rayon orienté perpendiculairement à cette zone et dirigé vers l'ombilic. Il demande au patient de respirer profondément par la bouche mais non pas dans les volumes extrêmes. Le test est négatif dans le cadre d'une bonne fonction diaphragmatique avec des pouces qui s'élèvent et s'abaissent dans une amplitude similaire. Le diaphragme est probablement bloqué en inspiration si les pouces s'élèvent plus qu'ils ne s'abaissent et en expiration s'ils s'abaissent plus qu'ils ne se lèvent [5].

Fig.2 : Test des pouces posés.

Les tensions et douleurs épigastriques ont également été recherchées pour la mise en évidence d'une dysfonction de tension, décrite également par Busquet [5]. Le MK place ses mains perpendiculairement à la ligne blanche, l'une dans la zone épigastrique, l'autre dans la zone hypogastrique, et compare la pénétration (fig.3). L'aspect sera qualifié d'hypertension, de normo-tension ou d'hypotension [5]. Il est complété d'une palpation épigastrique (fig.4)

Fig. 3 : Test des tensions abdominales.

Fig. 4 : Palpation épigastrique.

Le mouvement diaphragmatique et sa symétrie seront qualifiés par la mise en position de la colonne du pouce sous l'auvent costal et la demande d'inspiration et d'expiration profonde. La course diaphragmatique, par viscères interposés, sera évaluée (fig. 5).

Fig. 5 : Evaluation de la course diaphragmatique et de sa symétrie.

L'aspect de la charnière thoraco-lombaire, fonctionnant physiologiquement en rectitude, nous renseigne sur la présence éventuelle d'une dysfonction. Celle-ci fonctionne alors en lordose, sur les segments compris entre T9 et L2, la traction étant plus directement antérieure : nous la nommerons lordose diaphragmatique selon Mézières et Souchard [9, 36]

A l'examen clinique, une réponse de normalité au test des pouces posés excluait également le sujet, tout comme des douleurs à la palpation de la région épigastrique.

4.4. Protocole.

4.4.1. Protocole de mesures.

4.4.1.1. Matériel de mesures.

Pour la mesure de la Pimax, un appareil de mesure de type RPM a été utilisé avec l'utilisation d'un filtre rond en guise d'embout. Pour les mesures centimétriques, un mètre ruban classique a été utilisé (ANNEXE VII).

4.4.1.2. Mesure des périmètres xiphoïdien et abdominal.

Le périmètre xiphoïdien nous permet de quantifier le mouvement costal inférieur dans les positions d'inspiration maximale et d'expiration maximale afin de déterminer une ampliation thoracique inférieure. Elle représente la différence entre ces deux valeurs déterminant la variation de position [37, 38]. Cette mobilité costale est importante pour vérifier la fonction diaphragmatique physiologique. Le point de repère utilisé est l'appendice xiphoïde. Le mètre est positionné horizontalement et suit la circonférence thoracique sans le serrer. Le patient est assis, pieds au sol, avec un appui rachidien, en conservant une position rachidienne érigée [37]. Quatre mesures sont effectuées : deux mesures en inspiration maximale et deux mesures en expiration maximale. Ces mesures sont répétées 5 minutes après la fin du traitement (fig.6).

Fig. 6 : Mesures des périmètres xiphoïdiens

La contraction diaphragmatique favorise le mouvement abdominal, et alors tout mouvement abdominal traduit un mouvement diaphragmatique [39]. Ainsi, dans cet objectif, le périmètre abdominal est évalué dans la même position, aucune position standard n'étant définie, sans stimulation de la respiration abdomino-diaphragmatique mais en respiration spontanée [40]. Cette position assise permet de favoriser néanmoins, si elle est présente, une respiration à tendance abdominale, ce qui n'est pas le cas en charge avec une respiration à tendance thoracique. Le repère antérieur est l'ombilic, et le postérieur est la vertèbre L3. Le mètre est positionné horizontalement, sans tension préalable (fig. 7). Les périmètres sont évalués aux deux stades. Quatre mesures sont effectuées également. Les mesures sont répétées 5 minutes après le traitement.

Fig. 7 : Mesure des périmètres abdominaux.

Les consignes données lors de ces deux mesures sont « Inspirez lentement par le nez pour faire pénétrer le maximum d'air tout en gardant la même position » pour l'inspiration, et « soufflez doucement par la bouche en vidant au maximum les poumons tout en gardant la

même position » pour l'expiration. Les compensations posturales ne sont pas tolérées, pour éviter un éventuel recrutement postural du diaphragme. Aucune consigne n'est donnée quant au type de respiration, la respiration recherchée est celle spontanée du sujet.

4.4.1.3. Mesure de la Pression Inspiratoire Maximale.

Dans l'étude de Kolar P et al. de 2012, une corrélation positive a été retrouvée entre la course diaphragmatique, qui a fait l'objet d'un examen IRM, et la pression inspiratoire maximale lors des mouvements de flexion des membres inférieurs. Ce critère a été choisi comme critère majeur d'évaluation de l'impact du traitement sur la course musculaire [24]. Il qualifie la force des muscles inspirateurs, variant parallèlement au gain de mobilité.

La Pi max est évaluée avant et après traitement, à raison de 4 mesures à chaque session, afin de supprimer l'effet d'apprentissage et de respecter les standards définis [41]. Une pause de 10 secondes est effectuée entre chaque mesure. La mesure est effectuée à partir du volume résiduel (VR), les forces de rétraction élastique pulmonaire ne sont donc pas supprimées [41, 52]. Le sujet est installé sur une chaise à dossier, pieds à plat et rachis contre le dossier pour diminuer la participation posturale diaphragmatique. Il maintient l'appareil avec ses deux membres supérieurs pour éviter les asymétries droite-gauche. Il lui est demandé d'expirer au maximum pour atteindre le VR. Une fois atteint, il place l'embout buccal et inspire le plus fort et le plus longtemps possible : la pression maximale maintenue au moins une seconde est retenue, l'effort inspiratoire devant au moins être d'une seconde et demie (fig. 8). La meilleure des 4 valeurs, s'écartant de moins de 20% des autres valeurs, est retenue [41]. Un temps de 30 secondes de repos est respecté entre chaque mesure. Le sujet est encouragé verbalement et les consignes sont répétées avant et durant chaque réalisation [42,43].

Fig. 8 : Mesure de la Pi max.

Dans une étude proposée chez des sujets sains et jeunes, entre 18 et 35 ans, les valeurs de Pi max chez l'homme sont réparties dans des valeurs moyennes de 109,5± 27 cmH2O et chez la femme de 77,5± 18 cmH20 [43]. Les valeurs sont considérées comme pathologiques lorsqu'elles sont inférieures à 70 cmH_2O chez la femme et 80 cmH_2O chez l'homme [42].

4.4.2. Description du traitement.

4.4.2.1. Posologie.

Une seule séance a été effectuée. L'enchaînement des techniques de traitement dure 15 minutes. Le nombre de répétitions des différentes techniques a été défini clairement, à partir d'études déjà réalisées, afin d'effectuer un traitement similaire pour chacun, bien qu'en clinique la répétition s'effectue jusqu'à la détente de la structure visée [28, 30, 44, 45]. Les mesures sont prises directement, cinq minutes à la suite du traitement, afin de l'évaluer à court terme. Le traitement est effectué par le thérapeute évaluateur.

4.4.2.2. Détente du plan antérieur.

Plusieurs techniques se succèdent pour obtenir une détente des insertions antérieures diaphragmatiques et des éléments anatomiques étant plus superficiels par rapport à ce dernier. Le traitement proposé débute par une technique fasciale proposée par Paoletti sous l'appellation de technique musculaire du diaphragme [3, 28], permettant de réaliser, selon nous, un premier abord intéressant de la région et de s'intéresser aux éléments aponévrotiques plus superficiels [46]. Le diaphragme, pour Paoletti, est considéré comme un relais fascial et un fascia lui-même. Cette méthode consiste pour le praticien à insérer ses deux pouces progressivement sous l'auvent costal par une pression ponctuelle et d'effectuer un écartement des deux pouces afin d'engager une traction transversale fasciale et d'accentuer la détente des structures anatomiques plus superficiels (obliques, droit de l'abdomen, fascia transversalis). La technique est effectuée jusqu'à détente de la zone avec un temps d'enfoncement de 30 secondes, et un temps d'écartement de 30 secondes comme décrit par Slaiby et al. [28]. Elle est effectuée bilatéralement, en projection des zones d'adhérence et maintenue jusqu'à détente des structures sous-jacentes, en veillant à être infra-douloureux, toute algie pouvant

déclencher un spasme réflexe [3] (fig. 9).

Fig. 9 : Technique décrite par Paoletti.

Des traits tirés profonds sont ensuite effectués s'inspirant de la méthode Busquet. Ils consistent à appliquer une pression ferme sur le tissu, via le pouce ou les autres doigts, et de les faire glisser tout en maintenant un état de tension. Un baume est utilisé pour l'application. Trois traits tirés sont effectués avec comme point de départ l'auvent costal, de la partie latérale vers la partie médiale, et dirigés vers l'ombilic, afin de détendre la région épigastrique et les muscles obliques et droits de l'abdomen. Trois traits tirés sont ensuite effectués sur la ligne blanche, du processus xiphoïde vers l'ombilic. Trois autres traits tirés sont effectués sous l'auvent costal, pour poncer les insertions diaphragmatiques antérieures par un mouvement de pronation du MK, permettant de venir au contact de la face interne de la 10ème côte (fig. 10).

Fig. 10 : Traits tirés antérieurs.

Les manœuvres de détente antérieure sont clôturées par des manœuvres de palper-rouler au niveau de l'auvent costal, à raison de deux mouvements pour chaque hémithorax [5].

4.4.2.3. Détente du ligament cintré : arcade du carré des lombes.

Le sujet est placé en procubitus, tête dans l'axe, membres supérieurs le long du tronc. Le praticien recherche la 12ème côte et loge ses deux pouces de chaque côté dans l'encoche formée entre la masse spinale et la partie médiale et inférieure de la 12ème côte. Il effectue une poussée progressive vers l'avant du sujet, le haut et l'interne avec un maintien de 90 secondes [44]. Cette technique s'effectue directement en regard de l'arcade du muscle carré des lombes (fig. 11). Une tension du muscle carré des lombes peut avoir un retentissement important sur la cinèse diaphragmatique et la mise en place d'une dysfonction, tout comme pour le psoas.

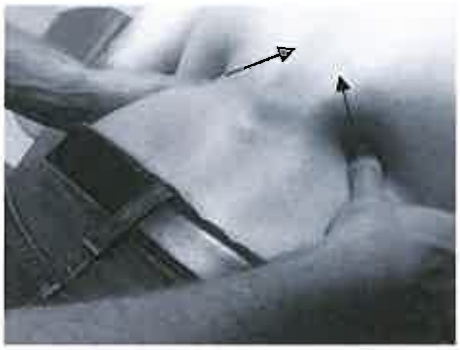


Fig. 11 : Détente de l'arcade du carré des lombes.

4.4.2.4. Détente du plan postérieur.

Différents traits tirés se succèdent. Trois traits tirés sont effectués dans le sens rostro-caudal, partant de la douzième côte et se prolongeant vers L3, avec pour objectif l'accentuation de la détente de la partie supérieure du muscle carré des lombes entre autre et de faciliter l'accès à la manœuvre suivante. Trois traits tirés sont effectués bilatéralement le long du bord inférieur de la 12ème côte et se prolongeant le long des 11ème et 10ème côtes afin de venir poncer les insertions postérieures du diaphragme sur les faces internes costales (fig. 12).

Fig. 12 : Techniques de détente du plan postérieur.

4.4.2.5. Travail excentrique du muscle diaphragme.

Cette technique consiste, sur cinq cycles respiratoires amples, à entraîner les côtes inférieures en écartement selon leur biomécanique, vers le haut et l'extérieur, sur le temps inspiratoire, et de maintenir la position sur le temps expiratoire, afin d'entraîner un travail excentrique du diaphragme, luttant d'une part contre la contraction du muscle transverse, et d'autre part ayant comme point fixe les dernières côtes. Ces côtes, à l'expiration physiologique, se mobilisent vers le bas et le dedans, permettant un relâchement complet du muscle diaphragme. Les mains viennent crocheter la partie inférieure de ces côtes. Le diaphragme s'allonge progressivement sous un mode freinateur (fig. 13). L'objectif est assimilable à celui d'un étirement, en l'occurrence un gain de longueur par mise en tension des myofibrilles avec modification histologique, augmentation du contrôle musculaire et ainsi nous retrouvons une action directe sur la capacité fonctionnelle par augmentation de la course musculaire [47].

Le mode d'action varie suivant la dysfonction présente. Pour un diaphragme inspiratoire, en position basse et donc en course interne, le point fixe costal entraînera lors de l'expiration un travail excentrique sous l'effet de la poussée viscérale engendrée par la contraction du transverse. Dans le cadre d'une dysfonction expiratoire haute, le travail inspiratoire est recherché, avec un accompagnement et une accentuation manuels du mouvement costal inférieur, ainsi que l'ajout d'une pause inspiratoire brève. L'expiration est également recherchée afin de réhabiliter le muscle à utiliser toute sa course.

Fig. 13 : Travail excentrique du muscle diaphragme.

4.4.2.6. Réharmonisation.

Le travail de réharmonisation se concentre sur le couple musculaire transverse-diaphragme, pour rétablir le rapport antagoniste-synergique physiologique. Il s'effectue par chaîne viscérale interposée et est différencié suivant la dysfonction présente. Il permet une correction active de la dysfonction et une reprogrammation musculaire. Le sujet est toujours installé en décubitus comme préalablement.

Dans le cadre d'une dysfonction inspiratoire, une respiration paradoxale ample sur 10 mouvements respiratoires est recherchée. Le sujet inspire et expire tout en gardant une contraction du transverse grâce à un reploiement abdominal afin d'entraîner le diaphragme vers sa course externe (fig. 14).

Fig. 14 : Réharmonisation dans le cadre d'une dysfonction inspiratoire basse.

Par contre dans le cadre d'une dysfonction expiratoire, le sujet effectue 10 mouvements respiratoires amples tout en conservant un déploiement abdominal par relâchement du muscle

transverse. L'objectif est d'entraîner le diaphragme en course interne par la traction caudale des éléments viscéraux sous-jacents (fig. 15).

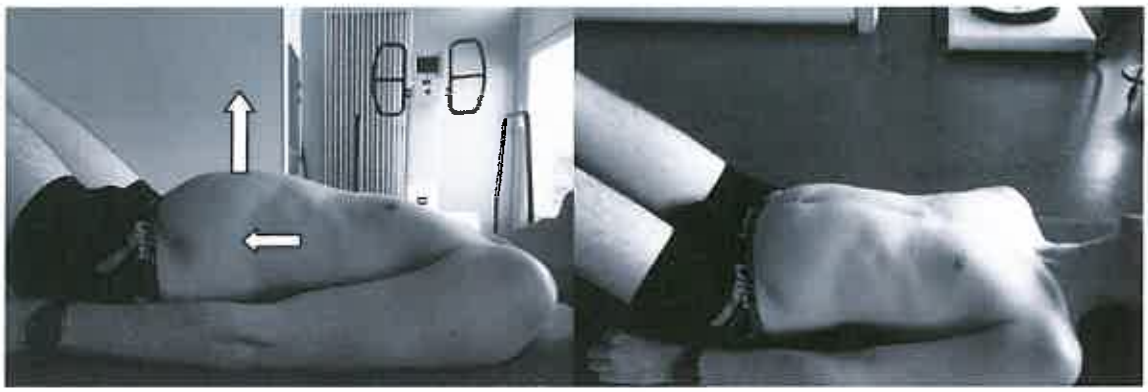


Fig. 15 : Réharmonisation d'une dysfonction haute du diaphragme.

4.4.2.7. Les effets recherchés sur les structures.

Le fascia superficiel est traité dans chaque technique et sa détente préalable est nécessaire à l'accès aux structures sous-jacentes. C'est un tissu de connexion membraneux organisé en trois dimensions qui entoure, supporte, suspend, protège et connecte les éléments musculaires, squelettiques et viscéraux. La répercussion d'une tension au niveau du fascia se répercute au niveau des éléments reliés par ce dernier. Les techniques fasciales ont pour objectif de relâcher les tensions, de diminuer la douleur et de restaurer la fonction [2, 46]. La mise en tension continue et prolongée du tissu va permettre une sécrétion de collagène en série, protéine de courte durée modifiant les qualités tissulaires en allongeant le tissu. Sa mise en tension courte et répétée engage la formation de collagène en organisation parallèle [46]. Les deux éléments sont utilisés lors des techniques.

L'approche musculaire est l'aboutissant. Les techniques viseront l'étirement longitudinal et transversal des structures afin de retrouver une liberté complète des éléments anatomiques, par les traits tirés, les appuis progressifs, le travail excentrique et la réharmonisation. Les modifications physiologiques sont l'augmentation du nombre de sarcomères. L'augmentation de force est permise grâce à une meilleure contraction des fibres d'actine-myosine par une augmentation de la longueur fonctionnelle du muscle [43, 47]. Suite

à ces techniques, l'utilisation du muscle fonctionnellement et suivant le but recherché sera un des principes à ne pas omettre afin d'habituer à nouveau l'utilisation de la course musculaire totale disponible, mais également permettre la fixation du gain dans le temps [1].

L'effet neuro-végétatif est aussi présent au sein des techniques utilisées. Cet aspect, confirmé par l'étude d'Henley et al., nous montre le lien entre relâchement myofascial et diminution du rythme cardiaque, qui confirme le lien entre la pratique de thérapies manuelles et le système nerveux autonome [48].

Le retour vasculaire, lymphatique et veineux, prend une part importante dans le traitement de ce muscle livrant passages aux éléments vasculaires abdominaux et des membres inférieurs [49, 50]. Cet élément n'est pas évalué.

4.5. Méthode d'analyse statistique.

Le groupe de 30 sujets est étudié avant et après l'application du traitement. Des analyses descriptives ont été réalisées pour l'ensemble des paramètres étudiés, comportant les moyennes, les écarts types et également les intervalles de confiance pour déterminer un ensemble de valeurs entre lesquelles se trouvent 95 pourcent des sujets.

Nous admettons que la population, par son nombre de 30 sujets, respecte une distribution suivant une loi normale. Le test statistique appliqué à la population totale est paramétrique, avec deux échantillons appariés. Il correspond au test de Student apparié.

Par la suite, le groupe a été divisé en sous groupes. Tout d'abord le paramètre sexe a séparé le groupe initial en un groupe « femme » et un groupe « homme ». La loi normale n'est plus respectée. Nous avons utilisé le test de Wilcoxon pour comparer les résultats obtenus avant et après traitement dans chaque sous-groupe. Nous avons également comparé le groupe « femme » au groupe « homme » par le test de Mann et Whitney.

Une autre division du groupe initial a été effectuée grâce aux résultats des tests cliniques, avec la création d'un sous-groupe diaphragme « inspiratoire » et un sous-groupe

diaphragme « expiratoire ». Les résultats obtenus avant et après traitement sont comparés dans chaque sous-groupe par le test de Wilcoxon.

Ont été considérées comme statistiquement significatives les valeurs de p inférieures ou égales à 0,05.

5. RESULTATS.

5.1. Modification des tests cliniques.

Avant traitement, 5 personnes (17% des sujets) formaient le groupe « diaphragme inspiratoire » et 25 personnes (83% des sujets), le groupe « diaphragme expiratoire ». Au test des pouces posés, seulement 5 personnes sur les 30 initiales, appartenant toutes au groupe « expiratoire », ne se sont pas améliorées et présentaient toujours une dysfonction expiratoire à ce test après le traitement proposé.

Concernant le type de respiration, avant traitement, 24 personnes présentaient une respiration à prédominance thoracique, une personne une respiration à prédominance abdominale et cinq personnes présentaient une respiration abdomino-diaphragmatique ou thoraco abdominale. Le type de respiration est resté à tendance thoracique pour 8 sujets, alors que les autres présentaient une respiration thoraco-abdominale proportionnelle. 17 sujets sur 25 ont ainsi opté pour une respiration physiologique abdomino-diaphragmatique ou thoraco abdominale sur le plan clinique après le traitement, ne la présentant pas avant celui-ci. Les 5 sujets présentant une respiration thoraco-abdominale avant le traitement l'ont conservée.

Pour la dysfonction de tension, 6 sujets présentaient une hypertension épigastrique non algique préalable. Uniquement un sujet présentait toujours cette hypertension après le traitement.

L'association d'une respiration thoracique et d'un test des pouces en expiration est retrouvée dans 22 cas sur 25 (88%). Pour un test des pouces en inspiration, le type respiratoire varie entre une respiration abdominale pour un cas sur 5 ou une respiration thoraco-

abdominale pour les 4 sujets restants. Les dysfonctions de symétrie au niveau de la course étaient très variables et n'ont pas retenu notre attention.

5.2. Modification des périmètres xiphoïdien et abdominal.

Les attentes post-traitement concernant les variations des périmètres et des ampliations sont différentes suivant la position diaphragmatique, en inspiration ou en expiration.

Dans le cadre d'un diaphragme inspiratoire, tout comme expiratoire, les objectifs visés sont résumés dans le tableau I ainsi que les résultats obtenus. Une évolution clinique significative est au minimum d'un centimètre pour qu'elle soit considérée.

Tableau I : Valeurs moyennes des périmètres xiphoïdien et abdominal

Type de diaph. avant TTT	Popu. n=30	Objectifs attendus après traitement	Moyenne ± ET avant TTT (cm)	Moyenne +/- ET après TTT (cm)	Test de Wilcoxon
Inspir.	5	Augmentation de l'ampliation thoracique	5,5 +/-1,8	6+/- 0,9	**P=0,298**
		Diminution du périmètre abdominal expiratoire	71,2 +/-5,9	71,3 +/- 6,6	**P=0,9**
Expir.	25	Augmentation de l'ampliation abdominale	2,4 +/- 2,7	3 +/-2,9	**P=0,4**
		Diminution de l'ampliation thoracique	5,7+/1,9	5,7 +/-1,7	**P=0,72**
		Augmentation du périmètre abdominal inspiratoire	75,6 +/- 4,5	76,3 +/- 4,9	**P=0,12**

Pour l'ensemble des paramètres relevés, aucune différence statistique ni clinique ne peut être mise en exergue. Une tendance non significative à la modification des paramètres selon les objectifs visés est présente.

Les sujets ne sont globalement pas répondeurs à l'ensemble des objectifs visés. Dans le sous-groupe « diaphragme inspiratoire », un sujet répond à tous les objectifs visés. Dans le sous-groupe « diaphragme expiratoire », un seul sujet évolue également à la suite du traitement selon l'ensemble des objectifs attendus.

5.3. Modification de la Pression Inspiratoire Maximale.

Une évolution cliniquement significative est considérée à partir d'une augmentation d'au moins 5 mmHg entre les périodes pré et post traitement (tab. II).

Tableau II : Valeurs moyennes de la population totale avant et après traitement.

	Pré techniques Moyenne ± ET	Post techniques Moyenne ± ET	Gain moyen	IC 95	Test de Student
Pi max (groupe n=30)	**84 ± 25,8**	**94,6 ± 30,1**	**13% ± 12,4%** **Avec IC95 :** **[9% -17%]**	**Pré :** **[74,8 -93,2]** **Post :** **[83,8 -105,4]**	**p<0,01**

Pour le paramètre de Pi max, nous observons une modification entre les valeurs avant et après traitement qui est statistiquement et cliniquement significative (fig. 16).

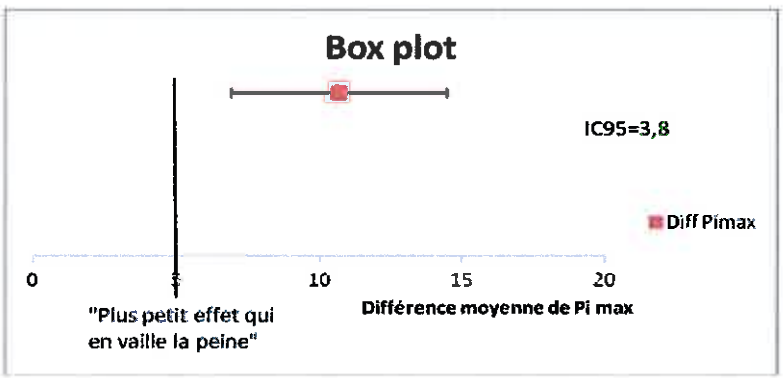


Fig. 16 : Effet cliniquement utile des techniques sur la Pi max.

Une différence physiologique existe pour ce paramètre entre les hommes et les femmes avec des valeurs moyennes supérieures chez les hommes par rapport aux femmes [42, 51].

Tableau III : Valeurs de Pi max des hommes et des femmes et comparatif.

Hommes= 9 Femmes= 21	*Valeurs avant traitement M±ET (mmHg)*	*Test de Mann-Whitney avant traitement*	*Valeurs après traitement M±ET (mmHg)*	*Test de Mann-Whitney après traitement*
HOMMES	111,8 ± 30,6	p<0,01	126,7 ± 35,7	p<0,01
FEMMES	72,1 ± 11,2		80,8 ± 13,8	

Dans notre étude, cette différence physiologique est présente et est statistiquement et cliniquement significative (tab. III).

La réponse au traitement du sous-groupe féminin a été comparée à celle du sous-groupe masculin. Nous avons utilisé la notion de gain permettant de supprimer la différence physiologique entre les hommes et les femmes (tab.IV).

Tableau IV : valeurs de gain de Pi max des hommes et des femmes suite au traitement.

	Hommes N=9	Femmes N=21	Test non appariés de Mann-Whitney
Gain moyen (M±SD) Intervalle de confiance	14,1% ± 13,4% IC95 : [5,4%-22,9%]	12,5% ± 12,5% IC95 : [7,1%-17,9%]	p=0,67

Aucune différence statistique (p>0,05) et clinique n'a été retrouvée. Les deux échantillons, bien que déséquilibrés, évoluent de la même manière après traitement (fig. 17).

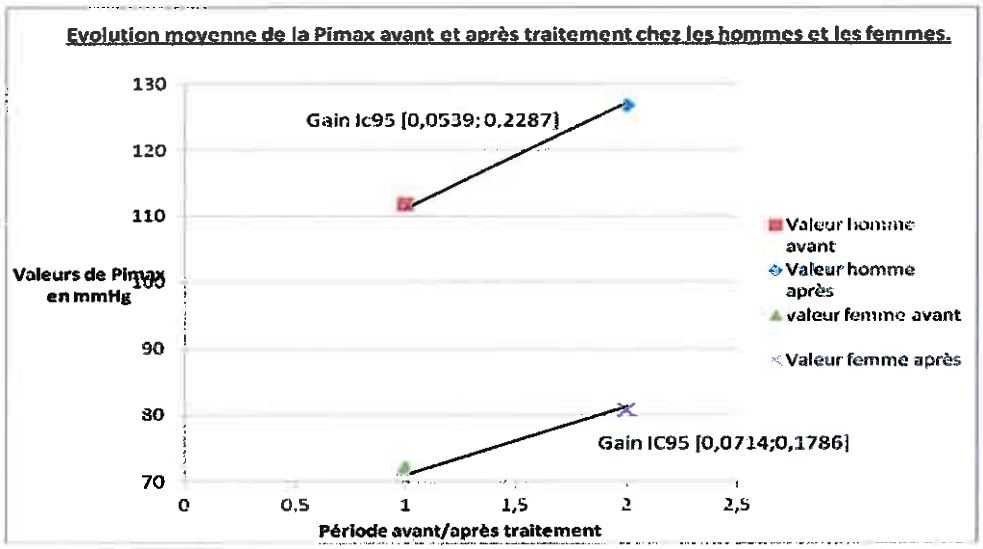


Fig. 17 : Evolution de la Pi max chez les hommes et les femmes.

6. DISCUSSION.

6.1. Approche de l'évolution des tests cliniques.

Ces tests n'ont pas fait preuve actuellement d'une sensibilité et d'une spécificité correctes, et nécessitent une expérience et une formation pratique à la méthode des chaînes physiologiques de Busquet, dont ils sont issus [5]. Un niveau d'accord médiocre en inter-juge a été retrouvé pour l'observation du type de respiration et un niveau d'accord moyen en inter-juge pour le test des pouces posés, le biais de cette étude étant la différence de formation entre les juges et l'utilisation de groupes peu importants [51].

Les tests, basés sur la méthode Busquet, sont dépendants les uns des autres afin de confirmer l'approche diagnostic. Dans notre étude, nous retrouvons volontiers une respiration thoracique associée à un test des pouces posés « expiratoire », et une respiration abdominale ou thoraco-abdominale avec une participation costale inférieure faible dans le cadre des tests des pouces posés « inspiratoires ». La dysfonction de tension n'est pas retrouvée systématiquement, et ainsi une dysfonction de hauteur n'est pas forcément corrélée à une dysfonction de tension. Ceci nous permet d'entrevoir le lien probable entre les deux éléments.

Une autre approche clinique aurait été intéressante à développer. Elle est décrite par

Busquet et consiste à observer le sujet et à effectuer des tests dynamiques, dans un souci de vision en chaîne [1]. L'aspect abdominal et thoracique est qualifié de reploiement ou de déploiement. Ce qualificatif permettra de définir le point de départ de la dysfonction, abdominal ou thoracique. Il est une association de signes cliniques et permet de suspecter la présence d'un diaphragme à tendance inspiratoire ou expiratoire (ANNEXES IV et V).

Un biais important de notre approche est l'utilisation d'un seul opérateur, effectuant les tests cliniques, les mesures quantitatives et le traitement. Il n'est pas à écarter le fait que l'opérateur puisse être influencé par ses connaissances acquises.

Egalement, des groupes plus importants et homogènes dans la répartition du type de dysfonction diaphragmatique auraient été nécessaires. La réponse au traitement des deux groupes aurait ainsi pu être comparée.

6.2. Approche des périmètres xiphoïdien et abdominal

Concernant les périmètres retrouvés avant et après traitement lors de la présence d'un diaphragme inspiratoire, un biais important est l'échantillon faible présent (5 sujets). Un seul sujet a répondu positivement à chaque critère énoncé comme cliniquement significatif. Dans le groupe expiratoire, un seul sujet a également répondu positivement à chaque objectif visé.

Nous remarquons cependant que l'évolution des paramètres, bien que non significative, va dans le sens des effets attendus.

L'intérêt résiderait dans l'évaluation de ces paramètres après plusieurs séances de traitement, permettant d'engager éventuellement une modification du type respiratoire, subsistant sur le long terme.

Egalement, les manœuvres démontrées par un nombre de répétitions défini et identique pour chaque sujet, ne sont pas adaptées à l'état de dysfonction de chacun et peuvent alors limiter la modification à ce niveau. La correction attendue peut être insuffisante.

La physiologie respiratoire nous démontre que la tendance à une respiration thoracique haute chez les femmes, et une tendance à la respiration thoracique basse, thoraco abdominale ou abdominale stricte chez les hommes est présente [52]. L'équilibre de ce facteur « sexe » est une amélioration possible de l'étude, les ampliations étant différentes entre les deux groupes.

Aussi, le contact du mètre-ruban pourrait forcer inconsciemment le sujet à adopter un type respiratoire différent de son type habituel par stimulation extéroceptive. La tension doit ainsi être minime pour limiter cette perturbation.

6.3. Approche de l'évolution de la Pression Inspiratoire Maximale.

Sur les quatre mesures effectuées avant puis après traitement, celles choisies sont fréquemment les 3ème et 4ème mesures, ce qui nous montre le temps d'apprentissage nécessaire sur les deux premières mesures, que nous soyons avant le traitement, tout comme après.

Les techniques appliquées permettent une amélioration de la fonction du muscle diaphragme en dysfonction et une utilisation plus importante de sa course.

Une tendance de gain plus important chez les hommes est présente, mais elle n'est pas assez importante pour être considérée comme significative. La technique obtient les mêmes effets chez les deux sexes.

Suite au traitement, huit sujets n'ont pas modifié leur valeur de Pression Inspiratoire maximale de manière cliniquement significative. Aucun élément présent en clinique et commun à chaque sujet n'a pu être mis en évidence. Aucune corrélation n'a pu être émise entre la réponse normale au test des pouces posés et la modification chiffrée, ces huit sujets normalisent le test post-traitement mais ne modifient pas la valeur de Pi max. Des hypothèses multifactorielles de non-évolution peuvent être envisagées telles que la présence d'une dysfonction vertébrale maintenant la dysfonction diaphragmatique, la présence d'un trouble fonctionnel viscéral qui n'a pas été testé, l'insuffisance du nombre des manœuvres pour ces huit sujets, les conditions d'examen (en postprandial pour deux sujets par exemple), ou encore la présence de valeurs importantes avant traitement, supérieures aux normes définies (7 sujets

sur 8, mais ce critère ne peut être retenu car d'autres sujets présentant des valeurs hautes au départ, ont modifié de manière significative leurs valeurs post-traitement). L'inclusion a pu être également hâtive avec un test tangent en faveur d'une dysfonction, celle-ci se révélant inexistante.

D'autres études ont utilisé le critère de Pi max pour justifier un gain impliquant l'amélioration de la fonction du diaphragme.

Les effets de l'étirement du diaphragme ont été abordés dans l'étude de Gonzalez-Alvarez et al. avec, dans le groupe expérimental une augmentation significative de la Pimax, de la pression expiratoire maximale, de la capacité vitale forcée et du Volume Expiré Maximal Seconde (VEMS) [43]. La technique de stretching était maintenue entre 5 et 7 minutes. L'évaluation post-traitement était effectuée à 5 minutes et à 20 minutes, sans variation entre ces deux sessions, permettant d'entrevoir un maintien sur un temps plus ou moins long. Aucune préparation préalable des tissus mous superficiels n'a été effectuée. Le diaphragme étant profond, son accès est limité si des tensions superficielles sont présentes, et ainsi cette manœuvre n'est pas applicable en premier lieu, sous peine d'inefficacité et d'algies pour le sujet. De plus, cette manœuvre, maintenue sur un temps important tout en stimulant la prise plus importante de volumes, est fatigante pour le sujet. Les résultats obtenus sont identiques aux nôtres.

L'étude de Moreno et al., quant à elle, a utilisé la méthode de Reprogrammation Posturale Globale de Souchard et Ollier, basée sur un traitement global de mise en allongement progressif d'une chaîne musculaire considérée. Le programme s'est déroulé sur 8 semaines, avec deux séances par semaine et des résultats significatifs [47]. Ce programme est long et non spécifique du diaphragme ou d'une dysfonction à proprement parler mais a le mérite de prendre en compte la notion de chaînes et de travail global.

L'approche diaphragmatique se conçoit ainsi sous différents concepts, ayant chacun leurs spécificités et leurs points faibles.

6.4. Perspectives cliniques.

L'application dans le domaine pathologique, lors de pathologies respiratoires restrictives à type de brides pleurales, adhérences des culs-de-sacs pleuraux par exemple, ou des rachialgies, avec une action posturale du diaphragme [24], et de la performance sportive et individuelle (y compris le réentraînement à l'effort) reste une priorité. Les champs d'action de ces techniques restent à définir dans une notion *d'Evidence Based Practice* [53].

Ces champs font intervenir les différents domaines dans lesquels le diaphragme est impliqué : approche viscérale, approche posturale, approche respiratoire. La vision en chaînes dans le traitement de ce muscle est également justifiée, par sa situation anatomique, et son utilisation suivant différents concepts reste à évaluer.

7. CONCLUSION.

Notre étude s'est intéressée à l'évaluation quantitative et qualitative des effets d'un traitement manuel du diaphragme en dysfonction mécanique, associant différentes techniques choisies.

Une évolution positive et significative à court terme de la Pi max a été retrouvée après le traitement, nous permettant d'admettre une action sur la modification de la course musculaire et sur l'efficacité de la contraction.

L'évolution des périmètres, représentant la mobilité des éléments thoraciques et abdominaux, n'a pas été suffisante pour signifier une modification du type respiratoire après une séance.

Il semblerait intéressant d'évaluer ces techniques sur un échantillon plus homogène et plus important, en réévaluant d'une part les effets à long terme, et d'autre part les effets de plusieurs séances de traitement. Il serait intéressant d'étudier ces problématiques dans un travail ultérieur afin d'ouvrir la réflexion à l'utilisation en clinique.

BIBLIOGRAPHIE.

[1] BUSQUET L. Les chaînes musculaires. Tome 2. Lordoses-Cyphoses-Scolioses et Déformations thoraciques, Paris: Frison-Roche, 08/2008 4e éd.: 198 p.

[2] BIENFAIT M. Fascias et pompages, Paris: Edition médicale Le Pousoé. 1995.

[3] PAOLETTI S. Les fascias: rôle des tissus dans la mécanique humaine, Vannes: Editions Sully. 2011.

[4] BUSQUET-VANDERHEYDEN M. Les chaînes physiologiques. Tome 6. La chaîne viscérale- Abdomen- Pelvis- Description et traitement, Paris: Frison-Roche, 11/2010 2e ed.: 193 p.

[5] BUSQUET L., PIONNIER B., BUSQUET-VANDERHEYDEN M., édition du 25 mai 2009 [cahier de pratique de la formation à la méthode Busquet, 2010]

[6] HAYOT M. Les muscles respiratoires sont-ils des muscles squelettiques comme les autres, *Rev Mal Respir* 2005; 22: 2S29-2S36

[7] DELMAS A., ROUVIERE H. Anatomie humaine: descriptive, topographique et fonctionnelle: tome 2: Tronc, Paris: Masson, 1981 11e éd.: 679 p. ISBN 2-225-37521-6

[8] DUFOUR M. Anatomie de l'appareil locomoteur: Tête et Tronc, Tome 3, Issy-les-Moulineaux: Elsevier-Masson, 2009. 369 p. ISBN 9782294710483

[9] SOUCHARD P-E Le diaphragme, essai. Paris: Maloine, 1980. 75 p. ISBN 2-224-00633-0

[10] PINET C. Structure, action et recrutement à l'exercice des muscles respiratoires, *Rev Mal Respir* 2005; 22: 2S9-2S18

[11] CASSART M., ESTENNE M. Les muscles respiratoires dans l'emphysème: effets de la distension thoracique, *Rev Mal Respir*, 2000, 17, 449-457

[12] DUNCAN M., BLAIR M.B. A study of the central tendon of the diaphragm, *J. Anat* 1923; 57(Pt 3): 203-215

[13] DUFOUR M. Anatomie des organes et viscères: tête, cou et tronc, Issy-les-Moulineaux: Elsevier-Masson, 2013 1e éd.: 248 p. ISBN 978-2-294-71422-1

[14] NASON L.K. et al. Imaging of the Diaphragm: Anatomy and Function, *Radiographics* 2012; 32: E51-E70

[15] DALLEY F., MOORE KL. Clinically Oriented Anatomy, 6e éd., Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2010: 1134 p. ISBN 0781775256

[16] WESTERDAHL E., LINDMARK B., ERIKSSON T., HENDENSTIERNA G., TENLING A. The immediate effects of deep breathing exercices on atelectasis and oxygenation after cardiac surgery, 2003, *Scand Cardiovasc* 37: 6, 363-367

[17] KAPANDJI A.I. Anatomie fonctionnelle: tête et rachis, Paris: Maloine 2007 6e éd.: 328 p. ISBN 978-2-224-02649-3

[18] HODGES P.W., HEIJNEN I., GANDEVIA S.C. Postural activity of the diaphragm is reduced in humans when respiratory demand increases, *Journal of Physiology* 2001, 537.3, pp. 999-1008

[19] VOSTATEK P., NOVAK D., RYCHNOVSKY T., RYCHNOVSKA S. Diaphragm Postural Function Analysis Using Magnetic Resonan Imaging, *PloS ONE* 8(3) 2013: e56724, doi: 10.1371/journal.pone.0056724

[20] DUFOUR M., PILLU M. Biomécanique fonctionnelle: Membres, tête, tronc. 1e éd., Issy-les-Moulineaux : Elsevier-Masson, 2006 : 568 p. ISBN 2294088778

[21] HODGES P.W., BUTLER J.E., MCKENZIE D.K., GANDEVIA S.C. Contraction of the human diaphragm during rapid postural adjustments, *Journal of Physiology* 1997, 505.2, pp.539-548

[22] CLELAND J., KOPPENHAVER S. Examen clinique de l'appareil locomoteur: tests, évaluation et niveaux de preuve, Issy-les-Moulineaux: Elsevier-Masson, 2012 2e éd.: 510 p. ISBN 978-2-294-71427-6

[23] CHATRENET Y. Lombalgies: l'indispensable réharmonisation du complexe musculaire, *Kinesither Rev* 2011; (109-110): 29-31

[24] KOLAR P, SULC J, KYNCL M. et al. Postural Function of the Diaphragm in Persons with and without chronic low back pain, J Orthop Sports Phys Ther, April 2012, 42 (4): 352-362

[25] COIRAULT C., LAMBERT F., PUNNY JC., LECARPENTIER Y. Velocity of actomyosine slinding in vitro is reduced in dystrophic mouse diaphragm, Am J Respi Crit Care Med 2002; 165: 250-3

[26] COMETTI G. Les méthodes modernes de musculation 1, données théoriques, Université de Bourgogne, 351 pages

[27] DA SILVA RCV et coll. Increase of lower esophageal sphincter pressure after osteopathic intervention on the diaphragm in patients with gastroesophageal reflux, *Diseases of the Esophagus* (2013) 26, 451-456

[28] SLAIBY R., LATTOUF N. La correction de la translation antérieure de la tête par le traitement myofascial du diaphragme et des fléchisseurs superficiels du cou. 2011. Mémoire de physiothérapie, Université Saint-Joseph de Beyrouth, Liban

[29] WIRTH B. et al. Respiratory dysfunction in patients with chronic neck pain- Influence of thoracic spine and chest mobility, *Manual Therapy* 19 (2014) 440-444

[30] ABI ZEID DAOU R., ABDELNOUR LATTOUF N. Evaluation des effets de thérapie manuelle des tissus mous chez des femmes présentant des douleurs lombaires suite à une anesthésie péridurale obstétricale: étude contrôlée randomisée, *Kinesither Rev* 2012; 12:52-59

[31] COURTNEY R. The functions of breathing and its dysfunctions and their relationship to breathing therapy, *International Journal of Osteopathic Medicine* 12 (2009) 78-85

[32] PAULIN E. et al. Influence of diaphragmatic mobility on exercise tolerance and dyspnea in patients with COPD, *Respiratory Medicine* (2007) 101, 2113-2118

[33] WELLINGTON P. et al. Diaphragmatic breathing training program improves abdominal motion during natural breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial. Arch Phys Med Rehabil 2012; 93: 571-7

[34] AUBIN A., GAGNON K., MORIN C. The seven-step palpation method: a proposal to improve palpation skills, *International Journal of Osteopathic Medicine* (2014) 17, 66-72

[35] MUSCOLINO J.E. Manuel de palpation osseuse et musculaire: points gâchettes, zones de projection et étirements. Paris: Elsevier-Masson, 2009. 523 p. ISBN 978-2-8101-0155-9

[36] CITTONE JM. Méthode Mézières, Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation, 26-085-A-10, 1999, 7 p.

[37] STEIN C. Influence de la position du patient sur la valeur de l'ampliation thoracique. 2010. 27 p., Mémoire de Kinésithérapie, IFMK Nancy.

[38] GOUILLY P., REGGIORI B., GNOS P.L., SCHUH O., MULLER K., DOMINGUEZ A. A propos de la mesure de l'ampliation thoracique, *Kinesither Rev* 2009; (88): 49-55

[39] KONNO K., MEAD J. Measurement of the separate volume changes of rib cage and abdomen during breathing, *J. Appl. Physiol.* (1967) 22(3): 407-422

[40] MOUREY F., PFITZENMEYER P., DEPERNET H. Intérêt d'une évaluation simple de la mobilité thoraco-abdominale chez le sujet âgé, *Ann. Kinésithér.*, 1994, t. 21, n°4, pp.177-181

[41] FITTING J-W. Techniques d'évaluation de la force des muscles respiratoires, *Kinesither Rev* 2009; (94): 23-28

[42] KELLENS I., CRIELAARD J-M., DEMAREST B. Evaluation de la force des muscles respiratoires chez le sujet sain, *Kinesither Rev* 2010; (101): 28-35

[43] GONZALEZ-ALVAREZ F.J., VALENZA M.C., CABRERA-MARTOS I., TORRES-SANCHEZ I., VALENZA-DEMET G. Effects of a diaphragm stretching technique on pulmonary function in healthy participants: A randomized-controlled trial, *International Journal of Osteopathic Medicine* (2014), doi: 10.1016/j.ijosm.2014.08.001

[44] BARETTE G, DUFOUR X, CERIOLI A. Place des techniques de « strain-counterstrain » dans l'arsenal du thérapeute manuel en pratique quotidienne. EMC- Kinésithérapie- Médecine physique- Réadaptation 2012 ; 8(4) : 1-13

[45] WARDAVOIR H. Thérapies manuelles réflexes, EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Kinésithérapie- Médecine physique- Réadaptation, 26-130-A-10, 2011

[46] TOZZI P., BONGIORNO D., VITTURINI C. Fascial release effects on patients with non-specific cervical or lumbar pain, *Journal of Bodywork and Movement Therapies* (2010), 1-12

[47] MORENO M.A., CATAI A.M., TEODORI R.M., BORGES B.L., CESAR MDE.C., SILVA E. Effect of a muscle stretching program using Global Postural Reeducation method on respiratory muscle strength and thoracoabdominal mobility of sedentary young males. *J Bras Pneumol* 2007; 33 (6): 679-86

[48] HENLEY CE, IVINS D, MILLS M, WEN FK, BENJAMIN BA. Osteopathic manipulative treatment and its relationship to automatic nervous system activity as demonstrated by heart rate variability: a repeated measures study, Osteopath Med Prim Care 2008; 2(7): 1-8

[49] HENEGHAN N.R., ADABE P., BALANOS G.M., JORDAN R.E. Manual therapy for chronic obstructive airways disease: a systematic review of current evidence, *Manual Therapy* 2012, 17, 507-518

[50] NOLL DR, JOHNSON JC, BAER RW, SNIDER EJ. The immediate effect of individual manipulation techniques on pulmonary function measures in persons with COPD, Osteopath Med Prim Care 2009; 3(9): 1-12

[51] BOSSI MR. Importance et fiabilité de l'évaluation masso-kinésithérapique du diaphragme et des quadrants abdominaux, Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etat de Masseur-Kinésithérapeute, 2014, IFMK Dijon.

[52] REYCHLER G., ROESELER J., DELGUSTE P. Kinésithérapie respiratoire, 3e éd., Issy-les-Moulineaux : Elsevier-Masson, 2014 : 397 p.

[53] REGNAUX J.P., GUAY V., MARSAL C. *Evidence based pratice* ou la pratique basée sur les preuves en rééducation, *Kinesither Rev* 2009; (94): 55-

[54] REGGIORI B. Pressions inspiratoires maximales : mesures et corrélations, Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etat en Masso-Kinésithérapie, 2004, IFMK Nancy

ANNNEXES

ANNEXE I : Vision anatomique du diaphragme.

ANNEXE II : Fiche d'examen clinique.

ANNEXE III : Tests et déroulement de l'examen clinique.

ANNEXE IV : Morphotypes d'une dysfonction d'origine abdominale.

ANNEXE V : Morphotypes d'une dysfonction à point de départ thoracique.

ANNEXE VI : Les chaînes selon Busquet.

ANNEXE VII : Outils de mesure.

ANNEXE VIII : Tableur et données de l'échantillon.

ANNEXE I : Vision anatomique du diaphragme.

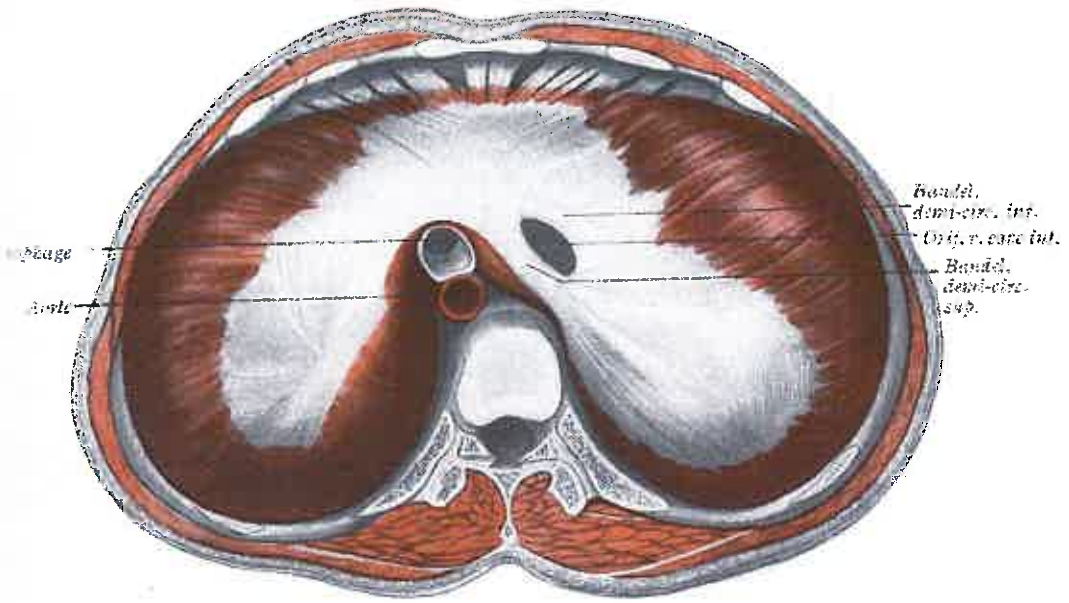


Fig. 87. — *Diaphragme, face supérieure (d'après Bourgery).*

Fig. 18 : Diaphragme, vue supérieure (d'après Rouvière et Delmas).

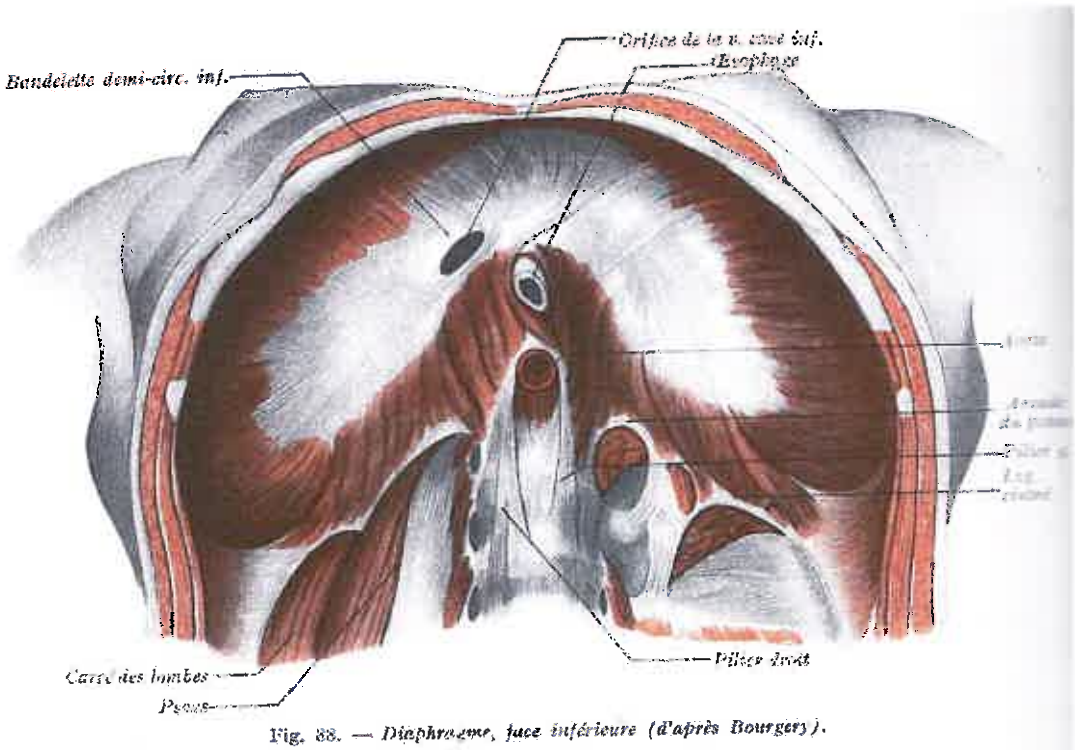


Fig. 88. — *Diaphragme, face inférieure (d'après Bourgery).*

Fig. 19 : Diaphragme, vue inférieure (d'après Rouvière et Delmas)

Fig. 1. Arrangement of fibres in central tendon, as seen on the under surface.

Fig. 20 : Vue spécifique inférieure du centre phrénique (d'après Duncan et Blair)

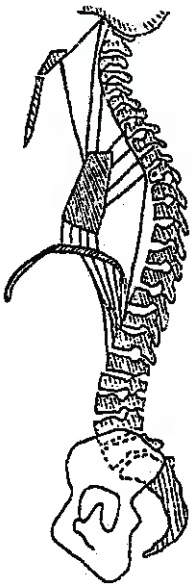


Figure 31

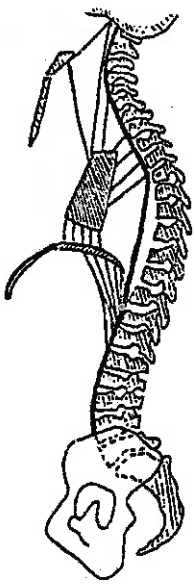


Figure 32

Fig. 21 : Les liens fasciaux du diaphragme selon Bienfait [2].

ANNEXE II : Fiche d'examen clinique.

Examen clinique initial d'inclusion des sujets N° :

NOM: **Prénom:** **Age:** **Promotion:**
Téléphone/Mail:

Morphotype
Poids: **Taille:** **Sexe:** **IMC:**
Pratique sportive:
Antécédents pathologiques et pathologies chroniques:

Respiratoires: **Viscérales:** **Déformations rachidiennes:**

Patient fumeur: **Cigarettes/jour:** **Paquets/année:**

Gênes ou douleurs décrites:

TTT médicamenteux :

Bilan dynamique de la respiration:

Type: **Mouvements côtes inférieures à l'inspi/expi:**

Ample/restreint:

Evaluation du couple diaphragme abdominaux:

Test dit des pouces posés: **Mobilité des coupoles (symétrique ou asymétrique):**

Aspect Abdominal en charge:

Tension abdominale:

Aspect cage thoracique:
Aspect charnière thoraco lombaire T9-L2:
Conclusion: Diaphragme ☐ INSPI ☐ EXPIR

Sujet inclus: ☐ OUI ☐ NON

	1e mesure xiphoïdienne	2e mesure xiphoïdienne
Périmètre xiphoïdien inspi (cm)		
Périmètre xiphoïdien expi (cm)		

Différence xiphoïdienne (cm)				
	1ère mesure	**2e mesure**	**3e mesure**	**4e mesure**
Pi max (mmHg)				

	1e mesure ombilicale	**2e mesure ombilicale**
Périmètre abdominal insp (cm)		
Périmètre abdominal exp (cm)		
Différence (cm)		

APRES TRAITEMENT

Bilan dynamique de la respiration:

Type: **Mouvements côtes inférieures à l'inspi/expi:**

Ample/Restreint:

Evaluation du couple diaphragme abdominaux:

Test des pouces posés: **Mobilité des coupoles (symétrique ou asymétrique):**

Aspect Abdominal:

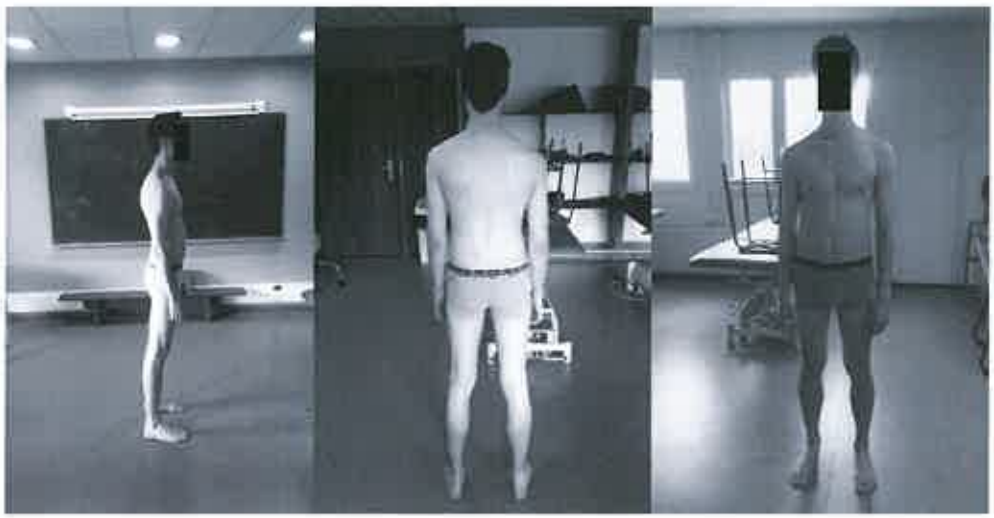
Tension abdominale:

	1e mesure xiphoïdienne	**2e mesure xiphoïdienne**
Périmètre xiphoïdien inspi (cm)		
Périmètre xiphoïdien expi (cm)		
Différence xiphoïdienne (cm)		

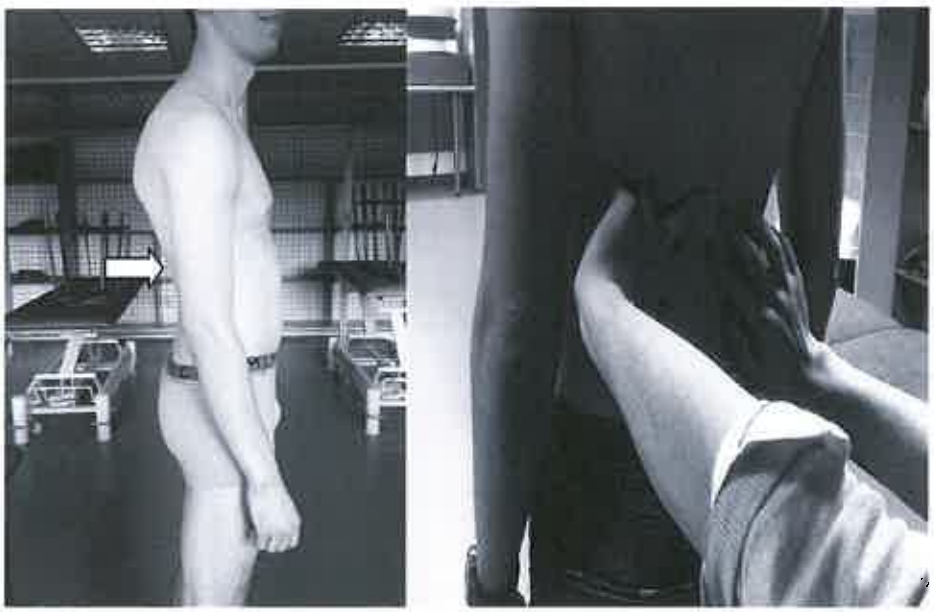
	1ère mesure	**2e mesure**	**3e mesure**	**4e mesure**
Pi max (mmHg)				

	1e mesure ombilicale	**2e mesure ombilicale**
Périmètre abdominal insp (cm)		
Périmètre abdominal exp (cm)		
Différence (cm)		

<u>ANNEXE III</u>: Tests et déroulement de l'examen clinique (complément de ceux décrits précédemment).



<u>Fig. 22 :</u> Observation du sujet dans les différents plans : aspect abdominal et aspect thoracique, les tests sont uniquement statiques, sans test des chaînes dynamiques.



<u>Fig. 23</u> : Aspect de la charnière dorso-lombaire : lordose diaphragmatique dans le cadre d'une dysfonction, comme ici, confirmée par la palpation.

<u>Fig. 24</u> : Vérification du mouvement costal inférieur.

ANNEXE IV : Morphotypes d'une dysfonction d'origine abdominale [1].

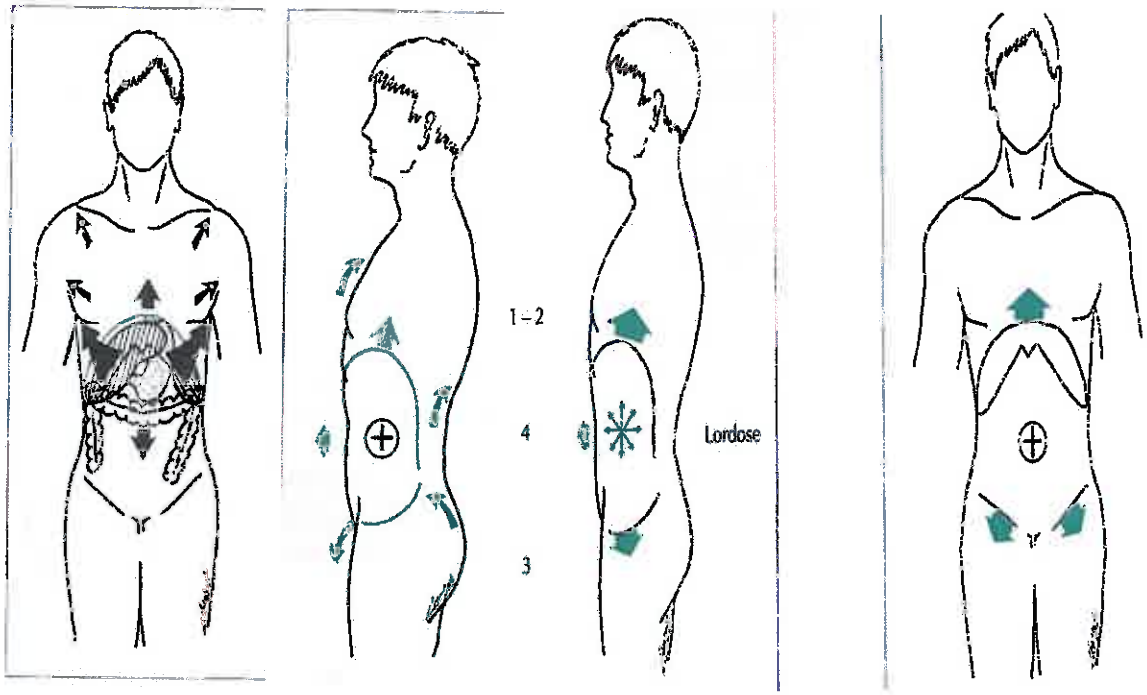
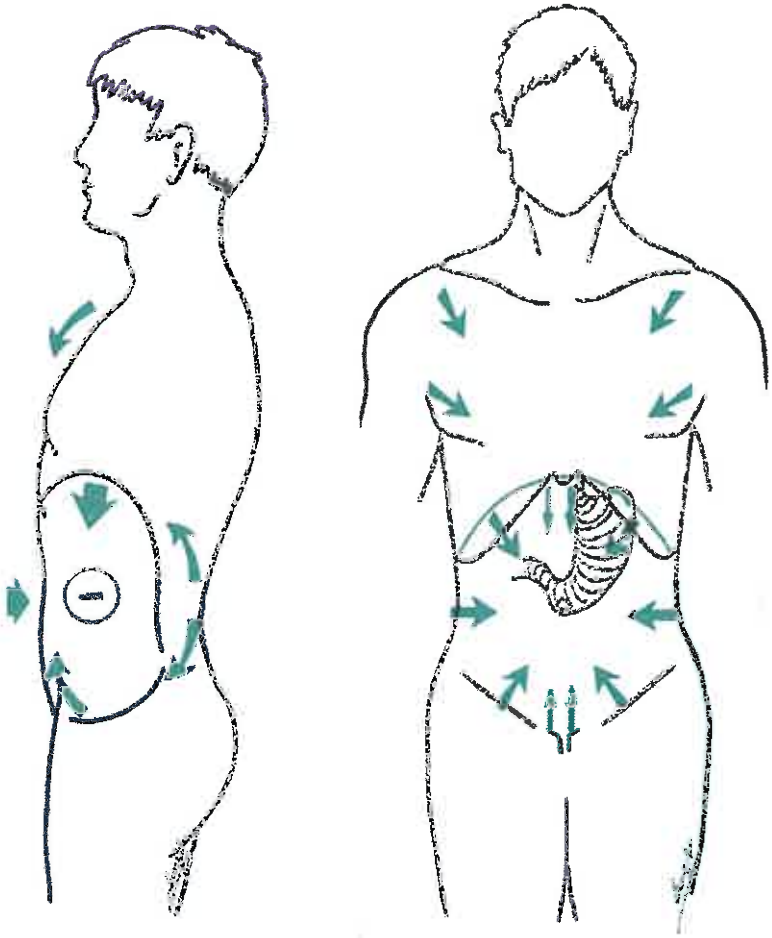


Fig. 25 : Sujet présentant un déploiement abdominal et modifications associées selon Busquet.

Le sujet se présente en ouverture abdominale. L'objectif est d'augmenter le volume de la cavité abdominale. Nous retrouvons une sangle abdominale hypotonique, associée à une hyperlordose lombaire avec antéversion du bassin et ouverture iliaque. Le diaphragme est en dysfonction haute associé à un thorax en position inspiratoire (élévation). Les conséquences sont une valorisation statique des chaînes droites postérieures et éventuellement des chaînes croisées postérieures. Cette attitude est présente en cas de congestion viscérale.



<u>Fig. 26 :</u> Sujet présentant un reploiement abdominal selon Busquet.

Le sujet se présente en fermeture abdominale. La finalité visée est la diminution du volume de la cavité abdominale. La sangle abdominale est hypertonique, associée à une inversion lombaire avec rétroversion du bassin et fermeture iliaque. Le diaphragme est en dysfonction basse associée à un thorax expiratoire (abaissement). Cet aspect est retrouvé dans le cadre de pathologies fonctionnelles de type spasmes viscéraux (gastrite, colites…), d'hypotension, de fibroses hépatiques ou encore de ptoses (estomac, foie…) selon Busquet. Dans ce cas, les chaînes d'enroulement et de fermeture sont valorisées.

ANNEXE V : Morphotypes d'une dysfonction à point de départ thoracique [1].

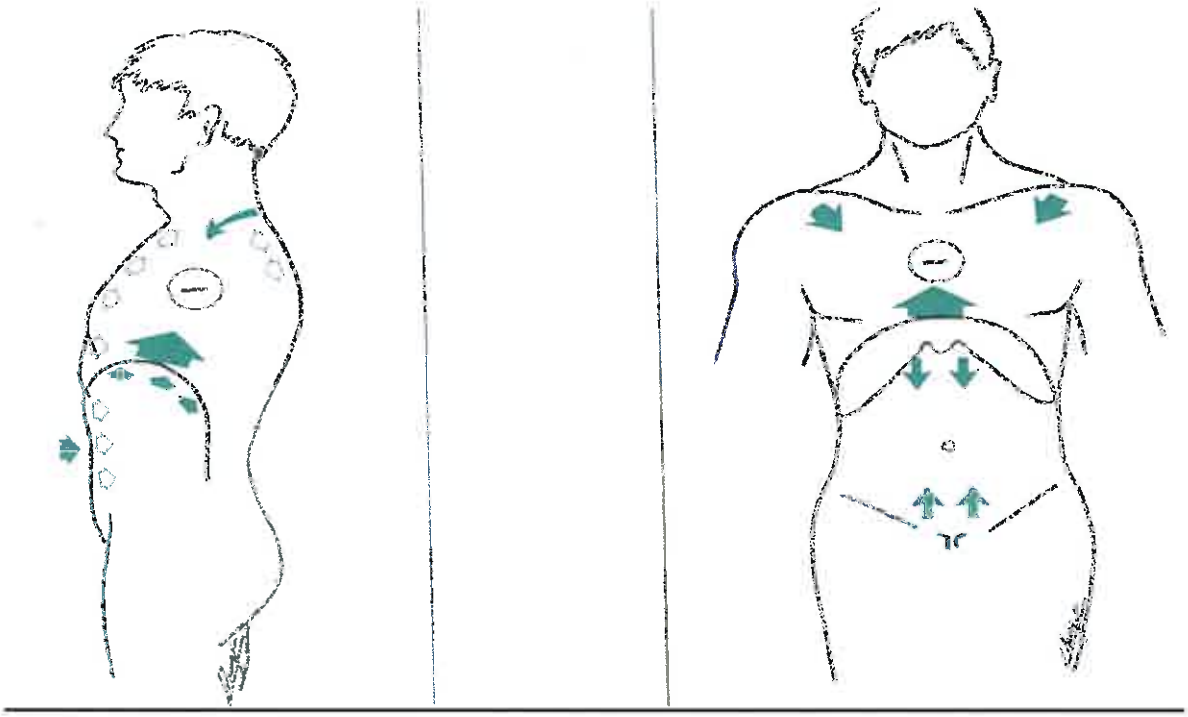
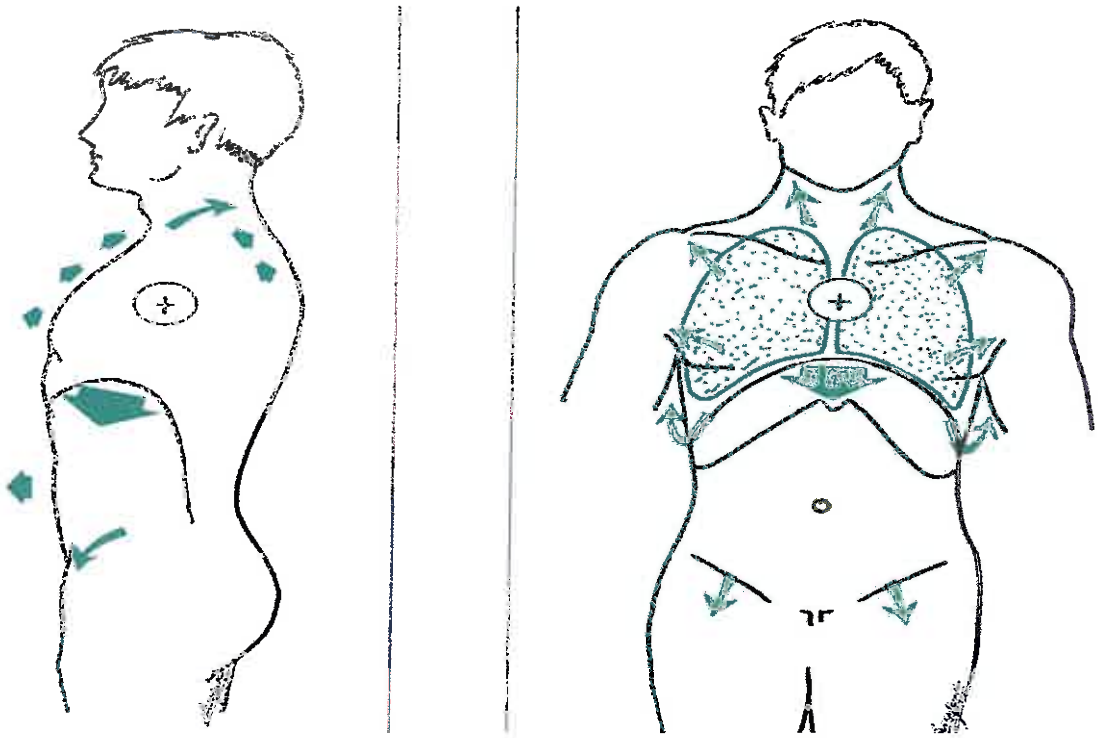


Fig. 27 : Le sujet présente un reploiement thoracique selon Busquet.

Le sujet se présente en fermeture thoracique. L'objectif visé est la diminution du volume de la cage thoracique. Ce morphotype se décrit en pathologie dans le cadre d'une baisse des pressions intra-thoraciques (pneumothorax, atélectasie), d'une sensibilité du parenchyme pulmonaire (pleurésie, asthme, tuberculose, cancer) ou encore par des cicatrices et des adhérences. Le thorax s'abaisse en position d'expiration avec l'association d'une hypercyphose dorsale. Le diaphragme se place en dysfonction haute. La sangle abdominale est hypertonique. Les chaînes d'enroulement et de fermeture au niveau thoracique sont valorisées.



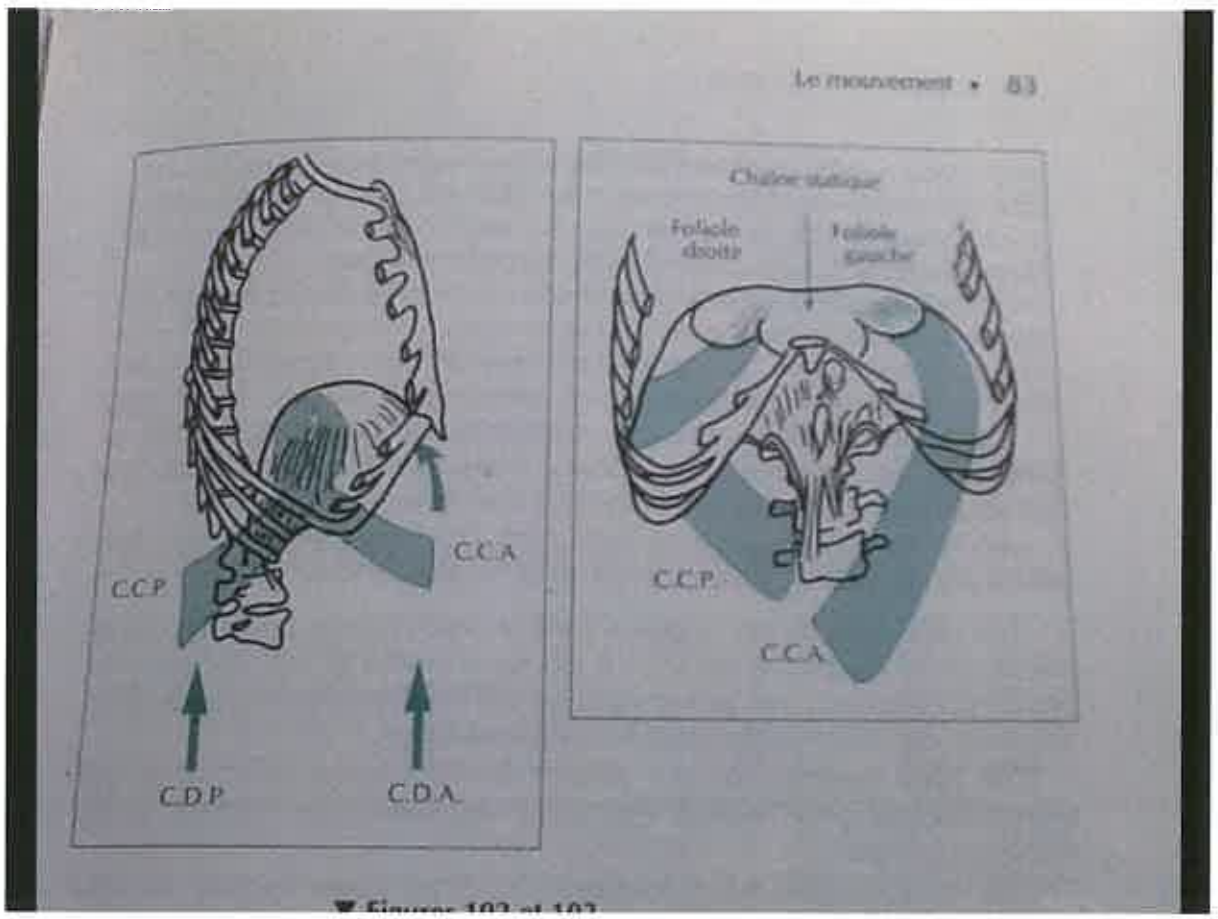
<u>Fig. 28 :</u> Le sujet présente un déploiement thoracique.

Le sujet se présente en ouverture thoracique. L'objectif visé est l'augmentation du volume de la cage thoracique. Nous retrouvons ces éléments en pathologie dans le cadre d'emphysème, d'hypertrophie cardiaque ou encore d'œdème pulmonaire. Le thorax se place en position d'inspiration en partie supérieure et la cyphose dorsale s'efface. Le diaphragme se place en dysfonction basse. Les abdominaux sont hypotoniques. Nous retrouvons une valorisation des chaînes de redressement et d'ouverture au niveau thoracique.

<u>ANNEXE VI</u> : Les chaînes selon Busquet.

<u>Fig. 29 :</u> Les chaînes selon Busquet.

<u>De gauche à droite</u> : chaînes statiques postérieures, chaînes droites antérieures, chaînes droites postérieures, chaînes croisées postérieures, chaînes croisées antérieures, chaîne neuro vasculaire, chaîne viscérale.



<u>Fig. 30</u> : Le diaphragme boucle toutes les chaînes [1].

ANNEXE VII : Outils de mesure.

Fig. 29 : Appareil de mesure de type RPM avec son filtre, ne modifiant pas les mesures comme précisé par Reggiori [54], ainsi que le mètre ruban.

<u>ANNEXE VIII</u> : Tableur et données de l'échantillon.

Sujet	sexe	âge	Fum	sport	Res1	Dia1	Tépig	thor	Plavt	valchoi	xlinspav	xlexpav	Rep	abinsav	abexav	Rep	Plap	Valchoi	xlinap	xlexap	Rep	abinsap	abexap	Rep	Res2	Dia2	Amxlav	Amxlap	Amabav	Amabap	Diffpi	Galpi
1	1	22	1	1	2	2	2	1	59	4	76	65	71	70	67	68	70	3	76	68	70	72	68	69	3	0	11	8	3	4	11	0,1864
2	1	20	1	1	3	2	1	1	82	3	73	68	71	75	72	74	100	4	74	69	72	76	72	74	3	0	5	5	3	4	18	0,2195
3	0	24	1	2	2	2	2	1	178	1	95	89	91	76	74	75	215	3	96	90	92	78	75	76	3	2	6	6	2	3	37	0,2079
4	1	19	1	1	2	2	1	0	96	3	77	74	75	73	75	74	112	4	78	75	76	73	75	75	3	0	3	3	-2	-2	16	0,1667
5	1	19	1	2	2	2	1	0	90	2	85	79	81	76	73	75	96	4	86	80	82	77	75	76	2	0	6	6	3	2	6	0,0667
6	1	20	1	2	2	2	1	1	69	1	74	71,5	72,5	72	68	70	105	4	75	71	72	70,5	66	68	3	0	2,5	4	4	4,5	36	0,5217
7	1	19	1	2	3	1	2	0	67	4	80	77	78	75	70	72	65	3	81	76	78	74,5	70	72	3	0	3	5	5	4,5	2	-0,03
8	1	30	1	0	2	2	1	0	73	3	71	66	68	68	63	66	68	4	72	67	69,5	71	67	69	3	0	5	5	5	4	-5	-0,068
9	1	20	1	2	2	2	0	1	59	3	78	73	76,5	73	71	72	70	4	78	73	75,5	74	71,5	73	3	2	5	5	2	2,5	10	0,1864
10	0	20	1	0	2	2	1	1	118	4	87	81	84,5	77	72	74,5	122	4	86	80	84	76	70,5	71	3	0	6	6	5	5,5	4	0,0339
11	0	19	1	2	2	2	2	0	82	4	90,5	83	85	81,5	76,5	80	88	3	90,5	83	86	83	77,5	81	3	0	7,5	7,5	5	5,5	6	0,0732
12	1	18	0	1	2	2	1	1	74	3	79	73,5	76,5	73	68	71	71	2	79	73	76	73,5	69	71	3	0	5,5	6	5	4,5	-3	-0,041
13	0	20	1	0	2	2	2	0	106	4	81	74,5	77,5	73	69	71	117	3	81	74	77	74,5	68,5	71	3	0	6,5	7	4	6	11	0,1038
14	1	19	1	1	2	2	1	1	69	3	73,5	70	72	73	71	72	80	3	73,5	70	72	71	68,5	70	3	0	3,5	3,5	2	2,5	11	0,1594
15	1	21	1	0	3	1	1	1	60	1	78,5	73,5	75,5	77,5	72	76	66	1	79	73,5	76	77	70,5	74	3	0	5	5,5	5,5	6,5	6	0,1
16	1	20	1	0	2	2	1	1	63	4	79	74	78	73	67,5	70	72	4	80	75	78	76	71	74	3	0	5	5	5,5	5	9	0,1429
17	1	24	1	1	2	2	1	1	65	4	78,5	73	76	77	73	75,5	75	1	79	74	76	79	74	77	3	0	5,5	5	4	5	10	0,1538
18	1	19	1	2	2	2	1	0	80	2	80	76	78	76,5	77,5	76,5	93	4	80,5	77	79,5	75	77	78,5	2	0	4	3,5	-1	-2	13	0,1625
19	1	23	1	1	3	1	1	1	69	2	80	75	79	81,5	79,5	80,5	71	1	80	74,5	79	84	82	83	3	0	5	5,5	2	2	2	0,029
20	1	20	1	1	2	2	1	1	56	1	86	79	83	84,5	82	84	68	3	86	79	83	87	84,5	87	3	0	7	7	2,5	2,5	12	0,2143
21	0	20	1	1	2	2	2	0	132	1	91,5	84,5	86	77	80	77	134	3	93	85,5	87,5	81	79	79	3	0	7	7,5	-3	2	2	0,0152
22	0	21	1	2	2	2	1	1	123	1	92,5	86	89	84	86	86	119	1	93	87	89	86	85	86	2	0	6,5	6	-2	1	-4	-0,033
23	1	21	1	2	2	1	1	0	89	4	81,5	74	78	75	71,5	74	90	4	81,5	74,5	78,5	75	70	73	2	0	7,5	7	3,5	5	1	0,0112
24	1	19	1	1	1	1	1	0	81	3	73	66	69,5	68	63	66,5	86	3	73,5	66,5	69	70	64	66	3	0	7	7	5	6	5	0,0617
25	1	19	1	1	3	2	1	1	77	1	68	63	66	69	67	67	84	4	69	63	65	70	68	69	3	0	5	6	2	2	7	0,0909
26	0	20	0	1	2	2	1	0	93	4	91	83	85	77	75	77	123	4	91	82	84	80	76	79	2	0	8	9	2	4	30	0,3226
27	1	18	1	0	2	2	1	1	61	4	72,5	69	70	72	70	71	73	3	74	71	72	71	69	71	2	2	3,5	3	2	2	12	0,1967
28	0	29	1	1	2	2	1	0	84	4	90,5	82	86	82	75	80	102	4	91	83	87	83	74	79	2	2	8,5	8	7	9	18	0,2143
29	0	25	1	2	2	2	1	0	90	3	87	81	85	75	78	77	120	4	87	80	85	72	77	77	3	0	6	7	-3	-5	30	0,3333
30	1	21	1	2	2	2	1	1	75	4	78	75	77	83	80	81	82	2	79	75	78	78	74	75	2	2	3	4	3	4	7	0,0933
Moyenne		21	0,83	1,167	2,13	1,83	1,167	0,67	84		80,9167	75,2833	78	75,5833	72,883	74,5	94,6		81,42	75,65	78,3	78,2667	72,95	74,8	2,733	0,33	5,8333	5,76667	2,7	3,316667	10,7	0,13
Mediane		20	1	1	2	2	1	1	78,5		79,5	74,25	77,8	76	72	74,3	87		80	74,75	78	75,5	71,75	74	3	0	5,5	5	3	4	9,5	0,123
ET		2,8	0,25	0,734	0,43	0,37	0,463	0,5	25,8		7,04519	6,41571	6,36	4,41981	5,3636	4,9	30,1		8,933	6,2672	6,8	4,74646	5,15	5,1	0,442	0,75	1,8481	1,52607	2,570992	2,727891	10,6	0,124
Min	0	18	0	0	1	1	0	0	56		68	63	66	68	63	66	65		69	63	65	70	64	66	2	0	2,5	3	-3	-5	-5	-0,07
Max	1	30	1	2	3	2	2	1	178		95	89	91	84,5	86	86	215		96	90	92	87	85	87	3	2	11	9	7	9	37	0,522

Légende :

Sujet : de 1 à 30

Sexe : 1 féminin, 0 masculin

Fumeur : 0 *Non fumeur :* 1

Sport : 2 fois par semaine ou plus : 2

Occasionnel ou moins de deux fois par semaine : 1

Jamais : 0

Resp1 : type respiratoire avant traitement : Respiration paradoxale : 0

Respiration abdominale : 1

Respiration thoracique : 2

Respiration thoraco-abdominale : 3

Dia1 : *type de diaphragme avant traitement :* Diaphragme normal : 0

Diaphragme inspiratoire : 1

Diaphragme expiratoire : 2

Tépig : *Tension épigastrique :* Hypertension : 2

Normotension : 1

Hypotension : 0

Thor : Aspect thoracique : Expiratoire : 0

Inspiratoire : 1

Valchoi : Valeur choisie de Pi max entre les quatre mesures effectuées.

Xiinspav : Périmètre xiphoïdien inspiratoire avant traitement

Xiexav : Périmètre xiphoïdien expiratoire avant traitement.

Rep : périmètre lors d'une respiration à volume courant.

Abinspav : périmètre abdominal inspiratoire avant traitement

Abexpav : périmètre abdominal expiratoire avant traitement

Piavt : Valeur choisie de Pi max avant traitement.

Amxiav : Ampliation xiphoïdienne avant traitement

Amabav : Ampliation abdominale avant traitement

DiffPi : Différence de Pi max entre la valeur avant traitement et celle après traitement

GainPi : Gain de Pi max retrouvé après traitement