

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

**Les muscles transverses de l'abdomen : éléments
essentiels de la sangle abdominale ?
Proposition de renforcement**



Mémoire présenté par Amandine COLLIN
étudiante en 3^{ème} année de masso-kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat
de Masseur-kinésithérapeute.
2014-2015.

SOMMAIRE

RESUME

1. INTRODUCTION	1
2. METHODOLOGIE DE RECHERCHE.....	2
3. RAPPELS ANATOMIQUES	3
3.1. La sangle abdominale	3
3.2. Anatomie des muscles transverses de l'abdomen.....	3
3.2.1. Insertions musculaires.....	3
3.2.2. Innervation et vascularisation	5
3.3. Physiologie des muscles transverses de l'abdomen.....	5
3.3.1. Des muscles dit « toniques ».....	5
3.3.2. Des muscles dit « locaux »	6
3.4. Rôles des muscles transverse de l'abdomen	6
3.4.1. « Abdominal Drawing »	6
3.4.2. Le maintien des viscères	7
3.4.3. Rôle postural	7
3.4.4. Stabilisation de la colonne lombaire	8
3.4.5. Rôle dans la respiration et dans l'augmentation de la pression intra-abdominale	8
3.4.6. Autres fonctions	9
4. DYSSYNERGIES OU SYNERGIES DU CAISSON ABDOMINAL ?	9
4.1. Dyssynergies.....	9
4.1.1. Entre les muscles droits de l'abdomen et les muscles transverses de l'abdomen	9
4.1.2. L'alliance des muscles droits de l'abdomen et des obliques contre les muscles transverses de l'abdomen	10

4.2. Synergies.....	10
4.2.1. Entre les muscles obliques et les muscles transverses de l'abdomen	10
4.2.2. Entre les muscles du plancher pelvien et les muscles transverses de l'abdomen	10
4.2.3. Entre les muscles multifides et les muscles transverses de l'abdomen	11
4.3. Le couple transverses/diaphragme : synergiques ou dyssynergiques ?	11
4.4. Condition d'une synergie entre les muscles droits et les muscles transverses de l'abdomen	11
 5. ÉVALUATION DES MUSCLES TRANSVERSES DE L'ABDOMEN.....	12
5.1. Analyse morphologique de l'abdomen	12
5.2. Le testing abdominal.....	13
5.3. Palpation des muscles transverses de l'abdomen	13
5.4. Évaluation spécifique des muscles transverses de l'abdomen proposée par Lacôte .	13
5.5. Pressure Biofeedback® Unit.....	14
5.6. L'électromyographie et l'échographie.....	15
 6. RENFORCEMENT DES MUSCLES TRANSVERSES DE L'ABDOMEN	16
6.1. Prise de conscience de la contraction des muscles transverses de l'abdomen.....	16
6.2. Une chronologie importante à respecter	17
6.3. Le rôle de la respiration	18
6.3.1. La «fausse» inspiration thoracique	18
6.3.2. La respiration abdominale inversée	18
6.3.3. Quelle respiration choisir ?	19
6.4. Renforcement des muscles transverses de l'abdomen inspiré de son évaluation	19
6.5. Renforcement des muscles transverses de l'abdomen associé à une rotation latérale des fémurs contrariée	21
6.6. Renforcement des muscles transverses de l'abdomen par l'intermédiaire d'une résistance à l'expiration	22
6.7. L'antagonisme transverses – droits de l'abdomen	22
6.7.1. Travail segment léger sur segment lourd	23
6.7.2. Travail segment lourd sur segment léger	24

6.8. Renforcement des muscles transverses de l'abdomen associé aux muscles obliques.....	25
6.9. Renforcement des muscles transverses de l'abdomen lors du gainage	26
7. DISCUSSION.....	27
7.1. Les signes d'un dysfonctionnement chez le sujet lombalgique.....	27
7.2. Intérêt de ce type de renforcement.....	28
7.3. Les tendances actuelles	29
8. CONCLUSION	30

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RESUME

Le renforcement des abdominaux reste encore à ce jour axé essentiellement sur la mobilisation du thorax par rapport au bassin, et inversement. Ce travail musculaire s'il est mal conduit et non contrôlé peut devenir délétère pour le rachis et le périnée. Il sollicite principalement en raccourcissement les muscles droits, négligent ainsi le rôle majeur des muscles transverses de l'abdomen, avec le rentré du ventre, souvent oubliés dans ce mouvement de rapprochement des ceintures.

Les muscles transverses peuvent se contracter de manière réflexe, par exemple lors de la toux, mais nous pouvons également les solliciter volontairement en rentrant le ventre lors de l'expiration par exemple et en l'associant intelligemment aux autres muscles abdominaux.

Afin de vous proposer des exercices spécifiques au renforcement des muscles transverses et dans le respect de la physiologie, nous avons étudié les synergies et les dyssynergies du caisson abdominal. Nous avons constaté que les différents éléments agissent de concert : il faut donc considérer le tout comme un ensemble et non chaque élément séparément.

L'idéal est de renforcer les muscles transverses en auto-grandissement : dans cette position les muscles droits se trouvent en position d'étirement. Il devient alors possible d'associer le travail des muscles droits aux transverses et ainsi de complexifier les exercices. Nous mettrons également en évidence l'importance de réaliser une contraction pubo-rectale préalable afin de renforcer les synergies abdomino-périnéale et protéger le plancher pelvien.

Mots-clés : transverse abdomen, synergie abdominale, stabilisation lombaire, évaluation, renforcement.

Keywords : transversus abdominis, abdominal synergy, lumbar stabilization, evaluation, strengthening.

1. INTRODUCTION

Le squelette humain présente en son milieu et en avant une cavité de moindre résistance, car elle est sans continuité osseuse. C'est la sangle abdominale qui solidarise les deux blocs et contribue ainsi à l'équilibration du thorax sur le bassin. Dans les mentalités actuelles, avoir du ventre est synonyme de relâchement et se traduit le plus souvent par un aspect esthétique d'un ventre bedonnant avec de sérieuses complications possibles sur la colonne lombaire, sur le placement des organes et sur leurs fonctions physiologiques.

Les abdominaux situés en avant de l'axe rachidien sont les seuls muscles fléchisseurs de la colonne dorsolombaire et dans la plupart des cas, les techniques utilisées pour les renforcer consistent à réaliser une flexion du tronc sur le bassin ou inversement. Ces techniques compriment nos disques intervertébraux et engendrent d'importantes pressions au niveau du caisson abdominal faisant sortir le ventre et touchant le périnée.

Les mouvements de flexion du tronc sont dévolus au travail des muscles droits de l'abdomen, voire des muscles obliques, mais pas au travail des muscles transverses de l'abdomen. Ceux-ci n'ont pas d'action motrice sur la flexion du rachis, ils se contractent sur eux-mêmes et sont responsables du rentré de ventre. Les muscles transverses de l'abdomen sont peu connus et sont souvent oubliés, voire mis à mal dans le renforcement des abdominaux.

Comment renforcer les muscles transverses de l'abdomen ? Existe-t-il des précautions particulières à prendre lors de son renforcement pour ne pas être délétère pour le caisson abdominal ? Tout d'abord, nous ferons le point sur les rappels anatomiques et la physiologie des muscles transverse de l'abdomen. Puis nous étudierons les synergies et les dyssynergies existantes entre ces muscles et les autres muscles abdomino-périnéaux. Nous aborderons ensuite l'évaluation des muscles transverses de l'abdomen et dans un dernier temps, nous proposerons des exercices spécifiques à son renforcement.

2. METHODOLOGIE DE RECHERCHE

L'objectif de ce mémoire est de mettre en évidence l'intérêt des muscles transverses de l'abdomen dans la physiologie des abdominaux et de présenter des techniques de renforcement spécifiques de ce muscle.

Nous avons commencé nos recherches avec les mots clés : «abdominaux», «transverse abdomen», «physiologie abdominale» et «renforcement». Au fil de nos lectures, nous nous sommes rendus compte que les muscles transverses agissent en synergie avec les autres muscles du caisson abdominal et qu'ils ont un rôle important dans l'augmentation de la pression intra-abdominale et la stabilisation lombaire. Nous avons donc ajouté à nos recherches, les mots clés : «synergie abdominale», «pression intra-abdominale» et «stabilisation lombaire».

Nous avons interrogé les bases de données Réédoc, Kinédoc et les mémoires archivés de l'I.L.F.M.K.¹ avec les mots-clés précédemment cités. Nous avons également sélectionné des archives des revues suivantes : Kinésithérapie Scientifique, Kinésithérapie la Revue et Kiné Actualité. Puis, nous avons fait la même démarche sur les bases de données anglo-saxonnes : Google Scholar, Pedro, Pubmed et Cochrane avec les mots clés : «abdominal», «transversus abdominis», «strengthening», «abdominal physiology», «abdominal synergy», «intra-abdominal pressure» et «lumbar stabilization». Leurs traductions ont été réalisées à l'aide de Google Traduction et du site WordReference.com.

Afin de réaliser une sélection des articles obtenus, nous nous sommes basés dans un premier temps sur le titre des articles, puis dans un second temps sur le résumé (selon les recommandations de l'H.A.S²). Enfin, nous avons étendu nos recherches par l'intermédiaire des bibliographies des articles retenus et des acquisitions et prêts personnels.

Les articles payants ont été obtenus par l'intermédiaire d'enseignants à l'I.L.F.M.K. ou par des professionnels possédant des codes d'abonnements, mais également grâce aux

¹ Institut Lorrain de Formation en Masso-Kinésithérapie

² Haute Autorité de Santé

ressources en ligne mises à disposition par l'Université de Lorraine. Lorsque ces derniers ne nous permettaient pas d'acquérir les documents désirés, nous avons contacté les auteurs par mail.

3. RAPPELS ANATOMIQUES

3.1. La sangle abdominale

Les muscles abdominaux se situent au niveau de la paroi antérolatérale de l'abdomen, mais également en arrière jusqu'à la colonne vertébrale. Ce sont des muscles plats répartis en trois plans :

- un plan superficiel : les muscles droit de l'abdomen (ANNEXE I) ;
- un plan moyen : les muscles obliques externes et obliques internes (ANNEXE I) ;
- un plan profond : les muscles transverses de l'abdomen [1, 2].

Les fibres de ces muscles ont des orientations différentes et ainsi des rôles différents. Ce qui leur permet de travailler soit indépendamment l'un de l'autre ou de se contracter ensemble [3, 4, 5, 6].

3.2. Anatomie des muscles transverses de l'abdomen

Les muscles transverses (fig. 1) doivent leur nom à l'orientation de leurs fibres et sont souvent comparés à une « gaine » très large renforcée dans sa partie inférieure [3, 4, 7].

3.2.1. Insertions musculaires

Les muscles transverses s'insèrent par trois origines :

- une thoracique : à la partie antérieure de la face interne des six derniers arcs costaux, par des fibres charnues ;
- une vertébrale : à l'apex des processus costiformes de L1 à L5 (+/- T12) et sur le fascia thoraco-lombaire, par des fibres aponévrotiques ;

- une coxale : au versant médial (2/3 antérieur) de la crête iliaque, sur l'épine iliaque antéro-supérieure et sur la partie latérale du ligament inguinal, par des fibres charnues et aponévrotiques [1, 5, 6, 8, 9].

Leurs fibres musculaires s'orientent horizontalement d'arrière en avant et se terminent :

- en haut : sur la partie inférieure de l'appendice xiphoïde ;
- sur la ligne médiane : par l'aponévrose du transverse au niveau de la ligne blanche qu'il contribue à former avec l'aponévrose du transverse opposé et l'aponévrose des autres muscles ;
- en bas : il forme, avec les fibres inférieures du muscle oblique interne, le tendon conjoint [1, 5, 6, 7, 8, 9].

Insertions du transverse.

- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1. origine | 5. gaine des droits |
| 2. terminaison (ligne blanche) | 6. tendon conjoint |
| 3. ligament inguinal | 7. corps musculaire |
| 4. ligne semi-lunaire | 8. ligne circonférentielle |

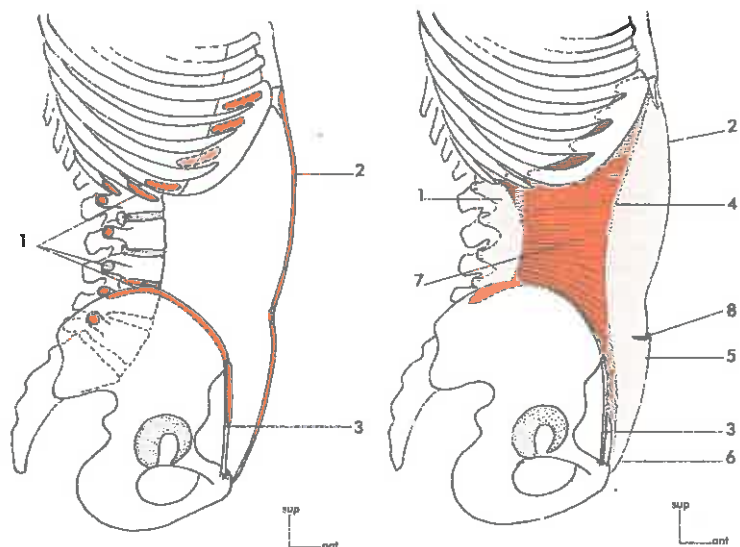


Figure 1 : insertions du muscle transverse de l'abdomen [1]

Ils réalisent ainsi un véritable « tissage » avec les muscles droits de l'abdomen.

- Aux 2/3 supérieurs : la jonction se fait en arrière des droits (formant ainsi l'aponévrose postérieure des droits). Cette partie est donc volumineuse et profonde.
- Aux 1/3 inférieurs : la jonction se fait en avant des droits (formant l'aponévrose antérieure des droits). Les muscles transverses deviennent donc beaucoup plus superficiels dans leur partie basse (sous-ombilicale) [1, 3, 4, 7, 8].

La séparation se situe au niveau de la ligne arquée, c'est-à-dire environ cinq centimètres sous l'ombilic [7].

M. Dufour apparente la partie inférieure des muscles transverses à une « poche de kangourou » (fig. 2) dans laquelle viennent se glisser les muscles droits [1].

3-94 b ▶

Gaine des droits et ligne arquée.

1. ligne blanche (partie supra-ombilicale)
2. muscle droit de l'abdomen
3. fascia transversalis
4. m. transverse
5. m. oblique int.
6. m. oblique ext.
7. ligne arquée (comparée à une poche kangourou)
8. gaine des droits
9. ligne blanche (partie infra-ombilicale)

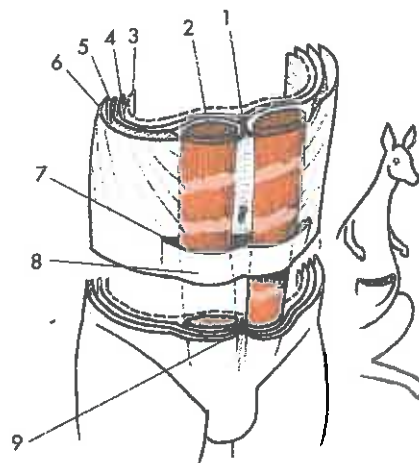


Figure 2 : « la poche de kangourou » [1]

3.2.2. Innervation et vascularisation

Les muscles transverses sont innervés par les six ou quatre derniers nerfs intercostaux (T7 ou T9 à T12) et les nerfs ilio-hypogastrique et ilio-inguinal (racine L1) [1, 7, 8, 9].

3.3. Physiologie des muscles transverses de l'abdomen

3.3.1. Des muscles dit « toniques »

Les muscles transverses sont des muscles squelettiques, c'est-à-dire soumis au contrôle volontaire. Mais le fonctionnement de ces muscles s'apparente plutôt à des muscles lisses, dit involontaires, car leurs activités réflexes est très importante [3, 7].

Lors d'un mouvement de flexion du tronc par rapport au bassin ou inversement sont mis en jeu des fibres phasiques (rouges, de type II) : à contraction rapide et fatigabilité variable. Elles sont responsables de mouvements amples. À la différence, les muscles

transverses sont constitués majoritairement de fibres toniques (blanches, de type I) : à contraction lente et peu fatigables. Elles assurent le tonus musculaire et la posture [5, 6, 10].

3.3.2. Des muscles dit « locaux »

Bergmark a étudié les muscles du tronc et propose une classification distinguant deux groupes musculaires.

- Les stabilisateurs globaux : ils s'insèrent majoritairement sur le bassin et le thorax. Ce sont les muscles abdominaux superficiels (droits, obliques externes et obliques internes), les carrés des lombes (partie latérale), les érecteurs du rachis (longissimus et ilio-costal : partie latérale). Leur fonction est de mobiliser le tronc.
- Les stabilisateurs locaux : ils s'insèrent sur les vertèbres lombaires, produisant de véritables jonctions inter-segmentaires. Il s'agit des muscles transverses et multifides. Leur fonction est de stabiliser le tronc [10, 11].

3.4. Rôles des muscles transverse de l'abdomen

3.4.1. « Abdominal Drawing »

Lorsque les muscles transverses se contractent, ils forment une dépression au niveau de la paroi abdominale, bien plus importante que lors de la contraction des autres muscles abdominaux. Ils permettent, en effet, le rentré de ventre : « drawing » en anglais [8, 10, 12, 13].

Il y a des différences régionales dans le recrutement des muscles transverses. En effet, lors d'un rentré de ventre, il y a une plus grande activité des régions moyenne et inférieure par rapport à la région supérieure (deux fois plus importante). Une étude, publiée en 2005, a mis en évidence, par E.M.G.³, que l'activité des muscles transverses est dépendante de la position du corps, avec une activité différentielle de ceux-ci par rapport aux autres muscles abdominaux en position de décubitus dorsal. Cette étude a également souligné que l'activité

³ Electromyographie

des muscles transverses est supérieure aux autres muscles abdominaux lorsque les mouvements lombo-pelviens sont limités [12].

3.4.2. Le maintien des viscères

Les muscles transverses forment une véritable sangle, notamment dans leur partie inférieure, assurant la contention des viscères grâce à son activité réflexe. Cette fonction est également renforcée par la superposition des couches musculaires, la disposition des fibres aponévrotiques, les fascias transversalis et superficialis [7, 8, 14].

3.4.3. Rôle postural

Les muscles transverses assurent un ajustement postural, par anticipation de la perturbation engendrée par un mouvement de membre, et ceci, quelque soit sa direction : ils contribuent ainsi à la stabilité du tronc en rigidifiant les segments vertébraux lombaires. L'étude de Hodges a mis en évidence chez des sujets sains, que lors d'un mouvement volontaire du membre supérieur, les transverses se contractent avant les muscles responsables du mouvement du membre. De plus, contrairement aux autres muscles abdominaux, le début de la contraction des muscles transverses n'est pas affecté par la direction du mouvement (ANNEXE II) [11, 15, 17, 18]. Dans une deuxième étude, les mêmes observations ont été constatées lors d'un mouvement volontaire du membre inférieur : les muscles transverses sont les premiers muscles actifs lors de la flexion, l'abduction et l'extension de hanche, et leur réponse n'est pas influencée par la direction du mouvement (ANNEXE II) [11, 16, 17, 18].

Les études de Cresswell (1992, 1994) ont montré que les muscles transverses sont actifs de façon continue lors des mouvements de flexion et d'extension du tronc. Il a également observé que lorsqu'un poids est soudainement ajouté à un harnais accroché aux épaules (provoquant une flexion du tronc), la contraction des muscles transverses précède celle des muscles du tronc, mais également l'acceptation de la charge lorsque les sujets ajoutent eux-mêmes la charge [15, 17].

La contraction des muscles transverses serait préprogrammée au niveau du système nerveux central afin de préparer la colonne lombaire à la perturbation provoquée par le mouvement du membre [15, 16, 17, 19]. Cette constatation suggère que les muscles transverses sont contrôlés indépendamment des autres muscles abdominaux. Ce mécanisme impliquerait la formation réticulée qui intervient « dans le contrôle proactif de l'équilibre postural lors de l'organisation d'un mouvement volontaire » [17, 19]. Ceci est conforme à la proposition de Bergmark : en effet, les muscles locaux assureraient la stabilité inter-segmentaire, tout en permettant aux muscles globaux d'exercer leur fonction de mobilisation de la colonne vertébrale sans impact nocif sur la colonne [10, 17].

3.4.4. Stabilisation de la colonne lombaire

Les muscles transverses contribuent à la stabilité de la colonne lombaire grâce à leur rôle anticipatif dans l'ajustement postural (décrit précédemment en 3.4.3.), mais également par leur rôle dans l'augmentation de la pression intra-abdominale et la tension qu'ils exercent au niveau du fascia thoraco-lombaire. En effet, la contraction des muscles transverses (et des obliques internes dans une moindre mesure) va engendrer une tension au niveau du fascia thoraco-lombaire et entraîner une extension de la colonne lombaire. Chacun de ces mécanismes a un potentiel pour améliorer la rigidité de la colonne lombaire [6, 10, 17].

3.4.5. Rôle dans la respiration et dans l'augmentation de la pression intra-abdominale

- L'expiration active

Les muscles abdominaux (droits, obliques externes et obliques internes) sont responsables de l'expiration, diminuant ainsi les trois diamètres du thorax. Les muscles transverses agissent comme une sangle en fin d'expiration active pour augmenter la pression intra-abdominale. Les viscères sont ainsi refoulés vers le haut, les coupes diaphragmatiques s'ascensionnent, permettant ainsi la transmission de la pression abdominale vers le thorax puis les voies aériennes [6, 7, 18].

- **Muscle inspireur thoracique**

Les muscles transverses peuvent être utilisés comme des muscles inspireurs thoraciques. En effet, lorsque l'on augmente notre ampliation thoracique et que l'on contracte nos muscles transverses en rentrant le ventre, il en résulte une augmentation des trois diamètres du thorax et une compression des viscères abdominaux de bas vers le haut, par une augmentation de la pression intra-abdominale. Ainsi, les muscles transverses «remplacent» le muscle diaphragme dans sa fonction inspiratoire : celui-ci se retrouve inhibé par l'opposition d'une force abdominale dirigée vers le haut et d'une force thoracique dirigée vers le bas. Ce type de respiration est non physiologique : elle est dite paradoxale [6, 7, 18].

3.4.6. Autres fonctions

Les muscles transverses participent aussi aux grandes fonctions des abdominaux : la défécation, la toux, le vomissement, l'accouchement, le rire, la miction, l'expectoration, la phonation et également aux gestes de pousser, tirer, soulever. Si les muscles transverses présentent un déficit, ces fonctions seront altérées [2, 6].

4. DYSSYNERGIES OU SYNERGIES DU CAISSON ABDOMINAL ?

4.1. Dyssynergies

4.1.1. Entre les muscles droits de l'abdomen et les muscles transverses de l'abdomen

Elle concerne surtout la partie basse des muscles transverses, car à ce niveau les muscles droits sont en dessous de l'aponévrose. Lorsqu'un muscle se contracte, il se raccourcit et augmente de volume. Si les droits se contractent en premier, ils repoussent donc l'aponévrose superficielle du transverse et rendent plus difficile, voire impossible la contraction des muscles transverses. Pour que leur contraction soit efficace, il faut donc que ceux-ci se contractent avant les muscles droits [3, 4, 20, 21]. Il est facile de se rendre compte soi-même de cet antagonisme droits – transverses : lorsque nous réalisons un mouvement de « crunch » avec une main sur l'abdomen, le ventre sort. Cette poussée ne s'effectue pas

essentiellement au niveau de l'abdomen, mais également au niveau du périnée. Si nous ajoutons à ce mouvement un soulèvement des membres inférieurs, le ventre sort davantage.

4.1.2. L'alliance des muscles droits de l'abdomen et des obliques contre les muscles transverses de l'abdomen

La contraction simultanée des muscles droits et des obliques tracte les côtes vers le bas et augmente le tassement, par flexion de la colonne vertébrale. Ceci provoque un relâchement des muscles transverses [3, 4].

4.2. Synergies

4.2.1. Entre les muscles obliques et les muscles transverses de l'abdomen

Pour que la contraction des muscles transverses soit efficace, il faut que les obliques se contractent lorsque les droits sont en position d'étirement. Quand les muscles transverses travaillent en synergie avec les petits obliques, ils sont expirateurs et participent au galbe de l'abdomen (à condition que le bassin et le thorax soient fixes). Quand ils se contractent avec les grands obliques (bassin et thorax fixes), il galbent également l'abdomen, mais dans sa partie supérieure [3, 4].

4.2.2. Entre les muscles du plancher pelvien et les muscles transverses de l'abdomen

Lors de contractions automatiques ou volontaires, les muscles transverses et les muscles du plancher pelvien travaillent en synergie. En effet, il existe une coactivation entre ces muscles : lorsque les transverses se contractent, il existe une contraction réflexe des muscles du plancher pelvien, et inversement. Cette contraction, préprogrammée, intervient dans le but de préserver la continence face à l'augmentation de la pression intra-abdominale. Nous parlons de verrouillage périnéal qui est le résultat d'une coordination abdomino-périnéale «dynamique». Il existe également une coordination abdomino-périnéale «tonique» : en effet, les viscères sont maintenus par une contraction tonique des muscles transverses et

celle-ci est accompagnée de la contraction tonique des muscles du plancher pelvien [14, 19, 22].

La contraction du périnée, en particulier du muscle pubo-rectal (ANNEXE I), provoque un rentré de ventre dans sa partie sus-pubienne et renforce la contraction des muscles transverses jusqu'en fin d'expiration active [3].

4.2.3. Entre les muscles multifides et les muscles transverses de l'abdomen

Les multifides (ANNEXE I), muscles locaux selon Bergmark, agissent en co-contraction avec les transverses lors de la stabilisation du rachis (cette notion a précédemment été évoquée en 3.4.3 et 3.4.4). Cependant aujourd'hui, nous n'avons aucune confirmation sur la synergie des muscles multifides et des transverses lors du rentré de ventre [10, 23].

4.3. Le couple transverses/diaphragme : synergiques ou dyssynergiques ?

Lors de l'expiration forcée, les muscles transverses sont antagonistes du diaphragme (ANNEXE I) qui lui est inspirateur. Ils se contractent fortement et de ce fait, ils augmentent la pression abdominale et le diaphragme est refoulé vers le haut. Cependant, lors de l'inspiration, le diaphragme se contracte, refoulant les organes vers le bas et l'avant. La contraction des muscles transverses assure le maintien des viscères, réalisant un point fixe, et permet au diaphragme un travail efficace : les muscles transverses sont ainsi synergiques du diaphragme [2, 8, 10].

4.4. Condition d'une synergie entre les muscles droits et les muscles transverses de l'abdomen

C'est les muscles multifides par leur action d'auto-grandissement qui concourent à la synergie entre les muscles droits et transverses. Dans cette position, les muscles droits se trouvent en position d'étirement et non de raccourcissement et créent ainsi le galbe de

l'abdomen. Il devient alors possible de renforcer les muscles transverses en association avec les muscles droits, sans que les droits ne soient délétères pour les transverses.

De plus, lorsque nous travaillons les abdominaux en raccourcissement des droits, le diaphragme se retrouve bloqué et on ne peut plus rentrer le ventre. Au contraire, dans une position d'auto-grandissement, le travail du diaphragme est libre [4].

5. ÉVALUATION DES MUSCLES TRANSVERSES DE L'ABDOMEN

Avant d'entreprendre toute rééducation, il est nécessaire d'évaluer les capacités du patient, afin d'établir notre B.D.K.⁴ et nos objectifs de traitement. Nous avons recensé, lors de notre recherche, plusieurs méthodes permettant d'évaluer les muscles transverses de l'abdomen.

5.1. Analyse morphologique de l'abdomen

Nous pouvons commencer notre évaluation, par observer notre sujet et constater s'il présente ou non un relâchement de la sangle abdominale. Un déficit de maintien des viscères tend indirectement à augmenter la lordose lombaire. La capacité vitale sera également altérée, car l'expiration forcée sera diminuée et le travail du diaphragme moins efficace. Il en résultera une ptose abdominale, signifiant un relâchement de la partie inférieure des muscles transverses, qui pourrait être mesurée de façon centimétrique [3, 7, 8, 24, 25, 26].

Plus l'abdomen se distend, plus il perd de son intégrité. Ceci accentue les déséquilibres entre les muscles abdominaux superficiels et profonds. Toute modification morphologique de l'abdomen influe également sur les synergies abdomino-pelviennes. Les causes de ce relâchement abdominal sont nombreuses : il peut être dû à une mauvaise statique, à la grossesse, à la chirurgie abdominale, à l'âge, à des activités professionnelles favorisant, à la surcharge pondérale, à des pratiques sportives mal conduites. [7, 28].

⁴ Bilan Diagnostique Kinésithérapique

5.2. Le testing abdominal

Dans le cadre de l'évaluation des muscles transverses, il est pertinent d'évaluer la compétence de la sangle abdominale, en réalisant un testing abdominal (ANNEXE III). Même si celui-ci ne prend pas en compte uniquement l'évaluation des muscles transverses de l'abdomen, il permet de déterminer si l'abdomen de notre sujet est compétent ou pas, par un effort de toux, c'est-à-dire une augmentation rapide de pression intra-abdominale. L'examineur place sa main au niveau de l'abdomen du patient et lui demande de tousser.

- Si l'examineur constate un rentré de ventre : l'abdomen est efficace et protecteur.
- Si la main de l'examineur est repoussée : la sangle abdominale n'a pas la capacité de répondre correctement à l'augmentation de pression. Cette réponse est inadaptée et provoque de fortes pressions au niveau des zones de faiblesses de l'abdomen [7, 28].

5.3. Palpation des muscles transverses de l'abdomen

L'examineur place sa main sur la paroi antéro-latérale de l'abdomen du sujet et demande à celui-ci de rentrer son ventre lors d'une expiration forcée. Les muscles transverses de l'abdomen sont difficilement, voire non palpables, en raison de leur profondeur : en effet, ils se situent en profondeur des muscles obliques internes et externes [28, 29].

5.4. Évaluation spécifique des muscles transverses de l'abdomen proposée par Lacôte

Lacôte propose une évaluation analytique des muscles transverses (ANNEXE IV). Les cotations sont au nombre de six : de 0 à 5. L'évaluation repose sur trois positions différentes (décubitus dorsal, assis, quadrupédie) et les consignes diffèrent selon la cotation. Il existe des variantes pour les cotations 3 et 5. Nous noterons que si le sujet présente des limitations respiratoires importantes, s'il est dans l'incapacité de se mettre en quadrupédie ou s'il ne supporte pas l'apnée, l'évaluation des muscles transverses devient difficile, voire non réalisable [8].

L'I.L.F.M.K. propose dans son enseignement une évaluation des muscles transverses inspirée de celle de Lacôte. Elle apprécie la qualité du rentré de ventre dans trois positions différentes (décubitus dorsal, assis et quadrupédie).

5.5. Pressure Biofeedback® Unit

Le P.B.U.⁵ appelé aussi « stabilizer pressure biofeedback® » (fig. 3), est un dérivé du tensiomètre. Il est composé d'un sac gonflable à trois chambres en matière inélastique, relié à un manomètre permettant de mesurer la pression à l'intérieur de celui-ci. Le but de cet appareil est d'évaluer de façon objective les muscles transverses, en mesurant leur activité par une variation de pression à l'intérieur du sac. Le test se réalise en procubitus, le P.B.U. est placé sous l'abdomen du sujet : entre les épines iliaques antéro-supérieures et l'ombilic. Le sac est gonflé initialement à 70 mmHg et ajusté si besoin : l'examineur laisse le sujet respirer avec l'abdomen et vérifie la stabilité de pression de départ et l'harmonise si nécessaire [11, 30, 31]. Il demande au sujet de réaliser une contraction des muscles transverses par la consigne : « rentrez le ventre sans bouger ni la ceinture pelvienne ni la colonne vertébrale » et de maintenir celle-ci dix secondes. On observe donc une diminution de la pression à l'intérieur du sac : selon les constructeurs de l'appareil et les études antérieures à ce sujet (Costa et al, 2004 ; Hodges et al, 1996), celle-ci doit être comprise entre 4 et 10 mmHg pour conclure à des muscles transverses compétents [30, 31].

Le P.B.U. pourrait être un outil intéressant pour évaluer objectivement l'activité des muscles transverses, mais la fiabilité de cette mesure est très discutée, voire controversée : l'étude de Paula Lima et al, parue en 2011 [30], a évalué la reproductibilité inter et intra-évaluateur du P.B.U. pour mesurer l'activité musculaire des transverses et a comparé ses résultats aux études antérieures (ANNEXE VI) [30, 31, 32, 33]. Une revue de la littérature, parue en 2011 [31], relève également que la dureté de la surface sur laquelle le patient repose, le positionnement correct de l'appareil sous l'abdomen, la répartition homogène de l'air dans le sac gonflable et la consigne verbale donnée au patient afin d'obtenir la contraction des muscles transverses peuvent être source d'erreurs. Il est cependant important de noter que

⁵ Pressure Biofeedback® Unit

celui-ci pourrait être utilisé lors de la prise de conscience de la contraction des muscles transverses. Cet appareil pourrait apporter un feedback visuel permettant au patient de différencier la contraction et le relâchement de ce muscle. Il présente également l'avantage de donner des résultats chiffrés et donc de permettre un suivi de la progression du sujet au cours de sa rééducation [11].



Figure 3 : Pressure Biofeedback® Unit

5.6. L'électromyographie et l'échographie

À ce jour, l'E.M.G. et l'échographie, sont les seuls moyens objectifs qui permettent d'évaluer la contraction des muscles transverses. L'E.M.G. est un geste invasif, inconfortable pour le patient et qui peut présenter des risques infectieux. À la différence, l'échographie est une technique d'imagerie non invasive utilisant les ultrasons, qui quantifie la contraction d'un muscle par une augmentation de son épaisseur [12, 13, 15, 16].

Une étude de Teyhen et al, publiée en 2008 [13], a observé grâce à l'échographie, les exercices qui sollicitaient de manière préférentielle les muscles transverses, parmi six exercices (ANNEXE VI) : ils seront repris dans le renforcement du muscle transverse que nous développerons ultérieurement. Il semblerait que les exercices de gainage latéral et de crunch, associés à un rentré de ventre, provoquent la plus grande augmentation d'épaisseur des muscles transverses, mais également des obliques internes. A la différence des exercices de rentré de ventre en décubitus et en quadrupédie avec soulèvement d'un membre supérieur et du membre inférieur opposé qui génèrent un changement d'épaisseur des muscles transverses similaire aux exercices précédents, mais un minimum de changement d'épaisseur des obliques internes [13].

Bien que ces deux techniques relèvent d'actes médicaux et qu'ils ne sont pas applicables à la pratique quotidienne des M.K.⁶, leurs résultats sont importants quant à la sélection des techniques de renforcement des muscles transverses, afin que celui-ci soit le plus pertinent possible.

6. RENFORCEMENT DES MUSCLES TRANSVERSES DE L'ABDOMEN

Lors de sa contraction, les muscles transverses ne déplacent pas des segments osseux : en effet, pour renforcer ceux-ci, ils doivent se resserrer sur eux-mêmes [3]. L'interaction fonctionnelle qu'il existe entre les muscles transverses et les autres éléments du caisson abdominal doit être envisagée et les exercices induisant leur coactivation sont à privilégier.

6.1. Prise de conscience de la contraction des muscles transverses de l'abdomen

Les muscles transverse sont des muscles peu utilisés et rarement sollicités de manière spécifique dans un programme de renforcement des abdominaux. Quand nous demandons au sujet de rentrer le ventre, dans un premier temps celui-ci va avoir tendance à rétroverser le bassin ; or ce n'est pas le mouvement voulu. Il paraît donc essentiel de commencer par des exercices de prise de conscience avant d'aborder le renforcement en lui-même, afin que le sujet réalise un rentré de ventre correspondant à la contraction des muscles transverses.

Celle-ci peut s'effectuer en position de décubitus dorsal avec un coussin sous les genoux (afin de détendre les muscles droits) : le sujet place une main sur son abdomen et une au niveau lombaire. La consigne demandée au sujet est «rentrez le ventre en soufflant, sans bouger ni le bassin ni la colonne vertébrale» (il doit sentir que le mouvement s'effectue uniquement au niveau de son abdomen). Elle peut se réaliser de la même manière en position assise ou en position debout dos à un mur (fig. 4). En quadrupédie (fig. 5), c'est le M.K. qui placera une main au niveau de l'abdomen du sujet et une au niveau du bassin. La prise de conscience peut également se réaliser en procubitus (fig. 6) : cette position à l'avantage de limiter les compensations et favorise le ressenti du patient.

⁶ Masseur-Kinésithérapeute



Figure 4 : prise de conscience en position debout



Figure 5 : prise de conscience en position de quadrupédie



Figure 6 : prise de conscience en position procubitus

Si l'on place un miroir face au sujet, celui-ci pourra constater visuellement la dépression abdominale lors du rentré de ventre.

6.2. Une chronologie importante à respecter

Nous avons vu dans le chapitre 4. qu'il existait de nombreuses synergies et dyssynergies entre les muscles transverses et les autres muscles de la cavité abdomino-pelvienne. Afin d'être efficace dans le renforcement des muscles transverses, il est donc essentiel de refaire le point sur quelques notions clés.

- Les droits doivent toujours se trouver en position d'étirement : le sujet réalisera donc les exercices en position d'auto-grandissement.
- La contraction du muscle pubo-rectal doit y être associée : le sujet doit réaliser le geste de se retenir, afin de renforcer et préserver les synergies abdomino-périnéales, mais également de protéger le périnée.
- La contraction des muscles transverses est réalisée par un mouvement de rentré de ventre sur le temps expiratoire.

6.3. Le rôle de la respiration

Nous avons vu lors des chapitres précédents que l'on obtient la contraction des muscles transverses en rentrant le ventre lors de l'expiration ; or, nous avons recensé lors de nos recherches, l'utilisation d'autres types de respiration permettant d'augmenter la difficulté des exercices [3, 34, 35].

6.3.1. La «fausse» inspiration thoracique

Cette technique consiste, en position d'auto-grandissement, à rentrer le ventre lors de l'expiration, puis à réaliser une apnée et ensuite une inspiration thoracique (alors que le système est fermé par l'apnée) : ainsi l'air ne peut pas rentrer et la dépression au niveau abdominale augmente davantage. C'est pourquoi on parle de «fausse» inspiration thoracique, en réalité les côtes et le sternum remontent et par conséquent le diaphragme aussi, étirant les droits et «aspirant» la masse abdominale vers le haut. De ce fait, les muscles transverses se contractent de manière réflexe. Ce type de renforcement engendre une pression négative dans l'encreinte abdominale, c'est pourquoi elle est dite «hypopressive» et protège ainsi le périnée. Marcel Caufriez a développé de nombreux exercices utilisant le mécanisme de «fausse» inspiration thoracique associé à un travail du muscle grand dentelé, dans son livre *Gymnastique abdominale hypopressive* (lors de ces exercices, les muscles transverses sont sollicités, mais ils ne sont pas privilégiés) [3, 34].

6.3.2. La respiration abdominale inversée

Un article publié par Roland Sultana, en 2006, pointe du doigt une notion importante non évoquée précédemment : «la respiration abdominale inversée», dite respiration paradoxale. Lorsque l'on soulève une charge sur l'expiration, il compare l'abdomen à un pneu dégonflé et évoque les conséquences néfastes qu'il en résulte sur la colonne vertébrale. Au contraire, si l'effort est réalisé avec une respiration abdominale inversée, c'est-à-dire en apnée inspiratoire en rentrant le ventre par contraction des muscles abdominaux (en particulier des transverse), celle-ci aurait un effet protecteur sur le rachis [35].

La respiration abdominale inversée engendre une augmentation de la pression intra-thoracique et intra-abdominale permettant à l'enceinte thoraco-abdominale d'absorber une partie des contraintes verticales exercées sur le rachis. Elle induit également un mouvement auto-grandissement du rachis et une diminution des douleurs lombaires par «massage» du rachis. C'est une méthode proche de celle-ci qui est d'ailleurs utilisée depuis longtemps par les haltérophiles qui soulèvent des poids considérables. Il note aussi l'importance d'effectuer l'effort avec une contraction préalable du périnée pour éviter que celui-ci se distende [35].

6.3.3. Quelle respiration choisir ?

Premièrement, les exercices proposés ultérieurement seront effectués avec un rentré de ventre lors de l'expiration. Puis, une fois qu'ils seront acquis et dans le but d'augmenter leur difficulté, il sera possible de réaliser une «fausse» inspiration thoracique à la fin de l'expiration. Dans un troisième temps, les contraintes seront d'autant plus importantes si les exercices sont associés à une respiration abdominale inversée.

De plus, il est important de noter que lorsque nous réalisons une «fausse» inspiration thoracique ou une respiration abdominale inversée, l'auto-grandissement est majoré et les muscles droits se trouvent d'autant plus en position d'étirement et peuvent alors être associés au renforcement des muscles transverses sans être délétère pour ces derniers.

6.4. Renforcement des muscles transverses de l'abdomen inspiré de son évaluation

Les premiers exercices que nous proposons s'inspirent des cotations de Lacôte utilisées lors de l'évaluation spécifique des muscles transverses de l'abdomen (abordée en 5.4.) [8]. La consigne demandée au sujet est «réalisez un auto-grandissement, une contraction pubo-rectale et rentrez le ventre en soufflant», tout d'abord en décubitus dorsal, puis en progression : assis et en quadrupédie.

- **Exercice 1** (fig. 7) : en décubitus dorsal, avec un coussin sous les genoux, membres supérieurs le long du corps. Dans cette position, le travail des muscles transverses sera facilité par la pesanteur [8].

- **Exercice 2** (fig. 8) : assis, bras le long du corps. Ici, il n'y aura plus d'action de la pesanteur [8].



Figure 7 : exercice 1



Figure 8 : exercice 2

- **Exercice 3** (fig. 9) : en quadrupédie, cuisses et bras verticaux. Dans ce cas, la pesanteur agit, mais les viscères vont également se diriger vers le bas et le sujet devra réaliser un effort plus important pour rentrer le ventre [8].



Figure 9 : exercice 3

L'exercice 4 (fig. 10) reprend celui évoqué dans l'article de Teyhen et al. [13] : le sujet est en quadrupédie, cuisse et bras verticaux. La consigne demandée au sujet est «réalisez un auto-grandissement, une contraction pubo-rectale, rentrez le ventre en soufflant et lever un membre supérieur et le membre inférieur controlatéral jusqu'à l'horizontale». Il est évident que cet exercice majore d'autant plus l'auto-grandissement, mais qu'il nécessite un minimum d'activité d'autres groupes musculaires.



Figure 10 : exercice 4

6.5. Renforcement des muscles transverses de l'abdomen associé à une rotation latérale des fémurs contrariée

La rotation latérale des fémurs contrariée consiste en un mouvement de rotation latérale des fémurs contre résistance, empêchant ainsi le mouvement : ceci induit un mouvement de rétroversion du bassin et une contraction des rotateurs latéraux, des transverses et du plancher pelvien [3].

- **Exercice 5** (fig. 11) : en décubitus dorsal, membres inférieurs croisés. La consigne demandée au sujet est «réalisez un auto-grandissement, une contraction pubo-rectale, rentrez le ventre en soufflant et amener les chevilles vers l'extérieur» (les jambes étant croisées, la rotation latérale des fémurs est contrariée) [3].



Figure 11 : exercice 5

- **Exercice 6** : il consiste à passer de la position assise (fig. 12) sur les talons à la position genoux dressés (fig. 13). La consigne demandée au sujet est «réalisez un auto-grandissement, une contraction pubo-rectale, rentrez le ventre en soufflant et redressez-vous sur vos genoux en commençant le mouvement par tourner les cuisses vers l'extérieur» [3].



Figure 12 : exercice 6, position de départ

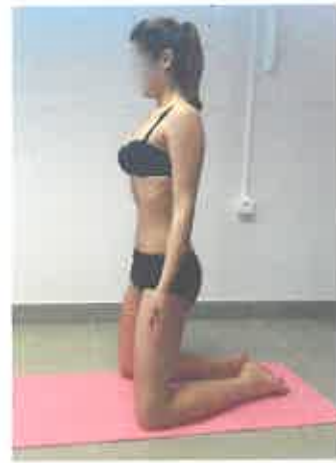


Figure 13 : exercice 6, position d'arrivée

6.6. Renforcement des muscles transverses de l'abdomen par l'intermédiaire d'une résistance à l'expiration

Les muscles transverses sont responsables de l'expiration forcée : si l'on place une résistance à celle-ci, ils devront fournir un travail plus important. Cette résistance peut être fournie par un ballon présentant une résistance plus ou moins importante lorsque l'on essaye de le gonfler, ou en mettant la main devant la bouche [3, 7]. Pour cet exercice, il est évident que nous ne pouvons pas le réaliser associé à une «fausse» inspiration thoracique ou une respiration abdominale inversée.

6.7. L'antagonisme transverses – droits de l'abdomen

Lors des exercices travaillant à la fois les muscles transverses et les droits, il faut absolument veiller à ce que la contraction des droits n'induisse pas un relâchement des transverses. En effet, ils vont devoir «contenir» la contraction des droits et donc développer un travail plus important. Au début de l'apprentissage de ces exercices, le M.K. placera une main en contrôle au niveau de l'abdomen du sujet pour vérifier que le ventre ne sort pas. Il est possible de travailler segment léger (les membres inférieurs) sur segment lourd (le tronc), et inversement.

6.7.1. Travail segment léger sur segment lourd

Exercice 7 : en décubitus dorsal, genoux fléchis avec les pieds reposants à plat sur le sol. La consigne demandée au sujet est «réalisez un auto-grandissement, une contraction pubo-rectale, rentrez le ventre en soufflant et ramenez une jambe vers vous». Il effectue d'abord l'exercice en ramenant une jambe (fig. 14), puis il effectue l'exercice avec l'autre jambe. Puis en progression, il ramène les deux simultanément vers lui (fig. 15) [3, 5, 13].



Figure 14 : exercice 7



Figure 15 : variante de l'exercice 7

Exercice 8 : en décubitus dorsal, un membre inférieur est fléchi avec le pied reposant à plat sur le sol, l'autre membre est tendu. La consigne demandée au sujet est «réalisez un auto-grandissement, une contraction pubo-rectale, rentrez le ventre en soufflant et ramenez la jambe qui est tendue vers vous». Il effectue d'abord l'exercice en ramenant une jambe (fig. 16), puis il effectue l'exercice avec l'autre jambe. Puis en progression, il ramène les deux jambes tendues simultanément vers lui (fig. 17) [3, 5, 13].



Figure 16 : exercice 8



Figure 17 : variante de l'exercice 8

Par l'intermédiaire d'un coussin (ou en étant face à un espalier), il est possible d'augmenter la difficulté de l'exercice progressivement (fig. 18 & 19).



Figure 18 : variante de l'exercice 8 avec un coussin, position de départ



Figure 19 : variante de l'exercice 8 avec un coussin, position d'arrivée

Le M.K. peut également exercer une résistance à la flexion des membres inférieurs [3, 36].

- **Exercice 9** : en décubitus dorsal, genoux fléchis avec les pieds reposants à plat sur le sol. Le M.K. place ses mains au niveau de la face antérieure de l'extrémité inférieure de la cuisse. La consigne demandée au sujet est «réalisez un auto-grandissement, une contraction pubo-rectale, rentrez le ventre en soufflant et ramenez les jambes vers vous», alors que le M.K. résiste.
- **Exercice 10** : en décubitus dorsal, membres inférieurs tendus. Le M.K. place ses mains au niveau de la face antérieure de l'extrémité inférieure du segment jambier. La consigne demandée au sujet est la même que précédemment, mais le bras de levier est augmenté.

6.7.2. Travail segment lourd sur segment léger

Exercice 11 (fig. 20) : en décubitus dorsal, genoux fléchis avec les pieds reposants à plat sur le sol et les bras le long du corps. La consigne demandée au sujet est «réalisez un auto-grandissement, une contraction pubo-rectale, rentrez le ventre en soufflant et décollez la tête». Celui-ci doit arrêter le mouvement dès que le sternum descend, que les côtes se rapprochent et repoussent le ventre vers le bas [3, 5, 13].

Bernadette de Gasquet, dans son livre *Abdominaux, arrêtez le massacre*, affirme que l'on peut lever la tête autrement [3]. C'est ce que nous allons décrire dans l'exercice suivant :

exercice 12 (fig. 21) : en décubitus dorsal, genoux fléchis avec les pieds reposants à plat sur le sol et les mains au niveau de l'occiput. La consigne demandée au sujet est «réalisez un auto-grandissement, une contraction pubo-rectale, rentrez le ventre en soufflant et décollez la tête tout en poussant sur vos mains comme pour reposer votre tête au sol alors les mains résistent». Ainsi, l'auto-grandissement n'est que renforcé et les muscles droits étirés [3].



Figure 20 : exercice 11



Figure 21 : exercice 12

Il est aussi possible d'associer le travail des deux segments à la fois : le segment léger et le segment lourd, à condition d'être davantage vigilant à ce que le ventre ne sorte pas.

6.8. Renforcement des muscles transverses de l'abdomen associé aux muscles obliques

Exercice 13 (fig. 22) : en décubitus dorsal, un membre inférieur est fléchi avec le pied reposant à plat sur le sol, tandis que l'autre jambe est en flexion (les droits sont relâchés). La main du côté controlatéral à la jambe en flexion est placée au niveau de la face interne du genou. La consigne demandée au sujet «réalisez un auto-grandissement, une contraction pubo-rectale, rentrez le ventre en soufflant et exercer une poussée vers l'extérieur avec la main placée au niveau du genou, alors que celui-ci résiste» [3, 5, 36, 37].



Figure 22 : exercice 13

6.9. Renforcement des muscles transverses de l'abdomen lors du gainage

Le gainage est une technique de renforcement musculaire sur un mode isométrique. Il permet d'améliorer la tonicité globale du corps, de renforcer la musculature destinée à la stabilisation du tronc et d'améliorer le maintien postural par rééquilibration des muscles profonds. Il peut s'effectuer en position ventrale, latérale et dorsale. Les exercices se réalisent en se grandissant (il ne faut pas raccourcir les muscles droits) et en verrouillant le périnée (pour assurer sa protection). Le principe du gainage est de maintenir une posture pendant un temps donné, de ce fait lors des exercices, la respiration s'effectuera essentiellement de façon spontanée, en favorisant l'expiration en rentrant le ventre afin de privilégier le travail des muscles transverses (le sujet ne doit pas travailler en apnée). En progression, nous pourrions jouer sur le temps de maintien de la posture et sur le nombre de répétition [36, 38]

Gainage en position latérale (évoqué dans l'article de Teyhen et al. [13]) : allongé sur le côté, en appui sur l'avant-bras et sur le pied (fig. 23). La consigne demandée au sujet est «soulevez les fesses afin que les jambes et le tronc soient alignés» (fig. 24). La difficulté de l'exercice peut être augmentée en soulevant la jambe supra-latérale [5, 13, 36, 38]



Figure 23 : gainage latéral, position de départ



Figure 24 : gainage latéral, position d'arrivée

Gainage en position ventrale (ANNEXE VII) : allongé sur le ventre, en appui sur les coudes et la pointe des pieds. La consigne demandée au sujet est «soulevez les fesses afin que les jambes et le tronc soient alignés». La difficulté de l'exercice peut être augmentée en soulevant une jambe, ou un bras, ou un bras et la jambe opposée simultanément [5, 36, 38].

Gainage en position dorsale (ANNEXE VII) : allongé sur le dos, genoux fléchis avec les pieds reposant à plat sur le sol, membres supérieurs le long du corps. La consigne

demandée au sujet est «soulevez les fesses afin que les cuisses et le tronc soient alignés». La difficulté de l'exercice peut être augmenté en croisant les bras sur la poitrine, ou en soulevant une jambe, ou les deux associés [5, 36, 37, 38].

Afin d'augmenter la difficulté des exercices, il est possible d'associer à ces derniers un medecine ball ou un ballon de Klein [36, 38].

7. DISCUSSION

7.1. Les signes d'un dysfonctionnement chez le sujet lombalgique

Nous avons vu précédemment (paragraphe 3.4.3.) que les muscles transverses assurent un ajustement postural, par anticipation à la perturbation engendrée par un mouvement de membre, et qu'ils contribuent ainsi à la stabilité vertébrale. Cependant, la fonction posturale des muscles transverses serait altérée en présence d'une lombalgie. Hodges a mis en évidence chez des sujets lombalgiques, que lors d'un mouvement volontaire du membre supérieur, la réponse des muscles transverses est considérablement retardée par rapport à des sujets sains : en effet, ils se contractent après les muscles responsables du mouvement. Le début de l'activité des muscles transverses est significativement différent selon la direction du mouvement du membre et ceux-ci ne sont plus activés indépendamment des muscles abdominaux superficiels [17, 39]. Dans une étude supplémentaire, les mêmes observations ont été constatées lors d'un mouvement du membre inférieur [17, 40].

Ainsi le dysfonctionnement spécifique des muscles transverses dans la lombalgie implique que cet aspect de la stabilité vertébrale est déficient. En effet, l'apparition tardive de la contraction des muscles transverses indiquerait un déficit de commande moteur qui supposerait entrainer une stabilisation musculaire inefficace du rachis [17, 39, 40].

D'autres groupes d'études ont fourni des preuves supplémentaires pour un changement d'activation des muscles transverses chez les patients souffrant de lombalgie. Par l'intermédiaire du test avec le PBU (décrit en 5.5.), elles ont comparé la manœuvre de rentré de ventre chez des sujets sains et chez des sujets lombalgiques chroniques. La majorité des

personnes souffrant de lombalgie ont été incapables de réaliser convenablement le rentré de ventre [31].

7.2. Intérêt de ce type de renforcement

Le renforcement des muscles transverse sollicite les muscles multifides du fait que les exercices soient réalisés en position d'auto-grandissement et renforce ainsi ces derniers. De plus, d'après l'étude de Hides et al, il semblerait que la capacité à contracter les multifides est liée à la capacité à contracter les transverses. Les chances d'une contraction efficace des muscles multifides étant 4,5 fois plus élevées pour des sujets ayant une contraction efficace des transverses : d'où l'importance de la co-contraction entre ces deux muscles [41]. Le renforcement des transverses est également associé à une contraction pubo-rectale afin de protéger le périnée face à l'augmentation de pression intra-abdominale. De ce fait, ce n'est pas seulement les muscles transverses qui sont renforcés, mais l'ensemble de caisson abdominal qui est rééduqué [11].

Que ce passe t-il lors d'un exercice type « crunch » ? Chez un sujet possédant une sangle abdominale compétente avec une bonne tonicité et un périnée tonique et souple, les muscles qui vont se contracter sont les muscles droits, ce qui va provoquer une augmentation de pression intra-abdominale et une diminution de volume. La pression va se répartir en haut vers le diaphragme (celui-ci va remonter légèrement), en arrière vers le colonne lombaire (engendrant une légère délordose) et surtout en bas vers le périnée. Dans ce cas de figure, le périnée va absorber la pression et continuer à assurer sa fonction, mais lorsqu'un sujet ne possède pas une sangle abdominale compétente ou lorsque le périnée déficient, ou les deux associés, lors d'un crunch, les muscles droits vont se contracter, mais pas suffisamment. C'est à ce moment que le corps va compenser par l'intermédiaire d'autres groupes musculaires : le résultat obtenu est à un peu près le même mouvement, mais la répartition des pressions au sein du caisson abdominal est différente. En effet, du fait de la contraction du diaphragme et des muscles du dos, l'augmentation de pression ne pourra plus être compensée vers le haut et vers l'arrière et inévitablement le périnée sera la seule possibilité pour amortir les pressions.

A force de répétitions, celui-ci va se distendre et il ne sera plus capable d'assurer la continence [42].

Le renforcement que nous avons proposé tend à se rapprocher le plus possible de la physiologie du caisson abdominal et à la respecter. L'auto-grandissement permet la répartition des contraintes mécaniques au niveau des disques intervertébraux, protégeant ces derniers. Les exercices proposés semblent donc plus adaptés et préconisés aux patients présentant des douleurs rachidiennes. De plus, il prend en compte les synergies abdomino-périnéales et la contraction pubo-rectale préalable à tout exercice tant à protéger le plancher pelvien : ces exercices présentent donc également un intérêt dans le cadre du post-partum.

Le travail des muscles droits n'est pas une contre-indication au renforcement des muscles transverses, si ceux-ci se trouvent en position d'étirement. Ainsi grâce à l'action des multifides, les droits peuvent être travaillés sans être délétères pour le muscle transverse de l'abdomen.

Cependant, ce renforcement présente une certaine difficulté du fait qu'il demande d'intégrer de nombreux éléments simultanément et demande un apprentissage.

7.3. Les tendances actuelles

Aujourd'hui, il existe de nombreuses méthodes de renforcement visant à avoir des abdominaux dignes d'être exposés à la plage, mais celles-ci restent globalement les mêmes à quelques variantes près. Cependant, depuis quelques années, certaines techniques tendent à inclure les muscles transverses dans leur programme de renforcement. Nous pouvons citer De Gasquet B. avec son livre *Abdominaux, arrêtez le massacre*, Caufriez M. avec son concept de *Gymnastique abdominale hypopressive*, le Pilate, le gainage, le yoga et le concept ABDO-MG® de Guillaume L. [3, 7, 34, 35, 36].

8. CONCLUSION

À ce jour, la technique de rééducation abdominale la plus retrouvée au quotidien est celle mobilisant le thorax par rapport au bassin, ou inversement, sans tenir compte des muscles transverses de l'abdomen, ni des conséquences au niveau du dos et du plancher pelvien. Cependant, ces mouvements nous paraissent éloignés du fonctionnement physiologique de la sangle abdominale. Nous avons mis en évidence les nombreuses synergies qu'il existe entre les muscles transverses et les muscles de la sangle abdominale et du plancher pelvien : en effet, il faut considérer le tout comme un ensemble et non chaque élément séparément. Les abdominaux « traditionnels » semblent bien ancrés dans la pensée des rééducateurs et la prise en compte des muscles transverses dans les programmes de renforcement se heurte premièrement aux habitudes du passé. Quand à l'évaluation des muscles transverses de l'abdomen, il n'y a guère que Lacôte qui propose une évaluation spécifique. Le renforcement de ces muscles doit être associé à un auto-grandissement et une contraction pubo-rectale préalable. La contraction des transverses est réalisée par un rentré de ventre sur le temps expiratoire, mais l'utilisation d'une « fausse » inspiration thoracique ou de la respiration abdominale inversée permet de complexifier les exercices.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **DUFOUR M.** Anatomie de l'appareil locomoteur, tome 3 : tête et tronc. 2^e éd. Issy-Les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2009. 369 p. ISBN : 978-2-294-08057-9.
- [2] **GUILLARME L, CHEMINAL R. HOTTEN C. & XHROUET M.** Abdominaux, nos amis... Kinésithérapie Scientifique. 2007 ; 482 : 17-20.
- [3] **DE GASQUET B.** Abdominaux, arrêtez le massacre. 2^e éd. Paris : Hachette Livre, Marabout ; 2009. 223p. ISBN : 978-2-501-06148-3.
- [4] **DE GASQUET B.** Méthode A.P.O.R. de Gasquet (approche posturo-respiratoire) appliquée à l'abdologie (science des abdominaux). Profession Kinésithérapeute. 2009 ; 22 : 11-16.
- [5] **BENOIT M.** Les muscles abdominaux : quel(s) renforcement(s) ? 2012. 30p. Mémoire Masso-kinésithérapique : Nancy.
- [6] **BOUCHE E.** Qu'est ce que le « transverse de l'abdomen » ? 2010. 44p. Mémoire Masso-kinésithérapique : Nancy.
- [7] **GUILLARME L.** Rééducation thoraco-abdomino-pelvienne par le concept ABDO-MG®. 2^e éd. Paris : Frison-Roche ; 2011. 492 p. ISBN : 978-2-87671-545-5.
- [8] **LACOTE M, CHEVALIER A-M, MIRANDA A. & BLETON J-P.** Évaluation clinique de la fonction musculaire. 7^e éd. Paris : Maloine ; 2014. 613 p. ISBN : 978-2-224-03350-7.
- [9] **L. DRAKE R, VOLG W. & MITCHELL A. V.M.** Gray's anatomie pour les étudiants. 1^{ère} éd. Issy-Les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2006. 1132 p. ISBN : 978-2-84299-774-8.

- [10] **BAKKER E, JOURET C. & BRAGARD D.** Fonctions des muscles abdominaux. Kinésithérapie Scientifique. 2006 ; 464 : 46-49.
- [11] **ARNAULT M.** Reprogrammation du muscle transverse de l'abdomen chez un patient lombalgique chronique. 2013. 27 p. Mémoire masso-kinésithérapie : Vichy
- [12] **URQUHART DM, HODGES PW, ALLEN TJ & STORY IH.** Abdominal muscle recruitment during a range of voluntary exercises. Manuel Therapy. 2005 ; 10(2) : 144-153.
- [13] **TEYHEN DS, RIEGER JL, WESTRICK RB, MILLER AC, MOLLOY JM & CHILDS JD.** Changes in deep abdominal muscle thickness during common trunk-strengthening exercises using ultrasound imaging. Journal of Orthopaedic Sport Physical Therapy. 2008 ; 38(10) : 596-605.
- [14] **VALANCOGNE G.** Dyssynergies abdomino-périnéales. Kinésithérapie Scientifique. 2006 ; 464 : 21-24.
- [15] **HODGES PW & RICHARDON CA.** Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. Exp Brain Res. 1997 ; 114(2) : 362-370.
- [16] **HODGES PW & RICHARDON CA.** Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. Physical Therapy. 1997 ; 77(2) : 132-142.
- [17] **HODGES PW.** Is there a role of transversus abdominis in lumbo-pelvic stability ? Manuel Therapy. 1999 ; 4(2) : 74-86.
- [18] **BEUVELOT C.** La place du couple transverse-diaphragme dans la lombalgie chronique commune. 2014, 30p. Mémoire Masso-Kinésithérapique : Dijon.

- [19] **FAYT C.** Contrôle des muscles abdominaux et du plancher pelvien par le système nerveux centrale. Fonctions des muscles abdominaux. Kinésithérapie Scientifique. 2006 ; 464 : 50-52.
- [20] **DE GASQUET B.** Prévenir et corriger le diastasis des grands droits. Kiné Actualité. 2013 ; 1304 : 18-23
- [21] **ZATTA S.** Comprendre la biomécanique abdominale, travailler les abdominaux dans le bon sens et avec bon sens. Revue de l'Education Physique. 2012 ; 52 : 71-79.
- [22] **GUILLARME L. & CHEMINAL R.** Les synergies abdomino-périnéales. Kinésithérapie Scientifique. 2006 ; 464 : 41-45.
- [23] **ESTRADE J-L.** Multifide et lombalgie. Kinésithérapie La Revue. 2012 ; 12 : 19-22.
- [24] **LARDRY J-M, RAUPP J-C & DAMAS P.** Étude morphologique de la région abdominale. Kinésithérapie la Revue. 2007 ; 72 : 30-36.
- [25] **MICHAUD P.** L'examen du sujet en gymnastique analytique : cahier de formation continue du kinésithérapeute. 1^{ère} éd. Paris : SPEK ; 1985. 130 p. Absence d'ISBN.
- [26] **BEUVELOT C.** La place du couple transverse-diaphragme dans la lombalgie chronique commune. 2014, 30p. Mémoire Masso-Kinésithérapique : Dijon.
- [27] **COLANGELI HAGEGE H.** Paroi abdominale : quelle(s) fonction(s) cherchons-nous à rééduquer ? Kinésithérapie Scientifique. 2014 ; 557 : 7-11
- [28] **GUILLARME L. & XHARDEZ Y.** Rééducation abdomino-expiratoire par le concept ABDO-MG®. Kinésithérapie Scientifique. 2007 ; 476 : 35-49

[29] **MUSCOLINO J-E.** Manuel de palpation osseuse et musculaire : points gâchettes, zones de projection et étirements. 1^{ère} éd. Issy-Les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2010. 544 p. ISBN : 978-2-81010-155-9

[30] **COLN P.** Le PBU ou « Pressure Biofeedback Unit » : un appareil simple qui pourrait permettre de mesurer l'activité du transverse de l'abdomen de manière reproductible. *Kinésithérapie la Revue*. 2012 ; 123 : 14-15.

[31] **DE PAULA LIMA PO, DE OLIVEIRA RR, DE MOURA FILHO AG, FALCAO RAPOSO MC, PENA COSTA LO & CARNEIRO LAURENTINO GE.** Reproducibility of the pressure biofeedback unit in measuring transversus abdominis muscle activity in patients with chronic nonspecific low back pain. *Journal of Bodywork & Movement Therapie*. 2012 ; 16(2) : 251-257.

[32] **VON GARNIER K, KÖVEKER K, RACKWITZ B, KOBER U, WILKE S, EWERT T. & STUCKI G.** Reliability of a test measuring transversus abdominis muscle recruitment with a pressure biofeedback unit. *Physiotherapie*. 2009 ; 95 (1) : 8-1.

[33] **DE PAULA LIMA PO, DE OLIVEIRA RR, PENA COSTA LO & CARNEIRO LAURENTINO GE.** Measurement properties of the pressure biofeedback unit in the evaluation of transversus abdominis muscle activity : a systematic review. *Physiotherapie*. 2011 ; 97(2) : 100-106.

[34] **PAVY-LEBRUN M.** Gymnastique abdominale hypopressive (GAH) : une gymnastique de kinésithérapeute innovante utilisée à titre préventif ou curatif. *Kiné Actualité*. 2007 ; 1084 : 18-21.

[35] **CHOPLIN A, SULTANA R, RUBINO T. & BALLADUR D.** Respiration abdominale inversée : intérêt dans les lombalgies, sciatiques et rachialgies, et dans la manutention de charges. *Kinésithérapie Scientifique*. 2006 ; 472 : 7-13.

[36] **JURAS S & BAICRY J.** Le gainage pour tous : renforcer son corps pour le bien être et la performance. 1^{ère} éd. Éditions. Paris : Christophe Geoffroy. 2007. 239 p. ISBN : 978-2-9513-9714-9.

[37] **ISACOWITZ R. & CLIPPINGER K.** Pilates : anatomie et mouvements. Un guide illustré pour gagner en équilibre et en souplesse grâce au travail au sol. 1^{ère} éd. Paris : Éditions Vigot ; 2012. 189 p. ISBN : 978-2-7114-2177-0.

[38] **ORRIÈRE B.** Le gainage. Kinésithérapie Scientifique. 2015 ; 562 : 55-61.

[39] **HODGES PW. & RICHARDON CA.** Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. J Spinal Discord. 1998 ; 11(1) : 46-56.

[40] **HODGES PW. & RICHARDSON CA.** Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. SPINE. 1996 : 21(22) : 2640-50.

[41] **HIDES J, STANTON W, MENDIS MD. & SEXTO M.** The relationship of transversus abdominis and lumbar multifidus clinical muscle tests in patients with chronic low back pain. Manuel Therapy. 2011 ; 16(6) : 573 – 577.

[42] **DE GASQUET B.** Prévenir et corriger le diastasis des grands droits. Kiné Actualité. 2013 ; 1304 : 18-23

Autres références :

CHATTANOOGA G. Stabilizer Pressure Biofeedback. Operating Instructions. Chattanooga Group Inc, Hixson. 2005 ; 31-43.

www.physioroom.com

www.kilobobo.com/t87-Les-abdominaux-autrement.htm

www.kine-woluwe.be/Les-abdominaux.html

ANNEXES

- **ANNEXE I : anatomie des muscles synergiques et dyssynergiques du muscle transverse de l'abdomen**
- **ANNEXE II : le rôle du postural du muscle transverse de l'abdomen**
- **ANNEXE III : le testing abdominal**
- **ANNEXE IV : évaluation spécifique du muscle transverse de l'abdomen selon Lacôte**
- **ANNEXE V : le PBU, un test controversé**
- **ANNEXE VI : exercices de renforcement utilisés dans l'étude de Teyhen et al.**
- **ANNEXE VII : gainage en position ventral et dorsal**

ANNEXE I : anatomie des muscles synergiques et dyssynergiques du muscle transverse de l'abdomen

• Le muscle droit de l'abdomen :

Origine	5 ^e , 6 ^e et 7 ^e arcs costaux : - Insertion latérale : 5^e côte + cartilage - Insertion moyenne : cartilage 6^e côte - Insertion médiane : cartilage 7^e côte Xiphoïde
Terminaison	Os coxal : - Pubis - Corps - Entre épine et symphyse Expansion au pubis controlatéral
Trajet	Vertical, paramédian (de part et d'autre de la ligne blanche). Polygastrique, car corps entrecoupé de stries tendineuses transversales

• Le muscle oblique externe :

Origine	7 derniers arc costaux (ou 8) : face externe, partie antérieure
Terminaison	Os coxal : - Crête iliaque + épine iliaque antéro-supérieure (EIAS) - Partie antérieure (2/3 antérieur) - Versant latéral Ligne blanche : appendice xiphoïde → symphyse pubienne Ligament inguinal : toute l'étendue Corps du pubis : en 3 piliers - Pilier latéral : épine homolatérale - Pilier médian : épine controlatérale et symphyse pubienne - Pilier postérieur : en arrière de l'épine controlatérale
Trajet	En éventail : en bas, en dedans et en avant

• **Le muscle oblique interne :**

Origine	Os coxal : - Crête iliaque + EIAS - 2/3 antérieur (sur le sommet) Ligament inguinal : 1/3 latéral
Terminaison	Postérieure : 3 dernières côtes et dernier cartilage costal jusqu'au xiphoïde inclus Antérieure : ligne blanche Inférieure : tendon conjoint avec le muscle transverse
Trajet	En éventail : en haut, en dedans et en avant

Actions des muscles abdominaux et innervation :

Action en statique	- C'est l'activité la plus importante - Contention du caisson abdominal - Stabilisation du rachis lombaire
Action en dynamique	Action toujours classées par la direction de fibres et non par muscle : Fibre transversale : rentré de ventre (expiration forcée) Fibres verticales : - Soit flexion du bassin sur le thorax (si thorax fixe) - Soit flexion du thorax sur le bassin (si bassin fixe) Fibres obliques : - Soit rotation du côté de l'oblique interne (si bassin fixe) - Soit rotation du côté de l'oblique externe (si thorax fixe) Globalement : expulsion (miction, défécation, accouchement), toux
Innervation	Globalement : nerf T5, mais surtout T7 à L2

• **Le muscle pubo-rectal :**

Le muscle pubo-rectal est composé de deux faisceaux : un médial (pubien) et un latéral (iliaque), tous deux se terminent par des fibres pré et rétro-rectales. Nous détaillerons ci-dessous uniquement le faisceau pubo-rectal.

Origine	Os coxal : corps du pubis, face postérieure
Terminaison	Pubo-pré-rectal : - En avant du rectum - Centre tendineux du périnée Pubo-rétro-rectal : paroi latérale et bord postérieur du rectum
Trajet	Longe la fente urogénitale
Action	Elle est commune aux deux faisceaux : - Élévateur de l'anus - Partie postérieure : striction du rectum (rapproche la paroi postérieure de l'antérieure) - Partie antérieure : dilate de rectum (tire vers l'avant et le haut) - Hamac pelvien : maintien de la statique du petit bassin

• **Le muscle multifide :**

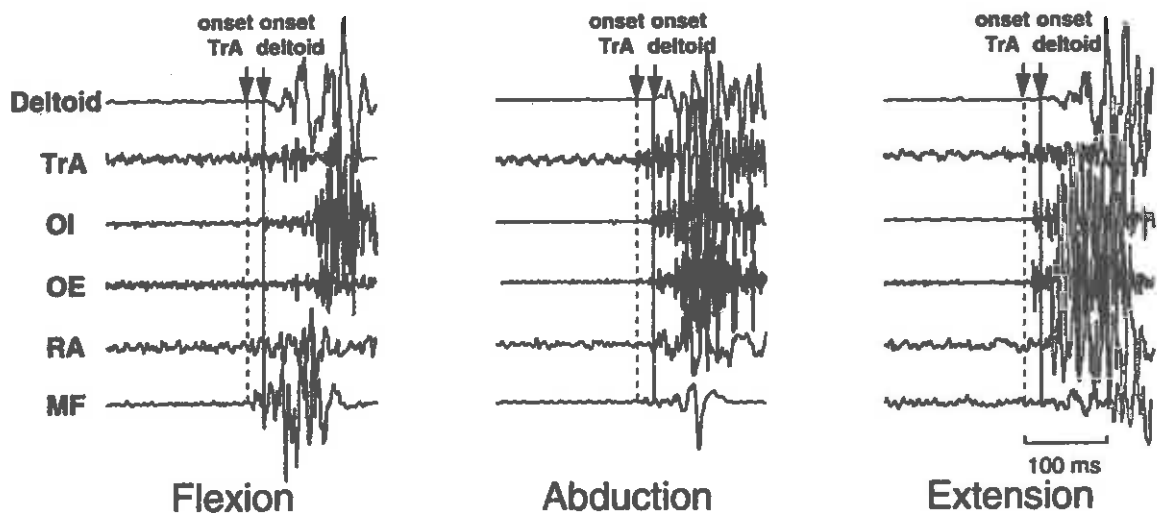
Il possède deux chefs : un court (CM) et un long (LM).

Origine	Sur une vertèbre « n » - CM : processus épineux, partie antérieure - LM : processus épineux, partie postérieure
Terminaison	Sur le processus transverse - CM : de la vertèbre « n + 3 » - LM : de la vertèbre « n + 4 »
Trajet	CM : en dehors et en bas LM : en dehors et très en bas
Action	- Stabilisation intervertébrale - Erection du rachis - Extension du rachis
Innervation	Nerf spinal de l'étage correspondant

- **Le muscle diaphragme :**

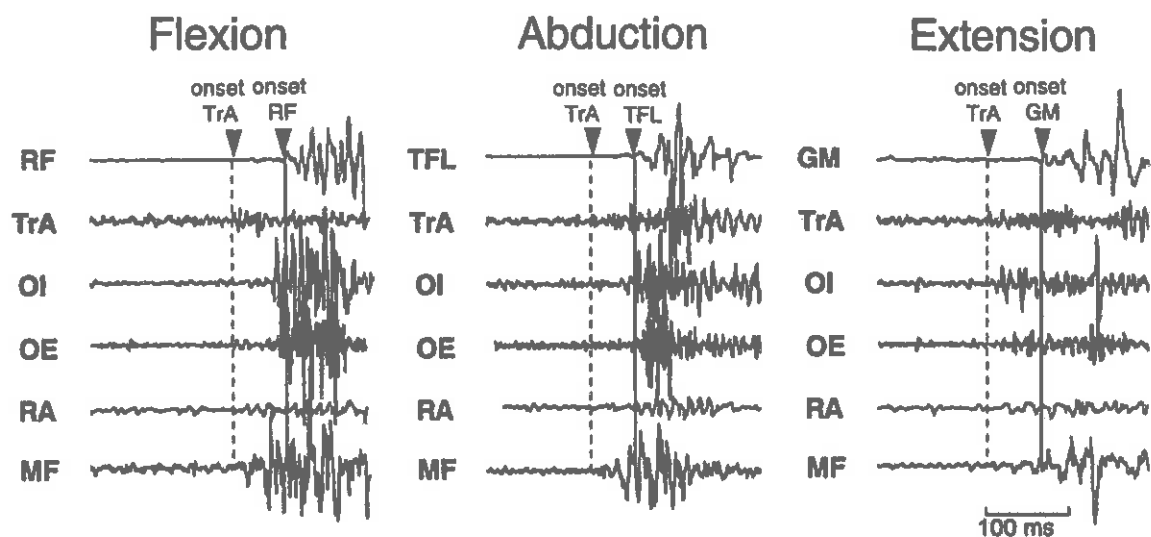
Origine	Rachis : - Pilier principal droit : sur L1, L2, L3 (+/- L4), corps (antéro-droit) - Pilier principal gauche : sur L1 et L2, corps (antéro-gauche) - 2 piliers accessoires : sur L2 - Une arcade d'union : entre les piliers principaux Arcades fibreuses : - Une médiale : corps L2 → transverse de L1 - Une moyenne : transverse de L1 → 12^e côte - Une latérale : 12^e côte → 11^e côte 6 derniers arcs costaux Sternum : appendice xiphoïde
Terminaison	Nappe tendineuse : centre phrénique En forme de trèfle à trois folioles : une ventrale, une droite et une gauche
Trajet	Les fibres convergent crânialement vers le centre phrénique
Action	Sur le caisson thoracique : - Abaissement du centre phrénique - Inspiration (muscle principal) Sur le caisson abdominal : - En statique : stabilisation du rachis - En dynamique : expulsions (défécation, miction, accouchement)
Innervation	Nerfs phréniques droit et gauche (et les 6 derniers nerfs intercostaux pour la proprioception) : C4 (parfois C3 ou C5)

ANNEXE II : le rôle postural du muscle transverse de l'abdomen



Données E.M.G. des muscles recrutés lors d'un mouvement de membre supérieur, selon des directions différentes : flexion, abduction et extension de l'épaule. Le début de l'activité E.M.G. des muscles transverses est représenté par une ligne verticale pointillée et celui du muscle deltoïde par une ligne verticale pleine. Lors d'un mouvement volontaire du membre supérieur, les muscles transverses de l'abdomen se contractent avant le muscle deltoïde. On notera également le changement dans l'enchaînement des muscles droits de l'abdomen (RA), obliques externes (OE), obliques internes (OI) et multifides (MF), en fonction de la direction du mouvement de membre supérieur.

HODGES PW & RICHARDON CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp Brain Res.* 1997 ; 114(2) : 362-370.



Données E.M.G. des muscles recrutés lors d'un mouvement de membre inférieur, selon des directions différentes : flexion, abduction et extension de hanche. Le début de l'activité électromyographique des muscles transverses est représenté par une ligne verticale pointillée et celui du muscle responsable du mouvement par une ligne verticale pleine. Lors d'un mouvement volontaire du membre inférieur, les muscles transverses de l'abdomen se contractent avant les muscles moteurs du mouvement. Nous noterons également le changement dans l'enchaînement des muscles droits de l'abdomen (RA), obliques externes (OE), obliques internes (OI) et multifides (MF), en fonction de la direction du mouvement de membre inférieur.

RF : muscle droit fémoral, TFL : muscle tenseur du fascia lata, GM : muscle grand fessier.

HODGES PW & RICHARDON CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Physical Therapie*. 1997 ; 77(2) : 132-142.

ANNEXE III : le testing abdominal

APPRÉCIATION	TEST	QUALITÉ DE LA RÉPONSE
BON COMPORTEMENT	+ 1	L'abdomen rentre immédiatement et correctement
	0	Pas de problème Une légère poussée est ressentie sous la main mais la réponse finale est un rentré de ventre Signes pathologiques
	- 1	L'abdomen effectue une poussée sur la main et l'augmentation de pression est nettement ressentie
MAUVAIS COMPORTEMENT	- 2	La poussée sur la main est importante et impossible à maîtriser
	- 3	Le bombement est impressionnant avec hyperlordose et signes évocateurs de troubles fonctionnels (fuites d'urine, de gaz, douleurs lombaires, etc.)

GUILLARME L. & XHARDEZ Y. Rééducation abdomino-expiratoire par le concept ABDO-MG®. Kinésithérapie Scientifique. 2007 ; 476 : 35-49.

**ANNEXE IV : évaluation spécifique du muscle transverse de l'abdomen
selon Lacôte**

Cotation	Position du sujet	Consigne demandée au sujet	Résultat obtenu
Cotation 0	En décubitus dorsal, avec un coussin sous les genoux, membres supérieurs le long du corps	«Tousser»	Saillie de l'abdomen lors de la toux
Cotation 1	En décubitus dorsal, avec un coussin sous les genoux, membres supérieurs le long du corps	«Souffler»	La paroi abdominale reste immobile lors de l'expiration
Cotation 2 :	En décubitus dorsal, avec un coussin sous les genoux, membres supérieurs le long du corps	«Souffler»	Dépression au niveau de la paroi abdominale
Cotation 3 :	En quadrupédie, cuisses et bras verticaux, rachis aligné	«Souffler»	Dépression au niveau de la paroi abdominale (tout en gardant le rachis immobile)
<i>Variante de la cotation 3</i>	<i>Assis, bras en abduction avec les mains à la nuque</i>		
Cotation 4	En décubitus dorsal avec un coussin sous les genoux, membres supérieurs le long du corps	«Inspirez, réaliser une apnée. Puis sans soufflez, rentrez le ventre»	Dépression au niveau de la paroi abdominale
Cotation 5	En quadrupédie, cuisses et bras verticaux, rachis aligné	«Inspirez, réaliser une apnée. Puis sans soufflez, rentrez le ventre»	Dépression au niveau de la paroi abdominale

<i>Variante de la cotation 5</i>	<i>En décubitus dorsal, genoux fléchis avec les pieds reposant à plat sur la table, membres supérieurs le long du corps</i>	<i>«Inspirez, réaliser une apnée. Puis sans soufflez, rentrez le ventre»</i>	<i>Le sujet est capable de soulever les pieds de la table</i>
<i>Autre variante de la cotation 5</i>	<i>Assis ou debout</i>	<i>«Souffler dans le spiromètre ou spiropgraphe»</i>	<i>Dépression au niveau de la paroi abdominale</i>

LACOTE M, CHEVALIER A-M, MIRANDA A. & BLETON J-P. Évaluation clinique de la fonction musculaire. 7^e éd. Paris : Maloine ; 2014. 613 p. ISBN : 978-2-224-03350-7.

ANNEXE V : le P.B.U., un test controversé

La fiabilité du test par l'intermédiaire du P.B.U. est controversée : l'étude de Paula Lima et al, parue en 2011, a évalué la reproductibilité inter et intra-évaluateur du P.B.U. pour mesurer l'activité musculaire des transverses de l'abdomen, chez 50 patients atteints de lombalgie chronique non spécifique. Et a comparé ses résultats aux études antérieures. Paula Lima et al. concluent à une excellente reproductibilité intra-évaluateur : leurs résultats sont similaires aux études de Costa et al (2004, 2006), Figueiredo et al. (2005), von Garnier et al. (2009), mais différent des résultats obtenus par Storheim et al. (2002) où la reproductibilité intra-évaluateur est considérée comme faible. De même, ils ont trouvé une excellente reproductibilité inter-évaluateur, ce qui coïncide avec l'étude de Figueiredo et al. (2005), mais pas avec celles de von Garnier et al. (2009) où celle-ci était faible voire satisfaisante. Ces écarts peuvent être dus à des différences méthodologiques entre les études, telles que la taille des échantillons, les différentes méthodes d'analyse statistique, la normalisation de la respiration pendant les essais, ou les critères adoptés pour recueillir les données de pression : en effet, on peut constater que certains auteurs ont collectés un pic de contraction musculaire tandis que d'autres ont recueilli la valeur la plus stable pendant une période de temps :

- Richardson et al. (2004) : ont recueilli une réduction de pression de 4 à 10 mmHg pendant 10 secondes.
- Costa et al. (2006) et Storheim et al. (2002) : ont signalé une réduction de pression maximale pendant 2 secondes sur un délai de 8 – 10 secondes.
- Von Garnier et al. (2009) : une diminution d'au moins 1 mmHg pendant 4 secondes dans un délai de 10 secondes).

Les critères d'inclusion et d'exclusion des participants à l'étude peuvent également être source d'erreur. Costa et al. (2004, 2006), Figueiredo et al (2005) et Storheim et al (2002) ont réalisé leur études uniquement sur des individus sains. Seuls les études menées par Hodges et al. (1996) et von Garnier et al. (2009) ont recruté des volontaires souffrant de lombalgies. De plus, il a été constaté, que les personnes ayant des antécédents de lombalgies chroniques non spécifiques ont des difficultés à effectuer une contraction correcte des muscles transverses.

Gouveia (2008), Hodges (1999) et Richardson et Jull (1995) et Cairns et al. (2000) ont évalué deux groupes lors de leur étude : sujets symptomatiques et sains. En effet, ils ont observé que les résultats obtenues pour les patients souffrant de lombalgie étaient différents de ceux obtenus pour les sujets en bonne santé.

DE PAULA LIMA PO, DE OLIVEIRA RR, DE MOURA FILHO AG, FALCAO RAPOSO MC, PENA COSTA LO & CARNEIRO LAURENTINO GE. Reproducibility of the pressure biofeedback unit in measuring transversus abdominis muscle activity in patients with chronic nonspecific low back pain. *Journal of Bodywork & Movement Therapie*. 2012 ; 16(2) : 251-257.

VON GARNIER K, KÖVEKER K, RACKWITZ B, KOBER U, WILKE S, EWERT T. & STUCKI G. Reliability of a test measuring transversus abdominis muscle recruitment with a pressure biofeedback unit. *Physiotherapie*. 2009 ; 95 (1) : 8-14

ANNEXE VI : exercices de renforcement utilisés dans l'étude de Teyhen et al.

Abdominal Drawing-in Maneuver

Starting position (FIGURE A1): The subject was supine in the standard sit-up position, knees bent at 90°, with hands folded across the chest.

Exercise instructions (FIGURE A1): On the command "Begin exercise," the subjects were instructed to "take a breath in and after you exhale pull your belly button in and back" towards their spine.



FIGURE A1. Start and end position for the abdominal drawing-in maneuver and the start position for the abdominal crunch.

Abdominal Crunch

Starting position (FIGURE A1): The subject was supine in the standard sit-up position, knees bent at 90°, and hands folded across the chest.

Exercise instructions (FIGURE A2): On the command "begin exercise," the subjects contracted the abdominal muscles by drawing the belly button inwards (toward the spine), then raised the head and shoulders upwards until the shoulder blades cleared the table. Subjects held this position until told to return to the starting position.



FIGURE A2. End position for the abdominal crunch.

Abdominal Sit-Back

Starting position (FIGURE A3): The subject started in the "up" position of the standard sit-up, with the arms folded across the chest and the feet secured to the pánth.

Exercise instructions (FIGURE A4): On the command "Be-



FIGURE A3. Start position for the abdominal sit-back.

gin exercise," subjects kept their arms folded across the chest, contracted the abdominal muscles by drawing the belly button inwards (toward the spine), and slowly lowered the upper body until they lightly felt the wedge against their back.



FIGURE A4. End position for the abdominal sit-back.

Quadruped Opposite Upper and Lower Extremity Lift

Starting position (FIGURE A5): The subject was on the hands and knees with back flat while looking forward.

Exercise instructions (FIGURE A6): On the command "Begin exercise," subjects contracted the abdominal muscles by drawing the belly button inwards (toward the spine), then slowly raised the left upper extremity and right lower extremity until they were horizontal with the trunk. They maintained a straight line with the trunk, upper extremity, and lower extremity, while avoiding trunk rotation and not allowing the back to sag. Subjects held this position until told to return to the starting position.



FIGURE A5. Start position for the quadruped opposite upper and lower extremity lift.

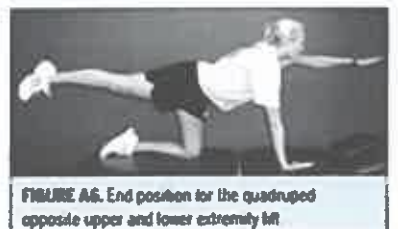


FIGURE A6. End position for the quadruped opposite upper and lower extremity lift.

Supine Lower Extremity Extender

Starting position (FIGURE A7): The subject was supine with the hips and knees bent at 90° and hands folded across the chest. A sphygmomanometer cuff (not shown) pre-inflated to 40 mmHg was placed under the lower back to help ensure proper position throughout the exercise.



FIGURE A7. Start position for the supine lower extremity extender.

Exercise instructions (FIGURE A8): On the command "Begin exercise," subjects contracted the abdominal muscles by drawing the belly button inwards (toward the spine), and slowly lowered their feet until they lightly touched the table. Subjects held this position until told to return to the starting position.



FIGURE A8. End position for the supine lower extremity extender.

Additional instructions: When performing this exercise, subjects maintained a neutral spine posture, which was monitored by maintaining contact between the lower back and a sphygmomanometer cuff (not pictured) pre-inflated to 40 mmHg.

Horizontal Side-Support

Starting position (FIGURE A9): The subject was on the right side, supported by the elbow, forearm, and fist, and keeping the lower extremities straight.



FIGURE A9. Start position for the horizontal side-support.

Exercise instructions (FIGURE A10): On the command of "begin exercise," subjects contracted the abdominal muscles by drawing the belly button inwards (toward the spine), firmly pressed into the table with the supporting arm, then raised the trunk and pelvis upwards until they formed a straight line with the lower extremities.



FIGURE A10. End position for the horizontal side-support.

Additional instructions: Subjects did not let the trunk rotate forward or backward, nor the hips move toward the rear.

TEYHEN DS, RIEGER JL, WESTRICK RB, MILLER AC, MOLLOY JM & CHILDS JD. Changes in deep abdominal muscle thickness during common trunk-strengthening exercises using ultrasound imaging. *Journal of Orthopaedic Sport Physical Therapy.* 2008 ; 38(10) : 596-605.

ANNEXE VII : gainage en position ventral et dorsal

Gainage en position ventrale :



Position de départ



Position d'arrivée

Gainage en position dorsale :



Position de départ



Position d'arrivée