

Els Bakker<sup>a</sup>  
Cécile Fayt<sup>b</sup>

## Proposition d'un modèle fonctionnel de la continence pour le diagnostic et la rééducation de l'incontinence urinaire à l'effort

*A proposed functional model for stress urinary incontinence diagnosis and rehabilitations*

La compréhension des mécanismes de l'incontinence urinaire à l'effort permet de la diagnostiquer avec plus de précision. Le plan thérapeutique se construit plus efficacement.



### Résumé

**Objectif :** Les mécanismes qui mènent à une incontinence urinaire à l'effort (IUE) ne peuvent, d'un point de vue fonctionnel, que partiellement être expliqués par la perte de la force musculaire des muscles du plancher pelvien (MPP) et/ou par l'augmentation de la pression intra-abdominale (PIA). Nous avons donc voulu étudier les mécanismes complexes qui mènent à une incontinence urinaire lors de l'augmentation de la PIA en l'absence de contraction détroisoriennne afin d'établir un diagnostic fonctionnel précis.

**Méthode :** Le lien très étroit entre les lombalgies chroniques (LC) et les IUE nous a incités à une analyse approfondie de la littérature relative aux similitudes dans la physiopathologie menant à ces deux conditions.

**Résultats :** Nous vous proposons un Modèle Fonctionnel de la Continence, inspiré de celui proposé par Lee-Vleming pour les lombalgies chroniques, qui vous permet d'établir avec exactitude l'(les) origine(s) du problème afin de pouvoir déterminer le traitement le plus adéquat parmi toutes les techniques kinésithérapeutiques à notre disposition. Il ne s'agit donc nullement d'établir une hiérarchisation des techniques, mais bien de sélectionner le traitement le plus approprié en fonction de notre diagnostic fonctionnel. Il va de soi que notre choix final de la technique rééducative doit être basé au maximum sur les résultats de la littérature scientifique (EBM).

**Niveau de preuve:** 3 (études diagnostiques)

### MOTS CLÉS

Incontinence urinaire à l'effort – Muscles du plancher pelvien – Stabilisateurs lombo-pelviens – Bassin – Contrôle postural

© 2009, Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

### Summary

**Objective:** From a functional point of view, loss of strength in pelvic floor muscles and/or increased intra-abdominal pressure are insufficient to fully explain the mechanisms underlying stress urinary incontinence. We studied the complex mechanisms leading to urinary incontinence in a context of increased intra-abdominal pressure and the absence of detrusor contraction in order to establish a precise functional diagnosis.

**Method:** Considering the strong link between chronic lower back pain and stress urinary incontinence, we performed an extensive database search on the pathogenic similarities leading to these two conditions.

**Results:** Based on our findings, we propose a functional model of incontinence inspired by the model proposed by Lee-Vleming for chronic lower back pain. With this model, the origin(s) of the problem can be established with certainty, so that the most adequate treatment can be chosen among the different physical therapy techniques available. No attempt is made to establish a hierarchy between the different techniques but rather to select the most appropriate treatment depending on the functional diagnosis. This enables an evidence-based choice of the rehabilitation technique.

**Level of evidence:** 3 (diagnosis studies).

### KEY WORDS

Stress urinary incontinence – Pelvic floor muscles – Lombo-pelvic stability – Pelvis-postural control

© 2009, Elsevier Masson SAS. All rights reserved

### Introduction

L'utilisation d'un « Modèle Fonctionnel de la Continence (MFC) », inspiré du modèle fonctionnel de Lee-Vleming, permet de mieux comprendre les mécanismes très complexes de la continence. C'est incontestablement le dia-

gnostic fonctionnel précis de l'origine des pertes urinaires lors de l'augmentation de la pression intra-abdominale (incontinence urinaire à l'effort) qui va nous permettre un choix pertinent parmi toutes les techniques rééducatives. Nous vous proposons dans cet article, après la pathogenèse

de l'incontinence urinaire, un modèle pour vous aider dans la démarche diagnostique en analysant chaque élément isolément, pour ensuite terminer par l'analyse des interactions entre chaque élément et les conséquences pour notre rééducation.

## Pathogénèse

Dans le cadre de la physiopathologie de l'incontinence urinaire à l'effort, l'enceinte abdominale a été longtemps considérée comme une enceinte manométrique, fonctionnant comme un tout indissociable, et où s'appliqueraient les lois de Pascal [1]. Cette enceinte abdominale est limitée au niveau cranial par le diaphragme thoracique, au niveau antéro-latéral par les muscles abdominaux et les aponévroses, et au niveau dorsal par une paroi ostéo-musculaire. Le plancher pelvien (PP), avec son mélange de structures passives (les fascias) et actives (muscles du plancher pelvien – MPP), forme la limite caudale. Toutefois le contenu non rigide et les parois déformables et indéformables présente des résistances variables et la théorie de Pascal n'est pas applicable à cette enceinte. Guillaume a proposé en 2004 un modèle mathématique relatif aux fluctuations/directions des pressions dans cette enceinte thoraco-abdomino-pelvienne [2].

Aussi bien dans le modèle de l'enceinte unique que dans le modèle mathématique de Guillaume, le diaphragme thoracique, par son action dans la respiration, est la structure qui permet de réguler et/ou gérer et/ou diriger les pressions intra-abdominales (PIA). Le PP devant lui s'oppose efficacement aux augmentations de la PIA. Dans cette logique, l'incontinence urinaire à l'effort (IUE) est due à une défaillance des structures constituant le PP d'une part et à la transmission ou l'excès des PIA d'autre part.

Ces hypothèses étaient basées sur les observations suivantes:

- les exercices de renforcement des MPP, ayant pour objectif de guérir ou réduire l'IUE ont montré une certaine efficacité [3];
- le lien très étroit entre les lésions du fascia endopelvien et les IUE, mis en évidence par De Lancey en 2003 [4], a permis de mieux comprendre le rôle des fascias dans les mécanismes menant à l'IUE, et surtout de développer une technique chirurgicale de mise en place d'une bandelette sous-urétrale (TVT, TOT, etc.);

- les augmentations de pression intra-abdominale (PIA) ont été décrites par Hunskaar et Wilson en 2002 comme étant responsables des atteintes au niveau des structures de support, suite à une sollicitation excessive chronique [5].

Malheureusement les modèles ne répondent pas à toutes nos questions:

- les effets bénéfiques des exercices de renforcement des MPP disparaissent déjà au bout d'un an selon certains auteurs, au bout de 3 ans pour d'autres [6-8]. De plus Bo et Talseth ont démontré dans leur suivi de 5 ans que l'IUE augmentait de manière significative après l'arrêt de l'entraînement des MPP, malgré une bonne force musculaire de ces derniers [3];
- les opérations des bandelettes comportent certains risques: de novo instabilité vésicale, obstruction, érosion, troubles sexuels, etc.; [9].
- à ce jour, aucune étude ne peut confirmer l'hypothèse de Hunskaar et Wilson quant aux effets des PIA sur le PP.

Ceci nous force à constater que les mécanismes qui mènent à l'IUE chez les femmes ne peuvent donc, d'un point de vue fonctionnel, que partiellement être expliqués par la perte de la force musculaire des MPP et/ou par l'augmentation de la PIA. Une perturbation de la stabilité abdomino-lombo-pelvienne, et notamment la perte de l'activation posturale anticipatrice (la pré-contraction) des MPP, déjà décrites par Constantinou en 1981 et par Bo en 2003 [10,11], ont été récemment évoquées comme des facteurs favorisant le développement de l'IUE par une équipe australienne [12].

Pour mieux comprendre ce mécanisme de stabilisation, Bergmark [13] propose un modèle qui distingue deux groupes musculaires:

- « les stabilisateurs locaux » (fonction stabilisatrice) sont des muscles profonds dont les fibres s'insèrent sur chacune des vertèbres lombaires, réalisant une série de jonctions intersegmentaires. Les muscles transverses de l'abdomen (TrA), multifide (MF) et MPP font partie de ce groupe. Ce système contrôle la rigidité et la cohésion intervertébrale;
- « les stabilisateurs globaux » (fonction mobilisatrice) correspondent à des muscles dont les insertions principales sont sur le bassin et le thorax plutôt que sur les vertèbres lombaires. Ce groupe inclut notamment les muscles abdominaux superficiels (Rectus Abdomini [RA], Obliques Externes [OE], Obliques Internes [OI], la portion latérale du carré des lombes et les composantes latérales du groupe des érecteurs spinaux (longissimus et ilio-costal). Ce système intervient dans l'orientation et l'équilibration du tronc face aux perturbations extérieures.

Hodges et son équipe ont largement étudié les effets d'une perturbation posturale, liée à l'exécution d'un mouvement volontaire, sur les différents muscles de la cavité abdominale [14].

D'une manière générale, les muscles stabilisateurs globaux se contractent APRES le début du mouvement perturbateur (feed-back). Ils sont actifs lorsqu'ils peuvent compenser la perturbation posturale et sont inhibés dans les autres cas.

a. PT, PhD  
b. MD, PhD  
Unité Recherche  
IES Parnasse - Deux Alice  
HE L de Vinci  
84, Av Mounier  
B-1200 Bruxelles  
ebakker@belgacom.net  
Article reçu le 05/01/2009  
Accepté le 28/05/2009

À l'opposé, les muscles stabilisateurs locaux (TrA & MF) sont activés AVANT l'initiation du mouvement perturbateur (feedforward). Cette réponse assure au corps l'ajustement postural anticipateur (APA) en rigidifiant les segments vertébraux lombaires [15,16]. Les muscles du plancher pelvien et le diaphragme présentent le même schéma d'activation que les stabilisateurs locaux [17,18]. Ces stabilisateurs locaux, y compris les MPP, réagissent avec leur contraction anticipée comme s'ils créaient un cylindre indéformable sur la partie basse de l'abdomen, et méritent une attention toute particulière [19].

Les patients souffrant de lombalgie chronique et les femmes présentant une IUE perdent ce mécanisme protecteur de la région lombo-pelvienne: lorsque ces sujets sont soumis à une perturbation posturale liée au mouvement volontaire du membre supérieur, la contraction des stabilisateurs locaux est retardée au-delà du début de l'activation du muscle deltoïde [12, 20, 21].

Chez la femme IUE, la déficience du cylindre protecteur va, dans un premier temps, être compensée par une contraction volontaire maximale des MPP avant l'effort (le verrouillage périnéal) afin d'éviter les pertes [22]. Lors de l'aggravation des pertes involontaires, l'intensité de la contraction des MPP diminue de plus en plus (épuisement du muscle?) et les patientes compensent cette perte de force des MPP par une contraction globale impliquant les muscles superficiels de l'abdomen tels que RA et les OE.

Chez les patients lombalgiques, cette perte des APA et la plus grande implication des muscles stabilisateurs globaux apparaissent plus comme étant le résultat d'un changement de stratégie posturale que celui d'une réaction à la douleur en tant que telle [23]. Récemment, Tsao et ses collaborateurs ont montré que ce changement de contrôle postural était associé à un élargissement et à un déplacement de la zone du cortex moteur primaire évoquant la réponse motrice du TrA [24]. L'ampleur de cette réorganisation corticale est corrélée avec le retard d'activation du TrA. À l'inverse chez la femme IUE, l'entraînement des MPP avec biofeedback pendant 12 semaines s'accompagne d'une diminution du nombre de régions corticales activées pendant la contraction volontaire de ces muscles [25]. Suite à ce traitement, les auteurs observent une activation plus focalisée des zones corticales sensorielles et motrices primaires en relation avec le tractus uro-génital inférieur ainsi qu'une diminution de l'activation de l'insula droite et du cortex cingulaire antérieur [25]. Selon les auteurs de cette étude, ces changements seraient liés à un contrôle moteur plus efficient des MPP et à une réduction de la charge émotionnelle liée aux sensations viscérales.

La détérioration du contrôle postural chez le sujet lombalgique et le réentraînement des MPP chez la femme IUE apparaissent donc tous les deux associés à des phénomènes de plasticité cérébrale, avec dans le premier cas une diffusion de l'activation corticale et dans le second cas une refocalisation de celle-ci.

Le changement de stratégie posturale observé dans les deux situations cliniques serait ainsi orchestré au niveau cortical. Il pourrait résulter en partie d'une adaptation cognitive motivée par la peur: peur de ressentir la douleur chez le sujet lombalgique [26], peur d'avoir une perte urinaire chez la femme IUE. Les sujets essaieraient de diminuer les symptômes, et donc de rendre la situation plus supportable émotionnellement, en utilisant un autre répertoire de réponses motrices stabilisatrices. Toutefois, ces modifications de réponse posturale seraient délétères à long terme chez le sujet lombalgique (la perte du contrôle moteur sélectif, la compression accrue au niveau des structures vertébrales seraient elles-mêmes des facteurs de risque pour l'apparition de douleur et de lésions, entraînant le sujet dans un cercle vicieux [27]) et chez les femmes IUE. Ces dernières subissent des pertes plus importantes par épuisement des MPP [12].

**En résumé**

L'incontinence urinaire à l'effort n'est donc effectivement pas une simple question de pression de clôture, mais le

- Restaurer le "form closure" dans la région pelvienne
  - Harmonisation osseuse du bassin
  - Techniques manuelles d'harmonisation
  - Restaurer la bonne posture
  
- Restaurer la « force closure » dans la région pelvienne
  - Entraînement des MPP
    - Electro-stimulation
    - Biofeedback :
      - Pression
      - EMG externe ou interne
      - Ultrasons pour intégration fonctionnelle
      - Cônes vaginaux
    - Contraction volontaire rapide et lente
    - Co-contraction abdomino-pelvienne
  - Entraînement des MA
    - Exercices hypopressifs (Caufrier)
    - Exercices posturaux (de Gasquet)
    - Exercices par concept Abdo-MG (Guillarme)
    - Exercices inspirés de Pilates
    - .....
  
- Restaurer le contrôle moteur
  - Entraînement pour restaurer la coordination des AM et MPP
  - Corriger la respiration
  - Apprendre des stratégies pour réduire l'activité excessive des muscles superficiels
  - Entraînement progressif d'un programme de stabilisation pour .....
  
- Corriger le comportement
  - Prise de boisson
  - Passage aux toilettes
  - .....

Figure 1. Traitements en rééducation pelvi-périnéale.

symptôme d'un dysfonctionnement d'un ensemble de facteurs structuraux et fonctionnels, avec une modification probable du contrôle postural. Il est important de bien analyser tous les mécanismes qui influencent le fonctionnement normal afin de mettre en place un traitement efficace dans le cadre de la prise en charge kinésithérapique.

### Diagnostic fonctionnel

Il est primordial de déterminer avec exactitude l'(les) origine(s) du problème afin de pouvoir déterminer le traitement le plus adéquat parmi toutes les techniques kinésithérapiques à notre disposition (figure 1). Il ne s'agit donc nullement d'établir une hiérarchisation des techniques, mais bien de sélectionner le traitement le plus efficace en fonction de notre diagnostic fonctionnel. Il va de soi que notre choix final de la technique rééducative doit au maximum être basé sur les résultats de la littérature scientifique (EBM).

Afin de permettre une meilleure analyse des différents mécanismes menant à des IUE, nous proposons l'utilisation d'un « Modèle Fonctionnel de la Continence (MFC) », inspiré du modèle fonctionnel de Lee-Vleming [28]. Dans ce MFC (figure 2), chaque élément isolé peut être déficitaire ou excessif. Dès lors nous devons débiter notre bilan par l'analyse de l'intégrité de chaque élément isolé : *form closure* (os et ligaments, fascia), *force closure* (contrôle musculo-squelettique), contrôle moteur (intégrité des structures nerveuses), les émotions et le comportement (figure 3). Ce n'est que si chaque élément fonctionne correctement que nous devons nous assurer que tous les éléments interagissent efficacement entre eux pour générer une réponse automatique posturale anticipative (APA).

### Prise en charge

Lors de la rééducation, nous devons tenir compte des effets périphériques (normalisation du muscle) et des effets centraux (modifications de l'organisation du contrôle moteur) des techniques de rééducation utilisées. Une bonne compréhension des mécanismes d'adaptation mis en place par le patient pour réduire ses symptômes et de leur impact possible sur l'organisation des circuits du contrôle moteur est indispensable. Une rééducation efficace doit viser une amélioration à long terme des mécanismes de stabilisation de l'enceinte abdomino-lombo-pelvienne, d'abord par un renforcement des muscles stabilisateurs locaux et globaux du tronc, y compris les MPP, ensuite par leur sollicitation dans des exercices faisant intervenir des APA. Seul le renforcement d'un contrôle postural approprié

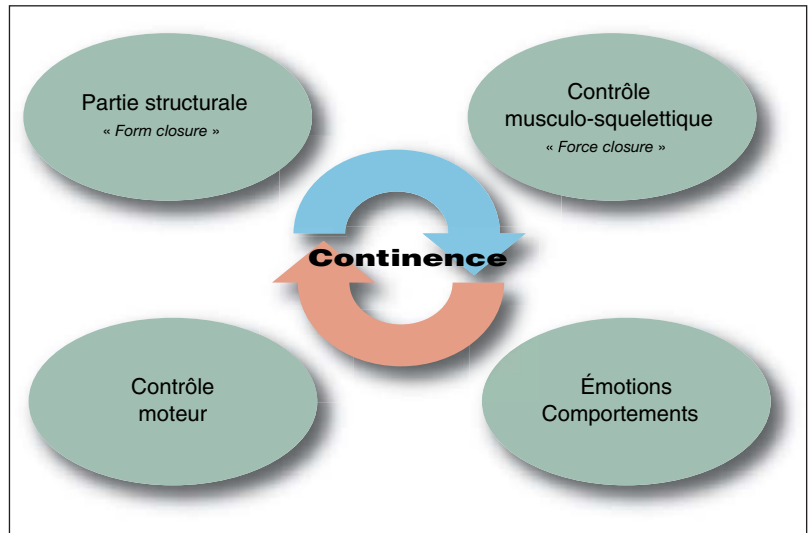


Figure 2. Modèle Fonctionnel de la Continence (MFC), qui visualise l'importance de l'interaction entre les différents éléments, qui n'est possible que si chaque élément garde son intégrité.

peut garantir à long terme la stabilité lombo-pelvienne et par conséquent l'intégrité des structures du petit bassin.

### Effets périphériques

#### Muscles du plancher pelvien

Ne perdons surtout pas de vue que ces co-activations automatiques (APA) ne sont possibles que si les MPP sont fonctionnels. Il est donc indispensable, avant tout travail global, de vérifier la capacité des MPP de pouvoir se contracter et de se relâcher afin d'effectuer un mouvement normal (attention au bassin osseux : nutation, luxation du coccyx, Comme décrite plus haut la contraction des MPP peut être volontaire ou automatique : dans cette partie de notre rééducation nous allons nous intéresser à la contraction volontaire, la co-contraction et la contraction en feedback (figure 4). Pour obtenir une contraction des MPP nous pouvons utiliser différentes voies : la contraction volontaire isolée, la co-activation par le Tra tel que décrites par Sapsford [29,30], la co-contraction abdomino-pelvienne (technique de Guillaume [2]), les techniques posturales (De Gasquet, Pilates), ou encore la contraction réflexe en feedback (techniques hypopressives [31]). Toutes ces techniques gardent leur place dans la rééducation pelvienne. Attention, en présence d'une hypertonie, il faut toujours d'abord lever les syndromes excessifs.

#### Stabilisateurs locaux et globaux

Les abdominaux, si longtemps considérés comme destructeurs et générateurs d'hyperpressions abdominales et des mouvements parasites dans le cadre de notre rééducation pelvienne, reviennent sur l'avant-scène. Nous pouvons nous servir des techniques décrites sous « Muscles du plancher pelvien ».

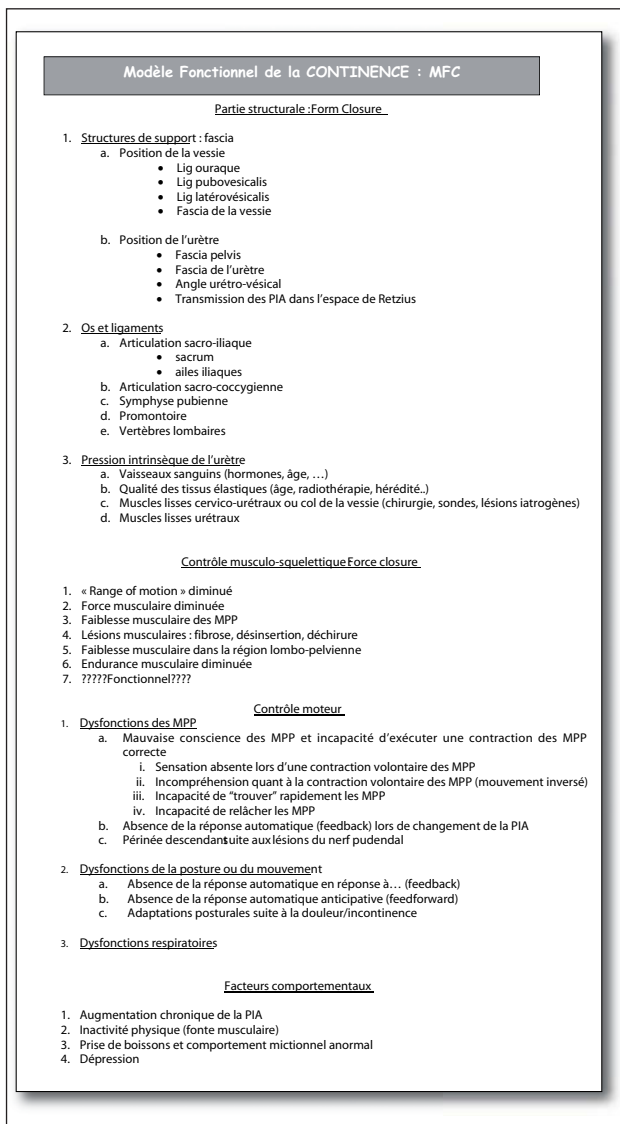


Figure 3. Modèle fonctionnel de la continence : analyse de l'intégrité de chaque élément isolé.

L'électrostimulation reste un outil très intéressant si le patient est incapable de contracter les MPP, malgré une bonne relaxation, avec un testing périnéal < 3, le bio-feed-back (testing > 3) permet de mieux visualiser cette contraction et donc de favoriser la refocalisation au niveau cortical.

### Effets centraux

Il existe un lien fonctionnel étroit entre les différents muscles de la cavité abdominale, principalement les muscles TrA et MF et les MPP. Ces muscles stabilisateurs locaux sont les principaux acteurs dans la stabilisation de la région lombo-pelvienne. Ils travaillent en synergie, de façon coordonnée, afin d'augmenter la PIA tout en protégeant à la fois la colonne lombaire et le périnée. On constate une amélioration de l'activation posturale antici-

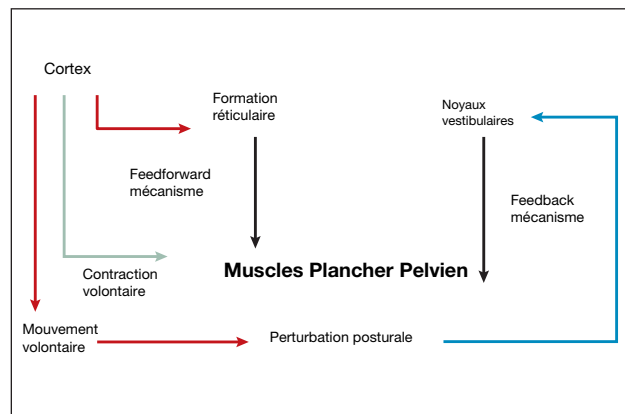


Figure 4. Schéma des différentes activations possibles des muscles du plancher pelvien.

pée impliquant le TrA chez le sujet lombalgique suite à un entraînement isolé de ces muscles [32, 33]. Comme chez la femme IUE après un entraînement des MPP, cette amélioration de la réponse posturale du TrA pourrait être liée à une refocalisation de la zone de représentation corticale motrice de ce muscle, à la fois utile pour la commande volontaire et pour les messages à destination de la formation réticulée régulant les APA [34, 35].

Il va donc falloir établir un programme d'exercices qui sollicitent tous les muscles comme un groupe interactif. Une fois que le patient réussit à stabiliser ce cylindre, on peut introduire les mouvements des membres supérieurs et inférieurs. Après, on peut compliquer les exercices en introduisant le ballon. Le but étant de restaurer ces automatismes dans la vie quotidienne de nos patient(e)s.

### Conclusion

L'incontinence urinaire à l'effort n'est pas un diagnostic mais le symptôme d'un dysfonctionnement d'un ensemble de facteurs structuraux et fonctionnels. Il est important de bien comprendre ces mécanismes afin d'établir un traitement efficace dans le cadre de la prise en charge kinésithérapique. Il faut être conscient de la nécessité d'individualiser les prises en charge associées au déficit fonctionnel d'un de ces muscles de par leur situation, leur mode d'action individuel et la relation étroite entre les divers intervenants musculaires. Que ce soit un problème lombaire, respiratoire ou périnéal, il faut éviter de se focaliser sur un seul système mais au contraire, essayer de considérer le tout comme un ensemble formé de parties interactives, afin de rétablir un contrôle postural correct. Il semble donc que les muscles stabilisateurs locaux, y compris les MPP, créant un cylindre indéformable sur la partie basse de l'abdomen méritent une attention toute particulière dans notre prise en charge pour IUE. ■

## RÉFÉRENCES

- Cresswell AG, Grundström H, Thorstensson A. Observations on intra-abdominal pressure and patterns of abdominal intra-muscular activity in man. *Acta Physio Scand* 1992;144:409-18
- Guillaume L. Rééducation thoraco-abdomino-pelvienne par le concept Abdo-MG. 2004. Ed Frison Roche.
- Bø K, Talseth T, Holme I. Single blind RCT of PFM, electrostimulation, cones, and no treatment in SUI. *Brit Med J* 1999; 318: 487-93
- De Lancey JOL. The pathophysiology of stress urinary incontinence in women and its application for surgical treatment. *World J Urol* 1997;15:268-74.
- Hunnskaar S, Burgio K. Epidemiology and natural history of UI. In Abrams P Incontinence. Plymbridge Distributor. Plymouth, 2002,165-201.
- Chiarelli P, Cockburn J. Promoting urinary continence in women after delivery: randomized controlled trial. *Brit Med J* 2002;324:1241-52.
- Hay-Smith E *et al.* Pelvic floor muscle training for urinary incontinence in women. *Cochrane Database Syst Review* 2007, CD001407, issue 4.
- Glazener C, Herbison GP, MacArthur C, Grant A, Wilson PD. Randomised controlled trial of conservative management of postnatal urinary and faecal incontinence: six year follow up. *Brit Med J* 2005;330:337-40.
- Sergent F. Per and postoperative complications of TVT. *Prog Urol* 2003;13:648-55.
- Constantinou CE, Govan DE. Contribution and timing of transmitted and generated pressure components in the female urethra. *Female incontinence*, Allan R Liss, New York 113-120.
- Bø K, Sherborn M. Transabdominal US measurement of PFM when activated directly or via TrA contraction. *NeuroUrol and Urodyn* 2003;22:582-8.
- Smith MD, Coppieters MW, Hodges PW. Postural activity of the pelvic floor muscles is delayed during rapid arm movements in women with stress urinary incontinence. *International Urogynecology* 2007;18:901-11.
- Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthoped Scand Suppl* 1989;230:1-54
- Hodges P, Richardson C. Altered trunk muscle recruitment in people with LBP with upper limb movements at different speeds. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:1005-12
- Hodges PW, Cresswell AG, Daggfeldt K, Thorstensson A. In vivo measurement of the effect of intra-abdominal pressure on the human spine. *J Biomech* 2001;34:347-53.
- Cholewicki J, Juluru K, McGill SM. Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. *J Biomech*. 1999;32:13-7.
- Hodges PW *et al.* Contraction of the human diaphragm during rapid postural adjustments. *J Physiol* 1997;505:539-48.
- Smith MD, Coppieters MW, Hodges PW. Postural activity of the pelvic floor muscles is delayed during rapid arm movements in women with stress urinary incontinence. *International Urogynecology* 2007;18:901-11.
- Bakker E, Fayt C. L'intérêt de la pro-synergie abdomino-pelvienne dans le cadre de la rééducation pelvienne pour IUE. *Kinésithérapie Scientifique* 2008;492:7-9.
- 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;21:2640-50.
- Hodges P.W. Changes in motor planning of feedforward postural responses of the trunk muscles in low back pain, *Experimental Brain Research* 2001;141: 261-6.
- Smith MD, Coppieters MW, Hodges PW. Postural response of the pelvic floor and abdominal muscles in women with and without incontinence. *NeuroUrol Urodyn* 2007;26:377-85.
- Moseley GL, Hodges PW. Are the changes in postural control associated with low back pain caused by pain interference? *Clinical Journal of Pain* 2005;21:323-9.
- Tsao H, Galea MP, Hodges PW., Reorganisation of the motor cortex is associated with postural control deficits in recurrent low back pain. *Brain* 2008;131:2161-71.
- Di Gangi Herms AMR, Veit R, Reisenauer C *et al.* Functional imaging of stress urinary incontinence. *Neuroimage* 2006;29:267-75.
- Descarreux M, Lalonde C, Normand MC. Isometric force parameters and trunk muscle recruitment strategies in a population with low back pain. *J Manipulative Physiol Ther* 2007;30:91-7.
- Moseley GL, Nicholas MK, Hodges PW. Does anticipation of back pain predispose to back trouble? *Brain* 2004;127:2339-47
- Vleeming A, Stoeckaert, Volkers AC, Snijders CJ. Relation between form and function in the sacro-iliac joint. *Spine* 1990;15:130-2
- Sapsford RR, Hodges P. Contraction of the pelvic floor muscles during abdominal maneuvers. *Arch Phys Med Rehab* 2001;82:1081-8
- Sapsford R. Rehabilitation of pelvic floor muscles utilizing trunk stabilization. *Manual Therapy* 2004;9:3-12.
- Cauffriez M. *Gymnastique abdominale hypopressive*. Bruxelles 1997
- Tsao H, Hodges PW. Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training, *Experimental Brain Research* 2007;181:537-46.
- Tsao H, Hodges PW. Persistence of improvements in postural strategies following motor control training in people with recurrent low back pain. *J Electromyogr Kinesiol* 2008;18:559-67.
- Kably B, Drew T. Corticoreticular pathways in the cat. I. Projection patterns and collateralization. *J Neurophysiol* 1998;389-405.
- Schepens B, Drew T. Independent and convergent signals from the pontomedullary reticular formation contribute to the control of posture and movement during reaching in the cat. *J Neurophysiol* 2004;92:2217-38.