

Acquisitions en médecine physique et de réadaptation

LA STABILISATION LOMBO-PELVIENNE DU GAINAGE AU CONCEPT DE CORE STABILITY

M. Julia
A. Dupeyron
S. Perrey
C. Hérisson



F

R **FORCEMENT/RÉÉDUCATION DE LA STABILISATION LOMBO-PELVIENNE**

**APPORTS DES TECHNIQUES SUR
PLATEAU MOTORISÉ DANS LA
STABILISATION LOMBO-PELVIENNE
ET DANS LE TRAITEMENT DES
LOMBALGIES CHRONIQUES EN
CABINET LIBÉRAL**

PAR

M. WILLAME*

La zone du milieu correspond à la région corporelle délimitée par la paroi abdominale, le plancher pelvien, la région lombosacrée et le diaphragme. Elle est composée de plusieurs groupes de muscles, comme le muscle transverse de l'abdomen, les multifides, le carré des lombes, le diaphragme, les muscles du plancher pelvien, ainsi que les abducteurs/adducteurs et les fléchisseurs de la hanche. Le "Core-stability" (CS) est un terme mal compris car, souvent, la zone du milieu est associée aux abdominaux et sa stabilité à la force isométrique ou statique. En réalité, il résulte de la synergie du travail musculaire sur le contenu

de la cavité abdominale, qui offre un soutien à la colonne vertébrale et au bassin pendant le mouvement, et du fonctionnement du diaphragme, principal muscle de la respiration, dans toute sa course. On peut extrapoler en parlant de stabilité lombo-pelvienne. Le CS favorise la coordination des mouvements des bras [15], des jambes et de la colonne vertébrale. Chaque fois qu'on réalise un geste, on adapte inconsciemment le CS. Pour exemple, dans les arts martiaux, on considère que "la force et la puissance sont produites à partir du sol et la stabilité lombo-pelvienne est nécessaire pour leur transfert à travers le corps dans l'objectif de faire un mouvement harmonieux et efficace" [6].

Engager ces muscles n'est pas un acte conscient chez la plupart des gens. Par conséquent, il est important d'apprendre à contracter ces muscles et à mettre en jeu la stabilité de cette zone du milieu de manière efficace. L'utilisation des plateaux motorisés peut-elle favoriser cet apprentissage ?

Quelques travaux suggèrent que les plateaux motorisés permettent d'améliorer la condition physique, d'accroître la force des muscles de la zone du milieu et de prévenir les douleurs chroniques, notamment celles engendrées par les lombalgies [2, 5, 13]. L'objectif de cet article est de présenter les intérêts potentiels des plateaux motorisés, leurs applications en rééducation fonctionnelle ainsi que dans la prise en charge des patients souffrant de discopathies lombo-sacrées et ses effets potentiels sur le CS.

LES PLATEAUX MOTORISÉS : COMMENT ÇA MARCHE ?

Pour plus de clarté, deux dispositifs ont été sélectionnés : HUBER MOTION LAB (HML) et IMOOVE (IM) (fig. 1).



Fig. 1 : A gauche, Huber Motion Lab ; à droite, IMoove

HML et IM sont des plateaux oscillants dont on peut modifier la vitesse et l'amplitude avec une colonne mobile verticalement pour le HML qui s'adapte à la hauteur du patient alors qu'elle est fixe pour l'IMoove. Tous deux proposent, par l'intermédiaire d'un écran, différents exercices et programmes avec un feedback grâce à des capteurs de pression.

Pour le dispositif HML, les bras sont mobiles et munis de capteurs de force. Le dispositif IM propose des bras fixes : ses capteurs de force sont intégrés dans le plateau et deux autres sont placés sur la colonne fixe pour permettre un retour avec les membres supérieurs. Globalement, le feedback obtenu par la machine est plus précis et mieux décrit sur le dispositif HML. Leurs points communs sont d'être sans vibration et adaptés à tous les profils, du senior jusqu'à l'adolescent. Une différence importante, entre les deux dispositifs, réside dans le mouvement produit par les plateaux. Pour le dispositif HML, le plateau est monté sur un axe par l'intermédiaire d'une rotule. Son mouvement oscillant résulte d'une combinaison d'inclinaisons et de rotations. Il est identique, quelle que soit la position du sujet sur le plateau. Pour le dispositif IM, le plateau monté sur une demi-sphère produit un mouvement plus complexe, en trois dimensions, qui se veut être proche de celui physiologique de la vertèbre sur son nucleus (combinant : flexion ou extension, translation latérale et rotation). Le plateau posé sur une demi-sphère produit (fig. 2) :

- *Au centre*, un mouvement elliptique, dans le plan horizontal, qui se combine avec les autres mouvements générés quand le sujet se situe à d'autres endroits du plateau.
- *Le devant* du plateau répond à un mouvement vertical.
- *L'arrière* répond à un mouvement de balancier à l'horizontale, le centre suivant alors un mouvement excentrique, du milieu vers les extrémités.
- *Il est possible*, pour réaliser un mouvement asymétrique du plateau, de déplacer l'axe de rotation.

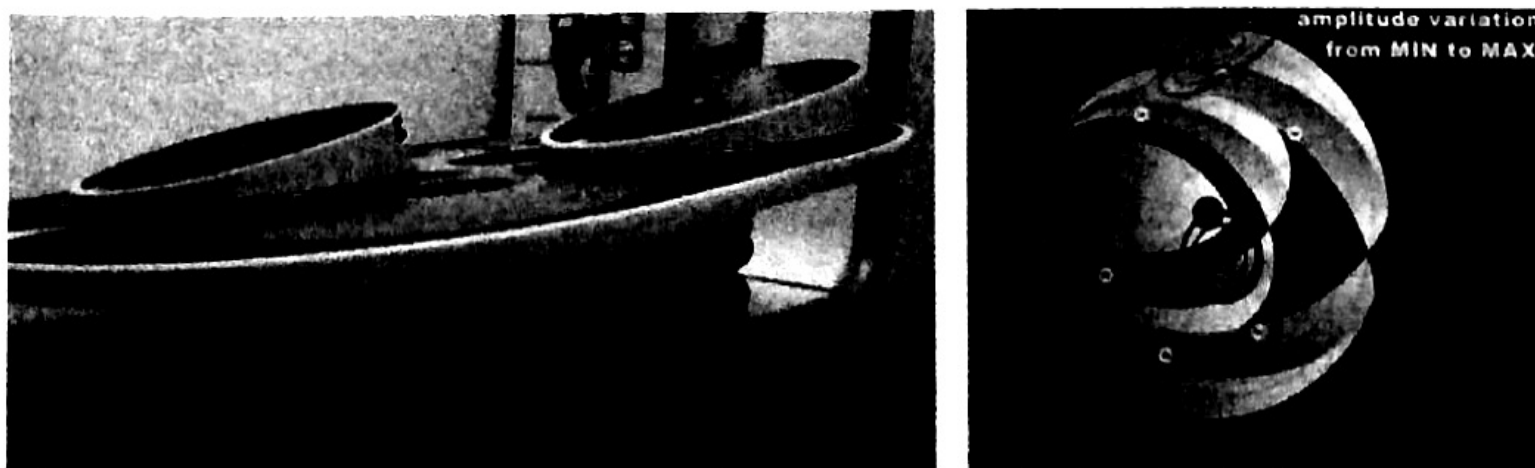


Fig. 2 : A gauche, plateau du HML, A droite, plateau de IM et dessin des différents mouvements elliptiques qui s'ajoute à l'oscillation créant le mouvement 3D.

La modification des réglages des divers paramètres (*Amplitude, Vitesse, et Symétrie/Asymétrie pour IMoove*) donne des mouvements variables, qui changent aussi en fonction de la position des pieds sur le plateau. Pour s'entraîner, le sujet peut y poser les pieds, les mains ou le bassin et travailler en chaîne fermée.

Il peut aussi associer ou non des élastiques fixés sur les armatures, pour solliciter différemment les muscles en chaîne ouverte, semi ouverte ou fermée. Les caractéristiques techniques des deux dispositifs permettent d'envisager de nombreuses stratégies thérapeutiques offertes aux praticiens pour la prise en charge des patients et ouvrent la discussion de leur complémentarité.

EVALUATION DE LA ZONE DU MILIEU DANS LA PRISE EN CHARGE DES PATIENTS

Nous prenons en charge différents types de sujets présentant des problématiques dans lesquelles on retrouve un déficit stabilité de tronc : personnes âgées avec des troubles posturaux, personnes avec des scolioses, des lombalgies chroniques, des athlètes.

Les patients arrivent, en cabinet, avec des problématiques physiques, des douleurs, une incapacité fonctionnelle présente depuis plusieurs semaines, voire plusieurs mois. Certains sont parfois même en désinsertion socio-professionnelle. On retrouve très souvent un tableau clinique [26] associant :

- Une kinésiophobie plus ou moins importante [13, 24, 25],
- Des déficiences multiples :
 - On retrouve une raideur articulaire de la zone douloureuse et des répercussions sur les pivots articulaires sus et sous-jacents rachidiens, mais également de l'ensemble du corps (hanches, chevilles, épaules).
 - L'inactivité engendrée par les douleurs a pour conséquences une atrophie et un déficit musculaire qui contribuent, avec le déficit de mobilité, à augmenter les contraintes sur les autres disques intervertébraux et sur les structures ligamentaires.
 - Des contractures réflexes, des rétractions ou des faiblesses (tonicité, force, endurance) accompagnées d'hypo-extensibilité des différents groupes musculaires intervenant dans "la zone du milieu" classés en deux groupes :
 - *Les muscles posturaux*, plus profonds, se fixent directement sur la colonne lombaire, la cage thoracique et les fascias. Leur rôle est important dans la stabilité lombo-pelvienne car ils assurent la prévention des lésions et constituent un point fixe pour l'optimisation du contrôle postural. Les principaux muscles sont les multifides, le transverse de l'abdomen, le diaphragme et le plancher pelvien ;
 - *Les muscles dynamiques*, plus superficiels, lient le bassin et la cage thoracique. Ils participent à la stabilisation dans la zone du milieu mais interviennent aussi dans les mouvements du tronc et dans les grandes chaînes musculaires. Une mauvaise coordination ainsi que leur utilisation excessive peuvent diminuer la fonction des muscles posturaux et ainsi les affaiblir. Certains de ces muscles sont les grands droits de l'abdomen, les obliques internes et externes, les spinaux (longissimus et iliocostal), le grand dorsal, les psoas, les muscles fessiers et les adducteurs.
- Une désadaptation fonctionnelle :
 - Une modification de la flexibilité lombo-pelvi-fémorale,
 - Une atrophie des muscles paravertébraux qui perdent leurs fonctions protectrice et stabilisatrice, favorisant ainsi la persistance et la majoration des phénomènes algiques lors des activités [10, 24].

- Une réduction des capacités fonctionnelles et une désadaptation cardio-respiratoire à l'effort,
- Une inhibition neuromusculaire.

En fonction des éléments mis en avant lors du bilan, il nous faut lutter contre une kinésiophobie plus ou moins marquée ; il nous faut soulager le patient afin qu'il puisse retrouver, de manière progressive, une mobilité fonctionnelle. L'obtention de ce résultat passe, chez ce dernier, par une prise de conscience du mouvement, par un éveil musculaire de la zone du milieu. Il faut ensuite réapprendre au patient à solliciter ses muscles afin d'éveiller et de récupérer le CS, capacité à stabiliser et à maintenir la zone du milieu en fonction des différentes sollicitations, ceci avant de débiter une réathlétisation.

Par exemple, pour les sujets sains, une faible augmentation de la force musculaire (10 % d'une contraction musculaire) est nécessaire pour obtenir une stabilisation segmentaire : la "réserve" de force est utilisée en cas de sollicitations imprévisibles. Or, dans le cadre de la lombalgie, la perte des qualités des extenseurs du rachis ne permet pas cette réaction réflexe adaptée [3, 4, 6]. Avant tout, le patient doit prendre conscience qu'il s'agit d'un travail d'endurance, de vigilance, de coordination et d'équilibre musculaire, travail nécessaire avant de débiter une réathlétisation et d'envisager un retour sans risques vers ses activités. Dès la première séance, les plateaux motorisés peuvent s'intégrer dans le bilan pour évaluer le patient et débiter ainsi le reconditionnement du "core".

PLATEAUX MOTORISÉS : QUELLES CONSÉQUENCES LORS DU TRAITEMENT DES DOULEURS MÉCANIQUES DE LA ZONE DU MILIEU ET DE LA STABILISATION LOMBO-PELVIENNE ?

Amélioration de la mobilité rachidienne et éveil des muscles profonds

- L'utilisation des plateaux motorisés dans la prise en charge des patients peut :
- Avoir une action sur la kinésiophobie. En plaçant le sujet sur le plateau et en adaptant les paramètres, notre objectif est de mettre en évidence l'aspect indolore du mouvement, notamment dans la zone lombaire pour le patient : on peut bouger et faire bouger la zone du milieu sans douleur.
 - Contribuer à la mobilisation articulaire segmentaire, ce qui stimule ainsi le système ligamentaire et musculaire en favorisant le recrutement des muscles profonds qui interviennent dans la stabilité lombaire [20, 22]. Dès les premières séances, par une mobilisation articulaire indolore, on débute la rééducation proprioceptive, l'éveil musculaire et, par la mobilisation lombaire, on a un rôle essentiel dans la récupération du système postural [13].
 - Les mouvements de rotation des plateaux produisent des "ondes mécaniques" qui se propagent dans le corps, créant une rotation différentielle à laquelle le sujet doit s'adapter, ce qui augmente ainsi le travail des muscles profonds. Notre objectif de thérapeute est d'augmenter cette mobilité rotatoire, par la création de points fixes extérieurs (ex : le patient se tient aux barres), ou internes, grâce à la contraction musculaire, optimisant encore ainsi la sollicitation des multifides et longissimus. La technologie du dispositif IM, grâce aux différents mouvements du plateau dont le mouvement elliptique central n'est réalisé que dans le plan horizontal (fig. 2) facilite cette action, et ce dès le début de

la prise en charge, et même en phase algique. Ce mouvement, même de faible amplitude, permet d'aider au relâchement des contractures réflexes liées à la douleur, ceci par un travail musculaire postural intermittent et une mise en tension progressive.

La première étape de la prise en charge des patients présentant un trouble du CS sur plateau consistera :

- *A retrouver*, dans une posture corrigée, l'ensemble des mouvements fonctionnels harmonieux, dans toutes les amplitudes, sans douleur, et à favoriser l'éveil des muscles "endormis". Les mouvements des plateaux produits par les deux dispositifs permettent un travail dynamique, à faible amplitude, des extenseurs du rachis. Ce mode de travail diminue le risque de rechutes, de blessures et favorise la mobilité segmentaire par rapport au mode statique. Une étude a mis en évidence les blessures possibles suite à un travail isométrique, ceci étant dû à un relâchement trop important des muscles sollicités [11]. La propagation de l'onde mécanique, à travers le corps, favorise la mobilisation des différents pivots articulaires dont ceux du "core". On obtient ainsi, en faisant varier la position du patient et les paramètres de réglage, une mobilisation passive, active-aidée ou active dans les différents plans. Cette mobilisation, sans douleur, améliore la sollicitation des multifides ainsi que la mobilité rachidienne, ce qui peut se faire en position assise ou debout [1]. La rééducation sur les plateaux motorisés respecte ces principes et permet donc de débiter la rééducation, même sur un système musculaire atrophié. On adapte alors le temps de travail (fig. 3).
- *A solliciter* au maximum les muscles profonds dans leurs rôles posturaux, proprioceptifs et stabilisateurs. En plaçant le sujet dans une position corrigée, on va le motiver à gérer le déséquilibre induit par le plateau et on travaille ainsi, dès la première séance, à améliorer l'impact sur l'image corporelle et la kinésiophobie.

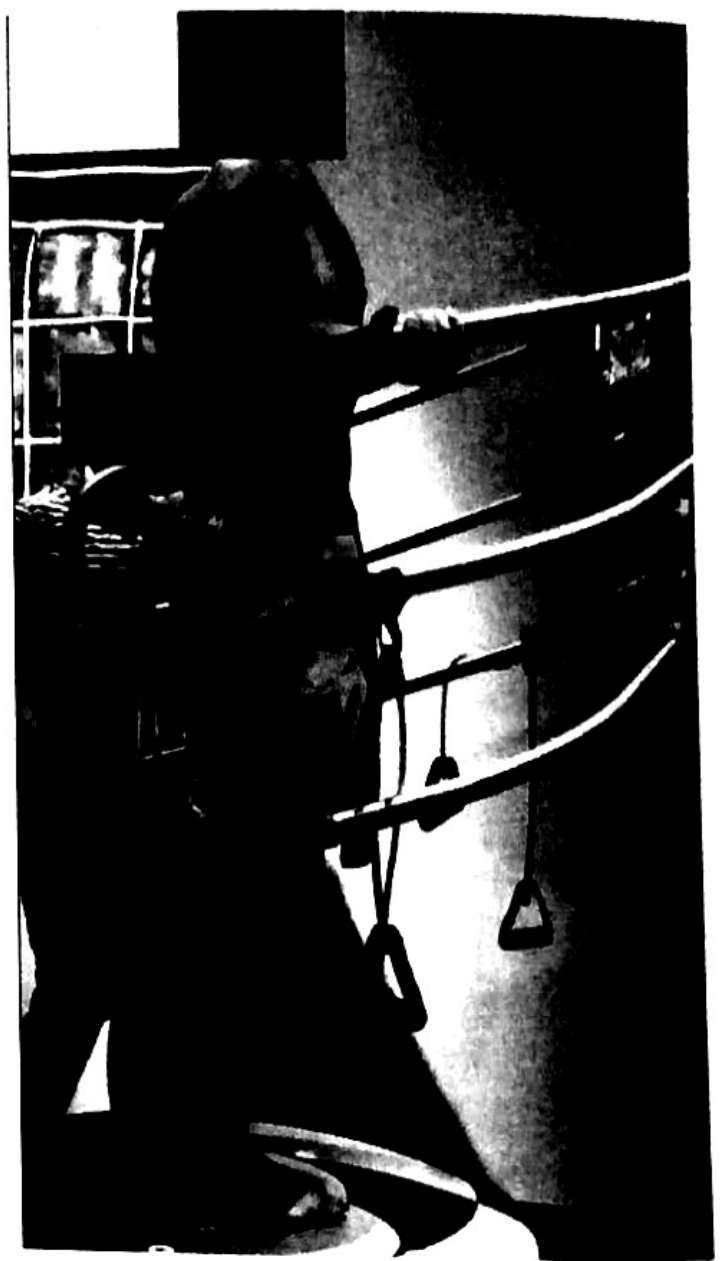


Fig. 3 : Travail de mobilisation segmentaire en position corrigée associant l'éveil de la musculature profonde chez un judoka ceinture noire.

LA QUALITÉ DES APPUIS AU SOL RÉSULTE D'UNE LIBERTÉ DES PIVOTS ARTICULAIRES AMÉLIORANT LE CS

Le travail en instabilité implique du sujet qu'il mette en place une stratégie par les membres inférieurs pour :

- S'adapter au déséquilibre aléatoire produit par le mouvement du plateau, celui-ci étant également associé à celui de la colonne mobile dans le cas du HML (fig. 5).

- Tenir une position demandée par le thérapeute ou réaliser un exercice programmé de la machine, parfois avec des résistances élastiques, ce qui en augmente la difficulté.

La contraction posturale du transverse de l'abdomen est d'autant plus différée chez le lombalgique que les mouvements des membres inférieurs sont perturbés [7]. Les pertes de qualités fonctionnelles globales liées à l'inactivité, l'hypo-extensibilité des chaînes musculaires postérieures, l'amyotrophie fréquente des fessiers, prolongée par la faiblesse des extenseurs, perturbent le schéma moteur des membres inférieurs, limitant ainsi la qualité de la contraction du transverse et des abdominaux [7]. Le transverse de l'abdomen joue un rôle majeur dans la stabilité du rachis, en synergie avec les extenseurs lombaires et les abdominaux [8]. De sa qualité résulte l'efficacité des gestes et de la protection du rachis lombaire.

Les différents exercices proposés au sujet par le thérapeute ou ceux programmés dans la machine vont permettre, en synergie :

- De redévelopper les qualités de coordination entre les membres inférieurs et la zone du milieu [3, 7, 8] (fig. 4).
- De redonner de la mobilité aux pivots articulaires (chevilles, genoux, hanches) pour un meilleur recrutement des muscles et une baisse des douleurs. Chez le golfeur, il a été montré que les douleurs lombaires sont d'autant moins importantes que l'on retrouve une bonne mobilité de hanches [12]. Le choix des positions sur les appareils offre la possibilité de mobiliser certaines articulations tout en développant la stabilité du "core" dès les premières séances.
- D'améliorer les qualités d'extensibilité musculaire par des étirements dynamiques. On peut, par exemple, cibler le soléaire qui est souvent très spasmé par un défaut de marche en phase douloureuse, voire hypo-extensible chez les personnes lombalgiques, les personnes âgées ou les patients souffrant de pathologies neurologiques (SEP, Parkinson), ce qui limite la mobilité du pivot cheville ainsi que la fonction de récupération veineuse du mollet (second cœur veineux de Starling) et la stabilité du "core". En cause : un déséquilibre postural lié au pied. En modifiant la position des pieds sur le plateau, on mettra le sujet dans une instabilité qu'il devra gérer : on optimise ainsi sa fonction stabilisatrice par la sollicitation de son transverse de l'abdomen, de ses muscles profonds et de la qualité de ses appuis. Il a été montré que l'apparition tardive de la contraction du transverse de l'abdomen, celle-ci en relation avec la qualité des appuis, indique un déficit du contrôle moteur et est supposée conduire à la stabilisation musculaire inefficace de la colonne vertébrale [7, 8].



Fig. 4 : De l'importance d'obtenir une bonne coordination des membres inférieurs et de la gestion de l'équilibre en gardant le tronc "droit" sur le plateau pour améliorer le CS. L'exercice est ici réalisé avec une patiente trisomique.

AMÉLIORATION DE LA POSTURE DU HAUT DU CORPS ET DES QUALITÉS PHYSIQUES GLOBALES

On retient comme principes l'importance d'une "liberté" de la ceinture scapulaire et une mobilité de la cage thoracique, souvent perturbée dans les cas de déficit du CS. L'observation de patients souffrant de douleurs lombaires, comme les travailleurs manuels ou des sportifs ayant une faiblesse de la zone du milieu, montre des similitudes :

1. Un enroulement de la ceinture scapulaire par une faiblesse des muscles interscapulaires profonds et superficiels est remarquable. Au niveau des épaules, on note souvent une faiblesse des muscles postérieurs, une rétraction des muscles antérieurs et une tension importante sur le grand dorsal dont une partie importante des fibres basses est en synergie avec les muscles profonds lombaires [6, 11]. Une étude montre que les fibres profondes et superficielles du multifidus sont différemment actives lors des mouvements simples et répétitifs du bras. Cette étude avance l'hypothèse que le multifidus superficiel contribue à la maîtrise de l'orientation de la colonne vertébrale et que le multifidus profond a un rôle dans le contrôle de mouvements inter-segmentaires [16].
2. Des contractures réflexes et parfois des rétractions des muscles profonds et superficiels de la zone du milieu (proportionnelles à la raideur du rachis lombaire et à la faiblesse des muscles interscapulaires) sont également observables. On a montré la corrélation entre les déficits musculaires des dorsaux et la compensation des psoas et du carré des lombes homolatéraux dans les douleurs rachidiennes [2, 23].

Il en résulte une perturbation de l'action du CS qui se matérialise dans le geste du travailleur manuel, du sportif... par une perte des angles efficaces et donc des attitudes compensatoires, ce qui induit un risque de blessure par affaissement du tronc, des douleurs, ainsi qu'une fatigue plus marquée [5, 13]. Les séances sur les plateaux motorisés offrent dès les premières fois, par un travail en globalité, une action positive sur l'ensemble du corps et, par conséquent, une amélioration des qualités physiques générales.

Dans le souci d'améliorer le CS, on crée à la première séance une réathlétisation qui se poursuit tout au long du traitement. L'efficacité réside dans le choix des paramètres adaptés à chaque individu, du senior à l'enfant, en fonction de l'objectif à atteindre et en associant les principes suivants :

- *Le maintien d'une ouverture de la ceinture scapulaire* [15] par la contraction des muscles dorsaux cherchant ainsi un meilleur fonctionnement des bras [2, 3, 6] et une dissociation des ceintures, une meilleure mobilité thoracique et respiratoire. En ciblant le haut du corps, plus précis avec le dispositif du HML grâce à la technologie des poignets, on développe le CS par la coordination, l'endurance musculaire du tronc et des bras. L'adaptation du sujet à l'oscillation, couplée au maintien de l'auto-grandissement et à la volonté de résultat durant les exercices de feedback proposés par les machines, améliore la stabilité lombaire dans la fonction, l'ampliation du diaphragme et le travail de la ceinture scapulaire, ce qui diminue les contraintes sur le rachis [8, 16, 18]. Ce travail exigeant s'adapte à tous à partir du moment où l'on adapte la difficulté des exercices au "haut niveau" de chacun de nos patients (fig. 5).

- *En augmentant les réglages de vitesse et d'amplitude du plateau, on pourra évoluer vers un travail aérobic afin d'améliorer la mobilité du diaphragme [17, 19], ce qui a un effet bénéfique dans la prise en charge du patient. Avoir une amélioration cardiovasculaire est important pour optimiser les qualités physiques de chacun et pour accompagner une perte de poids. Des résultats d'études indiquent que les changements dans l'activité musculaire du tronc avec les efforts respiratoires modulent la raideur rachidienne [19].*
- *En utilisant les effets des entrées visuelles sur le contrôle postural et leur incidence sur la stabilité lombaire montrée dans plusieurs études : travail sur des cibles qui évoluent, ou sans cible, les yeux ouverts ou fermés [20]. Ces deux appareils le permettent, par l'intermédiaire des exercices proposés sur les écrans.*



Fig. 5 : Travail sur Huber Motion Lab avec pour objectif d'avoir une action sur les poignets, avec un feedback plus ou moins sensible sur l'écran, et une adaptation du corps à l'oscillation.

RETOUR SUR EXPÉRIENCE

L'utilisation du plateau motorisé s'intègre au cabinet dans plusieurs de nos prises en charge :

1. Chez nos patients souffrant de douleurs lombaires, le premier intérêt est de lutter contre la kinésiophobie. On note des résultats très satisfaisants dès la première séance car le patient se voit bouger sans augmentation de douleur. Puis, dans la prise en charge, nous intégrons l'IMoove dans l'ensemble des outils de soin pour développer le système musculaire. Le facteur parfois limitant est l'appréhension du patient face à la machine (fig. 6).
2. En adaptant les réglages, chez les seniors et les patients atteints de la maladie de Parkinson, il favorise, par l'amélioration du CS, le renforcement postural ainsi que l'équilibre, et ce dans une position de fonction (debout ou assis). L'impact sur l'image corporelle est très positif, notamment avec l'utilisation du feedback et des exercices programmés.
3. Chez les enfants ayant des troubles de la statique rachidienne, en utilisant des exercices basés sur les éducatifs d'haltérophilie avec une barre en bois, on améliore la coordination, les extenseurs du rachis, les fixateurs des épaules et cela a donc une incidence positive sur le CS.

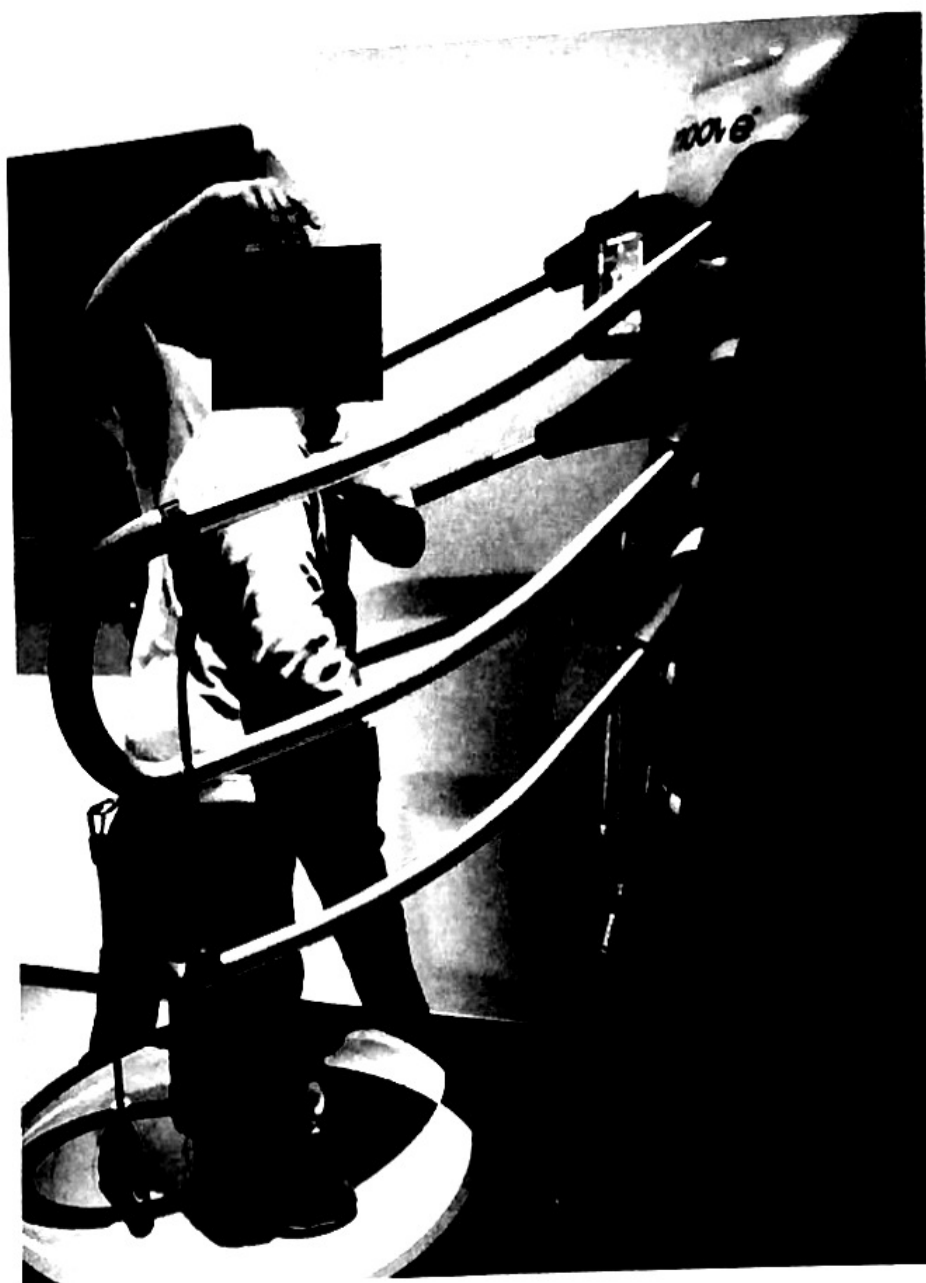


Fig. 6 : Patient IMC ; l'objectif est d'améliorer la posture dynamique et de redonner de la confiance pour limiter les chutes.

* *

*

Il existe peu d'études montrant l'efficacité des plateaux sur l'amélioration du CS, mais le développement des machines dans nos cabinets révèle l'intérêt de la profession pour son utilisation. La différence des deux appareils amène à l'élaboration de stratégies différentes dans la prise en charge du patient et une nécessaire présence du thérapeute aux côtés de celui-ci pour un résultat efficace. L'utilisation des plateaux motorisés prend toute sa place dans la prise en charge globale des patients présentant des faiblesses du CS, mais la main et la présence du thérapeute pendant les séances sont indispensables pour la réussite de ce type de prise en charge. Le mouvement, au service de la main du thérapeute, permet aux patients, comme aux thérapeutes, une prise de conscience du corps qui bouge sans douleur et qui peut être amélioré dans la fonction. Le respect d'une progression leur permet d'établir, ensemble, une stratégie conduisant à cette amélioration et à une "réathlétisation" du patient.

Une dernière réflexion concernant la notion de performance : entre un champion olympique qui donne 110 % de son potentiel à chaque course et une personne souffrant d'un handicap qui, tous les jours, fait des efforts pour assurer son quotidien, l'écart n'est pas très important. Ces deux personnes ont besoin de développer leur CS ! (fig. 7).

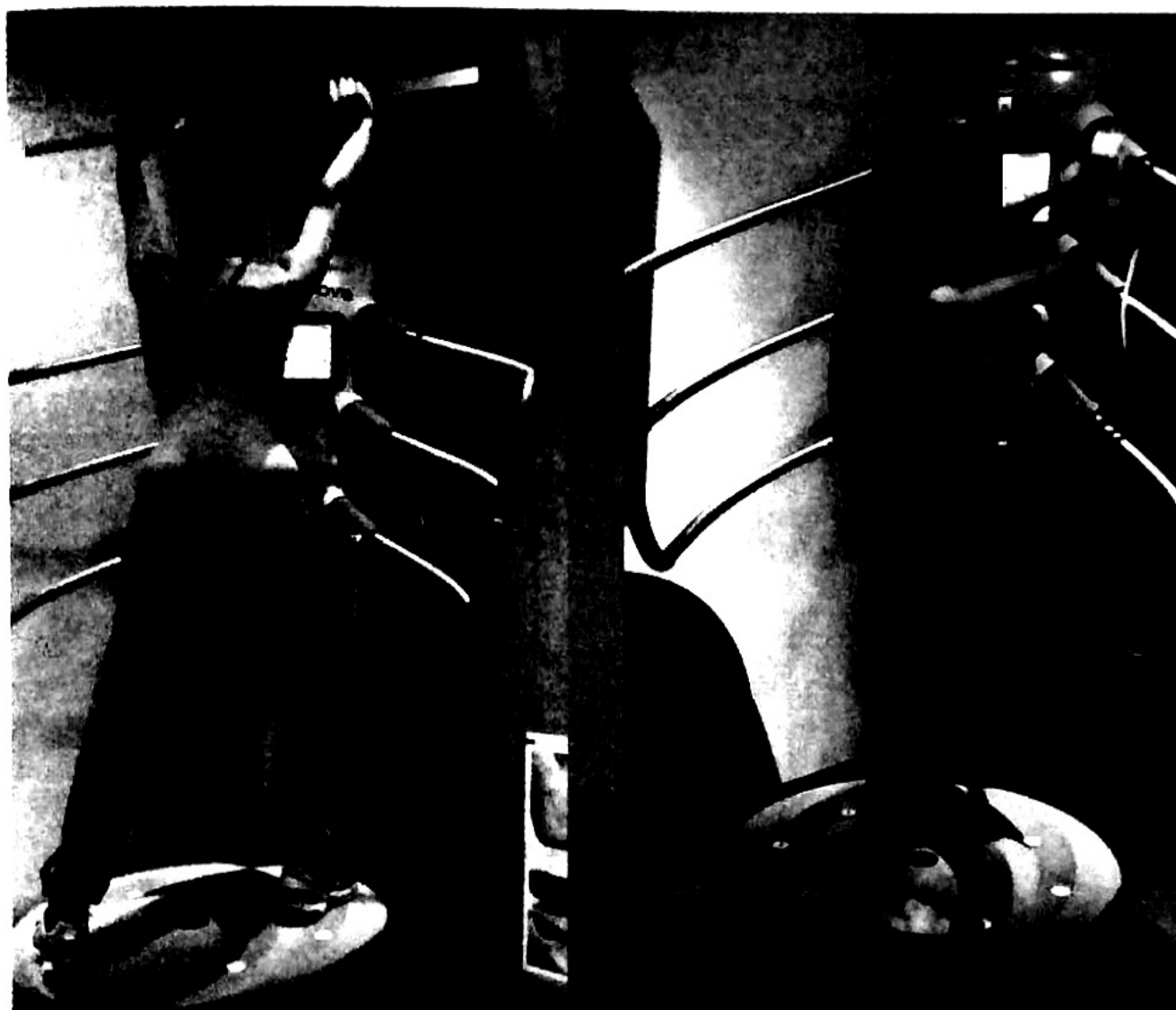


Fig. 7 : Stabilité et performance.

RÉSUMÉ

Des plateaux motorisés générant une instabilité par oscillation sont utilisés pour la rééducation de patients qui modifient ainsi leurs stratégies posturales pour s'adapter à ces mouvements. Ce travail global a-t-il un impact sur l'amélioration de la stabilité lombo-pelvienne ? Après une présentation des caractéristiques de différents dispositifs, nous partagerons ici notre expérience, acquise grâce à 5 années de pratique avec ces technologies qui nous ont convaincues de leurs effets sur le gain de mobilité des pivots articulaires, l'éveil et le renforcement des muscles stabilisateurs, l'amélioration des capacités de mouvement, la posture globale, la coordination des gestes ou le retour proprioceptif. Il est possible que l'image corporelle et l'appréhension du mouvement (kinésiophobie) soient aussi modifiées. Ainsi, par un retour sur notre expérience en cabinet, nous proposerons, au travers de plusieurs projets thérapeutiques, le rôle que les plateaux peuvent occuper dans la rééducation fonctionnelle ou dans la réathlétisation physique des patients ainsi que la valeur ajoutée du mouvement au service "des mains" des thérapeutes.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BEHM DG, BURRY SM, GREELEY GE, POOLE AC, MACKINNON SN. An unstable base change strategies of members and abdominal activation in response flexion relaxation. *J Sports Sci* 2006; 5: 323-32. — [2] CLAUS AP, MOSELEY GL, HODGES PW. Different ways to balance the spine: subtle changes in the curves of sagittal spinal affect regional muscle activity. *Spine*. 2009; 34: E208-14. — [3] COUILLANDRE A, DUQUE RIBEIRO MJ, THOUMIE P, PORTERO P. Modification des paramètres d'équilibration et de force associés au reconditionnement sur plateforme motorisée de rééducation : étude chez le sujet sain. *Ann Phys Rehabil Med* 2008; 51: 59-66. — [4] DEMOULIN C, FAUCONNIER C, VANDERTHOMMEN M, HENRONTIN Y. Recommendations for a basic functional assessment of low back pain. *Rev Med Liege* 2005 ;60 :661-8. — [5] DEWELLE C, DEBACKER C. Intégration d'Huber dans le traitement de la lombalgie. Objectivation isocinétique. 6^e Journée Belge d'isocinétisme, 2008. — [6]

- HODGES PW, CRESSWELL AG, THORSTENSSON A. Perturbed upper limb movements cause short-latency postural responses in trunk muscles. *Exp Brain Res* 2001; 138: 243-50. — [7] HODGES PW, RICHARDSON CA. Delayed Postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. *J Spinal Disord* 1998; 11: 46-56. — [8] HODGES PW, RICHARDSON CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of abdominal transverse. *Spine* 1996; 21: 2640-50. — [9] KOHLES S, BARNES D, GATCHEL RJ, MAYER TG. Improved physical performance outcomes after functional restoration treatment in patients with chronic low back pain. *Spine* 1990; 15: 1321-4. — [10] KORI SH, MILLER RP, TODD DD. Kinesiophobia: a new view of chronic pain behavior. *Pain Manage* 1990; 35-43.
- [11] LE B, DAVIDSON B, SOLOMONOW D, *et al.* Neuromuscular control of lumbar instability following static work of various loads. *Muscle Nerve* 2009; 39: 71-82. — [12] LEJKOWSKI PM, POULSEN E. Elimination of chronic intermittent back pain following an amateur golfer in improving range of hip movement disorders. *J Bodyw Mov Ther* 2013; 17: 448-52. — [13] MAYER TG, GATCHEL RJ, KISHINO N, *et al.* A prospective short-term study of chronic low back pain patients utilizing novel objective functional measurement. *Pain* 1986; 25: 53-68. — [14] MIYAKE Y, KOBAYASHI R, KELEPECZ D, M NAKAJIMA. Basic exercises raise trunk stability to facilitate skilled motor behavior of the upper limbs. *J Bodyw Mov Ther* 2013; 17: 259-65. — [15] MOSELEY GL, HODGES PW, GANDEVIA SC. Deep and superficial fibers of the multifidus lumbar muscle are differentially active during voluntary arm movements. *Spine* 2002; 27: E29-36. — [16] RADZISZEWSKI KR. Physical exercise in the treatment of patients with lumbar disc disease. *Ortop Traumatol Rehabil* 2007; 9: 98-106. — [17] SCULCO AD, PAUP DC, FERNHALL B, SCULCO MJ. Effects of aerobic exercise on low back pain patients in treatment. *Spine J* 2001; 1: 95-101. — [18] SHINKLE J, NESSER TW, DEMCHAK TJ, McMANNUS DM. Effect of base on the power measurement of the power in the extremities. *J Strength Cond Res*. 2012; 26: 373-80. — [19] SHIRLEY D, HODGES PW, ERIKSSON AE, GANDEVIA SC. Spinal stiffness changes throughout the respiratory cycle. *J Appl Physiol* 2003; 95: 1467-75. — [20] SILFIES MS, CHOLEWICKI J, RADEBOLD A. The effects of visual input on postural control of the lumbar spine unstable sitting. *Hum Mov Sci* 2003; 22: 237-52.
- [21] SOLOMONOW M, ZHOU BH, HARRIS M, LU Y, BARATTA RV. The system ligamento-muscular stabilization of the spine. *Spine* 1998; 23: 2552-62. — [22] PARK RJ, TSAO H, CRESSWELL AG, HODGES PW. Changes in the specific activity of the direction of major lower back and psoas square in people with recurring back pain muscle differ between regions and groups of patients. *J Electromyogr Kinesiol* 2013; 23: 734-40. — [23] VERBUNT JA, SEELEN HA, VLAEYEN JW, *et al.* Disuse and deconditioning in chronic low back pain: concepts and hypotheses on contributing mechanisms. *Eur J Pain* 2003; 7: 9-21. — [24] VLAEYEN JW, LINTON SJ. Fear-avoidance and its consequences in chronic musculoskeletal pain, a state of the art. *Pain* 2000; 85: 317-32. — [25] WADDELL G, NEWTON M, HENDERSON I, SOMERVILLE D, MAIN CJ. A Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ) and the role of fear-avoidance beliefs in chronic low back pain and disability. *Pain* 1993; 53: 157-68.