

# Principes du traitement d'une douleur de l'anneau pelvien en thérapie manuelle

D. BONNEAU

Institut Supérieur de Thérapeutique Manuelle  
[www.medecinemanuelle.fr](http://www.medecinemanuelle.fr)

Bonneau D., Vautravers P., Herisson C., (2014) Médecine du sport et thérapies manuelles : l'anneau pelvien. Montpellier, Sauramps Médical, 210 p.

---

Avant de traiter les douleurs de l'anneau pelvien exprimant les perturbations fonctionnelles ou organiques qu'il subit, il faut en connaître l'anatomie, comprendre le fonctionnement, intégrer les enjeux mécaniques, repérer les centres et les circuits de commande et de régulation, analyser les solutions biomécaniques d'animation et de contrôle.

Reposant sur ces bases, il est possible, en suivant l'algorithme diagnostique, d'établir une stratégie thérapeutique manuelle dont l'objectif est de restaurer une cinétique harmonieuse en réinitialisant les capteurs musculaires, articulaires ou cutanés par les techniques appropriées.

Le bassin est d'abord le chapiteau des membres inférieurs. Il est une des pièces maîtresses autorisant la bipédie de l'homme.

Afin d'absorber les incontournables contraintes mécaniques générées par ce mode de locomotion avec des alternances d'appui, sources de torsion et de cisaillement, le concept d'anneau brisé a été choisi. Le système mécanique de rupture repose sur la mise en place des deux articulations sacro-iliaques fonctionnant en torsion, avec un astucieux système d'auto blocage par friction, et de la symphyse pubienne qui amortit la compression et le cisaillement.

L'analyse des différents programmes locomoteurs des primates nous montre l'optimisation des solutions mécaniques retenues, tels l'élargissement et l'épaississement du bassin. Les reliefs osseux proéminents, placés en périphérie procurent aux muscles moteurs des bras de levier suffisants pour animer et stabiliser ce plateau sur lequel repose l'empilement rachidien, en toutes situations statiques ou dynamiques. Les solutions techniques adoptées ne manquent pas de génie, tels les muscles de la patte-d'oie, dont la fixation tibiale est la base stable à l'ancrage des câbles de stabilisation tridimensionnelle du bassin que sont le sartorius, le gracile et le semi-tendineux.

Sur le plan neurologique, l'étude de l'innervation somatique et neurovégétative nous montre l'importance des deux jonctions rachidiennes, thoracolombaire et lombosacrée, où trouvent leurs origines les racines nerveuses qui assurent sensibilité et motricité de cette région.

Sur le plan mécanique, le bassin repose sur les deux membres pelviens, auxquels il est relié par deux articulations sphéroïdes, rotules pour les mécaniciens, qui autorisent les déplacements dans l'espace environnant. Cette mobilité a pour corollaire l'instabilité.

Elle est potentiellement corrigée par l'importante congruence osseuse de la coxo-fémorale, renforcée par un appareil musculaire sophistiqué. On distingue ainsi des muscles courts, tels les pelvi-trochantériens, mono ou pauci articulaires et des muscles longs, polyarticulaires, qui ancrent le bassin au segment fémoro-crural sous-jacent (ischio-jambiers, quadriceps et adducteurs). Ce lien reflète la nécessité de tenir compte du plan sous-pelvien tant dans sa composante musculaire qu'articulaire dans la prise en charge thérapeutique.

Par ailleurs, cette ceinture pelvienne est le socle du rachis. Elle est la plateforme d'insertion des muscles du rachis dont le rôle de raidisseur et de stabilisateur de cette tige multiségmentée semi-rigide est fondamental pour l'existence et le maintien de la station érigée de l'homme. Mais c'est aussi le point de fixation des muscles abdominaux qui régissent la rotation et la latéflexion du tronc grâce au bras de levier que leur procurent leurs fixations costales. Leurs positions excentrées génèrent un moment favorable à l'amplitude indispensable à la mobilité du thorax et des membres qui lui sont appendus.

On ne peut négliger, dans la prise en charge thérapeutique, le contenu intrapelvien. On distingue trois strates du plan ventral au plan dorsal. La partie antérieure est urinaire, avec la vessie et l'urètre, la partie moyenne est génitale, enfin la zone postérieure est digestive. Elles sont reliées au squelette par des éléments fibromusculaires dont elles partagent l'origine de leur innervation, source de douleurs référées souvent trompeuses.

Au-dessus de lui se trouve la cavité abdominale et son contenu viscéral, maintenu en place par la musculature abdominale, le diaphragme thoracique et pelvien, et fixé par des structures ligamentaires à la colonne vertébrale. Les interactions sont permanentes le transformant en un partenaire indispensable de la rééducation en le couplant à la respiration.

## CONNAÎTRE ET COMPRENDRE L'ANNEAU PELVIEN

Le sacrum et le coccyx représentent le rachis fixe par opposition aux autres segments mobiles. Il est classique de considérer que le sacrum est le socle sur lequel repose la colonne. C'est une pièce importante qui assure la transmission des efforts à l'anneau pelvien et aux membres inférieurs.

Le poids du corps suit la force gravitaire et le sacrum transfère aux deux os coxaux cette force par l'intermédiaire des sacro-iliaques et aux membres inférieurs par les coxo-fémorales selon des lignes de forces que l'on distingue sur les radiographies.

A l'opposé, la force de réaction du sol suivra le chemin inverse via les cols fémoraux et s'opposera à la force gravitaire en regard des sacro-iliaques.

Mais une partie de la résultante sera amortie au niveau de la symphyse pubienne.

Il est fondamental de concevoir toute pathologie segmentaire de l'anneau pelvien comme un dysfonctionnement de l'ensemble et par voie de conséquence traiter la totalité.

En effet, une pubalgie, dans sa composante de tendinopathie des adducteurs, peut être le premier signe d'une surcharge coxo-fémorale, les adducteurs, comme dans la dysplasie de hanche de l'enfant, crient la douleur de la hanche qui souffre...

L'articulation sacro-iliaque, bien qu'étant une diarthrose, est conçue pour s'opposer à des mouvements de grande amplitude et le système ligamentaire assure un excellent verrouillage.

La biomécanique expérimentale a bien montré combien cette jonction est résistante.

L'amplitude de ce mouvement est sujette à de nombreuses discussions, elle est très faible.

## Les mouvements sacro-iliaques

[12, 25, 52, 53]

La facette auriculaire de l'os coxal a la forme d'un croissant à concavité postérieure et a le relief d'un rail plein dont le centre est situé au niveau de la tubérosité iliaque ou pyramidale. On lui décrit un court bras vertical et un long bras horizontal.

L'angle entre ces deux bras sera obtus dans les morphotypes rachidiens statiques, et proche de l'angle droit dans les morphotypes dynamiques.

La surface auriculaire de l'aileron sacré est de conformation inverse, en rail creux incurvé en arc de cercle dont le centre est situé au niveau du premier tubercule sacré.

En fait, ces deux surfaces ne sont pas aussi régulières, expliquant les difficultés des incidences axiales radiologiques.

Classiquement, on décrit des mouvements de nutation et de contre-nutation.

### Nutation sacrée

Le promontoire ou base sacrée se déplace en bas et en avant, et la pointe du sacrum (ou apex) en arrière et en haut. Simultanément, les ailes iliaques se rapprochent (repliement ostéopathique) et les tubérosités ischiatiques s'écartent. Il en résulte une diminution du détroit supérieur et une augmentation du détroit inférieur. La nutation sacrée est nécessaire à l'expulsion lors de l'accouchement. Dans cette position le verrouillage de l'articulation sacro-iliaque est maximal par la mise en tension des ligaments.

### Contre-nutation

Le promontoire ou base sacrée se déplace en haut et en arrière, la pointe (ou apex) du sacrum en bas et en avant, les ailes iliaques s'écartent (déploiement ostéopathique) et les tubérosités ischiatiques se rapprochent. Il en résulte une augmentation du détroit supérieur, étape indispensable à l'engagement du fœtus dans l'excavation lors de l'accouchement. Dans cette position le verrouillage de l'articulation sacro-iliaque est minimal par la détente des ligaments.

Pour mémoire, nous rappelons les conceptions des classiques dont découlent certaines théories ostéopathiques concernant la nutation :

- *Farabeuf* considère que les mouvements du sacrum s'effectuent autour de l'axe constitué par le ligament axile, soit en arrière des surfaces auriculaires, et la description précédente en découle ;
- *Bonnaire* estime que le centre du mouvement est situé à la jonction des deux bras de l'auricule ;
- *Weisel* propose deux autres théories. La première repose sur une translation pure du sacrum sur le bras long de l'auricule. La seconde reprend la notion de rotation dont l'axe serait pré-auriculaire.
- *Lavignolles*, plus récemment, a montré par le procédé de photogrammétrie que lors de la flexion de hanche à 60° et de l'extension de hanche de 15°, il existait deux axes de rotation d'orientation différente, qui autorisaient non seulement des mouvements de rotation entre les surfaces sacrée et coxale mais aussi des mouvements de décoaptation et de translation. L'amplitude est de 8,8° en moyenne dans le plan sagittal et de 3,5° dans le plan transversal. Les axes instantanés de rotation sont obliques et antérieurs par rapport au sacrum et convergent vers la symphyse pubienne, confirmant l'association fonctionnelle SI-SP, comme l'on

peut le constater en clinique, et plus particulièrement en traumatologie du sport. Il est intéressant de constater que cette variation de centre instantané de rotation et que cette association de rotation et de translation se retrouve dans d'autres diarthroses de l'organisme (roulement et patinage du genou, de la gléno-humérale...).

## L'anatomie compréhensive : le bassin entre tête et pied

Une approche moderne plus globale trouve dans les thérapies manuelles une justification mais surtout une application directe et efficace.

L'observation du pelvis humain et son analyse biomécanique, se sont enrichies des données récentes apportées par les moyens modernes d'investigations en imagerie médicale [8, 9, 26, 36].

Conçu pour permettre à l'homme d'évoluer sur notre planète en position de bipédie permanente, il recèle des trésors d'ingéniosité.

Son étude attentionnée procure un sourire amusé, à l'écoute des fâcheux affirmant péremptoirement que la discopathie de la jonction lombosacrée est une preuve de la mauvaise adaptation de l'homme à la station verticale...

Il n'en est rien...

Plus qu'une vertèbre pelvienne, chère à Jean Dubouset [11], le bassin est un chapiteau reposant sur le membre inférieur, s'adaptant à sa statique et sa dynamique autant qu'à ses déformations.

Il est aussi un socle qui supporte le squelette axial et, par son intermédiaire, l'extrémité céphalique, véritable "boîte à capteurs", im-

posant des stratégies de compensation pour la maintenir horizontale.

Enfin, il est le réceptacle qui contient l'appareil génital et les extrémités de l'appareil urinaire et digestif.

Les liens entre ces différentes composantes sont fonctionnels, musculaires, ligamentaires, articulaires, viscéraux, neurologiques et embryologiques, et qui sont autant de lieu d'action des thérapeutiques manuelles.

## Le programme fonctionnel du membre inférieur [42]

Ainsi, il est fondamental de comprendre le programme fonctionnel du membre inférieur de l'homme et de connaître les solutions mécaniques retenues par le concepteur.

Le quadrupède change de direction durant la marche grâce à sa colonne vertébrale, en regard de la jonction thoracolombaire et plus particulièrement autour de la vertèbre dite diaphragmatique de Vallois, ce qui rend inutile un col du fémur allongé, comme vous pouvez l'observer lors de la dégustation d'un gigot d'agneau.

Les *primates inférieurs* comme les singes ont la capacité d'avoir une station verticale et une marche bipèdes, mais en cas de danger, ils ne peuvent fuir en courant sur leurs deux pattes car l'absence de cambrure lombaire les rend dépendants d'un appui sur les membres supérieurs, ou membres thoraciques et plus particulièrement sur la face dorsale des phalanges de leurs doigts médians.

Chez l'homme, *primate supérieur*, la présence d'une lordose lombaire, indispensable à un équilibre rachidien dynamique, libère le rachis de ce programme directionnel l'autorisant à la bipédie permanente, le différenciant

ainsi des autres membres de cet ordre. Ainsi, il est capable de marcher et de courir sur ses deux "jambes" en permanence. Il peut aussi grimper aux arbres et nager mais moins bien qu'un singe ou un dauphin. C'est donc un excellent généraliste de la locomotion.

Du fait de cette différenciation, la hanche va prendre en charge cette fonction de changement directionnel afin d'orienter le pas. La solution biomécanique repose sur le choix d'une liaison de type sphérique qui autorise trois degrés de liberté articulaire autour de trois axes de travail.

Le mouvement initial est la rotation latérale ou externe, préférable à la rotation interne qui se solderait par une butée du membre inférieur sur son homologue.

Ce mouvement de rotation doit s'effectuer quelle que soit la position du fémur dans le plan sagittal. En effet, le bras de levier de chaque muscle varie selon la position du fémur par rapport à l'axe du mouvement, au centre de la hanche. C'est ainsi que l'on dénombre six muscles rotateurs latéraux, possédant souvent une composante accessoire d'écartement ou d'abduction.

Ainsi en position de flexion maximum de la hanche, le muscle piriforme ne peut assurer une rotation latérale, et sera donc supplanté par les obturateurs interne et externe ainsi que les jumeaux et le carré fémoral.

Le franchissement des obstacles est possible grâce au genou qui raccourcit le membre grâce à une liaison pivot. Plus qu'une simple charnière, la morphologie de ses surfaces articulaires lui autorise des mouvements accessoires de rotation axiale et de latéralité lorsqu'il est déverrouillé en flexion.

L'adaptation de la pièce terminale, qu'est le pied, au terrain accidenté et aux irrégularités

du sol est dévolue à une structure articulaire sophistiquée, constituée d'une mosaïque osseuse amortissant les contraintes. Mais son architecture mérite une attention particulière, car la partie antérieure ou distale est de type horizontal, prenant la forme d'une palette ou clavier métatarsien doté de rayons mobiles sur les bords et d'une âme centrale semi-rigidifiée par les mortaises inter-cunéenne et inter-métatarsienne. L'arrière-pied, quant à lui, est constitué d'un empilement osseux vertical, dont les liaisons osseuses assurent l'adaptation au terrain accidenté et le déroulement du pas. Ces deux parties sont reliées par un couple de torsion harmonisant les efforts et répartissant les contraintes.

Ainsi la prise en charge thérapeutique en médecine manuelle se doit de tenir compte de cette spécialisation des articulations qui subissent les contraintes dues à l'opposition de la force gravitaire et de réaction du sol.

Les os sont des leviers osseux semi-rigides, car ils possèdent une certaine élasticité et une certaine déformabilité. Ils constituent le squelette du membre inférieur et méritent une attention particulière du fait de leur architecture. En effet, ils ne sont pas rectilignes, mais ont une structure torsadée afin d'absorber les contraintes tri-dimensionnelles.

Les activateurs unidirectionnels que sont les muscles, sont mono ou polyarticulaires (c'est-à-dire qu'ils mobilisent une à plusieurs articulations). Ils possèdent un à quatre corps musculaires en fonction du mouvement à générer et des amplitudes autorisées par l'articulation qu'ils mobilisent. En effet, la possibilité de raccourcissement du muscle est constante de l'ordre de trente pour cent de la longueur de la fibre contractile. La partie "charnue" se prolonge par une zone non contractile et hypo-élastique, le tendon, qui se fixe sur le levier osseux à une distance précise du centre de rotation de l'articulation

à mobiliser selon le but recherché (en terme d'amplitude de mouvement et de puissance à développer). L'obturateur interne possède un corps musculaire de taille importante par rapport à son tendon de terminaison. En outre, il est doté d'une poulie de réflexion au niveau de l'ischion pour en favoriser son glissement.

### **Le chapiteau pelvien [42]**

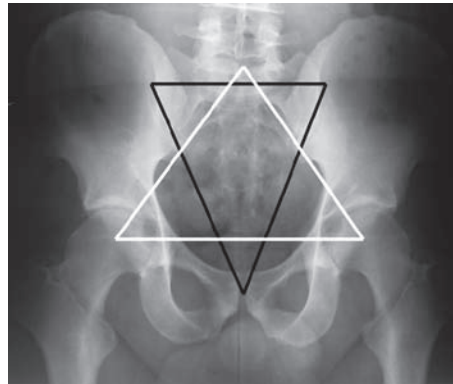
Le cahier des charges des articulations coxo-fémorales est avant tout d'orienter le pas, action permettant le changement de direction, déchargeant le rachis de cette fonction propre au quadrupède.

La solution mécanique est l'articulation de type sphéroïde, autorisant trois degrés de liberté articulaire autour de trois axes de travail. Mais ses possibilités d'excursion sont source potentielle d'instabilité pour le pendule inversé en position monopodale.

Ainsi le couplage de ces deux énarthroses par le chapiteau pelvien apporte stabilité à l'appui bipodal, restreignant ainsi les secteurs de mobilité dans le plan frontal et horizontal.

La structure en anneau brisé du pelvis permet d'identifier deux triangles, à sommet opposé (fig. 1) :

- *Le triangle de charge*, à sommet supérieur en regard du disque lombosacré où s'applique la force gravitaire générée par la partie haute du corps et une base horizontale dont les angles adjacents reposent sur les têtes fémorales, point de focalisation de la poussée des forces de réaction au sol.
- *Le triangle d'amortissement* à sommet inférieur en regard de la symphyse pubienne, véritable amortisseur en compression, dont la base supérieure se situe entre les deux angles formés par les articulations sacro-iliaques, système d'amortisseur par friction.



**Fig. 1 : Les triangles de force et d'amortissement de l'anneau pelvien**

Son analyse impose d'envisager les trois plans de l'espace.

Le système ligamentaire est conçu pour assurer le verrouillage de l'encastrement du sacrum entre les deux os coxaux lors de la verticalisation. Il est intéressant de regarder les activateurs musculaires qui participent à la rigidification de l'anneau pelvien en s'insérant tel l'iliaque, sur les deux pièces osseuses adjacentes que sont le sacrum et l'os coxal.

Ce chapiteau repose et s'ouvre sur les deux têtes fémorales par des cotyles dont l'orientation est savamment construite.

Une bascule sagittale, une inclinaison frontale et une ante version dans le plan horizontal sont les secrets de la réussite de la fonctionnalité locomotrice de l'homme. Cette orientation, couplée au nombre important de muscles rotateurs latéraux, autorise une mobilité importante dans le secteur externe [26, 36].

Mais l'altération de l'un de ces paramètres sera à l'origine d'une usure précoce de la coxo-fémorale, le premier élément le plus vulnérable étant le bourrelet ou labrum.

En face, sur la rive fémorale, l'orientation de la tête, portée par le col, est apte ou non à répondre aux exigences de la fonction.

Une épiphysiolyse "avortée" peut conduire à la constitution à l'âge adulte d'une tête phallique dont les conséquences sur la fonction s'exprimeront par un effet de tenaille ou de came provoquant un vieillissement précoce du labrum ou la création de points de contrainte en regard du col ou du fond du cotyle.

L'harmonie entre cotyle et col est donnée par l'évaluation de l'angle fémoro-acétabulaire obtenu par l'étude des clichés tomodensitométriques.

Cet angle semble être un facteur prédictif d'aptitude du complexe pelvi-fémoral aux sollicitations mécaniques propres à l'homme. Une inégalité de longueur perturbera la statique mais aussi la dynamique de cet anneau brisé. Les muscles, répondant aux sollicitations neurologiques de compensation posturale, modifieront l'architecture fonctionnelle source de tensions potentielles qui retentiront sur le contenu pelvien.

De même, un trouble statique, tel un valgus calcanéen asymétrique, associée ou non à un pied-plat, influencera l'équilibre pelvien. Le plus classique est la chute du médiopied, associé au valgus calcanéen. Ce trouble statique génère un valgus calcanéen, surchargeant le genou. Mais cela crée aussi une rotation médiale de l'axe du membre inférieur. Le fût fémoral, son système de fixation ligamentaire et son animation musculaire, transmettent cette modification des forces et moments sur la statique pelvienne. Les muscles pelvi-trochantériens sont des rotateurs latéraux du fémur en chaîne cinétique ouverte. Ils sont en nombre élevé pour permettre les changements de direction, quelle que soit la position de flexion de l'articulation coxo-fémorale. En cas de chute du médiopied entraînant le

membre inférieur en rotation interne (plan patellaire interne), ils vont entrer en jeu pour freiner cette rotation fémorale médiale en chaîne cinétique fermée, modifiant les contraintes au niveau de la ceinture pelvienne.

Un des principaux acteurs est le muscle obturateur interne (fig. 2). Connue comme un rotateur latéral du fût fémoral en chaîne cinétique ouverte, il devient rétroverseur de l'os coxal en chaîne cinétique fermée, lui conférant une place importante lors de la copulation. Ainsi un trouble statique du pied retentit inéluctablement sur l'anneau pelvien, pouvant décompenser un fragile équilibre, justifiant le port d'orthèse plantaire. Ce retentissement se trouve amplifié par le lien mécanique de ce muscle et le releveur de l'anus, pour lequel il joue le rôle de tenseur actif [4].

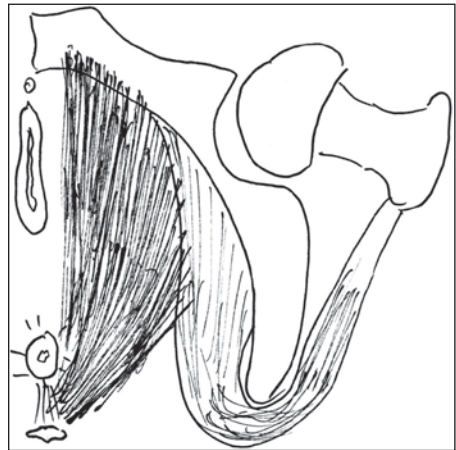


Fig. 2 : Rapport du releveur de l'anus et de l'obturateur interne

Il est aussi en lien étroit le nerf pudendal, dont il est une des faces de son canal, ce qui permet de mieux appréhender les conséquences pelviennes d'une tension asymétrique telle qu'elle est décrite dans le syndrome myo-fascial (fig. 3).



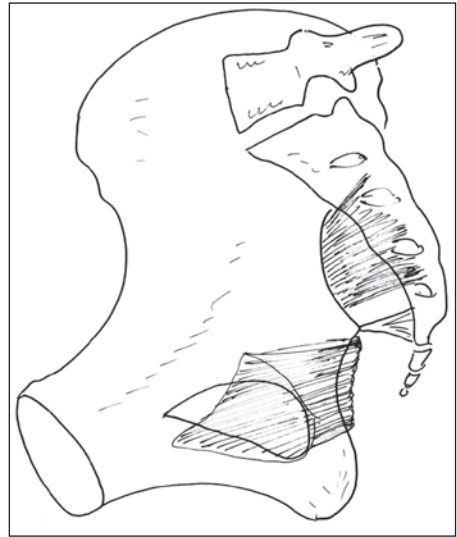
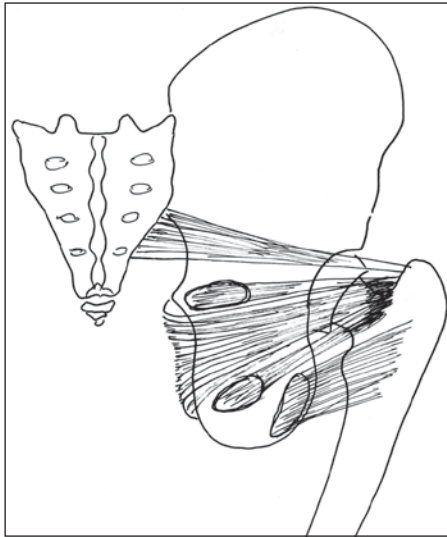


Fig. 3 : L'obturateur interne vu arrière à droite et intra-pelvienne à gauche

### *Le complexe glutéo-graisseux*

Un autre muscle, fondamental dans l'animation du membre inférieur, exerce une action primordiale sur le plancher pelvien. Le grand fessier n'est pas seulement extenseur de hanche en chaîne cinétique ouverte et rétroverseur de l'os coxal en chaîne cinétique fermée, il participe à l'extension du rachis par ses liens fonctionnels avec le fascia thoracolumbo-sacral. En outre, il comprime la fosse graisseuse ischioirectale entretenant le galbe convexe vers le haut des muscles releveurs, compression statique potentialisée par l'activité dynamique lors de la marche et plus particulièrement dans les montées, d'où l'intérêt de tonifier ce muscle dans la rééducation des algies pelvi-périnéales.

### *Le socle pelvien*

Le bassin est à la base de l'équilibre rachidien.

Le rachis possède un potentiel maximum de débattement dans le plan sagittal, notamment à

l'étage lombaire, alors que les rotations et à un degré moindre les latéflexions sont reléguées à une place secondaire, voire accessoire.

Cette cinétique sagittale repose sur un système biomécanique de type "tige multi-segmentée et semi-rigide", raidie par les muscles profonds, les transversaires épineux, stabilisée par les muscles longs tels l'ilio-costal et le long dorsal, et mobilisée par les muscles à long bras de levier tels les abdominaux.

La jonction lombosacrée peut être analysée avec finesse et les travaux de nos maîtres "escoliose" sont une mine de connaissance.

L'évaluation de l'incidence, somme de la pente sacrée et de la version pelvienne, traduit l'aptitude à l'absorption des contraintes ascendantes et descendantes auxquelles est soumis l'homme [8, 9, 26, 29].

Une diminution de la pente sacrée rigidifie la tige rachidienne pouvant s'exprimer par une dystrophie vertébrale de croissance chez l'adolescent, et des discopathies précoces chez l'adulte.



À l'inverse, une augmentation de ce paramètre sagittal majorera les contraintes sur les processus zygapophysiaux, à l'origine d'une éventuelle lyse isthmique.

La version pelvienne traduit la capacité du bassin à répartir dans le plan sagittal les sollicitations mécaniques gravitaires opposées aux forces de réaction du sol.

Un excès de version majorera les contraintes sur l'anneau pelvien, usant prématurément les amortisseurs en compression (pathologie de la symphyse pubienne), ou à friction (les sacro-iliaques). Mais une des conséquences les plus néfastes est la verticalisation de la filière génitale.

### **L'équilibre sagittal lombo-pelvi-fémoral** [16, 29, 46]

Si la sémiologie radiologique de l'atteinte dégénérative ou microtraumatique segmentaire rachidienne est bien connue du médecin, l'équilibre sagittal et le retentissement fonctionnel est parfois plus négligé, d'où ce rappel. En effet, sur le plan biomécanique, il ne faut pas se contenter de regarder l'équilibre frontal du rachis sur le socle pelvien, bien que l'inégalité de longueur des membres inférieurs soit souvent impliquée dans les surcharges mécaniques discales (fig. 4).

- **La version pelvienne**

C'est l'angle formé par la ligne reliant le centre des têtes fémorales au milieu du plateau sacré et la verticale.

- **La pente sacrée**

Il s'agit de l'angle formé par la ligne tangente au plateau sacré et l'horizontale.

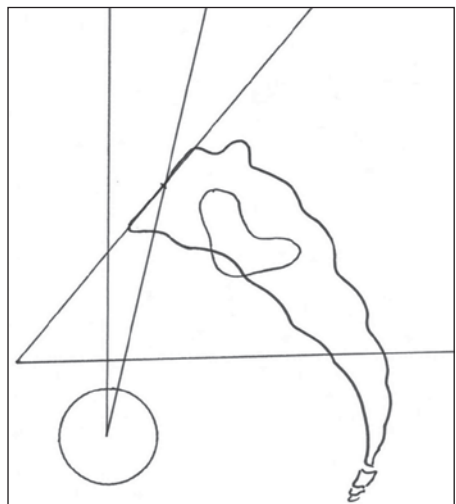
- **L'incidence pelvienne**

Décrite par Duval-Beaupère, angle constant pour chaque individu, en admettant que les

sacro-iliaques n'autorisent que des mouvements de très faible amplitude, elle correspond à l'angle entre la ligne unissant le centre moyen des têtes fémorales au centre du plateau sacré et la ligne perpendiculaire au centre du plateau sacré.

Il existe un rapport direct avec les précédents paramètres puisque l'incidence est la somme de la version pelvienne et de la pente sacrée. Une diminution de la pente sacrée comme on l'observe chez le sujet vieillissant s'associe à une majoration de la version pelvienne dont les conséquences délétères touchent différents paramètres :

- verticalisation de la filière génitale, majorant les contraintes sur un diaphragme pelvien fragilisé par les accouchements par voie basse.
- majoration du couple charnière entre les forces de réaction du sol ascendantes en regard des coxo-fémorales et la masse de la partie supérieure du corps qui s'applique sur les plateaux sacrés. Cela majore les contraintes sur les articulations de l'anneau pelvien, et en cas d'enraidissement de ces dernières sur les pièces osseuses.



**Fig. 4 : Équilibre sagittal lombo-pelvien : pente sacrée et version pelvienne**

**Les muscles du rachis lombaire** [1, 3, 13, 15, 31, 32, 37, 39, 45, 47, 48, 51]

S'insérant sur l'anneau pelvien, les muscles du rachis jouent un rôle fondamental dans la station érigée de l'homme.

Ils raidissent, stabilisent et mobilisent le rachis.

Tout dysfonctionnement mécanique de cette tige multi-segmentée semi-rigide entraîne une réaction de protection musculaire verrouillant l'ensemble. Cette perturbation, bénigne et réversible, peut être segmentaire ou globale, s'intégrant dans un syndrome postural, et se trouve accessible aux techniques neuromusculaires qui peuvent être réalisées isolement ou associées aux techniques manipulatives articulaires avec impulsion.

Connaître l'anatomie et le fonctionnement des muscles du rachis est le préalable indispensable à la réalisation de ces techniques et à la compréhension de leur mode d'action.

L'anatomie demeure la base de notre discipline, et celle des muscles du rachis est très mal connue. Plus qu'une anatomie descriptive délicate à assimiler c'est une anatomie compréhensive qui est abordée soulignant l'importance du développement du courant biomécanique au sein de cette matière.

Après avoir présenté cette étape fondamentale de la connaissance de la musculature rachidienne, il est plus aisé d'assimiler la description imagée de ces méthodes soulignant l'importance du positionnement des différents leviers articulaires, en respectant l'harmonie du jeu corporel du thérapeute, gage d'efficacité autant que d'économie d'énergie.

*Anatomie compréhensive des muscles du rachis lombaire*

Le rachis constitue l'élément axial du squelette, propre à tous les vertébrés.

L'homme représente un programme spécifique lié à la station verticale.

Cela impose un mode de construction particulier faisant appel à un empiement de segments mobiles constituant une tige articulée dont la pré-orientation des courbures garantit une absorption optimale des sollicitations en compression.

L'ensemble repose sur le socle pelvien, pièce mécanique indispensable, qui assure la transmission et l'amortissement des contraintes descendantes, gravitaires, et ascendantes, les forces de réaction du sol.

S'il est possible à une colonne vertébrale purement osseuse de demeurer en équilibre, ce dernier reste précaire.

Il est donc fondamental de concevoir le mode de stabilisation qui permettra à la structure de se maintenir cohérente quelles que soient la posture et les tensions qui lui sont imposées tant statiques que dynamiques.

Les muscles complètent et contrôlent, par un phénomène de régulation de tension, l'appareil ligamentaire. Ils prennent en charge cette fonction de stabilisation grâce à leur organisation hautement sophistiquée car elle associe :

- *un système raidisseur* au contact direct du plan vertébral, l'assimilant de par ses liens étroits au plan osseux à une poutre composite bien que ces deux matériaux ne soient pas totalement en continuité ;
- *un système stabilisateur* à court bras de levier, contrôlant en priorité l'équilibre frontal ;
- *un système mobilisateur* à long bras de levier autorisant des mouvements de grande amplitude dans les trois plans ;
- mais aussi *un servomécanisme régulateur* par le biais des tensiomètres que sont les fuseaux neuromusculaires et les capteurs de force représentés par les organes neuro-tendineux de Golgi.

Ainsi ce contrôle vigilant, permanent, adaptatif et instantané est d'une impérieuse nécessité mais ne peut se résumer ni aux capteurs ligamentaires, ni aux capteurs musculaires dont la viscoélasticité est un facteur restrictif dans la précision de l'information et rend donc indispensable la mise en place d'un système informateur complémentaire, fonction qui est dévolue au capteur goniométrique cutané.

### **Le programme lombaire : support et mobilité du tronc**

Les vertèbres lombaires placées à la partie caudale de la colonne supportent une charge élevée. Ce qui explique l'augmentation importante de leur volume corporel crânio-caudalement.

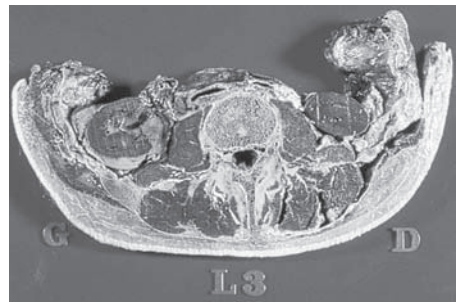
Le disque est très épais et les butées dorsales sont des articulations de type trochoïde, dont l'orientation devient sagittale par opposition aux thoraciques qui sont frontales.

Elles permettent essentiellement des mouvements d'inclinaison sagittale, mais aussi, avec une moindre amplitude segmentaire, des mouvements d'inclinaison latérale et de rotation.

Les processus zygapophysaires supérieurs regardent dorsalement et médialement et sont concaves transversalement. Elles sont taillées sur la surface d'un même cylindre dont le centre est situé approximativement à la base du processus épineux. Les conséquences de cette conformation sont d'une part un phénomène de cisaillement au niveau discal et d'autre part lors de l'inclinaison latérale, la pression asymétrique exercée sur le disque va entraîner un déplacement de la zone centrale vers la convexité et une rotation controlatérale par la mise en tension de l'appareil ligamentaire.

La troisième vertèbre lombaire constitue le centre de la courbure et présente deux plateaux parallèles. Le maintien du rachis lombaire est en grande partie assuré par la présence autour de la colonne ostéo-articulaire centrale de piliers musculaires (fig. 5) :

- Les deux muscles *psaos*, ventralement et latéralement,
- Les deux masses musculaires dorsales, où l'on individualise le long dorsal, l'ilio-costal et en juxta vertébral le multifidus, situées de part et d'autre de la ligne médiane.



**Fig. 5 : Coupe axiale en L3, à droite les colonnes musculaires dorsales ont été séparées (photo DB).**

La stabilisation ventrale de cet ensemble, qui débute en T12, explique la fragilité relative de cette jonction thoracolombaire. Ce n'est pas une charnière, car elle autorise plusieurs degrés de liberté articulaire.

En réalité, la présence de la paroi abdominale avec ses muscles ventraux verticaux, et ses muscles latéraux compensent largement la transition entre un système thoracique sans muscle ventral et un système lombaire haubané latéralement.

L'ordonnement lordotique de ce segment est un besoin et une nécessité pour l'obtention et le maintien de la station érigée.

La stabiliser est donc une priorité que n'assume que partiellement et passivement l'appareil ligamentaire.

Ce sont donc les muscles qui prennent en charge cette fonction. Elle est hiérarchisée et spécialisée, chaque groupe musculaire effectue le programme fixé, constituant, sur le plan architectural, une structure lamellée non collée.

L'importance fonctionnelle de ces muscles est soulignée par les risques de déstabilisation lors des abords chirurgicaux étendus.

Mais le muscle n'est pas seulement un activateur unidirectionnel viscoélastique dont la seule fonction est, grâce à un raccourcissement de ses fibres du tiers de leur longueur, de mobiliser des pièces osseuses selon un axe défini.

Il est aussi capteur. En effet, l'organisation poly-segmentée de la colonne vertébrale impose la présence de détecteurs de dérive posturale afin de la corriger instantanément. L'animation de la tige vertébrale exige que ces récepteurs soient adaptatifs, et seul les muscles peuvent répondre à ce cahier des charges. Mais la précision de l'information nécessite des muscles mono ou pauci-segmentaires tels le multifidus, les inter-transversaires ou interépineux (fig. 6).

La densité des fuseaux neuromusculaires caractérise les muscles dont la fonction est de générer des mouvements fins ou de maintenir une posture.

Cinq étapes peuvent être individualisées dans le programme de stabilisation et de mobilisation de la colonne vertébrale :

- *raidir* la colonne en utilisant le principe de serrage, procédé employé en architecture navale pour rigidifier le mat en exerçant une force de compression axiale ;
- *stabiliser* le ballant essentiellement frontal de ce pendule inversé afin de le maintenir dans le cône d'économie par des muscles à court bras de levier (principe de frettage) ;

- *mobiliser* l'ensemble dans les trois plans de l'espace par de longs bras de levier ;
- *mettre en place* un appareil tenseur des fascias ;
- *contrôler* musculairement la pression intra-abdominale.

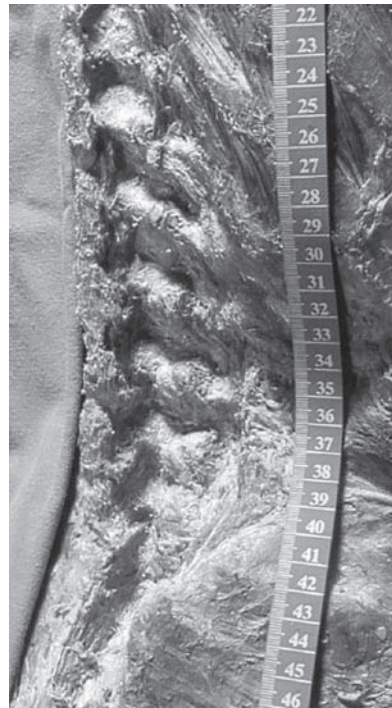


Fig. 6 : Vue latérale droite du rachis lombaire, après avoir récliné les muscles ilio-costal, long dorsal et transversaire-épineux permettant de voir les interépineux lombaires (photo DB).

### Le système raidisseur

Cette charge est confiée sur le plan dorsal au groupe transversaire-épineux. Ces muscles prennent leurs insertions caudales et latérales sur les processus transverses de l'étage sacral à la quatrième cervicale pour se terminer crânialement et médialement sur les processus épineux et les lames de la cinquième vertèbre lombaire à la deuxième cervicale.

La construction du polygone funiculaire de Varignon, nous montre que le vecteur force résultant exerce essentiellement une composante d'extension avec un bras de levier court dont la décomposition souligne :

- le rôle d'impaction intervertébrale de ce muscle (composante longitudinale) ;
- la composante de rotation (dans le plan transversal et coronal) diminuant en direction crânio-caudale ;
- la composante de cisaillement, qui varie selon les étages.

On individualise en profondeur le multifidus, qui contrôle 1 à 4 segments, et en superficie le semi-spinalis et l'épi-épineux qui stabilisent 4 à 8 niveaux.

Rigidifier la tige est obligatoire jusqu'à l'axis, puisque, au-dessus, un découplage des degrés de liberté articulaire est nécessaire au réglage ultime de l'orientation céphalique et au couplage des muscles oculomoteurs et sous-occipitaux pour optimiser la poursuite visuelle.

Sur le plan ventral, à l'étage cervical et lombaire, est positionné le rempart convexitaire, système anti-flambage, représenté par les psoas en lombaire et le couple long du cou et grand droit antérieur en cervical.

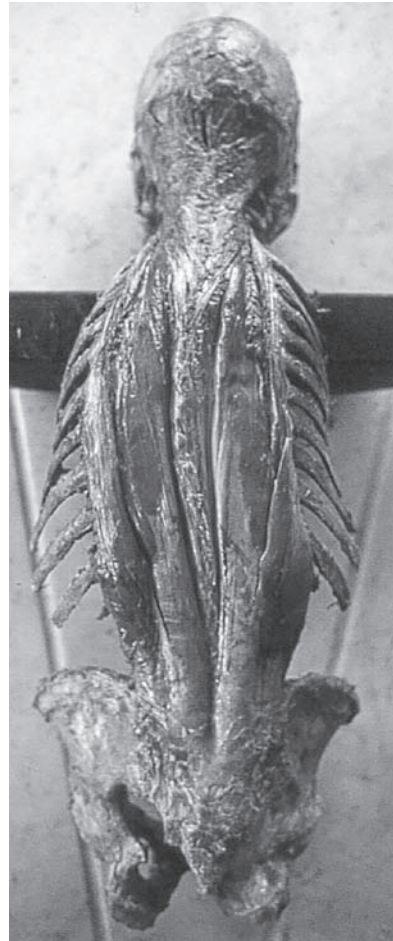
### ***Le système stabilisateur***

Il est constitué de muscles polysegmentaires longs, dorsaux, positionnés latéralement aux précédents et innervés par la branche dorsale du nerf spinal.

Ils sont renforcés à l'étage cervical et lombaire par un plan haubané à insertion costale et pelvi-rachidienne.

Le long dorsal et l'ilio-costal appartiennent au premier groupe. Insérés caudalement sur un

triangle lombo-sacro-iliaque, leurs longs faisceaux se fixent crânialement sur les reliefs osseux dérivant des points d'ossification secondaires transverses et costaux. Ils s'étalent latéralement jusqu'à 8 cm de la ligne des épineuses dans le plan frontal à l'étage thoracique. Cette morphologie et cette situation leur donnent une composante stabilisatrice coronale prépondérante, l'épanouissement latéral majeure leur action de contrôle de dérive du pendule inversé (fig. 7).



**Fig. 7 : Vue dorsale des trois colonnes musculaires postérieures**



L'enregistrement électromyographique lors de la marche bipède chez le chimpanzé et le gibbon ont confirmé que l'ilio-costal, muscle le plus latéral du groupe, se contracte précocement et de manière élective lors de l'appui du membre pelvien controlatéral stabilisant le tronc dans le plan frontal. Le multifidus intervient dans l'équilibre sagittal, et le long dorsal exerce une action intermédiaire.

De très nombreuses études, essentiellement électromyographiques, ont remis en question leur rôle de seuls érecteurs de la colonne vertébrale, mettant, par exemple, en évidence le phénomène de flexion-relaxation. Ce paradoxe se manifeste par la brutale chute d'activité électromyographique lors de la flexion antérieure du tronc au-delà de 70°.

S'il est évident que l'extension du rachis ne peut s'effectuer sans eux, le port de charge lourde implique l'intervention d'autres effecteurs tel le plan dorsal lombo-pelvi-fémoral (grand fessier) qui prolonge son action sur le rachis par la mise en tension du système ligamentaire dorsal (ligament inter et sus-épineux, aponévrose intermusculaire lombaire, fascia thoracolombaire), action amplifiée par la réduction de la lordose lombaire.

Carré des lombes et scalènes complètent l'action des précédents pour permettre au rachis cervical et lombaire d'accomplir les excursions, que disque et orientation zygapophysaire autorisent, dans leur amplitude maximale.

Leur fixation costale n'est pas fortuite mais permet de jouer sur les possibilités de changement des points d'insertion du segment à mobiliser. De moteur du rachis, ils se transforment ainsi en élévateur ou en abaisseur costal.

L'orientation oblique de leurs fibres dans le plan sagittal les dote d'une action rotatoire.

## ***Le système mobilisateur***

Une des particularités des systèmes raidisseur et stabilisateur est la brièveté des bras de levier, qui associée à la grandeur du rapport entre portion fibreuse et contractile limite l'amplitude potentielle des mouvements.

Le programme mobilisateur fixe un cahier de charge qui impose une grande longueur de fibres contractiles afin de permettre un raccourcissement maximal, ainsi qu'un allongement du bras de levier pour obtenir l'amplitude optimale à la réalisation des mouvements requis de rotation et de flexion du tronc et de la tête.

Cette fonction est dévolue au relais ventral capito-thoraco-pelvien où le plastron sterno-costal joue le rôle d'une poulie majorant l'angle d'attaque du sterno-cléido-mastoïdien et du droit de l'abdomen. Si les droits de l'abdomen sont des fléchisseurs purs, les sterno-cléido-mastoïdiens, par contre, associent des composantes de rotation et de latéroflexion controlatérale en fonctionnement unilatéral grâce à l'excentration de leur insertion céphalique.

Mais cette rotation céphalique, afin de maintenir l'horizontalité du regard en neutralisant la latéroflexion, impose la présence d'un deuxième effecteur controlatéral fonctionnant en couple, les splénius capitis et cervicis.

Rotation et latéroflexion du tronc sont sous la dépendance des obliques de l'abdomen, qui en fonctionnement synergique unilatéral, génèrent une latéroflexion, et en fonctionnement couplé, oblique externe-oblique interne controlatéral, provoque une rotation.

## ***Les systèmes annexes*** [30, 43, 44]

La notion de poutre composite os-muscle développée par Rabischong et Avril dès 1965,

ne cesse de s'enrichir d'approches convergentes qui affinent le concept.

Les importantes recherches consacrées au comportement mécanique de la colonne lombaire lors du port de charge se sont heurtées au fait qu'il est impossible pour les muscles dorsaux d'assumer seuls un soulèvement de poids supérieur à 30 kg.

Face à ce constat, de nombreuses théories ont été envisagées dont le caisson abdominal de Bartelink, la fonction dévolue au transverse de raidisseur actif du fascia thoracolombaire et la mise sous tension du plan ligamentaire dorsal rachidien.

#### *Le caisson abdominal* [14, 18, 19, 20, 35, 37]

Le concept de ballon intra-abdominal est rattaché à Bartelink, qui, en 1957, émet l'hypothèse du rôle de renforcement rachidien de la pression intra-abdominale sous l'action du diaphragme.

Mais des études ultérieures n'ont pas validé cette théorie, arguant du fait que pour produire un moment anti-flexion suffisant, la tension de la ceinture abdominale serait excessive, d'autre part la pression intra-abdominale dépasserait la pression artérielle créant une ischémie et enfin le moment de flexion produit par ces muscles négativerait celui produit par l'augmentation de la pression intra-abdominale (fig. 8).

L'organisation des obliques et des transverses réalise une sangle musculaire très efficace avec un système aponévrotique dont le rôle débord la seule contention des viscères abdominaux. Il existe des zones de faiblesse à la partie ventrale et caudale pouvant perturber la carrière d'un sportif. En connaître l'anatomie permet de comprendre le choix traditionnel par suture en trois plans de cer-

tains chirurgiens pour traiter l'insuffisance pariétale (fig. 9).



Fig. 8 : Section coronale en L2



Fig. 9 : Orifice inguinal : en superficie, piliers externe et interne de l'oblique externe du côté gauche et en profondeur, du côté droit, pilier postérieur de l'OE et tendon conjoint (oblique interne et transverse).

#### *Le système raidisseur du fascia thoracolombaire* [54]

Les fonctions des fascias ne se résument pas à la seule protection, fixation ou nutrition des tissus qu'ils enveloppent.



Membrane fibreuse qui entoure une structure anatomique, le fascia est constitué de fibres de collagène non extensibles qui lui donnent les qualités requises pour assurer la contention des muscles et transformer les forces produites par la globulisation musculaire en contre-pression normale à l'axe osseux, raidissant d'autant le couple os-muscle.

Cette composante est renforcée par la présence de muscles tenseurs de ces fascias injectant dans ce modèle passif une régulation active.

Lorsque l'on débute une dissection des muscles du plan rachidien dorsal chez l'adulte, on est frappé par l'aspect majoritairement nacré du plan musculo-aponévrotique traduisant la prédominance en superficie du tissu conjonctif sur le tissu musculaire.

Ce qui n'est pas le cas du fœtus où l'on constate, macroscopiquement, la présence quasi exclusive de tissu musculaire ainsi que l'étalement coronal du plan musculaire dorsal.

L'anatomie descriptive du fascia thoracolombaire varie selon les traités consultés. Nous ferons référence à l'approche de Charpy développée par Paturet.

Appartenant à l'entité des aponévroses dorsales de l'abdomen (fig. 10), elle se présente sous l'aspect d'un épais feuillet constitué de deux lames aponévrotiques qui sertissent la masse des *erector spinae* par l'intermédiaire d'un plan dorsal se fixant sur les processus épineux et un plan ventral (situé à la face dorsale du carré des lombes) sur les processus transverses. Ces deux feuillets se rejoignent sur le bord latéral des érecteurs du rachis. Cette limite verticale porte le nom de raphé latéral (fig. 10).

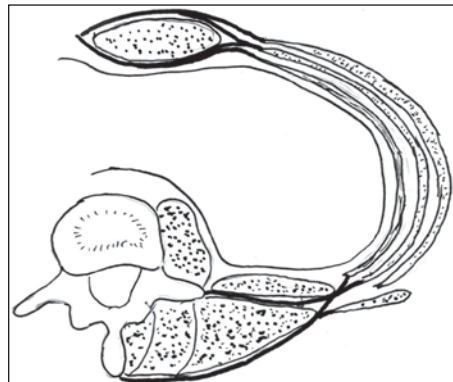


Fig. 10 : Aponévrose des abdominaux

L'aponévrose du grand dorsal, indépendant latéralement, fusionne à la partie médiale.

Les divergences de conception portent sur la participation de certains muscles à la constitution de ce fascia, en raison des variations des adhérences constatées lors des dissections.

Seul l'aspect fonctionnel est donc retenu.

Ce fascia doit être distingué de la lame tendineuse d'insertion de l'ilio-costal et du long dorsal. Un tissu adipeux plus ou moins dense et épais sépare ces deux plans.

La participation des prolongements aponévrotiques du transverse de l'abdomen, du grand dorsal, du dentelé postérieur et, de l'oblique interne (bien que plus discutée), confère un aspect en treillis à ce fascia.

L'orientation des fibres de la lame aponévrotique dorsale est double : en superficie elle est oblique cranio-latéralement et en profondeur caudo-latéralement pour converger vers le raphé latéral est se trouver en continuité avec les fibres horizontales du transverse de l'abdomen.

La contraction du transverse provoque une fermeture du dièdre formé par les deux types de fibres dont les conséquences mécaniques sont doubles :

- *Dans le plan frontal :*
  - création d'un moment d'extension au niveau de la ligne des épineuses ;
- *Dans le plan frontal et transversal :*
  - raidissement du plan aponévrotique rétro et pré-musculaire (érecteur du rachis) qui limite l'expansion musculaire lors de la globalisation (contemporaine de la contraction) et qui produit une contre-pression normale à l'axe rachidien.

Cette action naturelle et automatique, peut ainsi être remplacée par des ceintures abdominales. Bien que leur action soit très controversée, l'étude de Miyamoto a montré qu'une contention externe par le port de ceinture abdominale entraîne uniquement une augmentation de la pression intramusculaire des *erector spinae* majorant la raideur de la colonne.

### *La tension du plan ligamentaire dorsal*

Le phénomène de flexion-relaxation exprime le paradoxe que constitue la diminution d'activité des muscles dorsaux au-delà de 70° de flexion du rachis.

Ceci est inconcevable mécaniquement si n'intervient pas un autre système de stabilisation et d'animation du mobile rachidien. L'étude phylogénétique nous montre quelles sont les solutions biomécaniques retenues pour permettre le déplacement des poissons, des reptiles, des quadrupèdes.

Les muscles épaxioniques du quadrupède :

- stabilisent l'arche rachidienne entre les quatre piliers reposant au sol,
- propulsent l'animal,

- dirigent les déplacements latéraux, rôle transféré aux hanches par l'allongement du col du fémur chez l'homme.

L'anthropoïde à bipédie intermittente se différencie du quadrupède strict par la frontalisation progressive du plan des processus transverses et par le développement de la musculature dorsale pelvi-fémorale dont l'action se prolonge par le plan ligamentaire dorsal sus et interépineux.

L'augmentation du moment d'action d'un muscle passe par l'allongement du bras de levier, ce qui se traduit chez l'homme par l'expansion dorsale des reliefs pelviens où se fixent le fascia thoracolombaire et le grand fessier.

Ainsi, le complexe musculaire lombo-pelvi-fémoral dorsal met en tension le plan ligamentaire postérieur après réduction de la lordose, temps indispensable à l'efficacité de ce mécanisme.

Ainsi en chaîne cinétique fermée (pieds au sol), le grand fessier, muscle le plus puissant de l'économie, exerce une grande force d'extension de hanche qui se traduit au niveau pelvien par une rétroversion, pelvic tilt de Gracovetsky [16], et une composante d'extension et de mise en tension du plan ligamentaire rachidien dorsal (fig. 11).

Mais comme un squelette ne peut s'animer, s'il n'est stabilisé, l'ancrage au sol impose l'arrimage du pied par la chaîne cinétique d'extension du membre inférieur constituée des ischio-jambiers et du complexe tricipito-calcanéo-plantaire.

Le bras de levier de ce dispositif développe un moment suffisant, nécessaire au soulèvement de charges.



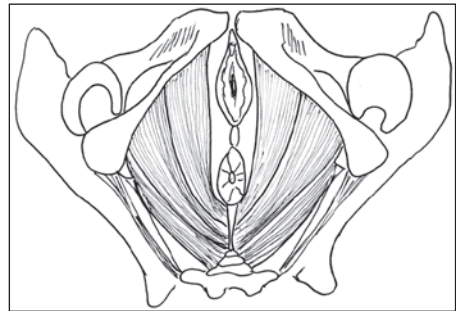
**Fig. 11 :** Vue dorsale du plan musculaire superficiel dorsal : noter la surface et les rapports du fascia thoraco-lombal, épaisse lame fibreuse nacrée.

### ***Diaphragme thoracique et diaphragme pelvien***

Ils ferment incomplètement la cavité abdominale, car ils laissent le passage aux éléments viscéraux, nerveux et vasculaires. Ils sont trop souvent négligés, ne retenant l'attention des patients autant que des médecins que lorsque leur insuffisance se manifeste (fig. 12).

Particulièrement méconnus, ils tirent un grand bénéfice d'une éducation plus que rééducation qui sous entend que l'étape précédente ait été acquise...

Un entretien quotidien est pourtant simple, allant de l'anticipation périnéale à la contraction des abdominaux à la respiration abdomino-diaphragmatique, sans oublier la cohérence cardiaque et la gymnastique hypopressive [2, 5, 34].



**Fig. 12 :** Le diaphragme pelvien constitué des faisceaux du releveur de l'anus

### ***L'innervation de l'anneau pelvien*** [7, 23, 27]

Elle est sous la dépendance du plexus lombaire et sacré qui trouve leur origine en regard des racines homonymes.

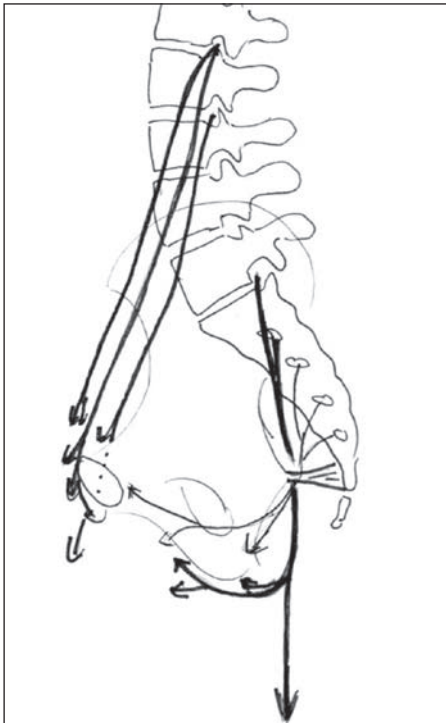
L'histoire de la médecine nous rappelle que l'intrication des différents niveaux radiculaire et tronculaire est constante. En effet, lors de la prise en charge de la tuberculose osseuse (maladie de Pott), dans sa localisation coxo-fémorale, la coxalgie, pour obtenir une antalgie la plus complète, il est indispensable de réaliser des neurotomies en regard des trois nerfs principaux que sont le fémoral, l'obturateur et l'ischiatique.

Mais le plus important est de prendre en compte le rôle de la jonction thoracolombaire "élargie" à la partie crâniale lombaire (T12-L2) qui assure l'innervation de la partie ventrale du pelvis sur le plan somatique, mais aussi sur le plan neurovégétatif l'origine du sympathique à destinée pelvienne.

**L'origine thoracolombaire [33]**

Le professionnel de santé connaît habituellement le territoire radicaire du dermatome et oublie parfois le nom du tronc nerveux qui en véhicule ces fibres, d'autant que la terminologie a changé, d'où ce rappel. Mais il ne faut pas oublier que les chirurgiens utilisent des voies d'abord qui peuvent léser ces troncs qui cheminent dans la paroi abdominale ventrale (fig. 13).

Le pubis reçoit une innervation radicaire trouvant son origine autour de la jonction thoracolombaire. Nous verrons que le dernier rameau communicant blanc émerge en L2. Ceci explique la très grande fréquence de l'implication des dysfonctionnements de cette zone rachidienne dans la pathologie algique pelvi-périnéale et leur caractère clinique parfois apparemment discordant.



**Fig. 13 : Innervation somatique du périnée et du pubis**

N'oublions pas que le terme de jonction thoracolombaire peut être appréhendé fonctionnellement comme une entité globale incluant T10 à L1. En effet, la présence de cotes flottantes en T11 et T12, ainsi que la morphologie des processus zygapophysaire entre T12 et L1 nous permet de comprendre la grande vulnérabilité de cette région dans les mouvements de rotation, d'où les dysfonctions extrêmement fréquentes.

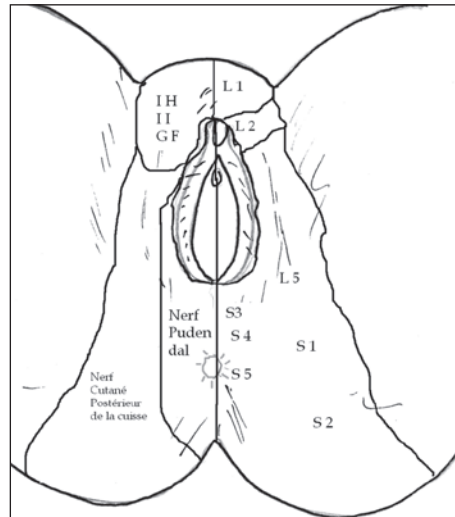
A la face ventrale du périnée trois nerfs jouent un rôle (fig. 14) :

- **Le nerf ilio-hypogastrique**

Issu de L1, il se termine par une branche génitale qui descend en avant du ligament rond dans le canal inguinal et donne des rameaux médiaux à la peau du pubis et des grandes lèvres ainsi qu'à la région supéro-médiale de la cuisse.

- **Le nerf ilio-inguinal**

Comme le précédent, il est issu de L1 et se termine dans les mêmes zones.



**Fig. 14 : Innervation radicaire et tronculaire du périnée**

IH = ilio-hypogastrique

II = ilio-inguinal

GF = génito-fémoral

- *Le nerf génito-fémoral*

Issu des racines L2, la branche terminale génitale se termine en regard des grandes lèvres.

Ces trois nerfs sont importants à connaître : Quant à leurs territoires de distribution, car ils peuvent être lésés lors de certaines voies d'abord chirurgicales, source de douleur parfois invalidantes, mais aussi quant à leurs origines radiculaires pour penser à rechercher un dysfonctionnement segmentaire rachidien, en cas de douleur dans leur territoire.

### *L'innervation végétative*

#### *Le plexus hypogastrique (fig. 15)*

L'appareil génital reçoit et envoie des informations par l'intermédiaire du système neu-

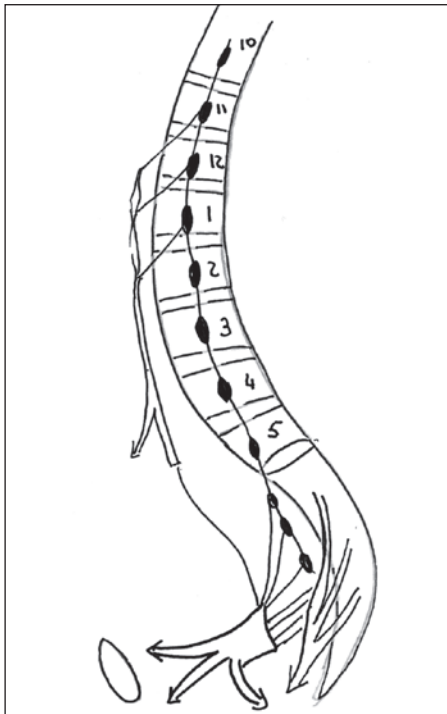


Fig. 15 : Constitution du plexus neurovégétatif hypogastrique

rovégétatif. Lui-même est constitué de deux éléments, le sympathique et le parasympathique dont les origines sont différentes.

Le sympathique possède ses centres, pour l'appareil génital de T9 à L2.

Le parasympathique provient des centres sacrés en S2, S3, S4.

Le plexus hypogastrique est le lieu de convergence de ces fibres.

Il présente la particularité d'être pair, situé de part et d'autre des organes pelviens. Il a la forme d'une lame quadrangulaire dont les afférences sont situées à la partie postérieure alors que les efférences quittent le plexus par sa partie ventrale.

#### *L'origine sympathique*

- *Les fibres du sympathique lombaire :*  
Ils proviennent des 2, 3, 4<sup>e</sup> ganglions lombaires et du ganglion mésentérique inférieur. Ils s'unissent pour former le nerf pré-sacré ou hypogastrique, situé en avant de la cinquième lombaire. Les deux branches de bifurcation rejoignent le plexus hypogastrique à sa partie haute.
- *Les fibres du sympathique sacré :*  
Provenant des 2, 3, 4<sup>e</sup> ganglions sacrés, ils atteignent le plexus hypogastrique à son extrémité postérieure.

#### *L'origine parasympathique*

Dénommés par certains nerfs érecteurs d'Ekart, ils proviennent de la colonne intermédio-ventrale du parasympathique sacré, en regard des 2, 3, 4<sup>e</sup> nerfs sacrés constitutifs du plexus honteux. Ils se terminent dans l'angle postéro-inférieur du plexus hypogastrique.

## TRAITER L'ANNEAU PELVIEN

Les données anatomiques précédentes sont fondamentales à la compréhension de l'organisation et du fonctionnement de l'anneau pelvien. Il en découle des applications directes en thérapeutique manuelle découlant d'une stratégie reposant sur un examen clinique complété par le bilan paraclinique nécessaire.

Il s'intègre dans une vision complète et prolonge la décision collégiale de l'équipe médicale regroupée autour du sportif.

Ainsi la prise en charge d'une pubalgie dans sa composante tendinopathique doit intégrer traitement manuel, et au premier plan l'étirement post-isométrique pour récupérer une extensibilité satisfaisante du plan musculaire sous pelvien, et rééducation adaptée.

Mais une analyse diététique est aussi importante qu'un bilan posturo-podologique.

## Les techniques articulaires

### *Les manipulations avec impulsions*

[17, 28, 33, 52, 53]

Ce terme remplace depuis les années 1980 (FIMM) les termes de manipulation avec haute vélocité et faible amplitude (HVLA).

La manipulation avec impulsion est une mobilisation passive d'une articulation périphérique ou intervertébrale qui se compose dans un premier temps de mise en tension des structures ligamentaires de contention, puis dans un deuxième temps une impulsion brève, forcée de très faible amplitude mais réalisée avec une grande vitesse.

La perception habituelle d'un claquement traduit le phénomène de cavitation, formation instable d'une bulle de gaz par le passage de

la phase dissoute à la phase gazeuse, et ce, à température constante lors de la baisse brutale de la pression.

Robert Maigne a parfaitement codifié les indications et les modalités de réalisation aux différents étages rachidiens.

Il a défini la loi de la non-douleur et du mouvement contraire.

Yvon Lesage nous a enseigné les principes et les techniques de manipulation des articulations périphériques.

En ce qui concerne la sacro-iliaque, le consensus est loin d'être acquis !

Aussi nous aborderons notre conception, fruit d'une longue pratique et de la richesse des rencontres de praticiens passionnés et de tous horizons, avec une mention spéciale pour le congrès de Chinon, dans les années 90, consacré intégralement à ce thème, réunissant la fine fleur de la médecine manuelle européenne.

La description propédeutique la plus éloquente de cette pathologie est celle de la sacro-iliaite brucellienne qui a nourri nos cerveaux de carabins méditerranéens confrontés aux fromages de chèvre des Cévennes transmetteurs de brucella.

Mais les atteintes de cette articulation au décours des rhumatismes inflammatoires sont aussi riches d'enseignement.

Mais ces deux pathologies sont enveloppées d'autres signes cliniques évocateurs de leur origine infectieuse ou inflammatoire.

En pathologie locomotrice mécanique courante, suspecter une atteinte de ce joint repose sur des éléments cliniques difficiles à distinguer d'une provenance lombaire ou lombosacrée.



Le trépied qui doit faire penser à cette hypothèse étiologique :

- *Douleur fessière* pouvant irradier dans la loge postérieure de la cuisse jusqu'au genou rappelant une sciatique tronquée,
- *Douleur à la marche* entraînant un raccourcissement du pas, générant parfois la remarque de la patiente, souvent parturiente, "de marcher en canard",
- *Douleur* se majorant en appui monopodal, d'autant plus lors du saut unipodal,

L'examen est d'autant moins contributif significatif que l'on décrit une multitude de signes "typiques".

Le plus simple, demeure le P4 test (*Posterior Pelvic Pain Provocation Test*) [38]. Il consiste, sur une patiente en décubitus, de fléchir la hanche à 90° et d'exercer une pression axiale afin de réveiller la douleur postérieure (fig. 16).



Fig. 16 : Posterior Pelvic Pain Provocation Test (P4 test)

Les tests anesthésiques ont montré le peu de spécificité des nombreux tests décrits qui n'ont qu'une valeur d'orientation.

Pour certains, la recherche d'un point douloureux du pôle supérieur de la sacro-iliaque est le plus simple et le plus précis.

Ainsi, en ce qui concerne les articulations de l'anneau pelvien et notamment les sacro-iliaques, il existe un gouffre entre le monde de la rhumatologie et les concepts ostéopathiques,

justifiant deux chapitres entiers consacrés à cette articulation dans cet ouvrage.

Nous limiterons notre propos à ce qui nous paraît essentiel.

Il paraît logique d'agir simultanément sur les articulations sacro-iliaques et symphysaires pubiennes. Mais il faut demeurer conscient que le geste manipulatif sur la sacro-iliaque implique obligatoirement la jonction lombosacrée. En effet, il existe un parallélisme des cavités articulaires controlatérales de ces articulations et il est impossible, en raison des bras de leviers obligatoires pour cette manipulation d'avoir une action unique sur la sacro-iliaque sans solliciter le rachis lombaire.

Notre indication personnelle est la manipulation de l'anneau pelvien devant un patient(e) qui présente les caractères cliniques décrits précédemment et pour lequel l'examen clinique a mis en évidence une inégalité de longueur des membres inférieurs, la douleur étant du côté du MI court.

- *Le temps symphysaire* consiste en la manipulation directe de la symphyse par une abduction brève, instantanée de très faible amplitude. Un bruit est fréquemment audible, témoignant de la décoaptation décrite par les Anglo-Saxons sous le terme de shot gun (coup de fusil) (fig. 17).



Fig. 17 : Temps symphysaire du traitement manipulatif de l'anneau pelvien



- *Le temps sacré* positionne le côté à manipuler sur la table afin de solliciter le sacrum en contre nutation, l'objectif virtuel étant de faire glisser sa facette articulaire sur celle de l'iliaque (fig. 18).



Fig. 18 : Temps sacré de la manipulation de l'anneau pelvien

- *Le temps iliaque* consiste à positionner le côté à manipuler vers le haut, soit opposé à la table, et de réaliser le geste impulsif, à 45° du plan de la table pour ouvrir l'interligne. Il est évident qu'il existe une action sur la jonction lombosacrée. La distinction est audible, le son iliaque étant plus sourd et plus dense que le classique bruit de décoaptation d'une articulation zygapophysaire (fig. 19).



Fig. 19 : Temps iliaque de la manipulation de l'anneau pelvien

### ***Les manipulations sans impulsions ou techniques non forcées*** [22, 49, 50]

Elle s'applique tant au niveau du rachis que des articulations de l'anneau pelvien périphérique.

Pour chaque articulation on décrit des mouvements principaux ou majeurs et des mouvements accessoires ou mineurs.

Les mouvements principaux sont liés aux types d'articulations, leurs degrés de liberté et leurs axes de travail.

Ils se définissent dans les trois plans de l'espace :

- Rotation médiale et latérale dans le plan transversal ou horizontal,
- Abduction et adduction dans le plan frontal,
- Flexion et extension dans le plan sagittal.

Les mouvements accessoires ou mineurs découlent des repères tridimensionnels x, y et z. En effet, autour de ces axes deux types de déplacement peuvent se produire, l'un linéaire par une translation ( $t_x$ ,  $t_y$ ,  $t_z$ ), l'autre angulaire par la rotation ( $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$ ).

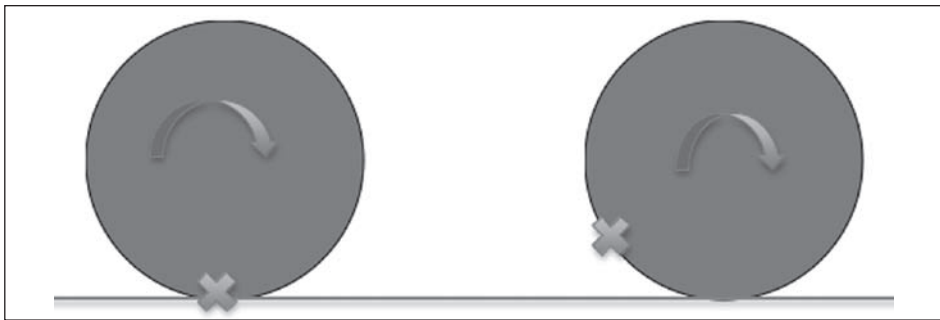
Les mobilisations et manipulations sans impulsion tirent leur efficacité de leur action sur ces mouvements accessoires.

De très nombreuses techniques sont décrites depuis Menell, et nous avons pris le parti de développer les techniques qui favorisent le glissement articulaire, car dans notre expérience elles nous paraissent non seulement efficaces mais aussi simples à réaliser et, en plus, souvent élégantes.

Sur le plan biomécanique, on décrit plusieurs types de déplacement articulaire, soit le roulement (fig. 20), soit le glissement (fig. 21) en fonction des forces de frottement des surfaces en contact.



**Fig. 20 : Roulement artulaire lorsque les forces de frottement sont élevées : déplacement en translation du centre de rotation.**



**Fig. 21 : Glissement-patinage artulaire lorsque les forces de frottement sont nulles.**

En fonctionnement artulaire physiologique, le glissement artulaire est de règle, résultat d'un centrage parfait des surfaces articulaires, d'une lubrification artulaire optimale, d'une mobilisation par des couples musculaires équilibrés.

Les sacro-iliaques sont dotés d'une mobilité restreinte et en définir les axes de mouvements n'ont qu'un intérêt propédeutique schématique donc faux.

Les mobilisations doivent tenir compte du verrouillage artulaire en nutation sacrée, d'où l'intérêt de privilégier la contre nutation (fig. 22).



**Fig. 22 : Mobilisation sans impulsion en contre nutation sacrée**

## Les techniques neuromusculaires

[17, 21, 24, 28, 41]

En ce qui concerne les techniques neuromusculaires, la connaissance du mode de fonctionnement de la contraction musculaire, tant aux niveaux des capteurs spécialisés que des voies et des centres, apporte un certain nombre de réponses aux interrogations posées par les résultats de techniques pratiquées (réflexe myotatique, inhibition réciproque, boucle gamma...).

L'étirement post-isométrique s'applique préférentiellement à un muscle douloureux et hypoextensible. Cette technique est indispensable en regard des muscles du squelette axial.

La pression glissée la complète très souvent, agissant sur la peau, le fascia, l'aponévrose et les fibres musculaires.

Le raccourcissement musculaire est indispensable, d'autant qu'il s'applique essentiellement sur un muscle douloureux et normoextensible, en l'absence de pathologie articulaire ou tendineuse associée.

Le décordage axial est très utile, agissant électivement sur le complexe supra et interépineux.

Rappelons que ces techniques reposent sur les mécanismes de régulation de la contraction musculaire.

*“Le muscle crie la douleur de l'articulation qui souffre”.*

Il est doté d'un capteur de raideur, le fuseau neuromusculaire dont l'étirement est le stimulus privilégié.

À son extrémité se positionne un capteur de force, l'organe neurotendineux de Golgi, qui analyse les efforts transmis au levier squelettique sur lequel il se fixe.

Le muscle est un activateur unidirectionnel qui ne possède pas de marche arrière. Cette situation nécessite, pour assurer la réversibilité de l'action, de lui adjoindre un muscle antagoniste. Mais ce dernier ne se contente pas de réaliser cette rétroaction, car il contrôle aussi la bonne marche du mouvement programmé se réservant à tout moment la possibilité de freiner ce dernier.

La régulation de ce système dépend donc de la boucle Gamma et son fonctionnement fondamental, le réflexe myotatique, est quotidiennement utilisé par tout médecin dans la recherche des réflexes ostéo-tendineux.

Le muscle possède quatre états :

- Deux physiologiques, qualifiés d'intrinsèques car ils sont sous la dépendance du contrôle conscient de la motricité volontaire :
  - l'état contracté,
  - l'état relâché.
- Deux états, dits extrinsèques, imposent la mise en jeu d'une force extérieure, celle du thérapeute,
  - l'état étiré,
  - l'état raccourci.

Ce sont ces deux derniers états qui sont privilégiés en thérapeutique manuelle, car ils permettent, de manière élective, une réinitialisation des capteurs musculaires.

En effet, lors de l'étirement, la stimulation du fuseau neuromusculaire est optimale, alors que, durant le raccourcissement maximal, il est mis totalement au repos.

Le fonctionnement de l'innervation réciproque permet de comprendre que la mise en raccourcissement d'un muscle a un effet potentialisé par la mise en étirement maximal de l'antagoniste. Le facteur temps est primordial, potentialisant l'effet. La position de raccourcissement maximal est maintenue 90 secondes.

Il existe trois types de techniques neuromusculaires :

- *Les techniques basées sur l'étirement longitudinal tendinocorporéal :*
  - étirement post-isométrique,
  - pression glissée,
- *Les techniques basées sur l'étirement transversal tendinocorporéal :*
  - décordage interépineux axial,
  - décordage musculaire appendiculaire périphérique
    - .soit métamérique
    - .soit péri-articulaire
- *La technique basée sur le raccourcissement longitudinal tendino-corporéal.*

### **L'étirement post-isométrique**

Nous proposons un travail tridimensionnel de l'anneau pelvien agissant en deux temps, le premier sur l'activateur musculaire, et lorsque l'état étiré est atteint, une action de glissé articulaire.

Le milieu ostéopathique décrit un grand nombre de lésions. Nous ne citerons que les lésions iliaques dans les trois plans qui nous paraissent les plus faciles à "imaginer":

- *Dans le plan sagittal :* antéverson et rétroversion iliaque
- *Dans le plan frontal :* ascension et descente iliaque
- *Dans le plan coronal :* déploiement et repliement iliaque.

Les trois principales applications d'étirement post-isométrique agissent elles aussi dans les trois dimensions, les rendant incontournables par les praticiens.

- *Travail dans le plan sagittal :* EPI du grand fessier (fig. 23).
- *Travail dans le plan horizontal :* EPI des pelvi-trochantériens (fig. 24).



**Fig. 23 : EPI du grand fessier et travail sagittal sacro-iliaque**



**Fig. 24 : EPI des pelvi trochantériens et travail horizontal sacro-iliaque**

- *Travail dans le plan frontal* : EPI du carré des lombes (fig. 25)



Fig. 25 : Epi du carré des lombes et travail frontal sacro-iliaque

### *Pression glissée*

Il est parfois utile d'associer en fin de l'étirement post-isométrique une pression glissée en regard du muscle traité.



Cette manœuvre associe une action superficielle cutanée, proche du massage réflexe, et une action profonde sur la contracture musculaire (fig. 26).

### *Le décordage*

#### *Le décordage interépineux ou axial*

Il s'applique en regard du segment rachidien impliqué dans le territoire d'innervation du segment lombaire soit de T19 à L2 pour l'innervation neuro-végétative (tractus intermedio-latéralis, centre du système nerveux sympathique) et de T12 à S1 pour l'innervation somatique.

La réalisation de cette technique est précédée d'un diagnostic palpatoire, doux et léger, à la recherche d'une modification de la structure du tissu sous-cutané traduisant un dysfonctionnement sous-jacent. On recherche la vertèbre qui "sort" témoin, au niveau lombaire, d'une attitude antalgique en rectitude avec perte de la lordose physiologique. L'efficacité étant appréciée par la modification de la texture du conjonctif sous-cutané et, bien entendu, de la perception de la vertèbre "rentrée", due à la restauration de la lordose physiologique (fig. 27).



Fig. 26 : Pression glissée du moyen fessier et du piriforme



Fig. 27 : Décordage interépineux variante de la méthode de Moneyron

### *Le décordage musculaire ou appendiculaire périphérique*

Comparable au précédent, il consiste à la réalisation d'un étirement transversal, bref et rapide du tendon musculaire, le plus proche possible de l'insertion osseuse.

Selon le muscle à traiter, il peut être remplacé par des techniques de frictions transversales profondes ou de ponçage, c'est le cas pour la technique dite du piriforme dont la stimulation demande beaucoup d'imagination du fait de sa profondeur, de sa taille et de l'imposante masse du grand fessier (fig. 28).



Fig. 28 : Sollicitation transversale du piriforme au travers du grand fessier

Mais c'est une méthode très répandue et pratiquée qui représente à nos yeux l'exemple de la réflexothérapie transmétamérique :

- La peau en superficie est innervée potentiellement par un grand nombre de racines de la branche dorsale de T12 à S1.
- Le muscle sous-jacent est innervé par S1 et le piriforme par L5 et S1.

Cette technique peut se moduler selon la pathologie incriminée :

#### *- Le décordage métamérique :*

Dans les pathologies radiculaires séquellaires, en effet cette méthode est fortement déconseillée dans les radiculites aiguës, on "décorde" les muscles dépendant de l'étage métamérique en cause.

#### *- Le décordage péri-articulaire :*

Dans les pathologies articulaires périphériques, on décorde certains des tendons des muscles moteurs de l'articulation atteinte.

### *Le raccourcissement musculaire*

*Cette technique dérive de la méthode décrite par L.H.J. Jones : Strain and counterstrain.*

La méthode que nous proposons ne s'applique pas à une lésion ostéopathique mais exclusivement à un point douloureux musculaire.

Cette méthode s'utilise préférentiellement en cas de douleur sans limitation articulaire, situation que l'on rencontre fréquemment en fin de séance, après avoir réalisé un étirement post-isométrique.

Le choix du muscle à traiter repose sur l'examen clinique et la mise en évidence de points sensibles, du repérage des cordons myalgiques, en respectant soigneusement lors de la réalisation de la technique, la direction des fibres musculaires.



Après repérage du point douloureux musculaire, tout en maintenant la pression digitale, on recherche la position idéale de raccourcissement du muscle en cause.

Cette position doit apporter une diminution nette de la douleur (au moins des deux tiers). On conserve la position de sédation durant 90 secondes. Le retour doit être totalement passif et réalisé avec lenteur et douceur.

Un contrôle immédiat de la sensibilité du point, qui doit avoir diminué au moins des deux tiers de son intensité, permet de juger de l'efficacité de la technique.

*Cette technique trouve sa place en fin de séance.*

Le muscle psoas est un muscle particulièrement évoqué dans le monde ostéopathique. Il est certain que sa structure, ses insertions, ses rapports et son trajet lui confère un intérêt (fig. 29).

Le raccourcissement de ce muscle, dont la palpation révèle la sensibilité, tire un grand profit de cette manœuvre.

- Situation du point sensible : fosse iliaque et creux inguinal.
- Positionnement du patient en décubitus, flexion et rotation latérale de la hanche.

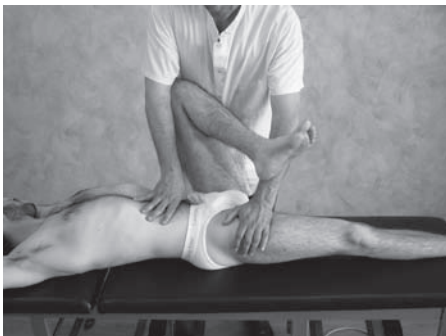


Fig. 29 : Raccourcissement du psoas

## Les techniques cutanées complémentaires

### *Le massage réflexe* [10]

Moyen privilégié de stimulation de la peau et, par elle, de manière supposée du système nerveux autonome, ce massage est un adjuvant précieux dans les pathologies chroniques. Il s'applique en regard des racines dorsales des nerfs spinaux en lien avec l'émergence des fibres sympathiques a destinée lombo-pelviennne, au niveau de la région thoracolombaire. Il tire aussi bénéfice de la stimulation du sacrum par des percussions dont l'objectif est la sollicitation de branches dorsales des nerfs sacrés en rapport avec la transmission des informations du système nerveux parasymphatique sacré (fig. 30).



Fig. 30 : Percussions sacrées

Nombreuses sont les variantes qui trouvent leur origine dans les pays germaniques. Là aussi les notions de métamère et de convergences cutanées viscéro-somatiques sont impliquées dans les explications des résultats obtenus.

Cette technique consiste à la réalisation de traits cutanés (traits tirés) effectués avec la pulpe distale des doigts afin d'obtenir une réaction de rubéfaction voire de dermogra-



phisme sur le territoire cutané en projection métamérique avec l'organe ou le segment de membre à traiter. Cela produirait un effet parasymphomimétique.

La phase diagnostique recherche là aussi, une modification visible de la peau et du tissu sous cutané, ainsi qu'une modification de la texture des différents plans, que l'on rattache en fonction de la localisation à une pathologie aidée certes de la cartographie mais surtout enrichie des compléments d'examen clinique et complémentaire corrélé à l'interrogatoire.

La phase thérapeutique consiste en la réalisation de traits tirés effectués avec la pulpe distale du pouce selon un protocole précis associant la réalisation de construction de

base lombosacrée, complétée en fonction de la pathologie par les suites (fig. 31).



Fig. 31 : Réalisation des traits tirés courts lors du massage réflexe

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] BOGDUK N. Clinical anatomy of the lumbar spine. 3<sup>e</sup> ed. Edimbourg: Churchill Livingstone, 1997. 261 p.
- [2] BONNEAU D. Algies pelvi-périnéales et thérapies manuelles. *Lett Méd Phys Réadapt* 2011; 27: 167-78.
- [3] BONNEAU D. Les muscles du rachis : de l'anatomie à la modélisation. *Th Univ Montpellier 1*, 2001, 213 pp.
- [4] BONNEAU D. Le muscle obturateur interne : de l'ouverture à la copulation. *Sexualités humaines*. 2013; 17: 10-7.
- [5] BONNEAU D, MARÈS P, VAUTRAVERS P, HERISSON C. Algies pelvi-périnéales et thérapies manuelles. *Sauramps Médical, Montpellier*, 2011. 216 p.
- [6] BOSSY J. Bases neurophysiologiques des réflexo-thérapies, *Masson, Paris*, 1985.
- [7] BOSSY J. Neuro-anatomie, Anatomie clinique, *Springer-Verlag, Paris*, 1990.
- [8] BOULAY C, PRUD'HOMME M, PRAT-PRADAL D, POUDE-ROUX P, DUVAL-BEAUPÈRE G, PÉLISSIER J. Perineal descent predicted by a pelvic bone factor: the pelvic incidence angle. *Dis Colon Rectum*. 2009 Jan; 52(1): 119-26.
- [9] CARVALHO, LAZENNEC JY, SARI-ALI, SAILLANT G. Equilibre sagittal du rachis et du complexe lombo-pelvien : Quelles sont les données actuelles? in : Le complexe lombo-pelvien. *Sauramps Médical, Montpellier*, 9-33, 2005.
- [10] DICKE E, SCHLIACK H, WOLFF A. Thérapies manuelle des zones réflexes du tissu conjonctif, *Maloine Ed., Paris*, 1972.
- [11] DUBOUSSET J. Importance de la vertèbre pelvienne dans l'équilibre rachidien. In : Pied, équilibre et rachis. *Paris : Frison-Roche*, 1998. p. 141-8.
- [12] FORST S, WHEELER MT, FORTIN D, VILENSKY JA. The sacroiliac joint: anatomy, physiology and clinical significance. *Pain Physician*, 2006, 9, pp 61-8.
- [13] GRACOVETSKY S, FARFAN HF, LAMY CA. mathematical model of the lumbar spine using an optimised system to control muscles and ligaments. *Orthop Clin North Am.*, 1977, 8, 1, 135-53.
- [14] GRACOVETSKY S, FARFAN HF, HELLEUR C. The abdominal mechanism. *Paris: I.S.L.S., 1981.*

- [15] GRACOVETSKY S, FARFAN HF, LAMY C. The mechanism of the lumbar spine. *Spine*, 1981, 6, 3, 249-62.
- [16] GRACOVETSKY S, KARY M, PITCHEN I, LEVY S, BEN SAID R. The importance of pelvic tilt in reducing compressive stress in the spine during flexion-extension exercises. *Spine*, 1989, 14, 4, 412-6.
- [17] GREENMAN PE. Principes de Médecine Manuelle. *Masson-Williams et Wilkins, Paris*. 1998
- [18] HEMBORG B, MORITZ U, HAMBERG J, HOLMSTROM E, LOWING H, AKESSON I. Intra-abdominal pressure and trunk muscle activity during lifting. III. Effect of abdominal muscle training in chronic low-back patients. *Scand J Rehabil Med*, 1985, 17, 1, 15-24.
- [19] HEMBORG B, MORITZ U. Intra-abdominal pressure and trunk muscle activity during lifting. II. Chronic low-back patients. *Scand J Rehabil Med*, 1985, 17, 1, 5-13.
- [20] HEMBORG B, MORITZ U, LOWING H. Intra-abdominal pressure and trunk muscle activity during lifting. IV. The causal factors of the intra-abdominal pressure rise. *Scand J Rehabil Med*, 1985, 17, 1, 25-38.
- [21] JONES LH Correction spontanée par le positionnement, *OMC ed, Charleroi*, 1985.
- [22] KALTENBORN FM. Thérapies manuelles pour les articulations des membres, examen et techniques thérapeutiques de base. *Paris, Maloine*, 173 p, 1984.
- [23] KAMINA P. Anatomie : innervation de l'appareil génital féminin, in "Douleur en gynécologie", *Arnette Blac-kwell, Laboratoire Cassenne, Paris*, 1997: 11-23.
- [24] KENDALL HO. Les muscles, bilan et étude fonctionnelle, *Maloine, Paris*, 1971.
- [25] LAVIGNOLLES B. Anatomie et Cinésiologie du Rachis. Les manipulations vertébrales. *Masson, Paris*, 1994.
- [26] LAZENNEC JY *et al.* Relations hanche rachis : conséquences fonctionnelles applications aux arthroplasties totales de hanche. In *Le complexe lombo-pelvien. Sauramps Médical, Montpellier*, 9-33, 2005 : 115-52.
- [27] LAZORTHES G. Le système nerveux périphérique. *Masson Ed. Paris*, 1971.
- [28] LEDERMAN E. Fundamentals of manual therapy. *Churchill Livingstone, New York*, 1997.
- [29] LEGAYE J, DUVAL-BEAUPÈRE G, HECQUET J, MARTY C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three dimensional regulation of spinal curves. *Eur Spine J* 1998 ; 7 (2) : 99-103.
- [30] MABIT Ch. Etude biomécanique des poutres composites : Application au rachis lombaire et à la voûte plan-taire. 87 p. *Th : Méd.: Montpellier*: 1995.
- [31] MACINTOSH JE. The attachment of the lumbar erector spinae. *Spine*, 1991, 16, 7, 783-92.
- [32] MACINTOSH JE, BOGDUK N, PEARCY MJ. The effects of flexion on the geometry and actions of the lumbar erector spinae. *Spine*, 1993, 18, 7, 884-93.
- [33] MAIGNE R. Douleurs d'origine vertébrale : Comprendre, diagnostiquer et traiter. *Elsevier Masson, Paris*, 2006.
- [34] MARÈS P. *et al.* Femme enceinte et pathologies ostéo-articulaires, de la biomécanique aux symptômes, in Grosseesse et appareil locomoteur, *Masson ed. Paris*. 1998.
- [35] MIYAMOTO K, LINUMA N, MAEDA M, WADA E, SHIMIZU K. Effects of abdominal belts on intra-abdominal pressure, intra muscular pressure in the erector spinae muscles and myoelectrical activities of trunk muscles. *Clin Biomech*, 1999, 14, 2, 79-87.
- [36] NOGIER A, LAUDE F, BOYER T. Le conflit fémoro-acétabulaire antérieur ou syndrome de Ganz. *Revue du rhumatisme*. 2007 ; 74 : 219-24.
- [37] ORTENGREN R, ANDERSSON GB, NACHEMSON AL. Studies of relationships between lumbar disc pressure, myoelectric back muscle activity, and intra abdominal (intra-gastric) pressure. *Spine*, 1981, 6, 1, 98-103.
- [38] OSTGAARD HC, ZETHERSTROM G, ROOS-HANSON E. The posterior pelvic pain provocation test in pregnant women. *Eur Spine F*, 1994. 3 (5): 258-60.
- [39] PANJABI MM, VASAVADA A, WHITE AA. Biomécanique du rachis: éléments de stabilité. In : *Le rachis. Paris: Masson*, 1995. p. 77-92.
- [40] RICHARD D, ORSAL D. Neurophysiologie : Motricité et grandes fonctions du système nerveux central, tome 2. *Paris : Nathan université*, 1994.
- [41] TRAVELL J, SIMONS. Douleurs et troubles fonctionnels myofasciaux, *Haug, Bruxelles*, 1993.
- [42] RABISCHONG P. Le programme homme. *Paris, PUF*, 2003.
- [43] RABISCHONG P, AVRIL J. Rôle biomécanique des poutres composites os-muscles. *Rev Chir Orthop*, 1965, 51, 5, 437-58.
- [44] RABISCHONG P. Anatomie compréhensive de la stabilisation rachidienne. In : *Pied, équilibre et rachis. Paris : Frison-Roche*, 1998. p. 21-34.
- [45] ROBERT R, RAOUL S, *et al.* Lombalgies chroniques, une autre approche thérapeutique. *Neurochirurgie*, 2004 ; 50, 2-3 : 117-22.
- [46] ROUSSOULY P, BERTONNAUD E, DIMNET J. Analyse géométrique et mécanique de la lordose lombaire dans une population de 160 adultes asymptomatiques : essai de classification. *Revue de Chirurgie Orthopédique*, 2003 ; 89 : 632-9.

- [47] SCHULTZ AB, ANDERSSON GB, HADERSPECK K, ORTENGREN R, NORDIN M, BJORK R. Analysis and measurement of lumbar trunk loads in tasks involving bends and twists. *J Biomech*, 1982, 15, 9, 669-75.
- [48] SCHULTZ AB, ANDERSSON GB. Analysis of loads on the lumbar spine. *Spine*, 1981, 6, 1, 76-82.
- [49] SOHIER R, SOHIER J. Concept Sohier, justification fondamentale de la réharmonisation biomécanique, *La Louvière, Ed. Kine Sciences*, 239 p, 2000.
- [50] SOULIER JM. Ostéopathie orthopédique, les techniques non forcées, tome 1, le rachis, *Montpellier, Sauramps Médical*, 2009.
- [51] THORSTENSSON A, CARLSON H, ZOMLEFER MR, NILSSON J. Lumbar back muscle activity in relation to trunk movements during locomotion in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 1982, 116, 1, 13-20.
- [52] VLEEMING A, MOONEY V, STOECKART R. Movement, stability and lumbopelvic pain. *Edinburgh, Churchill Livingstone*, 658 p. 2007.
- [53] VLEEMING A, SCHUENKE MD, MASI AT, CARREIRI JE, DANNEELS L WILLARD FH. The sacroiliac joint: an overview and potential clinical implications. *J Anat*, 2012, pp 537-67.
- [54] WILLARD FH, VLEEMING A, SCHUENKE MD, DANNEELS L, SCHLEIP R. The thoraco lumbar fascia: anatomy, function and clinical considerations. *J Anat*, 2012, 221, pp. 507-36.