

Techniques neuro-musculaires et rachis lombaire

Dominique Bonneau

L'intégralité de cette publication avec les photos et les schémas sont consultables dans le livre :

Rachis lombaire et thérapeutiques manuelles, aux Editions Sauramps, Montpellier, regroupant les textes des conférences présentées lors des journées montpelliéraines de Médecine Physique et Réadaptation au mois de Mars 2006

Toute référence à cet article doit porter la mention :

Bonneau D., « Techniques neuro-musculaires et rachis lombaire », in 'Rachis lombaire et thérapeutiques Manuelles, Sauramps, Montpellier, Mars 2006

Introduction

Les muscles raidissent, stabilisent et mobilisent le rachis.

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

En médecine manuelle, le terme de techniques neuro-musculaires regroupe les manœuvres qui s'appliquent aux muscles et à leur tendons en utilisant les principes neuro-physiologiques fondamentaux que sont le réflexe myotatique, l'inhibition réciproque et l'inhibition autogénique. Ces mécanismes réflexes reposent sur la mise en jeu des fuseaux neuro-musculaires et les organes neuro-tendineux de Golgi. Mais la peau entre aussi en action comme le montre le réflexe de flexion par la mise en jeu des afférents cutanés.

Notre propos est essentiellement consacré aux technique myotensives, basées sur l'étirement post-isométrique , mais d'autres méthodes sont présentées car reposant sur la mise en jeu de la régulation neurologique de la contraction musculaire, tel le décordage inter-épineux .

Le décordage inter-épineux a sa place dans ce chapitre car, lors de sa réalisation, peau et insertions tendineuses sont stimulées.

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.

Les indications dépassent le seul lumbago ou la lombalgie commune. En effet ces moyens thérapeutiques trouvent une application privilégiée chez la femme enceinte

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 empilement 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 quelle que soit 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 contro-latérale 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 :

- Les deux muscles psoas, 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.

La stabilisation ventrale de cet ensemble, qui débute en T 12, explique la fragilité relative de cette jonction thoraco-lombaire. 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'ordonnancement 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'assument 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 tel le multifidus, les inter-transversaires ou inter-épineux.

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.

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 cms 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 majore leur action de contrôle de dérive du pendule inversé.

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-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 thoraco-lombaire), 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 contro-latéral, provoque une rotation.

Les systèmes annexes :

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 kgs.

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 thoraco-lombaire et la mise sous tension du plan ligamentaire dorsal rachidien.

Le caisson abdominal

Le concept de ballon intra-abdominal est rattaché à Bartelink, qui, en 1957, émis 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.

Le système raidisseur du fascia thoraco-lombaire

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 thoraco-lombaire varie selon les traités consultés. Nous ferons référence à l'approche de Charpy développée par Paturet.

Appartenant à l'entité des aponévroses postérieures de l'abdomen, 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.

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.

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 globulisation (contemporaine de la contraction) et qui produit une contre-pression normale à l'axe rachidien.

Cette action naturelle et automatique, peut ainsi être remplacé 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 inter épineux.

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 thoraco-lombaire ainsi que le grand fessier.

Ainsi le complexe musculaire 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, et une composante d'extension et de mise en tension du plan ligamentaire rachidien dorsal.

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 tricéphalo-calcanéo-plantaire.

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

Bases neurophysiologiques des techniques musculaires

Tout muscle squelettique possède des mécanorécepteurs et des métaborécepteurs qui informent les centres supra-segmentaires de l'état mécanique et métabolique du muscle.

Le muscle est un corps visco-élastique qui se caractérise par deux états fondamentaux sous la dépendance du système nerveux, l'état contracté et l'état relâché, mais il peut aussi sous l'action de force extérieure telle que la gravité connaître l'état étiré et raccourci .

Les techniques neuromusculaires agissent sur un muscle défini soit en l'étirant soit en le raccourcissant ce qui entraîne le phénomène inverse sur l'antagoniste .

On peut donc évoquer une forme de réinitialisation de ces capteurs lors de la réalisation de ces méthodes, expliquant leur action de normalisation de la tension musculaire .

Les mécanismes de régulation de la contraction musculaire

Fuseau neuro-musculaire et réflexe myotatique

Le fuseau neuro-musculaire, et son innervation sensitive Ia, est le récepteur hautement spécialisé qui est à l'origine de la réponse réflexe myotatique.

Le fuseau neuro-musculaire est un tensiomètre qui grâce à la coactivation des motoneurons alpha et gamma conserve sa sensibilité de mesure quelque soit l'état du muscle.

Il ajuste en permanence le niveau de contraction selon le degré de la résistance à l'effort initial.

Le réflexe myotatique contrôle la longueur du muscle.

Il se traduit par une augmentation du niveau de contraction du muscle en réponse à son propre étirement (« stretch réflex » des anglo-saxons). La contraction supplémentaire qui en résulte tend à ramener le muscle à sa longueur initiale, il s'agit donc d'un asservissement du muscle en longueur.

L'organe neuro-tendineux de Golgi et l'inhibition autogénique

L'organe neuro-tendineux de Golgi est un mécano-récepteur, type capteur de force, situé dans le tendon et les aponévroses musculaires. Il est stimulé par la force contractiles des fibres musculaires en série avec lui. Sa sensibilité dynamique lui confère la fonction de détecteur des variations de la force exercée par les unités motrices sur leur attache tendineuse.

Il est innervé par les fibres sensibles Ib.

Il permet de corriger les informations transmises par les tensiomètres que sont les fuseaux neuro-musculaires.

Le réflexe d'inhibition autogénique trouve son origine dans l'ONT .

Il se traduit par l'inhibition des motoneurons α innervant un muscle en réponse à la contraction de ce même muscle.

Ce phénomène a été décrit expérimentalement sur le chat mésencéphalique, lorsque l'on cherche à vaincre l'hypertonie des extenseurs du genou en le fléchissant de force :

- dans un premier temps le tonus augmente, à la base de la description du réflexe myotatique, puis secondairement, le tonus chute brutalement lors de la disparition brutale du tonus des extenseurs et le genou se fléchit brutalement comme une lame de canif.

Le réflexe ipsi-latéral de flexion

Mais organes neuro-tendineux de Golgi et fuseaux neuro-musculaires ne sont pas les seuls capteurs mis en cause dans le mode d'action des thérapies manuelles. Récepteurs cutanés et péri-articulaires tels les Pacini et les Ruffini occupent une place privilégiée dans ce réflexe

Il est mis en jeu par l'action d'un fort stimulus appliqué sur la peau d'un membre qui entraîne l'activation des motoneurons provoquant le retrait du membre stimulé

Les afférents au réflexe de flexion (ARF) sont cutanés et tendino-musculaires. Ce réflexe est couplé à l'inhibition réciproque permettant l'inhibition des extenseurs.

Les techniques neuro-musculaires

L'étirement post-isométrique ou myotensif

Principe et indication

Appelé aussi « muscle energy technic » par Mitchell, cette méthode dérive du contracter-relacher employé en rééducation. Le but est d'étirer et décontracter le muscle spasmé.

Elle s'applique en priorité à une pathologie douloureuse associée à une restriction de mobilité d'origine musculaire mise en évidence, entre autre par le schéma en étoile de Robert Maigne

Méthode

En pratique, on demande au patient de développer une force musculaire de faible intensité lors d'une contraction isométrique, sans déplacement des leviers squelettiques, effectuée contre une résistance manuelle dont le vecteur est directement appliqué dans le sens inverse du mouvement provoqué par le muscle à étirer et ce, durant 6 à 8 secondes.

Au terme de cette contraction, après une à deux secondes de relâchement, un étirement "post-isométrique " est effectué par le médecin jusqu'à la perception d'une résistance appelée barrière motrice, position maintenue une douzaine de secondes.

Une nouvelle contraction est demandée, suivie d'un étirement, puis renouvelée jusqu'au gain d'amplitude désiré.

Pour optimiser la méthode on peut utiliser le temps inspiratoire lors de la contraction active et le temps expiratoire lors de l'étirement passif pour améliorer la technique.

Application au schéma en étoile

Il est aisé d'appliquer les techniques musculaires grâce au schéma en étoile, décrit par Maigne et Lesage, et ainsi de proposer une attitude thérapeutique souvent efficace, et applicable en l'absence de bilan radiographique .

Dans un but propédeutique, on part du postulat qu'une limitation de la latéro-flexion gauche est due à une hypoextensibilité des latéro-fléchisseurs droits.

Prenons l'exemple du rachis lombaire, la limitation de la latéro-flexion gauche peuvent être dues certes à une raideur capsulo-ligamentaire ou une butée osseuse, mais le plus souvent à une contracture musculaire, cas que nous allons détailler :

La limitation de la latéro-flexion gauche peut être en rapport avec une insuffisance de force des latéro-fléchisseurs gauches , mais surtout à une hypoextensibilité des latéro-fléchisseurs droits, due à un spasme ou une contracture

Après de longues années de pratique, nous avons modifié notre mode opératoire en nous basant sur le schéma en étoile, car information plus transmissible et reproductible que la notion de barrière motrice , terme utilisé par les anglo-saxons.

Le premier temps myotensif s'effectue en demandant au sujet d'effectuer une latéro-flexion gauche en deçà de la zone douloureuse, dont la conséquence

immédiate sera , par le biais de l'innervation réciproque, une inhibition des latéro-fléchisseurs droits.

Dans un deuxième temps, on demandera au sujet de contracter les latéro-fléchisseurs droits , enfin relâchés, ce qui permettra de récupérer les amplitudes en latéro-flexion gauche. En fonction de l'intensité de la symptomatologie mais aussi du temps dont dispose le praticien, cette étape s'effectue en quatre à cinq temps permettant de couvrir la totalité de la plage d'amplitude du mouvement. Parfois il persiste en fin de course une restriction d'amplitude qui peut être traitée soit en reprenant l'intégralité du protocole initial, méthode particulièrement chronophage, soit plus simplement en pratiquant la technique de stabilisation rythmique consistant en une alternance de contraction isométrique sur les agonistes et antagonistes dans le secteur restreint de l'amplitude.

Autres techniques basées sur les étirements musculaires :

Étirement –vaporisation

La technique originelle, « spray and stretch » de Travell et Simons consiste en la vaporisation de cryo-fluoro-méthane sur la peau selon des lignes parallèles au grand axe du muscle à traiter, selon un angle de 30° et à une distance de 40 cms de la peau, et dans une seule direction, en se dirigeant vers la zone de la douleur référée, à une vitesse régulière de 10 cm/s, en recouvrant la totalité de la surface du muscle, sans dépasser trois passages, puis d'étirer le muscle passivement.

Infiltration-étirement

Injection dans le point détente de Procaine à 0.5 % dans du sérum salé isotonique, jusqu'à ce que le point soit insensible, puis on étire le muscle, et on applique des enveloppements chauds pendant quelques minutes. Enfin, le patient procède à des exercices de mobilisations actives.

Compression ischémique

Cela consiste en l'application d'une pression soutenue sur le point détente (de 6 à 13 kgfs) après avoir étiré le muscle préalablement détendu, durant le temps nécessaire à l'atténuation de la douleur du point détente, environ une minute.

Pression glissée

Après avoir palpé en profondeur les muscles péri-articulaires de l'articulation lésée et mis en évidence une zone contracturée douloureuse (après avoir pris soin d'éliminer par échographie, en cas de doute une autre atteinte tel un hématome récent), le muscle est mis en position d'étirement et le praticien exerce des pressions glissées profondes, dans le sens des fibres, en insistant sur la zone de contracture, jusqu'à l'obtention de l'atténuation objective de la contracture. L'amélioration subjective par le patient est parfois vécue comme une « douleur qui fait du bien » !!

Description des principales manœuvres myotensives lombaires

Nous avons sélectionné les techniques lombaires les plus usuelles et les plus efficaces indiquées dans la pathologie algique thoraco-lombo-pelvienne mécanique, bénigne et réversible d'origine rachidienne.

L'étirement du rempart convexitaire lombaire : le psoas

S'il est un muscle qui fait couler beaucoup d'encre et anime des heures de discussions et d'explications dans le monde de la médecine manuelle, c'est bien le psoas.

Sans rentrer dans une polémique stérile, il est important de savoir l'étirer en respectant les articulaires postérieures, par une mise en flexion de la hanche contro-latérale pour éviter une lordose péjorative pour le patient lombalgique.

Indiquer dans les lombalgies avec ou sans attitude antalgique en cyphose, il ne doit pas être oublié dans les coxopathies.



Figure 1 : Myotensif du psoas (vue globale)



Figure 2 Myotensif du psoas en détail (Position de départ à gauche et d'arrivée à droite)

Etirement des latéro-fléchisseurs thoraco-lombaires

Souvent qualifiée de manœuvre spécifique du carré des lombes, cette technique est fondamentale pour le rachis lombaire. Elle met en jeu les muscles postérieurs, latéraux et antérieurs que sont les obliques externes et internes.

Très utilisée en obstétrique dans les lombalgies de la femme enceinte, elle est aisée à réaliser pour le thérapeute et confortable pour la patiente.

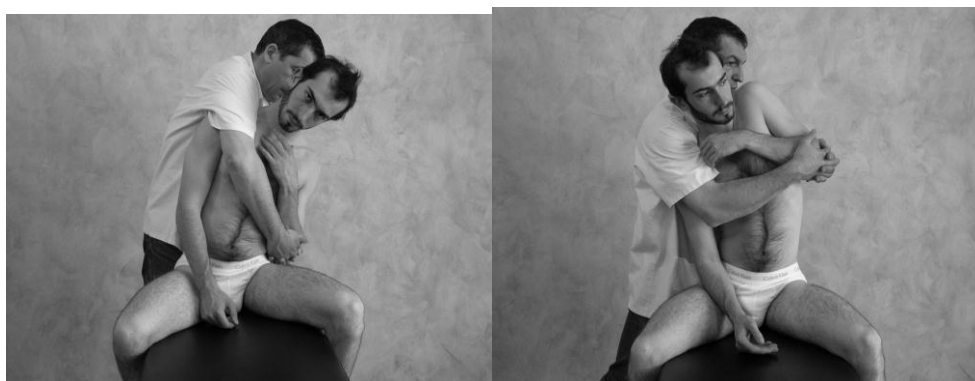


Figure 3 : Myotensif dit « du carré des lombes » assis

Etirement du grand fessier et du système de tension du fascia thoraco-lombal

L'anatomie compréhensive nous a rappelé le rôle fondamental du grand fessier dans la mise en tension du fascia thoraco-lombal et sa place dans la station érigée de l'homme et dans sa locomotion bipède



Figure 4 : Myotensif du grand fessier

Etirement du piriforme

Il serait intéressant de conduire tout praticien de thérapeutique manuelle en salle de dissection pour qu'il voit et touche un piriforme. En effet il est de petite taille et donc difficilement palpable sous un grand fessier, connu pour être le plus gros muscle de l'organisme. A mes yeux, cette technique « déborde d'énergie » sur les pelvi-trochanteriens, abducteurs et rotateurs latéraux de hanche.

Compte tenu de la place de ces muscles dans la sensibilité précoce des dysfonctions lombo-pelvi-fémorales, cette technique trouve dans la pathologie mécanique de ce carrefour de la verticalité des indications de tout premier choix.



Figure 5 Myotensif du piriforme (vue globale à gauche, détail à droite)

Mais les manœuvres myotensives peuvent être utilisées dans la même position que pour les manipulations avec impulsion en latérocubitus ou à cheval, en respectant les contre-indications habituelles de ces méthodes, chez les patients qui craignent la perception du craquement.



Figure 6 : Myotensif en position de manipulation, le sujet effectue des rotations pauci-segmentaires .

Quelle place pour le diaphragme thoracique

Plus qu'un mur visco-élastique de séparation entre thorax et abdomen, il est le moteur principal de la respiration. Mais les anciens lui ont donné la même étymologie, en grec, que l'esprit ou la pensée (phrên)quel programme. Il ne doit pas être oublié lors de la prise en charge d'une pathologie lombaire aussi bien en phase aiguë, que lors de la prise en charge préventive ultérieure en rééducation.

la respiration abdomino-diaphragmatique

Si l'on devait réaliser une succincte réforme de l'éducation physique au sein de l'éducation nationale, on pourrait soumettre la proposition suivante:

- suppression des roulades avant, qui, à ma connaissance, n'ont jamais rien assoupli mais qui ont généré un grand nombre de consultations pour cervico-dorsalgie ou céphalée,
- à immédiatement remplacer par l'apprentissage de la respiration abdomino-diaphragmatique, qui, elle, supprimerait un grand nombre de

consultation aux motifs divers, de la lombalgie aux troubles digestifs...pour ne citer que ceux-ci.

Pour mémoire:

- lors du temps inspiratoire (inspiration lente nasale), la descente du diaphragme doit s'accompagner d'un relâchement de la sangle abdominale (" le ventre sort"),
- lors du temps expiratoire (expiration lente buccale), la remontée active du diaphragme est aidée par la contraction des muscles abdominaux (" le ventre rentre")

les manoeuvres dites d'inhibition

En décubitus les MI en triple flexion, on positionne les doigts médians sur le grill costal en situation sous - mamelonnaire, et on glisse les pouces sous le rebord costal en majorant la pénétration lors de chaque temps expiratoire. On associe un massage circulaire, tout en déplaçant les pouces le long du rebord costal, en partant de la xiphoïde vers les cotés.



Figure 7 : manœuvre d'inhibition (rm : les MI ne sont pas en triple flexion dans un souci propédeutique pour insister sur la position des mains)

Une technique neuro-musculaire à connaître : le décordage inter-épineux

Jean Moneyron , pharmacien à Belleville sur Allier , a été le grand vulgarisateur de cette méthode que lui avait enseignée une religieuse de retour d'Asie.

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 témoin d'un dysfonctionnement sous-jacent, notamment de la vertèbre qui « sort » (d'après le promoteur de la technique), témoin, au niveau lombaire, d'une attitude antalgique en cyphose. L'efficacité est 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.

La technique demande beaucoup de dextérité, le geste technique utilisant soit la pulpe du pouce, soit l'inter-phalangienne proximale de l'index, soit la pulpe distale des doigts dans les zones plus « sensibles ».

L'acquisition du doigt « canif » requiert une pratique quotidienne, permettant en outre l'obtention d'un cal dorsal inter-phalangien proximal.

Le geste lombaire s'intègre dans une suite thérapeutique globale qui s'effectue, originalement sur un patient déchaussé mais habillé en respectant la progression suivante :

- Extenseur propre de l'hallux
- Les fibulaires
- Le gastrocnémien latéral
- Les ailerons patellaires
- Le long abducteur du pouce
- Le fascia thoraco-lombal
- Les épines iliaques postéro-supérieures
- Le ligament inter-épineux (lombo-thoraco-cervical)
- L'élévateur de la scapula
- Les scalènes

Dans un souci de schématisation propédeutique, seules les structures musculaires sous-jacentes au point d'application de la méthode de Jean Moneyron ont été évoquées. Il s'agit d'un raccourci arbitraire qui ne doit pas ramener cette méthode à une simple stimulation tendino-musculaire. En effet cette technique met en jeu en priorité des structures réceptrices cutanées, des structures conjonctives et fasciale profondes qui génèrent des actions méconnues à ce jour.

Mais de nombreuses variantes existent telle que l'orthopraxie...



Figure 8 : Décordage lombaire : phase de mise en tension para-épineuse, précédant le déplacement de l'IPP de l'index en inter-épineux par un mouvement bref en lame de canif

Un complément aux technique neuro-musculaires lombaires : Le décordage métamérique et le reboutement

La pratique quotidienne de la médecine manuelle conduit naturellement à une systématisation de ces techniques empiriques qui s'intègrent harmonieusement à cette discipline .

Le décordage métamérique repose sur des étirements transversaux brefs et secs, réalisés avec la face dorsale de l'inter-phalangienne proximale de l'index ou la

pulpe de l'index et du médium tel le jeu d'un bassiste, sur les tendons des muscles du métamère irrité proximale par une dysfonction segmentaire rachidienne. Le reboutement de nos campagnes a été analysé avec les données actuelles de la sciences comme les autres réflexothérapies . Cette technique de « dénouage ou de remontée des nerfs » a été démembré pour être appliquées sur le trajet de la radiculalgie , et plus particulièrement sur les points de Valleix. On décrit deux phases :

- La première consiste à suivre le trajet cutané métamérique de la douleur du distal en proximal, par une succession de tractions superficielles cutanées effectuée avec le tranchant voire l'ongle des deux pouces,
- La seconde , de proximal en distal, consiste en une succession de pressions profondes orientées vers la racine du membre, refoulant la peau, et pétrissant les muscles sous-jacents .

Ainsi ces deux procédés trouvent leur place dans l'arsenal thérapeutique de tout médecin mais s'appliquent avec logique et précision à la pathologie personnalisée de chaque patient.

En pratique il est illusoire d'envisager de guérir une radiculopathie paralysante aiguë par ces techniques qui s'appliquent préférentiellement aux pathologies subaiguës ou chroniques.



Figure 9 : Technique de reboutement métamérique

Démarche diagnostique et thérapeutique en Médecine Manuelle

DOULEUR D'ORIGINE RACHIDIENNE

Diagnostic

Dysfonction mécanique bénigne réversible segmentaire (Robert Maigne) :

- Syndrome cellulo-périosto-myalgique vertébral segmentaire
- Déangement douloureux intervertébral mineur

Trouble postural d'origine sensorielle , traumatique ou malformative:

- Syndrome myo-fascial (Travell et Simons) :
 - Douleur projetée
 - Point gâchette

Traitement

Imagerie et schéma en étoile de Maigne et Lesage favorables :

- Manipulation articulaire

(respect de la loi de la non douleur et du mouvement contraire) (Robert Maigne)

Imagerie et/ou étoile de Maigne et Lesage non favorables :

- Techniques neuro-musculaires
- Décordage inter épineux
- Techniques cutanées

DOULEUR D'ORIGINE ARTICULAIRE PERIPHERIQUE

Diagnostic

Dysfonction révélée par l'examen programmé :

- Conflit, bursite, tendinopathie, capsulopathie, chondropathie...

Mise en évidence d'un trouble postural manifesté par un syndrome myo-fascial :

- Douleur projetée
- Point gâchette

Traitement

Techniques articulaires

Techniques neuro-musculaires

Techniques cutanées

DOULEUR D'ORIGINE VISCERALE :

Diagnostic

Dysfonctionnement ou pathologie organique mis en évidence :

- par l'analyse sémiologique conventionnelle :
 - Interrogatoire et examen clinique palpatoire complétés par la biologie et les examens complémentaires (imagerie, endoscopie..)
- par la recherche des dermalgies réflexes de Jarricot (zones cutanées abdominales ventrales, douloureuses à la manœuvres du pincé-roulé, disparaissant à la guérison de l'affection)

Traitement

Techniques viscérales externes ou endo-cavitaires

Techniques cutanées

Techniques articulaires ou musculaires métamériques

Tableau 1 : Démarche diagnostique et thérapeutique en Médecine Manuelle

Les indications des techniques neuro-musculaires lombaires

Elles sont celles de la médecine manuelle, soit la pathologie mécanique, bénigne, réversible, segmentaire ou globale du segment lombo-pelvi-fémoral.

Par leur caractère non forcé et potentiellement non traumatique, ces indications se trouvent naturellement élargies aux patients qui ne supportent pas les manipulations ou pour lesquels il existe des contre-indication relatives aux techniques avec impulsion notamment la grossesse ou les personnes âgées.

Elles nécessitent l'établissement d'un algorithme diagnostique qui permet de déterminer l'origine de la douleur dont se plaint le patient, motivant sa consultation.

Ainsi devant une douleur inguinale, cet examen standardisé guide le praticien vers une étiologie segmentaire rachidienne, classiquement mais non obligatoirement thoraco-lombaire, ou une pathologie articulaire périphérique de l'anneau pelvien ou bien encore une pathologie viscérale digestive ou génito-urinaire.

Mais la médecine demeure un art et impose de ne pas réduire la démarche diagnostique à ce seul algorithme, propédeutique donc schématique et réducteur, qui peut déboucher sur une méthode thérapeutique manuelle.

En effet toute douleur est un symptôme qui exprime une souffrance du patient dans sa globalité physique et psychisme imposant vigilance et humilité.

La nécessité de l'analyse du rapport bénéfice/risque et l'application du principe de précaution renforcent l'intérêt de leur connaissance et de leur pratique , malgré les difficultés de leur évaluation dans le cadre d'une médecine basée sur des preuves .

Résumé :

Les manœuvres myotensives font partie des techniques neuro-musculaires pratiquées en médecine manuelle.

Leur maîtrise impose une bonne connaissance de l'anatomie et de la biomécanique des muscles du rachis.

Elles mettent en jeu les mécanismes neurologiques de régulation de la contraction musculaire où interviennent les mécanorécepteurs tels fuseaux neuromusculaires et organes neuro-tendineux mais aussi les capteurs cutanés.

Elles possèdent les mêmes indications que les manipulations avec impulsion mais leur faible risque de complications élargit les possibilités aux patients qui ne supportent pas les techniques forcées.

Mots clés

Myotensif, étirement post-isométrique, techniques neuro-musculaires, muscles du rachis, rachis lombaire, médecine manuelle, lombalgie.

Summary

Muscle energy technic is integrated in neuro-muscular techniques applied in manual medicine.

Good knowledge in anatomy and biomechanics of spinal muscles is essential to the mastery of this method.

They involve neurological mechanisms that regulate muscular contraction.

Spindles, tendon organs and cutaneous mechanoreceptors take a great part in the way they act.

The indications are the same as for the direct method manipulative treatments that use high velocity/low amplitude, but the low complication hazard opens the scope of their practice to patients that do not tolerate thrust techniques.

Key words

Muscle energy technic, neuro-muscular method, spinal muscles, manual medicine, lumbar spine, low back pain.

Bibliographie

1. **Amonoo-Kuofi H.S.**
The number and distribution of muscle spindles in human intrinsic postvertebral muscles.
J. Anat., 1982 , 135 , 3 , 585-599.
2. **Amonoo-Kuofi H.S.**
The density of muscle spindles in the medial,intermediate and lateral column of human intrinsic post-vertebral muscles.
J. Anat., 1983 , 136 , 3 , 509-519.
3. **Berlinson G.,**
Précis de Médecine ostéopathique rachidienne, Vol. 1,2,3. Maloine, Paris , 1989
4. **Bogduk N.**
Clinical anatomy of the lumbar spine.-3e ed.
Edimbourg: Churchill Livingstone, 1997.- 261 p.
5. **Bonneau D.**
Les muscles du rachis : de l'anatomie à la modélisation, Th. ,Univ. Montpellier 1,
2001 ,213pp.
6. **Bonneau D.**
Une approche diagnostique et thérapeutique en Médecine Manuelle,
Revue de Médecine vertébrale, 12 , 2004.
7. **Bossy J.,**
Bases neurobiologiques des réflexothérapies et de l'acupuncture, Masson, Paris, 1983
8. **Brizzi E., Todescan G.C.**
Etude anatomique de l'aponévrose des muscles spinaux postérieurs.
Bull. Assoc. Anat., 1983, 66, 196, 67-70.
9. **Dubousset J.**
Importance de la vertèbre pelvienne dans l'équilibre rachidien.
In:Pied , équilibre et rachis. Paris : Frison –Roche, 1998 . – p. 141-148.
10. **Dvorak J., Dvorak V.**
Manual Medicine: Diagnostics.- 2e ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag ,1990.- 346 p.
11. **Ertekin N, Ertekin C.**
Erector spinae muscle responses while standing.
J. Neurol. Neurosurg. and Psyc., 1981, 44, 73-78.
12. **Gracovetsky S.**
The spinal engine.
New York: Spriger-Verlag, 1988.- p.1-136.
13. **Gracovetsky S., Farfan H.F., Lamy C.**
A mathematical model of the lumbar spine using an optimised system to control muscles and ligaments.
Orthop. Clin. North Am., 1977, 8, 1, 135-153.
14. **Gracovetsky S., Farfan H.F., Helleur C.**
The abdominal mechanism.
Paris: I.S.L.S.,1981.
15. **Gracovetsky S., Farfan H.F., Lamy C.**
The mechanism of the lumbar spine.
Spine, 1981, 6, 3, 249-262.
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, 412-416.
17. **Greenman P.E.,**
Principes de médecine manuelle, Pradel, 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. **Jarricot H .,**
Les projections viscéro-cutanées, leurs relations avec l'acupuncture et l'auriculothérapie, in Cours d'acupuncture,sous la direction de J.E.H Niboyet Maisonneuve , 1977.
 22. **Kendall H.O., Kendall F.P., Wadsworth G.E.**
Les muscles : Bilan et étude fonctionnelles .
Paris: Maloine, 1971. – p. 201-239.
 23. **Lazennec J.Y.**
Anatomie du rachis.
In :Le rachis.Paris :Masson, 1995.- p.18-76.
 24. **Lazennec J.Y.**
Les muscles du rachis: leur importance dans la stratégie des abords du rachis.
In : Traitement des lésions traumatiques récentes du rachis.
Montpellier : Sauramps Médical, 1997.-p.1-9.
 25. **Lederman E.,**
Fundamentals of manual therapy, Churchill Livingstone, New York, 1997.
 26. **Mabit Ch.**
Etude biomécanique des poutres composites : Application au rachis lombaire et à la voûte plantaire. 87p.
Th. : Méd.: Montpellier: 1995.
 27. **Macintosh J.E.**
The attachment of the lumbar erector spinae .
Spine, 1991, 16, 7, 783-92.
 28. **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.
 29. **MaigneR.,**
Diagnostic et traitement des douleurs communes d'origine rachidienne, une nouvelle approche, Expansion scientifique française, Paris, 1989.
 30. **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.
 31. **Ortengren R. Andersson G.B., Nachemson A.L.**
Studies of relationships between lumbar disc pressure, myoelectric back muscle activity, and intra abdominal (intra-gastric) pressure.
Spine, 1981, 6, 1, 98-103.
 32. **Panjabi M.M.,Vasavada A., White A.A.**
Biomécanique du rachis: éléments de stabilité.
In : Le rachis. Paris: Masson, 1995. -p. 77-92.
 33. **Paturet G.**
Traité d'Anatomie Humaine.Paris : Masson, 1964,(T.IV).- p. 931-942.
 34. **Paturet G.**
Traité d'Anatomie Humaine.Paris : Masson, 1951, (T.I).-p. 746-910.
 35. **Rabischong P., Avril J.**
Rôle biomécanique des poutres composites os-muscles.
Rev. Chir. Orthop., 1965, 51, 5, 437-458.
 36. **Rabischong P.**
Anatomie compréhensive de la stabilisation rachidienne.

- In : Pied , équilibre et rachis. Paris :Frison-Roche, 1998.- p. 21-34.
37. **Schultz A.B, Andersson G.B., 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, 669-675.
 38. **Schultz A.B., Andersson G.B.**
Analysis of loads on the lumbar spine.
Spine, 1981, 6, 1, 76-82.
 39. **Thorstensson A, Carlson H, Zomlefer MR, Nilsson J.**
Lumbar back muscle activity in relation to trunk movements during locomotion in man.
Acta Physiol. Scan., 1982, 116, 1, 13-20.
 40. **Travell J.G, Simons D.G. ,**
Douleurs et troubles fonctionnels myofasciaux,
Editeur HAUG , Bruxelles
 41. **Vallois H.V.**
Les muscles spinaux chez l'homme et les anthropoïdes.
Annales des sciences naturelles (Zoologie), 1928 , 10^{ème} série, T. XI, 1, 1-66.
 42. **Vallois H.V.**
Les muscles spinaux chez l'homme et les anthropoïdes.
Annales des sciences naturelles (Zoologie), 1928 , 10^{ème} série, T. XI, 1, 1-66.
 43. **Winckler G.**
Le muscle ilio-costal : Etude de sa structure et de sa morphologie en fonction des courbures du rachis. Etude d'anatomie comparée.
Arch. d'Anat., d'Histol. et d'Embryol., Strasbourg, 1936, 21, 143-251.
 44. **Winckler G.**
Contribution de l'étude de la morphogénèse du muscle spinalis dorsi.
Arch. d'Anat., d'Histol. et d'Embryol., Strasbourg, 1939, 27 , 99-142.
 45. **Winckler G.**
La structure du muscle transversaire épineux chez l'homme.
Arch. d'Anat., d'Histol. et d'Embryol., Strasbourg, 1938 – 1939, 25, 71-303.
 46. **Winckler G.**
Structure du muscle long dorsal chez l'homme.
Arch. d'Anat., d'Histol. et d'Embryol., Strasbourg 1936, tome 21, 137-165.