



LES ÉTIREMENTS MUSCULAIRES :
les utilisez-vous adéquatement ?

Ariel Desjardins

« La physiologie des étirements et ses implications cliniques »

Émilie Fortin

« Les étirements des ischio-jambiers chez le sujet asymptomatique : une mise à jour sur
les paramètres optimaux »

Simon Hébert

« Utilisation des étirements dans le traitement de pathologies du quadrant supérieur »

James Rouzier

« Utilisation des étirements dans le traitement de pathologies du quadrant inférieur »

Travail présenté à: France Piotte
Dans le cadre du cours PHT-6113
Travail dirigé

31 mai 2012

Programme de physiothérapie
École de réadaptation
Université de Montréal

TABLE DES MATIERES

ABREGE	VII
INTRODUCTION	1
LA PHYSIOLOGIE DES ETIREMENTS ET SES IMPLICATIONS CLINIQUES	4
INTRODUCTION	4
DEFINITIONS	4
COMPOSANTE DE L'UMT RESPONSABLE DE LA TENSION	6
MODIFICATION DES PROPRIETES DES STRUCTURES PASSIVES DE L'UMT SUITE A UN ETIREMENT	9
MECANISMES D'ADAPTATION AUX ETIREMENTS	11
MODIFICATION DU TISSU MUSCULAIRE	11
MODIFICATION DU TISSU CONJONCTIF	13
RELAXATION NEUROMUSCULAIRE.....	14
AUGMENTATION DE TOLERANCE A L'ETIREMENT	15
IMPLICATION CLINIQUE ET AUTRES MOYENS POUR AUGMENTER L'EXTENSIBILITE	17
CONCLUSION	18
LES ETIREMENTS DES ISCHIO-JAMBIERS CHEZ LE SUJET ASYMPTOMATIQUE : UNE MISE A JOUR SUR LES PARAMETRES OPTIMAUX	22
INTRODUCTION	22
CRITIQUE DE LA REVUE SYSTEMATIQUE DE LITTERATURE DE DECOSTER ET AL. (39)	23
CRITERES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION	23
EXTRACTION DES DONNEES.....	24
ÉVALUATION DE LA QUALITE METHODOLOGIQUE DES ETUDES	24
ANALYSE DES RESULTATS	25
ANALYSE DES ETUDES RECENTES	26
EXTRACTION DES DONNEES.....	26
ÉVALUATION DE LA QUALITE METHODOLOGIQUE	27
RESULTATS	29
ÉVOLUTION DES GAINS D'AA DANS LE TEMPS	33
GENERALISATION A D'AUTRES MUSCLES BIARTICULAIRES	35
CONCLUSION	36

UTILISATION DES ETIREMENTS DANS LE TRAITEMENT DE PATHOLOGIES DU QUADRANT SUPERIEUR ET DU QUADRANT INFERIEUR	38
CONTEXTE	38
QUADRANT SUPERIEUR	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
INTRODUCTION	41
CERVICALGIES	41
SYNDROME D'ACCROCHAGE A L'EPAULE	46
TENDINOPATHIE DES EPICONDYLIENS LATERAUX DU COUDE	48
QUADRANT INFERIEUR	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
INTRODUCTION	51
LOMBALGIE.....	51
SYNDROME FEMORO-PATELLAIRE	59
CONCLUSION.....	66
CONCLUSION GÉNÉRALE	67
À RETENIR.....	69
BIBLIOGRAPHIE.....	71
ANNEXE 1 - TECHNIQUES D'ETIREMENT	I
ANNEXE 2 - ANALYSE DE LA COURBE TORQUE/ANGLE	III
ANNEXE 3 – COMPARAISON DE DIFFERENTS MUSCLES DANS LA COURBE TORQUE/ANGLE.....	IV
ANNEXE 4 - RAPPEL DES COMPOSANTES DE BASE DE L'UNITE MUSCULOTENDINEUSE... V	
ANNEXE 5 – CIRCUIT NEURONAUX DE DIFFÉRENTS RÉFLEXE	VII
ANNEXE 6 – INPUTS AFFERENTS DU MOTONEURONE ALPHA.....	VIII
ANNEXE 7 – ECHELLE PEDRO.....	IX
ANNEXE 8 – FICHE D'EXTRACTION DES DONNEES	XI
ANNEXE 9 – SYNTHESSES DES DONNEES EXTRAITES DES ETUDES ANALYSEES.....	XII
ANNEXE 10 – TABLEAU DES GAINS D'AA EN FONCTION DE LA DOSE D'ETIREMENTS....	XIV

ANNEXE 11 – NIVEAUX D’EVIDENCE DU CENTER OF EVIDENCE BASED MEDECINE.....	XV
ANNEXE 12 – ARTICLE SOUMIS A PHYSIO QUEBEC	XVI
LES ETIREMENTS MUSCULAIRES AVEC UNE CLIENTELE LOMBALGIQUE: LES UTILISEZ-VOUS ADEQUATEMENT?	XVI
INTRODUCTION	XVI
INDICATIONS GENERALES ET PRINCIPES SOUS-JACENTS AUX ETIREMENTS MUSCULAIRES.....	XVI
PARAMETRES OPTIMAUX	XVI
EFFICACITE DES ETIREMENTS DANS LE TRAITEMENT DES LOMBALGIES	XVII
CONCLUSION	XVIII

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Critères d'inclusion et d'exclusion de la revue de Decoster et al. (39).....	23
Tableau II : Données démographiques concernant les études analysées.....	28
Tableau III : Nombre et pourcentage d'études qui remplissent chaque critère de l'échelle PEDro.....	30
Tableau IV: Moyenne des gains d'AA selon la position d'étirement.....	31
Tableau V : Moyenne des gains d'AA en fonction de la technique d'étirement	32

LISTE DES FIGURES

Figure I : Gains d'AA en fonction de la dose totale d'étirements 30

Abrégé

Introduction : Les étirements musculaires font quotidiennement partie de la pratique des physiothérapeutes en musculosquelettique. Cependant, la méta-analyse du groupe Cochrane conclut qu'ils ne sont pas efficaces pour augmenter l'amplitude articulaire (AA).

Objectifs : Cette revue de littérature vise à examiner la physiologie sous-jacente aux étirements musculaires, déterminer les paramètres optimaux et évaluer leur efficacité dans le traitement de pathologies musculosquelettiques.

Méthodologie : Recension des écrits à l'aide des bases de données reconnues.

Résultats : Les étirements musculaires sont parfois utiles pour augmenter l'AA lorsque la limitation de mouvement est due aux composantes myofasciales et non neurales ou articulaires. La meilleure façon d'étirer les ischio-jambiers du sujet asymptotique est de combiner deux positions d'étirement, faire 1 à 5 répétitions de 30 secondes à une fréquence hebdomadaire de 3 à 5 fois. Pour maintenir les gains, la fréquence hebdomadaire doit être de 2 à 3 fois. Les gains d'extensibilité sont maintenus au moins trois minutes pour un étirement unique et environ 72 heures pour un programme d'étirements de trois semaines. Les niveaux de preuve sont variables quant à l'efficacité des étirements dans le traitement de diverses pathologies musculosquelettiques selon les mesures de résultats considérées.

Conclusion : Les principes physiologiques des étirements permettent de déterminer quand ceux-ci sont indiqués pour augmenter l'AA. Les étirements sont efficaces pour augmenter l'extensibilité. Les évidences sont limitées, mais appuient l'utilisation des étirements pour diminuer la douleur et augmenter la fonction dans certaines pathologies.

Introduction

Depuis plus de 30 ans, la flexibilité fait partie d'un bon état de santé globale (1-4) et cette qualité musculaire est donc communément incluse dans les programmes d'exercices. Il est généralement accepté par les professionnels de la santé et par la population qu'il s'agit d'un élément important de la condition physique (5). Cependant, depuis le début des années 90, les auteurs se questionnent sur la nécessité d'une grande flexibilité et de la pertinence des étirements (6-8). Selon la récente revue de littérature du groupe Cochrane (9), les effets des étirements sur les contractures sont nuls, non significatifs ou incertains. Aucun changement significatif n'a été objectivé au niveau de la qualité de vie, de la douleur, de la limitation d'activité et de la restriction de participation. Pourtant, les physiothérapeutes, athlètes et entraîneurs continuent de les utiliser (5, 6, 10). Les conclusions du groupe Cochrane étant divergentes sur plusieurs points par rapport à l'enseignement universitaire reçu, ces différences ont créé un questionnement fondamental sur la pertinence de l'utilisation des étirements. Les résultats de cette revue sont tels qu'un clinicien qui ne lit que les conclusions finales est porté à croire que les étirements sont inefficaces. Cependant, lorsque cette revue est lue et analysée de façon plus approfondie, il est possible de nuancer les conclusions. En effet, peu d'études sont utilisées et celles-ci sont très peu représentatives des conditions rencontrées plus fréquemment par les cliniciens travaillant auprès d'une clientèle musculosquelettique externe. Par exemple, pour évaluer les effets immédiats des étirements, seulement deux études ont été utilisées; une à propos de la thérapie post radiation de la mâchoire et l'autre pour la fibrose de la sous-muqueuse orale. Pour estimer les effets à court terme, la seule étude prise en compte ne possédait pas suffisamment de données pour tirer des conclusions. Pour les effets à long terme concernant la flexibilité, seulement trois études ont été utilisées pour tirer les conclusions et celles-ci portaient sur des conditions post chirurgie ou post fracture. Les effets à long terme étaient non significatifs. De plus, les critères d'inclusion de la revue stipulaient que les sujets devaient avoir ou être à risque de présenter des contractures. Selon les auteurs de la revue, une contracture est caractérisée par une incapacité de bouger une articulation librement. À partir de cette définition, les auteurs ont inclus dans la section non-neurologique les patients de différentes populations : âge avancé, histoire de traumatisme grave ou de chirurgie, pathologie du muscle ou de l'articulation. Cependant, ils ont omis d'inclure dans leurs critères d'inclusion les sujets présentant une restriction de mobilité reliée à une posture ou indirectement à une autre blessure, ou sans cause sous-jacente évidente. Cette

population qui n'est pas représentée dans la revue du groupe Cochrane et constitue une grande quantité de sujets vus en clinique. Les effets des étirements ont également été étudiés chez cette population à plusieurs reprises (11-21). L'inclusion de ces études modifierait probablement les conclusions obtenues. L'objectif de ce travail est donc de 1) examiner la physiologie sous-jacente aux étirements musculaires 2) déterminer les paramètres optimaux des étirements, 3) évaluer l'efficacité des étirements dans le traitement de différentes pathologies et 4) procéder à un transfert de connaissances efficace aux cliniciens. Les trois premiers objectifs seront atteints grâce à une revue de littérature effectuée sur les bases de données PubMed, EMBASE, CINAHL, MEDLINE, PEDro, Cochrane, Trip Database et certains livres de référence. Le quatrième objectif sera atteint lors de la séance de communication des résultats du 19 avril prochain de même qu'en soumettant un article dans le but qu'il soit publié dans la revue web Physio Québec (Annexe 12). Le travail sera donc séparé en quatre parties. La première partie traite de la physiologie des étirements et ses implications cliniques. La deuxième partie est une mise à jour des paramètres optimaux des étirements des ischio-jambiers chez le sujet asymptomatique et l'analyse de l'évolution des gains dans le temps. La troisième partie traite de la pertinence de l'utilisation des étirements musculaires dans les pathologies suivantes du quadrant supérieur : la cervicalgie, le syndrome d'abutement à l'épaule, la tendinopathie des épicondyliens latéraux du coude et syndrome de douleur myofasciale. La dernière partie traite des étirements musculaires dans le traitement de pathologies du quadrant inférieur soit la lombalgie et le syndrome fémoro-patellaire. Étant donné que les techniques d'étirement font partie des connaissances de base d'un physiothérapeute, celles-ci ne sont pas décrites en profondeur dans le corps du texte, mais sont résumées en Annexe 1 à titre d'aide mémoire.



LA PHYSIOLOGIE DES ETIREMENTS ET
SES IMPLICATIONS CLINIQUES

Par
Ariel Desjardins

Travail présenté à: France Piotte
Dans le cadre du cours PHT-6113
Travail dirigé

31 mai 2012

Programme de physiothérapie
École de réadaptation
Université de Montréal

La physiologie des étirements et ses implications cliniques

Introduction

Historiquement, il y a eu un manque de consensus dans la littérature scientifique en ce qui a trait aux mécanismes et à la physiologie des étirements musculaires. De plus en plus d'études sont réalisées afin de pallier ces différences d'opinions. L'objectif de cette section est donc de faire la recension des écrits et la synthèse des connaissances sur ce sujet. Plus précisément, les thèmes suivants sont explorés : les propriétés physiques du muscle et de ses composantes, les différentes théories qui expliquent l'augmentation d'extensibilité et leur lien avec les différentes techniques d'étirement. Les résultats de cette synthèse sont par la suite incorporés dans une réflexion clinique afin de permettre au clinicien d'incorporer les principes physiologiques et les propriétés mécaniques liées à l'étirement des muscles dans leur traitement, leur évaluation et leur raisonnement clinique.

Définitions

La courbe contrainte/déformation développée en mécanique des matériaux peut être appliquée à l'étirement d'un muscle ou d'un tendon *ex vivo* (étudié en dehors du corps humain); ses variables deviennent alors la tension passive appliquée (contrainte) et l'élongation (déformation). Il est possible de diviser cette courbe en trois sections : le pied de la courbe, la zone élastique et la zone plastique (22-24). Par contre, si la tension augmente au-delà des valeurs physiologiques, il y a rupture du muscle ou du tendon (23, 25). Le pied de la courbe est caractérisé par une forme exponentielle, la partie élastique par une apparence quasi linéaire et finalement, la zone plastique représente l'endroit où les déformations permanentes du tissu ont lieu. Le pied de la courbe évolue de façon non linéaire, car lorsque le muscle est mis sous tension, les fibres initialement lâches du collagène du tendon (23), du péri-mysium (26-28) (Annexe 2) et même de quelques fibres musculaires (29) se tendent. Cet allongement requiert peu de tension au départ, ce qui explique la faible pente initiale puis son augmentation graduelle (Annexe 2, zone A).

Depuis une vingtaine d'années, il est possible d'obtenir un graphique de contrainte/déformation pour des unités musculotendineuses (UMT) *in vivo*, grâce à des appareils qui combinent dynamométrie et goniométrie. La courbe du graphique prend alors le nom de courbe torque/angle, puisque la force est mesurée selon une composante rotatoire (en Newton) et que la déformation est mesurée selon l'amplitude articulaire atteinte (en degré). À partir de cette courbe, il est possible de mesurer certaines propriétés

du muscle entre autres la rigidité, la compliance et l'hystérésis. La rigidité de l'UMT est définie par le changement de torque nécessaire pour provoquer un changement d'un degré, donc la pente (Annexe 2); l'inverse est appelé la compliance. En calculant l'aire sous la courbe, il est possible de connaître l'énergie accumulée par l'UMT. L'énergie peut être différente lors de l'application et du retrait du torque, cela provoque deux courbes différentes et la différence d'énergie entre ses deux courbes est l'hystérésis. Grâce aux nouvelles techniques de mesure, plusieurs études ont observé que le muscle, lorsqu'il est mis sous tension, démontre des comportements viscoélastiques (30, 31). Le comportement élastique fait référence au fait que le muscle s'allonge si une charge lui est imposée et retourne à sa longueur initiale lorsque celle-ci est enlevée (32, 33). Le comportement visqueux est responsable du changement de propriétés du muscle en fonction du temps. La viscosité du muscle est la cause de l'hystérésis (34) et de la différence d'allongement du muscle selon la vitesse d'application de la force (35). Si un muscle est étiré et maintenu à une longueur fixe, la résistance qu'il produit va graduellement diminuer, cette propriété est nommée la relaxation viscoélastique. Inversement, si la tension est maintenue constante pendant un certain temps alors le muscle va continuer à s'allonger, ceci est appelé fluage (*creep*). Bref, l'allongement du muscle est déterminé par la force appliquée et la vitesse à laquelle elle est appliquée (22, 31, 36).

En plus de nous renseigner sur les propriétés viscoélastiques du muscle, la courbe torque/angle permet aussi de répondre à des interrogations concernant la longueur musculaire. Effectivement, celle-ci est la principale variable d'intérêt lorsque les étirements musculaires sont étudiés. La mesure de la longueur musculaire est multidimensionnelle (37), sa valeur est donc dépendante de plusieurs facteurs. Afin de mieux comprendre ce concept, une analogie entre un élastique et un muscle sera utilisée : la longueur de l'élastique représente donc la longueur musculaire. En clinique (38) et en recherche (9, 39), la longueur musculaire est mesurée le plus souvent par une amplitude articulaire, cependant cette mesure ne reflète qu'une seule dimension de la longueur musculaire (36). Effectivement, l'estimation de la longueur musculaire *in vivo* via une amplitude articulaire, permet seulement de quantifier l'extensibilité (la longueur de l'élastique étiré). Plus précisément, l'extensibilité se définit comme la propriété d'un muscle de s'allonger jusqu'à un critère prédéterminé. Dans les études sur les humains, ce critère est majoritairement déterminé par la sensation d'étirement maximale sans douleur que le sujet peut tolérer (40) et quelquefois par l'apparition d'une contraction musculaire visualisée sur un EMG (32). Dans les études sur le muscle *ex vivo*, le critère utilisé est la rupture de ce dernier.

Parallèlement, l'extensibilité de l'élastique serait la capacité à l'étirer jusqu'à un critère prédéterminé, par exemple la peur qu'il cède entre nos doigts. Il est important de comprendre que l'augmentation de l'extensibilité n'est pas synonyme d'augmentation de longueur musculaire. Effectivement, même si l'élastique s'étire plus loin, sa longueur ne change pas lorsque la tension est retirée. L'extensibilité est donc une mesure relative de la longueur musculaire; elle n'est pas fixe dans le temps et peut varier selon plusieurs facteurs. Grâce à l'interprétation du graphique torque/angle, il est possible de détecter un changement de longueur musculaire par une translation de la courbe : une courbe déplacée vers la droite témoignera d'un muscle plus long. Sur ce même graphique, une augmentation d'extensibilité sera représentée par une courbe plus longue tandis qu'une rigidité (résistance de l'élastique) augmentée sera représentée par une pente plus abrupte (Annexe 3). Mise à part l'extensibilité, les autres dimensions de la longueur musculaire sont la tension appliquée (la force appliquée sur l'élastique), la variation dans le temps (le temps que l'élastique est étiré) et l'aire de coupe transversale du muscle (le diamètre de l'élastique). L'aire de coupe transversale se calcule par imagerie par résonance magnétique. Cette donnée permet de normaliser la rigidité, l'énergie et l'hystérésis pour une épaisseur de muscle donnée et ainsi pouvoir comparer des muscles de différentes grosseurs. Des concepts découlant des propriétés du muscle sont utilisés dans la pratique clinique. Par exemple, la raideur serait associée à la rigidité tandis que les termes souplesse et flexibilité feraient référence à l'extensibilité.

Selon Sugisaki *et al.* (41), il a été démontré dans plusieurs études que les propriétés du muscle sont différentes lorsque la tension musculaire est passive ou active. Étant donné l'objectif du travail, nous nous concentrerons uniquement sur les éléments impliqués lors de tension passive provoquée par exemple par un étirement. Lors de notre réflexion, il est aussi important de se rappeler que la tension est distribuée de façon non uniforme sur les fascicules. Effectivement, certains fascicules sont mis sous tension dès le début d'un mouvement passif tandis que d'autres demeurent sans tension jusqu'à 50 % et plus de la longueur physiologique de l'UMT(29).

Composante de l'UMT responsable de la tension

La tension produite par une UMT lors d'un étirement peut être divisée en deux catégories : la tension passive et la tension active. (7,42) La tension active est créée par la contraction des sarcomères. Cette contraction est possible grâce à l'influx des motoneurones gamma (43). La tension passive fait référence aux structures inertes du muscle. Reich *et al.* (44) rapportent que plusieurs études sur les animaux confirment que la titine (une protéine du

sarcomère, voir Annexe 4 pour une description plus exhaustive) est majoritairement responsable de la tension passive. Ces observations proviennent des différences importantes de tension entre un muscle normal et un muscle où la titine a été dégradée. Le sarcolemme, le tissu conjonctif (majoritairement le périnysium) et les liens entre l'actine et la myosine (théorie de la tension des filaments au repos, *filamentary resting tension*) sont aussi impliqués dans la tension passive (27, 36, 45).

À ce jour, deux études sur les lapins ont essayé de quantifier la proportion de tension que chacune de ces composantes représente (46, 47). Les résultats de la première étude indiquent que la tension passive offerte par le muscle lors d'un mouvement passif est majoritairement due à la titine, au collagène et au sarcolemme; leur proportion varierait largement selon les muscles (46). De plus, lors d'un étirement maximal la tension proviendrait du sarcolemme (18 à 33 %), de la titine (27 à 54 %) et d'autres tissus (14 à 39 %), en particulier le collagène (46, 47). Les deux études affirment aussi qu'au fur et à mesure que la tension augmente, l'apport de la titine diminue tandis que celui des structures extra myofibrillaires, particulièrement les tissus conjonctifs, augmente. L'étude de Prado et *al.* (46) ainsi que plusieurs autres études sur la titine, dont les résultats sont rapportés par ces auteurs, permettent de comprendre pourquoi la proportion de la tension passive due à cette protéine varie selon les muscles. Effectivement, il est maintenant connu que les isoformes courts de la titine ont une rigidité plus grande que les isoformes longs. Ainsi, au niveau des myofibrilles et des fibres musculaires, une plus grande proportion d'isoformes courts (donc rigides) augmente la rigidité de cette structure. Cependant, un tel lien n'est pas toujours observé pour un muscle entier parce que pour certains muscles, le tissu conjonctif a une plus grande influence sur la rigidité que la titine. Certains auteurs proposent que l'expression des isoformes de la titine est modulée par l'utilisation spécifique du muscle (44, 48). La transformation d'un isoforme court (plus rigide) en un isoforme long (moins rigide) n'est pas la cause de l'augmentation de l'extensibilité à court terme (49), mais selon certains auteurs, cette transformation pourrait être responsable de l'augmentation d'extensibilité à long terme (50). Il serait pertinent de savoir si il y a une variation dans l'expression des isoformes de la titine lors d'une blessure, lors d'une immobilisation, lors de microtraumatismes répétés et lors d'un programme d'étirement, mais aucune étude examinant ces éléments n'a pu être répertoriée.

Bref, il est possible de conclure que la tension passive offerte par le muscle lors d'un mouvement passif est majoritairement due à la titine et au sarcolemme puis que vers la fin

du mouvement, d'autres structures participent, majoritairement collagèneuses. Même si la proportion de l'implication à la tension passive de ces structures peut différer chez l'homme de chez l'animal, les études citées nous indiquent quels éléments en sont majoritairement responsables. À partir de ces informations, il est possible de prévoir quelles structures risquent d'être modifiées lors d'un étirement. Cependant, il faut aussi considérer l'apport du tendon dans la tension passive totale d'une UMT.

Effectivement, la tension passive de l'UMT n'est pas uniquement due au muscle, le tendon et l'aponévrose y participent aussi. Historiquement, le tendon a longtemps été ignoré lors des études sur l'allongement de l'UMT puisqu'il est moins extensible et plus rigide que le muscle(26, 51). Par contre, les tendons ne sont pas inextensibles, ils réagissent plutôt de façon viscoélastique et comme des ressorts avec une résistance non linéaire (52, 53), ils participent donc à la tension passive de l'UMT.

De récentes études *in vivo* sur les gastrocnémiens humains proposent différents résultats concernant l'apport de l'allongement du tendon à l'allongement d'une UMT : son apport varierait entre 53 % et 75% (29, 49, 54). Une seule étude observe un apport du tendon inférieur à celui du ventre musculaire des gastrocnémiens avec une proportion moyenne de $28,2 \% \pm 27.3$ (55). La dissemblance des résultats de cette étude peut être expliquée par une différence dans la méthode de mesure et d'estimation de la longueur des structures. Dans l'étude de Abellaneda et *al.* (55), la longueur du tendon était mesurée et celle du muscle estimée, tandis que tous les autres chercheurs ont fait l'inverse. Cette étude est aussi la seule à faire la différence entre l'apport du tendon pour des sujets avec des muscles plus rigides et des muscles moins rigides. Cette distinction permet d'observer une augmentation d'environ 24 % de la participation du tendon pour des muscles plus rigides. En prenant compte de la variation intermusculaire, de l'intervalle de confiance des résultats initiaux de l'étude de Abellaneda et *al.* les techniques différentes de mesure des structures, il aurait été possible que les résultats de toutes les études soient plus similaires. Malgré la différence des résultats de Abellaneda, Guissard et Duchateau, cette étude permet de comprendre que la rigidité intrinsèque du muscle influence l'apport du tendon lors d'un mouvement passif.

Une des hypothèses qui expliquerait l'apport relativement important du tendon à un mouvement passif dans les études ci-dessus, est que pour certaines UMT, le tendon est plusieurs fois plus long que le muscle. Le tendon, parce qu'il est plus rigide, se déforme moins que le muscle lors d'un étirement (2 à 3 % vs 8 à 10 %) (4, 56), mais lorsque cette

déformation est multipliée par la longueur du tendon, l'élongation devient plus importante. Ainsi, elle pourrait plus participer à l'allongement global de l'UMT comparativement à l'élongation du muscle (54, 57). Les études présentées précédemment ont été faites sur le muscle gastrocnémien et le tendon d'Achille, cependant les résultats ne sont pas nécessairement généralisables aux autres muscles du corps puisqu'il existe différents types d'attache entre le muscle et l'os, différentes configurations de muscle et différentes longueurs de tendon (23). Cela dit, il est important de noter que l'allongement du tendon à l'étirement maximal est moindre que lors d'une contraction volontaire maximale (environ 5 %), ce ne serait donc pas le tendon qui limiterait l'étirement (55, 58). Il est donc possible que le tendon participe significativement à l'allongement passif d'une UMT si celui-ci est plus long que le muscle, mais ne limiterait pas l'étirement maximal d'une UMT.

Modification des propriétés des structures passives de l'UMT suite à un étirement

Les éléments responsables de la tension passive ont été identifiés, il convient alors de se demander comment et dans quelles proportions leurs propriétés et structures changent suite à un ou plusieurs étirements. Il est possible de classer ces changements en fonction du délai entre l'étirement et la prise de mesure de l'extensibilité. En divisant l'information de la sorte, cela permet de différencier les effets immédiats, à court terme et à long terme. Les effets immédiats sont observables à l'intérieur des 24 premières heures après le dernier étirement. Les effets à court terme représentent les mesures prises entre 24 heures et une semaine après le dernier étirement. Enfin, les effets à long terme sont ceux présents au moins une semaine après le dernier étirement (9). Ces effets varient aussi en fonction de la dose d'étirements.

À propos des effets immédiats, plusieurs études confirment que la rigidité de l'UMT pour un même angle diminue et que l'extensibilité augmente immédiatement après une dose d'étirement de 30 sec à 1200 sec (49, 56, 59-65). Cela a été confirmé chez plusieurs populations, soit chez des sujets asymptomatiques, chez des sujets avec des muscles cliniquement courts et chez des sujets d'âge avancé avec des restrictions d'amplitude articulaire. Les effets immédiats, c'est-à-dire le gain rapide d'extensibilité et la diminution de rigidité, sont attribuables à la viscoélasticité de l'UMT et ces effets perdurent peu dans le temps (56, 62, 64, 66-72). En effet, cette diminution ne durerait que de 10 secondes à 30 min (56, 71, 72) dépendant de la dose et du type d'étirement et les effets auraient clairement disparu après 60 min (62, 64). Une seule étude de 1996 avec un petit échantillon (n=10) n'observe pas de différence de rigidité immédiate après un étirement de 10 min (61). Réalisant que les effets immédiats n'étaient pas permanents, certains

chercheurs ont augmenté la dose d'étirement dans leurs études pour vérifier s'il existait des effets à court terme. Leurs résultats démontrent chez plusieurs populations qu'il n'y a pas de changement de la rigidité de l'UMT pour un angle donné suite à un programme d'étirement à court terme. Ceci a été observé pour une dose d'étirement de 1080 à 54 000 secondes répartie sur une période allant de 3 à 13 semaines. Ces résultats ont été observés avec différentes populations soit : chez les sujets sans pathologie (35, 73, 74), des sujets avec des douleurs musculosquelettiques chroniques (75) et enfin avec des personnes soumises à un entraînement musculaire isométrique(76). Deux autres études n'ont observé aucun changement significatif dans la rigidité de l'UMT après étirement sans toutefois spécifier le délai de la prise de mesure (77, 78).

En ce qui concerne les effets à court terme, l'extensibilité est maintenue environ 72 heures après l'arrêt d'un programme d'étirement de 3 semaines (pour une description plus précise voir section « Les étirements des ischio-jambiers chez la population asymptomatique : une mise à jour des paramètres optimaux »). Une seule étude s'est intéressée aux effets à long terme et ses résultats démontrent une diminution de rigidité et une augmentation de l'extensibilité jusqu'à 30 jours après le dernier étirement (79). Les résultats de cette étude vont à l'encontre des conclusions de tous les autres auteurs ne supposant aucun effet à long terme puisqu'aucun effet à court terme n'a été observé. Cette différence majeure pourrait être expliquée par le petit échantillon (n=12) ou un biais de halo puisque cette auteure semble toujours trouver des résultats positifs, contredisant ainsi l'ensemble des autres études. Le peu d'études disponibles sur les effets à long terme peut être explicable par le fait que peu de chercheurs s'intéressent aux effets à long terme puisqu'à court terme il n'y a déjà plus d'effet observé.

Il est important de noter que les propriétés spécifiques du tendon changent différemment des propriétés globales de l'UMT. En ce qui a trait aux effets immédiats, Kubo *et al.* (80) démontrent une diminution immédiate de la rigidité et de l'hystérésis du tendon suite à un étirement de 10 minutes. Cependant, cette diminution n'est pas observée par d'autres chercheurs pour un étirement de cinq minutes (49, 59, 72). À court terme, pour une dose de 9000 secondes d'étirement, seule l'hystérésis diminue (53). Cela dit, le changement dans la viscoélasticité du tendon est trop petit pour expliquer la variation des propriétés viscoélastiques globales de l'UMT après un étirement (49).

Quelques études (49, 54, 59) ont étudié les propriétés du tendon et des fascicules suite à des étirements en monitorisant le déplacement de la jonction du tendon d'Achille et des

gastrocnémiens par ultrasonographie. Lors de la mise en tension de l'UMT après un étirement, il a été démontré que l'allongement du tendon demeure le même tandis que celui de l'UMT augmente, et donc, l'apport du tendon à l'allongement global de l'UMT diminue (49, 54). De plus, Morse et ses collègues (49) observent une diminution significative de la raideur de l'UMT, mais pas de celle du tendon. Ainsi la variation d'extensibilité d'une UMT après un étirement serait due au muscle. Cependant, elle ne serait pas due aux fascicules puisque ceux-ci démontrent la même extensibilité entre des étirements répétés de une minute (49). L'extensibilité peut aussi être augmentée par la diminution de l'angle de pennation (angle des fibres musculaires par rapport au tendon) lors d'un étirement. Par contre, cela est insuffisant pour expliquer le changement d'extensibilité totale (49, 59). Il est donc proposé par les auteurs qu'un changement dans le tissu conjonctif du muscle serait responsable de l'augmentation d'extensibilité immédiate de l'UMT.

En conclusion, immédiatement après un étirement l'extensibilité de l'UMT augmente et la rigidité diminue. Après un court laps de temps, aucun effet sur la rigidité n'est démontré, mais l'augmentation de l'extensibilité demeure en partie. Ces effets sont attribuables au comportement viscoélastique des tissus conjonctifs du muscle et non du tendon ou d'autres composantes du muscle.

Mécanismes d'adaptation aux étirements

Il existe diverses théories pour expliquer le gain d'extensibilité observé suite à un ou plusieurs étirements musculaires. Une revue de littérature permet de regrouper ces théories en trois grandes catégories : la modification des tissus de l'UMT, la relaxation neuromusculaire et l'augmentation de la tolérance à l'étirement. Les sections qui suivent expliquent les différentes théories et identifient leurs forces et faiblesses.

Modification du tissu musculaire

Il y a environ 40 ans, Goldspink, Tabary et Williams commençaient les premières études animales (81-86) sur la modification du nombre de sarcomères lors d'une immobilisation. Elles ont démontré chez l'animal que lorsqu'un muscle est immobilisé en position raccourcie par un plâtre pour plus d'une semaine, il y a une diminution du nombre de sarcomères allant jusqu'à 40% et lorsqu'il est immobilisé en position allongée il y a une augmentation allant jusqu'à 20% (82, 83, 85, 86). Pour les muscles immobilisés en position raccourcie (82, 83) ainsi que pour un muscle se contractant dans une amplitude de mouvement limitée (84), les études démontrent une translation vers la gauche de la

courbe longueur-tension, indiquant un muscle plus court, tandis que pour les muscles immobilisés en position allongée il n'y a aucune translation dans la courbe et donc aucun changement de longueur du muscle (82, 83). En effet, lorsqu'immobilisé en position allongée, même si le nombre sarcomère augmente, leur longueur diminue et cela résulte en une fibre musculaire de même longueur. Ce phénomène d'adaptation (ajout ou retrait de sarcomère) serait orchestré dans le but de maintenir un chevauchement idéal entre l'actine et la myosine (appelé longueur de repos, *Resting length* ou L_0) afin de générer plus de force dans la nouvelle position imposée et pour permettre une augmentation de la longueur musculaire lors de la croissance des os (85, 87). La diminution du nombre de sarcomères est accélérée par des contractions musculaires isométriques dans la position d'immobilisation raccourcie (84, 88) et selon une revue d'expert, les contractions seraient même nécessaires à ce processus d'adaptation (87). Ces derniers auteurs croient aussi que si L_0 est trop courte pour la fonction donnée d'un individu, les étirements statiques seraient suffisants pour déclencher une cascade biochimique qui augmenterait le nombre de sarcomères en série. De toutes ces études, celles ayant fait un suivi post-immobilisation en position raccourcie ou allongée (82, 83) démontrent que le nombre de sarcomères et les courbes longueur-tension reviennent à la normale quatre semaines après le retrait de l'immobilisation, donc ces changements ne seraient pas permanents et rapidement réversibles. Ce réajustement au nombre initial de sarcomères est probablement dicté par les nouvelles amplitudes permises et donc par le rétablissement d'un L_0 optimal. Les résultats de toutes les études citées ci-dessus sont difficilement applicables telles quelles dans un contexte de réadaptation puisqu'ils ont été observés chez les animaux et parce qu'il y a des différences notables de dose d'étirement entre l'immobilisation de ces études (600 000 sec/sem) et les programmes d'étirement usuels (entre 500 et 1000/sem). À ce jour chez l'humain et à plusieurs reprises (voir (89) et ses références), de ces deux phénomènes, seule la diminution de sarcomères a été constatée. Il a été observé lors de voyage dans l'espace, chez des aînés et lors d'immobilisation (87). En résumé, la modification du nombre de sarcomères en série n'a plus d'effet au-delà de quatre semaines post-immobilisation et l'addition de sarcomères ne modifie ni la longueur ni l'extensibilité du muscle. En se fiant aux connaissances scientifiques actuelles, il est peu probable que l'augmentation de sarcomères en série soit le mécanisme sous-jacent à l'augmentation d'extensibilité après un ou plusieurs étirements, malgré que cette théorie soit défendue par des auteurs d'hier et d'aujourd'hui (22, 36, 70, 78, 90-92). Des résultats préliminaires chez les animaux indiquent que cette théorie pourrait être valable, s'il y a eu une diminution préalable de sarcomères, mais les preuves manquent pour affirmer une telle chose.

Modification du tissu conjonctif

Tel que déjà mentionné, il existe une déformation viscoélastique des tissus conjonctifs, majoritairement du collagène qui permet une augmentation de l'extensibilité et une diminution de rigidité presque immédiate, par contre ces effets sont transitoires (64, 66-70). De surcroît, plusieurs auteurs (33, 91-99) proposent qu'une déformation de type plastique ou permanente soit à l'origine de l'augmentation d'extensibilité suite aux étirements. La majorité d'entre eux (91, 93-95, 97, 98) expliquent ce phénomène en se référant à un article sur l'élongation du tendon de la queue du rat (100) et à une revue faite par Sapega (33). Il est intéressant de noter que cette revue se base aussi sur la même étude. Cette étude démontre qu'il est possible d'allonger le tendon de la queue du rat lorsque celui-ci est soumis à une force passive. Par contre, aucune mesure à travers le temps n'a été prise dans cette étude et donc il n'y a aucune preuve de changement plastique permanent dans le muscle. Il est fort probable que l'augmentation d'extensibilité observée dans cette étude soit tout simplement attribuable à la viscoélasticité du tendon de la queue d'un rat et donc ne serait pas permanente. Une autre explication qui a rendu cette théorie populaire est une transposition erronée du graphique torque/angle. Effectivement, tel que déjà mentionné, du point de vue de la mécanique il y a, dans ce type de graphique, présence d'une zone plastique. Cependant, dans les tissus biologiques, la mise en tension normale physiologique (qui respecte l'intégrité des structures) prend place dans le pied et la courbe et la partie élastique seulement (22, 24, 25, 67) (Annexe 2, zone A et B). Par contre, si la tension dépasse des valeurs physiologiques, comme dans les expérimentations *ex vivo* ou lors de traumatisme, la structure pourrait être étirée jusqu'à la zone plastique entraînant ainsi des déchirures (22, 25, 101) (Annexe 2, zone C). Dans ce cas, les changements sont bien plastiques et permanents. Par contre, une telle tension n'est pas rencontrée lors d'étirement musculaire de muscles non traumatisés (22, 24, 25, 67, 101) probablement parce que la douleur empêche une augmentation de l'amplitude articulaire au-delà de la limite des tissus. De plus, ces graphiques ont été réalisés sur des ligaments ou des tendons *ex vivo* et sont possiblement peu applicables aux étirements musculaires *in vivo* puisqu'il existe un mécanisme de protection dans le corps pour empêcher une déchirure des tissus. Il existe aussi des évidences préliminaires que l'activité des fibroblastes déclenchée par les étirements pourrait modifier les tissus conjonctifs permettant ainsi d'augmenter l'extensibilité (87). En considérant ces informations, il est peu probable que la modification permanente du tissu conjonctif soit la principale cause de l'augmentation d'extensibilité de muscles non traumatisés.

Relaxation neuromusculaire

Certains auteurs (102, 103) affirment que les effets des étirements seraient attribuables à des changements neurophysiologiques. Le facteur limitant l'amplitude articulaire serait un réflexe d'étirement tonique (aussi nommé réflexe myotatique). Ce réflexe, présent lorsqu'un muscle s'allonge près de sa longueur maximale confortable, augmenterait le tonus et la résistance passive du muscle et donc limiterait l'extensibilité. Selon ces auteurs (102, 103), il serait possible d'inhiber ce réflexe de différentes façons grâce aux étirements.

Historiquement, le réflexe d'étirement est décrit comme une simple boucle : une stimulation des fuseaux neuromusculaires (fibre 1a) propage un influx via une synapse dans la moelle épinière aux motoneurones alpha causant ainsi une contraction musculaire. Cliniquement, la percussion d'un tendon, comme lors du réflexe rotulien, est le stimulus des fuseaux neuromusculaires causant la contraction musculaire. Afin de mesurer l'excitabilité de ce réflexe, les études enregistrent l'amplitude du réflexe de Hofmann et du réflexe tendineux et une diminution de ces réflexes a été observée sur EMG lors d'un étirement statique unique(103) et à long terme suite à un programme d'étirement (79). Cependant, le réflexe d'étirement qui existe lors des réflexes ostéotendineux n'est pas bien démontré lorsqu'un muscle est allongé en fin de mouvement. Les recherches démontrant l'existence de ce réflexe doivent utiliser un mouvement très rapide à une amplitude articulaire intermédiaire afin de produire un réflexe d'étirement assez puissant pour que la rigidité musculaire soit modifiée (104, 105). Cependant, lors d'un étirement lent et à une longueur musculaire maximale et même lors d'un étirement balistique, le réflexe d'étirement génère très peu ou pas de force (37, 104). De plus, aucune étude ne démontre que ce réflexe produit une force fonctionnellement assez grande pour altérer l'amplitude articulaire(106). Il est aussi intéressant de noter qu'aucun changement sur un EMG de surface n'est observé lorsqu'un muscle est étiré de façon statique (35, 64, 68, 76, 106-108). Ironiquement, il est donc peu probable que le réflexe d'étirement cause une augmentation de tonus lors d'un étirement ou de l'allongement d'un muscle en fin de mouvement. Donc, même si les étirements statiques peuvent diminuer le réflexe d'étirement, il ne semble pas que ce soit par cette inhibition qu'ils peuvent augmenter l'extensibilité.

En ce qui concerne les étirements de type PNF, il y a deux mécanismes possibles selon la technique utilisée (pour une définition complète des techniques, voir Annexe 1). Lors du contracter-relâcher (CR) l'objectif de contracter le muscle à étirer est de produire une

inhibition de ses motoneurones alpha, communément appelée inhibition autogène (Voir Annexe 5). Cette inhibition serait possible grâce à l'interneurone inhibiteur Ib activé par l'organe tendineux de Golgi lors de la contraction. Cela produirait une diminution immédiate du tonus de ce muscle et donc permettrait une plus grande extensibilité (50, 104). Pour la technique contracter-relâcher des antagonistes (CRAC), la contraction du muscle antagoniste au muscle à étirer augmenterait la stimulation des fuseaux neuromusculaires qui à leur tour stimuleraient les interneurones inhibiteurs Ia. Ces interneurones inhiberaient les motoneurones alpha du muscle à étirer, diminuant ainsi son tonus ce qui permettrait une meilleure extensibilité. Ce phénomène est appelé inhibition réciproque. (50, 104) (Voir Annexe 5). Selon la revue de Chalmers (104), plusieurs études indiquent que l'inhibition autogène ne dure que quelques secondes et que la méthode utilisée pour la mesurer n'est pas valide, puisqu'elle ne prend pas compte les contrôles supraspinaux. En ce qui concerne l'inhibition réciproque, Chalmers (104) et d'autres auteurs (109-111) ont prouvé que la technique du CRAC augmenterait l'activation EMG du muscle à étirer, contrairement à la théorie de base et permettrait quand même un gain d'extensibilité similaire à un étirement statique. Ces observations impliquent donc qu'une relaxation musculaire complète (EMG silencieux) n'est pas nécessaire afin d'augmenter l'extensibilité contredisant toutes les théories d'adaptation neurale aux étirements. De plus, il est maintenant connu que les trajets neuronaux des réflexes décrits dans la littérature du PNF ne sont pas comparables à une simple boucle, ils sont influencés par plusieurs inputs périphériques et centraux (43, 104) (Annexe 6). Une étude a aussi observé qu'après un étirement, les propriétés viscoélastiques sont similaires pour un muscle innervé et dénervé, donc une modification du tonus musculaire et de l'extensibilité par un changement neural est encore moins probable (30). Cependant, les gains observés pour les techniques PNF seraient explicables par d'autres facteurs. Taylor *et al.* (112) ont démontré que la relaxation viscoélastique est similaire lors de contractions musculaires et lors d'un étirement passif. Ces auteurs ainsi que d'autres (30, 113, 114) suggèrent donc une addition des effets de relaxation viscoélastique (contraction et étirement) lors d'un étirement de type CR, ce qui pourrait expliquer les gains d'extensibilité. Une autre théorie plausible est qu'une contraction préalable du muscle augmenterait plus la tolérance à l'étirement qu'un étirement statique (107, 115).

Augmentation de tolérance à l'étirement

La plus récente théorie, la théorie sensitive, provient principalement des études de Magnusson et ses collaborateurs réalisées au milieu des années 90 (35, 62, 64, 68, 107, 108). Pour élaborer sa théorie, ils ont développé une méthode reproductible pour mesurer

simultanément l'angle, la force, et l'activité EMG lors d'un étirement des muscles ischio-jambiers (64, 66). Cela a permis d'avoir la première courbe torque/angle pour un muscle humain *in vivo*. Comme il a été vu précédemment, cette courbe permet d'objectiver un changement de raideur, d'extensibilité et la longueur du muscle. Les résultats les plus innovateurs de ces études sont que les propriétés viscoélastiques d'un muscle ne changent pas à court et long terme après un étirement ou un programme d'étirement. Or, si les propriétés viscoélastiques du muscle demeurent inchangées à court et long terme, il doit y avoir une adaptation autre qui expliquerait l'augmentation d'extensibilité. Étant donné que le critère d'arrêt lors de l'évaluation de l'extensibilité est la plupart du temps subjectif (37), l'adaptation induite par l'étirement pourrait être en lien avec la sensation perçue par le sujet. Effectivement, si un sujet peut tolérer une plus grande sensation d'étirement et donc accepter un plus grand torque cela augmentera inévitablement son amplitude articulaire maximale. Magnusson et ses collaborateurs ont donc proposé qu'une augmentation de la tolérance à l'étirement soit la cause de l'augmentation de l'extensibilité à court et long terme, donnant ainsi naissance à la théorie sensitive.

Depuis les années 90, plusieurs études ont mis en relation le torque et l'angle après un étirement ou un programme d'étirement. Les résultats obtenus sont tous similaires : pour un angle donné, 24 heures après le dernier étirement, la rigidité de l'UMT ne diminue pas et il n'y a pas de translation de la courbe et donc aucun changement de longueur de l'UMT. Par contre, les sujets pouvaient tolérer un plus grand torque augmentant ainsi l'extensibilité. Cela a été observé chez des sujets sains (35, 60, 65, 66, 73, 78, 108, 116, 117), avec des ischio-jambiers cliniquement plus courts (32, 61, 66, 108), avec des douleurs chroniques musculo-squelettiques (75), en combinaison avec un entraînement isométrique (76) et lors de menstruations (116). En plus de ces évidences, d'autres facteurs favorisent cette théorie. Dans une étude de Mizuno *et al.* (72), il a été observé qu'après un étirement la rigidité rejoint sa valeur initiale plus rapidement que l'amplitude articulaire. Cela implique donc que la modification des structures viscoélastiques suite à un étirement n'est pas la seule cause d'augmentation de l'extensibilité, puisque les gains d'amplitude articulaire demeurent lorsque la rigidité revient à sa valeur initiale. Ceci est un autre exemple de la modification de la tolérance à l'étirement. Dans les études où une contraction maximale volontaire a été mesurée, il est possible d'observer que le torque produit par celle-ci est plusieurs fois supérieur au torque toléré lors d'un étirement (35, 108) (Annexe 1). Les tissus ont donc la capacité de supporter un torque plus élevé lors d'une contraction comparativement à un étirement. Ils ne devraient donc pas être la cause limitant l'étirement ce qui suggère encore une fois l'importance de la tolérance à la

sensation d'étirement comme facteur limitant l'extensibilité. Il est aussi intéressant de remarquer que des sujets avec moins de mobilité au test de la grande flexion du tronc présentent des ischio-jambiers plus rigides et tolèrent un moins grand torque, indiquant que c'est leur tolérance qui limite leur extensibilité (66, 108). Finalement, Bjorklund *et al.* proposent que la modification de la perception sensorielle causée par un étirement pourrait expliquer la sensation de bien-être que certaines personnes ressentent après un étirement d'un muscle (117).

Malgré que cette théorie semble la plus valable, les causes sous-jacentes à la modification de la tolérance à l'étirement sont encore inconnues, quoique quelques auteurs ont tenté d'expliquer le phénomène. Magnusson et ses collègues proposent que les nocicepteurs dans les muscles et les articulations sont impliqués dans cette modification soit par la théorie du portillon ou par une modulation des neurotransmetteurs (108), mais n'excluent pas l'idée que l'adaptation pourrait être d'origine centrale (66). Par contre, cette idée peut être réfutée lors d'études qui utilisent une jambe comme expérimentale et l'autre comme contrôle. Effectivement, ces études démontrent une adaptation unilatérale de modification de la tolérance à l'étirement et donc proposent que l'adaptation soit périphérique (35, 73, 75).

En conclusion, puisque les propriétés physiques du muscle demeurent inchangées à court et long terme après un étirement, la modification induite par cet étirement devrait être au niveau de la tolérance à l'étirement.

Implication clinique et autres moyens pour augmenter l'extensibilité

La popularité des étirements vient de la croyance populaire que pour augmenter l'amplitude articulaire il faut étirer des muscles. Cependant, il existe plusieurs causes à la diminution d'amplitude articulaire et elles ne sont pas toutes des indications aux étirements musculaires. Afin de les utiliser correctement, il est important de faire une évaluation préalable de la cause de la diminution d'amplitude articulaire. Le diagnostic différentiel doit être utilisé pour éliminer le système neuro-méningé (118), les causes intra-articulaire (cartilage/disque) et extra-articulaire (ligament, capsule), et ainsi s'assurer que le système myofascial soit celui qui limite le plus le mouvement (23). Les tests utilisés peuvent être par exemple, la quantité de mouvement accessoire, une mise en tension neurale, un stress spécifique sur les structures méniscales etc. Les tests utilisés pour déterminer si le système myofascial est impliqué sont les tests de souplesse. Cependant, ces tests ne font pas la différence entre une limitation d'amplitude causée par la tension

musculaire active et passive. Lorsqu'il est question de tension active, les étirements ne sont généralement pas suffisants pour augmenter l'amplitude articulaire. Il faut plutôt traiter la cause sous-jacente à cette activation musculaire par exemple la présence de réflexes primitifs, des problèmes sensorimoteur, la protection d'un nerf, la sensibilisation centrale et les déséquilibres musculaires (119). Dépendamment de la cause, plusieurs techniques existent pour diminuer le tonus actif : l'amélioration du contrôle moteur(119), les aiguilles sous le derme (120), le renforcement des muscles agonistes faibles (8) et la correction de la biomécanique (8). Certains auteurs proposent que les exercices excentriques pourraient augmenter la longueur musculaire par sarcomérogénèse (44, 48, 121, 122). Par contre, lorsque la limitation d'amplitude provient de la tension passive du muscle, alors les techniques d'étirement musculaire sont indiquées. La tension passive risque d'être augmentée par des adhérences ou par un processus de cicatrisation lorsqu'il y a eu une blessure du muscle (50). Il est aussi possible qu'elle soit augmentée lors de postures habituelles avec des muscles qui contractent en position raccourcie, ou lors d'une immobilisation. De plus, il est pertinent d'utiliser les effets immédiats des étirements (augmentation d'extensibilité et diminution de rigidité) afin de maximiser d'autres modalités de traitement. Par exemple, un étirement pourrait permettre d'augmenter l'efficacité d'une mobilisation ou d'un exercice de contrôle musculaire.

Par ailleurs, avant d'utiliser les étirements, il est important de réfléchir à quelle est la longueur optimale du muscle. Puisque la flexibilité est spécifique au sport (123) et à la fonction, l'utilisation systématique des étirements tel que recommandé par certains programmes d'entraînement ou par des spécialistes n'est peut-être pas nécessaire pour toutes les populations. Même si un individu présente un muscle cliniquement plus court ou plus rigide, est-ce que cela le prédispose à plus de douleur, plus de blessures ou moins d'efficacité biomécanique ? La réponse à cette question sort des limites de ce travail et peu de recherches sont faites dans ce sens. Par contre, lorsque l'extensibilité est limitée par la tension passive du muscle et que cela crée une amplitude articulaire inférieure aux demandes fonctionnelles, crée un vice biomécanique ou contribue à une dysfonction de stabilité, alors un étirement musculaire devrait être envisagé.

Conclusion

Actuellement, beaucoup d'études concernant les étirements ont été publiées, mais il y a encore peu de consensus en ce qui a trait à l'origine de la tension produite par une UMT lors d'un étirement et aux causes de l'augmentation de l'extensibilité. Par contre quelques conclusions peuvent être tirées : lors d'un étirement, la tension est distribuée entre le

muscle et le tendon. Cependant, le muscle se déforme plus lors d'un étirement et ses structures collagèneuses sont majoritairement responsables du comportement viscoélastique de l'UMT. Ce comportement implique une diminution de la rigidité et une augmentation de l'extensibilité immédiatement après un étirement. Cependant 24 heures après l'étirement, ce serait plus la modification de la tolérance à l'étirement qui limiterait l'extensibilité pour des individus asymptomatiques. Les études actuelles ne démontrent pas d'adaptation plastique du muscle, mais celle-ci pourrait avoir lieu pour des muscles traumatisés. Des évidences chez les études animales suggèrent que l'addition de sarcomères en série pourrait augmenter la longueur musculaire seulement s'il y a eu une diminution de sarcomères préalable. La majorité des études n'observent aucune relaxation musculaire d'origine neurale après un étirement. Il existe plusieurs causes à la diminution d'amplitude articulaire, il est donc important d'évaluer la cause sous-jacente à cette diminution avant d'utiliser des étirements. À partir des connaissances sur les bases physiologiques des étirements musculaires, il est désormais possible pour un physiothérapeute de mieux prescrire et de mieux utiliser ces techniques. Il serait pertinent de faire plus de recherches en ce qui a trait à la longueur musculaire optimale et son implication par rapport à la fonction d'un individu.



LES ETIREMENTS DES ISCHIO-JAMBIERS CHEZ LE SUJET ASYMPTOMATIQUE :
une mise à jour sur les paramètres optimaux

Par
Émilie Fortin

Travail présenté à: France Pottie
Dans le cadre du cours PHT-6113
Travail dirigé

31 mai 2012

Programme de physiothérapie
École de réadaptation
Université de Montréal

Les étirements des ischio-jambiers chez le sujet asymptomatique : une mise à jour sur les paramètres optimaux

Introduction

Dans la littérature scientifique actuelle, les protocoles d'étirements ont été évalués chez deux populations cibles : les sujets asymptomatiques et les sujets symptomatiques. Cette partie du travail abordera uniquement la population asymptomatique qui se subdivise elle-même en deux catégories soit les sujets avec ou sans rétraction musculaire sans autre pathologie sous-jacente. La population symptomatique sera abordée dans les parties subséquentes traitant de l'efficacité des étirements dans le traitement des pathologies du quadrant supérieur et inférieur.

Actuellement, les études scientifiques concernant les étirements chez les sujets asymptomatiques ont principalement visé l'étude des muscles ischio-jambiers (12-15, 18, 20, 32, 78, 110, 122, 124-141). En 2005, Decoster et *al.* (39) ont synthétisé sous forme de revue systématique ces études afin de trouver les paramètres optimaux d'étirement des ischio-jambiers. Ils concluent que les étirements des ischio-jambiers permettent d'augmenter l'amplitude articulaire (AA) grâce à une variété de techniques d'étirement, de positions et de durées. Entre 2005 et 2011, plusieurs chercheurs ont exploré de nouveau les étirements des ischio-jambiers et leurs paramètres optimaux d'utilisation (11, 16, 142-157). L'objectif principal de ce travail est donc de recenser et synthétiser ces résultats plus récents afin de vérifier si la conclusion finale demeurera la même que celle tirée par Decoster et *al.* (39) en 2005 ou si celle-ci peut être précisée.

La revue de Decoster et *al.* (39) sera tout d'abord analysée et critiquée. Ensuite, les articles sur les étirements des ischio-jambiers ayant été publiés entre 2005-2011 seront utilisés pour compléter cette revue et vérifier les conclusions actuelles pouvant en être tirées. De plus, l'analyse de l'évolution des gains d'AA dans le temps sera effectuée puisque Decoster et *al.* (39) ne se sont pas penchés sur cette question qui demeure primordiale d'un point de vue clinique. Finalement, la généralisation des conclusions obtenues à d'autres muscles biarticulaires chez les sujets asymptomatiques sera tentée.

Critique de la revue systématique de littérature de Decoster et al. (39)

Afin de permettre une mise à jour sur les paramètres optimaux et l'évolution des gains dans le temps des étirements des ischio-jambiers chez le sujet asymptotique, la méthodologie de recherche de la revue de Decoster et al. (39) ainsi que leurs résultats seront résumés et analysés puisque ceux-ci serviront de base à l'élaboration de ce travail. Cette section est subdivisée de la façon suivante : critères d'inclusion et d'exclusion, extraction des données, évaluation de la qualité méthodologique et analyse des résultats. La stratégie de recherche utilisée étant adéquate et bien décrite, celle-ci ne sera pas abordée lors de la critique de la méthodologie.

Critères d'inclusion et d'exclusion

Les auteurs de la revue *The Effects of Hamstring Stretching on Range of Motion: A Systematic Literature Review* (39) ont choisi les critères d'inclusion et d'exclusion décrits dans le Tableau I.

Tableau I : Critères d'inclusion et d'exclusion de la revue de Decoster et al. (39)

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
<ul style="list-style-type: none"> • Devis expérimental (essai contrôlé randomisé) et devis quasi expérimental (suivi de cohorte avec mesure pré-test et post-test) • Intervention incluant des étirements cliniquement ou communément utilisés • La mesure des résultats inclut la prise de mesures de l'amplitude de la hanche ou du genou • Les sujets sont âgés de 14-60 ans • Les sujets sont sains (ne présentent pas de condition orthopédique ou neurologique qui affecte la capacité d'augmenter l'amplitude de mouvement) 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude qui n'est pas rédigée en anglais • Mesure des résultats n'est pas en degrés ou est non convertible en degrés • Étirement instrumenté • Résumé d'étude ou étude non publiée

Le choix des critères d'inclusion et d'exclusion des auteurs est parfois questionnable. Premièrement, les critères d'inclusion des études à la revue systématique permettent l'utilisation de deux devis soit les essais contrôlés randomisés (ECR) et les études de suivi de cohorte avec une prise de mesures pré intervention et post intervention. Le choix du deuxième devis mentionné est motivé par Decoster et al. (39) qui ne croient pas qu'un groupe contrôle soit essentiel, puisqu'il a été clairement prouvé dans les études antérieures incluant un groupe contrôle que l'effet de maturation est nul. Decoster et al. (39) affirment que de limiter les critères d'inclusion aux ECR aurait affecté la validité de la revue. Effectivement, une majorité d'études concernant les étirements n'inclut pas un

groupe contrôle (aucune intervention reçue). Ce choix est justifiable, mais cause une erreur systématique lors de l'évaluation méthodologique par l'échelle de mesure PEDro développée spécifiquement pour évaluer les ECR (158). Deuxièmement, le critère d'inclusion « Intervention incluant des étirements cliniquement ou communément utilisés » n'est pas respecté pour la totalité des études telles que dans l'étude de Roberts and Wilson (130) où la position d'étirement n'est pas mentionnée. Au niveau des critères d'exclusion, Decoster et *al.* (39) limitent leurs recherches aux études publiées en anglais ce qui est en soit une erreur méthodologique pour une revue dite systématique. Cependant, cela demeure un choix répandu qui est directement relié aux ressources disponibles auprès des auteurs.

Extraction des données

Au niveau de l'extraction des données, Decoster et *al.* (39) ont ciblé les variables d'intérêts suivantes : description des sujets, type d'étirement, position, durée de l'étirement, nombre de répétitions, nombre de sessions par semaine, nombre total de sessions, durée du suivi, méthode d'évaluation, changement des AA au genou ou à la hanche, utilisation de modalités d'échauffement et différence statistique entre les groupes. Le niveau d'extensibilité antérieur des sujets n'est pas inclus dans cette liste bien que celui-ci constitue vraisemblablement un critère pronostique important qui a possiblement une influence sur la mesure des résultats. Le terme flexibilité est considéré ici comme un synonyme d'extensibilité. Tel que décrit dans la section « Physiologie des étirements et implications cliniques » de ce travail, ces termes réfèrent à la propriété d'un muscle de s'allonger jusqu'à la sensation d'étirement maximale sans douleur que le sujet peut tolérer.

Évaluation de la qualité méthodologique des études

Afin d'évaluer la qualité méthodologique des articles répondant aux critères d'inclusion, les auteurs se sont basés sur l'échelle PEDro (Annexe 7). Decoster et *al.* (39) mentionnent que le coefficient de fiabilité inter-évaluateur lors de l'évaluation avec l'échelle PEDro est de 0,55 (95% CI, 0,41-0,72). Bien que ce coefficient soit relativement faible, les auteurs ont pris certaines précautions pour obtenir la cote PEDro la plus exacte possible. Ainsi, ils ont suivi une formation au centre de formation PEDro à l'Université de Sydney, évalué individuellement chaque article puis ils sont arrivés à un consensus pour chaque cote. Afin d'uniformiser et de comparer la cote de chaque étude, les études ayant un devis quasi expérimental sans randomisation ou sans groupe contrôle ont subi le même processus d'évaluation. Il aurait été pertinent de mentionner les principaux indicateurs pronostiques pris en compte par les auteurs pour évaluer le critère 4 de l'échelle PEDro (Annexe 7),

car le qualificatif « important » peut être interprété de différentes façons par chaque individu. Par exemple, dans la revue de Harvey et *al.* (40), *Does stretching induce lasting increases in joint ROM? A systematic review*, où l'échelle PEDro est également utilisée afin de juger de la qualité méthodologique des études sur les ischio-jambiers, une cote de 5/10 est attribuée à l'étude de Bandy et *al.* (14), alors que Decoster et *al.* (39) lui attribue plutôt une cote de 6/10. Dans un contexte où l'intervention est constituée uniquement d'étirements, la cote maximale est de 8/10 sur l'échelle PEDro (critères de validité interne uniquement), car il est quasi impossible d'administrer ou de subir le traitement à l'aveugle. La cote PEDro de chaque étude peut donc être sous-estimée par rapport aux qualificatifs suivants souvent utilisés : étude de haute qualité (≥ 7), étude de qualité modérée (5-6), étude de basse qualité (≤ 4) (40). De plus, bien que l'étude de Funk et *al.* (125) ait obtenue une cote PEDro de 5, aucune mesure pré intervention n'a été prise dans cette étude. Ainsi, l'échelle PEDro est une méthode communément utilisée et soutenue par le milieu scientifique, mais elle présente certaines limitations. De plus, il peut être difficile de comparer des évaluations faites par des auteurs différents étant donné le coefficient inter-évaluateur relativement bas.

Analyse des résultats

Decoster et *al.* (39) font mention de deux lacunes principales au niveau méthodologique des 28 études utilisées soit les examinateurs qui ne se sont pas en aveugle et l'allocation secrète qui n'a été effectuée dans aucune étude. Les auteurs ont fait un excellent travail de synthèse au niveau des multiples tableaux présentés. Par contre, Decoster et *al.* (39) n'ont pas analysé l'ensemble des résultats en profondeur. Bien que dans l'extraction des données, ils fassent mention du nombre de sujets de chaque sexe, à aucun moment ils ne se prononcent sur la différence possible d'extensibilité relative au sexe dans l'analyse des résultats. Pourtant, selon Youdas et *al.* (159), il existe une différence significative de la longueur des ischio-jambiers entre les femmes et les hommes qu'elle soit mesurée par l'épreuve de la jambe tendue (SLR) ou le test d'extension du genou (KE). De plus, le test utilisé pour la mesure des résultats est mentionné dans la Table 4 de la revue de Decoster et *al.* (39) soit KE ou SLR, mais les auteurs ne se prononcent à aucun moment sur la validité de ces tests pour l'évaluation de l'extensibilité des ischio-jambiers. Selon Davis et *al.* (160), le test d'extension passive du genou (KE passif) est actuellement le plus valide pour évaluer l'extensibilité des ischio-jambiers. Le SLR et le KE passif ne peuvent être utilisés de façon interchangeable puisque leur coefficient de corrélation est de $r=0.63$ (160). De plus, le SLR présente plusieurs facteurs confondants qui peuvent influencer la mesure d'AA soit la tension neurale, les tensions de la capsule de l'articulation coxo-

fémorale, la position inconstante du pelvis, la tension des fléchisseurs de la hanche controlatérale et les tensions dans la jonction des différents fascias en postérieur de la jambe (160-163). L'importance de ces facteurs confondants semble moindre dans le cas du KE passif, principalement pour ce qui est de la rotation du pelvis qui est significativement inférieure lors de l'exécution du KE passif par rapport au SLR (160). Par ailleurs, au niveau des mesures d'AA, la notion de différence statistiquement significative n'est pas mise en lien avec la différence minimale cliniquement significative (MCID). Par exemple, dans l'étude de Halbertsma et Goeken (32) le gain d'AA moyen dans le groupe expérimental est d'environ 5°. Ce gain peut être considéré comme peu cliniquement important si on considère que l'erreur de mesure standard d'un électrogoniomètre est de 2,5°-3,0° tel que rapporté par Piriyaarasarth et *al.* (164). Ceci est d'autant plus vrai étant donné la durée du protocole pour obtenir ce très faible gain soit un étirement de dix minutes deux fois par jour pour quatre semaines.

Analyse des études récentes

À titre de rappel, la conclusion finale de Decoster et *al.* (39) est que les étirements des ischio-jambiers permettent d'augmenter l'AA grâce à une variété de techniques d'étirement, de positions et de durées. Afin de vérifier si cette conclusion est toujours d'actualité, une revue de littérature sur les bases de données Medline (jusqu'à septembre 2012), Embase (jusqu'à janvier 2012) et PEDro (jusqu'à janvier 2012) a été effectuée. Les mots clés recherchés sont les mêmes que ceux utilisés par Decoster et *al.* (39) : *hamstring, stretching, flexibility, pliability, static, proprioceptive neuromuscular facilitation, ballistic* et *knee* en utilisant diverses combinaisons de ses termes. Les références des articles sélectionnés ont également été épluchées afin de déceler d'autres articles d'intérêt. Les articles ayant été publiés après 2005 étaient ceux qui présentaient un intérêt étant donné que Decoster et *al.* (39) avaient déjà répertorié les articles ayant été publiés avant novembre 2004. Afin d'assurer une certaine homogénéité, les critères d'inclusion et d'exclusion et la méthode d'évaluation de la qualité méthodologique choisis sont les mêmes que ceux utilisés par Decoster et *al.* (39). Il est à noter que l'effet de l'échauffement avant l'étirement ne sera pas abordé dans ce travail bien que Decoster et *al.* (39) aient analysé ce paramètre dans leur revue puisque ceci pourrait constituer en soit un autre travail.

Extraction des données

Comme mentionné dans la critique de la revue systématique de Decoster et *al.* (39), la liste des variables d'intérêts ciblées par ces auteurs n'étant pas complète, la variable

niveau d'extensibilité antérieur a été ajoutée à la liste initiale. Afin de permettre les comparaisons entre les données des articles ayant été publiés avant 2005 et ceux ayant été publiés après 2005, la variable niveau d'extensibilité antérieur a également été répertoriée dans les articles utilisés par Decoster et *al.* (39). Cette variable est généralement mentionnée dans les critères d'inclusion des diverses études. De plus, la méthode d'évaluation de l'AA a également été précisée (SLR, KE actif ou KE passif) dans les 28 études de la revue de Decoster et *al.* (39) et dans les 21 études récentes. Une fiche inspirée et presque identique à celle utilisée par Decoster et *al.* (39) a été utilisée afin d'organiser les différentes variables (Annexe 8). Les différentes variables démographiques des études sont présentées dans le Tableau II. Il est nécessaire de mentionner qu'une seule personne a effectué la recherche d'articles, l'extraction des données et l'évaluation méthodologique. Ainsi, il n'y avait donc pas de consensus comme cela était le cas pour la revue de Decoster et *al.* (39). Il est donc possible que le jugement d'un seul évaluateur ait entraîné des erreurs d'évaluation plus fréquentes que lors d'un consensus de plusieurs auteurs.

Évaluation de la qualité méthodologique

Une cote sur l'échelle PEDro a été calculée pour chaque nouvelle étude afin de permettre la comparaison avec les études utilisées par Decoster et *al.* (39) et de se prononcer sur l'amélioration des principales lacunes identifiées par ce groupe d'auteurs. Les cotes ont été attribuées en se référant de façon stricte aux descriptions et aux précisions de chaque critère (Annexe 7). À cet effet, voici quelques précisions sur l'évaluation des critères 4 et 8. Pour le critère 4, les principaux indicateurs pronostiques considérés sont l'âge, le sexe et le niveau d'extensibilité antérieur. Ainsi, afin d'attribuer un point à ce critère, les auteurs de l'étude devaient avoir contrôlé statistiquement ces variables afin de s'assurer que les groupes étaient similaires au départ. Pour le critère 8, les auteurs devaient au départ donner explicitement le nombre de sujets inclus dans l'étude et non pas uniquement ceux qui ont complété l'étude.

Tableau II : Données démographiques concernant les études analysées

Étude	N	Genre (H/F)	Âge (écart-type)	Niveau d'extensibilité antérieur
Ayala et de Baranda Andujar(11)	150	106/ 44	21.3 (2.5)	< 65 ° SLR
Bandy et al.(14)	58	41/ 17	26.21 (5.57)	↓ 30° KE passif
Bandy et al.(13)	93	61/ 32	26.24 (5.13)	↓ 30° KE passif
Bandy et Iron(12)	57	40/ 17	26.11 (5.26)	↓ 30° KE passif
Borman et al.(165)	36	8/ 28	44.6 (19.1)	F: >24°/ H:>45°au KE actif
Chan et al.(124)	40	24/ 16	20 (3)	NS
Cipriani et al.(15)	23 (46 jambes)	5/ 18	22.8 (4.7)	≤ 70° SLR passif
Covert et al.(16)	32	16/ 16	21.97 (2.61)	↓ 20° KE passif
Davis et al.(17)	19	11/ 8	23.1 (1.5)	↓ 20° KE passif
de Weijer et al.(18)	56	28/ 28	18-42	↓ 15° KE actif
Decoster et al.(19)	29	7/ 22	25.9 (5.13)	↓ 25° KE actif
DePino et al.(20)	30	30/ 0	19.8 (5.1)	↓ 20° KE actif
Fasen et al.(143)	100 (82 au final)	55/ 45	33	≤ 90° KE passif
Feland et Marin(166)	72	72/ 0	22.6 (2.03)	< 70° au SLR
Ford et McChesney(21)	32	18/14	22.1 (3.04)	< 85° au SLR
Ford et al.(144)	35 (33 au final)	24/ 11	22.7 (2.4)	< 160° Angle poplité (passif)
Funk et al.(125)	30	30/ 0	18-22	NS
Halbertsma et al.(126)	16	10/ 6	20-29	< 80 ° au ISLR et >0 cm Flexion du tronc
Halbertsma et Goeken(32)	18 (14 au final)	8/ 10	26.5	< 80 ° au ISLR et >0 cm Flexion du tronc
Hartig et Henderson(127)	298	298/ 0	20	NS
Hubley et al.(128)	30	NS	14-60	NS
Marques et al.(146)	31	NS	G1*= 23 (4) G2=22 (4) G3=22 (3)	↓25° KE actif
Marshall et al.(148)	22	14/ 8	22.7 (3.8)	< 80° SLR
Meroni et al.(149)	50 (33 au final)	29/ 21	23.44	< 160° Angle poplité (actif/ assis)
Moller et al.(129)	8	8/ 0	NS	NS
Nelson et al.(122)	81 (69 au final)	69/ 0	16.45 (.96)	↓ 30° KE passif
O'Hora et al.(151)	45	22/ 23	21-35	amplitude normale genou/ hanche
Osternig et al.(110)	30	16/ 14	24.6 (5.01)	NS
Prentice(141)	46	NS	18-34	NS
Puentedura et al.(152)	30	17/ 13	25.7 (3)	≥ 80° KE actif
Rancour et al.(153)	35 (32 au final)	11/ 21	24.6	NS
Reid et McNair(78)	43	43/ 0	15.8 (1)	NS
Roberts et Wilson(130)	24	19/ 5	20.5 (1.35)	NS
Ross(167)	13 (26 membres)	8/ 5	20.3 (1.5)	<70° KE actif
Rowlands et al.(131)	43 (37 au final)	0/ 43	20 (1.3)	NS
Sainz de Baranda et Ayala(154)	250 (173 au final)	122/ 51	21.3 (2.5)/ 20.7 (1.7)	< 65 ° SLR
Smith et Fryer(168)	40	1:4	22.1 (1.5)	<75° KE actif
Spernoga et al.(132)	30	30/ 0	18.8 (.063)	↓ 20° KE actif
Sullivan et al.(133)	20	10/ 10	26.7 (2.42)/ 24.5 (1.37)	<70° bilat KE actif
Taylor et al.(134)	24	12/ 12	25.46	NS
Wallin et al.(135)	47	47/ 0	19-32	NS
Wathman et al.(155)	9	NS	23.6 (4.3)	NS
Webright et al.(136)	40	22/ 18	21.5 (2.8)/ 21.3 (3.6)	↓ 15° KE actif
Wiemann et Hahn(137)	69	69/ 0	20-34	NS
Wiktorsson-Moller et al.(138)	8	8/ 0	NS	NS
Willy et al.(139)	24 (18 au final)	12/ 6	21	< 160° Angle poplité (actif)
Worrell et al.(140)	19	10/ 9	25.7 (2.4)/ 26.7 (4.8)	↓ 20° KE actif
Youdas et al.(156)	35	12/ 23	32.3 (10.5)/ 26 (7.8)	< 160° Angle poplité (passif)
Yuktasir et Kaya(157)	28	28/ 0	21.82 (1.90)	NS

Les données surlignées en gris sont les études récentes ajoutées à la revue de Decoster et al. (39)

Abréviations : ISLR , Épreuve de la jambe tendue instrumentée ; NS, non-spécifié ; bilat, bilatéral ; KE, test d'extension du genou ; G, groupe

Résultats

Qualité méthodologique des études

Le score PEDro attribué à l'ensemble des études varie de 2/10 à 8/10 avec une moyenne de 4,37 et un écart-type de 1,33 ce qui est quasiment identique aux valeurs obtenues par Decoster et *al.* (39) soit une moyenne de 4,3 et un écart-type de 1,6. En se reportant au Tableau III, il est possible de constater le pourcentage des études récentes (2005-2012) répondant à chaque critère de l'échelle PEDro comparativement aux études analysées par Decoster et *al.* (39). Les pourcentages concernant le critère 4 mettent l'accent sur la subjectivité et la difficulté reliées à l'évaluation de ce critère. Ainsi, il est logique de croire que Decoster et *al.* (39) ne se sont pas basés sur les mêmes indicateurs pronostiques que nous pour attribuer un point à ce critère. En se fiant aux indicateurs pronostiques nommés précédemment, un maigre des auteurs 24% des études se sont assurés que les groupes étaient statistiquement similaires avant de débiter l'intervention ce qui évidemment diminue la validité interne de 76% des études récentes. Il est à noter que le critère 7 est respecté près de 50% du temps dans les études récentes ce qui est une amélioration notable face au 18% obtenu par les études antérieures. Le critère 9 semble également avoir été jugé plus sévèrement que par Decoster et *al.* (39). Il est nécessaire de préciser que dans très peu d'études les auteurs mentionnent ce qu'il advient des données des sujets qui abandonnent. Évidemment, ce problème méthodologique est beaucoup plus présent dans les études ayant un protocole se déroulant sur plusieurs semaines versus les études qui sont complétées en une seule session. Globalement, les études demeurent de qualité modérée ou faible et il manque encore d'études de haute qualité pour soutenir la prescription d'étirements musculaires. Les principales lacunes actuelles sont l'assignation secrète qui n'est effectuée que dans 5% des études récentes, la vérification de la similarité des groupes avant le début du protocole et l'analyse par « intention de traiter ». Bien que les examinateurs soient de plus en plus souvent aveugles, ce critère demeure également une lacune des études récentes. Il est toutefois rassurant de constater que 100% des études récentes ont utilisé des comparaisons statistiques intergroupes.

Tableau III : Nombre et pourcentage d'études qui remplissent chaque critère de l'échelle PEDro

Critères PEDro	Nombre d'études (avant 2005)	Nombre d'études (2005-2012)	% avant 2005	% (2005-2012)
1. Les critères d'éligibilité ont été précisés	25	19	89	90
2. Les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes	23	18	82	86
3. La répartition a respecté une assignation secrète	0	1	0	5
4. Les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	16	5	57	24
5. Tous les sujets étaient «en aveugle»	0	0	0	0
6. Tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient « en aveugle »	1	0	4	0
7. Tous les examinateurs étaient «en aveugle» pour au moins un des critères de jugement essentiels	5	10	18	48
8. Les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	16	13	57	62
9. Tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées « en intention de traiter »	10	6	36	29
10. Les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	24	21	86	100
11. Pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	26	19	93	90

Effet de la position d'étirement sur les gains d'extensibilité des ischio-jambiers

Bien que cette mise à jour ne prétende à aucun moment être une méta-analyse, il est toutefois possible de mettre en évidence certaines tendances dans les résultats des études en lien avec les paramètres étudiés grâce à des tableaux résumés. Ainsi le Tableau IV, présente l'ensemble des études concernant les étirements en les classifiant selon la position d'étirement et les gains d'AA moyens relatifs à cette position. Selon les moyennes des gains d'AA, la position debout et le décubitus dorsal (DD) semblent globalement équivalents. Effectivement, cette conclusion est la même que celle obtenue par Decoster et *al.* (19) dans une étude subséquente à la revue de littérature portant sur les ischio-jambiers. La position assise obtient une moyenne de gains inférieure à la position debout et DD bien que la différence en degrés ($\approx 4^\circ$) soit à la limite du MCID. Dans le cas des combinaisons de positions, peu importe les deux positions combinées, celles-ci semblent être plus efficaces en terme de gains d'AA ($\approx 9^\circ$ de différence) ce qui semble cliniquement significatif. Decoster et *al.* (39) avaient avancé cette hypothèse sur l'efficacité des combinaisons suite à l'étude de Cipriani et *al.* (15) et récemment six études (11, 131, 146, 148, 154, 165) ont obtenu des gains d'AA élevés avec une combinaison de positions.

Tableau IV: Moyenne des gains d'AA selon la position d'étirement

Position	N	Min-Max (°)	Moyenne des gains* (°)
Debout	16	6,0-28,0	11,44
DD	12	5,3-23,7	11,90
Assis	9	3,6-12,0	7,40
Combinaison	6	14,5-33,6	20,87

* D'AA pour les groupes ayant la mesure de résultat la plus élevée dans chaque étude

Effet de la technique d'étirement sur le gain d'extensibilité des ischio-jambiers

Il est beaucoup plus difficile de se prononcer sur la technique d'étirement la plus efficace étant donné la proximité des valeurs de la moyenne des gains d'AA obtenus avec les différentes techniques (Tableau V). Dans les études récentes, seulement deux études (152, 157) ayant comme but la comparaison de deux techniques d'étirement (*Proprioceptive Neuromuscular Facilitation* (PNF) versus statique) arrivent à une conclusion similaire soit que les deux techniques d'étirement utilisées produisent une augmentation d'AA sans différence statistiquement et cliniquement significative entre celles-ci. Toutefois, dans l'étude de Covert et *al.* (16), les étirements statiques ont permis des gains d'AA significatifs cliniquement et statistiquement plus grands que les étirements balistiques en utilisant une dose totale égale. Selon Davis et *al.* (17), une technique statique a également permis des gains d'AA significativement supérieurs statistiquement et cliniquement aux étirements de type PNF et aux étirements statiques actifs, bien que la méthodologie ainsi que la quantité de sujets dans chacun des groupes (n=5) laissent à désirer. Il est nécessaire de mentionner que les étirements de type statique actif sont regroupés dans la catégorie étirement statique puisque les différents auteurs proposent des définitions dissemblables de ce type d'étirement. Meroni et *al.* (149) et O'Hora et *al.* (151) ont également obtenu des résultats qui semblent favoriser un type d'étirement par rapport à un autre, bien que la mince différence entre les deux groupes évalués (3,4° et 4,7°) ne semble pas cliniquement significative. Ainsi, le seul consensus qui existe actuellement concernant les gains obtenus grâce aux différentes techniques d'étirement est que toutes ces techniques sont statistiquement plus efficaces que l'absence d'étirement. Cette conclusion demeure la même que celle tirée par Decoster et *al.* (39).

Tableau V : Moyenne des gains d'AA en fonction de la technique d'étirement

Technique	N	Min-Max	Moyenne des Gains (°)*
Statique	32	3,6-28,0	12,00
PNF	16	5,1-33,6	11,16
Balistique	1	8,4-8,4	8,40

* D'AA pour les groupes ayant la mesure de résultat la plus élevée dans chaque étude

Effet de la durée, du nombre de répétitions et de la fréquence sur le gain d'extensibilité des ischio-jambiers

En se référant à l'Annexe 9, il est possible de constater la grande disparité entre les différentes durées et fréquences d'étirement. Bien que la durée de 30 secondes soit souvent utilisée, le nombre de répétitions très variable rend la comparaison difficile. Afin d'analyser les choix des auteurs des différentes études et de dégager une tendance générale en fonction des résultats, la dose d'étirements, soit le produit de la durée de l'étirement, le nombre de répétitions et de la durée du protocole, a été calculée pour chacune des études puis comparée dans l'Annexe 10. La Figure 1 permet de vérifier si une relation linéaire existe entre la dose totale d'étirements et les gains d'AA obtenus pour le groupe ayant présenté le plus grand gain d'AA dans chaque étude. Le choix de la comparaison de la dose totale plutôt que de la durée de chaque étirement est justifié par les affirmations de Sainz de Baranda et Ayala (154), Cipriani et *al.* (15) et de Roberts et Wilson (130) qui mentionnent que la dose totale semble être un élément clé dans la prescription d'un étirement plutôt que la durée d'une répétition. En observant la Figure 1, il est impossible d'affirmer qu'une dose totale d'étirements plus élevée permet des gains d'AA plus grands. Concernant la durée, Ford et *al.* (169) affirment qu'une durée de 30 secondes d'un étirement est aussi efficace que 60 secondes, 90 secondes ou 120 secondes ce qui est corroboré par les affirmations de Bandy et Iron (12). Au niveau de la fréquence, Bandy et *al.* (13) recommandent une répétition de 30 secondes par jour, cinq jours par semaine ce qui est tout aussi efficace que de tripler la dose quotidienne tout en conservant la fréquence hebdomadaire. Selon Marques et *al.* (146), une fréquence hebdomadaire de trois fois est équivalente à cinq fois et est plus efficace qu'une seule fois. Dans une étude récente, Boyce et *al.* (142) concluent que le nombre de répétitions d'un étirement devrait être fixé à un nombre entre un et cinq afin que l'étirement soit efficient. Dans le cas d'un étirement de type PNF, une durée de contraction de cinq à dix secondes est efficace (131-133, 135, 141, 151, 157, 168). Feland et Marin (166) concluent que lors de la phase de contraction de l'étirement de type PNF, il est optimal d'utiliser de

20-60% de la contraction isométrique maximale (CM) du client. À la lumière des connaissances actuelles, un étirement doit être d'une durée de 30 secondes (statique et balistique), répété d'une à cinq fois une fois par jour et être fait de trois à cinq fois par semaine. Dans le cas du PNF, la contraction doit être de 20-60% de la CM pour une durée de cinq à dix secondes.

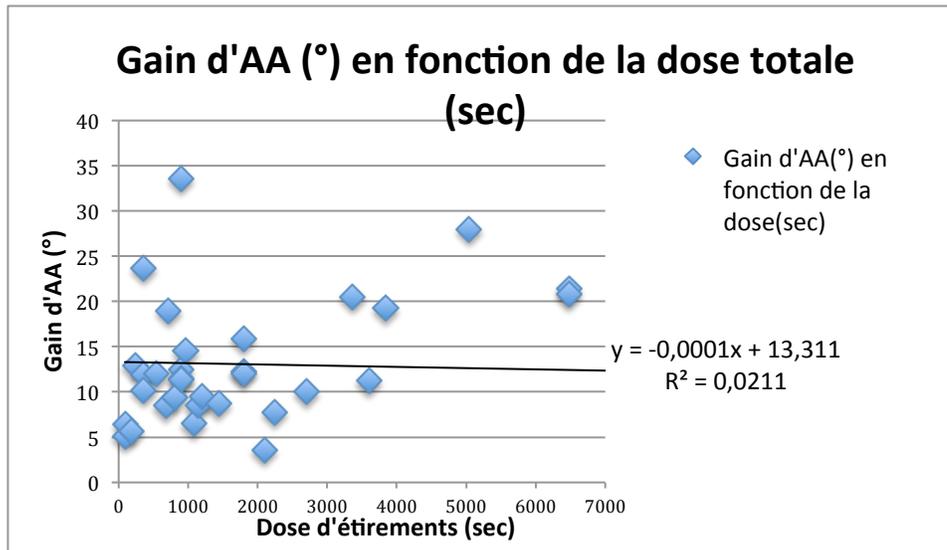


Figure 1: Gains d'AA en fonction de la dose totale d'étirements

Évolution des gains d'AA dans le temps

Bien que l'évolution des gains d'AA dans le temps n'ait pas été abordée par Decoster et *al.* (39), ce sujet demeure très important d'un point de vue clinique afin de guider la prescription d'étirements. Il a été démontré précédemment qu'il est possible d'obtenir des gains d'AA en étirant les ischio-jambiers, mais comment évoluent ces gains en fonction du temps ? Afin de répondre à cette question, il est nécessaire de sous-diviser les études en deux catégories soit celles qui étudient l'évolution des gains d'AA suite à une seule séance (effets immédiats) et celles qui étudient l'évolution des gains suite à un programme d'étirements de plusieurs jours (effets à court terme et à long terme).

Au niveau de la rétention des gains d'AA immédiatement suite à une seule séance, seules huit études ayant pris plusieurs mesures de résultats post intervention et répondant aux critères d'inclusion et d'exclusion précédemment énumérés seront utilisées dans cette analyse (18, 20, 21, 128, 129, 132, 151, 155). Whatman et *al.* (155), Spernoga et *al.* (132) et De Pino et *al.* (20) obtiennent comme résultats des gains d'AA qui ne sont plus cliniquement significatifs après un maximum de six minutes. Au contraire, de Weijer et *al.* (18) obtiennent dans leur étude des gains d'AA qui diminuent en 15 minutes, mais qui

demeurent significatifs par rapport à la mesure de départ 24 heures post-intervention. Moller et *al.* (129) et Ford et Mc Chesney (21) obtiennent des gains significatifs qui durent dans le temps un minimum de 25 minutes post étirement. Bien qu'il n'y ait pas de consensus entre ces différents auteurs, la tendance semble indiquer qu'une seule séance d'étirement permet d'obtenir des gains d'AA qui se maintiennent un minimum de 3 minutes. Il est logique de croire que les gains d'AA suite à une seule séance ont tendance à diminuer dans un court intervalle de temps puisque ceux-ci semblent principalement dus aux propriétés viscoélastiques du muscle (30, 170). L'étude de Hubley et *al.* (128) semble appuyer cette hypothèse concernant les propriétés viscoélastiques en affirmant que la production et la rétention des gains d'AA immédiatement suite à une séance sont équivalentes que ce soit suite à 15 minutes d'étirements ou suite à 15 minutes de vélo.

Pour ce qui est des gains d'AA à court terme suite à un programme d'étirements, dix études (11-14, 19, 122, 124, 131, 154, 157), dont l'objectif principal n'était pas l'évolution des gains dans le temps, ont tout de même pris une mesure de résultats après un minimum de 24 heures post intervention et ont obtenu des gains d'AA allant de 8,7° à 33,6°. Il est donc possible de conclure qu'à court terme, suite à un programme d'étirements des ischio-jambiers d'une durée minimale de 3 semaines, il y a une rétention des gains d'AA à la hanche ou au genou pour une durée minimale de 24 à 72 heures. Cette affirmation est en accord avec la conclusion tirée de la revue de Harvey et *al.* (40) qui conclue qu'il y a une rétention d'un gain d'AA moyen de 8° (95%IC 6°-9°) suite à un programme de plus de 3 semaines. Harvey et *al.* (40) ont également posé l'hypothèse que les gains d'AA sont plus élevés lorsque les étirements sont faits sur des muscles présentant un manque d'extensibilité. Toutefois, en comparant les résultats des études ayant inclus dans leurs critères d'inclusion une diminution d'extensibilité des ischio-jambiers (11-14, 19, 122, 149, 154), dont la moyenne des gains d'AA est de 12,33°, et les études n'ayant pas inclus cette restriction (124, 131, 157), dont la moyenne des gains d'AA est de 21,33°, il est impossible d'appuyer cette hypothèse.

Pour ce qui est de l'évolution des gains d'AA suite à un protocole d'étirements de plus de trois semaines, seulement quatre études (139, 149, 153, 171) avaient comme objectif principal d'évaluer la rétention des gains à long terme. En 1985, Zebas et *al.* (171) ont été des pionniers en ce qui concerne la rétention de l'extensibilité de plusieurs articulations. Au niveau de la hanche, ils ont obtenu une rétention d'AA en flexion de hanche de 12% dans le groupe contrôle, 11% dans le groupe d'étirement balistique, 27% dans le groupe d'étirement statique et 36% dans le groupe PNF quatre semaines post intervention (171).

Toutefois, dans cette étude, il y a une absence de randomisation et l'échantillon est composé uniquement d'adolescents de 15 à 17 ans qui participent à ce programme dans le cadre d'un cours d'éducation physique. De plus, il y a peu de standardisation compte tenu que se sont les élèves entre eux qui appliquent la résistance lors du PNF par exemple. Il est donc nécessaire de relativiser ces résultats étant donné les gains dans le groupe sans intervention et la faible validité externe vu la population étudiée. Dans les études plus récentes, les résultats sont contradictoires. En effet, selon Willy et *al.* (139) et Rancour et *al.* (153), il n'y a pas de gain significatif quatre semaines suite à l'arrêt d'un programme d'étirements contrairement aux résultats obtenus par Meroni et *al.* (149). En conclusion, il y a très peu d'études concernant la rétention des gains d'AA à long terme qui répondent aux critères d'inclusion et qui présentent une qualité méthodologique acceptable. Cependant, l'étude de Rancour et *al.* (153) et celle de Willy et *al.* (139) dont les cotes PEDro sont plus élevées semblent indiquer que les gains d'AA sont absents quatre semaines suite à l'arrêt d'un programme d'étirements. Il est donc nécessaire d'entreprendre un programme de maintien pour conserver ces gains sans toutefois les augmenter tel que prouvé par Rancour et *al.* (153). Cette conclusion devra être appuyée par d'autres études subséquentes de bonne qualité afin de guider la prescription d'étirements sur de longues périodes en physiothérapie.

Généralisation à d'autres muscles biarticulaires

Tel que mentionné précédemment, la majorité des études concernant les étirements portent sur les ischio-jambiers. Suite à l'analyse de plusieurs études concernant ce groupe musculaire, il semble important de vérifier si certaines conclusions ou hypothèses peuvent être généralisées à d'autres muscles biarticulaires. Cette section se veut une piste de réflexion sur la généralisation plutôt qu'une analyse exhaustive. Deux groupes musculaires biarticulaires sont communément inclus dans un programme d'étirements à domicile soit le quadriceps et les gastrocnémiens. Toutefois, peu d'études existent à propos des étirements du quadriceps chez le sujet asymptotique. De ce fait, seuls les étirements des gastrocnémiens seront comparés aux étirements des ischio-jambiers.

En 2006, Radford et *al.* (172) ont effectué une revue des études évaluant les effets des étirements statiques des gastrocnémiens. Seules cinq études, avec des tailles d'échantillons appréciables soit de 24 à 101 sujets, ont rempli les critères d'inclusion de cette revue systématique. Par ailleurs, trois des cinq études ont obtenu une cote PEDro de six sur dix alors que les deux autres études ont obtenu une cote de trois et de quatre. L'analyse statistique faite par les auteurs a permis de conclure qu'il est possible

d'augmenter l'AA en flexion dorsale de 2,1°-3,0° après une dose de 5 à 60 minutes d'étirement statique et qu'une dose d'étirements de 5 à 15 minutes est tout aussi efficace qu'un étirement de 60 minutes (172). Toutefois, à notre avis, un gain de 2,1°-3,0° est très peu significatif d'un point de vue clinique et devrait être mis en lien avec l'erreur de mesure standard ce qui n'est pas présenté dans cette revue. Selon Radford et *al.* (172), les étirements des gastrocnémiens devraient être prescrits lorsqu'un faible gain peut faire une différence fonctionnelle pour le patient. Ainsi, la dimension fonctionnelle entre en jeu et devrait donc être évaluée dans des études subséquentes chez des patients symptomatiques.

Si l'on compare les résultats obtenus par Radford et *al.* (172) à ceux obtenus concernant les ischio-jambiers, dans les deux cas, la quantité des gains d'AA ne semble pas reliée à la dose d'étirements. De plus, le gain d'AA à la hanche ou au genou lors de l'étirement des ischio-jambiers semble de plus grande amplitude que pour les gastrocnémiens. Toutefois, il est nécessaire de relativiser ce gain en fonction de l'AA normale de flexion dorsale qui est de loin inférieure à l'AA au genou ou à la hanche. Actuellement, le peu d'études concernant les autres muscles biarticulaires ne permet pas de vérifier les autres conclusions et hypothèses formulées dans ce travail.

Conclusion

En conclusion, cette mise à jour concernant les étirements des ischio-jambiers chez les sujets asymptomatiques permet de préciser la conclusion finale de Decoster et *al.* (39) soit que les étirements des ischio-jambiers permettent d'augmenter l'AA grâce à une variété de techniques d'étirement, de positions et de durées. Avec l'état des connaissances actuelles, il est impossible de favoriser un type d'étirement par rapport à un autre. Toutefois, l'efficacité et l'applicabilité de certains types d'étirements peuvent favoriser leur utilisation selon un contexte donné (traitement versus programme à domicile). Pour ce qui est de la position d'étirement, le DD et la position debout semblent permettre des gains d'AA plus élevés que la position assise. Une combinaison de deux positions semble plus efficace afin d'augmenter les gains d'AA. La durée optimale d'un étirement est actuellement de 30 secondes (statique et balistique) répétée de une à cinq fois. Dans le cas du PNF, la contraction doit être de 20-60% de la CM pour une durée de cinq à dix secondes. Ceci doit être fait de trois à cinq fois par semaine afin d'augmenter l'AA et de deux à trois fois par semaine pour maintenir des gains déjà acquis. En terme de rétention des gains, une séance unique d'étirements permet de maintenir des gains un minimum de trois minutes alors qu'un programme d'étirements semble permettre une rétention des

gains pour une durée minimale de 24 à 72 heures. D'un point de vue clinique, un étirement permettant des gains d'AA pour une durée de trois minutes peut permettre une technique en thérapie manuelle en fin d'amplitude par exemple. Évidemment, toutes ces conclusions partielles sont tirées d'études parfois limitées en nombre et hétérogènes et ne peuvent s'appliquer qu'aux ischio-jambiers d'une population asymptomatique de moins de 60 ans. Ces conclusions sont également en accord avec les dernières recommandations de *l'American College of Sports Medicine* (2011) concernant la flexibilité (173). Actuellement, il est impossible de généraliser les conclusions obtenues à d'autres muscles vu le nombre restreint d'études concernant les autres groupes musculaires biarticulaires chez le sujet asymptomatique. Cette mise à jour permet de mettre l'accent sur les nombreuses lacunes méthodologiques des études actuelles et motivera peut-être certains chercheurs à combler les manques dans le domaine de l'étirement et à confirmer certaines conclusions ou hypothèses afin d'optimiser la prescription d'étirements en physiothérapie.

Utilisation des étirements dans le traitement de pathologies du quadrant supérieur et du quadrant inférieur

Contexte

Les étirements musculaires font partie des outils utilisés par les physiothérapeutes dans la prévention et le traitement de diverses pathologies neuromusculosquelettiques du quadrant supérieur et inférieur. Il est donc important de connaître leur efficacité dans le but de mieux prévenir et traiter ces pathologies. Seule la littérature concernant les étirements en traitement et non en prévention sera étudiée. L'objectif des deux sections suivantes sera de faire une revue de littérature dans le but de 1) comprendre comment les étirements devraient être utilisés dans le traitement de certaines pathologies 2) connaître les différents muscles à étirer selon la pathologie et 3) évaluer l'efficacité d'utilisation des étirements musculaires dans le traitement de ces pathologies et si possible déterminer un niveau d'évidence pour chacune d'elles.

Les niveaux d'évidences émis dans ces sections sont toutefois basés sur le jugement et les connaissances des auteurs de ce travail. Ainsi, la méthodologie de recension n'est pas systématique et il est possible que certaines études aient été négligées. Le type de devis étant nécessaire pour émettre des niveaux de preuve, ceux-ci ont été déterminés par les auteurs de ce travail pour certains articles. Lorsqu'il s'agissait d'études cliniques randomisées, la classification du groupe PEDro fut utilisée pour déterminer la qualité des études. Si une étude n'avait pas été évaluée sur le site PEDro, les auteurs se sont basés sur les critères PEDro pour l'évaluer. Une note supérieure à 6/10 fut considérée comme seuil pour déterminer les études de haute qualité. Finalement, l'efficacité des étirements musculaires fut classifiée selon les niveaux d'évidence proposés par le *Center for Evidence Based Medicine* (Annexe 11) (174).

Il est nécessaire de mentionner que plusieurs études et revues concernant les étirements musculaires présentent des lacunes méthodologiques similaires et inévitables. Premièrement, il est difficile, voire impossible, d'avoir un traitement placebo simulant un étirement, car la sensation d'un étirement est connue par la grande majorité de la population. Deuxièmement, il est complexe d'avoir des thérapeutes aveugles administrant le traitement et impossible que les patients soient aveugles aux traitements reçus. Ainsi, peu d'études ont pu mériter un niveau d'évidence élevé, notamment en raison de ces

lacunes inévitables. Enfin, il faut garder en tête la possibilité d'un biais de publication impliquant que seules les études présentant des résultats significatifs aient été publiées.



UTILISATION DES ETIREMENTS DANS LE TRAITEMENT DE PATHOLOGIES DU
QUADRANT SUPERIEUR

Par
Simon Hébert

Travail présenté à: France Piotte
Dans le cadre du cours PHT-6113
Travail dirigé

31 mai 2012

Programme de physiothérapie
École de réadaptation
Université de Montréal

Utilisation des étirements dans le traitement de pathologies du quadrant supérieur

Introduction

Au quadrant supérieur, les étirements sont intégrés entre autres dans les cas de cervicalgies, qui comprennent le syndrome de douleur myofasciale, les traumatismes en coup de fouet cervicaux et les cervicalgies non-spécifiques. En périphérie, les tendinopathies de la coiffe des rotateurs et des épicondyliens latéraux du coude sont des pathologies fréquemment traitées en partie par étirements.

Cervicalgies

Selon Hoy et *al.* (175), les cervicalgies sont parmi les pathologies les plus fréquentes au quadrant supérieur et peuvent être dues à des dysfonctions musculaires, articulaires, neuroméningées ou artérioveineuses. Les femmes sont plus touchées et l'incidence de ces pathologies augmente après l'âge de 35 à 49 ans pour les deux sexes. Les différentes formes de cervicalgies ont tendance à se chroniciser et à récidiver si elles ne reçoivent pas de traitement adéquat. Entre 33 % et 65 % des patients souffrent toujours de cervicalgies après 1 an. Les répercussions de cette pathologie limitent grandement la fonction et la qualité de vie des patients. De plus, les cervicalgies ont plus tendance à persister que les lombalgies (176).

Récemment, plusieurs chercheurs ont tenté de développer un modèle qui clarifierait la classification. Selon Guzman et *al.* (177), la revue de littérature permet d'inclure sous le terme cervicalgie toute pathologie située au crânial des épaules, mais réfère rarement à une infection ou une tumeur par exemple. Les articles recensés dans cette section font référence à la même définition de cervicalgie. Cette section sera divisée en trois parties, soient le syndrome de douleur myofasciale, les traumatismes en coup de fouet cervicaux et les cervicalgies non spécifiques, qui incluent toute douleur cervicale sans diagnostic établi (178).

Syndrome de douleur myofasciale

Le syndrome de douleur myofasciale (SDMF) peut être la cause de multiples douleurs et ce dans diverses régions du corps (179). Selon Simons et *al.* (180), ce syndrome est caractérisé par des points gâchettes (*trigger points*) définis par la palpation d'une bande musculaire tendue (*taut band*), comprenant un point douloureux à la palpation et une

douleur à l'étirement des tissus atteints (180). Il existe plusieurs causes aux SDMF : traumatisme, surutilisation, surcharge, trouble postural, stress, etc. (181) La douleur causée par la pression d'un point gâchette peut référer en cervical et en dorsal et causer des maux de tête, spécialement lorsque le SDMF atteint les muscles de la tête et du cou. Les muscles les plus souvent atteints dans la région cervicale sont les trapèzes supérieurs et les sous-occipitaux (182). Le SDMF a une incidence qui varie entre 30 et 85 %, est plus fréquent chez les femmes et à haut risque de chronicité (180). Les femmes semblent démontrer une meilleure réceptivité au traitement des SDMF, mais le fait que la majorité des études aient été faites sur cette population témoigne d'un biais potentiel des études (182, 183). Le SDMF est complexe et requiert une approche globale et multidimensionnelle du patient (184). Toutefois, les modalités de traitement recensées visent majoritairement le traitement des points gâchettes. Ces points sont situés au niveau du ventre musculaire, mais peuvent aussi être localisés au niveau de la jonction myotendineuse. Les patients présentant un SDMF ont un seuil douloureux à la pression plus bas que la normale au niveau des points gâchettes (185). L'hypersensibilité douloureuse est notamment due à une concentration accrue de nocicepteurs et d'une diminution de la vascularisation au niveau du muscle (185). Simons et *al.* (186) ont déclaré que le patient devrait être impliqué dans ses traitements et que les exercices devraient être favorisés vis-à-vis des injections et des médicaments.

La plupart des études recensées sur le SDMF et les points gâchette portent sur le trapèze supérieur, car c'est un des muscles les plus fréquemment atteints (179, 182, 187, 188). Selon la recension effectuée, les études actuelles qui isolent spécifiquement les étirements sont peu nombreuses. Les revues systématiques (189, 190) recensées ne permettent pas de conclure quant à la pertinence des étirements isolés en raison de l'absence d'évidences. En effet, ces revues systématiques ne comptent que peu d'études référant aux exercices et encore moins portent sur les étirements. Une seule étude clinique randomisée (191) isolant les étirements fut recensée. Elle conclut que les étirements sont moins efficaces que la maturation naturelle pour diminuer la douleur et le seuil de pression douloureux (évidence 1b). Cette étude n'est toutefois pas spécifique aux cervicalgies, notamment parce que les muscles ciblés ne sont pas indiqués. Il existe davantage d'études favorisant l'utilisation des étirements en combinaison (185, 186, 192). La technique *spray and stretch* a fait l'objet de plusieurs études et a démontré des évidences plus fortes que les étirements seuls pour des sujets atteints de SDMF (183, 192). La technique consiste à appliquer un vaporisant froid sur la peau immédiatement avant de procéder à l'étirement. Selon Simons et *al.* (180), comme l'étirement des muscles

atteints de SDMF est généralement douloureux et limite l'amplitude active, le *spray and stretch* permet de diminuer le seuil douloureux avant d'appliquer l'étirement en créant une inhibition médullaire. Hou et *al.* (192) ont démontré que le *spray and stretch* permettait une augmentation immédiate statistiquement et cliniquement significative d'amplitude de mouvement cervicale, sans toutefois déterminer la durée de cet effet. L'ajout de fomentations chaudes pour 60 secondes suite à l'étirement semble augmenter l'efficacité du traitement, notamment en diminuant la douleur et en augmentant l'amplitude articulaire cervicale, mais pas de manière statistiquement et cliniquement significative (187). Selon Bahadir, une deuxième inhibition médullaire similaire à l'effet du vaporisant froid expliquerait la pertinence de cet ajout (187). Certaines études ont démontré que l'ajout d'étirements immédiatement suite à l'injection intramusculaire d'anesthésiant permettait d'obtenir de meilleurs résultats au niveau de la douleur ressentie, du seuil de pression douloureuse et de l'amplitude de mouvement cervicale (179, 188) bien qu'une récente revue (193) ne permette pas de conclure.

Lorsqu'il est question de la physiologie de l'étirement, la section « Physiologie des étirements et implications cliniques » de ce travail conclut que les étirements ne sont pas indiqués pour diminuer le tonus actif d'un muscle, comme dans le cas d'un point gâchette (180). L'étude de Edwards (191) appuie cet argument et indique également que l'étirement d'un point gâchette ne devrait pas être effectué sans d'abord le « désactiver » ou l'inhiber, sans quoi les symptômes risquent d'être aggravés (évidence 1b). Ainsi, l'étirement isolé d'un point gâchette n'est pas efficace. Les différentes techniques d'inhibition proposées plus tôt semblent nécessaires avant et facultativement après l'étirement d'un point gâchette, sans quoi les étirements sont simplement inefficaces.

Traumatismes en coup de fouet cervicaux

Parmi les causes de cervicalgies se trouvent les traumatismes de coups de fouet cervicaux (TCFC). Les étirements sont couramment utilisés en traitement suite aux TCFC. En phase aiguë, les muscles péri-cervicaux sont habituellement en spasmes et causent de la douleur. En comparaison avec le collet cervical, les mobilisations précoces ne semblent pas augmenter le risque d'aggraver les symptômes, permettent une augmentation du niveau de fonction plus rapide et accélèrent le retour au travail (194) bien que la revue systématique la plus récente à ce sujet (195) n'arrive pas à conclure en raison du manque de données probantes. Les exercices actifs favorisent la guérison des tissus (196) et permettent aux patients de reprendre confiance en leur potentiel (197). Aussi, le potentiel de récupération plus grand durant les trois premiers mois fait en sorte que cette fenêtre

doit être exploitée (194). En chronique, les revues de littérature les plus récentes recensées (194, 195) n'arrivent pas à conclure sur la pertinence des modalités étudiées soit par manque de rigueur méthodologie ou par contradiction entre les études(194). Une approche multimodale composée d'exercices incluant les étirements semble toutefois la plus appropriée (194). Aussi, plusieurs guides pratiques recommandent l'utilisation des étirements dans le traitement des TFCF (198, 199).

Cervicalgies non spécifiques

Les traitements de physiothérapie ont été démontrés bénéfiques aux personnes présentant des cervicalgies non spécifiques (200). Il a été affirmé que peu importe les modalités utilisées, les traitements de physiothérapie permettent de soulager plus efficacement les symptômes associés aux cervicalgies non spécifiques comparativement aux recommandations d'un médecin généraliste (201). Le traitement des cervicalgies devrait entre autres viser à regagner une saine mobilité cervicale et à briser le cercle vicieux de chronicité fréquemment présent (202). Les exercices actifs ont été démontrés comme étant essentiels à la réadaptation des patients pour assurer des résultats à long terme (202), donc d'éviter la récurrence et la chronicité.

Lorsqu'il est question d'étirements isolés, les preuves sont contradictoires quant aux effets sur la douleur, la fonction et l'amélioration perçue par le patient (203) et il n'y a pas de consensus quant à la modalité qui serait la plus efficace peu importe la mesure de résultats (*outcome measures*) (203). Les études de Ylinen (204, 205) arrivent à la conclusion que les étirements isolés permettent de diminuer la douleur, sans toutefois pouvoir prendre en compte la maturation naturelle en raison de l'absence de groupe contrôle.

Les études relatant les étirements en combinaison dans un traitement sont plus nombreuses. La revue Cochrane la plus récente concernant le traitement des cervicalgies conclut qu'un programme composé de renforcement et d'étirements diminuerait la douleur lorsque les exercices ciblent les muscles péricervicaux et les muscles de l'épaule (évidence 2b) (203). Deux autres revues systématiques (178, 206) appuient cette conclusion avec un niveau d'évidence inférieur. La combinaison du renforcement aux étirements est plus efficace que les étirements seuls pour une réadaptation à long terme (196, 207). Un guide de pratique clinique récent (208) recommande avec un faible niveau d'évidence l'étirement des scalènes (antérieur, moyen, postérieur), du trapèze supérieur, de l'élevateur de la scapula, du petit pectoral et du grand pectoral pour le traitement des douleurs cervicales en se basant sur une des études de Ylinen (204). Il s'agit de la seule

publication recensée qui indique clairement les muscles à étirer, bien qu'il soit possible de déduire que les revues systématiques (178, 203, 206) font habituellement référence à ces muscles.

Lors de la comparaison des étirements à d'autres traitements, les résultats varient selon la modalité comparée. Un groupe d'auteurs (202, 204) conclut sur la pertinence des étirements lorsque comparés à la thérapie manuelle pour diminuer la douleur cervicale chronique (202, 204). Toutefois, ces deux études proviennent du même protocole et leurs conclusions ne sont pas appuyées par la revue Cochrane de Kay (203). Les traitements d'étirements ont été démontrés efficaces pour augmenter la qualité de vie et l'amplitude articulaire cervicale chez les femmes présentant une cervicalgie chronique, du moins lorsqu'observés en combinaison avec le massage (évidence 4) (209). Selon la revue Cochrane de Kay (203), seul l'ajout de thérapie manuelle au traitement semblait obtenir un niveau d'évidence plus élevé que la combinaison d'étirements et de renforcement pour diminuer la douleur (évidence 2b).

Conclusion

En conclusion, bien que la physiopathologie du SDMF, des TFCF et des autres types de cervicalgies diffèrent, certaines tendances peuvent être établies. Un nombre limité d'études de faible qualité ont isolé les étirements et concluent à leur efficacité comme traitements des cervicalgies. Les connaissances actuelles concernant les SDMF tendent à favoriser l'utilisation des étirements, bien que la puissance des études concernées soit basse. Les modalités les plus efficaces dans le traitement des cervicalgies semblent être celles qui favorisent les mouvements actifs et le retour à l'activité le plus rapidement possible comme dans le cas de TFCF. En effet, l'ajout de modalités telles que le renforcement ou la thérapie manuelle aux étirements ont permis d'obtenir de meilleurs résultats que les étirements seuls la plupart du temps. Toutefois, les résultats des revues de littérature ne permettent pas de déterminer si les étirements influencent quoi que ce soit dans la combinaison avec le renforcement. Il est important de noter que les études recensées font rarement mention des muscles qui sont étirés, et encore moins de la position qui devrait être privilégiée, ce qui rend les données probantes encore plus difficiles à appliquer. Ainsi, les étirements devraient être gardés en tête comme une modalité complémentaire au traitement des cervicalgies et inclus dans une approche multimodale composée notamment d'exercices de renforcement.

Syndrome d'accrochage à l'épaule

La douleur à l'épaule est un symptôme commun, représentant une part importante des consultations cliniques (210). Les personnes atteintes de pathologies à l'épaule présentent une diminution de fonction significative qui nuit à leur qualité de vie (211). Cette douleur peut être due à de multiples causes dont le syndrome d'accrochage à l'épaule (SAE) (210). Le SAE peut être causé entre autres par un débalancement musculaire, une atteinte directe des muscles de la coiffe des rotateurs, une posture statique déficiente ou une position en élévation des membres supérieurs prolongée (212). Au moins un des tests suivants doit être positif pour diagnostiquer le SAE : le Neer, le Jobe, le Hawkins-Kennedy, une douleur à la palpation ou un arc douloureux lors de la flexion ou de l'abduction active à l'épaule (210).

Parmi les causes de SAE se trouvent une posture déficiente et un mauvais contrôle dynamique de la chaîne scapulaire. Plusieurs études chez les patients présentant un SAE ont corrélé la pathologie avec une posture en protraction de l'épaule et une bascule antérieure de la scapula (213-217), bien qu'elle ne soit pas un indice prédictif des symptômes à l'épaule (218). Aucune étude ayant pour but de déterminer l'efficacité des étirements isolés n'a été recensée. Lorsque les étirements sont étudiés en combinaison, une revue systématique (219) recommande un programme d'exercices spécifique (évidence 1a selon l'auteur) comprenant des étirements, du renforcement, de la thérapie manuelle bien que chaque modalité n'ait pas été évaluée de manière isolée. Aussi, les études incluses appuyant l'utilisation des étirements comportent plusieurs lacunes méthodologiques, par exemple un échantillon limité ou n'incluent pas de groupe contrôle. Ainsi, le niveau d'évidence selon cette revue pour les étirements est moindre selon les niveaux d'évidences utilisés dans ce travail (évidence 1b). Une autre revue systématique (220) recensée ne tire aucune conclusion sur les étirements en raison du manque d'évidences scientifiques. Des études de moins bonne qualité permettent tout de même d'observer une tendance concernant l'utilisation des étirements. Une corrélation entre le SAE, la position en protraction de l'épaule et la diminution de souplesse du petit pectoral est fortement établie dans le domaine de la physiothérapie (214-216), bien que peu d'études permettent d'appuyer cette relation. Il a été démontré qu'il est possible d'obtenir une modification significative de la protraction de l'épaule immédiate lors d'une séance d'étirements unique du petit pectoral, mais que ces effets ne sont pas significativement maintenus pour une période de deux semaines (évidence 4) (214). Il est important de considérer que plusieurs éléments puissent influencer la mesure de protraction de

l'épaule. Par exemple, une amélioration de proprioception pourrait permettre une meilleure conscience corporelle du patient et conséquemment une plus grande facilité à adopter une posture adéquate. Toutefois, les étirements ne favorisent pas une meilleure proprioception de l'épaule selon une étude (221).

D'autre part, le SAE est fréquemment relié à la tendinopathie de la coiffe des rotateurs (TCR) (210, 222). L'absence fréquente de signes inflammatoires locaux de la tendinopathie justifie la nécessité de trouver des traitements actifs plutôt que l'utilisation d'anti-inflammatoires ou de modalités antalgiques (210). Deux revues systématiques (211, 223) et d'autres études (224, 225) recommandent un programme d'étirements et de renforcement. La revue systématique de Michener (223) affirme qu'un programme d'exercices comprenant l'étirement et le renforcement des muscles périarticulaires de l'épaule serait l'intervention de choix comparativement à la thérapie manuelle, aux ultrasons et à l'acupuncture pour diminuer la douleur et augmenter la fonction (évidence 1a). Aussi, la combinaison d'étirements globaux avec renforcement des muscles de la coiffe devrait être préconisée comme traitement conservateur avant la référence en chirurgie (211).

Certaines études considèrent le SAE comme pathologie à traiter dans le construit, mais certains des traitements étudiés visent clairement les muscles de la coiffe des rotateurs, correspondant ainsi mieux au traitement des TCR. Les données probantes actuelles indiquent que les étirements et le renforcement qui ciblent plusieurs muscles de l'épaule devraient être préférés aux étirements du petit pectoral uniquement, bien qu'aucune étude ne compare ces deux approches. Il est important de garder en tête que le TCR est bien souvent multicausale (212) et qu'une mauvaise posture de la chaîne scapulaire est souvent la conséquence du TCR, mais peut aussi en être la cause (226), notamment en raison d'un débalancement musculaire.

En conclusion, plusieurs facettes du traitement des SAE ont été étudiées et certains traitements obtiennent de meilleurs résultats lorsque effectués dans un environnement contrôlé de recherche. Ainsi, peu d'études appuient l'étirement du petit pectoral pour le traitement des SAE, bien qu'il s'agisse d'une modalité répandue en physiothérapie et la combinaison d'étirements et de renforcement périarticulaires obtient un niveau d'évidence plus élevé. Une fois de plus, le manque de données probantes concernant les étirements de manière isolée ne permet pas de déterminer concrètement la pertinence des étirements dans le traitement des SAE. Toutefois, les modalités énumérées

précédemment doivent être considérées comme étant les plus efficaces selon la littérature.

Tendinopathie des épicondyliens latéraux du coude

La tendinopathie des épicondyliens latéraux du coude (TEL), aussi connue comme l'épicondylite latérale du coude ou « tennis elbow », est la pathologie du coude la plus fréquemment diagnostiquée en pratique clinique avec une prévalence de 1 à 3 % dans la population générale (227, 228). Le diagnostic de TEL est établi lorsque les tests d'étirements des épicondyliens latéraux (flexion du poignet et extension du coude) et le test résisté d'extension du majeur et du poignet sont positifs (reproduction de symptômes) (229, 230). La TEL est fréquente chez les athlètes de sports de raquette, mais se retrouve aussi chez la population générale qui commence soudainement une nouvelle activité nécessitant une préhension soutenue (231-233). La TEL limite grandement la fonction du membre supérieur (227, 229, 230). Les hommes de 35 à 65 ans sont plus à risque de développer une TEL et 35 à 64 % des blessures au travail y sont dues (227, 229, 230).

Dans le traitement des TEL, les étirements, la chirurgie de réinsertion et les orthèses de support épicondylien sont utilisés dans le même but, soit de diminuer la charge de tension au niveau des fibres musculaires (234). Il est souvent décrit que la TEL se produit lorsque la force appliquée sur le tendon dépasse le seuil d'adaptation de l'unité musculotendineuse. Il semble important d'adapter la charge soutenable par le tendon progressivement pour éviter la surcharge initialement responsable (235). La pertinence des étirements serait justifiée dans l'optique de permettre à l'unité musculotendineuse de retrouver sa souplesse pour conserver les amplitudes articulaires du coude et du poignet et lui permettre d'absorber efficacement les tensions (234, 236, 237).

Parmi les nombreux traitements proposés dans la littérature, les traitements conservateurs semblent préconisés (236, 238). La physiothérapie semble être un choix populaire, bien que la variété des modalités utilisées en physiothérapie n'ait pas été évaluée de manière isolée (236). En effet, les données probantes semblent indiquer que l'injection de corticostéroïdes locaux constitue le traitement le plus efficace pour diminuer la douleur à court terme (229), mais la physiothérapie permet de diminuer le risque de récurrence à moyen et long terme et ce plus que toutes autres modalités (228, 229, 233). Encore une fois les études concernées ne spécifient pas ce qui est compris sous le terme physiothérapie. Il n'existe pas de modalité de prédilection dans le traitement des TEL (227, 228, 239, 240). Peu d'études concernent les étirements et encore moins mettent en doute

leur pertinence (230, 233, 237). Au niveau des différentes revues systématiques (228, 229, 233, 239, 240), elles concluent soit à un manque de qualité des études disponibles ou obtiennent des résultats contradictoires ne permettant pas de déterminer la supériorité d'une modalité en particulier, dont les étirements.

La seule étude recensée (234) isolant les étirements comme traitement de la TEL n'avait pas comme objectif d'évaluer l'efficacité isolée des étirements. On peut conclure de cette étude que les étirements sont efficaces pour diminuer la douleur et augmenter l'amplitude articulaire du poignet, sans toutefois pouvoir comparer ce traitement avec un groupe contrôle (évidence 4).

Lorsqu'utilisés en combinaison, les étirements et le renforcement sont aussi efficaces que le port d'orthèses ou les ultrasons pour diminuer la douleur, augmenter la fonction et l'amélioration perçue par le patient (évidence 1b) (233). Selon une autre étude, un programme de physiothérapie composé d'étirements et de renforcement serait préférable aux orthèses pour diminuer la douleur et augmenter la fonction et la satisfaction des patients et il n'y aurait pas d'avantage à combiner les deux (évidence 4) (241). Il est proposé qu'une combinaison de physiothérapie et de corticostéroïdes serait la meilleure option, mais les preuves restent à être faites (233). Une étude (242) a démontré que les étirements de type PNF sont moins efficaces qu'une combinaison de renforcement et d'étirements statiques, bien que les résultats non significatifs et la faible qualité méthodologique ne permettent pas de conclure en ce sens.

En conclusion, il demeure possible d'affirmer que les traitements de physiothérapie, notamment ceux composés de renforcement et d'étirements, ont une pertinence dans le traitement des TEL en se basant sur les théories actuelles concernant la physiopathologie (232, 233, 237). Bien que les revues systématiques publiées à ce jour ne permettent pas de statuer sur la pertinence de leur utilisation isolée, la combinaison d'étirements avec d'autres modalités a fait ses preuves et doit être prise en compte. Ainsi, la combinaison de renforcement et d'étirements semble produire des résultats efficaces, bien qu'il demeure impossible d'affirmer que les étirements y sont vraiment pour quelque chose. De plus, les études individuelles de moins bonne qualité semblent favoriser l'utilisation des étirements en combinaison avec d'autres modalités dans le traitement des TEL.



UTILISATION DES ETIREMENTS DANS LE TRAITEMENT DE PATHOLOGIES DU
QUADRANT INFÉRIEUR

Par
James Rouzier

Travail présenté à: France Potte
Dans le cadre du cours PHT-6113
Travail dirigé

31 mai 2012

Programme de physiothérapie
École de réadaptation
Université de Montréal

Utilisation des étirements dans le traitement de pathologies du quadrant supérieur

Introduction

La présente partie traitera de la pertinence de l'utilisation des étirements musculaires dans le traitement de deux pathologies fréquentes du quadrant inférieur : la lombalgie et le syndrome fémoro-patellaire (SFP). Ces deux pathologies ont été ciblées, car elles sont fréquentes et parce que les étirements musculaires font partie de la prévention et du traitement de ces pathologies.

Lombalgie

Contexte

La lombalgie est un terme généralisé regroupant toutes les conditions dont la douleur se situe dans la région lombaire, que la cause soit discale, musculaire, facettaire, ligamentaire, dure-mérienne ou autre. La lombalgie a un énorme impact sur les individus, leur famille, les communautés, les gouvernements ainsi que les entreprises, partout à travers le monde (243). Les lombalgies ont une prévalence à vie de 60 à 85% dans la population Nord-Américaine (244-247). Leur prévalence sur un an est de 12,5 à 45% (245, 248). Les lombalgies se résorbent en moins de 12 semaines dans 80 à 90% des cas, mais ont un haut taux de récurrence (245, 246, 249). Les lombalgies chroniques se développent dans 6 à 10% des cas (245, 246, 250). La lombalgie chronique fait référence à une symptomatologie qui perdure depuis plus de 3 mois (246). L'âge, la localisation des symptômes ainsi que des facteurs légaux, sociaux-économiques et psychologiques font partie des facteurs de risque de chronicité (245, 250). Au Canada en 1998, les lombalgies chroniques représentaient 15% des coûts liés à la morbidité pour une incapacité à long terme, soit le plus haut taux parmi toutes les pathologies musculosquelettiques (65). De plus, elles sont responsables d'un nombre incroyable de journées de travail manquées. Il est donc important d'avoir un traitement en aigu et subaigu qui soit efficace et supporté par la littérature afin d'éviter le développement de la chronicité. Il en est de même en phase chronique, pour tenter de limiter les effets de la condition sur le patient, ses proches et la communauté.

Des centaines d'études portent sur les traitements des lombalgies en phase aiguë, subaiguë et chronique. En phase aiguë, il est recommandé pour le patient de rester actif

selon sa tolérance, prendre des anti-inflammatoire non-stéroïdien ou relaxants musculaires et appliquer de la chaleur (246). Le traitement conventionnel en physiothérapie est recommandé. À partir de la phase subaigüe, soit à environ six semaines, un programme d'exercices supervisé et progressif combinant différents types d'exercices dont les étirements est recommandé afin d'améliorer le pronostic et le retour au travail (246, 251). Le même genre de programme est aussi recommandé en phase chronique (246). Cependant, il n'y a pas de consensus quant à l'efficacité des étirements des muscles du rachis lombaire et des membres inférieurs dans le traitement des lombalgies. Il est donc nécessaire d'approfondir les études afin de justifier l'utilisation de ceux-ci dans le traitement des lombalgies.

Lien entre l'extensibilité des ischio-jambiers et la courbure lombaire dans la posture debout et assise

Plusieurs auteurs associent le manque d'extensibilité des ischio-jambiers au risque de développer une lombalgie (252-256), tandis que d'autres sont en désaccord avec cette association (257, 258). Depuis longtemps, la croyance est répandue que des ischio-jambiers rétractés vont mener à la postériorisation du bassin et, indirectement, diminueront la lordose lombaire dans la posture debout (259). Cependant, cette croyance n'est pas fondée; il semble que l'inclinaison du bassin ne soit pas corrélée à la lordose lombaire (260, 261). De plus, l'extensibilité des ischio-jambiers n'influencerait pas la lordose lombaire ni l'inclinaison du bassin chez des lombalgiques (254) et non-lombalgiques (165, 262, 263). Deux de ces études (165, 263) ont démontré que chez le sujet sain, un programme d'étirements des ischio-jambiers était efficace pour augmenter l'extensibilité, mais inefficace dans le but d'influencer la posture debout. Cependant, la différence au niveau de la lordose lombaire en position debout est cliniquement significative dans l'étude de Borman, Trudelle-Jackson et Smith (165) qui est la plus récente des deux. Il faudrait voir si une étude avec un plus grand échantillon permettrait de trouver un changement statistiquement significatif. Toppenberg et Bullock (261) ont pour leur part trouvé une faible corrélation entre l'extensibilité des ischio-jambiers et la lordose lombaire, mais, étonnement, celle-ci était négative (-0,213). Il faut noter que leur étude a été faite chez un groupe d'adolescente sans pathologie alors il est difficile de généraliser cette conclusion à d'autres clientèles. En somme, il y a une évidence de niveau 1b que les étirements des ischio-jambiers sont inefficaces pour modifier la posture debout. Il en est de même pour la posture assise avec genoux fléchis à 90° puisque celle-ci ne met pas les ischio-jambiers en position d'étirement (264). Stokes soutient néanmoins qu'un manque d'extensibilité des ischio-jambiers affectera la courbure lombaire dans la

position assise jambes allongées (265), mais cette position n'est pas la plus adoptée dans notre culture nord-américaine. Il est important de savoir que l'extensibilité d'autres groupes musculaires peut influencer la posture, par exemple celle des erector spinae ou encore des abdominaux (261). De plus, contrairement à une croyance commune, n'y a aucune évidence démontrant qu'il y a différence au niveau de la lordose ou de l'inclinaison du bassin entre un groupe lombalgique et un groupe de sujets sains (258, 266, 267). Par contre, une piste intéressante est qu'il semble y avoir une différence dans la lordose entre les différents types de lombalgies. En conclusion, des controverses demeurent au niveau de l'influence de l'extensibilité des ischio-jambiers sur la posture debout, mais il ne semble pas que des exercices d'étirements des ischio-jambiers devraient être prescrits dans le but de normaliser la posture.

Lien entre l'extensibilité des ischio-jambiers et la mobilité lombaire lors de la grande flexion du tronc

Il a été démontré dans la section précédente que l'extensibilité des ischio-jambiers n'est pas associée à l'inclinaison du bassin ou encore à la lordose lombaire dans la posture statique. Il est pertinent de voir si leur extensibilité influence la mobilité lors du mouvement dynamique de grande flexion du tronc. Ce mouvement est répété de nombreuses fois dans une journée et est une combinaison de flexion coxo-fémorale et de flexion du rachis lombaire (246, 268, 269). Une répétition du mouvement en flexion lombaire est associée à un risque accru de développer une lombalgie (268, 270-272) puisqu'entre autres, elle augmente le stress sur les fibres postérieures de l'anneau des disques, les ligaments et les muscles (268, 273-275). Plusieurs auteurs supposent que les ischio-jambiers ont un effet sur la mobilité lombaire dans ce mouvement; l'hypothèse est qu'un manque d'extensibilité des ischio-jambiers limite la flexion de hanche ce qui provoque une compensation d'hypermobilité en flexion lombaire (268). Cette théorie aide à expliquer la douleur des patients lombalgiques, mais qu'en dit la littérature actuelle?

La clientèle sans lombalgie

Chez la clientèle sans lombalgie, il semble évident qu'une diminution d'extensibilité des ischio-jambiers empêchera le bassin de s'antérioriser lors de la grande flexion, mais une controverse demeure à savoir si cette association existe (262, 263, 276). Pour ce qui est de la mobilité lombaire, une seule étude a été répertoriée démontrant une corrélation négative entre l'extensibilité des ischio-jambiers et la quantité de mobilité lombaire lors de la grande flexion du tronc (277) contre trois qui n'ont pas trouvé cette corrélation (165, 262, 263). En fait Gajdosik, Albert et Mitman (262) ont plutôt démontré une association

entre la diminution de la mobilité à l'épreuve de la jambe tendue (*SLR*) la diminution de la quantité de mobilité lombaire. Cependant, ces études tentant de corréler souplesse des ischio-jambiers et mobilité lombaire chez le sujet sain tiennent compte de la quantité totale du mouvement, mais omettent d'analyser le rythme lombo-pelvien (RLP). Celui-ci est un ratio de la mobilité lombaire : mobilité à la hanche qui varie selon le moment auquel il est analysé dans la grande flexion du tronc. Il ne s'intéresse pas seulement à la quantité totale de mouvement en lombaire ou à la hanche, mais aussi au moment auquel se produit ce mouvement et dans quelle proportion. Dans l'étude de Li, McClure et Pratt (263), il a été démontré qu'un programme d'étirements des ischio-jambiers était inefficace dans le but de normaliser le RLP. Il y a donc une évidence de niveau 2b qu'un programme d'étirement des ischio-jambiers est inefficace pour modifier le RLP chez le sujet sain. Est-ce que les mêmes résultats s'appliquent aux sujets lombalgiques?

La clientèle lombalgique

Chez la clientèle souffrant ou ayant souffert de lombalgie, plusieurs études indiquent qu'il n'y a pas non plus de corrélation entre l'extensibilité des ischio-jambiers et la quantité de mobilité lombaire dans la grande flexion du tronc (277-279). Par contre, selon l'étude d'Esola et al. (278), une clientèle avec antécédents de lombalgie a un rythme lombo-pelvien modifié; le ratio participation lombaire : participation à la hanche est augmentée dans le premier tiers du mouvement par rapport au sujet sain (2,26 :1 pour le sujet lombalgique contre 1,59 :1 pour le sujet sain), et diminué dans le deuxième tiers (0,72 :1 pour le sujet lombalgique contre 1,06 :1 pour le sujet sain). Néanmoins, ceci ne confirme pas qu'il y a indication à étirer les ischio-jambiers puisque c'est au début de la flexion antérieure que ce groupe musculaire est le moins mis en tension. Ainsi, cette augmentation de la participation lombaire dans le 1^{er} tiers du mouvement doit avoir une autre cause qu'une diminution d'extensibilité des ischio-jambiers. À la lueur des études répertoriées chez le sujet sain et lombalgique, les étirements des ischio-jambiers ne devraient pas être utilisés dans le but de normaliser le rythme lombo-pelvien.

Enfin, il est important de savoir que dans le mouvement de grande flexion du tronc, les hommes semblent avoir une plus grande participation de la colonne lombaire et une moins grande participation en flexion de hanche que les femmes (268, 280). De plus, les hommes sont connus pour avoir une moins grande extensibilité des ischio-jambiers (159, 165, 281, 282). Cependant, les études répertoriées ciblent des populations composées également d'hommes et de femmes. Ainsi, peut-être que l'association entre l'extensibilité des ischio-jambiers et la mobilité lombaire dans le mouvement de grande flexion chez les

sujets sains serait différente si les études ciblaient uniquement les hommes ou encore s'ils partageaient les résultats dans leur analyse des résultats. C'est un point que certains auteurs ne tiennent pas en compte (165, 261-263).

Effacité des étirements dans le traitement de la personne lombalgique

Bien que la majorité des études sur l'effet des étirements visent les ischio-jambiers, d'autres groupes musculaires sont parfois ciblés. Entre autre, les *erector spinae* sont souvent ciblés dans le traitement des lombalgies. La littérature indique que ces muscles seraient plus souvent allongés que rétractés; c'est leur fatigue musculaire qui les empêcherait de faire leur travail de stabilisation (283, 284). Cependant, il semblerait que les étirements statiques de ce groupe musculaire permettent de diminuer cette fatigue et ainsi améliorer la stabilisation (285). De plus, un manque d'extensibilité du psoas ou encore du quadriceps (252, 286) peut théoriquement être associé aux lombalgies, car à la marche, ce manque d'extensibilité peut limiter l'extension de la hanche en fin de phase d'oscillation. Il en résulterait une compensation d'augmentation de bascule antérieure du bassin et d'extension lombaire (268). Une étude faite auprès d'un groupe de militaires n'a cependant pas démontré de corrélation entre l'extensibilité du psoas et la lombalgie (257). L'extensibilité de la bandelette ilio-tibiale (BIT) peut également être ciblée dans le traitement des lombalgies (287), de même que celle des fessiers et abdominaux (268). Cependant, aucune étude n'a été répertoriée qui tentait d'évaluer l'efficacité d'un programme d'étirements isolant spécifiquement ces groupes musculaires.

Dans la littérature scientifique sur le traitement des lombalgies, les exercices d'étirements font souvent partie d'un ensemble d'exercices qui sont efficaces pour diminuer la douleur et augmenter la fonction, mais aucun type d'exercice n'a été démontré supérieur aux autres (251, 288). À notre connaissance, seulement six études (289-294) évaluent spécifiquement les effets d'un programme d'étirements auprès d'une clientèle lombalgique, que ce soit au niveau de l'extensibilité, de la douleur, de la fonction ou de la qualité de vie. Il est à noter que deux de ces articles sont en portugais; l'article de Martins et Pinto E Silva (294) a été interprété grâce à la revue du groupe Cochrane dans laquelle les caractéristiques et les conclusions de l'étude étaient données (295) tandis que celui de Ferreira Leal, Marques et Gomes (290) a été traduit à l'aide de l'outil de traduction Google afin d'en favoriser la compréhension. Un fait intéressant est qu'une étude parmi celles-ci tentait d'évaluer l'efficacité des étirements à domicile, mais n'a pas eu assez d'adhérence au traitement de la part des participantes pour voir un effet bénéfique (292). Ceci supporte les évidences que l'adhérence aux exercices à domicile est à considérer dans le pronostic des lombalgies (296-299). Il faut surtout prendre en considération que,

comme vu précédemment, un programme de maintien de l'extensibilité est nécessaire à vie si les gains veulent être conservés. Il y a donc d'autant plus de risque que l'adhérence à vie aux exercices d'étirements ne soit pas bonne si celle à court terme ne l'était pas.

Lombalgie aigüe ou subaigüe

Pour ce qui est de la phase aigüe ou subaigüe, une seule étude isolant les étirements musculaires a été répertoriée (291). La conclusion de celle-ci est qu'un programme d'étirements a un effet significatif sur la qualité de vie reliée à la santé tel qu'objectivé par le *Gothenburg Quality of Life instrument*. La patience, l'énergie, l'humeur et la situation familiale ont été améliorées, mais pas la qualité du sommeil ni la perception du niveau de santé. Le protocole d'étirements musculaires n'était toutefois pas détaillé si bien qu'il n'est pas possible de spécifier quels groupes musculaires étaient ciblés. Ainsi, en phase aigüe ou subaigüe il y a une évidence de niveau 1b que les étirements musculaires permettent d'améliorer la qualité de vie, mais aucune évidence que ceux-ci ont un effet sur l'extensibilité, la douleur ou la fonction. Il est alors pertinent pour le physiothérapeute qui est devant un lombalgique en phase aigüe ou subaigüe de se demander si d'avoir des bienfaits sur la patience, l'énergie, l'humeur et la situation familiale est vraiment ce qui est visé par son intervention et s'il juge que les étirements musculaires sont le meilleur moyen d'obtenir ces gains.

Lombalgie chronique

Pour ce qui est de la phase chronique, deux études isolant les étirements musculaires ont été répertoriées (290, 293). Chez la clientèle lombalgique chronique, les étirements de la chaîne postérieure utilisés de façon isolée augmentent la quantité de mouvement aux tests d'extensibilité des ischio-jambiers et des *erector spinae* (290, 293). Cependant, le protocole proposé par Khalil et al. (293) est peu reproductible en clinique car il demande l'intervention de deux thérapeutes pour étirer le patient pendant plus de 30 minutes: un stabilisant tandis que l'autre effectue l'étirement. Il y a alors une évidence de niveau 2a que les étirements musculaires augmentent l'extensibilité chez cette clientèle. Certains auteurs prétendent que chez les lombalgiques chroniques, aucune corrélation n'existe entre l'extensibilité des muscles *erector spinae*, ischio-jambiers ou ilio-psoas et la fonction ou encore l'intensité de la douleur (255, 300). Ainsi, quand un certain programme d'étirements musculaires permet des gains au niveau de la douleur et la fonction, il faut se demander si c'est vraiment à cause d'une augmentation de l'extensibilité ou si c'est simplement parce que le patient fait un exercice actif. Néanmoins, le protocole d'étirement systématique et agressif proposé par Khalil et al. (293) permet une diminution de la

douleur (statistiquement et cliniquement significative) chez les lombalgiques chroniques de type myofascial. Ces auteurs prétendent également que ce programme permet une amélioration de la fonction, mais celle-ci est mesurée par la force statique des extenseurs du rachis, ce qui ne semble pas valide pour ce construit. Le programme de Ferreira Marques et Gomes (290) ciblant les chaînes musculaires a permis des gains statistiquement significatifs au niveau de la fonction et de la douleur des lombalgiques chroniques. Cependant, les gains objectivés par le Oswestry (7,4) et l'échelle numérique de douleur (1,2) n'étaient pas cliniquement significatifs. Ainsi, chez une clientèle lombalgique chronique, il y a une évidence de niveau 2b que les étirements sont inefficaces pour améliorer la fonction. Il y a aussi une contradiction entre deux études de qualité équivalente à savoir si les étirements musculaires permettent de diminuer la douleur. Cependant, puisque c'est l'étude de Khalil et al. (293) qui a démontré des gains significatifs au niveau de la douleur, et qu'il a été mentionné que ce protocole est difficilement reproductible en clinique, il semble plus probable que les étirements musculaires soient inefficaces dans le but de diminuer la douleur.

Autres types de lombalgie

Chez une clientèle dont la lombalgie est de cause dure-mérienne, un programme d'étirements dans la position de SLUMP permet de diminuer et centraliser la douleur ainsi qu'améliorer la fonction de manière statistiquement significative (289). Cependant, le gain au niveau de l'échelle numérique de douleur n'est pas cliniquement significatif (0,93). L'évidence de l'efficacité de ce type d'étirement sur la fonction auprès de cette clientèle est de niveau 1b et l'évidence de son inefficacité sur la douleur est également de niveau 1b. Pour ce qui est des femmes lombalgiques *per* grossesse, Martins et Pinto E Silva (294) affirment que l'ajout d'exercices d'étirements permet de soulager la douleur. Par contre, la différence pré-post intervention entre les deux groupes au niveau de la douleur n'est pas vraiment objectivée. On sait seulement que la douleur était à 0/10 chez 61% des femmes du groupe étirement contre 11% des femmes du groupe contrôle. L'évidence de l'efficacité de cette intervention est tout de même de niveau 2b.

Conclusion et recommandations

En conclusion, il semble utopique de tirer une conclusion de l'efficacité des étirements musculaires sur la clientèle lombalgique en générale. En effet, cette condition peut avoir de nombreuses causes différentes et il est logique de penser qu'il y a plus d'indications aux étirements pour certains types de lombalgies que pour d'autres. Cependant, il semble y avoir moins d'indications aux étirements que ce qui était attendu. Effectivement, il a été

démontré que selon la littérature actuelle, l'extensibilité des ischio-jambiers ne devrait pas être ciblée dans le but de normaliser la posture ou encore le rythme lombo-pelvien. Il y a tout de même certaines évidences que, tout dépendant du type ou de la phase de la lombalgie, les étirements utilisés de manière isolée chez la clientèle lombalgique peuvent avoir une efficacité au niveau de l'extensibilité, de la douleur, de la fonction ou de la qualité de vie. Il manque cependant d'études de qualité afin de pouvoir consolider ces évidences. De plus, il est difficile d'expliquer l'amélioration au niveau de la fonction, de la douleur ou de la qualité de vie puisque ces déficiences ne seraient pas corrélées avec l'extensibilité musculaire (255, 300). Une des hypothèses pour expliquer ces améliorations serait par une action au niveau du système nerveux central : si les étirements peuvent augmenter la tolérance à l'étirement, peut-être peuvent-ils également augmenter la tolérance à la douleur? Une autre hypothèse peut-être émise que ces améliorations ne sont pas dues au gain d'extensibilité, mais bien au fait que ce sont des exercices actifs, qui demandent au lombalgique de bouger et s'activer.

Dans la pratique du physiothérapeute, chaque patient lombalgique est unique et c'est le raisonnement clinique du physiothérapeute qui doit déterminer s'il y a indication à l'étirement. Les exercices d'étirement ne devraient pas être utilisés de manière systématique chez tous les clients lombalgiques, mais seulement dans certains cas isolés où la diminution d'extensibilité a été objectivée avec des outils validés et qu'il est prioritaire d'augmenter celle-ci. Il est aussi primordial pour le physiothérapeute d'objectiver les améliorations du patient pouvant être liées aux exercices d'étirements, afin de justifier l'utilisation de ceux-ci. Malheureusement, les symptômes des lombalgiques chroniques sont souvent faiblement corrélés avec les mesures objectives de la mobilité et la fonction (301). Puisque les sujets lombalgiques ont souvent des déficiences multiples, les étirements ne devraient pratiquement jamais être le seul type d'exercices enseignés. Quelques exceptions existent comme par exemple si le physiothérapeute craint que de rajouter d'autres types d'exercices diminuera l'adhérence aux étirements ou encore si les exercices d'étirements sont le seul type d'exercice qui peut être toléré sans provoquer de douleur. Pour ce qui a trait de la recherche, de prochaines études devraient viser à évaluer l'efficacité des étirements chez les patients lombalgiques avec limitation sévère des amplitudes articulaires ou de la fonction. L'hypothèse est que ceux-ci pourraient avoir de meilleures réponses aux exercices d'étirements. À ce jour, la plupart des études ciblent autant les hommes que les femmes, il pourrait être intéressant de voir si des études ciblant uniquement les hommes offriraient des conclusions différentes. En effet, les étirements des ischio-jambiers pourraient davantage être indiqués chez les hommes puisqu'ils ont une plus grande participation de la colonne lombaire lors de la flexion

antérieure et une moins grande extensibilité des ischio-jambiers. L'influence de l'extensibilité des ischio-jambiers sur la posture, la cinématique et le développement de la lombalgie a beaucoup été investiguée et il serait intéressant de faire la même chose pour d'autres muscles. Pour l'instant, il y a beaucoup d'études sur les ischio-jambiers, il serait pertinent d'investiguer davantage l'étirement d'autres groupes musculaires dans le traitement des lombalgies. Selon les évidences, il n'y a pas d'indication à étirer un muscle du quadrant inférieur plus qu'un autre, pas même les ischio-jambiers. Enfin, les étirements en chaîne comme proposés par Ferreira Marques et Gomes (290) semblent intéressants et leur efficacité devrait être investiguée davantage.

Syndrome fémoro-patellaire

Contexte

Le syndrome fémoro patellaire (SFP) est un terme utilisé par les professionnels de la santé pour décrire un problème de l'appareil extenseur du genou caractérisé par une douleur mécanique en antérieur du genou (ou rétro-patellaire) et une excentration de la patella dans la trochlée, restreignant, entre autres, la participation dans activités sportives (302-305). L'instabilité de la patella y est souvent associée (303, 304). Il s'agit d'un problème significatif qui se développe chez 7 à 10% des jeunes actifs, surtout chez les adolescentes (304, 306, 307). Le SFP représente 25 à 40% des consultations pour douleur au genou (308, 309), ce qui en fait la principale cause de consultation pour cette articulation (305). L'étiologie de cette pathologie demeure controversée, (303) mais semble multifactorielle, avec une liste exhaustive de facteurs intrinsèques et extrinsèques (302-305, 309, 310). Il y a un haut niveau d'évidence (1A) que le traitement en physiothérapie, dont font très souvent partie les étirements musculaires, est efficace dans le traitement des SFP (305). L'objectif de la présente partie est de justifier ou non l'utilisation des étirements de différents muscles par les physiothérapeutes dans le traitement des SFP, car ils sont fréquemment utilisés dans le traitement.

Lien entre l'extensibilité des muscles de l'articulation du genou et la position de la rotule

Un des objectifs des étirements musculaires du membre inférieur dans le traitement du SFP est de diminuer les tensions passives des muscles pour augmenter la mobilité de la patella, avoir un meilleur alignement de la patella dans la trochlée et ainsi diminuer la douleur. En effet, ce mauvais alignement, tant statique que dynamique, peut causer de la douleur de type mécanique en augmentant le stress sur l'articulation fémoro-patellaire (303). Il est donc important de valider la théorie que la tension passive des muscles puisse entraîner le mauvais alignement de la patella, dans le but de justifier l'utilisation des

étirements musculaires à cette fin. Les études se rapportant au lien entre l'extensibilité des muscles de l'articulation du genou et la position de la patella ont donc été répertoriées. De plus, un bref survol sera fait sur les qualités des tests utilisés afin d'objectiver la position patellaire.

Les études cadavériques de Kwak et *al.* (311) et de Merican et Amis (312) ont démontré qu'une tension (de l'ordre de 30N à 90N) mise dans la bandelette ilio-tibiale (BIT) affecte la cinématique du genou lors de la flexion du genou. Dans leurs travaux, cette tension augmente la translation, la bascule et la rotation latérale de la patella et augmente aussi la rotation externe du tibia. Cependant, une contradiction existe entre les deux études au sujet de l'augmentation du valgus tibio-fémoral. La tension dans la BIT affecte la position patellaire soit directement via son attache au niveau du rétinaculum patellaire latéral (307, 313) et/ou indirectement via son insertion sur le tubercule de Gerdy, qui cause une rotation externe du tibia et indirectement déplace latéralement la patella (314, 315). Chez le vivant, Puniello (316) a décrit une forte corrélation entre le glissement médial de la rotule et le résultat au test d'Ober. Cependant, cette conclusion peut être remise en doute puisque celui-ci n'a présenté aucune valeur numérique à ses observations, il utilisait des échelles dichotomiques. Il est donc impossible de savoir si la différence entre un test d'Ober positif ou négatif ou encore entre un glissement normal ou diminué était significative. Par exemple, une différence de seulement 2° pourrait faire la différence entre un test d'Ober positif ou négatif sans toutefois être statistiquement ou cliniquement significative. Herrington, Rivett et Munro (317), qui eux ont objectivé leurs résultats au test d'Ober et Ober modifié à l'aide d'un inclinomètre, ont démontré que la corrélation entre la position statique de la patella et la souplesse de la BIT est faible avec le résultat du test d'Ober ($r=0,28$) et pauvre avec le résultat du test d'Ober modifié ($r=0,1$), qui est fait avec le genou en extension. La position statique de la rotule était elle aussi objectivée, grâce à la technique décrite par Herrington (318). Cette conclusion ne contredit pas l'étude de Puniello (316) car Herrington, Rivett et Munro mesuraient la position statique de la patella contrairement à Puniello qui étudiait le glissement médial passif de la rotule (mobilité de la patella). Néanmoins, à la lueur des études *in vivo* répertoriées, il semble y avoir qu'une faible corrélation entre l'extensibilité de la BIT et la position de la patella. Aucune étude observant le lien entre l'extensibilité d'autres muscles de l'articulation du genou et la position patellaire n'a été répertoriée, tant chez le sujet sain que chez celui avec SFP.

Il est important pour le physiothérapeute d'objectiver avant et après l'intervention l'alignement patellaire statique ou dynamique, la mobilité médio-latérale ou encore la

basculer latérale. Cependant, la fidélité des tests utilisés à cet effet est remise en doute par la littérature. Par exemple, la technique décrite par McConnell (319), qui est fréquemment utilisée pour objectiver l'alignement statique de la patella a une excellente fidélité intra-juge auprès d'une clientèle asymptomatique ($k=0,70-0,99$), (317, 320, 321) mais une faible fidélité intra-juge auprès d'une clientèle symptomatique ($k=0,11-0,35$) (322). L'étude de Herrington (318) démontre cependant que quand ce test est appliqué par des physiothérapeutes d'expérience, il a une meilleure fidélité inter-juge ($r=0,91-0,94$). Cependant, cette mesure de fidélité peut être remise en doute puisqu'un seul sujet est testé et il n'est pas précisé si celui-ci est symptomatique. D'autres tests fréquemment utilisés pour évaluer la mobilité de la patella sont simplement dichotomiques (positif ou négatif) donc n'ont pas de vraie mesure objective. Ces tests, comme le *tracking* de la patella à la contraction du quadriceps ou encore le test de bascule de la patella ont également une faible fidélité intra-évaluateur ($ICC=0,39-0,47$ et $0,44-0,50$, respectivement) (323). Enfin, Wilson (324) a publié un ouvrage où il remet lui aussi en doute l'utilisation des tests décrits ci-haut. Il conclut également qu'il n'y a aucune évidence qu'il y a une association entre le mal-alignement patellaire et le SFP. Similairement, Song et al. (325) ont conclu dans leur revue parue en 2011 qu'il manquait d'études afin de pouvoir conclure ce qu'était un alignement normal de la patella, statique ou dynamique, et comment cet alignement était altéré dans les cas de SFP. Ainsi, l'utilisation des étirements musculaires peut-être remise en doute dans le traitement des SFP car les tests pour objectiver la position patellaire sont remis en doute, il n'y a pas de lien démontré entre l'extensibilité musculaire et l'alignement patellaire et il n'y a pas non plus de lien démontré entre l'alignement patellaire et le SFP.

Effacité des étirements dans le traitement des SFP

Dans la revue systématique des interventions en physiothérapie pour le traitement des SFP de Crossley et al. (326), les auteurs concluent que les étirements musculaires doivent faire partie du traitement des SFP. Ironiquement, aucune des 16 études répertoriées dans la revue n'a évalué spécifiquement l'efficacité des étirements. À l'inverse, dans une autre revue systématique sur les exercices dans le traitement des SFP, celle-ci faite par le groupe Cochrane, aucune conclusion n'est tirée quant à l'utilisation des exercices d'étirement (327), bien que ceux-ci soient utilisés en complémentarité à d'autres exercices dans sept des 12 études retenues.

Dans le but d'évaluer si les étirements musculaires doivent être utilisés dans le traitement des SFP, la suite de cette section fera la lumière sur les évidences scientifiques de

l'efficacité des étirements du quadriceps, de la BIT, des ischio-jambiers, des gastrocnémiens et du psoas, car le manque d'extensibilité de ces muscles est souvent associé au SFP. Puisque des études sur l'effet des étirements musculaires utilisés de façon isolée dans le traitement des SFP ont seulement pu être répertoriées pour le quadriceps, les théories justifiant l'étirement spécifique de certains muscles seront aussi décrites brièvement.

Quadriceps

Un manque d'extensibilité du quadriceps est souvent associé au développement du SFP (302, 304, 305, 307, 309, 310) car il peut directement augmenter la pression de contact entre les surfaces articulaires de la patella et du fémur (303). Une différence statistiquement significative d'extensibilité entre un groupe ayant un SFP par rapport à un groupe de sujets sains a pu être objectivée par le test d'Ely dans trois études (306, 328, 329). Bien que la différence entre la moyenne des deux groupes (3°) n'était pas cliniquement significative dans l'une d'entre elles (329), il semble tout de même y avoir un consensus dans la littérature en faveur d'une diminution de l'extensibilité du quadriceps dans les cas de SFP. Il est donc important de voir si les étirements musculaires sont efficaces dans le traitement de la pathologie. À notre connaissance, seulement deux études évaluent l'efficacité des étirements du quadriceps de façon isolée dans le traitement des SFP. Peller et Anderson (329) ont évalué l'efficacité d'un programme d'étirement statique du quadriceps de trois semaines chez un groupe avec SFP. Les résultats étaient comparés à ceux d'un groupe de sujets sains qui suivaient le même programme; ceux-ci avaient un niveau d'extensibilité du quadriceps similaire aux sujets du groupe SFP mais n'avaient aucune douleur ou diminution de fonction. La conclusion est que ce programme d'étirement améliore l'extensibilité du quadriceps, diminue le niveau de douleur au genou et améliore la fonction. Cependant, l'augmentation de l'extensibilité n'est pas cliniquement significative (4°) (330). De plus, les changements au niveau de l'extensibilité du quadriceps n'étaient que faiblement corrélés avec les diminutions de douleur ou encore l'amélioration de la fonction (-0,11 pour la douleur et 0,21 pour la fonction). Il est aussi à noter que cette étude ne possède pas un vrai groupe témoin. En effet, un groupe témoin est généralement un groupe ayant la même condition que le groupe traitement et qui ne reçoit pas d'intervention. Cependant, dans cette étude, c'était le contraire : le groupe n'avait pas la même condition et recevait le même traitement. L'amélioration pourrait alors simplement être due à l'évolution naturelle ou encore à l'effet placebo du traitement. Pour leur part, Mason, Keays et Newcombe (331) ont utilisé un groupe témoin. Ils concluent que les étirements statiques du quadriceps utilisés comme

unique modalité pendant une semaine permettent d'améliorer l'extensibilité du quadriceps et le niveau de douleur dans certaines activités fonctionnelles. Le niveau de fonction n'était cependant pas directement objectivé. Les résultats des deux études ci-haut permettent de conclure qu'il y a un niveau d'évidence 1B que les étirements du quadriceps augmentent l'extensibilité du quadriceps et diminuent le niveau de douleur chez les clients avec SFP et une évidence de niveau 4 que ceux-ci améliorent la fonction dans cette même situation.

Bandelette ilio-tibiale

En théorie, la raideur de la BIT est très souvent associée au SFP (302-305, 309, 310, 313). Effectivement, celle-ci pourrait théoriquement affecter l'excursion normale de la patella puisque ses fibres distales se mêlent à celle du rétinaculum latéral. Collado et Frederickson (303) prétendent que la BIT contribue ainsi à diminuer la mobilité de la patella et à la faire basculer latéralement, augmentant la pression sur la partie latérale de celle-ci. Cependant, cette association a été remise en doute dans la section précédente. L'étude cadavérique de l'anatomie de la BIT faite par Favley et *al.* (332) démontre que cette structure n'est pas un muscle, mais bien un épaissement du tendon du tenseur du fascia lata (TFL) et du muscle grand fessier. Les auteurs stipulent que puisque la BIT a un attachement longitudinal au niveau du fémur allant du grand trochanter jusqu'au condyle externe, le potentiel d'étirement de cette structure est très limité. Ils concluent que le traitement devrait être dirigé vers la composante musculaire (TFL et grand fessier) plutôt que la BIT. La diminution d'extensibilité au test d'Ober a été objectivée chez une clientèle avec SFP, en mesurant à l'aide d'un inclinomètre l'adduction à la hanche au test d'Ober (333), et dans deux autres études qui n'avaient pas de mesure précise à ce test (positif ou négatif) (316, 334). De surcroît, une de ces études n'avait pas de comparaison avec un groupe contrôle (316). Piva, Goodnite et Childs (328) avaient un plus gros échantillon que les études ci-haut (n=30), ont objectivé leurs mesures à l'aide d'un goniomètre et n'ont pas réussi à démontrer de diminution d'extensibilité de la BIT chez une clientèle avec SFP. Ainsi, les évidences quant à la diminution d'extensibilité de la BIT dans les cas de SFP sont controversées. Néanmoins, l'efficacité des exercices d'étirements de la BIT se doit d'être approfondie. Parmi les évidences trouvées, il semble que le test d'Ober puisse être normalisé (i.e. passer de positif à négatif) dans les cas de SFP et cette normalisation semble jouer un rôle dans le succès du traitement, objectivé par une diminution de douleur (335). La diminution de douleur reste cependant un résultat de l'ensemble du traitement, qui comportait aussi du renforcement et l'assouplissement des fléchisseurs de hanche; il ne peut donc pas être conclu qu'il y a une association directe entre le gain d'extensibilité

de la BIT et la diminution de douleur. De plus, cette conclusion vient d'une seule étude, avec un échantillon de 35 sujets et aucun groupe témoin. Ainsi, les indications pour étirer la BIT sont limitées dans les cas de SFP.

Ischio-jambiers et gastrocnémiens

Une diminution d'extensibilité des ischio-jambiers ou encore des gastrocnémiens est associée au SFP car elle pourrait produire un moment constant de flexion au genou et augmenter indirectement les forces de réaction entre la patella et le fémur (302-305, 307, 336). Les gastrocnémiens peuvent également limiter la dorsiflexion, résultant en une compensation en pronation de l'articulation sub-talaire, une rotation externe du tibia, une rotation interne du fémur et donc une augmentation de l'angle de Q, qui est très souvent associé aux SFP (303, 328). Une diminution significative de l'extensibilité des ischio-jambiers a été objectivée via le *SLR* (328), mais aussi via le test d'extension passive du genou (337) chez des échantillons de personnes avec SFP. Une diminution de l'extensibilité des gastrocnémiens a été objectivée dans les cas de SFP (328). Cette diminution de l'extensibilité des ischio-jambiers et des gastrocnémiens semble davantage être un résultat qu'une cause du SFP, car une étude prospective a démontré que l'extensibilité des ischio-jambiers n'influe pas sur l'incidence de la pathologie (306).

Psoas

L'extensibilité des fléchisseurs de hanche doit également être évaluée dans les cas de SFP (305). Le manque d'extensibilité du psoas peut être associé aux SFP car il peut produire un flexum à la hanche et indirectement au genou en posture debout, via une adaptation posturale, et ainsi augmenter la force de réaction sur l'articulation fémoro-patellaire (307). Aucune étude n'a été répertoriée évaluant de manière isolée l'efficacité des étirements du psoas, mais il semble que l'étirement du psoas en combinaison avec d'autres modalités et exercices puisse être efficace dans le traitement des SFP. En effet, il semble que le test de Thomas puisse être normalisé dans les cas de SFP et que cette normalisation joue un rôle dans le succès du traitement puisque le test de Thomas a été normalisé dans 80% des cas où le traitement a été efficace pour la douleur. La diminution de douleur reste cependant un résultat de l'ensemble du traitement, qui comportait aussi du renforcement et l'assouplissement de la BIT (335).

Conclusion et recommandations

En conclusion, dans les cas de SFP, le physiothérapeute doit utiliser son jugement clinique et regarder le portrait clinique global obtenu lors de l'évaluation de l'individu afin de justifier s'il y a indication aux étirements musculaires. Le physiothérapeute se doit

d'évaluer et d'objectiver l'extensibilité de plusieurs muscles dont le psoas, le quadriceps, les ischio-jambiers, les gastrocnémiens et la BIT, afin de juger s'ils doivent être étirés ou non. Par contre, contrairement aux croyances, la corrélation entre l'extensibilité de la BIT et la position patellaire semble faible. Bien qu'il y ait uniquement un consensus pour une diminution de l'extensibilité du quadriceps chez la clientèle avec SFP, cela ne justifie en aucun cas de ne pas évaluer l'extensibilité des autres muscles mentionnés ci-haut. L'extensibilité musculaire a probablement un rôle à jouer dans les SFP, mais la tension passive des muscles n'est pas seule à jouer dans l'alignement dynamique de la patella. Les tensions actives des muscles ont un rôle important à jouer en ce sens. De plus, la qualité des tests positionnels de la patella ayant été remise en doute, les étirements musculaires ne devraient pas être utilisés dans l'unique but de normaliser la position de la patella, ils devraient plutôt viser l'augmentation de l'extensibilité, l'amélioration de la fonction ou encore la diminution de la douleur. En effet, il y a une évidence de niveau 1b que les étirements du quadriceps améliorent l'extensibilité du genou et diminuent le niveau de douleur chez les clients avec SFP et une évidence de niveau 4 que ceux-ci améliorent la fonction dans cette même situation. Les étirements du quadriceps sont donc recommandés. Par contre, il manque définitivement d'évidences sur l'efficacité des étirements du psoas, des ischio-jambiers, des gastrocnémiens et de la BIT. Ainsi, des études de bonne qualité, avec un groupe témoin et visant à comparer l'efficacité de différents programmes d'étirements musculaires (i.e. visant différents groupes musculaires) sur des paramètres comme l'extensibilité, la fonction, la douleur et la dégénérescence patellaire seraient nécessaires. Enfin, il ne semble pas que les étirements musculaires soient la modalité à prioriser dans cette pathologie multi-factorielle.

Conclusion

En conclusion, il y a plus d'évidences démontrant l'efficacité des étirements dans le traitement des lombalgies que des SFP. Ceci vient probablement du fait qu'il y a plus de littérature sur le sujet des lombalgies, car c'est une pathologie qui touche plus de gens et qui est plus coûteuse à la société. Dans ces deux pathologies, lorsqu'une diminution d'extensibilité est objectivée et qu'il semble prioritaire d'augmenter celle-ci, les exercices d'étirements semblent recommandés et devraient le plus souvent être utilisés en combinaison avec d'autres exercices. Cependant, plus de littérature de qualité pourrait aider à solidifier ces conclusions. Dans le présent travail, l'association entre l'extensibilité des ischio-jambiers et la posture, entre l'extensibilité des ischio-jambiers et le rythme lombo-pelvien de même qu'entre l'extensibilité de la BIT et la position de la rotule ont été remis en doute. Un fait intéressant est que ces associations sont souvent tenues pour acquises par les physiothérapeutes et font partie de l'enseignement universitaire des futurs physiothérapeutes. Ceci ne fait que confirmer la pertinence de ce travail de revue de littérature et de transfert de connaissances aux cliniciens. Enfin, il est possible de généraliser les conclusions de ce travail à d'autres pathologies du quadrant inférieur. En effet, les étirements musculaires pourraient être efficaces dans le traitement d'autres pathologies du quadrant inférieur pour améliorer la fonction, la douleur et la qualité de vie et ce, soit par un phénomène central de modification de la tolérance à la douleur ou encore simplement par le fait que c'est un exercice actif. Encore une fois, les étirements ne devraient pas être le seul type d'exercices prescrits et doivent être prescrits seulement si la diminution d'extensibilité a été objectivée et que son traitement a été jugé prioritaire. Il serait tout de même recommandé d'aller valider leur efficacité dans la littérature avant de les utiliser.

Conclusion générale

En conclusion, la première section de ce travail a démontré que les étirements musculaires sont seulement indiqués lorsque le système myofascial est responsable de la restriction de mouvement et que cette limitation provient précisément d'une diminution de longueur musculaire, d'un changement dans le tissu conjonctif ou d'une variation de tolérance à l'étirement. Il a aussi été vu que l'augmentation de l'extensibilité d'un muscle est due à une modification de la tolérance à l'étirement d'un individu sauf dans le cas de muscles traumatisés ou immobilisés. La section subséquente a permis de préciser les conclusions de la revue systématique de littérature faite par Decoster et *al.* (39) en 2005 sur les étirements musculaires des ischio-jambiers. En effet, il a été démontré qu'un programme d'étirements utilisant des paramètres optimaux permet d'obtenir des gains d'amplitude articulaire significatifs d'extensibilité chez le sujet asymptomatique pour une période d'environ 72h. Afin de maintenir ces gains à long terme, un programme de maintien est nécessaire. Pour ce qui est des étirements musculaires utilisés auprès d'une clientèle symptomatique, les conclusions du présent travail permettent de nuancer celles tirées par le groupe Cochrane. En effet, ce travail a démontré qu'il y a certaines évidences supportant l'utilisation des étirements musculaires dans le but de diminuer la douleur, améliorer la fonction ou encore la qualité de vie pour certaines pathologies recensées. Par contre, pour d'autres pathologies, la conclusion était la même que celle du groupe Cochrane, soit que l'utilisation des étirements musculaires n'est pas indiquée à cette fin. Ainsi, de manière générale, les exercices d'étirements musculaires ne devraient pas d'emblée être prescrits aux clients en physiothérapie pour toutes les pathologies. Les étirements musculaires doivent tout de même faire partie du quotidien du physiothérapeute puisque les effets immédiats des étirements musculaires peuvent permettre de maximiser l'efficacité d'une technique subséquente. Ce travail a également permis de conclure qu'il manque d'études de qualité au sujet des étirements musculaires. Par exemple, les études isolant les étirements comme modalité de traitement pour les pathologies recensées sont limitées en nombre et en qualité. Ainsi, les recherches futures sur les étirements devraient être d'excellente qualité et viser à isoler les étirements comme modalité. Ceci permettra alors de savoir si les étirements musculaires ont une valeur ajoutée dans nos traitements. Il serait aussi pertinent d'investiguer quelle serait la longueur musculaire optimale en lien avec la fonction d'un individu afin de mieux cibler les patients pouvant bénéficier d'un programme d'extensibilité musculaire. Il serait également nécessaire d'étudier les effets des étirements à long terme chez les sujets asymptomatiques et symptomatiques afin d'optimiser la prescription d'étirements en

physiothérapie. Malgré la quantité importante d'études sur les étirements, il demeure encore beaucoup de questions sans réponses qui devront être élucidées.

À retenir

Concernant la physiologie des étirements

- Les muscles et les tendons possèdent des propriétés viscoélastiques ce qui permet un gain d'extensibilité et une diminution de rigidité immédiatement après un étirement. Ces effets ne sont que transitoires.
- Les effets viscoélastiques sont attribuables au fait que lors d'un étirement, la majorité de la tension est appliquée au tissu conjonctif, particulièrement le collagène.
- La cause la plus probable expliquant l'augmentation d'extensibilité est l'augmentation de la tolérance à la douleur sauf dans certains cas particuliers.
- Des évidences préliminaires permettent de justifier l'utilisation des étirements lors d'un trauma au muscle ou d'une diminution du nombre de sarcomères.

Concernant l'étirement des ischio-jambiers chez une population asymptomatique

- Tous les types d'étirements (PNF, balistique, statique) sont équivalents pour augmenter l'amplitude articulaire.
- Le décubitus dorsal et la position debout sont plus efficaces que la position assise.
- Une combinaison de deux positions d'étirements semble plus efficace que l'utilisation d'une position unique.
- 30 secondes est une durée optimale pour un étirement statique ou balistique et cinq à dix secondes (de contraction) pour un étirement de type PNF.
- Le nombre de répétitions le plus efficient est de un à cinq.
- La fréquence hebdomadaire pour un programme intensif doit se situer entre trois et cinq fois.
- La dose totale d'étirement ne semble pas directement reliée à la quantité de gains d'amplitude articulaire.
- Une séance unique d'étirement permet de maintenir les gains d'amplitude articulaire un minimum de 3 minutes et devrait être utilisée dans le but d'optimiser l'efficacité d'une autre modalité de traitement (ex : thérapie manuelle).
- Un programme d'étirements des ischio-jambiers de plus de trois semaines permet de conserver des gains d'amplitude articulaire de 24 à 72 heures après l'arrêt du programme. Afin de maintenir des gains à long terme, il est nécessaire d'entreprendre un programme de maintien avec une fréquence hebdomadaire de deux à trois fois.

- La combinaison d'étirements et de renforcement musculaire semble être un choix de modalités adéquat pour les pathologies décrites au quadrant supérieur.

Concernant l'utilisation des étirements dans le traitement de pathologies

- Dans les cas de syndromes de douleur myofasciale, les étirements peuvent être efficaces pour traiter les points gâchettes si une inhibition est d'abord effectuée, par exemple par l'acupuncture ou par le *spray and stretch* (niveau d'évidence 1b).
- De faibles évidences soutiennent l'étirement du petit pectoral dans le traitement des syndromes d'accrochage à l'épaule dans le but de modifier la position en protraction de l'épaule.
- La physiothérapie comprenant comme modalités des étirements et les injections de corticostéroïdes semblent privilégiés au port d'orthèses à court terme, mais avec un faible niveau de preuve.
- Dans les cas de lombalgies, les étirements musculaires des ischio-jambiers ne devraient pas être utilisés dans le but de normaliser la posture ni le rythme lombopelvien.
- Dans les cas de SFP, les étirements musculaires ne devraient pas viser à améliorer la position de la rotule.
- Les étirements musculaires ont une certaine efficacité dans le traitement des lombalgies et des SFP possiblement parce que c'est une forme d'exercices actifs.

Bibliographie

1. Fit for health: everyone agrees it's good to be physically fit, but exactly what should you strive for? Harvard Women's Health Watch. 2006;14(1):1-4.
2. ACSM. American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1998 Jun;30(6):975-91.
3. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep.* 1985 Mar-Apr;100(2):126-31.
4. Kawakami Y, Kanehisa H, Fukunaga T. The relationship between passive ankle plantar flexion joint torque and gastrocnemius muscle and achilles tendon stiffness: implications for flexibility. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008 May;38(5):269-76.
5. Shehab R, Mirabelli M, Gorenflo D, Fetters MD. Pre-exercise stretching and sports related injuries: knowledge, attitudes and practices. *Clin J Sport Med.* 2006 May;16(3):228-31.
6. Liebesman JL, E. C. Physiology of Range of Motion in Human Joints: A Critical Review. *Critical Reviews in Physical and Rehabilitative Medicine.* 1994;6(2):131-61.
7. Gibbons S. Understanding movement & fonction. Ludlow: Kinetic Control; 2005.
8. Sahrman SA. Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines. St-Louis: Elsevier; 2011.
9. Katalinic OM, Harvey LA, Herbert RD, Moseley AM, Lannin NA, Schurr K. Stretch for the treatment and prevention of contractures. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010(9):CD007455.
10. ACSM. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription: Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
11. Ayala F, de Baranda Andujar PS. Effect of 3 different active stretch durations on hip flexion range of motion. *J Strength Cond Res.* 2010 Feb;24(2):430-6.
12. Bandy WD, Irion JM. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther.* 1994 Sep;74(9):845-50; discussion 50-2.
13. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther.* 1997 Oct;77(10):1090-6.
14. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstring muscles. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998 Apr;27(4):295-300.
15. Cipriani D, Abel B, Pirrwitz D. A comparison of two stretching protocols on hip range of motion: implications for total daily stretch duration. *J Strength Cond Res.* 2003 May;17(2):274-8.
16. Covert CA, Alexander MP, Petronis JJ, Davis DS. Comparison of ballistic and static stretching on hamstring muscle length using an equal stretching dose. *J Strength Cond Res.* 2010 Nov;24(11):3008-14.
17. Davis DS, Ashby PE, McCale KL, McQuain JA, Wine JM. The effectiveness of 3 stretching techniques on hamstring flexibility using consistent stretching parameters. *J Strength Cond Res.* 2005 Feb;19(1):27-32.
18. de Weijer VC, Gorniak GC, Shamus E. The effect of static stretch and warm-up exercise on hamstring length over the course of 24 hours. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003 Dec;33(12):727-33.

19. Decoster LC, Scanlon RL, Horn KD, Cleland J. Standing and Supine Hamstring Stretching Are Equally Effective. *J Athl Train.* 2004 Dec;39(4):330-4.
20. Depino GM, Webright WG, Arnold BL. Duration of maintained hamstring flexibility after cessation of an acute static stretching protocol. *J Athl Train.* 2000 Jan;35(1):56-9.
21. Ford P, McChesney J. Duration of maintained hamstring ROM following termination of three stretching protocols. *J Sport Rehabil.* 2007 Feb;16(1):18-27.
22. Knudson D. *Fundamentals of Biomechanics.* second ed. Chico: Springer; 2007.
23. Hamill J, Knutzen KM. *Biomechanical Basis of Human Movement.* 3rd ed: Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
24. Frankel VH. *Basic biomechanics of the skeletal system:* Lea & Febiger; 1980.
25. Bogduk N. *Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum.* 4 th edition ed. Sydney: Elsevier; 2005.
26. Herbert RD. The Passive Mechanical Properties of Muscle and Their Adaptations to Altered Patterns of Use. *Australian Journal of Physiotherapy.* 1988;34(3):141-9.
27. Borg TK, Caulfield JB. Morphology of connective tissue in skeletal muscle. *Tissue Cell.* 1980;12(1):197-207.
28. Rowe RWD. Collagen fibre arrangement in intramuscular connective tissue. Changes associated with muscle shortening and their possible relevance to raw meat toughness measurements. *International Journal of Food Science & Technology.* 1974;9(4):501-8.
29. Herbert RD, Clarke J, Kwah LK, Diong J, Martin J, Clarke EC, et al. In vivo passive mechanical behaviour of muscle fascicles and tendons in human gastrocnemius muscle-tendon units. *The Journal of physiology.* 2011 Nov 1;589(Pt 21):5257-67.
30. Taylor DC, Dalton JD, Seaber AV, Garrett WE. Viscoelastic properties of muscle-tendon units. *The American Journal of Sports Medicine.* 1990 June 1990;18(3):300-9.
31. Halbertsma JPK, Mulder I, Göeken LNH, Eisma WH. Repeated passive stretching: Acute effect on the passive muscle moment and extensibility of short hamstrings. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.* 1999;80(4):407-14.
32. Halbertsma JP, Goeken LN. Stretching exercises: effect on passive extensibility and stiffness in short hamstrings of healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 1994 Sep;75(9):976-81.
33. Sapega AA, Quendenfeld TC, Moyer RA, Butler RA. Biophysical factors in range-of-motion exercises. *The Physician and Sportsmedicine.* 1981;9:57-65.
34. Butler DL, Grood ES, Noyes FR, Zernicke RF. Biomechanics of ligaments and tendons. *Exerc Sport Sci Rev.* 1978;6:125-81.
35. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Sorensen H, Kjaer M. A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. *The Journal of Physiology.* 1996 November 15, 1996;497(Pt 1):291-8.
36. Gajdosik RL. Passive extensibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. *Clinical Biomechanics.* [doi: DOI: 10.1016/S0268-0033(00)00061-9]. 2001;16(2):87-101.
37. Weppler CH, Magnusson SP. Increasing Muscle Extensibility: A Matter of Increasing Length or Modifying Sensation? *Physical Therapy.* 2010 March 1, 2010;90(3):438-49.
38. Reese NB, Bandy WD. *Joint range of motion and muscle length testing.* Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2002.

39. Decoster LC, Cleland J, Altieri C, Russell P. The effects of hamstring stretching on range of motion: a systematic literature review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005 Jun;35(6):377-87.
40. Harvey L, Herbert R, Crosbie J. Does stretching induce lasting increases in joint ROM? A systematic review. *Physiotherapy Research International.* 2002;7(1):1.
41. Sugisaki N, Kawakami Y, Kanehisa H, Fukunaga T. Effect of muscle contraction levels on the force-length relationship of the human Achilles tendon during lengthening of the triceps surae muscle-tendon unit. *J Biomech.* 2011 Jul 28;44(11):2168-71.
42. Page P. Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther.* 2012 Feb;7(1):109-19.
43. Beck RW. *Functional Neurology for Practitioners of Manual Therapy*: Churchill Livingstone; 2008.
44. Reich TE, Lindstedt SL, LaStayo PC, Pierotti DJ. Is the spring quality of muscle plastic? *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2000 Jun;278(6):R1661-6.
45. Purslow PP. Strain-induced reorientation of an intramuscular connective tissue network: implications for passive muscle elasticity. *J Biomech.* 1989;22(1):21-31.
46. Prado LG, Makarenko I, Andresen C, Kruger M, Opitz CA, Linke WA. Isoform diversity of giant proteins in relation to passive and active contractile properties of rabbit skeletal muscles. *J Gen Physiol.* 2005 Nov;126(5):461-80.
47. Irving T, Wu Y, Bekyarova T, Farman Gerrie P, Fukuda N, Granzier H. Thick-Filament Strain and Interfilament Spacing in Passive Muscle: Effect of Titin-Based Passive Tension. *Biophysical Journal.* 2011;100(6):1499-508.
48. Lindstedt SL, Reich TE, Keim P, LaStayo PC. Do muscles function as adaptable locomotor springs? *Journal of Experimental Biology.* 2002 August 1, 2002;205(15):2211-6.
49. Morse CI, Degens H, Seynnes OR, Maganaris CN, Jones DA. The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit. *The Journal of physiology.* 2008 Jan 1;586(1):97-106.
50. Alter M. *Science of Flexibility*. 3rd ed: Human Kinetics; 2004.
51. Lieber RL, Leonard ME, Brown CG, Trestik CL. Frog semitendinosus tendon load-strain and stress-strain properties during passive loading. *Am J Physiol.* 1991 Jul;261(1 Pt 1):C86-92.
52. Magnusson SP, Aagaard P, Rosager S, Dyhre-Poulsen P, Kjaer M. Load-displacement properties of the human triceps surae aponeurosis in vivo. *The Journal of Physiology.* 2001 February 15, 2001;531(1):277-88.
53. Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T. Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *Journal of Applied Physiology.* 2002 February 1, 2002;92(2):595-601.
54. Herbert RD, Moseley AM, Butler JE, Gandevia SC. Change in length of relaxed muscle fascicles and tendons with knee and ankle movement in humans. *The Journal of physiology.* 2002 Mar 1;539(Pt 2):637-45.
55. Abellaneda S, Guissard N, Duchateau J. The relative lengthening of the myotendinous structures in the medial gastrocnemius during passive stretching differs among individuals. *Journal of Applied Physiology.* 2009 January 2009;106(1):169-77.

56. Magnusson SP, Aagaard P, Nielson JJ. Passive energy return after repeated stretches of the hamstring muscle-tendon unit. *Med Sci Sports Exerc.* 2000 Jun;32(6):1160-4.
57. Hoang PD, Herbert RD, Todd G, Gorman RB, Gandevia SC. Passive mechanical properties of human gastrocnemius muscle tendon units, muscle fascicles and tendons in vivo. *J Exp Biol.* 2007 Dec;210(Pt 23):4159-68.
58. Bojsen-Møller J, Hansen P, Aagaard P, Svantesson U, Kjaer M, Magnusson SP. Differential displacement of the human soleus and medial gastrocnemius aponeuroses during isometric plantar flexor contractions in vivo. *Journal of Applied Physiology.* 2004 November 1, 2004;97(5):1908-14.
59. Nakamura M, Ikezoe T, Takeno Y, Ichihashi N. Acute and prolonged effect of static stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit in vivo. *J Orthop Res.* 2011 Nov;29(11):1759-63.
60. Muir IW, Chesworth BM, Vandervoort AA. Effect of a Static Calf-Stretching Exercise on the Resistive Torque During Passive Ankle Dorsiflexion in Healthy Subjects. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29(2):106-15.
61. Halbertsma JPK, van Bolhuis AI, Göeken LNH. Sport stretching: Effect on passive muscle stiffness of short hamstrings. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.* 1996;77(7):688-92.
62. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Kjaer M. Biomechanical Responses to Repeated Stretches in Human Hamstring Muscle In Vivo. *The American Journal of Sports Medicine.* 1996 September 1996;24(5):622-8.
63. Magnusson SP, Julsgaard C, Aagaard P, Zacharie C, Ullman S, Kobayasi T, et al. Viscoelastic properties and flexibility of the human muscle-tendon unit in benign joint hypermobility syndrome. *The Journal of Rheumatology.* 2001 December 1, 2001;28(12):2720-5.
64. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Gleim GW, McHugh MP, Kjaer M. Viscoelastic response to repeated static stretching in the human hamstring muscle. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* 1995;5(6):342-7.
65. Gajdosik RL, Vander Linden DW, McNair PJ, Williams AK, Riggins TJ. Effects of an eight-week stretching program on the passive-elastic properties and function of the calf muscles of older women. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2005 Nov;20(9):973-83.
66. Magnusson SP. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* 1998;8(2):65-77.
67. Magnusson SP, Aagaard P, Simonsen EB, Bojsen-Møller F. Passive tensile stress and energy of the human hamstring muscles in vivo. *Scand J Med Sci Sports.* 2000 Dec;10(6):351-9.
68. Magnusson SP, Simonsen EB, Dyhre-Poulsen P, Aagaard P, Mohr T, Kjaer M. Viscoelastic stress relaxation during static stretch in human skeletal muscle in the absence of EMG activity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* 1996;6(6):323-8.
69. Duong B, Low M, Moseley AM, Lee RYW, Herbert RD. Time course of stress relaxation and recovery in human ankles. *Clinical Biomechanics.* 2001;16(7):601-7.
70. De Deyne PG. Application of Passive Stretch and Its Implications for Muscle Fibers. *Physical Therapy.* 2001 February 2001;81(2):819-27.
71. Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, Hull HR, Hartman MJ, Costa PB, et al. The time course of musculotendinous stiffness responses following different durations of passive stretching. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008 Oct;38(10):632-9.

72. Mizuno T, Matsumoto M, Umemura Y. Viscoelasticity of the muscle-tendon unit is returned more rapidly than range of motion after stretching. *Scand J Med Sci Sports*. 2011 May 12.
73. Ben M, Harvey LA. Regular stretch does not increase muscle extensibility: a randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2010;20(1):136-44.
74. Folpp H, Deall S, Harvey LA, Gwinn T. Can apparent changes in muscle extensibility with regular stretch be explained by changes in tolerance to stretch? *Australian Journal of Physiotherapy*. 2006;52:45-50.
75. Law RY, Harvey LA, Nicholas MK, Tonkin L, De Sousa M, Finnis DG. Stretch exercises increase tolerance to stretch in patients with chronic musculoskeletal pain: a randomized controlled trial. *Phys Ther*. 2009 Oct;89(10):1016-26.
76. Klinge K, Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Klausen K, Kjaer M. The Effect of Strength and Flexibility Training on Skeletal Muscle Electromyographic Activity, Stiffness, and Viscoelastic Stress Relaxation Response. *The American Journal of Sports Medicine*. 1997 September 1997;25(5):710-6.
77. Gajdosik RL, Allred JD, Gabbert HL, Sonsteng BA. A stretching program increases the dynamic passive length and passive resistive properties of the calf muscle-tendon unit of unconditioned younger women. *Eur J Appl Physiol*. 2007 Mar;99(4):449-54.
78. Reid DA, McNair PJ. Passive Force, Angle, and Stiffness Changes after Stretching of Hamstring Muscles. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(11):1944-8.
79. Guissard N, Duchateau J. Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar-flexor muscles. *Muscle Nerve*. 2004 Feb;29(2):248-55.
80. Kubo K, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T. Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *Journal of Applied Physiology*. 2001 February 1, 2001;90(2):520-7.
81. Goldspink D, Harridge S. Cellular and Molecular aspects of adaptation in skeletal muscle. In: Committee IO, editor. *Strength and power in sports*. second ed. Cornwall: Blackwell; 2003.
82. Goldspink G, Tabary C, Tabary JC, Tardieu C, Tardieu G. Effect of denervation on the adaptation of sarcomere number and muscle extensibility to the functional length of the muscle. *The Journal of physiology*. 1974 Feb;236(3):733-42.
83. Tabary JC, Tabary C, Tardieu C, Tardieu G, Goldspink G. Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization at different lengths by plaster casts. *The Journal of physiology*. 1972 Jul;224(1):231-44.
84. Williams PE, Catanese T, Lucey EG, Goldspink G. The importance of stretch and contractile activity in the prevention of connective tissue accumulation in muscle. *J Anat*. 1988 Jun;158:109-14.
85. Williams PE, Goldspink G. Changes in sarcomere length and physiological properties in immobilized muscle. *J Anat*. 1978 Dec;127(Pt 3):459-68.
86. Cox VM, Williams PE, Wright H, James RS, Gillott KL, Young IS, et al. Growth induced by incremental static stretch in adult rabbit latissimus dorsi muscle. *Exp Physiol*. 2000 Mar;85(2):193-202.
87. Riley DA, Van Dyke JM. The effects of active and passive stretching on muscle length. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2012 Feb;23(1):51-7.

88. Tabary JC, Tardieu C, Tardieu G, Tabary C. Experimental rapid sarcomere loss with concomitant hypoextensibility. *Muscle Nerve*. 1981 May-Jun;4(3):198-203.
89. de Boer M, Seynnes O, di Prampero P, Pišot R, Mekjavić I, Biolo G, et al. Effect of 5 weeks horizontal bed rest on human muscle thickness and architecture of weight bearing and non-weight bearing muscles. *European Journal of Applied Physiology*. 2008;104(2):401-7.
90. Gajdosik RL. Effects of static stretching on the maximal length and resistance to passive stretch of short hamstring muscles. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1991;14(6):250-5.
91. Wessling KC, DeVane DA, Hylton CR. Effects of static stretch versus static stretch and ultrasound combined on triceps surae muscle extensibility in healthy women. *Phys Ther*. 1987 May;67(5):674-9.
92. Chan SP, Hong Y, Robinson PD. Flexibility and passive resistance of the hamstrings of young adults using two different static stretching protocols. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2001;11(2):81-6.
93. Feland JB, Myrer JW, Schulthies SS, Fellingham GW, Measom GW. The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people aged 65 years or older. *Phys Ther*. 2001 May;81(5):1110-7.
94. Knight CA, Rutledge CR, Cox ME, Acosta M, Hall SJ. Effect of superficial heat, deep heat, and active exercise warm-up on the extensibility of the plantar flexors. *Phys Ther*. 2001 Jun;81(6):1206-14.
95. Draper DO, Castro JL, Feland B, Schulthies S, Eggett D. Shortwave diathermy and prolonged stretching increase hamstring flexibility more than prolonged stretching alone. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004 Jan;34(1):13-20.
96. Kjaer M. Role of extracellular matrix in adaptation of tendon and skeletal muscle to mechanical loading. *Physiol Rev*. 2004 Apr;84(2):649-98.
97. Zito M, Driver D, Parker C, Bohannon R. Lasting effects of one bout of two 15-second passive stretches on ankle dorsiflexion range of motion. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1997 Oct;26(4):214-21.
98. Hortobagyi T, Faludi J, Tihanyi J, Merkely B. Effects of intense "stretching"-flexibility training on the mechanical profile of the knee extensors and on the range of motion of the hip joint. *Int J Sports Med*. 1985 Dec;6(6):317-21.
99. Ylinen JJ. *Stretching Therapy: For Sport and Manual Therapies*: Churchill Livingstone; 2007.
100. Warren CG, Lehmann JF, Koblanski JN. Elongation of rat tail tendon: effect of load and temperature. *Arch Phys Med Rehabil*. 1971 Oct;52(10):465-74 passim.
101. Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System*: Mosby; 2002.
102. Hutton RS. Neuromuscular Basis of Stretching Exercise. In: Komi PV, editor. *Strength and Power in Sports*: Blackwell Scientific Publications; 1993. p. 29-38.
103. Guissard N, Duchateau J. Neural aspects of muscle stretching. *Exerc Sport Sci Rev*. 2006 Oct;34(4):154-8.
104. Chalmers G. Re-examination of the possible role of Golgi tendon organ and muscle spindle reflexes in proprioceptive neuromuscular facilitation muscle stretching. *Sports Biomech*. 2004 Jan;3(1):159-83.
105. Latash LM. *Neurophysiological Basis of Movement*: Human Kinetics Pub; 1998.
106. McHugh MP, Kremenec IJ, Fox MB, Gleim GW. The role of mechanical and neural restraints to joint range of motion during passive stretch. *Med Sci Sports Exerc*. 1998 Jun;30(6):928-32.

107. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Dyhre-Poulsen P, McHugh MP, Kjaer M. Mechanical and physical responses to stretching with and without preisometric contraction in human skeletal muscle. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996 Apr;77(4):373-8.
108. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Boesen J, Johannsen F, Kjaer M. Determinants of musculoskeletal flexibility: viscoelastic properties, cross-sectional area, EMG and stretch tolerance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* 1997;7(4):195-202.
109. Moore MA, Hutton RS. Electromyographic investigation of muscle stretching techniques. *Med Sci Sports Exerc.* 1980;12(5):322-9.
110. Osternig LR, Robertson RN, Troxel RK, Hansen P. Differential responses to proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretch techniques. *Med Sci Sports Exerc.* 1990 Feb;22(1):106-11.
111. Osternig LR, Robertson R, Troxel R, Hansen P. Muscle activation during proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretching techniques. *Am J Phys Med.* 1987 Oct;66(5):298-307.
112. Taylor DC, Brooks DE, Ryan JB. Viscoelastic characteristics of muscle: passive stretching versus muscular contractions. *Med Sci Sports Exerc.* 1997 Dec;29(12):1619-24.
113. Fryer G. Muscle energy concepts: a need for change. *Journal of Osteopathic Medicine.* 2000;3(2):54-9.
114. Burke D, Culligan, C., and Holt, L. The theoretical basis of proprioceptive neuromuscular facilitation. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2000;14:496-500.
115. Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching: Mechanisms and Clinical Implications. *Sports Medicine.* 2006;36(11):929-39.
116. Hoge KM, Ryan ED, Costa PB, Herda TJ, Walter AA, Stout JR, et al. Gender differences in musculotendinous stiffness and range of motion after an acute bout of stretching. *J Strength Cond Res.* 2010 Oct;24(10):2618-26.
117. Bjorklund M, Hamberg J, Crenshaw AG. Sensory adaptation after a 2-week stretching regimen of the rectus femoris muscle. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001 Sep;82(9):1245-50.
118. Laessoe U, Voigt M. Modification of stretch tolerance in a stooping position. *Scand J Med Sci Sports.* 2004 Aug;14(4):239-44.
119. Gibbons S. *Thoracic Spine & Breathing SMARTERehab*; 2012.
120. Gunn C. *The Gunn approach to the treatment of chronic pain.* 2nd ed: Churchill Livingstone; 1997.
121. Barrué-Belou S. Les étirements du sportif: revue de littérature et perspectives de recherches. *Kinésithérapie scientifique.* 2010;511:31-43.
122. Nelson RT, Bandy WD. Eccentric Training and Static Stretching Improve Hamstring Flexibility of High School Males. *J Athl Train.* 2004 Sep;39(3):254-8.
123. Mallac C. A physiotherapist's view on flexibility. *Brian Mackenzie's Successful Coaching.* 2004.
124. Chan SP, Hong Y, Robinson PD. Flexibility and passive resistance of the hamstrings of young adults using two different static stretching protocols. *Scand J Med Sci Sports.* 2001 Apr;11(2):81-6.

125. Funk D, Swank AM, Adams KJ, Treolo D. Efficacy of moist heat pack application over static stretching on hamstring flexibility. *J Strength Cond Res.* 2001 Feb;15(1):123-6.
126. Halbertsma JP, van Bolhuis AI, Goeken LN. Sport stretching: effect on passive muscle stiffness of short hamstrings. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996 Jul;77(7):688-92.
127. Hartig DE, Henderson JM. Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *Am J Sports Med.* 1999 Mar-Apr;27(2):173-6.
128. Hubley CL, Kozey JW, Stanish WD. The effects of static stretching exercises and stationary cycling on range of motion at the hip joint*. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1984;6(2):104-9.
129. Moller M, Ekstrand J, Oberg B, Gillquist J. Duration of stretching effect on range of motion in lower extremities. *Arch Phys Med Rehabil.* 1985 Mar;66(3):171-3.
130. Roberts JM, Wilson K. Effect of stretching duration on active and passive range of motion in the lower extremity. *Br J Sports Med.* 1999 Aug;33(4):259-63.
131. Rowlands AV, Marginson VF, Lee J. Chronic flexibility gains: effect of isometric contraction duration during proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques. *Res Q Exerc Sport.* 2003 Mar;74(1):47-51.
132. Spernoga SG, Uhl TL, Arnold BL, Gansneder BM. Duration of Maintained Hamstring Flexibility After a One-Time, Modified Hold-Relax Stretching Protocol. *J Athl Train.* 2001 Mar;36(1):44-8.
133. Sullivan MK, DeJulia JJ, Worrell TW. Effect of pelvic position and stretching method on hamstring muscle flexibility. *Med Sci Sports Exerc.* 1992 Dec;24(12):1383-9.
134. Taylor BF, Waring CA, Brashear TA. The effects of therapeutic application of heat or cold followed by static stretch on hamstring muscle length. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995 May;21(5):283-6.
135. Wallin D, Ekblom B, Grahn R, Nordenborg T. Improvement of muscle flexibility. A comparison between two techniques. *Am J Sports Med.* 1985 Jul-Aug;13(4):263-8.
136. Webright WG, Randolph BJ, Perrin DH. Comparison of nonballistic active knee extension in neural slump position and static stretch techniques on hamstring flexibility. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1997 Jul;26(1):7-13.
137. Wiemann K, Hahn K. Influences of strength, stretching and circulatory exercises on flexibility parameters of the human hamstrings. *Int J Sports Med.* 1997 Jul;18(5):340-6.
138. Wiktorsson-Moller M, Oberg B, Ekstrand J, Gillquist J. Effects of warming up, massage, and stretching on range of motion and muscle strength in the lower extremity. *Am J Sports Med.* 1983 Jul-Aug;11(4):249-52.
139. Willy RW, Kyle BA, Moore SA, Chleboun GS. Effect of cessation and resumption of static hamstring muscle stretching on joint range of motion. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001 Mar;31(3):138-44.
140. Worrell TW, Smith TL, Winegardner J. Effect of hamstring stretching on hamstring muscle performance. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994 Sep;20(3):154-9.
141. Prentice W. A comparison of static stretching and PNF stretching for improving hip joint flexibility. *Athl Train.* 1983;18:56-9.
142. Boyce D, Brosky JA, Jr. Determining the minimal number of cyclic passive stretch repetitions recommended for an acute increase in an indirect measure of hamstring length. *Physiother Theory Pract.* 2008 Mar-Apr;24(2):113-20.

143. Fasen JM, O'Connor AM, Schwartz SL, Watson JO, Plastaras CT, Garvan CW, et al. A randomized controlled trial of hamstring stretching: comparison of four techniques. *J Strength Cond Res.* 2009 Mar;23(2):660-7.
144. Ford G, Mazzone MA, Taylor K. The effect of 4 different durations of static hamstring stretching on passive knee-extension range of motion. 2005; *Journal of Sport Rehabilitation*(2):95-107
145. Herda TJ, Costa PB, Walter AA, Ryan ED, Hoge KM, Kerksick CM, et al. The Effects of Two Modes of Static Stretching On Muscle Strength and Stiffness. *Med Sci Sports Exerc.* 2011 Feb 28.
146. Marques AP, Vasconcelos AA, Cabral CM, Sacco IC. Effect of frequency of static stretching on flexibility, hamstring tightness and electromyographic activity. *Braz J Med Biol Res.* 2009 Oct;42(10):949-53.
147. Marr M, Baker J, Lambon N, Perry J. The effects of the Bowen technique on hamstring flexibility over time: a randomised controlled trial. *J Bodyw Mov Ther.* 2011 Jul;15(3):281-90.
148. Marshall PW, Cashman A, Cheema BS. A randomized controlled trial for the effect of passive stretching on measures of hamstring extensibility, passive stiffness, strength, and stretch tolerance. *J Sci Med Sport.* 2011 May 31.
149. Meroni R, Cerri CG, Lanzarini C, Barindelli G, Morte GD, Gessaga V, et al. Comparison of active stretching technique and static stretching technique on hamstring flexibility. *Clin J Sport Med.* 2010 Jan;20(1):8-14.
150. Nelson RT, Bandy WD. An Update on Flexibility. *Strength & Conditioning Journal.* 2005;27(1):10-6.
151. O'Hora J, Cartwright A, Wade CD, Hough AD, Shum GL. Efficacy of static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation stretch on hamstrings length after a single session. *J Strength Cond Res.* 2011 Jun;25(6):1586-91.
152. Puentedura EJ, Huijbregts PA, Celeste S, Edwards D, In A, Landers MR, et al. Immediate effects of quantified hamstring stretching: Hold-relax proprioceptive neuromuscular facilitation versus static stretching. *Phys Ther Sport.* 2011 Aug;12(3):122-6.
153. Rancour J, Holmes CF, Cipriani DJ. The effects of intermittent stretching following a 4-week static stretching protocol: a randomized trial. *J Strength Cond Res.* 2009 Nov;23(8):2217-22.
154. Sainz de Baranda P, Ayala F. Chronic flexibility improvement after 12 week of stretching program utilizing the ACSM recommendations: hamstring flexibility. *Int J Sports Med.* 2010 Jun;31(6):389-96.
155. Whatman C, Knappstein A, Hume P. Acute changes in passive stiffness and range of motion post-stretching. *Phys Ther Sport.* 2006 Nov;7(4):195-200.
156. Youdas JW, Haeflinger KM, Kreun MK, Holloway AM, Kramer CM, Hollman JH. The efficacy of two modified proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques in subjects with reduced hamstring muscle length. *Physiother Theory Pract.* 2010 May;26(4):240-50.
157. Yuktasir B, Kaya F. Investigation into the long-term effects of static and PNF stretching exercises on range of motion and jump performance. *J Bodyw Mov Ther.* 2009 Jan;13(1):11-21.

158. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther.* 2003 Aug;83(8):713-21.
159. Youdas JW, Krause DA, Hollman JH, Harmsen WS, Laskowski E. The influence of gender and age on hamstring muscle length in healthy adults. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005 Apr;35(4):246-52.
160. Davis DS, Quinn RO, Whiteman CT, Williams JD, Young CR. Concurrent validity of four clinical tests used to measure hamstring flexibility. *J Strength Cond Res.* 2008 Mar;22(2):583-8.
161. Bohannon R, Gajdosik R, LeVeau BF. Contribution of pelvic and lower limb motion to increases in the angle of passive straight leg raising. *Phys Ther.* 1985 Apr;65(4):474-6.
162. Cameron DM, Bohannon RW, Owen SV. Influence of hip position on measurements of the straight leg raise test. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994 Mar;19(3):168-72.
163. Gajdosik RL, Rieck MA, Sullivan DK, Wightman SE. Comparison of four clinical tests for assessing hamstring muscle length. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993 Nov;18(5):614-8.
164. Piriyaarasarth P, Morris ME. Psychometric properties of measurement tools for quantifying knee joint position and movement: a systematic review. *Knee.* 2007 Jan;14(1):2-8.
165. Borman NP, Trudelle-Jackson E, Smith SS. Effect of stretch positions on hamstring muscle length, lumbar flexion range of motion, and lumbar curvature in healthy adults. *Physiother Theory Pract.* 2011 Feb;27(2):146-54.
166. Feland JB, Marin HN. Effect of submaximal contraction intensity in contract-relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Br J Sports Med.* 2004 Aug;38(4):E18.
167. Ross MD. Effect of a 15-day pragmatic hamstring stretching program on hamstring flexibility and single hop for distance test performance. *Res Sports Med.* 2007 Oct-Dec;15(4):271-81.
168. Smith M, Fryer G. A comparison of two muscle energy techniques for increasing flexibility of the hamstring muscle group. *J Bodyw Mov Ther.* 2008 Oct;12(4):312-7.
169. Ford, Mazzone, Taylor. The effect of 4 different durations of static hamstring stretching on passive knee-extension range of motion. *J Sport Rehabil.* 2005;14:95-.
170. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Gleim GW, McHugh MP, Kjaer M. Viscoelastic response to repeated static stretching in the human hamstring muscle. *Scand J Med Sci Sports.* 1995 Dec;5(6):342-7.
171. Zebas C, Rivera M. Retention of flexibility in selected joints after cessation of a stretching exercise program. *Exercise Physiology: Current Selected Research.* 1985;1:181-91.
172. Radford JA, Burns J, Buchbinder R, Landorf KB, Cook C. Does stretching increase ankle dorsiflexion range of motion? A systematic review. *Br J Sports Med.* 2006 Oct;40(10):870-5; discussion 5.
173. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-M, et al. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2011;43(7):1334-59 10.249/MSS.0b013e318213febf.

174. Group OLoEW. The Oxford 2011 Levels of Evidence. Oxford Centre for Evidence-Based Medicine; 2011 [cited 2012 06/03]; Available from: <http://www.cebm.net/index.aspx?o=5653>.
175. Hoy DG, Protani M, De R, Buchbinder R. The epidemiology of neck pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2010 Dec;24(6):783-92.
176. Gross AR, Hoving JL, Haines TA, Goldsmith CH, Kay T, Aker P, et al. A Cochrane review of manipulation and mobilization for mechanical neck disorders. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004 Jul 15;29(14):1541-8.
177. Guzman J, Hurwitz EL, Carroll LJ, Haldeman S, Cote P, Carragee EJ, et al. A new conceptual model of neck pain: linking onset, course, and care: the Bone and Joint Decade 2000-2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. *J Manipulative Physiol Ther*. 2009 Feb;32(2 Suppl):S17-28.
178. Sihawong R, Janwantanakul P, Sitthipornvorakul E, Pensri P. Exercise therapy for office workers with nonspecific neck pain: a systematic review. *J Manipulative Physiol Ther*. 2011 Jan;34(1):62-71.
179. Alvarez DJ, Rockwell PG. Trigger points: diagnosis and management. *Am Fam Physician*. 2002 Feb 15;65(4):653-60.
180. Simons DG, Travell J, Simons LS. Myofascial Pain and Dysfunction. The Trigger Point Manual. 2 ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1992.
181. Hanten WP, Olson SL, Butts NL, Nowicki AL. Effectiveness of a home program of ischemic pressure followed by sustained stretch for treatment of myofascial trigger points. *Phys Ther*. 2000 Oct;80(10):997-1003.
182. Sluka KA. Mechanisms and management of pain for the physical therapist. Seattle: IASP Press; 2009.
183. Kostopoulos D, Rizopoulos K. Effect of topical aerosol skin refrigerant (spray and stretch technique) on passive and active stretching. *J Bodyw Mov Ther*. 2008 Apr;12(2):96-104.
184. Giamberardino MA, Affaitati G, Fabrizio A, Costantini R. Myofascial pain syndromes and their evaluation. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2011 Apr;25(2):185-98.
185. Shah JP, Danoff JV, Desai MJ, Parikh S, Nakamura LY, Phillips TM, et al. Biochemicals associated with pain and inflammation are elevated in sites near to and remote from active myofascial trigger points. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008 Jan;89(1):16-23.
186. Simons DG. New views of myofascial trigger points: etiology and diagnosis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008 Jan;89(1):157-9.
187. Bahadır C, Dayan VY, Ocak F, Yiğit S. Efficacy of Immediate Rewarming with Moist Heat After Conventional Vapocoolant Spray Therapy in Myofascial Pain Syndrome. *Journal of Musculoskeletal Pain*. 2010;18(2):147-52.
188. Simons DG TJ, Simons LS. Myofascial Pain and Dysfunction: The Trigger Point Manual. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1999.
189. Luke D R. The effectiveness of non-invasive treatments for active myofascial trigger point pain: A systematic review of the literature. *International Journal of Osteopathic Medicine*. 2006;9(4):120-36.
190. de las Penas CF, Sohrbeck Campo M, Fernandez Carnero J, Miangolarra Page JC. Manual therapies in myofascial trigger point treatment: a systematic review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2005;9(1):27-34.

191. Edwards J, Knowles N. Superficial dry needling and active stretching in the treatment of myofascial pain--a randomised controlled trial. *Acupunct Med*. 2003 Sep;21(3):80-6.
192. Hou CR, Tsai LC, Cheng KF, Chung KC, Hong CZ. Immediate effects of various physical therapeutic modalities on cervical myofascial pain and trigger-point sensitivity. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002 Oct;83(10):1406-14.
193. Peloso P, Gross A, Haines T, Trinh K, Goldsmith CH, Burnie S. Medicinal and injection therapies for mechanical neck disorders. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007(3):CD000319.
194. Teasell RW, McClure JA, Walton D, Pretty J, Salter K, Meyer M, et al. A research synthesis of therapeutic interventions for whiplash-associated disorder (WAD). *Pain Res Manag*. 2010;15(5):295-322.
195. Verhagen Arianne P, Scholten-Peeters Gwendolijne GGM, van Wijngaarden S, de Bie R, Bierma-Zeinstra Sita MA. Conservative treatments for whiplash. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [serial on the Internet]. 2007; (2): Available from: <http://www.mrw.interscience.wiley.com/cochrane/clsystrev/articles/CD003338/frame.html>.
196. Ylinen JJ, Takala EP, Nykanen MJ, Kautiainen HJ, Hakkinen AH, Airaksinen OV. Effects of twelve-month strength training subsequent to twelve-month stretching exercise in treatment of chronic neck pain. *J Strength Cond Res*. 2006 May;20(2):304-8.
197. Ylinen J, Nikander R, Nykanen M, Kautiainen H, Hakkinen A. Effect of neck exercises on cervicogenic headache: a randomized controlled trial. *J Rehabil Med*. 2010 Apr;42(4):344-9.
198. National Guideline C. Neck pain: clinical practice guidelines linked to the International Classification of Functioning, Disability, and Health from the Orthopaedic Section of the American Physical Therapy Association. Rockville MD: Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ); [3/22/2012]; Available from: <http://www.guideline.gov>.
199. TRACsa: Trauma and Injury Recovery. Clinical guidelines for best practice management of acute and chronic whiplash-associated disorders. In: Council NHaMR, editor. Adelaide: TRACsa; 2008.
200. Ma C, Szeto GP, Yan T, Wu S, Lin C, Li L. Comparing Biofeedback With Active Exercise and Passive Treatment for the Management of Work-Related Neck and Shoulder Pain: A Randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2011;92(6):849-58.
201. Korthals-de Bos IB, Hoving JL, van Tulder MW, Rutten-van Molken MP, Ader HJ, de Vet HC, et al. Cost effectiveness of physiotherapy, manual therapy, and general practitioner care for neck pain: economic evaluation alongside a randomised controlled trial. *BMJ*. 2003 Apr 26;326(7395):911.
202. Hakkinen A, Salo P, Tarvainen U, Wiren K, Ylinen J. Effect of manual therapy and stretching on neck muscle strength and mobility in chronic neck pain. *J Rehabil Med*. 2007 Sep; 39 (7): 575-9.
203. Kay Theresa M, Gross A, Goldsmith Charles H, Hoving Jan L, Br̄nfort G. Exercises for mechanical neck disorders. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [serial on the Internet]. 2009; (3): Available from: <http://www.mrw.interscience.wiley.com/cochrane/clsystrev/articles/CD004250/frame.html>.

204. Ylinen J, Kautiainen H, Wiren K, Hakkinen A. Stretching exercises vs manual therapy in treatment of chronic neck pain: a randomized, controlled cross-over trial. *J Rehabil Med.* 2007 Mar;39(2):126-32.
205. Ylinen J, Takala EP, Nykanen M, Hakkinen A, Malkia E, Pohjolainen T, et al. Active neck muscle training in the treatment of chronic neck pain in women: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2003 May 21;289(19):2509-16.
206. Aas RW, Tuntland H, Holte KA, Roe C, Lund T, Marklund S, et al. Workplace interventions for neck pain in workers. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011(4):CD008160.
207. Ylinen JJ, Hakkinen AH, Takala EP, Nykanen MJ, Kautiainen HJ, Malkia EA, et al. Effects of neck muscle training in women with chronic neck pain: one-year follow-up study. *J Strength Cond Res.* 2006 Feb;20(1):6-13.
208. Childs JD, Cleland JA, Elliott JM, Teyhen DS, Wainner RS, Whitman JM, et al. Neck pain: Clinical practice guidelines linked to the International Classification of Functioning, Disability, and Health from the Orthopedic Section of the American Physical Therapy Association. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008 Sep;38(9):A1-A34.
209. Cunha AC, Burke TN, Franca FJ, Marques AP. Effect of global posture reeducation and of static stretching on pain, range of motion, and quality of life in women with chronic neck pain: a randomized clinical trial. *Clinics (Sao Paulo).* 2008 Dec;63(6):763-70.
210. Bergeron, Fortin, Leclaire. *Pathologie médicale de l'appareil locomoteur.* 2 ed. EDISEM, 2008: 577-590.
211. Kromer TO, Tautenhahn UG, de Bie RA, Staal JB, Bastiaenen CH. Effects of physiotherapy in patients with shoulder impingement syndrome: a systematic review of the literature. *J Rehabil Med.* 2009 Nov;41(11):870-80.
212. McClure PW, Bialker J, Neff N, Williams G, Karduna A. Shoulder function and 3-dimensional kinematics in people with shoulder impingement syndrome before and after a 6-week exercise program. *Physical Therapy.* 2004;84(9):832-48.
213. McClure P, Balaicuis J, Heiland D, Broersma ME, Thorndike CK, Wood A. A randomized controlled comparison of stretching procedures for posterior shoulder tightness. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007 Mar;37(3):108-14.
214. Wong CK, Coleman D, diPersia V, Song J, Wright D. The effects of manual treatment on rounded-shoulder posture, and associated muscle strength. *Journal of Bodywork and Movement Therapies.* 2010;14(4):326-33.
215. Muraki T, Aoki M, Izumi T, Fujii M, Hidaka E, Miyamoto S. Lengthening of the pectoralis minor muscle during passive shoulder motions and stretching techniques: a cadaveric biomechanical study. *Phys Ther.* 2009 Apr;89(4):333-41.
216. Borstad JD, Ludewig PM. Comparison of three stretches for the pectoralis minor muscle. *J Shoulder Elbow Surg.* 2006 May-Jun;15(3):324-30.
217. Wang C-H, McClure P, Pratt NE, Nobilini R. Stretching and strengthening exercises: Their effect on three-dimensional scapular kinematics. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.* 1999;80(8):923-9.
218. Lewis JS, Valentine RE. The pectoralis minor length test: a study of the intra-rater reliability and diagnostic accuracy in subjects with and without shoulder symptoms. *BMC Musculoskelet Disord.* 2007;8:64.
219. Kuhn JE. Exercise in the treatment of rotator cuff impingement: a systematic review and a synthesized evidence-based rehabilitation protocol. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009 Jan-Feb;18(1):138-60.

220. Kelly SM, Wrightson PA, Meads CA. Clinical outcomes of exercise in the management of subacromial impingement syndrome: a systematic review. *Clin Rehabil.* 2010 Feb;24(2):99-109.
221. Bjorklund M, Djupsjobacka M, Crenshaw AG. Acute muscle stretching and shoulder position sense. *J Athl Train.* 2006 Jul-Sep;41(3):270-4.
222. Desmeules F, Cote CH, Fremont P. Therapeutic exercise and orthopedic manual therapy for impingement syndrome: a systematic review. *Clin J Sport Med.* 2003 May;13(3):176-82.
223. Michener LA, Walsworth MK, Burnet EN. Effectiveness of rehabilitation for patients with subacromial impingement syndrome: a systematic review. *J Hand Ther.* 2009 Apr-Jun;17(2):152-64.
224. Ludewig PM, Borstad JD. Effects of a home exercise programme on shoulder pain and functional status in construction workers. *Occup Environ Med.* 2003 Nov;60(11):841-9.
225. Baskurt Z, Baskurt F, Gelecek N, M HO. The effectiveness of scapular stabilization exercise in the patients with subacromial impingement syndrome. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2011 Jan 1;24(3):173-9.
226. Lukasiewicz AC, McClure P, Michener L, Pratt N, Sennett B. Comparison of 3-dimensional scapular position and orientation between subjects with and without shoulder impingement. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999 Oct;29(10):574-83; discussion 84-6.
227. Blanchette MA, Normand MC. Augmented soft tissue mobilization vs natural history in the treatment of lateral epicondylitis: a pilot study. *J Manipulative Physiol Ther.* 2011 Feb;34(2):123-30.
228. Bisset L, Paungmali A, Vicenzino B, Beller E. A systematic review and meta-analysis of clinical trials on physical interventions for lateral epicondylalgia. *Br J Sports Med.* 2005 Jul;39(7):411-22; discussion -22.
229. Barr S, Cerisola FL, Blanchard V. Effectiveness of corticosteroid injections compared with physiotherapeutic interventions for lateral epicondylitis: a systematic review. *Physiotherapy.* 2009 Dec;95(4):251-65.
230. Stasinopoulos D, Stasinopoulos I, Pantelis M, Stasinopoulou K. Comparison of effects of a home exercise programme and a supervised exercise programme for the management of lateral elbow tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2010 Jun;44(8):579-83.
231. Orchard J, Kountouris A. The management of tennis elbow. *BMJ.* 2011;342:d2687.
232. Herd CR, Meserve BB. A systematic review of the effectiveness of manipulative therapy in treating lateral epicondylalgia. *J Man Manip Ther.* 2008;16(4):225-37.
233. Kohia M, Brackle J, Byrd K, Jennings A, Murray W, Wilfong E. Effectiveness of physical therapy treatments on lateral epicondylitis. *J Sport Rehabil.* 2008 May;17(2):119-36.
234. Stasinopoulos D, Stasinopoulou K, Johnson MI. An exercise programme for the management of lateral elbow tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2005 Dec;39(12):944-7.
235. De Smedt T, de Jong A, Van Leemput W, Lieven D, Van Glabbeek F. Lateral epicondylitis in tennis: update on aetiology, biomechanics and treatment. *Br J Sports Med.* 2007 Nov;41(11):816-9.
236. Trudel D, Duley J, Zastrow I, Kerr EW, Davidson R, MacDermid JC. Rehabilitation for patients with lateral epicondylitis: a systematic review. *J Hand Ther.* 2004 Apr-Jun;17(2):243-66.

237. Smidt N, Assendelft WJ, Arola H, Malmivaara A, Greens S, Buchbinder R, et al. Effectiveness of physiotherapy for lateral epicondylitis: a systematic review. *Ann Med*. 2003;35(1):51-62.
238. Takasaki H, Aoki M, Muraki T, Uchiyama E, Murakami G, Yamashita T. Muscle strain on the radial wrist extensors during motion-simulating stretching exercises for lateral epicondylitis: a cadaveric study. *J Shoulder Elbow Surg*. 2007 Nov-Dec;16(6):854-8.
239. Solveborn SA. Radial epicondylalgia ('tennis elbow'): treatment with stretching or forearm band. A prospective study with long-term follow-up including range-of-motion measurements. *Scand J Med Sci Sports*. 1997 Aug;7(4):229-37.
240. Struijs PA, Kerkhoffs GM, Assendelft WJ, Van Dijk CN. Conservative treatment of lateral epicondylitis: brace versus physical therapy or a combination of both—a randomized clinical trial. *Am J Sports Med*. 2004 Mar;32(2):462-9.
241. Cook JL, Purdam CR. Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy. *Br J Sports Med*. 2009 Jun;43(6):409-16.
242. Svernlöv B, Adolfsson L. Non-operative treatment regime including eccentric training for lateral humeral epicondylalgia. *Scand J Med Sci Sports*. 2001 Dec;11(6):328-34.
243. Hoy D, Brooks P, Blyth F, Buchbinder R. The Epidemiology of low back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2010 Dec;24(6):769-81.
244. Cassidy JD, Carroll LJ, Cote P. The Saskatchewan health and back pain survey. The prevalence of low back pain and related disability in Saskatchewan adults. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998 Sep 1;23(17):1860-6; discussion 7.
245. Andersson GB. Epidemiological features of chronic low-back pain. *Lancet*. 1999 Aug 14;354(9178):581-5.
246. Bergeron Y. Rachis lombaire, sacrum et coccyx. In: Maloine E, editor. *Pathologie médicale de l'appareil locomoteur*. 2e ed. Québec 2008. p. 1444.
247. Lane RD, S. Economic Burden of Illness in Canada, 1998. In: Branch P, Public H, editors. Ottawa 1998. p. 102.
248. Cole DC, Ibrahim SA, Shannon HS, Scott F, Eyles J. Work correlates of back problems and activity restriction due to musculoskeletal disorders in the Canadian national population health survey (NPHS) 1994-5 data. *Occup Environ Med*. 2001 Nov;58(11):728-34.
249. Papageorgiou AC, Croft PR, Thomas E, Ferry S, Jayson MI, Silman AJ. Influence of previous pain experience on the episode incidence of low back pain: results from the South Manchester Back Pain Study. *Pain*. 1996 Aug;66(2-3):181-5.
250. Klenerman L, Slade PD, Stanley IM, Pennie B, Reilly JP, Atchison LE, et al. The prediction of chronicity in patients with an acute attack of low back pain in a general practice setting. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995 Feb 15;20(4):478-84.
251. Karagounis P, Tsiroli M, Prionas G, Tsiganos G, Baltopoulos P. Treatment of plantar fasciitis in recreational athletes: two different therapeutic protocols. *Foot Ankle Spec*. 2011 Aug;4(4):226-34.
252. Hayden JA, van Tulder MW, Malmivaara A, Koes BW. Exercise therapy for treatment of non-specific low back pain. *Cochrane Database Syst Rev*. 2005(3):CD000335.

253. Ehrmann Feldman D, Shrier I, Rossignol M, Abenhaim L. Risk factors for the development of low back pain in adolescence: *American Journal of Epidemiology*. 154 (1) (pp 30-36), 2001. Date of Publication: 01 Jul 2001.; 2001.
254. Biering-Sorensen F. Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1984 Mar;9(2):106-19.
255. Halbertsma J. Extensibility and stiffness of the hamstrings in patients with nonspecific low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2001;82(2):232-8.
256. Kuukkanen T, Malkia E. Effects of a three-month therapeutic exercise programme on flexibility in subjects with low back pain. *Physiother Res Int*. 2000;5(1):46-61.
257. Zhu Q, Gu R, Yang X, Lin Y, Gao Z, Tanaka Y. Adolescent lumbar disc herniation and hamstring tightness: review of 16 cases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006 Jul 15;31(16):1810-4.
258. Hellsing AL. Tightness of hamstring- and psoas major muscles. A prospective study of back pain in young men during their military service. *Ups J Med Sci*. 1988;93(3):267-76.
259. Nourbakhsh MR, Arab AM. Relationship between mechanical factors and incidence of low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2002 Sep;32(9):447-60.
260. Kendall FP ME, Provance PG. *Muscle Testing and Function*. 4th ed. ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 1993.
261. Walker ML, Rothstein JM, Finucane SD, Lamb RL. Relationships between lumbar lordosis, pelvic tilt, and abdominal muscle performance. *Phys Ther*. 1987 Apr;67(4):512-6.
262. Toppenberg RB, MI. The Interrelation of Spinal Curves, Pelvic Tilt and Muscle Lengths in the Adolescent Female. *The Australian Journal of Physiotherapy*. 1986;32(1):7.
263. Gajdosik RL, Albert CR, Mitman JJ. Influence of hamstring length on the standing position and flexion range of motion of the pelvic angle, lumbar angle, and thoracic angle. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1994 Oct;20(4):213-9.
264. Li Y, McClure PW, Pratt N. The effect of hamstring muscle stretching on standing posture and on lumbar and hip motions during forward bending. *Phys Ther*. 1996 Aug;76(8):836-45; discussion 45-9.
265. Link CS, Nicholson GG, Shaddeau SA, Birch R, Gossman MR. Lumbar curvature in standing and sitting in two types of chairs: relationship of hamstring and hip flexor muscle length. *Phys Ther*. 1990 Oct;70(10):611-8.
266. Stokes IA, Aberly JM. Influence of the hamstring muscles on lumbar spine curvature in sitting. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1980 Nov-Dec;5(6):525-8.
267. Day JW, Smidt GL, Lehmann T. Effect of pelvic tilt on standing posture. *Phys Ther*. 1984 Apr;64(4):510-6.
268. Norton BJ, Sahrman SA, Van Dillen FL. Differences in measurements of lumbar curvature related to gender and low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004 Sep;34(9):524-34.
269. Sahrman SA. *Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes*. St. Louis: Mosby; 2002.
270. Nordin MF, Victor H. *Basic Biomechanics of the musculoskeletal system*. 3rd edition ed. Baltimore and Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2001.

271. Punnett L, Fine LJ, Keyserling WM, Herrin GD, Chaffin DB. Back disorders and nonneutral trunk postures of automobile assembly workers. *Scand J Work Environ Health*. 1991 Oct;17(5):337-46.
272. Svensson HO, Andersson GB. The relationship of low-back pain, work history, work environment, and stress. A retrospective cross-sectional study of 38- to 64-year-old women. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1989 May;14(5):517-22.
273. Videman T, Nurminen T, Tola S, Kuorinka I, Vanharanta H, Troup JD. Low-back pain in nurses and some loading factors of work. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1984 May-Jun;9(4):400-4.
274. Nachemson AL. Disc pressure measurements. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1981 Jan-Feb;6(1):93-7.
275. McGill S. *Low back disorders: Evidence-based prevention and rehabilitation: Human Kinetics*; 2002.
276. Sihvonen T. Flexion relaxation of the hamstring muscles during lumbar-pelvic rhythm. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997 May;78(5):486-90.
277. Norris CM, Matthews M. Correlation between hamstring muscle length and pelvic tilt range during forward bending in healthy individuals: An initial evaluation. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2006;10(2):122-6.
278. Johnson EN, Thomas JS. Effect of hamstring flexibility on hip and lumbar spine joint excursions during forward-reaching tasks in participants with and without low back pain. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010 Jul;91(7):1140-2.
279. Esola MA, McClure PW, Fitzgerald GK, Siegler S. Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996 Jan 1;21(1):71-8.
280. McClure PW, Esola M, Schreier R, Siegler S. Kinematic analysis of lumbar and hip motion while rising from a forward, flexed position in patients with and without a history of low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997 Mar 1;22(5):552-8.
281. Thomas JS, Corcos DM, Hasan Z. The influence of gender on spine, hip, knee, and ankle motions during a reaching task. *J Mot Behav*. 1998 Jun;30(2):98-103.
282. Blackburn JT, Bell DR, Norcross MF, Hudson JD, Kimsey MH. Sex comparison of hamstring structural and material properties. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2009 Jan;24(1):65-70.
283. Granata KP, Wilson SE, Padua DA. Gender differences in active musculoskeletal stiffness. Part I. Quantification in controlled measurements of knee joint dynamics. *J Electromyogr Kinesiol*. 2002 Apr;12(2):119-26.
284. Cao DY, Pickar JG. Lengthening but not shortening history of paraspinal muscle spindles in the low back alters their dynamic sensitivity. *Journal of Neurophysiology*. 2011 01 Jan;105(1):434-41.
285. Hashemirad F, Talebian S, Olyaei GR, Hatf B. Compensatory behavior of the postural control system to flexion-relaxation phenomena. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2010 October;14(4):418-23.
286. Eguchi A. Effect of static stretch on fatigue of lumbar muscles induced by prolonged contraction. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*. 2004 Feb;44(2):75-81.
287. Hamill J, Moses M, Seay J. Lower extremity joint stiffness in runners with low back pain. *Res Sports Med*. 2009;17(4):260-73.
288. Kasunich NJ. Changes in low back pain in a long distance runner after stretching the iliotibial band. *J Chiropr Med*. 2003 Winter;2(1):37-40.

289. van Middelkoop M, Rubinstein SM, Verhagen AP, Ostelo RW, Koes BW, van Tulder MW. Exercise therapy for chronic nonspecific low-back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2010 Apr;24(2):193-204.
290. Cleland JA, Childs JD, Palmer JA, Eberhart S. Slump stretching in the management of non-radicular low back pain: a pilot clinical trial. *Man Ther*. 2006 Nov;11(4):279-86.
291. Ferreira Leal A, Marques AP, Gomes, Azevedo Futuro d. Stretching in nonspecific chronic low back pain: a strategy of the GDS method [Portuguese]. *Fisioterapia e Pesquisa*. 2011;18(2):116-21.
292. Grunnesjo MI, Bogefeldt JP, Blomberg SI, Strender LE, Svardsudd KF. A randomized controlled trial of the effects of muscle stretching, manual therapy and steroid injections in addition to 'stay active' care on health-related quality of life in acute or subacute low back pain. *Clin Rehabil*. 2011 Aug 12.
293. Kamioka H, Okuizumi H, Okada S, Takahashi R, Handa S, Kitayuguchi J, et al. Effectiveness of intervention for low back pain in female caregivers in nursing homes: a pilot trial based on multicenter randomization. *Environ*. [Multicenter Study Research Support, Non-U.S. Gov't]. 2011 Mar;16(2):97-105.
294. Khalil TM, Asfour SS, Martinez LM, Waly SM, Rosomoff RS, Rosomoff HL. Stretching in the rehabilitation of low-back pain patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1992 Mar;17(3):311-7.
295. Martins RPES, JL. Tratamento da lombalgia e dor pélvica posterior na gestação por um método de exercícios. *Rev Bras Ginecol Obstet* [online]. 2005;27(5):8.
296. Pennick VE, Young G. Interventions for preventing and treating pelvic and back pain in pregnancy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007(2):CD001139.
297. Hicks GE, Benvenuti F, Fiaschi V, Lombardi B, Segenni L, Stuart M, et al. Adherence to a Community-Based Exercise Program Is a Strong Predictor of Improved Back Pain Status in Older Adults: An Observational Study. *Clin J Pain*. 2011 Jul 11.
298. Dean SG, Smith JA, Payne S, Weinman J. Managing time: an interpretative phenomenological analysis of patients' and physiotherapists' perceptions of adherence to therapeutic exercise for low back pain. *Disability & Rehabilitation*. 2005 Jun 3;27(11):625-36.
299. Escolar-Reina P, Medina-Mirapeix F, Gascon-Canovas JJ, Montilla-Herrador J, Jimeno-Serrano FJ, de Oliveira Sousa SL, et al. How do care-provider and home exercise program characteristics affect patient adherence in chronic neck and back pain: a qualitative study. *BMC Health Serv Res*. 2010;10:60.
300. Hartigan C, Rainville J, Sobel JB, Hipona M. Long-term exercise adherence after intensive rehabilitation for chronic low back pain. *Med Sci Sports Exerc*. 2000 Mar;32(3):551-7.
301. Marshall PW, Mannion J, Murphy BA. Extensibility of the hamstrings is best explained by mechanical components of muscle contraction, not behavioral measures in individuals with chronic low back pain. *PM R*. 2009 Aug;1(8):709-18.
302. McGregor AH, Dore CJ, McCarthy ID, Hughes SP. Are subjective clinical findings and objective clinical tests related to the motion characteristics of low back pain subjects? *J Orthop Sports Phys Ther*. 1998 Dec;28(6):370-7.
303. Carry Pea. Adolescent patellofemoral pain: A review of evidence for the role of lower extremity biomechanics and core instability. *Orthopedics*. 2010;33(7).
304. Collado H, Fredericson M. Patellofemoral pain syndrome. *Clin Sports Med*. 2010 Jul;29(3):379-98.

305. Lamontagne MB, S. de Lecluse, J. Desnoyers, J. Lamontagne, J. Peyre, M. Ranger, P. Raynauld, JP. Roy, A. Tamalet, B. Genou. In: Maloine E, editor. *Pathologie Médicale de l'Appareil Locomoteur*. 2e ed 2008. p. 811-929.
306. Dixit S, DiFiori JP, Burton M, Mines B. Management of patellofemoral pain syndrome. *American Family Physician*. [Review]. 2007 15 Jan;75(2):194-202.
307. Witvrouw E, Lysens R, Bellemans J, Cambier D, Vanderstraeten G. Intrinsic risk factors for the development of anterior knee pain in an athletic population. A two-year prospective study. *Am J Sports Med*. 2000 Jul-Aug;28(4):480-9.
308. LaBella C. Patellofemoral pain syndrome: evaluation and treatment. *Prim Care*. 2004 Dec;31(4):977-1003.
309. Myer GD, Ford KR, Barber Foss KD, Goodman A, Ceasar A, Rauh MJ, et al. The incidence and potential pathomechanics of patellofemoral pain in female athletes. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2010 Aug;25(7):700-7.
310. Fredericson M, Yoon K. Physical examination and patellofemoral pain syndrome. *Am J Phys Med Rehabil*. 2006 Mar;85(3):234-43.
311. Waryasz. Patellofemoral pain syndrome (PFPS): A systematic review of anatomy and potential risk factors. *Dynamic Medicine*. 2008;7(1).
312. Kwak SD, Ahmad CS, Gardner TR, Grelsamer RP, Henry JH, Blankevoort L, et al. Hamstrings and iliotibial band forces affect knee kinematics and contact pattern. *J Orthop Res*. 2000 Jan;18(1):101-8.
313. Merican AM, Iranpour F, Amis AA. Iliotibial band tension reduces patellar lateral stability. *J Orthop Res*. 2009 Mar;27(3):335-9.
314. Perez VE. Patellofemoral Rehabilitation. *Operative Techniques in Orthopaedics*. 2007 Oct;17(4):257-64.
315. van Kampen A, Huiskes R. The three-dimensional tracking pattern of the human patella. *J Orthop Res*. 1990 May;8(3):372-82.
316. Hefzy MS, Jackson WT, Saddemi SR, Hsieh YF. Effects of tibial rotations on patellar tracking and patello-femoral contact areas. *J Biomed Eng*. 1992 Jul;14(4):329-43.
317. Puniello MS. Iliotibial band tightness and medial patellar glide in patients with patellofemoral dysfunction. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1993 Mar;17(3):144-8.
318. Herrington L, Rivett N, Munro S. The relationship between patella position and length of the iliotibial band as assessed using Ober's test. *Man Ther*. 2006 Aug;11(3):182-6.
319. Herrington LC. The inter-tester reliability of a clinical measurement used to determine the medial-lateral orientation of the patella. *Man Ther*. 2002 Aug;7(3):163-7.
320. McConnell J. The Management of Chondromalacia Patellae: A Long Term Solution. *The Australian Journal of Physiotherapy*. 1986;32(4):9.
321. Powers CM, Mortenson S, Nishimoto D, Simon D. Criterion-related validity of a clinical measurement to determine the medial/lateral component of patellar orientation. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1999 Jul;29(7):372-7.
322. Herrington L, Nester C. Q-angle undervalued? The relationship between Q-angle and medio-lateral position of the patella. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2004 Dec;19(10):1070-3.
323. Watson CJ, Propps M, Galt W, Redding A, Dobbs D. Reliability of McConnell's classification of patellar orientation in symptomatic and asymptomatic subjects. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1999 Jul;29(7):378-85; discussion 86-93.

324. Watson CJ, Leddy HM, Dynjan TD, Parham JL. Reliability of the lateral pull test and tilt test to assess patellar alignment in subjects with symptomatic knees: student raters. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001 Jul;31(7):368-74.
325. Wilson T. The measurement of patellar alignment in patellofemoral pain syndrome: are we confusing assumptions with evidence? *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007 Jun;37(6):330-41.
326. Song CY, Lin JJ, Jan MH, Lin YF. The role of patellar alignment and tracking in vivo: the potential mechanism of patellofemoral pain syndrome. *Phys Ther Sport.* 2011 Aug;12(3):140-7.
327. Crossley. A systematic review of physical interventions for patellofemoral pain syndrome. *Clinical Journal of Sport Medicine.* 2001;11(2):103-10.
328. Heintjes E, Berger MY, Bierma-Zeinstra SM, Bernsen RM, Verhaar JA, Koes BW. Exercise therapy for patellofemoral pain syndrome. *Cochrane Database Syst Rev.* 2003(4):CD003472.
329. Piva SR, Goodnite EA, Childs JD. Strength around the hip and flexibility of soft tissues in individuals with and without patellofemoral pain syndrome. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy.* 2005 Dec;35(12):793-801.
330. Peeler J, Anderson JE. Effectiveness of static quadriceps stretching in individuals with patellofemoral joint pain. *Clinical Journal of Sport Medicine.* [Comparative Study Research Support, Non-U.S. Gov't]. 2007 Jul;17(4):234-41.
331. Norkin CW, DJ. Measurement of Joint Motion A Guide to Goniometry. 3rd ed. company FAD, editor. Philadelphia: The Taber's; 2003.
332. Mason M, Keys SL, Newcombe PA. The effect of taping, quadriceps strengthening and stretching prescribed separately or combined on patellofemoral pain. *Physiotherapy Research International.* [Randomized Controlled Trial]. 2011 Jun;16(2):109-19.
333. Falvey EC, Clark RA, Franklyn-Miller A, Bryant AL, Briggs C, McCrory PR. Iliotibial band syndrome: an examination of the evidence behind a number of treatment options. *Scand J Med Sci Sports.* 2010 Aug;20(4):580-7.
334. Hudson Z, Darthuy E. Iliotibial band tightness and patellofemoral pain syndrome: a case-control study. *Man Ther.* 2009 Apr;14(2):147-51.
335. Winslow J, Yoder E. Patellofemoral pain in female ballet dancers: correlation with iliotibial band tightness and tibial external rotation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995 Jul;22(1):18-21.
336. Tyler TF, Nicholas SJ, Mullaney MJ, McHugh MP. The role of hip muscle function in the treatment of patellofemoral pain syndrome. *Am J Sports Med.* 2006 Apr;34(4):630-6.
337. Whyte EF, Moran K, Shortt CP, Marshall B. The influence of reduced hamstring length on patellofemoral joint stress during squatting in healthy male adults. *Gait Posture.* 2010 Jan;31(1):47-51.
338. White Lea. Hamstring length in patellofemoral pain syndrome. *Physiotherapy.* 2009;95(1):24-8.
339. Souchart PE, Rééducation posturale globale RPG - La méthode. 1 ed. Paris: Elsevier Masson; 1985.
340. Morris SL, Sharpe MH. PNF revisited. *Physiotherapy Theory and Practice.* 1993;9:43-51.
341. Goodridge JP. Muscle energy technique: definition, explanation, methods of procedure. *J Am Osteopath Assoc.* 1981 Dec;81(4):249-54.

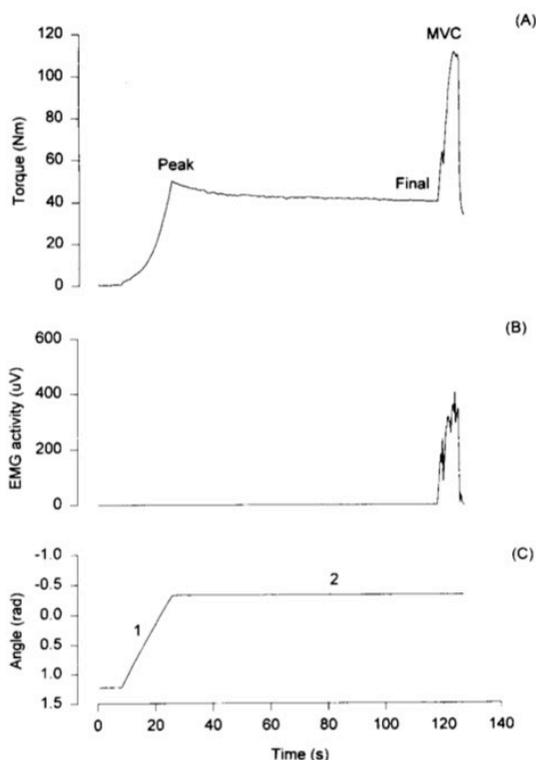
342. Lenehan KL, Fryer G, McLaughlin P. The effect of muscle energy technique on gross trunk range of motion. *Journal of Osteopathic Medicine*. 2003;6(1):13-8.
343. Smith M, Fryer G. A comparison of two muscle energy techniques for increasing flexibility of the hamstring muscle group. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2008;12(4):312-7.
344. Marieb E. *Human anatomy & physiology*. 7th ed: Benjamin Cummings; 2006.
345. Lin TW, Cardenas L, Soslowsky LJ. Biomechanics of tendon injury and repair. *J Biomech*. 2004 Jun;37(6):865-77.

Annexe 1 - Techniques d'étirement

Il existe trois grandes catégories d'étirement musculaire, soit les étirements dynamiques, statiques et ceux inspirés des techniques de facilitation neuromusculaire de la proprioception (PNF).

Les étirements dynamiques impliquent un mouvement actif pour mettre en tension l'UMT, cette mise en tension peut être lente ou rapide (étirement balistique), mais n'est jamais maintenue, il est aussi possible d'ajouter une composante oscillatoire à la fin du mouvement (*bouncing*) (6, 109, 123).

Les étirements statiques sont effectués lorsqu'une tension est maintenue à la fin de l'amplitude de mouvement. Cette tension peut être maintenue grâce à une force extérieure par exemple, la gravité ou la force d'une autre personne (6, 123). L'étirement statique peut être divisé en deux parties : la mise en tension et le maintien de la tension (108) (voir graphique 1). À l'intérieur de cette catégorie il est aussi possible de distinguer les étirements intermittents des étirements continus créés à l'aide des orthèses. L'étirement des chaînes musculaires est une variante des étirements statiques. Cette technique est tirée de la rééducation posturale globale et tous les muscles d'une même chaîne musculaire y sont mis en tension dans une posture qui est maintenue environ 15 minutes (209). Il existe huit chaînes musculaires et une même chaîne musculaire est un ensemble de muscles reliés anatomiquement (338).

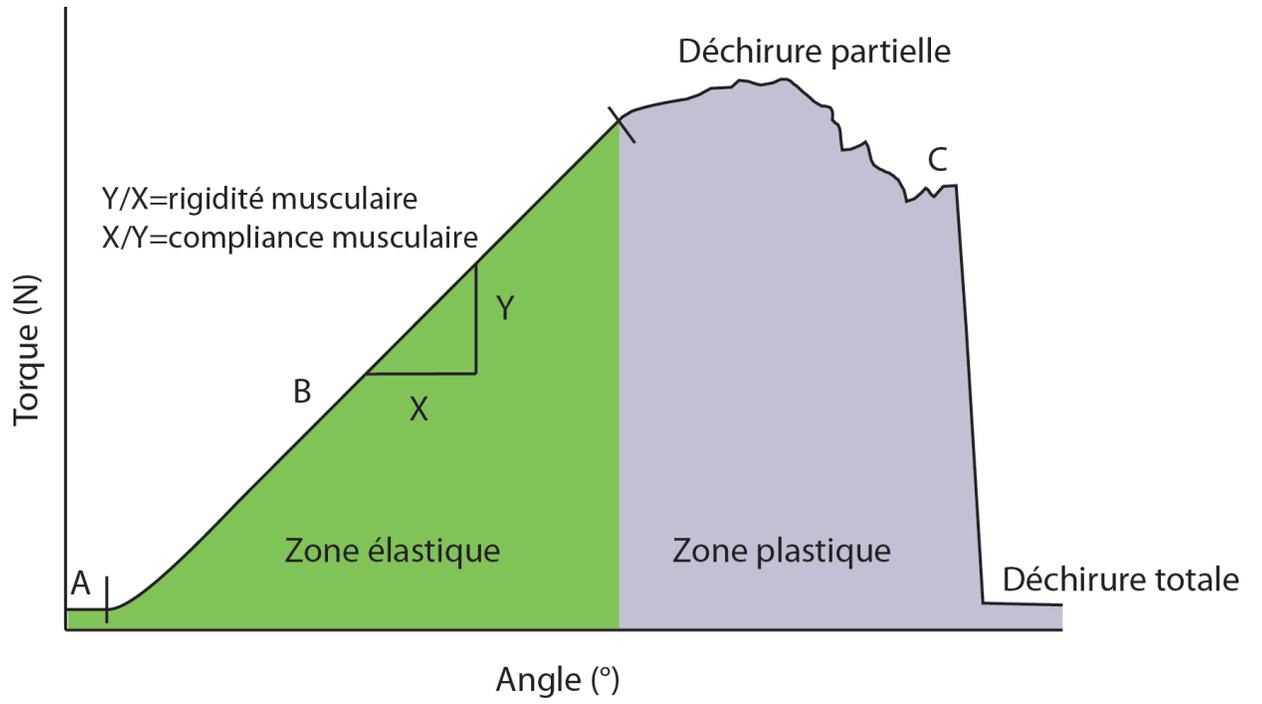


Graphique 1

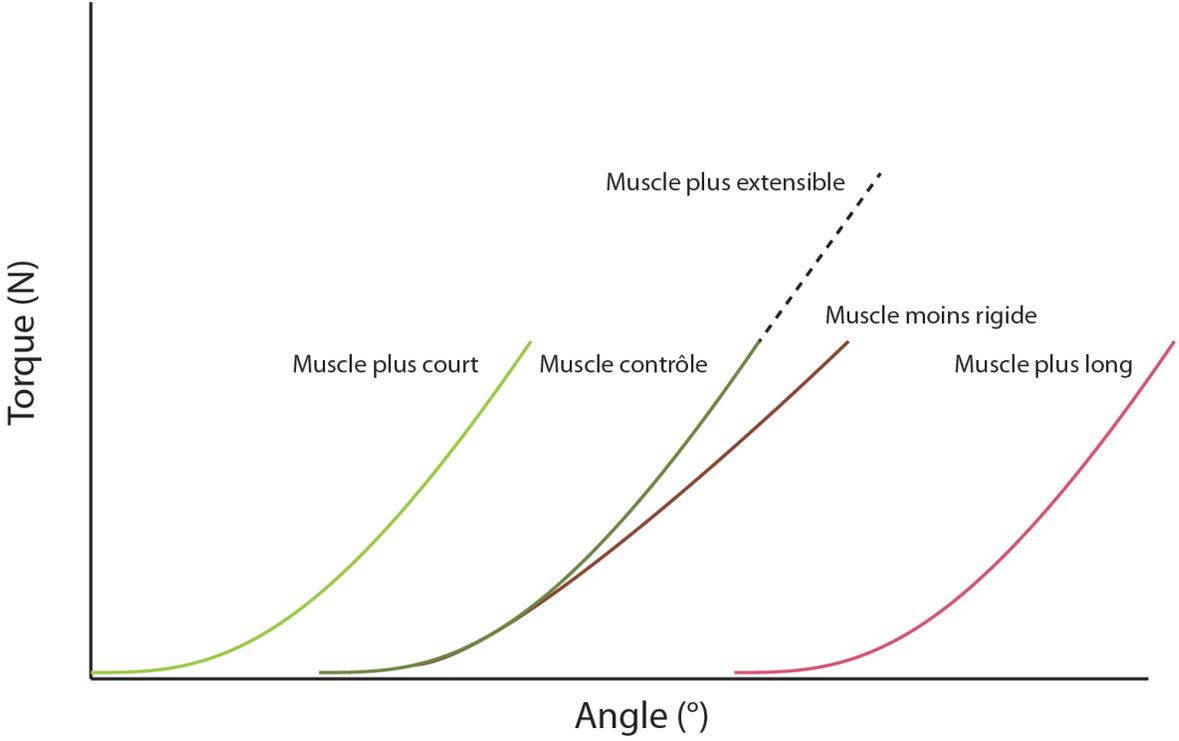
Tiré de : Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Boesen J, Johannsen F, Kjaer M. *Determinants of musculoskeletal flexibility: viscoelastic properties, cross-sectional area, EMG and stretch tolerance*. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 1997;7(4):195-202. (108)

Les étirements inspirés du PNF proviennent des travaux de Kabat, il a décrit cette approche thérapeutique vers la fin des années 40 afin de traiter des patients paralysés. Ses travaux se basent sur la neurophysiologie, le modèle de réflexe de Sherrington, l'apprentissage moteur et le développement moteur. Quelques années plus tard, Voss et Knott ont popularisé ces techniques et ont développé d'autres outils afin d'élargir leur champ d'application (339), de ces travaux découlent trois techniques d'étirement. Le contracter-relâcher (*contract-relax, CR*), débute par une contraction maximale isotonique contre une résistance des muscles à étirer dans à la fin de l'amplitude articulaire disponible. La contraction est suivi d'une relaxation puis un partenaire bouge le membre jusqu'à la nouvelle limitation d'amplitude articulaire et maintient un étirement passif (6, 50, 123). (50). Le contracter-relâcher avec contraction des agonistes (*CRAC*) est similaire à la première technique, mais ce sont les muscles agonistes qui contractent avant l'étirement passif (6, 50, 123). Finalement le tenir-relâcher (*hold-relax*) implique contraction sous-maximale des muscles antagonistes, une période de relaxation, puis ce sont les muscles agonistes qui amènent le membre dans la nouvelle amplitude articulaire avant l'étirement statique (6, 50, 123). Plus récemment, des ostéopathes ont intégré ces notions dans leur concept de traitement d'énergie musculaire. Les techniques d'énergie musculaire (*muscle energy technique, MET*) relative aux étirements sont donc similaires à ceux du PNF (113, 340-342).

Annexe 2 - Analyse de la courbe torque/angle



Annexe 3 – Comparaison de différents muscles dans la courbe torque/angle



Annexe 4 - Rappel des composantes de base de l'unité

musculotendineuse

Afin de mieux comprendre comment le muscle réagit lors de sa mise en tension, il est important de connaître sa composition.

Une dissection du muscle montre que celui-ci est composé d'un arrangement parallèle de structures appelées fascicules. À l'intérieur du fascicule se retrouvent plusieurs fibres musculaires. Chacune d'elle est une longue cellule cylindrique dans laquelle il y a les myofibrilles. Chaque myofibrille est composée de plusieurs sarcomères en séries. Les sarcomères sont l'unité contractile du muscle où les contractions sont réalisées par le rapprochement des filaments de la protéine actine et de la protéine myosine. Une autre protéine du sarcomère, nommée titine, relie les filaments de myosine aux extrémités du sarcomère. Chaque sous-section du muscle est enveloppée de tissus conjonctifs; l'épimysium enveloppe le muscle, le péri-mysium entoure le fascicule, tandis que l'endomysium se situe autour de chaque cellule (fibre) musculaire. Sous l'endomysium se retrouve le sarcolemme soit la membrane cellulaire (343).

Le tendon est un tissu conjonctif composé majoritairement d'eau (60 à 80 %)(344) et de fibres. Celles-ci sont majoritairement des fibres de collagène parallèles (86 %), conférant la rigidité au tendon et des fibres d'élastine (2 %) lui permettant de reprendre sa longueur initiale après la mise en tension. Les fibres du tendon ne sont pas parfaitement droites au repos, elles sont ondulées (23).

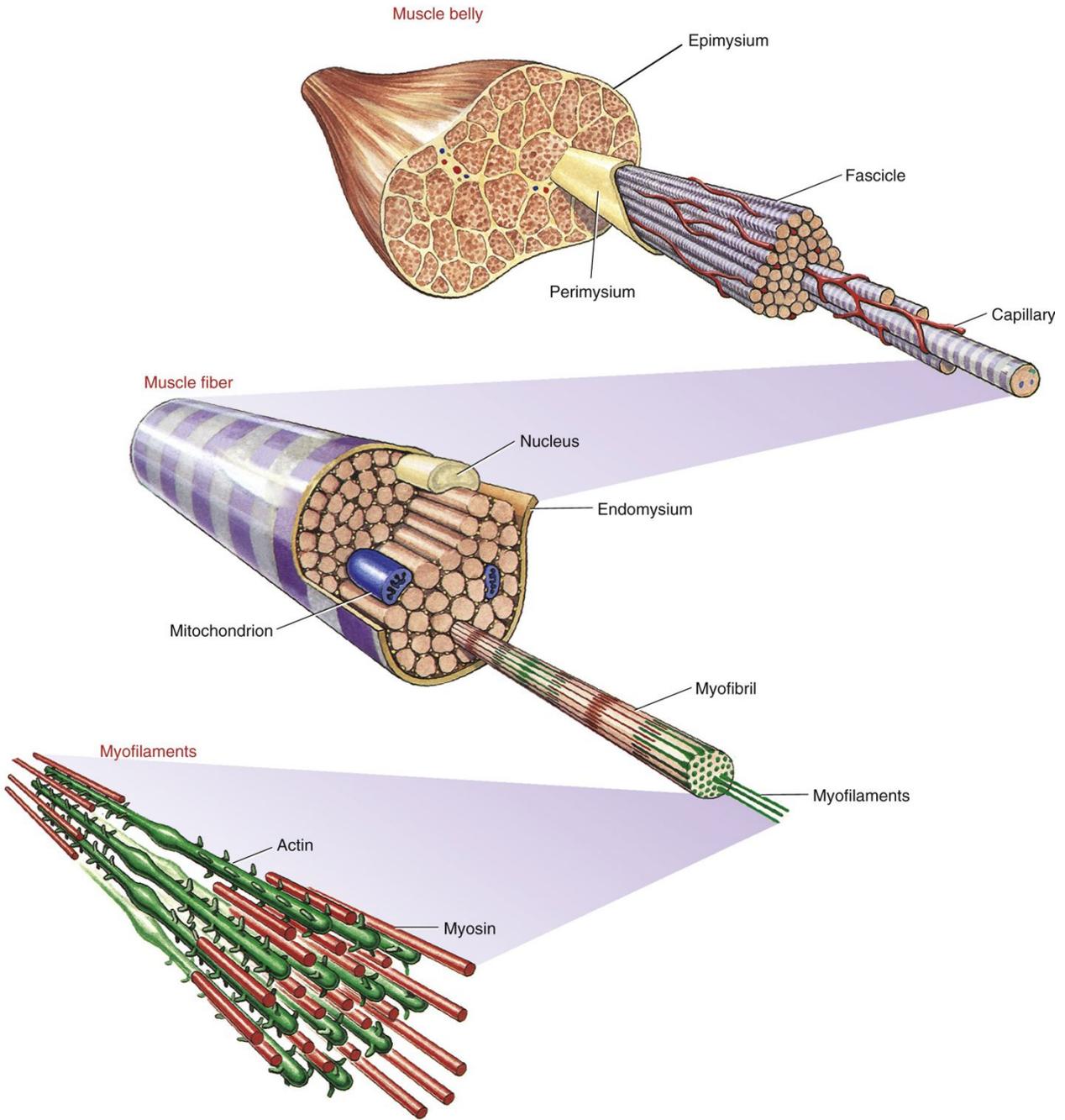
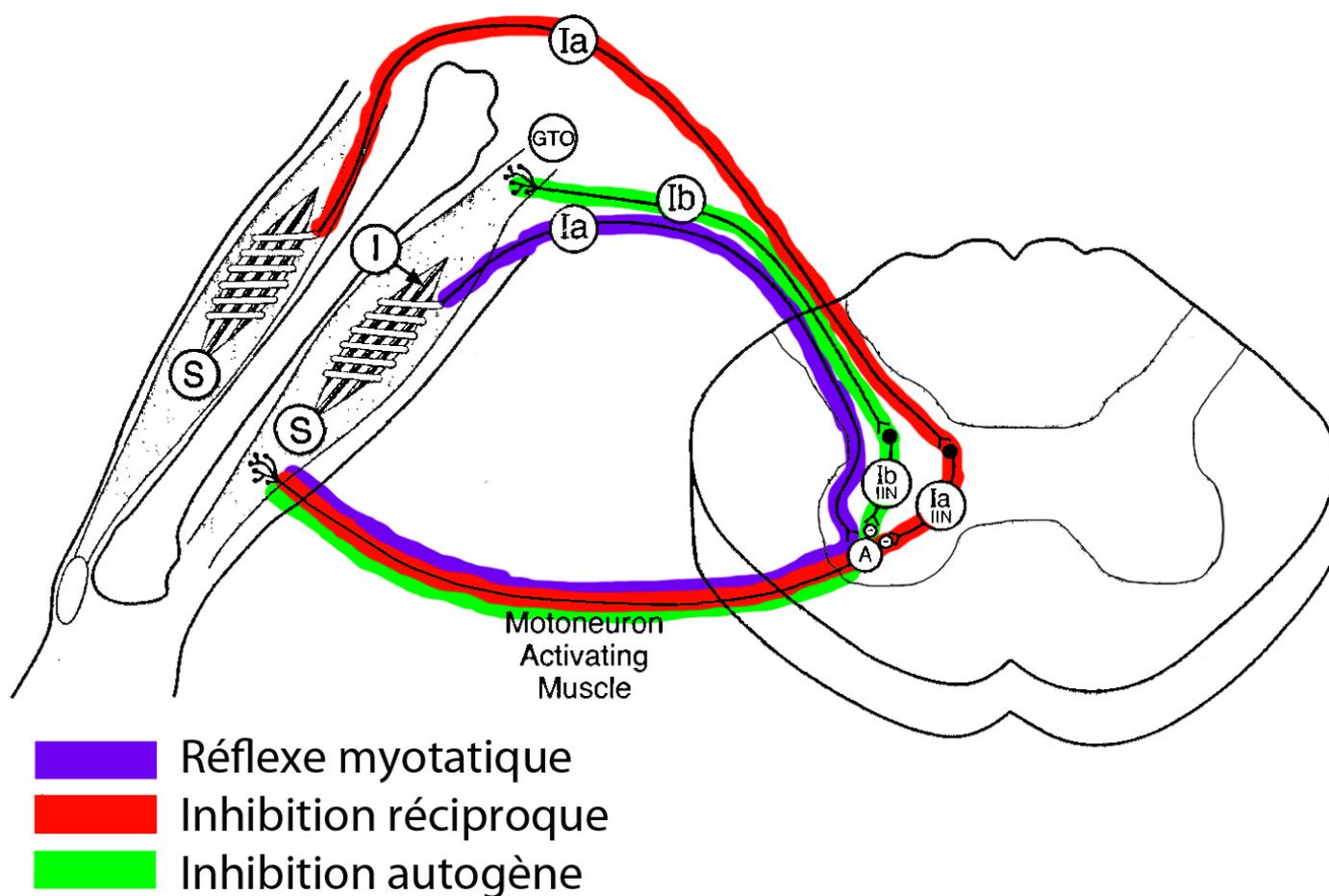


Figure 2

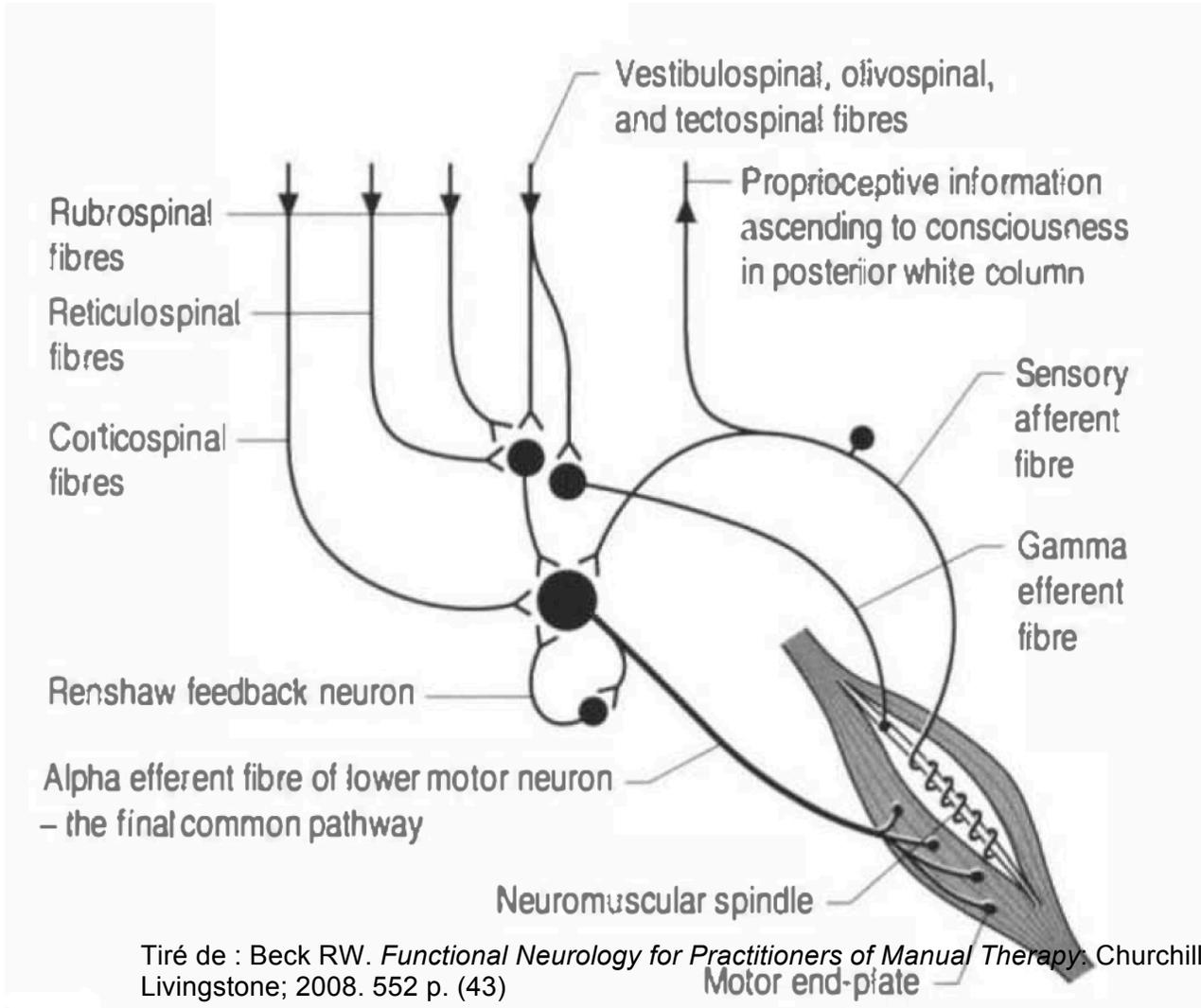
Tiré de : Neumann, Donald A.. *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation, 2nd Edition*. Mosby, 2002. p. 50 (101)

Annexe 5 – Circuit neuronaux de différents réflexe



Adapté de : Chalmers G. *Re-examination of the possible role of Golgi tendon organ and muscle spindle reflexes in proprioceptive neuromuscular facilitation muscle stretching.* Sports Biomech. 2004;3(1):159-83(104)

Annexe 6 – Inputs afférents du motoneurone Alpha



ANNEXE 7 – Échelle PEDro

Échelle PEDro

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôlée conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:

Précisions pour l'utilisation de l'échelle PEDro:

Tous les critères **Les points sont attribués uniquement si le critère est clairement respecté.** Si, lors de la lecture de l'étude, on ne retrouve pas le critère explicitement rédigé, le point ne doit pas être attribué à ce critère.

Critère 1	Ce critère est respecté si l'article décrit la source de recrutement des sujets et une liste de critères utilisée pour déterminer qui était éligible pour participer à l'étude.
Critère 2	Une étude est considérée avoir utilisé une <i>répartition aléatoire</i> si l'article mentionne que la répartition entre les groupes a été faite au hasard. La méthode précise de répartition aléatoire n'a pas lieu d'être détaillée. Des procédures comme pile ou face ou le lancé de dés sont considérées comme des méthodes de répartition aléatoire. Les procédures quasi-aléatoires, telles que la répartition selon le numéro de dossier hospitalier ou la date de naissance, ou le fait de répartir alternativement les sujets dans les groupes, ne remplissent pas le critère.
Critère 3	Une <i>assignation secrète</i> signifie que la personne qui a déterminé si un sujet répondait aux critères d'inclusion de l'étude ne devait pas, lorsque cette décision a été prise, savoir dans quel groupe le sujet serait admis. Un point est attribué pour ce critère, même s'il n'est pas précisé que l'assignation est secrète, lorsque l'article mentionne que la répartition a été réalisée par enveloppes opaques cachetées ou que la répartition a été réalisée par table de tirage au sort en contactant une personne à distance.
Critère 4	Au minimum, lors d'études concernant des interventions thérapeutiques, l'article doit décrire au moins une mesure de la gravité de l'affection traitée et au moins une mesure (différente) sur l'un des critères de jugement essentiels en début d'étude. L'évaluateur de l'article doit s'assurer que les résultats des groupes n'ont pas de raison de différer de manière cliniquement significative du seul fait des différences observées au début de l'étude sur les variables pronostiques. Ce critère est respecté, même si les données au début de l'étude ne sont présentées que pour les sujets qui ont terminé l'étude.

- Critères 4, 7-11 Les *critères de jugement* essentiels sont ceux dont les résultats fournissent la principale mesure de l'efficacité (ou du manque d'efficacité) du traitement. Dans la plupart des études, plus d'une variable est utilisée pour mesurer les résultats.
- Critères 5-7 Être "*en aveugle*" signifie que la personne en question (sujet, thérapeute ou évaluateur) ne savait pas dans quel groupe le sujet avait été réparti. De plus, les sujets et les thérapeutes sont considérés être "*en aveugle*" uniquement s'il peut être attendu qu'ils ne sont pas à même de faire la distinction entre les traitements appliqués aux différents groupes. Dans les essais dans lesquels les critères de jugement essentiels sont autoévalués par le sujet (ex. échelle visuelle analogique, recueil journalier de la douleur), l'évaluateur est considéré être "*en aveugle*" si le sujet l'est aussi.
- Critère 8 Ce critère est respecté uniquement si l'article mentionne explicitement *à la fois* le nombre de sujets initialement répartis dans les groupes *et* le nombre de sujets auprès de qui les mesures ont été obtenues pour les critères de jugement essentiels. Pour les essais dans lesquels les résultats sont mesurés à plusieurs reprises dans le temps, un critère de jugement essentiel doit avoir été mesuré pour plus de 85% des sujets à l'une de ces reprises.
- Critère 9 Une *analyse en intention* de traiter signifie que, lorsque les sujets n'ont pas reçu le traitement (ou n'ont pas suivi l'intervention contrôle) qui leur avait été attribué, et lorsque leurs résultats sont disponibles, l'analyse est effectuée comme si les sujets avaient reçu le traitement (ou avaient suivi l'intervention contrôle) comme attribué. Ce critère est respecté, même sans mention d'une analyse en intention de traiter si l'article mentionne explicitement que tous les sujets ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle comme attribué.
- Critère 10 Une comparaison statistique *intergroupe* implique une comparaison statistique d'un groupe par rapport à un autre. Selon le plan expérimental de l'étude, cela peut impliquer la comparaison de deux traitements ou plus, ou la comparaison d'un traitement avec une intervention contrôle. L'analyse peut être une simple comparaison des résultats mesurés après administration des traitements, ou une comparaison du changement dans un groupe au changement dans un autre (quand une analyse factorielle de variance a été utilisée pour analyser les données, ceci est souvent indiqué sous la forme d'une interaction groupe x temps). La comparaison peut prendre la forme d'un test sous hypothèses (qui produit une valeur "p", décrivant la probabilité que les groupes diffèrent uniquement du fait du hasard) ou prendre la forme d'une estimation (par exemple: différence de moyennes ou de médianes, différence entre proportions, nombre nécessaire de sujets à traiter, risque relatif ou rapport de risque instantané dit "hazard ratio") et de son intervalle de confiance.
- Critère 11 Une *estimation de l'effet* est une mesure de la taille de l'effet du traitement. L'effet du traitement peut être décrit soit par une différence entre les groupes, soit par le résultat au sein (de chacun) de tous les groupes. Les *estimations de la variabilité* incluent les écarts-types, les erreurs standards, les intervalles de confiance, les intervalles interquartiles (ou autres quantiles) et les étendues. Les estimations de l'effet et/ou de la variabilité peuvent être fournies sous forme graphique (par exemple, les écarts-types peuvent être représentés sous forme de barres d'erreurs dans une figure) à la condition expresse que le graphique soit clairement légendé (par exemple, qu'il soit explicite que ces barres d'erreurs représentent des écarts-type ou des erreurs-standard). S'il s'agit de résultats classés par catégories, ce critère est considéré respecté si le nombre de sujets de chaque catégorie est précisé pour chacun des groupes.

ANNEXE 8 – Fiche d'extraction des données

Sujets	
Taille de l'échantillon (n)	
Genre (M/F)	
Âge (moyenne et écart-type)	
Niveau d'extensibilité antérieur	
Groupe (description et nombre)	
Paramètres d'étirement	
Durée de l'étirement (sec) et durée du protocole	
Fréquence (nombre de sessions par semaine)	
Répétition par session	
Position (debout, décubitus dorsal, assis)	
Supervision (oui/non)	
Technique	
Modalités associées (quoi et quand)	
Échauffement (oui/non et le type)	
Résultats	
Mesure de résultats	
Durée des bénéfices	
Temps entre étirement et la mesure des résultats	
Commentaires :	
PEDRo	Oui/Non/Non-spécifié (NS)
1. les critères d'éligibilité ont été précisés	
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes	
3. La répartition a respecté une assignation secrète	
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	
5. tous les sujets étaient "en aveugle »	
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle	
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter	
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	
Pointage Total	/10

ANNEXE 9 – Synthèses des données extraites des études analysées

Études	Pointage PEDro	Gain d'amplitude (°)	Mesure de résultats	Position	Technique	Durée	Protocole	ÉCH	Groupes de comparaison	Temps écoulé avant le post-test
de Weijer et al.(18)	8	14,0	KE actif	DD	Statique	3 x 30 sec	une session	actif	ÉCH, ÉTR, CTR	0, .25, 1, 4, 24h
Ross(167)	6	7,8	KE actif	debout (BAB)	Statique	5 x 30 sec	1/jour, 15 jours	non	CTR	10 min
Bandy et al.(14)	6	11,4	KE passif	debout	Statique	1 x 30 sec	5x/sem, 6 sem	non	ÉTR dynamique, CTR	2 jours
Bandy et Iron(12)	6	12,5	KE passif	debout	Statique	1 x 30 sec	5x/sem, 6 sem	non	15sec, 60 sec, CTR	2 jours
Borman et al.(165)	6	14,5	KE actif	Assis et debout	Statique	2 x 30 sec	4/sem, 4sem	non	CTR, ÉTR assis	N/S
Covert et al.(16)	6	11,9	KE passif	DD	Statique	1 x 30 sec	3/sem, 4 sem	actif	CTR, Balistique1 cycle/sec 30 sec	N/S
Taylor et al.(134)	6	5,7	KE actif	assis	Statique	1 x 60 sec	1/sem, 3 sem	chaleur	Glace + ÉTR, ÉTR	immédiat
Webright et al.(136)	6	10,2	KE actif	assis	Actif SLUMP	30 x 1 sec	2/jour, 6 sem	actif	1 x 30 sec Statique, CTR	NS
Wiemann et Hahn(137)	6	8,4	SLR	NS	Ballistique	3 x 15 sec rep	une session	actif	15 sec Statique, ÉCH, CTR	immédiat
Decoster et al.(19)	5	9,4	KE actif	debout	Statique	3 x 30 sec	3/sem, 3 sem	non	DD Statique	< 2 jours
Youdas et al.(156)	5	15,0	KE actif	DD	PNF	1 x 20 sec (cycle)	une session	non	1 x 10 sec (cycle) HR	immédiat
Bandy et al.(13)	5	11,5	KE passif	debout	Statique	1 x 30 sec	5x/sem, 6 sem	non	3 x 30 sec, 3 x 60 sec, 1 x 60 sec, CTR	2 jours
Chan et al.(124)	5	11,2	KE passif	assis	Statique	5 x 30 sec	3/sem, 8 sem	actif	4 semaines (2 x 5 x 30 sec), CTR	1 jour
Cipriani et al.(15)	5	28,0	SLR	debout	Statique	6 x 10 sec	2/jour, 6 sem	non	2 x 30 sec	NS
Funk et al.(125)	5	N/A	KE passif	Assis	Statique	3 x 30 sec	1/sem, 2 sem	non	Chaleur	NS
Hubley et al.(128)	5	9,0	SLR	NS	Statique	15 min	une session	non	Vélo avec ou sans ÉTR	0, 15 min
Marshall et al.(148)	5	15,9	ISLR	DD et debout	Statique	3 x 30 sec	5/sem, 4sem	non	CTR	NS
Nelson et al.(122)	5	12,0	KE passif	debout	Statique	1 x 30 sec	3/sem, 6 sem	non	Renforcement excentrique, CTR	2 jours
O'Hora et al.(151)	5	11,8	KE passif	DD	PNF	1 x 6 sec	une session	non	Statique (1 x 30 sec)	immédiat
Rancour et al.(153)	5	20,5	SLR	debout (BAB)	Statique	2 x 30 sec	2/jour, 7 jours/sem, 4sem	non	N/A	N/S
Roberts et Wilson(130)	5	8,5	KE (actif + passif)	NS	Statique (actif)	3 x 15 sec	3/sem, 5 sem	actif	9 x 5 sec, CTR	N/S
Sullivan et al.(133)	5	12,9	KE actif	debout (BAB)	PNF	1 x 30 sec	4/sem, 2 sem	actif	BPB Statique et PNF, BAB Statique	même jour
Worrell et al.(140)	5	9,5	KE actif	debout (BAB)	PNF	4 x 20 sec (cycle)	5/sem, 3 sem	non	Statique x 15 sec	NS
Puentedura et al.(152)	5	9,1	KE actif	DD	Statique	2 x 30 sec	une session	actif	PNF, jambe gauche CTR	30 sec
Ford et al.(144)	4	3,6	KE passif	assis	Statique	1 x 60 sec	7/sem, 5 sem	non	CTR,1 x 30, 1 x 90, 1x 120	N/S

Études	Pointage PEDro	Gain d'amplitude (°)	Mesure de résultats		Technique	Durée	Protocole	ÉCH	Groupes de comparaison	Temps écoulé avant le post-test
			Position							
Ayala et de Baranda Andujar(11)	4	21,4	SLR	Assis et debout	Statique (actif)	4 x 45 sec	3/sem, 12 sem	non	CTR, 12x15sec, 6x30sec	3 jours
DePino et al.(20)	4	6,8	KE actif	debout (BAB)	Statique	4 x 30 sec	une session	actif	CTR	1,3,6,9,15 et 30 min
Feland et Marin(166)	4	5,1	KE passif	assis	PNF	3 x 6 sec (100% CM) (cycle)	1/jour, 5 jours	non	CTR, 20% CM, 60% CM	immédiat
Ford et McChesney(21)	4	7,2	KE actif	N/S	Statique (actif)	10 x 10sec	une session	non	CTR, Statique, PNF	0, 3, 7, 12, 18, 25 min
Reid et Mc Nair(78)	4	10,0	KE passif	debout	Statique	3 x 30 sec	5/sem, 6sem	non	CTR	N/S
Rowlands et al.(131)	4	33,6	SLR	DD et assis	PNF	3 x 25 sec (cycle)	2/sem, 6 sem	actif	PNF, CTR	1 jour
Sainz de Baranda et Ayala(154)	4	20,8	SLR	Assis et debout	statique	12 x 15 sec	3/sem, 12 sem	non	CTR, 12 x 15 sec actif/passif, 6x 30 sec actif/passif, 4x 45 sec actif/passif	2 jours
Smith et Fryer(168)	4	6,4	KE actif	DD	PNF	4 x 13 sec (cycle)	1/sem, 2 sem	non	PNF 3x 43 sec (cycle)	immédiat
Spernoga et al.(132)	4	7,8	KE actif	DD	PNF	5 x 26 sec (cycle)	une session	actif	CTR	0, 2, 4, 6, 8, 16 et 32 min
Wallin et al.(135)	4	8,5	SLR	debout	PNF	5 x 19 sec (cycle)	3/sem, 4 sem	non	ÉTR Balistique	N/S
Wathman et al.(155)	4	4,9	KE passif assis	assis	Statique	4 x 20 sec	une session	non	Même ÉTR avec contraction active post-ÉTR	0, 5, 10, 15 et 20 min
Willy et al.(139)	4	12,3	KE actif	debout (BAB)	Statique	2x 30 sec	5/sem, 6sem	actif	CTR	N/S
Yuktasir et Kaya(157)	4	19,2	KE passif	DD	PNF	4 x 40 sec (cycle)	4/sem, 6 sem	non	CTR, statique	1 jour
Fasen et al.(143)	3	6,5	KE passif	DD	Statique	3 x 30 sec	3/sem, 4 sem	non	CTR, 90/90 actif, 90/90 passif, SLR actif	N/S
Meroni et al.(149)	3	8,7	KE actif (assis)	assis	Statique (actif)	1 x 30 sec	2/jour, 4/sem, 6 sem	non	Statique passif	N/S et 4 sem post-intervention
Davis et al.(17)	3	23,7	KE passif	DD	Statique	1 x 30 sec	3/sem, 4 sem	non	CTR, ÉTR actif, PNF	immédiat
Marques et al.(146)	3	19,0	KE actif	debout et DD	Statique	2 x 30 sec	3/sem, 4 sem	non	1/sem, 5/sem	N/S
Moller et al.(129)	3	6,0	SLR	debout	PNF	5 x 16 sec (cycle)	une session	actif	Aucun	0, 30, 60 et 90 min
Halbertsma et al.(126)	2	8,9	ISLR	debout	Statique	10 x 30 sec	une session	non	CTR	immédiat
Halbertsma et Goeken(32)	2	5,2	ISLR	Assis	PNF	1 x 10 min	2/jour, 4 sem	non	CTR	N/S
Hartig et Henderson(127)	2	7,0	KE passif	debout	Statique	5 x 30 sec	4/jour, 7 sem	non	CTR	N/S
Osterning et al.(110)	2	5,3	KE (N/S)	DD	PNF	1x 80 sec	une session	oui	Statique, CTR	N/S
Prentice(141)	2	12,0	SLR	DD	PNF	3 x 20 sec (cycle)	3/sem, 10 sem	N/S	Statique	N/S
Wiktorsson-Møller et al.(138)	2	9,0	SLR	NS	PNF	6 x 16 sec (cycle)	une session	actif	Aucun	immédiat

Abréviations : ÉTR, étirement ; ÉCH, échauffement ; KE, test d'extension du genou ; SLR, épreuve de la jambe tendue ; CTR, groupe contrôle ; BAB, bascule antérieure du bassin ; BPB, bascule postérieure du bassin ; N/S, non-spécifié ; PNF, *proprioceptive neuromuscular facilitation* ; DD, décubitus dorsal ; CM, contraction maximale ; NA, non-applicable ; sem, semaine
 Les données surlignées en gris sont les études récentes ajoutées à la revue de Decoster et al. (39)

ANNEXE 10 – Tableau des gains d’AA en fonction de la dose d’étirements

Études*	Dose (sec)	Gain d'amplitude (°)
Feland et Marin(166)	90	5,1
Smith et Fryer(168)	104	6,4
Taylor et al.(134)	180	5,7
Sullivan et al.(133)	240	12,9
Davis et al.(17)	360	23,7
Covert et al.(16)	360	11,9
Webright et al.(136)	360	10,2
Nelson et al.(122)	540	12,0
Roberts et Wilson(130)	675	8,5
Marques et al.(146)	720	19,0
Decoster et al.(19)	810	9,4
Rowlands et al.(131)	900	33,6
Bandy et Iron(12)	900	12,5
Bandy et al.(13)	900	11,5
Bandy et al.(14)	900	11,4
Borman et al.(165)	960	14,5
Fasen et al.(143)	1080	6,5
Wallin et al.(135)	1140	8,5
Worrell et al.(140)	1200	9,5
Meroni et al.(149)	1440	8,7
Marshall et al.(148)	1800	15,9
Willy et al.(139)	1800	12,3
Prentice(141)	1800	12,0
Ford et al. (144)	2100	3,6
Ross(167)	2250	7,8
Reid et Mc Nair(78)	2700	10,0
Rancour et al.(153)	3360	20,5
Chan et al.(124)	3600	11,2
Yuktasir et Kaya(157)	3840	19,2
Cipriani et al.(15)	5040	28,0
Ayala et de Baranda Andujar(11)	6480	21,4
Sainz de Baranda et Ayala(154)	6480	20,8
Hartig et Henderson(127)	29400	7,0
Halbertsma et Goeken(32)	33600	5,2

*Les sessions uniques ne sont pas incluses

ANNEXE 11 – Niveaux d’évidence du Center of Evidence Based Medicine



Level	Therapy/Prevention, Aetiology/Harm Prognosis Diagnosis Differential diag/symptom prevalence Economic and decision analyses	
1A	Therapy/Prevention, Aetiology/Harm Prognosis Diagnosis Differential diag/symptom prevalence Economic and decision analyses	1a SR (with homogeneity*) of RCTs SR (with homogeneity*) of inception cohort studies; CDR† validated in different populations SR (with homogeneity*) of Level 1 diagnostic studies; CDR† with 1b studies from different clinical centres SR (with homogeneity*) of prospective cohort studies SR (with homogeneity*) of Level 1 economic studies
1b	Therapy/Prevention, Aetiology/Harm Prognosis Diagnosis Differential diag/symptom prevalence Economic and decision analyses	Individual RCT (with narrow Confidence Interval‡) Individual inception cohort study with > 80% follow-up; CDR† validated in single population Validating** cohort study with good††† reference standards; or CDR† tested within one clinical centre Prospective cohort study with good follow-up**** Analysis based on clinically sensible costs or alternatives; systematic review(s) of the evidence; and including multi-way sensitivity analyses
1c	Therapy/Prevention, Aetiology/Harm Prognosis Diagnosis Differential diag/symptom prevalence Economic and decision analyses	All or none§ All or none case series Absolute SpPins and SnNouts†† All or none case-series Absolute better-value or worse-value analyses †††
2a	Therapy/Prevention, Aetiology/Harm Prognosis Diagnosis Differential diag/symptom prevalence Economic and decision analyses	SR (with homogeneity*) of cohort studies SR (with homogeneity*) of either retrospective cohort studies or untreated control groups in RCTs SR (with homogeneity*) of Level >2 diagnostic studies SR (with homogeneity*) of 2b and better studies SR (with homogeneity*) of Level >2 economic studies
2b	Therapy/Prevention, Aetiology/Harm Prognosis Diagnosis Differential diag/symptom prevalence Economic and decision analyses	Individual cohort study (including low quality RCT; e.g., <80% followup) Retrospective cohort study or follow-up of untreated control patients in an RCT; Derivation of CDR† or validated on split sample §§§ only Exploratory** cohort study with good††† reference standards; CDR† after derivation, or validated only on split-sample§§§ or databases Retrospective cohort study, or poor follow-up Analysis based on clinically sensible costs or alternatives; limited review(s) of the evidence, or single studies; and including multi-way sensitivity analyses
2c	Therapy/Prevention, Aetiology/Harm Prognosis Diagnosis Differential diag/symptom prevalence Economic and decision analyses	"Outcomes" Research; Ecological studies "Outcomes" Research Ecological studies Audit or outcomes research
3a	Therapy/Prevention, Aetiology/Harm Prognosis Diagnosis Differential diag/symptom prevalence Economic and decision analyses	SR (with homogeneity*) of case-control studies SR (with homogeneity*) of 3b and better studies SR (with homogeneity*) of 3b and better studies SR (with homogeneity*) of 3b And better studies
3b	Therapy/Prevention, Aetiology/Harm Prognosis Diagnosis Differential diag/symptom prevalence Economic and decision analyses	Individual Case-Control Study Non-consecutive study; or without consistently applied reference standards Non-consecutive cohort study, or very limited population Analysis based on limited alternatives or costs, poor quality estimates of data, but including sensitivity analyses Incorporating clinically sensible variations.
4	Therapy/Prevention, Aetiology/Harm Prognosis Diagnosis Differential diag/symptom prevalence Economic and decision analyses	Case-series (and poor quality cohort and casecontrol studies§§) Case-series (and poor quality prognostic cohort studies***) Case-control study, poor or nonindependent reference standard Case-series or superseded reference standards Analysis with no sensitivity analysis
5	Therapy/Prevention, Aetiology/Harm Prognosis Diagnosis Differential diag/symptom prevalence Economic and decision analyses	Expert opinion without explicit critical appraisal, or based on physiology, bench research or "first principles" Expert opinion without explicit critical appraisal, or based on physiology, bench research or "first principles" Expert opinion without explicit critical appraisal, or based on physiology, bench research or "first principles" Expert opinion without explicit critical appraisal, or based on physiology, bench research or "first principles" Expert opinion without explicit critical appraisal, or based on economic theory or "first principles"

Oxford Centre for Evidence-based Medicine Levels of Evidence (March 2009)
(for definitions of terms used see glossary at <http://www.cebm.net/?o=1116>)

Produced by Bob Phillips, Chris Ball, Dave Sackett, Doug Badenoch, Sharon Straus, Brian Haynes, Martin Dawes since November 1998. Updated by Jeremy Howick March 2009.

ANNEXE 12 – Article soumis à Physio Québec

Les étirements musculaires avec une clientèle lombalgique: les utilisez-vous adéquatement?

Desjardins-Charbonneau A., Fortin E., Hébert S. et Rouzier J. en collaboration avec Pottie F. Programme de physiothérapie, École de réadaptation, Université de Montréal

Introduction

Les professionnels de la physiothérapie, entraîneurs et athlètes utilisent les étirements musculaires au quotidien. Cependant, l'efficacité de cette modalité a été remise en doute par une récente revue systématique du groupe Cochrane (9). Selon celle-ci, les étirements ne permettent aucune amélioration au niveau des contractures, de la qualité de vie, de la douleur, de la limitation activité et de la participation. Les résultats de cette revue doivent être nuancés puisque les populations étudiées représentent inadéquatement la clientèle musculosquelettique traitée par le physiothérapeute. Par exemple, aucune étude analysée ne traitait de pathologies fréquentes comme les lombalgies, tandis que des études sur la thérapie post-radiation de la mâchoire et sur la fibrose de la sous-muqueuse orale ont été considérées. L'objectif de cette revue de la littérature est donc de valider l'utilisation des étirements musculaires en physiothérapie auprès d'une clientèle lombalgique.

Indications générales et principes sous-jacents aux étirements musculaires

Une atteinte des système neuro-méningé, articulaire ou myofacial peut causer une diminution d'amplitude articulaire (AA). Les étirements musculaires sont seulement indiqués dans le but d'augmenter l'extensibilité lorsque le système myofacial est responsable de la restriction d'AA. Trois types de restrictions myofasciales peuvent être traités adéquatement à l'aide d'étirements musculaires : un muscle ayant été immobilisé en position raccourcie verra son extensibilité augmenter via une addition du nombre de sarcomère en série (36), un muscle traumatisé ou présentant du tissu cicatriciel verra son extensibilité augmenter via un changement dans le tissu conjonctif (50) et un muscle dont la tolérance à l'étirement est diminuée verra son extensibilité augmenter via une augmentation de cette tolérance (37). Le tonus actif est aussi une limitation de type myofasciale; toutefois les étirements musculaires sont peu indiqués dans ce cas et il faut plutôt traiter la cause sous-jacente à cette activation musculaire.

Paramètres optimaux

Plusieurs chercheurs ont étudié les paramètres optimaux d'étirement des ischio-jambiers chez le sujet sain. Les techniques de facilitation proprioceptive neuromusculaire (PNF), d'étirements statiques et d'étirements balistiques sont équivalentes en termes de gains d'AA (39). Pour les étirements statiques et balistiques, la durée optimale d'un étirement

est de 30 secondes, répété de une à cinq fois dans une séance (13). Dans le cas du PNF, la contraction doit être de 20-60% de la contraction maximale isométrique pour une durée de cinq à dix secondes (166). Les étirements doivent être faits de trois à cinq fois par semaine pour une durée minimale de trois semaines afin d'augmenter l'AA (146). Une séance unique d'étirements permet de maintenir des gains d'extensibilité pendant un minimum de trois minutes (20). D'un point de vue clinique, il semble intéressant d'utiliser les effets immédiats des étirements afin de maximiser l'effet d'autres modalités de traitement. Un programme d'étirements semble permettre une rétention des gains pour une durée d'environ 72 heures suite à son arrêt (39). Ainsi, pour conserver les gains déjà acquis, les séances devraient être répétées de deux à trois fois par semaine dans le cadre d'un programme de maintien (139). Compte tenu des populations étudiées, ces conclusions ne s'appliquent toutefois qu'aux ischio-jambiers d'une population asymptomatique de moins de 60 ans. Cependant, en l'absence de données probantes, nous croyons que ces paramètres pourraient être utilisés pour l'étirement d'autres groupes musculaires.

Efficacité des étirements dans le traitement des lombalgies

Dans le traitement de la lombalgie en phase aiguë ou sub-aiguë, une seule étude isolant les étirements musculaires a pu être recensée et les auteurs n'ont étudié que les effets sur la qualité de vie. L'ajout d'exercices d'étirements musculaires a résulté en une amélioration significative de la patience, de l'énergie, de l'humeur et de la situation familiale, mais pas de la qualité du sommeil ou la perception du niveau de santé (291) (évidence 1b). Aucune conclusion ne peut être faite en ce qui a trait à la douleur ou à la fonction. Ainsi, seul le raisonnement clinique adéquat d'un physiothérapeute pourrait justifier l'utilisation d'exercices d'étirements avec les lombalgiques en phase aiguë ou sub-aiguë puisque la littérature scientifique ne fournit pas assez d'évidences pour justifier à elle seule leur utilisation. Dans le traitement de la lombalgie chronique, deux études ont été recensées étudiant l'effet des étirements de la chaîne postérieure sur l'extensibilité, la douleur et la fonction (290, 293). Ces deux essais cliniques randomisés démontrent que les étirements musculaires augmentent l'extensibilité de manière statistiquement et cliniquement significative (évidence 2a), mais n'augmentent pas la fonction de manière cliniquement significative (évidence 2b). Les effets sur la douleur sont contradictoires : une étude n'a pas démontré d'amélioration cliniquement significative (290) tandis que l'autre a obtenu des résultats favorables (293). Toutefois, cette dernière utilisait un traitement peu reproductible en clinique, qui nécessite l'intervention de deux physiothérapeutes simultanément pendant 30 minutes. Enfin, la croyance populaire que l'extensibilité des ischio-jambiers influence la lordose dans la posture debout et la participation de la colonne

lombaire lors de la grande flexion antérieure peut être remise en doute. En effet, les étirements des ischio-jambiers sont inefficaces dans le but de normaliser la posture (165, 263) (évidence 1b) ou le rythme lombo-pelvien (263) (évidence 2b) chez le sujet sain. Ainsi, chez les personnes lombalgiques chroniques, les étirements musculaires des ischio-jambiers ne devraient pas être prescrits d'emblée mais peuvent être utilisés dans le but de gagner de l'extensibilité. Ils ne devraient pas être utilisés pour diminuer la douleur, améliorer la fonction, normaliser la posture ou le rythme lombo-pelvien.

Conclusion

En conclusion, les études isolant les étirements comme modalité de traitement pour les lombalgies sont présentement limitées en nombre et en qualité. En effet, la littérature s'intéresse le plus souvent aux effets des étirements musculaires utilisés en combinaison avec d'autres modalités. Les recherches futures sur les étirements devraient donc être d'excellente qualité et viser à isoler les étirements comme modalité, dans le but de déterminer si les étirements musculaires ont une valeur ajoutée dans nos traitements. Néanmoins, la présente revue de la littérature scientifique permet d'émettre des recommandations, basées sur les évidences actuelles, au sujet de l'utilisation des étirements chez une clientèle lombalgique. En effet, ils devraient seulement être utilisés dans le but d'augmenter l'extensibilité des muscles ischio-jambiers. Les exercices d'étirement ne devraient donc pas être utilisés de manière systématique chez tous les clients lombalgiques, mais seulement dans certains cas isolés où la diminution d'extensibilité a été objectivée avec des outils validés et qu'il est prioritaire d'augmenter celle-ci. De plus, il a été démontré que des paramètres optimaux, supportés par la littérature scientifique devraient être utilisés et permettront d'obtenir des gains d'extensibilité. Enfin, la lombalgie est une condition pouvant avoir de nombreuses causes différentes et il est logique de penser qu'il puisse y avoir plus d'indications aux étirements pour certains types de lombalgies que pour d'autres. 1097 mots