MINISTERE DE LA SANTE
REGION LORRAINE
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION DE MASSO-KINESITHERAPIE
DE NANCY

Initiation à la revue de littérature : Les étirements, pré ou post effort, ont-ils un rôle de prévention ou de réduction des douleurs musculaires d'apparition retardée ?

Mémoire présenté par **Camille SIMON**

Étudiante en 3ème année de masso-kinésithérapie
En vue de l'obtention du diplôme d'état
de masseur kinésithérapeute
2013-2016

SOMMAIRE

RÉSUMÉ

1. INTRODUCTION 1

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES 2

2.1. Stratégie de recherche documentaire 2

2.2. Critères de sélection des études 3

2.3. Critères d'éligibilité 4

2.4. Evaluation de la qualité des études 4

2.5. Analyse des articles / Extraction des données 5

3. RÉSULTATS 6

3.1. Qu'est ce qu'un muscle 6

3.2. L'origine de la douleur après l'effort 9

3.3. Sélection des études 11

3.4. Caractéristiques des études sélectionnées 12

3.5. Les effets sur la diminution des DOMS 14

3.5.1. Suivant l'instant où à été réalisé l'étirement 14

3.5.2. Suivant le mode d'étirement réalisé 17

3.6. Synthèse des résultats 17

3.7. Résultats des revues systématiques et Méta-analyses 18

4. DISCUSSION 20

4.1. Différentes définitions concernant les types d'étirements 20

4.2. Diversifier les types d'étirements 21

4.3. Les limites des études / des paramètres différents 22

4.4. Risques de biais (limite du mémoire) 25

4.5. Comment expliquer la pratique courante des étirements 28

5. CONCLUSION 29

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RÉSUMÉ

Introduction : L'étirement fait partie intégrante des techniques mises à disposition du masseur-kinésithérapeute, il l'utilise quotidiennement dans sa rééducation. Malgré cela de nombreuses controverses existent sur les bienfaits alloués à cette pratique. Cependant à ce jour, peu d'études cliniques se penchent réellement sur les effets des étirements. La plupart de ces effets sont ancrés dans les mœurs, mais peu font l'objet d'études cliniques pouvant affirmer ou infirmer de leur utilité.

Objectifs : Cette revue vise à analyser les études mettant en relation les étirements et les douleurs musculaires d'apparition retardée (DOMS). L'objectif in-fine étant de mesurer la capacité des étirements réalisés en pré ou post-effort, à agir efficacement sur la douleur et/ou à prévenir l'apparition de cette dernière.

Méthode : Les recherches sont effectuées à partir des bases de données Pubmed, Pedro, Cochrane Libraray, Hooked on evidence, Ksmag, Kinédoc, Emconsult, Sudoc, HAS. Dans cette revue nous avons fait le choix de retenir les études, principalement anglaises, réalisées sur des adultes jeunes et volontaires, incluant l'étirement comme moyen pour diminuer les DOMS, ou ces marqueurs indirects.

Résultats : Au total cette revue sélectionne douze études intégrant l'étirement dans un programme de récupération effectué à différents instants sur les cinquante-huit références incluses dans cette revue. Une absence d'effet positif concernant la réduction de la douleur en ressort quelque soit le type d'étirement réalisé, celle-ci peut parfois même être majorée par cette intervention.

Conclusion : Les étirements, effectués isolément, n'auront pas d'effet significatif de diminution de la douleur. Ils doivent donc être intégrés dans un programme de récupération complet et non isolé, en adaptant le type d'étirement suivant les bienfaits recherchés et le moment où ils sont réalisés, tout en minimisant ses effets négatifs sur la structure musculaire.

Mots-clés : Étirement, courbature, récupération, excentrique, douleur

Key words : Stretching, DOMS, muscle soreness, eccentric, physiotherapy

1. INTRODUCTION

Qu'ils soient amateurs ou non, il est courant de rencontrer des sportifs s'étirant avant et/ou après l'effort. Ce geste d'étirement, plébiscité principalement pour prévenir les courbatures, est fortement ancré dans le milieu sportif, à tel point que son usage en est devenu un lieu commun. Pourtant, de nombreuses études scientifiques invalident l'action bénéfique présupposée des étirements sur la douleur. [32]

Les courbatures sont plus communément appelées douleur musculaire d'apparition retardée ou DOMS, de l'anglais delayed onset muscle soreness. Ces douleurs apparaissent généralement douze à quarante-huit heures après l'effort, durent en moyenne sept jours et évoluent en diminuant progressivement.

Ces courbatures surviennent préférentiellement à la suite d'un travail excentrique intense ou inhabituel. Ce travail musculaire excentrique est un travail freinateur, c'est-à-dire que le muscle se contracte alors que ces insertions s'éloignent autrement dit s'allonge. Ce type de travail musculaire permet de développer une force supérieure au travail concentrique ou statique. [1]

L'objectif de ce mémoire est de rechercher dans la littérature les articles, les études et les ouvrages qui mettent en relation les étirements et la prévention/réduction des DOMS à la suite d'un travail excentrique, chez une population jeune. Pour cela nous allons nous baser principalement sur le critère d'évolution de la douleur survenant après un exercice, marqueur principal des DOMS, associé à une notion d'étirement pré ou post-effort.

Nous commencerons dans un premier temps par présenter la stratégie documentaire adoptée, nous évoquerons ensuite les résultats retrouvés et nous finirons par une discussion.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Stratégie de recherche documentaire

Avant de réaliser la recherche à proprement dite, il a été réalisé une étape de faisabilité qui consiste à repérer s'il existe assez de références à analyser avant de se lancer dans une recherche plus approfondie. Elle nous permet de mieux cibler le sujet (identifier le thème) et les possibles limites auxquelles nous allons être confrontés.

Cette recherche documentaire est réalisée dans l'objectif de rassembler des articles scientifiques, des études utiles à l'élaboration de cette initiation à la revue de la littérature. La première étape de cette étude consiste à faire un état de l'art. La seconde étape nous a permis de sélectionner les études qui nous paraissent les plus pertinentes pour nous aider à répondre à la question posée.

Les études scientifiques ont été identifiées par la recherche sur les bases de données électroniques anglaises telles que Pubmed (de 1979 à 2015), PEDro (de 1989 à 2015), Cochrane Library (2011), Hooked on evidence (1979 à 1989), EBSCO host connexion (1996 à 2003).

Ainsi que les bases de données françaises telles que Ksmag (2010), Kinédoc (2006 à 2011), EMconsulte (2005 À 2011), Sudoc (2003), HAS.

Les mots clés utilisés sont:

- En français : étirement, courbature, récupération, excentrique
- En anglais : stretching (stretch*), DOMS, muscle soreness, exercise, physiotherapy, eccentric

L'outil « recherches avancées » a permis de limiter le nombre de résultats trouvés. Ensuite une recherche dans les bibliographies des études conservées a permis d'obtenir une source documentaire supplémentaire.

Outre les supports informatiques, nous avons effectués des recherches en bibliothèque (RééDOC, faculté de science de NANCY) nous permettant ainsi d'élargir notre base documentaire.

2.2. Critères de sélection des études

La première sélection s'attache à rechercher tous les articles qui parlent de la réduction des douleurs musculaires d'apparition retardée, ou des marqueurs indirects de ces DOMS, en rapport avec les étirements grâce à une lecture des titres.
Parmi les références sélectionnées, une seconde sélection s'opère grâce à une lecture du résumé, s'il existe, puis de la partie matériel et méthodes comme l'indique le schéma de la Figure 1 ci-dessous. Cette seconde étape permet de cibler si les études répondent à nos critères d'éligibilité, si non elles seront écartées.

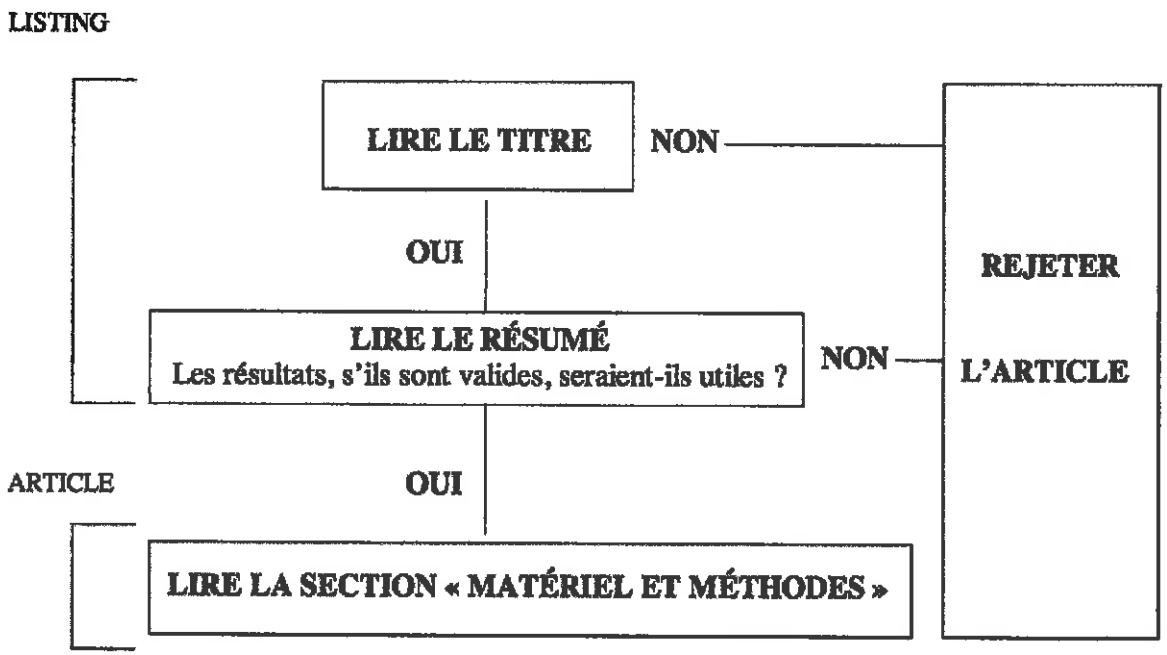

Figure 1 : Les premières étapes de la sélection d'un article médical [2]

2.3. Critères d'éligibilité

Parmi cette sélection, les études documentaires retenues doivent répondre aux sous-critères suivants :

- L'étude doit être comparative (pour au moins un des critères de jugement essentiel)
- Elle doit être conduite sur des sujets adultes, volontaires
- Il faut que ces personnes soient en bonne santé (sans pathologies associées),
- Qu'elles n'aient pas réalisé de travail actif intense et inhabituel les jours précédant le test.
- L'objectif de l'étude doit être exposé clairement
- Il faut que l'étirement soit effectué avant ou juste après l'exercice induisant des DOMS
- Il faut que la douleur musculaire soit évaluée.
- Il faut que les effets et le résultat de l'étirement sur les DOMS soient connus
- Il faut qu'elle soit rédigée en anglais ou allemand (pour des raisons de compréhension)
- Il faut un score de PEDro au moins de 3/10

2.4. Evaluation de la qualité des études

Afin de construire cette revue, nous avons choisi de coter les études selon l'échelle de PEDro [3]. Cette méthode de cotation permet d'attribuer une note à l'étude grâce à la validation de plusieurs critères ainsi que d'identifier rapidement les essais cliniques réellement ou potentiellement randomisés, ceux susceptibles d'avoir une bonne validité interne et ayant suffisamment d'informations statistiques pour rendre leurs résultats interprétables. Nous avons choisi l'échelle de PEDro car c'est une base de données en physiothérapie fondée sur les niveaux de preuve, ceux-ci nous permettent de connaitre la capacité de l'étude à répondre à sa problématique.

La cotation des douze articles retenus [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] 15] est détaillée dans le Tableau III (ANNEXE I). Pour remplir ce tableau, le score des articles

déjà référencés dans PEDro a été repris puis nous sommes venus l'incrémenter avec les articles non référencés que nous avons pris soins de coter selon la même méthodologie de manière à conserver l'homogénéité du classement.

Cependant deux critères de cette échelle ne peuvent être validés pour les études traitant de l'étirement. Nous prendrons pour exemple les deux critères suivants :

- « tous les sujets étaient « en aveugle »»
- « tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient « en aveugle »».

En effet, sur toutes nos études aucune n'a validé ces deux critères car nous ne pouvons pas cacher à la personne si elle a été étirée ou non, de la même façon qu'un thérapeute sait s'il a étiré une personne ou non. Nous partons donc dans la plupart des études avec deux points de moins. Nous en tiendrons compte dans les critères de sélection de nos études.

D'autre part, beaucoup d'études ne précisent pas explicitement la validité d'un critère, le cas échéant, nous avons fais le choix de marquer ce critère comme non valide. Si nous l'avons marqué comme valide alors qu'il ne l'était pas, cela aurait faussé la note attribuée à ces études. A la fin de cette cotation, seules les études ayant obtenu un score supérieur ou égal à trois sur l'échelle de PEDro on été retenues. Nous avons choisi ce score à cause des deux points de moins dès le départ et pour nous permettre d'avoir des résultats fiables.

2.5. Analyse des articles / Extraction des données

Les études ainsi conservées ont été réparties suivant l'instant où l'étirement a été réalisé : avant l'exercice, après l'exercice, avant et après l'exercice, entre chaque série d'exercices ou des étirements multiples sur plusieurs jours. Puis dans ces groupes nous avons triés les études suivant le mode d'étirement utilisé : statique, passif, dynamique. Ensuite nous nous sommes penchés sur les résultats de chaque paramètre évalué lors de ces études et le résultat global de leur problématique initiale.

Les principales métriques utilisées pour quantifiés les résultats concernant la relation étirement – DOMS sont :

- Douleur musculaire : en centimètre/millimètre sur une EVA (échelle visuelle analogique), une échelle numérique de zéro à dix, une échelle Likert sur sept points, un diagramme, une échelle modifiée de zéro à six.
- Flexibilité / Raideur musculaire : Degré, Test de pendule Wartenberg à l'aide d'un goniomètre électronique et un capteur [5],
- Puissance / force musculaire : Watts (W), Joules (L), sur machine isocinétique
- Contraction musculaire maximale : 1RM (à l'aide d'un goniomètre [13])
- Mesure de l'activité électro-myographique (EMG) : à l'aide d'électrodes
- Analyse de l'activité créatine-kinase : $umol.min^{-1}.L^{-1}$ (prise de sang), U/L, IU/L
- Volume musculaire : centimètre
- Œdème : centimètre (à l'aide d'un mètre-ruban équipé d'une jauge de tension), ou en millilitre (à l'aide d'un bac rempli d'eau et d'un autre gradué qui récupère l'eau. Cette technique est utilisée pour les extrémités)
- Moment de torsion maximal : en degré (machine isocinétique), en nm, en degré/seconde

Onze études ont utilisé un test statistique d'analyse de la variance (en anglais ANOVA) de manière à analyser la présence de différences significatives ou non concernant les résultats qu'ils ont obtenu. On réalise cette ANOVA lorsque nous avons au moins deux groupes dont la finalité permet de rejeter ou non l'hypothèse de départ. Nous saurons aussi si les moyennes trouvées sont dues au hasard d'échantillonnage ou à une différence significative entre les échantillons.

3. RÉSULTATS

3.1. Qu'est ce qu'un muscle

Pour rappel, le muscle strié squelettique est composé d'un corps musculaire, de tendons, de jonctions musculo-tendineuses et d'une aponévrose périphérique. Le corps musculaire d'un muscle strié squelettique se compose de plusieurs faisceaux, ceux-ci étant un

groupement de fibres musculaires. Il existe deux types de fibres : les fibres de type I qui sont des fibres lentes mais peu fatigables, et les fibres de type II divisées en deux sous-groupes (IIa et IIb) qui sont des fibres rapides mais fatigables. Les fibres musculaires sont formées de myofibrilles. Ces dernières sont composées d'un assemblage de sarcomères disposé en série qui lui donne ces propriétés contractiles. Chaque sarcomère est limité par des bandes Z et composé d'éléments élastiques, parmi lesquels on retrouve la titine (protéine assurant le maintient de l'architecture myofibrillaire), ainsi que des filaments (fins) d'actine et (épais) myosine. Lors de la contraction, ceux sont ces filaments qui vont venir s'encastrer les uns dans les autres permettant un rapprochement des bandes Z et donc un raccourcissement du muscle, lors de l'étirement au contraire ils vont s'éloigner. Nous pouvons observer cette schématisation de la composition musculaire sur la Figure 2 ci-dessous.

Quant aux tendons constituant des structures conjonctives, ils sont disposés aux extrémités du corps musculaire et ils permettent la transmission des forces musculaires. Cette structure a un faible potentiel d'allongement dû à sa composition qui est constituée de deux pourcent d'élastine et soixante-quinze pourcent de collagène. Cette composition confère de faibles capacités d'élasticité aux tendons qui sont de l'ordre de quatre à dix pourcent et sont liées à l'ondulation des fibres du tendon qui deviennent droites.

Lors de l'étirement, la tension se transmet de la jonction os-tendon, au tendon, à la jonction myo-tendineuse, aux éléments élastiques puis aux structures intra-musculaires.

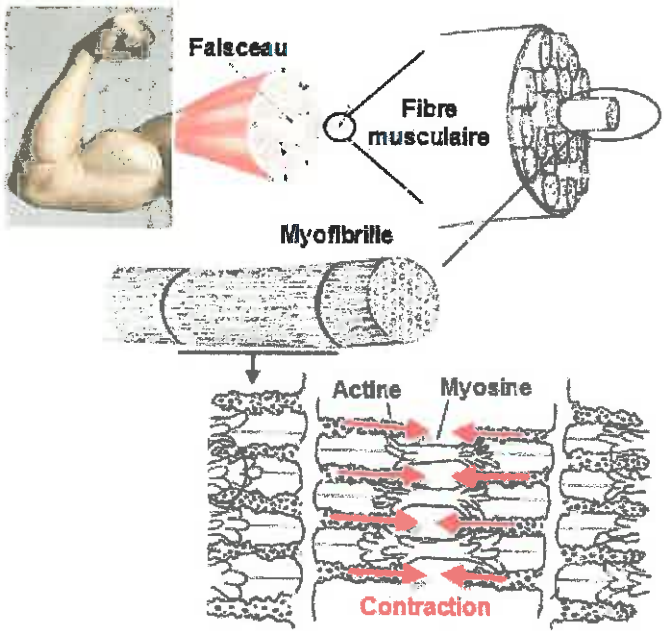

Figure 2 : Composition d'un muscle [41]

Hill a proposé une modélisation des différents composants du muscle. D'après cette modélisation représentée par la Figure 3 ci-dessous, l'unité myo-tendineuse met en présence une composante contractile (CC), une composante élastique parallèle (CEP) et une composante élastique en série (CES). [16]

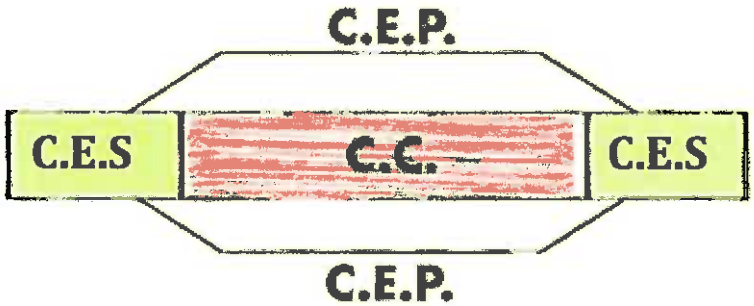

Figure 3 : Modélisation selon Hill

En tension passive (auto-étirement), le muscle ne se contracte pas lors de l'étirement et se laisse étirer jusqu'à ses limites physiologiques, ce qui nécessite la contraction des muscles antagonistes. Les structures visées en tension passive sont dans un premier temps la partie musculaire (CC) puis les tissus conjonctifs. L'étirement en tension passive joue sur la CC, la CEP, le tendon (CES), les ponts actine-myosine et l'amélioration de la souplesse musculo-tendineuse et articulaire.

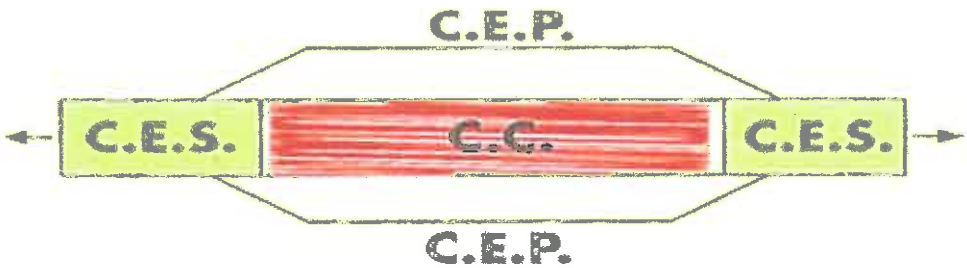

Figure 4 : Tension passive

En tension active, le muscle est contracté isométriquement pendant qu'il est étiré ce qui permet de développer une tension maximale. Les structures qui sont visées lors de la

tension active sont les unités myo-tendineuses car elles sont soumises à deux forces s'exerçant dans le sens opposé. L'étirement en tension active joue sur la jonction myo-tendineuse (CES), la CEP, la viscoélasticité après l'effort. (Cf Figure 5).

Figure 5 : Tension active

3.2. L'origine de la douleur après l'effort

Nous pouvons observer sur la photo ci-dessous (Figure 6) une micrographie électronique des fibres musculaires. Sur côté gauche sont représentées les fibres musculaires avant un important travail excentrique et à droite ces mêmes fibres à la suite de cet exercice. On observe sur cette deuxième image une désorganisation des fibres musculaires provoquées par l'exercice.

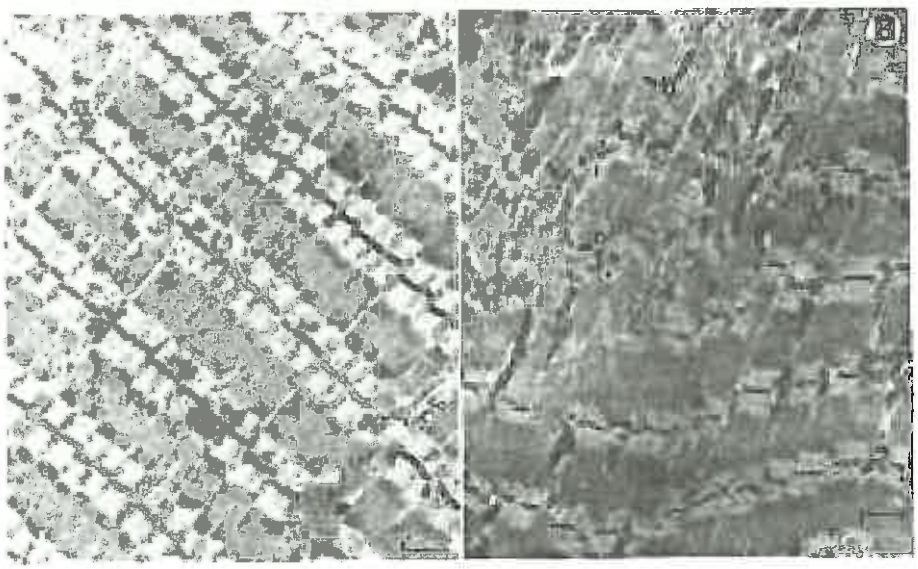

Figure 6 : Lésions des fibres musculaires après un travail excentrique [42]

Des microlésions sont engendrées à la suite de ces efforts. Elles enclenchent un processus inflammatoire pour permettre la réparation des tissus. C'est ce processus qui serait l'auteur des douleurs ressenties [17]. Les conséquences du travail engendrent plusieurs types de déficiences : une diminution des amplitudes articulaires, de la force musculaire (de quarante pourcent environ), des qualités proprioceptives ou encore un œdème de faible abondance.

Selon Friden [18], les courbatures à la suite d'un travail excentrique seraient dues à une altération de la strie Z (désorganisation tissulaire) au niveau du sarcomère car la contraction musculaire affecte principalement cette strie. Il s'y associe une perturbation de la bande A et un défaut d'alignement des myofibrilles. Le sarcomère, étant l'unité de base des myofibrilles, est responsable de l'apparence striée des muscles. Il est limité à ces extrémités par deux lignes Z et entre celles-ci nous allons trouver une bande I suivie d'une bande A. Une dernière zone, la zone H, sépare le sarcomère en deux parties identiques et symétriques.

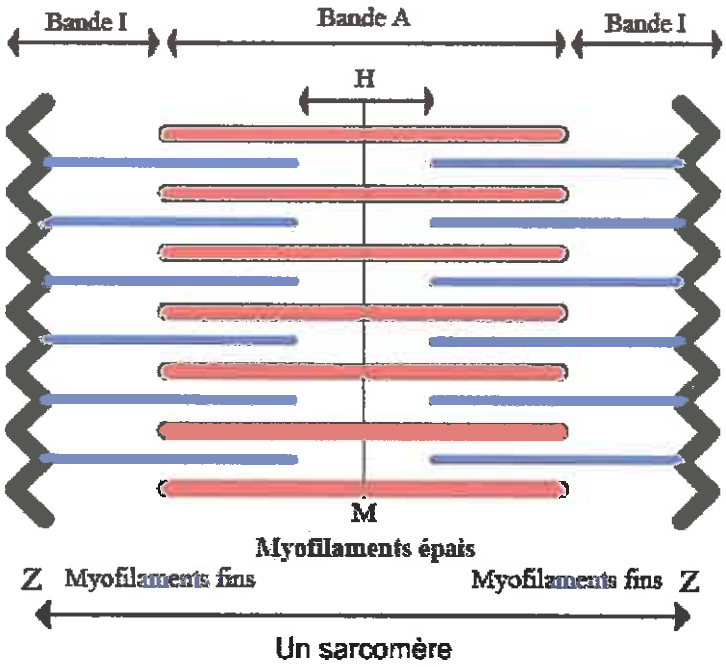

Figure 7 : Structure d'une myofibrille [43]

Face à ces douleurs et déficiences, des études se sont penchées sur l'effet des étirements à propos d'une éventuelle diminution de la douleur. Toutes n'ont pas les mêmes protocoles expérimentaux, et une sélection a dû être faite.

3.3. Sélection des études

Au total quarante-six articles ont été retenus plus douze études. Les principaux critères d'exclusion sont :

- La non évaluation de la douleur musculaire (par exemple pour l'étude de Torres datant de 2006 : « Acute Effects of Stretching on Muscle Stiffness After a Bout of Exhaustive Eccentric Exercise »).
- Un score de Pedro inférieur à trois (par exemple pour l'étude IPEK «The effect of passive stretching exercises on delayed onset muscle soreness »).
- La non pratique d'étirement en terme de récupération (Par exemple pour l'étude d'Abraham : « Factors in delayed muscle soreness » [19]).
- L'évaluation préférentielle du risque de blessures et non de diminution de la douleur ou de récupération (Par exemple pour l'étude de Pope : « A randomized trial of pre-exercise stretching for prevention of lower-limb injury »).
- Une absence de groupe témoin (Par exemple pour l'étude de Smith : « The effects of static and ballistic stretching on delayed onset muscle soreness and creatine kinase »).

Le diagramme de flux (ANNEXE II) expliquant les différentes étapes de sélection par lesquelles nous sommes passées, ainsi que son tableau descriptif (ANNEXE II), expliquant les références sélectionnées suivant le moteur de recherche et les mots clés utilisés, ont été réalisés. Pour exemple concernant la base de donnée Pubmed, nous choisissons de faire une première recherche avec les mots-clés « stretching » et « DOMS » à l'aide d'une recherche avancée. Pour cela nous cliquons sur la rubrique *Advanced* de la page d'accueil. Sur cette nouvelle page, nous allons entrer nos mots-clés en anglais, puisque Pubmed est une base de données anglaise, dans chacun des champs de la rubrique *Builder* puis nous cliquons sur *Search* pour que les résultats s'affichent.

Ces mots-clés ont été trouvés grâce à la MeSH (Medical Subject Headings) qui nous permet d'avoir des résultats plus ciblés. La MeSH est un recueil de références biomédicales réalisé par la NLM (National Library of Medicine) pour permettre de réaliser l'interrogation des bases de données.

3.4. Caractéristiques des études sélectionnées

Pour réaliser le tableau I nous avons choisi de présenter les trois caractéristiques principales de chaque études qui sont : la population sélectionnée, le type d'exercice réalisé pour induire des DOMS et l'intervention d'étirement choisie pour diminuer ces douleurs. Une description plus approfondie de chaques études a été réalisée (ANNEXE III).

Tableau I : Caractéristiques de chaque étude

Étude	Population	Exercice	Intervention
Buroker	23 personnes (16 hommes et 7 femmes) âgés de 18 à 33 ans	Step test de 20 minutes	10 x 30 s d'étirement statique répété sur plusieurs jours
Gulick	70 personnes (35 hommes et 38 femmes) âgés de 21 à 40 ans	15 x 15 contractions excentriques des extenseurs d'avant-bras	10 min d'étirement statique uniquement après l'exercice
High	62 personnes (31 hommes et 31 femmes). L'âge moyen est de 19,5 ans	Step test réalisé jusqu'à épuisement	5 x 50 s d'étirement statique du quadriceps uniquement avant l'exercice
Johansson	10 femmes âgées en moyenne de 24 ans	10 x 10 contractions excentriques maximales des fléchisseurs de genou	4 x 20 s d'étirement statique uniquement avant l'exercice
Lund	7 femmes âgées de 28 à 46 ans	Exercice pliométrique du quadriceps réalisé jusqu'à épuisement.	3 x 30 s d'étirement statique (avant, immédiatement après, et pendant les 7 jours suivants)

McGlynn	36 hommes âgés de 18 à 26 ans	Contractions excentriques du biceps brachial jusqu'à épuisement.	4 x 2min d'étirement statique répété sur plusieurs jours
Dawson	17 footballeurs semi-professionnels âgés en moyenne de 24,2 ans	Match de foot avec changement de poste	15 min d'étirement statique uniquement après l'exercice
Chen	36 hommes âgés en moyenne de 20,6 ans	6x10 contractions excentriques des fléchisseurs de genou	Etirement actif statique ou dynamique uniquement avant l'exercice.
Denegar	40 femmes âgés en moyenne de 22 ans	Exercice pliométrique des fléchisseurs de coude (3 contractions excentriques + concentriques maximales)	Etirement statique uniquement après l'exercice (+ étirement statique associé à d'autres traitements)
Torres	56 hommes âgés en moyenne de 21,4 ans	30 contractions excentriques du quadriceps jusqu'à épuisement	10 x 30 secondes d'étirement passif uniquement après l'exercice et après l'exercice et répété sur plusieurs jours
Krityakiarana	55 femmes âgées en moyenne de 25 ans	8 x 8 contractions excentriques du biceps brachial	6 étirements dynamiques réalisés uniquement avant l'exercice.
Wiemman	24 femmes âgées de 25 à 45 ans	5 x 30 contractions excentriques du quadriceps	Etirement statique de 3 minutes avant l'exercice puis entre chaque série

Les études rassemblent au total 439 personnes, dont 48.3% de femmes (212/439) et 51.7% d'hommes (227/439). La répartition entre les sexes est donc quasiment équitable. L'âge moyen des populations est de 25,36 ans.

3.5. Les effets sur la diminution des DOMS

Une analyse croisée des résultats de ces études s'est faites sur les marqueurs indirects des DOMS tels que :

- Une douleur musculaire
- Une diminution prolongée de la force musculaire développée
- Une augmentation du taux plasmatique de créatine kinase
- Une augmentation des marqueurs de l'inflammation du niveau musculaire et sanguin
- Une raideur musculaire
- Un œdème résiduel

La plupart des études ont conclu de l'efficacité ou non des étirements sur la prévention des DOMS grâce à l'évaluation de ces principaux marqueurs indirects des dégâts musculaires.

3.5.1. Suivant l'instant où à été réalisé l'étirement

Sur ces douze études[1], quatre se sont intéressées aux effets de l'étirement avant l'exercice dont voici leurs conclusions :

- Chen : La douleur au troisième et au cinquième jour était significativement plus basse pour les deux groupes qui se sont étirés par rapport au groupe témoin. De plus, les

[1] Le nombre total d'études est bien de douze et non de treize car l'étude de Torres est inclue dans la groupe 'étirement uniquement après l'exercice' et dans le groupe 'étirement à la suite du travail excentrique et sur plusieurs jours'. C'est la même étude mais qui a inclue plusieurs méthodes d'étirements dans le but d'examiner leurs effets respectifs sur les DOMS.

facteurs des dégâts musculaires (dont la douleur en fait partie) étaient inférieurs dans le groupe qui a réalisé un étirement statique.

- Krityakiarana : Ni l'étirement, ni la glace, ni le traitement combiné ne réduisent significativement les symptômes des DOMS. De plus, le groupe témoin a montré le meilleur rétablissement en ce qui concerne la perception de la douleur et le rétablissement de la force.
- High : Il n'y a pas de différence significative entre les groupes pour toutes les mesures. L'étirement statique avant un exercice n'a pas d'effet sur la prévention des DOMS.
- Johanson : Il n'y a pas de différence significative sur tous les paramètres mesurés. L'étirement statique pré-exercice n'a pas d'effet préventif.

Quatre autres études se sont intéressées aux effets de l'étirement uniquement après l'exercice :

- Gulick : Il n'y a aucune différence significative entre les traitements (AINS, glace, pommade à l'arnica, étirement statique...). Aucun de ces traitements n'est efficace pour diminuer les signes et symptômes des DOMS.
- Torres : Il n'y a aucune différence significative entre les groupes. L'étirement seul n'influence pas le niveau des marqueurs principaux des DOMS.
- Denegar : L'étirement statique combiné à différents traitements abouti à une diminution de la douleur dans tous les groupes (TENS, glace, ...). L'étirement statique seul diminue la douleur, mais cette diminution est majorée s'il est combiné avec de la glace et/ou du TENS.
- Dawson : Il n'y a aucune différence entre les trois groupes. Le rétablissement de la douleur n'a pas été significativement amélioré.

Trois autres ont réalisé l'étirement à la suite du travail excentrique et sur plusieurs jours :

- Buroker : Il n'y a pas de différence significative entre le groupe témoin et le groupe qui a réalisé l'étirement. L'étirement statique n'a pas diminué significativement la perception de la douleur et n'a pas soulagé les DOMS.

- McGlynn : Il n'y a aucune différence entre tous les groupes.

Une étude [8] a réalisé un étirement avant l'exercice puis des étirements répétés sur plusieurs jours. Cette étude a conclu que l'étirement passif n'a pas d'influence sur les douleurs musculaires et qu'il n'a pas de rôle dans la prévention des DOMS. Cependant, quatre sujets ont eu une diminution de la douleur immédiatement après l'étirement mais vingt-huit minutes plus tard il n'y avait plus de différence concernant la perception de la douleur entre les groupes.

Une dernière [9] a réalisé un étirement avant l'exercice puis entre chaque série d'exercices. Les résultats montrent que la médiane des DOMS était plus haute dans le groupe qui s'est étiré que dans le groupe témoin. L'étirement statique avant un exercice excentrique pourrait augmenter la douleur musculaire plutôt que la diminuer.

Tableau II : Synthèse des résultats suivant l'instant où les étirements ont été réalisés

Instant où l'étirement a été réalisé	**Effet sur la douleur**		
	Pas de différence	Diminution de la douleur	Augmentation de la douleur
Avant l'exercice	2/4	1/4	1/4
Après l'exercice	3/4	1/4	0/4
Répétés sur plusieurs jours	3/3	0/3	0/3
Avant l'exercice + répétés sur plusieurs jours	1/1	0/1	0/1
Avant et entre chaque série d'exercice	0/1	0/1	1/1

La majorité constatent donc qu'il n'y a pas de réduction de la douleur quelque soit le moment où l'étirement à été réalisé.

3.5.2. Suivant le mode d'étirement réalisé

Sur les douze études[2], les deux ayant pris l'étirement dynamique pour diminuer les DOMS, aboutissent à des résultats contradictoires. L'étude de Krityakiarana [13] a conclu que le groupe témoin a montré le meilleur rétablissement alors que dans l'étude de Chen [8] la douleur était significativement plus basse dans le groupe étiré que le groupe témoin.

Deux autres études ont réalisé un étirement passif, elles concluent toutes les deux que l'étirement n'a pas de rôle concernant la diminution de la douleur et prévention des DOMS.

Sur les neuf études restantes, ayant pris l'étirement statique, six aboutissent à ce même résultat. Deux constatent une diminution de la douleur pour les groupes qui se sont étirés alors qu'une autre conclut que l'étirement augmentait les douleurs. Ce dernier résultat peut s'expliquer du fait que les étirements et les exercices excentriques agissent sur les mêmes structures donc les atteignent de la même manière. De ce fait, les étirements placés à la fin d'un exercice induisant des courbatures augmenteraient les niveaux de lésions engendrées par le travail excentrique.

Les deux tiers des études ne notent aucune réduction de la douleur suivant le type d'étirements réalisé. Les résultats complets de chaque étude se trouvent en annexe (ANNEXE III).

3.6. Synthèse des résultats

Les conclusions des études sont contradictoires :

- Huit études au total notent qu'il n'y a aucune différence significative entre tous les groupes, l'étirement ne permet pas de diminuer significativement la douleur [4] [5] [7] [9] [10] [11] [12] [15].
- Deux études [13] [14] ont même abouti à la conclusion que la douleur était plus élevée dans le groupe qui s'est étiré que le groupe témoin, ce dernier présentant un meilleur rétablissement.

---

[2] Il y a bien douze études et non treize car l'étude de Chen a étudié à la fois l'étirement statique et l'étirement dynamique

- Deux autres études [6] [8] ont conclu que la douleur était plus basse dans les groupes qui se sont étirés.

Au vue des résultats assez équivoques, depuis l'étude de McGlynn (1979) jusqu'à celle de Chen (2015) nous ne pouvons conclure du réel effet escompté des étirements en terme de prévention des DOMS. Les étirements, qu'ils soient réalisés avant ou après l'exercice excentrique, ne diminuent ni les DOMS, ni ces effets indirects.

3.7. Résultats des revues systématiques et Méta-analyses

En 2002, la revue systématique de Herbet et Gabriel [20] a pour objectif de déterminer les effets des étirements avant ou après un exercice sur la douleur musculaire post-effort, le risque de blessure et la performance sportive. Cette revue comprend cinq études et arrive à la conclusion que l'étirement avant ou après l'exercice ne confère pas de protection contre la douleur musculaire. Ces résultats se trouvent ci-dessous (Figure 8).

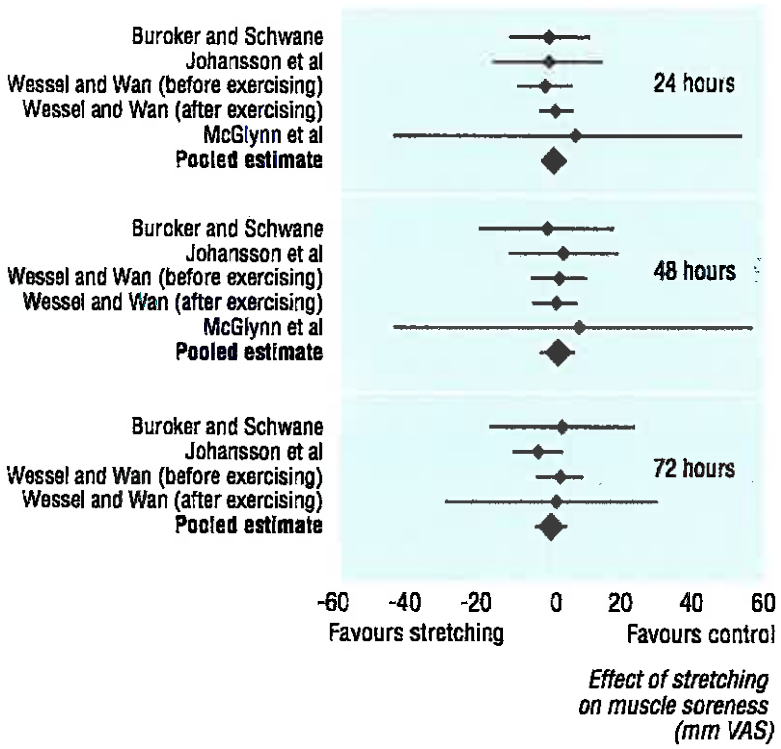

Figure 8 : Influence des étirements sur le résultat des douleurs à 24, 48 et 72 heures [17]

Dans la revue systématique de O'CONNOR [21] datant de 2003, ayant pour but de déterminer l'efficacité de différentes interventions physiothérapiques sur les DOMS, sont inclues cinq études concernant l'étirement. Elle conclut que toutes les études n'aboutissent pas à l'effet escompté concernant les DOMS.

En 2005, Ziltener [22] propose une revue de la littérature en français qui étudie les effets immédiats (Echauffement, production de force, prévention des blessures musculaires, réhabilitation après lésion musculaire, récupération) et les effets à long terme (Amplitudes articulaires, prévention des lésions de surcharge de l'appareil locomoteur) de l'étirement. Cette revue arrive à la conclusion que « le stretching ne possède certainement pas ou que fort peu les vertus qu'on lui prête en terme d'échauffement, de production de force ou de vitesse, de prévention des blessures ou encore d'aide à la récupération ».

Cette même année, Anderson [23] a aussi publié une revue concernant les effets de l'étirement sur la douleur musculaire et le risque de blessure, avant ou après un exercice. Six études ont été incluses dans cette revue dont la conclusion aboutit à une diminution de la douleur de deux millimètres sur cent, soixante-douze heures après l'exercice.

En 2007, la méta-analyse d'Herbert et Noronha [24] dont l'objectif est de déterminer les effets des étirements avant ou après l'exercice sur le développement des douleurs musculaires post effort, comprend dix études et arrive à la même conclusion dont leurs résultats sont représentés sur Figure 9 ci-dessous.

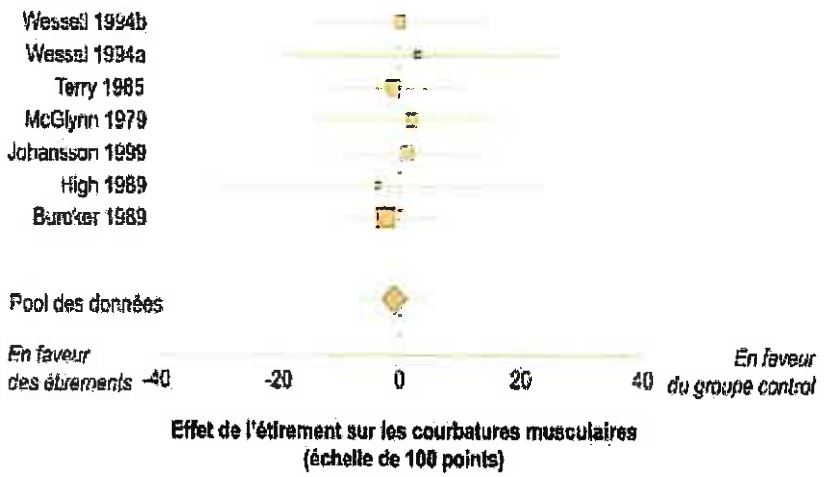

Figure 9 : Résultat des études de Herbert et Noronha [25]

La récente revue systématique et méta-analyse de Torres de 2010 [26], ayant testé différentes stratégies pour traiter les symptômes des DOMS (massage, cryothérapie, étirement, exercice de basse intensité), inclut neuf études concernant l'étirement. Il en conclut que la différence moyenne sur la douleur musculaire et la force musculaire n'a statistiquement pas d'effet global significatif, il y a un manque de preuve en ce qui concerne les étirements.

Les conclusions des toutes ces revues de littérature et méta-analyse coroborent donc nos résultats précédents.

4. DISCUSSION

4.1. Différentes définitions concernant les types d'étirements

Au commencement de cette étude, nous avons pu relever une absence de consensus concernant la définition des différents types d'étirements.

Selon C. Geoffroy [27], il y a trois catégories d'étirements :

- Les techniques passives contenant les étirements passifs et postures passives.
- Les techniques activo-passives contenant les étirements activo-passifs et le stretching postural.
- Les techniques actives contenant les étirements activo-dynamiques et mouvements balistiques.

En revanche C. Popineau [28] stipule qu'il y a quatre catégories d'étirement. Il y a la méthode à tendance contracter-relâcher qui contient trois formes de base CRE (contracter-relâcher-étirements), CRAC ou CREI (contracter-relâcher avec contraction de l'antagoniste), CREPI (contracter-relâcher en post-inhibition). La deuxième catégorie concerne la tendance posturale qui se subdivise en stretching actif ou passif. La troisième catégorie concerne la méthode dynamique non posturale contenant les étirements balistiques, les étirements par à-coups, les techniques d'étirement spontané ainsi que les étirements dynamiques associés aux machines isocinétiques. La quatrième catégorie concerne la méthode d'inspiration yoguique

Cette mésentente sur la classification peut entrainer des discordes, plusieurs études utilisent des étirements passifs mais nous ne savons pas s'ils sont en accord suivant la définition de ce type d'étirement par exemple.

4.2. Diversifier les types d'étirements

Il est principalement étudié l'effet des étirements statiques sur les DOMS : en effet neuf études sur douze ont travaillé sur l'étirement statique. Ce choix s'explique sûrement par la pratique courante de ce type d'étirement à la suite de pratique sportive. Or, l'étude de Smith [29] qui compare la quantité de DOMS induite pas les étirements statiques et balistiques montre que celle-ci est significativement supérieure dans le groupe statique que le groupe balistique. Il aurait été préférable que les études se penchent plus vers la recherche des effets des étirements balistiques sur la réduction des DOMS, pour savoir si avec une quantité moindre de lésions musculaires l'étirement serait plus efficace.

Cette étude montre également que ces deux types d'étirements ont abouti à une augmentation significative des DOMS. Dans cette étude il aurait été utile d'avoir un groupe témoin pour vérifier si ce sont les étirements qui augmentent les DOMS où simplement l'échauffement réalisé. Effectivement, un échauffement de cinq minutes et non un exercice excentrique a été réalisé dans cette étude.

Il semble évident que seul l'étirement immédiatement après l'exercice sera insuffisant pour avoir de réels effets bénéfiques concernant la diminution de la douleur musculaire. Sachant que les manifestations des DOMS se présentent environ quarante-huit heures après l'exercice, il serait donc plus logique de supposer qu'un étirement répété quotidiennement pourrait avoir des effets supérieurs. Pourtant seulement quatre études se sont intéressées à l'étirement répété à la suite d'un exercice.

4.3. Les limites des études / des paramètres différents

Il y a peu d'études récentes concernant ce sujet, parmi celles-ci nous en avons une de 2015 (Chen), une de 2014 (Krityakiarana) et une dernière de 2013 (Torres). La plus ancienne date de 1979 (McGLynn). De plus, se sont des études d'une qualité moyenne car la note maximale obtenue au score de PEDro est de cinq et uniquement deux études ont reçu ce score. Quatre autres études ont un score de quatre et le reste se trouve à trois. La moyenne de ces études obtient le score de 3,66/10.

Nous sommes confronté à un problème pour comparer les études entres elles car :

- Différents groupes musculaires ont été utilisé par les études : fléchisseurs de coude, quadriceps, extenseurs de poignet, fléchisseurs de genou. Cela nous cause un problème de comparaison des études entre elles, mais nous amène tout de même une donnée supplémentaire : bien que le muscle ciblé soit différent, la plupart des études arrivent à la même conclusion c'est-à-dire que l'étirement n'est pas efficace comme seul moyen de récupération.
- Différentes procédures ont été utilisées pour induire des DOMS : travail sur machine isocinétisme, step test, match de football, à l'aide d'une haltère, ...
- Différentes méthodes d'étirement ont été utilisées : statique pour certains, passif pour d'autres, ou encore dynamique.
- Différence entre l'instant où a été réalisé l'étirement :
    - Etirement avant et entre chaque série d'exercices : Wiemann
    - Etirement uniquement avant l'exercice : Chen, High, Johanson, Krityahiarana,
    - Etirement uniquement après l'exercice : Gulick, Torres, Denegar, Dawson
    - Etirement unique avant + étirements répétés après : Lund
    - Etirement multiple après l'exercice : Buroker, McGlynn
- Différence de prise de mesure : Pour la majorité de ces études, la douleur musculaire a été évaluée à l'aide d'une échelle numérique, mais la métrique de l'échelle varie selon les différentes études. Certaines autres études ont utilisé d'autres types d'évaluation de la douleur comme le degré de douleur sur un diagramme ou l'utilisation d'une échelle

de Likert en sept points. Cela nous cause donc des difficultés pour comparer les études entres elles.

- Il y a un temps différent d'étirement pour chaque étude allant de quatre séries de vingt secondes [9] à dix minutes [11] et même quinze minutes [12].

De plus, toutes les études avaient une population globalement réduite, allant au minimum de sept personnes jusqu'à soixante-dix personnes. La population moyenne des toutes ces études est de 36,08 personnes. Ces deux résultats nous montrent que ce faible pourcentage de participants ne nous permet pas de généraliser à l'ensemble de la population les résultats obtenus.

Sur les douze études retenues, neuf sont réalisées uniquement sur une population féminine ou masculine : quatre études ont été réalisés uniquement sur des hommes, cinq autres uniquement sur des femmes. Seulement trois études ont mélangé les hommes et les femmes.

De plus, six études ont été conduites dans des laboratoires utilisant des exercices standardisés sur machine d'isocinétisme, à l'intérieur de ce groupe d'études normalisées la vitesse varie de soixante degrés par seconde pour certaines contre trente degrés par seconde pour d'autres. Seule une étude a examiné l'effet des étirements sur la douleur musculaire après le sport [6]. Les études menées en laboratoire utilisent un travail qui n'est pas fonctionnel, ceci nous amène à nous demander quels seraient les résultats si l'étirement avait fait suite à un travail sportif usuel.

La quasi-totalité voir la totalité des études a étudié l'effet des étirements associé à un travail musculaire excentrique car c'est celui qui provoque préférentiellement des DOMS. Cependant, les résultats seraient-ils les mêmes pour un travail concentrique ou statique ? Il aurait été utile de réaliser ce même type d'étude avec un travail concentrique ou statique. En effet, dans celle de High [11] nous avons pu constater que sur un exercice testant une jambe en concentrique et l'autre en excentrique vingt-quatre personnes ont ressenti la même douleur dans les deux jambes et vingt-et-une personnes ont ressentie une douleur uniquement dans la jambe qui a effectué le travail excentrique. Ce résultat nous montre que c'est bien le travail excentrique qui provoque plus de DOMS que le travail concentrique ou alors que l'étirement est moins efficace à la suite d'un travail excentrique.

Nous avons vu que plusieurs méthodes d'étirement ont été utilisées, or C. Geoffroy [27] a montré que l'effet des étirements n'était pas le même suivant la technique utilisée.
En effet, un étirement passif de courte durée permettra au muscle de retrouver sa longueur initiale, il lutte contre l'enraidissement et entretient la souplesse musculaire. Un étirement passif de longue durée ou en posture sollicite d'abord la partie contractile, puis le tissu conjonctif quand l'étirement devient trop important. Un étirement actif sollicite d'avantage la jonction myo-tendineuse et les tendons mais beaucoup moins la partie contractile. Les étirements activo-passifs (ou contracté-relâché-étiré) permettent un meilleur gain d'amplitude. Les étirements balistiques permettent le rodage articulaire.
Il est donc possible que nous n'ayons pas les mêmes résultats concernant les études car le mode d'étirement n'est pas le même. Il serait logique que nous ayons de meilleurs résultats concernant l'étirement passif qui lui a une action sur la partie contractile contrairement à l'étirement actif.

L'étirement d'un muscle entraine une contraction reflexe de ce dernier pour le protéger d'un éventuel étirement trop important, c'est ce qu'on appelle le reflexe myotatique (Figure 10). Ce reflexe est déclenché par l'étirement des FNM (fuseau neuro-musculaire), ils transmettent un influx à la moelle épinière par l'intermédiaire de neurones sensitifs qui vont faire synapse avec le motoneurone alfa. En réponse, un message nerveux moteur sera envoyé au muscle qui répondra par une contraction [30].

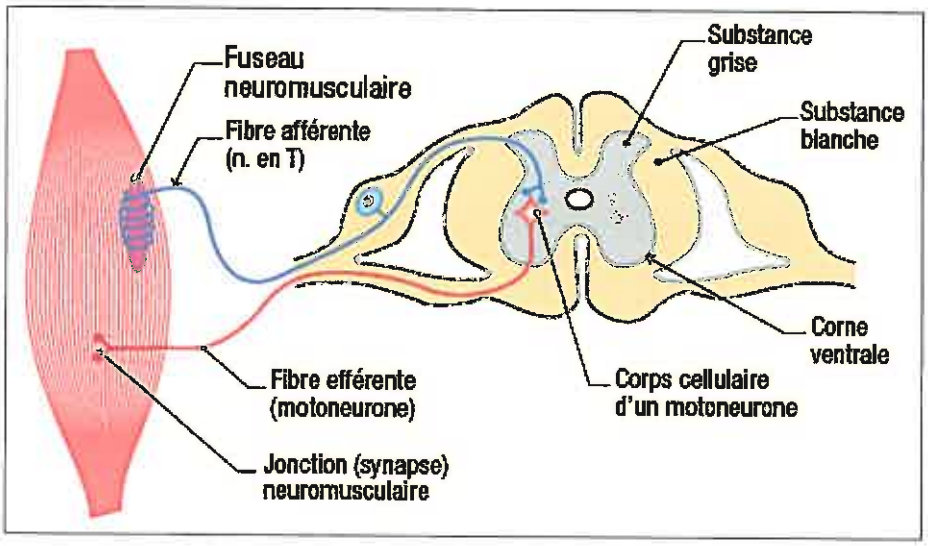

Figure 10 : Le réflexe myotatique [44]

Or dans ces études la vitesse d'étirement n'est pas précisée, ce qui pourrait faire l'objet d'un biais concernant les résultats. Dans certaines études, les personnes s'étiraient elles-mêmes et nous ne savons pas si elles sont bien formées à cela. Souvent l'étirement réalisé par des « amateurs » est mal effectué (trop fort, trop brusque).
Donc si l'étirement est trop rapide, ce FNM va être étiré trop vite et le reflexe myotatique va se mettre en jeu en provoquant une contraction musculaire du muscle cible. Plus le muscle sera étiré rapidement, plus il va résister.

Alors que si l'étirement est fait à vitesse plus lente, le FNM n'enverra pas d'influx sensitif et le reflexe myotatique n'interviendra donc pas. Dans ce cas, le muscle se laissera étirer. De plus, il existe une différence des pourcentages de motoneurones alpha suivant les muscles, les muscles volitionnels contiennent peu de FNM et beaucoup de motoneurones alpha, contrairement aux muscles automatiques qui contiennent beaucoup de FNM. Chaque muscle aura une réaction différente en fonction de leur pourcentage de motoneurones alpha et gamma.

4.4. Risques de biais (limite du mémoire)

Différents biais existent dans cette analyse, nous en avons relevé six principaux.

Un de premier est le nombre peu élevé d'études sur ce sujet.

Nous avons comme second biais, l'impossibilité d'avoir une récupération complète des travaux identifiés. De ce fait, plusieurs autres études auraient été très intéressantes à inclure dans cette initiation à la revue de littérature. N'ayant accès qu'au résumé et étant dans l'incapacité d'obtenir le texte intégral, il n'est pas possible de l'analyser correctement et donc d'inclure leurs résultats dans notre recherche. Parmi ces études dont nous n'avons pas eu accès se trouve :

- Wessel J, Wan A. : « Effect of stretching on the intensity of delayed-onset muscle soreness ».
- Maxwell S, Kohl S, Watson A, et al. : « Is stretching effective in the prevention of or amelioration of delayed onset muscle soreness? ».

- Terry L. : « Stretching and muscle soreness: an investigation into the effects of a hold-relax stretch on delayed post-exercise soreness in the quadriceps muscle - a pilot study ».
- Rodenburg JB, Steenbeek D, Schiereck P, Bär PR. « Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise ».
- Schober, H., W. Kraif, G. Wittekop, H. Schmidt, « Beitrag zum Einfluß verschiedener Dehnungsformen auf das muskuläre Entspannungsverhalten des M. quadrizeps femoris. Medizin und Sport ».

La troisième limite relevée est l'impossibilité de réaliser ces études en double-aveugle ce qui peut influencer les résultats obtenus.

Nous avons relevé la présence d'autres biais causés par le rapport sélectif au sein des études sélectionnées :

- Une population globalement jeune : L'âge moyen des populations est d'environ 25,36 ans, ce qui nous amène a nous demander si sur des personnes plus âgées, qui ont généralement plus de difficultés à récupérer après un effort, nous aurions eu des résultats différents avec peut être une meilleure récupération grâce à une série d'étirements. Avec l'âge, il se produit une perte des fibres élastiques musculaires.
- Beaucoup d'études ont réalisé leurs recherches uniquement sur une population féminine ou masculine. Or, nous savons qu'il existe des différences tant physiques que physiologiques entre les hommes et les femmes. Ces différences expliquent l'écart de performance entre les hommes et les femmes : les hommes ont généralement une force musculaire supérieure due à la production de testostérone, ce qui va se répercuter sur leurs adaptation à l'effort. Et les femmes, elles, sont plus souples. Ces différences s'expliquent grâce aux différences hormonales. Cela nous amène à nous demander si les hommes qui développent une force supérieure engendrent des dégâts musculaires supérieurs. Si cela est le cas, l'étirement n'aura sûrement pas le même effet.

Par contre, ces différents paramètres relevés dus au rapport sélectif nous amène une population homogène et c'est ce que nous cherchons quand nous réalisons une étude. Nous pouvons conclure des résultats sur un type de population mais nous ne pouvons les extrapoler à l'ensemble.

Un biais supplémentaire est possible car les conditions environnementales de la réalisation de l'exercice et de l'étirement n'ont pas été décrites. Nous savons que l'extensibilité varie suivant la température et le moment de la journée, par exemple nous avons une diminution de l'extensibilité le matin et lors de température basses. Dans les études recueillies nous n'avons pas les données de température intérieure ou extérieure ni l'heure à laquelle les interventions ont été réalisées.

Par ailleurs, les résultats peuvent également être questionnés du fait de l'utilisation de muscles différents. La composition en fibres varie selon le muscle. Par exemple le triceps brachial est composé de soixante pourcent de fibres rapides (type II) alors que le soléaire est composé de quatre-vingt pourcent de fibres lentes (type I). La généralisation des résultats à l'ensemble des autres muscles peut être questionné. En effet, dans son article, Lieber [31] suppose que l'endommagement lié à l'exercice excentrique est plus important au niveau des fibres de types II. Il serait judicieux d'étudier l'effet des étirements sur les muscles avec une forte composition en fibres de type II car les dommages crées seraient probablement supérieurs.

4.5. Comment expliquer la pratique courante des étirements

Bien que les résultats montrent très peu d'effet positif concernant la récupération à l'aide d'étirements, beaucoup de personnes continuent à pratiquer ce mode de récupération. Mais pourquoi ?

En effet, il y a une discordance entre les avis scientifiques retrouvés et la pratique quotidienne. Selon le questionnaire réalisé par E. Bellaud [32] soixante et un pourcent des personnes interrogés pratiquant des étirements, les réalisent dans le but de mieux récupérer et diminuer les courbatures.

Une des premières raisons rapportée est que le stretching augmenterait la vascularisation donc l'élimination des toxines. Pourtant les étirements statiques (les plus couramment utilisés) provoquent une compression des capillaires. Cette interruption intermittente de la circulation locale place le muscle en anoxie un certains temps, le prive d'un apport vasculaire dont il a besoin pour favoriser cette récupération. L'idée reçue et l'effet physiologique des étirements sont donc contradictoires.

Nous avons pu constater que dans certaines études [9] [19] des personnes ont ressenti une diminution de leurs douleurs immédiatement où dans les minutes qui suivirent l'étirement, ainsi qu'une sensation subjective de diminution des courbatures ; alors que vingt-huit minutes plus tard aucune différence concernant le douleur musculaire enregistré n'a été trouvée. Plusieurs théories peuvent expliquer ce phénomène :

- Selon Guissard [33] il y aurait une diminution de l'excitabilité du motoneurone alfa due à des mécanismes pré et post-synaptique.
- Selon Avela [34], cela s'expliquerait grâce à la diminution de la sensibilité des FNM aboutissant à une difficulté d'association avec le motoneurone alfa, mais s'explique aussi par la stimulation des mécanorécepteurs et nocicepteurs ainsi qu'une augmentation de la compliance des fibres intra et extra-fusales qui affecterait les feedback neurosensitifs.
- Selon Cometti [35] et Shrier [36], cela peut être expliqué grâce à l'insensibilisation des récepteurs de la douleur produit par l'étirement. Ce qui est renforcé par les dires de A. Bruchard et ces confrères kinésithérapeutes du sport [37], « les étirements "endorment le sportif" en provoquant une diminution de la sensibilité des FNM ». Mais selon l'étude de Clark [38] seul les étirements actifs aboutissent à une inhibition pré-synaptique du muscle.

Les récepteurs des voies nociceptives sont nombreux : Parmi eux il y a les récepteurs kinesthésiques qui sont le corpuscule du Rufini, le corpuscule de Pacini, le corpuscule de Meissner, les fuseaux neuro-musculaire (FNM), les organes de golgi, les disques de Merkel et les terminaisons libres et ramifiées disséminées dans tous les organes et tissus.

Cette insensibilisation des récepteurs provoque un arrêt transitoire dans le trajet du message douloureux ce qui explique cette sensation de bien être ressentie par le sportif.
Il se produit alors une mise en jeu des circuits inhibiteurs diminuant l'excitabilité des motoneurones.

5. CONCLUSION

Les résultats des études indiquent que chez les adultes sains, il n'y a pas de réduction de la douleur musculaire d'apparition retardée avant ou après un protocole d'étirement. Au contraire, pratiquer des étirements après une séance traumatisante majorerait les microlésions engendrées de l'activité en perturbant la réparation musculaire. Dans l'étude [14], la douleur était significativement plus élevée dans la jambe ayant subie l'étirement plutôt que celle qui n'a pas été étirée. Dans l'étude [13] c'est même le groupe témoin qui a montré le meilleur rétablissement. Ces résultats scientifiques vont pourtant à l'encontre du ressenti des personnes pratiquant habituellement une séance d'étirement à la suite de leur activité sportive, ce qui est expliqué par l'insensibilisation des récepteurs des FNM provoquant un arrêt transitoire du message nociceptif.

Pour l'heure, aucune méthode n'a su démontrer son efficacité pour éliminer les DOMS en amont de leurs apparitions. Seules des méthodes palliatives sont en mesure, sinon de les traiter, au moins de les atténuer pour peu qu'elles soient mises en place dès l'apparition des premiers symptômes.

L'absence d'études montrant un effet positif des étirements sur la réduction des douleurs musculaires ainsi que sur les autres marqueurs indirects des DOMS nous suggère que l'étirement seul est inefficace pour lutter contre les douleurs musculaires d'apparition retardée qui peuvent résulter de l'exercice excentrique. Pour autant, il ne faut pas bannir les étirements du processus de récupération mais il faut les considérer comme un travail global qui permet d'augmenter l'amplitude articulaire ou de redonner une souplesse musculaire. Ils devront être associés à un programme complet de récupération. Pour qu'elle soit satisfaisante, il est nécessaire d'associer aux étirements des mesures d'hygiènes de vie tels : une bonne

hydratation, un bon sommeil, une récupération active (une activité sportive moins intense que les phases d'entrainement comme la marche), une alimentation équilibrée et adaptée aux besoins du sportif, une relaxation, ...

Pour avoir une rééducation et/ou récupération optimale, les kinésithérapeutes, les sportifs, les entraineurs, devront être vigilants lors des étirements pour minimiser leurs effets négatifs et que ceux-ci soient plus bénéfiques que néfastes. Ces professionnels doivent savoir conseiller un type d'étirement adapté suivant l'objectif recherché. Il faudrait privilégier les étirements activo-dynamiques avant un entrainement ou une compétition, plutôt que les étirements passifs. Ces derniers, pourtant les plus réalisés, n'échauffent en rien et produisent même une diminution des performances sportives.

L'étirement passif doit être effectué à distance de la séance d'exercice pour éviter d'augmenter les lésions générées par l'exercice musculaire. En effet, les dégâts induits par l'exercice excentrique arrivent très tôt, dès les premières minutes suivant l'exercice comme nous l'affirme Friden [18]. L'étirement passif sera donc utile entre les entrainements.

Au delà des professionnels, le grand public utilise fréquemment cette pratique. Or, le bienfait présupposé des étirements n'a pas pu être réellement prouvé et pourtant ceci est soutenu par la plupart des auteurs d'ouvrages grand public. Par exemple dans « stretching pour le sportif » de C. BENOIST [39] nous pouvons lire : « Toutefois, les étirements de récupération prennent leur pleine mesure en fin de séance pendant la période de retour au calme. Ils vont permettre aux muscles de retrouver une vraie notion de repos après les « agressions » de l'entrainement. On leurs attribue un rôle préventif en évitant les courbatures qui pourraient être à l'origine de blessures lors du prochain entrainement ». Un travail d'information et de sensibilisation auprès du grand public serait utile car le véritable message est pollué par toutes les informations que l'on peut retrouver sur les forums d'internet, de plus les étirements constituent un vrai marché (des cours sont dispensés en MJC, ...), il est donc inconcevable de véhiculer leurs inefficacités en terme de récupération.

Bibliographie

Articles :

1. **Coudreuse J. M.** Douleurs musculaires post effort. Annales de Réadaptation et de Médecine Physique. 2004;47(6):290–8.

2. **HAS** – Guide d'analyse de la littérature et gradation des recommandations – Janvier 2000.

3. **PEDro** : Échelle PEDro – Français [Internet]. [cited 2016 Jan 22]. Available from: http://www.pedro.org.au/french/downloads/pedro-scale/

4. **McGlynn GH, Laughlin NT, Rowe V.** Effect of electromyographic feedback and static stretching on artificially induced muscle soreness. Am J Phys Med. 1979 Jun;58(3):139–48.

5. **Torres R, Pinho F, Duarte JA, Cabri JMH.** Effect of single bout versus repeated bouts of stretching on muscle recovery following eccentric exercise. J Sci Med Sport. 2013 Nov;16(6):583–8.

6. **Denegar CR, Perrin DH.** Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation, cold, and a combination treatment on pain, decreased range of motion, and strength loss associated with delayed onset muscle soreness. J Athl Train. 1992;27(3):200–6.

7. **Dawson B, Cow S, Modra S, Bishop D, Stewart G.** Effects of immediate post-game recovery procedures on muscle soreness, power and flexiblity levels over the next 48 hours. J Sci Med Sport. 2005 Jun;8(2):210–21.

8. **Chen C-H, Chen TC, Jan M-H, Lin J-J.** Acute effects of static active or dynamic active stretching on eccentric-exercise-induced hamstring muscle damage. Int J Sports Physiol Perform. 2015 Apr;10(3):346–52

9. **Lund H, Vestergaard-Poulsen P, Kanstrup IL, Sejrsen P.** The effect of passive stretching on delayed onset muscle soreness, and other detrimental effects following eccentric exercise. Scand J Med Sci Sports. 1998 Aug;8(4):216–21.

10. **Johansson PH, Lindström L, Sundelin G, Lindström B.** The effects of preexercise stretching on muscular soreness, tenderness and force loss following heavy eccentric exercise. Scand J Med Sci Sports. 1999 Aug;9(4):219–25.

11. **High DM, Howley ET, Franks BD.** The effects of static stretching and warm-up on prevention of delayed-onset muscle soreness. Res Q Exerc Sport. 1989 Dec;60(4):357–61.

12. **Gulick DT, Kimura IF, Sitler M, Paolone A, Kelly JD.** Various treatment techniques on signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. J Athl Train. 1996 Apr;31(2):145–52.

13. **Krityakiarana W.** Effect of ice bag, dynamic stretching and combined treatments on the prevention and treatment of delay onset muscle soreness. International Journal of Physiotherapy and Research. 2014 Dec 11;2(6):799–805.

14. **Wiemann K., Kamphöfner M.** Verhindert statisches Dehnen das Auftreten von Muskelkater nach exzentrischem Training? Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin. 1995;9:411-421

15. **Buroker KC, Schwane JA.** Does Postexercise Static Stretching Alleviate Delayed Muscle Soreness? Physician and Sportsmedicine. 1989;17(65-83).

16. **Viel É, Esnault M, Rodineau J.** Récupération du sportif blessé: de la rééducation en chaîne fermée au stretching en chaînes musculaires. Paris, France: Masson; 2003:188.

17. **Cohen J, Cantecorp K.** Les DOMS : compréhension d'un mécanisme en vue d'un traitement masso-kinésithérapique préventif: DOMS : Understanding the mechanism to enable preventive physiotherapy. Kinésithérapie, la Revue. 2011 May;11(113):15–20.

18. **Friden J, Lieber RL.** Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. Med Sci Sport Exerc, 1992 24(5):521-30

19. **Abraham WM.** Factors in delayed muscle soreness. Med Sci Sport 1977, 9:11-20

20. **Herbert RD, Gabriel M.** Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. BMJ. 2002 Aug 31;325(7362):468.

21. **O'Connor R, Hurley Deirdre A.** The Effectiveness of Physiotherapeutic Interventions in the Management of Delayed Onset Muscle Soreness: a Systematic Review. Physical Therapy Reviews. 2003; 8(4):177–95.

22. **Ziltener J. L. LA.** Le stretching, un mythe … et des constats. Journal De Traumatologie Du Sport. 2005;22(2):112–5.

23. **Andersen JC.** Stretching Before and After Exercise: Effect on Muscle Soreness and Injury Risk. J Athl Train. 2005;40(3):218–20.

24. **Herbert RD, de Noronha M, Kamper SJ.** Stretching to prevent or reduce muscle soreness after exercise. In: Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet]. John Wiley & Sons, Ltd; 2011 [cited 2015 Nov 24]. Available from: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD004577.pub3/abstract

25. **Sempe L.** Intérêts et limites des étirements musculaires passifs

26. **Torres R, Ribeiro F, Alberto Duarte J, Cabri JMH.** Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage: systematic review and meta-analysis. Phys Ther Sport. 2012 May;13(2):101–14.

27. **Geoffroy C, Dupont M-A, Houllier G, Damiano C.** Guide pratique des étirements : 150 Exercices pour être en forme. 5e édition. Cumières, France: Christophe Geoffroy; 2008. p.312

28. **Popineau C., Paulo Fernandes M.** Présentation de concepts de physiothérapie selon trois discipline : les étirements, la musculation et l'endurance. Applications médicales et sportives : Méthodes d'étirements et Kinésithérapie. 2008. 146. Université du droit et de la santé (Lille).

29. **Smith LL, Brunetz MH, Chenier TC, McCammon MR, Houmard JA, Franklin ME, et al.** The effects of static and ballistic stretching on delayed onset muscle soreness and creatine kinase. Res Q Exerc Sport. 1993 Mar;64(1):103–7.

30. **Cheung K, Hume PA, Maxwell L.** Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. Sports Med. 2003;33(2):145–64.

31. **Lieber RL, Sameer Shah D, Friden J.** Cytoskeletal disruption after excentricc contraction – induced muscle inhury. Clin Othopaed and Related Res. 2002, 403:90-99

32. **Bellaud E.** Les étirements musculaires : résultats d'une enquête de pratique auprès des étudiants de Licence 1 en Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives. Kinésithérapie la revue, 2006, 6(53) :19-23

33. **Guissard N, Duchateau J.** Muscle stretching and motoneuron excitability, Eur. J. Physiol. 1988, 58:47-52

34. **Avela J.** Neural and mechanical responses of the triceps surae muscle group after 1h of repeated fast passive stretches. J Appl Physical 2004;96:2325-32

35. **Cometti G.** Les limites du stretching pour la performance sportive: intérêt des étirements avant et après la performance. Fisio Active 5. 2004;2004:1–21.

36. **Shrier I.** Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury: a critical review of the clinical and basic science literature. Clin J Sport Med. 1999 Oct;9(4):221–7.

37. **Bruchard A., Morichon A., Douville de franssu A., Le corre E, Da Silva J,.** Etirements musculaire : Questions/réponses selon les études. Kinéactualité 2014, 20-23p.

38. **Clark L, O'Leary CB, Hong J, Lockard M.** The acute effects of stretching on presynaptic inhibition and peak power. J Sports Med Phys Fitness, 2015, 54(5):605-10.

39. **Benoist C.** Stretching pour le sportif : Souplesse - Etirement. AMPHORA. Paris: Editions Amphora; 2002. 192 p.

40. **Gedda M.** Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. Kinésithérapie la revue 2015;15(157):39-44

Sites Internet :

41. Composition d'un muscle
http://www.linternaute.com/science/biologie/comment/06/muscles/muscles.shtml

42. Lésions des fibres musculaires après un travail excentrique
http://prevost.pascal.free.fr/theorie/muscle/relFV.htm

43. Structure d'une myofibrille

http://tpe-les-muscles.e-monsite.com/pages/structures-des-muscles-squelettiques/les-myofibrilles.html

44. Le reflexe myotatique (neuroanatomie fonctionnelle de la motricité). Université de Lyon
https://www.youtube.com/watch?v=Bz7IYgLX6DY
http://www.annabac.com/content/reflexe-myotatique-et-reflexe-de-retrait

Pour en savoir plus :

45. **Barrué-Belou S.** Les étirements du sportif : revue de littérature et perspectives de recherche. Kiné scientifique 2010. p.30-43

46. **Apostolopoulos N, Metsios GS, Flouris AD, Koutedakis Y, Wyon MA.** The relevance of stretch intensity and position-a systematic review. Front Psychol. 2015;6:1128.

47. **Esnault M.** Effets recherchés du stretching (étirements musculaires actifs) en thérapie et en milieu sportif. Ann. Kinésithér. 1988, n. 1-2, p.63-66

48. **Connolly DAJ, Sayers SP, McHugh MP.** Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. J Strength Cond Res. 2003 Feb;17(1):197–208.

49. **Herbert R.** Le stretching avant ou après l'exercice physique ne réduit pas les courbatures musculaires ni le risque de lésions. Kinésithérapie, la Revue. 2008 Jun;8(78):38–40.

50. **Analyse critique** - L'étirement avant ou après un effort n'a pas d'effets sur la douleur musculaire ni sur le risque de lésions. /data/revues/17790123/00040031/12/. 2004 Jul;4(31):12.

51. **Esnault M.** Que peut-on attendre du stretching en milieu sportif (kinésithérapie du sport). Ann. Kinésithér. 1988, n. 1-2, p.67-68

52. **Trudelle P.** Stretching avant et après activité physique. Kinésithérapie la revue, 2008, 8(78):4

53. **Lund H.** Stretching before or after exercising has no effect on muscle soreness or risk of injury. Australian Journal of Physiotherapy. 2003;49(1):73.

54. **Geoffroy C.** Les étirements, un reflexe de vie à adopter. Kinéactualité Mars 2015 :12

55. **Rous J.** Les étirements : Leur importance dans la récupération et dans la préparation physique. France p.32

56. **Hausswirth C, Vincenzi J-P de.** Améliorer sa récupération en sport. Paris: INSEP; 2014.

p.391

57. **Walker B, Gengoux M.** Anatomie du stretching : Guide illustré de l'assouplissement et de la rééducation du sportif. Noisy-sur École: Budo Editions; 2013. p.205

58. **Esnault M, Viel É.** Stretching: étirements par chaînes musculaires illustrées 2e édition. Masson; 2002. p.196

ANNEXES

Annexe I : Score de Pedro

Annexe II : Diagramme de flux + description/détails du diagramme

Annexe III : Description des études

Annexe IV : Liste des abréviations

ANNEXE I : SCORE DE PEDRO

Tableau III : Score de Pedro

Study	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Score
Buroker	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	4/10
Johanson	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	4/10
McGlynn	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	3/10
High	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	3/10
Gulick	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	3/10
Lund	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	3/10
Chen	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	5/10
Denegar	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	4/10
Torres	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	3/10
Dawson	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	3/10
Krityakiarana	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	4/10
Wiemann	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	5/10

ANNEXE II : Diagramme de flux

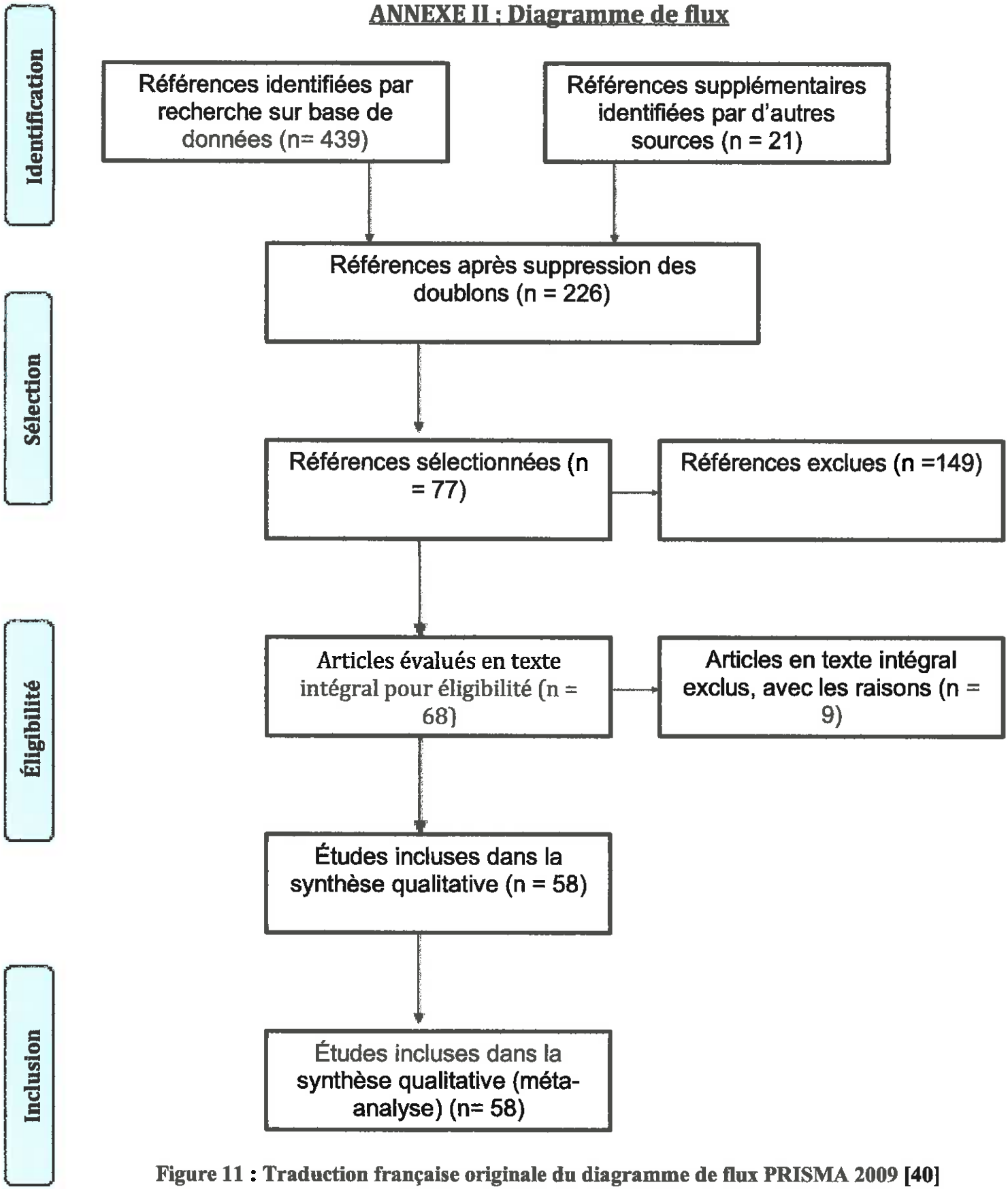

Figure 11 : Traduction française originale du diagramme de flux PRISMA 2009 [40]

Tableau IV : Description du diagramme de flux

Site de recherche	Mots-clés			Nombre de résultats obtenus	Nombres de résultats conservés
PubMed	Stretching	DOMS		21 résultats	6, 9, 10, 12, 24, 26, 29, 46, 30, 48
	Stretching	Muscle soreness		72 résultats	3, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 20, 23, 24, 26, 29, 30, 46, 48
Pedro	Stretching	DOMS		29 résultats	6, 10, 12, 21, 24, 26, 29, 46
	Stretching	Muscle soreness	Eccentric exercise	38 résultats	4, 5, 6, 10, 11, 12 21, 26
Cochrane Library	Stretching	Muscle soreness		2 résultats	24
EMConsulte (: moteur de recherche Elsevier Masson)	Étirement	Courbature		64 résultats	17, 22 49, 52
Sudoc	Étirement	Récupération		4 résultats	16, 55
KS mag (: kiné scientifique)	Étirement	Excentrique		4 résultats	45
Kinédoc	Étirement	Courbatures		10 résultats	17, 32, 49

	Étirement	Récupération		130 résultats	27, 32
Hooked on evidence	Stretching	DOMS		2 résultats	11, 15
	Stretching	Muscle soreness		3 résultats	11, 15, 26
EBSCO Host Connexion	Stretching	DOMS		50 résultats	12, 30
Bibliothèque faculté de science				7 résultats	16, 27, 39, 55, 56, 57, 58
Bibliothèque Réedoc				3 résultats	37, 45, 54

GULICK D. & AL 1996

Cette étude a pour but d'identifier une méthode de traitement qui pourrait aider au rétablissement des DOMS.

Une population de soixante-dix personnes (trente-cinq hommes et trente-huit femmes dont trois personnes ont été perdues au cours de l'étude) âgés de vingt-et-un à quarante ans a été répartie en sept groupes :

- Témoin
- Anti-inflammatoire non stéroïdiens
- Hautes contractions de muscle concentriques sur ergomètre
- Massage de glace
- Etirement statique de dix minutes
- Pommade à l'arnica
- Boulette d'Arnica sous linguale

L'exercice a consisté à réaliser quinze répétitions de quinze contractions excentriques des muscles extenseurs de poignet sur une machine isocinétique à trente degrés par seconde. Une minute de repos a été réalisée entre chaque série. Seul les sujets décrivant une douleur musculaire post-exercice au moins à 3 lors d'une étude pilote ont continués à la phase de collecte de données.

Il y a eu quinze prises de mesures (dont une EVA) réalisées à six occasions : avant et immédiatement après l'exercice, 20 minutes après le traitement puis à vingt-quatre, quarante-huit et soixante-douze heures.

L'étirement statique a été réalisé immédiatement après cet exercice.

Les résultats ne montrent aucune différence significative entre les traitements. Le seul paramètre qui était notablement différent entre les groupes est que la diminution de la flexion active de poignet était présente dans tous les groupes sauf pour le groupe étirement. Aucun traitement n'est efficace pour permettre une diminution des signes et symptômes des DOMS (dont l'étirement statique en parti).

CHEN C. & AL 2015

Cette étude a pour but de déterminer si l'étirement actif statique ou dynamique des muscles ischios-jambiers réduirait les dégâts musculaires observés à la suite d'un travail excentrique.

Une population de trente-six hommes âgés en moyenne de 20,6 ans a été répartie en trois groupes :

- Témoin (12)
- Etirement actif statique SAS (12)
- Etirement actif dynamique DAS (12)

Tous les sujets ont exécutés l'exercice excentrique immédiatement après l'étirement.

La première étape a consisté à la prise de toutes les mesures pour chaque sujet. Ensuite les groupes SAS et DAS ont réalisé l'étirement sur leur jambe dominante après un échauffement de cinq minutes sur tapis roulant à 6,4km/h et à une pente de un pourcent. Le groupe témoin a réalisé uniquement le jogging. Après ce jogging ou jogging + étirement les mêmes mesures ont été reprises.

Quinze minutes plus tard, un exercice excentrique consistant à faire six fois dix contractions excentriques des fléchisseurs de genou sur machine isocinétique de cent-dix degrés à zéro, à une vitesse de trente degrés par seconde, un repos de une minute a été fait entre chaque série. Les mesures ont été obtenues immédiatement après l'exercice excentrique et tous les jours pendant cinq jours.

Les résultats nous montrent qu'après l'étirement, le changement de la flexion de hanche était significativement plus haut dans les groupes étirés que le groupe témoin. Les marqueurs de dégâts musculaires étaient inférieurs dans le groupe étirement statique que dynamique, et la raideur musculaire diminue significativement plus dans le groupe DAS que le groupe SAS ou control. La douleur musculaire quant à elle, était significativement plus basse pour les jours trois à cinq après l'exercice dans le groupe SAS et DAS que dans le groupe témoin, de plus elle était significativement plus basse pour le groupe SAS que DAS. L'étirement statique est recommandé plutôt que l'étirement dynamique à la vue de ces effets positifs sur la force musculaire

TORRES R. & AL 2013

Cette étude à pour but de déterminer l'effet de l'étirement seul ou répété sur les marqueurs indirects des DOMS induit par l'exercice.

Une population de cinquante-six hommes âgés en moyenne de 21,4 ans a été répartie en 4 groupes :

- Etirement seul du quadriceps (14)
- Exercice excentrique du quadriceps jusqu'à épuisement (14)
- Exercice excentrique du quadriceps jusqu'à épuisement + étirement passif seul (14)
- Exercice excentrique du quadriceps jusqu'à épuisement + étirement passif répété (immédiatement après l'exercice puis 24, 48, 72 et 96 heures après l'exercice) (14)

Tout d'abord les personnes ont réalisé un échauffement sur cyclo-ergomètre pendant 5 minutes à une résistance de deux pourcent de leur poids corporel.

L'exercice excentrique a consisté à faire trente contractions excentriques du quadriceps sur machine isocinétique à une vitesse de soixante degrés par seconde et à soixante pourcent du moment de torsion concentrique maximal. L'exercice se poursuit jusqu'à l'incapacité des personnes à suivre l'intensité et la fréquence imposée par la machine. L'étirement est un étirement passif qui a était réalisé dix fois trente secondes avec dix secondes de repos entre chaque série.

Les résultats ont montré qu'il a :

- Une augmentation significative sur la douleur jusqu'à soixante-douze heures après l'exercice pour tous les groupes
- Une diminution significative du moment de torsion concentrique maximal une heure après l'exercice.
- Une augmentation de la concentration plasmatique CK dans les trois jours suivants.
- Aucune différence significative entre les groupes (à l'exception de la raideur musculaire qui était plus basse dans les groupes exercice excentrique suivi d'étirement seul ou répété) n'a été trouvée.

- Le groupe d'étirement seul n'a montré aucun changement des variables évaluées.

Donc l'étirement seul ou répété n'influence pas les niveaux des marqueurs principaux de dégâts musculaires (raideur musculaire, douleur musculaire, moment de torsion maximal concentrique, plasma CK). Cependant l'étirement répété a un effet favorable sur la raideur musculaire

KRITYAKIARANA W. & AL 2014

Cette étude a pour but de déterminer si l'étirement dynamique pre-exercice, la glace ou la combinaison d'étirement dynamique + glace pourrait prévenir ou traiter les DOMS du biceps.

Une population de cinquante-cinq femmes âgées de dix-huit à vingt-cinq ans a participé à cette étude. Ces personnes ont été réparties en quatre groupes :

- Témoin : treize
- Glace : quatorze
- Etirement dynamique pré-exercice : quatorze
- Etirement dynamique pré-exercice + glace post-exercice : quatorze

Une prise de mesure de la contaction maximale volontaire a été mesuré avant de réaliser l'exercice. Concernant le groupe « étirement dynamique », trois séries de six étirements dynamiques du biceps brachial ont été exécuté avant l'incitation de DOMS avec une pause de une minute entre chaque série. Cet exercice d'incitation de DOMS consiste à réaliser huit contractions excentriques du biceps brachial du bras non dominant à 110% de la 1RM. Cela compose un ensemble, chaque ensemble de huit contractions excentriques sera répété huit fois avec une pause de trente secondes entre chaque série.

Les résultats attestent que ni le traitement combiné, ni l'étirement dynamique, ni la glace ne réduisent significativement les symptômes des DOMS, et que le traitement combiné peut être contre-indiqué pour la prévention des DOMS. L'étirement dynamique a montré la différence la plus petite entre la prise de mesure immédiatement à la suite de l'exercice et trois jours après. Le groupe témoin quant à lui a montré le meilleur rétablissement en ce qui concerne la perception de la douleur et le rétablissement de la force musculaire.

HIGH D. & AL 1989

Cette étude a pour but de déterminer l'effet de l'étirement statique et l'échauffement sur le niveau de douleur associée aux DOMS.

Une population de soixante-deux personnes (trente-et-un hommes, trente-et-une femmes) âgé en moyenne de 19,5 ans a été répartie en quatre groupes :

- Etirement du quadriceps juste avant le step test (Sept hommes et sept femmes)
- Echauffement mais sans step test (Huit hommes et huit femmes)
- Echauffement + étirement statique avant le step test (Huit hommes et huit femmes)
- Uniquement le step test (Huit hommes et huit femmes)

L'étirement a été réalisé cinq fois cinquante secondes sur les quadriceps en statique avant l'exercice

Le step test a été réalisé jusqu'à épuisement à l'aide d'un métronome qui impose une vitesse de seize par minute, avec une marche de cinquante centimètre pour les hommes et de quarante centimètre pour les femmes. La montée se fait avec la jambe droite pour réaliser un travail en concentrique et la descente se fait avec la jambe gauche pour réaliser un travail excentrique. Cet exercice est réalisé jusqu'à ce que les personnes ne puissent plus suivre le rythme imposé.

Les résultats montrent qu'il n'y a de différence significative entre les groupes pour toutes les mesures et que l'étirement statique n'a pas d'effet sur la prévention des DOMS.

Les résultats montrent que les groupes un et trois n'ont pas de résultats significativement différents du groupe quatre qui a réalisé uniquement le step test. L'étirement avant un exercice n'a donc aucune protection contre les DOMS. L'étirement statique ou l'échauffement n'empêche pas les DOMS.

Les résultats montrent que sur les quarante-six personnes qui ont réalisé le step test vingt-quatre ont ressenti la même intensité de douleur dans les deux jambes et vingt-et-une ont ressenti une douleur uniquement dans la jambe gauche (celle qui a réalisé le travail excentrique).

JOHANSSON P.H. & AL 1999

Cette étude a pour but d'examiner les effets de l'étirement statique avant un exercice sur la douleur musculaire, la sensibilité et la perte de force après un travail excentrique.
Une population de dix femmes âgées en moyenne de vingt-quatre ans a réalisé l'étude.
Elles ont réalisé un échauffement de cinq minutes sur ergomètre (vélo). Ensuite elles ont réalisé quatre fois vingt secondes d'étirement statique des ischios-jambiers avec vingt secondes de repos entre chaque série sur une jambe aléatoirement choisie, l'autre jambe étant la jambe contrôle. Puis on leurs a demandé de faire dix fois dix contractions excentriques maximales des fléchisseurs de genou sur une machine isocinétique à trente degrés par seconde, un repos de trente secondes entre chaque série a été effectué. (Auparavant on leurs avaient demandé trois flexions maximales de genou pour avoir une référence : la valeur de force maximale la plus haute des trois à servi de référence).
Les résultats ne montrent aucune différence significatives sur tous les paramètres mesurés (douleur, sensibilité, perte de force) en comparant jambe étirée et non étirée.
Les résultats montrent que l'étirement statique pre-exercice n'a aucun effet préventif sur la douleur, la sensibilité, la faiblesse après un travail excentrique.
Il n'y a pas de différence significative entre les groupes pour toutes les mesures

DENEGAR & PERRIN 1992

Cette étude a pour but de comparer les effets de l'étirement statique combiné avec différents traitements (TENS, froid), ainsi que de savoir si la diminution de la douleur est accompagnée par une restauration de la force et de comparer les changements perçus entre différents traitements.
Une population de quarante femmes âgées en moyenne de vingt-deux ans a été aléatoirement répartie en cinq groupes :

- Froid
- TENS
- Froid + TENS
- TENS placebo

- Témoin (20 minutes de repos)

L'exercice pour introduire des DOMS a consisté à réaliser des contractions excentriques répétées des fléchisseurs du coude non dominant sur machine isocinétique à une vitesse angulaire de trente degrés par seconde. On leurs demande de réaliser trois contractions concentriques et excentriques maximales qui ont été atteintes en moyenne grâce à un pré-test. Chaque contraction concentrique est suivie d'une contraction excentrique.

Les sujets ont été aléatoirement assignés aux traitements de vingt minutes suivi par l'étirement statique.

Les résultats montrent que l'étirement statique aboutit à une diminution de la douleur dans tous les groupes. Cependant, ceux qui ont eu les TENS et le traitement combiné associé à l'étirement ont eu une diminution plus grande de douleur perçue que ceux qui ont reçu les TENS placebo ou aucun traitement avant l'étirement.

L'étirement statique aboutit à une perception de la douleur diminuée et le traitement combiné avec le froid et/ou des TENS est plus efficace que l'étirement statique seul.

Dawson & Al 2005

Cette étude a pour but d'examiner différentes procédures de récupération après un match de football.

Une population de dix-sept joueurs de football semi-professionnel âgés en moyenne de 24,2 ans a été répartie en quatre groupes :

- Témoin
- Etirement statique de quinze minutes
- Marche en piscine de quinze minutes (en avant, arrière, sur le côté)
- Chaud/froid : deux minutes de chaud à 45°C puis une minute de froid à 12°C.

Ces traitements ont été effectués quinze à vingt minutes après le match. L'exercice qui a consisté à introduire des DOMS est un match de football avec un changement de poste pour les joueurs au cours du match. Chaque joueur a testé les quatre types de récupération donc il y a eu douze matchs de joués à une semaine d'intervalle.

Les résultats montrent qu'aucune différence entre les trois rétablissements expérimentaux n'a été trouvée. Le rétablissement de la douleur musculaire n'a pas été significativement amélioré en exécutant un rétablissement post-match immédiat.
Cependant, les joueurs ont ressenti la marche en piscine comme le moyen le plus efficace de récupération puis l'étirement.

McGlynn & Al 1979

Cette étude a pour but de connaître les effets de l'étirement statique et du biofeedback sur les douleurs musculaires induites artificiellement.
Une population de trente-six hommes âgés de dix-huit à vingt-six ans a été répartie en trois groupes :

- Témoin (douze)
- Etirement statique (douze)
- Biofeedback de quinze minutes (douze)

L'exercice a consisté à réaliser soixante contractions excentriques du biceps brachial par minute à l'aide d'un haltère (d'un poids correspondant à quatre-vingt pourcent de la 1RM de chaque sujet) jusqu'à épuisement.
Puis cinq étirements statiques de quinze minutes (deux minutes d'étirement et une minute de repos, le tout réalisé quatre fois) ont été effectués à 6, 25, 30, 49 et 54 heures après l'exercice.
Les résultats montrent que les groupes biofeedback et étirement ont significativement réduit l'activité EMG du muscle. De plus, il n'y a pas de différence sur la douleur musculaire entre les trois groupes.

WIEMANN K. & KAMPHÖFNER M. 1995

Cette étude a pour but d'examiner l'effet de l'étirement statique avant un exercice excentrique sur la douleur musculaire de début retardée.

Une population de vingt-quatre femmes âgées de vingt-cinq à quarante-cinq ans a participé à cette étude.

Un étirement statique du droit fémoral sur une jambe a été réalisé pendant trois minutes avant l'exercice excentrique et entre chaque série. La jambe étirée a été choisie aléatoirement, l'autre jambe servant de jambe contrôle. Ensuite cinq séries de trente contractions excentriques du droit fémoral sont effectuées.

Les résultats montrent que la médiane du nombre de DOMS était significativement plus élevée au niveau de la jambe qui a été étirée que celle qui n'a pas été étirée. Ces découvertes suggèrent que l'étirement avant l'exercice excentrique puisse augmenter la douleur musculaire plutôt que la diminuer.

ANNEXE IV : Liste des abréviations

- DOMS : Delayed Onset Muscle Soreness (douleur musculaire d'apparition retardée)
- FNM : Fuseau neuro-musculaire
- EVA : Échelle visuelle analogique
- CC : Composante contractile
- CEP : Composante élastique parallèle
- CES : Composant élastique en série
- CK : Créatine Kinase
- RM : Résistance maximale
- TENS : Transcutaneous Electricial Nerve Stimulation (Neurostimulation électrique transcutanée)
- AINS : anti-inflammatoire non stéroïdien
- MJC : Maison des jeunes et culture
- HAS : Haute autorité de santé