

Les effets immédiats d'un étirement statique et/ou dynamique avant l'effort sur la force et l'amplitude au niveau des membres inférieurs : une revue systématique

Travail de Bachelor

Adriano Carvalho Leitao

N° matricule : 20869970

Diego Jauslin

N° matricule : 14302418

Dylan Palas Pontes

N° matricule : 19543735

Directeur/Directrice : Suzanne Gard – Enseignante en physiothérapie HES

Juin 2023

Filière Physiothérapie

Haute école de santé de Genève

Déclaration

Ce travail de Bachelor a été réalisé en vue de l'obtention du titre de *Bachelor of Science HES-SO en physiothérapie*. L'utilisation des conclusions et recommandations formulées dans ce travail, sans préjuger de leur valeur, n'engage ni la responsabilité des auteurs, ni celle du directeur ou de la directrice du travail de Bachelor, du jury et de la HEdS-GE.

Nous attestons avoir réalisé seuls/seules le présent travail sans avoir plagié ou utilisé des sources autres que celles citées dans la bibliographie.

Fait à Genève, le 6 juin 2023

Adriano CARVALHO LEITAO

Diego JAUSLIN

Dylan PALAS PONTES

Remerciements

Nous tenons tout particulièrement à remercier les personnes suivantes, qui ont participé à la réalisation de ce travail :

Mme Suzanne Gard, enseignante à la Haute Ecole de Santé de Genève et directrice de notre travail de Bachelor, pour les conseils apportés tout au long de notre travail.

M. Pierre Nicolo, enseignant à la Haute Ecole de Santé de Genève, pour ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance.

M. Jean-David Sandoz, bibliothécaire à la Haute Ecole de Santé de Genève, pour son aide et sa disponibilité tout au long de notre travail.

Mme Anne-Violette Bruyneel, enseignante à la Haute Ecole de Santé de Genève, pour son aide durant notre travail.

Résumé

Introduction : l'étirement avant un effort est bien souvent exécuté dans les habitudes de la population, mais sa réelle utilité reste encore à définir. Les étirements statiques et dynamiques sont les grandes catégories des étirements. Il serait intéressant de mettre en évidence lequel serait le plus utile pour un gain de force et/ou d'amplitude au niveau des membres inférieurs en comparaison avec un groupe contrôle.

Objectif : l'objectif de cette revue est de mettre en évidence une éventuelle amélioration/diminution au niveau de la force et/ou de l'amplitude articulaire suite aux effets immédiats d'un étirement (statique et/ou dynamique) des membres inférieurs avant effort.

Méthode : deux cross-overs et trois essais randomisés contrôlés ont été sélectionnés et côtés avec l'échelle PEDro. Cette revue comprend un total de 241 patients. L'outcome principal est la force et le secondaire est l'amplitude de mouvement. Notre méthode visera à comparer les résultats de la baseline et post-intervention entre les groupes (statique, dynamique et contrôle) dans les différents articles.

Résultats : concernant la force, les études démontrent différentes tendances. De manière globale, une amélioration a été révélée pour le stretching dynamique, contrairement au stretching statique, ainsi qu'au groupe contrôle, qui eux, ont démontré une péjoration. Concernant l'amplitude articulaire, tous nos articles, à l'exception d'un, ont mis en évidence une péjoration dans toutes les modalités.

Conclusion : d'après les résultats pré et post-intervention, il semble qu'il n'y a pas de réel intérêt clinique à effectuer les étirements avant l'effort afin d'augmenter sa force musculaire. Concernant les amplitudes, une tendance à la péjoration se dégage dans la majorité des articles ; ce qui nous amène à penser que dans l'optique d'un gain d'amplitude articulaire, il est plutôt néfaste d'effectuer des étirements avant l'effort.

Mots clefs : physiothérapie ; étirement statique ; étirement dynamique ; pré-effort ; force ; amplitude ;

Abstract

Introduction : Stretching before exercise is often performed as a habit by the population, but its actual usefulness remains to be defined. Static and dynamic stretching are the main categories of stretching. It would be interesting to highlight which one would be more useful for gaining strength and/or range of motion in the lower limbs compared to a control group.

Objective : The objective of this review is to identify any improvement/decrease in strength and/or joint range of motion following the immediate effects of stretching (static and/or dynamic) of the lower limbs before exercise.

Method : Two crossover studies and three randomized controlled trials were selected and rated using the PEDro scale. This review includes a total of 241 patients. The primary outcome is strength, and the secondary outcome is range of motion. Our method aims to compare the baseline and post-treatment results between the groups (static, dynamic, and control) in the different articles.

Results : Regarding strength, the studies demonstrate different trends. Overall, an improvement was revealed for dynamic stretching, unlike static stretching and the control group, which showed a deterioration. Regarding joint range of motion, all of our articles, except one, highlighted a deterioration in all modalities.

Conclusion : Based on the pre- and post-intervention results, it appears that there is no real clinical benefit in performing stretching before exercise to increase muscle strength. Regarding range of motion, a trend towards deterioration emerges in the majority of articles, leading us to believe that in terms of gaining joint range of motion, it is rather detrimental to perform stretching before exercise.

Keywords : physiotherapy ; static stretching ; dynamic stretching ; pre-exercise ; strength ; range of motion.

Liste des abréviations

BS : Stretching balistique
CON : Contrôle
CR : Contracté-relâché
CRAC : Contracté-relâché avec contraction de l'antagoniste
DS : Stretching dynamique
E : Extension
F : Flexion
FD : Flexion dorsale
FP : Flexion Plantaire
h : heure
MVIC : Maximum Voluntary Isometric Contraction
n : nombre
N : Newton
Nm : Newton x Mètre
PICO : Population Intervention Comparaison Résultat
PNF : Facilitation neuro-proprioceptive
RCT : Randomized Control Trial
ROM : Range of Motion
SS : Stretching statique

Table des matières

Déclaration.....	i
Remerciements.....	i
Résumé.....	ii
Abstract.....	iii
Liste des abréviations.....	iv
Liste des tableaux.....	v
Liste des figures.....	v
1. Introduction.....	1
2. Cadre théorique.....	3
2.1 Qu'est-ce que le stretching ?.....	3
2.2 Les effets métaboliques du stretching sur les structures.....	4
2.2.1 Unité myotendineuse.....	4
2.2.2 Mécanismes nerveux.....	5
2.3 Les étirements de type “dynamiques”.....	5
- 2.3.1 Étirement balistique.....	6
- 2.3.2 Contracté relâché / tenir relâché / techniques PNF.....	6
- 2.3.3 Contracté relâché avec contraction de l'antagoniste.....	6
- 2.3.4 Contraction de l'antagoniste.....	7
2.4 Les étirements de type “statiques”.....	7
2.5 Que nous dit la littérature ?.....	8
3. Méthodologie.....	9
3.1 PICO.....	9
3.2 Problématique et question de recherche.....	9
3.2.1 Problématique.....	9
3.2.2 Question de recherche.....	10
3.3 Méthode de recherche d'articles.....	10
3.4 Tableau Prisma.....	11
3.5 Critères d'inclusion et d'exclusion.....	12
3.5.1 Critères d'inclusion.....	12
3.5.2 Critères d'exclusion.....	12
3.6 Evaluation de la qualité des articles.....	12
4. Résultats.....	13
4.1 Présentation des articles.....	13
4.2 Description des populations.....	14
4.3 Présentation des résultats.....	15
4.3.1 Tableau des résultats sur la force.....	15
4.3.2 Tableau des résultats sur l'amplitude.....	17
4.3.3 Graphiques.....	19
4.3.4 Outcome : Force.....	25
4.3.5 Outcome : Amplitude.....	25

5. Discussion.....	27
5.1 Différentes modalités d'étirements dynamiques.....	27
5.2 Différentes modalités pour un même groupe selon les études.....	27
5.3 Les types d'études.....	28
5.4 Puissance des études.....	28
5.5 Mesure de la force.....	29
5.6 Mesure de l'amplitude.....	30
5.7 Population des études.....	30
5.8 Significativité des articles.....	30
5.9 Comparaison avec la littérature et implication clinique.....	32
5.10 Piste de réflexion.....	33
6. Conclusion.....	34
Bibliographie.....	35
Annexes.....	38

Liste des tableaux

[Tableau 1 : « Présentation des articles »](#)

[Tableau 2 : « Description des populations »](#)

[Tableau 3 : « Evolution de la force entre la baseline et l'intervention »](#)

[Tableau 4 : « Pourcentage d'amélioration de la force »](#)

[Tableau 5 : « Evolution des amplitudes articulaires entre la baseline et l'intervention »](#)

[Tableau 6 : « Pourcentage d'amélioration des amplitudes articulaires »](#)

Liste des figures

[Graphique 1 : « Evolution de la force \(%\) - Stretching Statique »](#)

[Graphique 2 : « Evolution de la force \(%\) - Stretching Dynamique »](#)

[Graphique 3 : « Evolution de la force \(%\) - Groupe Contrôle »](#)

[Graphique 4 : « Pourcentage d'amélioration de la force \(%\) - Groupe SS »](#)

[Graphique 5 : « Pourcentage d'amélioration de la force \(%\) - Groupe DS »](#)

[Graphique 6 : « Pourcentage d'amélioration de la force \(%\) - Groupe CON »](#)

[Graphique 7 : « Evolution des amplitudes articulaires \(°\) - Stretching Statique »](#)

[Graphique 8 : « Evolution des amplitudes articulaires \(°\) - Stretching Dynamique »](#)

[Graphique 9 : « Evolution des amplitudes articulaires \(°\) - Groupe Contrôle »](#)

[Graphique 10 : « Pourcentage d'amélioration de l'amplitude articulaire \(%\) - Groupe SS »](#)

[Graphique 11 : « Pourcentage d'amélioration de l'amplitude articulaire \(%\) - Groupe DS »](#)

[Graphique 12 : « Pourcentage d'amélioration de l'amplitude articulaire \(%\) - Groupe CON »](#)

1. Introduction

“À des époques antérieures, la Grèce Antique dans un passé lointain et le XIXème siècle plus récemment, les étirements et les mobilisations articulaires ont fait partie de l’arsenal thérapeutique des médecins. (Hippocrate Ling)” (Tisal, 2022, p. XI). Comme le laisse entendre cette citation, les étirements ont intéressé le domaine de la santé depuis des siècles. De ce fait, de nombreuses théories ont vu le jour, et il est parfois difficile de démêler le vrai du faux parmi toutes ces informations. Pour ne citer qu’un exemple, en 1994, une étude réalisée à Honolulu concernant le stretching dynamique avait fait l’objet d’une polémique. Cette dernière révélait que des coureurs ayant effectué des stretchings dynamiques avant la course s’étaient davantage blessés par rapport aux autres. Cependant, l’étude n’indiquait pas si le groupe intervention pratiquait correctement ses étirements. Malgré l’étude, il n’était pas possible d’établir un lien de causalité entre les étirements et les blessures (Lally, 1994). S’ajoutent à cela les idées reçues : *“certains entraîneurs affirment que les athlètes ne doivent pas s’étirer de manière statique avant la compétition mais recommandent cette méthode après l’épreuve”* (Anderson, 2021, p. 221). Anderson (2021), propose *“des étirements doux pour informer les muscles qu’ils sont sur le point d’être mobilisés et les préparer à des étirements dynamiques et à un échauffement plus complet. Et après l’effort, les étirements statiques seront plus profitables”*. Depuis, de nouvelles études ont été publiées afin de démontrer les effets des étirements après l’effort. Une revue systématique datant de 2021 démontre qu’il n’y a pas de preuves concrètes permettant d’affirmer que le stretching est meilleur que le repos passif après l’effort concernant la force, l’amplitude de mouvement ainsi que les courbatures (Afonso et al., 2021).

Mais qu’en est-il des étirements avant l’effort ? En effet, au travers de nos expériences sportives, nous avons constaté que nombreuses étaient les équipes qui mettaient en place des séances d’étirements avant l’effort. Cela a relevé en nous un questionnement quant à ces pratiques. Suite à nos recherches, nous nous sommes rapidement rendus compte que ces étirements étaient nettement moins étudiés. C’est principalement la raison pour laquelle nous avons décidé d’orienter notre travail dans cette direction.

Notre cadre théorique va s’organiser autour de différents grands axes qui auront pour objectif de poser un contexte et d’expliquer les différentes modalités d’étirement existantes, ainsi que leurs éventuels impacts sur les structures du corps humain.

La mobilité est considérée comme un facteur de bien-être physique important qui peut être apporté par ce qui est communément appelé un étirement (Anderson, 2001). L’amplitude donnée par cette mobilité est une partie fondamentale du fonctionnement du système musculosquelettique. De manière générale, une mobilité sera exigée pour toute activité physique et sa réussite dépendra de plusieurs facteurs. Premièrement des éléments indépendants, comme la génétique, des facteurs congénitaux ou encore des éléments dépendants, comme l’activité physique. Un manque de mobilité peut entraîner une potentielle diminution de la performance et donc provoquer une modification dans la fonction

même du mouvement. De part cette idée, il est habituel d'inclure des étirements dans des séances d'échauffement. Dans un sens primaire, le but d'un étirement est d'augmenter la mobilité articulaire et musculaire, mais d'autres effets sont potentiellement à prendre en compte dépendamment de l'objectif à atteindre pour une performance ou activité physique (Ylinen, 2002).

Aujourd'hui, l'apprentissage de la mobilité dans les écoles obligatoires est négligé. Les enseignements, dans les cours d'éducation physique par exemple, ne sont rarement, voire jamais abordés et constituent donc un manque d'information dans la population jeune. De ce fait, il n'est pas rare de rencontrer des adolescents ou de jeunes adultes avec des restrictions de mobilité, des limitations d'amplitudes ou encore des tensions musculaires que cela concerne les membres ou le rachis. Cet aspect nous rappelle l'importance dès le plus jeune âge, avant même la fin de la croissance, de porter une attention particulière à notre apprentissage corporel (Ylinen, 2002).

Question de recherche

Voici notre question de recherche : les étirements (statiques et/ou dynamiques) avant effort permettent-ils d'augmenter immédiatement la force et l'amplitude au niveau des membres inférieurs ?

2. Cadre théorique

2.1 Qu'est-ce que le stretching ?

Le stretching, ou étirement, est une pratique consistant à mettre en tension un muscle ou un groupe musculaire en éloignant les points d'insertion de ceux-ci. Cette pratique est bien réputée dans le milieu sportif. (Popineau & Fernandes, 2008).

De nos jours, il existe beaucoup de controverses autour des effets de l'étirement. En effet, de nombreux articles sont parus, pour autant, il n'existe pas de consensus aboutissant à une conclusion précise.

Lors d'un étirement, diverses structures sont mises en tension. Les muscles et les tendons subissent un étirement mais ils ne sont pas les seuls à devoir s'adapter. L'os, les vaisseaux, les nerfs peuvent également s'allonger (Popineau & Fernandes, 2008).

Afin de mener au mieux un étirement, la connaissance de certaines notions d'anatomie peuvent être des facteurs facilitateurs dans la compréhension de leurs mécanismes. En connaissant les insertions musculaires, la forme et les actions du muscle, il est possible de mettre en place une séance d'étirement convenable avec une éventuelle progression. Il est important de prendre en considération l'aspect respiratoire afin d'avoir une détente musculaire générale (Anderson, 2001).

Il ne faut pas oublier pour autant que le stretching, c'est avant tout une méthode pour se sentir mieux. Il est tout à fait possible de mener à bien un étirement si l'on est à l'écoute de son corps et de ses sensations pour permettre une réaction des muscles concernés (Anderson, 2021).

Au cours du temps, différentes techniques d'étirements ont pu voir le jour. Les étirements de type "dynamique" furent les premiers à être utilisés, suivis par les étirements de type "statique" (Tisal, 2022).

2.2 Les effets métaboliques du stretching sur les structures

2.2.1 Unité myotendineuse

L'unité myotendineuse comprend d'une part le muscle et d'autre part le tendon. Les deux étant reliés dans une même unité fonctionnelle. Au sein de cette unité, le tendon aura des propriétés moins élastiques que le muscle en tant que tel (Popineau & Fernandes, 2008).

Le tendon est constitué à 70% de fibres collagéniques. C'est un tissu dense et très peu vascularisé qui n'aura, de ce fait, pas la capacité de se contracter. Le tendon est constitué par différentes couches que nous allons énumérer de la plus profonde à la plus superficielle : molécule de collagène (tropocollagen), endoténon (plusieurs couches et finalement l'épitenon. En somme, les fonctions propres aux tendons sont, d'une part, la liaison et la stabilisation des articulations du système squelettique, et d'autre part, la transmission des forces musculaires aux os, de telle sorte que les mouvements se fassent au mieux (Popineau & Fernandes, 2008).

Image 1

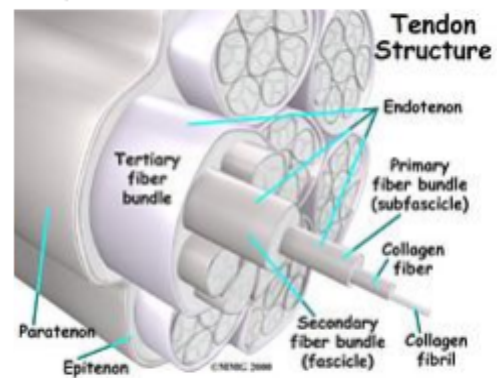


Image tirée du site en accès libre :
<https://openverse.org/image/f5c44572-898d-4adf-915e-36c8890bf6b1?q=tendon%20structure>

Le muscle, quant à lui, est fortement innervé, et de ce fait, possède des propriétés contractiles et élastiques importantes. Il existe différents types de muscles. On parlera de deux types de fibres musculaires appelées également myocytes : les fibres lisses à contraction involontaire et les fibres striées à contraction volontaire (Duparc et al., 2022, p.21). Ceux dont l'on parle quand il s'agit d'étirements sont principalement les muscles

Image 2

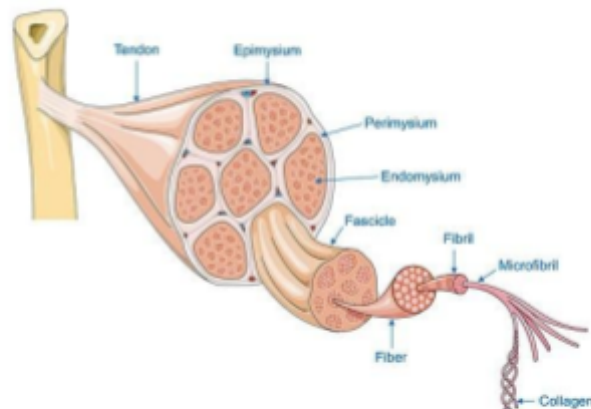


Image tirée du site en accès libre :
<https://openverse.org/image/f1a35eb2-90ed-4e9d-ae65-7b665b362818?q=muscle%20structure>

striés squelettiques. Tout comme le tendon, le muscle est constitué de différentes couches (Muscolino, 2022, p.498). Un tissu conjonctif commun parcourt et recouvre l'entièreté des muscles striés. Celui-ci est composé des couches suivantes : une aponévrose appelé également épimysium qui entoure chaque muscle, le périmysium qui délimite des groupes de faisceaux musculaires et enfin l'endomysium qui lui recouvre les faisceaux musculaires. On donne également un nom à la membrane cellulaire des myocytes. Celle-ci est appelée

sarcoleme. Ces cellules musculaires contiennent des myofibrilles formées de filaments d'actine et de myosine qui forment donc le muscle. On caractérise ensuite ce muscle par quatre différents aspects : le tonus, les insertions, le trajet et leur forme (Duparc et al., 2022, p.21).

2.2.2 Mécanismes nerveux

Dans la jonction myotendineuse, nous pouvons retrouver deux types de capteurs sensoriels tels que :

- Le fuseau neuromusculaire, situé dans le muscle
- L'organe tendineux de Golgi, situé dans le tendon

Ces récepteurs nous informent sur les différents niveaux de tension musculaire et envoient un message au cerveau afin d'informer la position et le mouvement des articulations dans l'espace. Le cerveau pourra alors agir en conséquence et ainsi, maintenir un juste équilibre (Popineau & Fernandes, 2008).

Le fuseau neuromusculaire est un petit amas de fibres musculaires spécialisé mêlé aux fibres musculaires "normales". L'étirement du fuseau neuromusculaire déclenche un influx nerveux vers la moelle épinière et les centres nerveux supérieurs. Il est sensible à l'étirement qu'il soit brusque ou prolongé. Il joue alors un rôle important quant à la régulation du tonus musculaire car en fonction de cela des réactions vont être amenées afin de diminuer ou augmenter le niveau de tension. Les étirements répétés permettraient alors d'entraîner la capacité de tolérance à la mise en tension ce qui retarderait la sensation douloureuse et augmenterait l'extensibilité (Popineau & Paulo Fernandes, 2008).

Les organes tendineux de Golgi, eux, ont également un rôle important à jouer. Ce sont des récepteurs qui sont localisés à la jonction myotendineuse ainsi qu'à la zone d'attache du tendon (l'enthèse). Ils permettent de protéger les tendons, ainsi que les muscles, contre les étirements excessifs. Ils informent également le cerveau concernant le niveau de contraction et d'étirement. Ce récepteur agit lors d'un étirement soudain du tendon afin de contracter le muscle qui s'y attache permettant ainsi de créer un "réflexe" diminuant le niveau de tension (Muscolino, 2022, p. 72-73).

2.3 Les étirements de type "dynamiques"

Tout au long du XXème siècle, de nombreuses méthodes d'étirement se sont succédées, mais c'est bien vers une approche dynamique que nous (les Hommes) nous sommes premièrement dirigés (Tisal, 2022). Étymologiquement, "dynamique" vient du mot latin "dunamikus" qui s'apparente à la puissance. On le définit comme étant relatif au

mouvement, à la force, à l'actif (Larousse, 2023). De ce fait, on considère alors différentes catégories d'étirements qui peuvent être prises en compte sous cette appellation:

- 2.3.1 Étirement balistique

D'après Tisal (2022), cette technique était initialement utilisée par des gymnastes pour améliorer leurs amplitudes articulaires. Le but de cette technique est de provoquer un mouvement brusque dans la direction de l'étirement du muscle souhaité, qui, par un mouvement de balancier (impliquant une vaste amplitude), va provoquer une réponse réflexe proprioceptive. L'activation de ces propriocepteurs aura pour conséquence de faciliter l'action du réseau nerveux, ce qui aura pour finalité de maximiser l'action des cellules musculaires. Cette technique d'étirement a également l'avantage de pouvoir facilement être spécifique à une pratique particulière, et peut, de ce fait, être très ciblée. Cependant, c'est une technique assez violente, car elle nécessite une certaine vélocité de mouvement, de ce fait, si elle est mal réalisée, peut s'avérer dangereuse (Nelson et Kokkonen, 2014, p. 157-158).

- 2.3.2 Contracté relâché / tenir relâché / techniques PNF

C'est une technique souvent réalisée en trois étapes. La première consistant à positionner le muscle cible dans une position d'étirement. La seconde demande au sujet de contracter activement le muscle cible contre résistance pendant 5 à 10 secondes. Lors de cette contraction, une activation des récepteurs neuromusculaires (fuseaux neuromusculaires) se met en place. Ceux-ci sont sensibles à l'étirement. Lors de la troisième phase, appelée phase de relâchement, le sujet se détend et le praticien facilite l'étirement passif plus poussé du muscle cible. L'objectif est alors de profiter de l'inhibition réciproque, qui est un mécanisme neuromusculaire où la contraction d'un muscle entraîne le relâchement du muscle antagoniste, et de l'autorégulation du système nerveux pour permettre un étirement plus profond (Sharman et al. 2006).

- 2.3.3 Contracté relâché avec contraction de l'antagoniste

Cette technique, assez similaire à celle du "contracté-relâché", apporte une petite subtilité supplémentaire. Elle se base sur les mêmes étapes que pour le "contracté-relâché" avec une étape en plus, celle d'une contraction isométrique de l'antagoniste pendant 5 à 10 secondes suite à l'étape de contraction du muscle cible.

Cette contraction isométrique de l'antagoniste va faciliter l'inhibition réciproque du muscle cible, permettant ainsi un relâchement plus profond (Fenery, 2021).

- 2.3.4 Contraction de l'antagoniste

Pour cette technique, il s'agira, dans un premier temps, de positionner le patient de telle manière que le groupe musculaire que l'on souhaite étirer soit en course externe. Ainsi, une contraction non exagérée de l'antagoniste aura pour conséquence de mettre en tension le muscle ou le groupe musculaire en question. Lorsque le muscle antagoniste se contracte, cela envoie un signal au système nerveux central afin d'inhiber l'activité du muscle cible à étirer. Cette inhibition réciproque se produit grâce à l'action des récepteurs sensoriels appelés organes tendineux de Golgi, situés dans les tendons musculaires. L'organe tendineux de Golgi va déclencher une réponse réflexe permettant de relâcher le muscle et afin d'augmenter la capacité d'étirement (Muscolino, 2022, p. 660-661).

2.4 Les étirements de type "statiques"

Les étirement statiques comprennent tous les étirements qui n'impliquent pas une contraction musculaire. Ces derniers peuvent s'effectuer en autonomie aussi bien qu'avec un thérapeute. Il s'agit en fait de maintenir une position dans laquelle le patient met en tension les structures et donc les muscles en question en position allongée. Ces étirements nécessitent une amplitude articulaire de sorte à ce que les muscles en question soient soumis à une résistance considérable. L'étirement en lui-même est malgré tout en grande partie passif parce que les positions musculaire et articulaire doivent être maintenues dans leur position durant un temps considérable. Ce type d'étirement implique quatre différents mécanismes d'action que nous allons énumérer (Ashwell, 2021) :

- 1) Une relaxation musculaire qui permet progressivement aux muscles de se détendre.
- 2) Une réponse des récepteurs sensoriels qui déclenche une action réflexe afin d'augmenter la capacité du muscle à s'étirer.
- 3) Un allongement des tissus conjonctifs (tendons, fascias) qui augmente leur flexibilité et permet un meilleur glissement des structures.
- 4) Une tolérance au seuil d'étirement qui évolue, car le système nerveux s'habitue à ce type de mise en tension, et ainsi, diminue la sensation d'inconfort.

2.5 Que nous dit la littérature ?

En 2015, un point sur la situation avait été établi par Behm et al. (2015). Une revue systématique ayant pour titre "Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, injury incidence in healthy active individuals: a systematic review" comptant 125 études, s'est penchée sur les effets des étirements statiques, dynamiques et des facilitations neuromusculaires proprioceptives (avant et après effort) sur la performance, l'amplitude de mouvement et la prévention des blessures.

Pour ce qui est du risque de blessure, les résultats n'ont pas démontré d'effets précis concernant les étirements statiques et les facilitations neuromusculaires et aucune donnée n'est référencée concernant les étirements dynamiques.

Ensuite, pour ce qui est de l'amplitude de mouvement, tous les étirements se sont révélés être bénéfiques, notamment pour des séances inférieures à 30 minutes.

Enfin, l'étude observe qu'à la réalisation d'une séance d'étirements, les performances sont augmentées ou diminuées selon la modalité employée. Il est souligné que les étirements statiques et les facilitations neuromusculaires ont des effets globalement négatifs sur la performance directement après la séance d'étirement. À l'inverse, elle affirme que les étirements dynamiques auraient quant à eux des effets positifs (bien que les chiffres ne soient pas éloquentes). L'hypothèse de ces effets se base sur la diminution de l'activité musculaire en lien avec les étirements qui induisent une baisse de performance.

Néanmoins, l'étude nous démontre que lors d'un étirement statique d'un muscle en position longue, il y aurait une augmentation de la performance de manière modérée. Contrairement lorsque le muscle est en position courte, où là, les réductions de performances seraient énormes. Il serait alors possible de penser, selon l'étude, que étant donné l'efficacité des étirements statiques dans l'amplitude de mouvement, leur efficacité concernant la performance quand le muscle est en position allongé et le fait que les blessures arrivent le plus souvent en position musculaire allongée, ce type d'étirement pourrait influencer le risque de blessure et donc la décision d'utiliser ce type d'étirement (Behm et al., 2015).

3. Méthodologie

3.1 PICO

P : Personne de maximum 30 ans en bonne santé

I : Étirements statiques et/ou dynamiques sur les membres inférieurs

C : Pas d'étirements sur les membres inférieurs

O : Force (principal), Amplitude (secondaire)

3.2 Problématique et question de recherche

3.2.1 Problématique

De nos jours, de nombreuses idées reçues circulent autour de l'étirement. Plusieurs études ont essayé de mettre en évidence les bienfaits et méfaits de ceux-ci mais, beaucoup ne s'accordent pas entre elles. Il n'est pas rare de voir des sportifs inclure des routines d'étirements avant leur pratique, pour autant, les effets de ces derniers ne sont pas reconnus, malgré tout, nombreux sont ceux qui continuent de les pratiquer. Dans certaines pratiques sportives, les étirements font partie intégrante de l'entraînement, alors que dans d'autres, les étirements n'ont pas leur place et dépendent uniquement d'une volonté propre et individuelle. Il ne serait pas surprenant de penser que certains étirements aient des vertus bénéfiques suivant l'activité sportive pratiquée. Cela nous amène à penser que la précision sur l'efficacité de ce type d'exercice avant le sport est encore très peu fiable.

Au final, personne ne sait réellement si les étirements ont de réels effets qu'ils soient bénéfiques ou non. À travers ce travail, il sera intéressant de faire le point sur les croyances et les réalités concernant les potentiels effets des étirements avant l'effort sur la force et les amplitudes articulaires.

3.2.2 Question de recherche

Voici notre question de recherche : les étirements (statiques et/ou dynamiques) avant effort permettent-ils d'augmenter immédiatement la force et l'amplitude au niveau des membres inférieurs ?

3.3 Méthode de recherche d'articles

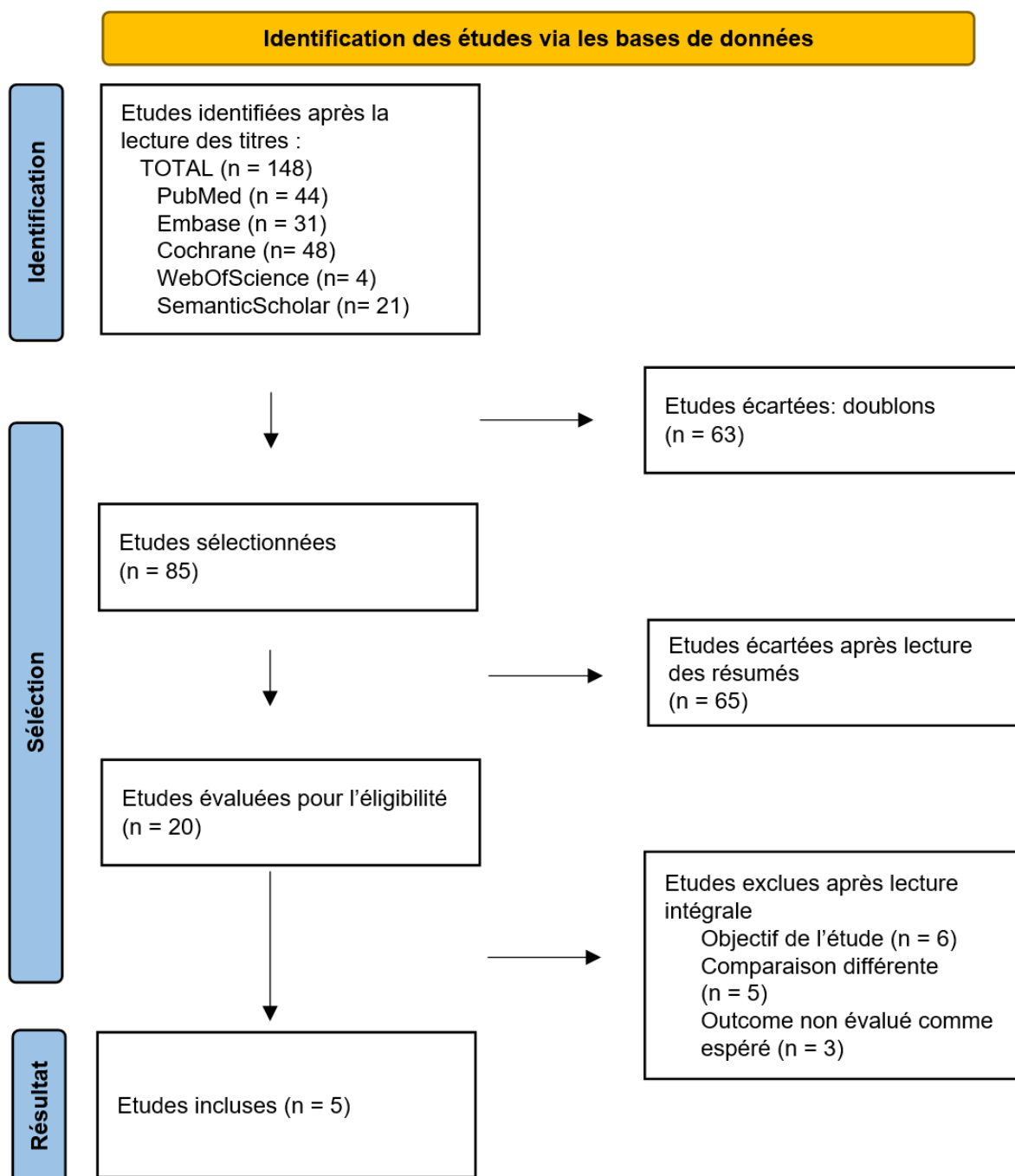
Notre travail a consisté à la réalisation d'une revue systématique prenant en compte des articles datant, pour le moins récent d'entre eux, de novembre 2014 ; ainsi, nous avons effectué des recherches à travers différentes bases de données. Cela inclut PubMed, Embase, PEDro et Cochrane. Tous les articles que nous avons sélectionnés sont tirés de PubMed (cf. [Tableau Prisma](#))

Nous nous sommes servi de HeTop afin de spécifier nos recherches grâce à des mots clés. C'est également grâce à ce logiciel que nous avons pu créer une équation de recherche la plus vaste possible, tout en étant spécifique sur les sujets que l'on souhaitait aborder. Dans notre équation de recherche, nous avons cherché à inclure les axes suivants : les étirements statiques, les étirements dynamiques, les étirements avant l'effort et leurs effets sur la force et l'amplitude. Plusieurs MeshTerms nous ont permis de faire ressortir des articles en lien avec notre recherche. Voici notre équation de recherche finale qui a été déclinée plusieurs fois : (((("pre sport") OR ((warm up exercise) OR ("pre exercise")) OR ("pre-exercise")) OR ("before exercise")) AND ((static) AND (dynamic))) AND (muscle stretching exercises). Une autre base de données (Semantic Scholar) nous a permis de ressortir quelques articles traitant du même sujet. Pour ce faire, nous avons utilisé les MeshTerms suivants : "Effects", "Muscle", "Extensibility Muscle", "Activity, Different Stretching", "Techniques", "Before training effort".

Suite à ça, nous sommes alors tombés sur une revue systématique de 2015 traitant du même sujet. Cela nous a orienté vers l'idée d'effectuer une mise à jour de cette revue systématique à partir des articles parus après celle-ci.

Après avoir filtré notre recherche en retirant les méta-analyses et les revues systématiques datant d'avant octobre 2014 compris, nous avons été capables de ressortir 148 articles. De ces articles, 85 ont suscité un premier intérêt et suite à la lecture des abstracts, 20 d'entre eux ont été sélectionnés. Finalement, après lecture plus poussée de ces 20 articles, nous avons décidé de n'en garder plus que 5 afin de mener à bien notre recherche. Les articles traitent tous des mêmes outcomes. De plus, les critères d'exclusion et d'inclusion ont été clairement définis et sont en adéquation avec notre population cible.

3.4 Tableau Prisma



Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

3.5 Critères d'inclusion et d'exclusion

3.5.1 Critères d'inclusion

- Population : personne âgée de 30 ans maximum, en bonne santé
- Intervention : un groupe expérimental faisant des étirements statiques et/ou dynamiques sur les membres inférieurs
- Comparaison : un groupe expérimentale ne faisant aucun type d'étirement sur les membres inférieurs
- Outcome : doit au moins comprendre la force (outcome principal) ou l'amplitude de mouvement (outcome secondaire)
- Étude ayant été publiée à partir de novembre 2014

3.5.2 Critères d'exclusion

- Population : personne ayant eu une blessure récente, personne présentant des antécédents liés à des problèmes de santé récents, personne ayant actuellement des problème de santé
- Comparaison : étude n'ayant pas de groupe contrôle
- Étude ayant été publiée avant novembre 2014

3.6 Evaluation de la qualité des articles

Nous avons choisi la grille d'évaluation d'articles scientifiques proposée par PEDro pour notre revue. Nous avons dû réaliser nous-même le calcul des points, étant donné qu'aucun de ces derniers n'était noté d'office sur la base de recherche de PEDro. Cette grille permet une évaluation pertinente des essais randomisés contrôlés. Les critères de qualité sont précisément décrits et permettent de mettre en évidence des potentiels biais importants. L'échelle se concentre sur la validité interne et évalue la crédibilité de l'étude, cependant sa limite principale vient du fait qu'elle n'évalue pas la validité externe des études.

L'échelle est constituée classiquement de onze critères et se note sur dix. Au moment de procéder à cette quotation, il a été mis en évidence, qu'à cause du format inhérent aux modalités qu'impliquent le stretching, trois des items étaient d'office caduques (les points cinq, six et sept).

4. Résultats

4.1 Présentation des articles

Pour notre travail, nous avons sélectionné les cinq articles suivants. Trois d'entre eux sont des essais randomisés contrôlés ce qui signifie donc que les différents groupes des études n'ont participé qu'à une seule des interventions étudiées, tandis que les deux articles restants sont des cross-over, qui se caractérisent par le fait qu'un seul groupe a effectué toutes les interventions. Nos articles sont tous parus entre 2014 et 2019. En effet, notre article de 2014 est paru postérieurement à l'article le plus récent pris en compte dans la méta-analyse, quand bien même cette dernière n'est parue qu'en 2016.

Tableau 1 : Présentation des articles

Auteur	Titre	Design	Année de l'étude	Muscle(s) testés
<i>AKyoung-Il Lim, PT, MSc), Hyung-Chun Nam, PT, PhD), Kyoung-Sim Jung, PT, PhD)</i>	Effects on Hamstring Muscle Extensibility, Muscle Activity, and Balance of Different Stretching Techniques	RCT	2014 (Novembre)	Fléchisseurs du genou
<i>Yanfei Xie, MPhil, Beibei Feng, MPhil, Kedi Chen, Lars L. Andersen, Phil Page, and Yuling Wang</i>	The Efficacy of Dynamic Contract-Relax Stretching on Delayed-Onset Muscle Soreness Among Healthy Individuals: A Randomized Clinical Trial	RCT	2017	Fléchisseurs plantaires
<i>A. Konrad, S. Stafilidis, M. Tilp</i>	Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties	RCT	2016	Fléchisseurs plantaires
<i>Jules Opplert and Nicolas Babault</i>	Acute Effects of Dynamic Stretching on Mechanical Properties Result From both Muscle-Tendon Stretching and Muscle Warm-Up	Cross-over	2019	Fléchisseurs plantaires

Gregory S. Walsh	Effect of static and dynamic muscle stretching as part of warm up procedures on knee joint proprioception and strength	Cross-over	2017	Fléchisseurs et extenseurs du genou
------------------	--	------------	------	-------------------------------------

4.2 Description des populations

L'entièreté de nos études comporte au total 241 sujets. La population visée pour notre travail est relativement jeune, la moyenne la plus élevée ne dépassant pas les 24,9. À l'inverse, nous avons décidé qu'aucune étude comportant des mineurs ne serait éligible dans notre travail. Dans la même lignée, il se trouve qu'aucun article prenant en compte des personnes plus âgées nous a été suggéré dans les différentes bases de données que nous avons consultées ; ce qui nous a bien arrangé d'un certain côté, car des différences d'âges conséquentes entre les articles auraient potentiellement pu biaiser les résultats. Une majorité d'hommes constituent la population de nos articles et tous les participants sont des personnes en bonne santé. Toutes nos études comparent à chaque fois au minimum les trois interventions suivantes : l'étirement statique, l'étirement dynamique ainsi qu'un groupe contrôle. Cinq de nos articles nous ont donné l'outcome de la force, alors que seulement trois d'entre eux nous mettent en évidence celui de l'amplitude articulaire, constituant ainsi respectivement notre outcome principal et secondaire.

Tableau 2 : Description des populations

	Population + genre	Comparaison	Âge moyen	Outcome	Echelle Pedro
<i>Kyoung-Il Lim et al., 2014</i>	48 hommes	SS (n = 16) DS (PNF) (n = 16) CON (n = 16)	22,38 ± 2,31 (CON) 22,25 ± 2,29 (SS) 23,50 ± 2,16 (PNF)	ROM et force	5/10
<i>Yanfei Xie et al., 2017</i>	20 hommes 28 femmes	SS (n = 16) DS (CR) (n = 16) CG (n = 16)	21,4 ± 1,69 (SS) 22,5 ± 1,04 (DS) 21,3 ± 1,27 (CG)	ROM et force	5/10
<i>A. Konrad et al., 2016</i>	79 hommes 43 femmes	SS (n = 25) DS (BS) (n = 24) DS (PNF) (n = 49) CON (n = 24)	23,3 ± 3,2 (SS) 22,6 ± 2,8 (BS) 23,5 ± 2,7 (PNF) 23,8 ± 3,5 (CON)	ROM et force	5/10
<i>Jules Opplert and Nicolas Babault, 2019</i>	13 hommes	SS vs DS (CRAC) vs CON	24,9 ± 2,5	Force	7/10
<i>Gregory S. Walsh, 2017</i>	7 hommes 3 femmes	SS vs DS (BS) vs CON	20 ± 1	Force	4/10

BS : Stretching balistique / CG : Groupe contrôle / CON : Contrôle / CR : Contracté-relâché / CRAC : Contracté-relâché avec contraction de l'antagoniste / DS : Stretching dynamique / PNF : Facilitation neuro-proprioceptive / SS : Stretching statique

4.3 Présentation des résultats

4.3.1 Tableau des résultats sur la force

Tous nos articles mentionnent la force dans leur(s) outcome(s), néanmoins, les résultats ne sont pas tous donnés dans les mêmes unités de mesure. Lim et al. (2014) donnent leurs résultats en pourcentage, partant du principe que la mesure à la baseline est le 100%, Xie et al. (2017) ont opté pour des données en Newton (N), alors que les trois derniers articles les ont exprimés en Newton-mètre (Nm). Il s'agit là de différentes méthodes de mesures utilisées par les articles.

Il est important également de mentionner que nos articles ont tous des valeurs mesurées directement après l'effort.

Tableau 3 : Evolution de la force entre la baseline et l'intervention

	Baseline (%)	Intervention (%)	Delta (%)
<i>A. Konrad et al., 2016</i> (dynamomètre) (Fléchisseurs plantaires)	SS : 100 DS (BS) : 100 DS (PNF) : 100 CON : 100	SS : 100,3 DS (BS) : 98,2 DS (PNF) : 95,5* CON : 100,9	SS : +0,3 DS (BS) : -1,8 DS (PNF) : -4,5* CON : + 0,9
<i>Jules Opplert and Nicolas Babault, 2019</i> (iso-cinétique dynamomètre) (Fléchisseurs plantaires)	SS : 100 DS (CRAC) : 100 CON : 100	SS : 92,3* DS (CRAC) : 98,9 CON : 100,7	SS : -7,7 ± 3,8‡ DS (CRAC) : -1,1 ± 6,4 CON : +0,7 ± 6,7
<i>Gregory S. Walsh, 2017</i> (isokinétique dynamomètre) (Fléchisseurs et extenseurs du genou)	SS : E → 100 F → 100 DS (BS) : E → 100 F → 100 CON : E → 100 F → 100	SS : E → 95,4* F → 95,8* DS (BS) : E → 106,2* F → 104,9* CON : E → 102,2* F → 103,8*	SS : E → -4,6* F → -4,2* DS (BS) : E → +6,2* F → +4,9* CON : E → +2,2* F → +3,8*
	Baseline (%)	Intervention (%)	Delta (%)
<i>Yanfei Xie et al., 2017</i> (dynamomètre) (Fléchisseurs plantaires → Soléaire+Gastrocnémiens)	SS : 100 DS (CR) : 100 CG : 100 (Soléaire)	SS : 71,8 DS (CR) : 95,4 CG : 91,2	SS : -28,2 DS (CR) : -4,6 CG : -8,8
	Baseline (%)	Intervention (%)	Delta (%)
<i>Kyoung-Il Lim et al., 2014</i> (mVIC)(EMG électro) (Fléchisseurs de genou)	SS : 100,00 DS (PNF) : 100,00 CON : 100,00 (100% de chacun)	SS : 119,11 ± 35,44* DS (PNF) : 108,48 ± 36,61 CON : 98,55 ± 16,28	SS : +19,11* DS (PNF) : +8,48 CON : -1,45

BS : Stretching balistique / CG : Groupe contrôle / CON : Contrôle / CR : Contracté-relâché / CRAC :

Contracté-relâché avec contraction de l'antagoniste / DS : Stretching dynamique / PNF : Facilitation neuro-proprioceptive / SS : Stretching statique

*= indique une différence significative entre la baseline et le post-intervention (p<0,05)

‡= indique une différence significative intergroupes (p<0,05)

Dans ce tableau, sont représentées en vert foncé les données positives et en rouge les données négatives. Les P-valeurs statistiquement significatives entre la baseline et le post-intervention sont indiquées par un astérisque à côté de la valeur, alors que la significativité intergroupe, elle, est indiquée par la double croix.

Tableau 4 : Pourcentage d'amélioration de la force

	Stretching Statique (SS) (%)	Stretching Dynamique (DS) (%)	Groupe Contrôle (CON) (%)
<i>A. Konrad et al., 2016</i>	+0,3	-1,8 (BS) -4,5 (PNF)	+0,9
<i>Jules Opplert and Nicolas Babault, 2019</i>	-7,7	-1,1 (CRAC)	+0,7
<i>Gregory S. Walsh, 2017</i>	-4,4	+5,55	+3,0
<i>Yanfei Xie et al., 2017</i>	-28,2	-4,6 (CR)	-8,8
<i>Kyoung-Il Lim et al., 2014</i>	+19,11	+8,48 (PNF)	-1,45
Moyenne totale	-4,18	+1,03	-1,13

BS : Stretching balistique / CR : Contracté-relâché / CRAC : Contracté-relâché avec contraction de l'antagoniste / PNF : Facilitation neuro-proprioceptive

4.3.2 Tableau des résultats sur l'amplitude

Toutes les mesures ont été effectuées avec goniomètre et/ou inclinomètre, ce qui nous donne donc des données exprimées toutes avec la même unité de mesure (degré d'angle). De plus, lesdites mesures ont toutes été effectuées directement après l'effort indépendamment de l'article.

Tableau 5 : Evolution des amplitudes articulaires entre la baseline et l'intervention

	Baseline (°)	Intervention (°)	Delta (%)
<i>Kyoung-Il Lim et al., 2014</i> (goniomètre manuel)	SS : 36,0 ± 6,21 DS (PNF) : 35,25 ± 9,53: CON : 37,50 ± 4,44 (extension de genou à partir de 90°)	SS : 26,38 ± 6,63* DS (PNF) : 23,38 ± 9,91* CON : 36,75 ± 5,98 (after 0h)	SS : -26,7‡ DS (PNF) : -32,6‡ CON : -2,0
<i>Yanfei Xie et al., 2017</i> (inclinomètre)	SS : 10,2 ± 2,52 DS (CR) : 10,8 ± 2,60 CG : 12,0 ± 2,61 (Dorsiflexion)	SS : 7,2 ± 2,54* DS (CR) : 8,0 ± 2,81* CG : 9,2 ± 3,85*	SS : -30,4* DS (CR) : -25,9* CG : -23,3*
<i>Yanfei Xie et al., 2017</i>	SS : 40,4 ± 3,25 DS (CR) : 40,8 ± 3,45 GR : 39,7 ± 3,77 (Plantarflexion)	SS : 37,8 ± 4,37* DS (CR) : 36,8 ± 4,57* CG : 37,0 ± 2,83*	SS : -7,4* DS (CR) : -9,8* CG : -6,8*
<i>A. Konrad et al., 2016</i> (goniomètre électronique)	SS : 30,9 ± 5,2 DS (BS) : 32,9 ± 5,9 DS (PNF) : 31,4 ± 7,1 CON : 34 ± 6,6 (Dorsiflexion)	SS : 32,9 ± 6,3* DS (BS) : 34,4 ± 5,9* DS (PNF) : 32,5 ± 7,2* CON : 34,7 ± 6,9 (after 0h)	SS : +6,5‡ DS (BS) : +4,6* DS (PNF) : +3,5* CON : +2,1

BS : Stretching balistique / CG : Groupe contrôle / CON : Contrôle / CR : Contracté-relâché / DS : Stretching dynamique / PNF : Facilitation neuro-proprioceptive / SS : Stretching statique

*= indique une différence significative entre la baseline et le post-intervention (p<0,05)

‡= indique une différence significative intergroupes (p<0,05)

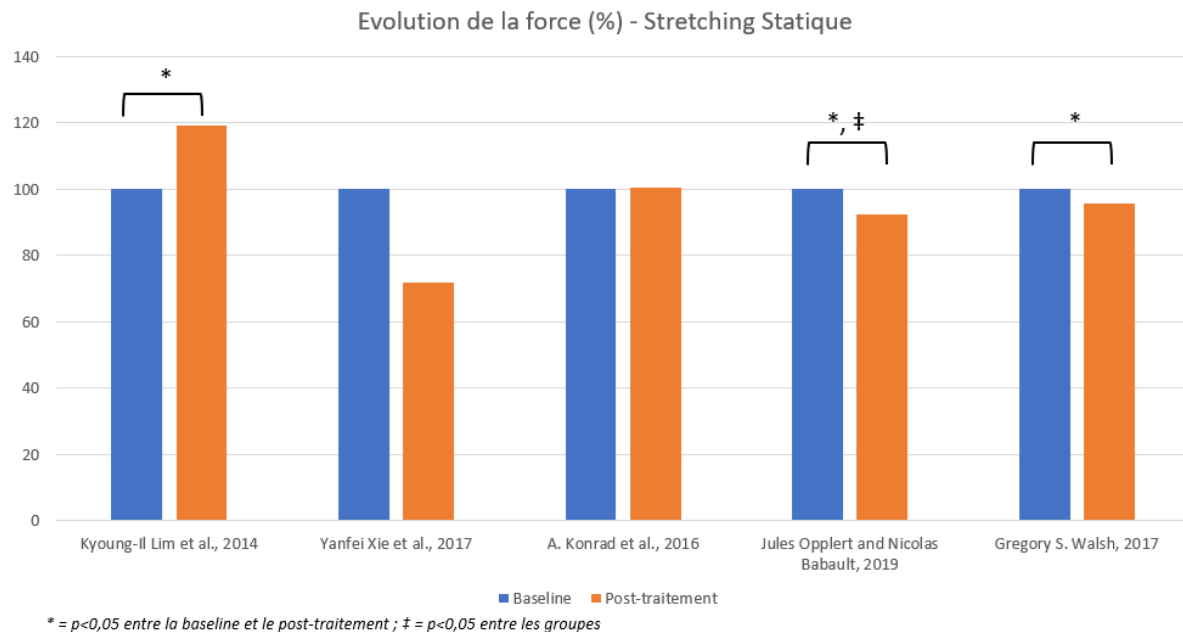
Tableau 6 : Pourcentage d'amélioration des amplitudes articulaires

	Stretching Statique (SS)	Stretching Dynamique (DS)	Groupe Contrôle (CON)
<i>Kyoung-Il Lim et al., 2014</i>	-26,7	-32,6 (PNF)	-2
<i>Yanfei Xie et al., 2017</i> (Flexion dorsale)	-30,4	-25,9 (CR)	-23,3
<i>Yanfei Xie et al., 2017</i> (Flexion plantaire)	-7,4	-9,8 (CR)	-6,8
<i>A. Konrad et al., 2016</i>	+6,5	+4,6 (BS) +3,5 (PNF)	+2,1
Moyenne totale	-14,5	-16,06	-7,5

BS : Stretching balistique / CR : Contracté-relâché / DS : Stretching dynamique / PNF : Facilitation neuro-proprioceptive

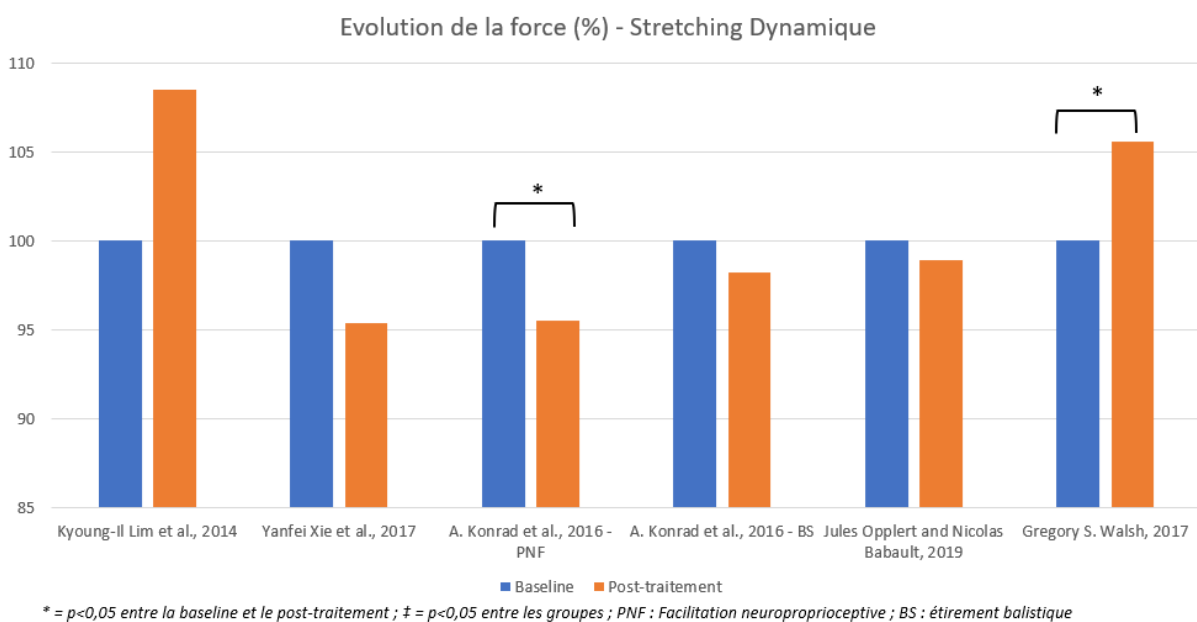
4.3.3 Graphiques

Graphique 1 :



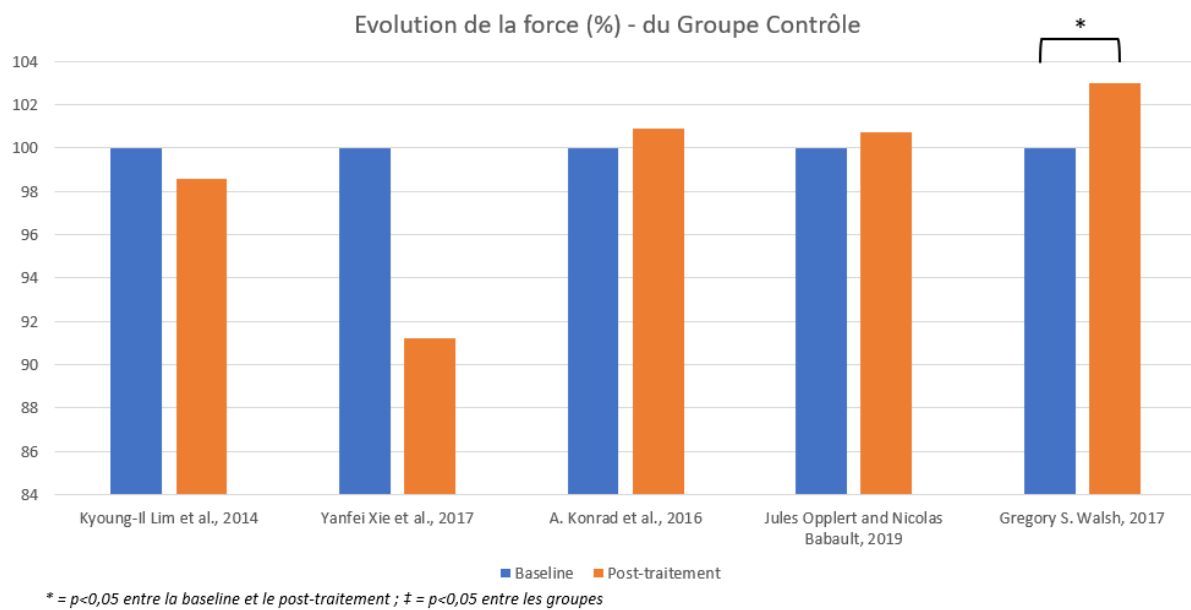
Concernant ce graphique, une différence significative est mise en évidence dans trois des cinq articles pour ce qui concerne le post-intervention par rapport à la baseline. Il est également mis en évidence une différence significative intergroupe dans le cas de l'article de Opplert and Babault (2019).

Graphique 2 :



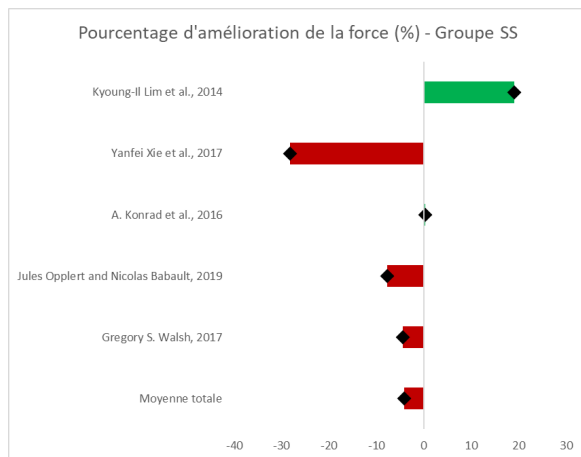
Dans le graphique numéro deux, nous avons une vision de l'évolution de la force concernant le stretching dynamique. D'après les différentes études, nous constatons uniquement des différences significatives chez Konrad et al. (2016) concernant l'étirement de type PNF avec une diminution de la force ainsi que chez Walsh (2017) avec une amélioration de la force.

Graphique 3 :



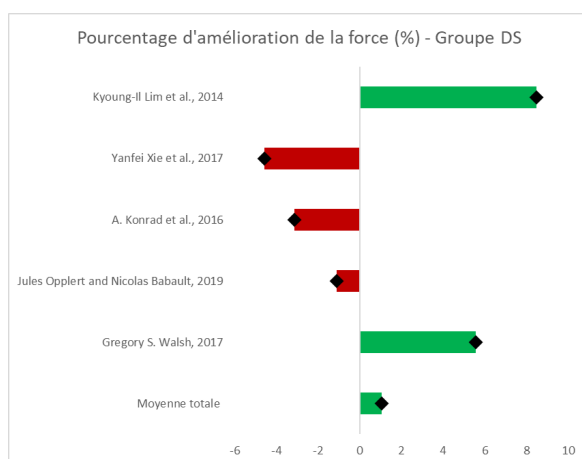
Concernant le graphique ci-dessus, un seul article est statistiquement significatif ; celui de Walsh (2017).

Graphique 4 :



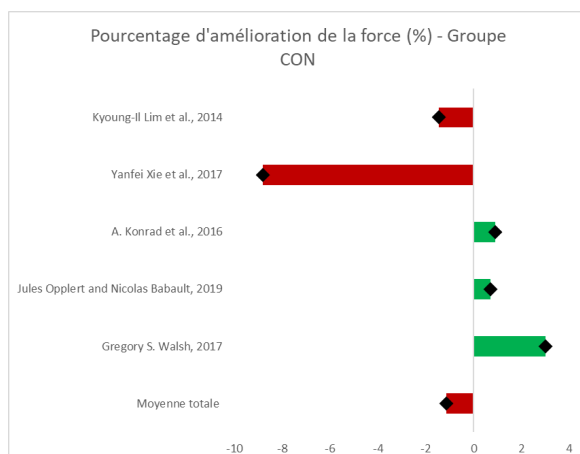
Dans ce graphique, nous avons une vision plus globale de la problématique : en effet, le parti pris de comparer les moyennes d'amélioration, de telle sorte que les différentes unités de mesure ne soient plus un problème, a été adopté. Il en ressort que les articles de Konrad et al. (2016), et surtout celui de Lim et al. (2014) ont mis en évidence une amélioration due aux effets du stretching statique. Pour ce qui est des trois autres, les valeurs sont négatives et mettent en évidence l'inefficacité de ces derniers.

Graphique 5 :



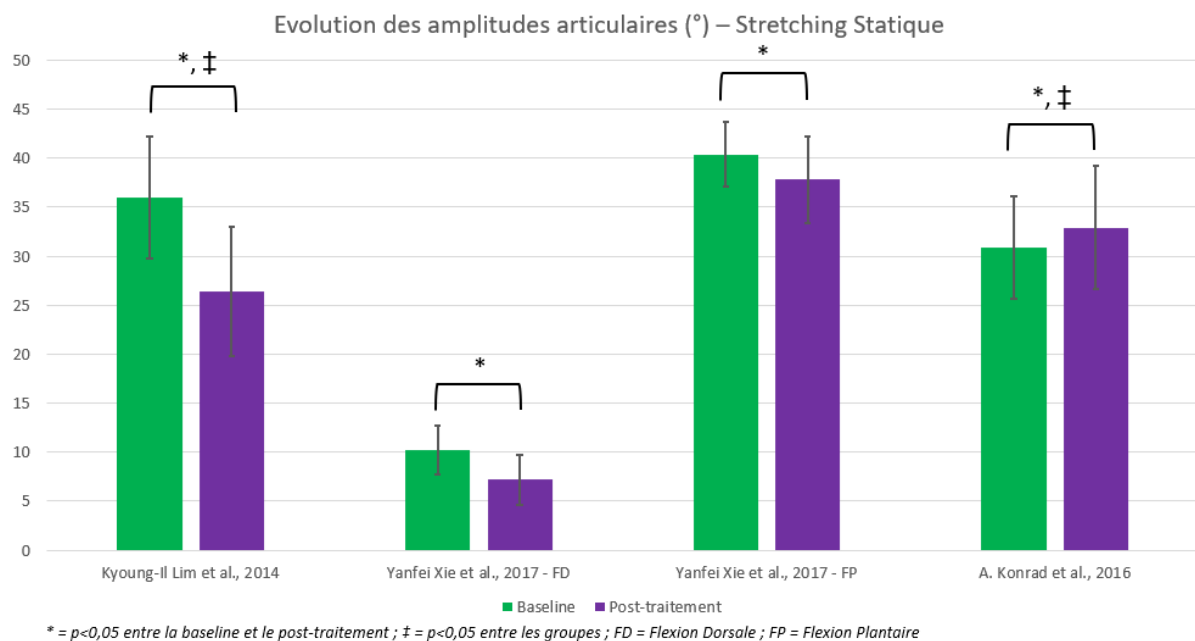
Pour le stretching dynamique, la moyenne totale des pourcentages d'amélioration des cinq articles pris en compte est positive, car deux des articles ont mis en évidence une grosse amélioration suite à sa mise en pratique.

Graphique 6 :



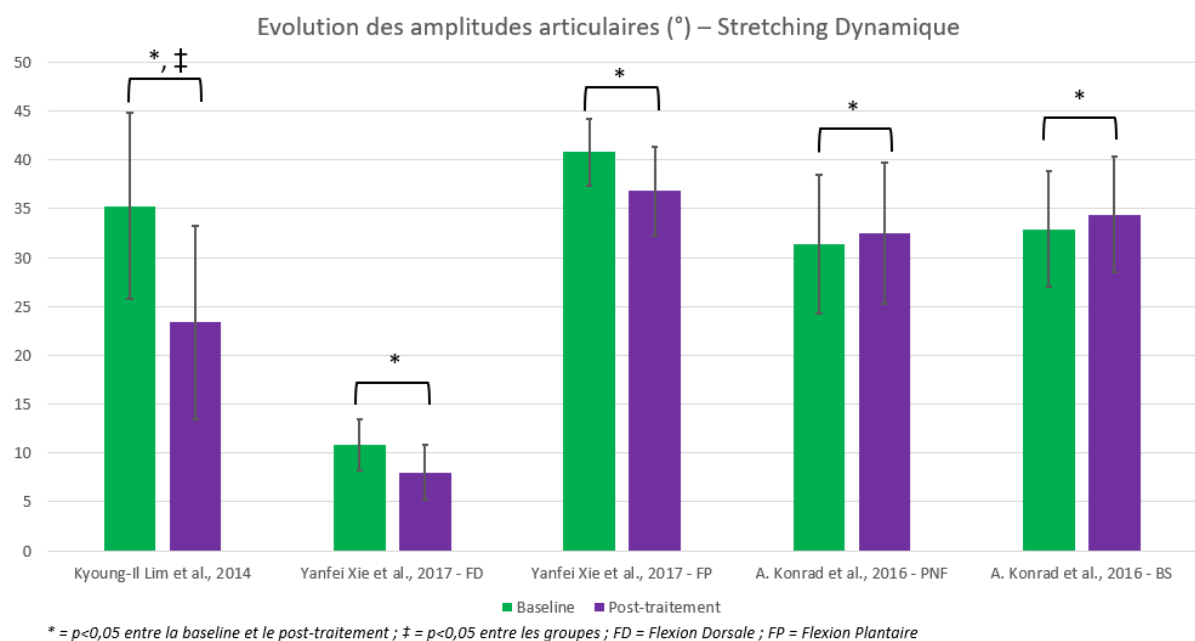
Bien que la majorité des articles concernant le groupe contrôle ait mis en évidence une amélioration, l'article de Xie et al. (2017), a descendu la moyenne des pourcentages d'amélioration en négatif.

Graphique 7 :



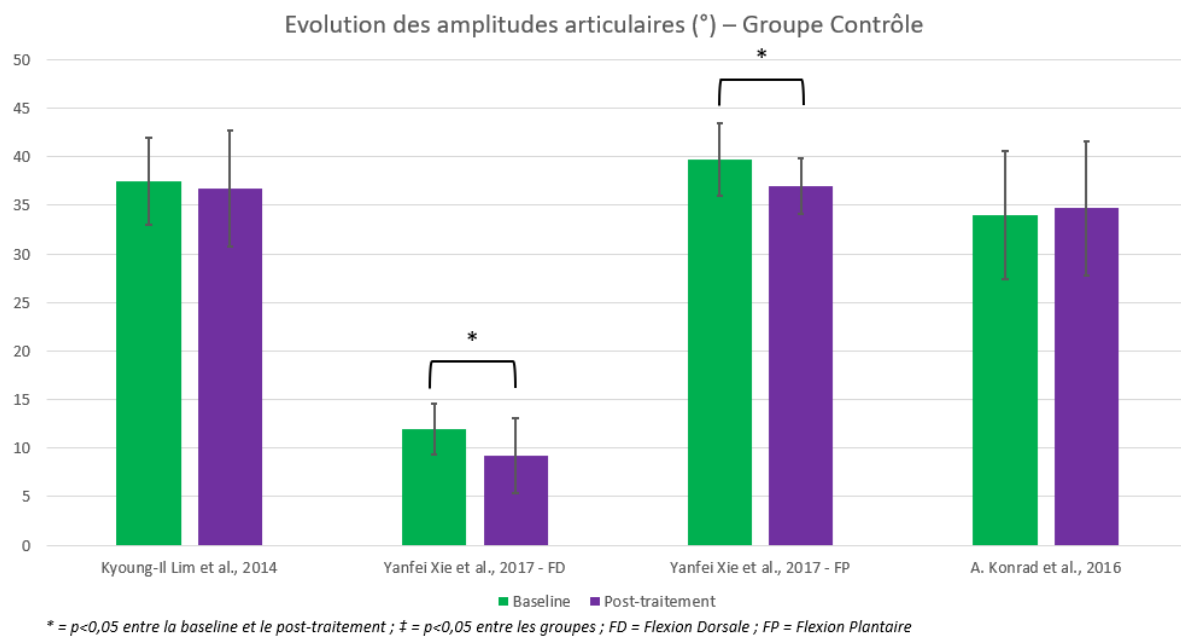
Dans ce graphique, nous reprenons le même concept que pour la force. Nous pouvons constater des données significativement diminuées chez Lim et al. (2016) et Xie et al. (2017). Du côté de Konrad et al. (2016), nous retrouvons une augmentation significative des amplitudes articulaires. De plus, une significativité intergroupe est également présente pour deux des trois articles.

Graphique 8 :



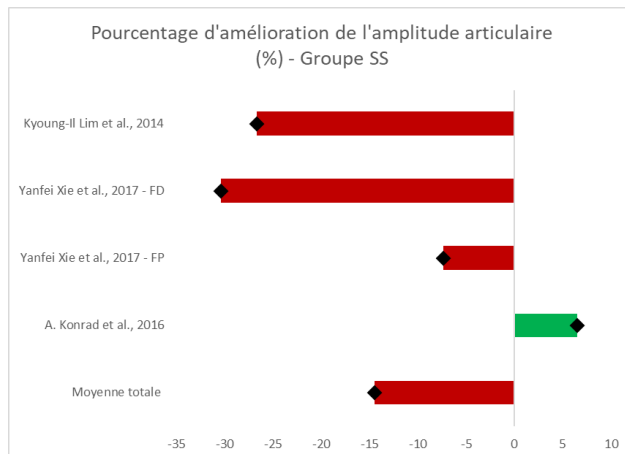
Concernant les étirements de type “dynamiques”, nous retrouvons des données significatives dans tous les articles. Les données sont significativement meilleures chez Konrad et al. (2016) tandis qu’elles sont significativement moins bonnes chez Lim et al. (2014) et Xie et al. (2017). On retrouve une significativité intergroupe concernant le stretching dynamique chez Lim et al. (2014).

Graphique 9 :



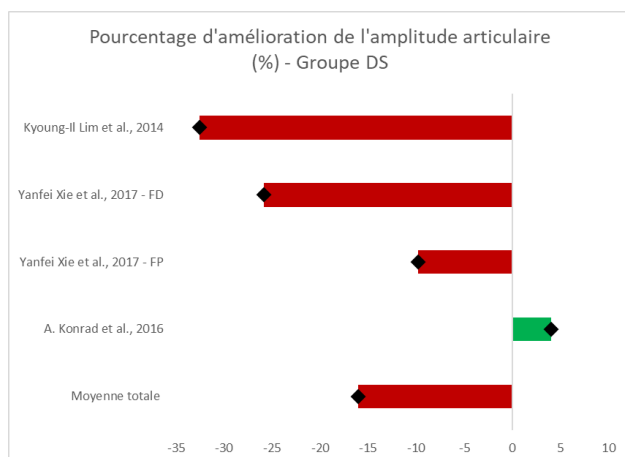
Deux des quatre articles qui traitent des amplitudes articulaires pour les groupes contrôles ont des valeurs statistiquement significatives concernant le post-intervention comparé à la baseline.

Graphique 10 :



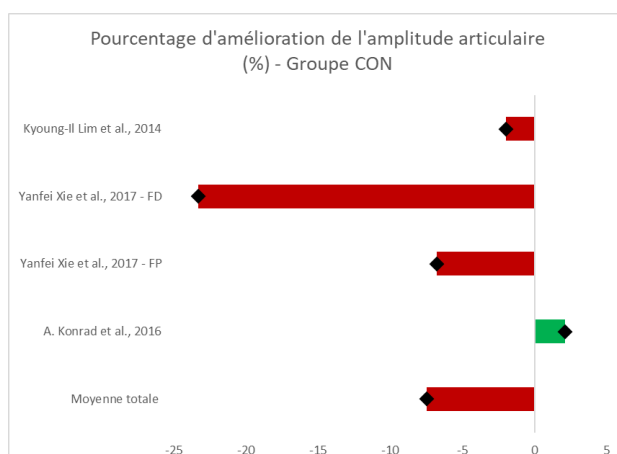
Il est très vite facile de constater que l'effet du stretching statique se révèle n'être que peu, voire pas efficace sur les amplitudes articulaires visées. En effet, un seul des quatre articles met en évidence une amélioration concernant cette modalité.

Graphique 11 :



À vue d'œil, nous pouvons comprendre que deux des trois articles démontrent une diminution des amplitudes articulaires suite aux étirements dynamiques.

Graphique 12 :



Concernant le groupe contrôle, le constat est plus ou moins le même. Les résultats des tests suite à l'intervention ont tendance à diminuer. Seul Konrad et al. (2016) met en évidence une amélioration des amplitudes articulaires, et ce, pour les trois groupes testés.

4.3.4 Outcome : Force

Concernant la force, quatre des cinq articles ont démontré une significativité dans les résultats pour au moins une intervention. L'outcome a été mesuré avec un dynamomètre et une balance de pesage, donnés en Newton (N) ou en Newton par mètre (Nm). Une étude a présenté ses résultats sous forme de pourcentage de progression.

Pour l'article de Lim et al. (2014), parmi les trois groupes testés, seul le groupe concernant le stretching statique s'est révélé être significatif par rapport à la baseline. Une augmentation de la force a été constatée pour les groupes statique et dynamique alors qu'au contraire, le groupe contrôle s'est vu diminué en termes de force musculaire.

Dans l'article de Konrad et al. (2016), constitué lui de quatre groupes distincts, seul le groupe PNF est défini comme étant statistiquement significatif en comparant le pré et le post effort. Les groupes PNF et balistique sont les seuls à avoir vu leurs résultats baisser par rapport à la baseline.

D'après Opplert et Babault (2019), le seul groupe ayant prouvé sa significativité est celui du "static stretching" qui par ailleurs, a vu ses résultats baisser de 7,7% en comparaison à la baseline, tout comme le groupe "dynamic stretching", cette fois ci de manière non significative, et dans une moindre mesure (1,1%).

Walsh (2017), a pu montrer la significativité dans tous ses résultats concernant notre outcome entre le pré et post-intervention. L'étude a pu montrer une augmentation de la force plus franche du côté du stretching dynamique en comparaison au groupe contrôle, alors que le stretching statique a diminué la performance concernant la force.

Enfin, Xie et al. (2017), n'a révélé aucune significativité concernant ses résultats des interventions expérimentales. Concernant les gastrocnémiens, il a tout de même été montré lors de la dernière prise de mesure, que les trois groupes ont eu des résultats positifs en lien avec la force bien que dans une moindre mesure. Contrairement aux résultats pour le soléaire, qui montrent, une diminution de la force dans le groupe du "static stretching" et une augmentation de celle-ci dans les groupes contrôle et "dynamic stretching".

4.3.5 Outcome : Amplitude

Concernant l'amplitude de mouvement, toutes les études ont montré des résultats significatifs pour au moins deux des groupes expérimentaux. Uniquement trois articles parmi ceux sélectionnés nous parlent d'amplitudes articulaires. Cet outcome est présenté comme étant secondaire à la force qui est notre principal outcome. Pour ces trois articles, la "range of motion" a été mesurée avec un inclinomètre et un goniomètre.

Dans l'étude de Lim et al. (2014), il est démontré que tous les groupes ont diminué leur amplitude, en particulier les groupes SS et PNF qui de plus, sont significatifs.

Pour l'étude de Konrad et al. (2016), tous les groupes ont augmenté leur amplitude, particulièrement pour le "static stretching" qui a enregistré la plus grosse augmentation parmi les groupes et de manière significative, tout comme les groupes BS et PNF qui sont eux aussi significatifs.

Et enfin, l'essai de Xie et al. (2017), a montré des résultats significatifs pour tous les groupes expérimentaux concernant les gastrocnémiens contrairement aux groupes pour le soléaire. Le groupe des gastrocnémiens, lui, a montré une diminution de l'amplitude dans ces trois expérimentations entre la baseline et la fin de l'étude. À contrario, le soléaire lui, a mis en évidence une augmentation des amplitudes dans les groupes SS et DS en comparant le début et la fin des tests effectués, alors que le groupe contrôle a pu identifier une diminution entre cette même baseline et la dernière mesure enregistrée.

5. Discussion

5.1 Différentes modalités d'étirements dynamiques

Lorsque l'on parle d'étirement dynamique, on évoque ici différents types d'étirements regroupés dans une seule catégorie. Ici, on vient assembler les étirements dits "PNF", les "contracté-relâché" et "contracté-relâché avec contraction de l'antagoniste", les "balistiques" et les "contraction de l'antagoniste" pour les considérer comme un seul ensemble. De ce fait, ces différentes techniques ne sont donc pas comparées de manière statistique entre elles dans ce travail et peuvent donc être source de potentielles différences dans les résultats. C'est un facteur à prendre en compte.

Lim et al., 2014 et Konrad et al. (2016) ont tous deux utilisé des techniques dites "PNF" pour imager l'étirement dynamique dans leurs études. Konrad et al. (2016) ont utilisé l'étirement balistique, tout comme Walsh (2017). Pour sa part, le choix de Xie et al. (2017) s'est porté sur des étirements de type "contracté-relâché"

Enfin, Opplert and Babault (2019) ont opté pour la technique "CRAC". Il aurait été plus précis de prendre en compte un seul type d'étirement dynamique, par exemple, pour mesurer nos outcomes ou encore de différencier deux types d'étirements dynamiques en deux catégories distinctes. Dans nos articles, nous avons pu relever jusqu'à 4 techniques différentes d'étirement dynamique. Il aurait également été intéressant de comparer le stretching statique à chacun des différents types d'étirements dynamiques pour avoir une base de données la plus précise possible. Néanmoins, la littérature d'aujourd'hui ne nous permet pas d'avoir assez de données pour mener ces recherches.

5.2 Différentes modalités pour un même groupe selon les études

Lorsque les différentes interventions sont évoquées dans nos articles, il peut sembler logique de penser que les modalités autour des groupes respectifs (SS, DS, CON), bien qu'elles soient semblables, ne soient pas exactement les mêmes entre nos articles. Un stretching statique, par exemple, comporte des modalités bien précises, mais il est tout à fait possible de le personnaliser à sa façon selon la volonté de l'étude. Il en est de même pour les groupes du stretching dynamique et des groupes contrôles. C'est ce que nous pouvons observer dans nos études.

Une notion de temps d'intervention peut différer d'un article à un autre. En effet, un biais lié à la durée peut se manifester au travers des différentes modalités, tout comme la notion du nombre de séries qui peut interférer dans les résultats. Dans la même lignée, nous avons

constaté une inégalité dans les activités que certaines études ont pu imposer. En effet, plusieurs sujets ont eu à effectuer plus d'activités que d'autres.

Enfin, nous pouvons aussi aborder l'étirement en lui-même (qu'il soit statique ou dynamique). Certains étirements ont été réalisés grâce à des moyens différents, dans des positions différentes et même sur des muscles différents. Il est donc recevable de s'attendre à des résultats potentiellement disparates de part ces différentes modalités de tests.

Bien que cela soit difficile, il aurait été préférable, dans l'optique d'obtenir des résultats comparables, d'avoir des articles avec des modalités plus semblables voire identiques.

5.3 Les types d'études

Trois de nos articles sont des études randomisées contrôlées et deux sont des cross-over. Les participants des études randomisées contrôlées ont été assignés dans l'un des groupes (contrôle, statique ou dynamique) et n'effectuent que les exercices pour lesquels ils ont été désignés. Les données sont brutes et apportent moins de risque de biais contrairement aux cross-over. En effet, les études de type "cross-over" demandent à chaque participant de passer obligatoirement par chaque poste (étirement statique, dynamique et contrôle) à un moment donné. Le risque qu'un participant effectue une performance ou une contre-performance peut être lié à autre chose que l'exercice demandé. De plus, nous ne pouvons pas garantir qu'un poste n'ait pas de répercussion sur le poste suivant malgré un délai entre les deux surtout que dans l'étude de Walsh (2017), nous ne savons pas si les participants ont respecté le même ordre concernant les postes. Dans l'étude de Opplert et Babault (2019), l'ordre par lequel les participants effectuaient leur séance était randomisé, ce qui veut dire que chaque participant n'a pas eu la même suite logique que les autres.

5.4 Puissance des études

À travers ce travail, nous avons choisi différentes études notamment des RCT et des cross-overs. Parmi elles, toutes nous ont apporté des résultats intéressants. Cependant, il est important de relever que certaines études ont des échantillons plus grands ce qui nous montre qu'une étude n'a pas le même poids qu'une autre. Par exemple, l'article de Opplert et Babault (2019) n'a pas plus de 13 sujets contre 122 pour celui de Konrad et al. (2016).

Deux de nos articles possèdent entre 10 et 13 sujets, trois en possèdent entre 45 et 48 et un en contient 122. De ce fait, l'article de Konrad et al. (2016) a un plus grand impact que les autres.

Un point à prendre en considération concernant l'article de Walsh (2017) est le fait que plusieurs informations soient manquantes dans son étude telles qu'un tableau de résultats

avec des données ainsi que les écarts-types. Malgré avoir essayé d'obtenir plus d'informations auprès de monsieur Walsh. Nous n'avons pas reçu de retour de sa part nous permettant de compléter les données. Les données ont alors dû être extraites à travers un logiciel en utilisant les graphiques présents dans l'étude.

5.5 Mesure de la force

Dans ce travail, un des objectifs était de mesurer la force développée après les différentes méthodes imposées (SS, DS ou CON). Néanmoins, cette force a été mesurée de manière différente selon les études. L'étude de Lim et al. (2014) a opté pour la mesurer en pourcentage de progression par rapport à la baseline. Ce qui nous donne une bonne image de la différence post-intervention, mais en revanche ne nous donne aucun chiffre concret sur la valeur des résultats eux-même.

Xie et al. (2017), ont mesuré la force en newton directement, sans prendre en compte le bras de levier. Enfin, les trois dernières études ont mesuré l'outcome de la force en newton-mètre, en prenant en compte le bras de levier cette fois-ci. Il est question donc de 3 types de mesures différentes pour un même outcome. Il a fallu normaliser le plus possible ces résultats entre eux et donc les mettre sur un même point d'égalité en modifiant les valeurs des résultats pour les transférer sur la même mesure. Il nous a donc été impossible de comparer les résultats entre les études avec la mesure en newton-mètre, qui semble être la mesure la plus détaillée puisque c'est elle qui prend en compte le plus de paramètres dans l'expression et le calcul de ses résultats.

Il aurait été préférable d'avoir des études avec la mesure de la force exprimée en newton et d'avoir pris en compte le bras de levier en question. De plus, l'outcome de la force n'a pas été mesuré systématiquement sur la même articulation/groupe musculaire. Konrad et al. (2016), Xie et al. (2017) ainsi que Opplert et Babault (2019) ont travaillé sur les muscles fléchisseurs et extenseurs de cheville, alors que Walsh, 2017 et Lim et al. (2014) se sont concentrés sur les muscles extenseurs du genou (également fléchisseurs du genou pour Walsh (2017)). Il aurait été préférable d'avoir des mesures sur la même articulation puisque chaque groupe musculaire a ses particularités et fonctions. Par ailleurs, les résultats auraient été comparables directement entre eux en termes d'expression numérique.

Il est important de souligner également que les outils de mesures ne sont pas toujours les mêmes. Dans la majorité des articles, la machine isocinétique a été utilisée comme outil de mesure pour la force. Néanmoins, Lim et al. (2014) ont exprimé leurs résultats grâce à la mesure de la MVIC (contraction maximale volontaire isométrique) via électromyogramme (EMG) et l'article de Konrad et al. (2016) ont procédé quant à eux à l'aide d'un dynamomètre. Ces différentes méthodes laissent à penser que la validité des instruments de mesures peut être impactée négativement et biaiser les résultats de ce travail.

5.6 Mesure de l'amplitude

Les études qui mesurent l'amplitude dans leurs outcomes sont au nombre de trois dans ce travail. Ces dernières ont mesuré la range of motion de l'articulation en question, mais de manière quelque peu différente pour chacun d'entre eux. Les articles de Lim et al. (2014) ainsi que de Konrad et al. (2016) ont respectivement choisi un goniomètre manuel et un goniomètre électronique pour la mesure de l'outcome alors que Xie et al. (2017) ont choisi un inclinomètre. La validité des outils de mesures peut donc être remise quelque peu en question car ils peuvent biaiser nos résultats. Il est intéressant également de mentionner que la marge d'erreur concernant la machine isocinétique est probablement moins grande que celle avec le dynamomètre manuel, car la variabilité inter-évaluateur est plus faible. En effet, il y a moins de critères à prendre en compte pour l'évaluateur, et donc, les biais liés à "l'erreur" humaine sont moindres ; ce qui rend la reproductibilité plus fiable.

5.7 Population des études

Pour ce qui est de la population dans nos études, il se trouve qu'une grande majorité de celles-ci comprend plus d'hommes que de femmes comme celles de Konrad et al. (2016) et de Walsh (2017). D'autres même, comprennent uniquement des hommes comme celles de Lim et al. 2014 et de Opplert et Babault (2019). L'article de Xie et al. (2017) est le seul qui traite une majorité de femmes. Il serait légitime de penser que pour une femme, le meilleur moyen de se fier a des résultats serait de prendre cette étude uniquement. Un total de 167 hommes pour 74 femmes est recensé dans notre revue et donc, plus de 69% de notre population sont des hommes. Deux de nos études s'intéressent uniquement à des hommes et cela peut nous questionner quant à la véracité de nos résultats concernant les femmes. Cela nous amène à dire que nos outcomes concernent principalement les hommes et que ces mêmes résultats pourraient ne pas représenter complètement la population générale.

5.8 Significativité des articles

Au travers des différentes études recueillies, nous avons pu réaliser que les résultats ne faisaient pas ressortir une évidence claire quant à l'efficacité d'une intervention par rapport à une autre. Dans ce travail, nous avons pu mettre en avant les résultats significatifs entre la baseline et le post intervention, et également les différences significatives entre les groupes.

Concernant l'évolution de la force entre la baseline et le post-intervention, nous pouvons remarquer que des discordances sont présentes entre les études.

Trois études démontrent des différences significatives lors d'étirements statiques avant l'effort. Cela concerne Lim et al. (2014) avec une augmentation de la force, Jules Opplert et Babault (2019) qui remarquent une diminution de la force tout comme Walsh (2017). Il peut être intéressant de relever que dans notre [tableau 4](#), nous avons procédé à une moyenne générale de nos cinq articles ; la résultante en est ressortie négative (-4,18%). Cependant, l'article de Xie et al. (2017), peut représenter un gros biais au moment du calcul de cette moyenne car son pourcentage de péjoration était élevé (-28,2%) ; or, ces chiffres n'étaient pas statistiquement significatifs. La moyenne peut paraître importante dans la péjoration, il faut cependant interpréter ces chiffres à la lumière de tous ces éléments.

Pour les étirements dynamiques, seul Konrad et al. (2016) et Walsh (2017) démontrent des résultats significatifs. Dans l'article de Konrad et al. (2016), une diminution de la force est mise en évidence. Cependant, dans celui de Walsh (2017), une nette augmentation de la force est présente.

Dans le groupe contrôle, Walsh est le seul à avoir trouvé une augmentation significative de la force.

Nous pouvons alors constater que les données ne sont pas toutes significatives et que les seules qui le sont démontrent soit une augmentation de force soit une diminution. Il n'y a donc pas de réel consensus qui nous permet de dire avec certitude que les étirements statiques et dynamiques ont des effets sur la force.

Pour ajouter, dans l'article de Opplert et Babault (2019), on retrouve une différence intergroupe significative pour le stretching statique.

Concernant l'évolution des amplitudes articulaires entre la baseline et le post-intervention, nous constatons que pour les étirements statiques, toutes les études semblent démontrer des effets. Lim et al. (2014) et Xie et al. (2017) notent une diminution significative des amplitudes articulaires contrairement à Konrad et al. (2016) qui démontre une augmentation des amplitudes.

C'est le même constat pour les étirements dynamiques, les articles de Lim et al. (2014) et Xie et al. (2017) démontrent une diminution significative contrairement à Konrad et al. (2016) qui démontre une augmentation.

Pour le groupe contrôle, seul Xie et al. (2017) met en avant une significativité avec une diminution des amplitudes articulaires.

Pour ajouter, concernant la significativité intergroupes, Lim et al. (2014) constate que les groupes "dynamique" et "statique" ont une différence significative par rapport au groupe contrôle. Konrad et al. (2016) remarque également une différence significative du groupe statique comparé au groupe dynamique et contrôle.

5.9 Comparaison avec la littérature et implication clinique

Selon Behm et al. (2015) : “Les changements de performance induits par SS (-3,7%), DS (+1,3%) et PNF (-4,4%) étaient généralement faibles à modérés en ampleur (relative) lorsque les tests ont été effectués peu de temps après l'étirement. Une hypothèse initiale fondée sur les résultats globaux peut être de ne pas recommander les étirements SS ou PNF dans les activités d'échauffement avant l'événement lorsque la performance du test est requise immédiatement après l'étirement.”

Dans notre travail de mise à jour, nous avons mis en lumière des résultats allant dans le même sens, bien que quelques différences aient été mises en évidence. Effectivement, de manière globale dans notre revue, le SS (-4,18%) et le groupe contrôle (-1,13%) ont démontré une baisse de la force alors que le DS (+1,03%) a démontré une augmentation de la force (cf. [Tableau 4](#)).

Du point de vue de l'amplitude de mouvement, l'article de Behm et al. (2015), a mis en évidence une augmentation significative de l'amplitude de mouvement dans toutes les interventions et en particulier dans le PNF. À l'inverse, notre revue, elle, met en évidence de manière globale qu'aucun des différents groupes d'intervention n'a révélé une augmentation de l'amplitude articulaire. Bien au contraire puisque la différence d'amplitude du SS (-14,5%), DS (-16,06%) et CON (-7,5%) par rapport à la baseline se sont toutes révélées négatives (cf. [Tableau 6](#)).

Dans un premier temps, l'hypothèse qui découle de ce travail par rapport à l'implication clinique serait de dire que dans un but de gain de force, il serait envisageable d'encourager les pratiquants à exercer du stretching dynamique plutôt que du stretching statique avant un effort bien que les résultats sont peu démonstratifs. Le stretching statique et la méthode sans étirement ne seraient quant à eux pas conseillés avant ce même effort. Il est important de souligner que les résultats sont tout de même peu concluants et qu'il s'agit ici d'un effort directement après l'étirement. Il est difficile de conseiller concrètement un étirement de manière globale pour améliorer sa force juste avant ledit effort.

Dans un second temps, l'hypothèse qui découle de cette revue en lien avec l'implication clinique, par rapport à un gain d'amplitude, serait d'exprimer qu'il ne faudrait pas pratiquer d'étirements juste avant un effort. Néanmoins nos articles montrent différentes tendances concernant cet outcome et il est donc difficile de mettre en évidence une implication clinique précise. D'autres pistes seraient à étudier afin d'optimiser le gain d'amplitude juste avant cet effort. Ceci étant dit, il est important de souligner que des chiffres ne sont jamais que des chiffres, et que le ressenti du patient par rapport à une pratique de stretching (ou autre) est à prendre en compte lors de la prise en charge, toujours dans le but d'améliorer les performances.

5.10 Piste de réflexion

Deux de nos articles nous apportent des informations supplémentaires à celles souhaitées au départ. En effet, l'article de Ferreira-Junior et al. (2019) et Xie et al. (2017) ont étudié les effets des étirements statiques et dynamiques avec une évaluation des résultats à plus long terme. Ces données alimentent la discussion autour des étirements statiques et dynamiques avec une vision différente de celle de notre travail.

À travers l'article de Ferreira-Junior et al. (2019), la force a été évaluée toutes les semaines pendant 8 semaines. Dans les trois groupes (CON, SS, DS), nous retrouvons une augmentation de la force significative entre la semaine 1 et la semaine 8 (cf. [Tableaux annexes : force](#)). Par contre, les données significatives apparaissent seulement à partir de la quatrième semaine. Pour ajouter, la différence inter-groupe a été évaluée comme étant "non significative".

Dans l'article de Xie et al. (2017), les données ont été évaluées jusqu'à 5 jours pour la force du soléaire, des gastrocnémiens et pour les amplitudes en flexion dorsale et plantaire de cheville. Les trois groupes (DS, SS, CG) ont des données non significatives par rapport à la baseline pour la force des gastrocnémiens ainsi que du soléaire (cf. [Tableaux annexes : force](#)). Concernant la flexion dorsale, une diminution d'amplitude articulaire est révélée avec une présence de significativité. Pour la flexion plantaire, les amplitudes sont aussi significativement moins bonnes mais uniquement jusqu'à 72h après la baseline (cf. [Tableau annexe : amplitude](#)).

Pour résumer, nous pouvons uniquement comparer la force de ces deux articles sur la première semaine. Concernant la force, nous ne retrouvons pas d'amélioration qui soit significativement meilleure ou moins bonne chez les différents groupes. Une significativité apparaît après seulement 4 semaines et cela pour tous les groupes. Il serait intéressant d'avoir plus de littérature concernant les effets des différents types de stretching sur la force à plus long terme afin de comparer les effets à court, moyen et long terme et pouvoir potentiellement en tirer une évidence.

6. Conclusion

La question qui nous a portés tout au long de ce travail était la suivante : les étirements (statiques et/ou dynamiques) avant effort permettent-ils d'augmenter immédiatement la force et l'amplitude au niveau des membres inférieurs ?

Commençons dans un premier temps par évoquer l'item de la force : en nous basant sur les graphiques 4, 5 et 6, il est possible d'identifier une augmentation ou une diminution de cette dernière. La seule des modalités qui a vu ses performances augmenter est celle du stretching dynamique. À l'inverse, les groupes contrôles ainsi que les groupes comprenant le stretching statique ont mis en évidence une péjoration de ces dernières.

Pour répondre à notre question de recherche concernant notre outcome principal, nous avons pu constater que la tendance était plus à la péjoration qu'à l'amélioration. Cependant, comme expliqué au point 5.8, ces critères ne sont pas les seuls à prendre en compte pour avoir une vision globale et complète. En effet, le fait qu'un article ait des données statistiquement significatives est également capital pour une interprétation éclairée. Dans ce cas précis, il est donc compliqué de faire ressortir des conclusions concrètes.

Continuons dans un second temps par l'item de l'amplitude articulaire. Bien que l'article de Konrad et al. (2016) ait mis en évidence une amélioration,, il y a une tendance nette à la péjoration de l'amplitude si l'on se réfère à l'intégralité de nos autres études. À l'inverse de l'outcome principal, nous disposons de valeurs statistiquement significatives dans pratiquement toutes nos modalités et nos groupes. Ainsi, les données sont plus facilement interprétables et impliquent moins de biais.

Pour conclure, il n'y a pas de direction clairement établie entre les auteurs concernant la force. En effet, une discordance est présente dans nos différents articles concernant cette dernière ce qui ne nous permet pas d'aboutir à une conclusion formelle. Au contraire, une tendance se dégage en faveur de la péjoration au regard des amplitudes articulaires.

Il serait intéressant que d'autres études s'attardent sur la question afin de mettre en lumière de manière plus probante les effets directs des étirements sur la force et l'amplitude de mouvement avant un effort sportif.

Bibliographie

Sources

Articles

- Afonso, J., Clemente, F. M., Nakamura, F. Y., Morouço, P., Sarmento, H., Inman, R. A., & Ramirez-Campillo, R. (2021). The Effectiveness of Post-exercise Stretching in Short-Term and Delayed Recovery of Strength, Range of Motion and Delayed Onset Muscle Soreness : A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.677581>
- Alipasali F, Papadopoulou SD, Gissis I, Komsis G, Komsis S, Kyranoudis A, Knechtle B, Nikolaidis PT. The Effect of Static and Dynamic Stretching Exercises on Sprint Ability of Recreational Male Volleyball Players. *Int J Environ Res Public Health*. 2019 Aug 8;16(16):2835. <https://doi.org/10.3390/ijerph16162835>
- Behm, D. G., Blazeovich, A. J., Kay, A. D., & McHugh, M. (2016). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals : a systematic review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(1), 1-11. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0235>
- Blazeovich AJ, Gill ND, Kvorning T, Kay AD, Goh AG, Hilton B, Drinkwater EJ, Behm DG. No Effect of Muscle Stretching within a Full, Dynamic Warm-up on Athletic Performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2018 Jun;50(6):1258-1266. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000001539>
- Faelli E, Panasci M, Ferrando V, Bisio A, Filipas L, Ruggeri P, Bove M. The Effect of Static and Dynamic Stretching during Warm-Up on Running Economy and Perception of Effort in Recreational Endurance Runners. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Aug 8;18(16):8386. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168386>
- Ferreira-Júnior JB, Benine RPC, Chaves SFN, Borba DA, Martins-Costa HC, Freitas EDS, Bembem MG, Vieira CA, Bottaro M. Effects of Static and Dynamic Stretching Performed Before Resistance Training on Muscle Adaptations in Untrained Men. *J Strength Cond Res*. 2021 Nov 1;35(11):3050-3055. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003283>
- Goodwin JE, Glaister M, Lockey RA, Buxton E. The effects of acute static and dynamic stretching on spring-mass leg stiffness. *J Bodyw Mov Ther*. 2020 Jan;24(1):281-288. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.06.015>
- Konrad A, Stafilidis S, Tilp M. Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties. *Scand J Med Sci Sports*. 2017 Oct;27(10):1070-1080. <https://doi.org/10.1111/sms.12725>
- Lally, D. L. (1994). New Study Links Stretching with Higher Injury Rates. *Running Research News*, 10, 5-6.

- Lim, K.I., Nam, H., & Jung, K. (2014). Effects on Hamstring Muscle Extensibility, Muscle Activity, and Balance of Different Stretching Techniques. *Journal of Physical Therapy Science*, 26, 209 - 213. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.209>
- Montalvo S, Dorgo S. The effect of different stretching protocols on vertical jump measures in college age gymnasts. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019 Dec;59(12):1956-1962. <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.19.09561-6>
- Opplert J, Babault N. Acute Effects of Dynamic Stretching on Mechanical Properties Result From both Muscle-Tendon Stretching and Muscle Warm-Up. *J Sports Sci Med*. 2019 Jun 1;18(2):351-358.
- Sharman, M. J., Cresswell, A. G., & Riek, S. (2006). Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching. *Sports Medicine*, 36(11), 929-939. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636110-00002>
- Su H, Chang NJ, Wu WL, Guo LY, Chu IH. Acute Effects of Foam Rolling, Static Stretching, and Dynamic Stretching During Warm-ups on Muscular Flexibility and Strength in Young Adults. *J Sport Rehabil*. 2017 Nov;26(6):469-477. <https://doi.org/10.1123/jsr.2016-0102>
- Walsh GS. Effect of static and dynamic muscle stretching as part of warm up procedures on knee joint proprioception and strength. *Hum Mov Sci*. 2017 Oct;55:189-195. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.08.014>
- Xie Y, Feng B, Chen K, Andersen LL, Page P, Wang Y. The Efficacy of Dynamic Contract-Relax Stretching on Delayed-Onset Muscle Soreness Among Healthy Individuals: A Randomized Clinical Trial. *Clin J Sport Med*. 2018 Jan;28(1):28-36. <https://doi.org/10.1097/jsm.0000000000000442>

Livres

- Anderson, B. (2001). *Le stretching : pour être et rester en forme*. Solar.
- Anderson, B. (2021). *Le stretching : pour être et rester en forme*. Solar.
- Duparc, F., Dupont, S., & Montaudon, M. (2022). *Manuel d'anatomie descriptive, fonctionnelle et clinique*. Elsevier Masson
- Johnson, J. (2012). *Therapeutic stretching*. Human kinetics.
- Muscolino, J. E. (2022). *Kinesiology : The Skeletal System and Muscle Function*. Elsevier.
- Ashwell, K. A. (2021). *Stretching - 150 exercices pour un corps souple et tonique* (Artémis Editions). Artémis Editions.
- Tisal, H. (2022). *Les étirements en kinésithérapie : Avec 50 exercices indispensables* (1^e éd.). Elsevier Masson SAS.
- Ylinen, J. (2002). *Étirement musculaires en thérapie manuelle* (1^{re} éd.). Elsevier.

Thèse

Popineau, P., & Paulo Fernandes, P. (2008). *Physiologie des étirements* [Thèse de médecine].

Site

Fenery, N. (2021). Technique de stretching : les étirements de PNF. Stretching Pro.
<https://www.stretchingpro.com/technique-stretching-etirements-pnf/>

Annexes

- Tableaux annexes : force

	Baseline (N)	0 hr	24 hrs	48 hrs	72 hrs	96 hrs	120 hrs
<i>Yanfei Xie et al., 2017</i> (Gastrocné miens)	SS : 30,2 ± 8,04 DS : 29,1 ± 12,93 CON : 27,5 ± 10,62	30,4 ± 9,43 30,5 ± 14,33 26,7 ± 11,28	29,5 ± 9,55 28,3 ± 11,64 24,9 ± 12,34	27,8 ± 7,71 27,4 ± 13,12 25,4 ± 10,98	29,3 ± 8,63 25,4 ± 12,63 24,7 ± 8,28	30,3 ± 8,10 28,2 ± 11,84 27,4 ± 9,30	30,9 ± 8,97 30,1 ± 12,68 28,0 ± 8,95
<i>Yanfei Xie et al., 2017</i> (Soléaire)	SS : 41,3 ± 19,14 DS : 37,2 ± 14,50 CON : 34,1 ± 13,30	34,2 ± 13,29 35,5 ± 14,60 31,1 ± 14,77	33,8 ± 12,94 36,7 ± 14,99 31,7 ± 12,01	30,0 ± 14,20 35,9 ± 15,48 30,4 ± 12,45	33,5 ± 12,61 36,1 ± 13,33 30,7 ± 10,44	34,0 ± 12,61 39,9 ± 14,22 34,9 ± 12,29	35,9 ± 13,0 41,6 ± 13,59 37,1 ± 12,42

* = différence significative par rapport à la baseline (p<0,05)

	First (week) → Baseline (kgf)	Second (week)	Third (week)	Fourth (week)	Fifth (week)	Sixth (week)	Seventh (week)	Eighth (week)
<i>Joao B. Ferreira-Junior et al. 2019</i>	SS : 2,406 ± 0,416 DS : 2,375 ± 0,693 CON : 2,564 ± 0,790	2,437 ± 0,440 2,593 ± 0,803 2,616 ± 0,819	2,612 ± 0,520 2,423 ± 0,630 2,648 ± 0,840	2,635 ± 0,481* 2,555 ± 0,565* 2,794 ± 0,801*	2,624 ± 0,501* 2,419 ± 0,521* 2,786 ± 0,839*	2,771 ± 0,604* 2,601 ± 0,569* 2,742 ± 0,793*	2,821 ± 0,515* 2,705 ± 0,636* 2,823 ± 0,925*	2,808 ± 0,497* 2,801 ± 0,665* 3,004 ± 1,003*

* = différence significative par rapport à la baseline (p<0,05)

- Tableau annexe : amplitude

	Baseline (°)	0 hr	24 hrs	48 hrs	72 hrs	96 hrs	120 hrs
<i>Yanfei Xie et al., 2017</i> (Dorsiflexion)	SS : 10,2 ± 2,52 DS : 10,8 ± 2,60 CON : 12,0 ± 2,61	7,2 ± 2,54* 8,0 ± 2,81* 9,2 ± 3,85*	6,6 ± 1,88* 8,1 ± 3,12* 8,2 ± 3,82*	4,8 ± 3,13* 5,1 ± 4,83* 5,5 ± 3,13*	5,2 ± 3,03* 3,9 ± 5,83* 4,9 ± 6,33*	6,8 ± 2,37* 6,2 ± 4,41* 6,7 ± 5,04*	7,8 ± 2,12* 8,3 ± 3,18* 8,8 ± 2,56*
<i>Yanfei Xie et al., 2017</i> (Plantarflexion)	SS : 40,4 ± 3,25 DS : 40,8 ± 3,45 CON : 39,7 ± 3,77	37,8 ± 4,37* 36,8 ± 4,57* 37,0 ± 2,83*	38,5 ± 4,25* 37,0 ± 4,50* 38,2 ± 3,15*	36,7 ± 4,31* 36,1 ± 3,52* 36,6 ± 4,48*	38,4 ± 3,78* 35,8 ± 5,62* 37,4 ± 4,57*	39,3 ± 2,97 38,9 ± 4,11 39,5 ± 4,07	40,2 ± 3,09 40,0 ± 3,42 40,2 ± 3,19

* = différence significative par rapport à la baseline (p<0,05)