



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale
- Pas de Modification 4.0 France (CC BY-NC-ND 4.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>

Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation
Département Masso-Kinésithérapie

Mémoire N°1930

Mémoire d'initiation à la recherche en Masso-Kinésithérapie

Présenté pour l'obtention du

Diplôme d'État en Masso-Kinésithérapie

Par

BUCHWALTER Célia

**COMPARAISON ENTRE TECHNIQUES NEURODYNAMIQUES ET ÉTIREMENTS DANS LE GAIN DE
FLEXIBILITÉ DES ISCHIO-JAMBIERS CHEZ DES INDIVIDUS EN BONNE SANTÉ : UNE REVUE
SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE**

**COMPARISON BETWEEN NEURODYNAMIC TECHNIQUES AND STRETCHING IN IMPROVING
HAMSTRING FLEXIBILITY IN HEALTHY INDIVIDUALS: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE
LITERATURE**

Directeur de mémoire

CHAPLAIS Elodie

DESCHERE Constant

Année 2023-2024

Session 1

Membres du jury

JAUDOIN Denis

SELLAL Romain

ASTIC Ludwig

CHARTRE ANTI-PLAGIAT DE LA DREETS AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

La Direction régionale de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités (DREETS) délivre sous l'autorité du préfet de région les diplômes paramédicaux et du travail social.

C'est dans le but de garantir la valeur des diplômes qu'elle délivre, et la qualité des dispositifs de formation qu'elle évalue, que les directives suivantes sont formulées.

Elles concernent l'ensemble des candidats devant fournir un travail écrit dans le cadre de l'obtention d'un diplôme d'État, qu'il s'agisse de formation initiale ou de parcours VAE.

La présente charte définit les règles à respecter par tout candidat, dans l'ensemble des écrits servant de support aux épreuves de certification du diplôme préparé (mémoire, travail de fin d'études, livret2).

Il est rappelé que « le plagiat consiste à reproduire un texte, une partie d'un texte, toute production littéraire ou graphique, ou des idées originales d'un auteur, sans lui en reconnaître la paternité, par des guillemets appropriés et par une indication bibliographique convenable »¹.

La contrefaçon (le plagiat est, en droit, une contrefaçon) **est un délit** au sens des articles L. 335-2 et L. 335-3 du code de la propriété intellectuelle.

Article 1 :

Le candidat au diplôme s'engage à encadrer par des guillemets tout texte ou partie de texte emprunté ; et à faire figurer explicitement dans l'ensemble de ses travaux les références des sources de cet emprunt. Ce référencement doit permettre au lecteur et correcteur de vérifier l'exactitude des informations rapportées par consultation des sources utilisées.

Article 2 :

Le plagiaire s'expose à des procédures disciplinaires. De plus, en application du Code de l'éducation² et du Code de la propriété intellectuelle³, il s'expose également à des poursuites et peines pénales.

Article 3 :

Tout candidat s'engage à faire figurer et à signer sur chacun de ses travaux, deuxième de couverture, cette charte dûment signée qui vaut engagement :

Je soussigné(e) BUCHWALTER Célia

Atteste avoir pris connaissance de la charte anti-plagiat élaborée par la DREETS Auvergne-Rhône-Alpes et de m'y être conformé(e)

Je certifie avoir rédigé personnellement le contenu du présent manuscrit en vue de l'obtention du Diplôme d'État en Masso-kinésithérapie.

Fait à Lyon

Le 04/05/2024

Signature

Zér  **Plagiat**



¹ Site Université de Nantes : <http://www.univ-nantes.fr/statuts-et-chartes-usagers/dossier-plagiat-784821.kjsp>

² Article L331-3 : « les fraudes commises dans les examens et les concours publics qui ont pour objet l'acquisition d'un diplôme délivré par l'Etat sont réprimées dans les conditions fixées par la loi du 23 décembre 1901 réprimant les fraudes dans les examens et concours publics »

³ Article L122-4 du Code de la propriété intellectuelle

Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation
Département Masso-Kinésithérapie

Mémoire N°1930

Mémoire d'initiation à la recherche en Masso-Kinésithérapie

Présenté pour l'obtention du

Diplôme d'État en Masso-Kinésithérapie

Par

BUCHWALTER Célia

**COMPARAISON ENTRE TECHNIQUES NEURODYNAMIQUES ET ÉTIREMENTS DANS LE GAIN DE
FLEXIBILITÉ DES ISCHIO-JAMBIERS CHEZ DES INDIVIDUS EN BONNE SANTÉ : UNE REVUE
SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE**

**COMPARISON BETWEEN NEURODYNAMIC TECHNIQUES AND STRETCHING IN IMPROVING
HAMSTRING FLEXIBILITY IN HEALTHY INDIVIDUALS: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE
LITERATURE**

Directeur de mémoire

CHAPLAIS Elodie

DESCHERE Constant

Année 2023-2024

Session 1

Membres du jury

JAUDOIN Denis

SELLAL Romain

ASTIC Ludwig

Université Claude Bernard Lyon 1



Président

Frédéric FLEURY

Vice-président CA

REVEL Didier

Secteur Santé

Institut des Sciences et Techniques de
Réadaptation

Directeur

Jacques LUAUTE

U.F.R. de Médecine Lyon Est

Directeur

RODE Gilles

U.F.R d'Odontologie

Directeur

Jean Christophe MAURIN

U.F.R de Médecine Lyon-Sud Charles

Mérieux

Directrice

PAPAREL Philippe

Institut des Sciences Pharmaceutiques et
Biologiques

Directrice

DUSSART Claude

Département de Formation et Centre de
Recherche en Biologie Humaine

Directeur

SCHOTT Anne-Marie

Comité de Coordination des
Etudes Médicales (CCEM)

COCHAT Pierre



Institut Sciences et Techniques de la Réadaptation

Département MASSO-KINESITHERAPIE

Directeur ISTR

Jacques LUAUTE

Équipe de direction du département de Masso-kinésithérapie :

Directeur de la formation

Charles QUESADA

Responsable des travaux de recherche

Denis JAUDOIN

Référents d'années

Ilona BESANCON (MK3)

Edith COMEMALE (MK4)

Denis JAUDOIN (MK5)

Antoine YAZBECK (MK2)

Référente de la formation clinique

Ayodélé MADI

Responsable de scolarité

Rachel BOUTARD

Remerciements

Tout d'abord, je souhaite remercier mes deux directeurs de mémoire, Elodie Chaplais et Constant Deschère pour leur disponibilité, leurs précieux conseils et leur investissement tout au long de l'écriture de ce travail d'initiation à la recherche.

Je remercie également les trois membres du jury, Denis Jaudoin, Romain Sellal et Ludwig Astic pour le temps consacré à la lecture et à l'évaluation de ce travail.

Merci également à mes ami.es kinés pour ces quatre années passées ensemble.

Enfin, je tiens à exprimer mes plus grands remerciements à ma famille et plus spécifiquement à mes parents et à ma sœur pour leur investissement sans faille, leur soutien indéfectible et leurs encouragements constants durant ces cinq années d'étude, sans qui rien de tout cela n'aurait été réalisable.

Liste des acronymes

AKE = Active Knee Extension

CCF = Chaîne Cinétique Fermée

CCO = Chaîne Cinétique Ouverte

F = Femme

GC = Groupe Contrôle

GE = Groupe Étirement

GN = Groupe Neurodynamique

GN1 = Groupe Neurodynamique 1

GN2 = Groupe Neurodynamique 2

H = Homme

ICC = Intraclass Correlation Coefficient

IJs = Ischio-Jambiers

MeSh Terms = Medical Subject Headings

NS = Non-Spécifié

PEDro = Physiotherapy Evidence Database

PNF = Facilitation neuromusculaire proprioceptive

Post TTT = À la fin du traitement

Post 1S = À la fin de la 1^{ère} séance

PRISMA = Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

SLR = Straight Leg Raise

Vs = Versus

Δm = Différence de moyenne

Table des matières

1.	Introduction.....	1
1.1	Ischio-jambiers	1
1.1.1	Rappels anatomique et fonctionnel	1
1.1.2	Définitions flexibilité, extensibilité et hypo-extensibilité musculaire	5
1.1.3	Ischio-jambiers et hypo-extensibilité.....	6
1.1.3.1	Population touchée par l'hypo-extensibilité des ischio-jambiers.....	6
1.1.3.2	Causes entraînant un manque d'hypo-extensibilité des ischio-jambiers.....	6
1.1.3.3	Tests permettant d'évaluer la flexibilité des ischio-jambiers	7
1.1.3.4	Conséquences du manque d'hypo-extensibilité des ischio-jambiers.....	8
1.2	Etirements.....	9
1.2.1	Définition	9
1.2.2	Différentes méthodes d'étirement.....	9
1.2.3	Mécanismes d'action des étirements.....	10
1.3	Techniques neurodynamiques	11
1.3.1	Définition	11
1.3.2	Prérequis.....	12
1.3.2.1	Rappels anatomique et structurel du nerf périphérique	12
1.3.2.2	Nerf sciatique.....	13
1.3.2.3	Propriétés mécaniques du nerf périphérique.....	14
1.3.3	Différentes techniques neurodynamiques.....	15
1.3.3.1	Techniques de glissement neurodynamique	15
1.3.3.2	Techniques de mise en tension neurodynamique	15
1.4	Autres techniques permettant d'augmenter la flexibilité	15
1.5	Synthèse de la littérature.....	16
1.6	Question et hypothèse de recherche.....	17

2.	Matériel et méthode de recherche.....	18
2.1	Critères d'éligibilité	18
2.1.1	Critères d'inclusion	18
2.1.2	Critères d'exclusion	18
2.2	Sources d'informations	19
2.3	Stratégie de recherche	19
2.4	Sélection des études	22
2.5	Extraction des données	22
2.6	Evaluation des biais et de la qualité méthodologique des études	23
3.	Résultats.....	23
3.1	Résultats des recherches bibliographiques	23
3.2	Caractéristiques des études incluses	24
3.2.1	Caractéristiques générales.....	24
3.2.1.1	Design des études	24
3.2.1.2	Date de publication	25
3.2.1.3	Populations incluses	25
3.2.1.4	Critères d'inclusion et d'exclusion	27
3.2.1.5	Critère de jugement	29
3.2.2	Caractéristiques spécifiques.....	29
3.2.2.1	Interventions réalisées.....	30
3.3	Résultats des études.....	33
3.3.1	Etudes ayant utilisé le SLR comme outil d'évaluation de la flexibilité.....	33
3.3.1.1	Différences intra-groupe	33
3.3.1.2	Différences inter-groupe	34
3.3.2	Etudes ayant utilisé l'AKE ou le KEA comme outil d'évaluation de la flexibilité	34
3.3.2.1	Différences intra-groupe	34
3.3.2.2	Différences inter-groupe	35

3.3.3	Etudes ayant utilisé le Slump Test comme outil d'évaluation de la flexibilité.....	35
3.4	Résultats de l'évaluation des biais et de la qualité méthodologique des études	36
4.	Discussion	38
4.1	Synthèse, interprétation des résultats et comparaison avec la littérature existante	38
4.1.1	Résultats concernant le critère de jugement principal.....	38
4.1.2	Effets des critères d'inclusion	39
4.1.3	Effets du type d'interventions réalisées	40
4.1.4	Effets des modalités de réalisation des interventions	42
4.1.5	Effets de la fréquence de l'intervention et de la durée totale du traitement	42
4.1.6	Effets des méthodes d'évaluation du critère de jugement.....	43
4.2	Intérêts et limites de la revue.....	44
4.2.1	Limites de la revue	44
4.2.2	Intérêts de la revue	45
4.3	Validité externe	45
4.4	Perspectives scientifiques et cliniques.....	46
4.4.1	Perspectives scientifiques	46
4.4.2	Perspectives cliniques.....	47
5.	Conclusion.....	50

Liste des tableaux

Tableau I : Tableau présentant les principales caractéristiques des différents tests évaluant la flexibilité des ischio-jambiers (Liu et al., 2022; Neto et al., 2015).....	8
Tableau II : Tableau résumant les fonctions motrice et sensitive des nerfs sciatique, tibial et fibulaire commun (Drake et al., 2015; Kamina, 2009)	14
Tableau III : Tableau répertoriant les mots-clés et leur traduction anglaise.....	20
Tableau IV : Tableau répertoriant les équations de recherche et leurs caractéristiques.....	21
Tableau V : Tableau présentant les caractéristiques des populations incluses dans les études	26
Tableau VI : Tableau résumant les critères d'exclusion utilisés	28
Tableau VII : Tableau résumant les modalités des interventions effectuées dans les groupes neurodynamiques.....	31
Tableau VIII : Tableau résumant les modalités des interventions effectuées dans les groupes étirements	32

Liste des figures

Figure 1 : Vue postérieure de la région postérieure de la cuisse : muscle semi-membraneux (Anatomie 3D Lyon, 2012).....	2
Figure 2 : Vue postérieure de la région postérieure de la cuisse : muscle semi-tendineux (Anatomie 3D Lyon, 2012).....	3
Figure 3 : Vue postérieure de la région postérieure de la cuisse : chef long du muscle biceps fémoral (Anatomie 3D Lyon, 2012)	4
Figure 4 : Vue postérieure de la région postérieure de la cuisse : chef court du muscle biceps fémoral (Anatomie 3D Lyon, 2012)	5
Figure 5 : Diagramme de flux PRISMA.....	24

Résumé

Contexte : L'hypo-extensibilité des ischio-jambiers est un phénomène que l'on retrouve dans l'ensemble de la population quel que soit l'âge, le sexe ou le niveau d'activité physique. Les conséquences peuvent s'avérer néfastes et les causes sont multiples. Pour traiter cela, les étirements semblent être la technique de référence, cependant l'utilisation des techniques neurodynamiques apparaît pertinente afin d'améliorer la flexibilité des ischio-jambiers. En revanche, il n'existe pas à notre connaissance de revue systématique de la littérature ayant comparé l'efficacité de ces deux techniques.

Méthode : Une revue systématique de la littérature incluant uniquement des essais contrôlés randomisés comparant l'efficacité des techniques neurodynamiques aux étirements a été réalisée en effectuant des recherches dans les bases de données Pubmed, Science Direct, Web of science, PEDro et Cochrane Library jusqu'en septembre 2023. L'évaluation de la qualité méthodologique et des risques de biais a été effectuée en utilisant l'échelle PEDro.

Résultats : Finalement, 9 études (n = 478 participants) ont été incluses. Parmi ces 9 études, 4 ont mis en évidence une différence statistiquement significative entre les 2 groupes en faveur du groupe neurodynamique tandis que les 5 études restantes ont conclu en faveur d'une absence de différence statistiquement significative entre les groupes. De plus, la qualité méthodologique des études s'est avérée relativement faible et nous avons relevé la présence de nombreux biais.

Discussion : Les critères d'inclusion, le type d'interventions réalisées et leurs modalités, la fréquence de l'intervention, la durée totale du traitement et les méthodes d'évaluation du critère de jugement sont autant de variables susceptibles d'avoir impacté les résultats obtenus. Cependant, il apparaît difficile d'émettre des recommandations étant donné la variabilité de l'ensemble de ces données.

Conclusion : Cette revue systématique de la littérature ne nous permet pas d'affirmer si les techniques neurodynamiques sont plus efficaces que les étirements pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers chez des individus en bonne santé étant donné la discordance des résultats, la faible qualité méthodologique des études ainsi que les nombreux biais retrouvés. De futures recherches sont nécessaires afin de savoir si ces techniques neurodynamiques ont une efficacité supérieure aux étirements.

Mots-clés : étirement, flexibilité, individus en bonne santé, ischio-jambier, technique neurodynamique

Abstract

Background: Hamstring hypo-extensibility is a phenomenon that can be found in the entire population, regardless of age, sex or level of physical activity. There are many causes, and the consequences can be harmful. Stretching seems to be the technique of choice to treat this, however neurodynamic techniques appears relevant to improve hamstring flexibility. On the other hand, there is no systematic review of the literature comparing the effectiveness of these two techniques.

Methods: A systematic review of the literature including only randomised controlled trials comparing the efficacy of neurodynamic techniques with stretching was carried out by searching the Pubmed, Science Direct, Web of science, PEDro, and Cochrane Library databases up to September 2023. Methodological quality and risk of bias were assessed using the PEDro scale.

Results: Finally, 9 studies (n = 478 participants) were included. Of these 9 studies, 4 showed a statistically significant difference between the neurodynamic and stretching groups in favour of the neurodynamic group, while the remaining 5 studies concluded that there was no statistically significant difference between the groups. However, the methodological quality of the studies was relatively poor, and we noted the presence of numerous biases.

Discussion: Many variables, such as the inclusion criteria, the type and frequency of intervention, the way it was carried out, the treatment duration, and the methods used for outcome assessment, are likely to have impacted the obtained results. However, it seems difficult to make recommendations given the variability of all these data.

Conclusion: This systematic review of the literature does not allow us to state whether neurodynamic techniques are more effective than stretching in improving hamstring flexibility in healthy individuals, given the discrepancy in the results, the poor methodological quality of the studies included and the numerous biases found. Future research is needed to determine whether these neurodynamic techniques are more effective than stretching.

Keywords : flexibility, hamstring, healthy adults, neurodynamic technique, stretching

1. Introduction

Au cours des différents stages que j'ai effectué, et plus précisément lors de ceux réalisés dans le domaine musculosquelettique, j'ai pu remarquer que nombreux sont les patients qui souffraient d'hypo-extensibilité des ischio-jambiers, quelle que soit leur pathologie. Dans le but de traiter cette hypo-extensibilité, les thérapeutes utilisaient la plupart du temps des étirements comme technique de gain d'extensibilité musculaire. Ces étirements étaient soit réalisés en passif par le masseur-kinésithérapeute soit en auto-étirement par le patient lui-même. Cependant, il est à noter que, parfois, ces techniques ne permettaient pas d'obtenir le gain d'extensibilité musculaire souhaité. En effet, lors de mes stages libéraux, j'ai pu prendre en soin des patients présentant une hypo-extensibilité des ischio-jambiers pour lesquels l'utilisation des étirements dans le but de gagner en extensibilité ne fut pas concluante. Ainsi, je me suis alors questionnée sur la possibilité qu'il puisse exister d'autres techniques que les étirements pour améliorer cette hypo-extensibilité.

À la suite de cette constatation et de ce questionnement, j'ai alors décidé de réaliser des recherches sur l'existence d'autres méthodes, ceci à l'aide de différentes bases de données. Je me suis alors rendu compte qu'il existait de nombreuses autres techniques susceptibles d'entraîner une amélioration de l'hypo-extensibilité notamment des ischio-jambiers. Cependant, une technique en particulier a retenu mon attention, il s'agit de la neurodynamique. En effet, ce sujet m'a interpellé étant donné que les techniques neurodynamiques n'agissent pas directement sur la structure musculaire, mais sur la structure neurale, par conséquent, je me suis alors demandé comment ces techniques neurodynamiques pouvaient-elles avoir un impact sur l'hypo-extensibilité musculaire.

1.1 Ischio-jambiers

1.1.1 Rappels anatomique et fonctionnel

Les ischio-jambiers correspondent à un groupe de muscles situés à la face postérieure de la cuisse, constitués des muscles semi-membraneux, semi-tendineux et biceps fémoral. Ce sont des muscles polyarticulaires, ils vont donc avoir une action à la fois sur la hanche et le genou. Ces différents muscles sont présentés ci-dessous (Dufour, 2023; Kamina, 2009).

Le semi-membraneux (*Figure 1*) :

- ❖ **Origine** : Le semi-membraneux s'insère sur la face postérieure de la tubérosité ischiatique.
- ❖ **Terminaison** : Le semi-membraneux se termine par :
 - Un tendon direct, s'insérant à la face postérieure du condyle médial du tibia.
 - Un tendon réfléchi, s'insérant en avant du condyle médial.
 - Un tendon récurrent ou ligament poplité oblique, qui s'insère sur la coque condylienne latérale.
- ❖ **Actions** :
 - Actions sur la hanche et le bassin : en CCO, il effectue de l'extension de hanche et en CCF, il effectue de la rétroversion du bassin. De plus, lors d'une inclinaison antérieure du tronc, les ischio-jambiers exercent une action de freinage du mouvement grâce à leur contraction excentrique.
 - Actions sur le genou : en CCO, il effectue de la flexion de genou et lorsque le genou est fléchi, le semi-membraneux effectue de la rotation médiale du genou. En CCF, lorsqu'ils sont associés au triceps sural, les ischio-jambiers effectuent de l'extension de genou dans les derniers degrés.
- ❖ **Innervation** : le semi-membraneux est innervé par le nerf sciatique.

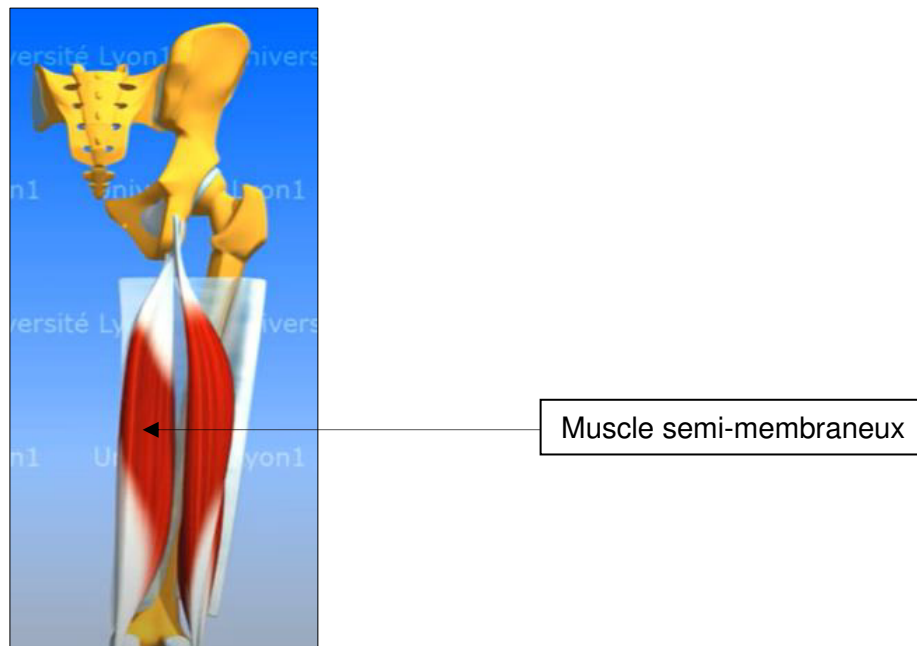


Figure 1 : Vue postérieure de la région postérieure de la cuisse : muscle semi-membraneux (Anatomie 3D Lyon, 2012)

Le semi-tendineux (*Figure 2*) :

- ❖ **Origine** : Le semi-tendineux s'insère sur la face postérieure de la tubérosité ischiatique

- ❖ **Terminaison** : Le semi-tendineux se termine sur la partie supérieure de la face médiale du tibia
- ❖ **Actions** :
 - Actions sur la hanche et le bassin : en CCO, il effectue de l'extension de hanche et en CCF, il effectue de la rétroversion du bassin. De plus, lors d'une inclinaison antérieure du tronc, les ischio-jambiers exercent une action de freinage du mouvement grâce à leur contraction excentrique.
 - Actions sur le genou : en CCO, il effectue de la flexion de genou et lorsque le genou est fléchi, le semi-tendineux effectue de la rotation médiale du genou. En CCF, lorsqu'ils sont associés au triceps sural, les ischio-jambiers effectuent de l'extension de genou dans les derniers degrés.
- ❖ **Innervation** : Le semi-tendineux est innervé par le nerf sciatique.

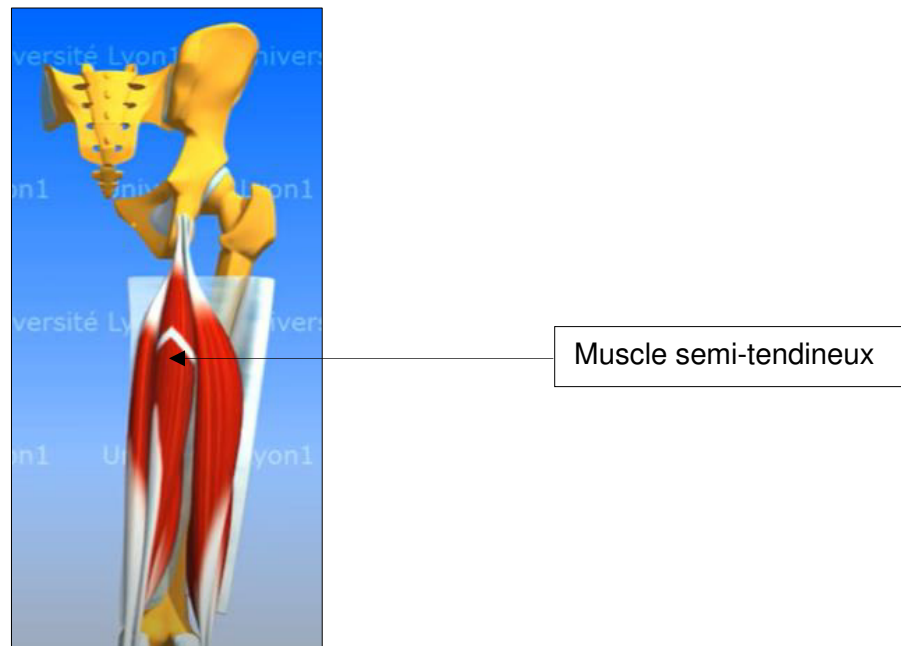


Figure 2 : Vue postérieure de la région postérieure de la cuisse : muscle semi-tendineux
(Anatomie 3D Lyon, 2012)

Le biceps fémoral (*Figures 3 et 4*) :

- ❖ **Origine** : Le biceps fémoral est composé de deux chefs :
 - Le chef long s'insère sur la face postérieure de la tubérosité ischiatique
 - Le chef court s'insère sur la lèvre latérale de la ligne âpre, située à la face postérieure du fémur.
- ❖ **Terminaison** : Les deux chefs du biceps fémoral se terminent sur l'apex de la tête de la fibula.

❖ **Actions :**

- Actions sur la hanche et le bassin : en CCO, il effectue de l'extension de hanche et en CCF, il effectue de la rétroversion du bassin. De plus, lors d'une inclinaison antérieure du tronc, les ischio-jambiers exercent une action de freinage du mouvement grâce à leur contraction excentrique.
- Actions sur le genou : en CCO, il effectue de la flexion de genou et lorsque le genou est fléchi, le biceps fémoral effectue de la rotation latérale du genou. En CCF, lorsqu'ils sont associés au triceps sural, les ischio-jambiers effectuent de l'extension de genou dans les derniers degrés.

❖ **Innervation :** Le biceps fémoral est innervé par le nerf sciatique.

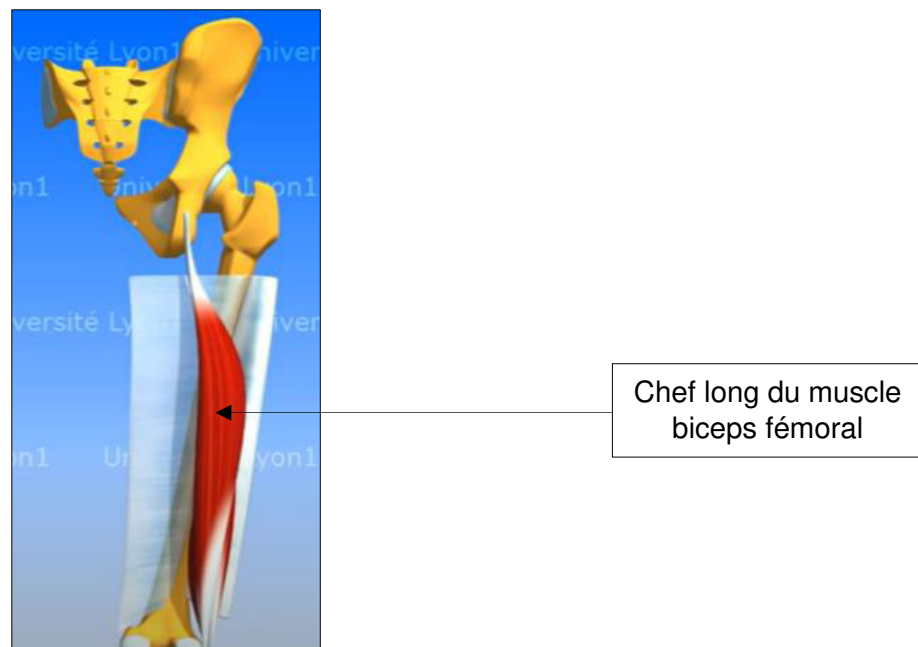


Figure 3 : Vue postérieure de la région postérieure de la cuisse : chef long du muscle biceps fémoral
(Anatomie 3D Lyon, 2012)

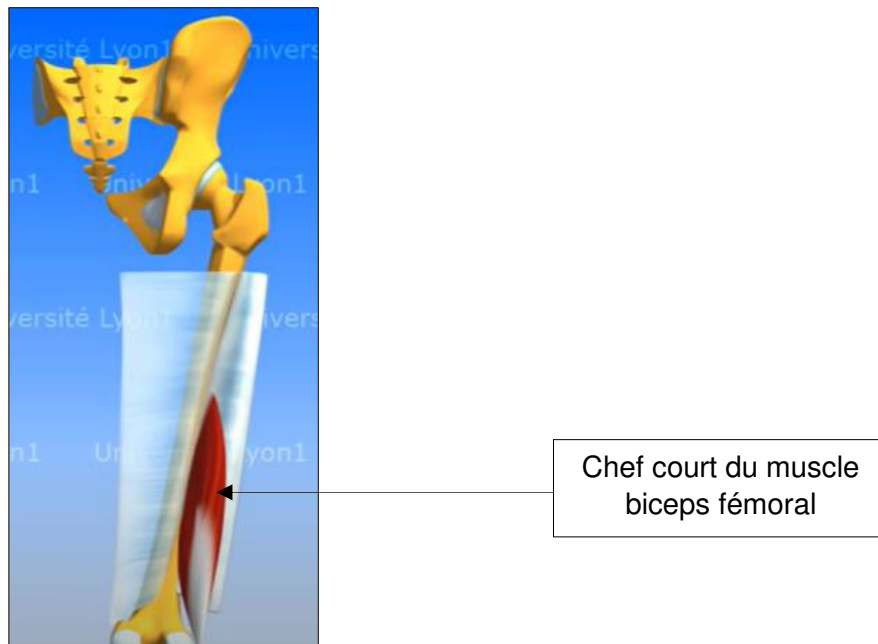


Figure 4 : Vue postérieure de la région postérieure de la cuisse : chef court du muscle biceps fémoral
(Anatomie 3D Lyon, 2012)

1.1.2 Définitions flexibilité, extensibilité et hypo-extensibilité musculaire

Afin de mieux appréhender les notions abordées dans la partie suivante, il est nécessaire de définir tout d'abord les termes suivants :

Le terme « muscular flexibility » en anglais ou souplesse, flexibilité musculaire en français se réfère à la capacité d'un muscle à s'étendre, autorisant ainsi l'articulation à se déplacer dans une amplitude de mouvement donnée (Park & Lim, 2020).

Le terme « extensibility » en anglais ou extensibilité musculaire en français est défini comme la capacité d'un muscle à s'allonger jusqu'à une longueur maximale prédéterminée. Cela suppose un point final de la sensation du sujet (Weppeler & Magnusson, 2010), c'est-à-dire une intensité désagréable ou bien une sensation de fin de mouvement.

L'hypo-extensibilité musculaire se définit comme une diminution de l'extensibilité musculaire et est susceptible d'entraîner une diminution de l'amplitude de mouvement articulaire.

1.1.3 Ischio-jambiers et hypo-extensibilité

Les muscles ischio-jambiers sont connus pour leur tendance au raccourcissement (Medeiros et al., 2016).

1.1.3.1 Population touchée par l'hypo-extensibilité des ischio-jambiers

L'hypo-extensibilité des ischio-jambiers semble être un phénomène que l'on retrouve dans l'ensemble de la population quel que soit l'âge, le sexe ou le niveau d'activité physique. En effet, ce phénomène touche aussi bien les hommes que les femmes, cependant Youdas et al. (2005) ont montré que l'hypo-extensibilité des ischio-jambiers était plus importante chez les hommes que chez les femmes.

Concernant l'âge, le vieillissement est souvent associé à une réduction de l'amplitude de mouvement articulaire et de la flexibilité musculaire, même si Youdas et al. (2005) n'ont trouvé aucune différence de longueur musculaire des ischio-jambiers entre les différentes tranches d'âge. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la diminution de l'amplitude de mouvement articulaire et de la flexibilité musculaire chez les personnes âgées soient plutôt dues à une altération des caractéristiques mécaniques du collagène ou bien à la diminution de l'activité physique (Youdas et al., 2005).

Cette hypo-extensibilité musculaire semble également présente chez les sportifs ainsi que chez les étudiants, représentant en général une population plus sédentaire. En effet, Krivickas & Feinberg (1996) rapportent que des athlètes issus de différents sports comme le basketball, le football, le tennis, l'athlétisme ou encore la natation souffrent d'hypo-extensibilité des ischio-jambiers. De plus, Liyanage et al. (2022) indiquent que la prévalence est très élevée chez les étudiants âgés de 18 à 25 ans en Inde.

1.1.3.2 Causes entraînant un manque d'hypo-extensibilité des ischio-jambiers

Les causes sont diverses, cela peut être dû à la tonicité posturale des ischio-jambiers, à la quantité considérable de force de tension à laquelle ils sont soumis ou au fait que ce soit des muscles polyarticulaires (Medeiros et al., 2016). Selon Lopez et al. (2019), de nombreux autres facteurs tels que l'origine ethnique, la température des tissus, l'entraînement en force, la modification de la posture, l'âge, le sexe ou encore un temps d'échauffement insuffisant pendant l'exercice semblent influencer la flexibilité des ischio-jambiers.

1.1.3.3 Tests permettant d'évaluer la flexibilité des ischio-jambiers

De manière courante, l'évaluation de la flexibilité des ischio-jambiers est réalisée par deux tests distincts :

- Le SLR ou test passif d'élévation jambe tendue consiste en un mouvement de flexion passive de la hanche associé à une extension complète de genou. Ce mouvement est réalisé par le thérapeute (Neto et al., 2015).
- L'AKE ou test d'extension active du genou se définit comme un mouvement actif d'extension de l'articulation du genou avec la hanche positionnée à 90° de flexion. On demande au participant de s'arrêter lorsqu'il perçoit une forte résistance au mouvement (Neto et al., 2015).

Il existe également trois autres tests utilisés pour évaluer la flexibilité des ischio-jambiers, il s'agit du Passive Knee Extension Test (PKE), du Sit and Reach Test (SRT) et du Toe Touch Test (TTT) (Liu et al., 2022).

Les principales caractéristiques de l'ensemble de ces tests sont présentées dans le tableau ci-dessous (*Tableau I*).

Tableau I : Tableau présentant les principales caractéristiques des différents tests évaluant la flexibilité des ischio-jambiers (Liu et al., 2022; Neto et al., 2015)

	SLR	AKE	PKE	SRT	TTT
Positionnement du patient	Décubitus dorsal	Décubitus dorsal	Décubitus dorsal	Assis	Debout
Type de mouvement (passif/actif)	Mouvement passif	Mouvement actif	Mouvement passif	Mouvement actif	Mouvement actif
Mesure effectuée	Mesure de l'angle de flexion de hanche	Mesure de l'angle d'extension du genou	Mesure de l'angle d'extension du genou	Mesure de la distance en cm entre un point préalablement défini et le bout des doigts du patient	Mesure de la distance en cm entre un point préalablement défini et le bout des doigts du patient
Valeur ICC (fiabilité inter-évaluateur)	0,929	/	0,929	0,986	0,979
Valeur ICC (fiabilité intra-évaluateur = test-retest)	0,944	0,910	0,923	0,974	0,964
Interprétation	Excellente fiabilité inter-évaluateur et intra-évaluateur	Degré élevé de fiabilité intra-évaluateur Pas de données concernant la fiabilité inter-évaluateur	Excellente fiabilité inter-évaluateur et intra-évaluateur	Excellente fiabilité inter-évaluateur et intra-évaluateur	Excellente fiabilité inter-évaluateur et intra-évaluateur
Spécificités des tests	Mise en tension de la partie proximale des ischio-jambiers car le mouvement est réalisé au niveau de l'articulation de la hanche Test servant à la mise en évidence d'une éventuelle atteinte neurologique	Mise en tension de la partie distale des ischio-jambiers car le mouvement est réalisé au niveau de l'articulation du genou	Mise en tension de la partie distale des ischio-jambiers car le mouvement est réalisé au niveau de l'articulation du genou	La mesure de la flexibilité peut être influencée par la tension des muscles postérieurs du tronc étant donné que le test nécessite une flexion maximale du tronc	La mesure de la flexibilité peut être influencée par la tension des muscles postérieurs du tronc étant donné que le test nécessite une flexion maximale du tronc

Nous pouvons voir que les tests SLR, PKE, SRT et TTT présentent une excellente fiabilité tandis que l'AKE dispose d'un degré élevé de fiabilité intra-évaluateur, il apparaît donc intéressant d'utiliser ces tests pour évaluer la flexibilité des ischio-jambiers.

1.1.3.4 Conséquences du manque d'hypo-extensibilité des ischio-jambiers

Les conséquences du manque d'hypo-extensibilité des ischio-jambiers sont variées et différent selon les études. Par exemple, selon Medeiros et al. (2016), un manque de flexibilité des ischio-jambiers peut entraîner des tendinopathies rotuliennes, des douleurs fémoro-patellaires, des déséquilibres musculaires majeurs, ceci exposant alors les sportifs à un risque accru de blessures musculaires. Lopez et al. (2019) confirment cela en affirmant qu'une flexibilité réduite de ces muscles a été identifiée comme l'une des causes les plus communément admises de blessures aux ischio-jambiers. Un manque de flexibilité des ischio-

jambiers peut également faciliter le développement de lombalgie (Medeiros et al., 2016). De plus, en raison d'une continuité entre le biceps fémoral et le ligament sacro-tubéral, Kuszewski et al. (2018) indiquent qu'une diminution de la flexibilité des ischio-jambiers peut altérer le contrôle de l'articulation sacro-iliaque ainsi que diminuer l'amplitude d'inclinaison pelvienne antérieure.

Pour conclure, la flexibilité des ischio-jambiers semble donc être une thématique importante à prendre en compte dans le domaine de la kinésithérapie d'une part parce qu'un manque de flexibilité des muscles ischio-jambiers peut entraîner des conséquences néfastes pour le patient et d'autre part parce que de nombreuses causes sont susceptibles d'altérer la flexibilité de ces muscles. Pour cela, des tests présentant une excellente fiabilité évaluent et objectivent la flexibilité des ischio-jambiers, ceci nous permettant par la suite d'effectuer un traitement approprié.

1.2 Étirements

De nombreuses techniques permettent d'améliorer l'extensibilité musculaire et l'amplitude de mouvement articulaire. Cependant, la technique de référence semble être les étirements (Lopez et al., 2019).

1.2.1 Définition

Il existe de nombreuses définitions des étirements en fonction des auteurs. Par exemple, les étirements peuvent être définis comme des exercices ayant pour objectif d'améliorer la mobilité et l'amplitude articulaire en allongeant progressivement le muscle jusqu'à sa capacité d'allongement maximale (Maquaire, 2007).

1.2.2 Différentes méthodes d'étirement

Il existe différentes méthodes d'étirements (Geoffroy, 2015) :

- L'étirement passif en phase élastique ou étirement passif court a pour effet d'inhiber le tonus musculaire, ce qui permet de restituer l'amplitude de mouvement après un effort. Cet étirement, effectué de manière lente dans la phase élastique du muscle, consiste en un allongement passif pendant une durée limitée de 20 secondes.

- La posture passive ou étirement passif long provoque elle aussi une inhibition du tonus musculaire et vise à favoriser une augmentation de l'amplitude et une amélioration de l'extensibilité. Cet étirement, d'une durée comprise entre 1 et 5 min est caractérisé par un allongement passif et progressif du muscle et doit être réalisé à distance de l'effort.
- L'étirement activo-passif, entraînant lui aussi une inhibition du tonus musculaire, permet une levée de tension et une récupération d'amplitude articulaire. Il existe deux principales méthodes dites « activo-passives ». D'une part, nous avons le contracté-relâché-étiré, aussi appelé CRE qui consiste en la combinaison d'un étirement passif du muscle précédé d'une contraction musculaire isométrique en position d'allongement. D'autre part, nous avons également le contracté-relâché avec contraction de l'antagoniste, aussi appelé CRAC dont l'objectif est d'étirer le muscle agoniste ciblé. Cette technique repose sur l'enchaînement d'une contraction musculaire isométrique suivie d'une contraction concentrique des muscles antagonistes. Elle doit être réalisée à distance de l'effort.
- L'étirement activo-dynamique permet une activation du tonus musculaire et est utilisé dans le cadre d'une préparation à l'effort. Cet étirement est constitué de plusieurs étapes : la première consiste en un allongement du muscle associé à une contraction musculaire isométrique, la deuxième réside en une contraction musculaire excentrique tandis que la dernière étape se caractérise par une phase dynamique. Cet étirement est à réaliser avant un travail musculaire important.

1.2.3 Mécanismes d'action des étirements

De nombreux programmes d'étirements sont efficaces pour augmenter l'amplitude de mouvement articulaire et il est courant de recourir aux étirements afin de favoriser les modifications de longueur musculaire (Aquino et al., 2010). Cependant, une revue de la littérature étudiant les effets des étirements chroniques sur les modifications des caractéristiques mécaniques musculo-tendineuses a été publiée en 2018 (Freitas et al., 2018) et les résultats suggèrent que les caractéristiques du muscle ou du tendon ne semblent pas être modifiées par des interventions de 3 à 8 semaines d'étirements même si ces dernières permettent d'augmenter l'extensibilité musculaire. Il semblerait que les changements soient principalement localisés au niveau sensoriel (Freitas et al., 2018). Une deuxième étude a montré que le gain d'amplitude de mouvement pourrait s'expliquer par une augmentation de la tolérance à l'étirement du sujet (Halbertsma & Göeken, 1994). En effet, Weppeler &

Magnusson (2010) ont suggéré que les augmentations dans la flexibilité observées immédiatement après l'étirement et après les programmes d'étirements à court terme (3 à 8 semaines) ne sont pas dues à un changement des propriétés mécaniques du muscle, mais plutôt à un changement dans la façon dont l'individu perçoit l'étirement. Ce concept se nomme la théorie sensorielle et suggère que la modification de la sensation perçue par l'individu peut expliquer le gain d'extensibilité musculaire après un étirement (Weppler & Magnusson, 2010).

En conclusion, les étirements, même s'ils permettent d'augmenter l'amplitude articulaire, ne semblent pas entraîner de modification structurelle au sein du muscle, mais plutôt une modification au niveau de la perception de l'étirement par l'individu. Cela suggère que toute technique permettant d'augmenter cette tolérance à l'étirement serait susceptible d'augmenter l'amplitude de mouvement articulaire et que d'autres systèmes tels que le système nerveux pourraient être impliqués dans la perception de l'étirement et dans la limitation de l'amplitude articulaire maximale (Nordez et al., 2017). En effet, McHugh et al. (2012) rapportent que la tension nerveuse peut augmenter la résistance passive des ischio-jambiers de 14 à 15 % pendant l'étirement. Les techniques neurodynamiques pourraient donc permettre d'améliorer la flexibilité des ischio-jambiers.

1.3 Techniques neurodynamiques

1.3.1 Définition

Lopez et al. (2019) définissent la neurodynamique comme l'intégration de la morphologie, de la biomécanique et de la physiologie du système nerveux. La neurodynamique est une technique qui consiste à appliquer une force sur les structures nerveuses dans l'optique de rétablir l'équilibre entre les tissus neuronaux et les interfaces mécaniques. En utilisant la posture et le mouvement de plusieurs articulations, cette technique cherche à optimiser la fonction physiologique des tissus et à diminuer les pressions intrinsèques exercées sur les tissus neuronaux (Lopez et al., 2019).

Il y a donc une interdépendance entre les différentes structures notamment entre les structures nerveuses et musculaires. En effet, le système nerveux est en interaction avec le système musculosquelettique, ce dernier créant une interface mécanique avec le système nerveux. Il est essentiel de garantir un environnement sain afin d'assurer le bon fonctionnement du système nerveux (Shacklock, 2012).

Nous pouvons donc en déduire qu'une altération du fonctionnement du système nerveux serait susceptible d'impacter négativement les autres systèmes environnants, notamment le système musculosquelettique.

1.3.2 Prérequis

1.3.2.1 Rappels anatomique et structurel du nerf périphérique

Le nerf périphérique assure le rôle de voie de passage pour les axones des neurones moteurs, sensitifs et végétatifs (Rigoard et al., 2009). Il a pour fonction de relier un ou plusieurs centres nerveux aux différents tissus ou organes et est muni de mouvements de glissement lui permettant de s'adapter aux différents mouvements du corps (Kamina, 2008).

Le nerf est formé d'un ensemble de fibres nerveuses et de tissu conjonctif. Les fibres nerveuses ont pour rôle de conduire l'influx nerveux, elles sont organisées de façon parallèle et se regroupent entre elles pour former des faisceaux (Kamina, 2008). Le tissu conjonctif est un tissu riche en collagène et fibres élastiques, ce qui confère au nerf sa résistance à l'élongation. L'endonèvre, le périnèvre et l'épinèvre sont des enveloppes formées de tissu conjonctif. Plus précisément, l'endonèvre sépare les différentes fibres nerveuses, le périnèvre sépare les faisceaux et l'épinèvre entoure le nerf. Cette dernière enveloppe résiste bien à la rupture, car c'est un tissu très élastique (Kamina, 2008).

Au niveau structurel, les fibres nerveuses présentent une architecture non-rectiligne, pouvant être qualifiée d'ondulée (Rigoard, 2016), ce qui leur permet non seulement d'adapter leur longueur en fonction des contraintes d'étirement, mais également de glisser les unes par rapport aux autres. Cette architecture explique l'absence de lésion lors d'une traction modérée du nerf (Kamina, 2008).

Pour finir, concernant la vascularisation du nerf, les artères nerveuses sont des prolongements d'artères avoisinantes. Chaque artère qui pénètre dans l'épinèvre se divise en second lieu en artérioles pour créer ensuite un réseau artériel longitudinal dans l'endonèvre. La vascularisation nerveuse est très importante, en effet, un déficit d'apport sanguin est susceptible d'entraîner des troubles de la conduction nerveuse (Kamina, 2008).

1.3.2.2 Nerf sciatique

Le nerf sciatique est un nerf mixte qui constitue la branche terminale du plexus sacral. Il est issu du tronc lombo-sacral (racines L4-L5) et des trois premières racines sacrées (S1-S2-S3) (Rigoard, 2016).

Concernant son trajet, après la réunion de ses racines, le nerf sciatique quitte le petit bassin par la grande incisure ischiatique en passant sous le muscle piriforme. Il pénètre dans la région glutéale et descend verticalement en arrière des pelvitrochantériens et en avant du grand fessier. On le situe entre l'ischion en dedans et le grand trochanter en dehors (Rigoard, 2016). Puis, il entre dans la face postérieure de la cuisse au niveau du bord inférieur du carré fémoral et chemine entre les ischio-jambiers médiaux et latéraux. Au sommet du losange poplité, il se divise en deux branches : le nerf fibulaire commun (branche latérale) et le nerf tibial (branche médiale).

Les fonctions motrice et sensitive des nerfs sciatique, tibial et fibulaire commun sont présentées dans le tableau suivant (*Tableau II*).

Tableau II : Tableau résumant les fonctions motrice et sensitive des nerfs sciatique, tibial et fibulaire commun (Drake et al., 2015; Kamina, 2009)

Nom	Fonction motrice	Fonction sensitive
Nerf sciatique	Le nerf sciatique innerve les muscles suivants : - Tous les muscles du compartiment postérieur de la cuisse sauf le chef court du biceps - Une portion du muscle grand adducteur	Le nerf sciatique n'a pas de territoires sensitifs propres. Cependant, par l'intermédiaire de ses branches terminales, il innerve la face postéro-latérale de la jambe et l'ensemble du pied
Nerf tibial	Le nerf tibial innerve les muscles suivants : - Tous les muscles du compartiment postérieur de la jambe - Tous les muscles intrinsèques de la plante du pied	Le nerf tibial innerve la partie inférieure de la face postérieure de la jambe, la partie latérale de la cheville, le bord latéral et la plante du pied ainsi que la face plantaire et dorsale des orteils
Nerf fibulaire commun	Le nerf fibulaire commun innerve les muscles suivants : - Tous les muscles des loges antérieure et latérale de la jambe - Le court extenseur des orteils	Le nerf fibulaire commun innerve la face latérale de la jambe ainsi que le dos du pied et des orteils

1.3.2.3 Propriétés mécaniques du nerf périphérique

En ce qui concerne ses propriétés mécaniques, le nerf possède une certaine capacité de résistance à l'étirement, d'une part grâce à l'architecture non-rectiligne des fibres nerveuses et des faisceaux, d'autre part grâce à l'élasticité du périnèvre (Rigoard et al., 2009). Lors de la mise en tension du nerf, la tension affecte tout d'abord les faisceaux puis les fibres qui, en raison de leur élasticité, maintiennent leur forme initiale pendant un certain temps. Si ces forces sont maintenues dans le temps, elles sont susceptibles d'entraîner une réduction du diamètre et une augmentation de la pression à l'intérieur des faisceaux, risquant ainsi de compromettre la vascularisation du nerf (Rigoard et al., 2009).

1.3.3 Différentes techniques neurodynamiques

Deux techniques neurodynamiques sont couramment utilisées, il s'agit des techniques de « Sliders » (ou techniques de glissement neurodynamique) et des techniques de « Tensioners » (ou techniques de mise en tension neurodynamique).

1.3.3.1 Techniques de glissement neurodynamique

Les techniques de glissement neurodynamique alternent les mouvements combinés d'au moins deux articulations. Le premier mouvement accroît la tension dans le nerf en allongeant le lit nerveux tandis que le deuxième décharge le nerf en réduisant en même temps la longueur du lit nerveux (Coppieters & Butler, 2008). Ces techniques neurodynamiques sont destinées à mobiliser le système nerveux avec une faible augmentation de la tension (Coppieters & Butler, 2008).

1.3.3.2 Techniques de mise en tension neurodynamique

Ces techniques de mise en tension reposent sur le mouvement d'une ou plusieurs articulations de façon à allonger le lit nerveux (Coppieters & Butler, 2008). Elles sont associées à une augmentation importante de la tension nerveuse (Ellis et al., 2022).

Ces deux techniques neurodynamiques visent à mobiliser le système nerveux, mais elles ont des effets mécaniques différents sur ce dernier. En effet, pour les situations susceptibles d'entraîner une irritation et un piégeage nerveux tels qu'un saignement ou une inflammation autour du nerf, pour les blessures aiguës ainsi que pour la gestion post-opératoire, il serait recommandé d'utiliser préférentiellement les techniques de glissement. Au contraire, dans l'optique de réduire le gonflement intra neural et l'atteinte circulatoire, il serait préférable d'utiliser les techniques de mise en tension nerveuse (Coppieters & Butler, 2008).

1.4 Autres techniques permettant d'augmenter la flexibilité

À titre indicatif, il existe de nombreuses autres techniques rapportées dans la littérature permettant d'augmenter la flexibilité.

Tout d'abord, il semblerait que les étirements PNF permettent d'améliorer la flexibilité des ischio-jambiers (Yu et al., 2022). En effet, cette technique se base sur la contraction musculaire pour provoquer une activité neuro-musculaire, engendrer un étirement plus important et ainsi entraîner une augmentation de l'amplitude de mouvement (Alahmari et al., 2020). Il existe différents types d'étirement PNF, tous reposant sur l'association d'étirements statiques et de contractions musculaires isométriques (Alahmari et al., 2020).

Une autre technique permettant d'augmenter l'amplitude de mouvement articulaire est l'entraînement en résistance. En effet, la méta-analyse d'Alizadeh et al. (2023) met en évidence le fait que l'entraînement en résistance avec des charges externes induit des améliorations de l'amplitude de mouvement, les exercices s'effectuant en utilisant des contractions musculaires concentriques, excentriques ou encore isométriques.

Pour finir, les techniques de renforcement musculaire excentrique représentent également un moyen efficace pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers. Ce type de renforcement musculaire, basé sur des modifications de l'architecture musculaire, combine à la fois le renforcement et l'étirement des tissus musculaires, ce qui permet d'augmenter la flexibilité (O'Sullivan et al., 2012).

1.5 Synthèse de la littérature

Précédemment, nous avons vu que l'augmentation de la flexibilité ne serait pas due à une modification de la longueur du muscle, mais à une modification de la sensation perçue par le patient. Cela suggère que des modifications effectuées au niveau du système nerveux notamment de la mécano sensibilité neurale (aussi appelée tolérance à l'étirement) pourraient permettre d'augmenter cette flexibilité. Cela souligne également le fait qu'une diminution de la flexibilité des ischio-jambiers pourrait donc être causée par une mécano sensibilité du nerf sciatique. En effet, McHugh et al. (2012) rapportent que l'extensibilité des structures neurales peut contribuer à la souplesse musculosquelettique et l'étude de Castellote-Caballero et al. (2014) relate qu'une contraction musculaire protectrice des ischio-jambiers a été retrouvée en présence d'une mécano sensibilité neurale.

L'utilisation des techniques neurodynamiques apparaît alors pertinente afin d'améliorer la flexibilité. En effet, les interventions neurodynamiques entraînent des changements dans la perception de l'étirement et de la douleur, diminuent la mécano sensibilité neurale (Castellote-Caballero et al., 2014) et permettent ainsi une plus grande extensibilité musculaire et amplitude de mouvement articulaire (Satkunskiene et al., 2020).

Une revue systématique de la littérature avec méta-analyse a étudié l'effet de la neurodynamique sur la flexibilité des ischio-jambiers (Lopez et al., 2019). Elle conclut que le traitement neurodynamique s'avère être plus efficace que d'autres méthodes pour améliorer l'amplitude passive de l'extension du genou et l'extensibilité des muscles ischio-jambiers. Cependant, les études incluses dans cette revue ont étudié les effets du traitement neurodynamique en le comparant avec diverses interventions comme une technique d'inhibition du muscle sous-occipital, des étirements ou bien des interventions placebos.

1.6 Question et hypothèse de recherche

Étant donné que les étirements semblent être la technique la plus utilisée en pratique clinique et qu'à notre connaissance, il n'existe pas de revue de la littérature étudiant spécifiquement l'effet des techniques neurodynamiques en comparaison avec les étirements sur la flexibilité des ischio-jambiers, nous avons voulu interroger les bases de données scientifiques afin de savoir si les techniques neurodynamiques pouvaient s'avérer être plus efficaces que les étirements pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers.

Cela a abouti à la question de recherche suivante :

Quelle est l'efficacité thérapeutique des techniques neurodynamiques par rapport aux étirements en termes de gain de flexibilité des ischio-jambiers chez des individus en bonne santé ?

L'hypothèse de recherche suppose que les techniques neurodynamiques s'avèrent être plus efficaces que les étirements pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers chez des individus en bonne santé.

L'objectif de cette revue de la littérature est de savoir s'il faut privilégier l'utilisation des techniques neurodynamiques aux dépens des étirements pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers.

2. Matériel et méthode de recherche

La ligne directrice choisie pour l'élaboration de cette revue systématique de la littérature est la ligne directrice PRISMA. Une traduction française a été effectuée par Gedda (2015).

2.1 Critères d'éligibilité

Nous avons utilisé l'outil PICO (Population Intervention Comparaison Outcome) pour définir les critères d'éligibilité des études.

2.1.1 Critères d'inclusion

Les études ont été sélectionnées sur la base des critères d'inclusion suivants :

- Population : la population étudiée est composée d'hommes et de femmes âgés de 18 à 65 ans sans pathologies associées
- Intervention : l'intervention étudiée consiste en la réalisation d'une ou plusieurs techniques neurodynamiques dans le but d'améliorer la flexibilité des ischio-jambiers
- Comparaison : la comparaison est effectuée avec tout type d'étirement
- Outcome : le critère de jugement principal correspond à une mesure de la flexibilité des ischio-jambiers.

Afin d'obtenir un meilleur niveau de preuve, seuls des essais contrôlés randomisés ont été inclus dans notre revue. De plus, ils devaient être publiés en français ou en anglais pour pouvoir être inclus.

2.1.2 Critères d'exclusion

Les critères d'exclusion sont les suivants :

- Participant ayant moins de 18 ans ou plus de 65 ans
- Participant présentant une ou des pathologies associées
- Autre sujet que la flexibilité des ischio-jambiers
- Autre intervention que la neurodynamique et/ou autre technique de comparaison que les étirements

- Pas de critère de jugement concernant la mesure de la flexibilité des ischio-jambiers
- Autre design que les essais contrôlés randomisés
- Langue de publication autre que le français ou l'anglais
- Article non-accessible après avoir contacté les auteurs

2.2 Sources d'informations

Les recherches ont été effectuées jusqu'au 27 septembre 2023 dans les bases de données Pubmed (Medline), Science Direct, Web of Science, Pedro et Cochrane Library.

2.3 Stratégie de recherche

L'ensemble des articles sélectionnés au cours de cette recherche ont été recueillis et stockés dans le logiciel Zotero.

Les concepts ont été élaborés à l'aide de la question de recherche, il s'agit des termes suivants : « technique neurodynamique », « étirement », « ischio-jambier », « souplesse », « amplitude de mouvement », « individus en bonne santé ».

Les mots-clés et MeSH Terms, utilisés pour créer les équations de recherche et leur traduction anglaise, sont répertoriés dans le tableau ci-dessous (*Tableau III*).

Tableau III : Tableau répertoriant les mots-clés et leur traduction anglaise

Mots clés en français	Traduction anglaise
Neurodynamique	Neurodynamic
Techniques neurodynamiques	Neurodynamic techniques
Mobilisation neurale	Neural mobilization
Etirement statique	Static stretching
Etirement actif	Active stretching
Etirement passif	Passive stretching
Etirement dynamique	Dynamic stretching
Facilitation neuromusculaire proprioceptive	Proprioceptive neuromuscular facilitation
Ischio-jambier	Hamstring
Souplesse	Flexibility
Amplitude de mouvement	Range of motion
Individus en bonne santé	Healthy adults

Les équations de recherche ont été adaptées aux spécificités des bases de données interrogées. Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous (*Tableau IV*).

Tableau IV : Tableau répertoriant les équations de recherche et leurs caractéristiques

Base de données interrogée	Equation de recherche	Nombre de résultats obtenus	Remarques
Pubmed	(((neurodynamic) OR ("neural mobilization") OR ("neurodynamic techniques"))) AND (((static stretching[MeSH Terms]) OR (passive stretching[MeSH Terms])) OR (active stretching[MeSH Terms])) OR (dynamic stretching[MeSH Terms]) OR (proprioceptive neuromuscular facilitation prnf stretching[MeSH Terms])) AND (((hamstring) AND (flexibility[MeSH Terms])) OR (range of motion[MeSH Terms]))	5	Utilisation de la recherche avancée. Lorsque cela était possible, les MeSH Terms ont été utilisés. Utilisation du filtre « Randomized Controlled Trials ».
Science Direct	((neurodynamic) OR ("neural mobilization")) AND (("passive stretching") OR ("active stretching") OR ("dynamic stretching") OR ("static stretching") OR ("proprioceptive neuromuscular facilitation")) AND (("hamstring flexibility") OR ("range of motion"))	121	Le mot-clé « neurodynamic techniques » n'est pas présent dans cette équation de recherche étant donné que le nombre d'opérateurs booléens était limité.
Web of science	(((ALL=("neurodynamic" OR "neural mobilization" OR "neurodynamic techniques")) AND ALL=("static stretching" OR "active stretching" OR "passive stretching" OR "dynamic stretching" OR "proprioceptive neuromuscular facilitation")) AND ALL=("hamstring flexibility" OR "range of motion"))	10	Utilisation de la recherche avancée. La catégorie « All Fields » a été choisie pour ajouter chaque mot-clé.
PEDro	« hamstring flexibility » « neurodynamic » « stretching »	3	Utilisation de la recherche avancée en rentrant les trois mots-clés dans la section « Abstract & Title », en choisissant « muscle shortening, reduced joint compliance » dans la section « Problem » et « clinical trial » dans la section « Method » et en sélectionnant « Match all search terms (AND) ».
Cochrane Library	neurodynamic* AND stretching* AND "hamstring flexibility" OR "range-of-motion" AND "healthy adults"	104	Utilisation de la recherche avancée : La catégorie « Title, Abstract Keyword » a été choisie pour chaque mot-clé. Dans l'onglet « Search Limits », les termes « Trials », « All dates », « All years » et « Search word variations » ont été cochés. Le terme "healthy adults" a été rajouté dans cette équation de recherche car le nombre de résultats était trop élevé sans (environ 16000 résultats).

2.4 Sélection des études

La sélection des études a été effectuée en suivant la procédure pour conduire une revue de littérature selon la méthode PRISMA décrite par Mateo (2020).

Les articles issus des différentes bases de données ont été sauvegardés sous la forme de dossier en fonction de leur provenance dans le gestionnaire de bibliographie Zotero ainsi que dans un tableau Excel permettant de ne pas faire le tri des études directement sur le logiciel Zotero et de pouvoir vérifier l'absence d'erreur.

La première étape de sélection a consisté en l'identification puis en la suppression des doublons suite à l'exportation de l'ensemble des références vers Zotero. La deuxième étape a été caractérisée par la sélection des études sur la base du titre et du résumé en fonction des critères d'inclusion et d'exclusion énoncés ci-dessus. Pour terminer, la dernière étape a consisté en une évaluation de l'éligibilité des études sur la base de la lecture du texte intégral.

Les résultats de cette sélection sont rapportés dans le diagramme de flux PRISMA (*Figure 5*).

2.5 Extraction des données

En prenant en compte les différents critères d'inclusion et d'exclusion définis précédemment, les études ont été sélectionnées et certaines données ont été extraites notamment les auteurs et l'année de publication, les caractéristiques de la population incluse dans l'étude (âge moyen des participants, nombre total de participants inclus dans l'étude, genre des participants, présence ou non d'un déficit de flexibilité des ischio-jambiers et niveau d'activité physique des participants), les critères d'inclusion et d'exclusion des études, la description des interventions neurodynamiques et étirements réalisées (type de techniques utilisé, caractéristiques et modalités de l'intervention, durée de la séance, fréquence de l'intervention) ainsi que la durée de l'étude, la présence ou non d'une période de suivi, les critères de jugement, leur méthode d'évaluation et période de mesure ainsi que les résultats des études concernant la flexibilité des ischio-jambiers. L'ensemble de ces données sont présentées sous la forme de texte et de tableaux dans la partie « Résultats ».

2.6 Evaluation des biais et de la qualité méthodologique des études

Pour évaluer la qualité méthodologique des études, nous avons choisi d'utiliser la version française de l'échelle PEDro (Annexe I). En effet, cette échelle permet d'évaluer la qualité des essais cliniques randomisés en réadaptation.

Elle est constituée de 11 critères, le 1^{er} critère évalue la validité externe, les critères 2 à 9 représentent la validité interne et les critères 10 et 11 concernent les données statistiques. Il est attribué à chacun de ces critères un « oui » ou un « non », valant respectivement 1 ou 0 point. L'échelle PEDro comporte donc 11 critères, mais est notée sur 10 étant donné que le 1^{er} critère, relatif à la validité externe, n'est pas pris en compte dans le calcul du score total (Brosseau et al., 2015). Plus ce score se rapproche de 10, plus la qualité de l'essai clinique randomisé est grande.

Cette échelle permet de mettre en évidence l'éventuelle présence de biais notamment les biais de sélection (relatifs aux critères 2, 3 et 4), les biais de détection (relatifs aux critères 5, 6 et 7) ainsi que les biais d'attrition (relatifs aux critères 8 et 9). De plus, elle permet également de voir si les études incluses possèdent des informations statistiques suffisantes pour que leurs résultats soient interprétables (critères 10 et 11) ainsi que d'évaluer la validité externe des études, autrement dit la généralisation de leurs résultats (critère 1).

3. Résultats

3.1 Résultats des recherches bibliographiques

Initialement, un total de 244 références a été identifié. Suite à la suppression des doublons, 226 références ont été enregistrées. Après la lecture du titre et du résumé, 15 références ont été enregistrées et 211 références ont été exclues en raison de leur design ($n = 5$), de leur sujet autre que la flexibilité des ischio-jambiers ($n = 193$) ou des interventions réalisées ($n = 13$). Pour terminer, à la suite de la lecture du texte intégral, 9 références ont été enregistrées et 6 références ont été exclues en raison de leur design ($n = 1$), de leur sujet autre que la flexibilité des ischio-jambiers ($n = 1$), de leur non-accessibilité ($n = 3$) ou pour une autre raison ($n = 1$). Ces différentes étapes sont illustrées dans le diagramme de flux PRISMA présent ci-dessous (*Figure 5*).

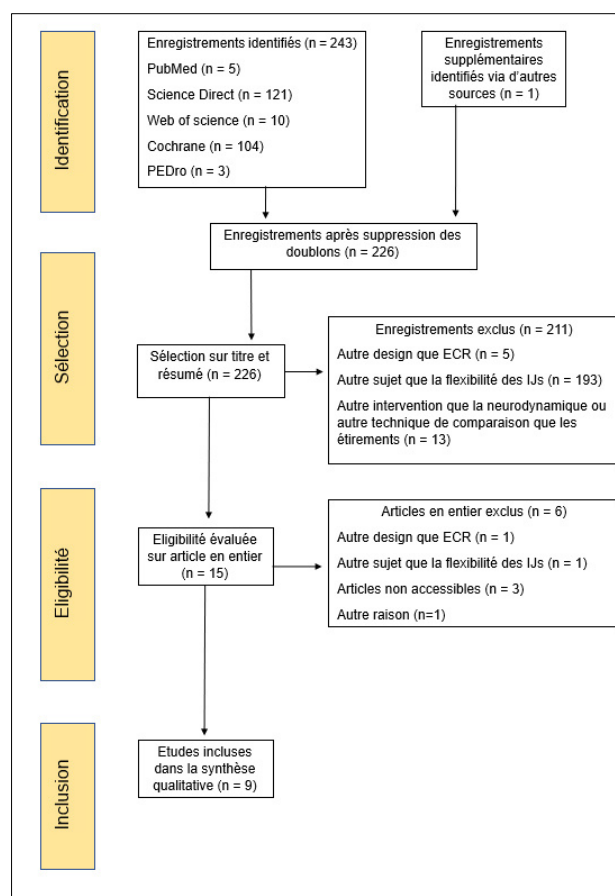


Figure 5 : Diagramme de flux PRISMA

3.2 Caractéristiques des études incluses

3.2.1 Caractéristiques générales

Concernant les caractéristiques générales des études incluses, nous pouvons évoquer le design des études, leur date de publication, la population incluse, les critères d'inclusion et d'exclusion utilisés ainsi que les critères de jugement, leur méthode d'évaluation et période de mesure.

3.2.1.1 Design des études

Toutes les études incluses dans la revue sont des essais contrôlés randomisés étant donné que ce critère correspond à un de nos critères d'inclusion.

3.2.1.2 Date de publication

Concernant les dates de publication des études, elles sont comprises entre 1997 et 2020. Le graphique présent en annexe illustre le nombre d'études publiées par année (Annexe II). Nous pouvons constater que 5 études sur les 9 incluses dans notre revue ont été publiées après 2014.

3.2.1.3 Populations incluses

En premier lieu, nous pouvons remarquer que le nombre total de participants dans chaque étude est disparate.

Effectivement, 2 études (Pagare et al., 2014; Satkunskiene et al., 2020) ont étudié moins de 40 participants (respectivement 30 et 22 participants), 2 autres études (Ahmed & Samhan, 2016; Webright et al., 1997) ont intégré 40 participants et les 5 études restantes (Alshammari et al., 2019; Castellote-Caballero et al., 2014; De Ridder et al., 2020; Mhatre et al., 2013; Sharma et al., 2016) comptent au minimum 50 participants (respectivement 60, 120, 50, 56 et 60 participants).

En ce qui concerne l'âge moyen des participants, il oscille entre une valeur minimale de 20,8 ans et une valeur maximale de 33,9 ans.

De plus, 4 études (Ahmed & Samhan, 2016; De Ridder et al., 2020; Pagare et al., 2014; Satkunskiene et al., 2020) n'ont intégré que des hommes, une étude (Mhatre et al., 2013) a étudié uniquement des femmes, 3 études (Castellote-Caballero et al., 2014; Sharma et al., 2016; Webright et al., 1997) ont inclus aussi bien des hommes que des femmes tandis que dans l'étude d'Alshammari et al. (2019), le genre des participants n'est pas spécifié.

Pour finir, 3 études (De Ridder et al., 2020; Pagare et al., 2014; Satkunskiene et al., 2020) ont fait le choix de n'inclure que des participants sportifs. En ce qui concerne les études restantes, le niveau d'activité physique des participants n'a pas été mentionné.

Les caractéristiques des populations incluses dans les études sont répertoriées dans le tableau suivant (*Tableau V*).

Tableau V : Tableau présentant les caractéristiques des populations incluses dans les études

Etudes	Groupes	Âge moyen	Nombre total de participants inclus dans l'étude	Genre (H/F)	Déficit de flexibilité des ischio-jambiers (OUI/NON)	Définition du déficit de flexibilité selon l'étude	Niveau d'activité physique (sportif/sédentaire)
Ahmed & Samhan, 2016	GN	22.0 ± 2.4	40	H	OUI	Incapacité à atteindre plus de 160° d'extension du genou avec la hanche à 90° de flexion et également incapacité à atteindre une flexion de hanche de 70° dans une élévation jambe tendue (SLR)	NS
	GE	22.3 ± 1.8					
Alshammari et al., 2019	GE	21,5 ± 0,6	60	NS	OUI	Limitation de l'extension du genou de 20° ou plus, avec une flexion de la hanche à 90°	NS
	GN	21,5 ± 0,9					
Castellote-Caballero et al., 2014	GN	33.7 ± 7.68	120	H (60) F (60)	OUI	Valeur du SLR inférieure ou égale à 80°	NS
	GE	33.9 ± 7.44					
	GC	32.7 ± 7.08					
De Ridder et al., 2020	GN	23,4	50	H	OUI	Valeur du SLR inférieure ou égale à 75°	Sportifs
	GE	21,8					
Mhatre et al., 2013	GN	22,32	56	F	OUI	Angle de flexion du genou supérieur à 20° lors de l'AKE	NS
	GE	21,46					
Pagare et al., 2014	GN	20.87 ± 2.29	30	H	OUI	Test passif d'élévation jambe tendue (SLR) inférieure ou égale à 75°	Sportifs (footballeurs)
	GE	22.47 ± 2.475					
Satkunskiene et al., 2020	GN	22 ± 1.9	22	H	NON	/	Sportifs
	GE	22 ± 2.0					
Sharma et al., 2016	GN1	21.75 ± 1.86	60	H (33) F (27)	OUI	Valeur du test KEA supérieure ou égale à 20°	NS
	GN2	21.70 ± 2.25					
	GE	22.80 ± 2.64					
Webright et al., 1997	GN	20,8	40	H (22) F (18)	OUI	Flexion du genou supérieur à 15° en position décubitus dorsal avec la hanche fléchie à 90°	NS
	GE	21,2					
	GC	22,1					

3.2.1.4 Critères d'inclusion et d'exclusion

Concernant les critères d'inclusion utilisés, toutes les études sauf celle de Satkunskiene et al. (2020) ont choisi comme critère d'inclusion un déficit de flexibilité des ischio-jambiers. Cependant, la définition du déficit de flexibilité variait entre les études (*Tableau V*).

4 études ont mentionné l'âge comme critère d'inclusion : entre 18 et 26 ans pour Ahmed & Samhan (2016) et Satkunskiene et al. (2020), entre 18 et 25 ans pour Pagare et al. (2014) et entre 18 et 30 ans pour De Ridder et al. (2020).

Pour finir, certaines études ont également établi des critères d'inclusion concernant le sexe et le niveau d'activité physique.

Concernant les critères d'exclusion, ils sont répertoriés dans le tableau ci-dessous (*Tableau VI*). Nous pouvons remarquer que les critères utilisés dans les différentes études comportent de nombreuses similitudes.

Tableau VI : Tableau résumant les critères d'exclusion utilisés

	Ahmed & Samhan, 2016	Alshammari et al., 2019	Castellote-Caballero et al., 2014	De Ridder et al., 2020	Mhatre et al., 2013	Pagare et al., 2014	Satkunskiene et al., 2020	Sharma et al., 2016	Webright et al., 1997
Troubles ou antécédents de troubles ou de maladies orthopédiques affectant les membres inférieurs	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Blessure ou antécédents de blessure aux ischio-jambiers au cours de l'année précédente	X		X	X	X	X	X	X	X
Troubles ou antécédents de troubles ou de maladies neurologiques affectant les membres inférieurs	X		X	X		X	X		
Douleurs et/ou antécédents de traumatisme au niveau du dos	X	X	X		X		X	X	
Antécédents d'hernie discale et/ou de traumatisme cervical			X	X			X		
Adhésion à des programmes d'étirements réguliers des membres inférieurs	X		X				X	X	
Antécédents de fractures et/ou de troubles de croissance			X				X		
IMC inférieur à 20 ou supérieur à 30			X						
Recours régulier à la prise d'analgésiques ou d'anti-inflammatoires							X		

3.2.1.5 Critère de jugement

Nous avons choisi comme critère de jugement principal la flexibilité des ischio-jambiers. Nous pouvons remarquer que toutes les études n'ont pas utilisé la même méthode d'évaluation de la flexibilité des ischio-jambiers.

Tout d'abord, 5 études (Ahmed & Samhan, 2016; Alshammari et al., 2019; Mhatre et al., 2013; Sharma et al., 2016; Webright et al., 1997) ont opté pour une mesure de l'angle d'extension du genou. Cependant, 4 de ces études (Ahmed & Samhan, 2016; Alshammari et al., 2019; Mhatre et al., 2013; Webright et al., 1997) ont utilisé un test réalisé activement par le patient, l'AKE tandis qu'une seule étude (Sharma et al., 2016) a utilisé un test passif, le Knee Extension Angle (KEA).

5 études (Ahmed & Samhan, 2016; Castellote-Caballero et al., 2014; De Ridder et al., 2020; Pagare et al., 2014; Satkunskiene et al., 2020) ont choisi d'utiliser le SLR. Parmi celles-ci, 4 (Castellote-Caballero et al., 2014; De Ridder et al., 2020; Pagare et al., 2014; Satkunskiene et al., 2020) ont opté pour la version passive tandis qu'Ahmed & Samhan (2016) ont choisi d'utiliser le SLR actif.

Mhatre et al. (2013) ont utilisé, quant à eux, en plus de l'AKE, le Slump Test comme méthode d'évaluation.

De plus, nous pouvons constater que les périodes de mesure différaient légèrement entre les études. Effectivement, 7 études (Ahmed & Samhan, 2016; Alshammari et al., 2019; Castellote-Caballero et al., 2014; Mhatre et al., 2013; Satkunskiene et al., 2020; Sharma et al., 2016; Webright et al., 1997) ont effectué une mesure du critère de jugement avant et après l'intervention uniquement. De Ridder et al. (2020), quant à eux, ont effectué les mesures avant et après l'intervention, mais également après 4 semaines de suivi tandis que Pagare et al. (2014) ont mesuré la flexibilité des ischio-jambiers avant et après l'intervention, mais aussi après la 1^{re} séance.

3.2.2 Caractéristiques spécifiques

Concernant les caractéristiques spécifiques des études incluses, nous pouvons décrire les interventions réalisées dans les différents groupes.

3.2.2.1 Interventions réalisées

L'ensemble de ces informations sont présentées dans le tableau présent en annexe (Annexe III).

❖ Groupes

Pour commencer, nous pouvons remarquer que la majorité des études incluses dans notre revue possédaient 2 groupes différents, un groupe neurodynamique et un groupe étirement (Ahmed & Samhan, 2016; Alshammari et al., 2019; De Ridder et al., 2020; Mhatre et al., 2013; Pagare et al., 2014; Satkunskiene et al., 2020; Sharma et al., 2016). Seules 2 études (Castellote-Caballero et al., 2014; Webright et al., 1997) possédaient en plus un groupe contrôle. Pour l'étude de Castellote-Caballero et al. (2014), l'intervention contrôle consistait en des mobilisations passives des articulations intrinsèques du pied tandis que pour l'étude de Webright et al. (1997), aucune intervention n'a été réalisée. De plus, nous pouvons constater que l'étude de Sharma et al. (2016) possédait 2 groupes d'interventions neurodynamiques différents en plus du groupe étirement : le 1^{er} groupe a réalisé des étirements statiques suivis d'une technique de glissement neurodynamique tandis que le 2^e groupe a effectué des étirements statiques puis une technique de mise en tension neurodynamique.

❖ Interventions neurodynamiques

Concernant les interventions neurodynamiques, nous pouvons noter que 6 études (Ahmed & Samhan, 2016; Castellote-Caballero et al., 2014; De Ridder et al., 2020; Pagare et al., 2014; Satkunskiene et al., 2020; Sharma et al., 2016) ont choisi d'utiliser des techniques de glissement neurodynamique du nerf sciatique (sliders). Parmi celles-ci, 2 études (De Ridder et al., 2020; Pagare et al., 2014) ont opté pour une technique particulière de glissement neurodynamique : le Seated Straight Leg Slider tandis que Sharma et al. (2016) ont utilisé dans leur 2^e groupe, une technique de mise en tension neurodynamique (tensioner). De plus, Alshammari et al. (2019) ont choisi, quant à eux, d'effectuer des techniques de glissement neurodynamique du nerf tibial. Par ailleurs, Mhatre et al. (2013) ont choisi de réaliser 2 techniques neurodynamiques particulières : la technique Bent Leg Raise de Mulligan et la technique Two Leg Rotation tandis que Webright et al. (1997) ont opté, quant à eux, pour des étirements actifs non-balistiques.

❖ Interventions étirements

Au sujet des interventions réalisées dans les groupes étirements, nous pouvons observer que la plupart des études (Ahmed & Samhan, 2016; Castellote-Caballero et al., 2014; De Ridder

et al., 2020; Pagare et al., 2014; Satkunskiene et al., 2020; Sharma et al., 2016; Webright et al., 1997) ont opté pour des étirements statiques des ischio-jambiers. Parmi celles-ci, une étude (Pagare et al., 2014) a choisi d'utiliser une technique particulière d'étirement statique : la « Modified Hurdler's Position ». Les 2 études restantes (Alshammari et al., 2019; Mhatre et al., 2013) ont, quant à elles, opté pour des étirements passifs des ischio-jambiers.

❖ Caractéristiques des techniques réalisées

En ce qui concerne les caractéristiques des techniques réalisées (positionnement des participants et interventions) dans les groupes neurodynamiques, étirements et contrôles, elles sont détaillées dans le tableau présent en annexe (Annexe III).

❖ Modalités des interventions

Les modalités des interventions réalisées dans les groupes neurodynamiques et étirements sont répertoriées dans les tableaux suivants (*Tableaux VII et VIII*).

Tableau VII : Tableau résumant les modalités des interventions effectuées dans les groupes neurodynamiques

	Temps de réalisation des mouvements	Temps de maintien de la position	Nombre de répétitions	Nombre de séries	Temps de repos
Ahmed & Samhan, 2016	180 secondes	X	Aucune	Aucune	Non-spécifié
Alshammari et al., 2019	X	X	10 répétitions	2 séries	Non-spécifié
Castellote-Caballero et al., 2014	180 secondes	X	Aucune	Aucune	Non-spécifié
De Ridder et al., 2020	Non-spécifié	X	20 répétitions	3 séries	Non-spécifié
Mhatre et al., 2013	X	30 secondes	3 répétitions	1 série	30 secondes de repos entre chaque répétition
Pagare et al., 2014	60 secondes	X	5 répétitions	1 série	15 secondes de repos entre chaque répétition
Satkunskiene et al., 2020	30 secondes	X	Non-spécifié	6 séries	60 secondes de repos entre les séries
Sharma et al., 2016	X	1 seconde	10, 15 et 20 répétitions	3 séries	Non-spécifié
Webright et al., 1997	X	1 seconde	30 répétitions	1 série	Non-spécifié

Tableau VIII : Tableau résumant les modalités des interventions effectuées dans les groupes étirements

	Temps de maintien de la position	Nombre de répétitions	Nombre de séries	Temps de repos
Ahmed & Samhan, 2016	30 secondes	6 répétitions	1 série	Non-spécifié
Alshammari et al., 2019	30 secondes	3 répétitions	1 série	Non-spécifié
Castellote-Caballero et al., 2014	30 secondes	6 répétitions	1 série	Non-spécifié
De Ridder et al., 2020	30 secondes	3 répétitions	1 série	Non-spécifié
Mhatre et al., 2013	30 secondes	3 répétitions	1 série	Non-spécifié
Pagare et al., 2014	30 secondes	Non-spécifié	Non-spécifié	Non-spécifié
Satkunskiene et al., 2020	30 secondes	Non-spécifié	6 séries	60 secondes de repos entre les séries
Sharma et al., 2016	30 secondes	1 répétition	1 série	Non-spécifié
Webright et al., 1997	30 secondes	1 répétition	1 série	Non-spécifié

❖ Durée de la séance

La durée de la séance n'était pas explicitement énoncée dans la majorité des études, toutefois, elle était de 180 secondes pour les études d'Ahmed & Samhan (2016) et de Castellote-Caballero et al. (2014) et de 30 secondes pour l'étude de Webright et al. (1997).

❖ Fréquence de l'intervention

Cette caractéristique n'a été précisée que dans 5 des études incluses. Ainsi, une étude (Webright et al., 1997) a effectué 2 séances par jour, 2 autres études (Ahmed & Samhan, 2016; De Ridder et al., 2020) ont opté pour une séance par jour tandis que les participants des études de Pagare et al. (2014) et Sharma et al. (2016) ont réalisé 3 séances par semaine.

❖ Durée totale de l'étude

De la même manière que pour la fréquence de l'intervention, 4 études (Alshammari et al., 2019; Castellote-Caballero et al., 2014; Mhatre et al., 2013; Satkunskiene et al., 2020) n'ont pas spécifié la durée totale. Cependant, cette durée variait de 5 jours (Ahmed & Samhan, 2016) à 6 semaines (De Ridder et al., 2020; Webright et al., 1997) en passant par une semaine pour les études de Pagare et al. (2014) et Sharma et al. (2016).

❖ Période de suivi

Une seule étude (De Ridder et al., 2020) présentait une période de suivi d'une durée de 4 semaines.

3.3 Résultats des études

Les résultats concernant la flexibilité des ischio-jambiers sont répertoriés dans les tableaux présents en annexe (Annexes IV et V).

3.3.1 Etudes ayant utilisé le SLR comme outil d'évaluation de la flexibilité

Sur les 9 études incluses dans notre revue, 5 ont utilisé le SLR (passif ou actif) comme outil d'évaluation de la flexibilité des ischio-jambiers.

3.3.1.1 Différences intra-groupe

Tout d'abord, nous avons noté une amélioration de la flexibilité des ischio-jambiers à la fin du traitement dans les groupes neurodynamiques et étirements pour l'ensemble des études. En effet, dans l'étude d'Ahmed & Samhan (2016), la flexibilité s'est significativement améliorée dans les groupes neurodynamique ($p = 0,001$) et étirement ($p = 0,02$), l'amélioration étant cependant plus élevée dans le groupe neurodynamique. Il en est de même dans l'étude de Castellote-Caballero et al. (2014), où la flexibilité des patients a augmenté significativement après la période de traitement ($p < 0,001$) dans les groupes neurodynamique ($\Delta m = 9,86 \pm 2,51$) et étirement ($\Delta m = 5,50 \pm 1,62$) contrairement au groupe contrôle ($p = 0,800$ et $\Delta m = 0,03 \pm 0,62$). De manière similaire, dans l'étude de De Ridder et al. (2020), les patients ont augmenté significativement ($p < 0,001$) leur flexibilité dans les 2 groupes à la fin du traitement ($\Delta m^{GN} = 12,6$ et $\Delta m^{GE} = 9,3$) mais également à 4 mois ($p < 0,001$; $\Delta m^{GN} = 9,1$ et $\Delta m^{GE} = 5,7$).

Concernant les études de Pagare et al. (2014) et Satkunskiene et al. (2020), nous avons pu remarquer une amélioration statistiquement significative ($p < 0,001$) de la flexibilité pour le groupe neurodynamique ($\Delta m^{GN} = 30,53$ pour l'étude de Pagare et al. (2014) et $\Delta m^{GN} = 9,7 \pm 4,7$ % pour l'étude de Satkunskiene et al. (2020)) et le groupe étirement (respectivement $\Delta m^{GE} = 27,53$ et $\Delta m^{GE} = 7,0 \pm 3,4$ %).

3.3.1.2 Différences inter-groupe

Parmi ces 5 études, 3 retrouvaient une différence statistiquement significative entre le groupe neurodynamique et le groupe étirement. Effectivement, Ahmed & Samhan (2016) ont retrouvé une différence statistiquement significative ($p = 0,001$) entre ces 2 groupes. Il en est de même pour l'étude de De Ridder et al. (2020), dans laquelle nous avons retrouvé une différence significative entre les groupes à la fin du traitement ($p < 0,001$) mais également à 4 mois ($p = 0,001$). Dans l'étude de Castellote-Caballero et al. (2014), nous avons remarqué également une différence statistiquement significative entre le groupe neurodynamique et le groupe étirement ($p^{GN/GE} = 0,006$) ainsi qu'entre les 2 groupes d'intervention et le groupe contrôle ($p^{GE/GC} < 0,001$; $p^{GN/GC} < 0,001$).

Cependant, les 2 études restantes ne sont pas en accord avec cela. En effet, dans l'étude de Pagare et al. (2014), aucune différence statistiquement significative n'a été retrouvée entre les groupes neurodynamique et étirement ($p = 0,057$). De la même manière, il n'y avait pas de différence statistiquement significative ($p > 0,05$) entre les 2 groupes dans l'étude de Satkunskiene et al. (2020).

3.3.2 Etudes ayant utilisé l'AKE ou le KEA comme outil d'évaluation de la flexibilité

5 des 9 études incluses dans notre revue ont utilisé la mesure de l'angle d'extension du genou (AKE ou KEA) comme outil d'évaluation de la flexibilité des ischio-jambiers.

3.3.2.1 Différences intra-groupe

Tout d'abord, nous avons noté une amélioration de la flexibilité des ischio-jambiers à la fin du traitement dans les groupes neurodynamiques et étirements pour l'ensemble des études. En effet, la flexibilité s'est significativement améliorée dans l'étude d'Ahmed & Samhan (2016), que ce soit dans le groupe neurodynamique ($p = 0,001$) ou étirement ($p = 0,02$), l'amélioration étant cependant plus élevée dans le groupe neurodynamique. De la même manière, dans l'étude d'Alshammari et al. (2019), nous avons remarqué une amélioration statistiquement significative ($p < 0,001$) de la flexibilité des ischio-jambiers dans le groupe neurodynamique ainsi que dans le groupe étirement, cette amélioration étant également en faveur du groupe neurodynamique ($\Delta m^{GN} = 9,3 \pm 6,2$ Vs $\Delta m^{GE} = 6,2 \pm 6,4$).

En ce qui concerne l'étude de Sharma et al. (2016), nous avons remarqué que la flexibilité s'est significativement améliorée ($p = 0,031$) dans les 2 groupes neurodynamiques ($\Delta m^{GN1} = 18,6 \pm 6,4$ et $\Delta m^{GN2} = 20,9 \pm 7,9$) ainsi que dans le groupe étirement ($\Delta m^{GE} = 11,3 \pm 7,3$). Il en est de même pour l'étude de Webright et al. (1997), dans laquelle les patients des groupes neurodynamique et étirement ont augmenté de manière significative leur flexibilité ($p < 0,05$; $\Delta m^{GN} = 10,2$; $\Delta m^{GE} = 8,9$), contrairement au groupe contrôle ($p > 0,05$; $\Delta m = 2,5$), dans lequel aucune intervention particulière n'a été réalisée.

Pour finir, concernant l'étude de Mhatre et al. (2013), nous avons observé une amélioration statistiquement significative ($p = 0,00$) de la flexibilité dans les 2 groupes à la fin du traitement ($\Delta m^{GN} = 9,82 \pm 6,59$ et $\Delta m^{GE} = 12,00 \pm 7,32$).

3.3.2.2 Différences inter-groupe

Parmi ces 5 études, 2 seulement retrouvaient une différence statistiquement significative entre le groupe neurodynamique et le groupe étirement. En effet, de même que pour l'évaluation effectuée avec le SLR, nous avons retrouvé une différence statistiquement significative ($p = 0,001$) entre les 2 groupes dans l'étude d'Ahmed & Samhan (2016). Il en est de même dans l'étude de Sharma et al. (2016), dans laquelle une différence statistiquement significative a été retrouvée entre le groupe neurodynamique 1 et le groupe étirement ($p = 0,011$) ainsi qu'entre le groupe neurodynamique 2 et le groupe étirement ($p < 0,001$). Cependant, il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le groupe neurodynamique 1 et le groupe neurodynamique 2 ($p = 0,074$).

Néanmoins, les 3 études restantes ne retrouvaient pas de différence statistiquement significative entre le groupe neurodynamique et le groupe étirement. Effectivement, aucune différence statistiquement significative n'a été retrouvée entre ces 2 groupes dans les études de Mhatre et al. (2013) ($p = 0,924$), d'Alshammari et al. (2019) ($p > 0,05$) ainsi que dans l'étude de Webright et al. (1997) ($p > 0,05$). Cependant, il y avait une différence statistiquement significative ($p < 0,05$) entre les 2 groupes d'intervention (neurodynamique et étirement) et le groupe contrôle dans l'étude de Webright et al. (1997).

3.3.3 Etudes ayant utilisé le Slump Test comme outil d'évaluation de la flexibilité

Mhatre et al. (2013) ont utilisé, en plus de l'AKE, le Slump Test pour évaluer la flexibilité des ischio-jambiers. Ce dernier a été divisé en deux tests distincts : le Slump Test CxFlex et le Slump Test CxExt.

Nous avons observé une amélioration statistiquement significative ($p = 0,00$) de la flexibilité à la fin du traitement pour les 2 tests (CxFlex et CxExt) dans les groupes neurodynamique et étirement. Cependant, avec l'utilisation du Slump Test CxFlex, la différence de moyenne était plus élevée dans le groupe neurodynamique que dans le groupe étirement ($\Delta m^{GN} = 16,42 \pm 9,31$ Vs $\Delta m^{GE} = 12,14 \pm 8,09$). Il en était de même lors de l'utilisation du Slump Test CxExt, où la différence de moyenne était également en faveur du groupe neurodynamique ($\Delta m^{GN} = 17,75 \pm 11,78$ et $\Delta m^{GE} = 10,53 \pm 8,31$). En revanche, aucune différence statistiquement significative n'a été retrouvée entre les 2 groupes lors de l'évaluation par le Slump Test CxFlex ($p = 0,072$) contrairement à l'évaluation effectuée par le Slump Test CxExt pour laquelle une différence statistiquement significative a été retrouvée ($p = 0,011$).

3.4 Résultats de l'évaluation des biais et de la qualité méthodologique des études

Pour rappel, la qualité méthodologique des études incluses dans la revue a été évaluée grâce à l'échelle PEDro. Le détail des scores est présenté dans le tableau récapitulatif présent en annexe (Annexe VI).

Nous avons remarqué une variabilité importante de la qualité méthodologique des 9 études. Effectivement, les scores PEDro obtenus étaient disparates puisqu'ils oscillaient entre 3 et 8/10 : 3 études (Ahmed & Samhan, 2016; Pagare et al., 2014; Webright et al., 1997) présentaient une mauvaise qualité méthodologique (score inférieur ou égal à 3/10), 4 études (Alshammari et al., 2019; De Ridder et al., 2020; Mhatre et al., 2013; Satkunskiene et al., 2020) avaient une qualité méthodologique moyenne (score compris entre 4 et 5/10) tandis que 2 études (Castellote-Caballero et al., 2014; Sharma et al., 2016) présentaient une bonne qualité méthodologique (score compris entre 6 et 8/10).

De plus, nous avons relevé la présence de nombreux biais à savoir des biais de sélection, de détection, d'attrition ainsi que d'autres biais que nous allons détailler dans la partie ci-dessous.

Premièrement, concernant les biais de sélection, la répartition aléatoire a été effectuée dans toutes les études contrairement à l'assignation secrète qui n'a été réalisée que dans l'étude de Sharma et al. (2016). Cela est susceptible d'avoir un impact sur les résultats de l'étude, car il semblerait qu'une assignation secrète soit en lien avec une taille d'effet plus modeste et inversement. De plus, la similarité des groupes a été retrouvée dans toutes les études sauf dans celle de Webright et al. (1997), cela entraîne donc un biais, car plus les groupes sont

comparables au début de l'étude, plus la différence statistiquement significative retrouvée à la fin du traitement est due au traitement en lui-même.

Deuxièmement, au sujet des biais de détection, les participants n'ont été aveuglés que dans l'étude de Castellote-Caballero et al. (2014), ce qui peut engendrer des effets placebos étant donné qu'ils étaient susceptibles de connaître le groupe auquel ils appartenaient. Aucun thérapeute n'a été mis en aveugle, cependant, il est très difficile d'appliquer cette mise en aveugle dans le domaine de la kinésithérapie. Les examinateurs, quant à eux, n'ont pas été aveuglés dans 5 études (Ahmed & Samhan, 2016; De Ridder et al., 2020; Pagare et al., 2014; Satkunskiene et al., 2020; Webright et al., 1997), cela peut avoir impacté la mesure du critère de jugement. De plus, nous avons également retrouvé des biais de suivi puisqu'aucune de nos études n'a utilisé de double-aveugle.

Troisièmement, nous avons relevé des biais d'attrition. Tout d'abord, 6 études (Ahmed & Samhan, 2016; Alshammari et al., 2019; Castellote-Caballero et al., 2014; Mhatre et al., 2013; Pagare et al., 2014; Satkunskiene et al., 2020) ont mentionné le nombre de participants initialement répartis dans les groupes, mais n'ont pas indiqué le nombre de participants auprès desquels les mesures de flexibilité ont été recueillies. Nous n'avons donc pas d'informations concernant le nombre de patients potentiellement perdus de vue. De plus, aucune de ces études n'a effectué d'analyse en intention de traiter, cela entraîne donc un biais d'attrition, car nous savons que les potentiels perdus de vue n'ont pas été pris en compte dans l'analyse. Dans l'étude de Sharma et al. (2016), il est mentionné 4 perdus de vue. Au total, cela correspond à 4 participants sur les 60 randomisés, ce qui représente 6,7 % de la population totale étudiée. Cependant, cela a été contrôlé par une analyse en intention de traiter, ce qui n'entraîne donc pas de biais d'attrition.

Quatrièmement, nous avons également relevé d'autres biais. L'ensemble des études incluses dans la revue ont effectué une comparaison statistique intergroupe pour le critère de jugement principal. En effet, elles ont toutes réalisé, au minimum, une comparaison statistique entre les groupes neurodynamique et étirement. Cependant, il n'en est pas de même concernant l'estimation des effets et de leur variabilité. En effet, dans les études d'Ahmed & Samhan (2016), Pagare et al. (2014) et Webright et al. (1997), l'estimation de la variabilité était absente tandis qu'elle était présente dans les autres études, soit sous la forme d'écart-types, d'intervalles de confiance ou d'erreurs standards. Les données des études d'Ahmed & Samhan (2016), Pagare et al. (2014) et Webright et al. (1997) sont donc à analyser avec prudence. Effectivement, la différence de résultats entre les 2 groupes (groupes neurodynamique et étirement) permet de mettre en évidence l'effet du traitement cependant nous n'avons pas d'informations concernant la variabilité de cet effet dans ces 3 études.

Pour finir, nous pouvons également noter que l'item relatif aux critères d'éligibilité, non pris en compte dans le calcul du score total et représentatif de la validité externe de l'étude n'a pas été validé dans 3 études (Ahmed & Samhan, 2016; Pagare et al., 2014; Webright et al., 1997).

4. Discussion

Cette revue systématique de la littérature avait pour objectif de savoir si les techniques neurodynamiques étaient plus efficaces que les étirements pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers chez des individus en bonne santé. D'un point de vue plus clinique, il s'agissait d'indiquer s'il fallait privilégier l'utilisation des techniques neurodynamiques aux dépends des étirements pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers. Pour cela, nous avons inclus 9 études dans notre revue.

L'hypothèse de départ était que les techniques neurodynamiques seraient plus efficaces que les étirements pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers chez des individus en bonne santé.

4.1 Synthèse, interprétation des résultats et comparaison avec la littérature existante

4.1.1 Résultats concernant le critère de jugement principal

Les résultats des différences entre les groupes neurodynamiques et étirements concernant la flexibilité des ischio-jambiers étaient discordants.

En effet, sur les 9 études incluses dans notre revue, 5 ont conclu en faveur d'une absence de différence statistiquement significative entre les 2 groupes (Alshammari et al., 2019; Mhatre et al., 2013; Pagare et al., 2014; Satkunskiene et al., 2020; Webright et al., 1997). Ces études suggéraient donc que les techniques neurodynamiques n'auraient pas d'efficacité supérieure aux étirements, ce qui invalide notre hypothèse de départ. De plus, ces études présentaient une qualité méthodologique moyenne voire faible (2 études avaient un score PEDro de 5/10, 2 autres avaient un score de 3/10 et une étude avait un score de 4/10).

A l'inverse, les 4 études restantes ont mis en évidence une différence statistiquement significative entre le groupe neurodynamique et le groupe étirement en faveur du groupe neurodynamique (Ahmed & Samhan, 2016; Castellote-Caballero et al., 2014; De Ridder et al.,

2020; Sharma et al., 2016), suggérant ainsi que les techniques neurodynamiques seraient plus efficaces que les étirements pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers, ce qui valide notre hypothèse de départ. Concernant leur qualité méthodologique, elle s'est avérée légèrement plus élevée (une étude présentait un score PEDro de 3/10 tandis que les autres études avaient un score de 5, 6 et 8/10).

De ce fait, les résultats de notre revue ne nous permettent pas d'affirmer si les techniques neurodynamiques sont plus efficaces que les étirements pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers.

Nous allons maintenant étudier les effets des différentes caractéristiques des études sur les résultats du critère de jugement principal, à savoir la flexibilité des ischio-jambiers.

4.1.2 Effets des critères d'inclusion

L'ensemble des études incluses dans notre revue, sauf celle de Satkunskiene et al. (2020) ont utilisé le déficit de flexibilité des ischio-jambiers comme critère d'inclusion. Autrement dit, la population incluse dans l'étude de Satkunskiene et al. (2020), composée uniquement de participants sportifs, ne souffrait pas forcément d'un déficit de flexibilité des ischio-jambiers. Les résultats de cette étude sont en discordance avec la littérature actuelle. Effectivement, une revue systématique publiée en 2023 (Heredia Macías et al., 2023) a étudié l'efficacité de la mobilisation neuronale sur des participants sportifs et a mis en évidence que les manœuvres de glissement et de tension seraient plus bénéfiques que l'étirement statique pour augmenter l'amplitude de mouvement et diminuer la tension musculaire chez les athlètes. Le fait que les auteurs n'aient pas forcément inclus des participants souffrant d'un déficit de flexibilité pourrait expliquer cette discordance de résultats entre l'étude de Satkunskiene et al. (2020) et la revue systématique publiée par Heredia Macías et al. (2023). En effet, les techniques neurodynamiques et d'étirement ont pour but, dans ce cadre, d'augmenter la flexibilité, si les patients ne souffrent pas d'un déficit de flexibilité, ces techniques s'avèrent inefficaces. D'un point de vue clinique, cela suggère que les techniques neurodynamiques sont à utiliser préférentiellement sur des patients souffrant d'un déficit de flexibilité des ischio-jambiers pour avoir une efficacité. De plus, cela suppose qu'il faille objectiver ce déficit avant de proposer un traitement composé de techniques neurodynamiques.

4.1.3 Effets du type d'interventions réalisées

Concernant les types d'interventions réalisées dans les groupes neurodynamiques, les 4 études concluant en faveur d'une efficacité supérieure des techniques neurodynamiques ont décidé d'utiliser une technique de glissement neurodynamique du nerf sciatique (slider). Sharma et al. (2016) ont également choisi d'utiliser, dans un 2^d groupe expérimental, une technique de mise en tension neurodynamique (tensionner), aucune de ces 2 techniques ne s'est avérée plus efficace que l'autre (aucune différence statistiquement significative n'a été retrouvée entre les 2 groupes expérimentaux). Les données existantes dans la littérature concernant la différence d'efficacité entre les techniques de glissement neurodynamique et les techniques de mise en tension sur la flexibilité sont en accord avec ce résultat. Effectivement, une étude randomisée en double-aveugle publiée en 2019 (Martins et al., 2019) a étudié l'impact des techniques de glissement et de mise en tension neurodynamiques sur la flexibilité des ischio-jambiers chez des participants asymptomatiques et a rapporté que les 2 manœuvres avaient des effets similaires sur la flexibilité du membre sur lequel l'intervention a été réalisée. De plus, les conclusions de la revue systématique de la littérature publiée par Heredia Macías et al. (2023) rejoignent ces résultats en relatant que les manœuvres neurodynamiques de type glissement et tension seraient bénéfiques pour augmenter l'amplitude de mouvement et diminuer la tension musculaire perçue chez une population d'athlètes. Cependant, d'un point de vue clinique, il semblerait que la technique de glissement neurodynamique soit à privilégier, car elle semble plus pertinente cliniquement pour les patients. En effet, un article publié en 2019 (Karthick et al., 2019) a rapporté que les techniques de glissement seraient à favoriser car elles seraient plus confortables et moins douloureuses pour le patient contrairement aux techniques de mise en tension.

Les études d'Alshammari et al. (2019) et Sharma et al. (2016) ont réalisé les mêmes interventions dans les groupes neurodynamiques : étirements passifs suivis de techniques de glissement neurodynamique. Cependant, leurs résultats se sont avérés contradictoires. Une des raisons possibles de cette discordance pourrait être que, dans l'étude d'Alshammari et al. (2019), les techniques neurodynamiques aient ciblé le nerf tibial tandis que l'ensemble des autres études ont choisi d'utiliser des techniques ciblant le nerf sciatique. En effet, ce choix semble étonnant étant donné que le nerf tibial naît au niveau du losange poplité et que les muscles ischio-jambiers sont innervés par le nerf sciatique. Nous pouvons donc supposer que les techniques neurodynamiques visant le nerf tibial seraient moins efficaces et qu'il faille privilégier en pratique l'utilisation de techniques ciblant le nerf sciatique pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers.

Les participants du groupe neurodynamique de l'étude de Mhatre et al. (2013), quant à eux, ont effectué 2 techniques neurodynamiques particulières : les techniques Bent Leg Raise et Two Leg Rotation de Mulligan. Dans cette étude, ces 2 techniques étaient utilisées dans le but d'améliorer la mobilité des tissus neuronaux. Cependant, dans la littérature, elles semblent plutôt indiquées pour traiter la structure musculaire. Effectivement, dans une étude datant de 2022 (Adnan et al., 2022), les auteurs relatent que la technique Bent Leg Raise de Mulligan est composée de cycles de contractions et de relaxation des ischio-jambiers. De plus, une 2^e étude datant de 2014 (Tehnicii & Ischiogambierilor, 2014) suggère que l'augmentation de la flexibilité des ischio-jambiers à la suite de l'application de la technique Two Leg Rotation pourrait être due à une augmentation des propriétés viscoélastiques des ischio-jambiers. Nous pouvons donc suggérer que les interventions effectuées dans le groupe neurodynamique étaient plutôt orientées vers le traitement de la structure musculaire tout comme les étirements réalisés dans le 2^d groupe, ce qui a pu avoir un impact sur les résultats de l'étude. Ces techniques ne semblent donc pas à privilégier lors du traitement de la flexibilité des ischio-jambiers.

Contrairement aux autres études, les participants du groupe neurodynamique de l'étude de Webright et al. (1997) ont effectué une technique d'étirements actifs non-balistiques consistant en des extensions actives répétées du genou effectuées dans une posture d'affaissement neural, cependant, cette technique peut être assimilée à une technique neurodynamique du nerf sciatique. Néanmoins, les interventions réalisées dans les groupes n'ont pas été supervisées, nous n'avons donc pas de certitudes concernant l'observance des participants ainsi que la réalisation correcte des exercices. Effectivement, une étude publiée en 2019 (Okezue et al., 2019) a étudié l'adhésion aux programmes d'exercice à domicile chez des patients recevant de la kinésithérapie. Les résultats ont montré que l'adhésion aux programmes d'exercices à domicile était faible dans cette étude, la plupart des patients ne respectant pas le programme donné. Concernant l'étude de Webright et al. (1997), étant donné que la technique d'étirement actif non-balistique proposée aux participants du groupe neurodynamique n'est pas facile à reproduire, nous pouvons supposer que cela ait pu impacter les résultats de l'étude. Pour cela, nous préconisons d'effectuer dans un premier temps les techniques neurodynamiques sous supervision du thérapeute afin de s'assurer de leur bonne réalisation.

4.1.4 Effets des modalités de réalisation des interventions

Au sujet des modalités de réalisation des interventions, Ahmed & Samhan (2016) et Castellote-Caballero et al. (2014) sont les seuls à avoir opté pour un temps de réalisation des mouvements (180 secondes). En effet, les autres études ont choisi de réaliser un nombre de séries et de répétitions précises. Cependant, ce nombre diffère entre les études.

Tout d'abord, les participants de l'étude d'Alshammari et al. (2019) ont réalisé la même technique neurodynamique que les participants de l'étude de Sharma et al. (2016). Cependant, une différence réside dans le nombre de séries et de répétitions effectuées. Effectivement, dans l'étude d'Alshammari et al. (2019), les auteurs ont choisi de réaliser 2 séries de 10 répétitions soit un total de 20 répétitions par séance tandis que dans l'étude de Sharma et al. (2016), les participants ont effectué 10 répétitions pour la 1^{re} série, 15 pour la 2^e et 20 répétitions pour la 3^e série soit un total de 45 répétitions par séance. Alshammari et al. (2019) abordent cette notion dans leur discussion et déclarent que 2 séries de 10 répétitions ne seraient pas suffisantes pour créer une différence statistiquement significative entre les groupes. Nous pouvons donc en déduire que les modalités de réalisation de l'intervention semblent influencer sur l'efficacité des techniques neurodynamiques. Cependant, il nous apparaît difficile de conclure à ce sujet étant donné la disparité de ces modalités. Il en est de même dans la revue systématique publiée par Heredia Macías et al. (2023), dans laquelle les modalités des séances neurodynamiques variaient entre les études et allaient de 3 à 8 séries de 5 à 20 répétitions. De plus, cela ne concerne pas uniquement les techniques neurodynamiques. Effectivement, de manière similaire, Medeiros et al. (2016) mettent en évidence qu'il n'a pas été possible de déterminer les paramètres optimaux de séances d'étirements, ceci à cause de la diversité des protocoles.

4.1.5 Effets de la fréquence de l'intervention et de la durée totale du traitement

Au vu de la grande variabilité de ces données, il nous apparaît là aussi difficile d'émettre des recommandations concernant la fréquence de l'intervention et la durée totale de traitement à effectuer. Cela rejoint une revue systématique et méta-analyse publiée en 2017 (Neto et al., 2017) étudiant les effets de la mobilisation neurale du quadrant inférieur du corps dans des populations saines et souffrant de lombalgie. En effet, les auteurs relatent qu'une grande variabilité a été observée concernant les paramètres des interventions neurodynamiques, du type de technique appliquée, du nombre de séances et de la durée de l'intervention.

4.1.6 Effets des méthodes d'évaluation du critère de jugement

Toutes les études n'ont pas utilisé la même méthode pour évaluer la flexibilité des ischio-jambiers. Effectivement, 3 études (Alshammari et al., 2019; Sharma et al., 2016; Webright et al., 1997) ont opté pour une mesure de l'angle d'extension du genou, qu'elle soit active ou passive tandis que 4 autres études (Castellote-Caballero et al., 2014; De Ridder et al., 2020; Pagare et al., 2014; Satkunskiene et al., 2020) ont choisi d'utiliser le SLR comme outil d'évaluation de la flexibilité des ischio-jambiers. De plus, Ahmed & Samhan (2016) ont opté pour les tests AKE et SLR tandis que Mhatre et al. (2013) ont utilisé, quant à eux, en plus de l'AKE, le Slump Test comme méthode d'évaluation.

La plupart de ces tests sont adaptés pour évaluer la flexibilité des ischio-jambiers. Effectivement, dans leur étude, Liu et al. (2022) et Neto et al. (2015) ont mis en évidence que les tests SLR, PKE et AKE sont des tests fiables pour évaluer la flexibilité des ischio-jambiers, car ils présentent une bonne fiabilité. Cependant, une étude publiée par Kuilart et al. (2005) relate que les tests SLR et AKE mesurent la flexibilité, mais ne font pas de différence entre l'extensibilité des tissus musculaires et neuraux et l'origine des sensations produites par les tests contrairement au Slump Test, qui, quant à lui, permet de réaliser une différenciation structurelle entre les structures musculaires et les structures neuronales. Ce test, ayant une excellente fiabilité inter-examineurs, a été utilisé comme méthode d'évaluation de la flexibilité des ischio-jambiers dans l'étude de Mhatre et al. (2013), cependant, notre objectif n'était pas d'effectuer une différenciation structurelle, mais uniquement d'évaluer la flexibilité des ischio-jambiers. Le Slump Test n'apparaît donc pas pertinent à utiliser pour évaluer la flexibilité des ischio-jambiers, ce qui pourrait expliquer la différence de résultat entre les groupes lors de l'évaluation par les 2 composantes du Slump Test dans l'étude publiée par Mhatre et al. (2013).

De plus, il existe une variabilité entre les tests AKE et SLR, ce qui pourrait avoir influencé les résultats. D'une part, selon Neto et al. (2015), même si ces 2 tests évaluent l'extensibilité des ischio-jambiers, l'un est effectué de manière active tandis que l'autre est réalisé passivement. En effet, l'AKE est un test actif effectué jusqu'au point final de la sensation du participant contrairement au SLR qui est un test passif effectué jusqu'à ce qu'une tension soit ressentie par l'évaluateur. Cependant, cela ne semble pas être le cas dans les études incluses dans notre revue puisque c'est la sensation perçue par le participant qui a permis d'évaluer la flexibilité lors de l'utilisation du SLR. D'autre part, selon Liu et al. (2022), les tests SLR et AKE ne mettraient pas en tension la même portion des ischio-jambiers. En effet, il semblerait que la partie proximale des ischio-jambiers soit davantage ciblée lors du test SLR étant donné que le mouvement consiste en une flexion de hanche avec le genou verrouillé en extension. À l'inverse, il semblerait que la partie distale des ischio-jambiers soit davantage ciblée lors de

l'AKE étant donné que la hanche reste fixe et que le mouvement s'effectue au niveau du genou. D'un point de vue clinique, cela suggère qu'il serait préférable d'utiliser les tests AKE et SLR plutôt que le Slump Test pour évaluer la flexibilité des ischio-jambiers. Le choix du test doit s'effectuer en fonction de la plainte du patient.

4.2 Intérêts et limites de la revue

4.2.1 Limites de la revue

Tout d'abord, cette revue systématique de la littérature n'a été réalisée que par une seule personne que ce soit pour l'élaboration de la stratégie de recherche, la sélection des articles, l'extraction des données ou encore l'évaluation des biais. En effet, cela constitue une limite étant donné qu'il est généralement conseillé d'être au minimum deux personnes pour réaliser ces différentes étapes. Ensuite, nous n'avons pas de critère de jugement pertinent cliniquement pour le patient puisque seule la flexibilité des ischio-jambiers a été étudiée dans cette revue. La raison principale repose sur le fait que la majorité des articles et méta-analyse (Lopez et al., 2019) sur le sujet n'ont pas évalué de critère de jugement pertinent cliniquement pour le patient et se sont limités principalement à la seule mesure de la flexibilité. Une troisième limite pourrait être que les scores PEDro n'aient pas été évalués de manière correcte. Effectivement, nous avons pu retrouver dans la littérature l'évaluation PEDro de certaines études incluses dans notre revue et ces scores différaient des nôtres. Les points de désaccord étaient principalement retrouvés pour les critères suivants : assignation secrète, mise en aveugle des participants, mesure pour plus de 85 % des participants et analyse en intention de traiter. Étant donné que nous n'avons pas retrouvé les scores PEDro de l'ensemble de nos études dans la littérature et que nous avons réalisé notre évaluation en nous basant sur les informations présentes sur le site PEDro, nous avons choisi de conserver notre évaluation initiale afin de respecter une certaine équité dans l'évaluation de la qualité méthodologique des études incluses. Pour finir, comme nous l'avons vu précédemment, nous avons retrouvé de nombreux biais à savoir des biais de sélection, de détection et d'attrition, mais également un biais de publication. En effet, même si nous avons interrogé plusieurs bases de données à savoir Pubmed, ScienceDirect, Web of science, PEDro et Cochrane Library, nous n'avons pas consulté les registres d'essais cliniques ni effectué de recherche dans la littérature grise. De plus, seules les références en anglais et en français ont été traitées.

4.2.2 Intérêts de la revue

Afin d'élaborer cette revue systématique de la littérature, nous avons suivi les recommandations PRISMA. Il s'agit d'une ligne directrice pour rédiger les revues systématiques de la littérature et les méta-analyses, fondée sur des données probantes.

De plus, nous avons fait le choix de n'inclure dans cette revue que des essais contrôlés randomisés, ce qui permet d'augmenter le niveau de preuve. En effet, selon le tableau des grades de recommandations de la Haute Autorité de Santé (Haute Autorité de Santé, 2013), les essais comparatifs randomisés sont soit de grade A (preuve scientifique établie) si la puissance est forte soit de grade B (présomption scientifique) si la puissance est faible.

Pour finir, à notre connaissance, il s'agit de la première revue de la littérature comparant les effets des techniques neurodynamiques aux étirements dans l'amélioration de la flexibilité des ischio-jambiers.

4.3 Validité externe

La validité externe peut être appréciée à l'aide de divers éléments. Premièrement, la population étudiée ne semble pas représentative de la population susceptible de souffrir d'hypo-extensibilité des ischio-jambiers. En effet, Akinpelu et al. (2005) ont mené un essai étudiant l'influence de l'âge sur la tension des ischio-jambiers chez des individus en bonne santé et relatent que l'ensemble des participants présentaient une hypo-extensibilité des ischio-jambiers quel que soit l'âge, mais que cette dernière augmentait avec l'âge. L'âge de notre population étudiée étant compris entre 20,8 et 33,9 ans, cela constitue une population relativement jeune comparativement à la population susceptible de souffrir d'hypo-extensibilité. De plus, les critères d'exclusion utilisés dans les différentes études sont trop restrictifs et excluent une population de participants susceptibles de souffrir d'une hypo-extensibilité des ischio-jambiers.

Concernant les interventions neurodynamiques effectuées, le temps de réalisation de ces techniques coïncide avec le temps nécessaire pour réaliser des étirements. De plus, ces techniques ne demandent pas de matériel spécifique, ce qui n'entraîne pas de coût supplémentaire. La plupart des interventions se sont déroulées sous la supervision du thérapeute, cependant, dans le cadre de la réalisation de séances en dehors du cabinet, les techniques neurodynamiques apparaissent plus compliquées à mettre en place que les

étirements étant donné qu'elles sont plus difficiles à intégrer, ce qui pourrait également limiter l'observance des patients en dehors de la séance.

Au sujet des méthodes d'évaluation de la flexibilité des ischio-jambiers, elles semblent difficiles à reproduire en pratique. Effectivement, même si la prise de mesure s'effectue avec un goniomètre ou un inclinomètre, elle nécessite cependant la plupart du temps la présence de 2 évaluateurs, l'un maintenant la position de mesure pendant que le 2^e effectue la prise de mesure.

Pour finir, la puissance statistique des études, permettant de mettre en évidence l'efficacité d'un traitement réellement efficace, s'avère relativement faible. En effet, le calcul de la taille d'échantillon, qui permet d'estimer le nombre minimal de participants à inclure dans l'étude pour obtenir une bonne puissance statistique, n'a été réalisé que dans les études de Castellote-Caballero et al. (2014) et Sharma et al. (2016). Les études restantes soulignent le fait que la petite taille d'échantillon constitue une des limites de leur étude. Effectivement, il est probable que le calcul de la taille d'échantillon eut permis de générer des études avec une puissance statistique plus élevée. De plus, étant donné qu'une petite taille d'échantillon entraîne une faible puissance statistique, cela augmente le risque de faux négatifs, mais également de faux positifs, c'est pourquoi ces études se révèlent être alors peu fiables.

4.4 Perspectives scientifiques et cliniques

4.4.1 Perspectives scientifiques

Premièrement, concernant la population incluse et les critères d'exclusion, il apparaît pertinent de réaliser de nouvelles études incluant des participants plus âgés, car la population étudiée dans notre revue s'avère relativement jeune (moyenne d'âge comprise entre 20,8 et 33,9 ans). Il pourrait également être intéressant de restreindre les critères d'exclusion en incluant notamment des participants souffrant d'affections ou ayant des antécédents d'affections musculosquelettiques ou neurologiques, cela permettrait que la population étudiée soit plus représentative de la population générale. Au niveau du nombre de participants, la majorité des études incluses dans notre revue soulignent une petite taille d'échantillon, il semblerait donc intéressant d'augmenter le nombre de participants à inclure afin d'augmenter la puissance statistique de l'étude et d'obtenir une meilleure représentativité des résultats.

Deuxièmement, il pourrait être pertinent de réaliser une étude comparant l'efficacité combinée des étirements et des techniques neurodynamiques à l'efficacité seule des techniques neurodynamiques et des étirements étant donné qu'il existe des preuves dans la littérature

que ces deux techniques sont efficaces séparément pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers.

Troisièmement, étant donné que les interventions effectuées dans les groupes étirements ont principalement consisté en des étirements statiques des ischio-jambiers, il serait intéressant de comparer les techniques neurodynamiques avec d'autres types d'étirements afin de voir si les résultats sont similaires.

Quatrièmement, seule l'étude de De Ridder et al. (2020) a effectué une période de suivi, cependant, il s'agissait seulement d'une période de suivi de 4 semaines. Il serait donc intéressant de réaliser de nouvelles études incluant un suivi à long terme afin de savoir si le gain de flexibilité des ischio-jambiers perdure dans le temps.

Pour finir, il nous semble important d'effectuer de nouvelles études incluant des critères de jugement pertinents cliniquement pour le patient étant donné que dans les études incluses dans notre revue, seule la flexibilité des ischio-jambiers a été évaluée. Par exemple, les futures études pourraient évaluer la douleur ressentie par le patient, sa gêne fonctionnelle ou encore ses limitations d'activités et restrictions de participation.

4.4.2 Perspectives cliniques

Nous n'avons pas réussi à conclure concernant l'efficacité supérieure ou non des techniques neurodynamiques par rapport aux étirements statiques. Cependant, nous savons que ces deux méthodes sont efficaces pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers (Lopez et al., 2019; Medeiros et al., 2016), c'est pourquoi nous suggérons qu'il pourrait être intéressant d'associer ces deux techniques en séance dans le traitement de l'hypo-extensibilité des ischio-jambiers. En effet, les participants de l'étude réalisée par Sharma et al. (2016) ont effectué dans les groupes expérimentaux des techniques neurodynamiques précédées d'étirements statiques. Cette étude, de bonne qualité méthodologique (8/10 sur l'échelle PEDro) suppose que les techniques neurodynamiques associées aux étirements statiques des ischio-jambiers seraient plus efficaces que les étirements statiques seuls pour augmenter la flexibilité des ischio-jambiers.

Concernant les recommandations que nous pouvons émettre au sujet de l'utilisation des techniques neurodynamiques, il semble tout d'abord cohérent de les réaliser avec des patients souffrant d'un déficit de flexibilité des ischio-jambiers, objectivé avec les tests SLR ou AKE. Les techniques de glissement semblent être à privilégier étant donné qu'elles apparaissent plus confortables et moins douloureuses que les techniques de mise en tension. De plus, elles

doivent cibler le nerf sciatique et être réalisées de préférence sous supervision du thérapeute afin de s'assurer dans un premier temps de leur bonne réalisation. Pour finir, en ce qui concerne les modalités de réalisation des interventions, la fréquence ainsi que la durée totale du traitement, il nous apparaît difficile de conclure à ce sujet au vu de la grande variabilité de ces données.

Toutefois, ces recommandations sont à prendre avec prudence étant donné la faible qualité méthodologique des études et les nombreux biais retrouvés.

Il existe également d'autres techniques que la neurodynamique permettant d'augmenter la flexibilité et utilisables en pratique.

Tout d'abord, une revue systématique de la littérature a permis de mettre en évidence que l'entraînement excentrique constitue une méthode efficace pour augmenter la flexibilité (O'Sullivan et al., 2012). De manière similaire, une étude publiée en 2004 (Nelson & Bandy, 2004) relate que l'entraînement excentrique s'avère tout aussi efficace que l'étirement statique pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers. Selon O'Sullivan et al. (2012), l'entraînement excentrique présente l'avantage de réaliser à la fois un renforcement et un étirement du tissu musculaire. En outre, il présenterait de nombreux bénéfices tels que d'une diminution de la douleur, du handicap et de la récurrence des blessures. Nelson & Bandy (2004), quant à eux, suggèrent que l'entraînement excentrique constitue une option plus fonctionnelle pour améliorer la flexibilité étant donné qu'il permet d'entraîner le muscle à des activités plus fonctionnelles. Les effets d'un exercice excentrique et d'une technique de mobilisation neurodynamique du nerf sciatique ont été comparés (Shah et al., 2019). Les résultats de cette étude suggèrent que ces deux méthodes sont efficaces pour augmenter l'amplitude de mouvement, mais que l'exercice excentrique des ischio-jambiers serait plus efficace que la technique neurodynamique. Il convient d'interpréter ces résultats avec prudence, car il s'agit d'une étude comparative. Toutefois, il semblerait tout de même intéressant d'utiliser l'entraînement excentrique en pratique pour améliorer la flexibilité.

Deuxièmement, afin d'améliorer la flexibilité des ischio-jambiers, l'étirement PNF semble également être une méthode efficace. Effectivement, une revue systématique et méta-analyse (Borges et al., 2018) a mis en évidence que les thérapeutes pouvaient employer les étirements statiques et les étirements PNF afin d'améliorer la flexibilité. Bien que l'utilisation de la technique PNF puisse apparaître complexe, elle semblerait permettre d'obtenir de meilleurs résultats. En effet, les auteurs ont mis en évidence le fait que cette approche pourrait donner lieu à un plus grand gain d'amplitude de mouvement et accroître davantage la tolérance à l'étirement par rapport à l'étirement statique. Les effets du glissement neurodynamique et de l'étirement PNF sur la flexibilité des ischio-jambiers ont été comparés (Kumar Singh et al.,

2017). Les résultats de cette étude supposent que l'étirement PNF serait plus efficace que le glissement neurodynamique pour augmenter la flexibilité des ischio-jambiers. En outre, les auteurs relatent que ces deux techniques semblent similaires en matière d'efficacité clinique pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers. Toutefois, ces résultats doivent être pris avec précaution, car il s'agit, là encore, d'une étude comparative. L'étirement PNF semble être une technique pertinente pour améliorer la flexibilité cependant, elle apparaît plus difficile à mettre en place de manière autonome par le patient contrairement aux techniques neurodynamiques et étirements statiques.

Par ailleurs, Alshammari et al. (2019) ont étudié une nouvelle approche visant à améliorer la flexibilité des ischio-jambiers : l'association de l'activation du muscle quadriceps aux étirements passifs des ischio-jambiers. Il semblerait que cette technique soit plus efficace que les étirements passifs seuls, elle pourrait donc être utilisée en kinésithérapie pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers. Selon les auteurs, l'efficacité de cette technique réside dans le fait qu'elle induise une inhibition réciproque. En effet, lorsque les participants activent leur quadriceps, ils augmentent l'inhibition des muscles antagonistes, à savoir les ischio-jambiers. En outre, cette technique semble être facilement applicable en pratique pour améliorer la flexibilité.

De plus, un essai clinique randomisé publié en 2019 (Gunn et al., 2019) relate que la mobilisation des tissus mous assistée par instruments peut être considérée comme une alternative efficace aux étirements statiques pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers. Selon les auteurs, cette technique se caractérise par l'utilisation d'outils en acier inoxydable permettant de libérer les adhérences dans l'optique de favoriser le remodelage du tissu conjonctif. Elle présente certains inconvénients, en particulier en ce qui concerne les contre-indications qui sont nombreuses, ainsi que dans son applicabilité étant donné qu'elle requiert la présence d'un kinésithérapeute et de matériels spécifiques pour être réalisée. En outre, elle ne peut donc pas être reproduite de manière autonome par le patient. Pour cela, elle ne semble donc pas être une technique à privilégier pour augmenter la flexibilité des ischio-jambiers.

Pour finir, il semblerait que le foam roller permette d'augmenter l'amplitude de mouvement chez des adultes en bonne santé. En effet, une revue systématique et méta-analyse (Wilke et al., 2020) relate que cette technique a permis d'induire des augmentations aigües importantes de l'amplitude de mouvement articulaire. Dans une étude prospective récente (Shaikh et al., 2023), les effets des techniques neurodynamiques et des techniques de libération auto-myofasciale (consistant en l'utilisation d'un foam roller) ont été comparés. Les conclusions suggèrent que ces 2 méthodes sont efficaces pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers, mais que les techniques neurodynamiques entraîneraient une amélioration plus importante

par rapport à la technique de libération auto-myofasciale. De plus, cette méthode, étant donné qu'elle nécessite l'achat d'un matériel spécifique, exige un investissement financier de la part du patient, c'est pourquoi cette technique ne semble pas non plus à privilégier pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers.

En résumé, nous constatons que de nombreuses techniques sont susceptibles d'améliorer la flexibilité des ischio-jambiers telles que la neurodynamique, l'entraînement excentrique, les étirements (statiques et PNF principalement), les étirements passifs associés à l'activation du muscle quadriceps, ainsi que la mobilisation des tissus mous assistée par instruments et les techniques de libération auto-myofasciale. Cependant, certaines de ces techniques comme la mobilisation des tissus mous assistée par instruments et les techniques de libération auto-myofasciale ne semblent pas à privilégier en pratique contrairement aux autres interventions étant donné qu'elles nécessitent soit la présence d'un praticien pour être réalisée soit la présence de matériel spécifique. De futures recherches sont nécessaires afin de déterminer quelles sont les techniques les plus efficaces pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers.

5. Conclusion

Cette revue systématique de la littérature avait pour objectif de savoir si les techniques neurodynamiques étaient plus efficaces que les étirements pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers chez des individus en bonne santé. Notre hypothèse de départ supposait que les techniques neurodynamiques étaient plus efficaces que les étirements pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers chez des individus en bonne santé.

Les résultats de notre revue ne nous permettent pas d'affirmer si les techniques neurodynamiques sont plus efficaces que les étirements pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers chez des individus en bonne santé étant donné la discordance des résultats, la faible qualité méthodologique des études incluses ainsi que la présence de nombreux biais. Les recommandations que nous avons émises sont donc à prendre avec prudence.

De futures recherches incluant des études de meilleures qualités méthodologiques et intégrant des critères de jugement pertinents cliniquement pour le patient sont nécessaires afin de savoir si les techniques neurodynamiques ont une efficacité supérieure aux étirements et s'il pourrait être pertinent d'associer ces deux techniques pour améliorer la flexibilité des ischio-jambiers.

Références bibliographiques

- Adnan, M., Arsh, A., Ali, B., & Ahmad, S. (2022). Effectiveness of bent leg raise technique and neurodynamics in patients with radiating low back pain. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 38(1), 47-51. <https://doi.org/10.12669/pjms.38.1.4010>
- Ahmed, A., & Samhan, A. (2016). Short Term Effects of Neurodynamic Stretching and Static Stretching Techniques on Hamstring Muscle Flexibility in Healthy Male Subjects. *INTERNATIONAL JOURNAL OF MEDICAL RESEARCH & HEALTH SCIENCES*, 5(5), 36-41.
- Akinpelu, A. O., Bakare, U., & Adegoke, B. O. A. (2005). Influence of age on hamstring tightness in apparently healthy Nigerians. *Journal of the Nigeria Society of Physiotherapy*, 15(2), 35-42.
- Alahmari, K. A., Silvian, P., Ahmad, I., Reddy, R. S., Tedla, J. S., Kakaraparathi, V. N., & Rengaramanujam, K. (2020). Effectiveness of Low-Frequency Stimulation in Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Techniques for Post Ankle Sprain Balance and Proprioception in Adults : A Randomized Controlled Trial. *BioMed Research International*, 9012930. <https://doi.org/10.1155/2020/9012930>
- Alizadeh, S., Daneshjoo, A., Zahiri, A., Anvar, S. H., Goudini, R., Hicks, J. P., Konrad, A., & Behm, D. G. (2023). Resistance Training Induces Improvements in Range of Motion : A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 53(3), 707-722. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01804-x>
- Alshammari, F., Alzoghbieh, E., Abu Kabar, M., & Hawamdeh, M. (2019). A novel approach to improve hamstring flexibility : A single-blinded randomised clinical trial. *South African Journal of Physiotherapy*, 75(1), 465. <https://doi.org/10.4102/sajp.v75i1.465>
- Anatomie 3D Lyon (Réalisateur). (2012, février 29). *Les muscles de la cuisse : Les 3 loges* [Vidéo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=G9le0Frz8e8>
- Aquino, C. F., Fonseca, S. T., Gonçalves, G. G. P., Silva, P. L. P., Ocarino, J. M., & Mancini, M. C. (2010). Stretching versus strength training in lengthened position in subjects with tight

hamstring muscles : A randomized controlled trial. *Manual Therapy*, 15(1), 26-31.

<https://doi.org/10.1016/j.math.2009.05.006>

Borges, M. O., Medeiros, D. M., Minotto, B. B., & Lima, C. S. (2018). Comparison between static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation on hamstring flexibility : Systematic review and meta-analysis. *European Journal of Physiotherapy*, 20(1), 12-19.

<https://doi.org/10.1080/21679169.2017.1347708>

Brosseau, L., Laroche, C., Sutton, A., Guitard, P., King, J., Poitras, S., Casimiro, L., Tremblay, M., Cardinal, D., Cavallo, S., Laferrière, L., Grisé, I., Marshall, L., Smith, J. R., Lagacé, J., Pharand, D., Galipeau, R., Toupin-April, K., Loew, L., ... Vaillancourt, V. (2015). Une version franco-canadienne de la Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale : L'Échelle PEDro. *Physiotherapy Canada*, 67(3), 232-239. <https://doi.org/10.3138/ptc.2014-37F>

Castellote-Caballero, Y., Valenza, M. C., Puentedura, E. J., Fernández-de-las-Peñas, C., & Alburquerque-Sendín, F. (2014). Immediate Effects of Neurodynamic Sliding versus Muscle Stretching on Hamstring Flexibility in Subjects with Short Hamstring Syndrome. *Journal of Sports Medicine*, 2014, 127471. <https://doi.org/10.1155/2014/127471>

Coppieters, M. W., & Butler, D. S. (2008). Do 'sliders' slide and 'tensioners' tension? An analysis of neurodynamic techniques and considerations regarding their application. *Manual Therapy*, 13(3), 213-221. <https://doi.org/10.1016/j.math.2006.12.008>

De Ridder, R., De Blaiser, C., Verrelst, R., De Saer, R., Desmet, A., & Schuermans, J. (2020). Neurodynamic sliders promote flexibility in tight hamstring syndrome. *European journal of sport science*, 20(7), 973-980. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1675770>

Drake, R. L., Wayne Vogl, A., & Mitchell, A. W. (2015). *Gray's Anatomie pour les étudiants* (3ème édition). Elsevier Masson.

Dufour, M. (2023). *ANATOMIE DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR TOME 1- MEMBRE INFERIEUR* (4ème). Elsevier Masson.

Ellis, R., Carta, G., Andrade, R. J., & Coppieters, M. W. (2022). Neurodynamics : Is tension contentious? *The Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 30(1), 3-12. <https://doi.org/10.1080/10669817.2021.2001736>

- Freitas, S. R., Mendes, B., Le Sant, G., Andrade, R. J., Nordez, A., & Milanovic, Z. (2018). Can chronic stretching change the muscle-tendon mechanical properties? A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(3), 794-806. <https://doi.org/10.1111/sms.12957>
- Gedda, M. (2015). Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinésithérapie, la Revue*, 15(157), 39-44. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2014.11.004>
- Geoffroy, C. (2015). Méthodes et positions d'étirements : Logique, précision et individualisation pour plus d'efficacité. *Kinésithérapie, la Revue*, 15(164), 41-52. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2015.07.002>
- Gunn, L. J., Stewart, J. C., Morgan, B., Metts, S. T., Magnuson, J. M., Iglowski, N. J., Fritz, S. L., & Arnot, C. (2019). Instrument-assisted soft tissue mobilization and proprioceptive neuromuscular facilitation techniques improve hamstring flexibility better than static stretching alone : A randomized clinical trial. *The Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 27(1), 15-23. <https://doi.org/10.1080/10669817.2018.1475693>
- Halbertsma, J. P. K., & Göeken, L. N. H. (1994). Stretching exercises : Effect on passive extensibility and stiffness in short hamstrings of healthy subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 75(9), 976-981. [https://doi.org/10.1016/0003-9993\(94\)90675-0](https://doi.org/10.1016/0003-9993(94)90675-0)
- Haute Autorité de Santé. (2013). *Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonnes pratiques—Etat des lieux*. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf
- Heredia Macías, C., Paredes Hernández, V., & Fernández Seguí, L. M. (2023). A systematic review of the efficacy of neural mobilisation in sport : A tool for the neural tension assessment. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2023.04.034>
- Kamina, P. (2008). *ANATOMIE CLINIQUE TOME 5—NEUROANATOMIE*. Maloine.
- Kamina, P. (2009). *ANATOMIE CLINIQUE TOME 1—ANATOMIE GENERALE - MEMBRES* (4ème). Maloine.

- Karthick, K. G., Lakshmi, R. D., & Ponmathi, P. (2019). Effectiveness of Neurodynamic Sciatic Nerve Tensioners Vs Sliders in Short Hamstring Syndrome. *Indian Journal of Physiotherapy & Occupational Therapy*, 13(1), 110. <https://doi.org/10.5958/0973-5674.2019.00022.4>
- Krivickas, L. S., & Feinberg, J. H. (1996). Lower extremity injuries in college athletes : Relation between ligamentous laxity and lower extremity muscle tightness. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77(11), 1139-1143. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(96\)90137-9](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(96)90137-9)
- Kuilart, K. E., Woollam, M., Barling, E., & Lucas, N. (2005). The active knee extension test and Slump test in subjects with perceived hamstring tightness. *International Journal of Osteopathic Medicine*, 8(3), 89-97. <https://doi.org/10.1016/j.ijosm.2005.07.004>
- Kumar Singh, A., Nagaraj, S., Man Palikhe, R., & Neupane, B. (2017). Neurodynamic sliding versus PNF stretching on hamstring flexibility in collegiate students : A comparative study. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 4(1), 29-33.
- Kuszewski, M. T., Gnat, R., & Gogola, A. (2018). The impact of core muscles training on the range of anterior pelvic tilt in subjects with increased stiffness of the hamstrings. *Human Movement Science*, 57, 32-39. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.11.003>
- Liu, H., Shen, Y., Xiong, Y., Zhou, H., Mao, Y., Shen, Q., Hong, W., Liu, M., Liu, Y., Qiu, L., Zhang, Z., & Jia, Y. (2022). Psychometric Properties of Four Common Clinical Tests for Assessing Hamstring Flexibility in Young Adults. *Frontiers in Physiology*, 13, 911240. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.911240>
- Liyanage, E., Jayasinghe, H. C. B., & Samarakoon, S. M. C. S. (2022). Immediate effects of static stretching and post isometric relaxation on hamstring flexibility among sedentary young adults : A pilot study. *International Journal Of Community Medicine And Public Health*, 9(7), 2854-2858. <https://doi.org/10.18203/2394-6040.ijcmph20221748>
- López López, L., Torres, J. R., Rubio, A. O., Torres Sánchez, I., Cabrera Martos, I., & Valenza, M. C. (2019). Effects of neurodynamic treatment on hamstrings flexibility : A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of*

Chartered Physiotherapists in Sports Medicine, 40, 244-250.

<https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.10.005>

Maquaire, P. (2007). La place des étirements dans l'échauffement en EPS. Ambivalence et controverses dans une approche préventive des blessures. *Staps*, 76(2), 31-49.

<https://doi.org/10.3917/sta.076.0031>

Martins, C., Pereira, R., Fernandes, I., Martins, J., Lopes, T., Ramos, L., Pacheco, J., & Silva, A. G. (2019). Neural gliding and neural tensioning differently impact flexibility, heat and pressure pain thresholds in asymptomatic subjects : A randomized, parallel and double-blind study. *Physical Therapy in Sport*, 36, 101-109. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.01.008>

Mateo, S. (2020). Procédure pour conduire avec succès une revue de littérature selon la méthode PRISMA. *Kinésithérapie, la Revue*, 20(226), 29-37.

<https://doi.org/10.1016/j.kine.2020.05.019>

McHugh, M. P., Johnson, C. D., & Morrison, R. H. (2012). The role of neural tension in hamstring flexibility. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22(2), 164-169.

<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01180.x>

Medeiros, D. M., Cini, A., Sbruzzi, G., & Lima, C. S. (2016). Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults : Systematic review and meta-analysis.

Physiotherapy Theory and Practice, 32(6), 438-445.

<https://doi.org/10.1080/09593985.2016.1204401>

Mhatre, B. S., Singh, Y. L., Tembhekar, J. Y., & Mehta, A. (2013). Which is the better method to improve "perceived hamstrings tightness" – Exercises targeting neural tissue mobility or exercises targeting hamstrings muscle extensibility? *International Journal of Osteopathic Medicine*, 16(3), 153-162. <https://doi.org/10.1016/j.ijosm.2013.06.002>

Nelson, R. T., & Bandy, W. D. (2004). Eccentric Training and Static Stretching Improve Hamstring Flexibility of High School Males. *Journal of Athletic Training*, 39(3), 254-258.

Neto, T., Freitas, S. R., Marques, M., Gomes, L., Andrade, R., & Oliveira, R. (2017). Effects of lower body quadrant neural mobilization in healthy and low back pain populations : A

systematic review and meta-analysis. *Musculoskeletal Science & Practice*, 27, 14-22.

<https://doi.org/10.1016/j.msksp.2016.11.014>

Neto, T., Jacobsohn, L., Carita, A. I., & Oliveira, R. (2015). Reliability of the Active-Knee-Extension and Straight-Leg-Raise Tests in Subjects With Flexibility Deficits. *Journal of Sport Rehabilitation*, 24(4), 2014-0220. <https://doi.org/10.1123/jsr.2014-0220>

Nordez, A., Gross, R., Andrade, R., Le Sant, G., Freitas, S., Ellis, R., McNair, P. J., & Hug, F. (2017). Non-Muscular Structures Can Limit the Maximal Joint Range of Motion during Stretching. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(10), 1925-1929. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0703-5>

Okezue, O., Nwafor, G., Ezeukwu, A. O., John, J., & Uchenwoke, C. (2019). Adherence to Home Exercise Programmes and its Associated Factors among Patients Receiving Physiotherapy. *Clinical Health Promotion - Research and Best Practice for patients, staff and community*, 9(1). <https://doi.org/10.29102/clinhp.19003>

O'Sullivan, K., McAuliffe, S., & Deburca, N. (2012). The effects of eccentric training on lower limb flexibility : A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 46(12), 838-845. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090835>

Pagare, V., Ganacharya, P., Sareen, A., & Palekar, T. (2014). Effect of neurodynamic sliding technique versus static stretching on hamstring flexibility in football players with short hamstring syndrome. *Journal of musculoskeletal research*, 17(2). <https://doi.org/10.1142/S0218957714500092>

Park, S., & Lim, W. (2020). Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching at low-intensities with standing toe touch on developing and maintaining hamstring flexibility. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 24(4), 561-567. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.08.003>

Rigoard, P. (2016). *ATLAS D'ANATOMIE DES MEMBRES - Nerfs périphériques*. Elsevier Masson.

- Rigoard, P., Buffenoir, K., Wager, M., Bauche, S., Giot, J.-P., Robert, R., & Lapierre, F. (2009). Organisation anatomique et physiologique du nerf périphérique. *Neurochirurgie*, 55, S3-S12.
<https://doi.org/10.1016/j.neuchi.2008.03.009>
- Satkunskiene, D., Khair, R., Muanjai, P., Mickevicius, M., & Kamandulis, S. (2020). Immediate effects of neurodynamic nerve gliding versus static stretching on hamstring neuromechanical properties. *European journal of applied physiology*, 120(9), 2127-2135.
<https://doi.org/10.1007/s00421-020-04422-5>
- Shacklock, M. (2012). Le concept neurodynamique Partie I : Origines et principes de base. *Kinésithérapie, la Revue*, 12(122), 17-21. [https://doi.org/10.1016/S1779-0123\(12\)75270-1](https://doi.org/10.1016/S1779-0123(12)75270-1)
- Shah, C., Amin, H., & Siyani, M. (2019). Effect of Nordic eccentric hamstring stretching exercise and sciatic nerve slider technique of neural mobilization in college students : A Comparative study. *International Journal of Yogic, Human Movement and Sports Sciences*, 4(1), 554-559.
- Shaikh, A. A., Quraishi, M. F., Chitapure, T., Joshi, P. A., Shaikh, S. A., Nandgaonkar, N., & Sable, K. (2023). A Comparison of the Effectiveness of Neurodynamic Sliding Technique and Self-Myofascial Release Technique for Reducing Hamstring Tightness in Healthy Individuals : A Prospective Study. *Cureus*, 15(6), e40613.
<https://doi.org/10.7759/cureus.40613>
- Sharma, S., Balthillaya, G., Rao, R., & Mani, R. (2016). Short term effectiveness of neural sliders and neural tensioners as an adjunct to static stretching of hamstrings on knee extension angle in healthy individuals : A randomized controlled trial. *Physical therapy in sport*, 17, 30-37. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2015.03.003>
- Tehnicii, E., & Ischiogambierilor, F. (2014). EFFECTS OF MULLIGAN'S TWO LEG ROTATION TECHNIQUE IN HAMSTRING FLEXIBILITY: PRE-POST EXPERIMENTAL STUDY. *ROMANIAN JOURNAL OF PHYSICAL THERAPY*, 20(34), 28-33.
- Webright, W., Randolph, B., & Perrin, D. (1997). Comparison of nonballistic active knee extension in neural slump position and static stretch techniques on hamstring flexibility. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 26(1), 7-13.
<https://doi.org/10.2519/jospt.1997.26.1.7>

- Weppler, C. H., & Magnusson, S. P. (2010). Increasing Muscle Extensibility : A Matter of Increasing Length or Modifying Sensation? *Physical Therapy*, 90(3), 438-449.
<https://doi.org/10.2522/ptj.20090012>
- Wilke, J., Müller, A.-L., Giesche, F., Power, G., Ahmedi, H., & Behm, D. G. (2020). Acute Effects of Foam Rolling on Range of Motion in Healthy Adults : A Systematic Review with Multilevel Meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(2), 387-402.
<https://doi.org/10.1007/s40279-019-01205-7>
- Youdas, J. W., Krause, D. A., Hollman, J. H., Harmsen, W. S., & Laskowski, E. (2005). The influence of gender and age on hamstring muscle length in healthy adults. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 35(4), 246-252.
<https://doi.org/10.2519/jospt.2005.35.4.246>
- Yu, S., Lin, L., Liang, H., Lin, M., Deng, W., Zhan, X., Fu, X., & Liu, C. (2022). Gender difference in effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on flexibility and stiffness of hamstring muscle. *Frontiers in Physiology*, 13, 918176.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2022.918176>

Annexes

Table des annexes

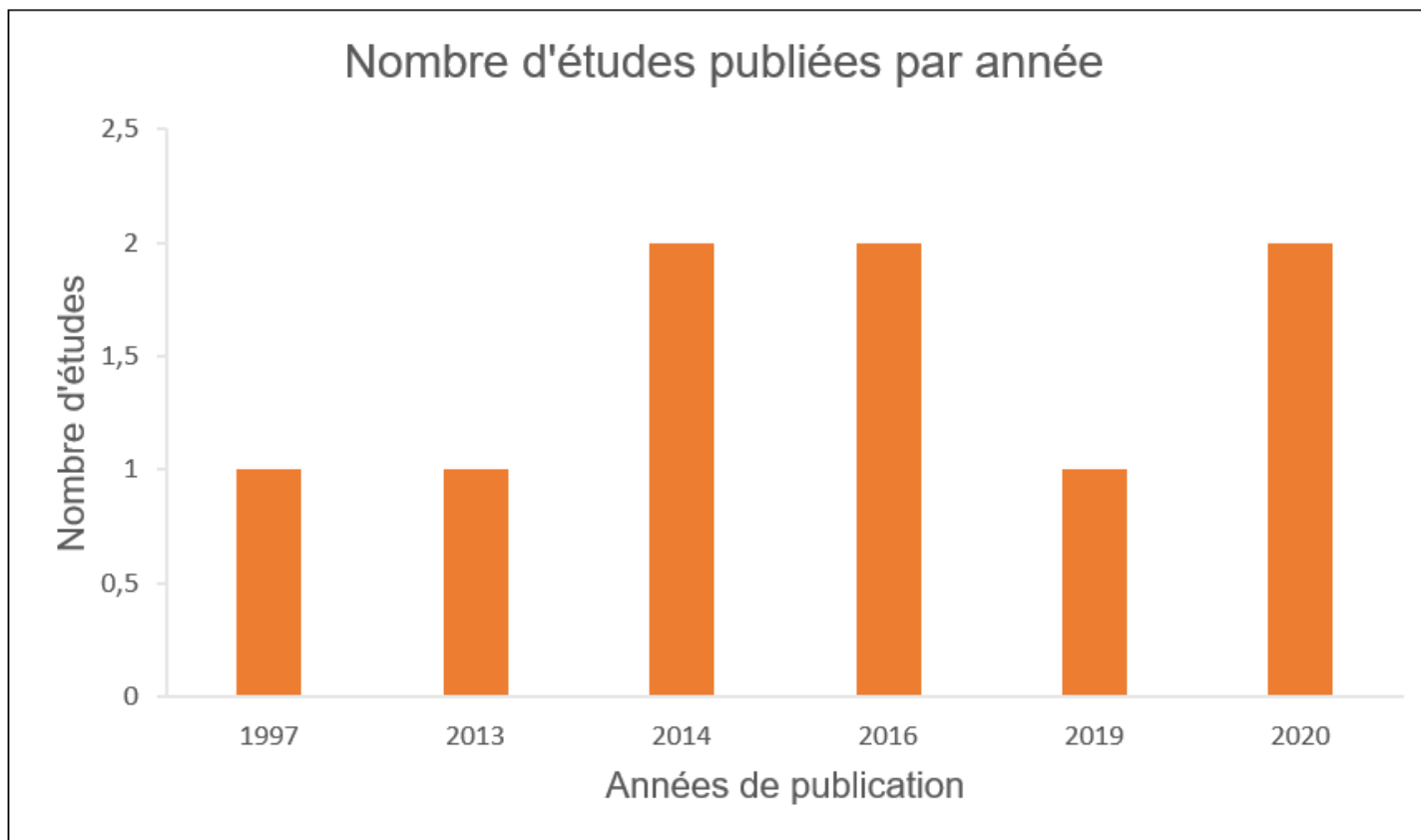
Annexe I : Version française de l'échelle PEDro	1
Annexe II : Graphique illustrant le nombre d'études publiées par année	3
Annexe III : Tableau récapitulant l'ensemble des caractéristiques des interventions réalisées dans les études	5
Annexe IV : Tableau récapitulant les résultats des études concernant la flexibilité des ischio- jambiers	12
Annexe V : Tableau récapitulant les valeurs de p value entre les groupes	14
Annexe VI : Tableau répertorient les scores PEDro des études incluses dans la revue.....	16

Annexe I : Version française de l'échelle PEDro

Échelle PEDro – Français

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

Annexe II : Graphique illustrant le nombre d'études publiées par année



Annexe III : Tableau récapitulant l'ensemble des caractéristiques des interventions réalisées dans les études

Etudes	Groupes	Type de technique neurodynamique/ étirement	Caractéristiques des techniques réalisées	Modalités des interventions	Durée de la séance	Fréquence de l'intervention	Durée totale de l'étude	Période de suivi ?
Ahmed & Samhan, 2016	GN	Sliders du nerf sciatique	<u>Positionnement des participants</u> : décubitus dorsal, avec cou et colonne thoracique fléchit vers l'avant. <u>Intervention</u> : alternance de flexion de hanche et de genou simultanés avec extension de hanche et de genou simultanés.	<u>Temps de réalisation des mouvements</u> : 180s <u>Nombre de répétitions</u> : 0 <u>Nombre de séries</u> : 0	180s	Une séance par jour	5 jours	Non
	GE	Etirements statiques des IJs	<u>Positionnement des participants</u> : décubitus dorsal. <u>Intervention</u> : le membre inférieur est positionné en position SLR (flexion de hanche, extension de genou et cheville en position neutre) au point où une résistance au mouvement apparaît.	<u>Temps de maintien de la position</u> : 30s <u>Nombre de répétitions</u> : 6 <u>Nombre de séries</u> : 1	180s			
Alshammari et al., 2019	GN	Etirements passifs (1) puis techniques de glissement neurodynamiques du nerf tibial (2)	(1) : <u>Positionnement des participants</u> : décubitus dorsal avec la hanche positionnée à 90° de flexion <u>Intervention</u> : une extension passive du genou a été effectuée par le thérapeute et appliquée jusqu'à ce que le patient atteigne le niveau maximum d'étirement tolérable (2) : <u>Positionnement des participants</u> : décubitus dorsal avec la hanche en flexion et le genou en extension <u>Intervention</u> : une dorsiflexion répétitive de la cheville a été réalisée avec éversion en synchronisation avec la flexion/extension du genou	<u>Temps de maintien de la position</u> : / <u>Nombre de répétitions</u> : 10 <u>Nombre de séries</u> : 2	NS	NS	NS	Non
	GE	Etirements passifs des ischio-jambiers (1)	(1) : <u>Positionnement des participants</u> : identique au premier groupe <u>Intervention</u> : la technique d'étirement est identique à celle réalisée dans le premier groupe	<u>Temps de maintien de la position</u> : 30s <u>Nombre de répétitions</u> : 3 <u>Nombre de séries</u> : 1				

Etudes	Groupes	Type de technique neurodynamique/ étirement	Caractéristiques des techniques réalisées	Modalités des interventions	Durée de la séance	Fréquence de l'intervention	Durée totale de l'étude	Période de suivi ?
Castellote-Caballero et al., 2014	GN	Sliders du nerf sciatique	<u>Positionnement des participants</u> : décubitus dorsal avec cou et colonne thoracique en position fléchie vers l'avant. <u>Intervention</u> : alternance de mouvement simultané de flexion de hanche et de genou avec extension simultanée de hanche et de genou.	<u>Temps de réalisation des mouvements</u> : 180s <u>Nombre de répétitions</u> : 0 <u>Nombre de séries</u> : 0	180s	NS	NS	Non
	GE	Etirements statiques des IJs	<u>Positionnement des participants</u> : décubitus dorsal <u>Intervention</u> : le thérapeute positionne passivement le membre en position SLR (flexion de hanche, extension de genou et cheville en position neutre) jusqu'à ce que le patient ressente une résistance.	<u>Temps de maintien de la position</u> : 30s <u>Nombre de répétitions</u> : 6 <u>Nombre de séries</u> : 1	180s			
	GC	Mobilisations passives des articulations intrinsèques du pied	<u>Positionnement des participants</u> : décubitus dorsal. <u>Intervention</u> : mobilisations passives aléatoires dans articulations intrinsèques du pied (supination, pronation, abduction, adduction, flexion et extension).	<u>Temps de réalisation des mouvements</u> : 180s <u>Nombre de répétitions</u> : 0 <u>Nombre de séries</u> : 0	180s			
De Ridder et al., 2020	GN	Technique de glissement neurodynamique « Seated Straight Leg Slider »	<u>Positionnement des participants</u> : assis avec flexion thoracique et lombaire. <u>Intervention</u> : alternance de mouvement d'extension de genou/dorsiflexion de cheville/extension cervicale et de mouvement de flexion de genou/flexion plantaire de cheville/flexion cervicale. <u>Remarque</u> : les exercices ont été réalisés à domicile	<u>Temps de réalisation des mouvements</u> : NS <u>Nombre de répétitions</u> : 20 <u>Nombre de séries</u> : 3	NS	Une séance par jour	6 semaines	Période de suivi de 4 semaines
	GE	Etirements statiques des IJs	<u>Positionnement des participants</u> : debout, avec le talon de la jambe dominante prenant appui sur une chaise. <u>Intervention</u> : les participants devaient amener leur bassin en antéversion, induisant simultanément une inclinaison du tronc vers l'avant jusqu'à ce qu'ils sentent une sensation d'étirement des IJs. <u>Remarque</u> : les exercices ont été réalisés à domicile	<u>Temps de maintien de la position</u> : 30s <u>Nombre de répétitions</u> : 3 <u>Nombre de séries</u> : 1 Période de repos entre les répétitions non-spécifiée	NS			

Etudes	Groupes	Type de technique neurodynamique/ étirement	Caractéristiques des techniques réalisées	Modalités des interventions	Durée de la séance	Fréquence de l'intervention	Durée totale de l'étude	Période de suivi ?
Mhatre et al., 2013	GN	Technique Bent Leg Raise de Mulligan (1) suivie de la technique Two Leg Rotation (2)	(1) : <u>Positionnement des participants</u> : décubitus dorsal. <u>Intervention</u> : le genou gauche fléchi a été placé sur l'épaule du thérapeute puis il demande au participant d'appuyer sa jambe sur son épaule et de se détendre. A ce stade, le thérapeute tient le genou plié aussi loin que possible en direction de l'épaule gauche. (2) : <u>Positionnement des participants</u> : décubitus dorsal. <u>Intervention</u> : le participant tient la table avec ses mains et fléchi ses deux jambes de sorte que les pieds soient hors de la table. Les épaules restent sur la table et les jambes tournent lentement vers la droite, cette position est maintenue pendant 30s avant de revenir à la position décubitus dorsal.	<u>Temps de maintien de la position</u> : 30s <u>Nombre de répétitions</u> : 3 <u>Nombre de séries</u> : 1 Période de repos de 30 s entre chaque répétition	NS	NS	NS	Non
	GE	Deux techniques d'étirements passifs des IJs	(1) : <u>Positionnement des participants</u> : décubitus dorsal. <u>Intervention</u> : le thérapeute saisi la jambe à la cheville tout en maintenant une extension complète de genou. La hanche a été fléchie au point d'une légère tension dans les IJs. La hanche et le genou opposés étaient stabilisés en extension. (2) : <u>Positionnement des participants</u> : décubitus dorsal. <u>Intervention</u> : la jambe est maintenue en flexion de hanche et extension de genou jusqu'au point de légère tension des IJs avec le pied contre un mur.	<u>Temps de maintien de la position</u> : 30s <u>Nombre de répétitions</u> : 3 <u>Nombre de séries</u> : 1	NS			

Etudes	Groupes	Type de technique neurodynamique/ étirement	Caractéristiques des techniques réalisées	Modalités des interventions	Durée de la séance	Fréquence de l'intervention	Durée totale de l'étude	Période de suivi ?
Pagare et al., 2014	GN	Technique de glissement neurodynamique « Seated Straight Leg Sliders »	<u>Positionnement des participants</u> : assis avec flexion thoracique et lombaire (position affaissée) avec les mains dans le dos <u>Intervention</u> : tout en maintenant la posture de départ, alternance de mouvement d'extension cervicale, d'extension de genou et flexion dorsale de cheville et de flexion cervicale, flexion de genou et flexion plantaire de cheville.	<u>Temps de réalisation des mouvements</u> : 60s <u>Nombre de répétitions</u> : 5 <u>Nombre de séries</u> : 1 Période de repos de 15s entre les répétitions.	NS	3 sessions effectuées sur 3 jours différents sur une période d'une semaine	Une semaine	Non
	GE	Technique d'étirement statique « modified hurdler's position »	<u>Positionnement des participants</u> : assis avec la jambe dominante tendue (extension genou) et la jambe non-dominante fléchie (flexion de genou). <u>Intervention</u> : dans cette position, les participants devaient effectués une flexion vers l'avant à partir des hanches en maintenant la colonne vertébrale dans une position neutre. Les sujets ont fléchi activement la hanche jusqu'à ce que les IJs soient étiré avec une douleur légère et tolérable.	<u>Temps de maintien de la position</u> : 30s <u>Nombre de répétitions</u> : NS <u>Nombre de séries</u> : NS	NS			
Satkunskiene et al., 2020	GN	Technique de glissement neurodynamique	<u>Positionnement des participants</u> : décubitus dorsal avec une flexion de hanche d'environ 70° et extension de genou maintenue par le thérapeute ainsi qu'une légère flexion cervicale et thoraco-lombaire effectués grâce à un coussin. De plus, le thérapeute positionne une de ses mains au niveau du pied afin d'induire un mouvement de flexion plantaire ou dorsale de cheville. <u>Intervention</u> : Le participant réalise une flexion du rachis cervical, dans le même temps, le thérapeute induit une flexion plantaire de la cheville. Ensuite, le participant effectue une extension cervicale, dans le même temps, le thérapeute induit une flexion dorsale de cheville.	<u>Temps de réalisation des mouvements</u> : 30s <u>Nombre de répétitions</u> : NS <u>Nombre de séries</u> : 6 Période de repos de 60s entre les séries	NS	NS	NS	Non
	GE	Etirement statique	<u>Positionnement des participants</u> : décubitus dorsal, hanche à 90° de flexion et position neutre de cheville. <u>Intervention</u> : l'examineur amène le genou en extension jusqu'à la capacité maximale tolérable d'étirement des IJs.	<u>Temps de maintien de la position</u> : 30s <u>Nombre de répétitions</u> : NS <u>Nombre de séries</u> : 6 Période de repos de 60s entre les séries				

Etudes	Groupes	Type de technique neurodynamique/ étirement	Caractéristiques des techniques réalisées	Modalités des interventions	Durée de la séance	Fréquence de l'intervention	Durée totale de l'étude	Période de suivi ?
Sharma et al., 2016	GN1	Etirements statiques (1) puis curseurs neurodynamiques = glissements neurodynamiques (2)	(1) : <u>Positionnement des participants</u> : décubitus dorsal avec une flexion de 90° de hanche et de genou ainsi qu'une flexion plantaire de cheville. <u>Intervention</u> : le genou a été lentement étendu par le thérapeute jusqu'à ce qu'il ressente la résistance maximale (2) : <u>Positionnement des participants</u> : assis en position haute avec les mains placées dans le dos. <u>Intervention</u> : la colonne cervicale est étendue par l'investigateur au moment où le sujet étend activement les deux genoux en maintenant une dorsiflexion maximale des pieds. Ensuite, la colonne cervicale est fléchie passivement en maintenant la flexion thoraco-lombaire lorsque le patient fléchit les deux genoux.	Etirement statique (1) : <u>Temps de maintien de la position</u> : 30s <u>Nombre de répétitions</u> : 1 <u>Nombre de séries</u> : 1 Techniques neurodynamiques (2) : <u>Temps de maintien de la position</u> : 1s <u>Nombre de répétitions</u> : 10 répétitions (1^{ère} série), 15 répétitions (2^{ème} série), 20 répétitions (3^{ème} série) <u>Nombre de séries</u> : 3	NS	3 sessions pendant une semaine : jour 1, jour 4 et jour 7	L'intervention a duré une semaine	Non
	GN2	Etirements statiques (1) puis tendeurs neurodynamiques = techniques de mise en tension (2)	(1) : <u>Positionnement des participants</u> : identique au premier groupe. <u>Intervention</u> : la technique d'étirement est identique à celle réalisée dans le premier groupe. (2) : <u>Positionnement des participants</u> : assis avec les mains dans le dos. <u>Intervention</u> : l'investigateur fléchit passivement la colonne cervicale et réalise une extension simultanée passive du genou du côté de l'intervention avec le pied maintenu en position neutre par rapport à la dorsiflexion. Le rachis cervical est ensuite étendu passivement en réalisant simultanément une flexion passive du genou.					
	GE	Etirements statiques seulement	<u>Positionnement des participants</u> : identique au premier groupe. <u>Intervention</u> : la technique d'étirement est identique à celle réalisée dans le premier groupe.					

Etudes	Groupes	Type de technique neurodynamique/ étirement	Caractéristiques des techniques réalisées	Modalités des interventions	Durée de la séance	Fréquence de l'intervention	Durée totale de l'étude	Période de suivi ?
Webright et al., 1997	GN	Etirements actifs non balistique	<u>Positionnement des participants</u> : assis sur une table avec les pieds ne touchant pas le sol, en position d'affaissement (produisant une flexion cervicale et thoraco-lombaire complète). De plus, les mains du participant étaient placées au niveau de la face postérieure de sa tête. Son pied droit était en dorsiflexion maximale. <u>Intervention</u> : le genou a été étendu jusqu'à la fin de l'amplitude disponible en maintenant la dorsiflexion de cheville puis le participant a baissé la jambe et relâché le pied en flexion plantaire. <u>Remarque</u> : les interventions n'ont pas été supervisé	<u>Temps de maintien de la position</u> : 1s <u>Nombre de répétitions</u> : 30 <u>Nombre de séries</u> : 1	30s	2 fois par jour	L'intervention a duré 6 semaines	Non
	GE	Etirements statiques	<u>Positionnement des participants</u> : assis au sol, dans la position d'Hurdler modifiée c'est-à-dire avec la jambe dominante (côté concerné par l'étirement) tendue (extension genou) et la jambe non-dominante fléchie (flexion de genou). <u>Intervention</u> : les participants se sont penchés en avant à partir des hanches en essayant de garder la colonne vertébrale en position neutre. Ils ont donc fléchi la hanche du côté concerné par l'étirement jusqu'à ressentir une sensation d'étirement dans la partie postérieure de la cuisse, du genou et/ou du mollet. <u>Remarque</u> : les interventions n'ont pas été supervisé	<u>Temps de maintien de la position</u> : 30s <u>Nombre de répétitions</u> : 1 <u>Nombre de séries</u> : 1	30s			
	GC	Groupe témoin/contrôle	Pas d'intervention particulière dans le groupe contrôle. Les sujets du groupe contrôle ont été invités à maintenir leur rythme normal d'activité physique pendant la durée de l'étude. <u>Remarque</u> : les interventions n'ont pas été supervisé	<u>Temps de maintien de la position</u> : NS <u>Nombre de répétitions</u> : NS <u>Nombre de séries</u> : NS	NS			

Annexe IV : Tableau récapitulant les résultats des études concernant la flexibilité des ischio-jambiers

Etudes	Outils d'évaluation	Groupe neurodynamique								Groupe étirements								Groupe contrôle			
		Valeur avant traitement		Valeur après traitement		Différence		P value		Valeur avant traitement		Valeur après traitement		Différence		P value		Valeur avant traitement	Valeur après traitement	Différence	P value
Ahmed & Samhan, 2016	AKE (°)	143,49 ± 5,95		158,6 ± 4,66		NS		p = 0,001		142,84 ± 6,23		152,3 ± 4,74		NS		p = 0,02		Non-applicable			
	SLR actif (°)	57,11 ± 3,47		69,21		NS		p = 0,001		56,92 ± 2,75		65,31		NS		p = 0,02					
Alshammari et al., 2019	AKE (°)	36,0 ± 9,5		26,7 ± 10,9		9,3 ± 6,2		p < 0,001		36,6 ± 9,5		30,5 ± 10,8		6,2 ± 6,4		p < 0,001		Non-applicable			
Castellote-Caballero et al., 2014	SLR passif (°)	59,8 ± 4,70		69,7 ± 3,69		9,86 ± 2,51		p < 0,001		59,9 ± 6,99		65,5 ± 7,97		5,50 ± 1,62		p < 0,001		59,4 ± 5,68	59,4 ± 5,45	0,03 ± 0,62	p = 0,800
De Ridder et al., 2020	SLR passif (°)	57,5 ± 7,57		Post TTT	4 mois	Post TTT	4 mois	Post TTT	4 mois	57,6 ± 4,98		Post TTT	4 mois	Post TTT	4 mois	Post TTT	4 mois	Non-applicable			
				70,1 ± 6,22	66,6 ± 6,18	12,6	9,1	p < 0,001	p < 0,001			66,9 ± 3,98	63,3 ± 4,38	9,3	5,7	p < 0,001	p < 0,001				
Mhatre et al., 2013	AKE (°)	31,78 ± 8,18		21,96 ± 8,20		9,82 ± 6,59		p = 0,00		36,64 ± 6,65		24,64 ± 9,22		12,00 ± 7,32		p = 0,00		Non-applicable			
	Slump Test CxFlex (°)	35,53 ± 11,16		19,10 ± 8,61		16,42 ± 9,31		p = 0,00		39,46 ± 12,12		27,32 ± 8,86		12,14 ± 8,09		p = 0,00					
	Slump Test CxExt (°)	24,53 ± 12,71		6,78 ± 7,95		17,75 ± 11,78		p = 0,00		26,78 ± 12,26		16,25 ± 10,85		10,53 ± 8,31		p = 0,00					
Pagare et al., 2014	SLR passif (°)	60,4		Post 1S	Post TTT	Post 1S	Post TTT	Post 1S	Post TTT	65,3		Post 1S	Post TTT	Post 1S	Post TTT	Post 1S	Post TTT	Non-applicable			
				NS	90,93	NS	30,53	NS	p < 0,001			NS	92,83	NS	27,53	NS	p < 0,001				
Satkunskiene et al., 2020	SLR passif (°)	NS		NS		9,7 ± 4,7 %		p < 0,001		NS		NS		7,0 ± 3,4 %		p < 0,001		Non-applicable			
Sharma et al., 2016	KEA (°)	GN1	GN2	GN1	GN2	GN1	GN2	GN1	GN2	32,8 ± 8,5		21,5 ± 12,3		11,3 ± 7,3		p = 0,031		Non-applicable			
		33,3 ± 6,9	30,8 ± 6,8	14,7 ± 6,5	9,9 ± 7,2	18,6 ± 6,4	20,9 ± 7,9	p = 0,031	p = 0,031												
Webright et al., 1997	AKE (°)	34,0 ± 7,7		23,8 ± 10,4		10,2		p < 0,05		35,1 ± 9,7		26,2 ± 9,2		8,9		p < 0,05		31,4 ± 6,6	33,9 ± 6,9	2,5	p > 0,05

Annexe V : Tableau récapitulant les valeurs de p value entre les groupes

	Outils d'évaluation	p value		
Ahmed & Samhan, 2016	AKE	p = 0,001		
	SLR actif	p = 0,001		
Alshammari et al., 2019	AKE	p > 0,05		
Castellote-Caballero et al., 2014	SLR passif	GN – GE	GE – GC	GN – GC
		p = 0,006	p < 0,001	p < 0,001
De Ridder et al., 2020	SLR passif	Post TTT		4 mois
		p < 0,001		p = 0,001
Mhatre et al., 2013	AKE	p = 0,924		
	CxFlex	p = 0,072		
	CxExt	p = 0,011		
Pagare et al., 2014	SLR passif	p = 0,057		
Satkunskiene et al., 2020	SLR passif	p > 0,05		
Sharma et al., 2016	KEA	GN1 – GE	GN2 – GE	GN1 – GN2
		p = 0,011	p < 0,001	p = 0,074
Webright et al., 1997	AKE	GN – GE	GN – GC	GE – GC
		p > 0,05	p < 0,05	p < 0,05

Annexe VI : Tableau répertoriant les scores PEDro des études incluses dans la revue

	Critères PEDro											Score total
	Critères d'éligibilité	Répartition aléatoire	Assignment secrète	Similarité des groupes	Mise en aveugle des participants	Mise en aveugle des thérapeutes	Mise en aveugle des examinateurs	Mesure > 85% des participants	Analyse en intention de traiter	Résultats statistiques	Effets et variabilité	
Ahmed & Samhan, 2016	OUI	OUI	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	3/10
Alshammari et al., 2019	OUI	OUI	NON	OUI	NON	NON	OUI	NON	NON	OUI	OUI	5/10
Castellote-Caballero et al., 2014	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	NON	OUI	NON	NON	OUI	OUI	6/10
De Ridder et al., 2020	NON	OUI	NON	OUI	NON	NON	NON	OUI	NON	OUI	OUI	5/10
Mhatre et al., 2013	OUI	OUI	NON	OUI	NON	NON	OUI	NON	NON	OUI	OUI	5/10
Pagare et al., 2014	OUI	OUI	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	3/10
Satkunskiene et al., 2020	OUI	OUI	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	OUI	4/10
Sharma et al., 2016	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	8/10
Webright et al., 1997	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	OUI	NON	3/10

