

» Communication courte

Effets des étirements musculaires et modalités pratiques dans le contexte des activités physiques et sportives

The effects of muscle stretching and practical modalities in the physical and sports activities context

ANNE-VIOLETTE BRUYNEEL (PT, PHD)*

*Professeure assistante Filière Physiothérapie, Haute école de santé, HES-SO//Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale, Genève, Suisse

L'auteure déclare n'avoir aucun conflit d'intérêt en lien avec le présent article.

Reçu en novembre 2018; accepté en février 2019.

Keywords

muscular stretching, modalities, range of motion, performance, injury prevention

Mots clés

Étirements musculaires, modalités, amplitude de mouvement, performance, prévention

Abstract

Introduction: Stretching has become controversial in recent years due to articles aimed at the general public that suggest stretching is inefficient or carries risks for athletes. This negative approach is based on studies demonstrating that stretching can decrease performance and does not prevent soreness and injuries.

Development: This narrative literature review shows that the response to stretching is highly dependent on the type of physical activity, the targeted effect, the type of stretching (static or dynamic) and the modality. Stretching improves range of motion and depending on the context, it can increase performance and prevent discomfort and injury.

Discussion: With regard to effectiveness and modalities, scientific research highlights the importance of well-targeted and high quality stretching. Thus, the physiotherapist attending to the athlete must be familiar with the physical activity or sport and the targeted effects in order to determine the most appropriate modalities to gain benefit from the exercises.

Résumé

Introduction: les étirements musculaires font l'objet de nombreuses remises en question qui ont été relayées ces dernières années par des articles grand public et qui ont suggéré que le stretching serait inefficace voire dangereux pour les sportifs. Cette approche négative est basée sur un certain nombre d'études qui ont montré que les étirements pouvaient diminuer la performance et n'avaient pas d'efficacité sur la prévention des courbatures.

Développement: cette revue de littérature narrative met en évidence que la réponse aux étirements musculaires est très dépendante du type d'activité, de l'effet recherché, du type d'étirement (statique ou dynamique) et des modalités pratiques. Ainsi, les étirements sont bénéfiques pour l'amplitude de mouvement et peuvent selon les contextes améliorer la performance et prévenir les courbatures et les blessures.

Discussion: lorsque l'efficacité et les modalités des étirements musculaires sont abordées de manière exhaustive, la littérature scientifique met en évidence de nombreuses nuances qui montrent tout l'intérêt des étirements musculaires lorsque les

Conclusion: Properly executed and targeted stretching exercises are of great interest in physical activity and sports. Stretching can increase the range of movement, improve performance and prevent injuries. However, these practices must be well selected and supervised to avoid an absence of effects, or even a negative effect on performance.

exercices sont bien ciblés et de qualités. Lors de l'accompagnement d'un sportif, le physiothérapeute doit connaître les caractéristiques de l'activité physique visée et les effets recherchés afin de fixer les modalités les plus appropriées pour obtenir un effet bénéfique des étirements musculaires.

Conclusion: Les étirements musculaires bien pratiqués dans un contexte approprié sont des exercices qui conservent tout leur intérêt pour accompagner la pratique d'une activité physique et sportive dans un objectif d'augmentation des amplitudes de mouvements, d'amélioration de la performance et de prévention. Cependant, ces pratiques doivent être nuancées et accompagnées pour éviter une absence d'effets, voir un effet négatif sur la performance.



Introduction

Contexte

La pratique des étirements musculaires est aujourd'hui très controversée. De nombreux articles grands publics ou professionnels remettent en cause les effets bénéfiques des étirements et insistent également sur le fait que cette pratique régulière pourrait être délétère, voire dangereuse. Certaines publications scientifiques concluent par une absence d'effets des étirements musculaires ⁽¹⁾ et un impact négatif sur la performance ⁽²⁾, mais, d'autres résultats montrent des effets bénéfiques ⁽³⁾. Ces différences sont liées à de nombreux paramètres qui peuvent influencer les résultats: les effets bénéfiques recherchés, la population, l'activité physique pratiquée, le type d'étirements étudiés et les modalités appliquées. De ce fait, les résultats obtenus sont donc très contextuels et nuancés, alors que la plupart des personnes concernées voudraient une réponse claire et simple sur l'efficacité des étirements dans le contexte de l'activité physique et sportive. De plus, sur PubMed, 25713 articles répondent au mot « stretching » ce qui ne permet pas d'appréhender facilement ce domaine. Il existe 2 revues *Cochrane* (une sur les courbatures et l'autre sur les contractures en conditions pathologiques), 1427 revues de littérature et 1473 essais cliniques. La plupart des articles publiés sont des avis d'experts ou des revues narratives dont les méthodes permettant de développer l'argumentaire sont peu exposées.

L'objectif de cet article est d'essayer d'éclairer les physiothérapeutes sur les intérêts de la pratique des étirements musculaires dans le cadre de l'activité physique et sportive en fonction des modalités des exercices (type d'étirement, durée, intensité, fréquence, repos, ...).

Définitions

En physique, la flexibilité désigne la propriété selon laquelle un matériau souple peut être aisément courbé ou plié, alors qu'en biomécanique ce terme est plutôt utilisé en désignant la capacité à bouger une articulation dans une amplitude complète ⁽⁴⁾. Pour les sportifs, la flexibilité dépend de facteurs

aussi variés que l'âge, la morphologie, la génétique, le genre, les facteurs osseux et ligamentaires, les facteurs nerveux (capacité à diminuer le tonus lors de l'étirement), les caractéristiques de l'unité musculo-tendineuse et les pathologies ⁽⁴⁾. Les définitions de l'étirement sont très variables. En effet, pour le *Larousse*, ce sont « des exercices pratiqués pendant l'échauffement précédent une activité sportive ou pendant la relaxation qui suit celle-ci, et jouant sur la contraction et le relâchement des muscles étirés » ⁽⁵⁾. Cette définition « grand public » est assez restrictive sur les étirements et leurs effets, car elle ne concerne que le milieu sportif. En physiothérapie, les étirements réfèrent à « un mouvement appliqué grâce à une force interne et/ou externe dans l'objectif d'augmenter l'amplitude d'une articulation, c'est-à-dire la flexibilité ^(4,6).

Effets locaux des étirements

Lors de l'étirement d'un muscle, différents effets locaux sont constatés. L'allongement de l'unité musculo-tendineuse induit un réarrangement structurel des fibres de collagène par désondulation ⁽⁷⁾ et une diminution de la raideur de l'aponévrose, des tendons et du muscle ^(8,9). A 80% de l'allongement du muscle, l'activité électromyographique du muscle agoniste correspond à 25% de l'activité observée lors d'une contraction maximale volontaire, ramenée à 10% pour les personnes habituées à s'étirer ⁽¹⁰⁾. Enfin, l'étirement induit une diminution de la contraction maximale volontaire, du H reflex (réflexe de *Hoffmann*) et du stretch reflex (réflexe myotatique) avec une altération encore partiellement persistante 1h après l'étirement musculaire ⁽¹¹⁾. Ces deux réflexes spinaux, particulièrement importants pour la régulation du tonus, de l'activité motrice et du maintien de la posture, induisent une réponse motrice simple et stéréotypée en réponse à un stimulus. Dans le cas du H reflex, c'est une stimulation électrique des fibres afférentes de type 1a, alors que dans le cas du stretch reflex, la réponse est due à un étirement rapide du muscle qui induit une activation des fuseaux neuro-musculaires. La réponse obtenue est dans le cas du H reflex la différence de latence entre une réponse précoce (réponse M) et une réponse tardive (réponse H), alors que pour le stretch reflex, c'est la contraction du muscle agoniste (exemple du test clinique de percussion d'un tendon).

Effets escomptés globaux des étirements musculaires

Les effets escomptés des étirements sont très nombreux. Il est donc indispensable de bien dissocier les objectifs visés afin de comprendre les résultats des études et les modalités d'étirements les plus appropriées. Ainsi, dans le contexte des activités physiques et sportives, les effets étudiés des étirements musculaires sont: la prévention des blessures ⁽¹²⁾, le gain d'amplitude ⁽³⁾, la récupération ⁽¹³⁾, la prévention des courbatures ⁽¹⁴⁾, la performance ⁽⁶⁾ et la préparation à l'effort ⁽¹⁵⁾. En cas de pathologie, les étirements sont souvent utilisés pour diminuer les douleurs ⁽¹⁶⁾, lutter contre les contractures ⁽¹⁷⁾ et améliorer la mobilité ⁽¹⁸⁾. Dans cet article, seuls les effets sur le gain d'amplitude, la performance et la prévention des courbatures et des blessures seront abordés.

Les différents types d'étirements musculaires

Les étirements sont séparés en deux principaux groupes: les étirements musculaires statiques, c'est-à-dire sans phase de contraction du muscle agoniste et les étirements musculaires dynamiques incluant une phase de contraction du muscle étiré. Les approches dynamiques comprennent les étirements balistiques, le contracté-relâché (CR) et le contracté relâché antagoniste contracté (CRAC). Les étirements balistiques consistent à réaliser des mouvements successifs relativement rapide (1 - 2 sec. par mouvement) dans l'amplitude complète de l'articulation ⁽¹⁹⁾. Le CR est caractérisé par un étirement de l'unité musculo-tendineuse avant de contracter le muscle et de le ré-étirer, alors que dans le CRAC, l'unité musculo-tendineuse est d'abord étirée, avant de contracter le muscle agoniste, puis de contracter le muscle antagoniste avant de re-étirer le muscle cible ⁽²⁰⁾. Les étirements musculaires les plus étudiés sont statiques car ils sont souvent plus simples à réaliser de manière autonome pour les pratiquants.

Développement

Effets des étirements musculaires sur le gain d'amplitude

Il est aujourd'hui connu et prouvé que les étirements statiques et dynamiques ont un effet bénéfique sur le gain d'amplitude ^(21,22). Les mécanismes favorables au gain d'amplitude sont d'une part une meilleure tolérance à l'allongement et d'autre part un allongement progressif de l'unité musculo-tendineuse qui serait favorable à une diminution de la tension permettant le gain d'amplitude ⁽¹⁰⁾.

Certaines revues semblent montrer que la différence entre les différents types d'étirement influence peu le gain d'amplitude, voire même que l'étirement musculaire statique serait un peu plus efficace ^(22,23). Cependant, quelques études ont pu montrer un effet majoré pour la modalité dynamique lors de l'étirement des ischios-jambiers sur la mobilité de la hanche ⁽³⁾ et des gastrocnémiens sur la flexion dorsale de la cheville ⁽²⁴⁾. Les étirements statiques ou dynamiques auraient un effet différencié sur la raideur des tendons et des muscles ⁽²⁴⁾. Ainsi, l'étirement statique agirait prioritairement sur la raideur de la structure musculaire, alors que l'étirement dynamique diminuerait également la raideur tendineuse.

Etant donné que les fibres musculaires ont une orientation tridimensionnelle et qu'il existe une corrélation modérée ($r=0.66$) entre la raideur longitudinale et transversale des muscles ⁽²⁵⁾, il pourrait y avoir un intérêt à essayer d'étirer les muscles de manière plus tridimensionnelle. En effet, comme la corrélation entre les deux raideurs n'est pas parfaite, le choix d'une seule position d'allongement de l'unité musculo-tendineuse ne semble pas être une approche suffisante pour obtenir un effet sur l'ensemble des fibres musculaires. Or, c'est ce qui est le plus souvent pratiqué dans le cadre des activités physiques. La question de la position choisie pour étirer le muscle semble donc un axe essentiel à explorer à l'avenir pour établir des modalités d'étirement musculaire optimisant l'effet de l'exercice. Une seule étude semble avoir testé un étirement multidirectionnel pour les gastrocnémiens en utilisant une position debout de fente avant sur une plate-forme oscillante ⁽²⁶⁾. A vitesse lente (3 secondes d'allongement alterné avec 3 secondes de relâchement pendant 30 secondes), le participant devait suivre l'angle du support en appuyant le talon pour majorer l'allongement du muscle. Alors que la durée d'étirement était nettement diminuée par rapport à l'étirement statique ou au CR, cette modalité a montré une amélioration significative de la flexion dorsale de cheville sur une durée de 5 semaines avec 2 séances par semaine. Les résultats étaient significativement meilleurs que pour le groupe contrôle, mais non significativement différents par rapport au groupe ayant pratiqué des étirements musculaires par CR ⁽²⁶⁾. Dès lors, il est probable que l'utilisation des modalités classiques de l'étirement musculaire statique ou dynamique associé à des positions d'allongement dans différentes directions pour un même muscle devraient majorer les résultats sur l'amplitude de mouvement.

Effets des étirements musculaires sur la performance

Les effets des étirements sur la performance semblent hautement dépendre de la typologie de l'activité physique et de la typologie de l'étirement ⁽²⁷⁾. En revanche, l'âge, le genre et le niveau d'activité influenceraient peu les résultats ⁽²⁸⁾. Les étirements musculaires de type statique impactent beaucoup plus négativement la performance que les étirements dynamiques. Ainsi l'allongement de l'unité musculo-tendineuse statique avant l'effort induit une diminution de la force maximale (jusqu'à 60 min post-étirement) ^(11,29-31), de la hauteur du jump test ^(32,33), de la vitesse de sprint ^(2,15) et des capacités d'équilibre, ainsi qu'une augmentation du temps de réaction ⁽³⁴⁾. La relation entre la dose d'étirement statique et la réponse montre qu'une durée supérieure à 60 sec. induit la plus grande baisse de performance ⁽²⁷⁾, ce qui a été confirmé par une revue systématique mettant en évidence peu d'effet sur la performance lors d'une durée inférieure à 4 sec. ⁽²⁸⁾.

Les étirements musculaires de type dynamique auraient très peu d'effet sur la performance, alors que dans certains cas ils amélioreraient les capacités des sportifs ⁽²⁸⁾. Ainsi, l'équilibre et la force musculaire ne sont pas dégradés après un échauffement incluant des étirements dynamiques, alors que les sauts, l'agilité, la vitesse et l'accélération sont améliorés ⁽³⁴⁾. L'effet bénéfique serait attribué à l'augmentation de température des muscles secondaires à la contraction volontaire de l'agoniste, à la diminution de la viscosité et à une augmentation de la contractilité grâce à la production d'une potentialisation post-activation ⁽³⁵⁾.

L'effet des étirements musculaires semble directement dépendre de la nature de la performance. Ainsi, pour les activités physiques nécessitant de grandes amplitudes de mouvement, les étirements statiques et dynamiques améliorent la performance (19,36). Chez les gymnastes, l'étirement statique de 30 sec. augmente les amplitudes de mouvement et la hauteur des sauts (36). Pour les danseurs, les étirements statiques et balistiques induisent une amélioration de la hauteur des sauts et une meilleure résistance à la fatigue (19).

Effets des étirements musculaires sur la prévention des courbatures

Une revue *Cochrane* a mis en avant que les étirements musculaires isolés avant ou après effort ne diminuent pas l'apparition des courbatures (14). Toutefois, une étude suggère que les étirements pré-effort isolés permettraient d'atténuer les courbatures en cas de travail excentrique des muscles (37). En revanche, lorsque les étirements sont pratiqués avant et après l'effort, l'effet sur les courbatures semble bénéfique (14), même si relativement peu d'études ont travaillé sur cette combinaison. L'efficacité sur les courbatures semble donc directement liée à la typologie de sollicitation musculaire (concentrique, isométrique, excentrique) et au moment où les étirements sont pratiqués. Très peu d'études ont en revanche comparé les effets selon le type d'étirement musculaire, mais il semble que les effets des approches statiques ou dynamiques soient assez similaires (13).

Effets des étirements musculaires sur la prévention des blessures

Les revues systématiques sur les effets des étirements musculaires pour la prévention des risques de blessures de surcharge semblent montrer un effet favorable, même si la qualité des études réalisées est relativement faible (12,27). L'étirement dynamique post-performance serait plus favorable à la prévention que les étirements de type statique (27). La prévention serait surtout efficace pour les blessures au niveau des muscles, des ligaments et des tendons (12).

Discussion

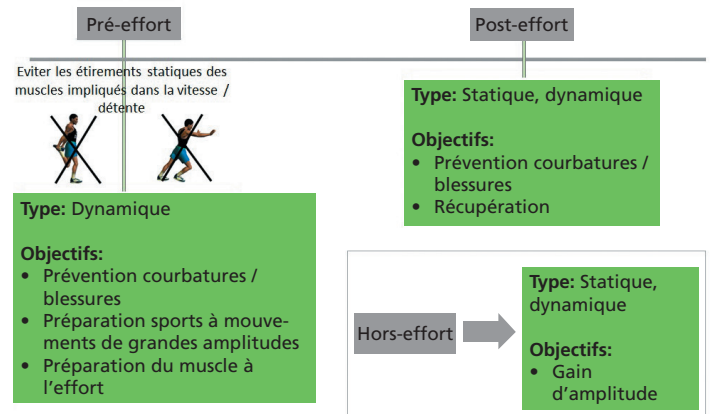
Quels étirements musculaires, et quand ?

A partir des différentes études et des revues systématiques sur les étirements musculaires, il est aisé de comprendre le contexte et les sources de controverses sur l'efficacité de cette pratique. En effet, pour être efficace, la difficulté est de bien choisir les étirements en fonction de l'objectif escompté et de la performance sportive ciblée (figure 1). Ainsi, si l'objectif est de prévenir les courbatures et les blessures, les étirements musculaires doivent être pratiqués pendant l'échauffement et après l'effort. Avant la performance, les étirements de type dynamique sont à conseiller pour limiter les effets négatifs sur l'équilibre, les sauts, le sprint, la force musculaire et l'agilité. Toutefois, si ce sont des activités à grandes amplitudes (ex : danse, gymnastique, ...), les étirements statiques peuvent également être utilisés. Dans la phase de récupération ou en dehors d'un temps de performance, tous les types d'étirements musculaires peuvent être pratiqués afin d'augmenter les amplitudes de mouvement et de prévenir les blessures. Les étirements

musculaires bien choisis et avec un objectif bien défini restent donc intéressants à utiliser pour accompagner l'activité physique.

Quelles modalités d'étirements musculaires ?

Pour les physiothérapeutes et les pratiquants, les questions liées aux modalités pour obtenir une efficacité maximale sont essentielles et peuvent parfois expliquer les remises en question de l'efficacité des exercices. Les modalités (Tableau 1) comprennent l'intensité, la durée, le temps de repos,



> Figure 1: synthèse du moment de réalisation des étirements selon les objectifs escomptés dans le contexte de l'activité physique et sportive.

le nombre de répétitions et la fréquence (35). L'adhésion des patients est aussi déterminante (12). Cependant, relativement peu d'études ont comparé ces aspects, et en général, surtout pour les étirements statiques dans un objectif d'augmentation d'amplitude.

Pour la fréquence, la compliance serait complète dans 38.4% des participants, alors que seuls 7.7% respectent la durée des étirements musculaires et 10% des pratiquants seraient totalement non compliant (12). L'intensité de l'étirement doit être maximale, mais tolérable par le sujet afin d'obtenir le respect du maintien dans la position d'allongement du muscle pendant toute la durée de l'étirement (38,39). L'intensité de l'étirement peut être évaluée par la *stretching intensity scale* qui inclut une échelle visuelle analogique, une estimation de l'amplitude maximale et la description des symptômes liés à l'intensité de l'allongement (40).

Une étude a comparé une durée d'étirement musculaire statique de 90 sec., 135 sec. et 180 sec. avec des effets maximaux sur l'amplitude de mouvement lors de la durée la plus longue (38). Cependant, lorsque l'objectif est une préparation à la performance ou la prévention des courbatures et des blessures, 30 sec. semblent suffire (28,36).

Le temps de repos est souvent arbitrairement choisi comme égal à la durée d'étirement. Une étude a comparé 5 répétitions avec 30 sec. de repos entre chaque répétition et 0 sec. de repos (41). Le manque de repos entre les répétitions augmente plus efficacement l'amplitude de mouvement. Le principe est donc de juste relâcher la position et de remettre directement en tension l'unité musculo-tendineuse.

Type d'étirement	Objectif	Intensité	Durée	Repos	Répétitions	Références
Statique	Gain d'amplitude	Maximale tolérable (100%)	180 sec.	0 sec.	3	<i>Johnson 14, Freitas 15, Freitas 16</i>
	Prévention et préparation à l'effort	Maximale tolérable (100%)	30 sec.	—	1	<i>Jamtvedt 10, Donti 14</i>
Balistique	Prévention et préparation à l'effort	Modérée	30 sec.	15 sec.	3 (15 à 20 mouvements par répétition)	<i>Thomas 18, Lima 16</i>
Contracté-relâché	Gain d'amplitude	Maximale tolérable (100%)	10 sec. étirement / 5 sec. contraction isométrique / 10 sec. étirement	5 sec.	4	<i>Kay 15</i>
	Prévention et préparation à l'effort	Maximale tolérable (100%)	6 sec. étirement / 4 sec. contraction isométrique / 6 sec. étirement		3	<i>Wallman 08</i>
Contracté-relâché antagoniste contracté	Prévention et préparation à l'effort	Maximale tolérable (100%)	10 sec. étirement / 7 sec. contraction agoniste isométrique / 4 sec. contraction antagoniste concentrique + étirement 20 sec.	5 sec.	2	<i>Ryan 10</i>
PF oscillante	Gain d'amplitude	Maximale tolérable (100%)	30 sec.	30 sec.	3	<i>Bruyneel 15</i>

› Tableau 1: synthèse des modalités en fonction de la typologie d'étirement à partir des données issues de la littérature scientifique.

Le nombre de répétitions pour obtenir un effet bénéfique sur l'amplitude de mouvement serait de 3 ⁽⁴²⁾. La durée de l'étirement musculaire semble prédominante sur le nombre de répétitions. Ainsi, il vaut mieux réaliser 3 répétitions de 30 sec. que 9 répétitions de 10 sec. Pour la préparation à l'effort une seule répétition de 30 sec. semble déjà suffisante ^(12,36). Une étude montre toutefois que le nombre de répétitions pré-effort semble peu influencer l'effet sur la performance de vitesse et d'agilité ⁽⁴³⁾.

La fréquence des étirements musculaires pour obtenir un effet bénéfique sur l'amplitude est de 2 à 6 séances par semaine, avec un effet maximal pour 5 séances ⁽²²⁾. La progression est maximale pendant les 4 premières semaines de pratique ^(22,44). Pour amorcer un gain d'amplitude, un minimum de 5 minutes par semaine serait nécessaire ⁽²²⁾.

Concernant les étirements musculaires dynamiques, la durée des étirements balistiques devrait être de 30 sec. ⁽²²⁾. Le CR semble efficace lorsque le muscle est étiré pendant 10s puis contracté pendant 5 sec. en répétant 4 fois le cycle ⁽²⁴⁾. Dans la préparation à la performance, le nombre de répétitions est diminué à 3 et la durée d'étirement à 6 sec. ⁽⁴⁵⁾. Le CRAC consiste à étirer le muscle, puis contracter l'agoniste en isométrique pendant 7 sec. avant de contracter l'antagoniste en concentrique pen-

nant 4 sec. tout en étirant le muscle agoniste ⁽²⁰⁾. Ces éléments sont basés sur des études qui montrent une efficacité des étirements dynamiques, mais, aucune étude ne semble avoir comparé les différentes modalités en termes de durée, d'intensité d'étirement et de contraction et phase de relâchement.

Les risques des étirements musculaires

La plupart des études proposent un échauffement sous forme de course ou de sauts à intensité légère avant la pratique des étirements musculaires pour limiter les risques de blessures. Aucune indication bénéfique ne semble émerger pour la pratique des étirements à froid. Les étirements induisent des douleurs et un inconfort pour les pratiquants qui semblent s'améliorer avec la régularité de la pratique ⁽¹⁰⁾. L'application d'une force trop importante lors de l'étirement serait associée à un allongement excessif des sarcomères créant un désordre dans les fibres musculaires à l'origine de l'inflammation et de la douleur post-étirement ⁽⁴⁾. L'étirement musculaire excessif pourrait entraîner des microlésions à l'intérieur du muscle, une réduction de la circulation sanguine et de l'oxygénation tissulaire provoquant une accumulation de substances métaboliques ⁽³⁰⁾. En revanche, aucune lésion importante ne semble avoir été reportée dans la littérature à la suite de la pratique d'étirements ⁽²⁷⁾.

Conclusion

Au vu de la littérature scientifique et de son analyse, les étirements musculaires ont encore de beaux jours devant eux! Mais, des étirements mal conduits, peu appropriés au contexte et avec un objectif non défini ont peu de chance d'être efficaces d'où l'importance de bien connaître les exercices. Le physiothérapeute a donc un rôle déterminant dans l'apprentissage des modalités bénéfiques pour les sportifs que ce soit pour le gain d'amplitude, la prévention des courbatures et des blessures ou encore l'effet sur la performance. De futures études doivent être menées pour améliorer les connaissances sur les modalités de pratique les plus appropriées à chaque situation. Pour les cliniciens, de nombreuses études montrent également des effets bénéfiques des étirements musculaires en cas de pathologie qu'il convient de prendre en compte dans la construction de la stratégie thérapeutique.

Implications pour la pratique

- Les étirements musculaires sont prouvés comme efficaces pour le gain d'amplitude
- Les modalités varient selon l'objectif, la typologie d'étirement musculaire et le moment où ils sont réalisés
- Avant l'effort, les étirements musculaires dynamiques doivent être privilégiés
- Pour les activités nécessitant de grandes amplitudes, les étirements améliorent la performance
- Pour la prévention des courbatures, les étirements musculaires doivent être réalisés avant et après l'effort

Contact

Anne-Violette Bruyneel
Rue des Caroubiers 25
CH- 1227 Carouge, Suisse
Tél: +33 6 76 58 34 68 / +41 22 388 34 95
Anne-violette.bruyneel@hesge.ch

Bibliographie

1. Pooley S, Spendiff O, Allen M, Moir HJ. Static stretching does not enhance recovery in elite youth soccer players. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2017;3(1):e000202.
2. Bradley PS, Olsen PD, Portas MD. The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* févr 2007;21(1):223-6.
3. Yıldırım M, Ozyurek S, Tosun O, Uzer S, Gelecek N. Comparison of effects of static, proprioceptive neuromuscular facilitation and Mulligan stretching on hip flexion range of motion: a randomized controlled trial. *Biol Sport.* mars 2016;33(1):89-94.
4. Apostolopoulos N, Metsios GS, Flouris AD, Koutedakis Y, Wyon MA. The relevance of stretch intensity and position-a systematic review. *Front Psychol.* 2015;6:1128.

5. Larousse É. Définitions : étirement - Dictionnaire de français Larousse [Internet]. [cité 9 oct 2018]. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/%C3%A9tirement/31482>
6. Weerapong P, Hume PA, Kolt GS. Stretching: Mechanisms and Benefits for Sport Performance and Injury Prevention. *Phys Ther Rev.* 1 déc 2004;9(4):189-206.
7. Purslow PP. Strain-induced reorientation of an intramuscular connective tissue network: implications for passive muscle elasticity. *J Biomech.* 1989;22(1):21-31.
8. Akagi R, Takahashi H. Acute effect of static stretching on hardness of the gastrocnemius muscle. *Med Sci Sports Exerc.* juill 2013;45(7):1348-54.
9. Purslow PP. The structure and functional significance of variations in the connective tissue within muscle. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* déc 2002;133(4):947-66.
10. Portero P, McNair P. Les étirements musculo-tendineux : des données scientifiques à une pratique raisonnée. *Kinésithérapie Rev.* 1 août 2015;15(164):32-40.
11. Avela J, Kyröläinen H, Komi PV. Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. avr 1999;86(4):1283-91.
12. Jamtvedt G, Herbert RD, Flottorp S, Odgaard-Jensen J, Hävåsruud K, Barratt A, et al. A pragmatic randomised trial of stretching before and after physical activity to prevent injury and soreness. *Br J Sports Med.* nov 2010;44(14):1002-9.
13. Ozmen T, Yagmur Gunes G, Dogan H, Ucar I, Willems M. The effect of kinesio taping versus stretching techniques on muscle soreness, and flexibility during recovery from nordic hamstring exercise. *J Bodyw Mov Ther.* janv 2017;21(1):41-7.
14. Herbert RD, de Noronha M, Kamper SJ. Stretching to prevent or reduce muscle soreness after exercise. *Cochrane Database Syst Rev.* 6 juill 2011;(7):CD004577.
15. Damasceno MV, Duarte M, Pasqua LA, Lima-Silva AE, MacIntosh BR, Bertuzzi R. Static stretching alters neuromuscular function and pacing strategy, but not performance during a 3-km running time-trial. *PLoS One.* 2014;9(6):e99238.
16. Lawand P, Lombardi Júnior I, Jones A, Sardim C, Ribeiro LH, Natour J. Effect of a muscle stretching program using the global postural reeducation method for patients with chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Jt Bone Spine Rev Rhum.* juill 2015;82(4):272-7.
17. Katalinic OM, Harvey LA, Herbert RD, Moseley AM, Lannin NA, Schurr K. Stretch for the treatment and prevention of contractures. *Cochrane Database Syst Rev.* 8 sept 2010;(9):CD007455.
18. Assumpção A, Matsutani LA, Yuan SL, Santo AS, Sauer J, Mango P, et al. Muscle stretching exercises and resistance training in fibromyalgia: which is better? A three-arm randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* oct 2018;54(5):663-70.
19. Lima CD, Brown LE, Ruas CV, Behm DG. Effects of Static Versus Ballistic Stretching on Hamstring:Quadriceps Strength Ratio and Jump Performance in Ballet Dancers and Resistance Trained Women. *J Dance Med Sci Off Publ Int Assoc Dance Med Sci.* 15 sept 2018;22(3):160-7.
20. Ryan EE, Rossi MD, Lopez R. The effects of the contract-relax-antagonist-contract form of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on postural stability. *J Strength Cond Res.* juill 2010;24(7):1888-94.
21. Medeiros DM, Cini A, Sbruzzi G, Lima CS. Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Physiother Theory Pract.* août 2016;32(6):438-45.
22. Thomas E, Bianco A, Paoli A, Palma A. The Relation Between Stretching Typology and Stretching Duration: The Effects on Range of Motion. *Int J Sports Med.* avr 2018;39(4):243-54.
23. Lempke L, Wilkinson R, Murray C, Stanek J. The Effectiveness of PNF Versus Static Stretching on Increasing Hip-Flexion Range of Motion. *J Sport Rehabil.* 1 mai 2018;27(3):289-94.
24. Kay AD, Husbands-Beasley J, Blazeovich AJ. Effects of Contract-Relax, Static Stretching, and Isometric Contractions on Muscle-Tendon Mechanics. *Med Sci Sports Exerc.* oct 2015;47(10):2181-90.
25. Nakamura M, Ikezoe T, Kobayashi T, Umegaki H, Takeno Y, Nishishita S, et al. Acute effects of static stretching on muscle hardness of the medial gastrocnemius muscle belly in humans: an ultrasonic shear-wave elastography study. *Ultrasound Med Biol.* sept 2014;40(9):1991-7.
26. Bruyneel A-V, Jazdzewski A. Efficacité de l'étirement du triceps sural sur une plate-forme oscillante motorisée par rapport à un contracté-relâché manuel et un « placebo ». *Kinésithérapie Rev.* 1 févr 2015;15(158):37-8.

27. Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, McHugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab*. janv 2016;41(1):1-11.
28. Simic L, Sarabon N, Markovic G. Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scand J Med Sci Sports*. mars 2013;23(2):131-48.
29. Junior RM, Berton R, de Souza TMF, Chacon-Mikahil MPT, Cavaglieri CR. Effect of the flexibility training performed immediately before resistance training on muscle hypertrophy, maximum strength and flexibility. *Eur J Appl Physiol*. avr 2017;117(4):767-74.
30. Behm DG, Kibele A. Effects of differing intensities of static stretching on jump performance. *Eur J Appl Physiol*. nov 2007;101(5):587-94.
31. Cramer JT, Housh TJ, Johnson GO, Miller JM, Coburn JW, Beck TW. Acute effects of static stretching on peak torque in women. *J Strength Cond Res*. mai 2004;18(2):236-41.
32. Pinto MD, Wilhelm EN, Tricoli V, Pinto RS, Blazevich AJ. Differential effects of 30- vs. 60-second static muscle stretching on vertical jump performance. *J Strength Cond Res*. déc 2014;28(12):3440-6.
33. Marchetti PH, Silva FHD de O, Soares EG, Serpa EP, Nardi PSM, Vilela G de B, et al. Upper limb static-stretching protocol decreases maximal concentric jump performance. *J Sports Sci Med*. déc 2014;13(4):945-50.
34. Chatzopoulos D, Galazoulas C, Patikas D, Kotzamanidis C. Acute effects of static and dynamic stretching on balance, agility, reaction time and movement time. *J Sports Sci Med*. mai 2014;13(2):403-9.
35. Opplert J, Babault N. Acute Effects of Dynamic Stretching on Muscle Flexibility and Performance: An Analysis of the Current Literature. *Sports Med Auckl NZ*. 2018;48(2):299-325.
36. Donti O, Tsolakis C, Bogdanis GC. Effects of baseline levels of flexibility and vertical jump ability on performance following different volumes of static stretching and potentiating exercises in elite gymnasts. *J Sports Sci Med*. janv 2014;13(1):105-13.
37. Chen C-H, Nosaka K, Chen H-L, Lin M-J, Tseng K-W, Chen TC. Effects of flexibility training on eccentric exercise-induced muscle damage. *Med Sci Sports Exerc*. mars 2011;43(3):491-500.
38. Freitas SR, Vilarinho D, Rocha Vaz J, Bruno PM, Costa PB, Mil-homens P. Responses to static stretching are dependent on stretch intensity and duration. *Clin Physiol Funct Imaging*. nov 2015;35(6):478-84.
39. Freitas SR, Vaz JR, Bruno PM, Andrade R, Mil-Homens P. Stretching Effects: High-intensity & Moderate-duration vs. Low-intensity & Long-duration. *Int J Sports Med*. mars 2016;37(3):239-44.
40. Freitas SR, Vaz JR, Gomes L, Silvestre R, Hilário E, Cordeiro N, et al. A New Tool to Assess the Perception of Stretching Intensity. *J Strength Cond Res*. sept 2015;29(9):2666-78.
41. Freitas SR, Vaz JR, Bruno PM, Valamatos MJ, Andrade RJ, Mil-Homens P. Are rest intervals between stretching repetitions effective to acutely increase range of motion? *Int J Sports Physiol Perform*. mars 2015;10(2):191-7.
42. Johnson AW, Mitchell UH, Meek K, Feland JB. Hamstring flexibility increases the same with 3 or 9 repetitions of stretching held for a total time of 90 s. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med*. mai 2014;15(2):101-5.
43. Avloniti A, Chatzinikolaou A, Fatouros IG, Protopapa M, Athanailidis I, Avloniti C, et al. The effects of static stretching on speed and agility: One or multiple repetition protocols? *Eur J Sport Sci*. 2016;16(4):402-8.
44. Gribble PA, Guskiewicz KM, Prentice WE, Shields EW. Effects of Static and Hold-Relax Stretching on Hamstring Range of Motion Using the FlexAbility LE1000. *J Sport Rehabil*. 1 août 1999;8(3):195-208.
45. Wallmann HW, Gillis CB, Martinez NJ. The effects of different stretching techniques of the quadriceps muscles on agility performance in female collegiate soccer athletes: a pilot study. *North Am J Sports Phys Ther NAJSPT*. févr 2008;3(1):41-7.