

## Données récentes relatives à l'utilisation des étirements dans la pratique sportive

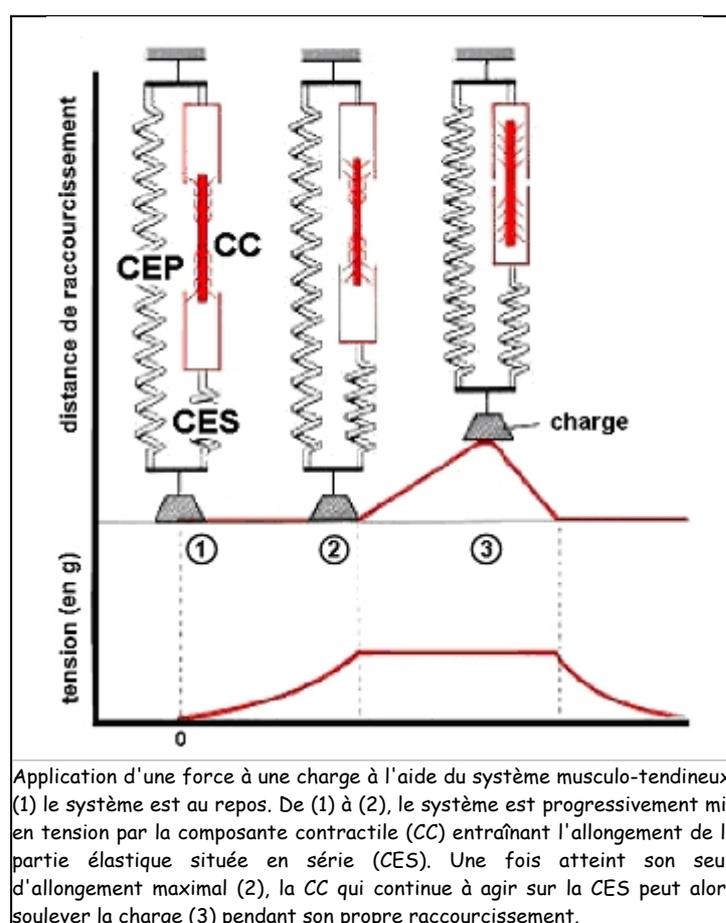
Les effets physiologiques des étirements sur les muscles et les tendons (ou *système musculo-tendineux*) peuvent se résumer à deux choses : (\*) diminution de l'activation des **motoneurons** (baisse du tonus musculaire mais aussi de la possibilité d'activer les muscles) et (\*\*) diminution de la raideur du complexe anatomique musculo-tendineux (plus grande facilité à allonger le muscle et les tendons et donc moins grande résistance passive à l'allongement). Ceci est clairement démontré par l'**analyse des effets des techniques d'étirements** sur les muscles. On peut donc en conclure que le principal objectif des étirements est de **relâcher et décontracter les muscles**.

Compte-tenu de ces effets, l'utilisation des étirements en fin de séance est tout à fait justifiée car ils participent alors à la **récupération post-exercice** en diminuant les fortes tensions résiduelles liées à une séance d'entraînement difficile. Nous montrerons néanmoins que, dans certains cas, cet effet n'est pas atteint et que c'est même l'inverse qui se produit, notamment au niveau des courbatures.

Mais, quelles sont les conséquences de leur utilisation au niveau de la performance sportive ? Et surtout, pourquoi s'inquiéter de ces conséquences ?

### Raideur du système musculo-tendineux et performance

En 1994, Wilson et coll. ont émis l'hypothèse qu'une augmentation de la raideur du système musculo-tendineux permettrait, d'accélérer la **vitesse de la transmission des forces** (générées au niveau de la composante contractile et/ou stockées au niveau de la composante élastique) et donc la **vitesse de mobilisation des pièces osseuses** durant les mouvements (Figure 1).



On pourrait alors noter une amélioration de la performance dans les exercices qui mobilisent justement force et/ou puissance, c'est-à-dire une très grande majorité de ceux que l'on trouve dans les pratiques sportives. Ces idées trouvent leur corollaire dans les résultats d'expériences menées récemment. En effet, il existe déjà des

différences mécaniques et anatomiques entre homme et femme :

1°) au niveau du comportement viscoélastique du tendon lorsqu'il est soumis à un allongement passif (Kubo et coll., 2003) et 2°) au niveau de la grosseur des muscles ou l'angle de pennation (Ichinose et coll. 1998 ; Kanehisa et coll., 1994).

Ces différences pourraient être à l'origine des variations de performance du système musculo-tendineux par les différences de raideur qu'elles impliquent (par exemple, le tendon de la femme est moins raide que celui de l'homme ; par conséquent, il ne permet pas des transmissions de forces avec les pièces osseuses aussi rapides que chez les hommes, d'où les différences de puissance musculaire que l'on peut noter sur le terrain dans certains types d'exercices, notamment pliométrique). Mais, il existe également des résultats qui permettent d'illustrer cette hypothèse en montrant comment l'entraînement peut lui aussi modifier la raideur du système musculo-tendineux et améliorer les performances (par exemple, Newton et coll., 1999) ou en tout cas ne pas leur nuire (par exemple, Nelson et coll. 2001d).

Par conséquent, on peut en déduire que **toute modification de la raideur du système musculo-squelettique aura des répercussions sur les performances impliquant l'utilisation de la force ou de la puissance musculaire...** autant dire un très grand nombre d'entre elles !

Une question de pose alors : **étant donné les effets des étirements qui ont été mis en évidence dans de nombreuses publications, est-ce que leur utilisation lors de l'échauffement ou avant une compétition est justifiée ?**

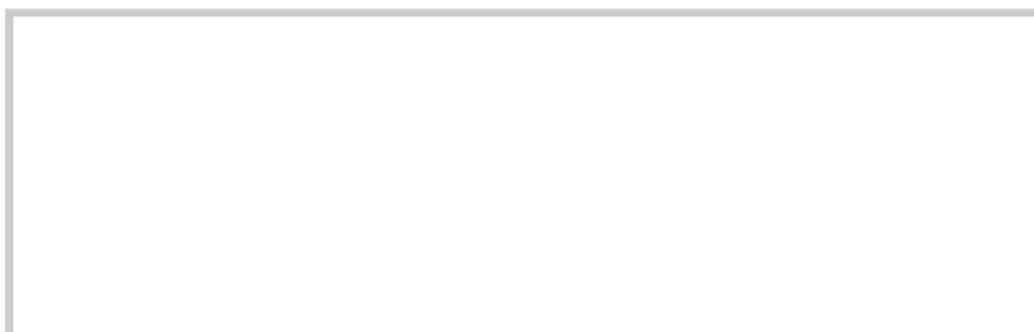
### **Les étirements diminuent la force et la puissance musculaire**

La première étude à avoir tenté de répondre à cette question est celle de De Vries (1963). Il a étudié l'effet des étirements pré-exercices sur le temps de course d'une épreuve de vitesse sur 100 m. Les résultats recueillies sur quatre sujets ont montré que les étirements n'avaient pas un impact négatif sur le temps au 100 m, exercice dans lequel la puissance musculaire joue un très grand rôle. Pourtant une autre étude publiée l'année suivante rapporta que les performances de vitesse étaient améliorées lorsqu'une séance d'étirements était incluse dans le programme d'entraînement (Dintiman, 1964) ; des résultats confirmés beaucoup plus tard par d'autres études impliquant la force (Worrel et coll., 1994 ; Kokkonen et Lauritzen, 1995).

Depuis cette étude pilote, de nombreux chercheurs se sont penchés sur la pertinence de faire des étirements pré-exercices, en mesurant les niveaux de production de force et/ou de puissance dans différentes conditions (isométrique, isocinétique, dynamique), mais aussi les variations de la performance elle-même.

Dans un article publié en 1998, Kokkonen et coll. ont demandé à leurs sujets, après avoir fait un test de souplesse, de suivre une série de 5 étirements statiques passifs des muscles de la hanche, de la cuisse et du mollet. Cette série était répétée 3 fois de suite par le sujet seul, puis 3 fois de suite avec l'assistance des expérimentateurs. Les étirements étaient maintenus durant 15 s (3 fois) avec des pauses de 15 s entre chaque. Une phase de récupération de 10 min était alors imposée avant de refaire un test de souplesse puis de réaliser un test de force (**1RM**) au niveau des muscles du genou. Ils notèrent une amélioration de la souplesse de 16% alors que la 1RM diminuait de 7,3% en flexion et de 8,1% en extension.

Fowles et coll. (2000) sont arrivés à la même conclusion. Dans leur étude, ils ont demandé à des sujets de réaliser, pendant 30 min, des étirements passifs très longs (135 s), jusqu'au seuil maximal de douleur tolérable par le sujet, entrecoupés de pause (19 s). La contraction volontaire maximale a diminué de plus de 25 % (Figure 2).



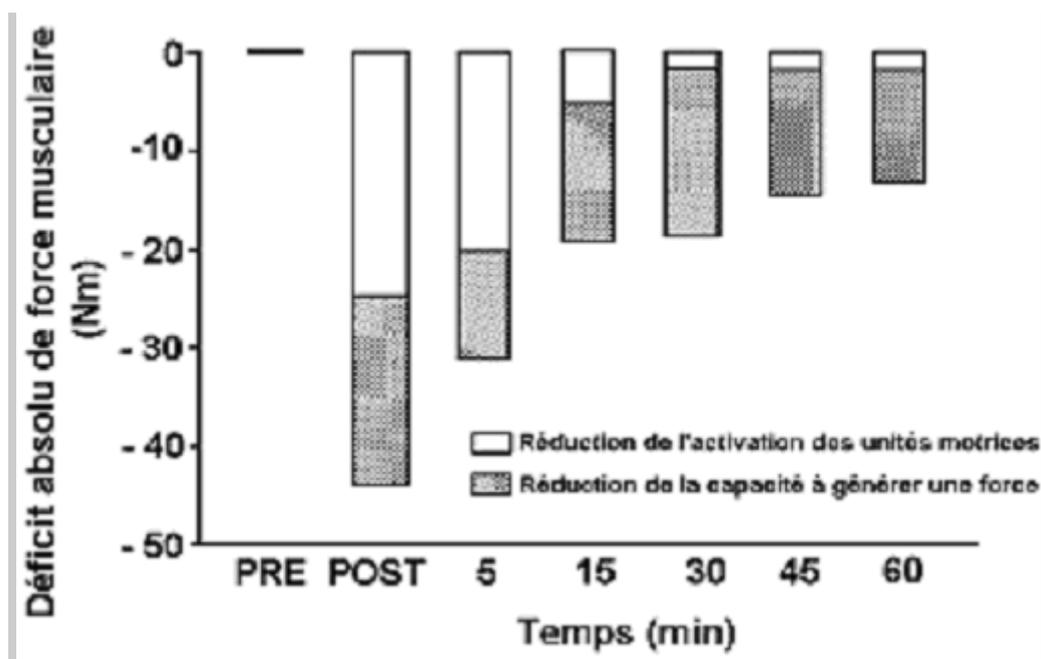


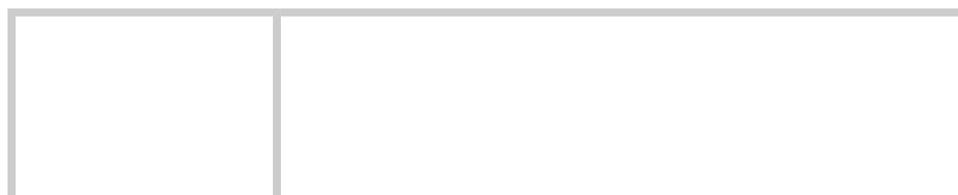
Figure 2 : Estimation des contributions de la diminution d'activation des unités motrices et de la capacité à générer une force au niveau des déficits de contraction maximale volontaire (CMV) après un étirement passif (cumul de 30 min jusqu'au seuil de douleur tolérable). La CMV diminue de façon significative par rapport à la valeur initiale (PRE). Les valeurs post-étirements restent significativement inférieures aux valeurs initiales pendant AU MOINS une heure (D'après Fowles et coll., 2000).

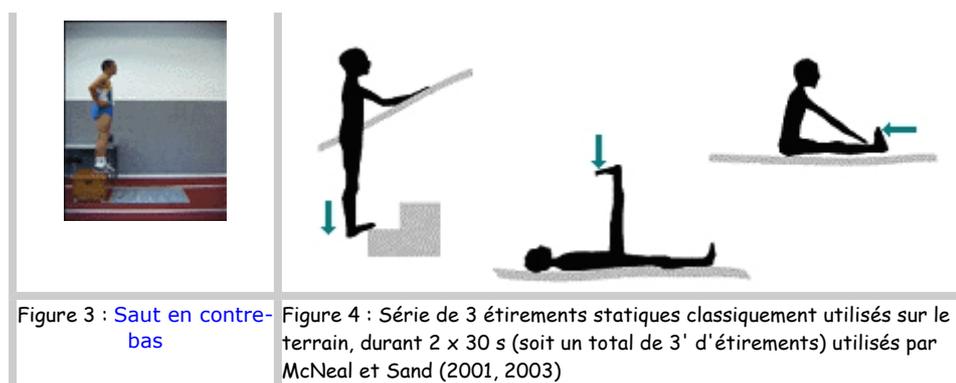
L'activation des unités motrices et la force contractile diminuèrent pendant les 15 minutes qui suivirent cette session. Par contre, l'effet sur la force musculaire persista une heure après la session. Ces données indiquent que **l'étirement prolongé d'un muscle diminue la force volontaire jusqu'à UNE HEURE après l'étirement**, confirmant les observations de Moller et coll. (1985) qui ont eux aussi noté une augmentation de **compliance** du complexe musculo-tendineux pendant une durée de 90 minutes après une séance d'étirements.

Il semble néanmoins nécessaire de **faire une distinction entre les effets qui s'opèrent sur les facteurs nerveux et ceux qui touchent les facteurs mécaniques vu que les délais de récupération sont différents pour chacun d'eux**. Ainsi, la tension passive du complexe musculo-tendineux diminue suite à une séance d'étirements ; cela correspond au fait qu'il faut moins de force externe pour provoquer l'allongement d'un muscle relâché lorsqu'on veut atteindre un angle donné.

Les mêmes phénomènes ont été également observés au niveau de la force maximale concentrique mesurée après une séance d'étirements de type balistiques (Nelson et Kokkonen, 2001c). Par conséquent, **quelle que soit la technique utilisée, les effets négatifs sur la performance sont présents**.

McNeal et Sand (2001) ont fait faire à des gymnastes féminines (de niveau national) une série de 3 étirements statiques (Figure 3) classiquement utilisés sur le terrain, durant 2 x 30 s (soit un total de 3' d'étirements), le tout avant de réaliser trois sauts en contre-bas (Figure 4) à partir d'une caisse, suivi d'une impulsion (également appelé "drop-jump"). Ce type de saut rend compte de la façon dont le cycle étirement-détente est utilisé lors d'un exercice sollicitant la puissance musculaire. Les auteurs ont noté une **diminution de 8%** de la hauteur du saut (respectivement 0.268 m vs. 0.246 m sans vs avec étirements préalables, soit **2,2 cm de différence** !) selon que l'on plaçait cette série d'étirements ou non avant ce test de puissance. Le temps passé en l'air était diminué de 9,6 % (McNeal et Sand, 2003). Ces résultats rejoignent ceux déjà cités de Kokkonen et coll. (1998), mais aussi ceux de Cornwell et coll. (2002) concernant la force maximale, mais montre un effet plus important (entre 4,3 et 4,4 % pour le saut en 1/2 squat et le saut avec un contre-mouvement).





## Les effets néfastes des étirements seraient fonction de l'angle articulaire

Il semblerait qu'il y ait une spécificité de l'effet selon l'angle testé pendant la phase post-étirement. Ainsi, Nelson et coll. (2001a) ont trouvé, en reprenant les protocoles de Kokkonen et Nelson (1998) cités plus haut, que la diminution de force isométrique était plus prononcée pour les angles articulaires supérieurs à 160° au niveau de l'articulation du genou. Cette diminution dans les angles extrêmes pourrait affecter grandement la performance de la force maximale que le sujet est capable de développer lors d'un test spécifique (1RM).

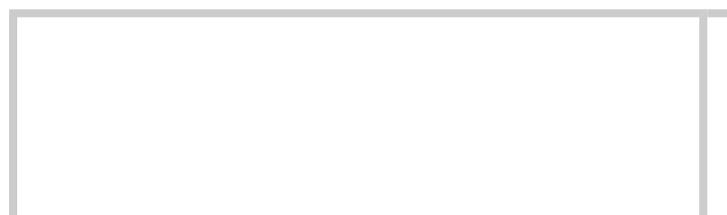
Les auteurs expliquent ce phénomène par le fait que la série d'étirements pratiquée avant le test de force maximale placerait les sarcomères à une **longueur moins favorable** pour développer une force intense de façon beaucoup plus précoce dans le mouvement puisqu'ils sont plus rapidement "allongés" à l'issue des étirements... en tout cas dans des conditions isométriques de force.

## Les effets néfastes des étirements seraient fonction de la vitesse de mouvement

Un article paru récemment (Nelson et coll., 2001b) montre également qu'après une session de 15 min composée d'un étirement actif et de trois étirements passifs, les plus forts taux de diminution de force mesurée à vitesse constante étaient enregistrés pour les mouvements impliquant les vitesses les plus faibles, c'est-à-dire ceux impliquant un plus grand niveau de production de force (puisque correspondant aux longueurs de sarcomères où se forment un plus grand nombre de ponts d'actine-myosine). Ils n'ont noté aucune différence de force pour les vitesses angulaires de 2.62, 3.67 et 4.71 rads/s ; alors que la force était significativement plus petite pour les vitesses de mouvement exécutées à 1.57 (- 4,5 %) et 1.05 (- 7,2 %) rads/s. Par contre, ils n'ont noté aucune influence des étirements sur le pic de force en fonction de l'angle angulaire.

**Ainsi, l'effet des étirements serait d'autant plus important sur la performance que celle-ci implique des contractions à vitesse faible. Par contre, si les contractions sont réalisées à vitesses élevées, les effets négatifs des étirements auraient un impact moins important, ou du moins non mesurables avec les moyens dont disposent les scientifiques actuellement.**

Mis ensemble, les résultats relatifs à la spécificité des effets des étirements mesurés, en fonction de l'angle et de la vitesse, montrent que les étirements réalisés avant une performance affectent la force que le muscle est capable de produire en fonction de l'angle (ou la longueur) à laquelle il se trouve au moment de la contraction. En augmentant la compliance (ou diminuant la raideur, ce qui veut dire la même chose) du muscle, les étirements induisent un allongement prématuré du sarcomère qui entraînerait une diminution du nombre de ponts d'actine-myosine pouvant se former et donc une diminution de la capacité à générer une force importante (Figure 5), puisque l'on sait que **l'intensité de la force contractile est proportionnelle à la quantité de pont d'actine-myosine qui peuvent se former.**



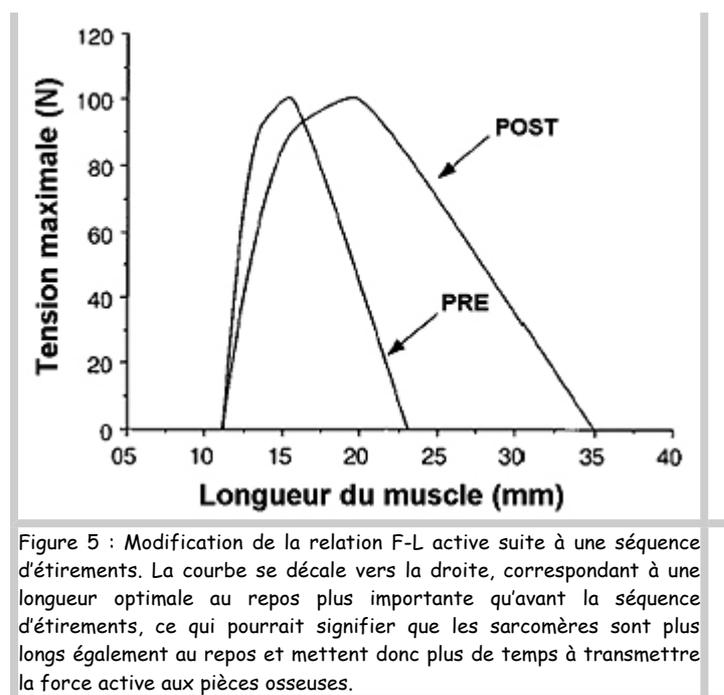


Figure 5 : Modification de la relation F-L active suite à une séquence d'étirements. La courbe se décale vers la droite, correspondant à une longueur optimale au repos plus importante qu'avant la séquence d'étirements, ce qui pourrait signifier que les sarcomères sont plus longs également au repos et mettent donc plus de temps à transmettre la force active aux pièces osseuses.

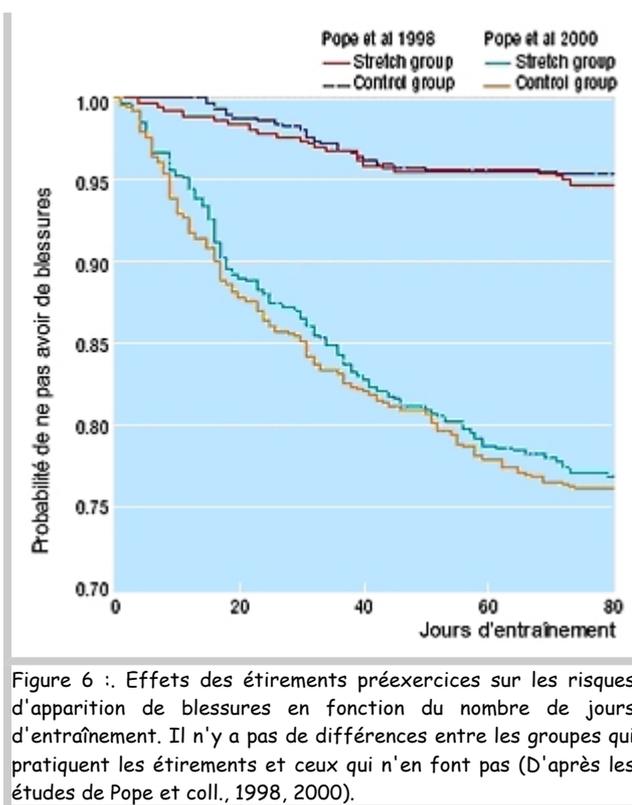
### Effets sur les paramètres maximaux de la performance

Face à ce tableau très négatif des *effets immédiats* des étirements sur le muscle, il serait injuste de ne pas aborder les adaptations à *long terme* sur la performance, suite à un entraînement incluant des étirements réguliers. A l'issue d'un entraînement de 8 semaines d'un programme d'étirements unilatéraux (contracter-relâcher), Handel et coll. (1997) ont observé chez leurs sujets une amélioration de la souplesse active et passive (jusqu'à 6,3° d'amplitude maximale de mouvement), de moment de force maximal (jusqu'à 21,6%) et une augmentation de la production de travail musculaire (jusqu'à 12,9%). Ces améliorations ont été principalement observées avec des conditions de **travail excentrique**.

### Effets présumés des étirements et prévention des blessures

L'un des arguments souvent avancés pour expliquer l'utilité de placer des étirements en début de séance, au cours ou à l'issue de l'échauffement, est qu'ils auraient un effet bénéfique sur les risques de blessure. Dans une étude publiée en 1998, Pope et coll. ont avancé l'hypothèse que les étirements réalisés avant l'exercice n'auraient en réalité que peu d'incidence sur les risques d'apparition des blessures au cours de la pratique sportive. Cette hypothèse a été confirmée par une étude réalisée par la même équipe deux ans plus tard (Pope et coll., 2000). La figure ci-dessous (Figure 6) résume ces résultats (regroupant 2631 jeunes recrues de l'armée âgées entre 17 et 35 ans) et montre qu'il n'y a effectivement pas de différences entre les deux groupes (contrôle vs expérimental) au niveau de la probabilité d'être blessé que l'on fasse ou non des étirements avant une séance d'entraînement. Dans les deux cas, plus on avance dans l'entraînement et plus les chances d'avoir une blessure augmentent tout en étant égales que l'on s'étire ou non.





Des revues systématiques sur les effets de la pratique des étirements (Shrier, 1999 ; Shrier et Gossal, 2000 ; Herbert et Gabriel, 2002) sont arrivées à la même conclusion en se fondant sur les résultats de recherches publiées entre 1966 et 2000. Pour être sélectionnés, ces articles devaient répondre à des critères drastiques. Les auteurs n'ont ainsi retenu que ceux qui respectaient le cahier des charges établi au départ (répartition *aléatoire* des sujets dans un groupe *témoin* et un groupe *expérimental* afin de pouvoir réellement comparer l'effet de l'utilisation ou non des étirements, par exemple). La conclusion qui ressort de ces revues est que les étirements avant l'exercice ne semble pas constituer en une pratique utile pour réduire le risque de blessures, tout au moins lorsqu'ils précèdent les séances :

- où la charge d'entraînement a été fortement augmentée ;
- de reprise après une période de convalescence ou de vacances ;
- où le sujet apprend une nouvelle technique gestuelle ;
- où le sujet utilise un nouveau matériel.

Ces séances provoquent généralement des courbatures.

### Effets des étirements sur les courbatures

Par autant, les études menées sur les effets immédiats des étirements avant et/ou après les exercices excentriques n'ont pu démontrer que les étirements avaient un effet préventif sur les courbatures (Herbert et Gabriel (2002) sont arrivés à une conclusion similaire). Cela est certainement lié au fait qu'aucune étude n'a duré assez longtemps ou n'a utilisé d'étirements suffisamment longs pour mettre évidence ce phénomène (Cheung et coll. 2003 ; Connelly et coll., 2003).

Néanmoins, les exercices excentriques et les étirements passifs agissant sur les mêmes structures, il est fort probable qu'ils affectent les tissus de la même manière (action sur le squelette cellulaire de la fibre musculaire, Figures 7).

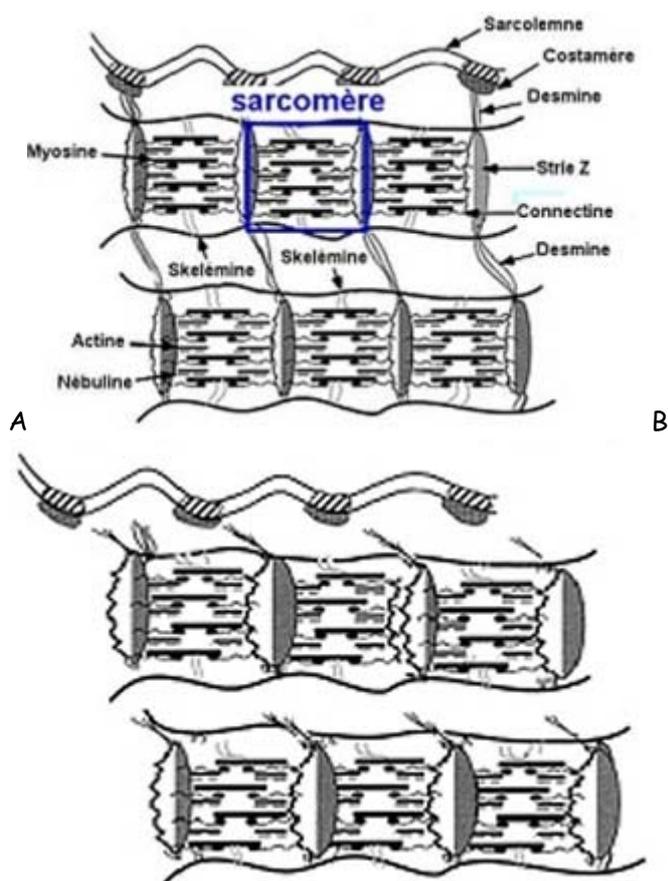


Figure 7 : Le squelette de la cellule musculaire (A) comprend également des protéines dites extramatrixielles qui assurent les liens entre les sarcomères eux-mêmes (connectine dans la strie Z et filaments intermédiaires), mais aussi entre les sarcomères et la matrice servant de support au squelette de la fibre musculaire (desmine, intégrine par exemple). Lorsque le muscle est étiré alors qu'il se contracte (exercice excentrique ou pliométrique), il y a rupture (B) désorganisation des stries Z et rupture du réseau de desmine. Les étirements peuvent aggraver l'état de détérioration du muscle.

De fait, les étirements réalisés après une séance d'entraînement, dont on sait qu'elle provoquera des courbatures, pourraient aggraver le degré de **détérioration subséquente au travail excentrique**.

En effet, deux travaux intéressants montrent l'interrelation des mécanismes mis en jeu dans le travail excentrique et les étirements. D'une part, **les deux types d'étirements (du muscle passif ou du muscle pendant sa contraction) peuvent induire des courbatures chez des sujets qui ne sont pas habitués à ce genre d'exercices, les étirements statiques entraînant des courbatures plus importantes que les étirements balistiques**. Ce dernier point est contraire à ce que l'on admet généralement dans le milieu sportif concernant les étirements balistiques (Smith et coll., 1993). D'autre part, il a été démontré que **les douleurs, ainsi que la baisse de force, liées aux courbatures étaient plus prononcées lorsque la séance d'entraînement était précédée et suivie d'une session d'étirements** (Lund et coll., 1998).

Mis ensemble, ces résultats démontrent que **les étirements et les courbatures altèrent les mêmes structures au sein de la fibre musculaire**. La diminution éphémère de la douleur liée à la courbature que les sportifs peuvent ressentir lors des étirements (la douleur disparaît généralement au bout de 1 à 2 min d'étirement) va dans le sens de l'hypothèse d'une réduction de l'œdème intramusculaire concomitant à l'apparition des courbatures (Abrahams, 1977).

De même, il semblerait qu'à **long terme**, les étirements aient un effet bénéfique en **limitant l'apparition des courbatures** grâce aux modifications du comportement du muscle lors des exercices excentriques, dont on sait qu'ils sont les principaux responsables de ce traumatisme musculaire (Lieber et Friden, 2002). En permettant à celui-ci de s'allonger plus facilement, ils l'empêchent de subir de trop fortes tensions (grâce à une plus grande compliance) permettant ainsi de moins subir de déformation par suite des tensions qui s'exercent alors au sein du

muscle (McHugh et coll., 1999 ; Wessel et coll., 1994).

Par exemple, une expérience (McHugh et coll., 1999) menée chez des personnes regroupées en fonction de leur raideur musculaire faible (compliant), normal (normal) et raide (stiff). Fait intéressant, les trois groupes de sujets (N = 20) étaient les suivants : "compliant" (N=7) : 1 homme et 6 femmes ; "normal" (N=6) : 4 hommes et 2 femmes ; "stiff" (N=7) : 6 hommes et 1 femme. Cette répartition des sujets, à partir de la raideur musculaire mesurée de façon biomécanique, montre très clairement que ce que l'on appelle la raideur (force de résistance qu'oppose le muscle à son allongement) est fonction de la masse musculaire puisque les personnes raides ("stiff") étaient aussi celles qui avaient la masse la plus importantes comparée aux personnes normale ou compliantes (les valeurs de masse corporelle étaient respectivement  $81,6 \pm 2,9$  kg,  $76,8 \pm 2,1$  kg et  $57 \pm 2,9$  kg pour les sujets raides, normaux et compliants ; les valeurs de raideur des ischio-jambiers étaient respectivement  $36,2 \pm 3,3$  N.m/rad,  $27,1 \pm 0,4$  N.m/rad et  $20,3 \pm 1,9$  N.m/rad pour les sujets raides, normaux et compliants).

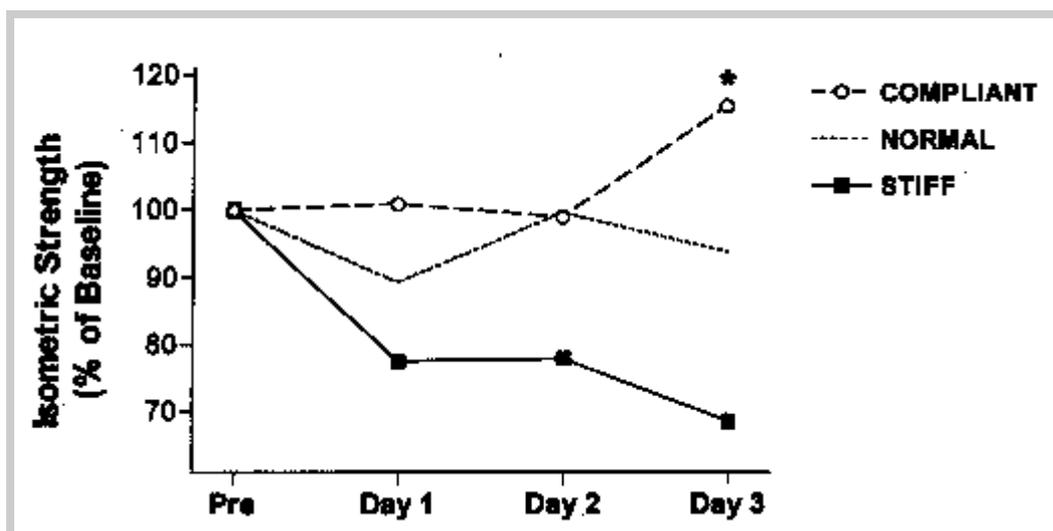


Figure 8A : Effets des courbatures sur la force maximale isométrique (exprimée en % de la valeur pré-expérience) en fonction du degré de raideur musculaire du sujet. On notera que la diminution de la force est la plus importante pour les personnes raides (stiff) alors qu'elle diminue peu chez les sujets normaux (normal), et qu'elle ne change pas, voire s'améliore chez les personnes présentant peu de raideur 3 jours après une séance de travail excentrique (d'après McHugh et coll., 1999).

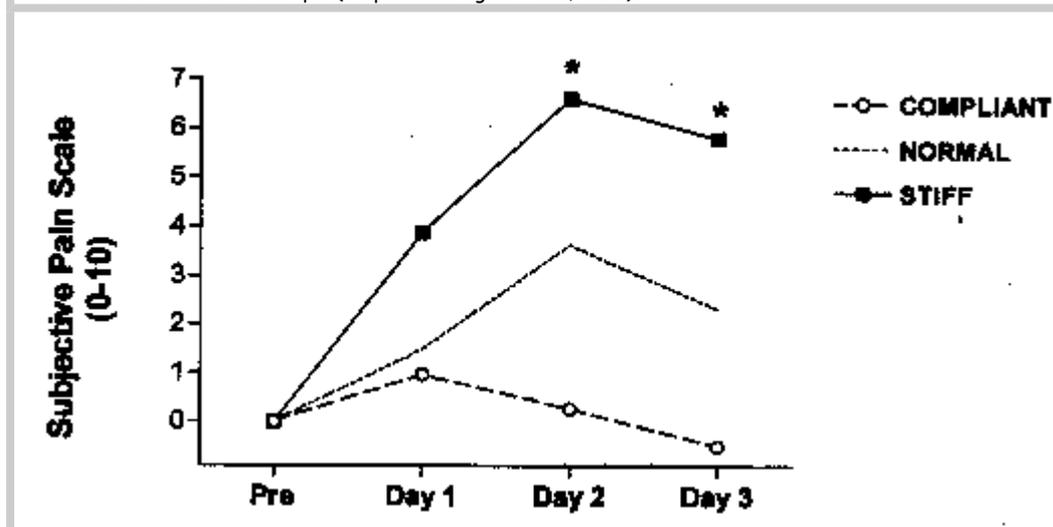


Figure 8B : Effets des courbatures sur la douleur musculaire évaluée de façon subjective sur une échelle de 0 à 10. La douleur augmente fortement chez les personnes raides dès le premier jour après une séance de travail excentrique. Cette augmentation ne se produit qu'au bout du second jour pour diminuer au troisième jour chez les personnes normales (normal). Cette douleur n'est que peu présente chez les personnes peu raides (d'après McHugh et coll., 1999).

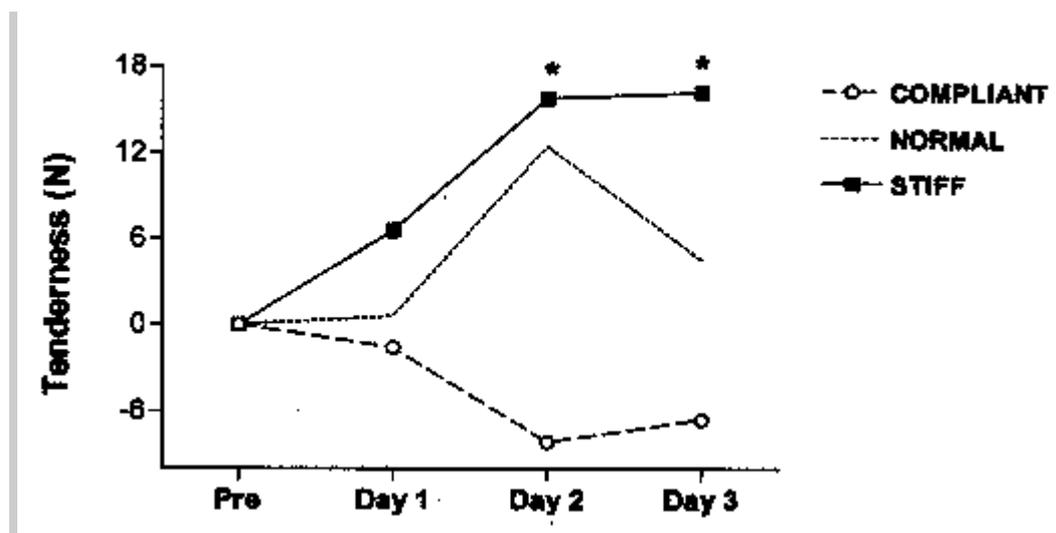


Figure 8C: Effets des courbatures sur le degré de sensibilité qui se traduit par une augmentation de la résistance à l'allongement (exprimée en newton, N) occasionnée par les courbatures en fonction du degré de raideur musculaire du sujet. (d'après McHugh et coll., 1999). Cette sensibilité est très largement augmentée chez les personnes raides (stiff) alors qu'elle ne varie que peu ou pas du tout les personnes normales (normal) ou non raides (compliant) (d'après McHugh et coll., 1999).

Cette étude montre de façon évidente que les personnes plus souples sont moins susceptibles aux courbatures induites par les dommages liés à un exercice excentrique. Ces personnes pourraient donc s'entraîner à des intensités plus élevées ou pendant une plus longue durée au cours des jours qui suivent une séance d'exercice excentrique.

Il semble donc important de dissocier les effets immédiats des effets à long terme lorsque l'on s'intéresse à la relation qui existe entre les étirements et leur effets supposés sur les courbatures. Si ces effets semblent négatifs lorsque l'on considère leur utilisation avant ou après une séance de type excentrique, il est vraisemblable qu'ils soient bénéfiques à long terme par la diminution de raideur passive du muscle qu'ils induisent avec leur utilisation systématique au cours de l'entraînement.

## Conclusion

Il semblerait que les habitudes "ancestrales" du monde sportif soient une nouvelle fois remises en cause par une analyse objective de certaines pratiques de terrain... sans tenir compte des *a priori* et des idées reçues sur le sujet.

**Les étirements musculaires réalisés pendant l'échauffement avant une séance d'entraînement, ou pire, avant une compétition induisent des modifications immédiates de la fonction musculo-tendineuse qui peuvent nuire à la performance sportive.** Ceux-ci ont apparemment un effet inverse à celui supposé ou désiré.

Il semblerait également qu'ils **ne permettent pas non plus de diminuer les risques de blessure.** Ils n'ont donc pas les effets soi-disant "bénéfiques" qu'on leur reconnaît sans l'avoir vérifié. Pour autant, il ne faut pas considérer ce résultat comme acquis car des études supplémentaires sont nécessaires pour valider les premiers résultats recueillis ces dernières années.

Par contre, leurs effets sont tels qu'il est plutôt conseillé de les utiliser comme **technique de récupération post-exercice**, si le risque d'apparition de courbatures à l'issue de la séance est faible. Dans le cas contraire, on exposerait l'athlète à un ralentissement des processus de récupération mis en oeuvre dès les premières heures qui suivent la séance à l'origine de ces traumatismes (Philips, 2000).

C'est en ayant conscience de ces différents problèmes que les étirements pourront répondre parfaitement aux attentes des sportifs et de leurs entraîneurs. Cette prise de conscience passe par la compréhension des mécanismes de réaction et d'adaptation du muscle à l'entraînement, ainsi que des **différents types d'effets (immédiats et à long terme)** que provoquent les étirements sur le système musculo-tendineux.

Il reste, malgré tout, beaucoup de zones d'ombre concernant ces effets, notamment en ce qui concerne la compréhension des mécanismes qui entrent en jeu et qui permettraient d'expliquer pourquoi on observe une baisse de performance en force et en puissance suite à une session d'étirements. Des études supplémentaires sont donc nécessaires avant de proposer des lignes directrices pour l'entraînement et qui seraient issues d'un consensus général entre les physiologistes sur ce thème (Gleim et McHugh, 1997).

Pour l'heure, force est de constater que nous ne devons surtout pas considérer pour acquis les pratiques transmises par nos entraîneurs ou nos formateurs, ou transmises dans les manuels d'entraînement. L'entraîneur doit être à même de faire une **remise en cause quasi permanente de ses connaissances** pour s'assurer que son **action** sur le terrain est réellement **bénéfique** pour le sportif et surtout réalisée dans le **respect de l'intégrité physique** de celui-ci.



Copyright **Sciensport** © 1998-2005

