

LA SOUPLESSE

1. FONDEMENTS PHYSIOLOGIQUES ET DONNÉES RÉCENTES POUR L'AMÉLIORATION DE LA SOUPLESSE

□ Comment caractériser la souplesse ?

L'objectif principal que l'on vise lorsque l'on veut développer la souplesse de quelqu'un est l'augmentation de l'aisance ou l'amplitude de ses mouvements durant leur exécution.

Généralement, on distingue deux types de souplesse : générale et spécifique.

La première mobilise les systèmes musculaires et articulaires pour faire en sorte d'apporter une certaine aisance gestuelle, sans pour autant atteindre les niveaux extrêmes en amplitude, c'est-à-dire ceux que l'on rencontre très rarement dans la population sédentaire.

Ces niveaux extrêmes seront au contraire l'objectif principal de la seconde. Ils sont bien sûr spécifiques à chaque discipline sportive car, pour certaines d'entre elles, les amplitudes articulaires peuvent être un déterminant important de la performance, comme c'est le cas par exemple dans les activités gymniques.

□ Comment solliciter la souplesse ?

Les souplesses active et passive

La distinction que l'on fait entre l'aspect actif ou passif de la souplesse vient de la présence ou non d'une contraction musculaire pendant l'exécution de l'exercice de souplesse. Par exemple, si l'on fait intervenir les extenseurs du genou (quadriceps) pour étirer les fléchisseurs de la même articulation (ischio-jambiers), alors on a affaire à un exercice de souplesse active. Par contre, si l'on utilise le poids du tronc pour étirer ces mêmes fléchisseurs lors d'une fermeture du tronc sur les jambes en position assise, ou que l'on fait appel à une tierce personne pour nous aider à descendre plus bas en nous appuyant dans le dos, alors c'est un exercice de souplesse passive.

Les souplesses statique et dynamique

On entend parler quelquefois de souplesse "active statique" et de souplesse "active dynamique". La différence entre ces deux types de souplesse est liée à la présence ou non d'un mouvement d'élan pour amener le segment dans la position produisant l'étirement du muscle, ou à la présence ou non d'une pause entre les étirements d'une même session. Par exemple, la souplesse active dynamique correspondrait à des étirements des ischio-jambiers que l'on ferait avec des lancers d'une jambe pendant que l'autre reste en appui sur le sol (mouvement très utilisé chez les gymnastes que l'on appelle "battement").

□ Relation entre les différents types de souplesse

Pour une articulation donnée, la souplesse passive est toujours supérieure à la souplesse active.

Par exemple, lorsqu'on se met en appui sur un pied et que l'on élève la jambe, comme dans un battement, en vue d'étirer les ischio-jambiers, on sera capable de monter notre pied beaucoup plus haut avec l'aide de quelqu'un (souplesse passive) que tout seul (souplesse active).

D'autre part, la souplesse active statique est toujours supérieure à la souplesse active dynamique. Ainsi, on montera plus haut ce même pied si l'on fait un lancer de jambe (souplesse active dynamique) que pendant une montée progressive se terminant par un maintien à la seule force des muscles responsables de la fermeture jambe-tronc (souplesse active statique).

La différence entre souplesse passive et souplesse active constitue ce que Frey (1977) a appelé la réserve de mobilité (reprenant à son compte le concept de la réserve cardiaque fonctionnelle de Karnoven, 1957). Celle-ci est très importante car elle donne une information sur la marge de progression que l'on est en droit d'attendre de quelqu'un quand il s'entraîne de façon systématique soit en cherchant un gain de force des muscles agonistes (le quadriceps dans notre exemple, soit un gain d'allongement des antagonistes (les ischio-jambiers toujours dans ce même exemple).

□ Intérêts de la souplesse

Pour un(e) pratiquant(e) de loisirs

On cherchera à maintenir une mobilité qui soit en relation avec son activité quotidienne. Toute limitation articulaire entraîne inévitablement une augmentation de la dépense énergétique musculaire pour compenser cette limitation. Une bonne souplesse générale est donc un élément important de la condition physique et contribue au bien-être de la personne.

Pour le(a) pratiquant(e) de compétition

C'est plutôt la souplesse active (statique et dynamique) que l'on cherchera à développer en priorité. Néanmoins, celle-ci ne pourra être atteinte qu'à condition d'avoir au préalable améliorée la souplesse passive parallèlement à un renforcement musculaire ciblé.

Les effets sur la performance directs et indirects

Le premier d'entre eux est d'augmenter l'efficacité du geste sportif tant au niveau de la technique que de la puissance. En effet, lorsqu'un muscle est étiré par le travail de son antagoniste, l'énergie est emmagasinée, puis restituée lors de sa contraction (Cavagna et coll., 1968). Ce phénomène est connu sous le nom de cycle étirement-détente. Une plus grande amplitude d'étirement permet donc d'obtenir un plus grand stockage d'énergie élastique, et par là même une contraction musculaire plus intense (Handel et coll., 1997 ; McHugh et coll., 1999). C'est ce principe que l'on utilise à chaque fois que l'on fait un saut vertical en faisant une flexion du membre inférieur avant de pousser sur le sol.

Ensuite, elle permet d'éviter les blessures qui pourraient être occasionnées par le geste sportif. Grâce à une grande mobilité articulaire, les muscles et les tendons seront sollicités en-deçà de leur amplitude d'étirement maximale fonctionnelle, et seront moins sujets aux dommages. De même, elle limite également l'apparition des courbatures en faisant en sorte d'avoir des muscles moins « raides », plus sujets à de forte tension lors du travail excentrique dont on sait qu'il est à l'origine de ces courbatures. (Magnusson et coll., 1997 ; McHugh et coll., 1999).

Néanmoins, une trop grande laxité de l'articulation peut survenir si l'entraînement de souplesse est mal mené. Il peut alors provoquer l'effet inverse, à savoir un affaiblissement de la stabilité de l'articulation, qui sera sujette alors à des pathologies récurrents (comme des entorses à répétitions par exemple). Ceci implique que les personnes moins raides sont capables de réaliser des exercices d'une plus grande intensité, ou d'une plus grande durée durant les jours qui suivent une séance ayant provoquée des courbatures (McHugh et coll., 1999).

□ Les facteurs limitant la souplesse

Limites anatomiques

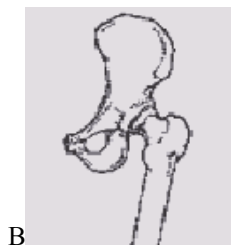
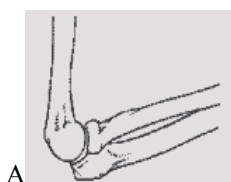


Figure 1 : limites anatomiques

La *première limite* est le type d'articulation que l'on souhaite mobiliser. Par exemple, l'articulation du coude (Figure 1A) est une articulation dite trochléenne ou à charnière (assemblage de pièces osseuses similaires aux gonds d'une porte) qui ne peut réaliser qu'un type de mouvement (en l'occurrence les mouvements de flexion et d'extension). A l'opposé, l'articulation de la hanche (Figure 1B) est une articulation dite énarthroïde ou sphérique (emboîtement de deux demi-sphères creuse et pleine) permet de faire tous les types de mouvements : flexion-extension, abduction-adduction, rotations interne-externe, et la circumduction qui est une combinaison des mouvements précédents. On sait que la configuration articulaire est déterminée génétiquement. Une grande part de la variabilité interindividuelle est donc due à ce facteur (par exemple le taux de recouvrement de la tête fémorale par la cavité dans laquelle elle s'insère au niveau du bassin, l'angle entre la tête et le corps fémoral, etc.).

La *deuxième limite* vient du tissu conjonctif, principal constituant des éléments de contention de l'articulation (capsule et ligaments), des différentes enveloppes (fascias) donnant sa forme au muscle et des attaches qui lui permettent de se fixer aux os (tendons).

Il est essentiellement constitué de fibres de collagène très résistantes à la déformation (l'allongement en ce qui nous concerne).

- Ce tissu se trouve en grande quantité dans les capsules articulaires (qui augmentent la stabilité de l'articulation et assurent son étanchéité pour la lubrification) et les muscles. Ils vont donc présenter la plus grande résistance à l'allongement. Par ailleurs, la nature des autres constituants entrant dans leur composition (notamment la présence de tissu nerveux dans le muscle) explique le fait qu'il faille utiliser deux types de techniques de souplesse pour les mobiliser, comme nous le verrons plus loin.
- Les ligaments (qui guident le mouvement et préviennent tout mouvement excessif des os) et les tendons (assurant l'ancrage du muscle sur l'os et la transmission des forces) sont de nature très similaire au niveau constitution en collagène (une fois déshydraté, 70 à 80% du poids est du collagène de type I ; Burgeson et Nimmi, 1992). Pourtant, ils diffèrent quand à leur résistance relative car l'architecture de leur collagène est directement liée aux contraintes mécaniques qu'ils subissent. Dans les tendons qui sont essentiellement soumis à des forces traction, les fibres de collagène sont disposées en parallèle, dans la continuité des structures conjonctives présentes dans le muscle. Dans les ligaments qui subissent des forces pouvant être multidirectionnelles, les fibres sont positionnées dans plusieurs directions : en parallèle, en oblique ou en spirale.

Les données recueillies par Johns et Wright (1984) apportent un complément d'informations concernant la résistance relative à l'allongement des différentes composantes anatomiques que nous venons d'énumérer par rapport à la résistance totale de l'articulation mobilisée.

Composante anatomique	% de résistance
Capsule articulaire	47 %
Muscle	41 %
Tendon	10 %
Peau	2 %

Tableau 1 : Résistances à l'allongement des différentes composantes anatomiques par rapport à la résistance articulaire totale. D'après Johns et Wright In Fox et Mathews (1984)

Limites mécaniques

La quantité tout comme les propriétés de tissu conjonctif peuvent varier avec la fonction du muscle (Shadwick, 1990). Par ailleurs, il a été montré que la contrainte mécanique imposée par étirement à un muscle contracté est plus petite dans un muscle ayant une majorité de fibres lentes, alors que l'énergie élastique stockée y est plus importante dans les fibres rapides (Komi, 1984) ; ceci suggère que l'élasticité de la composante élastique série d'un muscle lent est plus élevée que celle d'un muscle rapide. Ces différences sont dues en grande partie au fait que la concentration en collagène est plus élevée dans les muscles lents que dans les muscles rapides qui leur permet de mieux amortir les variations de position de façon passive (Kovanen et coll., 1984).

De tels résultats sont en accord avec les analyses mécaniques de base que l'on peut faire sur un mouvement rapide. La très grande raideur et la faible déformation des muscles lents est bien adaptée à une fonction musculaire qui est dédiée au contrôle continu de la posture. A l'opposé, la raideur plus faible, la plus grande compliance et la plus petite élasticité d'un muscle rapide très contracté est beaucoup plus adaptée à l'amélioration de la rapidité et de l'efficacité du mouvement.

Il est donc important de se rappeler que les muscles, habituellement utilisés dans le travail postural et qui sont en plus sollicités dans une activité sportive contraignante comme la nôtre, nécessitent qu'on leur consacre toute notre attention dans le travail de souplesse.

Limites d'âge et de mobilisation

Autres données importantes concernant le collagène : son évolution avec l'âge et l'entraînement ou la convalescence.

- Les propriétés physiques du collagène sont liées au nombre et à la qualité des liaisons existant entre les molécules qui le composent. L'âge a un effet sur cette protéine fibreuse : avec la maturation (jusqu'à l'âge de 20 ans environ), le nombre et la quantité de ces liaisons augmentent, ce qui entraîne une amélioration de sa résistance, notamment au niveau des ligaments et des tendons (Viidik et coll., 1982). On observe également une augmentation du diamètre des fibres de collagène chez les jeunes (< 20 ans) avec une grande variabilité au niveau de la taille selon les individus.
- La mobilisation et l'immobilisation (suite à une blessure par exemple) ont un effet significatif. L'entraînement augmente la résistance des ligaments et des tendons (Woo et coll., 1981) alors que l'immobilisation a l'effet inverse (Newton et coll., 1995 ; Walsh et coll., 1993).

Huit semaines d'immobilisation provoque une diminution de 39% de la charge de rupture (ce qui équivaut à augmenter sa fragilité à la déformation ou, en d'autres termes, à ce qu'il se rompt plus tôt pour une même contrainte) et une diminution de 32% de l'énergie stockée par le tissu pendant la déformation (ce qui implique une moins bonne capacité à absorber les contraintes subies pendant l'allongement) (Figure 2 ; Noyes, 1977) ainsi qu'une diminution du diamètre des fibres de collagène de 74% (Newton et coll., 1995 ; Walsh et coll., 1993). La récupération des propriétés mécaniques initiales nécessite un délai important. Après 5 mois de rééducation suite à une immobilisation, la récupération n'est que de 80% et la totalité est recouvrée au bout de 1 an (Figure 2 ; Noyes, 1977).

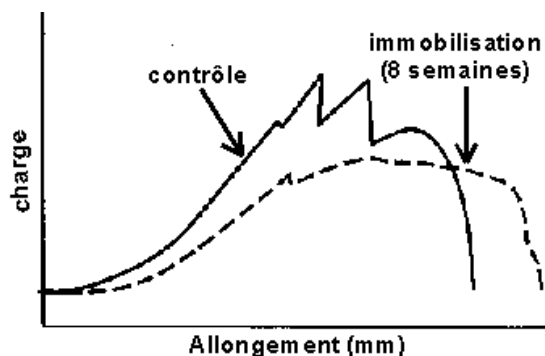


Figure 2 : Effet de l'immobilisation sur les propriétés mécaniques d'un ligament après 8 semaines d'immobilisation. On remarquera que l'absorption de la déformation (pic de la courbe plus petit) et la réactivité du ligament (courbe plus plate) sont plus faibles comparées au groupe contrôle (d'après Noyes, 1977).

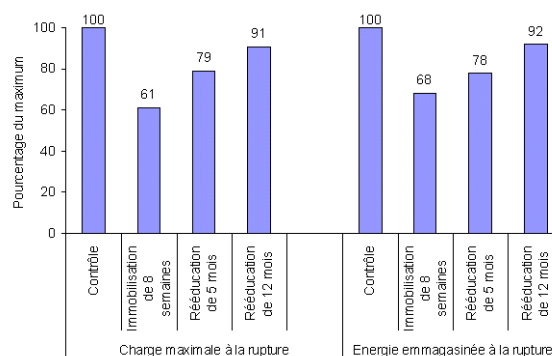


Figure 3 : Effet de l'immobilisation et de la rééducation sur les propriétés mécaniques du ligament croisé antérieur du singe. La charge maximale et l'énergie emmagasinée par le tissu jusqu'à la rupture ont été mesurées dans plusieurs conditions (après 8 semaines d'immobilisation, après 5 mois puis 12 mois de rééducation) et comparées aux valeurs obtenues avant l'immobilisation (contrôle) (d'après Noyes, 1977).

Limites neurophysiologiques

Elles concernent essentiellement la partie contractile des muscles et son influence sur les tendons. Ainsi, cet aspect plutôt dynamique de la souplesse fait intervenir tous les éléments du système neuromusculaire.

Deux paramètres musculaires sont régulés par le système nerveux : la longueur du muscle et la force musculaire. Ces régulations sont dites rétro-négatives car elles se font *en boucle* à partir d'informations issues de capteurs situés dans les muscles et les tendons, et tendent à faire retrouver au système son *état initial*. Ce sont donc des systèmes asservis à un paramètre donné (on parle aussi de servomécanisme). Dès que ce paramètre varie, tout est mis en œuvre (corrections) pour qu'il retrouve sa valeur de départ (consigne). A cela viennent s'ajouter les influences intermusculaires et les influences corticales. Ce qui fait qu'à la place d'un modèle, relativement rigide, proposé au départ par les physiologistes, on observe aujourd'hui que le SNC est capable de moduler tous ces paramètres en fonction des circonstances de l'action. Ces circuits sont résumés dans la figure 4 et décrits dans les paragraphes qui suivent.

⇒ Le réflexe myotatique : contrôle de la longueur musculaire

L'étirement passif ou actif d'un muscle entraîne une contraction réflexe de celui-ci qui a pour objectif de rendre au muscle sa longueur initiale. C'est le réflexe myotatique. Son origine prend sa source dans des fibres musculaires sensibles, autour desquelles s'enroule un neurone sensitif transportant les informations vers la moelle épinière. Cette fibre, appelée fuseau neuromusculaire, est positionnée en parallèle avec les fibres musculaires striés squelettiques responsables de la contraction musculaire (figure 5a,b). De par leur nature, les fuseaux neuromusculaires permettent d'obtenir deux types d'informations concernant la longueur du muscle : l'une sur l'amplitude de l'allongement et l'autre sur la vitesse de l'allongement.

D'un point de vue physiologique, cette boucle myotatique permet de gérer les ajustements de la longueur des muscles agonistes et antagonistes, de sorte qu'elle participe à la conservation des angles articulaires. Une régulation de ce type est parfaitement adaptée au maintien d'une position corporelle donnée. De fait, le réflexe myotatique occupe une place prépondérante dans la régulation de l'activité posturale.

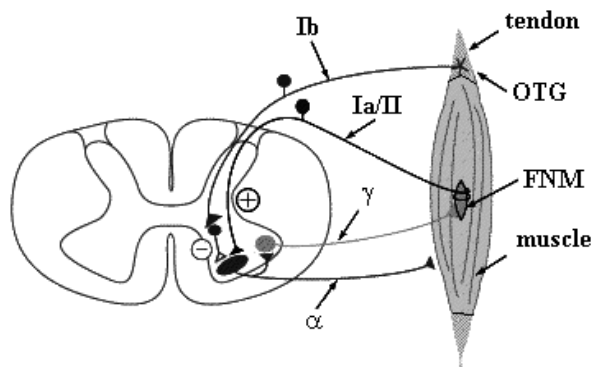


Figure 4 : Circuits nerveux impliqués dans les techniques de souplesse. Les *efférences* (informations motrices) sont représentées par les neurones moteurs alpha et gamma. Le premier (excitateur) innerve les fibres musculaires contractiles, le second (excitateur ou inhibiteur) innerve les fibres musculaires non contractiles spécialisées dans la transmission d'informations sensorielles, les fuseaux neuromusculaires (FNM). Les *afférences* (informations sensorielles) partent de deux capteurs : le capteur musculaire (ou fuseau neuromusculaire) dont l'effet est excitateur (Ia/II), provoque la contraction musculaire ; le capteur tendineux (ou organe tendineux de Golgi, OTG) dont l'effet est inhibiteur (Ib), entraîne le relâchement du muscle. Les influences dites supra-médullaires (car arrivant des centres nerveux situés en amont de la moelle épinière) accentuent ou diminuent la sensibilité des fuseaux neuromusculaires (via la formation réticulée située dans le cerveau), agissant ainsi de façon indirecte sur le tonus musculaire. La boucle gamma a également pour rôle de s'assurer que le fuseau neuromusculaire est aussi sensible pendant un mouvement passif qu'un mouvement actif, notamment pendant les phases de contractions.

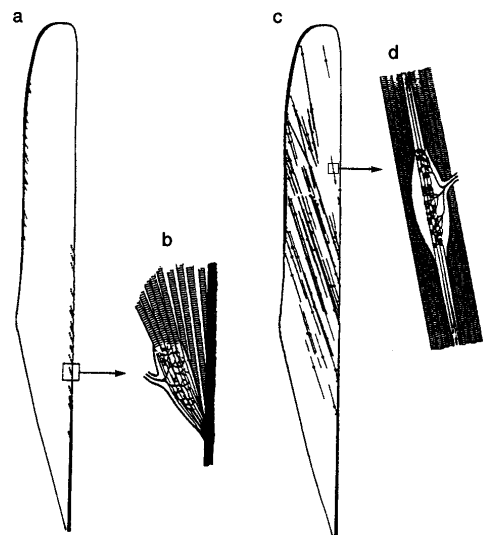


Figure 5 : Distribution des fuseaux neuromusculaires (FNM) et des organes tendineux de Golgi (OTG) dans le muscle jumeau interne du chat : a) section longitudinale du muscle avec son tendon et les OTG attachés à l'aponévrose ; b) agrandissement d'un seul OTG, en série par rapport aux fibres musculaires striés ; c) coupe longitudinale du muscle montrant la distribution des FNM à travers tout le muscle ; d) agrandissement d'un FNM mettant en évidence sa position en parallèle avec les fibres musculaires (D'après Botterman et coll., 1978).

Ces ajustements de longueur interviennent aussi lorsqu'il s'agit de protéger le muscle contre un étirement abusif de ses structures qui pourrait entraîner des lésions. L'activité myotatique va donc empêcher certains mouvements de grande amplitude en provoquant des raideurs musculaires, c'est-à-dire en limitant l'allongement musculaire. Ceci va évidemment à l'encontre de ce que l'on veut obtenir en souplesse.

⇒ Le réflexe myotatique inverse : contrôle de la force musculaire

Ainsi, le muscle se contracte de façon réflexe lorsqu'il est étiré (réflexe myotatique). Toutefois, si l'étirement persiste et s'amplifie, la résistance à l'allongement disparaît subitement. Le même phénomène se produit suite à une contraction volontaire maximale. L'origine de cette action se situe au niveau des organes tendineux de Golgi qui se trouvent, comme leur nom l'indique, dans les tendons. Ils sont disposés cette fois-ci en série par rapport aux fibres musculaires (figure 5c,d). C'est en effet la meilleure position pour enregistrer les variations de tension. Leur action est opposée à celles des fuseaux neuromusculaires : ils entraînent une *inhibition des motoneurones des muscles agonistes* (qui véhiculent l'ordre de contraction) et une *facilitation des motoneurones des muscles antagonistes*. Ce faisant, ils permettent de protéger le tendon d'un arrachement au niveau de ses jonctions myo- ou ostéo-tendineuse, du fait des trop fortes tensions qui lui seraient imposées.

⇒ Le réflexe d'inhibition réciproque : contrôle de coordination inter-musculaire

Ce réflexe est le processus par lequel l'*excitation (contraction) des muscles agonistes s'accompagne de l'inhibition (relâchement) des muscles antagonistes, et vice versa*. Cette activité réflexe représente, à l'intérieur de l'activité neuromusculaire, une organisation coordonnée et hiérarchique que l'on pensait, jusqu'à il y a peu, indépendante de toute influence corticale. Or, il n'en est rien.

En effet, dans certaines circonstances, les centres supra-spinaux (situés en amont de la moelle épinière) peuvent modifier l'activité réflexe. Les inter-neurones (situés dans la moelle épinière) effectuent la somme algébrique des impulsions excitatrices et inhibitrices : selon le résultat final, le SNC exercera soit une inhibition (-), soit une excitation (+) des motoneurones.

C'est ce qui se passe, par exemple, au niveau de la coordination biceps-triceps dans l'attraper d'un objet, lorsqu'on laisse tomber celui-ci d'une certaine hauteur dans la paume de main ouverte. Pour pouvoir le saisir et ne pas le faire tomber, le système nerveux *anticipe* le moment de l'impact de l'objet dans la main et réalise une co-contraction de ces deux muscles afin d'augmenter la raideur du bras. Fait encore plus troublant : l'augmentation de la raideur est *proportionnelle*

à la hauteur du lâcher et donc à la force de l'impact qui en résulte (Lacquaniti et Maioli 1987, 1989a,b ; Prévost et coll., 1999). D'une façon plus générale, c'est ce qui se passe lorsqu'on fait une impulsion suite à un saut en contrebass : certaines activités musculaires vont être déclenchées *avant* le contact du pied avec le sol afin de donner une raideur suffisante aux membres inférieurs et éviter qu'elles ne plient sous notre poids de corps.

Malgré tout, les réflexes d'inhibition réciproque priment sur les réflexes myotatiques, qui eux-mêmes dominent les réflexes myotatiques inverses.

⇒ La boucle gamma : régulation de la raideur musculaire

La stimulation des fibres musculaires squelettiques et des fuseaux neuromusculaires peut passer par deux voies différentes : l'une est appelée alpha et l'autre gamma. Cette dernière va servir à définir la longueur du muscle qui constitue le point de départ de la boucle de régulation myotatique. La boucle gamma permet en quelque sorte de réguler la sensibilité du système. Elle permet d'avoir des fuseaux neuromusculaires toujours prêts à réagir au moindre allongement anormal, y compris pendant une phase de raccourcissement liée à une contraction musculaire : *la sensibilité des fuseaux reste identique quelle que soit la longueur du muscle.*

Le tonus musculaire de base est la *contraction minimale ou légère excitation d'un muscle au repos*. Si on sectionne le nerf moteur (qui innerve un groupe musculaire) ou la racine dorsale de la moelle épinière (par laquelle arrivent les informations sensitives de ce même groupe musculaire), on supprime tout tonus musculaire : ceci démontre que le tonus musculaire dépend simultanément d'influences centrales et périphériques. Le mécanisme de base qui génère ce tonus réside dans le réflexe myotatique.

Ce tonus est sous l'influence d'une structure neuronale (la formation réticulée ; Figure 6) située dans le cerveau. Cette structure est elle-même soumise à l'action de plusieurs autres formations nerveuses supérieures (cortex cérébral, cervelet et noyaux gris centraux ; Figure 6). Son action sur le contrôle du tonus et de la posture se traduit par l'équilibre constant des commandes excitatrices et inhibitrices agissant sur les motoneurones alpha et gamma. Ainsi, cette structure permet de réguler la tension des muscles au repos, et donc leur raideur (résistance à l'allongement). Certains états émotionnels ou autres (attente, stress, effort,...) entraînent souvent une augmentation de la tension générale de l'organisme humain par la stimulation de cette formation réticulée par d'autres situées en amont : cette structure agit donc comme un *régulateur de tension*

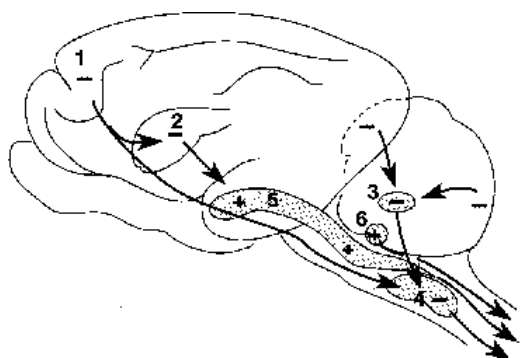


Figure 6 : Formation réticulée et ses relations avec les centres nerveux supérieurs : 1 : cortex moteur ; 2 : noyaux gris centraux ; 3 : cervelet ; 4 : formation réticulée inhibitrice ; 5 : formation réticulée excitatrice ; 6 : noyaux vestibulaires (d'après Richard et Orsal, 1994)

Chez l'homme, certaines maladies obligent à faire une ablation du cervelet postérieur : cela provoque immédiatement une *hypotonie* (baisse tonus) *musculaire*. Une partie des voies nerveuses de cette structure participe à l'équilibration, une autre au maintien de la position du corps. Le cervelet agit donc, par circuits interposés, sur les motoneurones alpha et d'une façon moindre sur les motoneurones gamma en réduisant leur excitabilité, d'où son impact dans le contrôle de la posture et des mouvements.

En conséquence, les centres supra-spinaux ont donc une importance non négligeable sur le tonus de base de nos muscles, et par conséquent sur la souplesse.

En résumé, les facteurs pouvant influencer la souplesse sont :

- le type d'articulation
- le tissu conjonctif
- les circuits nerveux de la moelle épinière et les influences de centres supra-spinaux.
- l'immobilisation (plâtrage par exemple) ;
- la convalescence (une fois le plâtre enlevé) ;
- l'âge (mais l'effet peut être retardé avec la pratique régulière d'exercices) ;
- la fonction du muscle (posturale ou mouvement) ;
- l'échauffement ;
- l'entraînement.

2. IMPLICATIONS ET CONSEILS PRATIQUES CONCERNANT LES TECHNIQUES D'AMÉLIORATION DE LA SOUPLESSE

Une chose essentielle à garder à l'esprit est que les règles seront différentes selon qu'elles concernent les étirements ou les assouplissements dans la mesure où les structures visées ne sont pas les mêmes. Il faut dire que la plupart relèvent du bon sens... à condition d'avoir toujours à l'esprit lesdites observations et surtout les connaissances physiologiques qui les accompagnent. Certains de ces conseils vont vraisemblablement aller à l'encontre des habitudes de certains entraîneurs. Pourtant, ils donnent les résultats les plus significatifs au niveau pratique.

□ Règles pour les étirements

La cible privilégiée des étirements est le muscle et sa raideur... sans pour autant chercher un gain maximal comme dans les assouplissements. Cette raideur varie en fonction des circonstances. Pour la diminuer, on peut faire appel à différentes méthodes dont certaines relèvent simplement de la mobilisation ou de la mise en tension du muscle, alors que d'autres nécessitent de faire appel aux réflexes dont nous avons parlé dans la première partie.

La raideur passive du muscle varie avec l'activité physique

La raideur est plus marquée avant et après l'activité physique (Hagbarth et coll., 1985 ; Lakie et Robson, 1988b ; Proske et coll., 1993 ; Wiegner, 1987). Elle peut être éliminée par des mouvements passifs (étirements) ou actifs (contraction musculaire), de grande amplitude, mais jamais par des contractions isométriques puisque durant celles-ci les glissements entre les protéines contractiles sont quasi inexistantes (Lakie et Robson, 1988a ; Wiktorson-Möller et coll., 1983). Cet effet, appelé thixotropie, est bien connu des chimistes. Il permet d'assimiler le comportement musculaire à celui d'un gel qui se liquéfie lorsqu'on le brasse (pensez à une célèbre sauce tomate qu'on rend plus fluide en secouant son contenant). L'action de la composante élastique du muscle contribue elle aussi à la raideur passive musculaire.

Néanmoins, il peut être intéressant de vouloir augmenter (conserver) la raideur musculaire dans le but d'accroître la rapidité de transmission de la force musculaire aux pièces osseuses et, par la même occasion, de rendre les muscles moins sensibles aux perturbations. Cela leur permet de réagir plus aisément pour le contrôle postural ou l'efficacité des mouvements rapides par exemple. Dans ce cas, les étirements musculaires trop prolongés sont déconseillés car ils vont dans le sens inverse du comportement désiré. Il faut donc éviter de faire trop d'étirements avant un entraînement (pendant l'échauffement notamment) ou une compétition, sous peine de provoquer une diminution de la performance motrice. Ceci a été démontré par Fowles et coll. (2000). Dans leur étude, ils ont demandé à des sujets de réaliser, pendant 30 min, des étirements passifs très longs (135 s), jusqu'au maximum tolérable par le sujet, et entre-coupés de pause (19 s). La contraction volontaire maximale a diminué selon les proportions illustrées par la Figure 7.

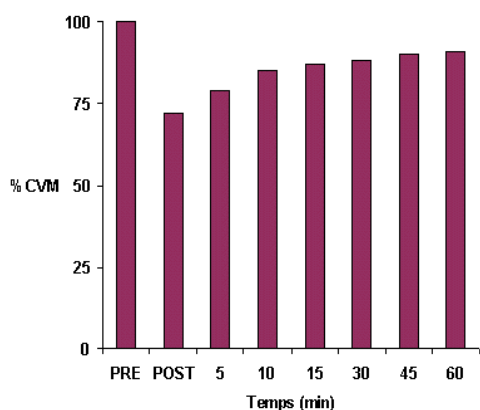


Figure 7 : Diminution de la force maximale volontaire suite à une session de 30 min d'étirements passifs jusqu'au maximum tolérable de la personne, entre-coupés de phases de relâchement (d'après Fowles et coll., 2001).

L'activation des unités motrices et l'électromyogramme diminuèrent de façon significative après cette session et ne recouvrèrent leurs valeurs initiales qu'après 15 min de façon significative mais que l'effet persiste même une heure après la session. Un test additionnel confirma que la relation angle articulaire-moment a pu être temporairement altérée, mais seulement à l'issue de la session (Post). Ces données indiquent que l'étirement prolongé d'un muscle unique diminue la force volontaire jusqu'à UNE HEURE après l'étirement et, par conséquent, affaiblit l'activation et la force contractile dans la phase précoce de diminution, ainsi que la force contractile durant la toute période de diminution.

Dans le même registre, les résultats obtenus par d'autres chercheurs (Church et coll., 2001 ; Cornwell et coll., 2002 ; Herbert et Gabriel, 2002 ; Knudson et coll., 2001 ; Mohr et coll., 1998 ; Pope et coll., 2000 ; Shrier et Gossal, 2000) montrent clairement que les étirements réalisés avant un exercice physique avec ou sans échauffement n'améliorent en rien la performance, voire entraînent une régression de celle-ci lorsque l'on utilise les techniques sollicitant les circuits réflexes musculaires (ou PNF, facilitation neuromusculaire

proprioceptive). Les mêmes phénomènes ont été également observés au niveau de la force maximale concentrique mesurée après une séance d'étirements (Nelson et coll., 2001). Là encore, les effets induits par les étirements précédents la réalisation d'une performance vont dans le sens d'une suppression de tout étirement pendant l'échauffement surtout ceux utilisant la PNF... ce qui va à l'encontre des usages et croyances que l'on rencontre dans le milieu sportif. Un

article paru récemment (Nelson et coll., 2001), apporte cependant un nouvel éclairage concernant les effets néfastes des étirements sur la performance motrice. Après une session de 15 min d'étirements actif et passif, les plus forts taux de diminution force étaient enregistrés pour les mouvements impliquant les forces les plus élevées : ainsi, l'effet des étirements seraient d'autant plus important sur la performance que celle-ci implique des contractions d'intensité maximale. Par contre, si les contractions sont principalement axées sur la vitesse les effets négatifs des étirements n'auraient que peu d'impact.

L'allongement du muscle provoque une diminution réflexe de l'activité des nerfs moteurs et donc un relâchement musculaire

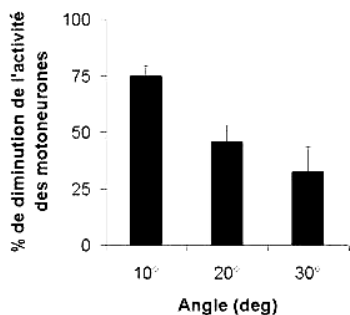


Figure 8 : Changement dans le niveau d'excitabilité des motoneurones en fonction de l'amplitude de la mobilisation articulaire au cours d'un étirement statique de la cheville. (d'après Guissard et al., 2001)

Tant que l'on maintient l'allongement du muscle, l'excitabilité des motoneurones est diminuée et le muscle s'allonge plus facilement. Dès que l'articulation est replacée dans sa position initiale, l'effet d'inhibition disparaît et les motoneurones retrouvent quasiment leur niveau d'excitabilité initial (Guissard et al., 1988).

D'autre part, l'intensité de l'inhibition est proportionnelle à l'intensité de l'étirement du muscle, et donc de l'angle articulaire atteint pendant le mouvement. Par exemple, dans l'étirement du mollet, un angle de flexion de 20° entraîne une diminution plus importante de l'excitabilité des motoneurones qu'un angle de 10° (Figure 8). Ceci est dû au fait que, en fonction de l'intensité de l'étirement, différents mécanismes nerveux de modulation de la réponse musculaire peuvent être sollicités. Il est conseillé d'aller jusqu'à l'amplitude articulaire correspondant au seuil de douleur tolérable par la personne. Cette amplitude permet de solliciter tous les mécanismes d'inhibition dont dispose le SNC.

Effectuer les étirements avec lenteur, sans à-coups

Deux raisons à cela.

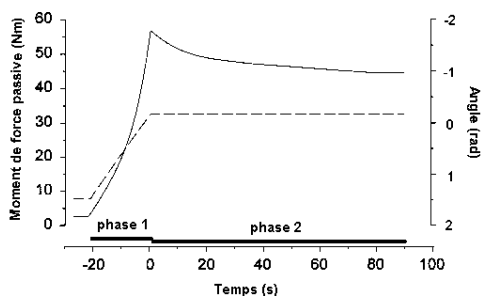


Figure 9 : Les différentes phases d'un étirement passif statique. La ligne pointillée représente la variation de l'angle articulaire, la ligne pleine correspond à la variation du moment de la force de résistance, c'est-à-dire la résistance du muscle à la rotation articulaire. La mise en tension se fait dans le cas présent en 20 s et le maintien de la position finale dure 90 s (d'après Magnusson et coll., 1996a).

1°) Lors des étirements, il faudra veiller à respecter une certaine progressivité dans l'allongement, et éviter les à-coups. En effet, certains des phénomènes décrits ci-après n'apparaissent qu'à condition de ne pas faire l'étirement à trop grande vitesse sous peine de réveiller le réflexe myotatique et d'entraîner une contraction réflexe du muscle étiré.

2°) Le muscle est un organe composé de différents tissus qui lui confèrent un comportement viscoélastique. Considérons un muscle allongé progressivement de façon passive, jusqu'à la position correspondant au seuil de douleur tolérable. On mesure dans le même temps l'angle articulaire et la force de résistance correspondant à cet angle, c'est-à-dire le *moment de la force*. L'enregistrement que l'on obtient alors (Figure 9) permet de distinguer *deux phases* : la phase dynamique (phase 1) qui correspond à la mise en tension du muscle jusqu'à l'angle cible, et une phase statique (phase 2) correspondant au maintien (ici 90 s) de l'angle articulaire une fois la position douloureuse atteinte. La réaction passive du muscle à l'allongement et à son maintien n'est pas linéaire.

Pour caractériser chacune de ces phases, on mesure trois paramètres biomécaniques. Le premier (Figure 10) est la raideur, que l'on obtient facilement en calculant la pente de la relation angle-moment de la force à une position donnée (notamment dans sa partie rectiligne) ; le second (Figure 10) est l'énergie absorbée par le tissu lors de l'allongement, donnée par l'aire sous la courbe ; le troisième (Figure 11) est la viscoélasticité et s'obtient en mesurant la différence entre la valeur maximale et la valeur finale du moment de résistance, liée au relâchement viscoélastique. Il est fondamental de se rappeler que ces relations sont essentiellement non linéaires... ce qui constitue l'une des caractéristiques principales dans les réactions aux déformations des tissus vivants. Le temps et la vitesse sont donc des facteurs très importants.

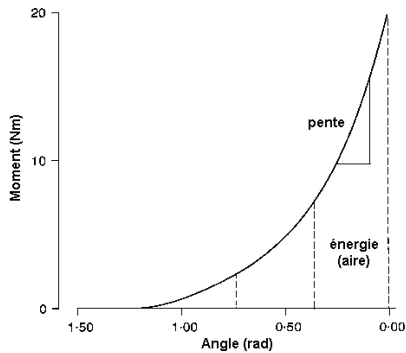


Figure 10 : Description de la méthode calcul de la raideur musculaire et de l'énergie absorbée par le tissu. L'augmentation de la raideur musculaire n'est pas linéaire mais plutôt curvilénaire, avec deux phases : l'une lente et l'autre rapide (d'après Magnusson et coll., 1996b).

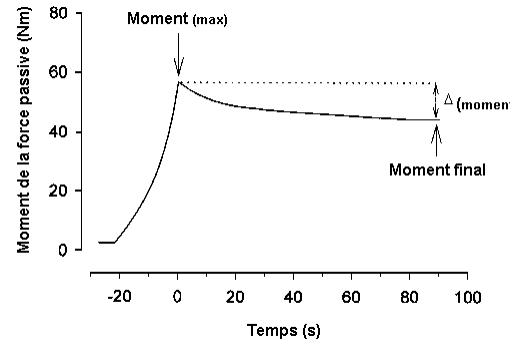


Figure 11 : Description de la méthode utilisée pour mesurer la viscoélasticité tissulaire. On notera la diminution de la résistance passive de façon non linéaire avec le temps. Elle rend compte du comportement viscoélasticité et de la relaxation musculaire qui en découle. (d'après Magnusson et coll. 1996b).

Pratiquer des étirements statiques plutôt que dynamiques

Il faut de préférence utiliser des étirements statiques car ils sont plus efficaces que les allongements dynamiques et répétés (mouvements de ressort comme par exemple des battements de jambes successifs) pour diminuer la raideur musculaire et augmenter l'extensibilité musculaire. Au bout de 90 s de maintien d'une articulation à l'angle où apparaît le seuil de douleur tolérable, le relâchement est d'environ 18-20% de la valeur maximale du moment. En reproduisant l'étirement à l'identique (même intensité et même angle), le phénomène se reproduit mais avec une diminution de la raideur (moins de résistance à l'allongement) et de l'énergie absorbée (moins de déformation avec l'adaptation au stress imposé) (Figure 12) et la viscoélasticité (Figure 13). Ces effets disparaissent en une heure (Magnusson et coll. 1996b).

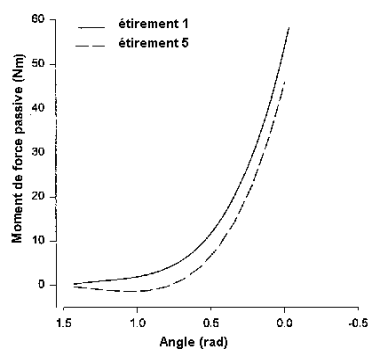


Figure 12 : Exemple de variation de raideur et d'énergie dans la phase dynamique chez un sujet ayant réalisé 5 étirements. Seuls sont représentés le 1^{er} et le 5^e. On note qu'au 5^e étirement, la courbe s'est abaissée et s'est déplacée vers la droite. Cela indique une diminution de la raideur et de l'énergie, donc le tissu oppose moins de résistance à l'allongement (d'après Magnusson et coll. 1996b).

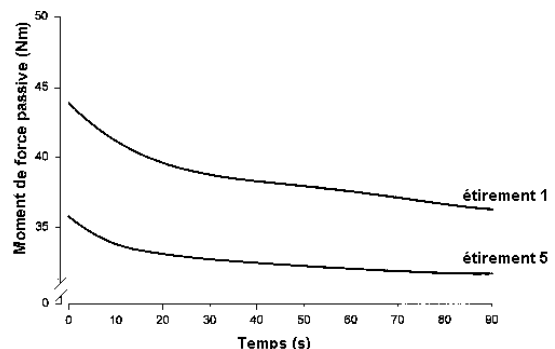


Figure 13 : Exemple de variation de la viscoélasticité dans la phase statique chez un sujet ayant réalisé 5 étirements. On remarque qu'au 5^e étirement, la courbe s'est abaissée, avec un pic de moment de force moins élevé, et que le relâchement viscoélastique est moins marquée pendant la phase de maintien (d'après Magnusson et coll., 1996b).

Ces résultats ont été également démontrés chez l'animal. La répétition d'étirements passifs statiques d'une *même longueur* entraîne des changements significatifs au niveau de la *longueur* musculaire et de la *force* musculaire: la première augmente progressivement jusqu'à dépasser de 3.5% de la longueur initiale puis marque un plateau au-delà de

10 étirements successifs, alors que la seconde diminue pendant les 4 premiers étirements pour se stabiliser autour de 80% de la force initiale de résistance passive à l'étirement. (Taylor et coll. 1990). Les mêmes phénomènes ont été observés chez l'homme avec un cycle de 10 étirements réalisés à une vitesse rapide (20 deg/s) et à une amplitude fixe. À la différence près que **l'énergie diminuait qu'au premier étirement** et que **la raideur était plus élevée au 10^e étirement** (Magnusson et coll., 1998). Par contre, la force diminue dès le premier étirement (Magnusson et coll., 1996b).

Ces résultats montrent qu'il est possible d'obtenir un allongement du muscle avec un étirement réitéré dans des conditions identiques à chaque répétition (même degré d'allongement ou angle articulaire), sans avoir à dépasser le seuil de douleur tolérable. Ceci est intéressant notamment pour les personnes peuvent ayant quelque peu des difficultés à supporter la douleur durant les étirements. Par contre, **la vitesse d'allongement s'avère être un facteur important puisqu'elle entraîne à partir d'un certain nombre de répétitions des effets opposés à ceux recherchés.**

Pratiquer les étirements en les calant sur les phases respiratoires

Il faudra être détendu (mentalement, psychologiquement) et expirer lors de l'étirement afin d'utiliser le côté positif de l'influence de la boucle gamma sur le tonus musculaire. Celle-ci permet en effet de le diminuer... En d'autres termes, il est possible de contrôler ce tonus par des exercices respiratoires.

Ne jamais dépasser le seuil tolérable de douleur

La douleur est un signal physiologique très important qu'il ne faut pas prendre à la légère. Son utilisation dans la pratique nécessite d'instaurer un climat de confiance entre l'intervenant et le sportif afin qu'elle puisse guider le travail des étirements. En signalant le moment où cette douleur n'est la plus tolérable, le (la) gymnaste indique à son entraîneur la *position optimale à maintenir* (l'entraîneur veillera évidemment à ne pas se laisser duper par le (la) gymnaste qui indiquerait cette position de façon trop précoce).

Lorsque l'on atteint cette position extrême pour une personne et pour un groupe musculaire donné, il ne faut jamais dépasser le seuil de douleur tolérable. En effet, la stimulation des terminaisons sensibles libres, notamment sensibles à la douleur, entraîne l'activation du réflexe myotatique et provoque une augmentation de tonus musculaire, voire une contraction musculaire de défense. Le résultat est une augmentation de la raideur du muscle allant à l'encontre de l'effet recherché. Si l'on augmente l'amplitude de l'étirement malgré ce signal, des lésions peuvent survenir au niveau des myofibrilles.

Cette douleur semble être d'ailleurs l'un des premiers paramètres sur lesquels agit l'entraînement : la répétition d'un étirement permet de reculer le seuil minimal de tolérance de la personne de sorte qu'elle peut augmenter ainsi l'amplitude de l'angle articulaire sans pour autant qu'il y ait des changements mécaniques ou viscoélastiques permanents au niveau musculaire (Magnusson et coll., 1996b). Ce seuil varie en fonction des personnes et de leur raideur musculaire, qui elle-même dépend de la masse musculaire (Magnusson et coll., 1997).

Faire une pause entre deux étirements passifs statiques au maximum de 3 s

Une fois l'effet de relâchement musculaire obtenu par le maintien d'un étirement passif statique, combien de temps faut-il laisser entre deux étirements pour maximiser ou optimiser l'effet global des répétitions au cours de la séance ?

Une réponse semble apportée par le travail réalisé notamment par Hufschmidt et Mauritz (1985). Ces auteurs ont montré que plus le temps entre deux étirements est élevé, plus la phase d'étirement-relâchement passif augmente, ce qui correspond à une augmentation de raideur musculaire. Cet effet a été vérifié dans différentes conditions expérimentales allant des fibres musculaires aux groupes musculaires (Hufschmidt et Mauritz, 1985 ; Kilgore et Mobley, 1991 ; Lakie et Robson, 1988a). On peut donc conseiller de ne pas dépasser 3 s de pause entre deux étirements statiques (Figure 14).

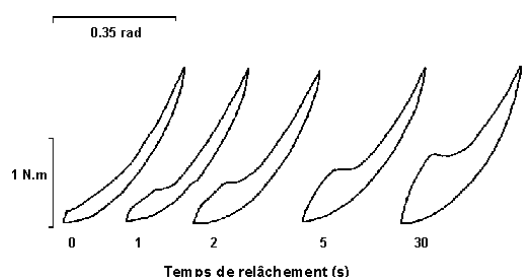


Figure 14 : Effets de différents temps de pause sur la relation moment-angle associée à un étirement et un relâchement passif. On voit nettement que le trajet du cycle étirement-détente s'allonge, dénotant par là même une augmentation de raideur musculaire, et donc une résistance accrue à l'allongement (d'après Hufschmidt et Mauritz, 1985, p. 678).

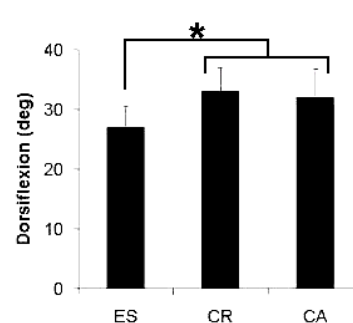


Figure 15 : Modulation du niveau d'excitabilité des motoneurones en fonction de la technique d'étirement utilisée (ES : étirement statique ; CR : contracter-relâcher ; CA : contraction du muscle antagoniste). Il n'y a pas de différence significative entre CR et CA, alors qu'elles diffèrent toutes deux de façon significative de SS (d'après Guissard et al., 1988).

Les étirements sont plus efficaces lorsqu'ils sont précédés d'une contraction musculaire

Les étirements statiques sont plus efficaces lorsqu'ils sont précédés par une contraction volontaire maximale (CVM) soit du muscle agoniste, suivie d'une brève période de relâchement (technique du contracter-relâcher), soit du muscle antagoniste pendant l'étirement de l'agoniste (Enoka et coll., 1980 ; Guissard et coll., 1988 ; Magnusson et coll., 1995 ; Moore and Kukulka, 1991). Ces deux techniques permettent en effet d'obtenir une diminution plus importante de l'activité des motoneurones qu'avec un étirement statique seul (Figure 15).

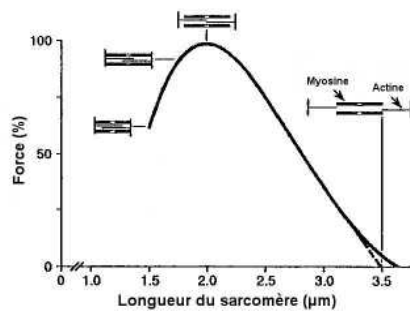


Figure 16 : Variation du taux de recouvrement des myofilaments d'actine et de myosine (protéines responsables du développement de la force musculaire active) en fonction de l'amplitude de l'angle articulaire. Plus ce recouvrement est faible et plus il est difficile de produire une force.

Le choix de l'une ou l'autre de ces techniques se fera en fonction de l'amplitude articulaire atteinte par le sujet au cours de la séance. En effet, l'analyse de la relation force-longueur du muscle permet de montrer que, passée une certaine amplitude, il n'est plus possible de demander au sujet de réaliser une contraction maximale de l'agoniste car le taux de recouvrement des protéines contractiles est insuffisant pour permettre de développer une contraction, même de petite intensité (Figure 16). Il faut donc utiliser la contraction de l'antagoniste pour obtenir la diminution supplémentaire de l'activité des motoneurones de l'agoniste lors que les amplitudes articulaires sont importantes.

- Technique du contracter-relâcher : en faisant précéder l'étirement statique par une phase de contraction isométrique maximale du muscle agoniste, on augmente la tension exercée sur les tendons du muscle (ou groupe musculaire) ciblé et on mobilise ainsi le *réflexe myotatique inverse* dont l'effet est de diminuer la tonicité musculaire. Il est conseillé de réaliser cet exercice plusieurs fois à la suite, sans revenir à la position de repos. On obtient alors un gain d'amplitude de mouvement supérieur à celui que l'on aurait eu avec des étirements statiques, et plus important qu'avec un seul contracter-relâcher (cette technique a un effet cumulatif).
- Technique de la contraction antagoniste : la sollicitation du *réflexe d'inhibition réciproque* pour augmenter le relâchement d'un muscle pendant son étirement passe par la contraction du muscle antagoniste. Ainsi, lors d'un étirement des ischio-jambiers par une fermeture jambe-tronc, il ne faut jamais obliger les sujets à relâcher leur quadriceps car la contraction de celui-ci entraînera de façon réflexe une diminution de la tonicité des ischio-jambiers... ce qui facilitera leur étirement.

Maintenir la contraction volontaire maximale 1 à 2 s maximum

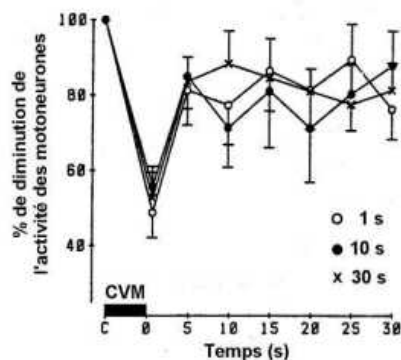


Figure 17 : Variation du niveau d'excitabilité des motoneurones en fonction du temps de maintien de la contraction maximale volontaire (CMV) en position maximale. Les temps de maintien varient ici entre 1 et 30 s. Il n'y a aucune différences significatives entre ces 3 temps de CVM (d'après Guissard et al., 2001).

Contrairement à ce qui est rapporté dans beaucoup d'ouvrages consacrés aux techniques d'étirement (« stretching »), le temps de maintien de la contraction volontaire maximale a le même effet sur l'intensité d'inhibition des motoneurones quelle que soit sa durée. Cet effet est identique pour des temps de maintien de 1 à 30 s (Guissard et coll., 1988). Il est donc inutile de "traumatiser" le muscle avec une tension maximale (souvent douloureuse) et trop prolongée puisqu'elle n'apporte rien de plus au niveau de la mise en jeu des réflexes visés. Un maintien de la CVM pendant 1 ou 2 s seulement suffira (Figure 17).

L'étirement sera maintenu 10 s tout au plus

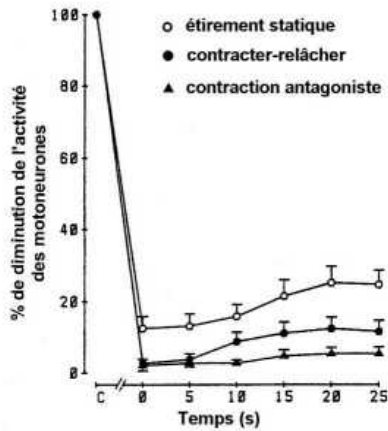


Figure 18 : Variation du niveau d'excitabilité des motoneurones en fonction du temps de maintien de l'étirement en position maximale selon la technique utilisée (d'après Guissard et al., 2001).

□ Règles pour les assouplissements

Pour comprendre, les techniques d'assouplissement, nous allons à nouveau faire appel à quelles notions de mécanique des tissus. Considérons d'abord le cas d'un test de résistance réalisé sur un ligament. Pour se faire, une machine lui impose une traction progressive (stress), pendant que l'on enregistre son élongation jusqu'à ce qu'il y ait rupture totale. La Figure 19 est un exemple de ce que l'on peut obtenir dans de telles conditions.

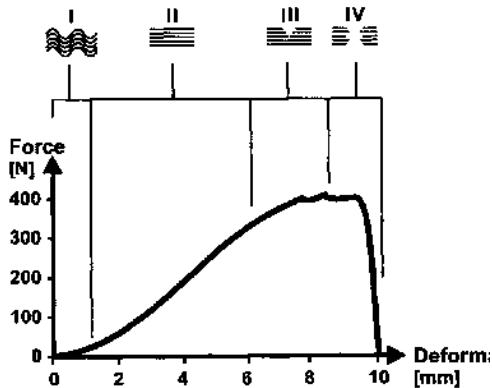


Figure 19 : Relation stress-déformation. Les différentes phases sont décrites dans le texte.

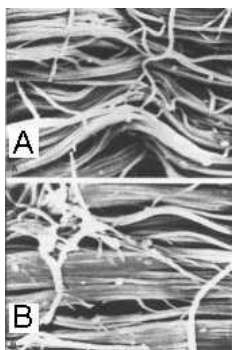


Figure 20 : Alignement des fibres de collagène lors de la phase I

Il est également conseillé de tenir la position d'étirement tout au plus 10 s quelle que soit la technique d'étirement utilisée (Guissard et coll. 1988). Au-delà, l'efficacité de l'inhibition diminue (figure 18). Ce délai est bien sûr à mettre en regard de celui de la figure 2 où l'on voit que la raideur diminue rapidement dès les premières secondes pour ensuite se stabiliser lors d'un étirement passif statique. Puisque ce type d'étirements ne sollicite pas les réflexes, il est possible de le maintenir plus longtemps (45 à 90 s)... à condition de ne pas dépasser le seuil tolérable de douleur (Magnusson et coll., 2000).

- La première (I) est appelée la queue de la courbe ; c'est la zone de ré-agencement tissulaire (Figure 20) où les fibres de collagène passent d'un état "désordonné" à un autre où elles sont plus ou moins parallèles (ordonnées).
- La seconde (II) est la zone de déformation élastique où le tissu revient à son état initial dès que le stress s'arrête. C'est la zone de fonctionnement physiologique. Généralement, les sollicitations liées à la pratique sportive ne dépassent jamais la valeur maximale de cette zone. Par exemple, la sollicitation des tendons et des ligaments lors d'exercices de course et de saut ne représente que 2 à 5% de la valeur maximale de la zone II (Fung, 1981).
- La troisième est la zone de déformation plastique (III) où la charge entraîne tant une réorganisation moléculaire qu'un affaiblissement tissulaire. Si l'intrusion dans cette zone n'est que passagère, le tissu se reconstitue et devient plus fort qu'avant afin de faire face à une future contrainte de même nature. Par contre, si le passage dans cette zone se fait de façon répétitive, les micro-lésions ne peuvent être réparées suffisamment vite et le tissu devient plus faible (le taux de dégradation tissulaire est supérieur au taux de régénération tissulaire).
- La quatrième est la zone de surcharge (IV). Elle se caractérise par des difficultés à la cicatrisation, voire des dégradations irréversibles si le stress continu à être appliqué sans ménager des phases de repos suffisamment longues pour qu'il puisse se réparer. Elle se termine par

le point de rupture du tissu lorsque le stress dépasse ses capacités de résistance mécaniques.

Voyons maintenant les conseils que l'on peut donner concernant les assouplissements en rapport avec la mécanique des biomatériaux.

Pratiquer les assouplissements quand la raideur est maximale

La raideur est plus élevée avant ou après l'exercice physique que pendant celui-ci. Or, pour que les exercices d'assouplissement aient un effet durable, il faut qu'ils puissent agir directement sur les structures responsables du maintien passif des pièces osseuses et sur les structures élastiques du muscle. Par conséquent, le moment le plus propice à la pratique des assouplissements est celui où la raideur est la plus élevée puisqu'il suffira alors d'une traction plus faible pour obtenir un effet donné. Ce moment se situe avant ou au moins 15-20 minutes après la fin de la séance d'entraînement, lorsque la raideur a de nouveau augmenté.

Pratiquer les assouplissements quand la température musculaire, voire corporelle, est minimale

Les tissus sont plus extensibles à température élevée (Lehmann et coll. 1970 ; Mutungi and Ramatunga, 1996 ; Nooman et coll., 1993 ; Safran et coll., 1988 ; Warren and Lehmann 1976 ; Woo et coll. 1987). De même, il a été montré que l'amplitude articulaire augmentait suite à un échauffement (Henricson et coll., 1984 ; Stewart et coll. 1998 ; Taylor et coll., 1995 ; Wiktorsson et coll. 1983). Un allongement réalisé dans de telles conditions est certes important mais temporaire. Par contre, cette déformation est plus durable si le tissu est "froid" car le tissu atteint plus rapidement la borne supérieure de la phase II lorsqu'il est "froid" que lorsqu'il est "chaud", et ce pour un même niveau de tension (Sapega et coll., 1981). C'est pour cette raison que l'on a l'impression qu'il est plus facile de pratiquer les assouplissements après une séance d'entraînement que le matin au réveil. Mais, si l'on veut véritablement obtenir un effet significatif, il convient de faire les assouplissements à distance d'un exercice physique, afin de profiter de la baisse de température et de l'augmentation de raideur qui l'accompagne ; ces deux phénomènes permettront d'obtenir des effets plus rapidement pour un même degré d'allongement.

Mettre l'articulation dans une position optimale

Cette position correspond à une tension d'une intensité suffisante pour que les tissus puissent réagir. Cette traction est d'autant plus élevée que le sujet est déjà entraîné. Si l'on dépasse un certain seuil (figure 14, borne supérieure de la zone II), on entraînera un affaiblissement du tissu qui nécessitera une phase de repos forcé, le temps que le tissu se consolide à nouveau. Celle-ci peut aller jusqu'à 30-45 j ! Mieux vaut bien doser les exercices d'assouplissement.

Maintenir cette position de 30 s à 1 min

Il est nécessaire de maintenir la position maximale atteinte dans ces conditions afin d'obtenir un effet significatif sur le tissu conjonctif, très difficile à allonger. Les proportions d'élasticité et de plasticité liées à un exercice d'assouplissement sont déterminées par l'intensité et la durée de la force appliquée pour allonger le tissu conjonctif. Des phases de maintien successives de 30 s à 1 min 30 dans une position articulaire donnée seront nécessaires pour obtenir un gain significatif et durable au niveau de l'amplitude articulaire. Avec l'entraînement, le seuil de douleur tolérable recule et permet d'atteindre des amplitudes de plus en plus importantes (Magnusson et coll. 1996a,b).

Atteindre cette position de façon progressive

Un point important concernant les tissus que l'on veut cibler au cours des assouplissements est qu'ils ont eux aussi un comportement viscoélastique. Comme nous l'avons signalé plus haut, on amènera le sujet dans la position voulue le plus lentement possible afin de ne pas provoquer des raideurs indésirables tout en bénéficiant de l'effet maximal au niveau tissulaire.

Pratiquer régulièrement les assouplissements et optimiser leur planification

Il faut pratiquer RÉGULIÈREMENT des séances d'assouplissements car les progrès sont très lents et les régressions rapides !

Mieux vaut faire des séances 3 à 4 fois par semaine (y compris en dehors des séances d'entraînement elles-mêmes) à raison de 15-20 min par session, en se consacrant à chaque fois aux principales zones articulaires en déficit.

Si l'on peut planifier ces séances de façon quotidienne, on diminuera leur durée à 8-10 min et l'on se consacrera exclusivement à l'une des ceintures articulaires (scapulaire ou pelvienne), en la mobilisant selon les différents plans et amplitudes angulaires spécifiques à la pratique gymnique. Cela permettra de répartir le travail de façon homogène sur l'ensemble de la semaine et de bénéficier, en parallèle, d'un effet de consolidation des tissus permis par l'instauration de phase de repos locale au niveau de la planification.

Enfin, l'entraînement des assouplissements doit continuer même en période de repos ou d'intersaison, sans pour autant être associé systématiquement à une pratique gymnique, afin que se maintienne le niveau de souplesse atteint pendant la saison.

3. EN CONCLUSION

Plusieurs points et conseils pratiques importants peuvent être proposés pour terminer.

- Les ligaments et les tendons sont très peu extensibles (élastiques) et vont s'opposer à toute technique de souplesse. Néanmoins, certains paramètres peuvent jouer sur leur extensibilité à court ou à long terme. Par contre, les muscles et les capsules articulaires sont très extensibles et seront, pour cette raison, les structures anatomiques principalement visées par les techniques de souplesse.
- Ces techniques seront très différentes car ces structures peuvent enfermer plusieurs composantes qui vont influencer leur comportement à l'allongement. Il faudra par conséquent savoir quoi travailler (généralement après un bilan sur la souplesse d'une personne) pour savoir quelle technique sera la plus appropriée. Loin d'être en opposition, les techniques d'étirements et d'assouplissements sont à utiliser conjointement dans le travail de la souplesse. En effet, si la personne est déjà très souple et que les freins aux assouplissements sont dus aux tensions musculaires, il faut d'abord faire des étirements (i.e. contracter-relâcher ou contraction de l'antagoniste) avant de passer aux assouplissements proprement dits. Ainsi, les seconds bénéficieront de l'effet induit par les premiers sur les muscles qui n'opposeront alors plus de résistance et permettront d'atteindre les structures plus profondes.
- La régularité de la sollicitation est l'un des facteurs principaux du succès des assouplissements. Par exemple, on peut très bien conseiller aux gymnastes de regarder la télé ou faire leurs devoirs en position d'écrasement facial. La seule contrainte à cette pratique hors entraînement sera d'ordre circulatoire car les vaisseaux sanguins risquent d'être compressés selon la position adoptée, et ainsi entraver le retour veineux. On évitera de rester plus de 1 min sur chaque exercice d'assouplissement, quitte à le refaire plus tard. La régularité est un facteur fondamental pour l'entraînement de la souplesse car la moindre chute dans la sollicitation des tissus ciblés ou, pire, la moindre immobilisation suite à une blessure, provoque une diminution très importante de cette qualité physique qu'il est souvent difficile de recouvrer rapidement.
- Par ailleurs, il est essentiel de se rappeler que les muscles habituellement utilisés dans le travail postural sont les plus raides de par la grande proportion de collagène qu'ils renferment. Si l'on ajoute à cette fonction posturale (utilisée quotidiennement) les contraintes liées à la pratique sportive, alors il devient vital pour l'entraîneur de leur porter une attention particulière dans le travail de souplesse. Sinon, ils peuvent devenir rapidement une entrave à la performance motrice. Par exemple, les muscles ischio-jambiers, parmi (sinon) les plus riches en tissu conjonctif, sont aussi ceux qui ont le défaut de se rétracter le plus rapidement lorsqu'ils ne sont pas sollicités régulièrement. Or, ces muscles constituent la principale limite à la fermeture jambe-tronc que l'on rencontre souvent dans les activités gymniques (par exemple dans l'écrasement facial).
- La connaissance des circuits réflexes, présents dans la moelle épinière et de leurs effets, nous apprend que la souplesse ne doit pas être forcément synonyme de douleurs pour le (la) sportif(ve). Il existe des techniques très efficaces, donnant généralement d'excellents résultats, sans pour autant dégoûter les plus jeunes de ces exercices. Le tout est savoir comment les utiliser... ce qui sera l'objectif de la seconde partie de cet article. Enfin, le (la) sportif(ve) n'étant pas un objet que l'on manipule comme bon nous semble, il convient d'ajouter que l'implication volontaire du pratiquant dans l'entraînement de cette qualité physique peut s'avérer un atout important car il pourra aider l'entraîneur, par sa décontraction (boucle gamma) et le contrôle des différents groupes musculaires sollicités (contraction ciblée), à optimiser les effets recherchés et surtout obtenir des gains plus rapides et pérennes.
- Ces techniques ne sont pas difficiles à mettre en place mais elles demandent, de la part de l'entraîneur, une vigilance toute particulière dans leur mise en place avec les sportifs(ves), notamment dans les premières séances. Il est en effet fondamental que les principes exposés soient appliqués de façon rigoureuse, systématique et, dans la mesure du possible, avec la totale collaboration des gymnastes. Ce passage obligé permettra par la suite de pouvoir compter sur eux pour effectuer correctement les exercices qui pourraient être demandés en dehors des périodes d'entraînement elles-mêmes.

NB. la bibliographie complète de cet article est disponible sur le site Internet de l'auteur : www.sciensport.net dans la rubrique « Pratique ». Vous pouvez directement lui adresser vos questions par courrier électronique à : prevost.pascal@free.fr en précisant l'objet du message « article souplesse Gym'Technic ».

Remerciements : je tiens à remercier Eric Harrisson (webmestre du site www.gymnet.org), ainsi que Anne et Monique Prévost pour leurs remarques constructives qui ont permis d'améliorer la lisibilité de cet article.