

# Physiologie appliquée aux étirements

## PLAN DU CHAPITRE

Physiologie du tissu conjonctif	14
Neurophysiologie des étirements	20

Ce chapitre sur la physiologie des étirements dont les données les plus récentes résultent des travaux du professeur Eric Kandel, prix Nobel de médecine, permet de mieux appréhender la place du système nerveux réflexe dans l'extensibilité. Toute démarche qui a pour objet de modifier l'extensibilité doit tenir compte des modalités d'adaptation du système nerveux réflexe. Ces travaux nous montrent l'extraordinaire plasticité du système, en particulier pour les seuils de déclenchement des signaux douloureux. Le comportement du tissu conjonctif, l'autre acteur de l'extensibilité, et ses capacités de réparation nous sont connus depuis plus longtemps. Les modalités des contraintes nécessaires pour le modeler et le réparer sont régulièrement mises en application en rééducation fonctionnelle. Les justifications physiologiques d'une recherche de gain d'amplitude du muscle et du tendon sont un préalable à la pratique des étirements. L'efficacité et la non-nocivité des techniques utilisées doivent trouver leur justification dans la physiologie du tissu conjonctif et du système nerveux réflexe.

Les étirements vont exercer leurs effets sur deux cibles principales :

- les fibres du tissu conjonctif musculaire, tendineux et articulaire, d'une part ;
- le tonus musculaire, d'autre part.

### Physiologie du tissu conjonctif

---

Le tissu conjonctif est un tissu qui se développe au cours de la vie embryonnaire et qui va donner naissance à un groupe de tissus d'aspects et de fonctions très différents les uns des autres. L'os, le cartilage, les tendons et les ligaments, les capsules articulaires, les aponévroses musculaires, le sang, le tissu adipeux et le derme de la peau proviennent tous du tissu conjonctif originel. Le tissu conjonctif assure aussi une fonction d'emballage, de soutien et de remplissage des espaces laissés vides dans tous les autres tissus et organes. C'est un tissu à tout faire qui sert aussi à réparer les zones lésées et qui est à l'origine des cicatrices.

Le tissu conjonctif est constitué de trois types principaux de fibres : les fibres élastiques, les fibres de réticuline et les fibres collagènes. Les fibres de collagène prédominent dans le muscle et le tendon. Leur élasticité est faible mais leur adaptabilité est grande. Le collagène d'une cicatrice est toujours moins extensible que le tissu conjonctif d'origine. Cependant, on peut accompagner le processus de cicatrisation pour orienter les fibres de réparation, par des techniques d'étirement et augmenter ainsi l'extensibilité du tissu musculaire ou tendineux.

Lors de l'étirement d'un muscle, c'est sur le tissu conjonctif musculaire et tendineux (fig. 2.1) que s'exercent les contraintes de façon prédominante.

La souplesse d'un individu, qui mesure l'importance des amplitudes articulaires et l'extensibilité musculaire, dépend beaucoup des capacités d'étirement du tissu conjonctif. Plus un tissu conjonctif possède un pourcentage élevé de **fibres élastiques** et plus ses possibilités d'étirement sont grandes.

L'extensibilité du tissu conjonctif mesure l'allongement de ce tissu sous l'effet d'une traction sans détérioration. C'est un des déterminants de la différence de souplesse entre les individus. Lorsque l'on étire le couple muscle-tendon, le muscle étiré peut augmenter sa longueur de 50 % dans le meilleur des cas, tandis que l'allongement du tendon ne dépasse pas 3 % à 5 %.

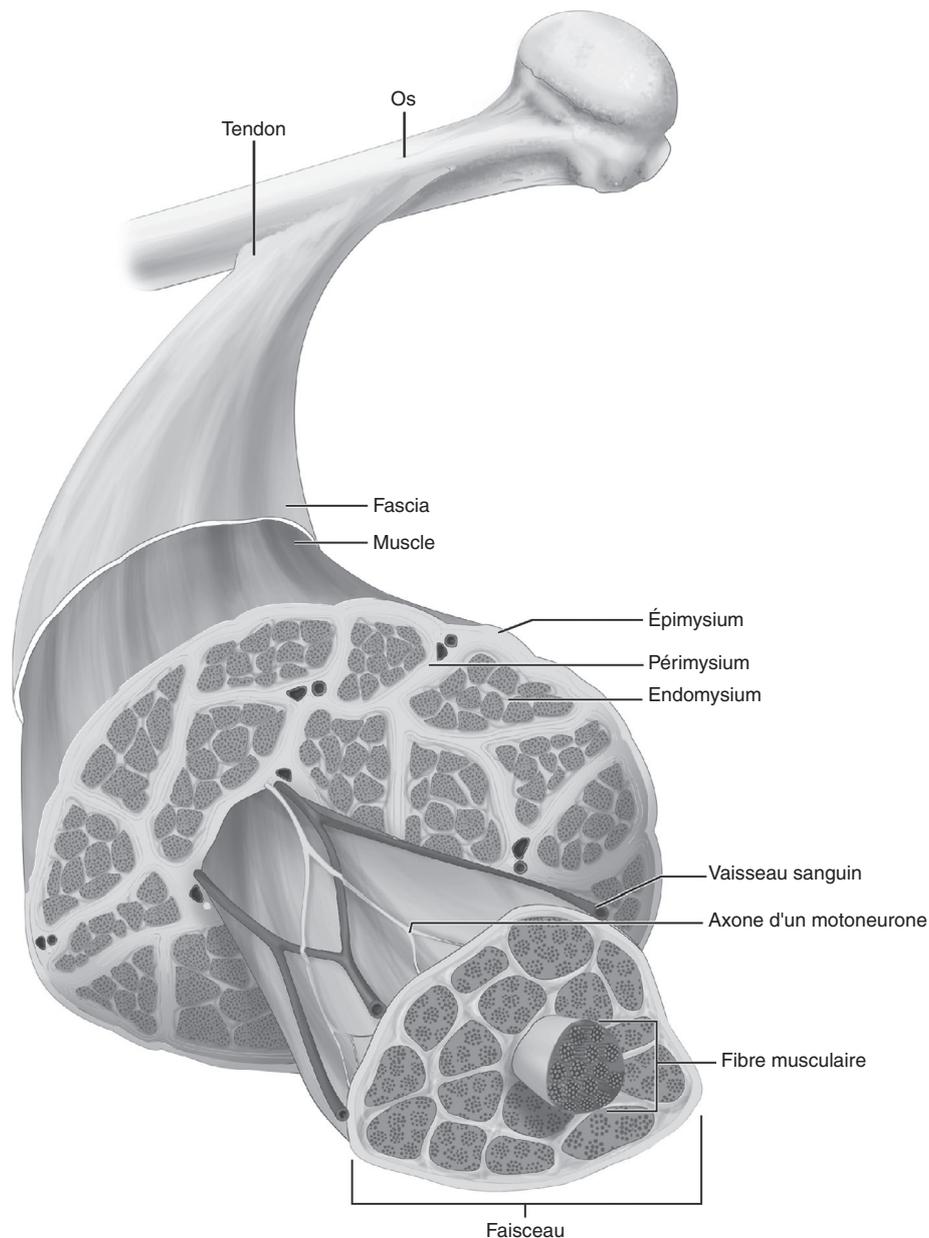
Le type articulaire détermine les limites extrêmes de la mobilité articulaire.

La masse musculaire oppose une résistance à l'étirement d'autant plus importante que son volume est développé. Autrement dit, plus un muscle est hypertrophié et plus sa force développée est grande et moins grande est son extensibilité. C'est une des raisons de la moins grande souplesse de l'homme, dont la masse musculaire est supérieure en moyenne de 35 % à celle de la femme.

On constate dans le corps humain une très grande diversité de formes de muscles ; à chaque forme de muscle s'attache une fonction musculaire particulière.

Un quadriceps, un grand fessier sont des muscles volumineux, avec un pourcentage élevé de fibres de type II, donc puissants. Mais un sartorius (muscle qui cravate l'avant de la cuisse, du bassin au genou), un droit fémoral (un des quatre chefs du quadriceps) sont des muscles en forme de long ruban qui n'ont pas une force développée très grande — leur surface de section n'est pas importante — mais ont en contrepartie une capacité de raccourcissement très importante. Ces muscles sont plus destinés à la vitesse qu'à la force.

Si on s'intéresse maintenant aux muscles paravertébraux (les muscles postérieurs du tronc), courts, nombreux, étendus tout le long de la colonne vertébrale, leur force unitaire n'est pas très développée (selon le principe de la surface de section) mais leur capacité à travailler longtemps contre des charges faibles en fait des muscles endurants, peu fatigables. Ils définissent une nouvelle catégorie de muscles, les muscles posturaux ou muscles statiques dans lesquels les fibres musculaires de type I, les fibres lentes, peu fatigables, prédominent.



**Figure 2.1**

**Tissu conjonctif du muscle et du tendon.**

(Cette figure a été publiée dans *Essentials of Anatomy & Physiology*, by Matthew M. Douglas, Gary A. Thibodeau, Kevin T. Patton. © Elsevier 2012.)

Si on compare maintenant la force musculaire des membres supérieurs à celle des membres inférieurs, on constate que la force développée est plus faible aux membres supérieurs comparée à celle des groupes équivalents du membre inférieur. C'est la constatation que nous ne marchons pas sur les mains. La locomotion a conduit à une adaptation se traduisant par une plus grande force musculaire pour les groupes du membre inférieur qui subissent plus la pesanteur et nous permettent de nous mouvoir.

## Différences de souplesse entre les sexes

La génétique joue son rôle, déterminant sous l'action hormonale la puberté plus précoce chez la fille et un arrêt de la croissance en taille plus tôt. L'influence hormonale sur le tissu conjonctif intervient aussi : tendons, muscles, ligaments et capsules présentent une plus grande extensibilité sous l'influence des hormones sexuelles féminines et

dans une probable adaptation aux possibilités de maternité. D'ailleurs, l'extensibilité musculaire augmente chez la femme au cours de la grossesse. La masse musculaire et la tonicité musculaire sont des déterminants de la limitation des amplitudes chez l'homme.

### Variations de l'extensibilité

L'extensibilité varie aussi selon la localisation du tissu conjonctif et elle est dépendante de la nature et du pourcentage des différentes fibres conjonctives qui constituent le tissu conjonctif considéré. Les trois types de fibres conjonctives, les fibres collagènes, les fibres de réticuline et les fibres élastiques, sont tous constitués de protéines. Le tissu conjonctif lâche que l'on trouve dans le derme de la peau et la paroi des artères comporte une proportion plus grande de fibres élastiques que le tissu conjonctif dense d'un tendon et est donc plus extensible que ce dernier. Avec l'âge, l'extensibilité des différents tissus conjonctifs diminue progressivement par destruction des fibres élastiques. Ces dernières n'ont pas la capacité de se réparer et elles sont remplacées progressivement par des fibres de collagène.

### Rôle de stockage de l'énergie du tissu conjonctif du muscle

Lors d'un exercice comportant une série de sauts successifs comme le triple saut ou lors d'un sprint, une certaine quantité de l'énergie cinétique du mouvement est stockée sous forme d'énergie élastique dans le tissu conjonctif des muscles et des tendons mis en action (mollet, quadriceps, ischio-jambiers et psoas-iliaque), à chaque réception du pied au sol. Cette énergie est restituée au mouvement suivant et permet d'augmenter la force totale développée. Plus cette capacité de stockage d'énergie du tissu conjonctif est grande et plus la restitution d'énergie en cours d'effort sera importante. Ce principe de la restitution de l'énergie stockée, dénommée la pliométrie, est à la base de techniques d'entraînements sportifs permettant de développer spécifiquement cette qualité.

### Élasticité du tissu conjonctif

L'élasticité du tissu conjonctif de l'organisme est maximale dans la paroi des grosses artères comme l'aorte. Elle permet de stocker une fraction de l'énergie de la contraction cardiaque lors de l'éjection du sang par une distension élastique de la paroi aortique. Cette énergie restituée de façon

différée et progressive pendant la phase de repos du cœur permet de maintenir une circulation sanguine continue dans l'aorte malgré l'éjection sanguine discontinue par pulsations à la sortie du cœur. La perte d'élasticité de la paroi artérielle qui survient avec le vieillissement s'accompagne d'une diminution de la restitution d'énergie compensée par une augmentation du travail cardiaque et de la pression artérielle.

### Grossesse et tissu conjonctif

La grossesse entraîne un état naturel d'hyper-extensibilité de tous les tissus conjonctifs chez la femme, en particulier des tendons et des ligaments, sous l'effet des hormones sexuelles féminines, la progestérone et les œstrogènes, sécrétées pendant cette période à des taux très élevés. Cet excès d'extensibilité peut avoir des effets néfastes en facilitant la survenue de lombalgie ou de tendinite. La pratique des étirements n'est donc pas une priorité chez la femme enceinte.

### Vieillesse et tissu conjonctif

La souplesse évolue au cours de la vie, suivant en cela l'évolution du tissu conjonctif qui constitue l'essentiel des tissus extensibles qui entourent l'articulation et permettent l'action musculaire. Le vieillissement du tissu musculaire et tendineux débute précocement, vers l'âge de 35 ans. Il se traduit par une plus grande fragilité des muscles et des tendons et par une plus grande fréquence d'accidents du type de micro-ruptures asymptomatiques, de rupture partielle ou même de rupture totale. Les modifications les plus précoces de ces tissus sont la perte progressive des fibres élastiques du tissu conjonctif. Dès l'âge de 35 ans, certains secteurs musculaires et tendineux et la région lombaire, les points faibles naturels du système locomoteur, sont exposés à des lésions lors de l'effort (cf. aussi [fig. 12.1](#)).



#### Points faibles

1. La zone de jonction du muscle gastrocnémien médial (jumeau interne) et du tendon calcanéen (tendon d'Achille), au mollet.
2. La partie médiane du tendon d'Achille.
3. Les muscles ischio-jambiers médiaux.
4. Le muscle droit fémoral du quadriceps.
5. Le muscle biceps brachial (longue portion).
6. Les muscles épicondyliens.
7. La région lombaire (disque intervertébral).

À partir de 60 ans, la masse musculaire totale d'un individu diminue progressivement (sarcopénie) et l'infiltration graisseuse augmente, fragilisant encore plus ce tissu. Un sujet de 20 ans dont le poids est de 70 kg et qui aurait conservé le même poids à l'âge de 60 ans, n'aurait cependant pas la même composition corporelle. Si à 20 ans, son pourcentage de masse grasse est de 12 %, à 60 ans, ce pourcentage pour le même poids sera de 25 %. La masse musculaire aura diminué et la masse grasse aura augmenté.

La prise de poids, fréquente à la soixantaine, va conduire à des dépôts de graisse hors des secteurs physiologiques sous-cutanés et péri-organiques. La graisse se dépose partout, dans les muscles, le long des fascias musculaires et dans les tendons, fragilisant tous ces tissus. Il faut donc veiller à ce que le processus de vieillissement ne se transforme pas en processus de dégradation accélérée par une prise de poids excessive.

La perte de souplesse accompagne souvent le vieillissement mais le vieillissement, seul, n'est pas un facteur de perte de souplesse ! L'âge n'est donc pas un problème, c'est simplement un facteur de risque.

Les modifications qui surviennent au cours du vieillissement sont :

- une amyotrophie avec perte de force ;
- une diminution de résistance des tendons ;
- une insulino-résistance du muscle, diminuant ses capacités à capter le glucose sanguin ;
- une fatigabilité augmentée par une diminution de la densité capillaire et, concomitamment, une diminution de l'apport d'oxygène ;
- des modifications de l'innervation avec un recrutement plus limité des unités motrices et une réduction de leur fréquence maximale de décharge, qui intervient dans la perte de force musculaire.

Ces modifications vont altérer les fonctions de proprioception et d'équilibre, favorisant la survenue de chutes.

Certaines personnes âgées, le plus souvent des femmes, conservent en dépit de l'âge, une souplesse remarquable et lorsqu'elles ne présentent pas de surpoids, ces personnes bénéficient d'une excellente autonomie motrice.

La perte de souplesse, que l'on constate chez la majorité des sujets avec les années, traduit un déséquilibre induit par de nombreux facteurs. Le premier de ces facteurs est l'involution du tissu conjonctif des tendons, des ligaments, des capsules et des muscles qui, en se modifiant, entraînent une diminution de la souplesse. Les tendons et les ligaments

perdent progressivement leurs fibres élastiques qui sont remplacées par des fibres de collagène dont les qualités d'extensibilité sont moindres. Plus tardivement, les dépôts de calcium dans ces structures vont altérer de façon encore plus marquée leur élasticité. L'activité musculaire résultant d'une activité professionnelle ou sportive tend, à la longue, à déplacer l'équilibre entre tonicité musculaire et extensibilité, au détriment de cette dernière qualité. Cette diminution progressive de souplesse sera d'autant plus marquée que les masses musculaires sont développées et que le niveau d'activité physique est soutenu. Les microtraumatismes de la pratique sportive ou professionnelle affectant les articulations et le système tendino-musculaire au cours de la vie conduisent insidieusement à une perte de souplesse sur les secteurs concernés, le plus souvent les membres inférieurs.

Conservé la même souplesse tout au long de sa vie est possible et demande de lutter en permanence contre les effets délétères de tous les facteurs précédemment énumérés. L'avancée en âge en conservant l'extensibilité est un facteur de maintien de l'état fonctionnel de l'appareil locomoteur qui caractérise l'état « d'orthovieillissement ».

## Réparation du tissu conjonctif

Le tissu conjonctif lésé possède des capacités de réparation, mais elles ne sont pas identiques pour tous les types de tissu conjonctif. Avec des mesures rigoureuses et adéquates, une fracture osseuse, une déchirure musculaire ou une rupture tendineuse se réparent aisément. À l'opposé, une lésion du cartilage présente des possibilités de réparation moindres et dans un délai de cicatrisation très long. L'absence de vaisseaux sanguins dans le cartilage est une des raisons de sa faible capacité à se réparer.

Les tendons et les ligaments lésés sont réparés par des cellules spécialisées, les *fibroblastes*. Ces cellules sont peu nombreuses, dispersées entre les fibres conjonctives et noyées dans un gel appelé la substance fondamentale. Avec l'âge, le nombre de fibroblastes diminue et les réparations tendineuses et ligamentaires évoluent beaucoup plus lentement que chez le sujet jeune. Il est alors parfois nécessaire de recourir à un geste chirurgical, le peignage, pour stimuler la cicatrisation du tendon lésé. Les recherches actuelles s'orientent vers une stimulation de l'activité cellulaire pour accélérer les réparations tendino-musculaires et articulaires.

Il est à noter que le tissu conjonctif de réparation, la *cicatrice*, n'est jamais identique au tissu initial lésé. Il est moins élastique et plus fragile que le tissu d'origine et il peut représenter un point faible permanent dans un muscle ou un tendon. La rééducation, par l'utilisation judicieuse des

techniques d'étirements et de renforcement, permettra d'améliorer grandement la résistance de ce tissu cicatriciel.

La pratique régulière des étirements permet au tissu conjonctif de conserver son extensibilité. Cette qualité peut être préservée malgré l'évolution naturelle de ce tissu avec l'âge. Ces effets des étirements qui se manifestent sur le long terme traduisent des modifications structurelles du tissu conjonctif.

### Tissu conjonctif intramusculaire

Le muscle n'est pas un tissu conjonctif. C'est la présence dans le muscle de protéines contractiles, l'actine et la myosine, qui caractérisent ce tissu. Le muscle est le seul tissu capable de se raccourcir en se contractant pour produire du mouvement. Cependant le muscle entier comporte dans sa structure 30 % de tissu conjonctif sous forme de fascias, le tissu d'emballage et de liaison entre les fibres musculaires. L'*aponévrose* est un fascia entourant un groupe de muscles, l'*épimysium* est le fascia entourant un seul muscle et le *périmysium* le fascia qui entoure un faisceau de fibres musculaires (cf. fig. 2.1). Dans le faisceau musculaire, chaque fibre musculaire est séparée des voisines par un emballage conjonctif, l'*endomysium*. Tous ces tissus conjonctifs sont en continuité avec les tendons et permettent la transmission de la force de la contraction musculaire au levier osseux pour la production de mouvement. Le conjonctif intramusculaire se laisse plus facilement étirer que celui du tendon. L'amélioration durable de l'extensibilité du muscle qui se manifeste, après plusieurs mois d'étirements réguliers, résulte essentiellement d'une modification du conjonctif musculaire.

### Viscoélasticité musculaire

Un muscle mis au repos prolongé ne peut s'adapter instantanément à un effort.

Pour passer de l'état de repos à l'état d'effort, il faut une période d'adaptation qui correspond à la période d'échauffement. Ce changement d'état s'établit toujours avec une certaine inertie et l'étirement préalable du muscle, qui ne peut se substituer à l'échauffement, participe au changement d'état. C'est la viscosité du tissu musculaire, plus élevée au repos, qui explique en partie sa plasticité (changement d'état). La mise en action du muscle s'accompagne d'une augmentation progressive de sa température interne qui facilite le glissement des fibres musculaires et conjonctives les unes sur les autres et diminue les résistances à l'étirement du muscle. Ce changement permet une meilleure

adaptation à la fonction de mobilité. Les étirements n'ont pas d'effet sur l'élasticité. Seules les composantes visqueuse et plastique sont responsables de l'augmentation de l'extensibilité. Le tonus musculaire, un des facteurs de l'extensibilité, peut aussi être modifié. Le résultat d'un étirement dépend de l'état préalable du muscle, au repos ou déjà échauffé, mais l'étirement est aussi un des facteurs de changement d'état du muscle.

### Mise en action musculaire

La résultante de l'action musculaire dépend du caractère mono-articulaire ou bi-articulaire du muscle considéré.

#### *Muscles mono-articulaires*

Les muscles mono-articulaires, ceux qui ne croisent qu'une seule articulation, sont fonctionnellement asymétriques. Une de leur attache est souvent large, avec une insertion directe des fibres musculaires sur l'os, sans véritable tendon, et l'autre extrémité se termine par un tendon qui croise une articulation et c'est ce segment qui sera mis en mouvement. Le risque traumatique dans ce modèle est en rapport avec les dispositions anatomiques. L'insertion large (l'origine) n'est pratiquement jamais lésée par une mise en action même brutale du système tendino-musculaire. Les muscles les plus résistants à la lésion sont ceux qui sont mono-articulaires et présentent une insertion d'origine et une insertion de terminaison larges, avec un tendon très court, comme le grand fessier.

#### *Muscles bi-articulaires*

Les muscles bi-articulaires présentent un tendon nettement constitué et identifiable à l'origine comme à la terminaison. Ils sont exposés à des lésions à tous les niveaux; sur le tendon d'origine, sur le corps musculaire ou sur le tendon de terminaison. Les muscles ischio-jambiers de la cuisse et le biceps du bras en sont des exemples typiques.

#### *Cas particuliers*

##### **Muscles bi-articulaires multiples ayant un seul tendon commun**

Les épicondyliens latéraux (muscles du tennis-elbow) et les épicondyliens médiaux (épitrochléens de l'ancienne nomenclature anatomique) sont deux groupes musculaires du coude où un seul tendon d'origine donne attache à cinq muscles chacun. Ce tendon commun d'origine est exposé aux tendinopathies avec une fréquence élevée.

### Muscles multiples qui regroupent plusieurs muscles en un seul concourant à une même fonction

Ces muscles présentent une vulnérabilité différentielle. L'exemple type est le quadriceps, localisé à la face antérieure de la cuisse. Au sein de ce muscle multiple, trois muscles sont mono-articulaires (les vastes latéral, médial et intermédiaire) et un seul, le droit fémoral, est bi-articulaire. Seul le droit fémoral, le muscle bi-articulaire, est lésé lors des élongations et des ruptures.

### Triceps sural

Le mollet, constitué de trois muscles, les deux gastrocnémiens (ou jumeaux) et le soléaire, est aussi un cas particulier. Les gastrocnémiens qui constituent le plan musculaire superficiel du muscle sont bi-articulaires et le soléaire, le muscle du plan profond, est mono-articulaire. Le gastrocnémien médial est de ces trois muscles le plus souvent lésé car il est bi-articulaire avec une insertion distale, descendant bas sur le tendon d'Achille, constituant son point faible.

La prévention par les étirements devra cibler en priorité ces zones musculaires à risque.

## Localisation musculaire et étirements

Au membre supérieur, les muscles qui permettent de saisir (les préhenseurs) sont plus puissants que leurs antagonistes, les extenseurs. Cependant, cette asymétrie de force ne tend pas à s'accroître au cours du temps chez le sujet en bonne santé. C'est l'absence d'influence de la pesanteur sur la balance musculaire du membre supérieur qui permet d'expliquer cette absence d'enraidissement malgré le vieillissement. Les étirements ne sont donc pas une priorité de ce secteur. Par contre, la survenue d'une paralysie du membre supérieur (hémiparésie) entraînerait très vite une rétraction des doigts en flexion, en l'absence de rééducation, en raison de la dominance fonctionnelle des fléchisseurs. Au membre inférieur, les groupes musculaires qui luttent contre la pesanteur, les extenseurs, sont les plus puissants. Ce sont eux qui nous permettent de tenir debout. En position couchée, soustraits à l'action de la pesanteur, ils favorisent une tendance à la flexion de la hanche et du genou.

Si on se trouve pendant longtemps alité (sujet paralysé ou personne très âgée), la hanche et le genou adoptent une position de raideur en flexion.

Les membres inférieurs représentent le secteur prioritaire pour les étirements.



### Attention

#### Les limites de l'adaptation : le point de rupture

Si les contraintes exercées sur le système tendino-musculaire sont supérieures à sa capacité de résistance, le point de rupture est atteint et c'est la lésion. C'est un passage brutal d'un état musculaire viscoélastique à un état plastique, sans retour à la position initiale de repos.

Les mécanismes de survenue de cette rupture totale ou partielle dépendent grandement du mode de sollicitation du muscle.

Une mise en tension progressive du muscle, même à intensité très élevée, s'accompagne de modifications qui déclenchent des signaux d'alerte douloureux bien avant la survenue de la lésion. Il est exceptionnel de se blesser sur cette modalité d'étirement. Une mise en action brutale, explosive, en court-circuitant les alertes qui conduisent normalement à arrêter l'effort, peut conduire à la lésion.

## Tissu conjonctif du tendon

Les tendons possèdent une extensibilité faible mais non nulle, de 3 % à 5 % de leur longueur initiale — jusqu'à 10 % en mesure expérimentale en laboratoire. Ils sont constitués essentiellement de fibres conjonctives de type collagène, orientées dans la direction du grand axe du tendon et disposées parallèlement les unes aux autres avec une composante de torsion. Ces fibres sont très résistantes à une traction progressive et continue. Par contre, elles peuvent se rompre sous l'effet de microchocs lors de mouvements violents et brusques comme les réceptions de sauts et les accélérations. Leur protection dépend de la capacité globale d'absorption des contraintes du couple muscle-tendon.

La perte d'élasticité nette à partir de l'âge de 40 ans explique la plus grande fréquence de survenue de tendinopathie chez le sportif vétérinaire. Les fibres tendineuses rompues ont la capacité de se réparer. Le conjonctif de réparation rétablit la continuité de la fibre mais en formant une « cicatrice fibreuse », plus volumineuse mais moins résistante à la traction que la fibre initiale, formant parfois un nodule que l'on peut palper sous la peau.

Les étirements bien conduits, programmés précocement en accompagnement de la cicatrisation, permettront d'améliorer la qualité de la cicatrice en orientant les fibres

de réparation dans le sens de la traction. Ce réaménagement spatial des fibres de réparation permet d'augmenter la résistance de la cicatrice fibreuse. Cette adaptation bénéfique peut encore se manifester même sur une tendinite ancienne, car l'organisme est en constant renouvellement, mais elle sera alors très lente à s'installer, dans un délai d'un an et au-delà.

Un tendon sain soumis à des microchocs répétés va se détériorer à la longue dans la zone où les récepteurs sensitifs d'alerte sont les moins nombreux (zone médiane du tendon calcanéen). Mais ce processus peut mettre plusieurs années avant de se manifester cliniquement (effet retardé).

Les étirements font partie de l'arsenal préventif spécifique pour les tendons, de même que le renforcement musculaire en course externe. Le choix d'un matériel adapté, en particulier des chaussures de sport dont l'amorti permet de compenser en partie le vieillissement du tendon, complètent ces mesures.

## Neurophysiologie des étirements

### Système neuromusculaire

Le système moteur traduit par du mouvement des signaux à point de départ nerveux. On ne peut donc jamais faire abstraction de la dimension neurologique du couple muscle-tendon, qu'il soit au repos ou en activité. Le système neuromusculaire peut être entraîné pour l'exécution de tâches motrices très précises. C'est un système adaptable et modulable. Ces caractéristiques peuvent être mises à profit pour augmenter l'extensibilité en agissant sur le tonus musculaire. Ces adaptations neuromotrices sont spécifiques à une activité comme on peut le voir au tennis, au football ou en gymnastique. Le footballeur conditionné sur deux mi-temps de 45 minutes souffrira de crampes musculaires si on rajoute deux prolongations de 15 minutes. Les relations sensori-motrices et les schémas réflexes ne sont pas immuables. Les programmes moteurs sont modifiés en permanence par l'apprentissage (Eric Kandel).

### Récepteurs nerveux sensitifs

Des récepteurs sensitifs nous informent en permanence sur le niveau de tension musculaire, sur les tractions qui s'exercent sur les tendons et sur la position des articulations dans l'espace. On les trouve dans les muscles, les tendons et les capsules qui entourent les articulations.

Cette sensibilité propre aux muscles et aux articulations est appelée la proprioception ou sensibilité kinesthésique. Elle permet de régler le niveau de tension de base du

muscle, le tonus musculaire, d'informer le cerveau sur la position et le mouvement des articulations dans l'espace et participe au maintien de l'équilibre du sujet.

Au repos, le muscle n'est donc pas dans un état de relâchement total.

Les étirements ont une action directe sur l'activité des récepteurs proprioceptifs et ils agissent aussi indirectement sur le niveau du tonus musculaire.

### Récepteurs sensitifs du muscle : le fuseau neuromusculaire

Le fuseau neuromusculaire est un récepteur proprioceptif localisé à l'intérieur même du muscle (fig. 2.2). Le fuseau neuromusculaire se présente comme un petit amas de fibres musculaires spécialisées, mêlé aux fibres musculaires normales. De forme allongée, comme les fibres musculaires normales, le fuseau neuromusculaire a une partie centrale renflée et deux extrémités effilées. Les extrémités s'attachent sur le tissu conjonctif qui entoure et unit les fibres musculaires. La zone centrale du fuseau contient une fibre sensitive de gros diamètre et à conduction rapide, la fibre Ia, qui forme le récepteur annulo-spiralé, le récepteur sensitif. Certains fuseaux neuromusculaires présentent aussi dans la région centrale, en plus de la fibre Ia, une fibre sensitive de type II, de plus petit diamètre.

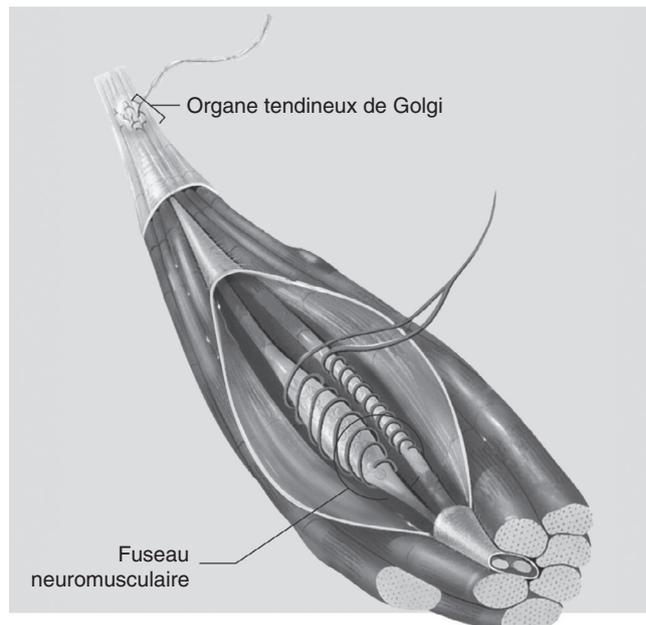


Figure 2.2

Récepteurs sensitifs : fuseau neuromusculaire et organe tendineux de Golgi.

(Cette figure a été publiée dans *Massage Therapy: Principles and Practice*, 6th ed., de Susan G. Salvo. © Elsevier 2020.)