

Le tendon à la loupe

Pascal Prévost, MCU, Université Paris 12

Pour éviter les blessures et les désagréments liés à la pratique sportive, il est essentiel de comprendre la fonction du tendon, ses propriétés mécaniques et ses capacités de régénération. Celles-ci sont intimement liées à sa composition et à son architecture.

Fonction du tendon

Le tendon fait partie des structures qui lient et qui stabilisent les articulations du système squelettique. Bien que passif (c'est-à-dire ne produisant pas activement de mouvement comme le font les muscles), il joue un rôle essentiel dans le mouvement articulaire. Sa fonction est d'attacher le muscle à l'os et de transmettre les forces musculaires aux pièces osseuses. Par conséquent, il produit un mouvement articulaire. Le tendon permet aussi au muscle d'être à une distance optimale de l'articulation. Il agit donc directement sur la façon dont la force musculaire va mobiliser les os autour d'une articulation donnée. Tendon et muscle forment une unité à part entière qui agit comme une composante dynamique.

Composition et structure

Le tendon est un tissu conjonctif dense, très peu vascularisé, ce qui va avoir des implications sur les possibilités de cicatrisation lors de blessures. Ses fibres (collagène) sont organisées en parallèle dans l'axe longitudinal du tendon. On peut donc dire que c'est un matériau pré-contraint dont le rôle principal sera de résister aux forces qui s'exercent selon l'axe de ses fibres. C'est pour cela que les tendons possèdent l'une des forces de résistance les plus élevées de tous les tissus mous corporels.

Comme tous les tissus conjonctifs du corps, le tendon comprend quelques **cellules**, les fibroblastes (environ 20% du volume total) et une abondante **matrice extracellulaire** (environ 80% de ce même volume). Cette matrice contient environ 70% d'eau et 30% de constituants solides (figure 1) synthétisés et sécrétés par les fibroblastes : le **collagène** et une petite quantité d'**élastine** (protéine élastique). Le reste de la matrice, la **substance fondamentale**, est une matière solide composée de longues chaînes d'acides aminés et de glycoprotéines.

Le contenu en collagène est généralement supérieur à 95% de poids sec du tendon. À l'extrémité des tendons, le matériel solide peut être composé presque exclusivement de collagène (jusqu'à 99% du poids sec).

Collagène

L'unité fondamentale du tendon est la molécule de collagène appelée également **tropocollagène**. Plusieurs tropocollagènes sont regroupés dans une **micro-fibrille** à l'intérieur de laquelle ils sont disposés à la fois en parallèle et en série. Des ponts d'union existent également entre les tropocollagènes au sein de la micro-fibrille.

Ces liaisons intra- et extra-chaînes sont essentielles à la stabilité de la molécule de collagène et de la micro-fibrille (figure 3). Ce sont elles qui confèrent au tendon sa solidité et lui permet de fonctionner sous des contraintes mécaniques importantes. Plus ces liaisons sont nombreuses, plus le tendon est résistant.

Le nombre de liaisons varie avec l'âge. Dans le collagène nouvellement formé, les liaisons sont relativement peu nombreuses et sont instables. À mesure que le collagène devient mature

(jusqu'à 20 ans environ), le nombre de liaisons instables diminuent laissant place à un plus grand nombre de liaisons stables.

Les micro-fibrilles sont assemblées pour former des paquets appelés **fibrilles**. C'est le chevauchement des micro-fibrilles qui est responsable de l'aspect strié des fibrilles au microscope. C'est une structure très stable qui nécessite une grande quantité d'énergie et de force pour séparer les molécules. Les fibrilles sont ensuite regroupées en **fibres** qui sont à leur tour regroupées et maintenues ensemble par une membrane, l'endotendon, pour former des **faisceaux**. Les faisceaux sont enfin assemblés et maintenus ensemble par le paratendon pour former le tendon (figure 4).

L'élastine

Les propriétés mécaniques des tendons sont dépendantes non seulement de l'architecture et des propriétés des fibres de collagène mais aussi de la proportion d'élastine que ces structures contiennent. La protéine d'élastine n'est guère présente dans les tendons contrairement aux ligaments.

La substance fondamentale

C'est une substance gélatineuse (protéines d'adhésion) homogène qui occupe l'espace entre les fibres et les cellules de tendon. Elle agit comme une substance similaire au ciment entre les micro-fibrilles de collagène, elle peut aider à stabiliser le squelette du tendon et contribue à sa résistance globale (cf. l'article sur les adaptations du tendon)

Jonction avec le muscle et l'os

Les tendons sont entourés de gaines aux endroits où les forces de frictions sont élevées. Cette gaine, appelée paratendon a un rôle de protection pour les fibres tendineuses et facilite le glissement des tendons, comme par exemple au contact des pièces osseuses qui agissent alors comme des poulies. Chaque faisceau de fibres est entouré d'une membrane appelée endotendon. Elle se prolonge d'un côté jusqu'au périmysium pour former la jonction musculo-tendineuse et de l'autre côté vers le périoste pour former la jonction ostéo-tendineuse. Cette dernière présente la particularité d'être formée par quatre zones allant du collagène à une forme de plus en plus minéralisée (fibrocartilage associé à du collagène) pour finir par de l'os cortical. Ce changement graduel du tendon à l'os induit un changement des propriétés mécaniques du tissu (augmentation de raideur) qui diminue les effets concentration des tensions au niveau de l'insertion du tendon dans l'os.

Encart 1 : Le collagène est une protéine représentant approximativement un tiers du total des protéines du corps. Le collagène est à la base de la plupart des matrices organiques des os et des cartilages ; il est le principal support mécanique du corps. La grande stabilité mécanique du collagène confère au tendon ses caractéristiques de résistance et rigidité.

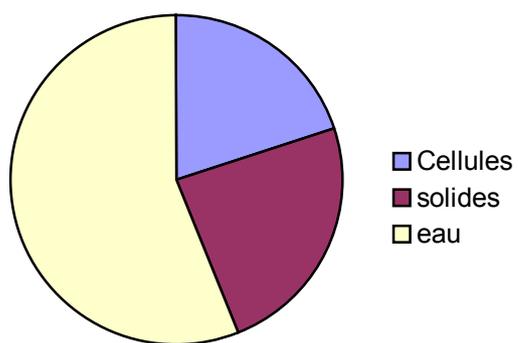


Figure 1 : Composition du tendon

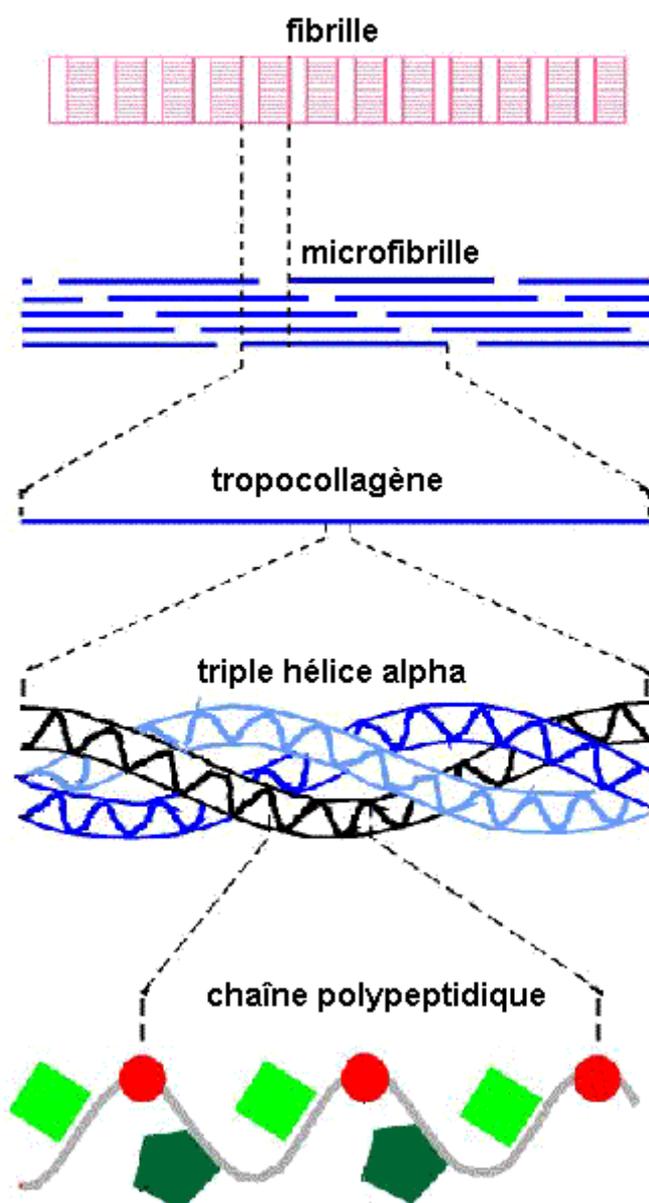


Figure 2 : Structure du tendon (D'après Prockop et Guzman, 1977).

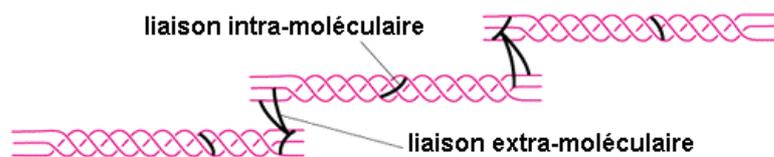


Figure 3 : Liaisons moléculaires du collagène.

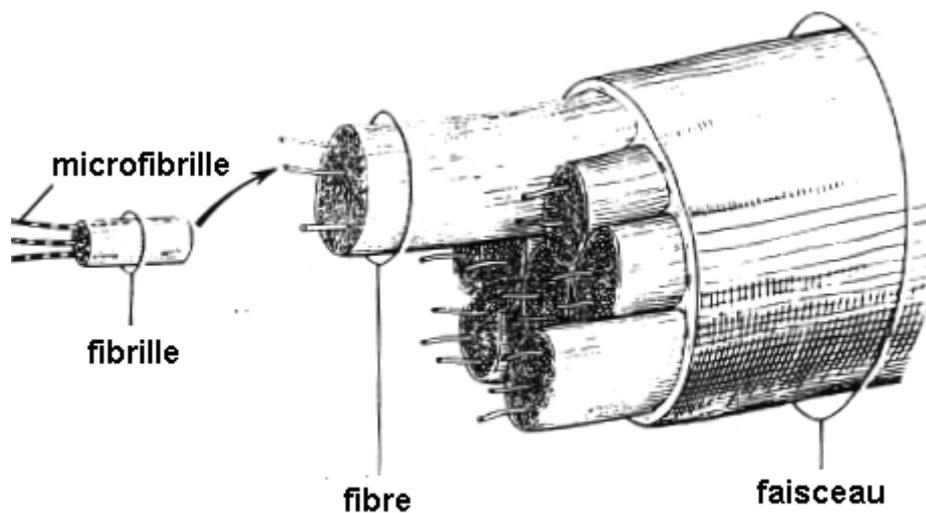


Figure 4 : Structure du tendon (D'après Nordin et coll., 2001).