

Mise au point

## Tendon et tendinopathie

*Tendon and tendinopathy*

J.-F. Kaux<sup>a,\*</sup>, J.-M. Crielaard<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Service de médecine physique et traumatologie du sport, CHU de Liège, avenue de l'Hôpital, B35, 4000 Liège, Belgique

<sup>b</sup> Service pluridisciplinaire de médecine et traumatologie du sport (SPORTS<sup>2</sup>), CHU de Liège, avenue de l'Hôpital, B35, 4000 Liège, Belgique

Disponible sur Internet le 10 août 2014

### Résumé

Le tendon, tissu conjonctif fibreux, mécaniquement responsable de la transmission de la force des muscles vers les os, constitue une entité dynamique qui, en fonction des contraintes, se restructure en permanence et, ce, grâce à diverses modifications métaboliques et mécaniques. Cette revue décrit l'histologie, la vascularisation et l'innervation du tendon sain. De plus, la biomécanique et les réponses physiologiques tendineuses, ainsi que la physiopathologie de la tendinopathie y sont abordées.

© 2014 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

*Mots clés* : Tendon ; Tendinopathie ; Physiologie ; Biomécanique

### Abstract

The tendon, connective fibrous tissue, mechanically responsible for the transmission of strength of muscles to bones, is a dynamic entity which, according to the constraints, restructures permanently and, thanks to various metabolic and mechanical changes. This review describes the histology, vascularization and innervation of the healthy tendon. In addition, the biomechanics and tendinous physiological responses, as well as the pathophysiology of tendinopathy are exposed.

© 2014 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

*Keywords*: Tendon; Tendinopathy; Physiology; Biomechanics

## 1. Introduction

Le tendon, tissu conjonctif fibreux, mécaniquement responsable de la transmission de la force des muscles vers les os, constitue une entité dynamique qui, en fonction des contraintes, se restructure en permanence et ce, grâce à diverses modifications métaboliques et mécaniques [1,2]. Il exerce un rôle important dans la proprioception et, ce, grâce à la présence de divers récepteurs sensoriels (organes tendineux de Golgi), impliqués lors du réflexe myotatique inverse, permettant le relâchement musculaire lors d'une contraction trop intense [1,2].

## 2. Histologie

Le tendon normal, macroscopiquement blanc-brillant, se caractérise par sa texture fibro-élastique [1–3]. Il possède une structure hiérarchisée [4] : le collagène s'assemble en microfibrilles, s'unissant elles-mêmes en fibrilles qui, une fois réunies, donnent naissance aux fibres. Plusieurs fibres intriquées forment des faisceaux (primaires, secondaires et tertiaires) (Fig. 1) ; ces derniers, alignés dans l'axe longitudinal, améliorent la résistance du tendon à la traction [4].

Le tendon comporte principalement une matrice extracellulaire (MEC : divers collagènes, protéoglycanes, glycoprotéines) au sein de laquelle se situent les éléments cellulaires.

Le tendon humain se compose de 30 % de masse sèche et de 70 % d'eau, contenus majoritairement dans la MEC [5].

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : jfkau@chu.ulg.ac.be (J.-F. Kaux).

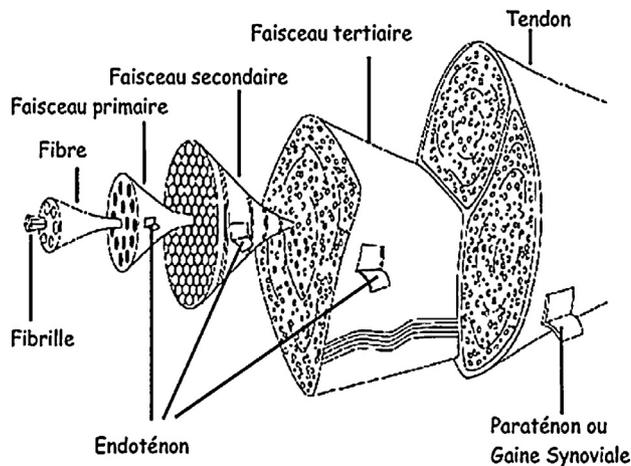


Fig. 1. Structure tendineuse, d'après Kannus [4].

L'élément principal de la MEC est le collagène de type I (60 % de la masse sèche et 95 % du collagène) ; le collagène de type III (5 %) intervient lors de la cicatrisation tendineuse [5]. Environ 2 % de la masse sèche se compose d'élastine, conférant au tendon son élasticité originale [6]. Le reste de la masse sèche comporte essentiellement d'autres types de collagène (il en existe 27) [7]. Les glycosaminoglycans (GAG) représentent environ 0,2 %, les composants anorganiques (calcium, magnésium, cadmium, cobalt... ) 0,2 %, impliqués dans la croissance et le métabolisme du tendon [5]. Le collagène se structure en différents niveaux hiérarchiques, du tropocollagène jusqu'au tendon lui-même en passant par les fibres, les fascicules (respectivement les faisceaux primaires et secondaires) et enfin les faisceaux tertiaires. La majorité des fibres sont longitudinales mais certaines présentent une orientation transversale, voire même horizontale permettant la formation de spirales et de sortes de tresses [3].

Les ténoblastes et ténocytes (90–95 % des éléments cellulaires du tendon) se situent entre le réseau de fibres de collagène [4]. Les ténoblastes, cellules immatures fusiformes, comportent de nombreuses organelles cytoplasmiques, témoignant de leur intense activité métabolique. Ces ténoblastes se transforment progressivement en ténocytes, caractérisés par une plus faible activité métabolique. Les ténocytes, responsables de la synthèse de collagène et des composants de la matrice extracellulaire, peuvent produire de l'énergie ; en raison de la présence du cycle de Krebs, de la glycolyse anaérobie et du shunt des pentoses phosphates, la consommation d'oxygène au sein des tendons apparaît plus faible (7,5 fois) que celle des muscles squelettiques [3].

Avec l'âge, la production énergétique sera préférentiellement assurée par les processus anaérobies [4]. En raison de leur relative faible activité métabolique et du développement de leurs processus énergétiques anaérobies, les tendons peuvent supporter des tensions élevées pendant de longues périodes, tout en évitant le risque d'ischémie et de nécrose subséquente [4].

Les autres éléments cellulaires (5–10 %) sont constitués de chondrocytes, principalement localisés au niveau des zones d'insertion, de cellules synoviales et endothéliales [8].

La MEC recouvrant le collagène et les ténocytes se compose de protéoglycans, de GAG, de glycoprotéines et d'autres petites molécules. La nature hydrophile des protéoglycans favorise la diffusion rapide des molécules d'eau solubles et la migration cellulaire. Les glycoprotéines adhésives participent au processus de régénération du tendon. La ténascine-C, autre composant abondant de la MEC, contient des répétitions de fibronectine et se comporte comme une protéine élastique [6].

L'épitenon, gaine lâche et mince, recouvre le tendon et s'enfonce profondément entre les faisceaux tertiaires et l'endoténon, un fin tissu réticulaire interconnecté entourant chaque fibre ; il assure le système vasculaire, lymphatique et nerveux du tendon. L'épitenon est recouvert par le paraténon, tissu aréolaire composé de fibres de collagène de type I et III, de fibres élastiques et de cellules synoviales [3].

Au niveau de la jonction myotendineuse, les fibres de collagène s'enfoncent profondément dans les espaces formés par les myocytes, assurant la transmission de la tension musculaire aux fibres collagènes du tendon. Ce complexe architectural, lors de la contraction musculaire, diminue effectivement la tension exercée sur le tendon ; cette jonction myotendineuse reste particulièrement fragile [3].

La jonction ostéo-tendineuse ou enthèse comporte quatre zones : le tendon dense, le fibrocartilage, le fibrocartilage minéralisé et enfin l'os ; cette structure spécifique évite que le collagène ne soit plié, effiloché ou coupé [6].

### 3. Vascularisation

La vascularisation tendineuse est assurée par trois sources principales : deux systèmes intrinsèques, au niveau des jonctions myotendineuse et ostéo-tendineuse, et un système extrinsèque via le paraténon ou la gaine synoviale [3,6]. Au niveau de la jonction myotendineuse, des vaisseaux issus du muscle pénètrent entre les faisceaux tendineux sans s'étendre au-delà du tiers proximal du tendon. La vascularisation de la jonction ostéo-tendineuse reste limitée à la zone d'insertion du tendon.

En l'absence de gaine synoviale entourant le tendon (ex. le tendon patellaire), le paraténon assure la vascularisation extrinsèque [6]. Les vaisseaux pénètrent transversalement le paraténon et forment (de manière répétitive) divers embranchements permettant le développement d'un réseau vasculaire complexe. Les branches artérielles du paraténon pénètrent l'épitenon, formant un réseau vasculaire intratendineux comportant d'abondantes anastomoses [6].

La vascularisation tendineuse apparaît compromise au niveau des zones de jonction, des sites de sollicitation (torsion, friction ou compression) [1,2]. Le flux sanguin se réduit avec l'âge et l'intensité des sollicitations mécaniques ; lors d'un exercice maximum, le flux sanguin péri-tendineux se réduit à 20 % de la vascularisation régionale maximale [3,4,6].

### 4. Innervation

L'innervation du tendon provient des troncs cutanés, musculaires et péri-tendineux [6]. Au niveau de la jonction myotendineuse, les fibres nerveuses se croisent et pénètrent dans l'endoténon. Elles forment un plexus important dans le parate-

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/4076465>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/4076465>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)