

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur  
et de la recherche scientifique  
Université Chadli Bendjedid  
El Tarf

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة الشاذلي بن جديد  
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des sciences Vétérinaires

كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم العلوم البيطرية

## Projet de Fin d'Études

*Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Docteur Vétérinaire*

# Contribution à l'étude des lésions tendineuses chez les carnivores.

Présenté Par :

*Tair Houssame Eddine*

*Né le : 23/05/1990*

Devant le JURY :

*Présidente : Sadeddine Rima*

*MAA*

*U.C.B.E.T*

*Examineur : Zeroual Fayçal*

*MCB*

*U.C.B.E.T*

*Promoteur : Righi Souad*

*MCA*

*U.C.B.E.T*

*Co.promoteur : Hadj hakim*

*Doctorant*

*U.C.B.E.T*

*Année universitaire 2016 - 2017*

جامعة الشاذلي بن جديد الطارف ص-برقم 37 الطارف 70333 الجزائر Université Chadli Bendjedid d'El Tarf. BP: 73, El Tarf 36000 Algérie

الهاتف: +213 38 60 1893 :+213 38 60 14 17 Fax: +213 38 60 09 43 Téléphone :

<http://www.univ-eltarf.dz>

## Remerciements

Je remercie tout d'abord Allah pour m'avoir donné la force et m'avoir guidé tout au long de mes études

Mes remerciements vont à

Mme Righi Souad et Mr. El Hadj Hakim

Pour avoir dirigé ce travail avec patience et compétence

Je leur exprime toute ma gratitude pour leur soutien et leur encouragements

Mes remerciements vont également à :

Madame Sadeddine Rima et Monsieur Zeroual Fayçal

Pour avoir accepté de présider et d'examiner ce travail

Ainsi que pour leur disponibilité et leur enseignements

A Tous mes enseignants du département des science vétérinaire, merci pour tous vos efforts

A tous ceux qui m'ont aidé de près comme de loin lors de la réalisation de ce travail

Merci a tous





## *Dédicaces*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la  
flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, maman*

*Meriam*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien  
moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est  
toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père*

*Rabeh*

*A la mémoire de ma grande maire El behdja*

*A mes frères Samir ,Ramzy ,Fayez , Yasser*

*A ma sœur imane*

*A toute la famille*

*A tous mes amis kamel, Hawess fadel , abdelmoumen,  
Abdrasak , Djaber, Zaki (el hanafi), Yessine, Abdeldjabar,  
Walid, Alaeddine, Salem*

*Houssam eddine*

## Résumé

Le tendon est un élément important de l'unité musculotendineuse. Il est l'intermédiaire entre les fibres musculaires et généralement la surface osseuse. Dérivé du tissu mésenchymateux, les tendons sont de forme variable, possèdent des annexes variées. La rupture du tendon pose toujours actuellement autant de problèmes du fait de la grande diversité des possibilités thérapeutiques. Aux techniques chirurgicales et conservatrices classiques. La multiplicité des attitudes thérapeutiques explique l'importance de la connaissance de la biomécanique des tendons. Les Facteurs nécessaires à la cicatrisation et la guérison physiologique. À cause de sa il faut jamais essayer une réparation primitive qui déplace 4 hors de la lésion. Et en cas de réparation seconder il faut attend au moins 7 jours après la rupture.

Mots clé : Tendon, rupture tendineuse, thérapeutiques, techniques chirurgicales

## ملخص

الوتر هو عنصر هام من عناصر الوحدة العضلية للوترية. هو الوسيط الذي يكون عادة بين ألياف العضلات و سطح العظم. يختلف عن الأنسجة الوسيطة. الأوتار ذات شكل متغير، لها مرفقات مختلفة. تمزق الوتر حاليا لا يزال يشكل العديد من المشاكل بسبب مجموعة واسعة من خيارات العلاج. التقنيات الجراحية التقليدية والتقنيات غير الجراحية. تعدد الطرق العلاجية يشرح أهمية الميكانيكا الحيوية الأوتار، العوامل الضرورية في التئام الد اتي للأوتار والشفاء الفسيولوجي. لهذا السبب لا يجب ابدأ محاولة علاج الأولي بعد أكثر من 4 ساعات من الإصابة. وفي حالة إصلاح ثانوي يجب أن يتم 7 أيام على الأقل.

الكلمات المفتاحية: الوتر , التمزقات الوترية , العلاج , العلاجية التقنيات الجراحية

## ABSTRACT

The tendon is an important part of the musculotendinous unit. It is the intermediate between the muscle fibers and generally the bone surface. Derive from the mesenchymal tissue, the tendons are of variable shape, possess varied appendages. Tendon rupture is still a problem today because of the wide range of therapeutic possibilities. Classical surgical and conservative techniques. The multiplicity of therapeutic attitudes explains the importance of knowledge of the biomechanics of tendons. Factors necessary for wound healing and physiological healing. Because of it, one should never try a primitive repair that moves 4 hours of the lesion. In addition, in case of repair second it must wait at least 7 days after the rupture.

**Key Words:** Tendon rupture tendonuse therapeutics to surgical techniques

## **LISTE DES SIGLES ET DES ABREVIATIONS**

**CINOD** : Cyclooxygenase Inhibitor Nitric Oxide Donors

**COX**: Cyclooxygenase

**DMSO** : Sulfoxyde di méthyle topique

**FGF**: Facteur de croissance des fibroblastes

**Fig.** : Figure

**GAG** : Glycosaminoglycans

**IGF** : Facteur de croissance insulinaire

**IL** : Interleukin

**J** : Joule

**mg** : Milligramme

**nm** : Nanomètre

**NO** : Oxyde nitrique

**NOS**: Synthase d'oxyde nitrique

**PG** : Prostaglandine

**TGF**: Facteur de croissance transformant

**TNF**: Facteur nécrosant des tumeurs

**VEGF** : Facteur de croissance vasculaire endothéliale

**µm** : Micromètre

## Liste de figure

| N° | Titre                                                                                    | Page |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1  | Tendons du membre postérieur du chien                                                    | 3    |
| 2  | Muscles et tendons jambegauche vue latérale plan profond                                 | 4    |
| 3  | Organisation hiérarchique de la structure d'un tendon                                    | 5    |
| 4  | Vascularisation artérielle de la partie distale du Tendon d'Achille.<br>Pied vue médiale | 5    |
| 5  | Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt                                        | 6    |
| 6  | élément cellulaire métaboliquement actif du tendon                                       | 7    |
| 7  | Courbe de contrainte et déformation d'un tendon normal                                   | 10   |
| 8  | Les 4 états du collagène en fonction du pourcentage de déformation                       | 10   |
| 9  | Mécanisme de synthèse de collagène                                                       | 12   |
| 10 | Différents types de sutures                                                              | 19   |
| 11 | bunnele –mayer suture des tendons                                                        | 20   |
| 12 | Différents surjets épitendineux                                                          | 20   |

## Liste des photos

| <b>N°</b> | <b>Titre</b>                                                                                                       | <b>Page</b> |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>1</b>  | le matériel chirurgical utilisé pour l'opération                                                                   | 21          |
| <b>2</b>  | 1.6 ml/kg maintenu avec 4 mini doses répétées de 0.3 ml/kg chaque 5 min                                            | 22          |
| <b>3</b>  | Anesthésie de l'animal                                                                                             | 23          |
| <b>4</b>  | nettoyage du champ opératoire                                                                                      | 23          |
| <b>5</b>  | Une incision cutanée parallèle au tendon a été effectuée au-dessus de l'articulation du jarret droit (vue caudale) | 24          |
| <b>6</b>  | reparations de rupture                                                                                             | 24          |
| <b>7</b>  | La gaine a été par la suite fermée avec des points séparés simples                                                 | 25          |

## SOMMAIRE

### INTRODUCTION

|                                                                         | Page |
|-------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Partie bibliographique</b>                                           |      |
| <b>Chapitre I</b>                                                       |      |
| I. Anatomie des tendons                                                 | 1    |
| I.1. Définition                                                         | 1    |
| I.2. Composition                                                        | 1    |
| I.3. Structure                                                          | 2    |
| I.4. Organisation structurale des tendons                               | 6    |
| I.5. Éléments cellulaires                                               | 6    |
| II. Fonction                                                            | 7    |
| III. Ruptures tendineuses et tendinopathies                             | 8    |
| IV. Biomécanique des tendons                                            | 8    |
| V. Guérison des tendons                                                 | 11   |
| V.1. Mécanismes cellulaires                                             | 11   |
| V.2. Facteurs nécessaires à la cicatrisation                            | 12   |
| V.3. Facteurs biochimiques                                              | 13   |
| <b>Chapitre 2 : la correction chirurgicale des ruptures tendineuses</b> |      |
| I. La rupture tendineuse                                                | 15   |
| II. Généralités                                                         | 15   |
| III. Techniques chirurgicales                                           | 15   |
| III.1. La chirurgie percutanée                                          | 16   |
| III.2. Chirurgie à ciel ouvert                                          | 16   |
| III.2.1 Incision                                                        | 16   |
| III.2.2 La tenorrhaphie                                                 | 17   |
| III.2.3 Techniques de suture                                            | 17   |
| III.2.4 Surjets                                                         | 17   |
| III.2.5 Fermeture                                                       | 18   |
| <b>Partie expérimentale</b>                                             |      |
| I. Cadre et objectif                                                    | 21   |
| II. Matériel et méthodes                                                | 21   |
| II.1. Matériel                                                          | 21   |
| II.2. Méthodologie                                                      | 22   |
| II.1. Les temps préopératoires                                          | 22   |
| II.2. Temps peropératoire                                               | 24   |
| <b>Discussion et conclusion</b>                                         |      |

## INTRODUCTION

Les tendons sont des tissus très complexes dont la connaissance absolue de leur fonctionnement exact et leur processus de guérison et de remodelage reste encore à être établie. Des recherches plus approfondies sur le fonctionnement de guérison des tendons permettraient de développer des traitements plus spécifiques suite aux blessures tendineuses (Sharma, P., Maffulli, N, 2006). Les tendons le plus fréquemment blessés chez les chiens et chats sont les tendons fléchisseurs superficiels et profonds, les tendons extenseurs des doigts et le tendon d'Achille. Les lésions des fléchisseurs et extenseurs sont généralement d'ordre traumatique (coupure par du verre, du fil de fer ou autre objets coupants). La rupture du tendon d'Achille peut être provoquée par une flexion extrême du jarret le plus souvent suite à un traumatisme.

# Chapitre I

## I. Anatomie des tendons

### I.1. Définition

Les tendons sont des cordons qui sont fixés sur diverses parties de squelette. Ils offrent une prise aux muscles. Les tendons sont l'intermédiaire entre fibres musculaires et surface osseuse. (Parlant de sante, 2012).

### I.2.Composition

Les tendons sont principalement composés de tissu conjonctif ainsi que de quelques cellules les fibroblastes, et d'une matrice extracellulaire. Celle-ci est composée de protéoglycanes, glycosaminoglycanes (GAGs), de glycoprotéines et d'autres petites molécules.

La présence de glycoprotéines adhésives, telles la fibronectine et la thrombospondine, aident à la réparation et la régénération des tendons (Jozsa L, et al, 1991).La force de tension des tendons est renforcée par l'interaction entre le collagène et les protéoglycanes présents dans la matrice extracellulaire .Les protéoglycanes ne contribuent pas de façon significative à la force de tension des tendons une des propriétés dominantes de ce tissu. Ils sont plutôt responsables de la propriété viscoélastique des tendons. Cette propriété permet au tendon d'agir en tant qu'amortisseur, de répartir les contraintes qui lui sont appliquées et d'améliorer son rendement .Le collagène, quant à lui, résiste grandement aux forces de tension, tout en accordant quand même un niveau de flexibilité (Benjamin, M., et al ,2008). L'innervation des tendons permet de détecter des changements de pression ou de tension grâce aux mécanorécepteurs qui sont plus abondants près de l'insertion du tendon dans le muscle Les nocicepteurs, quant à eux, sont responsables de ressentir et de transmettre la douleur. On retrouve des fibres sympathiques et parasympathiques dans les tendons. (Ackermann, P.W.et al, 2001).

### I.3. Structure

Les tendons comprennent surtout du collagène de type I, qui est responsable de la formation de fibrilles. D'autres types de collagènes, tels ceux de 4 type II, III, V, VI, IX, sont aussi présents Dans la matrice extracellulaire (Ottani V., *et al.*2002, -Kjaer M2004).Les tendons sont anatomiquement organisés de façon hiérarchique. Les molécules de collagène Sont formées par des chaînes de polypeptides. Ces chaînes sont réunies par trois pour former une molécule hélicoïdale de tropocollagène. Celles-ci sont ensuite rassemblées par groupes de cinq pour former une micro fibrille, et Les micro fibrilles forment à leur tour une fibrille. Les fibrilles se regroupent en fibres. Les fibres en faisceaux et ceux-ci en fascicules (Fig. 3).

Les fascicule sont la capacité de glisser indépendamment l'une contre L'autre, permettant ainsi de transmettre les forces de tension, malgré la variation Constante des angles formés par les articulations en mouvement. En plus des Fascicules, ce glissement est aussi retrouvé entre les fibrilles et pourrait contribuer Jusqu'à 50% de la déformation longitudinale du tendon. Anatomiquement, les fibres de collagène de type 1 des tendons sont pratiquement exclusivement alignées de façon parallèle (Woo, S.L.Y. *et al*, 1994) malgré que l'on Puisse retrouver des fibres d'orientation transversale et horizontale. Cette organisation structurée des fibres de collagène confère au tendon la formation Idéale pour permettre la transmission de forces. Dans les articulations, Comme les genoux et les carpes par exemple, ces fibres sont entourées de gaines Qui consistent en une double épaisseur de membrane synoviale comprenant une Petite quantité de synovie entre les deux, ce qui aide à réduire la friction autour des articulations (Woo, S.2004).

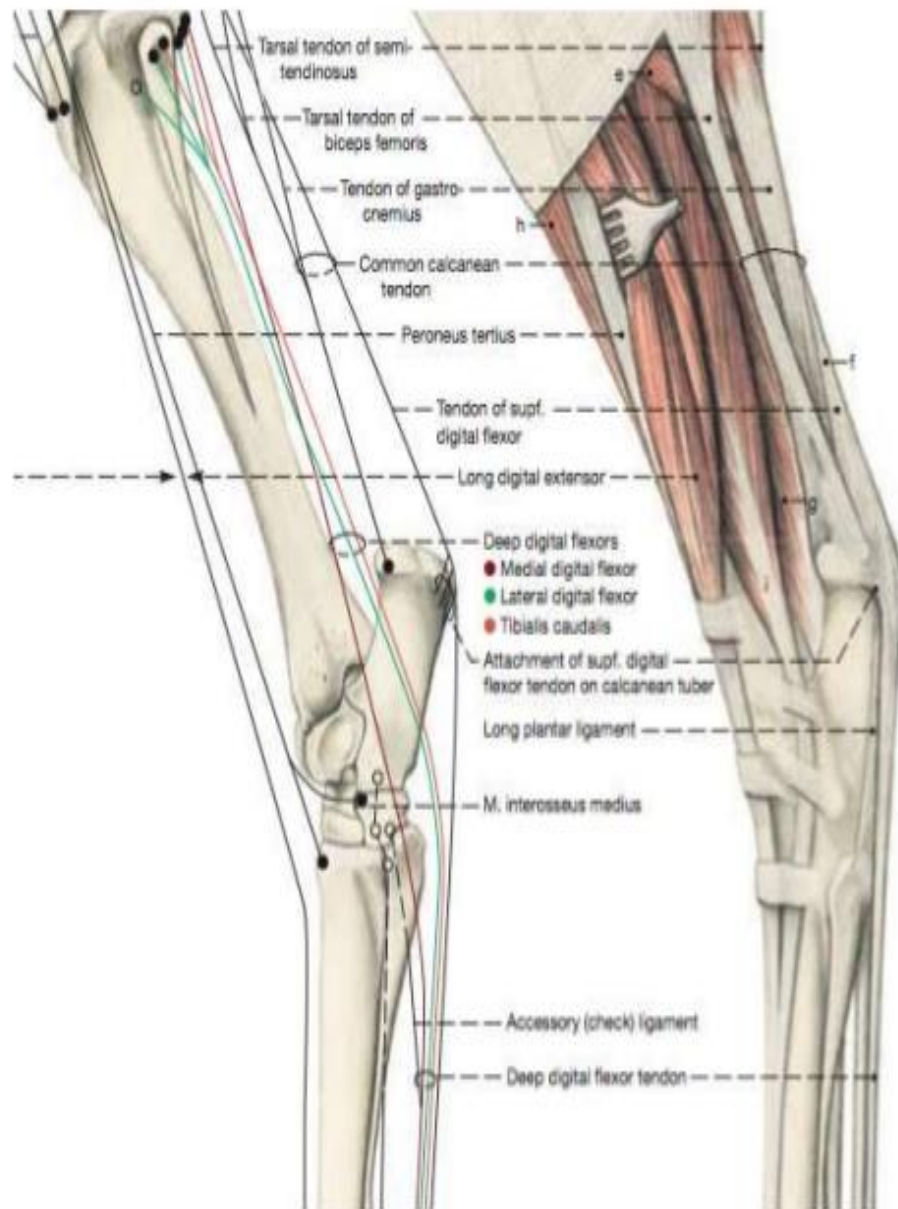
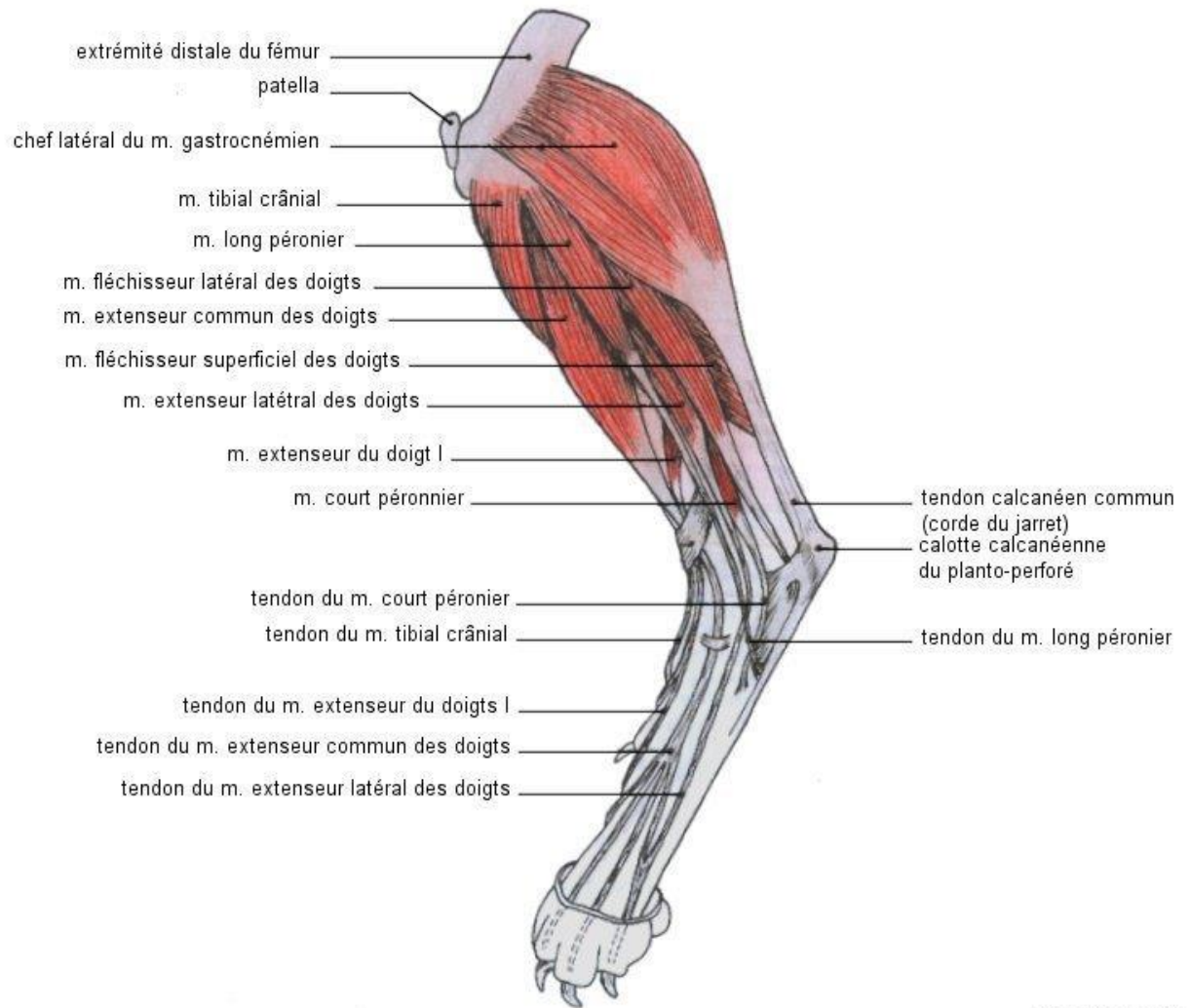


Figure n°1 : Tendons du membre postérieur du chien (net1)



**M.O. BAGNERES**

Figure n°2 : Muscles et tendons jambe gauche vue latérale plan profond  
(M.O.BAGNERES, 2016).

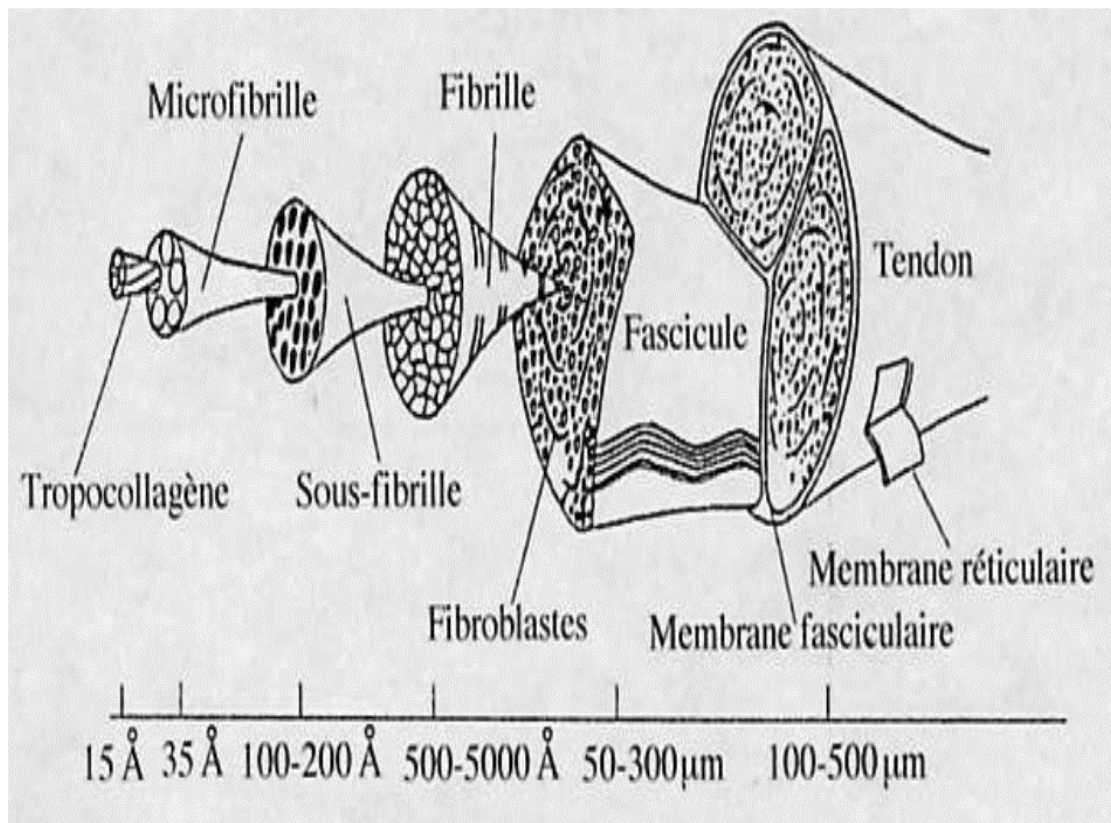


Figure n°3 : Organisation hiérarchique de la structure d'un tendon (M. Eve, I.Horobeti 2012)

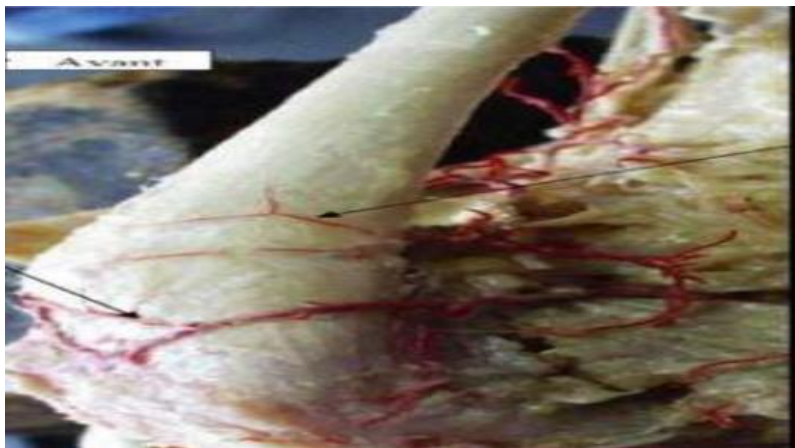


Figure n°4 : Vascularisation artérielle de la partie distale du Tendon d'Achille. Pied vue médiale (Eve. M et Horobeti I, 2012).

#### I.4. Organisation structurale des tendons

Le tendon composé de 3 zones

Enthèses : Point d'ancrage osseux

Corps tendineux

Jonction myo-tendineuse : Organe de transmission

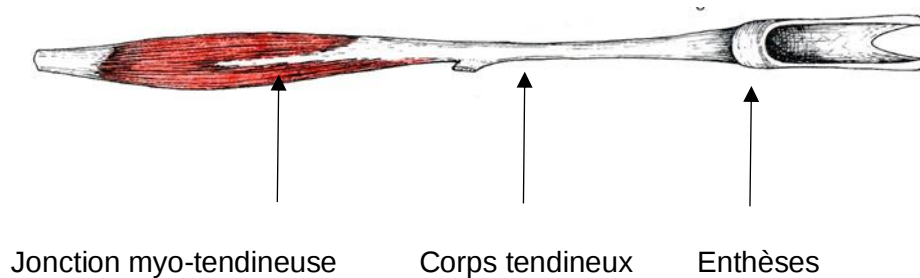


Figure n°5 : Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt (Barone., 1968).

#### I.5. Éléments cellulaires

Les fibroblastes retrouvés dans les tendons sont spécialisés ; on les nomme ténocytes.

Les ténocytes sont responsables de la sécrétion de la matrice. Extracellulaire ainsi que

De l'assemblage des fibres de collagène. Les ténocytes matures ont des projections

Qui facilitent la communication intercellulaire par l'entremise des jonctions GAP (Birk DE, Zycband E...1994).

- A: Fibres de collagène type I
- B: Faisceaux primaires
- C: Ténocytes quiescents
- D: Paraténon, gaine synoviale
- E: Molécules procollagène

Grande proportion de matrice extracellulaire mais peu de cellules et de vaisseaux

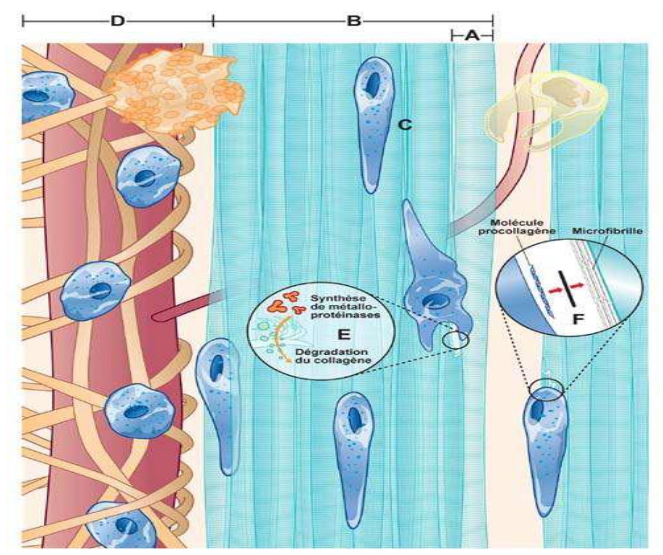


Figure n°6 : élément cellulaire métaboliquement actif du tendon (M. Eve, I.Horobeti 2012)

## II. Fonction

La principale fonction des tendons est de stabiliser par intermittence les articulations osseuses en s'aidant du ou des muscle(s) auquel ils sont liés. La fonction secondaire consiste à transmettre les forces musculaires aux diverses pièces osseuses. Les tendons se composent de quantités incalculables de nerfs qui transmettent des informations précises sur :

La charge tractée et la position du membre auquel les tendons sont rattachées. Les tendons jouent un rôle indispensable dans la régulation de la contraction musculaire, grâce aux mécanorécepteurs de type III de Golgi. Les tendons ne servent donc pas uniquement d'attaches anatomiques pour les muscles aux os, ils permettent aussi aux muscles de transférer des forces mécaniques aux articulations en amortissant leurs contraintes sur les structures péri articulaires : ligaments, capsules. (Parlons de sante 2012)

### **III. Ruptures tendineuses et tendinopathies**

Les blessures tendineuses peuvent être aiguës ou chroniques, souvent causées par un traumatisme, soit majeur ou répétitif, ou bien suivant une intervention chirurgicale. Certaines conditions qui affectent le collagène, comme certaines endocrinopathies peuvent aussi promouvoir la rupture du tendon. Plusieurs facteurs peuvent contribuer aux blessures tendineuses, qu'elles soient chroniques ou aiguës. Les facteurs intrinsèques semblent prévaloir dans les tendinopathies chroniques, tandis que les facteurs extrinsèques sont dominants dans les blessures aiguës (Kvist, M, 1994). Cependant, on observe tout de même une présence de facteurs intrinsèques, tels des défauts biomécaniques du tendon même, lors de ruptures tendineuses. Ceux-ci pourraient possiblement prédisposer le tendon à une blessure (Goodship, AE, et, al, 1994). L'étiologie des tendinopathies est toujours pas complètement comprise. Malgré que plusieurs causes telles que l'hypoxie, l'ischémie, l'hyperthermie, la détérioration oxydative et l'inflammation pour en nommer quelques-unes, ont toutes été déjà impliquées dans la dégénérescence des tendons (Sharma, P., Maffulli, N, 2006).

### **IV. Biomécanique des tendons**

Les tendons sont des tissus viscoélastiques qui agissent semblablement à des ressorts afin d'entreposer de l'énergie pour la locomotion (Alexander, R.M, 1991). Les propriétés élastiques des tendons sont donc essentielles à la fonction musculaire. De plus, les tendons doivent transférer les forces de manière efficace, du muscle jusqu'à l'os, en perdant le moins d'énergie possible (Brien, M, 1992). La réponse mécanique du tendon variera selon la charge qui lui est appliquée. Les propriétés mécaniques des tendons peuvent être définies en termes de contrainte et de tension. Celles-ci résultent en partie de leurs caractéristiques matérielles ainsi que de l'organisation et de l'orientation des fibres de collagène. La courbe de réponse biomécanique des tendons est non linéaire dû au recrutement progressif des fibres ainsi qu'aux propriétés viscoélastiques de ce tissu mou. Initialement, le tendon s'étire lorsqu'il y a une légère augmentation de la charge qui lui est appliquée. Histologiquement parlant ; les fibres de collagène changent leur orientation vers la direction de la charge appliquée.

Au fur et à mesure que la charge appliquée au tendon augmente, les fibres s'orientent complètement vers celle-ci. On peut aussi observer une déformation élastique du tendon (Mosler, E., et al, 1985). Cependant, la déformation n'est pas permanente puisque la structure retourne à la normale une fois la charge retirée. Toutefois, si la charge appliquée est maintenue, la courbe de charge et de déformation entre alors dans une région de déformation plastique ; c'est à ce point que le tendon peut céder (yield point) (fig. 6) Du point de vue histologique, des microfissures peuvent apparaître avant même d'avoir atteint ce point, causant ainsi des dommages au tendon. Une fois Atteint, l'aspect grossier du tendon est affecté et il y a alors dommage permanent même, lorsque la charge est retirée (Millis, D.L., et al, 2004). Le comportement mécanique des tendons dépend des liens inter- et intramoléculaires. Une contrainte appliquée causant une déformation inférieure à 4% peut démontrer la propriété élastique des tendons grâce au glissement intramoléculaire des molécules hélicoïdales tropocollagène. C'est-à-dire que celui-ci retournera à sa longueur originale une fois que la contrainte sera retirée (Curwin, S.L., Stanish, W.D., 1984.). Lorsque la contrainte appliquée cause une déformation surpassant 4%, on peut observer des microfissures. Au-delà de 8 à 10%, des dommages macroscopiques deviennent alors apparents. Le risque de rupture augmente autant, lorsque la tension est appliquée rapidement et à angle (Sasaki, N., et al., 1999).

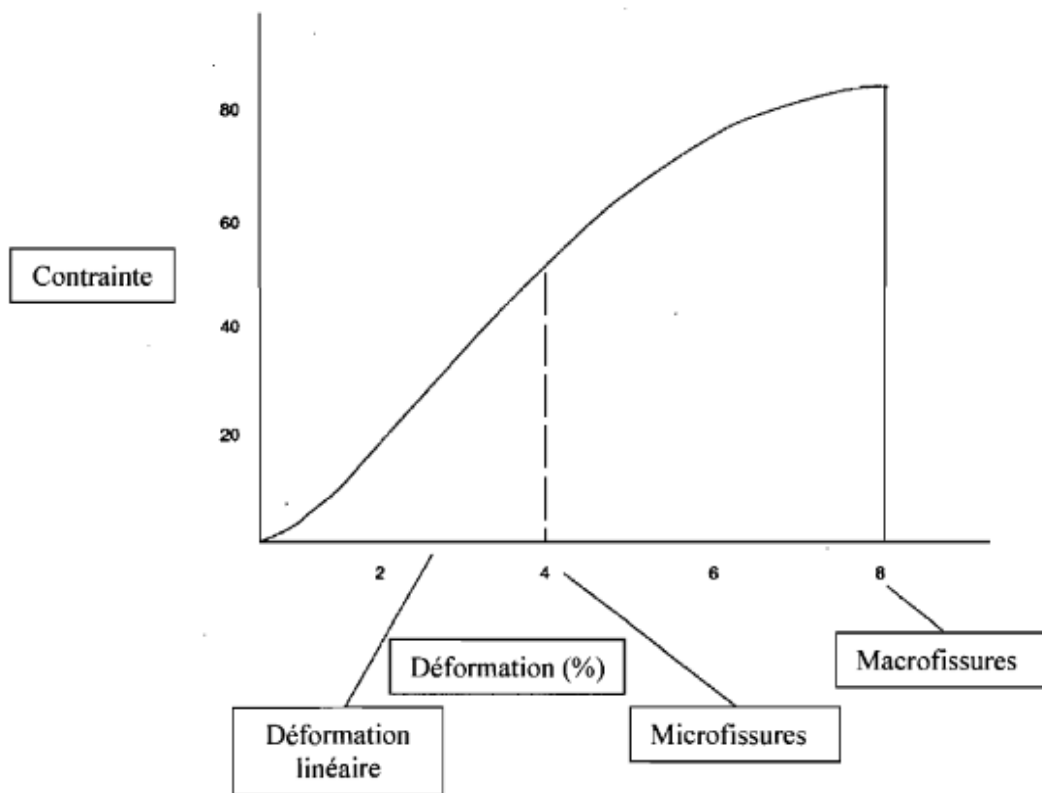


Figure n°7 : Courbe de contrainte et déformation d'un tendon normal (Sharma, P., Maffulli, N ,2006).

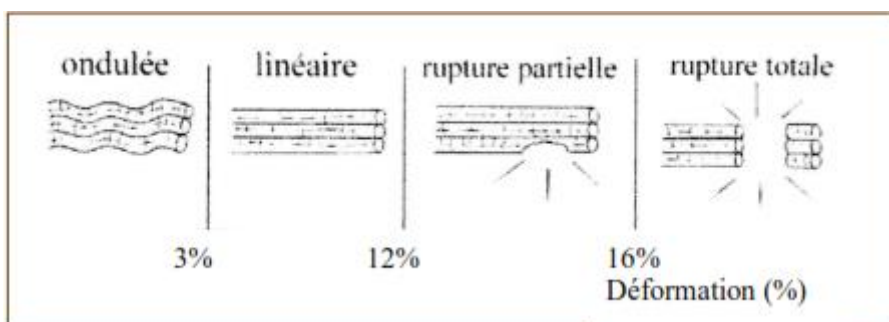


Figure n°8 : Les 4 états du collagène en fonction du pourcentage de déformation (Butler et coll. 1978)

## **V. Guérison des tendons**

### **V.1. Mécanismes cellulaires**

La guérison d'un tendon blessé s'effectue en trois phases successives : la phase inflammatoire, la phase de prolifération et la phase de remodelage. Lors de la phase initiale, on remarque une infiltration de neutrophiles et d'érythrocytes au site de la blessure. Par la suite, une invasion de macrophages et de monocytes domine lors des premières 24 heures afin de phagocyter le tissu nécrosé déjà présent.

Des facteurs vasoactifs sont relâchés et une augmentation de la perméabilité vasculaire est observée. L'angiogenèse est initiée et la prolifération de ténocytes est aussi remarquable.

Peu de temps après le début de la réponse inflammatoire, une autre succession de cytokines est produite afin que les phases de prolifération et de Remodelage puissent être initiées. On peut alors observer une nouvelle vascularisation de la région blessée accompagnée de la formation de tissu granulaire ainsi que la migration et la prolifération de fibroblastes. Ces cellules permettent la déposition de collagène de type III qui forme en grande partie les 7 matrices extracellulaires (Oakes, B.W., 2003). Une fois la phase de remodelage engendrée, environ 6 semaines plus tard, la présence cellulaire dans le tissu diminue et il devient aussi moins vascularisé. On y remarque une présence abondante de collagène de type I, qui se lie à la matrice non affectée autour du site de la blessure. Une fois le processus de guérison terminé, la cellularité, la vascularité ainsi que la présence abondante de collagène vont diminuer et retourner approximativement à la composition d'un tendon normal. Le tissu fibreux est graduellement remplacé par du tissu cicatriciel durant les douze mois suivants (Malgré tout, le nouveau tissu demeure moins résilient qu'un tendon normal du point de vue mécanique (Darmani, H., et al, 2004)). Un des problèmes les plus significatifs dans la guérison des tendons est la formation d'adhérences. Celles-ci sont formées par l'invasion du site de guérison par du tissu granulaire et de fibroblastes provenant de tissus adjacents. La gaine qui enveloppe le tendon blessé est souvent endommagée lors de la blessure ou de la chirurgie, ce qui permet l'infiltration des cellules exogènes et ainsi la formation d'adhérences (Manske, P.R, 1988).

## V.2. Facteurs nécessaires à la cicatrisation

Le collagène de type I est le plus répandu et représente près de 90% du collagène tendineux

Synthèse de collagène :

Facteurs mécaniques : stress mécanique

Facteurs de l'inflammation : IL-1, TNF- $\alpha$

→ Facteurs de croissance

→ dégradation/synthèse collagène

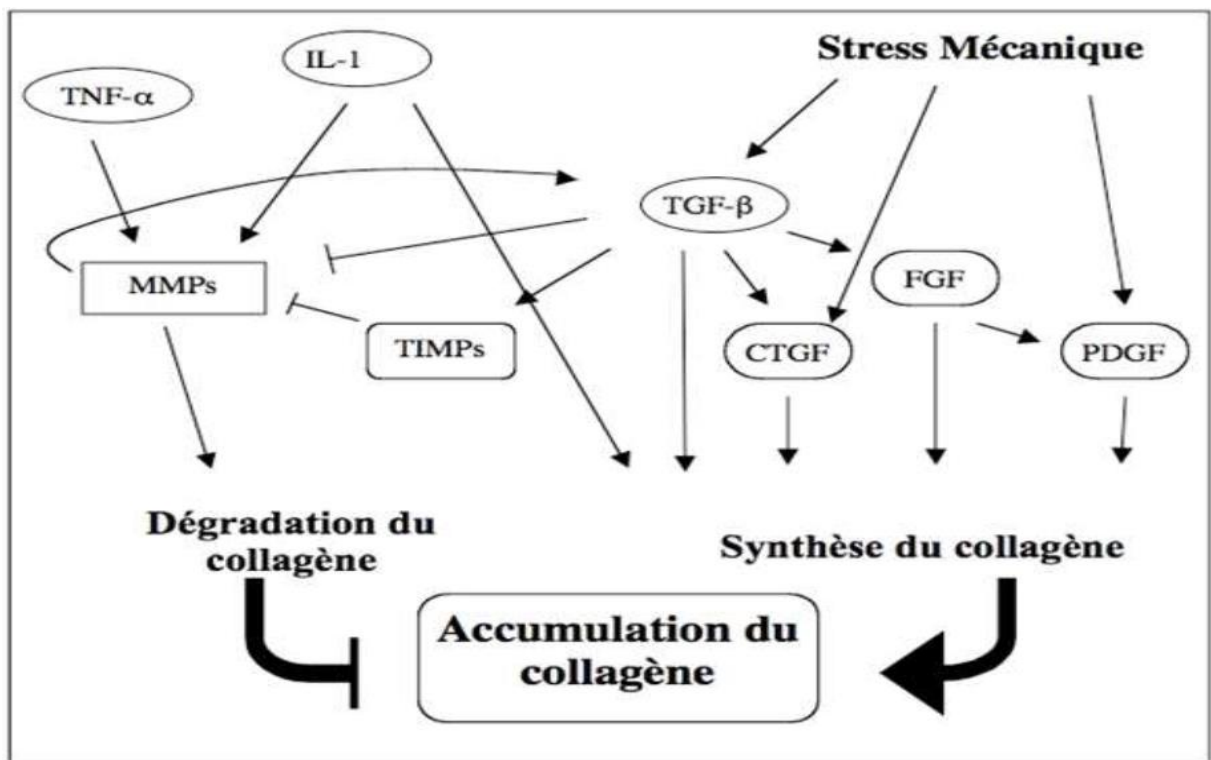


Figure n° 9 : Mécanisme de synthèse de collagène (EVE.M, HOROBETI .I ,2012)

### V.3. Facteurs biochimiques

Le processus de guérison du tendon consiste en trois phases : l'inflammation, la prolifération et le remodelage.

Au début de la phase d'inflammation, il y a production de facteurs de croissance tels que le facteur de croissance transformant-beta ( $\text{TGF-}\beta$ ) le facteur de croissance insulino-1 (IGF-1), le facteur de croissance vasculaire endothéliale (VEGF) et le facteur de croissance des fibroblastes (FGF). On y retrouve aussi des cytokines telles que l'interleukine-1 beta ( $\text{IL-1}\beta$ ), le facteur nécrosant des tumeurs-alpha ( $\text{TNF-}\alpha$ ) et l'interleukine-6 ( $\text{IL-6}$ ). Aussi présents sont des médiateurs locaux d'inflammation tels que les prostaglandines  $\text{E}_2$  ( $\text{PGE}_2$ ) et l'oxyde nitrique (NO) (Hsu, C., Chang, J, 2004). Le rôle principal des facteurs de croissance est de stimuler la croissance cellulaire en promouvant la synthèse de protéine tout en inhibant leur dégradation.

Le  $\text{TGF-}\beta$  semble participer dans la régulation de la migration et de la prolifération cellulaire. En général,  $\text{TGF-}\beta$  va stimuler la synthèse de collagène tandis que  $\text{IL-1}$  et  $\text{TNF-}\alpha$  vont inhiber la synthèse de collagène dans les fibroblastes (Slatter, D, 2003).  $\text{IL-6}$  est habituellement exprimé en corrélation avec la sévérité de l'inflammation lorsque dans cet état, et est aussi connu pour stimuler la différenciation des lymphocytes.

Une étude a aussi démontré que  $\text{IL-6}$  contribue aux arthropathies inflammatoires, et qu'avec  $\text{TNF-}\alpha$ , ils ont été reconnus comme ayant un rôle important dans l'apoptose cellulaire. Il fut démontré que l'expression d'IGF-1 est élevée lors de la phase initiale d'inflammation chez les modèles de tendons d'animaux en guérison.

De plus il semble contribuer à la prolifération et à la migration des fibroblastes, augmentant ainsi la production de collagène. Quant à VEGF, il est surtout exprimé suivant la phase inflammatoire ; son rôle principal est de stimuler l'angiogénèse. La  $\text{PGE}_2$  est synthétisée à partir de l'acide arachidonique via l'action de la cyclooxygénase (COX) (Hsu, C., Chang, J.). Malgré que la  $\text{PGE}_2$  ait un rôle clé dans la médiation de la réponse inflammatoire, il fut aussi démontré que ce facteur diminue la synthèse de collagène dans les ostéoblastes. Des études récentes sur la culture de ténocytes ont trouvé que la  $\text{PGE}_2$  diminue la prolifération cellulaire et la synthèse de collagène. Il semblerait aussi que la production de  $\text{PGE}_2$  dans les tendons contribuerait à la réduction de cellularité ainsi qu'à la désorganisation de la matrice observée dans des cas de tendinopathies induites lors d'exercices physiques. Le NO est un radical libre sous forme de gaz, qui est très réactif.

Il est produit par la synthèse d'oxyde nitrique (NOS). Cette molécule messagère participe à la régulation de plusieurs propriétés physiologiques, telles que l'immunité et le tonus vasculaire, et elle sert aussi en tant que neurotransmetteur. En forte concentration, le NO peut inhiber la synthèse de collagène tandis que des concentrations plus faibles au site de la blessure et dans le corps vont augmenter la synthèse de collagène et diminuer la réponse inflammatoire. Le NO joue donc un rôle important dans la guérison du tendon. L'inhibition de la NOS va à son tour inhiber la guérison du tendon (Cilli, F., et al, 2004). De plus, dans les cas de tendons et de capsules synoviales blessés, le NO semble contribuer à la protection de ces tissus contre une réponse inflammatoire non contrôlée (Darmani, H., et al, 2004).

## **Chapitre 2 : la correction chirurgicale des ruptures tendineuses**

### **I. La rupture tendineuse**

C'est la rupture d'un groupe de fibres tendineuses. Elle est totale ou partielle traumatique ou dégénérative. Elle survient toujours sur un tendon fatigué après une contraction particulièrement violente.

La prise de certains antibiotiques (fluoroquinolones) augmente de façon considérable le risque de rupture du tendon, même pour des efforts minimes (Darmani, H., et al, 2004).

### **II. Généralités**

Dans tous les cas de réparation tendineuse (primitive ou secondaire) l'anesthésie général est indiquée pour : éliminer le mouvement du sujet et prévient un traumatisme excessif des tissus au cours d'interventions. Hémostase adéquate obtenu avec l'utilisation d'un garrot. Avant de placer le garrot sur les membres, ces derniers doivent être emballés. Par ce moyen on réduit l'hémorragie veineuse rétrograde dans la partie distale des membres. Le garrot est alors mis en place pour arrêter la circulation artérielle, le bandage élastique est enlevé et le membre nettoyé avec un antiseptique. Par ce moyen on obtient un champ opératoire relativement exsangue ou il est plus aisé de travailler. L'emploi des compresses pour éponger doit être aussi minime c'est une manœuvre qui irrite les tendons et traumatisme le tissu voisin

Le mécanisme de glissement est une partie essentielle il faut :

Limiter le traumatisme infligé au tendon et aux structures voisines, ne jamais saisir un tendon avec une pince à dents de souris, n'en plus qu'enveloppé de gaze même si elle est humide, un tendon ne doit jamais devenir sec, sa surface lisse sera laissée, le tendon doit être saisie par sa partie qui sera enlevé ou suturée, asepsie rigoureuses pendant tous les temps OP (suppuration, infection fibreuse adhérence). (Boudchiche.L. polycopie cours 2017)

### **III. Techniques chirurgicales**

Tout traitement chirurgical précoce est préférable pour limiter l'interposition fibreuse. Il doit s'accompagner d'une asepsie maximale (DENEUCHE,2002 ; FAYOLLE, 1998 ; WILSON, 1954) et d'une manipulation a traumatique des tissus pour limiter la formation d'adhérences (DENEUCHE, 2002 ; FAYOLLE, 1998 ;TROPER et al., 1986 ; WILSON,

1954). Les lésions partielles bénéficient du traitement conservateur, avec une mise au repos prolonge (DENEUCHE, 2002).

Les interventions pratiquées sont assez diverses pouvant aller de la simple suture aux différentes greffes avec du matériel inerte ou vivant, en raison de la variété des lésions rencontrées, récentes ou anciennes et de l'évolution de la conception des techniques chirurgicales. Elles ont comme but, de redonner au tendon sa longueur normale afin de garantir un résultat fonctionnel optimal. Chirurgie ciel ouvert ou percutanée Le principe est de remettre en contact les deux extrémités rompues du tendon. (NAJMI .M. 2017)

### **III.1.La chirurgie percutanée**

Dans la technique percutanée, sont reliés, les deux bouts séparés à l'aide d'un fil monté sur une aiguille et relié à une sorte de petit harpon, venant s'ancrer dans l'une des parties du tendon. La chirurgie percutanée s'accompagne d'un risque de récurrence supérieur à la chirurgie classique, mais, en contrepartie, elle pose moins de problèmes de cicatrisation et de complications infectieuses.(MCCLELLAND D, MAFFULLI N., 2002).

### **III.2. Chirurgie à ciel ouvert**

C'est la chirurgie classique le chirurgien ouvre pour voir le tendon de visu et raccorder ses deux bouts rompu du tendon

#### **III.2.1 Incision**

Elle est en règle paramédiane environ 1 cm du bord médial du tendon. En effet, l'incision médiane est déconseillée pour éviter le conflit ultérieur de la cicatrice. L'incision doit être centrée sur la rupture et étendue de part et d'autre. Aucun décollement sous-cutané ne doit être réalisé et les tissus cutané et sous-cutané doivent être soigneusement protégés de tout traumatisme en peropératoire. La gaine aponévrotique et le péritendon sont incisés dans le plan de l'incision cutanée et repérés sur fils qui servent également de fils tracteurs, permettant d'écarter la voie d'abord en évitant un traumatisme pour le tissu cutané. ( KOUVALCHARK J.F, LWATINAUGOUARD.,1993)

### **III.2.2 La tenorrhaphie**

C'est la Suture chirurgicale d'un tendon sectionné. Une ténorrhaphie est indiquée quand un tendon a été sectionné par accident ou rompu après une tendinopathie chronique (Larousse Médical.fr )

### **III.2.3 Techniques de suture**

La ténorrhaphie, pratiquée sous anesthésie locorégionale ou générale, utilise des fils métalliques ou synthétiques. La suture peut être directe, par affrontement des bords, comme pour une plaie cutanée, ou utiliser un laçage fermé. Un aspect technique commun à toutes les sutures me semble important : leurs points transversaux d'accrochage sont à distance des extrémités (environ 10mm) pour ne pas entraîner un effet "fil à couper le beurre". En ce qui concerne les sutures simples, les plus employées sont : le Kessler modifié, le Kessler-Tajima et le Tsuge en sachant que ces sutures à deux passages peuvent voir leurs résistances accrues par l'utilisation de plusieurs fils ou même plusieurs sutures en ce qui concerne le Tsuge.

Dans le procédé de Sterling-Bunnell, le fil est passé à travers la peau de telle façon que le sommet de chaque boucle du 8 se trouve à la surface de la peau (seul le croisement du 8 passe à travers le tendon) .(fig.12)

Les multiples techniques de sutures sont présentées dans Le tableau (Fig.10) n'est pas exhaustif tant la diversité des sutures est grande. Il permettra d'avoir ainsi une idée des types de sutures employées.

### **III.2.4 Surjets**

Un des rôles du surjet épitendineux (Fig. 10) est la régularisation de la surface tendineuse avec un rapprochement anatomique des berges du tendon permettant alors un glissement optimum et harmonieux du tendon dans sa gaine. Comme pour les sutures nous assistons à la mise au point de surjets de plus en plus solides et sophistiqués qui ont les mêmes inconvénients potentiels de complexité, d'épaisseur, de risque de dévascularisation. Certaines équipes comme celle de Bichat remplacent le surjet par de la colle biologique ce qui a l'avantage d'être rapide et de diminuer les manipulations délétères. En plus de son effet mécanique elle aurait une action sur la cicatrisation avec une orientation des fibroblastes. (Moutet. F, 2003)

### **III.2.5 Fermeture**

Elle débute par la fermeture de la gaine tendineuse. Réalisation d'une interposition avec le tissu sous-cutané dont l'absence est source d'adhérences. Certains auteurs préfèrent ne pas inciser la partie antérieure de la gaine, source d'apport vasculaire pour le tendon. La peau est fermée par des points séparés. (Wegrzyn J., Besse J.-L, 2009).

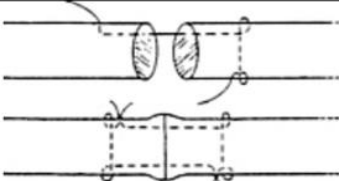
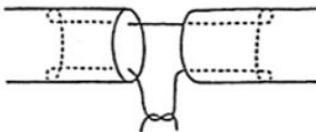
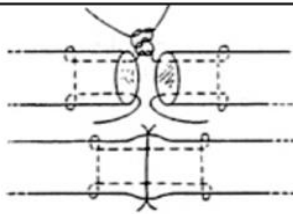
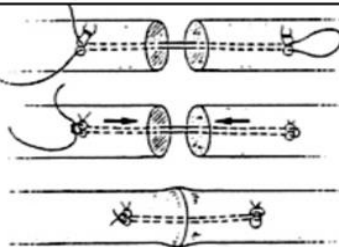
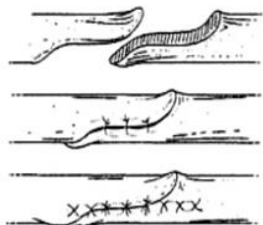
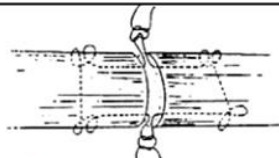
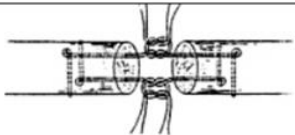
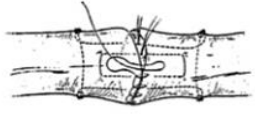
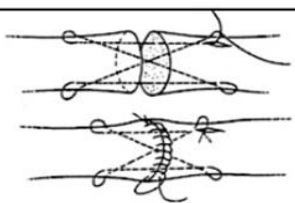
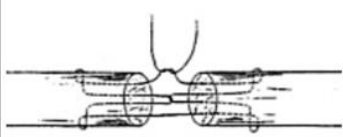
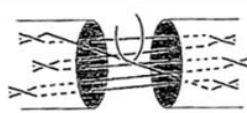
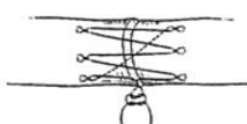
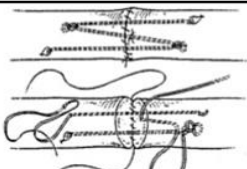
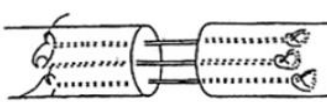
|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|    |   |    |
| Bunnell                                                                             | Kessler                                                                             | ** Kessler modifié                                                                    |
|    |   |    |
| Kessler-Tajima                                                                      | Tsuge                                                                               | Suture en biseau de Becker                                                            |
|    |    |    |
| Double grasping 1 suture                                                            | Double grasping 2 sutures                                                           | Double loop                                                                           |
|  |  |  |
| Indiana 4 strand repair                                                             | Suture 4 brins en croix                                                             | Interlock stich                                                                       |
|  |  |  |
| * 4 brins de Becker                                                                 | * 6 brins de Savage                                                                 | Single-cross grasp 6 strand                                                           |
|  |  |  |
| 6 brins avec 3 paires de suture                                                     | ** Tang = triple Tsuge                                                              | Suture 8 brins fil double                                                             |

Figure n°10 : Différents types de sutures.( Moutet .F ,2003)

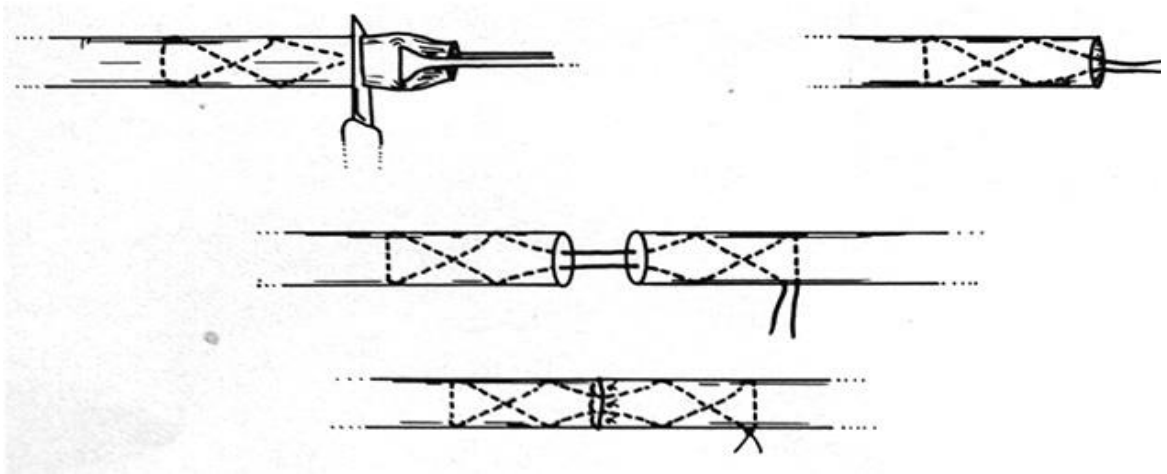


Figure n°11 : bunnele –mayer suture des tendons.( Moutet .F ,2003)

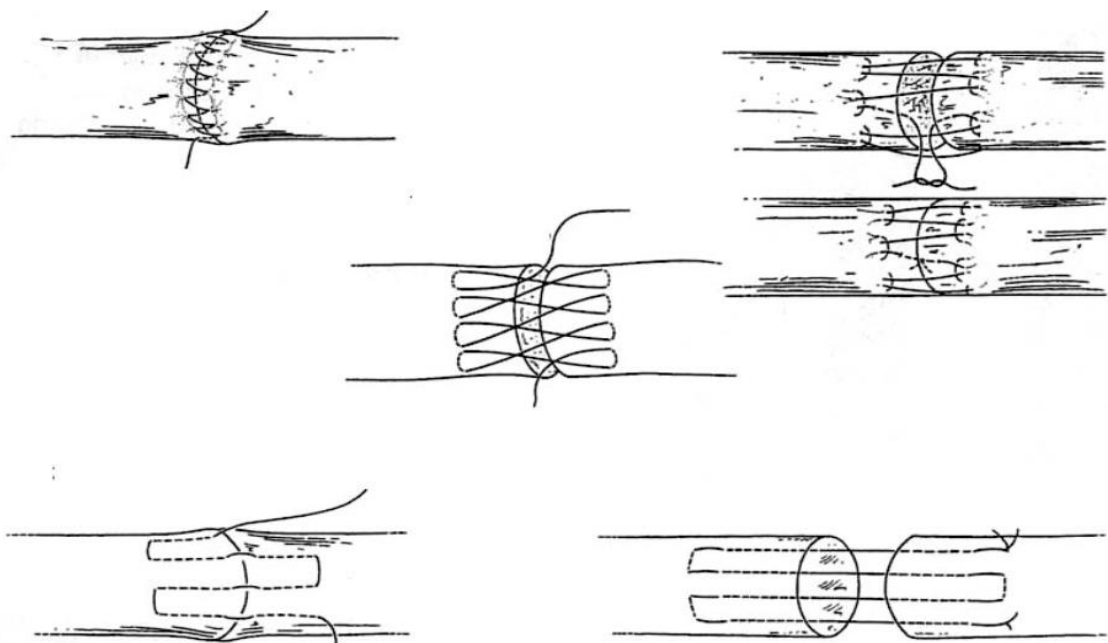


Figure n°12 : Différents surjets épitendineux.( Moutet .F ,2003)

## Partie expérimentale

### I. Cadre et objectif

Le présent travail consiste à une réparation primitive de la rupture totale Induite du tendon d'Achille d'un chat, et ce en vue d'une exploration chirurgicale de l'intervention précoce.

### II. Matériel et méthodes

#### II.1. Matériel

Nous avons eu recours au matériel cité ci-dessous pour l'opération :

- Lame de bistouris
- Pince à échardes
- Ciseaux de médecin, Standard
- Pince kocher
- Pincettes hémostatiques
- Porte-aiguilles
- Pincettes à dissection Mousse
- Champs propre et aseptisé (stérilisé) de préférence avec de la teinture d'iode.



Photo n°1 : le matériel chirurgical utilisé pour l'opération (photo personnelle)

## II. Méthodologie

### II.1. Les temps préopératoires

Préparation de l'animal : le chat a été privé pendant 8 heures d'eau et d'aliment (diète) pour empêcher la fausse déglutition. Un Examen générale est effectué

Par la suite, l'animal a été anesthésié (de préférence : tranquillisation+anesthésie). Ainsi une prémédication par injection de acépromazine (calmivet ®) pour tranquilliser l'animal a été effectué. L'anesthésie a été induite avec Injection IV de propofol (provive®)



Photo n° 2 : 1.6 ml/kg maintenu avec 4 mini doses répétées de 0.3 ml/kg chaque 5 min

(Photo personnelle)

Le chat a été préparée de façon aseptique pour l'intervention, ainsi la patte postérieure a été soigneusement rasée et savonnée. Le nettoyage a été réalisé par l'application de la bitadine.



Photo n° 3 : Anesthésie de l'animal (photo personnelle)



Photo n°4 : nettoyage du champ opératoire (photo personnelle)

## II.2. Temps peropératoire

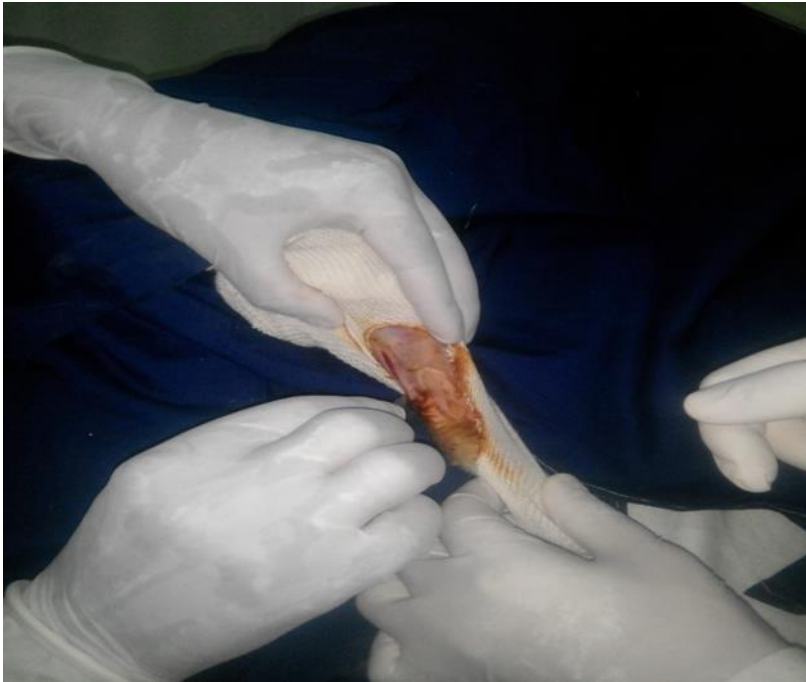


Photo n°5 Une incision cutanée parallèle au tendon a été effectuée au-dessus de l'articulation du jarret droit (vue caudale). Le tendon a été extrait de la gaine et sectionnée. (Photo personnelle)

La réparation tendineuse a été effectuée après 15 minutes, où nous avons relié les deux embouts du tendon avec une suture de kessler modifié et renforcé avec un surjet.

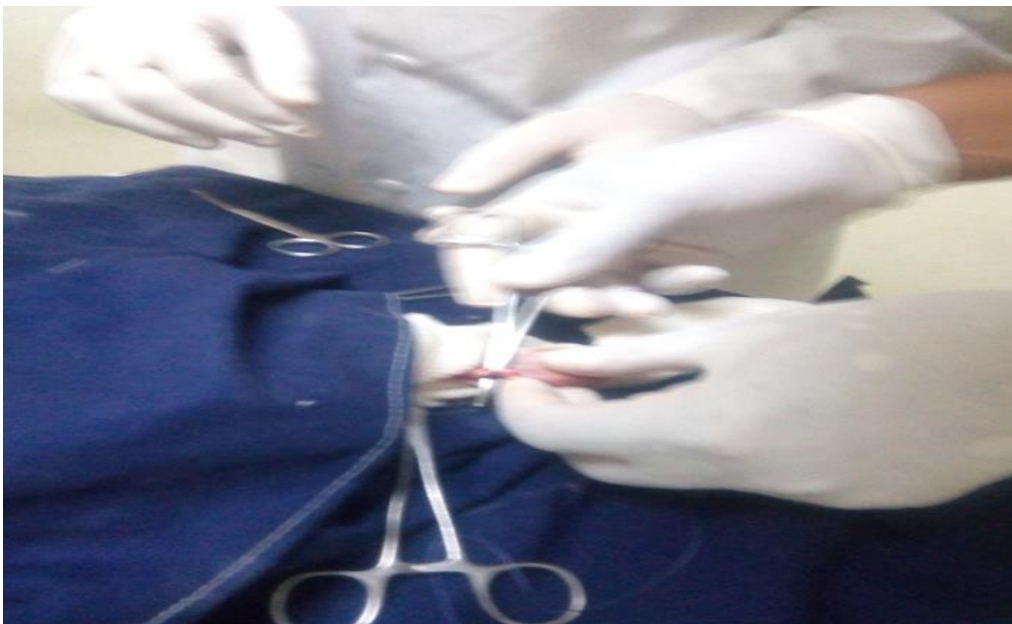


Photo n°6 reparations de rupture (photo personnelle)



Photo n°7 La gaine a été par la suite fermée avec des points séparés simples. (photo personnelle)

L'articulation a été par la suite immobilisée avec un bandage.

### **Discussion et conclusion**

Cette intervention chirurgicale a été réalisée dans un but juste explorateur, lors d'une rupture du tendon d'Achille chez le chat le traitement est effectuée en fonction de la nature de la rupture :

Rupture complète :

Une intervention chirurgicale est toujours nécessaire. On réalise une suture spéciale permettant de lier les tendons entre eux. Une prothèse ligamentaire peut être ajoutée. Lorsque le tendon du gastrocnémien est désinséré du calcaneus, les sutures sont ancrées dans l'os. Puis l'articulation du tarse (la cheville) doit être immobilisée en extension pendant 6 à 8 semaines pour permettre la cicatrisation des tendons, soit par une vis entre le calcaneus et le tibia, soit par un fixateur externe, soit par un bandage avec résine/attelle.

Atteinte partielle :

Un traitement chirurgical s'avère nécessaire si une plantigradie est notée. Dans ce cas le traitement chirurgical consiste à fixer l'articulation du tarse en extension comme décrit précédemment.

La résection du tendon touché lorsqu'il s'agit d'un tendon mineur peut également être réalisée.

### **Pronostic d'une atteinte du tendon d'Achille chez le chat ?**

Le pronostic après intervention chirurgicale est généralement bon.

### **Quelles sont les complications possibles d'une chirurgie du tendon d'Achille chez le chat ?**

Les principales complications sont :

- Une infection du site chirurgical,
- Une rupture du montage chirurgical de stabilisation de la cheville : vis ou fixateur externe,
- Une intolérance des bandages de contention externe avec formation de plaies, d'escarres...

### **Recommandations et soins post-opératoires après une chirurgie du tendon d'Achille chez le chat**

L'activité doit être restreinte pendant 2 mois : l'animal doit être cantonné à la maison dans un espace très restreint. La cheville est maintenue en extension pour éviter une tension sur le tendon le temps de sa cicatrisation. Si un fixateur externe a été mis en place des soins particuliers seront à réaliser et vous seront expliqués par le vétérinaire. Le retrait du matériel orthopédique (vis ou fixateur externe) a lieu entre 6 et 8 semaines après la chirurgie, et peut être suivi par la mise en place d'un bandage.

## Références Bibliographique

- Alexander, R.M.**, *Elastic mechanisms in primate locomotion*. Z Morphol Anthropol 1991; 78: p. 315-320.
- BARONE R.** Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 2: 1968, 984 p.
- Benjamin, M., et al.**, *Structure-function relationships in tendons: a review*. J Anat 2008; 212: p.211-228.
- Birk DE, Zychband E.**, *Assembly of the tendon extracellular matrix during development*. J Anat 1994; 184: p. 457-463.
- Brien, M.**, *Functional anatomy and physiology of tendons*. Clin Sports Med 1992; 11: p. 505-520.
- Cilli, F., et al.** *Prostaglandin E2 affects proliferation and collagen synthesis by human patellar tendon fibroblasts*. Clin J Sport Med, 2004; Jul; 14(4): p.232-6
- Curwin, S.L., Stanish, W.D.**, *Tendinitis: Its Etiology and Treatment*. Collamore Press, Lexington, USA; 1984.
- Darmani, H., Crossan, J.C., Curtis, A.**, *Single dose of inducible nitric oxide synthase inhibitor induces prolonged inflammatory cell accumulation and fibrosis around injured tendon and synovium*. Mediators Inflamm., 2004; 13 (3): p. 157-64.
- Darmani, H., et al.**, *Single dose of inducible nitric oxide synthase inhibitor induces prolonged inflammatory cell accumulation and fibrosis around injured tendon and synovium*. Mediators Inflamm, 2004; 13 (3): p.157 -64.
- Elsevier, M.** ( EMC SAS, Paris), *Techniques chirurgicales – Orthopédie* 44-910, 2009.
- **Fahie, M.A.**, *Healing, Diagnosis, Repair and Rehabilitation of Tendon Conditions*. Vet Clin Small Anim., 2005; 35: p.1195-1211.
- Guillaume Ragetly.G.** *Atteinte (et "rupture") du tendon d'Achille (corde du jarret) chez le chien*
- Goodship, A.E., Birch, H.L., Wilson, A.M.**, *The pathobiology and repair of tendon and ligament in injury*. Vet Clin North Am Equine Pract 1994; 10: p.323-349.
- **Jozsa, L., Kannus, P., Balint, J.B., Reffy, A.**, *Three-dimensional ultrastructure of human tendons*. Acta Anat 1991; 142: p. 306-312.
- Hsu, C., Chang, J.**, *Clinical implications Of growth factors in flexor tendon*

wound healing. J Hand Surg, 2004; 29A (4): p.551-563.

**-Jozsa L, et al**, *Three-dimensional ultrastructure of human tendons*. ActaAnat (Basel) 1991; 142: p.306-312.

**-KOUVALCHARK J.F, LWATINAUGOUARD**. Chirurgie des ruptures du tendon d'Achille. EncyclMédChir Technique chirurgicale. Orthopédie-Traumatologie, 1993 ; 44-910 : 9 p. 118

**- Kjaer M.**, *Role of extra cellular matrix in adaptation of tendon and skeletal muscle to mechanical loading*. Physiol Rev 2004; 84: p. 649-698.

**-Kvist, M.**, *Achilles tendon overuse injuries in athletes*. Sports Med 1994; 18: p. 173-201.

**-MCCLELLAND D, MAFFULLI N.**,2002 Percutaneous Repair of ruptured Achilles tendon. J R CollEdinb, 2002; 47: 613-8.

**- Moutet. F**,2003 Tendons fléchisseurs en zone II : Réparation et rééducation Méthodes actuelles et évolution des idées.

**-Manske, P.R.**, *Flexor tendon healing*. J Hand Surg (Br) 1988; 13: p. 237-245.

**-Moutet F.**,2003 Tendons fléchisseurs en zone II : Réparation et rééducation Méthodes actuelles et évolution des idées

**-Mosler, E.**, et al, *Stress-induced molecular rearrangement in tendon collagen*. J MolBiol 1985; 182: p. 589-596.

**-Millis, D.L., Levine, D.**, Taylor, R.A, *Canine Rehabilitation and Physical Therapy*. Saunders, Missouri, 2004 ; p.5-6.

**- NAJMI** , MODALITÉS THÉRAPEUTIQUES DE LA RUPTURE DU TENDON D'ACHILLE 2017  
(A PROPOS DE 55 CAS)

**-net1** anatomie.vet-orthopedie.com

**-Oakes, B.W.**, *Tissue healing and repair: tendons and ligaments*. In: Frontera WR (ed) Rehabilitation of Sports Injuries: Scientific Basis. Blackwell Science, Oxford, UK; 2003: p. 56-98.

**- Ottani V., et al**, *Hierarchical structures in fibrillar collagens*. Micron 2002 ;33: p. 587-596.

**-Sasaki, N., Shukunami, N., Matsushima, N., Izumi, Y.**, Time-resolved X-ray diffraction from tendon collagen during creep using synchrotron radiation. J Biomech 1999; 32: p. 285-292.

**-Slatter, D.**, *Textbook of small animal surgery*, 3rd Edition, Vol.1.2, Saunders, Philadelphia, 2003; pp.1776-1777, 2268-2270.

**-Sharma, P., Maffulli, N.**, *Biology of tendon injury: healing, modeling and remodelling*. J MusculoskeletNeuronallInteract, 2006; 6 (2):p.181-190.

**-Wegrzyn J., Besse J.-L.**, Pathologies et chirurgies du tendon calcanéen. Rupture fraîche, ruptures chroniques et tendinopathies. Traumatologie, 44-910, 2009.

**- Woo, S.L.Y. et al., Anatomy, biology, and biomechanics of tendon, ligament and meniscus**. Orthopaedic basic science, American Academy of Orthopaedic Surgeon 1994; p. 45-88.

**- Y Woo, S.** *Contribution of biomechanics to clinical practice in orthopaedics*. ConfProc IEEE Med Biol Soc. 2004; 7: p.5455.