

DOSSIER SPÉCIAL

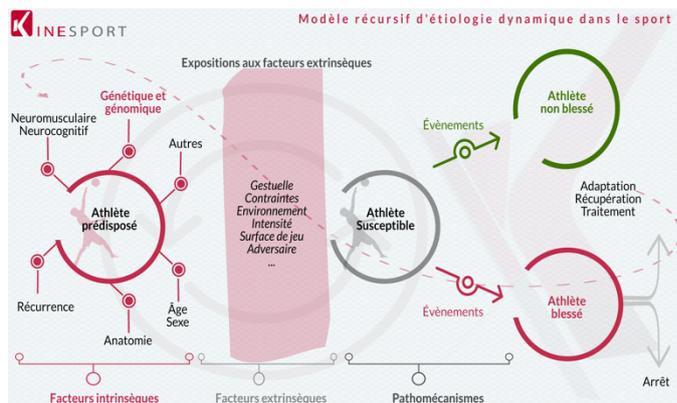
PRÉVENTION ET KINÉ DU SPORT

IMAGERIE PRÉDICTIVE
DE TENDINOPATHIES

2019

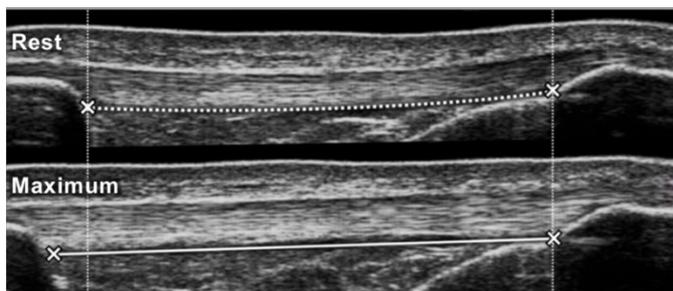
UNE IMAGE VAUT MILLE MOTS ?

Les lésions tendineuses chez le sportif ont une étiologie très variée dans les publications modernes. Il est tenté par des chercheurs, des théoriciens ou encore des praticiens, différentes voies d'explications à travers des continuums où interviennent des facteurs de risque int/extrinsèques et des associations prédictives. Le modèle récursif proposé dans un de nos dossier spécial sur la génomique, tente de rapprocher chacun des modèles actuels proposés



Dans le segment de la prévention, beaucoup d'auteurs s'attachent depuis 10 ans à dépister chez des sportifs asymptomatiques, des anomalies structurales tendineuses susceptibles de développer des expressions cliniques. Parallèlement les études en génomiques mettent en évidence les prédispositions et la susceptibilité aux lésions tendineuses. A cela rajoutons, les facteurs bio-psycho-sociaux, les défauts biomécaniques gestuelles, la fatigue, les désordres neuromusculaires... Bref, une association complexe.

Image or not image :



L'apport de l'imagerie, à travers son évolution et ses formats, nous a considérablement apporté sur la connaissance anatomique des biomatériaux et de leurs propriétés ingénieriques. Même si pour beaucoup le décalage entre les constats d'imagerie et l'absence de relation symptomatique ouvre des échanges parfois musclés, il apparaît évident que si le dépistage d'une modification structurale s'associe à un risque, quel que soit son ordre de grandeur, il appelle à vigilance.

LES SUJETS

A

INTRODUCTION

B

IMAGERIE DESCRIPTIVE

C

LES JEUX DE RIO

D

ÉTUDES ET MÉTA-ANALYSES

E

CONCLUSION

Les anomalies tendineuses et leur visualisation en imagerie sont assez bien documentées à ce jour. Néanmoins, l'interprétation clinique en est assez complexe car il demeure une relation limitée entre les désorganisations structurales et la douleur. Cliniquement, Les anomalies tendineuses décrites ne confirment pas que la douleur et les dysfonctions sont générées par le tendon. Cependant, les nouveaux procédés d'imagerie en sonographie et en élastographie (non décrit ici) nous permettent d'accéder entre autres à un monitoring prédictif des lésions et à de probables d'autres futures directions. L'imagerie rappelons-le permet de visualiser l'architecture interne d'un tendon. Organisé en fibrilles parallèles, puis fibres et fascicules, l'alignement uniforme d'un tendon peut être visible en imagerie à son état fasciculaire. Il est relativement avasculaire et plus spécialement quand il est visualisé en échodoppler.

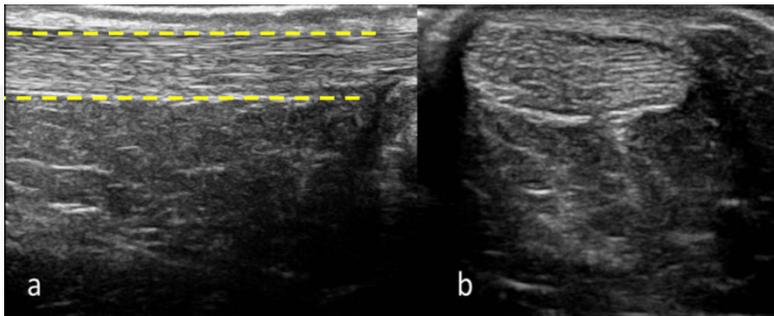
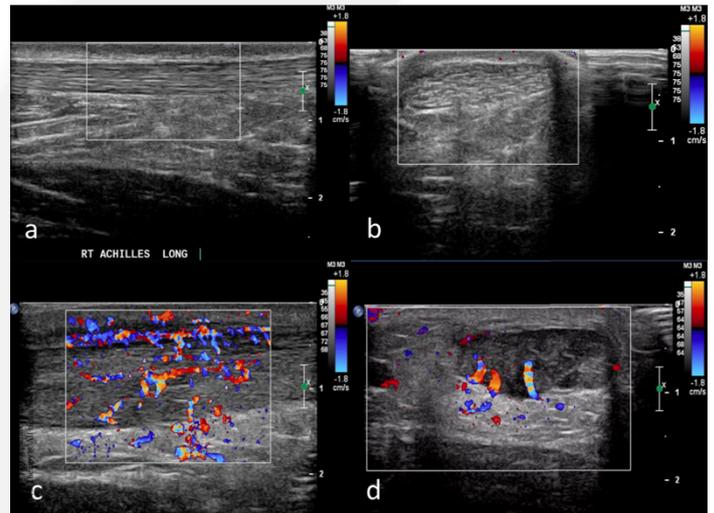


Image échographique d'un tendon d'Achille sain. (a) Longitudinal et (b) transverse scan. La texture normale apparaît homogène avec des lignes parallèles échogènes reflétant la structure fibrillaire interne. Les lignes en pointillés marquent les bordures superficielles et profondes du tendon.

Image échographique en Doppler couleur d'un tendon d'Achille sain. Longitudinal (a) and transverse (b) scan. Echotexture tendineuse normale avec absence de signal doppler. Longitudinal (c) and transverse (d) scan d'un tendon d'Achille symptomatique : épaissement du tendon avec modification hypoéchogène. Signal Doppler significatif.



Lorsque le tendon se désorganise, le nombre de cellules augmente et expose plus d'activité métabolique. Les ténocytes ont alors des formes différentes et se dispersent dans le tendon. La conséquence de cette modification peut être détectée par imagerie. Par exemple, les modifications des teneurs en protéoglycans riches en leucine et ceux hydrophiles plus grands, entraînent une augmentation de la teneur en eau et de l'épaississement du tendon. L'échographie pourra alors détecter, les modifications de dimensions, les modifications hétérogènes ou diffuses de l'échogénicité. La désorganisation fibrillaire dans laquelle les fibres sont présentes dans un arrangement aléatoire, sont en partie à cause du passage du collagène de type I aux collagènes de type II et III. La disposition en parallèle des fibres du tendon normal génère une seule réflexion ultrasonore lorsque la sonde est perpendiculaire au grand axe du tendon. La désorganisation fibrillaire et l'absence de fibres alignées parallèlement, qui sont représentées par une zone d'hypoéchogénicité sur les ultrasons, génèrent des réflexions et des ombres multiples.

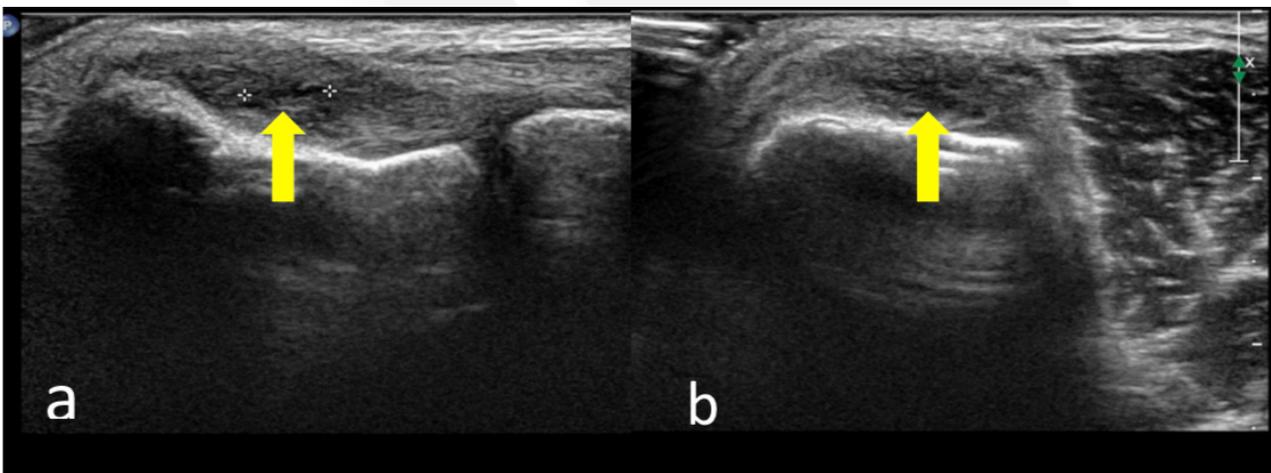


Image échographique du tendon des extenseurs communs : Longitudinal (a) et transverse (b) scan avec zone hypoéchogène focale intratendineuse.

LES JEUX DE RIO

Pendant les jeux de Rio en 2016, les athlètes de 206 pays se sont affrontés dans diverses épreuves. Lors de cette compétition, les équipes médicales ont répondu présentes dans le suivi des sportifs. L'IOC a mis en place un système de surveillance et de relevé d'épidémiologie descriptive. Cela dans le but de compiler des datas pour définir les blessures principales liées à chaque sport mais aussi leurs facteurs de risques associés.

Dans ces mesures, reposant sur le fait que détecter des anomalies tendineuses asymptomatiques en imagerie permettait de dépister en avance les pathologies, une évaluation en imagerie des tendons est proposée. Dans le but de définir la prévalence, la distribution et la sévérité de ces anomalies durant les jeux 2016, le dépistage est organisé par évaluation en imagerie IRM et échoscopique.

Ainsi Jarraya et al. («Epidemiology of imaging-detected tendon abnormalities in athletes participating in the Rio de Janeiro 2016 Summer Olympics») ont étudié les plaintes de 11274 athlètes (5089 femmes et 6185 hommes) et les ont publié sur Br J Sports Med Pen 2017. 1101 blessures sont relevées dont parmi elles, 156 anomalies tendineuses chez 109 athlètes. Les auteurs constatent une répartition à hauteur de 34,6% en Track and Field, Judo 9,6%, Gymnastique 7,6%, Volleyball 7%, Weightlifting 6,4% et le Tennis 5,7% et moins de 5% pour les autres sports. Les anomalies du tendon d'Achille restent les plus fréquentes.

Table 2 Distribution of MRI-detected and ultrasound-detected abnormalities and associated features

MR-detected abnormalities	n (%)	Ultrasound-detected abnormalities	n (%)
Isolated fluid around tendon: no tendon abnormality	14 (11.2)	Isolated fluid around tendon: no tendon abnormality	8 (25)
Isolated hyperintensity: no morphological abnormality	37 (29.6)		
Tendinosis without tear	44 (35.2)	Tendinosis without tear	19 (59.4)
Partial tear	26 (20.8)	Partial tear	4 (12.5)
Complete tear	4 (3.2)	Complete tear	1 (3.1)
Total	125 (100)	Total	32 (100)

Les auteurs décrivent ici des anomalies sur des lésions symptomatiques. Il n'est pas précisé les anomalies sur tendon asymptomatique. Les pourcentages sont en liens avec ceux des jeux de 2012 où Bethapudi et al. ont constaté que les anomalies tendineuses sont réparties à 35% dans le sport Track and Field. et 23,7% chez le sprinter et coureur. Les auteurs reconnaissent qu'il n'est pas possible de comparer anomalies avec les données pré-jeux.

Table 1 Most commonly injured tendons by discipline

	Most commonly injured tendon(s) (n)	Other tendons (n)	Total N (%)
Track and field*	Achilles (15)	Hamstring (9), peroneus longus (7), peroneus brevis (5), tibialis posterior (3), patellar (2), supraspinatus (2), flexor hallucis longus (2), gluteus maximus/medius (2), rectus femoris (1), common flexor at the elbow (1), adductor longus (1), iliotibial band (1), quadriceps (1), flexor digitorum longus (1), infraspinatus (1)	54 (34.6)
Judo	Supraspinatus (3), subscapularis (3)	Infraspinatus (2), common flexor at the elbow (2), common extensor at the elbow (2), pectoralis major (1), flexor carpi ulnaris (1), hamstring (1)	15 (9.6)
Gymnastics: artistic	Supraspinatus (5)	Infraspinatus (2), tibialis posterior (2), Achilles (1), subscapularis (1), flexor digitorum longus (1)	12 (7.6)
Volleyball	Supraspinatus (5)	Patellar (4), infraspinatus (1), quadriceps (1)	11 (7)
Weightlifting	Vastus lateralis (2), quadriceps (2)	Common flexor (1), common extensor (1), extensor carpi radialis brevis (1), extensor carpi radialis longus (1), extensor carpi ulnaris (1), patellar (1)	10 (6.4)
Tennis	Supraspinatus (3)	Extensor carpi ulnaris (2), infraspinatus (2), patellar (1), common extensor at the elbow (1)	9 (5.7)
Handball	Achilles (1), infraspinatus (1), supraspinatus (1), peroneus longus (1), hamstring (1), tibialis posterior (1)	N/A	6 (3.8)
Basketball	Achilles (2)	Infraspinatus (1), supraspinatus (1), patellar (1), quadriceps (1)	6 (3.8)
Aquatics (swimming)	Supraspinatus (4)	Subscapularis (1)	5 (3.2)
Beach volleyball	Patellar (2)	Flexor hallucis longus (1), supraspinatus (1)	4 (2.6)
Rugby	Achilles (1), extensor digitorum (1), supraspinatus (1)	N/A	3 (1.9)
Hockey	Hamstring (1), patellar (1), supraspinatus (1)	N/A	3 (1.9)
Taekwondo	Infraspinatus (1), tibialis anterior (1), tibialis posterior (1)	N/A	3 (1.9)
Boxing	Common flexor at the elbow (1), flexor carpi radialis (1), supraspinatus (1)	N/A	3 (1.9)
Wrestling	Teres minor (1), supraspinatus (1), hamstring (1)	N/A	3 (1.9)
Aquatics (water polo)	Supraspinatus (1), infraspinatus (1)	NA	2 (1.3)
Shooting	Extensor carpi radialis longus (1), extensor carpi ulnaris (1)	N/A	2 (1.3)
Triathlon	Adductor longus (2)	N/A	2 (1.3)
Cycling-MTB	Adductor longus (1)	N/A	1 (0.6)
Cycling-road	Supraspinatus (1)	N/A	1 (0.6)
Fencing	Common extensor (1)	N/A	1 (0.6)
Total			156



Une des préoccupations actuelles est de savoir si, par l'imagerie, la recherche des anomalies tendineuses asymptomatiques, appelées tendinopathies subcliniques, peuvent être prédictives des tendinopathies cliniques.

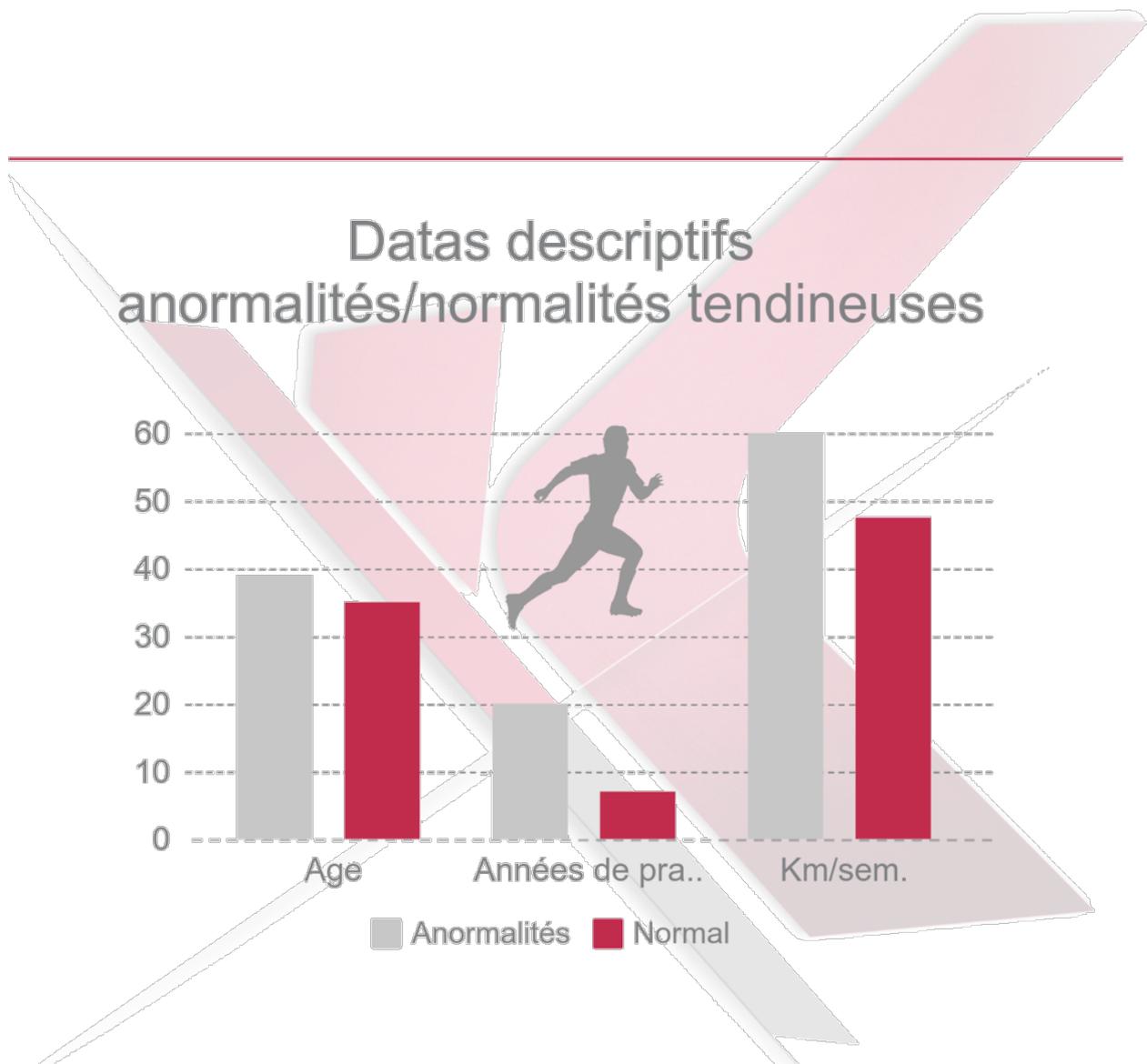
A travers différentes publications, force est de constater que ces anomalies chez le sportif asymptomatique sont fréquentes. Ainsi, Liebertahl et al. en 2019 réalisent une étude sur 37 coureurs d'endurance (74 tendons) de 25 à 55 ans, sans symptôme de tendinopathie d'Achille. 46% d'entre eux (26 tendons) ont des anomalies structurales identifiées par échographie. Est considérée ici comme anomalie :

- Une ou plusieurs régions focales hypo-échogènes, visibles dans des scans transverses et longitudinaux.

- Une hypo-échogénicité diffuse accompagnée ou non d'une épaisseur tendineuse supérieure au tendon controlatéral.

- Une épaisseur tendineuse de plus de 6mm.

La population des anomalies tendineuses présente **plus d'années de pratique de la course** alors qu'aucune autre différence significative n'a été constatée si ce n'est l'âge, qui est modérément corrélé avec le nombre d'années de pratiques de la course à pied.



Dans le Basket-ball espagnol, l'équipe de Benitez-Martinez publie une étude sur 73 joueurs professionnels durant la saison 2015-16. 62% présentent des anomalies structurales et/ou vasculaires sans symptôme. 21 joueurs portent une anomalie unilatérale alors que 35 d'entre eux en bilatéral, lié à l'âge.

ANORMALITÉS DU TENDON PATELLAIRE CHEZ DES JOUEURS PROFESSIONNELS DE BASKET-BALL

L'ÉTUDE

- Cross-sectional study, 8 équipes, 73 joueurs, 146 tendons
- 1ère division espagnole pro; novembre à mai 2015-16
- Inclusions : joueurs professionnels en activité, min 19 ans
- Exclusions : maladie métabolique, rhumatismale, ancienne chirurgie, acupuncture intratendineuse dans les 3 mois, prise d'antalgiques et d'AINS dans les 24 h, parlant anglais et/ou espagnol.

PROTOCOLE

- DATA Imagerie
- NV : néovascularisation
- FAH : Focal area of hypoechogenicity
- CSA : cross sectional area
- Thickness : épaisseur
- Autres data : démographie, anthropométrie, jeux et motricité (jambe dominante, ancienneté, position de jeu, type d'entraînement)

RESULTATS

- 55 tendons / 146 n'ont pas d'altérations visibles
- 91 Tendons / 146 ont des anomalies
- 21 joueurs (28,8%) ont un seul tendon en état anormal
- 33 joueurs ont une anomalie bilatérale
- 77 joueurs sans anomalies
- Les joueurs à double présence sont plus vieux.

CONCLUSION

- **TENDONS NORMAUX**
 - Peu de joueurs possèdent des tendons sans anomalie.
 - Aucune différence entre les tendons des 2 jambes
- **TENDONS ANORMAUX**
 - Les anomalies structurales + vasculaires
 - Peu de différence entre jambe dominante et non dominante.
 - L'anomalie bilatérale est + présente chez les joueurs + vieux.
 - Bilan d'imagerie pré-saison + follow-up détection des modifications structurales et vasculaires présentes et évolutives: **PRÉVENTION** +++
- **PAS D'INFLUENCE DU CÔTÉ DOMINANT**

ANORMALITÉS TENDINEUSES

Peu ou pas de différences Dominant / Non dominant

Paramètre	DOMINANT	NON-DOMINANT
FAH	~80	~80
THICK	~80	~80
NV	~80	~80
CSA	~160	~160

Sans conclure sur la conversion en tendinopathie clinique, on constate la forte fréquence chez des sportifs de tendinopathies subcliniques, porteuses de risque.

Giacchino et al. expliquent que l'imagerie ultrasonographique est un examen non invasif efficace pour visualiser l'état structural et vasculaire d'un tendon. Ainsi on peut mesurer des paramètres quantitatifs comme la taille, l'épaisseur, le CSA (Cross Sectional Area), et qualitatifs tels que la néovascularisation et l'écho-intensité. Partant des constats de Giombini et al (2013), Visnes et al.(2015) et Cook et al.(2001) que des anomalies tendineuses asymptomatiques étaient présentes chez beaucoup d'athlètes, les auteurs publient en 2017 dans Muscles, Ligaments and Tendons une étude sonographique du tendon patellaire à travers 12 scans sur 14 lanceurs, puis à 6 mois sur les sujets déclenchant une plainte tendineuse.

Les analyses de la structure et de la vascularisation reposent sur l'échelle proposée par Sunding et al. à savoir :

- 0: Structure normale, échogénéicité homogène
- 1: Légères modifications structurales (zones hypo-échogènes discrètes)
- 2: Modifications structurales modérées (zones hypo-échogènes définies);
- 3: Modifications structurales sévères.(zones hypo-échogènes étendues)

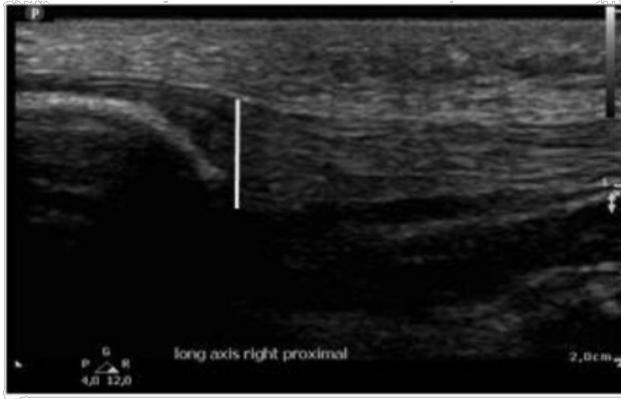
- 0: Absence de néovascularisation
- 1: Néovascularisation légère (quelques vaisseaux solitaires);
- 2: Néovascularisation modérée (quantité modérée de vaisseaux la plupart transversaux);
- 3: Néovascularisation sévère (quantité nombreuse, vaisseaux principalement horizontaux dans le l'ensemble du tendon)

Ils définissent arbitrairement le terme de tendinopathie subclinique les tendons avec :

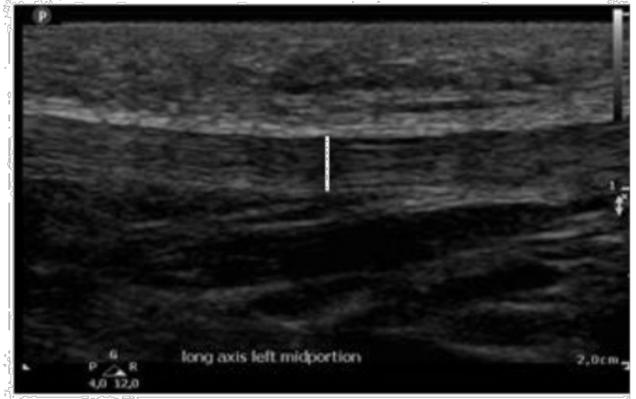
Soit la présence de léger changement structural associé à de légers changements de néovascularisation.

Soit la présence de modifications structurales modérées ou importantes avec ou sans néovascularisation,

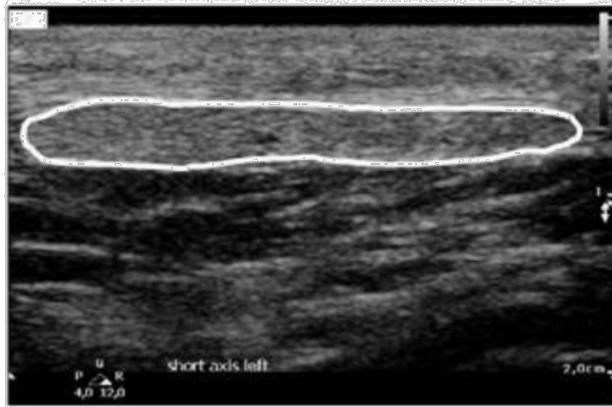
Longitudinal scan: proximal thickness



Longitudinal scan: central thickness



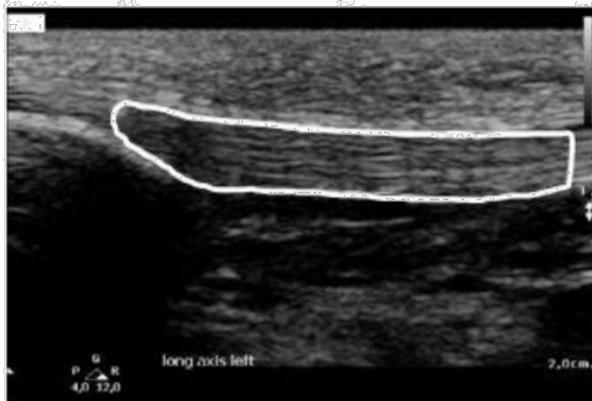
Transversal scan: proximal ROI



Transversal scan: central ROI



Longitudinal scan: proximal ROI

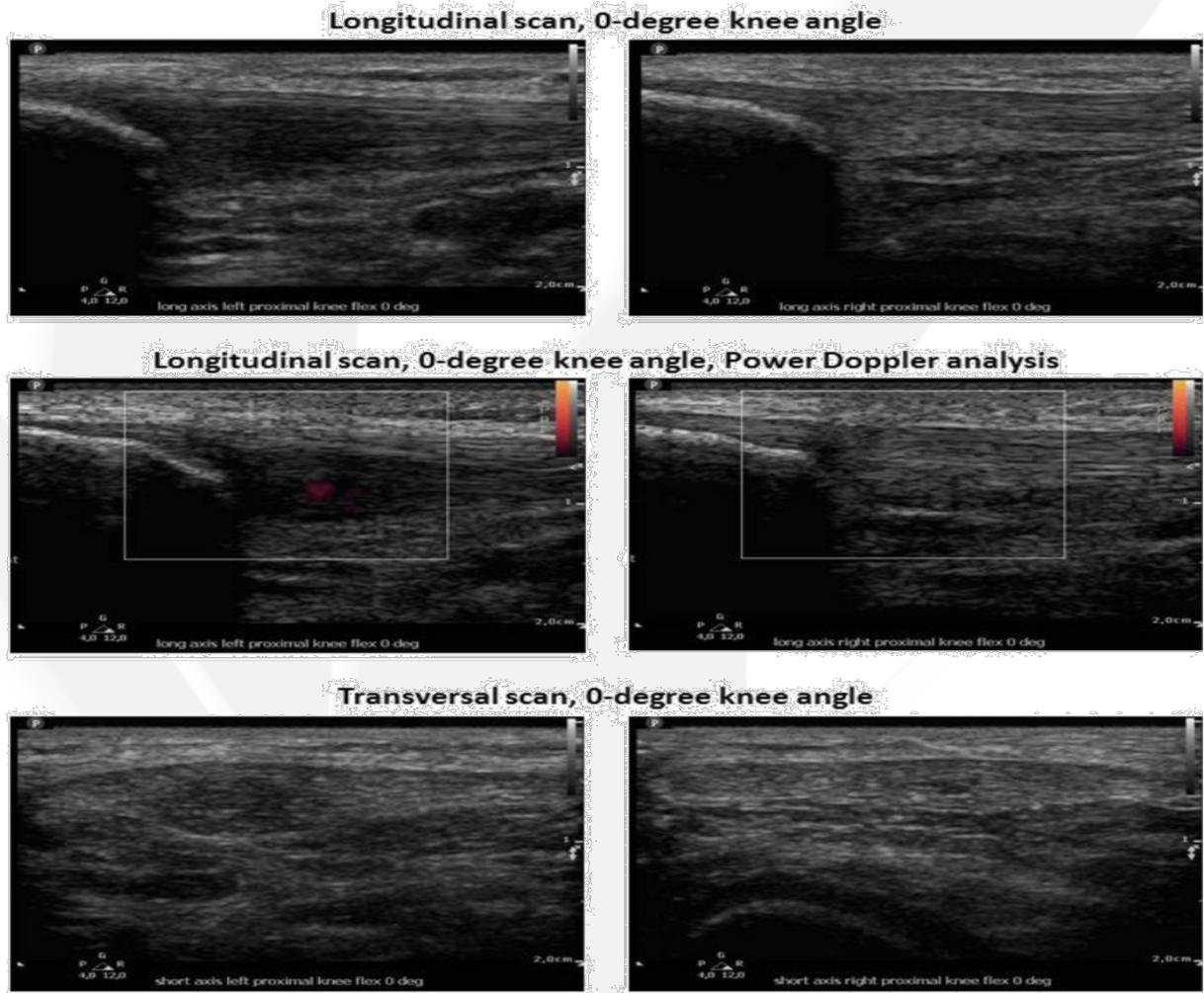


Longitudinal scan: central ROI



Résultats sur un des lanceurs dans la partie proximale du tendon gauche :

- Changement structurel modéré
- Néovascularisation.



D'un point de vue qualitatif,

7 des 14 lanceurs présentent une structure normale sans néovascularisation, et l'autre moitié une structure anormale avec ou sans néovascularisation d'un tendon. Au total 5/14 sont considérés comme tendinopathie subclinique (35% des cas).

D'un point de vue quantitatif,

8 des 14 lanceurs présentent des anomalies mais seuls le CSA et l'écho-intensité longitudinale apparaissent comme les variables fiables.

Quels liens entre le qualitatif et le quantitatif ?

Les auteurs établissent le lien entre les tendinopathies subcliniques et les paramètres de CSA et l'écho-intensité.

Les anomalies relevées sont-elles en lien avec la prédiction des tendinopathies ?

2 des 7 lanceurs classés tendinopathies subcliniques provoquent dans les 6 mois une tendinopathie clinique soit 25%. Aucun des 7 autres lanceurs non classés en subclinique ne développe de tendinopathie clinique.

META-ANALYSES

Un an auparavant, l'équipe irlandaise de McAuliffe publie une systematic review et méta-analyse dans le BJSM sur le sujet : «Can ultrasound imaging predict the development of Achilles and patellar tendinopathy?». Partant des constats de Fredberg et al.(2008) et Giombini (2013) que des anomalies structurelles peuvent développer de futurs symptômes, il apparait judicieux d'identifier les sujets à risque par ces anomalies. S'aidant des publications de Giombini et Leung (2008), qui constatent que 59% des sujets asymptomatiques présentent ces tendinopathies subcliniques, les irlandais se lancent dans l'analyse, après critères d'in/exclusion, de 19 publications référencées.

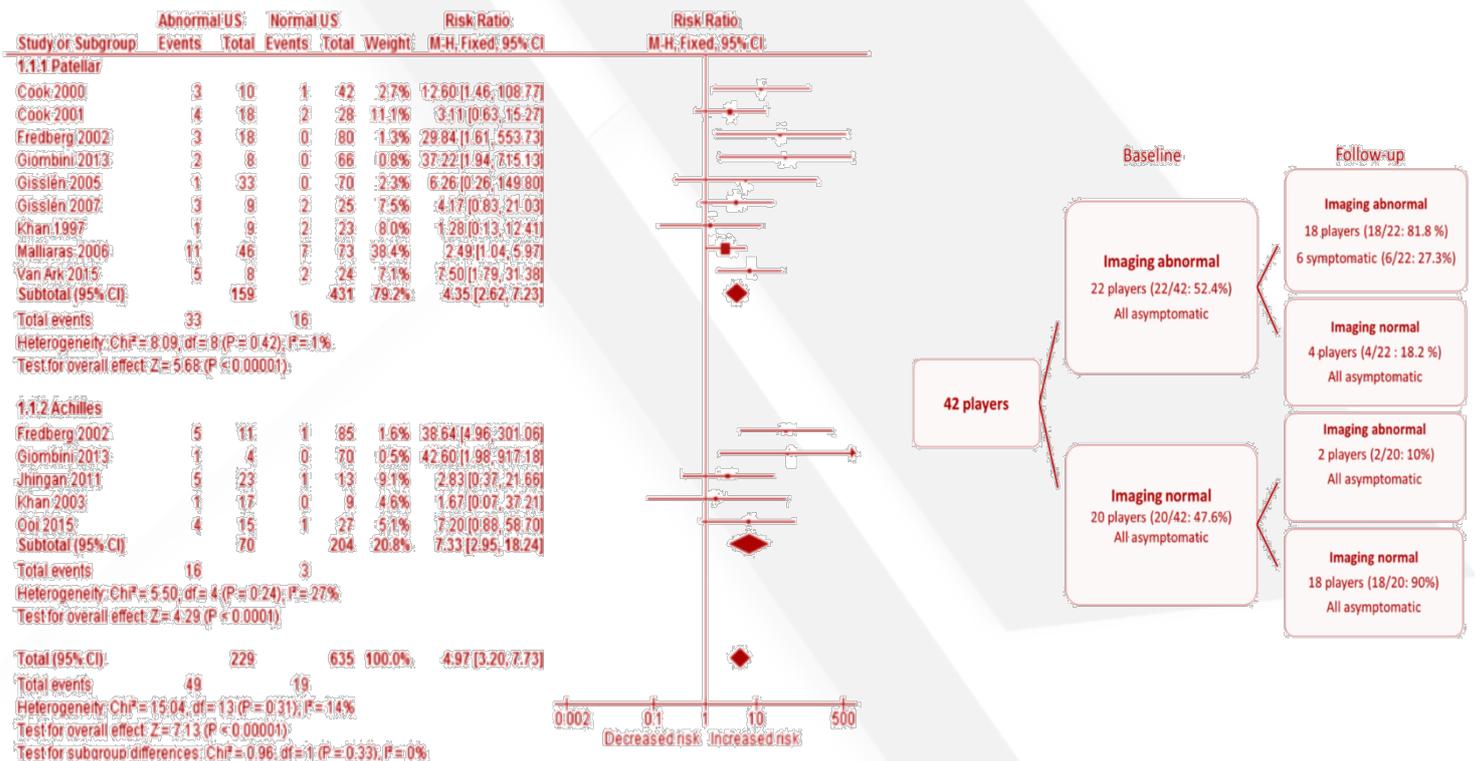
QU'EN RESSORT-IL

L'évaluation par US des anomalies de tendon sur 229 sujets est prédictive des symptômes futurs avec un taux de 21% de conversion versus 3% pour le groupe tendon sans anomalie pour les tendinopathies patellaires et 23% / 2% pour les tendinopathies d'Achille.

Il existe un lien entre les zones hypo-échogènes chez des sujets asymptomatiques et le risque de développer une tendinopathie clinique patellaire (Visnes et al.2015, Comin et al.2013).

Que des modifications de flux vasculaires seules ne sont pas en lien avec le développement de tendinopathie patellaire (Boesen et al.2012) ni d'Achille.

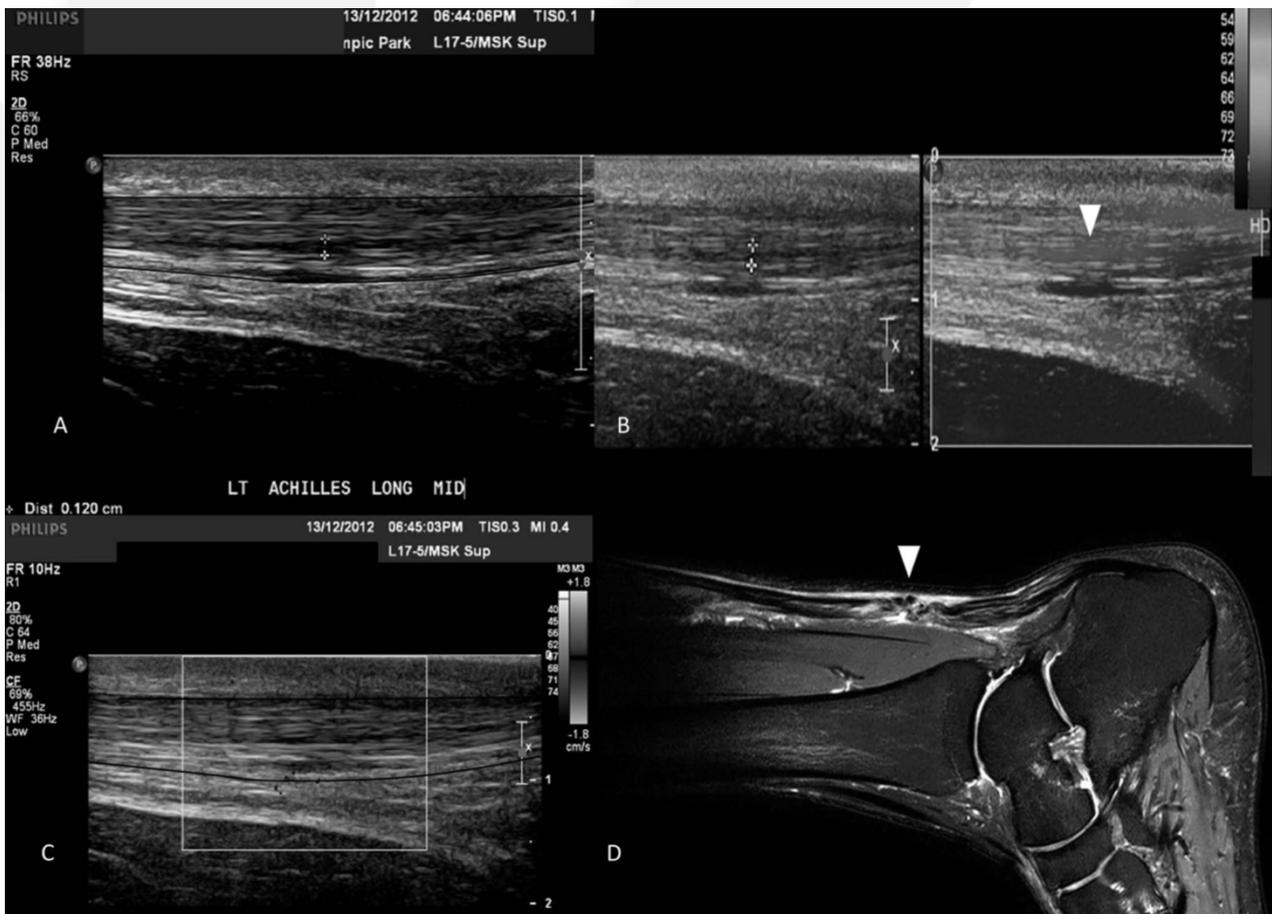
La présence de néovascularisation dans le tendon d'Achille est associée à un risque *7 de développer une tendinopathie clinique d'Achille, pas son épaisseur (Hirschmullet et al.2012)



Que concluent les auteurs ?

L'échographie d'évaluation des anomalies tendineuses des tendons patellaires et d'Achille est un outil complémentaire d'identification de marqueurs présymptomatiques tendineux et donc des facteurs de risque. Même si les résultats sont modérés (21-23% des cas), ils sont suffisamment importants pour le prendre en compte dans une analyse multi-critères plus complète (biomécanique, biologique, charge de travail, sommeil...)

La même année, Chin-Chin Oo et al.(dont P.Malliaras) publient dans le clin J Sport Med, une étude longitudinale des tendons d'Achille de 42 footballeurs australiens pendant une saison. En utilisant des appareils d'échographie et de sono-élastographie, ils ont détecté 22 anomalies soit 52,4%, de tendons asymptomatiques et en ont suivi l'évolution. A la fin de la saison, 6 des 22 joueurs ont développé une tendinopathie clinique soit 27,3%, avec un temps d'apparition moyen de 31,3 semaines (4-38).



CONCLUSION

Nous avons tenté ici de synthétiser plusieurs publications sur le sujet de la prédiction de la susceptibilité à la tendinopathie clinique par l'échographie. Volontairement il n'a pas été développé d'autres imageries comme l'élastographie, l'UTC, la tractographie... qui seront le sujet d'un prochain dossier.

Il a été mis en évidence pour les tendons d'Achille et patellaire, une association entre les modifications structurelles et vasculaires d'un tendon asymptomatique avec le risque de développer une tendinopathie clinique de l'ordre de 21 à 28%. Des facteurs favorisant peuvent différer selon les sports tels que l'âge et les années de pratiques.

BIBLIOGRAPHIE

1. Bethapudi S, Campbell RS, O'Connor P. Perspective on imaging services at the London 2012 Olympic and Paralympic Games. *Skeletal Radiol* 2014;43:1201–3.
2. Comin J, Cook JL, Malliaras P, McCormack M, Calleja M, Clarke A, Connell D. The prevalence and clinical significance of sonographic tendon abnormalities in asymptomatic ballet dancers: a 24-month longitudinal study. *Br J Sports Med*. 2013;47:89-92.
3. Fredberg U, Bolvig L, Andersen NT, Stengaard-Pedersen K. Ultrasonography in evaluation of Achilles and patella tendon thickness. *Ultraschall Med*. 2008;29:60-65.
4. Giombini A, Dragoni S, Di Cesare A, Di Cesare M, Del Buono A, Maffulli N. Asymptomatic Achilles, patellar, and quadriceps tendinopathy: a longitudinal clinical and ultrasonographic study in elite fencers. *Scand J Med Sci Sports*. 2013;23:311- 316.
5. Jarraya M, Crema MD, Engebretsen L, et al. *Br J Sports Med* Published Online First: [please include Day Month Year]. doi:10.1136/ bjsports-2017-098187
6. K. Lieberthal et al. Prevalence and factors associated with asymptomatic Achilles tendon pathology in male distance runners. *Physical Therapy in Sport* 39 (2019) 64e68
7. Kulig K, Landel R, Chang YJ, Hannanvash N, Reischl SF, Song P, Bashford GR. Patellar tendon morphology in volley- ball athletes with and without patellar tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports*. 2013;23:e81-88.
8. *M. Giacchino et al. Quantitative analysis of patellar tendon size and structure in asymptomatic professional players: sonographic study. Muscles, Ligaments and Tendons Journal* 2017;7 (3):449-458
9. McAuliffe S, McCreesh K, Culloty F, et al. Can ultrasound imaging predict the development of Achilles and patellar tendinopathy? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2016;50:1516–1523.
10. Mersmann F, Pentidis N, Tsai M-S, Schroll A and Arampatzis A (2019) Patellar Tendon Strain Associates to Tendon Structural Abnormalities in Adolescent Athletes. *Front. Physiol.* 10:963. doi: 10.3389/fphys.2019.00963
11. Ohberg, L., Lorentzon, R., & Alfredson, H. (2001). Neovascularisation in Achilles tendons with painful tendinosis but not in normal tendons: An ultrasono- graphic investigation. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 9(4), 233e238.
12. Ooi CC, Richards PJ, Maffulli N, Ede D, Schneider ME, Con- nell D, Morrissey D, Malliaras P. A soft patellar tendon on ultrasound elastography is associated with pain and functional deficit in volleyball players. *J Sci Med Sport*. 2016;19:373-378.
13. *S. Galletti et al. Sonoelastography in the diagnosis of tendinopathies: an added value. Muscles, Ligaments and Tendons Journal* 2015;5 (4):325-330

