

Soumission pour la bourse de recherche de l'AQMSE

Effets des exercices de renforcement excentrique chez les adultes atteints d'une tendinopathie d'Achille: Peut-on positivement modifier la structure morphologique du tendon d'Achille?

Chercheurs :

Alexandre Lavigne, MD, résident en première année, Programme de Médecine Physique et Réadaptation (2019-2024), Faculté de médecine, Université de Montréal.

Dany H Gagnon, pht, PhD, professeur titulaire, Faculté de médecine, École de réadaptation, Université de Montréal, et directeur et chercheur régulier au Laboratoire de pathokinésiologie du Centre de recherche interdisciplinaire en réadaptation du Montréal métropolitain – CIUSSS Centre-Sud de l'Île-de-Montréal- Site Institut Universitaire sur la Réadaptation en Déficience Physique de Montréal.

Martin Lamontagne, MD, FRCPC, professeur agrégé de clinique, Faculté de médecine, Université de Montréal, et psychiatre au Centre hospitalier de l'Université de Montréal.

*Le CV de tous les chercheurs de l'équipe se trouve en pièces jointes.

Coordonnées du chercheur principal :

Alexandre Lavigne

Courriel : alexandre.lavigne.2@umontreal.ca

Téléphone : 418-802-8755

CIUSSS Centre-Sud de l'Île-de-Montréal

Site Institut Universitaire sur la Réadaptation en Déficience Physique de Montréal

6300 avenue Darlington

Montréal, Québec, H3S 2J4

A. Mise en contexte

De nombreux sportifs atteints d'une tendinopathie d'Achille (TA) consultent des professionnels de la médecine du sport pour soulager leur douleur. Lors de l'évaluation clinique, les cliniciens utilisent souvent l'échographie musculosquelettique, mais sa valeur ajoutée demeure toutefois encore sous-estimée cliniquement, considérant que peu de mesures quantitatives et standardisées sont actuellement utilisées [1-4].

L'utilisation d'un logiciel d'analyse de l'imagerie quantitative par ultrasonographie (IQUS) permet une évaluation beaucoup plus précise de la morphologie du tendon par rapport à ce qui est fait normalement en échographie. Aucune étude n'a rigoureusement étudié la validité et la sensibilité au changement (*responsiveness*) des mesures d'IQUS au fil du temps. Par conséquent, nous proposons d'étudier ces mesures d'IQUS en comparant les biomarqueurs avant et après un programme d'exercices excentriques de 3 mois complété par des adultes atteints d'une TA. À notre connaissance, aucune équipe de recherche n'a encore vérifié si une réduction de la douleur et une amélioration fonctionnelle sont associées à un changement de l'intégrité biologique du tendon d'Achille. Il est essentiel de mieux comprendre le comportement des mesures d'IQUS et leur validité prédictive pour promouvoir davantage leur utilisation.

B. Revue de littérature

Le tendon d'Achille est l'un des tendons du corps humain qui subit le plus grand stress mécanique, ce qui le met à risque de blessure [5-8]. En fait, la tendinopathie d'Achille (TA) est une blessure musculosquelettique caractérisée par une douleur localisée au niveau du tendon d'Achille et associée à une altération de l'intégrité biologique du tendon, qui survient généralement auprès de sportifs suite à une surutilisation du tendon d'Achille dans des sports qui impliquent de courir ou sauter [5, 8-10].

Malgré que le diagnostic de TA puisse être établi sans visualiser l'intégrité biologique du tendon avec l'IQUS, cette technique permet de confirmer et préciser le diagnostic, et surtout d'obtenir une analyse morphologique du tendon beaucoup plus précise et objective [9].

Chez un adulte présentant une TA, l'échographie musculosquelettique met généralement en évidence un épaississement et une hypoéchogénicité d'une portion spécifique de tendon d'Achille, ainsi qu'une hypervascularisation intratendineuse (en ajoutant le doppler) [1-4, 11, 12].

L'IQUS peut recueillir toutes ces données, et permet aussi aux cliniciens de mieux caractériser l'intégrité biologique du tendon et la sévérité de la TA à partir de mesures dans les plans longitudinal (c.-à-d. épaisseur moyenne, échogénicité, variance et

homogénéité à 90 degrés) et transversal (c.-à-d. épaisseur moyenne, échogénicité et homogénéité moyenne) [13, 14]. En revanche, il demeure incertain si ces mesures arrivent à bien documenter les changements au niveau de l'intégrité biologique du tendon d'Achille en fonction du temps en réponse à une intervention [13].

Le traitement le plus reconnu pour la TA demeure à ce jour le programme de renforcement excentrique du triceps sural, et celui le plus utilisé est le protocole d'Alfredson [9, 15-19].

Actuellement, la réponse aux interventions se mesure quasi-exclusivement à partir de données cliniques. Lorsque l'échographie musculosquelettique est utilisée, l'épaisseur du tendon demeure souvent la seule mesure retenue, bien qu'elle ne permette pas à elle seule de statuer sur l'amélioration clinique et sur l'intégrité biologique du tendon [16]. C'est pourquoi il appert pertinent de tester une combinaison de mesures obtenues avec l'IQUS afin d'étudier les changements en réponse à une intervention de réadaptation reconnue pour la TA.

C. Objectifs

L'objectif principal (O1) est de déterminer s'il est possible d'objectiver un changement dans l'intégrité biologique au tendon d'Achille (c.-à-d. *responsiveness*) à partir de mesures d'IQUS chez des adultes atteints d'une TA ayant complété un programme conventionnel de renforcement excentrique. Les objectifs secondaires sont de vérifier (O2) si les modifications de l'intégrité biologique du tendon (pré vs post-intervention), caractérisée par les mêmes mesures d'IQUS, se maintiennent dans le temps (trois mois post-intervention) et (O3) si les modifications immédiates de l'intégrité biologique du tendon sont associées à une modification des données cliniques (questionnaires et examen clinique).

D. Méthodologie

1) **Devis de recherche**

Une étude quasi-expérimentale avec temps de mesures répétés (pré-intervention [T0], post-intervention [T1] et suivi à 3 mois [T2]) en simple aveugle.

2) **Participants**

Un total de 30 participants sera recruté parmi les patients qui présentent des symptômes compatibles avec une TA corporéale du tendon d'Achille depuis au moins six semaines, ainsi que des signes cliniques et échographiques de TA lors de l'évaluation initiale. Les

participants devront être âgés de 18 ans et plus, avoir un score VISA-A inférieur à 90 (un seuil de sévérité précédemment utilisé dans la littérature [20]), une douleur d'au moins 3/10 selon l'échelle visuelle analogue lors de la pratique d'activités sportives. Les individus seront exclus de la population à l'étude s'ils ont une douleur à l'enthèse du tendon d'Achille, une rupture complète ou antécédent de rupture du tendon d'Achille, une arthropathie inflammatoire, un signe d'atteinte neurologique, une maladie neurologique ou un antécédent d'intervention au niveau du tendon d'Achille ou de la cheville (ex: chirurgie, infiltration cortisonée, thérapie par ondes de choc extracorporelles, injection de PRP) [13, 16].

3) Intervention

Le protocole de renforcement sera enseigné à chaque participant par un physiothérapeute (description du protocole dans l'**Annexe 1**). De plus, le physiothérapeute veillera à ajuster la charge soulevée par le participant selon la perception de l'effort et l'intensité de la douleur (pour ne pas dépasser 3/10).

Le participant notera sur une application mobile développée par l'équipe de recherche les informations hebdomadaires suivantes: nombre de fois qu'il a effectué son programme d'exercice sur un total de 14 (deux fois par jour), charge soulevée pendant les exercices, intensité de la douleur (moyenne, au repos et à l'effort) sur une échelle de 0 à 10, nombre de minutes réalisées d'activité sportive avec et sans impact, et nombre de comprimés d'antidouleur et d'anti-inflammatoire pris.

Pendant l'intervention et les trois mois post-intervention, le participant sera autorisé à reprendre ses activités sportives seulement si la pratique de ces dernières n'entraîne pas de douleur significative ($\leq 3/10$) et qui ne perdure pas plus de 24 heures après l'activité. Par contre, il ne sera pas autorisé à avoir recours à d'autres modalités thérapeutiques concomitantes.

4) Évaluation

Suite à la signature du formulaire de consentement, les données suivantes seront recueillies: date de naissance, sexe, taille, poids, côté(s) de la TA, durée des symptômes et niveau d'activité physique avant l'apparition des symptômes en heures par semaine, autres maladies, prise de médicaments [7]. Ensuite, différentes évaluations (questionnaires, examen clinique et prise de données échographiques) seront complétées immédiatement avant l'intervention (pré), immédiatement après l'intervention (post) et 3 mois après l'intervention (suivi).

4.1. Questionnaires

Les participants devront remplir trois questionnaires: échelle visuelle analogue de la douleur, *Victorian Institute of Sports Assessment-Achilles* (VISA-A) et *Lower Extremity Functional Scale* (LEFS). L'échelle visuelle analogue est un outil employé pour quantifier une douleur, comme celle d'une TA, sur une échelle de 0 à 10 [21]. Le VISA-A et le LEFS sont des questionnaires qui permettent respectivement d'objectiver la sévérité et l'impact fonctionnel de la TA, et ils démontrent tous deux une bonne fiabilité et validité [10, 20, 22-24].

4.2. Examen clinique

L'examen clinique de la TA comprendra l'inspection du tendon, la palpation du tiers moyen du tendon, et les manœuvres de mise en tension sélective du tendon d'Achille (étirement du tendon d'Achille et tests dynamiques à raison de 10 répétitions, soit des flexions plantaires en position debout et des sauts bipodaux et unipodaux).

4.3. Imagerie musculosquelettique par ultrasonographie

4.3.1 Appareil

Tous les examens ultrasonographiques seront faits avec un appareil Toshiba Aplio 500 avec une sonde linéaire de 7 à 14 MHz.

4.3.3 Protocole d'enregistrement des images

Chaque participant sera installé en décubitus ventral avec les deux pieds pendants au bout de table. L'enthèse du tendon d'Achille sur le calcanéum sera localisée par ultrasonographie et la peau sera marquée à cet endroit (Figure 1).

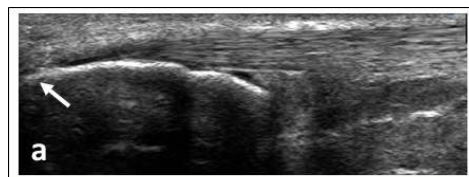


Figure 1 (a) Enthèse du tendon d'Achille démontrée par une flèche

Une autre marque sera faite dans la région douloureuse identifiée par palpation du tendon d'Achille et déterminera la position du centre de la sonde lors de l'enregistrement de toutes les images. La distance entre cette dernière marque et l'enthèse sera documentée. L'évaluateur enregistrera avec l'échographie en échelle de gris trois images du tendon d'Achille dans le plan longitudinal ainsi que trois images dans le plan transverse. De plus, un vidéo de 10 secondes sera enregistré avec le doppler couleur pour identifier une potentielle hypervascularisation du tendon.

4.3.4 Analyse des images

Un logiciel interactif de visualisation en 2D et d'analyse d'images développé par l'équipe de recherche (Gagnon & Lamontagne) à l'aide de MATLAB Image Processing Toolbox sera utilisé. Chaque image à analyser apparaîtra à l'écran et une région d'intérêt (ROI) standardisée sera tracée à l'aide de repères anatomiques (Figure 2). Toutes les mesures de l'IQUS seront extraites de ces ROIs [13]. L'analyste des images sera aveugle, puisqu'il n'aura pas accès à l'identité du participant ni au moment où les images ont été enregistrées.

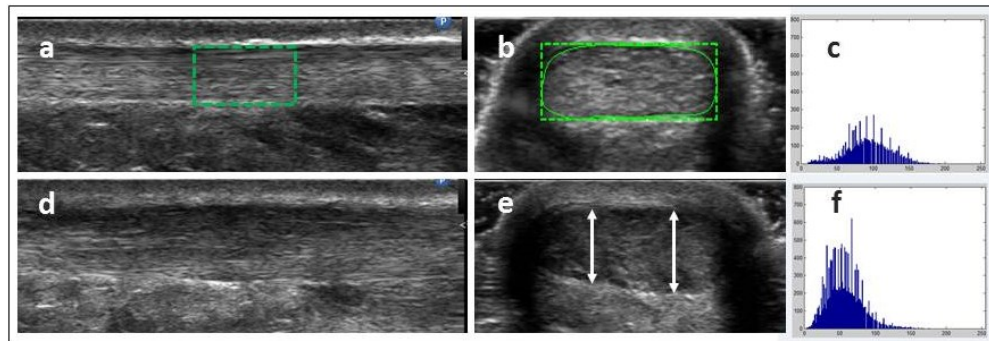


Figure 2 (a) ROI d'un tendon d'Achille sain et (d) pathologique en vue longitudinale; (b) ROI d'un tendon d'Achille sain et (e) pathologique en vue transversale; (c) et (f) histogrammes des niveaux de gris dérivé de la ROI des images (b) et (e) respectivement.

Pour les images en vue longitudinale, la ROI inclura une zone de 1,5 cm de longueur, centrée au milieu de l'image capturée (Figure 2a) et permettra d'obtenir l'épaisseur moyenne, l'échogénicité, la variance et l'homogénéité à 0° et 90° . Pour les images en vue transversale, la ROI sera définie par le contour du tendon (Figure 2b) et révélera l'épaisseur moyenne, l'échogénicité et l'homogénéité moyenne [13]. Pour le doppler couleur, la ROI sera analysée en utilisant une échelle catégorielle à 5 niveaux selon la superficie de vascularisation [11].

Une description complète de ces mesures est fournie dans l'**Annexe 2**.

5) Analyses statistiques

Des statistiques descriptives résumeront toutes les données colligées aux trois temps de mesures. Pour O1, la réponse moyenne standardisée (RMS) sera utilisée. Pour O2, une analyse de covariance pour mesures répétées (ANCOVA) avec un critère intra-sujet (temps de mesure) et des co-variables pertinentes sera réalisée. Pour O3, des corrélations de Pearson ou de Spearman seront calculées entre les données absolues ainsi que la variation dans le temps des mesures de résultats échographiques et les scores obtenus

aux questionnaires VAS, VISA-A et LEFS. Ces analyses statistiques seront menées en collaboration avec des experts du Service de consultation statistique de l'Université de Montréal (<https://dms.umontreal.ca/fr/ressources-et-services/service-de-consultation-statistique>).

E. Pertinence à la médecine du sport

L'étude proposée apparaît fort pertinente dans le domaine de la médecine du sport pour différentes raisons. Premièrement, elle cible une pathologie fréquente chez les sportifs (c.-à-d. la TA). Deuxièmement, elle examine simultanément les adaptations tissulaires et réponses cliniques immédiatement et 3 mois après l'intervention de réadaptation la plus fréquemment prescrite pour les tendinopathies (c.-à-d. exercices de renforcement excentrique). Troisièmement, nous savons que ce protocole d'exercices a été démontré efficace pour diminuer la douleur chez le sportif ayant cette pathologie. Par contre, aucun groupe de recherche n'a vérifié de façon objective si ce protocole d'exercices modifiait de façon positive la structure du tendon d'Achille, et si oui, si l'amélioration morphologique de celui-ci était en lien avec l'amélioration clinique observée. Cette étude innovatrice déterminera donc si l'IQUS peut permettre de mieux supporter la démarche diagnostique/évaluative et éclairer la prise en charge clinique.

F. Échéancier du projet

Voir **Annexe 3**.

J. Budget

Organisation d'une rencontre de travail avec les partenaires du projet = 500\$

Développement d'une application électronique servant à collecter les données hebdomadaires = 1250\$

Équipement (gel pour sonde échographique, sacs à dos, poids) = 500\$

Disque dur pour sauvegarder les données = 300\$

Salaire d'un physiothérapeute = 1050\$

- (30 participants x 0.5h d'enseignement x 70\$/h)

Compensation pour participants (30\$ x 3 évaluations x 30 participants) = 2700\$

Consultation d'un ingénieur pour le développement du logiciel d'analyse d'image échographique = 500\$

Consultation d'un statisticien = 300\$

Consultation d'un traducteur professionnel pour réviser l'article scientifique en anglais = 300\$

Impression d'une affiche scientifique = 200\$

Présentations à des congrès dont l'AQMSE = 1000\$

Frais de publication dans un journal scientifique = 1000\$

Budget total estimé = 9600\$

Subvention de recherche octroyée par la Fédération des médecins résidents du Québec (FMRQ) = 4600\$

Budget nécessitant une bourse de l'AQMSE = 5000\$

Bibliographie

1. Koivunen-Niemela, T.P., K., *Anatomy of the Achilles tendon (tendo calcaneus) with respect to tendon thickness measurements*. Surgical and Radiologic Anatomy, 1995. **17**(3): p. 263-268.
2. Leung, J.L. and J.F. Griffith, *Sonography of chronic Achilles tendinopathy: a case-control study*. J Clin Ultrasound, 2008. **36**(1): p. 27-32.
3. Malliaras, P.P., C., Maffulli, N.; Cook, J., *Temporal sequence of greyscale ultrasound changes and their relationship with neovascularity and pain in the patellar tendon*. Br J Sports Med, 2010. **44**: p. 944–947.
4. Wearing, S.C., et al., *Conditioning of the Achilles tendon via ankle exercise improves correlations between sonographic measures of tendon thickness and body anthropometry*. J Appl Physiol (1985), 2011. **110**(5): p. 1384-9.
5. McAuliffe, S., et al., *Altered Strength Profile in Achilles Tendinopathy: A Systematic Review and Meta-Analysis*. J Athl Train, 2019. **54**(8): p. 889-900.
6. Kudron, C., et al., *Using Ultrasound Measurement of the Achilles Tendon in Asymptomatic Runners to Assist in Predicting Tendinopathy*. J Ultrasound Med, 2019.
7. Sancho, I., et al., *Biomechanical alterations in individuals with Achilles tendinopathy during running and hopping: A systematic review with meta-analysis*. Gait Posture, 2019. **73**: p. 189-201.
8. Splittgerber, L.E.I., J. M., *Significance of Asymptomatic Tendon Pathology in Athletes*. Current Sports Medicine Reports, 2019. **18**(6): p. 192-200.
9. Cardoso, T.B., et al., *Current trends in tendinopathy management*. Best Pract Res Clin Rheumatol, 2019. **33**(1): p. 122-140.
10. Longo, U.G., M. Ronga, and N. Maffulli, *Achilles tendinopathy*. Sports Med Arthrosc Rev, 2009. **17**(2): p. 112-26.
11. Krogh, T.P., et al., *Ultrasound-Guided Injection Therapy of Achilles Tendinopathy With Platelet-Rich Plasma or Saline: A Randomized, Blinded, Placebo-Controlled Trial*. Am J Sports Med, 2016. **44**(8): p. 1990-7.
12. Sunding, K., et al., *Evaluation of Achilles and patellar tendinopathy with greyscale ultrasound and colour Doppler: using a four-grade scale*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2016. **24**(6): p. 1988-96.

13. Lalumiere, M.L., C.; Nadeau, M. J.; Paquette, P.; Lamontagne, M.; Gagnon, D. H., *Proposing a minimal data set of musculoskeletal ultrasound imaging biomarkers to inform clinical practice: An analysis founded on the Achilles tendon*. 2019.
14. Nadeau, M.J., et al., *Quantitative ultrasound imaging of Achilles tendon integrity in symptomatic and asymptomatic individuals: reliability and minimal detectable change*. J Foot Ankle Res, 2016. **9**: p. 30.
15. Alfredson, H.P., T.; Jonsson, P.; Lorentzon, R., *Heavy-Load Eccentric Calf Muscle Training For the Treatment of Chronic Achilles Tendinosis*. THE AMERICAN JOURNAL OF SPORTS MEDICINE, 1998. **26**(3): p. 360-366.
16. Farnqvist, K., P. Malliaras, and S. Pearson, *Adaptation of Tendon Structure and Function in Tendinopathy With Exercise and Its Relationship to Clinical Outcome*. J Sport Rehabil, 2019: p. 1-30.
17. Kingma, J.J., et al., *Eccentric overload training in patients with chronic Achilles tendinopathy: a systematic review*. Br J Sports Med, 2007. **41**(6): p. e3.
18. Petersen, W., R. Welp, and D. Rosenbaum, *Chronic Achilles tendinopathy: a prospective randomized study comparing the therapeutic effect of eccentric training, the AirHeel brace, and a combination of both*. Am J Sports Med, 2007. **35**(10): p. 1659-67.
19. Habets, B.v.C., R. E. H., *Eccentric exercise training in chronic mid-portion Achilles tendinopathy: A systematic review on different protocols*. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 2015. **25**(1): p. 3-15.
20. Abat, F., et al., *Randomized controlled trial comparing the effectiveness of the ultrasound-guided galvanic electrolysis technique (USGET) versus conventional electro-physiotherapeutic treatment on patellar tendinopathy*. J Exp Orthop, 2016. **3**(1): p. 34.
21. Price D. D.; McGrath, P.A.R., A.; Buckingham, B., *The Validation of Visual Analogue Scales as Ratio Scale Measures for Chronic and Experimental Pain*. Pain, 1983. **17**(1): p. 45-56.
22. Palazon-Bru, A., et al., *A Reliability Generalization Meta-Analysis of the Victorian Institute of Sport Assessment Scale for Achilles Tendinopathy (VISA-A)*. American Orthopaedic Foot & Ankle Society, 2019. **40**(4): p. 430-438.
23. Mehta, S.P., et al., *Measurement Properties of the Lower Extremity Functional Scale: A Systematic Review*. J Orthop Sports Phys Ther, 2016. **46**(3): p. 200-16.

24. Ortega-Avila, A.B., et al., *Systematic review of the psychometric properties of the Victorian Institute of Sports Assessment - Achilles tendinopathy questionnaire*. Disabil Rehabil, 2019: p. 1-9.