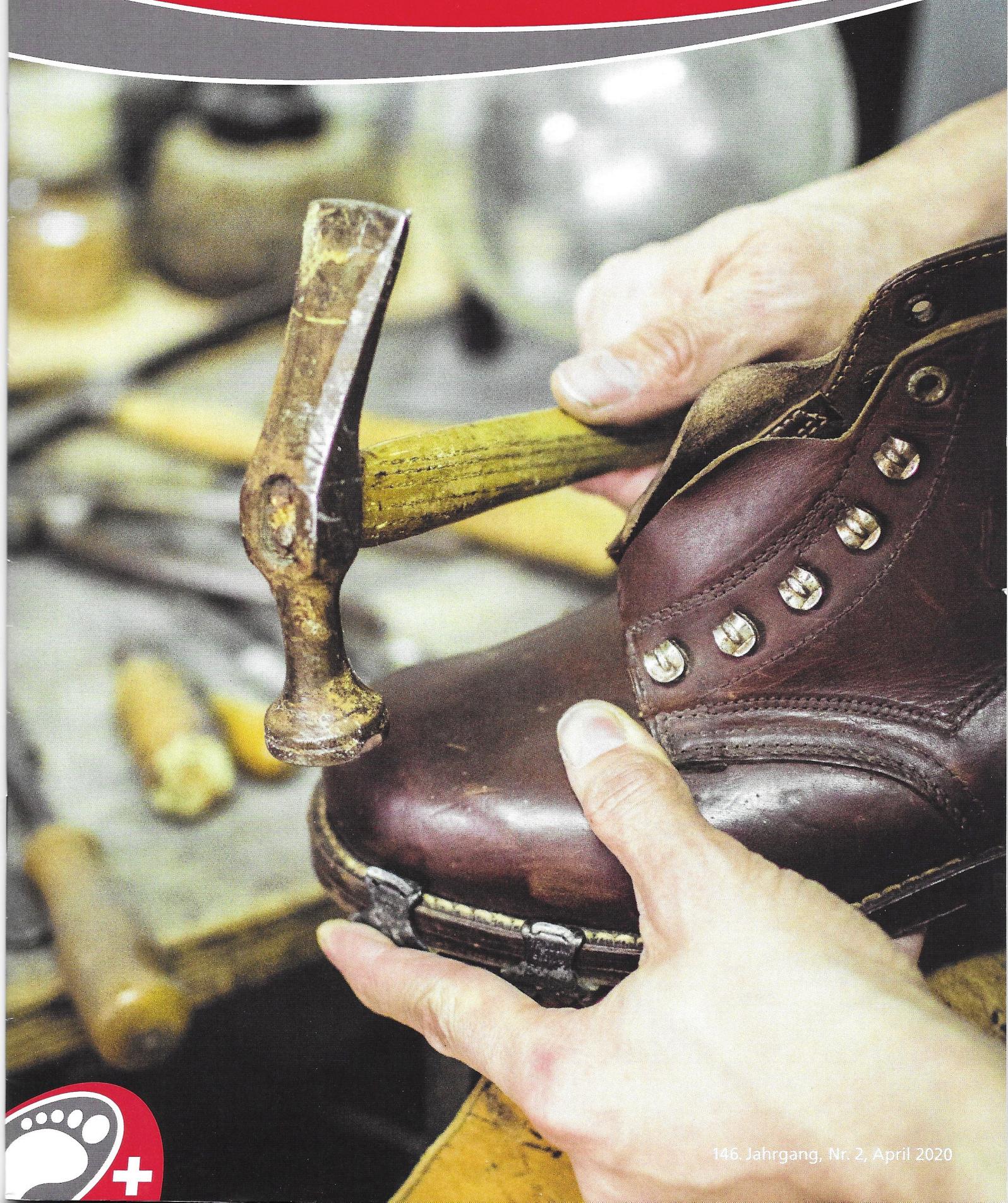


FUSS & SCHUH

PIED & CHAUSSURE



IDENTIFIZIERUNG DES RETRO-TALAREN RIEGELS* DER FLEXOR-HALLUCIS-LONGUS-SEHNE

Die vorliegende Arbeit wurde im **Journal of Anatomy** publiziert:

Titel: Identification of the retrotalar pulley of the Flexor Hallucis Longus tendon, Autoren: C. Tzioupis, A. Oliveto, S. Grabherr, J. Vallotton, B.M. Riederer **Journal of Anatomy, 254 (4), 757–764, 2019. doi: 10.1111/joa.13046.**

Übersetzung und Zusammenfassung durch Prof. B.M. Riederer, Unité Facultaire d'Anatomie et de Morphologie (UFAM), Rue du Bugnon 9, CH-1005 Lausanne, Suisse.

Aus Platzgründen werden in diesem Beitrag nur Schwerpunkte behandelt und wir verweisen den interessierten Leser für detaillierte Ausführungen auf die Originalarbeit.

Autoren:

B.M. Riederer

C. Tzioupis

A. Oliveto

S. Grabherr

J. Vallotton

Centre Universitaire Romand de Médecine Légale (CURML), Unité Facultaire d'Anatomie et de Morphologie (UFAM), Médicol, Centre Orthopédique, Lausanne, Schweiz

Prof. Beat M. Riederer
Unité Facultaire d'Anatomie et de Morphologie (UFAM)
Rue du Bugnon 9, CH-1005 Lausanne
e-mail: beat.riederer@bluewin.ch

Zusammenfassung

Der funktionelle Hallux Limitus zeigt sich in einer Behinderung der Flexor Hallucis Longus (fhl) Sehne, zurückzuführen auf eine Verengung des fhl-Sehnenscheidenkanaleingangs, welcher zwischen den beiden Tuberositäten des Talusknoches und dem retro-talaren Retinakulum beginnt, was zu verschiedenen schmerzhaften Syndromen führt. Aus anatomischer Sicht ist das fhl-Retinakulum, schlecht definiert, hingegen ist seine Präsenz durch die Arthroskopie belegt und seine physiologische Rolle in der Beinmechanik bewiesen, mit einer Behinderung der fhl-Sehnenbewegung und reduziertem Gleiten im Sehnenkanal. Das Ziel unserer Studie war es, das fhl-Retinakulum zu identifizieren und als anatomische Struktur zu charakterisieren. Elf untere Beinextremitäten von Kadavern wurden zunächst durch Computertomographie (CT) untersucht, anschliessend seziiert und verschiedene Retinakula präpariert und histologisch analysiert. Die Retinakulumpräparate wurden mit Mayer's Hematoxylin-Eosin Lösung gefärbt. Im Vergleich mit anderen Retinakula weist das fhl-Retinakulum die gleichen Eigenschaften und histologischen Merkmale auf. Ebenso wurden plastinierte Präparate untersucht, um die Präsenz des retro-talaren Retinakulums zu demonstrieren.

Schlüsselwörter:

- CT
- Flexor Hallucis Longus
- fhl
- Retinakulum
- Histologie
- retro-talarer Riegel

Problematik des Flexor Hallucis Longus (fhl)

Obwohl die Sehne des Flexor Hallucis Longus Muskels in der klinischen Anatomie eine wesentliche Rolle spielt, sind die anatomischen Grundlagen nur mangelhaft beschrieben. Beim Übergang vom retro-tibialen Beinraum in die Plantarregion spielt der retro-talare Kanal eine wichtige Funktion für das Gleiten der Sehne des fhl in die enge Kanalöffnung, welche durch das nachfolgende Eindringen des Muskelgewebes gehemmt wird und somit die Extension des Hallux extrem reduzieren kann. Somit hat diese Kanalöffnung eine limitierende Funktion für die Bewegung des Hallux. Dieser retro-talare Riegel, welcher durch die zwei Tuberkel und das verbindende Retinakulum gebildet wird, spielt eine wesentliche Rolle für den Sehneneingang und die limitierte Extensorenfunktion des Hallux (Vallotton, 2014).

Mit der Entwicklung der posterioren Fussarthroskopie wurde ein Erforschen des fhl-Verlaufes und sein Bezug zum sub-talaren Fussgelenk erst möglich. Eine «real-time» oder dynamische Arthroskopie gab Hinweise auf verschiedene Ursachen und biomechanische Zusammenhänge, welche verschiedene Fusspathologien erklären könnten, wie zum Beispiel eine Blockade oder reduziertes Gleiten des fhl für die sagittale Fussbiomechanik. Eine Studie an über tausend Füßen macht den Zusammenhang einer Fussblockade und einem reduzierten Eindringen der fhl-Sehne in den Kanal deutlich.

Leider ist das retro-talare Retikulum zwischen den beiden Talustuberkeln als ana-

* In der Originalarbeit wurde der Ausdruck «Pulley» verwendet, was auf verschiedene Weise übersetzt werden kann: Pulley = Rolle, Flaschenzug, Scharnier, Riemenscheibe, Retinakulumschlinge. Mit den dichten Kollagenfasern wird der Eingang zum Sehnenkanal wie ein Riegel kontrolliert und das Gleiten der Sehne mit nachfolgendem Muskelgewebe in den Kanal sehr limitiert, was zur Folge hat, dass eine Extensorbewegung des Hallux sehr reduziert ist und zu einem funktionellen Hallux Limitus führen kann.

tomische Struktur nicht dokumentiert, obwohl es eine wichtige Riegelfunktion erfüllt und das Gleiten der fhl-Sehne mit nachfolgendem Muskel wesentlich beeinflusst.

Eine arthroskopische Reduktion des Retinakulums und Ablation der knöchernen Tuberkel erlaubt eine Wiederherstellung der fhl-Funktion im Vorderfuss, durch ein verbessertes Gleiten der fhl-Sehne und einer verbesserten Extensorbewegung des Hallux.

Nach unseren Kenntnissen wurde diese anatomische Struktur in der Literatur nie detailliert beschrieben oder wurde sogar weggelassen.

Unsere Hypothese basiert darauf, dass der fhl-Kanal eine Riegelfunktion hat, welche vor allem dem retro-talaren Retinakulum und den beiden Tuberkeln zuzuschreiben ist. Dieses dichte Kollagengewebe des Retinakulums weist gleiche Strukturen wie andere Retinakula auf und unterscheidet sich aber vom nachfolgenden lockeren Bindegewebe unter dem *Sustentaculum Tali* Kanal.

Methodische Aspekte der Studie

Elf kadaverische Beinextremitäten dienten als Grundlage für die Masterarbeit von Anthony Oliveto. Die ethische Kommission des Kantons Waadt hat die Studie bewilligt. Für die verschiedenen Untersuchungen wurden verschiedene Methoden verwendet, welche detailliert in der Originalarbeit beschrieben sind.

Die Computer-Tomographie zur Darstellung der Knochen und des Sehnenverlaufes wurden in Zusammenarbeit mit der Gerichtsmedizin durchgeführt. Das Sezieren des retro-talaren Retinakulumriegles und fhl-Sehne fand im UFAM statt. Ebenso wurden verschiedene Plastinate zur Dokumentation verwendet. Die Knochen Sammlung des Institutes diente auch als Grundlage zum Ausmessen des Tuberkelabstandes und der Kanaltiefe. Für die histologische Auswertung und den histologischen Vergleich wurden verschiedene Retinakula mit Bindegewebe mit Mayer's Heatoxilin Eosin Färbung in Längs- und Quer-Schnitten vorbereitet.

Die wichtigsten Resultate

Elf Leichenbeine wurden einer CT unterzogen, um die fhl-Sehne und alle knöchernen Sehnen- oder Gewebestrukturen besser beurteilen zu können. In Abb. 1 sind zwei Füße in Plantaransicht dargestellt. Zu notieren sind der Durchgang der fhl-Sehne unter dem *Sustentaculum Tali*, die Kreuzung von fhl und Flexor digitorum longus Sehnen in Höhe des «Knot of Henry», dem Verlauf der fhl-Sehne zwischen den beiden Sesamknochen und die Bildung eines zusätzlichen Sesamknochens an der Ansatzstelle der fhl-Sehne. Es sei noch anzumerken, dass im Falle einer sich entwickelnden Hallux-Valgus-Deformation der laterale Sesamoidknochen in den Mittelfussraum gedrückt werden kann und somit einen Hallux Valgus verstärkt.

In diesem Präparat (Abb. 2a) ist der Verlauf der fhl-Sehne zwischen den beiden retro-talaren Tuberkeln und unter dem *Sustentaculum Tali* mit Pfeilen dargestellt. Das Fussplastinat zeigt die retro-talare Kanalöffnung mit der fhl-Sehne (2b).

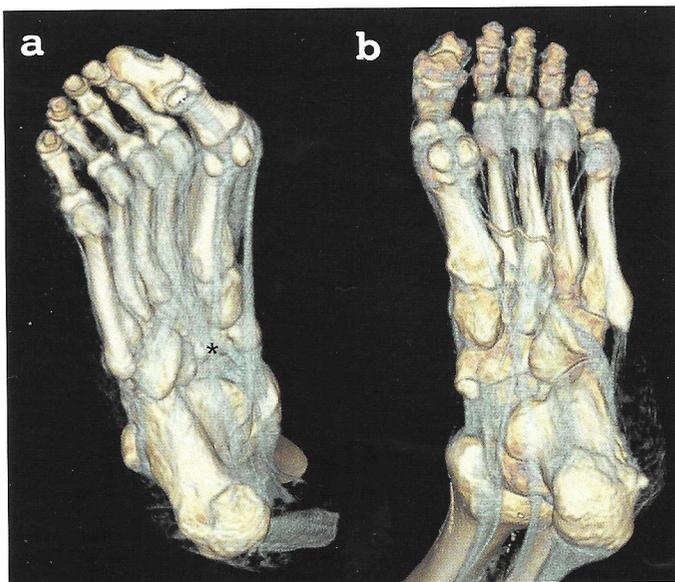


Abbildung 1
Eine 3D Volumenrekonstruktion von Knochen und Sehnen eines rechten Fusses mit einem funktionellen Hallux Limitus (a) und einem linken normalen Fuss (b). Untere Beinextremitäten wurden mit einem Computertomographen der Marke Light Speed Ultra VCT analysiert. Das schwarze Sternchen kennzeichnet die Kreuzung der Flexor Digitorum Longus Sehne mit der Flexor Hallucis Longus Sehne, auch «Knot of Henry» genannt. Das weisse Sternchen kennzeichnet den Ansatzpunkt des Flexor Hallucis Longus und deutet auch an, dass der knöchernen Ansatz vom Phalanxknochen gerissen wurde und sich ein Sesamoidknöchelchen gebildet hat.

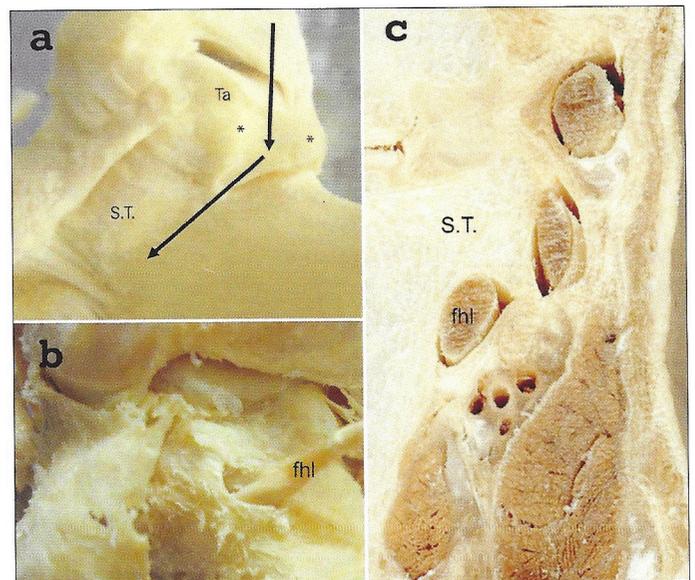


Abbildung 2
In «Bild a» ist der Verlauf der fhl-Sehne (schwarze Pfeile) zwischen den beiden Talus Tuberkeln (Sternchen) und unter dem Sustentaculum Tali (S.T.) angedeutet. «Bild b» zeigt die Öffnung des retro-talaren Kanals mit der fhl-Sehne. Ein Frontalschnitt eines Fussplastinates in «Bild c» zeigt auf der medialen Seite die fhl-Sehne mit dem Verlauf des Kanals unter dem Sustentaculum Tali (S.T.). Neben dem Sehnenkanal kann man die Plantarnerven und Gefässe erkennen.

Ein plastinierter Frontalschnitt durch das Subtalargelenk zeigt deutlich die Passage der fhl-Sehne unterhalb des *Sustentaculum Tali* (2c). Neben dem Tunnel gelangt das neurovaskuläre Bündel in den Calcaneuskanal, welcher vom Abduktor des Hallux bedeckt wird.

In Abb. 3 sind Abstände der Tuberkel und Tiefe des retro-talaren Kanals aufgeführt. Die Distanz zwischen den posterioren Tuberkeln der Talusknochen zeigte eine beträchtliche Variabilität mit einem mittleren Abstand zwischen 10,25 mm (8,5–12,5 mm) und einer Tiefe der retro-talaren Furche von 2,85 mm (1,5–4 mm) für beide Geschlechter (weiblich n = 11; männlich n = 17).

In Abb. 4 ist die Medialansicht einer seziierten Fussgelenkregion dargestellt. Die Präparationstechnik war für alle Proben ähnlich.

Der fhl-Muskel mit seiner Sehne wurde bis zum retro-talaren Kanaleingang freigelegt. Es sei darauf hingewiesen, dass

Muskelfasern die Sehne bis zum Kanaleingang begleiten. Die Sehnen des Tibialis Posterior und Flexor Digitorum Longus Muskeln sowie das neurovaskuläre Bündel wurden separiert, um den osteofibrösen fhl-Kanal i. e. das retro-talare Retinakulum und nachfolgende Bindegewebe unter dem *Sustentaculum Tali* zu zeigen. Eine Pinzette wurde in den Kanal eingeführt. Das retro-talare Retinakulum besteht aus dichten Kollagenfasern und bildet ein etwa 14–15 mm breites und 1–1,5 mm dickes Band. Der nachfolgende *Sustentaculum Tali* Teil zeigt mehr Bindegewebe, Blutgefässe und weniger dichte Kollagenfasern. Diese makroskopische Beobachtung wurde durch die histologischen Präparate bestätigt. Das retro-talare Retinakulum weist die gleichen Merkmale wie andere Retinakula auf, mit einem dichten Netzwerk von Kollagenfasern, welches den Sehnenkanal fest umschlingt sowie die Sehne fixiert und dadurch einen Riegel bildet, welcher das Eindringen von Muskelgewebe stark limitiert und das Gleiten der Sehne in den Kanal mindert.

Diskussion

Ziel unserer Studie war es, mittels Bildgebung und Histologie das retro-talare Retinakulum der fhl-Sehne auf Höhe des retro-talaren Tunnels zu identifizieren und zu charakterisieren. Unsere Ergebnisse bestätigten unsere bisherigen klinischen und arthroskopischen Beobachtungen zum Vorhandensein eines charakteristischen retro-talaren fhl-Retinakulumriegels mit einer identischen strukturellen Organisation wie die A2-Digit-Retinakula. Basierend auf unseren histologischen Ergebnissen haben wir gezeigt, dass sich das retro-talare Retinakulum vom nachfolgenden osteofibrösen Kanal unter dem *Sustentaculum Tali* unterscheidet. Die beiden retro-talaren Tuberkel und Retinakulum bilden die Öffnung des Sehnenkanals. Somit nehmen sie eine Schlüsselstellung ein und bestimmen die Mobilität der Sehne und das Eindringen von Sehne sowie Muskelmasse. Es handelt sich beim Retinakulumriegel um ein 15 mm grosses Band von 1,5 mm Dicke, bestehend aus dichten und regelmässigen Kollagenfasern, welche den Eintritt von Sehne und

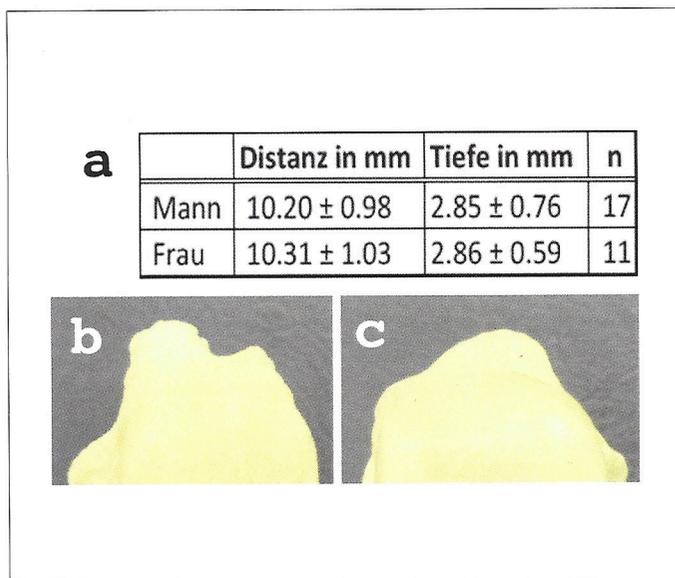


Abbildung 3

Die Distanz zwischen den Tuberkeln und Tiefe des retro-talaren Kanals wurden an 28 Talusknochen gemessen (Tabelle A). Der Kanal und Tuberkeldistanz weisen eine grosse Variabilität auf, sowohl beim Mann als auch bei der Frau. Zwei Beispiele sind in den Bildern b (rechter Talus) und c (linker Talus) mit Sicht von oben dargestellt.

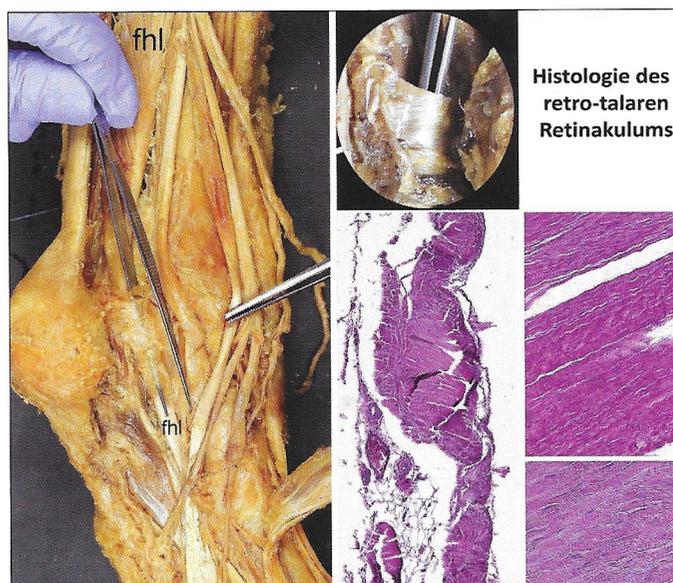


Abbildung 4

Mediale Ansicht eines seziierten Fusses. Die Pinzette wurde in den fhl-Sehnenkanal eingeführt. Das retro-talare Retinakulum weist dichte Kollagenfasern auf (14–15 mm), welche sich unter dem *Sustentaculum Tali* auflockern. Ein histologischer Längsschnitt entlang des Kanals zeigt dies deutlich. Hingegen zeigt das retro-talare Retinakulum dichte Kollagenfasern, welche typisch für die verschiedenen Retinakula sind.

Muskelmasse je nach Öffnung hemmen können. Beim Übergang vom retro-talaren zum *Sustentaculum Tali*-Kanal verändert sich der Gehalt des umgebenden Gewebes und setzt sich eher aus feineren und unregelmässigen Kollagenfasern, Blutgefässen und Fettgewebe zusammen. Unsere Arbeit ist somit grundlegend, um verschiedene Pathologien des Fusses zu erklären.

Basierend auf unseren arthroskopischen Befunden ist die fhl-Gleithemmung auf eine ungleichmässige Grösse zwischen Sehne und umliegender retro-talaren Kanalöffnung zurückzuführen. Zusätzlich haben wir eine signifikante Veränderung in der Verteilung des Plantardrucks vor und nach der endoskopischen Tenolyse des Retinakulumriegels der fhl-Sehne festgestellt, was die klinische Relevanz für Pathologien wie der Funktionelle Hallux Limitus und Fussformationen unterstreicht. Der fhl-Retinakulumriegel unterscheidet sich von andern Retinakula, indem ein Gleiten der Sehne in die enge Kanalöffnung nicht nur gehemmt, sondern auch immobilisiert werden kann.

Schlussfolgerungen

Das retro-talare Retinakulum weist die gleichen histologischen Merkmale eines Retinakulums auf, welche aber im Unterschied zu andern Retinakula eine enorme klinische Relevanz aufzeigt. Durch seine Zusammensetzung und den dichten Kollagenfasern hat das Retinakulum eine Riegelfunktion für das Gleiten der fhl-Sehne, mit einer biomechanischen Auswirkung auf den Vorderfuss und welche zur Bildung eines funktionellen Hallux Limitus oder anderen Pathologien beiträgt.

Dank

Die Autoren danken folgenden Personen, Prof. A. Dominquez für CT-Scans am CURML, Frau I. Riederer und Frau A. Rindlisbacher für die histologischen Präparationen, Dr. J.-Y. Chatton und J. Kemp für die histologische Bildgebung, Drs. C. Charpillon und P. Dijoux für die Mithilfe beim Sezieren der Retinakula. Ein Teil dieser Publikation liegt die Masterarbeit in Medizin von Anthony Oliveto zu Grunde: Etude anatomique du Carrefour postérieur formé par le tendon du muscle long fléchisseur de l'hallux et la poulie rétro-talienne, welche der Medizinischen und Biologischen Fakultät der Universität Lausanne unterbreitet wurde. Die Arbeit wurde auch an der Schweizerischen Anatomientagung der SGAHE am 8. September 2019 in Lausanne vorgestellt.

Referenzen

Eine detaillierte Referenzliste ist in der Originalarbeit aufgeführt. Hier sei auf verschiedene Arbeiten hingewiesen, welche die Problematik des fhl erörtern: Dananberg H.J. (2000) Saggital plane biomechanics. J. Am. Podiatr. Med. Assoc. 78: 98–99. Vallotton J. (2014) Functional Hallux Limitus: a new explanation for overuse pathologies. Rev. Med. Suisse 10: 2333–2337. Vallotton J., (2012) «L'hallux limitus fonctionnel». Journal Maîtrise orthopédique n° 216. Vallotton J. Echeverri S., Dobbelaere-Nicolas V. (2010) Functional hallux limitus or rigidus caused by a tenodesis effect at the retrotalar pulley: description of the functional stretch test and the simple hoover cord manoeuvre that releases this tenodesis. J. Am. Podiatr. Med. Assoc. 100: 220–229. Vega J., Redo D., Savin G. et al. (2017) Anatomical variations of flexor hallucis longus tendon increase safety in hindfoot endoscopy. Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc 25: 1929–1935.



Hier könnte Ihr Inserat stehen!

Konsultieren Sie die Mediadaten auf dem «Marktplatz» auf unserer Internetseite www.fussundschuh.ch. Sie haben neu die Möglichkeit, Inserate online aufzugeben. Gerne stehen wir Ihnen auch telefonisch unter **041 368 58 09** oder per Mail unter info@f-u-s.ch zur Verfügung.