

## **Ronny Kurth-Rosenkranz<sup>1</sup>**

(3. Preisträger Referate Studierende)

# **Zusammenhang von elementaren Schnelligkeitsleistungen der unteren Extremitäten und der Achillessehnenfestigkeit**

## **Summary**

The primary function of tendons is to transmit contractile force to the skeleton but also store kinetic energy and return to muscle. The elementary speed is primary influenced by neuromuscular properties, the mechanical properties of tendons are only considerate at Grosser (2007). The purpose was to investigate the relation between stiffness of Achilles tendon and elementary speed in triceps surae. While isometric contraction the myotendinous junction was examined by 2D ultrasound. Twenty three subjects performed an isometric contraction on dynamometer. To examine the properties of neuromuscular system they performed a Drop Jump and the upright leg tapping. The main finding was: men showed the strongest correlation between stiffness and elementary speed.

## **Zusammenfassung**

Sehngewebe kann nicht nur Muskelkräfte auf das Skelett übertragen, sondern auftretende kinetische Energie speichern und an den Muskel abgeben. Das war der Anlass, die Achillessehnenfestigkeit auf Zusammenhänge mit der elementaren Schnelligkeit zu untersuchen. Untersucht wurde die Achillesseh-

---

<sup>1</sup> Betreuerin der Arbeit ist Frau Professorin Dr. Maren Witt, Institut für Allgemeine Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig

ne bei einer isometrischen Kontraktion, mit 2D Ultraschall. Untersucht wurden 23 Probanden, in die Auswertung gingen 13 Fälle ein. Die elementare Schnelligkeit wurde über Drop Jump und Tapping ermittelt. Eine differenzierte Analyse nach Geschlechtergruppen ergab mittlere bis starke Korrelationen für die Gruppe der männlichen Probanden (nicht signifikant). Im Mittel konnte in der Gruppe des KZP eine festere Achillessehne nachgewiesen werden als im LZP.

**Schlagnworte:** Achillessehnenfestigkeit, Ultraschall, elementare Schnelligkeit

## 1. Problemstellung

Die Schnelligkeit stellt im sportlichen Kontext eine elementare Leistungsvoraussetzung dar, um motorische Aktionen in bestimmten Zeitprogrammen zu realisieren (Bauersfeld, 1984). In diesem Zusammenhang gelten besonders neuromuskuläre Steuermechanismen als Erklärungsansatz für das Zustandekommen dieser Zeitprogramme. Trotz vieler Studien zum Thema elementare Schnelligkeit besteht weiterhin Aufklärungsbedarf über die strukturellen Zusammenhänge des Zustandekommens der Schnelligkeitsleistungen. Einen ergänzenden Erklärungsansatz liefert Grosser (2007), welcher auf mögliche Zusammenhänge mit den Bedingungen im tendomuskulären System hinweist. Als Bindeglied zwischen Muskel und Skelett erfüllt die Achillessehne, als Bestandteil des tendomuskulären Systems, primär die Funktion Muskelkräfte auf den Knochen zu übertragen. Um dieser Aufgabe gerecht zu werden besteht die Achillessehne hauptsächlich aus straffem faserreichem Bindegewebe. Diese Zusammensetzung ermöglicht es dem Sehnengewebe eine weitere sekundäre Funktion zu erfüllen, so ist die Achillessehne in der Lage, kurzfristig auftretende Bewegungsenergie zu speichern und diese an den Muskel zurückzuführen. Durch diesen Mechanismus wird die Arbeit der angeschlossenen kontraktilen Elemente ökonomisiert und positiv beeinflusst (Roberts, 2002, Ishikawa et al., 2005, Bojsen-Møller et al., 2005, Albracht et al., 2006). Den Mechanismus der Energiespeicherung kann man sich dabei dem einer mechanischen Feder vorstellen, wobei das nur für Bewegungen mit kurzen Bodenkontaktzeiten zu zutreffen scheint (Fukanaga et al., 2001).

Einer gesteigerten Achillessehnenfestigkeit werden in der Literatur auf der einen Seite positive Effekte für die angeschlossenen kontraktilen Elemente nachgesagt (Roberts, 2002, Bojsen-Møller et al., 2005). Andere Meinungen sprechen einer gesteigerten Festigkeit des Sehnengewebes negative Effekte bezüglich der Energiespeicherkapazität zu (Albracht et al., 2006).

Zielstellung der vorliegenden Untersuchung war es, der Frage nachzugehen, ob eine gesteigerte Achillessehnenfestigkeit einen nachweisbaren Einfluss auf das Erreichen bestimmter Zeitprogramme hat und damit ergänzende Erklärungsansätze für Schnelligkeitsleistungen bietet.

## 2. Methodik

An den Untersuchungen nahmen 23 Probanden teil, wobei in der abschließenden Auswertung noch 13 dieser Probanden berücksichtigt werden konnten, da diese alle Einschlusskriterien erfüllten.

Um die Eigenschaften des neuromuskulären Systems zu erfassen, wurde auf die gängigen Verfahren Tapping stehend (Tap) und Drop Jump (DJ) zurückgegriffen. Die Ergebnisse des Tap ließen Aussagen über die elementare Frequenzschnelligkeit zu, der DJ ermöglichte eine Aussage über die elementare Schnelligkeit bei reaktiver Bewegungsausführung.

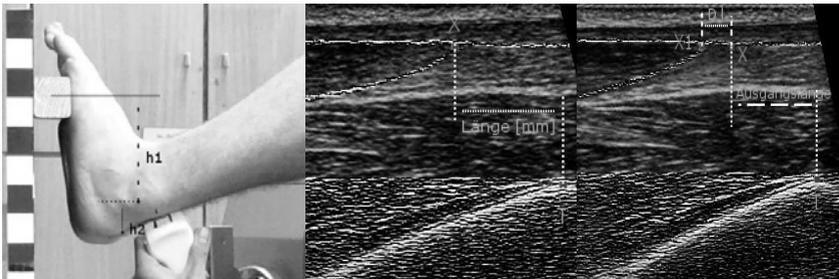


Abb. 7. Hebelbestimmung Sprunggelenk ( $h_1$ =Abstand Drehpunkt Spg/Kraftwirkungslinie;  $h_2$ =Abstand Drehpunkt Spg/Ansatz Achillessehne) und Lageänderung myotendinoser Übergang M. soleus/Achillessehne (T=distale Tibiakante, X=myotendinoser Übergang, DI=Längenänderung Achillessehne)

Um die elastischen Eigenschaften der Achillessehne zu ermitteln, wurde eine isometrische Kontraktion an der Beinpresse absolviert. Während der Kraftmessung, die nicht maximal willkürlich sein sollte, wurde mit 2D Ultraschall der myotendinose Übergang bildlich dargestellt und die Längenänderung der Achillessehne ermittelt. Über die ermittelten Parameter Kraft (N) und das Hebelverhältnis  $h_1/h_2$  (cm) im Sprunggelenk, konnten weitere für die Auswertung wichtige Parameter über ein biomechanisches Modell berechnet werden. Die an der Achillessehne angreifende Kraft wurde mit der Gleichung  $F_{\text{Achilles}} = F \cdot h_1/h_2$  ermittelt. Über diesen Parameter konnte dann die Festigkeit der Achillessehne berechnet werden, mit der Formel:  $\text{stiffness}_{\text{Achilles}} = F_{\text{Achilles}}/\Delta l$ . Die Achillessehnenfestigkeit wurde in N/mm angegeben.

### 3. Ergebnisse

Die Berechnung der Achillessehnenfestigkeit ergab, dass sich die 13 ausgewerteten Probanden in einem Bereich zwischen 177 N/mm und 482 N/mm einordnen ließen, was sich mit den Ergebnissen anderer Autoren zur Thematik der Achillessehnenfestigkeit deckt (z. B. Babic et al., 2004, Muraoka et al., 2005).

Nach Auswertung der Schnelligkeitstests (Tap und DJ) erfüllten 5 Probanden die Kriterien für das KZP (Frequenz > 12 Hz & Stützzeit [DJ] < 0,14 s). Weitere 4 Probanden lagen für beide Kriterien außerhalb der genannten Grenzwerte und wurden der Gruppe des LZP zugeordnet. In eine dritte Gruppe (indifferente ZP-Zuordnung) wurden die restlichen 4 Probanden eingeordnet, welche mit jeweils einem Parameter innerhalb und außerhalb der festgesetzten Grenzen lagen.

Bei differenzierter Betrachtung der mittleren Achillessehnenfestigkeit nach ZP-Gruppen wurde deutlich, dass in der Gruppe des KZP (326 N/mm) deutlich höhere Werte der Festigkeit gemessen werden konnten als im LZP (236 N/mm) und der indifferenten Zuordnung (288 N/mm). Diese Unterschiede sind sehr deutlich und zeigen einen ersten Trend auf, jedoch konnte ein Mittelwertvergleich keine Signifikanz nachweisen.

Auch eine differenzierte Analyse bezüglich der Geschlechtergruppen zeigte deutliche Differenzen zwischen männlich (304 N/mm) und weiblich (266 N/mm). Auch in diesem Fall konnte ein Mittelwertvergleich keine Signifikanz nachweisen, jedoch decken sich diese Ergebnisse mit Ergebnissen aus der Literatur. (Muraoka et al., 2005 & Blackburn et al., 2006)

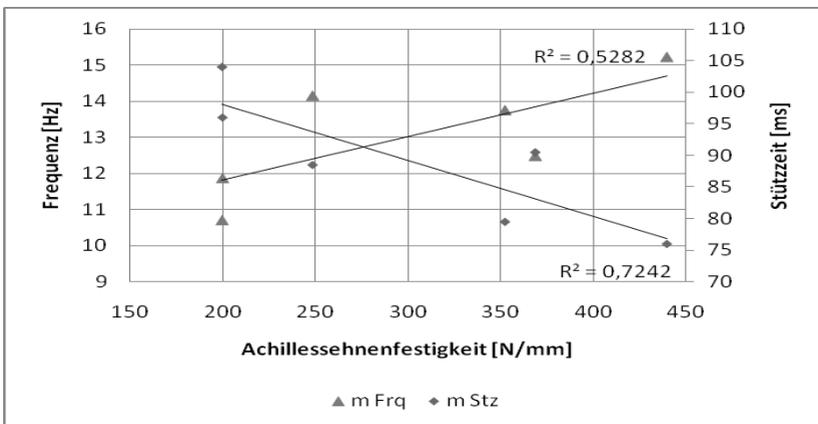


Abb. 8. Korrelation Achillessehnenfestigkeit und Parameter elementare Frequenzschnelligkeit (männliche Versuchsteilnehmer)

Abbildung 2 stellt den korrelativen Zusammenhang der Achillessehnenfestigkeit mit den Parametern der elementaren Frequenzschnelligkeit für die Gruppe der männlichen Versuchsteilnehmer dar. Es zeigt sich, dass mit steigender Festigkeit der Achillessehne der Parameter Frequenz steigende Tendenzen aufweist und der Parameter Stützzeit abnehmende Tendenzen. Das wiederum deckt sich mit der vorangestellten Annahme der Untersuchung.

#### **4. Diskussion**

Ziel der Untersuchung war es, nach einem möglichen Zusammenhang zwischen den elastischen Eigenschaften der Achillessehne und den elementaren Schnelligkeitsleistungen der unteren Extremitäten zu suchen. Im Ergebnis konnte eine Tendenz in Richtung der erwarteten Annahme aufgezeigt werden, welcher sich am deutlichsten in der Gruppe der männlichen Versuchsteilnehmer manifestierte. Um diesen erhobenen Trend genauer einordnen zu können, müssen folgende Untersuchungen zu dieser Thematik die gewonnenen Ergebnisse mit deutlich größeren Stichprobenumfängen und homogeneren Untersuchungsgruppen bestätigen.

Es stellt sich die Frage warum eine gesteigerte Achillessehnenfestigkeit einen positiven Einfluss auf die Ergebnisse im DVZ haben könnte. Je zugfester das Sehngewebe ausgelegt ist, umso geringer ist die infolge der Dehnung zurückzulegende Wegstrecke im Bremszyklus (z. B. im DJ). Dementsprechend muss für das Abbremsen weniger Zeit aufgewendet werden und die an den Muskel rückgeführte Bewegungsenergie ermöglicht es innerhalb eines kürzeren Zeitraumes, die nötige Kontraktionskraft aufzubringen. Dieser Mechanismus kann allerdings nur greifen, wenn Muskel und Sehngewebe aneinander angepasst sind, denn auch die Muskulatur zeichnet sich durch eine gewisse Festigkeit aus.

In der Methodik bestehen neben der Zusammensetzung der Stichprobe noch weitere Möglichkeiten der Fehlereliminierung. So erweist sich vor allem die bildliche Darstellung des Myotendinosen Übergangs als fehleranfällig. Einerseits hängt es vom Untersucher ab, ob der Bildausschnitt die gewünschten anatomischen Strukturen auch wirklich darstellt und zum anderen birgt die Position des Schallkopfes (Sehngewebe muss streng orthogonal angeschallt werden) weiteres Fehlerpotential (Delorme, 1998). Das auszuwertende Bildmaterial sollte außerdem durch mehrere unabhängige Auswerter gesichtet und vermessen werden, um den Faktor der Reliabilität zu steigern und subjektive Fehlerquellen zu minimieren.

In Anbetracht der aufgezeigten Tendenz stellt sich die Frage, ob es sinnvoll wäre ein Schnelligkeitstraining mit gezielten Inhalten zur Sehnenadaptation zu ergänzen, um das Training effektiver und nachhaltiger gestalten zu können. Denn in ersten Untersuchungen konnten positive Effekte einer gezielten Trai-

ningsintervention auf die Achillessehnenfestigkeit herausgearbeitet werden (Arampatzis et al., 2010).

### **Literatur (Auszug)**

Arampatzis, A., Peper, A., Bierbaum, St. & Albracht, K. (2010). Plasticity of human Achilles tendon mechanical and morphological properties in response to cyclic strain. *Journal of Biomechanics*.doi:10.1016/j.jbiomech.2010.08.014.

Muraoka, T., Muramatsu, T., Fukanaga, T. & Kanehisa, H. (2005). Elastic properties of human Achilles tendon are correlated to muscle strength. *Journal of Applied Physiology*, 99, 665-669.

Einsicht beim Verfasser

### **Verfasser**

**Ronny Kurth-Rosenkranz**, Institut für Allgemeine Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig