

Provided for non-commercial research and education use.  
Not for reproduction, distribution or commercial use.

 **Fuß & Sprunggelenk** <http://journals.elsevier.de/fuspru>

German Journal of Foot and Ankle Surgery

**D.A.F.**  
Deutsche Assoziation für Fuß und Sprunggelenk e.V.

Offizielles Organ der Deutschen Assoziation für Fuß und Sprunggelenk e.V. (D.A.F.)  
Official Journal of the German Orthopaedic Foot and Ankle Society

Die D.A.F. ist Sektion der DGOOC und DGOU

 **DGOU** Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie

**SCHRIFTLEITUNG**  
Renée Fuhrmann, Bad Neustadt

**HERAUSGEBER**  
Jörn Dohle, Wuppertal  
Renée Fuhrmann, Bad Neustadt  
Johannes Hamel, München  
Tanja Kostuj, Witten  
Stefan Rammelt, Dresden  
Martinus Richter, Schwarzenbruck  
Manfred Thomas, Augsburg

**THEMENSCHWERPUNKT**  
Die Behandlung des erworbenen Plattfußes bei Tibialis-posterior-Sehnen dysfunktion


 **Indexed in**  
EMBASE/Excerpta Medica; Scopus

ISSN 1619-9987 · FussSprungg · 12(2014)1 · S. 1-62

Band 12 · Heft 1  
März 2014

This article appeared in a journal published by Elsevier. The attached copy is furnished to the author for internal non-commercial research and education use, including for instruction at the authors institution and sharing with colleagues.

Other uses, including reproduction and distribution, or selling or licensing copies, or posting to personal, institutional or third party websites are prohibited.

In most cases authors are permitted to post their version of the article (e.g. in Word or Tex form) to their personal website or institutional repository. Authors requiring further information regarding Elsevier's archiving and manuscript policies are encouraged to visit:

<http://www.elsevier.com/authorsrights>



ELSEVIER



CrossMark

Online verfügbar unter [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

ScienceDirect

Fuß &  
Sprunggelenk<http://journals.elsevier.de/fuspru>

Review zum Themenschwerpunkt

## Alternative Sehnentransfers zur Behandlung des erworbenen Plattfußes

### Alternative Tendon Transfers for the therapy of acquired flatfoot deformity

Peter Bock\*

Orthopädisches Spital Wien Speising, Wien, Österreich

Eingegangen am 3. November 2013; akzeptiert am 4. Dezember 2013

Online verfügbar seit 8. Dezember 2013

#### SCHLÜSSELWÖRTER

Erworbener Plattfuß;  
Tibialis-posterior;  
Sehnen-Insuffizienz;  
Alternative  
Operationsmethoden

#### KEYWORDS

Acquired Flatfoot;  
Tibialis posterior;  
Tendon Insufficiency;  
alternative surgical  
methods

#### Zusammenfassung

Ziel der Therapie beim erworbenen Plattfuß Grad II des Erwachsenen ist es, die pathologisch veränderte Tibialis-posterior-Sehne entweder zu augmentieren oder zu ersetzen. Als klassischer Sehnentransfer hat sich der Flexor-digitorum-longus-Sehnentransfer durchgesetzt. Als alternative Methoden stehen der Transfer der Tibialis-anterior-Sehne (Cobb Procedure), der Flexor-hallucis-longus-Sehne und der Peroneus-brevis-Sehne zur Verfügung. Vor- und Nachteile der jeweiligen Technik werden erläutert und diskutiert.

#### Summary

Aim of the therapy of the acquired adult flatfoot grade II is to replace or augment the diseased tibialis posterior tendon. The most common technique to replace the tibialis posterior is to transfer the flexor digitorum longus tendon. Alternatives to the FDL transfer constitute the split transfer of the tibialis anterior tendon (Cobb Procedure), the flexor hallucis longus transfer and the transfer of the peroneus brevis tendon. Advantages and disadvantages of each technique will be discussed.

#### Einleitung

Die Therapie des erworbenen Plattfußes beim Erwachsenen erfolgt je nach Stadium unterschiedlich. Im Zentrum der Pathologie steht die insuffiziente Tibialis-posterior-Sehne, welche

durch die Verblockung des Talonavikular- und Kalkaneokuboidgelenks beim Gehen für die Stabilität des Fußlängsgewölbes verantwortlich ist und dadurch das Abstoßen des Vorfußes am Ende des Gangzyklus ermöglicht. Sehnentransfers kommen üblicherweise im Stadium II der Tibialis-posterior-

\* Korrespondenzadresse: Dr. Peter Bock, Orthopädisches Spital Wien Speising, Speisinger Strasse 109, A-1130 Wien.  
E-Mail: [dr.bock@gmx.at](mailto:dr.bock@gmx.at)

Insuffizienz zum Einsatz, um entweder die Tibialis posterior-Sehne zu augmentieren oder zu ersetzen [3].

Der ideale Sehnentransfer würde so aussehen, dass die Ersatzsehne genügend Kraft aufbringt, um alle funktionellen Erwartungen des Patienten zu erfüllen, gleichzeitig aber wenig Funktionsverlust durch den Transfer auf der anderen Seite zu befürchten ist. Außerdem sollte die zu transferierende Sehne einfach zu gewinnen sein ohne perioperative Komplikationen zu verursachen. Basierend auf dem Konzept, dass die relative Muskelkraft eines Muskels proportional zu seiner Querschnittsfläche ist, haben Silver et al [17] die relative Kraft des M. tibialis posterior mit 6,4%, des M. tibialis anterior mit 5,6%, des M. peroneus longus mit 5,5%, des M. flexor hallucis longus mit 3,6%, des M. peroneus brevis mit 2,6% und des M. flexor digitorum longus mit 1,8% berechnet. Das bedeutet, dass alle infrage kommenden Sehnen primär bereits schwächer sind als die zu ersetzende Tibialis-posterior-Sehne, ganz abgesehen davon, dass mit einem Transfer an sich ein Kraftverlust einhergeht, da sich die Zugrichtung der Sehne (des Muskels) verändert. Da eine transferierte Sehne allein die Aufgabe des M. tibialis posterior nicht übernehmen kann, werden je nach Art der Fehlstellung Osteotomien am Kalkaneus und wahlweise am Os cuneiforme mediale (Cotton Osteotomie) zusätzlich zum Sehnentransfer empfohlen [3]. So konnten auch Arangio und Salathe [1] zeigen, dass eine simulierte 1 cm medial verschiebende Kalkaneus-Osteotomie die Last auf das MT I und das Talonavikulargelenk verringern und die Last auf das MT V und das Kalkaneokuboidgelenk erhöhen konnte.

Die am häufigsten beschriebene und angewandte Ersatz- bzw. Augmentationsplastik für die Tibialis-posterior-Sehne ist der Transfer der Flexor-digitorum-longus-Sehne (FDL-Transfer) [9,12,14] in das Os naviculare. Neben der Flexor-digitorum-longus-Sehne werden auch andere Sehnen wie die Peroneus-brevis-Sehne [18], die Tibialis-anterior-Sehne (Cobb procedure) [10] und die Flexor-hallucis-longus-Sehne [16] als mögliche Optionen der Augmentation oder Ersatzes der Tibialis-posterior-Sehne beschrieben.

Wenn es darum geht, Patienten mit einer insuffizienten Tibialis-posterior-Sehne zu operieren, sieht sich der behandelnde Chirurg zwei wichtigen Entscheidungen gegenübergestellt: Muss die erkrankte Sehne komplett reseziert werden oder genügt es, sie zu augmentieren? Welche Sehne verwende ich für den Transfer?

Aufgabe dieses Artikels soll es sein, Alternativen zum FDL-Transfer mit ihren unterschiedlichen

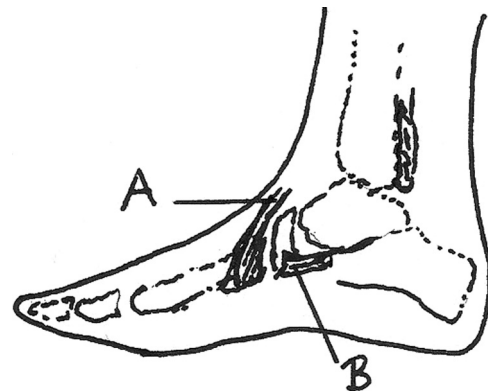


Abb. 1. Mediale Ansicht. Es zeigt sich der Ansatzbereich der Tibialis-anterior (A)- und der Tibialis-posterior (B)-Sehne.

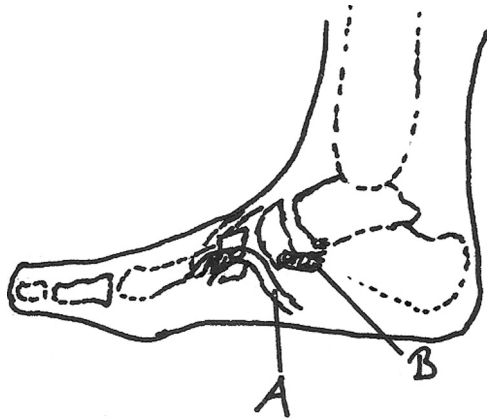
Techniken und deren Vor- und Nachteile anhand der vorhandenen Literatur zu beschreiben und zu diskutieren.

### Cobb Procedure

Die Cobb Procedure wurde erstmals von Helal [5] 1990 beschrieben. Die Cobb Procedure kommt sowohl bei Kindern als auch Erwachsenen [2,10,20] sowie in Kombination mit der Kidner Procedure zum Einsatz [7]. Je nach Autor werden wahlweise Kalkaneusosteotomien, Arthrosen, Kalkaneokuboidarthrosen oder Achillessehnenverlängerungen hinzugefügt.

Die Cobb Procedure beschreibt einen Tibialis-anterior-Sehnen-Split-Transfer, um die Tibialis-posterior-Sehne von plantarseitig zu augmentieren. Dazu wird die Tibialis-anterior-Sehne 5 cm proximal des Retinaculum extensorum aufgesucht und longitudinal hälftig geteilt. Der mediale Anteil wird so weit als möglich proximal abgesetzt. Nun wird der distale Ansatz der Tibialis-anterior-Sehne aufgesucht und die mediale Hälfte der vorher gespaltenen Sehne durch die Sehnenscheide mit Hilfe einer Klemme nach distal geholt. Die gesplattene Tibialis-anterior-Sehne bleibt distal inseriert, wobei das freie Ende über ein Bohrloch im Os cuneiforme mediale von dorsal nach plantar transferiert wird. Das freie Ende der Tibialis-anterior-Sehne wird nun von plantarseitig zur bereits debridierten oder z-förmig verkürzten Tibialis-posterior-Sehne geführt und mit dieser zur Augmentation vernäht (Abb. 1–2).

Das Kalkül des partiellen Tibialis-anterior-Sehnentransfers liegt darin, die Plantarflexionskraft der Tibialis-posterior-Sehne zu stärken und damit der bei der Tibialis-posterior-Sehneninsuffizienz auftretenden Vorfußsupination



**Abb. 2.** Die in die Hälfte gesplante Tibialis-anterior-Sehne (A) wird von dorsal nach plantar transossär durch das Os cuneiforme mediale umgelenkt und kann dann mit der Tibialis-posterior-Sehne (B) vernäht werden.

entgegenzuwirken. Außerdem muss bei der Cobb Procedure keine komplette Sehne geopfert werden.

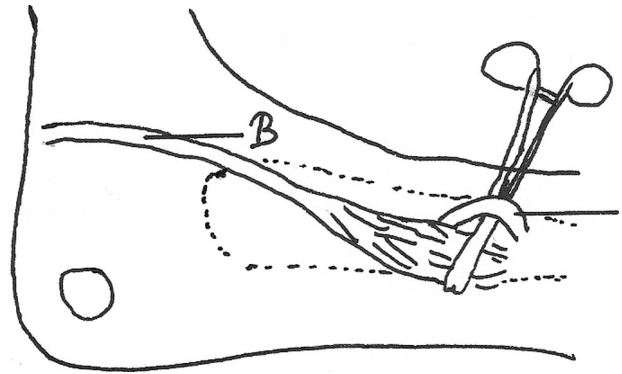
Die Ergebnisse der Cobb Procedure sind vergleichbar mit anderen Techniken zur Behebung einer Tibialis-posterior-Sehneninsuffizienz. Aufgrund der Technik muss allerdings zumindest ein proximaler gut mobilisierbarer Stumpf der Tibialis-posterior-Sehne vorhanden sein, mit dem das freie Ende der Tibialis-anterior-Sehne vernäht werden kann. Patienten mit Komplettrupturen oder stark degenerativ veränderten Tibialis-posterior-Sehnen ohne proximal mobilisierbaren Sehnenstumpf eignen sich daher nicht für diese Technik.

### Flexor hallucis longus (FHL)-Transfer

Die Idee, statt des *M. flexor digitorum longus* (FDL) den *M. flexor hallucis longus* (FHL) als zu transferierenden Muskel zu verwenden, stammt daher, dass der FHL dem FDL an Kraft überlegen ist. Laut Messungen von Silver et al [17] weist der FDL nur 28% der Kraft des Tibialis-posterior-Muskels auf, während der FHL auf etwas mehr als 50% der Kraft des *M. tibialis posterior* kommt. Außerdem ist der FDL schwächer (69%) als sein Hauptantagonist, der *Peroneus-brevis*-Muskel, und der FHL stärker als der *M. peroneus brevis*.

Der Transfer der FHL-Sehne wurde erstmals von Goldner et al [8] beschrieben. Insgesamt existieren wesentlich weniger Berichte über den FHL-[11,16] als über den FDL-Transfer zur Ersatzplastik bei Tibialis-posterior-Insuffizienz.

Bei der Operation wird statt des FDL der FHL als zu transferierende Sehne gewonnen, wobei sich der operative Zugang nicht unterscheidet. Prinzipiell wird der FHL proximal des Henry'schen Knotens



**Abb. 3.** Nachdem die FHL-Sehne proximal des Henry'schen Knotens abgesetzt wurde, wird das distale Ende der FHL-Sehne (B) über die mediale Incision bis zum myotendinösen Übergang der Tibialis-posterior-Sehne gebracht, wo sie posteromedial des Gefäßnervenbündels liegt (A).

abgesetzt. Falls der Patient präoperativ die Kleinzehen in den Endgelenken beugen kann ohne dass sich die Großzehe im Interphalangealgelenk mitbewegt, wird eine Tenodese zwischen dem FHL und FDL vor dem Absetzen vorgeschlagen, da hier anzunehmen ist, dass zwischen dem FHL und dem FDL keine Verbindung besteht. Falls eine Verbindung besteht, ist die Tenodese nicht unbedingt erforderlich. Aus der Verwendung der FHL-Sehne bei Achillessehnenaugmentationen weiß man allerdings, dass trotz verminderter Großzehenflexion im Interphalangealgelenk und vermindertem Druck unter der distalen Phalanx der Großzehe kein funktionelles Defizit festzustellen ist [4,6,13]. Nach dem Absetzen wird der freie Stumpf der FHL-Sehne proximal des Retinaculum flexorum posterior des oberen Sprunggelenks geborgen, um dann anterior und medial vom Gefäßnervenbündel und inferior der Tibialis-posterior-Sehne verlegt zu werden. Dadurch wird eine Kompression des Gefäßnervenbündels vermieden. In gleicher Weise wie die FDL-Sehne wird nun auch die FHL-Sehne zur Augmentation / Ersatz der Tibialis-posterior-Sehne verwendet (Abb. 3–5).

Operativ ist sicherlich ein höheres Risiko bei der Gewinnung der Sehne sowohl proximal als auch distal zu verzeichnen, was die Läsion von Gefäßen und Nerven betrifft. Vor allem eine distale Tenodese zwischen FHL und FDL bedeutet ein erhöhtes Risiko für die Verletzung des naheliegenden Gefäß-Nervenbündels. Bisher konnte nicht bewiesen werden, dass sich das größere Muskelvolumen des FHL und die dadurch vermutete höhere Kraft auch klinisch postoperativ bemerkbar macht. Außerdem konnte auch nach FDL-Transfer eine Zunahme des Muskelvolumens des FDL-Muskels festgestellt werden [15], womit möglicherweise die

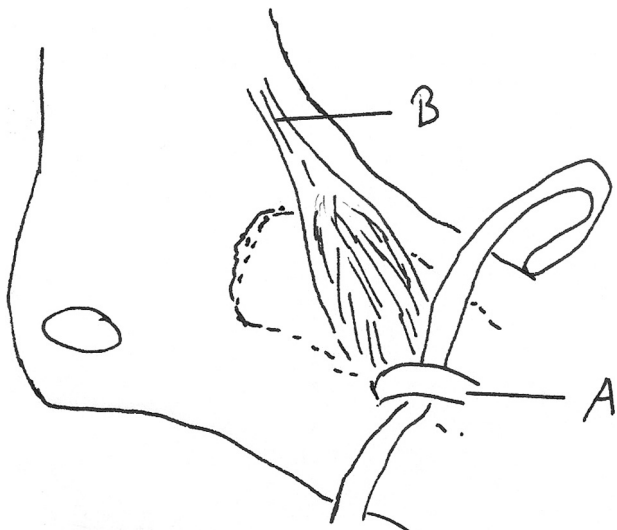


Abb. 4. Die FHL-Sehne (B) wird nun unterhalb des Gefäßnervenbündels (A) nach anterolateral des Gefäßnervenbündels (A) verlagert.

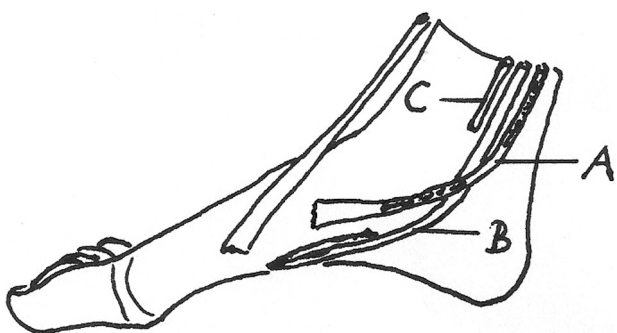


Abb. 5. Die FHL-Sehne (A) wird nun zur Augmentation der Tibialis-posterior-Sehne (C) in gleicher Weise wie die FDL-Sehne (B) verwendet. Die FHL-Sehne wird zu diesem Zweck in das Os naviculare gleich wie beim FDL-Transfer verankert.

primär schlechtere Ausgangssituation kompensiert werden könnte.

Im Gegensatz dazu favorisiert aus rein biomechanischer Sicht Spratley et al [19] in einer Kadaverstudie den FHL-Transfer gegenüber dem FDL-Transfer, da die Zehenflexionskraft nach FHL-Transfer mit FDL-Tenodese besser wiederhergestellt werden konnte als nach FDL-Transfer mit FHL-Tenodese. Außerdem konnte nach FDL-Transfer mit FHL-Tenodese eine erhöhte Last am medialen Mittelfuß festgestellt werden, ein Effekt, der im FHL-Transfer nicht festgestellt werden konnte.

### Peroneus-brevis-Sehnen transfer

Song und Deland [18] publizierten 2001 eine Serie von 13 Patienten, bei denen Sie den

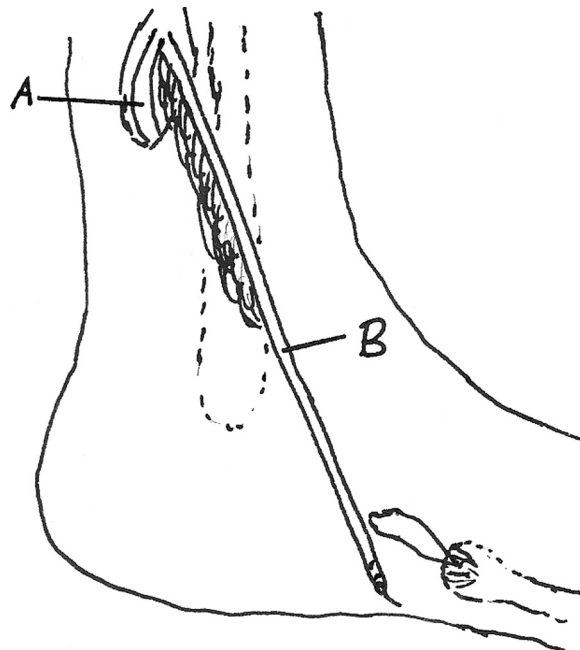


Abb. 6. Die Peroneus-brevis-Sehne (B) wird über zwei Hautincisionen, eine proximal der Metatarsale-V-Basis, die andere posterior der Fibula aufgesucht (A = Peroneus longus-Sehne). Die Sehne des M. peroneus brevis wird dann unmittelbar proximal der Metatarsale-V-Basis abgesetzt und wird in die proximale Hautincision gebracht. Danach wird die Peroneus-brevis-Sehne tief unter der Peroneus-longus-Sehne und tief unter der FHL-Sehne sowie des medialen Gefäßnervenbündels in die mediale Hautincision transferiert, um dort die Tibialis-posterior-Sehne zu augmentieren.

FDL-Sehnen transfer zusätzlich mit der Peroneus-brevis-Sehne augmentierten. Insgesamt wurde diese Technik nur bei 10% der Patienten in einer Studienperiode von zwei Jahren angewandt. Der Peroneus-brevis-Sehnen transfer kam nur dann zum Einsatz, wenn den Autoren die FDL-Sehne schwächer als normalerweise erschien.

Der Gedanke hinter dem Peroneus-brevis-Sehnen transfer liegt einerseits darin, sowohl eine zu schwache FDL-Sehne zu augmentieren, als auch einen der Antagonisten der medial gelegenen Sehnen und damit die Rückfußversion zu schwächen.

Operativ wurde die Tibialis-posterior-Sehne exzidiert und der proximale Stumpf mit der FDL-Sehne vernäht. Der distale Stumpf der FDL-Sehne wurde durch ein Bohrloch am Os naviculare verankert. Als Verstärkung wurde nun die Peroneus-brevis-Sehne an der Basis des MT V abgesetzt, über einen proximalen Schnitt ausgeführt und posterior der Tibia nach medial geführt, wo sie als Verstärkung ebenfalls durch das Os naviculare geführt wurde (Abb. 6).

Klinisch zeigte sich im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Peroneus-brevis-Sehnenaugmentation keine statistisch signifikanter Unterschied weder in der Inversionskraft noch in der Eversionskraft im Rückfuß. Der AOFAS und ein Sportfunktionsscore zeigten ebenfalls keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

Die Autoren empfehlen abschließend diese Technik nur im Falle einer Revision, falls die FDL-Sehne nicht mehr vorhanden oder beschädigt ist.

## Interessenkonflikt

Der Autor erklärt, dass kein Interessenkonflikt vorliegt.

## Literatur

- [1] G.A. Arangio, E.P. Salathe, A biomechanical analysis of posterior tibial tendon dysfunction, medial displacement calcaneal osteotomy and flexor digitorum longus transfer in adult acquired flat foot, *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 24 (4) (2009) 385–390.
- [2] B. Baravarian, T. Zgonis, C. Lowery, Use of the Cobb procedure in the treatment of posterior tibial tendon dysfunction, *Clin. Podiatr. Med. Surg.* 19 (2002) 371–389.
- [3] E.M. Bluman, C.I. Title, M.S. Myerson, Posterior Tibial Tendon Rupture: A Refined Classification System, *Foot Ankle Clin N Am* 12 (2007) 233–249.
- [4] R. Coull, R. Flavin, M.M. Stephens, Flexor hallucis longus tendon transfer: evaluation of postoperative morbidity, *Foot Ankle Int* 24 (12) (2003) 931–934.
- [5] B. Helal, Cobb repair for tibialis posterior tendon rupture, *J Foot Surg.* 29 (1990) 3352–3499.
- [6] B.D. Den Hartog, Flexor hallucis longus transfer for chronic Achilles tendonosis, *Foot Ankle Int* 24 (3) (2003) 233–237.
- [7] R. Giorgini, T. Giorgini, M. Calderaro, Japour Ch, J. Cortes, D. Kim, The Modified Kidner Cobb Procedure for Symptomatic Flexible Pes Planovalgus and Posterior Tibial Tendon Dysfunction Stage II: Review of 50 Feet in 39 Patients, *J Foot Ankle Surg* 49 (2010) 411–416.
- [8] J.L. Goldner, P.K. Keats, F.H. Bassett, Progressive talipes equinovagis due to trauma or degeneration of the posterior tibial tendon and medial plantar ligaments, *Orthop Clin North Am* 5 (1) (1974) 39–51.
- [9] G.P. Guyton, C. Jeng, L.E. Krieger, R.A. Mann, Flexor digitorum longus transfer and medial displacement calcaneal osteotomy for posterior tibial tendon dysfunction: a middle-term clinical follow-up, *Foot Ankle Int* 22 (8) (2001) 627–632.
- [10] M. Knupp, B. Hintermann, The Cobb Procedure for Treatment of Acquired Flatfoot Deformity Associated with Stage II Insufficiency of Posterior Tibial Tendon, *Foot Ankle Int* 28 (2007) 416–421.
- [11] E. Masterson, S. Jaganatthan, D. Borton, M. Stephens, Pes planus in Childhood due to Tibialis Posterior Tendon Injuries. Treatment by Flexor Hallucis Longus Tendon Transfer, *J Bone Joint Surg Br* 76 (1994) 444–446.
- [12] M.S. Myerson, A. Badekas, L.C. Schon, Treatment of stage II posterior tibial tendon deficiency with flexor digitorum longus tendontransfer and calcaneal osteotomy, *Foot Ankle Int* 25 (7) (2004) 445–450.
- [13] D.R. Richardson, J. Willers, B.E. Cohen, et al., Evaluation of the hallux morbidity of singleincision flexor hallucis longus tendon transfer, *Foot Ankle Int* 30 (7) (2009) 627–630.
- [14] M. Richter, S. Zech, Lengthening osteotomy of the calcaneus and flexor digitorum longus tendon transfer in flexible flatfoot deformity improves talo-1st metatarsal-Index, clinical outcome and pedographic parameter, *Foot Ankle Surg.* 19 (1) (2013) 56–61.
- [15] P.F. Rosenfeld, J. Dick, T. Saby, The Response of the Flexor Digitorum Longus and Posterior Tibial Muscles to Tendon Transfer and Calcaneal Osteotomy for Stage II Posterior Tibial Tendon Dysfunction, *Foot Ankle Int* 26 (9) (2005) 671–674.
- [16] G.J. Sammarco, R.T. Hockenbury, Treatment of Stage II Posterior Tibial Tendon Dysfunction with Flexor Hallucis Longus Transfer and Medial Displacement Calcaneal Osteotomy, *Foot Ankle Int* 22 (4) (2001) 305–312.
- [17] R.L. Silver, J. de la Garza, M. Rang, The myth of muscle balance. A study of relative strengths and excursions of normal muscles about the foot and ankle, *J Bone Joint Surg Br* 67 (3) (1985) 432–437.
- [18] S.J. Song, J.T. Deland, Outcome following addition of peroneus brevis tendon transfer to treatment of acquired posterior tibial tendon insufficiency, *Foot Ankle Int* 22 (4) (2001) 301–304.
- [19] M.E. Spratley, J.M. Arnold, J.R. Owen, Glezos Ch, R.S. Adelaar, J.S. Wayne, Plantar Forces in Flexor Hallucis Longus Versus Flexor Digitorum Longus Transfer in Adult Acquired Flatfoot Deformity, *Foot Ankle Int* (2013 Apr 23) [Epub ahead of print].
- [20] L.S. Weil Jr., W. Benton-Weil, A.H. Borrelli, L.S. Weil Sr., Outcomes for surgical correction for stages 2 and 3 tibialis posterior dysfunction, *J Foot Ankle Surg.* 37 (6) (1998) 467–471.