



ORIGINALARBEIT

# Das pedobarographische Korrelat der Tibialis-posterior-Dysfunktion – Versuch einer Klassifikation

## Plantar pressure analysis in posterior tibial tendon dysfunction

Johannes Hamel\*, Panos Bouliopoulos, Michael Olos

Zentrum für Orthopädische Fußchirurgie (Dr. Kinast/Prof. Hamel) Schützenstraße 5, D-80335 München, Germany

Eingegangen am 21. November 2007; akzeptiert am 10. Dezember 2007

### KEY WORDS

Adult acquired flatfoot deformity;  
Plantar pressure distribution;  
Posterior tibial tendon dysfunction;  
Tendon rupture

### SCHLÜSSELWÖRTER

Plantare Druckverteilung;  
Pedobarographie;  
Sehnenruptur;  
Tibialis posterior Dysfunktion

### Summary

Dynamic plantar pressure distribution was analyzed in 31 patients with posterior tibial tendon dysfunction in comparison to normal individuals. Forces and peak pressures were reduced in the lateral forefoot region while the loading of the medial ray was markedly enhanced (load shift). A classification of this phenomenon regarding the peak pressures only was undertaken in another group of 66 patients with posterior tibial tendon dysfunction. The load shift in the metatarsal region appears to be suited to describe the functional disorder caused by posterior tibial tendon dysfunction in human gait.

### Zusammenfassung

An einer Gruppe von 31 Patienten mit operativ bestätigter Tibialis posterior Dysfunktion wurde eine Analyse der präoperativ durchgeführten dynamischen Pedobarographie vorgenommen. Die Ergebnisse wurden mit einem vorliegenden Normalkollektiv verglichen.

Der load shift mit progredienter Entlastung der lateralen Mittelfußköpfchen-Region und zunehmender Lastzunahme im Bereich des ersten Strahles konnte als krankheitstypisches Phänomen identifiziert werden. An einer zweiten Gruppe (66 Patienten mit operativ bestätigter Tibialis posterior Dysfunktion) wurde eine Typisierung des Merkmals load shift anhand der Maximaldruck-Bilder vorgenommen. Dieses Merkmal erscheint geeignet, die gangdynamischen Veränderungen dieses Krankheitsbildes zu erfassen.

\*Korrespondierender Autor. Tel.: 089/5525110; Fax: 089/55251155.  
E-Mail: [J.Hamel@t-online.de](mailto:J.Hamel@t-online.de) (J. Hamel).

## Einleitung

Die Tibialis-posterior-Dysfunktion ist eine häufige, ätiologisch noch nicht vollständig geklärte, schwere Erkrankung der Unterschenkel-Fuß-Region, bei der eine progrediente *Schädigung der Tibialis-posterior-Sehne* eine fortschreitende *Funktionsstörung* hervorruft, die wiederum in den meisten Fällen eine zunehmende *Planovalgus-Deformierung* nach sich zieht. Das Problem der Erfassung des Schweregrades dieser verschiedenen Aspekte des Krankheitsbildes ist bisher nur teilweise gelöst.

Die Dokumentation der *Sehnen-Pathologie* ist mithilfe der Sonographie [5,8] und des MRT möglich; eine *Quantifizierung der Fehlstellung* gelingt mittels der Röntgenstellungsdiagnostik [4]. Die Erfassung der *Funktionsstörung* ist durch klinische Muskelkraft-Testung und klinische Funktionstests (z. B. Single-heel-rise-Test) orientierend möglich; für die relevanten gangdynamischen Auswirkungen sind bisher jedoch noch keine einfach erfassbaren objektiven Parameter zur Quantifizierung beschrieben. Im Rahmen der vorgestellten Arbeit sollen die pedobarographischen Veränderungen in Abhängigkeit vom Schweregrad der Tibialis-posterior-Dysfunktion näher untersucht werden. Speziell soll die Frage beantwortet werden, inwieweit die Pedobarographie im klinischen Alltag und mit einfachen Mitteln zur Klassifizierung des Krankheitsbildes und möglicherweise zu einer Verfeinerung der immer noch gebräuchlichen, aber äußerst groben klinischen Einteilung in die Stadien I bis III nach Johnson und Strom [6] beitragen kann.

## Material und Methode

Von 2001 bis 2007 wurden vom Erstautor (JH) 95 Fälle von klinisch, sonographisch und in den meisten Fällen kernspintomographisch bestätigter Tibialis-posterior-Dysfunktion operativ behandelt. In 66 Fällen lag eine verwertbare präoperative standardisiert aufgenommene Pedobarographie mit Aufzeichnung der Maximaldruckwerte vor, in einem Teil davon die kompletten pedobarographischen Datensätze. Es wurde mit der EMED-Druckmessplattform (vier Sensoren pro  $\text{cm}^2$ ) der Firma Novel, München untersucht.

In einer Vorstudie (Gruppe 1) wurden 31 dieser Fälle der klinischen Stadien I bis III nach Johnson und Strohm mit kompletten pedobarographischen Datensätzen genauer analysiert. Aus jeweils drei Messungen wurden die gemittelten dynamischen Maximaldruckbilder verwendet. Das Stadium II wurde nach klinischen Gesichtspunkten untergliedert in Fälle mit leichter (IIa) und schwerer Deformität (IIb). Im Stadium IIb lag insbesondere zumeist eine

deutliche supinatorische Fehlstellungs-Komponente des Mittel-Vorfuß-Komplexes gegenüber dem Rückfuß bereits vor. Zur Problematik der klinischen Klassifizierung, auch der Abgrenzung der Stadien II und III siehe unten. Es wurden die Druckmaxima und – nach Einteilung des Pedogramms in 9 Fuß-Regionen anhand einer Schablone – die im Bereich dieser Regionen einwirkende Maximalkraft sowie zeitliche Parameter näher analysiert.

Diese Gruppe wurde mit einem bereits vorliegenden altersgemischten Normalkollektiv (Dr. med. Christian Wyss, Kantonsspital Aarau, Schweiz) von schmerzfreien Probanden ohne vorangegangene Fußoperationen (n=512) verglichen (Alter 27 bis 82 Jahre, Mittelwert 53,6 Jahre  $\pm$  14,7 Jahre).

Aufgrund der in der Vorstudie gewonnenen Erkenntnisse wurden 66 (Gruppe 2) auswertbare präoperative Aufzeichnungen der Maximaldruckwerte aus unterschiedlichen klinischen Stadien I bis IV unter Verwendung eines Maximaldruck-Index, der die Belastungsrelation von lateralem und medialem Mittelfußköpfchen-Bereich widerspiegelt, typisiert und mit dem klinischen Stadium verglichen. Die Typisierung erfolgte in folgender einfach zu handhabender Weise: Der Vorfuß wird in Höhe der Metatarsal-Köpfchen in drei Sektoren eingeteilt, die von medial nach lateral 30% (Zone A), 50% (Zone B) und 20% (Zone C) der Mittelfußbreite des Fußabdruckes umfassen. Hierdurch soll näherungsweise die Belastungsfläche der Metatarsal-Köpfchen I, II bis IV bzw. V repräsentiert sein. Es wurde der jeweilig höchste Spitzendruckwert der Zone A mit dem der Zone C ins Verhältnis gesetzt. Unter einem Verhältnis von 3:1 wurde ein Typ I (Normaltyp) angenommen. Dieser Grenzwert wurde willkürlich gebildet; bei fußgesunden Probanden liegt das Verhältnis im Mittel etwa bei 1,3:1, wie [Abbildung 3](#) erkennen läßt. Bei einem Verhältnis zwischen 3:1 und 6:1 (Typ II) wurde dies als leichter load shift gewertet, zwischen 6:1 und 9:1 (Typ III) als mittelgradiger und über 9:1 (Typ IV) als schwerer load shift. Wenn zusätzlich noch eine Minderbelastung der Zone B in der Weise vorlag, daß der höchste gemessene Spitzendruckwert in Zone A gegenüber dem in Zone B gemessenen ein Verhältnis von über 3:1 aufwies, wurde ein Typ V als Maximalbefund des load shiftes mit weitgehender Entlastung der Mittelfußköpfchen II bis V festgestellt.

## Ergebnisse

### A Gruppe 1 (Vorstudie)

Das plantare Druckverteilungsmuster zeigte sich in Bezug auf viele Parameter innerhalb der

TPD-Gruppe uneinheitlich. Es konnten jedoch einige Charakteristika herausgearbeitet werden. So nimmt z. B. die Kontaktzeit mit zunehmendem Schweregrad zu, die doppelgipflige Kurve der Bodenreaktionskraft zeigt eine deutlich geringere Einsenkung bei Tibialis posterior Dysfunktion im Vergleich mit Fußgesunden, hinweisgebend für einen weniger dynamischen Gang. Zum Teil waren die beobachteten Phänomene in den einzelnen Stadien gegenläufig; z. B. zeigte sich der Maximaldruck im Bereich der Großzehe bei der Tibialis-posterior-Dysfunktion im Vergleich mit dem Normalkollektiv erhöht, außer im Stadium III (Abb. 3). Diese Befunde sollen im Rahmen dieser Untersuchung nicht näher analysiert werden.

Die statistisch deutlichste Veränderung betraf das Belastungsverhalten im Bereich der Mittelfußköpfchen. Hier zeigten sich sowohl die Kraft (Abb. 1) in den einzelnen Regionen als auch die Maximaldruckwerte (Abb. 2) in der Gruppe der Patienten mit Tibialis-posterior-Dysfunktion hochsignifikant im Sinne eines „load-shiftes“ gegenüber den Normal-Probanden verändert.

Die im Bereich der lateralen Vorfuß-Abschnitte gemessenen Maximaldruckwerte nahmen mit klinisch höheren Krankheitsstadien ab, während die Werte insbesondere unter dem Metatarsale-I-Köpfchen stark anstiegen (Abb. 3). Zur Vereinfachung für diese praxisorientierte Betrachtung wurden im weiteren die Maximaldruckwerte herangezogen, da hierdurch eine sektorielle Zuordnung von Pedobarogramm und anatomischer Fußregion erleichtert wird. Die deutlichsten, stadienabhängig gemessenen Veränderungen zeigte der aus der Relation der unter dem Mittelfußköpfchen I und V gemessenen Maximaldruckwerte gewonnene Index.

Durch diese einfache, praxisorientierte Form der semiquantitativen Typisierung wurde eine Einbeziehung anderer, die pedobarographischen Befunde

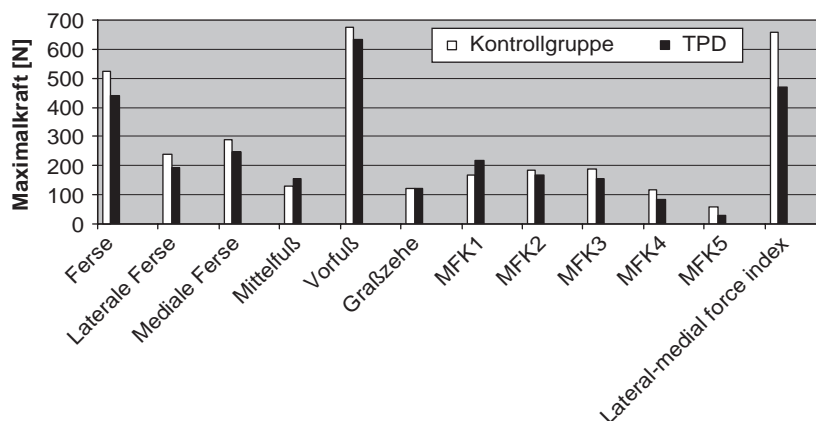
beeinflussenden Größen wie etwa Körpergewicht, Schrittgeschwindigkeit oder Lebensalter erübrigt.

## B Gruppe 2

Die in der Vorstudie statistisch gewonnenen Erkenntnisse zum load shift wurden an einer größeren Patientengruppe überprüft: Anhand von 66 auswertbaren präoperativen Aufzeichnungen der Maximaldruckwerte wurde in den verschiedenen klinischen Stadien eine Zuordnung zum Schweregrad des load-shiftes (Typ I bis V) vorgenommen (Tabelle 1). Abbildung 4 zeigt ein Pedobarogramm bei mittelgradigem, Abbildung 5 bei schwerstem load shift.

Hierbei wurden zwei Patientengruppen innerhalb der Gruppe 2 identifiziert, die fast ausschließlich höheren klinischen Stadien angehörten, aber die o.g. Kriterien eines load-shiftes nicht aufwiesen. Es handelte sich einerseits um pedobarographische Befunde, die keinerlei Taillierung im Bereich der Fußlängswölbung mehr erkennen ließen, so daß Areale des medialen tarsometatarsalen Überganges mit in die Lastübertragung einbezogen wurden (Abb. 6). Diese Befunde wurden als pedobarographischer Typ VI gewertet; sie spiegeln einen bereits vollständigen Kollaps des medialen tarsometatarsalen Überganges wider. Andererseits handelte es sich um pedobarographische Befunde, in denen ein Spitzendruck von mindestens 350 kPa im Bereich der Metatarsalköpfchen nicht erreicht wurde (Abb. 7). Diese Befunde wurden einem Typ VII zugeordnet. Möglicherweise entsprechen sie einer kompensatorischen (z. B. schmerzbedingten) Minderbelastung des gesamten Vorfußes bei Patienten mit hohem aktuellem Schmerzniveau.

Die Verteilung der pedobarographisch ermittelten Typen in Relation zu den klinischen Stadien – zu



**Abbildung 1.** Verhalten der Maximalkraft in den 9 Fußregionen bei 31 Patienten (dunkle Balken) mit TPD unterschiedlicher klinischer Stadien im Vergleich zu 512 Probanden (helle Balken).

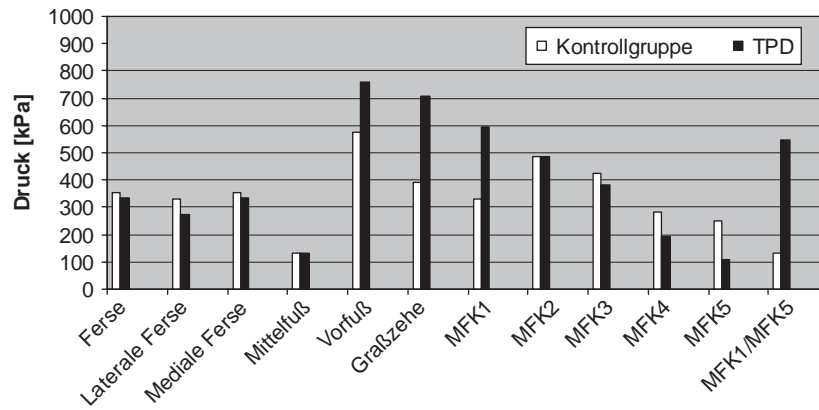


Abbildung 2. Verhalten des aufgezeichneten Maximaldruckes innerhalb der 9 Fußregionen bei 31 Patienten unterschiedlicher klinischer Stadien (dunkle Balken) mit TPD im Vergleich zu 512 Probanden (helle Balken).

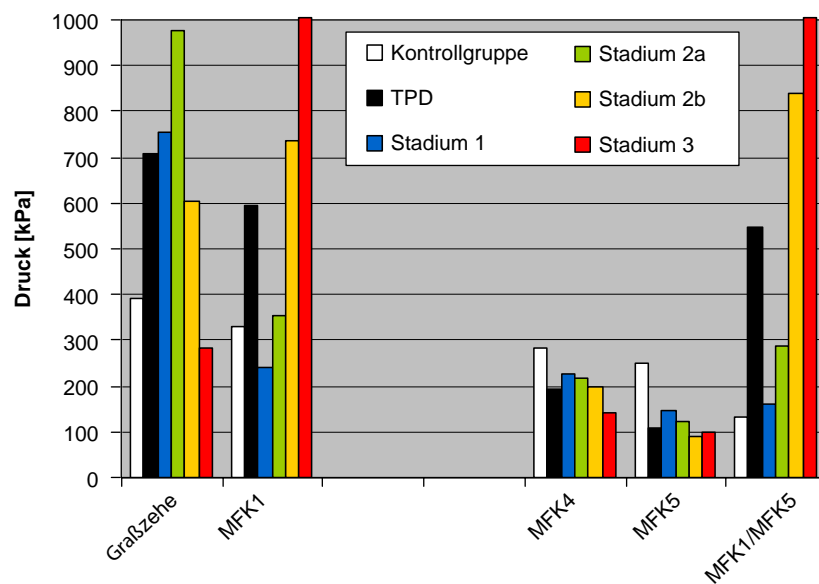


Abbildung 3. Verhalten der aufgezeichneten Maximaldrücke im Bereich des medialen und lateralen Vorfußes bei 31 Patienten mit TPD der Stadien I, IIa, IIb und III (s. Text) im Vergleich zu 515 Probanden (helle Balken). Ganz rechts im Diagramm ist der aus den Spitzendrücken im Bereich des Metatarsale-I-Köpfchens zu den im Bereich des Metatarsale-V-Köpfchens gemessenen dargestellt. Die Stadien-Abhängigkeit dieses Index ist deutlich erkennbar.

der Problematik der Zuordnung siehe in der Diskussion – zeigt Tabelle 1. Im klinischen Stadium I ohne wesentliche Deformität war ein load shift nach der oben getroffenen Definition pedobarographisch nur in einem Fall in leichter Form nachzuweisen. Im frühen Stadium II (IIa) wurde dieser in einzelnen Fällen auch in ausgeprägter Form beobachtet, während das späte Stadium II (II b) überwiegend eine schwere Form des load shiftes erkennen ließ (Stadien IV und V). Im klinischen Stadium III wurde pedobarographisch regelhaft eine schwere Funktionsstörung beobachtet. Die Typen VI und VII bezeichnen die oben beschriebenen Sonderfälle, in denen eine erhebliche Lastaufnahme im Bereich

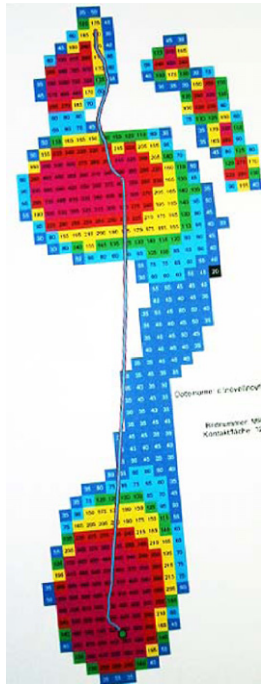
des medialen tarsometatarsalen Überganges vorlag (Typ VI) oder der Ballenbereich insgesamt nur gering belastet wurde (Typ VII). Diese pedobarographischen Befunde wurden fast ausschließlich bei höheren klinischen Stadien (II b und III) beobachtet.

### Diskussion

Es existieren zahlreiche biomechanisch und pathogenetisch ansetzende Studien, die die Bedeutung des M. tibialis posterior in der Standbeinphase des Ganges und die Auswirkungen eines progredienten Funktionsverlustes auf die Fußarchitektur

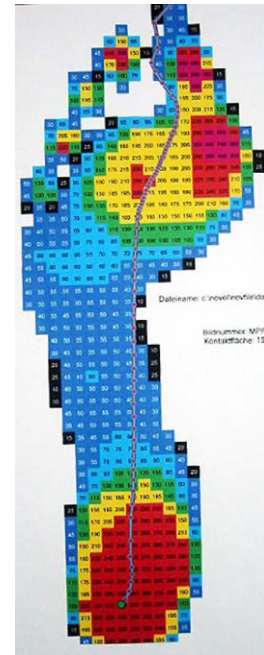
**Tabelle 1.** Verteilung der pedobarographischen Typen (Typ I bis VII) auf die klinischen Stadien I bis IV (n=66).

|      | I  | II | III | IV | V | VI | VII |
|------|----|----|-----|----|---|----|-----|
| I    | 8  | 1  |     |    |   |    |     |
| II a | 11 | 4  | 1   | 1  | 1 |    | 1   |
| II b | 2  | 1  | 2   | 7  | 5 | 4  | 4   |
| III  |    |    |     | 1  | 5 | 3  | 2   |
| IV   |    |    |     |    | 2 |    |     |



**Abbildung 4.** Deutliche Verlagerung der Mittelfuß-Köpfchen-Belastung nach medial im Sinne des load shift (Typ III) bei Tibialis-posterior-Dysfunktion Stadium II. Die Lastübernahme im Bereich der mittleren Metatarsalia ist noch erhalten. Beachte auch die ausgeprägte, offenbar kompensatorische, Belastung aller Zehen.

analysieren. Dagegen wurden die hervorgerufenen ganganalytischen Veränderungen bisher kaum direkt untersucht [2]. Tien et al. [9] untersuchten Unterschenkel-Fußpräparate unter Anwendung quasi-physiologischer Sehnenspannung vor und nach Verlängerungen der lateralen Säule pedobarographisch. Messungen der plantaren Druckverteilung, die unter Belastungs-Simulation ohne Berücksichtigung der dynamischen Effekte wichtiger Unterschenkel-Muskeln erfolgen, erscheinen wenig aussagefähig [7]. Pedobarographische Untersuchungen bei Tibialis-posterior-Dysfunktion im

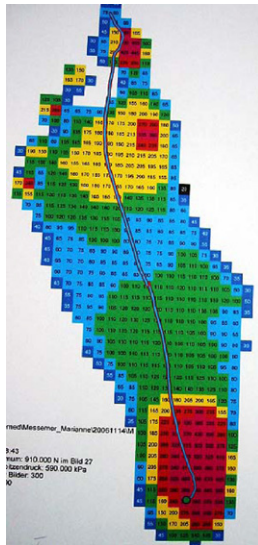


**Abbildung 5.** Maximalbefund des load shift (Typ V) mit weitgehender Entlastung auch der mittleren Metatarsalia und starker Belastung des medialen Fußstrahles bei spätem Stadium II mit intraoperativ noch erhaltener, stark verdickter Tibialis-posterior-Sehne. Der M. tibialis posterior zeigte funktionell nur noch schwache Restaktivität.

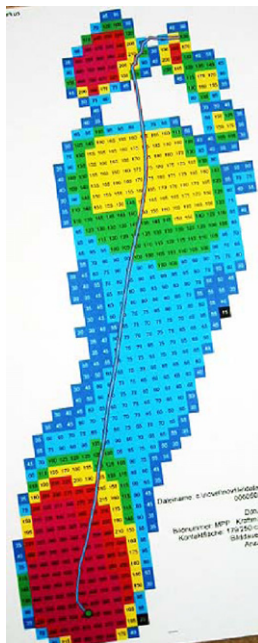
Vergleich zu gesunden Patienten sind den Autoren nicht bekannt.

Die plantare Druckverteilung in der Belastungsphase des Ganges ist von verschiedenen allgemeinen Einflußgrößen wie z. B. Lebensalter, Körpergewicht, individuellem Gangmuster abhängig; aber auch aktuelle Beschwerden oder Kompensationsmechanismen zur Schmerzvermeidung können das plantare Druckverhalten modifizieren. Daher ist es ausgesprochen schwierig, den Einfluß des progredienten Funktionsausfalles des M. tibialis posterior herauszufiltern und damit eine Aussage über den Schweregrad der Funktionsstörung bei der TPD treffen zu können. Die physiologische Taillierung des Fußabdruckes, wie sie beim statisch gewonnenen Belastungsbild als Maß für die Fußsenkung herangezogen wird, bleibt im dynamischen Pedobarogramm oft auch noch in fortgeschrittenen Stadien erhalten (vgl. Abb. 5 und 9).

Die Tibialis-posterior-Dysfunktion zeigt nach den vorgestellten Ergebnissen in dem Merkmal „load shift“ ein einfach zu erfassendes stadienabhängiges pedobarographisches Korrelat, das zur Klassifizierung der Funktionsstörung bei diesem Krankheitsbild geeignet erscheint. Der hierfür relevante Parameter ist die unter den Mittelfußköpfchen übertragene Kraft. Da die Vorstudie ergab, daß



**Abbildung 6.** Bei vollständig eingesunkener Fußwölbung (Stadium III einer Tibialis-posterior-Dysfunktion) übernimmt auch die Region des medialen tarsometatarsalen Überganges Last und die Taillierung des Fußabdruckes ist völlig aufgehoben. Ein schwerer load shift ist im Metatarsalköpfchen-Bereich in diesem Fall nicht nachweisbar (Typ VI).



**Abbildung 7.** Vollständige Ruptur der Tibialis-posterior-Sehne mit aktuell hoher Belastungsschmerzhaftigkeit bei mittelgradiger Deformität. Der gesamte Ballenbereich wird nur gering belastet (33-jähriger Patient, ca. 90 kg Körpergewicht); ein load shift ist nicht nachweisbar (Typ VII).

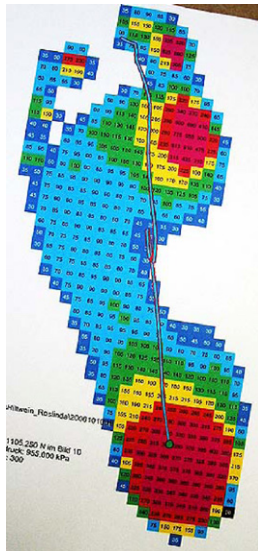
auch der Parameter Maximaldruck – zumindest für klinisch-praktische Belange – gleichermaßen geeignet erscheint, das Phänomen des load shift zu cha-

rakterisieren, wurde für die Typisierung der Spitzendruck herangezogen. Dies mindert zugleich die bekannten methodischen Schwierigkeiten der Zuordnung anatomischer Regionen zum pedobarographischen Bild [3], da nur eine Einteilung in Sektoren, nicht in Areale, erforderlich ist. Bewußt wurde diese Sektoren-Zuordnung in praktikabel-einfacher Weise in nur drei Bereiche vorgenommen. Eine genauere Überprüfung der hier dargestellten ersten Ergebnisse an einer größeren Patientengruppe unter Zugrundelegung der übertragenen Kräfte erscheint trotzdem sinnvoll.

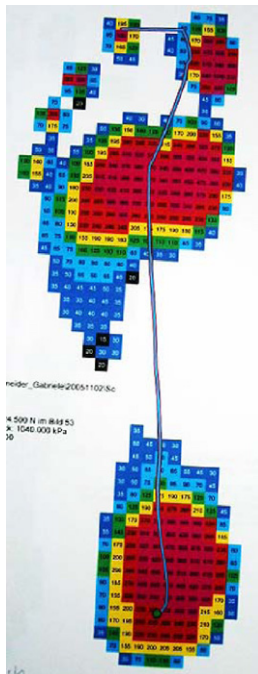
Die weiterhin verbreitete Stadieneinteilung nach Johnson und Strom [6] in die Schweregrade I, II und III, ergänzt durch das Stadium IV bei Einbeziehung auch des Oberen Sprunggelenkes erscheint für den klinischen Gebrauch vollkommen unzureichend: Das Stadium II umfaßt eine Gruppe von teilweise erst beginnender Deformität mit erhaltener Sehnenfunktion und weitgehend normalem Belastungsmuster bis hin zu schwersten Funktionsstörungen. Die Abgrenzung zwischen den Stadien II und III ist zudem unscharf; häufig sind auch schwere Formen einer Tibialis-posterior-Dysfunktion noch „flexibel“, damit definitionsgemäß einem Stadium II zuzuordnen. Manche Therapeuten beziehen das Ausmaß der supinatorischen Verwringung des Mittel-Vorfuß-Komplexes als Kriterium zur Abgrenzung von Stadium II und III mit ein [1]. Zumindest unterliegt die Zuordnung zum Stadium II oder III in hohem Maß der subjektiven Einschätzung des Untersuchers.

Tabelle 1 läßt erkennen, daß im klinischen Stadium II vollständig unterschiedliche pedobarographische Befunde erhoben wurden und insbesondere dieses Stadium somit einer weiteren Aufgliederung bedarf. So kann in einem noch frühen klinischen Stadium II mit noch mäßiger Fehlstellung bereits ein schwerster load shift (Abb. 8) beobachtet werden, während im fortgeschrittenen Stadium II mit bereits deutlicher Deformität (Abb. 9) dieser noch gering ausgeprägt sein kann. Die Pedobarographie erscheint daher gerade im Stadium II geeignet, eine Untergliederung in Fälle mit noch physiologischer Lastverteilung und solche mit deutlichem load shift zu ermöglichen.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Lastübernahme durch die lateralen Vorfußabschnitte neben möglichen anderen Faktoren durch die Integrität der Tibialis-posterior-Muskel-Sehneneinheit gewährleistet wird. Mit zunehmendem Funktionsverlust kommt es zu einem typischen load shift im Metatarsalköpfchenbereich, dessen Ausmaß allerdings offensichtlich noch von weiteren individuellen Faktoren abhängt (s. Beispiele Abb. 8 und 9). In Fällen höhergradiger Deformität oder insgesamt



**Abbildung 8.** Klinisch frühes Stadium II mit mäßiger Deformität, allerdings vollständiger Funktionsverlust des *M. tibialis posterior*, dessen Sehne im osteofibrösen Kanal vollständig eingebucken ist. Pedobarographisch schwerster load shift (Typ IV).



**Abbildung 9.** Klinisch deutliche Deformität, entsprechend einem späten Stadium II, mit vollständiger Sehnenruptur. Pedobarographisch kein load shift (Typ I).

geringer Lastübernahme im Ballenbereich ist ein load shift pedobarographisch nicht immer nachweisbar. Die vorgestellten Ergebnisse bedürfen weiterer Bestätigung an größeren Patientenkollektiven. In ein zu erstellendes Klassifikations-System der TPD könnte auch die pedobarographisch zu ermittelnde gangdynamische Komponente mit eingehen und zu einer Differenzierung insbesondere des klinischen Stadiums II beitragen. Für ganganalytisch-pedographische Untersuchungen vor und nach konservativer oder operativer Therapie können die mitgeteilten Ergebnisse zum load shift als Grundlage herangezogen werden.

Wir danken Herrn Dr. Wyss, Kantonsspital Aarau, für die freundliche Überlassung seiner pedobarographischen Befunde an fußgesunden Probanden.

## Literatur

- [1] R.B. Anderson, Persönliche Mitteilung.
- [2] J.W. Brodsky, J.J. Zubak, F.E. Pollo, B.S. Baum, Preliminary gait analysis results after posterior tibial tendon reconstruction: a prospective study, *Foot Ankle Int.* 25 (2004) 96–100.
- [3] B. Greiner, J. Dohle, W. Schulze, T. Ostermann, J. Hamel, Grenzen und Möglichkeiten der visuellen Zuordnung von Fußdruckverteilungsmustern zu anatomischen Bezugspunkten des Vorfußes, *Orthopädische Praxis* 36 (2000) 51–54.
- [4] J. Hamel, C. Kinast, Der TMT-Index zur radiologischen Quantifizierung von Planovalgus-Deformitäten, *Fuss Sprungg.* 4 (2006) 221–226.
- [5] J. Hamel, D. Seybold, Sonographie der Tibialis-posterior-Sehne, *Orthopäde* 31 (2002) 328–329.
- [6] K.A. Johnson, D.E. Strom, Tibialis posterior tendon dysfunction, *Clin. Orthop.* 239 (1989) 196–206.
- [7] A.T. Scott, T.M. Hendry, J.M. Iaquinto, J.R. Owen, J.S. Wayne, R.S. Adelaar, Plantar pressure analysis in cadaver feet after bony procedures commonly used in the treatment of stage II posterior tibial tendon insufficiency, *Foot Ankle Int.* 28 (2007) 1143–1153.
- [8] D. Seybold, J. Hamel, Standardisierte sonographische Diagnostik (13 MHz) der Sehne des *M. tibialis posterior* – Normalbefunde an Fußgesunden, *Z. Orthop.* 138 (2000) 269–277.
- [9] T.R. Tien, B.G. Parks, G.P. Guyton, Plantar pressures in the forefoot after lateral column lengthening: a cadaver study comparing the Evans osteotomy and calcaneocuboid fusion, *Foot Ankle Int.* 26 (2005) 520–525.