

Pro Dynamik, kontra Statik

„Der Fuß ist ein Kunstwerk aus 26 Knochen, 19 Muskeln und 107 Bändern: ein Kunstwerk braucht einen Rahmen, keinen Käfig!“, zu dieser Erkenntnis kam Leonardo da Vinci schon Anfang des 16. Jahrhunderts. Betrachtet man zusätzlich zur anatomischen Struktur des Fußes auch noch die biomechanische Funktionsweise des Fußes, dann muss man sicherlich von einem Kunstwerk, ähnlich einer filigranen Spieluhr sprechen, nicht nur optisch beeindruckend, sondern auch in der Funktion einmalig. Allein die Vielfalt der Muskeln und Bänder der Fußsohle spricht für eine recht komplizierte Funktion des menschlichen Fußes. Betrachtet man auch noch die zentralen Steuerungsmechanismen, die zum Teil automatisiert sind und auch die gesamte untere Extremität, den Rumpf und die oberen Extremitäten in den funktionellen Ablauf einbeziehen, dann wird die Komplexität der Biomechanik des

Fußes sehr deutlich. Diese Komplexität ist aus der biologischen Sonderstellung des Menschen in der Reihe der Säugetiere zu verstehen. Der zweibeinige Stand ermöglicht es, die Hände als Greifwerkzeuge einzusetzen, was in der Evolution dem Menschen erhebliche Vorteile brachte. Voraussetzung ist allerdings die Sicherheit dieses zweibeinigen Stehens und Gehens. Der Kontakt zum Boden muss mit zwei Füßen so gut sein wie bei anderen Säugetieren mit vier Füßen.

Kontra statische Sichtweise

Eine sehr differenzierte Anpassungsmöglichkeit des Fußes an den Boden ist hierfür die Grundvoraussetzung. Diese Funktion verkümmert beim zivilisierten Menschen leider allmählich, Fußbeschwerden sind daher immer häufiger verbreitet. Diese Fußbeschwerden sind es auch, die wir im orthopädisch-schuhtechnischen Alltag immer wieder antreffen. Meist soll dann eine orthopädisch gefertigte Einlage die Lösung aller Probleme sein. Dies begründet sich aus der jahrelang postulierten Wirkung dieser Hilfsmittel: „eine der wichtigsten Funktionen von orthopädischen Einlagen ist die richtige Ausrichtung des Skeletts“. Man nahm an, dass durch orthopädische Einlagen die Skelettbewegung von Fuß und Bein korrigiert und eingeschränkt wird und somit auch

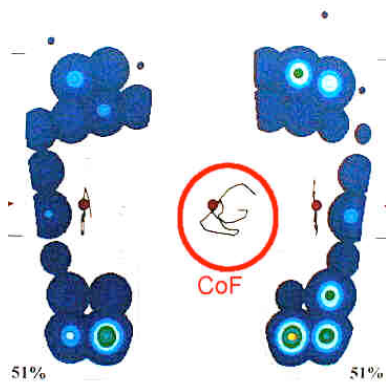
Überlastungsschäden vorgebeugt wird. Dass diese Hypothese mit Vorsicht zu genießen ist oder sogar gänzlich falsch ist, belegt Prof. B. Nigg (1) sehr eindeutig. Nigg et al. kommen zu dem Schluss, dass Veränderungen der Skelettbewegungen durch Einlagen klein und nicht systematisch zu sein scheinen. Nichts desto trotz haben die meisten heute verwendeten Einlagen nur eine starre Korrektur und Positionskontrolle zum Ziel. Dies geht sogar soweit, daß diesem Ziel die Bewegung in einzelnen Gelenken geopfert wird (2). Schuld daran ist die statische Sichtweise mit der Orthopäden und Orthopädienschuhtechniker an die Lösung der Probleme gehen. Dabei steht eine solche statische Sicht der Dinge im krassen Widerspruch zu den Erkenntnissen der modernen Biomechanik (3, 4).

Biomechanische Ansätze

Biomechanisch betrachtet ist allein schon das Stehen auf zwei Beinen als ausgesprochen dynamischer und aktiver Vorgang zu werten. Die Schwankung des Körperschwerpunkts beim Stehen bewirkt muskuläre Gegenreaktionen, welche die Körperhaltung auf einen umschriebenen Bereich einschränken und stabilisieren. Mit der plantaren elektronischen Druckmessung (PEDM) können diese Schwankungen beim Stehen über die Lage des Kraftangriffspunktes (CoF= center of forces) sichtbar gemacht werden (Abb.2). Die muskulären Reaktionen beim Stehen betreffen die folgenden Muskelgruppen: gastrocnemius, soleus, tibialis posterior, tibialis anterior, Hüftabduktoren, sowie kurze und



1: Der Fuß - ein Kunstwerk aus 26 Knochen, 19 Muskeln und 107 Bändern



2: Die Schwankungen des Körperschwerpunktes (CoF) im Stand bewirken muskuläre Gegenreaktionen

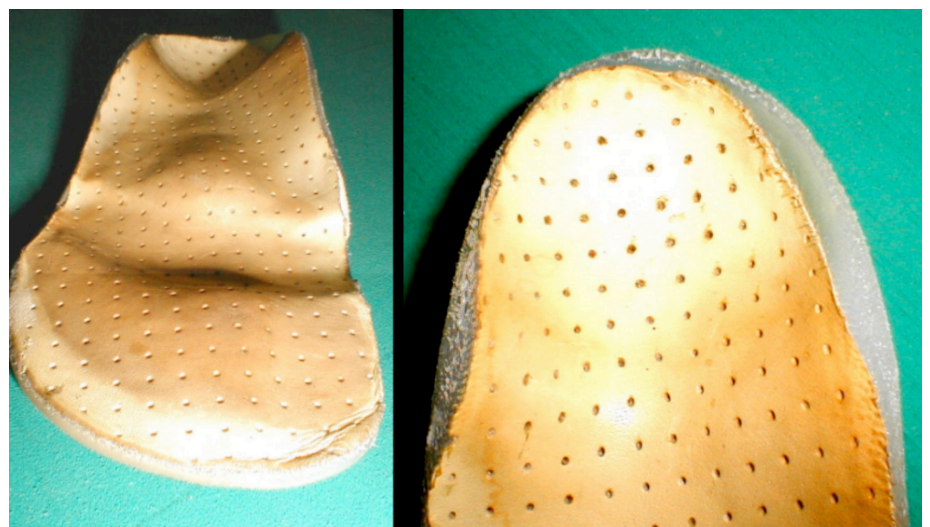
lange Fußmuskulatur. Beim Gehen ist die Muskelaktivität zur Koordination der Bewegung zwangsläufig um ein Vielfaches erhöht. Mechanisch betrachtet ist das Gehen ein instabiler Zustand mit ständig wechselnder Auftrittsfläche, wobei ein permanenter Wechsel zwischen Beschleunigung und Verlangsamung stattfindet. Es ist verständlich, daß Problemen in diesem komplexen System aus sensomotorischen Muskel- und Bänderaktivitäten nicht allein durch eine Positionskorrektur im Sinne einer Ausrichtung des Skeletts begegnet werden kann. Vielmehr müssen die aktiven und dynamischen Abläufe beim Gehen in sinnvoller Weise gefördert und unterstützt werden. Eine starre und statische Einlagenversorgung, womöglich noch aus Holz, Stahl oder Plexidur kommt dem Versuch gleich, eine Spieluhr mit dem Vorschlaghammer reparieren zu wollen. Solche Versorgungsversuche können zu abnormen Bodenreaktionskräften, zur Einschränkung der abfedernden und stoßdämpfenden Funktion der Fußgewölbe und zur Blockierung von physiologischen Bewegungsabläufen führen. Ganz zu Schweigen von den Auswirkungen, die starre Einlagen auf die tiefensensorische Muskel- und Sehnenkontrolle haben (Abb.3).

Pro physio-dynamischer Ansatz
Ganz im Gegensatz zu solch statischen Versorgungungen steht das physio-dynamische Einlagenkonzept der Fa. Vosen (Paderborn). Um den Erkenntnissen der modernen Biomechanik und den Anforderungen neuester sensorischer Theorien auch in der Orthopädie-Schuhtechnik gerecht zu werden, wurde ein völlig neues Einlagenkonzept entwickelt. Dieses Versorgungskonzept wird als physio-dynamisch bezeichnet, was beinhalten soll, daß diese Einlagen in Bezug auf einwirkende Kräfte und wechselnder Muskelaktivität im Sinne der Fußgesundheit wirken. (*Physiologisch*= normal, der Gesundheit entsprechend, *dynamisch*= auf Kraft bezüglich). Durch das physio-dynamische Wirkungsprinzip soll der Fuß über eine biomechanisch stabile Position in eine aktive, physiologische Abrollbewegung geführt werden. Dabei ist es besonders wichtig, daß diese Bewegung durch eine muskuläre und ligamentäre Aktivität unterstützt wird. Die Positionskontrolle des Fußes durch die Einlage darf dabei nicht nach einem starren statischen

Prinzip erfolgen, sondern muß in einer Form stattfinden, die den Bewegungsabläufen gerecht wird. Es ist wichtig daß die lokalen Druckwerte unter der Fußsohle nicht durch die Korrekturlemente der Einlage die üblichen „Normalwerte“ übersteigen.

Freiraum für den Fuß

Keinesfalls dürfen die Muskelbäuche der kurzen Plantarmuskeln durch zu starre Anformung und Hebungen gequetscht werden und so in ihrer Aktivität und Funktion beeinträchtigt werden. Wird die Möglichkeit der Muskelaktivität durch die Einlage ganz oder zu stark eingeschränkt, atrophiert die Muskulatur und die Fehlstellung des Fußes wird im Laufe der Zeit immer gravierender. Von entscheidender Bedeutung ist auch, daß eine Versorgung die sogenannten Freiheitsgrade der Gelenkbewegung nicht völlig ausschaltet. Die meisten Körpergelenke lassen Bewegungskomponenten auf allen drei Bewegungsebenen zu. D. h. diese Gelenke besitzen drei Freiheitsgrade, je einen für die Bewegung auf jeder Ebene. Um die Bewegung bestimmter Körpersegmente zu quantifizieren,



3: Ausgeprägte Korrekturversuche aus extrem festen Material, führen zu abnormen Bodenreaktionskräften und zur Blockierung von physiologischen Bewegungsabläufen

wird die Anzahl der Freiheitsgrade eines jeden beteiligten Gelenks addiert. Im Bereich des Fußes, sprich der Fußgelenke summieren sich diese Freiheitsgrade zu einem erheblichen Bewegungspotential (Abb.4). Diese Vielfalt an Freiheitsgraden kann nur dann zur

Komponenten den unterschiedlichen Anforderungen des Bewegungsablaufes anpassen können, d.h. die Einlage sollte so beschaffen sein, dass sie auf unterschiedliche Bewegungsmuster reagieren kann. Um dieses sogenannte physio-dynamische

Stützung. Das Bewegungspotential des Fußes bleibt somit im Sinne der Wahrung größtmöglicher Freiheitsgrade weitgehend erhalten.

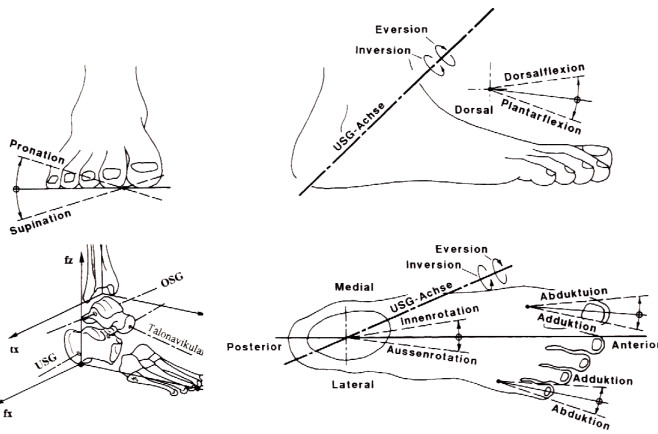
Stütze für kindliche Fußfehlstellungen

Eine Stützwirkung der Versorgung tritt nur dann ein, wenn ein gestörter Bewegungsablauf es erfordert. Sowohl die Stärke der Stützkraft durch die Einlage, als auch die Lokalisation der korrigierenden Wirkung werden dabei vom Bewegungsmuster bestimmt. Besonders angebracht ist eine Versorgung nach dem physio-dynamischen Prinzip bei kindlichen Fußfehlstellungen (Abb.6). Der Muskel- und Bandapparat des kindlichen Fußes befindet sich noch in der Entwicklung, die Skelettstruktur ist durch das Wachstum der Knochen noch im Wandel und auch die Bewegungs-

und Haltungskontrollsysteme müssen erst noch eine Feinangleichung und Präzisierung von Bewegungsabläufen erlernen. Wird in dieser Entwicklungsphase die artikuläre oder muskuläre Bewegung durch eine starre Korrektur und Positionskontrolle eingeschränkt, so ist eine physiologische Entwicklung teilweise nur noch bedingt möglich. Auch das propriozeptive Feedback zum gesamten Haltungssystem kann durch eine starre Versorgung gestört werden, das Einüben von physiologischen Bewegungsabläufen wird somit auch auf sensomotorischer Ebene behindert. Physio-dynamisch gestaltete Einlagen ermöglichen den für die Propriozeption verantwortlichen Mechanorezeptoren eine räumliche Wahrnehmung der Position und vor allem eine Wahrnehmung der Bewegung in den Gelenken in Abhängigkeit von zeitlichen Veränderungen. Die physio-dynamische Einlage setzt sowohl für langsam adaptierende

Wirkungsprinzip zu verwirklichen muß die Einlage aus weichen und elastischen Materialien gestaltet sein. Es genügt nicht, wie es häufig von der Industrie angeboten wird, die Einlage in ihrer gesamten Form aus einem weichen Material aufzubauen oder

zu schäumen. Diese sogenannten Weichschaumeinlagen komprimieren sich unter Belastung entweder so, dass sie sehr schnell durchschlagen oder sie sind von vornherein so weich, dass keinerlei Stützwirkung zu erwarten ist. Physio-dynamisch hingegen bedeutet, dass die Einlage in der Lage ist auf die Bewegung und Stellung des Fußes zu reagieren (Abb.5). Dies kann natürlich nicht durch eine lediglich federnde Stütze, wie es z.B. bei Stahleinlagen üblich ist, bewerkstelligt werden. Vielmehr verformt sich beim physio-dynamischen Prinzip das Material entsprechend den Fußaktivitäten progressiv dynamisch. D.h. je mehr Druck auf das Material ausgeübt wird, um so stärker wird seine Stützwirkung. Die Muskulatur des Fußes kann so bis zu einem gewissen Grad auf der Stütze aktiv bleiben, erst bei einem vermehrten Absinken des Fußes reagieren die progressiv dynamischen Elemente der Einlage mit einer stärkeren



4: Die Freiheitsgrade der Gelenkbewegungen summieren im Bereich des Fußes zu einem erheblichen Bewegungspotential

Feinangleichung und Präzisierung von Bewegungen genutzt werden, wenn Bewegungs- und Haltungskontrollsysteme gelernt haben, diese exakt zu nutzen und zu kontrollieren. Werden sie in der richtigen Art und Weise eingesetzt, dann entfaltet die Bewegung ein Optimum an Effizienz, Stärke und Krafterzeugung. Sobald aber der Bewegungswinkel oder die Sequenz kombinierter Muskelaktivität nur geringfügig verändert wird, kann die Stärke und Effizienz drastisch beeinträchtigt werden. Ein orthopädisches Hilfsmittel zur Versorgung von Fußfehlstellungen sollte also den Mechanismus der maximalen Effizienz innerhalb des biomechanischen Systems nicht übermäßig stören (3). Es kann deshalb kann auch nicht die wichtigste Funktion einer Einlage sein, die gesamte Gelenkbewegung zugunsten einer richtige Ausrichtung des Skeletts zu opfern.

Beschaffenheit der Einlage

Prinzipiell sollten sich die korrigierenden und stützenden

Rezeptoren (SA) als auch für die



5: Die doppelte Schäumung aus PUR in unterschiedlichen Härten, macht es möglich, daß die Einlage auf die Stellung und Bewegung des Fußes reagiert



6: Physio-dynamische Einlagen für kindliche Fußfehlstellungen stützen progressiv dynamisch und wirken propriozeptiv



7: Orthopädische Innenschuhe mit Stahlsohle blockieren jegliche Gelenkbewegung. Eine flexiblere Versorgung aus Kunststoffen ist sicherlich angebrachter

schnell adaptierende Rezeptoren (FA) Reize. Dies geschieht einmal über die schalige und enge Fersenführung, die einen ständigen Reiz für die SA-Rezeptoren setzt und andererseits über die progressiv dynamische Längsgewölbestütze, die einen wechselnden muskulären Reiz für die FA-Rezeptoren darstellt.

Im Gegen-satz zu starren statischen Einlagen, ermöglicht das physio-dynamischen Wirkungsprinzip, die Muskelkraft im Sinne der Harmonie zu stärken und zu trainieren. Ähnlich wie beim Prozeß des Laufenlernens bei Kleinkindern, wird durch Einüben von Bewegungsabläufen mit der Einlage ein korrektes Bewegungsmuster erlernt. Sogenannte propriozeptive Einlagen, wie sie in jüngster Zeit in Mode kommen, sind nicht geeignet diesen Trainingseffekt zu erzielen. Diese Einlagen sollen punktuell bestimmte Areale an der Fußsohle stimulieren und so eine muskuläre Respons erzielen, diese Vorstellung wird den Wirkungsprinzipien der SA und FA Mechanorezeptoren allerdings nicht gerecht. Da auch die Sensibilität der Sohlenhaut für die Funktion des Fußes eine große Rolle spielt, können diese Einlagen die physiologische Entwicklung behindern. Schon im ersten Lebensjahr lassen sich die tonischen Fußreflexe (Zehengreifreflex, Inversionsreflex, Eversionsreflex, Dorsalflexionsreflex) von der Hautoberfläche der Fußsohle gut auslösen. Diese Reflexe scheinen auch im späteren Leben unauffällig weiterzubestehen und beim Barfußlaufen für die normale Funktion der Unterschenkelmuskulatur und der Muskulatur des Fußes wichtig zu sein. Eine Störung durch „propriozeptive“ Einlagen, die ebenfalls nur statisch und nicht physio-dynamisch wirken, kann eine harmonische Muskelaktivität erheblich in ihrem Gleichgewicht stören.

Fazit

Ein Überdenken der zur Zeit gängigen Einlagenkonstruktionen besonders im Bereich der Versorgung von Kindern und Jugendlichen ist deshalb zwingend notwendig. Mehr noch, die Orthopädie-Schuhtechnik sollte die traditionell starr auf die Ausrichtung des Skeletts fixierte

Sicht ihrer Versorgungen ein wenig erweitern und sich auch an einer physiotherapeutischen Sichtweise orientieren. Hier werden sogar bei Krankheitsbildern, wie der infantilen Cerebralparese (ICP) mit weniger starren Versorgungen gute Therapieerfolge erzielt. Es muß also nicht immer der traditionell fixierende und alle Gelenkbewegungen ausschließende Innenschuh sein (Abb.7). Dieser mag in seiner Hochzeit sicherlich berechtigt gewesen sein, heute jedoch ist er nur noch in Einzelfällen einzusetzen. Ein vielfältigeres Materialangebot, besonders auf dem Gebiet der Kunststoffe, machen diese Art der Versorgung fast überflüssig. Physio-dynamisch wirkende Versorgungen werden auch den Anforderungen die das Krankheitsbild ICP an eine therapeutisch wirkende Versorgung stellt, gerecht. Aber nicht nur bei der Versorgung von kindlichen Fußfehlstellungen ist ein Umdenken notwendig, sondern generell bei allen Versorgungen von Fußbeschwerden und Fußfehlstellungen. Für die Orthopädie-Schuhtechnik steht nach wie vor nur die Statik und Korrektur im Vordergrund. So ist es durchaus gängig, Vorfußbeschwerden mit ein wenig Polstermaterial unter den Mittelfußköpfchen und einer mächtigen und knüppelhaften Pelotte dahinter zu versorgen, Hauptsache der Fuß wird in seine vermeintlich korrekte Position gezwungen (Abb.8). Biomechanische Aspekte und die Behinderung der muskulären Aktivität durch eine derart gestaltete Pelotte werden bei solchen Versorgungen völlig außer Acht gelassen. Dies gilt auch für alle anderen Korrekturlemente, immer steht das Bedürfnis den Fuß korrigieren und richten zu wollen im Vordergrund, die Dynamik der

Bewegung wird in keiner Weise berücksichtigt. Dabei sind die Möglichkeiten im Jahre 2000 doch eigentlich viel vielfältiger. Moderne Materialien, wie sie die Sportschuhindustrie z. B. schon länger einsetzt, lassen eine physio-dynamische Gestaltung der Versorgungen problemlos zu. Der Mechanismus der maximalen Effizienz innerhalb des biomechanischen Systems des Bewegungsablaufs wird so nur unterstützt und nicht durch massive Korrektur aus dem Gleichgewicht gebracht. Ein Überdenken der bisherigen Versorgungskonzepte ist daher jedem fortschrittlichen Betrieb in der Orthopädienschuhtechnik zwingend anzuraten. Materialtechnische und biomechanische Erkenntnisse haben uns die Möglichkeit zur Neu- und Weiterentwicklung gegeben, wir sollten sie unbedingt nutzen. Auch wenn das traditionelle Zeichen der Orthopädie, der am Pfahl angebundene Baum, doch eher die frühere Sicht widerspiegelt, vielleicht sollte man es im biomechanischen Sinne neugestalten. Denn wie sagte schon Leonardo da Vinci: „Ein Kunstwerk braucht einen Rahmen, keinen Käfig“.

Anschrift des Verfassers:

Jochen Runge
Fa. Vosen
Orthopädie-Schuhtechnik
Widukindstrasse 46 – 50
33098 Paderborn



8: Korrigieren der Statik um jeden Preis. Diese Außenrandhöhung kann nicht im Sinne einer physiologischen Versorgungsgestaltung sein

Literatur

1. Nigg, B.: Sporeinlagen – Ein neues Konzept. OST Sonderheft „Propriozeption“, S.32-39, 2000
2. Hylton, N.: Dynamic Orthotic Concepts. Background and Experiences. Verlag Orthopädie-Technik, Dortmund 2000
3. Debrunner U., Hilaire J. Biomechanik des Fußes. 2. Neub. Aufl. Enke, Stuttgart 1998
4. Baumgartner R., Stinus H.: Die orthopädietechnische Versorgung des Fußes. 2. Neub. Aufl. Thieme, Stuttgart 1995
5. Gollhofer, A.: Propriozeption – Grundlegende Überlegungen zur sensomotorischen Steuerung. Orth. Schuhtechnik Sonderheft „Propriozeption“, S.10-14, 2000
6. Grifka, J.: Einlagen: Indikation, Verordnung, Ausführung. 2. Aufl. Enke, Stuttgart 1993
7. Lang, J., Wachsmuth, W.: Praktische Anatomie. Bd. 1, Teil 4: Bein und Statik. 2. Aufl. Springer, Berlin 1972
8. Marquardt, W.: Die theoretischen Grundlagen der Orthopädie-Schuhmacherei. Maurer, Geislingen 1965
9. Mau, H.: Grenzen des normalen und Anfänge des pathologischen Kinderfußes. Orthop. Praxis 21, S.435-443, 1985
10. Volkmann, von, R., Bernau, A., Rebstock, W.: Behandlung des kindlichen Knickfußes mit der Winkelheber-Flügel einlage. Med. Orth. Tech. 103, S. 34-35, 1983
11. Vosen W.: Propriozeption durch physiodynamische Einlagengestaltung. Orth. Schuhtechnik Sonderheft „Propriozeption“, S.56-59, 2000

Erschienen in:

Orthopädienschuhtechnik
11/2000