

# Entwicklung einer Trainingsandale zur Behandlung von Haltungsschäden

**Th. Bertels, K. Masuch, K. Mittmann**

Aus der Fachhochschule Münster – Biomedizinische Technik (Leiterin: Prof. Dr. K. Mittmann)

## Zusammenfassung

In dieser Studie wurde eine neue Trainingsandale zur Behandlung von Haltungsschäden entwickelt. Um die Balance auf der Sandale zu halten, werden ständig Gleichgewichtsreaktionen gefordert. Dadurch wird die Muskulatur der Wirbelsäule aktiviert und kann somit einer Fehlhaltung des Körpers entgegenwirken. Die Trainingssohle wurde von uns optimiert im Hinblick auf Sicherheit, großen Anwendungsbereich und einfache Handhabung. In Zusammenarbeit mit einer Physiotherapeutin wurde diese neue Trainingsandale an Probanden getestet. Anhand Messung der Lage des Körperschwerpunkts vor und nach einer 4-wöchigen Behandlung mit der Trainingssohle kann gezeigt werden, dass sich die aufrechte Körperhaltung signifikant verbessert hat.

**Schlüsselwörter:** Trainingsandale, Körperschwerpunkt, Fehlhaltung, Haltungsschulung

## Summary

### Development of a training sandal for treating faulty posture

This study concerns the development of training sandals designed to correct faulty posture. In order to retain his balance, the wearer is forced to use his equilibrium reactions, thus activating his vertebral muscles, and thereby improving his posture. We optimised the training sole with regard to safety, a broad range of application, and simplicity of use. The new training sandals were tried out on test persons, in co-operation with a physiotherapist. Based on measurements of their centre of gravity before and after a four-week period of training with the sandals, we were able to show that the probands had significantly improved their posture.

**Key words:** training sandals, bodily centre of gravity, faulty posture, postural training

## Résumé

### Utilisation d'une sandale d'entraînement lors du traitement de lésions d'attitude

Au cours de cette étude, une nouvelle sandale d'entraînement a été développée pour être utilisée lors du traitement de lésions d'attitude. En effet, en chaussant cette sandale, le patient doit constamment faire des efforts pour maintenir l'équilibre. De ce fait, la musculature de la colonne vertébrale est mise à contribution et peut agir contre une attitude corporelle vicieuse. Cette semelle d'entraînement a été optimisée notamment en ce qui concerne sa sécurité, l'étendue de son champ d'application et la simplicité de son utilisation. Nous avons fait appel à une physiothérapeute pour faire tester la sandale par des patients sélectionnés. En mesurant la situation du centre de gravité du corps avant et après un traitement de 4 semaines, nous avons pu démontrer que la position debout s'est améliorée de façon notable.

**Mots-clés:** sandale d'entraînement, centre de gravité du corps, attitude corporelle vicieuse, entraînement du maintien

## 5 – 10 % der Bevölkerung in Deutschland leiden dauerhaft an Kreuzschmerzen

In Industrienationen beobachtet man abnehmende körperliche Bewegungsaktivität

der Bevölkerung. Der daraus resultierende muskuläre Trainingsmangel führt zu muskulären Dysbalancen, die sich negativ auf die Koordination und das Regelsystem der Statik auswirken, was Störungen der Haltungsbalance zur Folge hat (1). Allein in

Deutschland sind ca. 80 % der Bevölkerung schon einmal in ihrem Leben von Rückenschmerzen betroffen gewesen. Nach epidemiologischen Schätzungen leiden in Deutschland ca. 5 – 10 % der Bevölkerung an dauerhaften Kreuzschmerzen. Daher

kann diese Schmerzform als Zivilisationserkrankung Nummer eins bezeichnet werden (2). Krankhafte Veränderungen der Wirbelsäule werden durch starke Dysbalancen der Rückenmuskulatur begünstigt. Unbehandelt können diese Dysbalancen zu chronischen Schmerzen, skoliotischen oder kyphotischen Fehlhaltungen oder zur Bandscheibengeneration führen. Obwohl bei vielen Patienten eine ausreichende absolute Kraft der Rückenmuskulatur diagnostiziert wird, sind sie oft nicht in der Lage sich den ganzen Tag lang aufrecht zu halten und begünstigen dadurch die Fehlhaltungen der Wirbelsäule.

### Ein kleines anatomisches Repetitorium zum Einstieg

Der passive Halteapparat mit der Wirbelsäule als zentralem Organ ist ein komplexes Gerüst aus Knochen, Knorpeln, Sehnen und Bindegewebe. Er besitzt eine innere mechanische und passive Stabilität. Eigenständig kann der passive Apparat seine Stellung nicht halten oder verändern. Erst die Muskulatur der Wirbelsäule, des Rumpfes und der Extremitäten ermöglichen eine aufgerichtete Haltung und die zum aktiven Leben notwendige Beweglichkeit. Dabei unterscheidet man besonders Muskelgruppen, die

- an den Wirbeln selbst ansetzen,
- mit einer anderen Muskelgruppe im Agonisten-/Antagonistenverhältnis stehen,
- zur Aufrechterhaltung der Balance dienen und eher zur Verkürzung neigen als die dynamische Bewegungsmuskulatur.

Physiologische oder pathologische Stellung der einzelnen Wirbelkörper zueinander wird daher stark von der Skelettmuskulatur beeinflusst. Ebenso wirken sich erworbene Veränderungen der Wirbelsäule durch Unfälle, Erkrankungen oder chirurgische Eingriffe stets auf die Funktionalität der Muskulatur aus. Als Folge knöcherner Stellungsanomalien ergeben sich einseitige muskuläre Zug- und Torsionsspannungen, die bei fehlender Kompensation zu einer Schiefstellung der Wirbelsäule führen. Zusätzlich wird das ideale Zusammenspiel der Wirbelgelenkflächen gestört, die Foramina intervertebralia werden eingeeengt und der Spinalnerv kann durch Druck geschädigt werden.

### Die autochthone Muskulatur ist ein wichtiges Halte- und Bewegungssystem der Wirbelsäule

Bei diesen Vorgängen spielen die autochthone Rückenmuskulatur eine entscheidende Rolle (3). Sie besteht aus einer Reihe von kurzen, mittellangen und langen Muskelzügen, die auf beiden Seiten der Wirbelsäule vom Becken bis zum Hals verlaufen. Die kurzen und mittellangen Muskeln verbinden direkt benachbarte bzw. überziehen mehrere Wirbelkörper und sorgen so für die Stabilität und kontrollierte Feinsteuerung einzelner Wirbelsäulenabschnitte. Die langen Muskelzüge sorgen für die Beweglichkeit des Rückens und sind weniger an der Stabilisierung der Wirbelsäule beteiligt. Geraten die autochthonen Rückenmuskeln aus dem Gleichgewicht (muskuläre Imbalance), können chronische Rückenschmerzen, skoliotische oder kyphotische Fehlstellungen oder Bandscheibenschäden resultieren.

### Die Behandlung richtet sich oft nur an die oberflächigen Rückenmuskeln, die autochthonen kommen meist zu kurz

Die Therapie der Wahl bei muskulär bedingten Rückenschmerzen oder Skoliosen mit einem Krümmungswinkel unter 20° ist heutzutage die Aktivierung der Rumpfmuskulatur durch physiotherapeutische Übungen (1, 4). Dabei wird meist die oberflächliche Rückenmuskulatur trainiert, da diese durch krankengymnastische Übungen einfach erreicht werden kann. Die autochthonen Muskelgruppen können durch Übungen schwerer erreicht werden. Angeboten wird hierzu das Üben der Gleichgewichtsreaktionen und damit der kleinen Rückenmuskulatur durch Gehen und Laufen auf weichem Untergrund oder Balancieren auf schmalen, labilen oder beweglichen Unterlagen (4, 5). Nicht allein durch ein Training der Muskelkraft können Haltung und Bewegung verbessert werden, sondern Koordination der gesamten Rumpfmuskulatur einschließlich verbesserter lokaler Muskelausdauer sind weitere wichtige Gesichtspunkte der Therapie. Das nachlässige „Hängen in den Bändern“ wird zwar als bequemere Körperhaltung empfunden, auf Dauer sind diese Bänder diesen Beanspruchungen

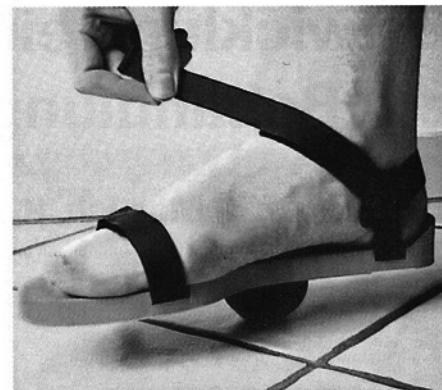


Abb. 1:  
Die optimierte Trainingssohle in der Anwendung. Durch das neu entwickelte Bandagensystem mit Klettverschlüssen lässt sich die Trainingssohle auch einhändig einfach und sicher am Fuß befestigen. Dabei werden die Freiheitsgrade des Fußgelenks nicht eingeschränkt und somit ein hoher Trainingseffekt gewährleistet.

aber nicht gewachsen. Die Muskulatur wird überdehnt und atrophiert. Gleichzeitig werden Wirbelgelenke und Bandscheiben unphysiologisch beansprucht und verschleißt, die Gefahr weiterer pathologischer Veränderungen nimmt zu.

### Die von uns entwickelte Trainingssohle beeinflusst subtil die Haltung- und Bewegungskontrolle

Folgende Faktoren wirken positiv in der Therapie von Haltungsauffälligkeiten:

- Der Patient nimmt die aufgerichtete Haltung ein. Diese ist am günstigsten für die Wirbelsäule, da dabei die natürliche Doppel-S-Stellung der Wirbelsäule erreicht wird.
- Durch die optimale Doppel-S-Stellung arbeitet die Haltemuskulatur am ökonomischsten.
- Die passiven Strukturen des Bewegungssystems werden physiologisch belastet.
- Dieser Balanceakt gelingt nur bei aufgerichteter Haltung durch kontinuierliche Koordination der kleinen Muskulatur der Wirbelsäule und der übrigen Rumpfmuskulatur.

### Funktion und Anwendung

- ➔ Die neu entwickelte Trainingssandale wird durch ein Bandagensystem mit Klettver-



Abb. 2:  
Positionierung der Halbkugeln unter der Trainingssohle.  
An jeder Sohle kann die Halbkugel an zwei verschiedenen Stellen mit einer einfachen Schraubbefestigung fixiert werden. Die erste Positionierung erfolgt in der Mitte beider Trainingssohlen (links) und wird dann im 4-6-wöchigen Abstand variiert. Diese Veränderungen dienen dem Training verschiedener Muskelgruppen

schließen sicher am Fuß des Patienten befestigt (Abb. 1).

- Unterhalb der Sohle sind Halbkugeln angebracht. Steht bzw. geht der Patient auf diesen Halbkugeln, so ist er ständig um das Gleichgewicht des Körpers bemüht. Die Halbkugeln werden beidseitig unter der Fußmitte befestigt (Abb. 2). Bei dieser Anordnung der Kugeln wird die Muskulatur der Fußsohle und der Wade ständig aktiviert. Diese Aktivierung setzt sich über Beine, Becken und Wirbelsäule im ganzen Körper fort. Durch die Aktivie-

rung der Fußsohle werden Spannungen in der unteren LWS und im Übergang zum Becken erzeugt. Somit muss sich der Körper an die Muskelaktivität der Beckenregion anpassen.

- Werden die Halbkugeln unterhalb der Ferse angebracht, hebt sich der Fuß. Die Muskulatur der Fußsohle wird gedehnt und muss sich entspannen. Dies verursacht eine Entspannung der unteren LWS und des Beckenbereichs. Der Körper muss sich dieser neuen Situation anpassen.
- Eine weitere Variante besteht darin, dass die Halbkugeln versetzt angebracht werden. Dadurch muss sich der Patient auf zwei unterschiedliche Informationen einstellen. Diese mit dem Körper zu koordinieren ist für das Gleichgewichtssystem eine große Herausforderung und wird deshalb nur mit geübten Patienten durchgeführt.

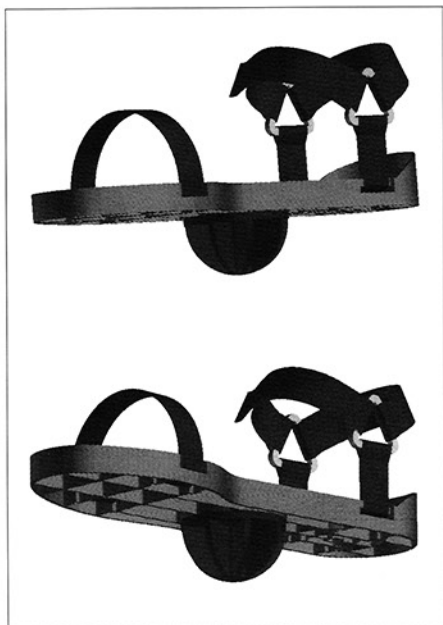


Abb. 3:  
Dreidimensionale Konstruktionsdarstellung der Trainingssohle.  
In der Seitenansicht und Untersicht sind die technischen Details der optimierten Trainingssohle dargestellt. Diese Darstellung wurde mit der Software WIN Vellum v4.0-3D, Vellum Software GmbH, erstellt

### In dieser Studie wurde die Sicherheit und Handhabung der bisherigen Trainingssandale deutlich verbessert

Dies ist gut in der dreidimensionalen Darstellung aus zwei verschiedenen Perspektiven zu erkennen (Abb. 3).

- Die Fußbefestigung wurde so verändert, dass ein Herausrutschen des Fußes aus der Trainingssandale während des Trainings verhindert wird. Dabei werden die Freiheitsgrade des Fußgelenks aber weiterhin nicht beeinträchtigt.
- Die Bandagenführung wurde so konzipiert, dass der Knöchel frei liegt und somit das therapeutische Wirkprinzip der Trainingssandale vollständig erhalten

bleibt. Das variable Gurtsystem erlaubt das Anpassen an die individuelle Fußform, es ist für den Patienten kaum spürbar und erzeugt keine Druck- oder Scheuerstellen.

- Gleichzeitig wurde erreicht, dass die Sandale mit nur einer Hand einfach am Fuß befestigt werden kann. Dieses ist gerade bei Patienten mit Fehlstellungen bzw. Bandscheiben bedingten Beschwerden ein großer Vorteil.
- Die Halbkugeln sind aus einem neuartigen Kunststoff hergestellt, der erstmals sichere Übungen auf verschiedensten Oberflächen erlaubt. Die rutschfeste Oberfläche erweitert den Trainingsbereich von ursprünglich Teppichboden auf alle üblichen Bodenbeläge in der Wohnung wie z.B. Fliesen, Parkett usw.
- Eine Befragung erfahrener Patienten im Anschluss an diese Optimierung zeigte eine sehr große Steigerung der Sicherheit, der Handhabung und des Tragekomforts und führt dadurch zu einer größeren Akzeptanz und regelmäßigen Anwendung beim Patienten.

### Durch Beobachtung des Körperschwerpunkts kann die Wirkung der Sandale überprüft werden

Um einen von der Wahrnehmung des Probanden unabhängigen Parameter zur Wirkung des Trainings zu erhalten, erfassten wir die Lage des Körperschwerpunkts vor und nach der Behandlung mit der Trainingssandale. Dadurch konnten wir die aufgerichtete und somit optimale Körperhaltung von Probanden erfassen. An dieser Studie beteiligten sich elf freiwillige Patienten mit leichten skoliotischen Fehlstellungen der Wirbelsäule. Es wurde die Lage des Körperschwerpunkts vor Trainingsbeginn und nach vier Wochen Anwendung der Sandale bestimmt.

Die Lage des Körperschwerpunktes ist individuell verschieden und abhängig von Geschlecht, Alter und physischer Konstitution. Im Idealfall liegt der Schwerpunkt bei aufgerichteter Haltung unterhalb des Bauchnabels nahe der Wirbelsäule. Verlässt der Körperschwerpunkt durch Vorneigen des Körpers die ideale Lage, so wird die auftretende Anziehungskraft nicht mehr gleich-

mäßig auf die Wirbelsäule verteilt. Dadurch verlässt die Schwerpunktlinie des Körpers die Unterstützungsfläche und die Muskulatur muss innere Kräfte erzeugen, damit der Stand des Körpers nicht instabil wird. Minimale Korrekturbewegungen durch die Muskulatur erzeugen ein leichtes Schwanken um diesen Schwerpunkt. Für eine aufgerichtete Körperhaltung sind diese Schwankungen charakteristisch und durchaus natürlich. Dem aufgerichteten Stehen liegen komplexe Vorgänge zugrunde, die das Gleichgewicht immer wieder neu herstellen.

### Die Position des Körperschwerpunkts in der Frontal- und Sagittalebene wurde mit einem Fluxan Messsystem bestimmt

Dieses Messsystem besteht aus einer Grundplatte, in der sich mehrere Drucksensoren befinden und deren Messwerte mittels PC (Auswertesoftware Fluxan Version 3.11, Van Koningsveld B.V., Niederlande) aufgenommen und ausgewertet werden. Bei der Messung stellt sich der Patient in aufgerichteter Haltung auf die Messplatte. Durch eine gezielte Ausrichtung der Fußposition zu den Sensoren wird gewährleistet, dass sich die ideale Lage des Körperschwerpunkts im Nullpunkt des Messsystems befindet. Nur so kann eine Abweichung zu Vergleichsmessungen bestimmt werden. Bei der Messung der Druckverteilung steht der Patient 30 Sekunden ruhig und entspannt und konzentriert seinen Blick auf einen Punkt im Raum. Durch die spezifisch angeordneten Drucksensoren wird dabei kontinuierlich die Lage des Schwerpunkts ermittelt und graphisch in einem Diagramm dargestellt. Während der Aufnahme der Messdaten hat der Patient keinen Einblick in die laufende Messung, sodass bewusste Korrekturbewegungen ausgeschlossen werden. Nach der Messung wird die Abweichung des Körperschwerpunktes in Bezug zur idealen Körperhaltung berechnet.

### Ein Blick auf unsere bisherigen Ergebnisse:

Die Messungen vor der Therapiebeginn zeigten, dass bei allen Patienten der Körperschwerpunkt außerhalb des physiologisch sinnvollen Bereichs lag.

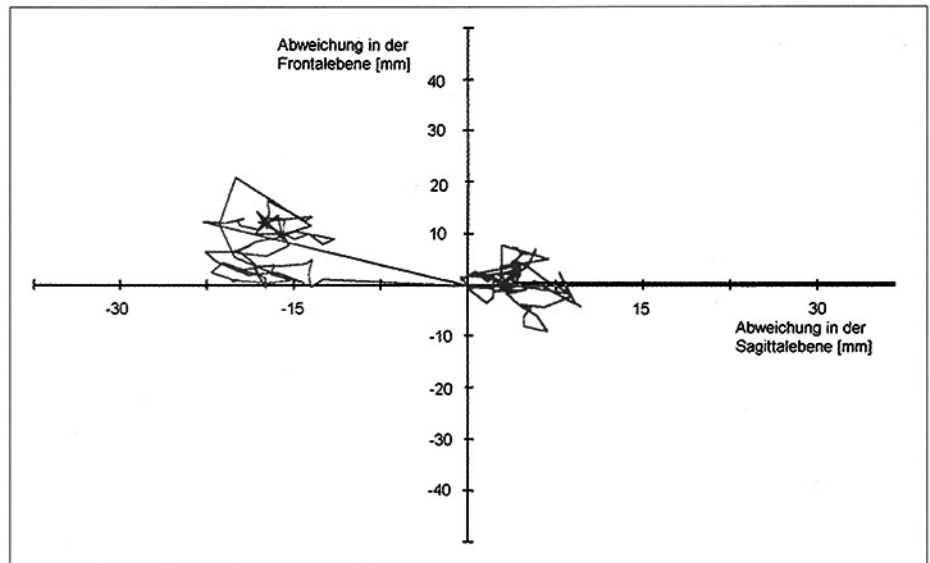


Abb. 4: Messung des Körperschwerpunktes vor und nach 4-wöchigem Training. Die Druckverteilung während einer Messung über 30 Sekunden wird beim ruhig stehenden Probanden auf einem Messsystem zur Bestimmung des Körperschwerpunktes (Fluxan, Van Koningsveld B.V., Niederlande) kontinuierlich aufgezeichnet. Die Abweichungen vom idealen Körperschwerpunkt im Achsenkreuz sind vor (blaue Linie) und nach (rote Linie) dem Trainingsintervall am Beispiel eines Probanden dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass untrainiert der Körperschwerpunkt ca. 17 mm links vom idealen Schwerpunkt lag, dieser nach dem Training auf 4 mm nach rechts reduziert werden konnte. Die Abweichung in der Frontalebene verringerte sich ebenfalls, hier von 7 mm auf 0,6 mm

Danach trainierten die Patienten vier Wochen täglich 2 x 5 Minuten mit der Trainingsandale. Dabei liefen sie mit kleinen Schritten barfuß mit der Sandale und achteten auf einen waagerechten Stand der Füße und auf eine aufgerichtete

Haltung des Körpers. Nach diesem Zeitraum wurde der Körperschwerpunkt der Probanden erneut mit dem gleichen Messsystem erfasst.

Abb. 4 zeigt ein typisches Messdiagramm. Die blaue Kurve zeigt die Lage des Kör-

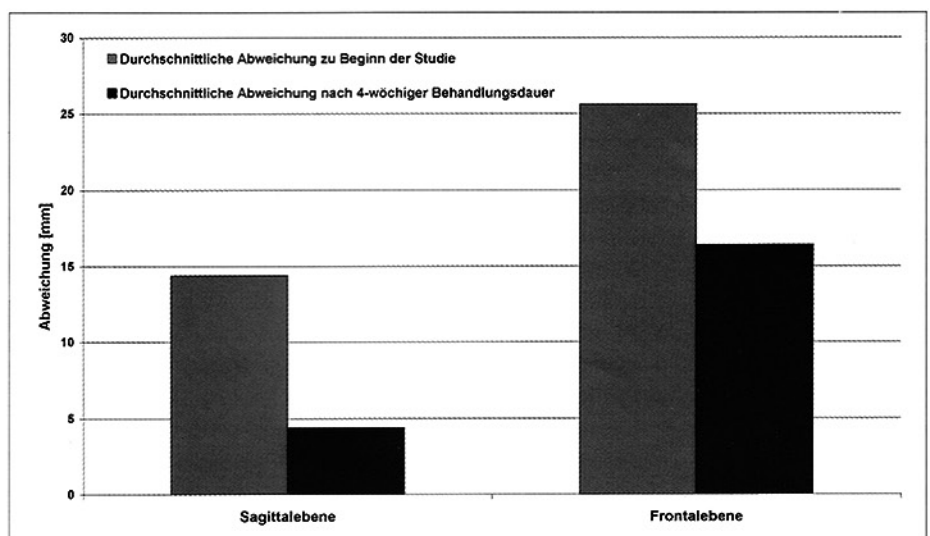


Abb. 5: Auswertung des Trainings von Probanden. Die durchschnittliche Abweichung vor und nach einem Training mit der Trainingssohle an elf freiwilligen Probanden ist dargestellt. Die tägliche Anwendung im Umfang von 2 x 5 Minuten zeigt eine Reduzierung der Abweichung in der Sagittalebene um 70 %, in der Frontalebene eine Verringerung um 36 %

perschwerpunkts zu Beginn der Studie. Dieser Patient belastet zunehmend sein linkes Bein, sodass der Schwerpunkt ca. 17 mm auf die linke Seite verschoben wird. Gleichzeitig neigt sich der Körperschwerpunkt in der Frontalebene um 7 mm nach vorne. Zum Vergleich ist die Messung eingefügt (rote Kurve), die den gleichen Patienten nach 4-wöchiger Behandlung zeigt. Es fand eine deutlich sichtbare Optimierung der Körperhaltung statt. Abweichungen zur idealen Körperhaltung sind 4 mm in sagittaler und 0,6 mm in frontaler Ebene.

- Die Auswertung der Messungen vor und nach Training aller Probanden zeigt, dass eine vierwöchige Anwendung der Trainingssandale im Durchschnitt die Lage des Körperschwerpunkts in der Frontal- und Sagittalebene um 10 mm in Richtung der optimalen Körpersymmetrischen Position verschob (Abb. 5). Somit verbesserte sich die rechts/links Balance durchschnittlich um 70 % und die Neigung nach vorne/hinten um 36 %.
- Diese Ergebnisse zeigen deutlich, dass schon nach vier Wochen Anwendungsdauer eine messbare Verbesserung der Körperhaltung stattfindet und somit gezielt der Schiefhaltung des Körpers entgegenwirkt werden kann.

### Heutige und zukünftige Anwendungsbereiche der Trainingssandale: Fehlhaltungen, Aufbaustraining

Diese Trainingssandale wird gegenwärtig in der Therapie von skoliotischen und kyphotischen Fehlhaltungen eingesetzt, wobei zu beachten ist, dass es nur möglich ist, muskuläre Führung zu verbessern. Bei Knochenfehlstellungen kann die Wirbelsäule nur bis zur knöchernen Abweichungen korrigiert werden. Mögliche Erfolge zeichnen sich auch beim Aufbaustraining nach Sportverletzungen und zur allgemeinen Kräftigung der Muskulatur ab. Entsprechende Studien, die einen Einfluss des Trainings mit der Trainingssandale beim Aufbaustraining bzw. als Prophylaxe bei leichten Fehlhaltungen untersuchen, sind in Vorbereitung. Um optimale Erfolge für die Korrektur der Fehlstellung zu ermöglichen, wird die Anwendung der Sandale in Zusammenarbeit mit einem

Physiotherapeuten empfohlen. Diese in der Praxis eingeleitete Therapie kann dann durch häusliche Übungen vertieft und fortgesetzt werden

### Danksagung

Wir bedanken uns bei der Physiotherapeutin *Ina ter Harmse*, Warendorf, für die Durchführung der Prüfung der optimierten Trainingssandale an freiwilligen Probanden sowie bei Herrn *van Koningsfeld*, Niederlande, für die Bereitstellung des Fluxan-Geräts.

### Literatur

1. *Kempf, H.-D.*: Die Rückenschule. 2. Aufl. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH, 1999.
2. *Greitemann, B.*: Kreuzschmerz - Indikationen für die technische Orthopädie. Z. Medizinische Orthopädische Technik. 120. Jahrgang. (2000). Nr. 2. S. 35

3. *Hamilton, C.*: Segmentale Stabilisation der LWS. Z. f. Physiotherapeuten (49) 4/1997, 4
4. *Seibel, T; Heisel, J.*: Idiopathische Skoliose - Therapie mit dem Cheneaukorsett Fortschr. Med. 114. Jahrgang (1996), Nr. 24
5. *Zimmermann, W.*: Möglichkeiten der Skoliosebehandlung. Z. Fortschr. Med. 106. Jahrgang. (1998), Nr. 17. S. 20-24

### ■ Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. rer. nat. K. Mittmann  
Biomedizinische Technik  
Fachhochschule Münster  
Stegerwaldstraße 39  
48565 Steinfurt



### Prof. Dr. rer. nat. K. Mittmann

- 1988 Abschluss des Diplom-Biologie-Studium an der Ruhr-Universität Bochum
- 1992 Promotion mit Auszeichnung an der medizinischen Fakultät der Ruhr-Universität Bochum über die Signaltransduktion des Herzens
- Wechsel zum Herz- und Diabeteszentrum NRW in Bad Oeynhaus, um ein Forschungs- und Entwicklungslabor aufzubauen
- in interdisziplinären Projekten mit Kardiochirurgen, Nuklearmedizinern und Kardiotechnikern u.a. angewandte Forschung an humanen Herzklappen
- 32-jährig an die Fachhochschule Münster berufen als ordentliche Professorin im Fachbereich Physikalische Technik
- seit 1997 Lehre in der neu aufgebauten Studienrichtung Biomedizinische Technik im Ingenieursstudiengang, seit 1998 Prodekanin
- Initiatorin und Sprecherin des landesweiten Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkts „Labormedizinische Technologien“ in NRW und Leiterin des internationalen EUREGIO Biotech-Zentrums
- neben den biotechnologischen Forschungsschwerpunkten erfolgreiche Umsetzung angewandter medizintechnischer Projekte in Kooperation mit kleinen und mittleren Unternehmen