

M. Gross · M. Friedrich · J. Sengler · Centre Hospitalier Mulhouse,
Service de rééducation fonctionnelle

Auswirkung der passiven Mobilisation aller Fußgelenke

Objektivierung mit Meßplattform

Zusammenfassung

Mit Hilfe einer elektronischen Meßplattform versuchen wir die Auswirkung der passiven Mobilisation der Fußknochen in bezug auf die Kräfte, den Druck und die plantare Fläche, zu überprüfen. Zwei statistisch gleichartige Gruppen werden getestet. Eine Gruppe von 50 Personen wird mobilisiert, die andere Gruppe (25 Personen) dient zur Veranschaulichung einer Nichtmobilisation. Die Ergebnisse liefern uns statistisch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Messungen vor und nach Mobilisation bezüglich der Kräfte und der Veränderungen der Flächen. Dagegen detektieren wir bei den mobilisierten Personen eine statistisch signifikante Druckerhöhung. Es scheint, daß die Mobilisation die passiven und aktiven Strukturen des Fußes in Spannung bringt.

Schlüsselwörter

Meßplattform · Fußgelenke · Analytische Mobilisation · Plantare Fußfläche

Fragestellung

Hat die analytische Mobilisation der Fußknochen, eine Grundtechnik der Krankengymnastik, eine größere Beweglichkeit auf der Ebene der Fußgelenke zur Folge und damit eine bessere Boden Anpassung der plantaren Fußfläche? Dies würde aufgrund einer größeren Kontaktfläche und gleicher Kraft eine Druckreduktion an diesem Fuß bewirken. Mit Hilfe einer elektronischen Meßplattform des Typs EMED (elektronisches Meßsystem zur dynamischen Erfassung und Auswertung von Druckverteilungen) wollen wir Änderungen der Kräfte, Drücke und Belastungsflächen klarstellen.

Material und Verfahren

Testgruppen

Ausgewählte Testgruppen: Zwei Gruppen sind für diese Untersuchung selektiert worden:

- eine Referenzgruppe von 25 Personen – Durchschnittsalter 26,7 Jahre (Standardabweichung $s = 5,70$), Gewicht 62,5 kg ($s = 11,4$) und Größe 1,69 m ($s = 0,08$) – wurde nicht mobilisiert, aber exakt dem gleichen Untersuchungsverfahren unterzogen.
- eine 2. Gruppe aus 50 Personen – Durchschnittsalter 25 Jahren (Standardabweichung $s = 4,38$), Gewicht 61 kg ($s = 8,3$) und Größe 1,69 m ($s = 0,07$) – wurde mobilisiert.

Der Vergleich zwischen den 2 Gruppen nach der Methode von Student zeigt, daß das Alter ($t = 1,45$), die Größe ($t = 0,47$) und das Gewicht ($t = 0,63$) statistisch gleichartig sind. Alle diese Testpersonen sind berufstätig und arbeiten überwiegend oder ausschließlich im Stehen. Die Messungen wurden nachmittags durchge-

führt, d.h. nach einem halben Arbeitstag für die Testpersonen.

Auswahlkriterien: Wir haben alle Personen ausgeschlossen, die traumatische Spätfolgen der unteren Extremitäten hatten.

Material

Aus einer Schrittfolge heraus wurde der 4. Schritt auf einer Meßplatte des Typs EMED erfaßt. Diese Meßplatte von 27×48 cm, ist im Fußboden eines 8 m langen Flures integriert und besteht aus 2 Sensoren/cm².

Sie erlaubt:

- 4, 8 oder 70 Bilder/s aufzuspeichern,
- die maximale Spitze des Druckes (MPP) für jede Zone des Fußes zu messen,
- diese Maxima des Druckes in einem dreidimensionalen Diagramm (Abb. 1) darzustellen,
- Die Verschiebung des Druckzentrums aufzuzeigen, welches dem Abrollvorgang des Fußes auf dem Boden entspricht (gait line).

Diese Meßdaten werden auf einem Computer mit Hilfe der MULTIMASK-Software über statistische Analysen ausgewertet.

Messungen

Die Messungen sind gemäß dem nachfolgend beschriebenen Protokoll mit den beiden Testgruppen ausgeführt worden.

M. Gross
Centre Hospitalier,
Service de rééducation fonctionnelle,
B. P. 1370,
F-68070 Mulhouse

M. Gross · M. Friedrich · J. Sengler

Effect of passive mobilization of all foot joints

Objectification with a measurement platform

Abstract

With the help of an electronic walking platform, we tried to verify the effect of passive mobilization of the foot bones with respect to the force, pressures, and surfaces. Two statistically similar groups were tested. A group of 50 persons were mobilized, the other group (25 persons) immobilized. The results indicate that there were no statistically significant differences between the measures taken before and after mobilization concerning the force and surfaces. On the other hand, in the mobilized group there were statistically significant differences that tended to increase. It seems that mobilization stretches the passive and active structures of the foot.

Key words

Measurement platform · Foot bones · Analytical mobilization · Plantar foot

- Durch die Software MULTIMASK wird jeder MPP-Abdruck (maximal peak of pressure) in 4 gleiche Teile aufgeteilt, die jeweils 25 % der Fußlänge entsprechen (Abb. 3):

Die Zone 0–25 % entspricht der Ferse (= MASK 1), 25–50 % entspricht der Fußwölbung (= MASK 2), 50–75 % entspricht der Metatarsalen (= MASK 3), 75–100 % entspricht den Zehen (= MASK 4).

Es wurden jeweils 3 Messungen aufgespeichert und wie folgt benannt: „1. Messung“ (1. M), „2. Messung“ (2. M) und „3. Messung“ (3. M).

- Für die mobilisierte Gruppe sind die 100 Abdrücke „1. M.“ (jeweils 50 des linken und rechten Fußes) in ein Kollektiv gruppiert worden, welches uns den Druck, die Fläche und die durchschnittliche Kraft für die MPP gibt.
- Identisch wurde mit den 100 „2. M.“ und den 70 „3. M.-Abdrücken“ verfahren.
- Das gleiche Verfahren wurde für die 50 „1. M.“, „2. M.“ und „3. M.-Abdrücke“ der Referenzgruppe angewandt.
- Die Software MULTIMASK gibt uns die Durchschnittswerte der Meßdaten und deren Standardabweichungen für die verschiedenen Kollektive.
- Die verschiedenen Kollektive wurden mit dem Test nach Student verglichen.

Protokoll

Die Messungen sind für beide Testgruppen unter gleichen Bedingungen durchgeführt worden. Die Versuchspersonen sind barfuß über die Versuchsplattform hinweggeschritten (ausreichender Platz des Flures), wobei die Werte des 4. Schrittes erfaßt wurden. Die „Normalität“ des Gehens ist durch die Beobachtung der Kurve der vertikalen Kraft [5] und der Kontrolle der Dauer des Schrittes (etwa 50 Bilder = etwa 0,8 s) (Abb. 2) verifiziert worden.

Die erste Messung („1. M.“) nimmt man vor der passiven Mobilisation. Dann mobilisiert man passiv 5mal im vollen Ausmaß nach der Technik von Mennel [3] jedes Gelenk des Fußes, von der Articulatio tibiofibulare proximale bis zu den distalen Interphalangen [1, 4]. Der Patient liegt auf einer Behandlungsbank in 2 m Entfernung zur Meßplattform. Die Dauer einer analytischen Mobilisation betrug 20 min für beide Füße, wobei die „2. M.-EMED-Messung“ sofort im Anschluß daran durchgeführt wurde. Die Versuchsperson geht dann 5 min auf flachem Boden, mit normalem Rhythmus in ihren gewohnten Schuhen.

Die 3. Messung („3. M.“) wurde gleich im Anschluß an dieses Gehen barfuß durchgeführt.

Die Personen sind über den Ablauf des Tests einige Tage vor der Abnahme der Messungen informiert worden. Um eine Homogenität in den Bedingungen der Untersuchung zu haben, sind alle Meßdaten nachmittags zur gleichen

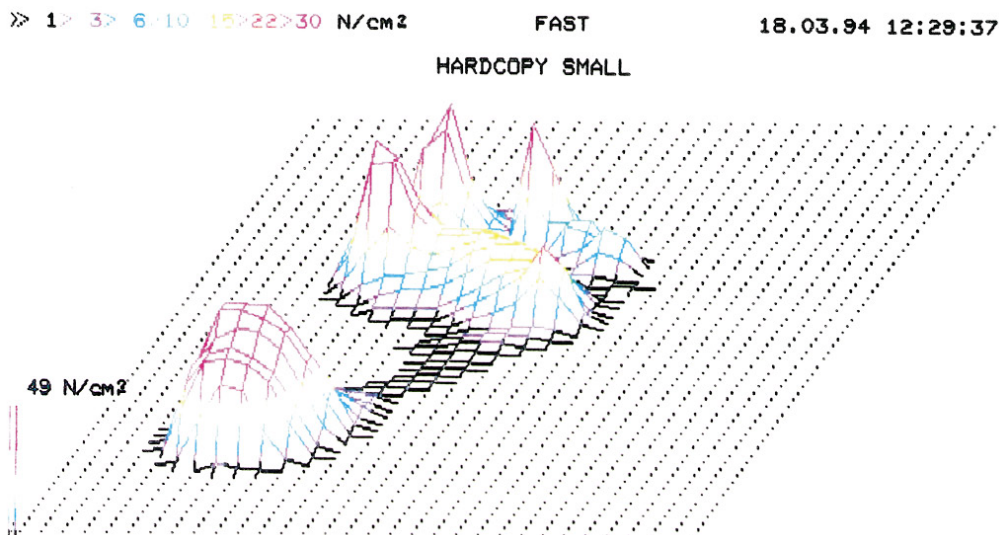


Abb. 1 ◀ Dreidimensionales Diagramm der maximalen Spitze des Druckes

Originalien

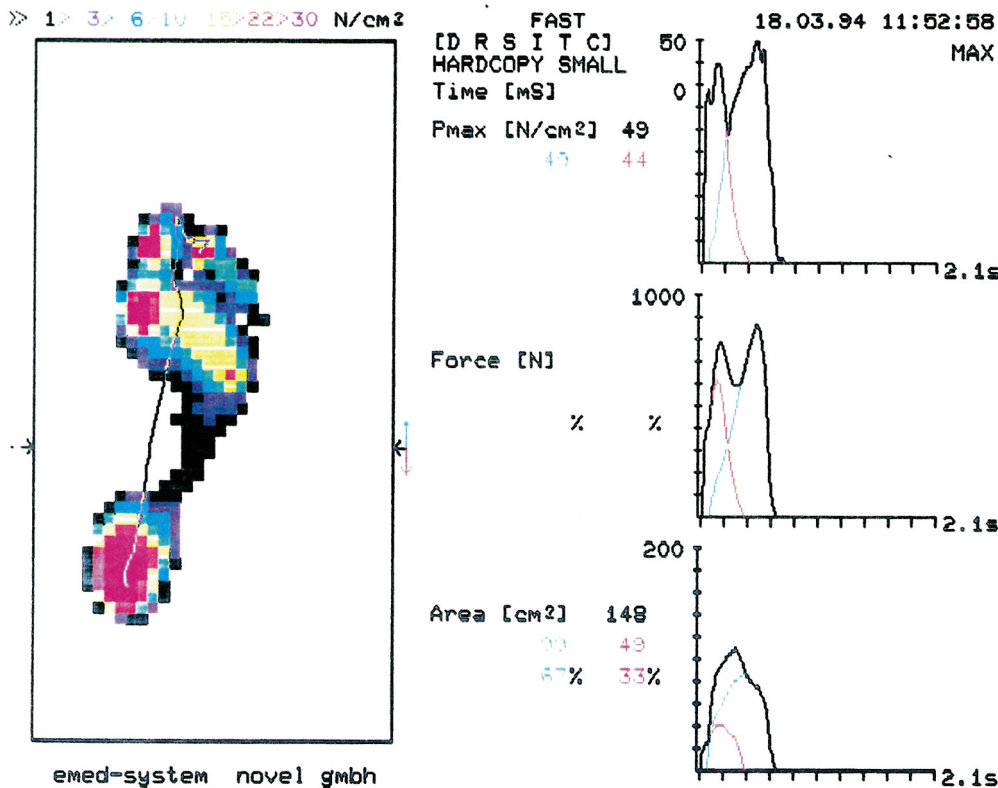


Abb. 2 ◀ MPP-Abdruck mit Kurven der Drücke, Kraft und Fläche

Zeit erfasst worden. Unter diesen Umständen haben alle Versuchspersonen schon einen halben Tag eine Aktivität im Stehen ausgeübt.

Für die Referenzgruppe von 25 Personen (50 Füße), haben wir das gleiche durchlaufen, aber die Behandlung von 20 min Mobilisation durch eine zeitlich identische Ruhelage ersetzt.

Das heißt:

- Aufzeichnung der „1. M.“
- 20 min Liegen ohne Mobilisation
- Aufzeichnung der „2. M.“
- 5 min Gehen
- Aufzeichnung der „3. M.“

Diese Vorgangsweise ermöglicht eine Überprüfung, ob die Entlastung oder die analytische Mobilisation die Veränderungen in den MPP zur Folge hat.

Ergebnisse

Mobilisierte Testgruppe

Kraftmessungen, Drücke und Flächen für die verschiedenen MASK sowie für die gesamte Erfassung (Durchschnitts- und Standardabweichungen)

Die „1. M.“ und „2. M.“ umfaßt jeweils 100 Aufzeichnungen. Die Kraft wird in

Newton (N) ausgedrückt, die Fläche in cm^2 und der Druck in N/cm^2 . Die Verminderung des Druckes umfaßt 11,6% in der MASK 2 (Fußgewölbe) zwischen „1. M.“ und „2. M.“. Dieser Druck steigt

in der MASK 3 (Metatarsale) zwischen „1. M.“ und „2. M.“ um 14,4% und um 15,4% zwischen „2. M.“ und „3. M.“. Der plantare Druck, als Gesamtheit betrachtet, steigt ebenfalls zwischen „1. M.“ und

Tabelle 1

Mobilisierte Testgruppe: Kraftmessungen, Drücke und Flächen für die verschiedenen MASK, sowie für die gesamte Erfassung (Durchschnitts- und Standardabweichungen)

Mobilisierte Testgruppe (n = 100 Füße)	1. M.		2. M.		3. M.	
	Durchschnitt	Standardabweichung	Durchschnitt	Standardabweichung	Durchschnitt	Standardabweichung
Kraft (Totale)	1705,24	260,1	1681,93	231	1708,31	242,04
MASK 1	665,28	149,9	659,16	122,08	682,93	136,3
MASK 2	102,27	50,89	92,95	51,37	90,36	49,21
MASK 3	525,39	113,4	526,05	116,2	536,09	98,08
MASK 4	412,63	92,55	404,15	92,64	399,4	94,41
Drücke (Totale)	56,1	13,19	55,37	13,45	61,11	13,53
MASK 1	42,81	11,75	42,11	9,397	44,34	13,5
MASK 2	12,47	5,14	11,02	4,18	11,36	3,742
MASK 3	42,6	14,34	42,23	14	48,73	17,25
MASK 4	49,39	13,26	48,95	14,87	50,99	14
Flächen (Totale)	132,14	16,53	129,5	16,87	128,73	17,02
MASK 1	31,88	4,205	31,91	3,96	31,93	4,037
MASK 2	21,35	6,142	19,76	6,833	19,79	6,951
MASK 3	43,75	6,927	42,9	6,626	42,66	6,311
MASK 4	35,85	4,7	35,77	5,132	35	4,74

Tabelle 2

Test nach Student, Vergleich der unterschiedlichen Durchschnittswerte der mobilisierten Testgruppe (die fettausgedruckten Werte zeigen einen statistisch signifikanten Unterschied)

Mobilisierte Testgruppe	Student 1. M./2. M.	Student 1. M./3. M.	Student 2. M./3. M.
Kraft (Totale)	0,670	- 0,079	- 0,712
MASK 1	0,317	- 0,797	- 1,168
MASK 2	1,289	1,531	0,332
MASK 3	- 0,041	- 0,656	- 0,608
MASK 4	0,648	0,907	0,325
Drücke (Totale)	0,388	- 2,401	- 2,729
MASK 1	0,465	- 0,767	- 1,194
MASK 2	2,189	1,629	- 0,555
MASK 3	0,185	- 2,441	- 2,608
MASK 4	0,221	- 0,749	- 0,911
Flächen (Totale)	1,118	1,301	0,291
MASK 1	- 0,052	- 0,078	- 0,032
MASK 2	1,731	1,510	- 0,028
MASK 3	0,887	1,064	0,239
MASK 4	0,115	1,155	1,007

„3. M.“ um 8,9 % und zwischen „2. M.“ und „3. M.“ um 10,4 % (Tabelle 1).

Test nach Student

Vergleich der unterschiedlichen Durchschnittswerte der mobilisierten Testgruppe

Die fettausgedruckten Werte zeigen einen statistisch signifikanten Unterschied. Ab einer Anzahl von 30 Messungen tritt ein signifikanter Unterschied für $t > 1,96$ auf ($\alpha < 0,05$). Für den Vergleich zwischen „1. M.“ und „3. M.“ erhält man einen Wert für a zwischen $0,02 > \alpha > 0,01$. Der Vergleich zwischen „2. M.“ und „3. M.“ liefert $\alpha < 0,01$ (Tabelle 2).

Test nach Student

Durchschnittswerte der Referenzgruppe

Für diese Gruppe von 50 Messungen (25 Personen) finden wir in keinem Moment ein t über 1,96. „1. M.“, „2. M.“ und „3. M.“ sind innerhalb einer Fehlerbreite identisch. Es gibt daher keine bedeutende Veränderung auf der Ebene der Kräfte, Flächen und Drücke im Kontrollprotokoll, d. h. im Falle einer Nichtmobilisation des Fußknochens (Tabelle 3).

Diskussion

In Hinblick auf die Ergebnisse stellen wir fest, daß zwischen den 3 Meßzeiten keine statistisch signifikanten Veränderungen auf der Kräfte-, Flächen- und Drücke Ebene in der Referenzgruppe existieren, d. h. bei der nichtmobilisierten Gruppe. Die bedeutsamen Veränderungen der mobilisierten Gruppe scheinen also mit der Wirkung der analytischen Mobilisation zusammen zu hängen.

Nach einer durchgeführten Mobilisation finden wir keine statistisch signifikanten Unterschiede in Hinblick auf die 3 Messungen („1. M.“, „2. M.“ und „3. M.“) auf der Ebene der Kräfte und Flächen.

Hingegen existieren für die Drücke bezeichnende Veränderungen. Sie gehen in Richtung einer Verminderung auf Höhe des Fußgewölbes (MASK 2) gleich nach der Mobilisation (- 11,6 %; $0,05 > \alpha > 0,02$). Die ist um so interessanter, da wir parallel zu diesem Faktum in der gleichen MASK eine Verringerung der Fläche von 21,35 cm² in „1. M.“ auf 19,76 cm² in „2. M.“ und 19,79 cm² ($t = 1,73$ $0,10 > \alpha > 0,05$) feststellen.

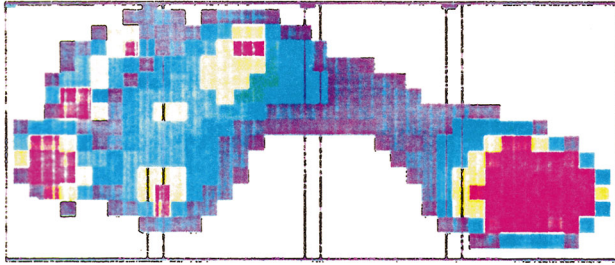
Wir vermuten daher, daß diese Zone wie eine Hängematte aufgebaut ist, und daß nach Anspannung dieser, sie nicht nur weniger den Boden berührt (Verminderung der Fläche), sondern sie auch weniger stark den Boden belastet (Verminderung des Druckes). Dies entspricht einer Höhlung des Fußes mit Verminderung der Fläche des Isthmusses. Wir finden auch eine Erhöhung der Drücke in der Zone der Metatarsalen (MASK 3) nach der Gehzeit von 5 min. Diese Patienten, erinnern wir uns, die schon einen halben Tag im Stehen verbracht haben (das Experiment wurde nachmittags gemacht), zeigen eine durchschnittliche Erhöhung der Drücke in der Ordnung von 14,38 % zwischen „1. M.“ und „2. M.“ und

Tabelle 3

Test nach Student für die Durchschnittswerte der Referenzgruppe

Referenzgruppe	Student 1. M./2. M.	Student 1. M./3. M.	Student 2. M./3. M.
Kraft (Totale)	- 0,568	- 0,076	0,495
MASK 1	- 0,678	- 0,543	0,159
MASK 2	0,104	0,096	- 0,008
MASK 3	- 0,865	- 0,561	0,348
MASK 4	0,356	0,309	- 0,059
Drücke (Totale)	0,615	- 0,747	- 1,404
MASK 1	- 0,531	- 0,886	- 0,383
MASK 2	0,167	- 0,270	- 0,416
MASK 3	0,067	- 0,673	- 0,727
MASK 4	1,043	0	- 1,097
Flächen (Totale)	0,368	0,356	- 0,011
MASK 1	- 0,123	- 0,075	- 0,048
MASK 2	0,343	1,597	1,297
MASK 3	0,173	0,307	0,127
MASK 4	0,604	0,685	0,068

foot length



Store_masks

hardcopy

Continue

Quit

Abb.3 ◀ MPP-Abdruck mit
(von rechts nach links) MASK 1–4

15,39 % zwischen „2. M.“ und „3. M.“ in der Zone der Metatarsalen.

All dies weist uns auf 2 Aspekte hin, die durch die analytische Mobilisation bewirkt werden:

- Zu allererst gibt es eine Anspannung der passiven Strukturen, der tiefen plantaren Aponeurose, die das Fußgewölbe aushöhlt (Verringerung der Fläche und des Druckes in MASK 2). Dies entspricht einer Anspannung oder Verkürzung der „Zwischenbalken auf dem Dachstuhl“ von De Doncker und Kowalski [2].
- Der 2. Aspekt ist muskulär, d. h. daß die analytische Mobilisation eine bessere Propriozeption oder Arthrozeption [6–8] mit sich bringt. Demnach ist die muskuläre Reaktion des Fußes besser, der Fuß ist dynamischer und dies rückt sich durch eine Druckerhöhung nach dem Gehen aus. Wir beobachten diese Dynamisierung nicht in der Referenzgruppe.

Wir finden in den Zonen MASK 1 und MASK 4 keine Veränderungen. Die erste entspricht dem Hinterfuß, die sich nur sehr schwach an die Bodenfläche adaptieren kann, da sie eine vertikale Struktur ist. Die Fläche, die den Fußzehen entspricht, ist durch die Mobilisation kaum verändert.

Für die Gesamtheit des Fußes (Gesamtdruck), stellen wir eine bedeutende Veränderung zwischen „1. M.“ und „3. M.“, sowie auch zwischen „2. M.“ und „3. M.“ fest; beide gehen in Richtung einer Druckerhöhung. Wir denken, daß dies ausschließlich das Abbild der Vorgänge in der MASK 3 ist.

Fazit

Unsere Anfangshypothese ist also nicht bestätigt worden und wir finden uns mit einem Fuß, dessen Druckzonen nach Mobilisation und Gehen erhöht sind. Trotz einer einzigen Behandlung zeigt sich schon, daß die analytische Mobilisation eine statische Wirkung auf den Fuß zur Folge hat.

Auf den ersten Blick scheint die analytische Mobilisation bei einem an Hyperpression in der Höhe der Metatarsalen leidenden Fußes nicht angebracht zu sein.

Es wäre interessant, die Wirkung dieser passiven Mobilisation unter Einbindung einer viel größeren Anzahl von Personen nach 10 oder 20 Behandlungen zu untersuchen.

Literatur

1. Berthe A (1980) **Les techniques de mobilisation passive du pied.** Ann kiné 7: 107–130
2. De Doncker E, Kowalski C (1979) **Cinésiologie et rééducation du pied.** Monographies de l'école des cadres de kinésithérapie de Bois-larris 11: pp 3–73
3. Mennel J (1964) **Joint pain, diagnosis and treatment using manipulative techniques.** Little Brown, Boston, pp 96–117
4. Pierron G et al. (1984) **Kinésithérapie 2, membre inférieur, bilans, techniques passives et actives.** Flammarion médecine sciences, pp 180–211
5. Plas F, Viel E (1979) **La marche humaine. Kinésiologie dynamique, biomécanique et pathomécanique.** Monographies de l'école des cadres de kinésithérapie de Bois-larris 5, 2. edn.
6. Sohier R, Sohier J (1982) **Justifications fondamentales de la réharmonisation biomécanique des lésions „dites ostéopathiques“ des articulations.** Editions Kiné-sciences, pp 19–70
7. Sohier R, Haye M (1989) **Deux marches pour la machine humaine.** Editions Kiné-sciences, pp 21–23
8. Sohier R, Gross M, Coll (1995) **La dynamique du vivant: Du rachis et des sacro-iliaques.** Editions Kiné-sciences, pp 9–42