

R. Sohier · F. Seel
Kiné-Sciences, Riehen

Biomechanisch stabilisierende und labilisierende Bewegungsrhythmen der Wirbelsäule

Öffnungs- und Entlastungsklammer-Mechanik am Wirbelsäulensegment

Dieser Artikel soll für Physiotherapeuten eine Hilfe bei der Therapie der Wirbelsäule sowie der Behandlung der gesamten Muskel- und Gelenkkette darstellen. Diese Analyse ermöglicht es, dem Patienten eine Therapie zu bieten, die genau auf ihn abgestimmt und für ihn spezifisch ist. Diese Therapie ist an die individuellen Strukturen und die momentane Bewegungsqualität des Patienten adaptiert.

Ferner soll auf das analytische Behandlungskonzept von Raymond Sohier eingegangen werden. Der Artikel findet eine Ergänzung in einer weiteren Arbeit von Sohier u. Seel [2].

Lendenwirbelsäule

Die Biomechanik muss auch als Analyse der Antwort des Körpers auf die mechanischen Beanspruchungen betrachtet werden. Dies bedeutet u. a., dass die Qualität der Arthrozeption und die Qualität des biologischen und biophysischen Apparats eine bedeutende Rolle spielen.



Abb. 1 ▲ Dieser Sagittalschnitt der Lendenwirbelsäule zeigt ventral die Wirbelkörper mit ihren Strukturen (Spongiosa sowie die Einordnung der Trajektorienbalken). Zwischen den Wirbelkörpern muss man sich die Bandscheibe vorstellen. Dorsal stellen sich der dichte, kompakte Knochen der Pedikel-Lamina-Gelenkfacetten und die Dornfortsätze dar

Als Beispiel wird im Folgenden die Lendenwirbelsäule vorrangig betrachtet werden (Abb. 1).

De Sambucy (Paris) nannte den ventralen Anteil der Wirbelsäule die „Schwammwirbelsäule“ und den dorsalen die „Elfenbeinsäule“.

Diese Aussagen bilden eigentlich ein Paradoxon, da die Belastungsaufteilung zwischen Wirbelkörper und Bandscheibe einerseits und dem dorsalen Facet-

Raymond Sohier (Belgien) hat für seine Arbeiten an der Wirbelsäule und den peripheren Gelenken 3 wissenschaftliche Preise bekommen: Preis V.N.B.K. 1959; Preis A.K.B. 1965; Preis Vergawuen 1969.

F. Seel
Kiné-Sciences, Paradiesstrasse 3,
4125 Riehen, Schweiz



Abb. 2 ▲ Blick auf ein Wirbelsegment. Die untere Deckplatte vom oberen Wirbel und die obere Deckplatte vom unteren Wirbel sind durch die Pediculi mit dem Facettensystem verbunden



Abb.3 ▲ **Stützungsqualität der Facetten**

tenapparat andererseits in eine andere Richtung weisen.

Der ventrale Apparat übernimmt ca. 70% der Gesamtlast und der dorsale Apparat ca. 30%. Interessanterweise bestehen die Wirbelkörper ventral aus Spongiosa und gelten somit als nicht hoch widerstandsfähig (siehe Wirbelkörperfrakturen). Die Bandscheibe bietet als hydraulisches, verformbares, geschlossenes Volumen mehr Widerstand als der dorsale Teil der Wirbelsäule, der aus dichtem, starren Knochen besteht. Die strukturellen Gegebenheiten entsprechen daher nicht den biomechanischen Funktionen. Die Kräfteverteilung und nicht die Form scheint eine wichtige Rolle zu spielen.

Es stellt sich daher die Frage, wie sich alle Kräfte am Wirbelsegment verteilen und ordnen, um eine volle statische und dynamische Belastung zu ermöglichen.

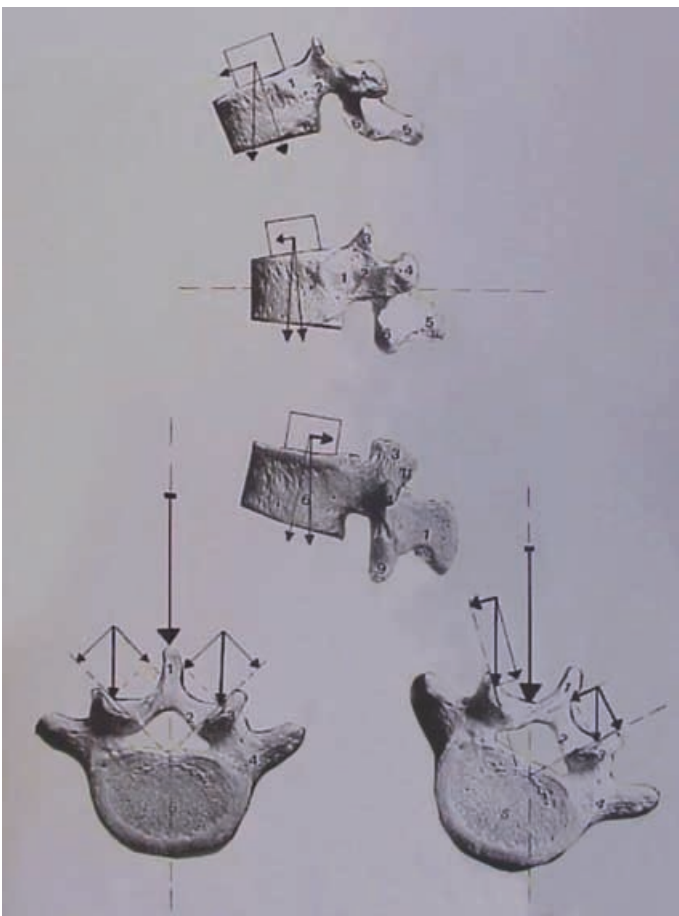


Abb.4 ▲ **Die Qualität des Facettenschlusses hängt in erster Linie vom Neigungsgrad der verschiedenen schiefen Ebenen ab. Eine dominante Rotation mit eventueller Vorneigung führt zu unterschiedlicher Facettenbelastung und im Wachstum zu unterschiedlicher Formbildung (unten rechts)**

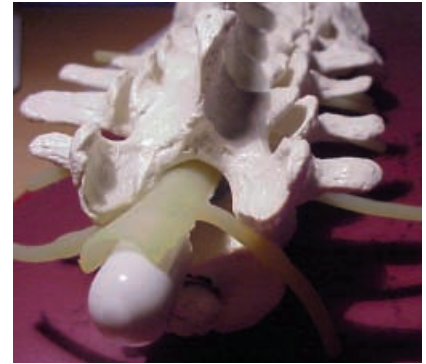


Abb.5 ▲ **Verschiedene Bewegungsrhythmen an der Wirbelsäule. Auf der rechten Seite sind die Facettengelenkflächen konkav, auf der linken Seite eher abgeflacht**

Öffnungs- und Entlastungs- klammer-Mechanik

Im Folgenden sollen nur einige Grundgedanken dieses Konzepts wiedergegeben werden. Ergänzende Literatur findet sich bei Dölken [1].

Bei der näheren Betrachtung eines Wirbelsegments erkennt man die Verbindung der unteren Deckplatte vom oberen Wirbel und der oberen Deckplatte vom unteren Wirbel durch die Pediculi mit dem Facetten-System (Abb. 2). Wenn wir an den Knochenhebel der Dornfortsätze denken, bildet sich hier ein doppelseitiger Hebel mit einem momentanen Dreh- und Stützpunkt auf der Gelenkfläche der Facetten. Dieser momentane Dreh- und Stützpunkt bietet variable Stellungen:

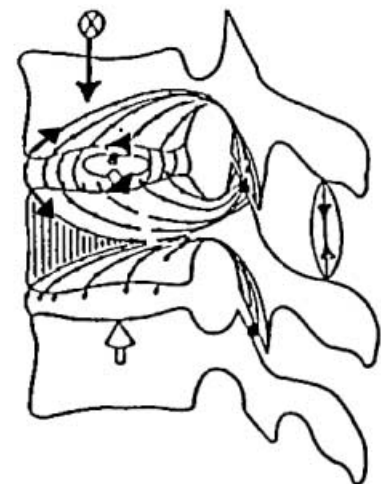


Abb.6 ▲ **Druck- und Spannungsfeld durch die Fasern des Anulus fibrosus und die Wirbeltrabekel in einem Wirbelsegment**

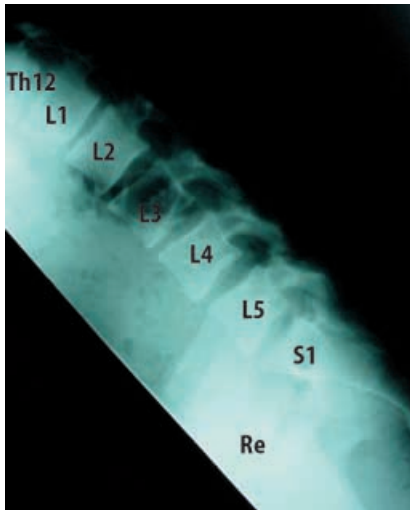


Abb. 7 ▲ **Dynamische Aufnahmen in maximaler Anteflexion. Bandscheibenräume geschlossen bei Th12-L1-L2, Bandscheibenräume dorsal geöffnet und ventral verschlossen bei L2-L3-L4-L5-S1**

- kraniale – Divergenz,
- zentrierte – Nullstellung,
- kaudale – Konvergenz.

Wenn wir an das linke und rechte Facetten-System denken, bildet das System einen zweifachen doppelseitigen Hebel. Es ist ein „Präzisionsgerät“ mit großer Adaptationsfähigkeit, aber auch für pathomechanische Rhythmen und pathomechanische Veränderungen anfällig.

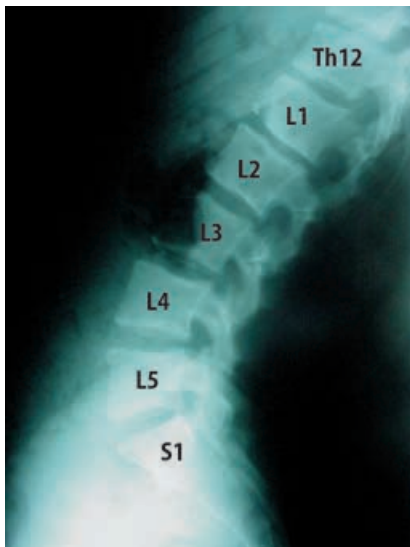


Abb. 8 ▲ **Dynamische Aufnahmen in maximaler Retroflexion. Bandscheibenräume geschlossen bei Th12-L1-L2, Bandscheibenräume dorsal geöffnet und ventral verschlossen bei L2-L3-L4-L5-S1 sowie Verlust des Facettenschlusses und Konvergenz bei L3-L4**

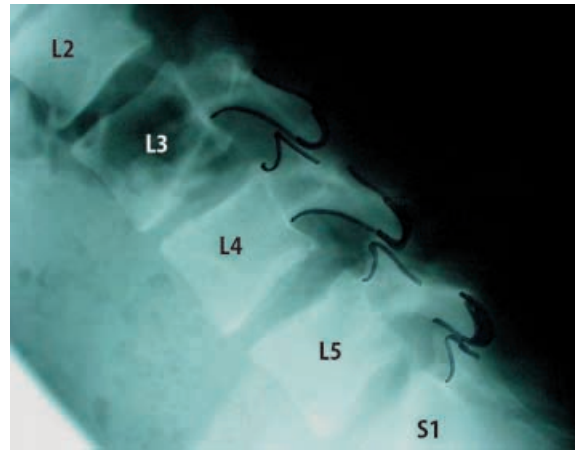


Abb. 9 ► **Maximale Anteflexion**

Die pathomechanische Stellungsänderung im Sinne von Konvergenz ist für die Öffnungsklammer am bedeutsamsten und ist die zentrale Frage bei der Untersuchung des Patienten. Ohne diesen momentan Dreh- und Stützpunkt könnten wir uns nicht aufrichten und noch weniger eine gesteuerte Bewegung durchführen. Hätten wir nur Bandscheiben und Wirbelkörper, würden wir uns unter der Last und Muskelspannung verkrümmen.

Die Stützungsqualität der Facetten wird durch die Rotation und die Intensität der Normalkräfte auf den Facettenebenen erhöht oder vermindert (Abb. 3, Abb. 4).

Abbildung 5 zeigt konkave Facettengelenkflächen auf der rechten Seite und eher abgeflachte auf der linken Seite. Dies spricht für 2 verschiedene Bewegungsrhythmen. Die rechte Seite wurde mehr als Momentendrehpunkt benutzt und mehr sagittal belastet. Die linke Facetten hatten noch eine frontale Komponente. Dieses Modell hatte in der Dynamik rechts eher einen stabilisierenden, bis steiferen Rhythmus und links einen labilisierenden, bis instabilen Rhythmus. Wir haben hier zwei verschiedene Qualitäten von Momentendreh- und -stützpunkten für die Öffnungsklammer und den diskovertebralen Dreifuß kennengelernt. Die Qualität der lokalen Arthrorezeption ist für die motorische Führung maßgebend.

Aufgrund dieser Analyse können wir die Öffnungsklammermechanik erweitern, und verstehen, warum die ventrale „Schwammwirbelsäule“ so viel Belastung ohne strukturelle Schädigungen aushalten kann. Ein doppelseitiger Hebel wie eine Wäscheklammer ist biomechanisch

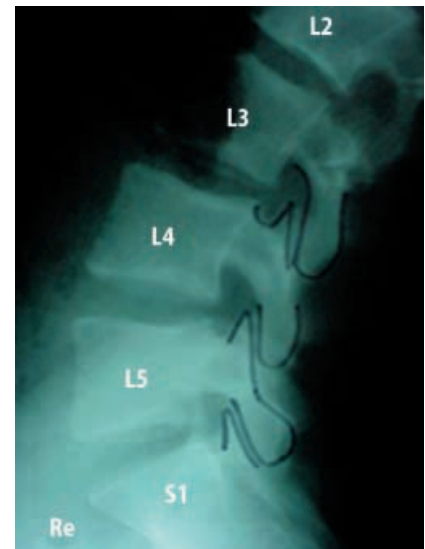


Abb. 10 ▲ **Maximale Retroflexion**

nicht effizient, weil die ventralen Hebel die oberen und unteren Wirbel bei der Öffnung komprimieren würden, entsprechend einem Drucksystem.

Raymond Sohier analysierte die Biomechanik und zog aus diesen Untersuchungen den Schluss, dass ein Druck- und Spannungsfeld vorliegt, welches viel widerstandsfähiger ist als nur ein Druck- und Stützsysteem. Das Spannungsfeld bildet sich durch den Faserring Anulus fibrosus und die Wirbeltrabekel (s. Abb. 2). Beide werden über die Öffnungsklammer und die dorsale Muskelspannung unter Zug gesetzt.

Die Belastung der Bandscheibe erhöht die Spannung der Fasern des Anulus fibrosus und setzt die Deckplatten der Wirbelkörper unter Zug. Die Gegenspannung auf den Deckplatten ergibt sich aus dem Zug der Trabekel, welche

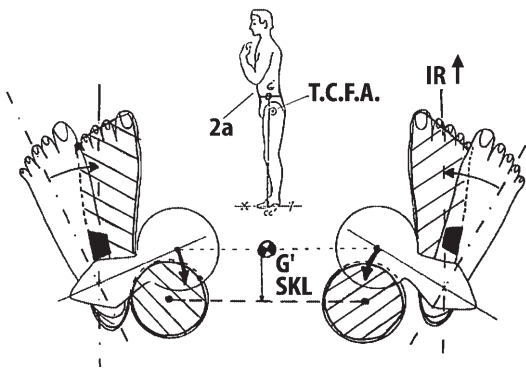


Abb. 11 ◀ Gangart von oben



Abb. 12 ▲ Gangart von oben: anatomische Gegebenheiten

noch durch die Muskelaktivität erhöht wird. Auf dem Niveau der Deckplatten gilt der Gleichgewichtsgrundsatz „Aktion gleich Reaktion“. Dieses Öffnungsklammersystem ermöglicht die hohe ventrale

Wirbelkörper- und Bandscheibenbelastung trotz scheinbar ungeeigneter Strukturen (Abb. 6).

Veränderungen bei dynamischen Bewegungen

Um einige Ideen zur visualisieren, sollen einige Röntgenbilder eines Patienten vorgestellt werden (Abb. 7, Abb. 8). Bei maximaler Anteflexion verteilt sich die Facetten-Divergenz und die Verformung der Bandscheibenräume sehr unterschiedlich. Bei maximaler Retroflexion lässt sich beobachten, dass die Konvergenz von L2 bis L5 fast komplett stattfindet, aber keine Änderung zwischen Th12 und L2. Dieser Abschnitt kann als steif bezeichnet werden. Die globale Bewegungsamplitude kann befriedigend sein, aber die korrekte biomechanische Verteilung fehlt.

In Abb. 9 stellt sich zwischen L3 und L4 keine komplette Divergenz bei maximaler Anteflexion dar, zwischen L4-L5 stehen die Facetten nahe an der Divergenzgrenze. Bei maximaler Retroflexion konvergieren L3-L4 sehr tief mit dem

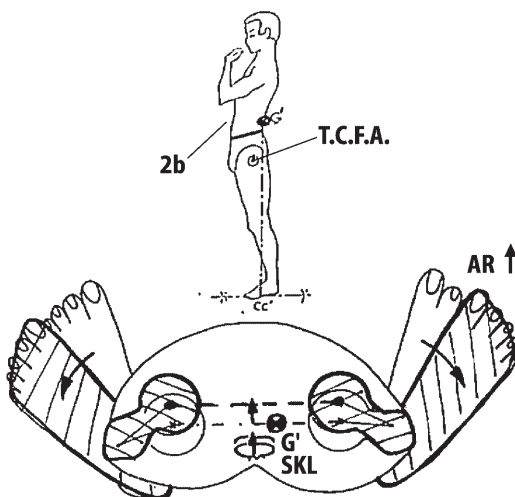


Abb. 13 ◀ Gangart von unten

Verlust des Facettenschlusses (Abb. 10). Die Arthrozeption versagt und die M. rotatores spinae und multifidii bieten kein Gelenkschutz. Das Segment hat einen labilisierenden Rhythmus. L4-L5 konvergieren nicht vollständig, wobei die Divergenz sehr groß war. Der biomechanische Bewegungsrhythmus dieser beiden Etagen ist gestört:

- L3-L4 labil in Konvergenz,
- L4-L5 labil in Divergenz.

Die segmentale Stabilisation ist nicht nur in Flexion (Kyphosierung) und Extension (Lordosierung) zu sehen, sondern auch im ganzen Verwindungs- und Entwindungssystem (Rotationsmechanismen; s. Abb. 3, Abb. 5). Eine dominante Rotationsrichtung kann den labilisierenden Rhythmus noch erschweren, z. B. wenn bei L3-L4 (s. Abb. 10) eine „negative Rotation“ vom Oberkörper oder eine „positive Rotation“ vom Becken aus entsteht. In diesem Fall wird diese Etage unter Belastung sehr instabil, weil die Facetten intermittierend getrennt sind. So können die Strukturen progredient zerstört werden.

Gangarten

Die Gangarten lassen sich in folgende 2 Gangarten unterteilen [2]:

- Gangart von oben (Abb. 11, Abb. 12),
- Gangart von unten (Abb. 13, Abb. 14).



Abb. 14 ▲ Gangart von unten: anatomische Gegebenheiten



Abb. 15 ▲ **Behandlungsaufbau.** Der Patient ist in Seitenlage, von dorsal aus gesehen. Das Röntgenbild zeigt einen pathomechanischen Facettenzustand mit linksseitiger Konvergenz von L4-L5

Gangart von oben

Die Gangart von oben ist dadurch charakterisiert, dass die Schwerkraftlinie (SKL) ventral von der Transkoxofemorallachse (TCFA) verläuft und auf das



Abb. 16 ◀ „Analytische Mobilisation“ und „Reharmonisierung“ durch Wiederherstellung der Öffnungsklammer-Mechanik



Abb. 17 ◀ **Zentrierende Kräftigung**

Chopartgelenk fällt. Ihr biomechanischer Bewegungsrhythmus auf dem Niveau Hüfte soll im Folgenden vorgestellt werden. Die ventrale SKL fordert zu Beginn der Standbeinphase eine Flexion des proximalen Hebels, die Hüfte rotiert nach innen, die Schenkelhalse orientieren sich mehr frontal und die TCFA geht nach dorsal, was die Flexion erleichtert. Beim Bodenanschlag der Ferse wird die Stoßwelle zum Teil durch diese Flexion des Beckens und die bremsende, „auf-fangende“ Extensionsaktivität der ischiokruralen Muskulatur „gedämpft“. Die Aktivität der ischiokruralen Muskulatur richtet das Becken wieder auf (s. Abb. 12). Es liegt eine Wechselbelastung im Sinne von Flexion und Extension vor. Um sich diesen Rhythmus in seiner Amplitude und zeitlich vorstellen zu können, kann man ihn mit einem flexiblen Stab vergleichen, welchen man senkrecht zwischen Boden und Hand hält und von der Hand aus einen raschen Stoß nach unten ausführt. Der Stab biegt sich schnell (analoge Flexion) im Sinne einer Stoßdämpfung und richtet sich wieder auf (Aktivität der ischiokruralen Muskulatur), um für den nächsten Stoß bereit zu sein. Der pathomechanische Rhythmus entsteht beispielsweise bei Außenrota-



Abb. 18 ▲ **Steigende Belastung**

tion der Hüfte. Die Extension der Hüfte entsteht durch den ventralen Anschlag am Hüftgelenk. Die Flexion findet ungenügend statt, ohne die dämpfende Wirkung der ischiokruralen Muskulatur. Die Öffnungsklammer L5-S1 funktioniert durch diese Extension (Becken, gegenüber dem Hüftgelenk) mit ungenügendem Facettenschluss, die Bandscheibe erlebt keine korrekte Wechselbelastung, sie degeneriert, und die Etage labilisiert sich.

Gangart von unten

Bei der Gangart von unten liegt die Schwerkraftlinie dorsal der TCFA (s. Abb. 13, Abb. 14). Die dorsale SKL löst beim Fersenanschlag zuerst eine Hüftextension aus, welche durch den M. iliopsoas gedämpft wird. Der Psoas flektiert die Hüfte. Der pathomechanische Rhythmus entsteht z. B., wenn die Hüfte beim Fersenanschlag innenrotiert ist. In diesem Fall entsteht durch die Bodenstoßkraft eine Hüftbeanspruchung im Sinne einer Flexion, welche den M. iliopsoas ausschaltet und somit vor Ort weniger Dämpfung zulässt. Die dorsale SKL löst zu wenig Impuls für die ischiokruralen Muskulatur aus, die Flexionsdämpfung fällt aus.

Die Kompensation erfolgt in der Lendenwirbelsäule. Das Niveau L5-S1

bleibt durch die Flexion stabil bis unbeweglich. L4–L5 und L3–L4 werden durch die SKL dorsal beweglicher und labiler bis instabil. Es entstehen beispielsweise analoge Zustände wie in Abb. 9 und Abb. 10.

Therapie

Aufgrund der erhobenen Befunde und der Röntgendiagnostik kann die Therapie gestaltet werden (Abb. 15, Abb. 16, Abb. 17, Abb. 18). Es stellt sich nicht die Frage, welche passiven und aktiven Maßnahmen angewendet werden müssen, sondern, welcher biomechanischer Bewegungsrhythmus von der Etage L4–L5 aus (pathomechanischer Zustand bei linksseitiger Konvergenz) bis in die gesamte Muskel- und Gelenkkette (Gang und Statik) wiederhergestellt werden muss. Die „analytische Mobilisation“ und

„Reharmonisation“ (s. Abb. 16) sorgt für die lokale segmentale Stabilisation, indem die Öffnungsklammer-Mechanik wiederhergestellt wird, und ermöglicht das korrekte Einsetzen eines Muskelkräftepaars, das aus den M. rotatores spinae und M. multifidii auf einer Seite, und dem M. longissimus dorsi, M. iliocostalis lumborum und M. iliocostalis dorsi auf der anderen Seite gebildet wird. Dieses Kräftepaar ist bei der Kontrolle der Verwindung- und Entwindungsrhythmen sehr effizient. Diese Korrektur bleibt als Basistherapie und Grundmuster für die „zentrierende Kräftigung“ (s. Abb. 17) und steigende Belastung (s. Abb. 18). Ein ähnlicher Mechanismus ist auch in der Wassertherapie wirksam.

Fazit für die Praxis

Der zweite Teil des zweiteiligen Beitrags von R. Sohier und F. Seel stellt die Grundgedanken der Öffnungsklammer-Mechanik vor. Diese Ausführungen zeigen, dass die segmentale Stabilisation nicht nur von der quantitativen Kraft, die lokal ange-

wendet wird, abhängig ist, sondern vom biomechanischen Rhythmus, der lokal und in der gesamten Muskel- und Gelenkkette zurückgewonnen werden muss.

Die Arthrozeption muss vorrangig wiederhergestellt werden. Dies bedeutet, dass zuerst eine qualitative, dann eine quantitative Arbeit erfolgen muss. Viele Fälle mit chronifizierten Beschwerden könnten dadurch verhindert werden. Dies sollte in der alltäglichen Praxis beachtet werden.

Literatur

1. Dölken M (1999) Das physiologische Dekompressionssystem des Bewegungssegments der Wirbelsäule. Darstellung am Beispiel der LWS in der Sagittalebene. *Manuelle Medizin* 37:152–157
2. Sohier R, Seel F (1997) Aus der Dynamik des Lebenden, die zwei Gangarten für die „Menschliche Maschine“. *Physiotherapie*