

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

Die zwei Gangarten der „menschlichen Maschine“

Die Analyse der Wirbelsäule auf biomechanischer Basis ist die Grundlage für jeden praktizierenden Physiotherapeuten. Raymond Sohier beschreibt die Untersuchung der einzelnen Wirbelsegmente als Öffnungs- und Entlastungsklammer sowie als gesamtes Druck- und Spannungsfeld. Diese Begriffe werden in einer Arbeit von M. Dölken dargestellt und illustriert [1].

Ziel der zweiteiligen Arbeit war es, weitere bio- und pathomechanische Bewegungsrhythmen der „menschlichen Maschine“ in der alltäglichen Dynamik zu analysieren und vorzustellen.

Der erste Teil beschäftigt sich mit dem Gang und stellt die zwei Gangarten nach R. Sohier in den Vordergrund. Die Ergebnisse und die Angaben über die Öffnungsklammer dienen als Grundlagen für die Analyse der zu Instabilität und Stabilität führenden Rhythmen der Wirbelsäule unter dem Einfluss einiger Mechanismen während des Gehens unter besonderer Berücksichtigung der Hüfte.

M. Dölken

Analytisches Konzept nach R. Sohier

Die Dynamik des Menschen wurde in physiotherapeutischen Kreisen sehr verschieden und differenziert beschrieben. Diese Dynamik wird in der vorliegenden Arbeit unter dem Blickwinkel des analytischen Konzepts nach Raymond Sohier betrachtet. Diese Arbeit soll einen Einstieg in diese Philosophie ermöglichen, ohne vollständige Analysen durchzuführen.

Wenn man von einem Bewegungsapparat spricht, muss man auch von einem Stützapparat sprechen. Unsere Gelenkkette ist nicht nur für die Bewegung verantwortlich, sondern auch für die Stützung. Die Qualität der Stützung ist eine Voraussetzung für die effiziente Bewegung (s. Abb. 1, 2, 3, 4, 5, 6).

Die Kraftanalyse führt zur Ganganalyse, die zu dem Ergebnis kommt, dass es zwei Gangarten gibt (s. Abb. 7, 8, 9, 10):

- „Gangart von unten“;
- „Gangart von oben“.

Das Zusammenspiel von Druck- und Scherkräften beeinflusst die Strukturen

und bestimmt zum Teil die biologische Reaktion von Gewebe. Das biomechanische Gleichgewicht unterstützt die Gesundheit der Strukturen und somit auch ihre Belastbarkeit. Die Scherkräfte lösen pathomechanische Bewegungsrhythmen aus, welche zu pathomechanischen Veränderungen der Gelenke führen: die Gelenke dezentrieren sich. Die Strukturen zerstören sich progredient, und rückwirkend ändert sich die komplette „Dynamik des Menschen“ in Sinne von Normabweichungen beim Ablauf einer der beiden Gangarten.

Statik

In Abbildung 1 wird der Unterschied zwischen labilen und stabilen Gleichgewichtsverhältnissen aufgezeigt. Die Schwerkraftlinie eines senkrecht stehenden Stabs fällt auf eine kleine Unterstützungsfläche, das Gleichgewicht ist mechanisch labil. Der Schwerpunkt des gleichen, horizontal daneben liegenden Stabs fällt auf eine große Unterstützungsfläche.

F. Seel
Kiné-Sciences, Paradiesstraße 3, 4124 Riehen,
Schweiz

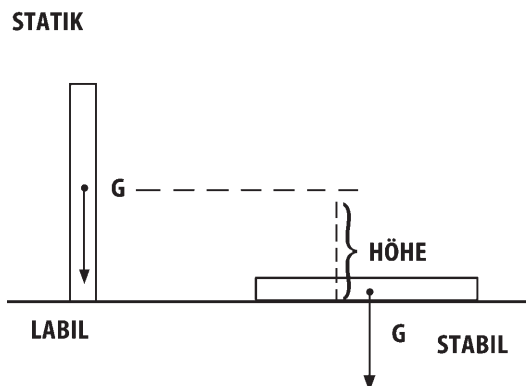


Abb. 1 ► Stabile und labile Gleichgewichtsverhältnisse

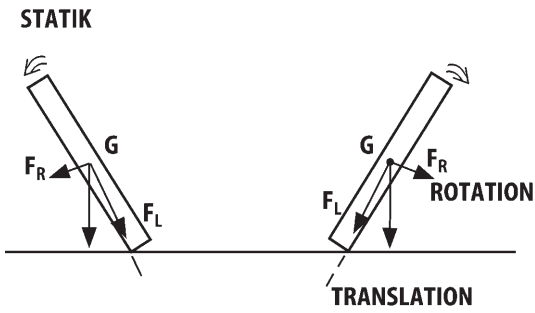


Abb. 2 ◀ **Rotation und Translation.**
 FR rotatorische Komponente,
 FL translatorische Komponente,
 G Gewichtskraft

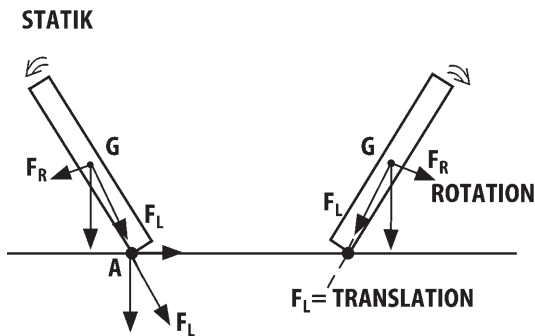


Abb. 3 ◀ **Auslösung von Kräften durch die longitudinale Komponente im Drehpunkt A.** FR rotatorische Komponente, FL translatorische Komponente, G Gewichtskraft

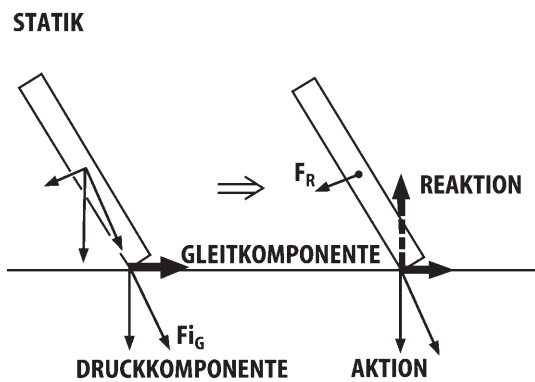


Abb. 4 ◀ **Gleit- und Druckkomponenten und ihre Bedeutung für die Stabilität des Drehpunkts.** FR rotatorische Komponente, FL translatorische Komponente, G Gewichtskraft

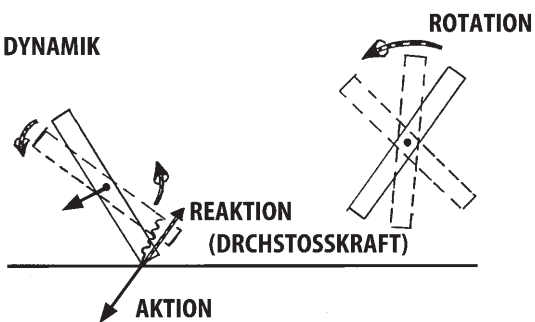


Abb. 5 ◀ **Veränderungen bei dynamischen Verhältnissen (z. B. Werfen des Stabs)**

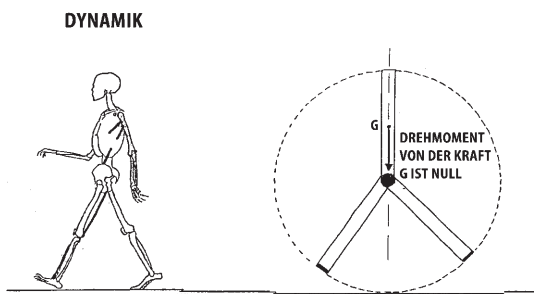


Abb. 6 ◀ **Modell mit Schwer- und Drehpunkt im Zentrum des Rads und Gewichtskraft, die auf das Rotationszentrum fällt. Dieser Körper kommt von sich alleine nicht in Bewegung.** G Gewichtskraft

zungsfläche, sein Gleichgewicht ist mechanisch stabil.

Die Schwerpunkte beider Stäbe zeigen einen großen Unterschied. Um von der Horizontale in die Senkrechte zu kommen, erfordert es zusätzliche Energie. Bei einer Veränderung von der Senkrechten in die Horizontale kommt es zu einem Verlust an potentieller Energie und einem Gewinn an kinetischer Energie.

Physik

Physikalisch gesehen gibt es nun zwei Bewegungsarten (Abb. 2):

- Rotation,
- Translation.

Wenn der Körper in die eine oder andere Richtung kippt, teilt sich die Gewichtskraft in:

- eine translatorische Komponente FL (longitudinale Komponente); ihre Wirkungslinie geht vom Schwerpunkt aus durch den Drehpunkt.
- eine rotatorische Komponente FR (senkrecht zur Longitudinalen).

Bei der Bewegung beobachten wir wieder die Höhenvariation beider Schwerpunkte. Das heißt, dass wir beim Verlust von potentieller Energie und bei Steigerung der kinetischen Energie an Geschwindigkeit gewinnen. Wenn wir die Geschwindigkeit konstant halten wollen, müssen wir bremsen.

Die longitudinale (translatorische) Kraftkomponente (Abb. 3) löst auf dem Niveau des Drehpunkts A zwei Kräfte aus, die erste senkrecht zur Stützebene, die zweite parallel zur Stützebene.

Die horizontale Komponente (Abb. 4) wird zur Gleit- oder Scherkomponente. Die senkrechte Komponente wird zur Druckkomponente.

Das Verhältnis zwischen beiden Kräften definiert die Stabilität des Drehpunkts und ist damit für die Bewegung (hier die Rotation) mitverantwortlich.

Die Druckkomponente löst die Bodengegenkraft aus, entsprechend der Reaktion, wenn der Grundsatz „Aktion gleich Reaktion“ gilt. Dadurch entsteht ein mechanisches Gleichgewicht (Kräfte-Nullpunkt).

Die Reaktion und die rotatorische Komponente bilden ein Kräftepaar, welches das Kippen des Stabs ermöglicht.

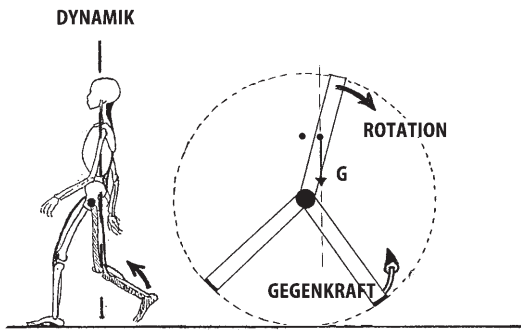


Abb. 7 ◀ **Veränderungen des Drehmoments bei einem Modell mit einer Gewichtskraft, die hinter das Rotationszentrum fällt (Gangart von unten)**

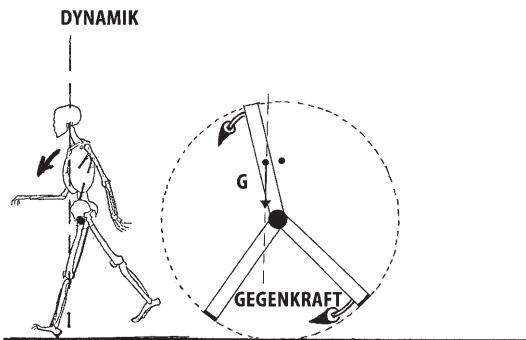


Abb. 8 ◀ **Veränderungen des Drehmoments bei einem Modell mit einer Gewichtskraft, die vor das Rotationszentrum fällt (Gangart von oben)**

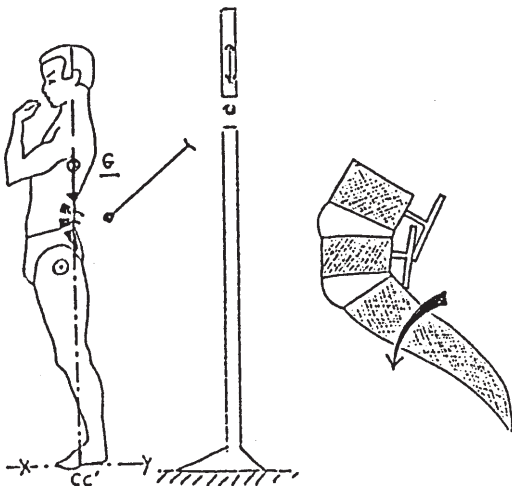


Abb. 9 ◀ **Gangart von unten**

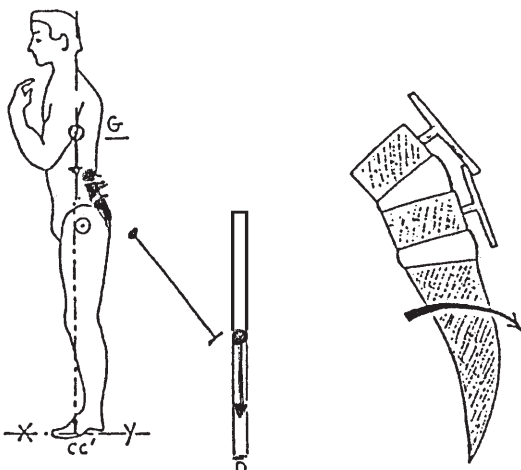


Abb. 10 ◀ **Gangart von oben**

Dies stellt eine Visualisation der Gelenkbedürfnisse während ihrer Funktion dar. Ein guter Stützapparat ist die Voraussetzung für einen guten Bewegungsapparat. Hier zeigt sich, dass ein Gelenk zuerst eine gute Stützung bieten muss, bevor es eine qualitativ gute Bewegung zulassen kann. Bewegung alleine ist keine Garantie für Gelenkqualität.

Dynamik

Wird ein Stab geworfen (Abb. 5), so bewirkt die initiale rotatorische Kraft eine Drehung des Körpers um seinen Schwerpunkt. Geschwindigkeit und Luftturbulenz führen zur Verlagerung des Drehpunkts. Es bilden sich Momentandrehpunkte.

Wenn der Stab am Boden aufprallt, erfährt der Kontaktpunkt die Reaktion des Bodens, ähnlich ist die Fersenlandung am Ende der Spielbeinphase während des Gangs. Diese Kraft hat eine Intensität, die mehr als das Körpergewicht betragen kann.

Beim Auftreffen der Fersen bildet sich eine Durchstoßkraft von 350 km/h, die durch unseren Gelenkapparat geht. Jedes Gelenk muss einen Teil dieser Durchstoßkraft dämpfen können. In der Dynamik des Menschen dürfen wir diese Reaktion nie vergessen, wenn wir die Strukturen positiv beeinflussen wollen, d. h. diese in einem biomechanischen Rhythmus halten wollen.

Abbildung 6 zeigt ein erweitertes, fortgeschrittenes Modell. Der Schwerpunkt des Systems ist im Zentrum des Rads und dient als Drehpunkt. Die Wirkungslinie der Gewichtskraft G fällt auf das Rotationszentrum. Es entsteht kein Krafthebel. Das Drehmoment ist 0. Dieser Körper kommt von sich alleine nicht in Bewegung (hier in Rotation). Damit er in Bewegung kommt, müsste der Körper seine Form so ändern, dass ein Krafthebel in Bezug zum Rotationszentrum entsteht.

Ein ähnliches Modell ist das Modell, bei dem die Gewichtskraft hinter das Rotationszentrum fällt (Abb. 7). Das Drehmoment rotiert das System spontan im Uhrzeigersinn. Wenn wir eine Gegenrotation wollen, müssen wir eine Kraft dazufügen, damit die Rotation entsteht.

Das Modell entspricht dem Menschen mit der Schwerkraftlinie, die dorsal von der Transkoxofemoralachse

(TCFA) fällt. TCFA bedeutet die Linie, die durch beide Hüftgelenkszentren verläuft.

Fügt man dem Modell ein Drehmoment zu, welches eine Rotation im Gegenuhrzeigersinn auslöst, fällt die Wirkungslinie der Gewichtskraft ventral vom Rotationszentrum (Abb. 8). Dieses Modell entspricht dem Menschen mit der Schwerkraftlinie ventral der TCFA.

Gangarten

Die Abbildungen 7 und 8 zeigen, dass es 2 Typen gibt, die in der Statik und Dynamik vorwiegend folgende Merkmale aufweisen:

- dorsale Schwerkraftlinie,
- ventrale Schwerkraftlinie.

Die ersten entsprechen dem Typus „Gangart von unten“, die zweiten dem Typus „Gangart von oben“. Die folgende Beschreibung betrifft meistens den Beginn der Standbeinphase, wenn die Belastung steigt.

Gangart von unten

Einige Kennzeichen dieser Gangart sind (Abb. 9):

- Schwerkraftlinie dorsal der Transkoxofemoralachse,
- Schwerkraftlinie fällt auf das Chopart-Gelenk,
- Grundimpuls entsteht durch den M. triceps surae,
- Gang mit Außenrotation und Abduktion in der Hüfte,
- Armpendel entsteht mit eher gestreckten Ellenbogen, das Segment pendelt gerne dorsal von der Frontalebene.

Gangart von oben

Die Gangart von oben charakterisiert sich durch (Abb. 10):

- Schwerkraftlinie ventral der Transkoxofemoralachse,
- Schwerkraftlinie fällt auf das Chopart-Gelenk,
- Innenrotation und Adduktion in der Hüfte,
- Grundimpuls geht vom Rumpf aus,
- Schultern sind eher in retrahierter Stellung,
- Armpendel entsteht eher auf Höhe der Ellenbogen.

Biomechanisches Gleichgewicht

Diese beiden Gangarten sind biomechanische Normen, man spricht von biomechanischem Gleichgewicht. Die Strukturen haben sich während des Wachstums adaptiert und haben sich den Kräften nach geformt. Die arthrozeptiven Stimuli sind normal, und die Strukturen werden positiv stimuliert. Der Bewegungsrhythmus löst keine pathomechanischen Veränderungen aus. Jede Gangart hat ihre individuelle Norm. Es sind die Abweichungen von der Norm, die Konsequenzen für die Strukturen bedingen. Die Durchstoßkraft und deren Auftreffpunkt auf der Gelenkfläche sowie die Scherkräfte führen zur Dezentrierung der Gelenke und somit zur Störung des Spannungsgrads der periartikulären Gewebsstrukturen.

Die Entstehung pathomechanischer Veränderungen hat eine gewisse Gesetzmäßigkeit. Diese pathomechanischen Veränderungen sind früh zu erkennen. Eine frühzeitige Korrektur spielt eine essentielle prophylaktische Rolle, und der Bewegungsablauf korrigiert sich damit. Diese Aspekte können im Rahmen der arthrozeptiven Bewegungslehre gesehen werden. Die weiteren Kraft-Korrekturen entstehen in der Muskulatur. Die Kräftigung der Muskulatur muss zentrierend wirken.

Fazit für die Praxis

Der erste Teil des zweiteiligen Beitrags von R. Sohier und F. Seel beschäftigt sich mit einem biomechanischen Kraftmodell und den daraus resultierenden Gangarten des Menschen. Diese können unterteilt werden in:

- Gangart von unten,
- Gangart von oben.

Die Differenzierung basiert im Wesentlichen auf der Lage der Schwerkraftlinie, die bei der Gangart von unten dorsal der Transkoxofemoralachse und bei der Gangart von oben ventral der Transkoxofemoralachse verläuft.

Veränderungen von Druck- oder Scherkräften an einem Gelenk führen zu pathomechanischen Veränderungen des Gelenks, der umgebenden Strukturen und der Gangarten. Die frühzeitige Korrektur dieser Veränderungen sollte in die therapeutischen Überlegungen miteinbezogen 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