

Der Knochen als Druckstab in einem Seilspannwerk, dargestellt am Beispiel der Hüfte und der Schulter

M. Möser und W. Hein

(International Symposium on Wolff's Law and Orthopaedical Pathophysiology, Berlin, 4.-7. April, 1990, Abstracts, p. 14 -15; digitalisiert 3.1.2006)

Wenn man sehr leicht bauen muss, bedient man sich meist des Seilspannwerkes. Hierbei werden die Elemente so zusammengefügt, dass keine Biegung aufkommt, sondern Druck oder Zug, wobei nur die Druckelemente steif ausgeführt sind. Geometrische Grundform ist das Dreieck. Zu vermuten ist, dass die Natur beim Halteapparat des Wirbeltieres ebenfalls nach diesem Prinzip verfahren hat. Technische Beispiele sind neben Hänge- und Spannseilbrücken, Großmasten und Zelten auch Turmkrane, und von einem solchen gehen unsere Betrachtungen für den Einbeinstand des Menschen aus, Abbildung 1.

Wenn das Auflager, hier der Fuß, genau unter den Punkt der Lasteinleitung (Kreuzbein) zu liegen kommt, kann das System balancieren. Als Turm dienen die Beinknochen. Die standbeinseitige Beckenhälfte bildet den Lastausleger. Dieser wird vom "Tractus" zurückgehalten, der über den Trochanter major ("feststehende Rolle") als Gegenausleger zum Auflager zieht.

In Abbildung 2 wurden in den Lastausleger zwei Gelenke eingeführt, das Hüftgelenk und das Kreuzbein-Darmbein-Gelenk. Zur Aussteifung werden das Sitzbein und die Darmbeinschaukel benötigt, die durch Muskeln (die Rotatoren) und Bänder umlaufend verspannt werden. Der Tractus setzt nun an der Crista iliaca an.

In Abbildung 3 wurde das Bein ausgefacht: Der Tractus spaltet sich nach unten zu in den Tractus iliotibialis und den Tractus suprapatellaris auf. Ersterer führt seitlich zum Tibiaplateau, von wo sein Zug durch die laterale Unterschenkelmuskulatur zum Fuß weitergeleitet wird. Letzterer endet in der Kniemitte und bewirkt dort den Knick zwischen Femur und Tibia, also das physiologische X-Bein.

Bis hierher wurde für den Tractus eine passive Anpassung angenommen. Erreicht wird sie durch ein Verkippen des Beckens. Soll das Becken in Waage gehalten werden, muss der Oberkörper verkippt werden (Abbildung 4). Dabei entsteht ein Drehmoment, das über die lateralen Rückenmuskeln und die Kreuzbein-Darmbein-Bänder zum unteren Ende des Kreuzbeines geleitet wird. Dort setzt der Gluteus maximus an, der im Seitenzug den Tractus spannt.

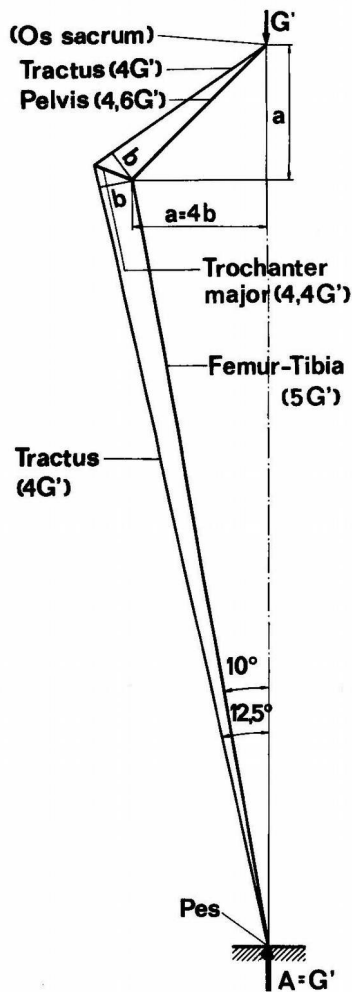


Abbildung 1: Turmkran

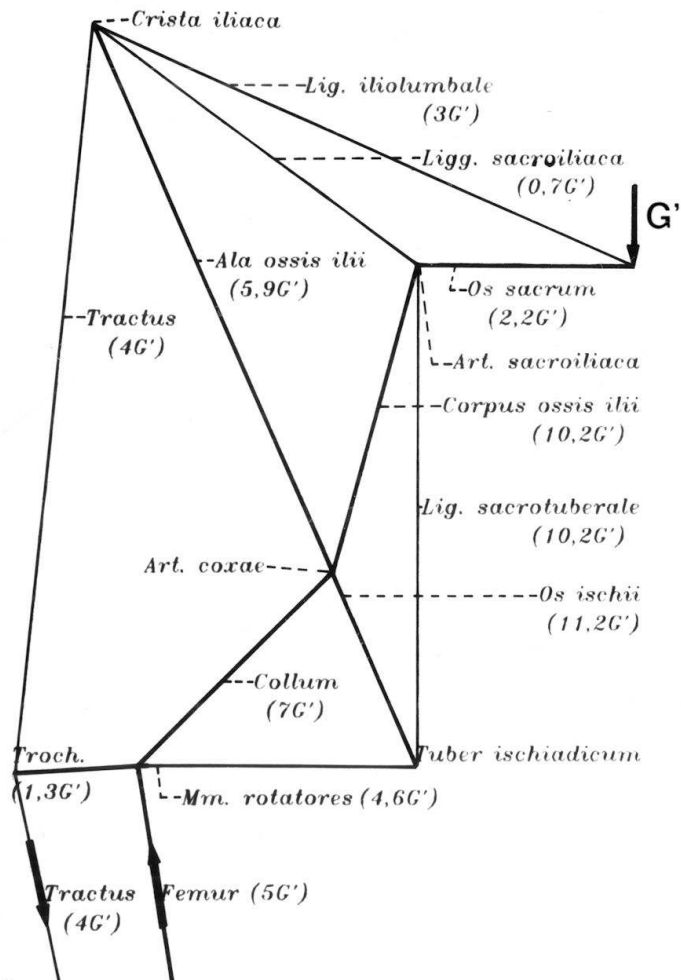


Abbildung 2: Becken ausgefalt

Klinische Folgerungen:

Die Kraftumleitung vom Femur in seinen Hals wird im Wesentlichen durch die Rotatoren (Quadratus femoris und Obturator externus) besorgt, wie es der Kräfteumlauf in Abbildung 5 für den Halsansatz zeigt. Der Umlauf a entspricht dem Normalfall, für Umlauf b wurde der Rotatorenzug halbiert, für Umlauf c verdoppelt. Die Halskraft stellt sich deutlich steiler (b) bzw. flacher (c). Ein noch wachsender Hals passt sich dem an (Coxa valga bzw. vara). Ändert sich der Rotatorenzug später oder sehr schnell, kann der Hals nicht reagieren: Der Kopf läuft gegen die Ober- bzw. Unterkante der Pfanne und zerreibt sich. Außerdem wird Biegung eingebracht, die das Knie schädigt. Beim Kind baut sich der zerstörte Gelenkkopf in angepasster Stellung wieder auf (M. Perthes).

An der Schulter sind es ebenfalls die Rotatoren, die die über dem Humerus einlaufende Kraft in das Schulterblatt umlenken. Wenn sie zu schwach ziehen, steigt der Gelenkkopf gegen das Schulterdach und zerreibt die Sehnenmanschette.

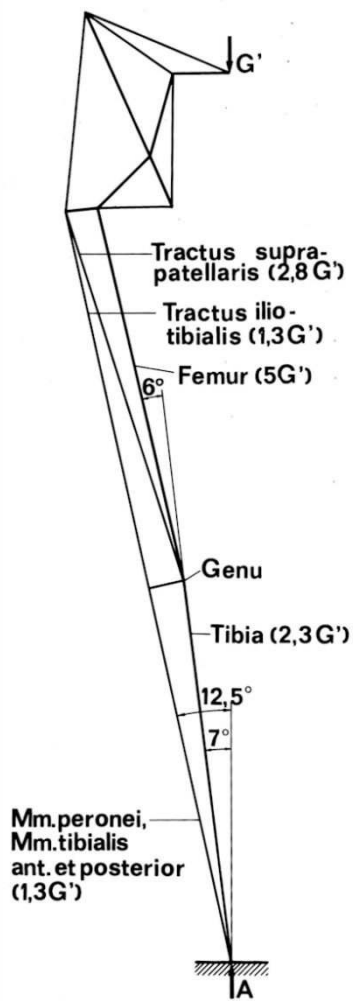


Abbildung 3: Bein ausgefacht

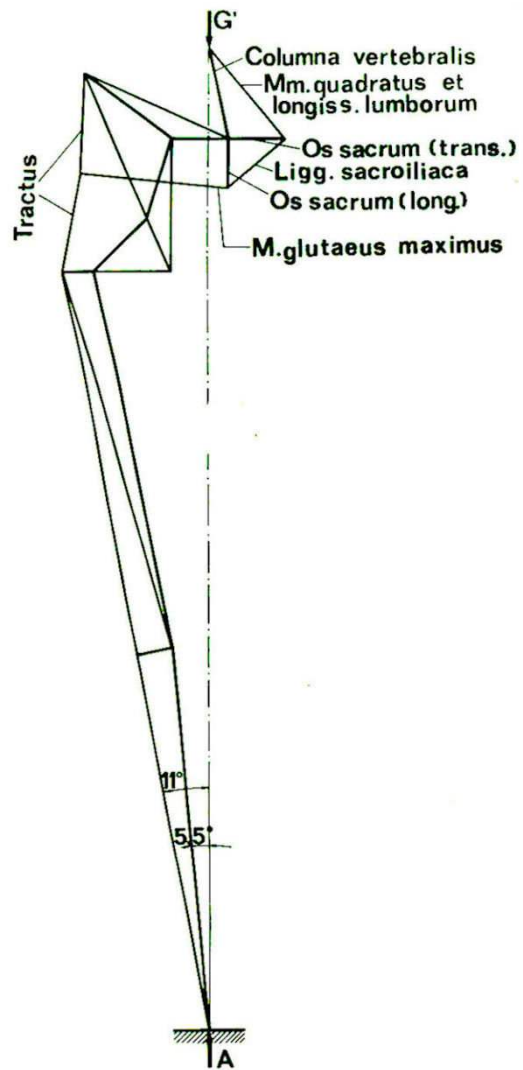


Abbildung 4: Tractus aktiv gespannt

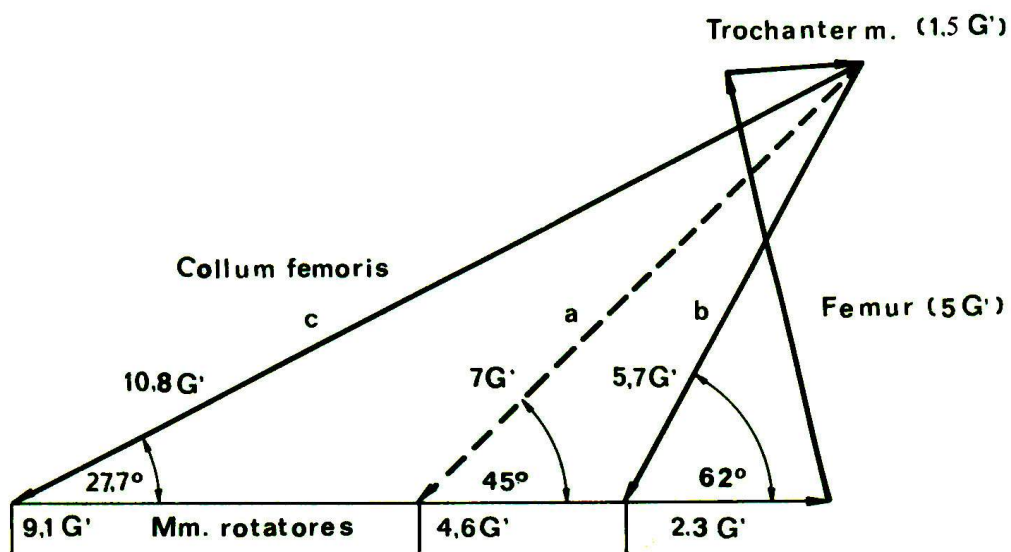


Abbildung 5: Kräfteumlauf am Halsansatz bei unterschiedlichem Zug der Rotatoren
a) Normalfall, b) Zug halbiert, c) Zug verdoppelt