

Ausgabe: 12.05.2014

Abgabe: bis 19.05.2014 16:00 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

**Aufgabe 1: Knochenbruch****3 Punkte**

- a) Zeigen Sie, dass die Energieaufnahme in einem durch Kompression gestauchten Knochen durch

$$\Delta E = \frac{1}{2} Y \frac{A}{l} (\Delta l)^2$$

beschrieben wird. Hier stellt  $Y$  den Young-Modul,  $l$  die Länge und  $A$  den Querschnitt des Knochens in Ausgangslage dar.

- b) Modellieren Sie ein menschliches Bein durch einen Knochen der Länge 95 cm und dem Querschnitt  $6,5 \text{ cm}^2$ . Der Knochen habe weiterhin eine Bruchspannung von  $10^9 \text{ dyn/cm}^2$  und ein Young Modul von  $14 \cdot 10^{10} \text{ dyn/cm}^2$ . Bis zu welcher Länge kann der Knochen gestaucht werden ohne zu brechen? Welche Energie (in Joule) nimmt er dabei auf?  
Hinweis: Achten Sie auf korrekte Umrechnung der Größen vom CGS- ins SI-Einheitensystem.
- c) Aus welcher Höhe kann ein 80 kg schwerer Mensch springen, ohne sich die Beinknochen zu brechen? Dabei soll es keine weiteren Abfederungs-Mechanismen geben, die den Aufprall dämpfen.

**Aufgabe 2: Achillessehne****3 Punkte**

Mit Hilfe der Achillessehne soll der entsprechende Beinmuskel den Körper eines auf einem Bein stehenden Menschen mit der Masse  $m = 70 \text{ kg}$  so anheben, dass ein Winkel zwischen Fuß- und Bodenfläche von  $\alpha = 15^\circ$  entsteht. Wie groß ist in diesem Fall die Muskelkraft  $F_M$ , wenn die Fußlänge  $l = 15 \text{ cm}$  und die Ristlänge  $a = 12 \text{ cm}$  beträgt? Gehen Sie dabei davon aus, dass durch die Anatomie des Fußes (Bänder) die Sehne immer senkrecht auf den Fußknochen wirkt. Wenn man annimmt, dass die Muskelkraft als Dehnungskraft einer Feder mit der Federsteifigkeit  $k = 500 \text{ N/cm}$  entstehen würde, wie groß ist dann der notwendige Federweg  $s$ ?

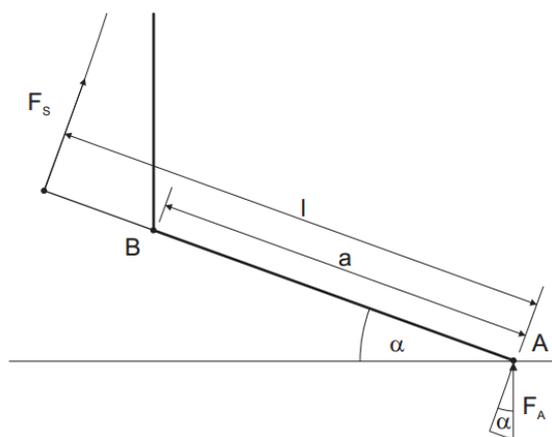
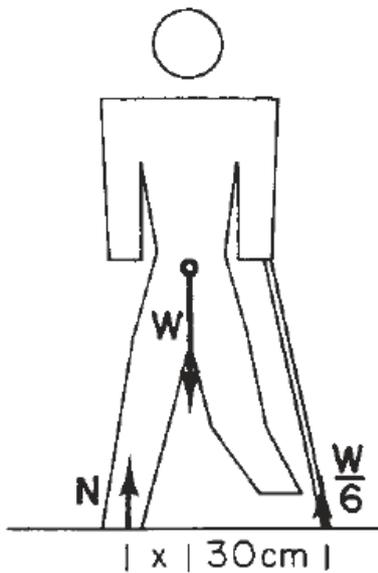


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Achillessehne.

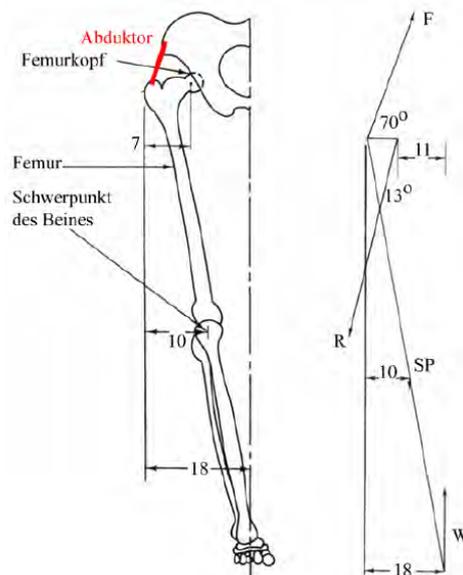
### Aufgabe 3: Auf Krücken

3 Punkte

Ein Mann, der 70 kg wiegt, hat eine Zerrung seines rechten Hüft-Abduktoren-Muskels. Das Problem bei einer solchen Verletzung ist, dass der Kraftübertrag des Oberkörpers über den Femurknochen auf das Bein wirkt und dadurch eine erhöhte Bruchgefahr besteht. Um dem entgegenzuwirken benutzt er eine Krücke, wie in der Abbildung unten dargestellt. Er hat die Krücke auf seiner linken Seite, gegenüber der verletzten Hüfte. Ignorieren Sie, dass der Arm, der die Krücke hält, sich verschoben hat. Nehmen Sie weiterhin an, dass die Spitze der Krücke 30 cm von der horizontalen Position des Körperschwerpunktes auf dem Boden aufsetzt. Die Krücke trägt ein Sechstel des Körpergewichts  $W$ . Die Kraft des Abduktoren-Muskels  $\vec{F}$  greift am Trochanter major (oberer Knochenvorsprung am Oberschenkelknochen) an, unter einem Winkel von  $70^\circ$  bezüglich der Horizontalen. Das Gewicht des Beines ist ungefähr  $W_L = W/7$ . Bei einem Erwachsenen ist typischerweise, wenn keine Krücke benutzt wird, der horizontale Abstand vom Trochanter major zur Mittellinie 18 cm, der Abstand zwischen dem Trochanter major und dem Schwerpunkt des Beines ist 10 cm und der Abstand vom Trochanter major zur Mitte des Femurkopfes beträgt 7 cm. Die Fallbeschleunigung sei  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .  $R$  entspricht dabei den Kräften die auf den Femurkopf wirkt und  $F$  entlang der Sehne.



(a) Abbildung 1



(b) Abbildung 2

- Schätzen Sie um wie viel Prozent die Krücke die Kraft entlang des Abduktor-Muskels reduziert!
- Bestimmen Sie die horizontale Position des rechten Fußes am Boden (bezeichnet mit  $x$  in der Zeichnung).
- Berechnen Sie die horizontale Position des Schwerpunktes des rechten Beines.
- Berechnen Sie die Stärke der Kraft  $\vec{F}$ . Vergleichen Sie das Ergebnis mit Ihrer Antwort aus Frage a.).
- Wie groß ist die Kraft des Acetabulum (Beckenpfanne) auf den Femurkopf?