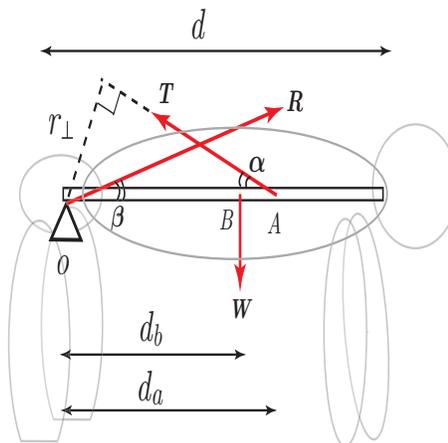


軽い物体でも、かがみこんで持ち上げようとするれば、非常に大きな力が脊柱にかかる。この力が大きいことを理解するために、脊椎を支点のある棒として取り扱うモデルで考える。上半身を長さ d の水平な剛体棒で、その重心 B 点に大きさ W の重力がかかるとする。その左端が支点 O (= 仙骨) で支えられ、支点は水平と角度 β で右斜め上向きに、力 R を及ぼすとする。背中の種々の筋肉の正味の作用は、重心 B 点よりも頭部側 (左側) の A 点に、水平と角度 α で左斜め上向きに働く力 T で示される単一の筋肉の作用と等価であるとする。(背中が水平であれば、力 T の角度 α は約 12 度である。) 胴体、頭、腕にかかる重力をまとめたのが重力 W であり、体全体にかかる重力の約 65% である。支点 O から力 T の着点 A までの距離を d_a 、力 W の着点 B までの距離を d_b とする。

1. この場合の力のつりあい条件式を記せ。
2. この場合の力のモーメント (トルク) のつりあい条件式を記せ。
3. 力 T を α, d_a, d_b, W で表す式を求めよ。
4. 力 R の水平成分 $R \cos \beta$ と鉛直成分 $R \sin \beta$ を α, d_a, d_b, W で表す式を求めよ。(備考: 本問では角度 β の具体的な値は不要。)
5. $W = 450\text{N}, \alpha = \frac{\pi}{15}, d_a = 0.7d, d_b = 0.6d$ の場合、 T と R はそれぞれ、何 N になるか。(備考: 前問までの結果には、 d は d_a, d_b との比の形で含まれているために、本問の計算には、 d の具体的な値は必要ない。)

(解答例) 題意より働く力とその作用点、向きなどは下図のようになる。



1. 力のつりあい条件より

$$0 = -T \cos \alpha + R \cos \beta, \quad (1)$$

$$0 = T \sin \alpha + R \sin \beta - W. \quad (2)$$

2. 支点 O のまわりの力のモーメントつりあい条件より, 力 R は、この場合、トルクに寄与しないので

$$0 = Td_a \sin \alpha - W \cdot d_b \quad (3)$$

が得られる。

3. 式 (3) より

$$T = \left(\frac{d_b}{d_a} \right) \frac{W}{\sin \alpha} \quad (4)$$

が得られる。

4. 式 (4) を式 (1) と (2) に代入して

$$R \cos \beta = \left(\frac{d_b}{d_a} \right) \frac{W}{\tan \alpha}, \quad (5)$$

$$R \sin \beta = \left(\frac{d_a - d_b}{d_a} \right) W, \quad (6)$$

が得られる。

5. 題意より与えられた値を式 (4), (5) と (6) に代入すると

$$T = \left(\frac{0.6}{0.7} \right) \frac{450\text{N}}{\sin(\pi/15)} = \left(\frac{0.6}{0.7} \right) \frac{450\text{N}}{0.208} = 1854\text{N} (\approx 189\text{kgw}) \quad (7)$$

$$(R \cos \beta) = \left(\frac{0.6}{0.7} \right) \frac{450\text{N}}{\tan(\pi/15)} = \left(\frac{0.6}{0.7} \right) \frac{450\text{N}}{0.215} = 1814\text{N} (\approx 185\text{kgw}), \quad (8)$$

$$(R \sin \beta) = \left(\frac{0.7 - 0.6}{0.7} \right) 450\text{N} = 64\text{N} (\approx 8.5\text{kgw}) \quad (9)$$

となる。