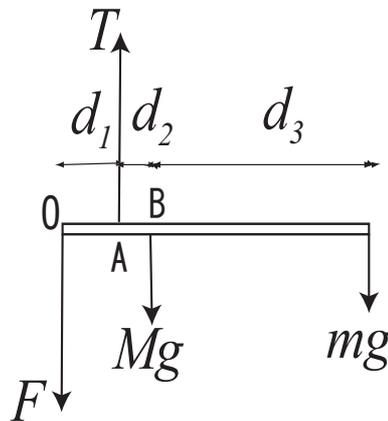


曲げた状態の前腕に物体（質量 m ）をもつことのひとつのモデルは、十分軽い棒を、その一端の点 O （支点 O ）で支え、点 O から離れた点において軽い綱で鉛直上方に引っ張り、点 O からさらに離れた点において鉛直下向きに物体の重力を加えたものである。このモデルにおいては、ひじ関節は支点 O に、ひじが関節に及ぼす力は支点 O に作用する大きさ F の力に、引っ張る二頭筋は支点 O から距離 d_1 の点 A で作用する張力 T をもつ綱に、前腕にかかる重力は支点 O から距離 $d_1 + d_2$ の点 B に集中する重力 Mg に、物体の重力は支点 O から距離 $(d_1 + d_2 + d_3)$ に作用する重力 mg に近似される。関節にかかる力と二頭筋にかかる力が予想以上に大きいことを以下の手順で調べてみよう。

1. この場合の力のつりあい条件式を記せ。
2. この場合、支点 O の周りの力のモーメント（トルク）のつりあい条件式を記せ。
3. 張力 T を d_1, d_2, d_3, g, m, M で表す式を求めよ。
4. 関節にかかる力 F を d_1, d_2, d_3, g, m, M で表す式を求めよ。
5. $M = 10\text{kg}, m = 5\text{kg}, d_1 = 5\text{cm}, d_2 = 10\text{cm}, d_3 = 20\text{cm}$ の場合、 T と F はそれぞれ、何 kgw になるか。

(解答例)



1. 力のつりあい条件より

$$0 = T - F - Mg - mg. \quad (1)$$

2. 支点 O のまわりの力のモーメントつりあい条件より

$$0 = T \cdot d_1 - Mg(d_1 + d_2) - mg(d_1 + d_2 + d_3). \quad (2)$$

3. 式(2)より

$$T = \left(\frac{d_1 + d_2}{d_1}\right) Mg + \left(\frac{d_1 + d_2 + d_3}{d_1}\right) mg. \quad (3)$$

4. 式(3)を式(1)に代入して

$$\begin{aligned} 0 &= \left(\frac{d_1 + d_2}{d_1}\right) Mg + \left(\frac{d_1 + d_2 + d_3}{d_1}\right) mg - F - Mg - mg \\ \rightarrow F &= \left(\frac{d_2}{d_1}\right) Mg + \left(\frac{d_2 + d_3}{d_1}\right) mg \end{aligned} \quad (4)$$

が得られる。

5. 題意より与えられた値を式(3)と(4)に代入すると

$$\begin{aligned} T &= \left(\frac{15\text{cm}}{5\text{cm}}\right) \times 10\text{kgw} + \left(\frac{15\text{cm} + 20\text{cm}}{5\text{cm}}\right) 5\text{kgw}, \\ &= 65\text{kgw} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} F &= \left(\frac{0.10}{0.05}\right) \times 10\text{kgw} + \left(\frac{0.10 + 0.20}{0.05}\right) \times 5\text{kgw} \\ &= 50\text{kgw} \end{aligned} \quad (6)$$

となる。