

Modele mechaniczne stawów

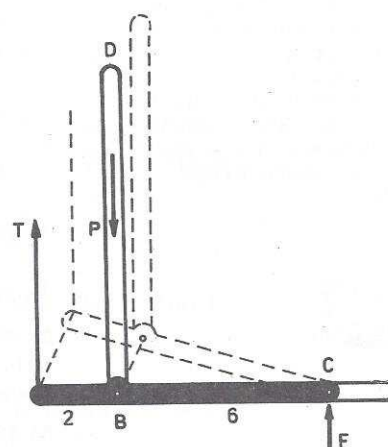
Kazimierz MIKULSKI

Nieraz pewnie, odczuwając ból w łokciu lub kolanie, zastanawialiście się, jak to właściwie się dzieje, że ręka czy noga zgina się i prostuje. Problem bolącego łokcia zostawimy lekarzom, a tutaj omówimy proste mechaniczne modele stawów.

Zacznijmy od stawu skokowego, który, jak sama nazwa wskazuje, umożliwia podskoki. Rysunek 1a pokazuje budowę stopy i podudzia, rysunek 1b zaś schemat naszego modelu. Zwróćmy uwagę na długość kości będących ramionami dźwigni, położenia punktów przyłożenia sił i osi obrotów. Na rysunku 1b zaznaczono również główne siły działające na stopę: siłę nacisku P , siłę reakcji podłoża F oraz siłę T , którą poprzez ścięgno Achillesa działa mięsień podudzia. Przyjęto, że stosunek odcinków AB do BC ma się jak 2 do 6. Wyobraźmy sobie, że ważymy 60 kG i wspięliśmy się lekko na palce jednej nogi. Siła F wynosi, oczywiście, 60 kG. Aby nie następował obrót względem punktu A , moment siły P musi równoważyć moment siły F , tzn. $2P = 8F$, a zatem $P = 240$ kG. Widzimy więc, że nacisk z góry na stopę nie jest równy naszej wadze, lecz jest 4 razy większy. Gdy wykonujemy skok, następuje obrót względem punktu B . Z warunku równowagi wynika, że $2T = 6F$, więc $T = 180$ kG. Takie obciążenie musi wytrzymać ścięgno Achillesa.

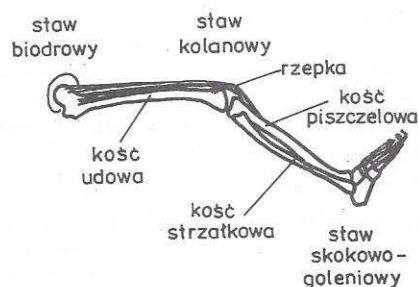


Rys. 1a. Kości podudzia.

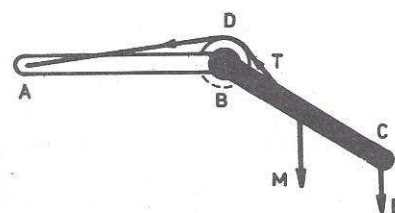


Rys. 1b. Model stawu skokowego.

Gdy skaczymy, pracuje nie tylko staw skokowy, lecz również kolany – pokazany na rysunku 2a. W modelu tego stawu (rys. 2b) wykorzystano bloczek.



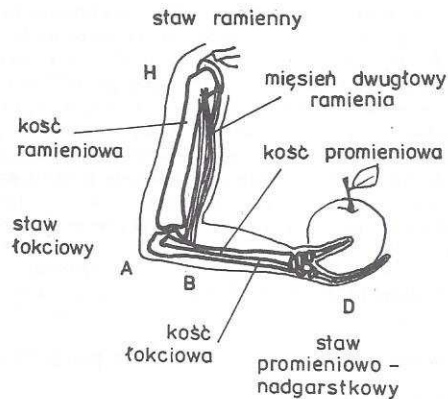
Rys. 2a. Kości nogi w pozycji poziomej.



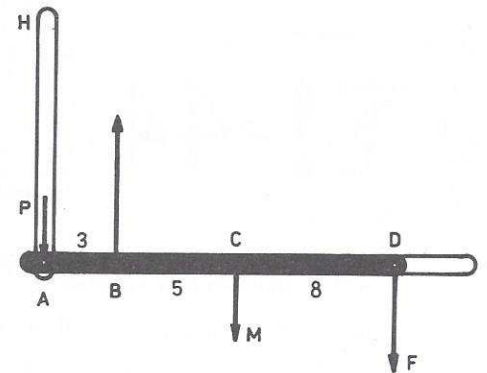
Rys. 2b. Model nogi.

Pozostawimy Czytelnikowi obliczenie siły T , którą działa ściętno przerzucone przez ten bloczek, aby pokonać ciężar samego podudzia M i obciążenie F .

Wydaje się, że szczególnie niefortunna z mechanicznego punktu widzenia jest konstrukcja stawu łokciowego (rys. 3a i 3b).



Rys. 3a. Kości ręki.



Rys. 3b. Model kości ręki.

Siła P przedstawia działanie ramienia, T mięśnia zwanego popularnie bicipsem, siły M i F zaś ciężar samego przedramienia oraz ciężar trzymanego w ręku kamienia. Stosunek długości odcinków AB , BC i CD przyjęliśmy jako 3:5:8. Warunek równowagi przy obrocie względem punktu A ma postać

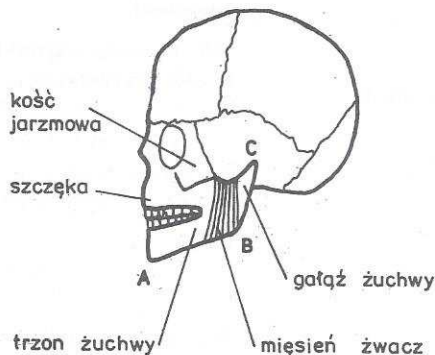
$$16F + 8M = 3T,$$

przy obrocie zaś względem B

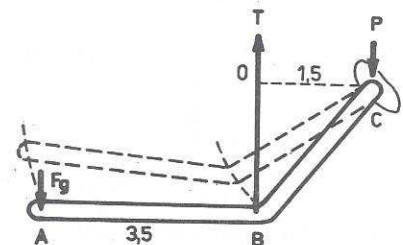
$$13F + 5M = 3P.$$

Zakładając, że kamień waży 10 kG, przedramię zaś tylko 1 kG, znajdujemy wartości sił $T = 56$ kG i $P = 45$ kG.

W odróżnieniu od stawów kończyn konstrukcja naszej szczęki bardzo Naturze się udało. Jak widać na rysunkach 4a i 4b, obciążenie mięśnia podnoszącego żuchwę jest niewielkie i zapewne dlatego trudno się zmęczyć mówieniem.



Rys. 4a. Kości głowy.



Rys. 4b. Model szczęki górnej i żuchwy.

Odpowiedzi na zagadki w *EPSILONIE*: $X_1 =$ *Kubuś Puchatek* (Alan Alexander Milne), $X_2 =$ *Alicja* (Lewis Carroll), $X_3 =$ *Ananiasz* (René Goscinny), $X_4 =$ *Niedźwiadek Nalle* (Gösta Knutsson), $X_5 =$ *Mały Książę* (Antoine de Saint-Exupéry).