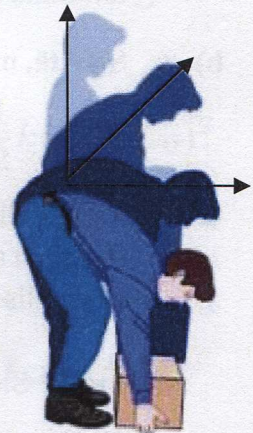


ELT-61150 Ihmiskehon fysikaaliset ominaisuudet

Tentti 3.5.2016 / Juha Nousiainen

Oma laskin on sallittu.

1. Henkilö nostaa oheisen kuvan mukaisesti aluksi selkälihasten ja sitten jalan ojentajalihasten avulla selkä suorana painavaa taakkaa. Mallinnetaan koko ylävartaloa (torso, pää ja yläraajat) yhtenä jäykkänä kappaleena, jonka pituus on $L=65$ cm. Koko ylävartalon massa on 50 kg, ja sen massakeskipiste sijaitsee 45 cm etäisyydellä ristiselän alimmasta nikamasta, jonka suhteen selkä kääntyy. Taakan massa on 20 kg, ja siihen vaikuttava maan vetovoima vaikuttaa vapaakappaleen yläpähän etäisyydellä $L=65$ cm ristiselästä. Oletetaan, että selän ojentajalihaksen voima M vaikuttaa ylävartalon massakeskipisteeseen, ja sen suunta muodostaa 10 asteen kulman suoran selkärangan kanssa. Ristiselkään vaikuttaa reaktiovoima R .



Poor lifting technique

Tarkastellaan kolmea tilannetta, joissa selkäranka muodostaa kulman $\Phi=90^\circ$ (vaaka-), 45° (viisto-) ja 0° (pystyasento) pystyakselin suhteen.

- a) **Piirrä** vapaakappalekuva nostotilanteesta, siinä vaikuttavista voimista ja vääntömomenteista tilanteesta, jossa selkäranka muodostaa 45 asteen kulman yläviistoon.
- b) **Ratkaise ja esitä tulokset taulukkona**, kuinka suuria lihasvoima M ja reaktiovoima R absoluuttisesti ja suhteessa nostettavaan kokonaiskuormaan (eli ylävartalon paino + taakan paino) em. kolmella nostokulman arvolla (eli M ja R selän nostokulman funktiona).

Tulkitse tuloksia turvallisuuden kannalta.

2. **Vastaa lyhyesti** pääpiirteissään seuraaviin kysymyksiin:

- a) **Kuvaa**, mitä tapahtuu ihmisen juostessa kehon kineettiselle energialle ja potentiaalienergialle juoksun eri vaiheissa?
- b) **Kuvaa** luun jännitys-puristumayhteys.
- c) **Kuvaa** fysikaalisia mekanismeja, joilla kehon tuottama hukkalämpö poistetaan kehosta eri tilanteissa ja olosuhteissa.

Tehtävät 3 ja 4 toisella sivulla

3.a) **Selvitä** verisuonten komplianssi ja virtausvastus ja niiden merkitys verenkierron fysikaalisen toiminnan kannalta.

b) **Selvitä**, miten voit fysikaalisesti arvioida valtimolaajentuman (aneurysma) vakavuutta.

4. Tarkastellaan jättiläismustekalan hermosolua, jossa on mitattu lämpötilassa $T=6\text{ }^{\circ}\text{C}$ solun lepotilan aikana seuraavat solun sisäiset ja ulkoiset ionikonsentraatiot (mM) sekä solukalvon suhteelliset ioniläpäisevyydet eri ioneille:

Ioni	Sisäpuoli	Ulkopuoli	Läpäisevyys
Na^+	50	440	0,04
K^+	400	20	1

a) **Ratkaise** Na^+ - ja K^+ -ionin tasapainojännite sekä solukalvon kalvojännite.

b) **Ratkaise**, kuinka suuri on likimain solun sisäisen nesteen Cl^- pitoisuus, kun solun ulkopuolisen nesteen Cl^- ionipitoisuus on 560 mM ja solukalvo läpäisee hyvin Cl^- ioneja.

c) **Kuvaile**, millainen sähkökemiallinen voima (gradientti) vaikuttaa kuhunkin ioniin sekä millainen ionivirta (voimakkuus ja suunta) solukalvon läpi näistä ioneista muodostuu solun lepotilan aikana.

Kaavakokoelma

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad E_k = \frac{1}{2}mv^2; E_p = mgh \quad \Delta x = v_i t + \frac{1}{2}at^2$$

$$GSI = a^{2,5} t_{coll}; a = \frac{\Delta v}{t_{coll}} = \frac{1+e}{t_{coll}} v_i \quad S = \frac{1}{2}at^2 \quad H = \frac{v_{TO}^2}{2g}$$

$$v_f = v_i + at$$

$$\tau = \vec{r} \times \vec{F}; \tau_z = rF \sin \Theta$$

$$F = -kx, \quad \frac{F_{applied}}{A} = \frac{kL_0 L - L_0}{L_0} \quad \sigma = F/A \quad Y = \frac{kL_0}{A} \quad PE = \frac{1}{2}k(L - L_0)^2$$

$$\sigma = Y\epsilon, \quad \epsilon = \frac{L - L_0}{L_0}$$

$$\Delta U = Q_{met} + Q_{loss} - W, \quad Q = Q_{met} + Q_{loss}$$

$$\frac{1}{A} \frac{dQ}{dt} = -K \frac{dT}{dx} \sim -K \frac{\Delta T}{\Delta x}, \quad \Delta T = \frac{Q}{mc} \quad BMR = cm_b^{3/4} \quad 1 \text{ kcal} = 4.2 \text{ kJ}$$

$$R = \epsilon\sigma T^4 \quad -\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{loss} = RA = \epsilon_{skin}\sigma T_{skin}^4 A_{skin} \quad -\frac{1}{A} \left(\frac{dQ}{dt}\right)_c = h_c(T_{skin} - T_{air})$$

$$\Delta P = \frac{T}{R} \quad \text{or} \quad T = R(\Delta P) \quad \Delta P = \frac{2w\sigma}{R} = \frac{2T}{R} \quad Re = \frac{\rho u^2}{\eta u/d} = \frac{\rho u d}{\eta} = \frac{u d}{\nu}$$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho u_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho u_2^2 + \rho g y_2$$

$$W = \int_{L_i}^{L_f} F dL = \int_{L_i}^{L_f} (F/A)(A dL) = \int_{V_i}^{V_f} P dV$$

$$R_{flow} = \frac{\Delta P}{Q} \quad C_{flow} = \frac{\Delta V}{\Delta P} \quad P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

$$Q = \frac{\pi R^4}{8\eta L}(P_1 - P_2) \quad V(P) = V_d + C_{flow}P, \quad P_{sa}(t) = P_{systole} e^{-t/\tau} \quad \tau = RC$$

$$Z = \rho v_s \quad R_{refl} = \frac{I_r}{I_i} = \frac{P_r^2/2Z_1}{P_i^2/2Z_1} = \frac{P_r^2}{P_i^2}$$

$$n_1 \theta_1 = n_2 \theta_2$$

$$= \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}\right)^2 = \left(\frac{1 - Z_2/Z_1}{1 + Z_2/Z_1}\right)^2 \quad f = \frac{n_j}{\sum_{i=1 \text{ to } j-1} P_{i,i+1}}$$

$$V_i = -\frac{kT}{q} \ln \frac{[C]_i}{[C]_o} \quad k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1} \quad q = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$I_i = g_i(V_m - V_i) \quad V_m = \frac{\sum g_i V_i}{\sum g_i}$$

$$V_m = -\frac{kT}{q} \ln \frac{p_K[K^+]_i + p_{Na}[Na^+]_i + p_{Cl}[Cl^-]_o}{p_K[K^+]_o + p_{Na}[Na^+]_o + p_{Cl}[Cl^-]_i} \quad \lambda = \sqrt{\frac{r_m}{r_i + r_o}} \approx \sqrt{\frac{r_m}{r_i}} \quad I_s = \frac{\Delta V_{th}}{R_m(1 - e^{-t/\tau})}$$