



ANKARA ÜNİVERSİTESİ
NÜKLEER BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

DOZ HIZININ ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİMİ

101538

PROF. DR. HALUK YÜCEL

Doz Hızının Zamana Bağlı Değişimi

- Tüm vücuttan bir radyoizotopun elemine edilmesi radyolojik ve biyolojik eliminasyonların bir birleşimidir. Vücuda veya bir organa verilen doz hızı zaman içinde sabit değildir.
- Varsayalım ki bir radyoizotopun verilen bir miktarı vücuda girdiği anda ($t=0$) verdiği doz hızı $\dot{H}(0)$ olsun. Bu izotopun etkin yarı ömrü T_e olsun. O halde T periyodunda (genelde yönetmeliklerde 50 yıl alınır) toplam verilen doz,

$$H_T = \int_0^T \dot{H}(0)e^{-\lambda_e t} dt = \frac{\dot{H}(0)}{\lambda_e} (1 - e^{-\lambda_e T})$$

$$H_T = \frac{\dot{H}(0)}{\ln 2} T_e (1 - e^{-\ln 2 T / T_e})$$

- $T \gg T_e$ ise toplam vücuda verilen doz,

$$H_T = \frac{\dot{H}(0)}{\ln 2} T_e$$

Örnek: Bir kişi kazayla 100ml(0.1kg) trityumlu su ($^3\text{H}_2\text{O}$) içmiş olsun. Bireyin alacağı doz nedir?

Trityumlu suyun vücuda düzgün dağılacığı varsayılarak,

Kaza anında ($t=0$) verilen doz hızı,

$$H_T = \frac{\dot{H}(0)}{\ln 2} T_e$$

^3H beta yayınlıdır. $E_{\beta_{max}} = 18.6 \text{ keV}$, $T_R = 12.3 \text{ yıl}$, $T_B = 12 \text{ gün}$

$t=0$ anındaki trityum aktivitesi,

$$S = \lambda N = 0.1 \text{ kg} \frac{2 \text{ atom}}{\text{molekül}} \times \frac{6.022 \times 10^{23} \text{ molekül/mol}}{22 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}} \times \left[\frac{\ln 2}{12 \text{ yıl} \times 365 \frac{\text{gün}}{\text{yıl}} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{gün}}} \right]$$

$$S = 1.00 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

$$S = 271 \text{ mCi}$$

Ortalama insan kütlesinin 70kg olduğu varsayılırsa,

$$\dot{H} = \frac{1.00 \times 10^{10} \text{ Bqx} \frac{0.0186}{3} \text{ MeVx} 1.602 \times 10^{-13} \frac{\text{J}}{\text{MeV}}}{70 \text{ kg}} \times 1$$

$$\dot{H} = 1.42 \times 10^{-7} \text{ Sv/s} = 51 \text{ mrem/h}$$

Hastaya 50 yıl süreyle verilen toplam doz,

$$H_T = \frac{\dot{H}(0)}{\ln 2} T_e = \frac{1.42 \times 10^{-7} \text{ Sv/s}}{\ln 2} \times 12 \text{ gün} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{gün}}$$

$$H_T = 0.212 \text{ Sv} = 21.2 \text{ rem}$$

Örnek: $10\mu Ci$ aktiviteli ^{131}I tiroid tümörünün öldürmek için hastaya veriliyor. İyodun tamamen tiroid içinde yoğunlaştığını varsayarak,

- Enjeksiyon anında hastaya verilen doz hızı nedir?
- Bu hasta tarafından alınan toplam doz nedir?

^{131}I için, $T_R = 8$ gün, $T_B = 138$ gün,

$$E_\gamma = 0.364 MeV (\%82) \text{ ve } E_\beta = 0.606 MeV (\%92)$$

Tiroid kütlesi $m=0.020kg$ ve yarıçapı $R=16.8mm$ olan bir küredir.

- Tüm betaların tiroid içinde soğrulacağı varsayılırsa,

$$\dot{D} = \dot{H} = \frac{10\mu Ci \times 37000 \text{ Bq} / \mu Ci \times \frac{0.606}{3} MeV \times 1.602 \times 10^{-13} J / MeV \times 0.92 \times 1}{20 \times 10^{-3} kg}$$

$$\dot{H} = 5.51 \times 10^{-7} Sv/s = 0.198 \text{ rem/h}$$

b) Gama ışınları nedeniyle aldığı doz hızı,

$$\dot{D} = \dot{H} = \frac{S_V}{4\pi} E_\gamma \mu_a^{dokü} g$$

0.364MeV gamaların dokudaki, $\mu = \mu_{top} = 0.0101 \text{ m}^2/\text{kg} = 0.101 \text{ cm}^{-1}$

$$\mu_a = 0.00325 \text{ m}^2/\text{kg}$$

Kaynağın hacimsel şiddeti,

$$S_V = \frac{S_0}{V} = \frac{10 \mu\text{Ci} \times 37000 \text{ Bq}/\mu\text{Ci}}{20 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 1.85 \times 10^{10} \text{ Bq}/\text{m}^3$$

Geometri faktörü,

$$g = \int_0^R 4\pi r^2 dr \frac{e^{-\mu r}}{r^2} = \frac{4\pi}{\mu} (1 - e^{-\mu r})$$

$$\bar{g} = 0.75(g)_{center} = 0.75 \times \frac{4\pi}{0.101} (1 - e^{-0.101 \times 1.68}) = 14.5 \text{ cm} = 0.145 \text{ m}$$

$$\dot{D} = \dot{H} = \frac{S_V}{4\pi} E_\gamma \mu_a^{dokug}$$

$$\dot{D} = \dot{H} = \frac{1.85 \times 10^{10} \text{ Bq/m}^3}{4\pi} \times 0.364 \text{ MeV} \times 0.82 \times 1.602 \times 10^{-13} \text{ J/MeV} \times 0.00325 \text{ m}^2/\text{kg} \times 0.145 \text{ m}$$

$$\dot{H} = 3.32 \times 10^{-8} \text{ Sv/s} = 11.9 \text{ mrem/h}$$

Hasta tarafında alınan toplam doz hızı,

$$\dot{H}_{\text{toplama}} = \dot{H}_\beta + \dot{H}_\gamma = 5.51 \times 10^{-7} \text{ Sv/s} + 3.32 \times 10^{-8} \text{ Sv/s}$$

$$\dot{H}_{\text{toplama}} = 5.84 \times 10^{-7} \text{ Sv/s} = 210 \text{ mrem/h}$$

Hasta tarafından 50 yıl boyunca alınan toplam doz,

$$H_T = \frac{\dot{H}(0)}{\ln 2} T_e$$

$$T_e = \frac{T_B T_R}{T_B + T_R} = \frac{8 \times 138}{8 + 138} = 7.77 \text{ gün}$$

$$T_e \ll 50 \text{ yıl}$$

$$H_T = \frac{5.84 \times 10^{-7} \text{ Sv/s}}{\ln 2} \times 7.77 \text{ gün} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{gün}}$$

$$H_T = 0.566 \text{ Sv} = 56.6 \text{ rem}$$