

線量算定の目的には考慮に入れない。

### 7.2.1.7 吸収割合の値の要約 (吸収割合の値は表7.4に示されている)

### 7.2.2 梁骨中と皮質骨中の変換の数の推定値

7.2.2.1 親放射性核種 現在の知識では、骨親和性の放射性核種の多くについて、 $U_{\text{TRAB.B.}}$  と  $U_{\text{CORT.B.}}$  を独立に推定することは不可能である。無機質骨 (MINERAL B.) に取り込まれるアルカリ土類元素についてのみ、梁骨と皮質骨の間の放射能分布に関して詳細なモデルがある (ICRP Publication 20)。骨親和性の放射性核種の多くについて、 $U_{\text{TRAB.B.}}$  と  $U_{\text{CORT.B.}}$  を正確には計算することはできないけれども、それらの量を推定することはできる。

(a) もし、ある放射性核種がすべての骨表面に均等に沈着し、皮質骨と梁骨の両方から同じ速度で除去されるならば、皮質骨と梁骨の表面積を等しいと仮定しているため、

$$U_{\text{TRAB.B.}} = U_{\text{CORT.B.}} = 0.5 U_{\text{MINERAL B.}}$$

(b) もし、ある放射性核種が、その放射性半減期および骨中の滞留時間の両方とくらべて短い時間で、骨全体を均等に汚染するように再分布するならば、

$$\frac{U_{\text{TRAB.B.}}}{U_{\text{CORT.B.}}} \approx \frac{M_X}{M_Z}$$

ここで、

$M_X$ : 梁骨の質量で 1 kg,

$M_Z$ : 皮質骨の質量で 4 kg,

とすると、 $U_{\text{TRAB.B.}} \approx 0.2 U_{\text{MINERAL B.}}$  および  $U_{\text{CORT.B.}} \approx 0.8 U_{\text{MINERAL B.}}$  となる。したがって、ある放射性核種の分布に関して特別な情報が得られない場合には、次の近似を用いる。

(i) 骨表面にあると仮定される放射性核種について、

$$U_{\text{TRAB.B.}} = U_{\text{CORT.B.}} = 0.5 U_{\text{MINERAL B.}}$$

(ii) 無機質骨の体積全体に均等に分布すると仮定される放射性核種

について、 $U_{\text{TRAB.B.}} = 0.2 U_{\text{MINERAL B.}}$  および

$$U_{\text{CORT.B.}} = 0.8 U_{\text{MINERAL B.}}$$

アルカリ土類元素の放射性同位体については、皮質骨と梁骨の中の  $U$  の値は、ICRP Publication 20 に与えられている残留関数から直接に得ることができる。

7.2.2.2 娘放射性核種 第4章で説明したように、身体内で生成したすべての娘放射性核種は、経口摂取または吸入された親放射性核種と一緒に残留し、代謝上は同様に挙動すると通常仮定している。親放射性核種に関する代謝モデルが、一次の速度定数で結ばれた枝わかれのしないコンパートメントの連鎖から構成されている場合、この仮定の意味は第4章および付録に示されている。しかしながら、アルカリ土類の代謝挙動を記述するために ICRP Publication 20 で用いられているモデルは、一次の速度定数によって完全に支配されているものではなく、これらの元素の放射性同位体から体内で生成する娘放射性核種の  $U$  の値を推定するために以下の方法が用いられる。呼吸器系および胃腸管系の中で生成した娘核種は、身体の残りの組織中で生成した娘核種とは別に考慮する。

アルカリ土類元素の代謝を記述するために用いるモデルにおいては、通過コンパートメントに入った物質は3つの一般的なコンパートメント、すなわち、皮質骨、梁骨および軟組織に移行する。通過コンパートメントに入った後の任意の時刻  $t$  において、アルカリ土類の安定同位体がこれら3つのコンパートメント中に残留する割合  $R(t)$  の関係が与えられている。これら残留の割合は、放射性崩壊について考慮すれば、親放射性核種が吸入または経口摂取された後に通過コンパートメントに入った、アルカリ土類の放射性同位体の娘放射性核種の皮質骨、梁骨および軟組織中における  $U$  の値を計算するのに直接利用できる。たとえば、呼吸器系および胃腸管系の中で  $^{90}\text{Sr}$  から生成した  $^{90}\text{Y}$  は、

第4章で一般的な場合について述べたように、通過コンパートメントに入っ  
た後、ストロンチウムと同一の代謝挙動をとると仮定する。

この3つのコンパートメントのうちの任意の1つのコンパートメントに入っ  
ているアルカリ土類元素の安定同位体の生物学的排出（あるいは蓄積）の速度  
を、その時刻の残留量に対する割合で表したものは、通過コンパートメントに  
入った後の時刻  $t$  において、 $(dR(t)/dt)/R(t)=F(t)$ 、すなわち、残留曲線の勾  
配を時刻  $t$  における残留割合で割ったもので与えられる。第4章で述べた一般  
的な場合と同じく、皮質骨、梁骨および軟組織 (SOFT T.) 中で生成した娘  
放射性核種は、これらのコンパートメントに残留する親放射性核種の安定同位  
体と同様の代謝挙動をとるものとする。たとえば、これらのコンパートメント  
の中で、残留している  $^{90}\text{Sr}$  から生成する  $^{90}\text{Y}$  は、 $^{90}\text{Sr}$  と同様の代謝挙動をと  
るものとする。あるアルカリ土類元素のある放射性同位体からこれらの3つの  
コンパートメント中で生じた娘放射性核種の残留を記述するために、以下の式  
を用いた。

$$\frac{d}{dt}q'(t)_{\text{CORT. B.}} = \lambda'_{Rq}(t)_{\text{CORT. B.}} + F(t)_{\text{CORT. B.}}q'(t)_{\text{CORT. B.}} - \lambda'_{Rq'}(t)_{\text{CORT. B.}} \quad (7.4a)$$

$$\frac{d}{dt}q'(t)_{\text{TRAB. B.}} = \lambda'_{Rq}(t)_{\text{TRAB. B.}} + F(t)_{\text{TRAB. B.}}q'(t)_{\text{TRAB. B.}} - \lambda'_{Rq'}(t)_{\text{TRAB. B.}} \quad (7.4b)$$

$$\frac{d}{dt}q'(t)_{\text{SOFT T.}} = \lambda'_{Rq}(t)_{\text{SOFT T.}} + F(t)_{\text{SOFT T.}}q'(t)_{\text{SOFT T.}} - \lambda'_{Rq'}(t)_{\text{SOFT T.}} \quad (7.4c)$$

ここで、

$q'(t)$ : 時刻  $t$  におけるそのコンパートメント中の娘放射性核種の放射  
能、

$q(t)$ : 時刻  $t$  におけるそのコンパートメント中のあるアルカリ土類の親

放射性同位体の放射能、ICRP Publication 20 に示されている残留  
関数から導くことができる。

$t$ : 吸入あるいは経口摂取された放射性核種が通過コンパートメントに  
入ってからの時間、

$F(t)$ : 親放射性核種の安定同位体の減少（あるいは増加）の速度を残留  
量に対する割合で表わしたもので、残留曲線の勾配により正か負かのい  
ずれかになる。

$\lambda'_R$ : 娘放射性核種の放射性崩壊定数、

である。同様に親と娘の放射性核種の連鎖の放射能を記述する一連の式を導く  
ことができ、ここで、各娘核種の放射能は連鎖の直前の先行核種の放射能によ  
って決定される。すべての場合、娘核種の代謝挙動は、体内に取り込まれた祖  
先の核種の代謝挙動と同一であると仮定する。

### 7.3 骨表面近くの細胞と活性赤色骨髓に対する 預託線量当量 $H_{50}$

#### 7.3.1 光子放射体

前に論じたように、光子放射体による任意の標的器官の  $H_{50,T}$  は次式で与え  
られる。

$$H_{50,T} = 1.6 \times 10^{-10} \sum_S \sum_j [U_S \sum_i \text{SEE}(T \leftarrow S)_i]_j \text{ Sv}$$

ここで  $\text{SEE}(T \leftarrow S)_i$  は

$$\text{SEE}(T \leftarrow S)_i = \frac{Y_i E_i A F(T \leftarrow S)_i Q_i}{M_T} \text{ MeV g}^{-1} / \text{変換}$$

によって与えられる。線源器官  $S$  は骨格を含めて身体のいずれの器官であっ  
てもよいが、標的器官  $T$  は骨表面にある細胞か、または赤色骨髓かのいずれ  
か該当する方である。骨格および赤色骨髓についての光子の比吸収割合、

AF ( $T \leftarrow S$ )<sub>i</sub>/M<sub>T</sub> の値は ICRP Publication 23 に与えられている。そこに与えられている骨格の比吸収割合の値は、この報告書では骨表面上の細胞にあてはまるものとする。

### 7.3.2 α放射体およびβ放射体

この場合には、標的器官は、骨表面にある質量120 gの細胞か、質量1,500 gの活性赤色骨髄かのいずれかであろう。したがって、

$$H_{60,BS} = 1.6 \times 10^{-10} \sum_j [U_{TRAB.B.} \sum_i SEE(BS \leftarrow TRAB.B.)_i] + U_{CORT.B.} \sum_i SEE(BS \leftarrow CORT.B.)_i \quad \text{Sv} \quad (7.5)$$

同様に

$$H_{60,RM} = 1.6 \times 10^{-10} \times \sum_j [U_{TRAB.B.} \sum_i SEE(RM \leftarrow TRAB.B.)_i] \quad \text{Sv} \quad (7.6)$$

ここで SEE(BS ← TRAB. B.)<sub>i</sub>

$$= \frac{Y_i E_i AF(BS \leftarrow TRAB.B.)_i Q_i}{120} \quad \text{MeV g}^{-1}/\text{変換}$$

SEE(BS ← CORT. B.)<sub>i</sub>

$$= \frac{Y_i E_i AF(BS \leftarrow CORT.B.)_i Q_i}{120} \quad \text{MeV g}^{-1}/\text{変換}$$

SEE(RM ← TRAB. B.)<sub>i</sub>

$$= \frac{Y_i E_i AF(RM \leftarrow TRAB.B.)_i Q_i}{1,500} \quad \text{MeV g}^{-1}/\text{変換}$$

AF( $T \leftarrow S$ )<sub>i</sub> の値は表 7.4 に示されている。

皮質骨に由来する赤色骨髄の預託線量当量は非常に小さいので、式(7.6)では無視した (AF=0, 表 7.4)。

### 文 献

Beddoe, A.H., Darley, P.J. and Spiers, F.W. (1976). Measurements of trabecular

bone structure in man. *Phys. Med. Biol.*, **21**, 589-607.

Berger, M.S. and Seltzer, S.M. (1966). *Additional Stopping Power and Range Tables for Protons, Mesons and Electrons*. Washington D.C., Office of Technology Utilization, National Aeronautics and Space Administration (NASA SP-3036).

Green, D., Howells, G. and Thorne, M. (1977). A new method for the accurate localization of <sup>239</sup>Pu in bone. *Phys. Med. Biol.*, **22**, 284-297.

ICRP Publication 11, *Task Group Report on Radiosensitivity of Tissues in Bone*. Pergamon Press, Oxford, 1968.

ICRP Publication 20, *Task Group Report on Alkaline Earth Metabolism in Adult Man*. Pergamon Press, Oxford, 1973.

ICRP Publication 23, *Task Group Report on Reference Man*. Pergamon Press, Oxford, 1975.

ICRP Publication 26, *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Pergamon Press, Oxford, 1977.

Lloyd, E. and Hodges, D. (1971). Quantitative characterization of bone: a computer analysis of microradiographs. *Clin. Orthop.*, **78**, 230-250.

Marshall, J.H. and Lloyd, E. (1973). The effect of the remodelling of bone upon the relative toxicities of radium and plutonium in man and dog. In: *Radionuclide Carcinogenesis*, Eds. Sanders, C.L., Busch, R.H., Ballou, J.E. and Mahlum, D.D. Oak Ridge, Tenn., USAEC, pp. 421-436. (AEC Symposium Series 29.)

Mays, C.W. and Sears, K.A. (1962). Determination of localised alpha dose. III: From surface and volume deposits of Pu<sup>239</sup>, Th<sup>230</sup> and Ra<sup>226</sup>. University of Utah, pp. 78-85. (COO-226.)

Spiers, F.W. *Radioisotopes in the Human Body*. Academic Press, New York and London, (1968).

Spiers, F.W. Beta particle dosimetry in trabecular bone. In: *Delayed Effects of Bone Seeking Radionuclides*, Eds. Mays, C.W., Jee, W.S.S., Lloyd, R.D., Stover, B.J., Dougherty, J.H. and Taylor, G.N. pp. 95-108. University of Utah Press, Salt Lake City. (1969).

Spiers, F.W. (1974a). *A New Approach to Setting Maximum Permissible Levels of Radionuclides in Bone*. Medical Research Council, Committee on Protection against Ionizing Radiations, PIRC 74/3.

Spiers, F.W. (1974b). Radionuclides and bone—from <sup>226</sup>Ra to <sup>90</sup>Sr. *Br. J. Radiol.*, **47**, 833-844.