

<說苑>

Radio-isotope 利用上의 單位 表現에 對하여

徐 富 甲

1. 緒 論

近來에 와서 獸醫學界는 눈부신 發展을 하였으며 특히 우리나라 獸醫師들이 이 放射性 同位元素 利用에 對하여 차츰 깊은 關心을 갖기 始作하였다는 事實은 實로 慶賀하지 않을 수 없다.

어느 누군가가 말한 바 있듯이 放射性 同位元素란 學問이 어마어마하게 어려운 것이며 또 現在 우리나라 實情에 비추어 보더라도 到底히 活用的 餘地가 적은 것으로만 생각하고 이에 對한 研究에는 도무지 손을 대기 꺼려하는 傾向이 있다고 하였다.

事實 가만히 생각해 보면 그러한지도 모를 일이다. 왜냐하면 이것을 否定하는 나 自身도 할 때는 그러한 생각에 잠겨있던 時節이 있었기 때문이다. 그러나 이 分野에 對한 關心을 갖고 꾸준한 工夫와 努力을 해나간다면 어느 때인가는 깊은 理解力이 생기리라 얻어지므로 決코 이 學問의 두려움에서 速히 벗어날 수 있으리라...

더욱 先覺者들이 이미 쌓아 올린 오늘의 功績과 科學의 利器가 되어버린 原子力의 各種 基礎原理를 應用할 따름이라 생각할 때에는 더욱 그러하다고 생각된다.

이미 本誌를 通하여 2,3次 放射性 同位元素에 對한 論說이 나와있고 또 그때마다 實務者들을 爲하여 좋은 事例를 들어 詳細한 說明이 加해졌던 터이므로, 여기서는 그러한 內容에 對한 言及을 回避하여 다만 이러한 放射線을 應用함에 있어서 恒時 常用되는 量的 單位 問題를 紹介하고 또 使用量의 限度에 對하여서도 言及하여 該當研究 進行에 도움을 주어 斯學應用的 門戶를 一層 넓혀보자는데 그 本意가 있음을 밝혀 두는 바이다.

2. 放射線에 關한 單位

最近에는 X線 이외에도 γ 線이나 粒子放射線도

放射線 醫學이나 이와 關聯되는 모든 分野에 있어서 많이 利用되고 있으므로 이들 放射線의 單位에 對하여 綜合的으로 檢討해 보기로 하겠다.

1) 電子·볼트(electron volt)

原子分野에서는 에너지의 單位를 表示할때 間或 electron volt(eV)를 使用한다.

即 1eV라 하면 電子의 電氣量과 同等한 電氣量($e=4.8 \times 10^{-10}$ 靜電單位)를 지닌 任意의 粒子가 1Volt의 電位差로 加速되었을 때 얻을 수 있는 運動에너지와 같은 것이다. 따라서 電位差를 F.volt라 치고, 電氣量을 Ze라고 해 본다면 그 荷電粒子가 얻게 되는 運動에너지는 $F \times Z$ 電子 volt일 것이다.

$$1eV = 1.6 \times 10^{-12} \text{erg}$$

電子 volt는 에너지의 單位를 表示하는 것이므로 이것은 특히 荷電粒子인 때에만 限定되는 것은 아니다.

여기서 X線, γ 線과 같은 光線에 대해서는 그 振動數를 ν , 波長을 $\lambda(\text{\AA})$, 光子의 에너지를 E (MeV)라고 칭다면,

$$E = 4.14 \times 10^{-21} \times \frac{1}{\lambda} = \frac{1.24 \times 10^{-2}}{\lambda}$$

$$\text{但, } 1\text{MeV} = 1000\text{KeV} = 10^6\text{eV}$$

2) rep單位(roentgen equivalent physical)

X線과 γ 線과 같은 光子 以外的 粒子線에 對해서는 γ 單位를 使用하지 않고 rep單位가 使用된다.

1rep는 α 粒子, β 粒子, 陽子와 같은 放射線으로 X線과 γ 線 以外的 放射線을 照射(radiation)하였을 때 1g의 組織이 吸收할 에너지가 93erg만큼인 放射線量을 表示하는 것이다.

위의 그림에서 보는바와 같이 X線이나 γ 線의 " γ "은 空氣 1g에 對하여 83erg를 吸收하지만, 같은 1 roentgen(γ)이 組織에 照射되면 吸收되는 에너지는 組織의 組成과 波長에 따라서 달라

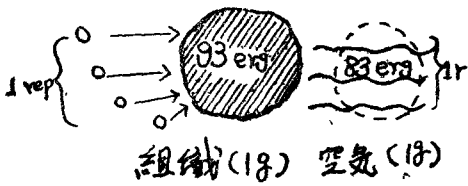


그림 1. 1r과 1rep와의 비교

저 60~100erg의 範圍가 되고 만다.

따라서 여러가지 問題點을 생각한다면 93erg가 妥當하다는 것으로 定해져 버린 것이다.

即 X線과 γ 線의 1r과 다른 粒子線의 1rep와는 組織 1g에 對하여 같은 分量의 에너지를 吸收하는 結果가 되는 것이다.

3) rad單位

이 單位는 任意的 電離放射線의 吸收線量(adsorbed dose)의 單位로서, 問題가 되는 場所에서 辨照射物質의 單位質量當, 電離粒子에 依하여 그 物體에 주어진 에너지로 表示되는 것이다.

따라서 1rad는 100erg에 比等하다.

$$1rad = 100erg/g$$

即 이 單位는 放射線의 種類라든가 吸收物質의 種類를 가리지 않고 一般的으로 通하는 吸收線量의 單位가 된다.

그러므로 吸收物質의 種類를 明示한 後에 使用해야만 된다.

既述한 바와 같이 軟組織 1g에 對하여 X線과 γ 線의 1r은 約 99erg의 에너지를 吸收함에 相當하는 것으로서 放射線의 防禦다. 其他의 實用的 目的에 對해서는 X線과 γ 線인 때의 1r은 1rad와 같다고 보게 된 것이다.

4) R. B. E란 무엇일까?

이것은 生物學的 效果比率(Relative biological effectiveness)을 뜻하는 것으로서 대개 여러가지 生物學的 效果에 對하여 各種 放射線間에는 質적으로 根本的인 差異點이 없다고는 보겠으나 量的으로는 반드시 그렇다고는 볼 수 없다.

따라서 吸收 에너지 量만으로는 定할 수 없는

것으로 吸收線量의 有効성을 比較하기 爲하여 R. B. E가 使用된다.

一般的으로 같은 吸收線量이라 할지라도 比電離가 큰 粒子일수록 R. B. E는 크기 때문에 R. B. E를 論한다면 電離粒子의 種類보다도 오히려 比電離에 對하여 基礎를 두는 것이다.

이때에 放射線의 防禦에 關한 知識의 大部分은 250kV 以下の 이른바 普通 부르는 X線에 對한 經驗에서 얻은 것이며, 또한 이 線質範圍에 있어서의 比電離가 거진 一定하다는 두가지 理由에 依하여 問題가 되는 組織中에서의 電離가 100ion雙이거나 或은 그 以下인 境遇인 電離放射線의 R. B. E를 1이라 假定하고 여기서 比電離가 큰 어떠한 放射線(A)에 對한 R. B. E는 特定한 作用效果(W)를 나타내는데 必要한 放射線量의 比較에 依하여 算出해 내는 것이다.

$$R. B. E = \frac{W를 얻기에 必要한 X線量}{W를 얻는데 必要한 放射線(A)의 線量}$$

(물 1 μ 에 對하여 平均比電離 100ion雙인것)

그리고 여기서 參考로 말해줄 것은 R. B. E의 値가 生物學的 障害의 型과 程度 따위의 生物學的 現象이다, 放射線의 照射方法 등의 影響을 받게 되기 때문에 大體로 恒定된 値를 決定할 수 없는 性質의 것이라는 點이다.

다시말하자면, R. B. E는 200~300KeV의 X線이 얇은 濾過體를 거쳐서 어떤 被曝者에게 照射되었을 때의 作用度를 알기 爲하여 定한 單位임을 알 수 있다.

5) rem單位

rem이란 放射線이 生體에 미치는 生物學的 效果를 加味한 實効 吸收量을 뜻하는 單位이다 即 1rem은 電離放射線의 如何에 따르지 않고 X線의 1rad와 生物學的 效果가 同等한 放射線의 量을 말한다

$$1rem = 1rad \times R. B. E$$

가령 여기서 α 線의 R. B. E가 α 線에 對하여 $10 \frac{r}{1}$ = 10이라고 한다면 이것은 α 線의 1rad가 α 線의 10rad와 같은 어떤 生物學的 反應을 나타낸다는 것을 意味한다.

그러나 前述한 R. B. E의 値가 不確定하다는데서 rem은 主로 放射線 被曝防禦에 關聯된 때에

만 使用하는 것을 常例로 하고 있다.

| 放 射 線 | R. B. E | 生 物 學 的 效 果 |
|-----------------------|---------|-------------|
| X線, α線, 電子, β線 | 1.0 | 全身曝射(造血腫器) |
| 10MeV까지의 速中 性子和 陽子 | 10.0 | 全身曝射(白 內 症) |
| α 線(自 然) | 10.0 | 發 癌 |
| 重 反 跳 核 | 20.0 | 白 內 症 |

표 1. R. B. E關係

※ 但 rem은 반드시 生體(人體)에 對한 線量으로 表示되는 것이 아니라 R. B. E dose로도 表示되는 수도 있다.

6) Curie單位

放射線의 基本單位는 curie로서 放射能에 依하여 나타난 放射性 物質의 量的 單位이기도 하다.

1curie(C)는 每秒의 崩壞數가 $3,700 \times 10^{10}$ 에 比等한 放射性 核種의 量인 것이며 이것은 ICRP (International Commission on Radiological Protection)에서 決定 報告되어 있는 數值이다.

가령 1g의 Ra과 放射能 平衡狀態에 있는 Rn의 量을 1curie라 하며, 이러한 狀態에서는 每秒마다 생기는 Rn의 原子數와 每秒마다 崩壞되는 Rn의 原子數와는 同一하며, 또 이것은 每秒마다 崩壞되는 Ra의 原子數인 3.7×10^{10} 와 똑 같다. 따라서 이것을 放射性 同位元素(Radioisotope)인 때에도 適用하게 된 것이다.

即 curie單位는 每秒마다 崩壞하는 原子數로 定해지는 것이지 거기에서 放出되는 放射線의 數에 依한 것은 아닐 것이다.

지금 Ra · 1mc와 P · 1mc에 對한 比率을 그림으로 견주어 보자면 다음과 같다.

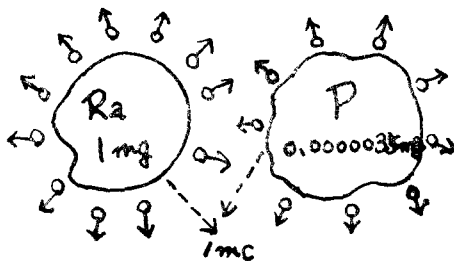


그림 2. Ra과 P와의 放射能量 比較

또한 여기에 放射能의 量的 單位 系列을 區別해 보자.

$$1C = 3.7 \times 10^{10} \text{d. p. s}$$

(Disintegration Per Second)

$$1mc(\text{millicurie}) = 3.700 \times 10^7 \text{d. p. s} = 10^{-3}C$$

$$1\mu c(\text{microcurie}) = 3.700 \times 10^4 \text{d. p. s} = 10^{-6}C$$

$$1\mu\mu c(\text{millimicrocurie})$$

$$= 1p. c(\text{picocurie}) = 10^{-12}C$$

結論의으로 말하여 放射線의 單位에는 放射能 自體의 單位와 線量單位의 두가지가 있어 이 兩者는 根本的으로 다른 것이며, 또 吸收線量은 rad로 表示되는 同時에 被曝線量은 roentgen (r)으로 表現한다는 것을 알아두어야 한다.

3. 最大許容線量

(Maximum Permissible Dose = M.P.D)

最近 우리나라 各 分野에서는 放射線이나 放射性 同位元素의 使用이 매우 廣範해졌다. 따라서 많은 사람들이 이에 依한 被曝 機會를 많이 갖게 되었으며 同時에 放射線 障害의 危險性도 짊어졌다. 이와같은 放射線 障害의 危險性을 防禦하려면 長期間의 被曝에 對하여서 어느程度까지는 容認될 수 있는 最大 許容線量을 I. C. R. P (國際放射線防護委員會)가 規定하고 이를 全世界에다 勸告하고 있는 터이다.

그런데 不幸히도 이에 從事하는 職業人이나 一般 大衆들이 이 勸告內容을 輕視乃至는 不注意로 因하여 意外의 被害를 받는 일이 許多하다고 한다.

아무쪼록 모든 사람이 이 勸告內容을 잘 把握하여 그러한 危險性에서 最大限으로 벗어나야만 되겠다.

이 I. C. R. P의 勸告中에는 다음과 같은 內容이 明示되어 있는 것이다.

- 1) 體外曝射에 關한 最大 許容線量
- 2) 體內曝射에 關한 放射性 同位元素의 全身에 對한 最大許容線量
- 3) 體內에 攝取되었을 때의 危險性에 關하여 空氣와 水中의 放射性 同位元素의 最大許容濃度(Maximum Permissible Concentration = M. P. C).

4) 建物, 物品, 食品, 衣服 따위의 放射性汚染의 表面最大許容濃度(障害防禦上)

以上の 모든 內容의 明示條件을 合쳐서 그냥 最大 許容度라고 부르기도 한다.

그러므로 우리나라 原子力院에서는 이 I. C. R. P의 勸告를 基礎로 하여 「放射性 同位元素等의 管理 및 그에 依한 放射線障害防禦令」을 公布하고 있는데, 其中 第2條 第8號 및 第10號에는 最大許容 被曝線量 및 最大許容 集積線量을 다음과 같이 規定하고 있기로 여기에 잠간 紹介해 보는 바이다.

(1) 放射線作業 從事者의 全身, 造血器官, 生殖線 및 눈의 水晶體에 對하여서는 다음과 같다.

가. M. P. D는 다음의 式(基本式)에 依하여 算出되는 線量으로 한다.

$$\text{基本式: } D=5(N-18)$$

D =rem單位の 線量

N =年單位の 年齡

18=18歲 基準年齡

나. 基本式에 依하여 算出되는 數值의 限度안에서 3個月間에 3rem까지의 被曝을 許容할 수 있다.

다. 放射線作業 從事者의 過去에 있어서의 被曝線量이 不明할 때에는 그 不明한 期間中은 1年間에 5rem의 比率로 被曝된 것으로 看做하여 集積線量을 算出한다.

라. 過去에 1週當 0.3rem의 被曝許容 條件下에서 從事한 者는 그 集積線量이 基本式에 依하여 算出되는 數值에 이를때까지 年間

5rem을 超過하여 被曝되지 아니하도록 한다.

마. 滿 18歲 以前에 放射線作業에 從事한 經歷이 있는 者는 年間 5rem을 超過하여 被曝되지 아니하도록 하며, 滿 30歲까지 사이에 基本式에 依하여 算出되는 數值에 이르도록 한다.

바. 上記한 다, 라, 마 以外에 不得已한 境遇에는 基本式에 依하여 算出되는 最大許容 集積線量의 範圍안에서 年間 被曝線量을 12 rem까지를 許容할 수가 있다.

(2) 前記號에 揭記된 以外의 身體部位 또는 器官에 對한 3個月間(13週)의 M. P. D는 다음과 같다.

가. 皮膚, 骨 및 甲狀腺—8rem/13W

나. 手, 足, 前膊 및 足關節—20rem/13W

다. 本 가. 나 및 前號에 揭記한 以外의 單一器官—4rem/13W

그리고 令 第20條 第3號의 規定에 依한 放射線 區域 隨時 出入者에 對한 年間(50週) 許容被曝線量은 다음과 같이 定하고 있다.

(1) 全身, 造血器官, 生殖腺 및 눈의 水晶體—1.5rem/50W

(2) 皮膚, 骨 및 甲狀腺—3rem/50W

(3) 手, 足, 前膊 및 足關節—7.5rem/50W

(4) 前 各號에 揭記된 以外의 單一器官에 對하여는—1.5rem/50W

<筆者=서울農業大獸醫學科 教授>

發 (祝) 展

中央綜合動物病院

院長 張 天 錫

서울特別市鍾路區齊洞 8

電話 ㉞ 2821