

放射線의 生物學的 效果

서울大學校 齒科大學 放射線學教室

李 祥 來 · 朴 兌 源

I. 放射線과 物質과의 相互作用

齒科用 X線發生裝置에서 發生되는 X線과 物質과의 相互作用은 다음의 3가지로 要約할 수 있다.

1) 光電効果(photoelectric effect): 殼電子에 光子가 非彈性 衝突을 하여 電子가 原子에서 放出되므로 이온化 되는 현상이다.

2) Compton 効果: 光子와 電子가 衝突하여 光子의 方向이 바뀌어 지고 에너지가 減少된다. 따라서 電子는 運動에너지를 가지며 이온化된다.

3) 雙電子効果: 1.02MeV 以上에서 發生되는 效果로서 核周圍의 Coulomb 系에서 X線이 吸收되고 새로운 電子와 陽電子가 同時에 생기는 現象으로서 陽電子는 에너지를 잃으면 電子와 結合하여 消滅되며 2개의 光子를 放出한다.

II. 人體에 미치는 影響

1) 作用機轉

i) 直接說

a) Dessauer 說: 生體에는 臨界點 (Critical point) 이 있어서 放射線照射를 받으면 熱이 發生하여 臨界點에 作用하여 細胞를 致死시킨다는 說이다. 그러나 人體에서는 400rads가 LD50(30)으로서 400rads는 10^{-3} Cal 이므로 이 程度의 熱에 너지로서 細胞가 致死된다는 說은 疑問視된다.

b) Target 혹은 Hit 說: 細胞內에는 放射線에 敏感한 部位가 있어서 이 部位에 放射線이 作用하여 細胞를 致死시킨다는 說이다.

ii) 間接說

細胞內의 H_2O 가 70~95%이므로 放射線이 H_2O 에 作用하여 H_2O 를 이온化 시킬 때 $\cdot OH$ 와 $\cdot H$ 의 游離基가 生成되어 이들이 다시 H_2O_2 와 HO_2 라는 酸化劑를 生成한다. 이 酸化劑가 蛋白質, 脂肪, 糞朮, 酵素, RNA,

DNA 等に 化學的으로 作用하여 細胞를 致死시킨다는 說이다.

2) 其他 放射線效果에 影響을 미치는 因子로서는 細胞의 O_2 濃도와 溫度가 問題되는데 이 中에서 O_2 濃가 높을수록 放射線效果가 增大 된다는 點은 定說이 되고 있으나 溫度가 미치는 效果에 對한 定說은 없다.

III. 放射線 保護物質과 增感劑

保護物質에는 SH 化合物, cyanides, amino acid, glucose, carboxylic acid, alcohol 類 등이 있으며 增感劑에는 Synkavit, Fudr 등이 있다.

IV. 生物學的 效果

i) 組織의 變異性

모든 細胞는 運動力, 新陳代謝, 成長, 生殖의 機能的 變化가 일어나는데 放射線照射線量, 部位, 感受性의 程度에 따라 變化程度가 다르다. 人體에는 放射線에 敏感한 部位가 있으며 感受性의 程度는 細胞分裂과 再生의 速度와 密接한 關係가 있어서 life cycle 中 細胞의 分裂時期에 感受性이 높다. 人體細胞의 分裂所要時間은 21~22時間으로서 細胞分裂期中 休止期 末과 前期 初期에 感受性이 높으며 이들 期中에서도 DNA 合成準備期과 DN A 合成期가 感受性이 가장 높다. 따라서 放射線에 對한 細胞의 感受性은 細胞分裂이 旺盛할수록, 細胞分裂過程이 길수록, 細胞의 形態的, 機能的 分化程度가 낮을수록 높다. 細胞質은 粘度가 增加되어 新陳代謝의 異常이 招來되며 細胞膜은 半透過性을 喪失한다. 또한 細胞分裂이 遲延되거나 中止된다. 이 性質을 利用하는것이 惡性腫瘍의 放射線治療法이다. 人體에서 感受性이 높은 順序는 淋巴球, 顆粒球, 基底細胞, 肺細胞, 膽管細胞, 腎細胞, 內皮細胞, 結締組織細胞, 骨組織, 神經의 順이다.

ii) 個體變異性

放射線感受性은 種에 따라 달라서 人體는 LD₅₀이 400rads, Yeast 는 LD₅₀이 300,000rads 程度이다. 人體의 경우에도 個人에 따라서 感受性의 差異가 크고 潜伏期는 吸收線量에 따라 各기 다르다.

iii) 體細胞에 對한 效果

診斷目的으로서의 體細胞照射時 細胞變化程度는 多少間 惹起되지만 다른 細胞가 放射線에 照射된 細胞를 補償할 수 있으며 細胞의 再生은 吸收線量의 程度에 反比例한다.

a) 全身에 照射되는 大線量의 影響 : 原子爆發이나 核 에너지의 事故時에 發生하는 경우로서 診斷用 X線에서 이러한 危險은 거의 없다.

X線 或은 γ 線의 一回 全身 被爆時의 體細胞에 對한 影響은 다음과 같다.

25~50rads : 血球의 變化가 超來될 수 있다.

50rads : 淋巴球의 一時的 減少가 있다.

100rads : 이 線量을 危險限界線量이라고 하며 淋巴球의 永久的 減少, 구토, 嘔吐감등이 惹起된다.

150rads : 50%의 경우에 있어서 放射線宿醉가 發生 된다.

200rads : LD₅로서 白血球의 長期減少가 發生된다.

400rads : LD₅₀

600rads : LD₉₀

700rads : LD₁₀₀

b) 局所에 照射되는 大線量의 影響

惡性腫瘍等의 治療線量으로서 皮膚가 200~500R을 照射받으면 一時的인 紅斑, 脫毛現狀이 일어 나고 深部 骨髓에서는 造血細胞의 減少가 생긴다. 齒科診斷時 患者의 顔面에 紅斑을 일으킬 程度로 많은 X線攝影은 하지는 않지만 醫師는 다음을 考慮 해야한다. 即 250rads를 閾值紅斑線量이라고 하여 이 吸收線量은 敏感한 사람에서는 皮膚의 發赤을 일으키고 500rads는 平均 紅斑線量이라고 하여 大部分의 사람에서 이 吸收線量은 發赤을 일으키므로 X線攝影時 患者의 吸收線量이 閾值紅斑線量의 1/2로 制限되어야 한다. 한편 放射線治療時 放射線骨壞死가 惹起될 수 있다. 即放射線 治療時에 骨膜과 骨組織에 血液供給이 圓滿하지 못해서 骨組織細胞機能이 減少되므로 感染에 對한 抵抗力이 약해져서 放射線骨壞死가 發生되므로 醫師는 放射線治療以前에 患者의 口腔疾患을 完全히 處置해야 하며 放射線治療 後에도 적어도 5年間은 感染의 機會를 줄 수 있는 手術等을 삼가해야한다.

c) 全身에 照射되는 小線量의 影響

宇宙線이나 地球에서 받는 放射線量 以外에 醫師는 職業的으로 항상 放射線을 照射 받을 수 있다. 國際放射線防禦委員會는 放射線 取扱者의 適當 最大 許容線量을 100mR, 13週 當 最大 許容線量을 3rem, 年間 最大 許容線量을 5rem으로 勸告值로 定었다. 全身, 頭部, 造血臟器, 生殖腺等에는 어느 年齡에서나 蓄積作用이 있다. 上記의 勸告值를 超過할 때 白血病, 惡性腫瘍, 骨

髓減少等이 發生된다.

d) 局所에 照射되는 小線量의 影響

小線量을 照射받았을 경우에는 이의 效果가 크지 않으나 反復해서 照射 받거나 放射線에 對한 感受성이 銳敏한 組織에서는 影響이 莫大하다. 齒科醫師가 口內 X線攝影時에 醫師 自身이 필름을 固定해 주는 경우는 自害 行爲로서 絕對的으로 삼가 해야 될 問題이다,

iv) 遺傳效果

人類는 熱, 化學的 變化, 宇宙線 및 地球에서 放出되는 back ground radiation의 影響에 依해서 突然變異가 發生될 危險性을 항상 안고 있다. X線이나 放射線物質이 診斷이나 處置의 醫療目的에 廣範圍하게 利用되고 있으며 産業이나 軍事目的으로도 活潑하게 利用되고 있으므로 이의 爲害도 急増하고 있다. 放射線의 生物學的 效果는 무엇 보다도 突然變異의 發生이 가장 큰 問題라고 하겠다. 一般的으로 細胞의 形態的, 機能的 分化程度가 낮을 수록 放射線의 感受성이 增加되는데 生殖腺에서는 精原細胞가 精母細胞로 되며 이것은 精娘細胞로 되어 이것이 精虫으로 된다. 이에에 分化程度가 가장 낮은 精原細胞가 感受성이 第一 높다. 染色體가 放射線의 照射를 받으면 染色體內의 粘度가 增加 되어서 방추사에 依해 어느 한쪽으로 染色體가 끌려가지 못하는 狀態가 되어서 소위 突然變異가 發生하게 된다. 染色體가 放射線을 照射받으므로서 다음의 4가지 形態의 異常이 發生될 수 있다.

a) deletion(缺乏)

b) addition(附加)

c) transition(轉移)

d) translocation(轉座)

한편 이러한 4가지 形態의 異常은 放射線에 依해서 DNA에서도 發生될 수 있다. 男女 生殖細胞가 結合할 때 優性 遺傳因子가 새로운 個體의 特徵을 決定한다고 하더라도 劣性의 特徵도 未來의 世代에서 나타날 수 있으므로 放射線이 生殖腺에 미치는 影響이야 말로 重要한 關心事가 되어야 한다. 따라서 齒科醫師는 그 自身은 勿論 이거니와 患者를 爲 해서도 放射線의 生物學的 效果에 對해서 항상 念頭에 두고 X線診斷에 臨해야한다.

(次號는 放射線防禦)