

加速器를 이용한 癌治療技術 現況

柳 星 烈

韓國에너지研究所 原子力病院 治療放射線科

序 論

醫療用 放射線 중 가장 큰 에너지를 사용하는 治療 放射線科 영역에서는 外部照射의 경우 일반적으로 1 MeV 이상 고에너지 放射線을 사용한다. 그 이유는 透過率이 높고, 細胞의 致死線量 照射가 용이하며, 正常 細胞를 최대한 보호할 수 있는 이점이 있기 때문이다. 그러나 고에너지 放射線 發生裝置는 장비의 관리, 안정성, 放射線防禦의 측면, 치료에 사용시의 정확성 유지 등의 면에서 매우 신중한 技術과 고도의 知識이 요구된다.

癌은 정상세포가 암세포로 변하여 異常增殖하는 것이므로 癌組織 細胞層의 일부 또는 대부분은 正常臟器 組織細胞와 혼합되어 있다. 放射線治療는 이를 구분하지 않고 照射하므로 放射線이 照射되는 부위의 정상세포는 損傷을 입지 않고 癌細胞만 제거 되어야 한다. 따라서 암세포를 選擇의으로 제거하기 위하여 放射線의 生物學의 特性을 파악하고 放射線 線質을 적절히 이용하여, 정확한 治療를 행할 수 있는 知見이 매우 중요하다.

著者は 고에너지 방사선이 어떠한 作用機轉에 의하여 암세포를 선택적으로 제거하여 치료 할 수 있는가에 대하여 治療放射線科學의 側面에서 종합적인 검토를 하고자 한다.

放射線 發生裝置

放射線의 癌治療에의 응용은 Roentgen-Curie 시절의 放射線 物理學의 발전과 그 맥락을 같이 한다. 물리학적연구와 더불어 방사선을 인체 질병의 診斷 및 治療에 응용하는 연구가 병행발전 되었으며 현재는 放射線 療法이 각종 암치료법 중 가장 중요한 위치를 차지하

고 있다.

과거에 사용된 300 keV 이하의 X線 深部治療機(X-ray deep therapy machine)는 臨床의으로 많은 문제점이 있어 현재는 거의 사용되지 않고 있다. 1950년대 부터는 평균에너지가 1.25MeV 인 코발트遠隔治療機를 사용하게 되므로서 放射線治療가 megavolt 즉 고에너지 방사선치료시대로 접어들었다. 1960년대에 사용되기 시작한 線型加速器(linear accelerator) 또는 betatron 등에 의해 더욱 강한 에너지를 얻게 되었을 뿐만 아니라 電子線을 사용하게 됨으로써 正常臟器保護와 암조직에의 집중적인 放射線照射의 방법이 더욱 발전되었다. 나아가 加速器와 核物理學의 발전에 더불어 中性子線, 陽子線, 中間子線, 알파線 등의 고에너지 粒子線 照射가 가능해 짐에 따라 암세포의 선택적 致死效果(killing effect)에 대한 연구는 더욱 활발해졌다.

한편 上記한 外部照射時에 피할 수 없는 正常組織照射를 더욱 줄이기 위하여 응용된 近接照射(Brachytherapy)는 各種 放射性同位元素를 線源으로 사용하여 人體 內 患部に 직접 삽입하여 치료하는 방법이다.

放射線의 物質에 대한 作用

放射線이 生物體에 어떤 영향, 즉 細胞死를 이끄는 현상을 生物學의效果(biologic effect)라 할때 암세포에 대한 생물학적효과를 얻는데 대한 作用機轉은 방사선의 電離效果에 의한 것이다. 따라서 고에너지 photon 이나 粒子線의 電離作用이 生物學의效果를 나타내는 것이며 그 현상은 방사선의 종류, 양 및 에너지 등 물리학적 상태에 따라 다르다.

入射된 방사선이 生物體 組織構成物質을 電離시킬때 그 성분중 가장많은 물분자의 전리가 가장 영향이 크다. 물분자의 전리는 生物學的으로 毒性을 가지는 OH 遊離基(free radical)를 발생시키며 이 독성遊離基가

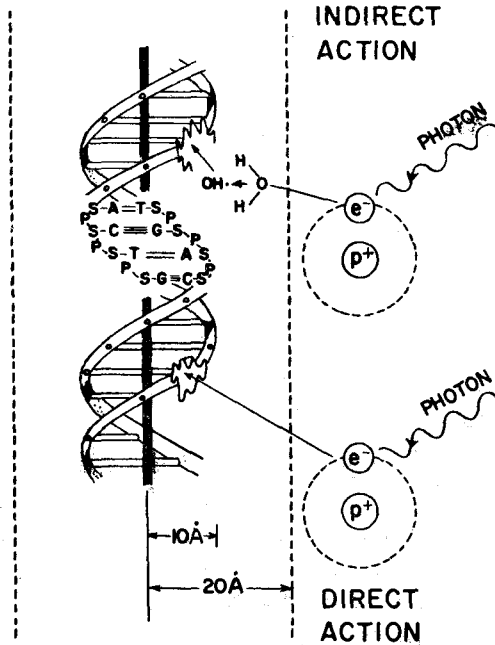


Fig. 1. Indirect and direct actions of radiation.

20Å거리 이내에 있는 DNA의 구조를 파괴하여 이를 비활성화시킨다. 이러한 작용機轉을 間接作用(indirect action)이라한다(Fig. 1). 한편 물분자 전리과정을 거치지 않고 생물체 構成分子 즉 DNA를 직접 파괴하는 경우 이를 直接作用(direct action)이라하며 고 LET放射線에서 볼 수 있는 현상이다.

人體를 하나의 system으로 보면 이는 각종 臟器로 構成되어 있고 臟器는 그장기의 기능을 발휘하는 독특한 組織으로 構成되며 組織은 組織成分을 이루는 특징적인 細胞들로 構成되고 細胞를 人體構成의 기본단위로 볼때 細胞의 再生과 死滅의 機能을 유지하는 요소인 染色體(chromosome)는 생명유지의 기본요소인 DNA가 중요한 構成成分이라할 수 있다. 따라서 DNA의 損傷여부는 細胞의 生存, 나아가 組織의 維持에 결정적인 작용을 한다. 일반적으로 放射線의 生物學의 效果를 초래하는 人體내의 target은 核膜 또는 細胞膜의 蛋白質, DNA 등 高分子物質로 생각되고 있으며 이는 放射線에 의한 損傷을 쉽게 입을 수 있는 구조 때문인 것으로 풀이되고 그 중 DNA가 가장 중요한 target으로 간주되고 있다.

癌細胞의 放射線 反應

1) 細胞生存曲線(cell survival curve)

放射線效果를 표현하는 대표적 방법이 細胞生存曲線

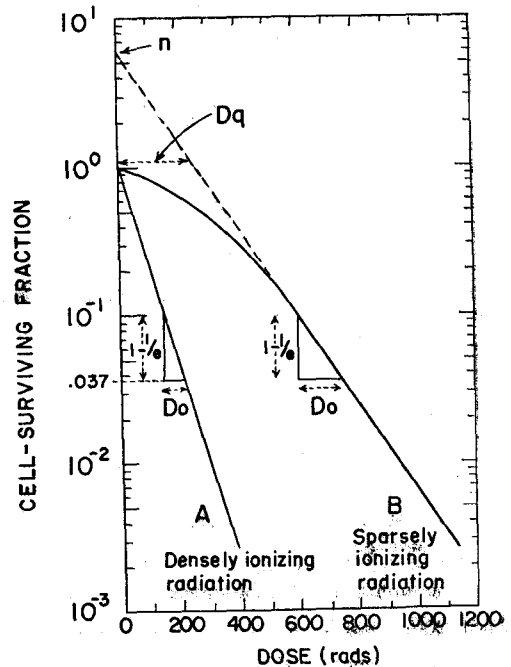


Fig. 2. Typical survival curves for mammalian cells exposed to radiation.

이다(Fig. 2). 照射된 放射線量에 대한 한 細胞集團의 細胞生存率을 semilog paper에 함수관계로 표시한 것이며 이는 직선부와 최초의 곡선부(shoulder)로 나뉜다. 직선부는 주어진 放射線效果의 정도를 나타내며 경사도의 크기(D_0)로 표현된다. 여기서 D_0 가 致死線量에 해당된다. 곡선부의 의미는 少量의 放射線에 대한 回復(repair)을 표시한다. 즉 한 細胞內에 여러개의 target이 존재한다고 가정할 때 이 target들이 모두 損傷되기 전에는 그 細胞는 죽지않고 再生될 것이므로 生存曲線 기울기를 작게 만든다. 다시 말하면 shoulder의 크기는 細胞의 回復能力을 말하며 이 값을 D_q (quasi-threshold)로 표시하고 직선부를 연장한 선이 종축에 만나는 점을 target의 수(n)로 가정한다.

이 細胞生存曲線은 방사선의 種類, 照射法, 實驗對象, 生物體種類, 기타 여러가지 要因에 따라 다르며 이를 서로 비교하여 生物學의 效果를 판단하고 表現하는 기준이 된다.

2) 酸素效果

放射線이 間接作用에 의해 細胞의 target에 損傷을 가할때 酸素는 損傷으로부터 回復되지 않도록 固定(fixation of damage)시키는 작용을 하며 이를 酸素

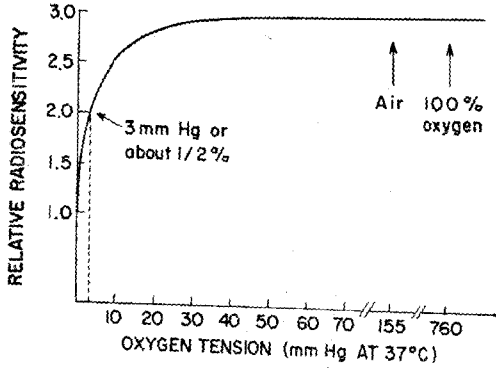


Fig. 3. Dependence of radiosensitivity on oxygen concentration.

효과라 한다. 酸素의 존재는 毒性遊離基의 발생을 증가시키고 따라서 損傷을 增進시키며 酸素가 결핍되면 細胞는 쉽게 回復되어 細胞死가 일어나지 않게된다. 酸素 결핍상태의 방사선효과를 기준으로 볼 때 산소분압이 증가함에 따라 방사선효과는 급격히 상승하며 산소분압이 40mmHg 이상이 되면 방사선효과는 최고에 달해 약 2.5 내지 3배가 되며 그 이상은 변화가 없다 (Fig. 3). 산소분압 40mmHg는 정상조직의 靜脈血의 산소농도이다. 따라서 정상세포의 경우 산소결핍은 발생하지 않는다. 그러나 암세포조직은 중심부에 血流量이 감소하여 산소결핍세포가 존재하게 되며 이는 放射線 抵抗性의 상태가 된다.

血管에서 산소가 조직내로 擴散될 수 있는 거리는 약 150~200 μ 이다. 따라서 200 μ 이상 크기의 암조직에서는 그 중심부는 반드시 산소결핍세포 또는 無酸素壞死 상태가 된다(Fig. 4). 산소결핍상태에 비해 산소가 충분한 상태의 放射線感受性의 차이를 酸素增強率(Oxygen Enhancement Ratio; OER)이라 하고 X線 또는 감마선의 경우 약 2.5 내지 3이다.

3) 細胞의 再生

細胞는 放射線損傷으로부터 回復(repair)하는 能力이 있고 이는 시간적으로 차이가 있다. 예를들어 癌細胞의 경우 回復이 매우 늦게 일어나며 正常細胞는 4~6시간 이내에 일어나므로 최초 放射線 照射 4~6시간 이후 正常細胞가 repair 한후 재차 放射線 照射를 하면 repair가 충분히 일어나지 못한 癌細胞가 더욱 많이 致死될 수 있다.

4) 細胞分裂 週期

細胞週期の 각 分期에 따라 放射線感受性이 다르다.

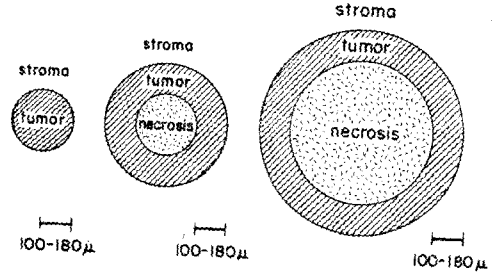


Fig. 4. An experimental example of human bronchial carcinoma. Necrosis is seen in tumors with radius more than 200 μ which must contain hypoxic cells. (Thomlinson & Gray 1955)

즉 M(細胞分裂), G₁(第1休息期), S(蛋白質合成期), G₂(第2休息期)에 따라 다르며 특히 S期 후반에 感受性이 제일 적어 致死가 용이하지 않으며 M期에 가장 예민하다.

5) 細胞의 感受性

正常細胞의 종류에 따라, 臟器의 종류에 따라, 癌細胞의 종류에 따라, 放射線에 대한 感受性은 차이가 많다. 가장 이상적인 예는 주위 正常臟器의 감수성은 낮고 癌細胞의 감수성이 높은 경우이다. 그러나 癌細胞의 감수성과 治療率과는 꼭 일치하지는 않는다.

6) 分割照射

上記한 酸素효과, 細胞의 回復, 細胞分裂週期 등에 따라 放射線에 의한 致死率의 변화가 있으며 이를 극복하여 癌細胞損傷을 極大化 시키는데 매우 중요한 방법이 放射線 照射量의 分割療法이다. 전 방사선량을 1회에 주지않고 1일 150~250rad씩 주 5회 총 5~8주 동으로 분할하여 照射하는 것은 첫째 腫瘍內 無酸素細胞가 제 1일 照射 후 24시간 동안 再酸素化(reoxygenation)하게 되어 放射線 敏感狀態로 전환하도록 하며, 둘째 放射線損傷으로부터의 回復力의 차이를 이용하여 癌細胞가 再生이 불충분한 상태에서 再照射 함으로써 癌細胞致死率을 높이도록 하며, 셋째 細胞週期上 放射線低抗性인 週期에 있는 細胞가 시간이 경과함에 따라 放射線敏感性인 週기로 바뀌어 致死되도록 할 수 있기 때문이다.

治療補助裝置의 이용

上記의 生物學의 特性을 이용한 방법외에 物理的 的 방

법에 의해 正常臟器를 보호하는 것으로 다음과 같은 補助裝置들이 이용되고 있다.

1) Simulation

癌組織이 몸속 어느부위에, 어느크기로, 어느깊이에 존재하는가를 診斷用 X線透視 장치에 의해 透視하고 測定하여 治療방법을 결정하는 과정이다. 이 방법에 의해 방사선의 照射범위, 照射방향, 照射범위에서 빼야될 부분등을 결정한다.

2) Computer planning

Simulator 로 측정하고 결정한 照射線量, 照射方向, 治療範圍등 治療방법을 수정 보완하고 최종결정을 하기위한 계산과정이다. 가장 적절한 線量分布(dose distribution)를 얻기 위하여 정확한 等線量曲線(isodose curve)을 作成해야하며 이는 과거 물리담당자가 직접 계산하여 작성하였으나, 좀더 정확하고 또한 많은 환자를 신속히 처리하기 위해 현재는 program 이 되어있는 minicomputer 를 사용하고 있다.

3) 기타 補助器具

照射野 내에 포함되는 正常臟器를 放射線被曝으로부터 보호하는 차폐 block 이 있다. 차폐물질은 正格으로 만들어져 있는 납계와 환자마다 해부학적구조에 맞게 제작하여 사용하는 低溫溶解性 합금물질이 있다.

放射線이 두가지 이상의 방향에서 동시에 照射될때 각방사선이 화합하는 부위의 線量分布를 균등히 하기 위한 wedge filter 가 있으며, 경사면에 照射시 放射線源에 가까운 곳과 먼 곳에서의 線量分布변동을 보상해주는 compensator, 고에너지 방사선의 피부보호효과에 반하여 피부선량을 증가시켜주기 위한 bolus 등, 여러가지 補助器具가 있다.

各種 放射線治療의 特徵

1) 감마線 治療

엑스線 發生裝置와 달리 同位元素 線源에서 發生하는 放射線을 이용하는 것이므로 發生裝置의 구조는 매우 간단하다. 따라서 線源에 대한 차폐방어와 반감기의 경과에 따른 선원교체의 문제등을 제외하면 線質의 安定性, 治療機의 간편성, 에너지의 同質性 등의 維持管理 및 사용상 월등한 장점이 있다.

⁶⁰Co 는 방사선치료가 고에너지 시대로의 발전에 큰 공헌을 한 방사선원이다. 고에너지 방사선치료의 장점

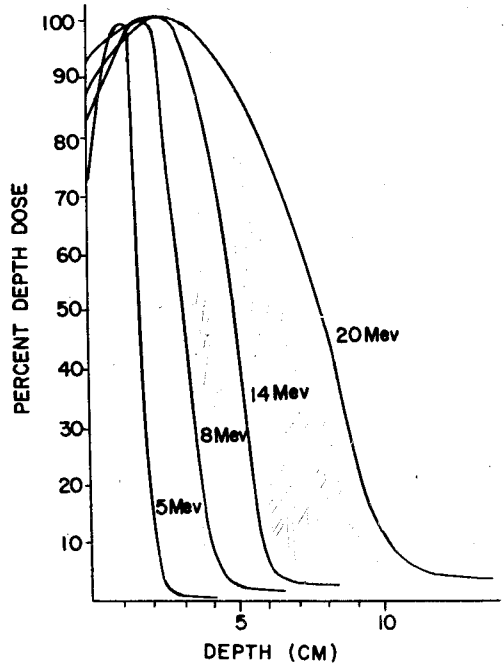


Fig. 5. Central axis percent depth dose curves for several electron energies. (Field size; 10 × 10cm)

은 最高深部線量率點(maximum depth dose)이 피부 표면보다 깊은 곳에 위치하여 피부보호효과가 있고, 骨組織과 軟部組織의 吸收線量이 동일하여 骨組織 보호 효과가 있고, 深部線量이 높으며 따라서 주위 正常組織 吸收線量이 감소하는점 등이다. 반면 코발트는 半陰影(penumbra)이 커서 照射野 주변부의 sharpness 가 떨어지는 단점이 있다.

2) X線 治療

고에너지 X선을 발생시키는 裝置는 線型加速器(Linear Accelerator), microtron, betatron 이 있다. Betatron 은 장비의 사용상 또는 유지상의 문제점이 많아 현재는 차츰 사용되지 않고 있다. Linear Accelerator 와 microtron 의 차이는 직선상의 가속과 회전형 가속의 방법상의 차이이며 microwave 및 magnetic field 의 이용은 같다. 에너지의 고저 및 다양성의 면에서도 거의 큰 차이가 없다. 단 microtron 의 線質이 輻射 monoenergetic 한 면이 장점이며 설치 비용은 더 비싸다.

X선치료의 장점은 가속기의 제작에 따라 4MeV 부터 35MeV 까지 높은 에너지의 방사선을 사용할 수 있

으므로 투과력이 높으며, 照射野 주변부의 sharpness 가 좋아 주위장기로서는 照射量을 최소한으로 줄일 수 있다.

3) 電子線 治療

고에너지 X線 發生裝置에서 加速시키는 電子線을 X線 target 를 사용하지 않고 그대로 방출하면 電子線에 의한 직접 治療가 가능하다. 일반적으로 10MeV 이상 X선을 발생하는 가속기에서 약 6~10種 이상 에너지의 電子線을 얻을 수 있어 에너지별 電子線을 선택하여 사용할 수 있다.

電子線은 粒子線이므로 深部線量이 組織내에서 급격히 떨어진다(Fig. 5). 따라서 치료하고자 하는 부위보다 더 깊이 위치한 正常組織의 보호에 매우 유효하다.

4) 中性子線 治療

中性子線 治療에 사용되는 速中性子の 加速裝置는 D-T generator 와 cyclotron 이 있다. D-T generator 는 14MeV 전후의 매우 순수한 monoenergetic neutron 을 얻을 수 있어 안정성이 있으나 에너지가 한정되는 단점이 있다. Cyclotron 은 제작시 원하는 energy 를 선택할 수 있으므로 매우 높은 에너지의 中性子線도 얻을 수 있다. 그러나 매우 고가이며 그 유지관리에 많은 인력 및 물적지원이 요하므로 쉽게 이용되는 가속기는 아니다.

中性子は 電子의 약 1,800배 重量과 전기적 中性에 의해 물질의 원자핵과 작용하여 알파선 또는 陽子線을 이차적으로 발생하고 이들이 電離化 작용을 한다. 따라서 電離作用이 강하여 LET가 높고 生物學의 효과는 주로 직접작용에 의해 細胞死를 초래한다. 고 LET 방사선에 저 LET 방사선에 비해 生物學의 효과비(RBE; Relative Biologic Effectiveness)가 높은 이유가 이때문이다. 고 LET 방사선은 저 LET 방사선에 抵抗性인 低酸素細胞의 致死率도 높아 OER이 낮고, 細胞分裂週期에서 放射線感受性的의 변화가 적어 放射線抵抗性인 시기에도 放射線 효과가 높으며, 직접작용(direct action)에 의한 細胞死를 초래하므로 세포생존곡선상 shoulder 가 없어 細胞의 回復이 잘 일어나지 않아 細胞致死率이 높으므로 曲線의 경사가 급격하다. (즉 D_0 가 작으며 이것은 densely ionizing radiation 에 해당된다.)

이러한 고 LET 방사선의 특성은 低酸素細胞가 많이 함유되어 있는 진행된 壞死性癌의 治療에 유효한 것으로 간주된다. 예를들어 中性子線의 OER은 약 1.6 전후, 알파선은 거의 1이다. 기타 암종류에 따라 中性子

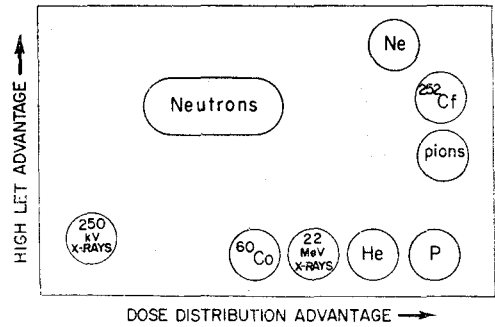


Fig. 6. Difference of advantages between each radiation beams.

線에 특히 유효한 癌이 있고 이들의 放射線效果에 대한 연구는 아직 진행 중이다. 그러나 正常組織에 대한 生物學의 효과도 높으므로 正常組織損傷으로 인한 合併症 유발 등이 아직 문제점으로 있다.

또한 深部線量曲線의 면에서 에너지에 큰 차이 없이 코발트 감마선의 그것과 매우 유사하므로 正常組織 보호는 더욱 어렵다(Fig. 6).

5) 重粒子線 治療

重粒子線은 陽子線, 알파선, 中間子線, 그외에 nitrogen, carbon, boron, neon, argon, helium 등이 현재까지 臨床的 또는 실험적으로 사용되고 있으며 cyclotron, synchrocyclotron 또는 대용량 linear accelerator 등으로 加速된다. 陽子線은 重量이 크고 電氣的으로 陽性이므로 物質과 직접작용하여 電離하며 電子線 처럼 일정한 깊이에서 급격히 減速된다. 또한 beam profile에서 Bragg-peak가 있으므로 이 부분을 적절히 이용하면 체내에 일정한 깊이의 癌治療에 매우 좋은 線量分布를 얻을 수 있고 照射野 주변부가 sharp하여 正常藏器 보호에 매우 좋은 효과를 얻을 수 있다.

기타 각종 重粒子線들도 이와 유사한 효과를 얻을 수 있으나 대부분 150MeV 이상 고에너지 가속장치를 요하므로 시설비가 엄청나서 단순한 의료용으로 시설하기는 불가능하며 核物理 實驗室에서 의학적응용에 관한 연구로 이용되고 있다.

治療效果를 증가시키는 追加的 方法

上記한 여러가지 放射線治療로도 모든 癌을 완전히 치료해 낼수는 없다. 따라서 放射線療法에 補助的으로 또는 單獨으로 사용되어 治療效果를 더욱 증가시키는 방법들에 대한 연구도 많이 이루어져 있다.

Commonly Using Radioisotopes in Brachytherapy

Isotopes	Av. γ -energy(MeV)	Half life
Cesium-137	0.662	30 yrs
Cobalt-60	1.25(1.17~1.33)	5.3yrs
Gold-198	0.411	2.69days
Iodine-125	0.03(0.027~0.035)	60 days
Iridium-192	0.47(0.3~0.61)	74 days
P-32	beta emmission	14.28 days
Radium-226	0.8	1,620 yrs
Radon-222	0.8(0.5~2.44)	3.83 days

1) 近接照射(Brachytherapy)

放射性同位元素를 직접 癌組織에 挿入하여 집중적으로 많은 照射量을 줄 수 있고 周圍 正常臟器를 최대한 보호할 수 있는 방법으로서 근자에 흔히 사용되는 동위원소 종류는 표와 같다. 이 방법은 암조직에 근접한 동위원소에서 방출하는 放射線을 이용하는 것이므로 부근의 정상조직은 inverse square law에 의해 放射線노출이 급격히 감소하여 최대한 保護할 수 있게된다. 그 종류로는 특별한 도구를 사용하여 口腔 및 子宮 등의 부로부터 쉽게 접근할 수 있는 體腔內에 挿入하는 腔內治療(Intracavitary irradiation), 同位元素를 表面에 接觸시켜 치료하는 接觸治療(Contact irradiation), 바늘형태로 제작된 同位元素針을 癌組織內 刺入하는 刺入治療(Interstitial irradiation) 등이 있다.

2) 放射線 敏感劑(Radiosensitizer)

放射線이 細胞의 target에 間接作用을 일으킬 시 酸素가 損傷의 固定效果를 발휘하며 酸素결핍세포는 損傷으로 부터 回復될 수 있다. 이때 放射線敏感劑는 酸素 대신 損傷의 固定效果를 내므로서 酸素결핍세포의 回復를 방지하여 암치료효과를 증가시키는 것으로 低酸素細胞敏感劑(Hypoxic cell sensitizer)가 그것이다. 그 외에 간접적으로 抗癌化學療法藥劑(Anticancer chemotherapy agent) 등을 사용시 放射線에 대한 細胞致死效果가 증가될 수 있다.

3) 溫熱療法(Hyperthermia)

42°~43°C의 溫熱은 癌細胞 致死效果가 있다. 溫熱 그 자체 만으로도 效果가 있고 放射線治療와 병행하면 放射線治療에 抵抗性인 상태에도 致死率이 높아 방사선 치료효과를 증가시킨다. 體內 局所組織의 온도를 원

하는 온도까지 상승시키기 위하여 사용되는 加溫方法은 高周波(radiofrequency), microwave, 超音波 등이 있으며 사용되는 주파수는 약 0.5MHz부터 2,500MHz 정도까지 다양하다.

4) 其他

고 LET 放射線의 사용, 超分割放射線療法(multifractionation), 手術中放射線治療(Intraoperative irradiation) 등 專門인 여러가지 방법을 동원하여 암치료효과를 증대시킨다.

治療機의 維持管理

코발트치료기는 앞서도 언급한 바와 같이 회로가 단순하고 작동원리가 간단하며 안정된 기종이므로 유지관리에 특별한 유의점은 없다. 단지 정기적인 calibration으로 간단한 기계적 결함의 발생을 점검 보완하는 것으로 신뢰성 있는 상태를 유지할 수 있다.

線型加速器 또는 microtron 등 電子線加速器는 매우 복잡한 回路와 構造를 가지므로 기계적 결함의 발생 및 物理學的 線質의 변동 가능성이 높으므로 매주 1회 이상의 機器점검이 필요하며 physicist와 engineer가 항상 유지관리에 각별한 유의를 하여야 한다. 中性子 및 기타 고에너지 粒子加速器의 경우는 더욱 그러하다.

아울러 정기적인 線質점검에 사용되는 測定裝置(Dosimetry)들도 우수한 성능의 機種이 요구되며 computer interface가 되어 세밀한 측정과 신속한 분석검토가 될 수 있어야 한다.

放射線治療에 사용되는 一次線의 線質維持管理를 위한 정기적 calibration뿐 아니라 散亂線으로부터의 從事者의 安全管理에도 특별한 유의를 요한다. 특히 20 MeV 이상 고에너지의 경우는 核反應에 의해 中性子 또는 二次放射性同位元素의 발생 등 또 다른 차원의 안전관리 문제도 고려 되어야 한다.

國內 現況

국내에는 현재 24개 기관에 19대의 線型加速器, 15대의 코발트 遠隔치료기, 1대의 microtron, 1대의 cyclotron, 총 36대의 고에너지 치료장비가 가동중이며 앞으로 약 10대 이상의 장비가 도입될 전망이다. 기타 腔內治療機, simulator, computer planning system 및 dosimetry용 測定裝置등을 거의 모든 기관에서 보유하고 있다. 따라서 시설면이나 암치료기술의 臨床的

측면에서는 선진국 의료수준에 뒤지지 않는다. 그러나 放射線治療의 이용면에서 볼때 여러가지 인식부족으로 방사선치료 혜택을 받지 못하는 암환자가 아직 상당히 많다. 또한 放射線生物學의 臨床 암치료에 결부된 實驗的研究에 대한 전문연구인이 없어 치료방사선과 의사가 직접 수행하고 있는것이 앞으로 관심을 가져야 할 점이다.

기타 國內 실정상의 몇가지 문제점은 放射線物理學 담당자의 부족, 加速器 維持管理를 위한 각 기관별 전속기술진의 부족, 각 기관에서 보유한 測定裝置의 통일된 standardization이 안되어 있는점 등이 신중히 검토되어야 할 점이라고 생각된다.

結 論

放射線에 의한 癌治療는 放射線物理學 및 生物學의 발달과 臨床的 治療技術의 발전에 힘입어 현재 치료가능한 암환자 수를 날로 증가시키고 있다. 그 궁극적원리는 正常細胞를 얼마나 보호하며 癌組織에 적절한 放射線을 얼마나 집중적으로 照射할 수 있는냐에 달려 있으며 이를 위하여 醫學的 側面 뿐아니라 物理學的 및 生物學的인 끊임없는 연구의 뒷받침이 요구되고 있고 또한 이것이 放射線治療의 밝은 미래를 기대할 수 있는 토대가 되고 있다.

著者は 고에너지 放射線을 이용한 癌治療技術의 原理에 관하여 生物學的 및 物理的 측면에서 서술하여 보

았고, 治療效果를 상승시키기 위하여 어떤 원리를 적용하고 어떤 방법들이 동원되고 있는가에 관하여 기술하였으며 癌治療技術에 대한 종합적인 검토를 제시하여 보았다.

REFERENCES

- 1) Catterall, M. and Bewley, D.K.: Fast neutrons in the treatment of cancer. Academic Press, London, 1979
- 2) DeVita, Jr., V.T., Hellman, S. and Rosenberg, S.A.: Cancer, Principles and practice of oncology, 2nd Ed. J.B. Lippincott Co, Philadelphia, 1985
- 3) Fletcher, G.H.: Textbook of radiotherapy, 3rd Ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1980
- 4) Hall, E.J.: Radiobiology for the radiologist, 2nd Ed. Harper & Row Publishers, New York, 1982
- 5) Khan, F.M.: The physics of radiation therapy. Williams and Wilkins, Baltimore, 1984
- 6) Moss, W.T. et al: Radiation oncology, Rationale, Technique, Results. 5th Ed. The C.V. Mosby Co, St Louis, 1979
- 7) Particles and Radiation Therapy Second International Conference: Int. J. Rad. Oncol. Biol. Phy. Vol. 3 complete, 1977

Recent Status of Cancer Treatment Using High Energy Radiotherapy Machine

Seong Yul Yoo, M.D.

Department of Therapeutic Radiology, Korea Cancer Center Hospital, KAERI

= Abstract =

High energy radiation therapy using accelerator or radioisotope teletherapy unit is now one of the most important modality in the field dealing with human malignant tumor. It's successful technology overcomes incurable disease to change into curable disease not only by the improvement of clinical technique but also by the development of radiation physics and biology.

The author presented the principles of radiation therapy by means of basic knowledge of medicine, physics and biology, described the various ways to improve the result of radiation therapy, and reviewed recent status of radiotherapy field in Korea.