방사선 피폭이 인체에 미치는 영향

이수영
가톨릭의과대학 명예교수

최근 2차 세계대전 이후 최대의 피해를 입은 일본 후쿠시마의 지진 해일로 인한 후쿠시마 원자력발전소의 파손 및 그에 따른 방사능의 오염이 동북 지방의 일본인들을 공포의 도가니로 몰아넣었으며, 한국은 전혀 불안한 장소가 아님에도 불구하고 일부 한국인들조차 불안해하는 모습이다.

방사선은 방사성 물질의 원자가 붕괴하면서 방출하는 강력한 에너지로 알파(α), 베타(β), 감마(γ)선이 대표적이다. 알파선은 α-입자가 방출되는 방사선인데, 입자의 크기가 크고(헬륨의 원자핵), 속도가 느리다. 따라서 공기 속에서 몇 cm 밖에 이동하지 못하고, 종이 한 장도 뚫지 못한다. 베타선은 β-입자, 즉 음전자나 양전자를 방출하는 경우를 말한다. 종이는 통과하지만 알루미늄 판은 통과하지 못한다. 이들 α-선과 β-선은 알갱이로 되어있어서 입자선이라고 한다. 감마선은 전자기파로 에너지가 매우 크기 때문에 알루미늄은 물론 납덩어리 까지도 통과할 수 있다. 통과하는 과정에서 에너지가 점차 약해진다.

방사선에 피폭을 받으면, 우리 몸에 어떤 영향을 미치는가?

300시버트(sivert, 생물학적으로 인체에 영향을 미치는 방사선의 양을 나타내는 단위. 1시버트는 100렘에 해당한다. 기호는 Sv.)의 방사선에 피폭되면, 2주 이내에 조혈계의 파괴가 일어난다. 모든 조혈모세포들은 방사선 에너지에 굉장히 예민하기 때문에 범혈구감소증(pancytopenia)이 생긴다. 즉 처음에는 림프구의 감소로 시작해서, 혈구들의 유형성분(세포)의 점진적인 감소가 일어나서, 결국 출혈, 빈혈 및 감염을 일으킨다. 이 감염으로 인해서 사망하게 된다.

더욱 강력한 방사선량, 즉 1,000시버트(Sv.)의 방사선에 피폭되면 중요 사망 원인은 소화기계와 관계가 깊다. 즉, 피폭 후 3일 이내에 소화기계의 모든 상피세포가 심하게 파괴된다. 따라서 장의 체액 항상성(fluid homeostasis)이 파괴되므로, 심한 설사와 탈수가 일어난다. 상피세포가 파괴되기 때문에 세균이 쉽게 장으로 침범하여, 쇼크를 일으키고, 패혈증이 일어나서 사망하게 된다.

2,000시버트(Sv.) 이상의 방사선량에 피폭되면, 중추신경계가 파괴되어 수 시간 내에 사망하게 된다. 내피세포가 손상되어 뇌의 부종이 일어나고, blood-brain 장벽이 파괴되고, 뉴론의 괴사가 일어나서, 경련, coma 후 사망하게 된다.

다음은 방사선이 태아에 미치는 영향에 대해서 소개하고자 한다.

임산부가 25시번트(Sv.) 또는 그 이상의 방사선에 피폭되면, 출산아의 뇌의 크기가 감소하고, 정상적인 성장이 감소하고, 지능저하를 일으킨다. 태아는 임신 3주와 20주 사이에 성장 장애와 소두증(microcephaly), 만곡족(club foot) 및 성기의 이상(genital abnormaility)이 생긴다.

마지막으로 방사선에 의한 암 발생에 대하여 소개하고자 한다.

백혈병이 10배 이상 생기며, 이 백혈병 가운데는 2/3가 급성백혈병이었고, 나머지는 만성골수성백혈병이었다.

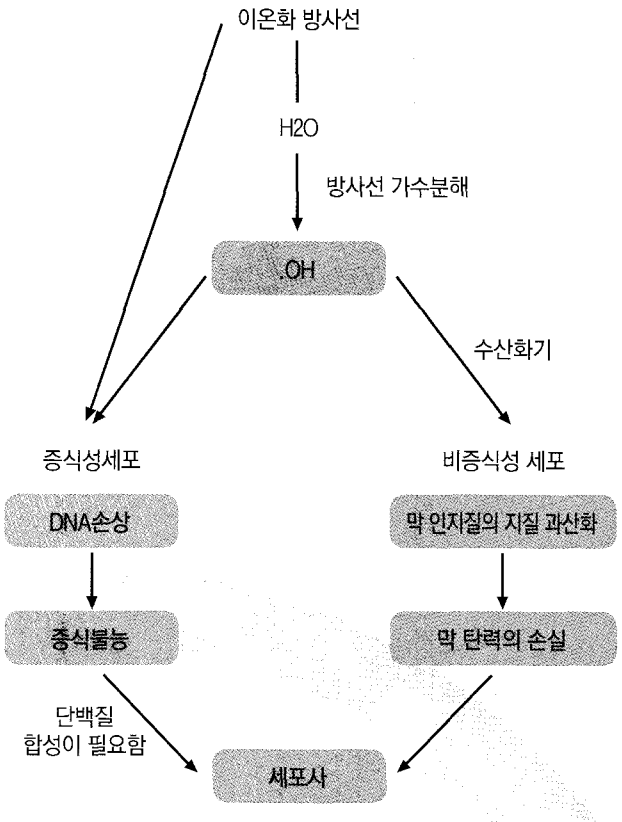
다발성 골수종의 발생빈도는 5배 이상으로 증가한다. 그 외에 고형암으로는 유방암, 폐암, 갑상샘암, 소화기 및 비뇨기계 암이 많이 발생한다.

전자기 방사선은 전기를 띄는 이온으로 작용하여 물의 방사성 분해(radiolysis)를 일으켜서, 그 결과 수산(OH)기를 생성한다. 이 수산기가 세포막을 비롯한 여러 가지 세포 속의 막에 손상을 입힌다. 뿐만 아니라 이 수산기는 DNA와 반응할 수 있다. 이 수산기가 DNA에 손상을 주는 가운데 중요한 결과는 바로 DNA의 증식을 억제하는 것이다.

간세포나 뉴론 같은 비증식성 세포에 대해서는 DNA를 증식시키는 것을 억제하는 작용의 결과는 미미하다. 그러나 증식을 잘하는 세포에 대해서는 DNA 증식을 억제시키는 결과는 세포에 폐허가 되는 기능 소실을 야기한다. 증식하는 세포가 증식을 한 번 방해 받으면 세포를 죽게 만든다. 이 기전은 새로운 단백질의 합성에 관여하게 되는데, 왜냐하면 세포 속에서 단백질의 합성이 억제되면 세포의 소실을 방지할 수 있기 때문이다.

세포 증식의 억제에 대한 세포사의 유발은 세포들의 일차 기능을 잃게 되는 것이다.

다음에 이온성 방사선에 의해서 세포가 죽는 기전을 요약해 보면 다음의 표와 같다.



이번에 일본에서 문제가 되는 방사능 물질 가운데, 요오드-131은 휘발성이 강하기 때문에 끓이면 금방 사라진다. 그러나 세슘-137은 끓여도 없어지지 않는다. 가정에서 사용되고 있는 정수기 가운데, 역삼투 방식의 정수기는 방사성 물질을 제거할 수 있다. 또한 최근에 방사선 스트론튬(Sr)이 발견되었다고 하는데 이 스트론튬은 독성이 강하고, 뼈에 잘 침착하며 암을 유발시킬 수 있다.

일반인들이 방사성 요오드의 섭취를 막기 위하여, 해조류(미역, 다시마, 김)와 소금을 먹는다고 하는데 이것은 적절한 예방법이 될 수 없음을 알 필요가 있겠다.