

전리방사선에 의한 대장암



성균관대 강북삼성병원
직업환경의학과 교수
김수근

서론

대장은 소장과 항문 사이에 위치하는 소화기관으로 대장암(colorectal cancer)이란 결장과 직장 및 맹장 부위에 생기는 악성 종양이다. 발생 위치에 따라 결장에 생기면 결장암, 직장에 생기면 직장암이라고 하며, 이를 통칭하여 대장암 혹은 결장직장암이라고 한다. 대장의 대부분이 결장이기 때문에 맥락에 따라 대장이라는 말은 결장만을 뜻할 때도 간혹 있다.

주로 대장암은 대장의 상피세포에서부터 암세포가 발생한다. 대장암의 대부분은 대장 점막 샘세포에서 발생하는 선암(또는 샘암)으로, 양성 종양인 선종성 용종(polyp)에서 유래한다. 용종이란 위장관 점막의 조직이 부분적으로 과도하게 증식하여 혹처럼 튀어나온 것을 말한다. 선종(또는 샘종, adenoma)이란 샘세포가 증식하여 생기는 종양이다. 선암 이외에도 림프종, 악성 유암종(carcinoid), 평활근육종 등이 원발성으로 생길 수 있다.

대장의 림프종은 전체 소화관의 악성 종양 중 1% 미만이며, 소화관 림프종 중에서는 10~20%를 차지한다. 대장이 시작되는 부분인 회맹부에 잘 생기고 증상은 선암과 동일하며, 때때로 오른쪽 하복부에서 종괴(덩이)로 발견된다. 유암종이란 위장관과 췌장, 난소, 폐 등의 신경내분비세포에서 발생하여 서서히 자라는 종양인데, 대장의 유암종은 충수와 직장에 주로 생기며 대부분 증상이 없다. 전이되거나 악성으로 유암종 증후군을 일으키는 경우는 극히 드물다. 평활근육종이란 내장이나 혈관벽을 이루는 평활근

즉 피부근에 생기는 육종(비상피성 조직에서 유래하는 악성 종양)이다.

한편, 대장에도 카포시 육종(Kaposi's sarcoma)이라는 매우 드문 악성 종양이 생기는 수가 있다. 이 육종은 헤르페스바이러스(Kaposi's sarcoma herpes virus, KSHV)에 의해 발생하는 것으로, 피부에 가장 많이 나타나지만 뇌를 제외한 모든 장기에 생길 수 있으며 후천성면역결핍증(AIDS) 환자에게서 자주 발견된다. 대장이나 직장에서는 붉은 반점이나 결절, 또는 용종의 형태를 보인다.

대장암은 1980년대 이후 현재까지 꾸준히 증가하고 있는 암이다. 2014년에 발표된 중앙암등록본부 자료에 따르면 2012년에 우리나라에서는 224,177건의 암이 발생했는데, 그 가운데 대장암은 남녀를 합쳐 28,988건으로 전체의 12.9%로 3위를 차지하였다. 인구 10만 명당 조(粗)발생률(해당 관찰 기간 중 대상 인구 집단에서 새롭게 발생한 환자 수. 조사망률도 산출 기준이 동일)은 57.6건이다. 남녀의 성비는 1.5:1로 남자에게 더 많이 발생하였다. 발생 건수는 남자가 17,445건으로 남성의 암 중 2위, 여자는 11,543건으로 여성의 암 중 3위였다. 남녀를 합쳐서 본 연령대별로는 60대가 27.0%로 가장 많았고, 70대가 26.7%, 50대가 23.1%의 순이었다.¹⁾

대장암의 원인

대장암의 발생 원인으로는 크게 환경적 요인과 유전적 요인으로 나누어 볼 수 있으며 환경적 요인 중에서는 식이요소 및 생활습관이 가장 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 대장암은 비만, 흡연, 음주, 부족한 식이섬유 섭취 및 고지방식으로 인한 식생활, 신체 활동 부족, 50세 이상의 연령과 가족성 용종증 등의 몇몇 유전성 질환, 궤양성 대장염, 크론병 등의 만성 염증성 장질환에서 발생한다.

동물성 지방질과 고기를 많이 먹는 미국이나 유럽에 사는 민족에게서 많이 발생하며, 한국이나 일본을 비롯한 아시아 각국에서는 이에 비하여 발생률이 낮았으나 근래에는 식생활이 서구화 되어감에 따라 예전에 비하여 대장, 직장암의 발생률이 증가되어 가고 있는 추세이다.

전체 대장암의 약 5~15%는 유전적 요인으로 인해 발생한다. 직계 가족 중 대장암 환자가 있는 경우 대장암 발병위험도는 2-8배 증가한다. 또한 대장의 선종성 용종은 5-10년에 걸쳐 암으로 서서히 진행되며, 50세 이상에서 증가하므로 평균 수명이 증가하는 우리나라 실정에서 조기 검진 및 진단이 중요하다.

1) 50세 이상의 연령

대장암 발생 빈도는 연령에 비례하는 경향이 있다. 특히 50세 이상에서 많이 걸린다.

2) 식이 요인

식생활은 대장암 발병에 가장 큰 영향을 미치는 환경적 요인으로 오랫동안 알려져 왔다. 동물성 지방, 포화지방이 많은 음식을 계속 먹거나 돼지고기와 소고기 같은 붉은 고기, 소시지나 햄, 베이컨 따위 육가공품을 즐기면 대장암 발생 위험이 높아진다는 것이 확인되었다.

그 외에 저(低)섬유소 식이, 가공 정제된 저잔여(低殘餘) 식이 등 섬유소가 적어 빨리 소화·흡수되고 장에 별로 남지 않는 음식물(장 수술을 할 때 이 같은 식품 위주의 식사를 하기도 한다)도 대장암 발생 가능성을 높인다. 일부 연구에서는 육류를 굽거나 튀겨서 자주 섭취할 경우 대장암에 걸릴 위험이 커진다고 보고한 바 있다.

3) 비만

살이 많이 찌면 대장암 발생 위험도가 약 1.5배에서 3.7배 정도까지 높아진다고 알려졌으며, 이와 연 관해 허리둘레의 증가도 위험 요인의 하나이다.

4) 유전적 요인

대장암의 5%는 명확히 유전에 의해 발병한다고 밝혀졌으며, 이 외에도 5~15%는 유전적 소인과 관계가 있는 것으로 알려져 있다. 유전적 요인에 의한 대장암은 환경적인 요인에 의한 것과 달리 원인이 명확한 경우가 많다. 또한 결합 있는 유전자를 갖고 태어나므로 대장암이 비교적 어린 시기에 발생한다는 공통점이 있고, 유전자의 기능이 대장에만 국한되지 않기 때문에 다른 장기도 이상 소견을 보이는 경우가 많다.

유전 성향이 있는 질환들 가운데 대장암과 관련된 대표적인 것이 유전성 대장용종 증후군이다. 이것은 대장에서 다발성으로 용종이 생기는 질환들을 총칭하는 용어로, 가족성 용종증(Familial adenomatous polyposis)을 필두로 하여 연소기 용종증(Juvenile polyposis syndrome), 포이츠-에거스 증후군(Peutz-Jeghers syndrome), 카우덴 증후군(Cowden's syndrome), MUTYH 연관 용종증(MUTYH associated polyposis), 뮤어-토레 증후군(Muir-Torre syndrome), 터콧 증후군(Turcot syndrome) 등이 여기에 속한다.

가족성 용종증처럼 선종성 용종이 다발적으로 생기는 질환이라고 해서 하나하나의 선종이 대장암으로 진행할 가능성이 특별히 높은 것은 아니다. 그렇지만 선종이 수 백, 수 천 개나 생겨나는 만큼 전체적으로 대장암이 발생할 가능성이 매우 커질 수밖에 없다. 실제로 가족성 용종증의 경우, 치료를 하지 않으면 100%가 대장암으로 진행된다.

포이츠-예거스 증후군과 연소기 용종증 등 주로 과오종성^① 용종이 생기는 질환은, 이 종류의 용종이 비록 암의 전구병변^②은 아니지만 그 환자들의 대장암 발생 확률이 정상인보다 훨씬 높다는 점에서 유전성 대장암의 연관 범주로 취급한다.

유전성 대장암의 대표 질환 중 하나로 유전성 비용종증 대장암(hereditary non-polyposis colorectal cancer (HNPCC))이 있다. 이것은 비교적 이른 나이에 발생하고, 지금까지 알려진 유전성 종양 중 발생 빈도가 가장 높아서 임상적으로 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 유전성 대장 종양의 원인 유전자들은 다음과 같다(표1).

〈표1〉 대장암의 유형별 원인 유전자

질환	원인 유전자
가족성 용종증	APC
유전성 비용종증 대장암	hMLH1, hMSH2, hMSH6, hPMS1, hPMS2
포이츠-예거스 증후군	STK11
연소기 용종증	SMAD4(DPC4)

5) 선종성 용종

용종(흔히 '폴립'이라고 하며 위장관 점막의 조직이 부분적으로 과도하게 증식하여 혹처럼 튀어나온 것)은 양성 종양이지만 그 가운데 조직학적으로 선종성으로 분류하는 용종은 악성 종양, 즉 대장암으로 진행할 수 있다. 선종성 용종은 그냥 '선종'이라고도 하는데, 크기가 클수록(표면 직경 1.0cm 이상), 조직 검사에서 세포의 분화가 고등급 이형성증을 보일수록, 그리고 용모(villus) 같은 특성을 보일수록 발암성이 높다. 용모란 척추동물의 창자 안쪽 벽에 촘촘히 솟아 있는 손가락 또는 나뭇가지 모양의 돌기로, 음식물의 소화 흡수를 돕는 역할을 한다.

6) 염증성 장질환

염증성 장질환은 크게 궤양성 대장염(ulcerative colitis)과 크론병(Crohn's disease)으로 나눌 수 있다. 염증성 장질환은 만성(6개월 이상)으로 발생하는 장에 염증이 생기는 질환이다. 만성 염증성 장질환은 원인이 명확하게 밝혀지지 않았다. 이런 질환이 있으면 대장암 발생 위험도가 4배에서 20배까지도 상승한다. 또한 이로 인한 대장암은 일반 대장암보다 20~30년 일찍 발생한다. 그러므로 염증성 장질환으로 진단 받고 대장암 발생 감시를 위해서 진단 후 약 10여 년부터 정기적인 대장내시경 검사가 필요하다.

7) 신체 활동수준

대장암 발생률이 높은 서구를 중심으로 최근 수행된 연구에 따르면, 노동량이 많은 직업군에서는 결장암의 발생 위험도가 상대적으로 낮으며, 근무 시간뿐 아니라 여가 시간의 신체 활동량도 결장암의 발생 위험을 낮춘다고 한다. 신체 활동과 운동은 장의 연동운동을 촉진하여 대변이 장을 통과하는 시간을 줄이고, 그에 따라 대변 속의 발암물질들이 장 점막과 접촉하는 시간도 줄어들기 때문에 발암 과정이 억제되는 것이다.

8) 음주

외국의 연구에서는 과음이 대장암 발생 위험을 높인다는 결과도 있고, 그렇지 않다는 결과도 있다. 더 많은 연구가 필요하지만, 다수의 의학자들은 과음이 대장암 발생 위험을 높일 수 있는 것으로 의심하고 있다.²⁾

전리방사선

전리방사선 피폭에 의한 대장암에 대해서는 그동안 여러 가지 역학 조사가 실시되었다. 전리 방사선 피폭과 대장암에 관한 역학 조사는 ① 원폭 피해자를 대상으로 한 역학 조사, ② 원자력 시설 등의 방사선 작업자를 대상으로 한 역학 조사, ③ 방사선 진료를 받은 환자를 대상으로 한 역학 조사, ④ 고준위 배경 지역 주민 등을 대상으로 한 역학 조사로 대별된다. 상기의 역학연구의 주된 개요를 소개한다.

1) 원폭 피해자를 대상으로 한 역학 조사

원폭생존자들을 대상으로 한 수명조사(Life Span Study: LSS)의 최신 보고서에서 대상자 86,611명에 대해 1950년부터 2003년까지 추적한 결과, 대장암은 1 Gy당 초과 상대위험도(ERR/Gy)는 0.54/Gy(95% CI: 0.23-0.93), 초과절대위험도(EAR)는 1.6/10⁴인년/Gy(95% CI: 0.5-3.0)이었다. 그러나 대장암에 대하여 피폭 선량을 구분한 위험도 분석은 행해지지 않았다.³⁾

수명연구(LSS)대상 집단 중 105,427명을 1958년부터 1998년까지 추적한 연구에서 30세에서 피폭한 사람이 70세가 되어 대장암이 발생할 초과상대위험도(ERR)는 0.54/Gy(90% CI: 0.30-0.81)이었고, 초과절대위험도(EAR)는 8.0/10,000인년/Gy(90% CI: 4.4-12)이었다. 기저조사에서 현저한 코호트 효과가 보여 초과상대위험도에 관해 피폭 시 연령의 영향은 거의 없었다. 또 초과상대위험도에 관해서 0-2 Gy(DS02)

의 범위에서 직선적인 선량 반응 관계($p < 0.001$)가 인정되었다. 그러나 이 연구에서도 피폭 선량으로 구분한 위험도 분석은 행해지지 않았다.⁴⁾

수명연구(LSS)대상 집단 중 0-20 mSv(DS86)사람의 1950년부터 1990년까지 추적 데이터를 해석한 조사에서 결장암에 대해 0-20 mSv에서 피폭 선량에 의존한 유의한 증가는 인정되지 않았다. 2상성 모델로 추정된 결장암 잠복 기간은 남성 28.63년, 여성 41.62년이였다.⁵⁾

히로시마 대학 원폭 방사선 의과학연구소의 대상 집단 35,123명을 1968년부터 1989년까지 추적한 역학 조사에서 선량 구분별 위험도를 해석했고, 피폭 선량이 1 Gy이상의 군(1.0-1.99 및 2.0-2.99 Gy군)으로 결장암 사망의 상대 리스크(RR)가 1보다 유의하게 높았다. 또한 관찰 기간 내에서 상대위험도의 시간적 변화는 인정되지 않았다.⁶⁾

수명조사(LSS)대상 집단 중 피폭군 82,064명, 비피폭군 26,675명을 1950년부터 1982년까지 추적한 역학 조사에서 선량 구분별 위험도를 분석하였고, 피폭 선량이 1 Gy이상의 군(1.0-1.99, 2.0-2.99, 4.0+ Gy군: DS86)에서, 결장암 발생의 상대위험도(RR)의 90%아래 신뢰 한계가 1을 넘어섰다. 잠복 기간에 대해서는 1959년 이후(피폭 후 14년 이후), 도달 나이 35세 이상으로 대장암 발병의 증가가 인정되었다. 맹장, 상행 결장, 횡행 결장, 하행 결장, S상 결장에서는 방사선 감수성에 차이가 없었다.⁷⁾

수명연구 대상 집단 중 나가사키의 17,936명을 1959년부터 1978년까지 추적한 역학 조사에서 선량 구분별 위험도를 분석하고 있으며, 대장암 발생의 상대위험도는 피폭 선량이 100 rad(=1Gy)이상의 군에서 1.66(90% CI: 0.75-3.02)이었다. 부검 혹은 외과적으로 확인된 증례에 한정했을 경우, 100 rad이상 피폭한 군의 상대위험도는 2.39(90% CI: 1.01-4.85)에서 유의한 상승이 인정되었다.⁸⁾

2) 방사선 작업자를 대상으로 한 역학 조사

원자력 발전소 작업자의 역학 연구에 관한 문헌 11편의 메타 분석한 결과 대장암 표준화 사망비(SMR)는 0.88(95% CI: 0.73-1.07)에서 유의한 증가는 인정되지 않았다.⁹⁾ 프랑스의 핵연료 시설 작업자 9,285명을 1977년부터 2004년까지 추적한 역학 조사에서 결장암의 표준화 사망비(SMR)는 0.83(90% CI: 0.60-1.12)으로 유의한 증가는 없었지만 표준화 사망비는 방사선량의 증가와 함께 유의하게 증가하였다($p < 0.04$).¹⁰⁾ 이 연구 대상자의 98.9%는 피폭 선량이 200 mSv이하였다.

1952년부터 1957년까지 핵 실험에 종사한 남성 10,983명을 2001년까지 추적한 역학 조사에서 대장암의 표준화 발생비(SIR)은 1.16(95% CI: 1.04-1.28), 표준화 사망비는 1.28(95% CI: 1.12-1.47)이었는데, 1 mSv미만의 위험도가 가장 높았고, 방사선량 의존성은 인정되지 않았다. 연구 대상자의 96%는 피폭 선량이 20 mSv이하였다.¹¹⁾

캐나다 원자력 산업, 공업, 의료 등에서의 방사선 작업자 191,333명을 1969년부터 1988년까지 추적한 역학 조사에서 대장암의 표준화 발생비(SIR)는 0.90(90% CI: 0.82-0.99)으로 유의한 증가는 없었지만 남자의 초과상대위험도(ERR)가 2.8/Sv (90% CI: 0.0-8.0)에서 유의하게 높았다. 또한, 대상자의 99.4%는 피폭 선량이 200 mSv미만이었다.¹²⁾

로키 플렌트의 병기 공장에서 플루토늄 피폭을 받은 백인 남자 작업자 5,413명을 1952년부터 1979년까지 추적한 역학 조사에서 대장암의 표준화 사망비(SMR)는 0.63(90% CI: 0.29-1.18)으로 유의한 증가는 인정되지 않았다.¹³⁾

항공기의 남성 조종사 6,209명 및 기관사 1,153명을 대상으로 한 역학 조사에서 대장암의 표준화 사망비(SMR)는 조종사가 1.112(95% CI: 0.679-1.717), 기관사가 0.71(95% CI: 0.14-2.076)이었다. 단거리 비행 조종사의 장거리 비행 조종사에 대한 상대위험도(RR)는 2.05(95% CI: 0.79-5.37)이었다.¹⁴⁾

3) 방사선 치료를 받은 환자를 대상으로 한 역학 조사

월경 이상으로 방사선 치료를 받은 환자 968례를 대상으로 한 역학 조사에서 대장암 발생 수(7례, 기대치: 4.42)는 통계적으로 유의하지 않았지만 조금 높았고, 표준화 발생비(SIR)는 1.58(95%CI: 0.63-3.27), 대장의 평균 피폭 선량은 0.65 Gy이었다. 또 2회 이상 조사된 환자 및 추적 기간이 길수록 위험은 높았다.¹⁵⁾

월경 이상으로 방사선 치료를 받은 환자 816례를 대상으로 한 역학 조사에서 대장암으로 인한 사망자 수는 15명으로 표준화 사망비(SMR)는 1.9(95% CI: 1.1-3.1)로 유의하게 높았다. 대장의 평균 피폭선량은 0.54 Gy로 대장의 피폭 방사선량과 표준화 사망비(SMR) 사이에 유의한 경향은 인정되지 않았다. 특히 치료 후 40-64년 후의 표준화 사망비(SMR)가 3.2(8명)으로 통계적으로 유의하게 높았다.¹⁶⁾

자궁경부암 환자 182,040명을 대상으로 한 역학 조사에서 방사선 치료를 받은 군의 대장암에 대한 관찰 수/기대 수(O/E)는 1.0, 잠복기간은 10년을 고려한 경우의 O/E는 1.1로 대장암과 전리방사선 피폭과의 관계는 인정되지 않았다.¹⁷⁾

강직성 척추염으로 방사선 치료를 받은 환자 14,111례를 대상으로 한 역학 조사에서 대장암으로 인한 사망에 대한 남성의 O/E는 1.75, 여성의 O/E는 1.21, 남녀를 합한 O/E는 1.62로 남성 및 남녀 모두 관찰 수는 통계적으로 유의하게 높았다. BEIR에서 평가한 선량(평균 선량 57 rad)에 따라 직선성을 가정한 대장암의 위험은 조사 후 3년 이상에서 1.25(90% CI: 0.02-2.88)/106/year/rad, O/E는 22/14.78, 조사 후 9년 이상에서 1.70(90% CI: -0.10-4.21), O/E는 16/10.38이었다. 방사선 조사범위에 들어가는 부위(heavily irradiated sites)의 암(대장암을 포함)은 조사 후 9년 미만에선 인정되지 않았고, 9-11년 이후에

발생하였고, 21년 이후는 감소하였다. 조사 받을 때 나이가 55세 이상에서 초과사망 위험도는 25세 이하의 경우에 비해 높았다. 또한, 강직성 척추염 환자는 궤양성 대장염 위험도가 높아 대장암의 발병에는 강직성 척추염이 관련됐을 가능성이 있다고 한다.¹⁸⁾

인공 기흉 때 X선 투시를 받은 환자 1,047례를 대상으로 한 역학 조사에서 대장암으로 인한 사망이 5례가 관찰되어 상대위험도(RR)는 1.0(95% CI: 0.3-5.7)에서 유의한 증가는 보이지 않았다. 대상자는 평균 102번의 투시를 받았다.¹⁹⁾

강직성 척추염으로 방사선 치료를 받은 환자 14,554례를 대상으로 한 역학 조사에서 1935년부터 1954년에 강직성 척추염으로 방사선 치료를 받은 환자 14,554명을 대상으로 5년부터 25년간 추적한 결과, 대장암은 기대치 14.78에 대해 25례가 발생해 O/E는 1.7이었다. 대장암 발생 시기를 0-2, 3-5, 6-8, 9-11, 12-14, 15-24년에 나눠 O/E를 분석한 결과 각각 2.0, 2.0, 1.1, 2.1, 0.8, 1.2로 일정한 경향은 인정되지 않았다. 강직성 척추염 환자는 일반 집단에 비해서 궤양성 대장염의 발생률이 20배 이상으로 궤양성 대장염의 환자에서 대장암의 발생은 10배 이상인 점에 주목하면 강직성 척추염 환자의 기대 수는 36%증가할 것이라고 밝혔다.²⁰⁾

난소암으로 방사선 치료를 받은 환자 13,309례를 대상으로 한 역학 조사에서 난소암 환자의 2차 암의 발생에 대해서 조사한 결과 방사선 치료를 받은 환자의 대장암(직장암은 없음)이 33례(기대값: 17.0례)가 발생하여 상대위험도는 1.9로 유의하게 높았다. 방사선 치료 이외의 치료를 받은 환자의 대장암은 30례(기대 값: 23.3례)로 상대위험도는 1.3에서 통계적으로 유의하지 않았다. 난소암 치료 후 추적 기간을 2년 이하, 2~4년, 5~9년, 9년 이상으로 나눠 상대위험도를 구한 결과, 5년 이상 추적군에서 높았다. 또 방사선 치료를 받지 않은 환자의 대장암의 발생은 2년 미만 그룹으로 한정되었다.²¹⁾

4) 고준위 배경 지역의 주민을 대상으로 한 역학 조사

중국의 양장시(Yang jiang)지역의 주민을 대상으로 한 역학 조사에서 대상자 159,254례를 1979년부터 1995년까지 추적한 결과에서 대장암(12례)의 상대위험도는 0.69(95% CI: 0.27-1.77)이었다. 피폭 선량에 의한 저, 중, 고 3그룹으로 나누어 분석한 결과 3개 그룹의 상대위험도의 경향은 인정되지 않았다(저, 중, 고 상대위험도는 각각 0.69, 0.49, 0.93이었다). 대상자의 평균 피폭선량은 내부피폭을 포함 6.4 mSv/년 이었다.²²⁾

마살 군도에서 핵 실험에 의한 암 발생을 예측한 연구에서 대장암은 자연 발생 930례에 대해 초과 발생이 1948년부터 2008년까지 7.2례, 2008년 이후 9.3례로 예측된다고 하고 있다. 생애기간에 대장암의 기여위험은 남부 환초에서 0.69%(90% CI: 0.23-1.4%), 중부 환초에서 2.3%(90%CI: 0.73-4.8%), 유티

릭(Utrik)에서 9.4%(90% CI: 3.2-19%), 론젤랍(Rongelap) 등에서 64%(90% CI: 36-78%)가 예상된다고 하였다. 피폭 선량에 대해서는 외부 피폭선량은 남부 환초 주민에서 5-12 mGy, 중부 환초 주민에서 22-59 mGy, 북부 환초 주민에서 100-1,000 mGy 이상이었고, 내부 피폭선량(적색 골수 및 위벽)은 남부 환초 주민에서 1-7 mGy, 중부 환초 주민에서 1-7 mGy, 북부 환초 주민에서 20-500 mGy 이상이였다.²³⁾

5) 암이 발생하는 피폭선량

① 대장암 발병 또는 사망이 통계적으로 유의하게 증가하는 최소 피폭선량에 대해 직접적으로 제시한 것은 문헌 (6), (7), (8)이며 모두 1 Gy 이상의 피폭 군에서 대장암의 위험도에 대한 유의한 증가가 인정됐다고 밝혔다. 덧붙여 이들 문헌에서는 1 Gy보다 낮은 피폭 선량에서 대장암의 위험은 모두 대조군과 유의한 차이가 있다고는 할 수 없다고 하지만 “통계적으로 유의한 차이가 없다”라는 결과는 차이가 있어도 우연히 생기는 격차에 가려서 검출할 수 없는 경우도 있을 것으로 반드시 “전혀 차이가 없다” 것을 의미하지는 않는다.

② 수명연구(LSS) 대상 집단을 추적한 암 이환에 관한 분석 4)에서는 초과 상대위험도(ERR)에 관해서 0-2 Gy(DS02)의 범위에서 직선적인 선량 반응 관계($p < 0.001$)가 인정되고 있지만, 피폭 선량으로 구분한 위험도의 분석은 하지 않았고, 1 Gy 이하의 피폭군에서의 위험은 불명확하다.

③ 상기 ①, ②에서 언급한 이외의 역학 조사에서는 대장암 발병이 통계적으로 유의하게 증가하는 최소 피폭선량의 검토는 이루어지지 않았다.

이상의 것에서 더 작은 영향을 알아보려면, 대장암에 한정된 해석의 결과와 통계적 검출력이 높은 모든 고형암에 관한 분석에 착안해 위험도가 유의하게 증가하는 피폭 선량을 확인하는 것에 의의가 있다고 생각된다.

피폭 후 대장암 발병까지의 기간(잠복기)에 대해서는 원폭 피해자를 대상으로 한 역학 조사에서 피폭 후 14년 이후 도달 나이 35세 이상에서 발병의 증가가 인정되고 있다.⁷⁾ 또 방사선 치료를 받은 환자를 대상으로 한 역학 조사에서는 피폭 후 5년 이상에서 상대위험도가 높았다.²¹⁾

방사선 피폭과 전 고형암의 관련에 대해서는 원자 방사선의 영향에 관한 유엔과학위원회(UNSCEAR) 등의 여러 지식에 근거해 방사선 방호에 관한 권고를 실시하고 있는 국제방사선방호위원회(ICRP)이 계통적인 리뷰를 실시하고 있다. UNSCEAR 및 ICRP는 이러한 결과를 바탕으로 몇 년마다 보고서를 수렴했으며 그 보고 내용이 전 고형암의 정보로서 가장 중요하다.

이들을 정리하면 다음과 같다.

① 전 고형암에 대한 유의한 위험도 증가가 인정되는 최소 피폭선량

UNSCEAR은 2006년 및 2010년 보고서를 수렴했으며 2006년 보고서를 요약한 것으로 발표된 2010년 보고서에서는 고형암에 대해 “100에서 200 mGy이상에서 통계적으로 의미가 있는 위험 증가가 관찰된다.” 라고 제시하고 있다.

100 mSv미만의 피폭에 의한 암의 위험성 증가에 대해서는 ICRP가 2007년 권고에서 “암 위험의 추정에 이용하는 역학적 연구 방법은 대략 100 mSv까지 선량 범위에서 암의 위험도를 직접 밝히는 힘을 가질 수 없다는 일반적인 합의가 있다.” 라고 하고 있다.

이와 같이 다수의 역학 조사를 검토한 결과에서는 방사선에 의한 영향이 발견되는 것은 통상의 일반 생활에서 받는 방사선량을 제외한 생애를 걸쳐서 누적 실효선량으로서 대략 100 mSv 이상으로 판단된다. 100 mSv 미만 선량의 방사선에 의한 건강 영향에 대해서는 역학 연구에서 건강영향이 보였다는 보고도 있지만 신뢰성 있는 데이터로 판단하기는 어려웠다. 여러 가지 요인에 의해 저선량의 방사선에 의한 건강영향을 역학조사에서 검증할 수 없었을 가능성을 부정할 수도 없고 추가 누적 선량으로 100 mSv 미만의 건강영향에 대해 언급하는 것은 현재 얻을 수 있는 지식으로는 어렵다.

6) 방사선 유발암의 최소 잠복기

ICRP의 1990년 권고(publication, 60)에서는 “인간에서는 방사선 피폭과 암의 인지 기간(잠복기)은 많은 세월에 걸쳐 이어진다. 잠복기의 중앙값은 백혈병의 경우 약 8년 유방암과 폐암 같은 많은 고형암의 경우는 그 2배에서 3배의 기간이 걸린다.” 라고 하였다. 최소 잠복기는 피폭 후에 특정 방사선 유발 암의 발생을 알고 있거나 일어났다고 믿는 최단 기간이다. 이 최소 잠복기는 급성 골수성 백혈병에 대해서는 약 2년이며 다른 암에 대해서는 5에서 10년으로 알려져 있다.

 요약 및 결론

상기의 문헌 검토의 결과에 따르면 대장암과 방사선 피폭에 관한 현 시점의 의학적 지식에 대해 다음과 같이 정리할 수 있다.

1) 피폭선량

대장암에 관한 개별 문헌 중 발병 또는 사망이 통계적으로 유의하게 증가하는 최소 피폭 선량에 대해 직접적으로 분석한 문헌에서는 1 Gy이상의 피폭군에서 위험도의 유의한 증가가 인정되었다. 한편 이 문헌에서 대장암에 관해서 1 Gy미만에서는 통계적으로 유의한 차이가 있다고 볼 수 없었지만 통계적인 검출력을 생각하면 이 일은 반드시 “전혀 차이가 없다” 것을 의미하는 것은 아니다.

한편, 대장암을 포함한 전체 고형암을 대상으로 한 문헌 검토에서는 피폭 선량이 100에서 200 mSv 이상에서 통계적으로 유의한 위험도의 상승은 인정되지만 100 mSv미만에서 건강영향에 대해 언급하는 것은 힘들다고 하고 있다.

2) 잠복기

대장암에 관한 개별 문헌에서 짧은 경우에는 피폭으로부터 5년 이후에 발병 위험도의 유의한 증가가 인정되고 있다. 통계적 검출력이 높은 전체 고형암을 대상으로 한 문헌 검토에서는 전체 고형암의 최소 잠복기는 5년에서 10년 정도이다.

3) 방사선 피폭 이외의 대장암 위험요인

대장암은 방사선 피폭 외에 음주, 비만, 운동 부족 및 염증성 질환 등이 위험요인으로 알려져 있다. 🍷

주석 및 참고 문헌

- ① 과오종이란 암세포와는 달리 정상적으로 분화된 세포가 성숙한 단계에서 비정상적으로 성장하여 생긴 양성 종양이다. 따라서 무한정 자라거나 전이되지는 않는다.
- ② 전구병변이란 먼저 나타난 병변이 그에 이어진 보다 중대한 병변을 속발시켰다고 인정되는 경우, 먼저 나타난 것을 이르는 말이다.
 1. 보건복지부 중앙암등록본부, 2014년 12월 발표 자료
 2. 국가암정보센터. 내가알고 싶은 암. 대장암, 발병위험요인.
http://www.cancer.go.kr/mbs/cancer/jsp/cancer/cancer.jsp?cancerSeq=3797&menuSeq=3804&viewType=all&id=cancer_020112000000 (2015년 4월 23일 접속)
 3. K.Ozasa et al. Studies of the mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950–2003:An Overview of Cancer and Noncancer Diseases. Radiat Res. 2012 Mar;177(3):229–43.
 4. D.L.Preston et al. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958–1998. Radiat Res. 2007 Jul;168(1):1–64.
 5. G.Dropkin. Low dose radiation and cancer in A–bomb survivors:latency and non–linear dose–response in the 1950–90 mortality cohort. Environ Health. 2007 Jan 18;6:1.
 6. M.Matsuura et al. Analysis of cancer mortality among atomic bomb survivors registered at Hiroshima University. Int J Radiat Biol. 1997 May;71(5):603–11.
 7. H.Nakatsuka et al. Colorectal cancer incidence among atomic bomb survivors, 1950–80. J Radiat Res (Tokyo). 1992 Dec;33(4):342–61.
 8. T.Wakabayashi et al. Studies of the mortality of A–bomb survivors, report 7. Part III. incidence of cancer in 1959–1978, based on the tumor registry, Nagasaki. Radiat Res. 1983 Jan;93(1):112–46.
 9. E.S.Park et al. Radiation exposure and cancer mortality among nuclear power plant workers: a meta–analysis. J Prev Med Public Health. 2010 Mar;43(2):185–92.
 10. C.Metz–Flamant et al. Mortality among workers monitored for radiation exposure at the French nuclear fuel company. Arch Environ Occup Health. 2009 Winter;64(4):242–50.
 11. R.T.Gun et al. Mortality and cancer incidence of Australian participants in the British nuclear tests in Australia. Occup Environ Med. 2008 Dec;65(12):843–8. Epub 2008 Sep 19.
 12. W.N.Sont et al. First analysis of cancer incidence and occupational radiation exposure based on the National Dose Registry of Canada. Am J Epidemiol. 2001 Feb 15;153(4):309–18.
 13. G.S.Wilkinson et al. Mortality among plutonium and other radiation workers at a plutonium weapons facility. Am J Epidemiol. 1987 Feb;125(2):231–50.
 14. D. Irvine et al. British Airways flightdeck mortality study, 1950–1992. Aviat Space Environ Med. 1999 Jun;70(6):548–55.
 15. E.Ron et al. Cancer risk following radiotherapy for infertility or menstrual disorders. Int J Cancer. 1999 Sep 9;82(6):795–8.
 16. E.Ron et al. Mortality following radiation treatment for infertility of hormonal origin or amenorrhoea. Int J Epidemiol. 1994 Dec;23(6):1165–73.
 17. J.D.Boice et al. Second cancers following radiation treatment for cervical cancer. An international collaboration among cancer registries. J Natl Cancer Inst. 1985 May;74(5):955–75.
 18. P.G.Smith et al. Mortality among patients with ankylosing spondylitis after a single treatment course with x rays. Br Med J (Clin Res Ed). 1982 Feb 13;284(6314):449–60.
 19. J.D.Boice. Cancer following medical irradiation. Cancer. 1981 Mar 1;47(5 Suppl):1081–90.
 20. W.M.Court Brown et al. Mortality from cancer and other causes after radiotherapy for ankylosing spondylitis. Br Med J. 1965;2:1327–1332.
 21. R.R.Reimer et al. Second primary neoplasms following ovarian cancer. J Natl Cancer Inst. 1988;61:1195–1197.
 22. Z.Tao et al. Cancer mortality in the high background radiation areas of Yangjiang, China during the period between 1979 and 1995. J Radiat Res (Tokyo). 2000 Oct;41 Suppl:31–41.
 23. S.L.Simon et al. Radiation doses and cancer risks in the Marshall Islands associated with exposure to radioactive fallout from Bikini and Eniwetok nuclear weapons tests: summary. Health Phys. 2010 Aug;99(2):105–23.