



최신선형가속기를 이용한 정밀방사선치료: 방사선수술, 영상유도방사선치료, 호흡동조방사선치료

LINAC-based High-precision Radiotherapy: Radiosurgery, Image-guided Radiotherapy, and Respiratory-gated Radiotherapy

김 종 훈 | 울산의대 방사선종양학과 | Jong Hoon Kim, MD
Department of Radiation Oncology, University of Ulsan College of Medicine
E-mail : jhkim2@amc.seoul.kr

J Korean Med Assoc 2008; 51(7): 612 - 618

Abstract

High precision radiotherapy has been a hot issue to radiation oncologists for the last 100 years. Introduction of mega volt machine with linear accelerators changed the paradigm of radiotherapy, and development of computers and three-dimensional treatment opened the new era of high tech radiotherapy. However, the change and development in high tech radiotherapy for the last 10 years was much bigger than those of previous century, and it seems that we are very close to the finish line of high precision radiotherapy. Linear accelerator has been a firm base for such an evolution to high tech radiotherapy. It is the machine which is used most frequently for stereotactic radiosurgery, image-guided and respiratory gated radiotherapy and this review will introduce the basic concepts of this linac-based high precision radiotherapy.

Keywords: Radiotherapy; Radiosurgery; Image-guided; Respiratory-gated
핵심용어: 방사선치료; 영상유도; 호흡동조; 방사선수술

서론

방사선치료의 역사는 100년을 넘어섰지만 최근 10년여의 변화는 과거 어느 시기보다도 급격한 발전 및 변화양상을 보이고 있다고 생각된다. 방사선치료의 초창기에 킬로볼트(kilo volt, kV) 수준의 에너지를 갖는 방사선치료 장비가 코발트 등의 동위원소를 이용하면서 메가볼트(mega volt, MV) 단위로 에너지 수준이 증가하였고, 이후 에너지

수준을 더욱 높인 선형가속기(Linear accelerator, LINAC)가 보편적인 치료기기로 자리잡게 되었다. 90년대 이후 근자에는 컴퓨터의 발달에 힘입어 병소 부위에만 국소적으로 방사선을 조사할 수 있는 고정밀 방사선치료가 하나의 유행 또는 발전 방향으로 받아들여질 만큼 다양하게 도입되어 사용되고 있는 상황이다. 한국에서도 90년대 중반 3차원 입체조형 방사선치료가 도입되면서부터 불붙기 시작한 첨단 치료장비의 경쟁은 전통적인 형태의 선형가속기에 더하여 사



Figure 1. Linear accelerator of Varian (Palo Alto, CA, USA).

이버나이프(Cyberknife) 및 토모테라피(tomotherapy)라는 새로운 형태의 선형가속기들을 도입하였을 뿐 아니라 양성자라는 치료장비까지 국내에 도입됨으로써 이제 국내에서도 가히 모든 종류의 방사선치료가 가능하고 개별 질환에 맞추어 선택이 가능한 시대가 우리 앞에 펼쳐지지 않았나 생각된다. 이러한 장비들은 모두 공통점을 가지고 있다. 병소 부위에 고선량의 방사선을 집중시키는 동시에 주변 조직에 대한 피폭 선량을 줄일 수 있으며 매 치료 직전 병소의 위치를 확인함으로써 보다 정확한 치료가 가능하고(image guided radiotherapy), 호흡에 따른 종양의 움직임을 보상하여(respiratory gated radiotherapy) 종양 주위 정상조직에 대한 피폭선량을 줄일 수 있다는 점이다.

본 특집에서는 여러 첨단장비 중 가장 많이 사용되고 있고 향후 발전 방향 또한 어느 장비보다도 폭 넓은 선형가속기(linear accelerator)를 이용한 정밀 방사선치료에 대하여 알아보고자 한다(Figure 1).

우선 내용의 이해를 돕기 위하여 몇몇 용어에 대하여 미리 설명을 하는 것이 필요할 것이다.

- ① 방사선수술 (radiosurgery): 일반적인 방사선치료와는 달리 매우 제한적인 부위에 암세포를 박멸할 수 있을 정도의 고선량 방사선을 1회 내지 3회에 나누어 조사함으로써 병소 부위를 마치 수술로 절제해내는 것과 같은 효과를 얻을 수 있다는 의미에서 방사선수술이라는 용어를 사용한다. 감마나이프를 이용한 뇌종양 치



Figure 2. Cyberknife, Accuray (Sunnyvale, CA, USA).

료나 선형가속기를 이용한 폐종양에 대한 방사선수술 등을 예로 들 수 있다. 그러나 미세한 암세포의 전이 및 침투가 예상되는 넓은 영역의 치료에는 사용될 수 없다는 한계를 가지고 있다.

- ② 영상유도 방사선치료(image-guided radiotherapy): 치료 직전 환자의 영상을 다시 얻어 시뮬레이션 및 컴퓨터 치료 계획 당시의 종양 위치와 비교하고 재확인하여 치료의 정확성을 보장하는 치료 방법이다.
- ③ 호흡동조방사선치료(respiratory-gated radiotherapy): 호흡에 따라 폐나 간같은 장기의 위치가 변화하고 그에 따라 종양의 위치가 변하는 것을 시뮬레이션 단계에서 4D-CT 등으로 미리 측정한 후 실제 치료시 특정 호흡주기에서만 방사선이 조사되도록 하여 종양의 움직임에 따른 치료의 오차를 최소한으로 줄인 치료 방법이다.

선형가속기를 이용한 정위적 방사선수술 (Stereotactic Radiosurgery, SRS)

정위적 방사선수술(SRS)이라는 용어는 1951년 스웨덴의 사인 Lars Leksell에 의하여 뇌 질환의 치료에서 후유증이 큰 개두술(craniotomy)을 피하기 위한 외부 방사선 조사법을 제안하면서 사용되기 시작하였다(1). 1968년 Cobalt-60

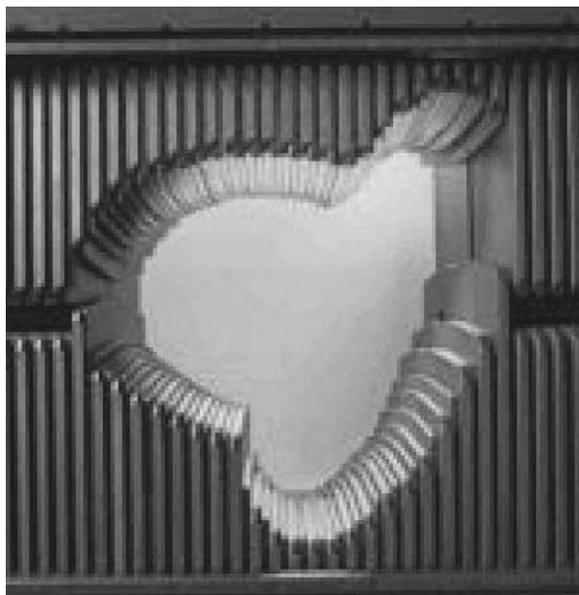
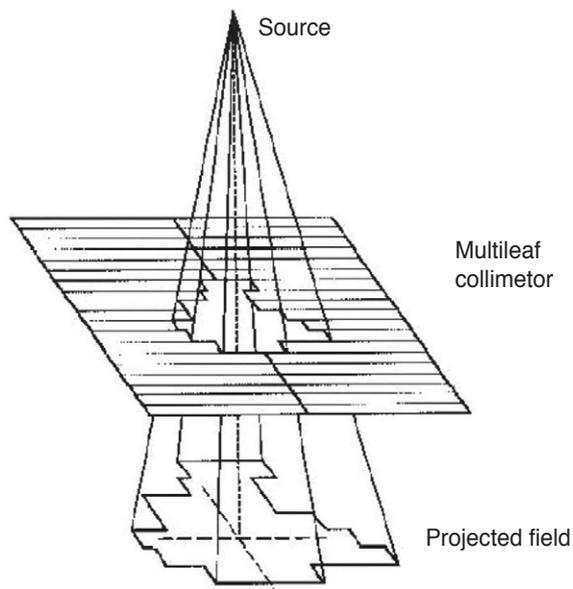


Figure 3. Multi-leaf collimator.

선원을 사용하는 감마 나이프(gamma knife)를 치료에 도입하면서 뇌 질환에 대한 SRS는 발전되었으나 뇌를 제외한 체부의 경우에는 선형가속기를 통하여 발전하였다(2). 선형가속기를 이용한 정위적 방사선수술의 정의는 크기가 작고 특정 장기에 국한되어 있는 종양에 대하여 한번에 고선량의 X선을 조사하여 종양을 소멸시키는 방법이라고 할 수 있겠다. 일반적인 방사선치료는 분할조사법(fractionation)을 이용하여 한번에 2Gy 정도의 양을 장기간에 걸쳐서 정상 장기를 보존하면서 치료하는 방법을 택하지만 정위적 방사선수술은 주위 장기에 유의한 부작용을 일으키지 않는 범위 내에서 한번에 10Gy 내지 30Gy 정도의 방사선을 한꺼번에 조사하는 방법이다. 1회 조사하는 방사선 양이 클수록 종양소멸 효과는 커지며 이에 따라 지속적으로 종양에 대한 조사량을 높이는 방향으로 발전하고 있다.

선형가속기를 이용한 정위적 방사선수술은 현재 시점에서는 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 하나는 많은 관심을 끌고 있는 사이버 나이프를 이용한 것과 일반적으로 방사선치료에 사용되는 선형가속기를 이용한 것의 두 종류이다. 사이버 나이프 역시 선형가속기를 이용한 장비이기는 하지



만 선형가속기 자체가 일반적인 C-자 형태의 회전 장치(겐트리, gantry)에 부착된 형태가 아니라 자동차공장에서 사용되는 용접용 로봇에 용접기 대신 선형가속기가 부착되어 있는 형태이다(Figure 2). 장비의 외형적인 면과 조사되는 방사선의 단면 모양 및 체내에서의 방사선분포를 형성하는 방법에서 차이가 있지만 궁극적으로 두 가지 장비 모두 원하는 각도로 방사선을 조사하여 환부에 효과적으로 방사선을 분포시킨다는 점에서는 다를 바가 없으며 방사선수술에 특화된 장비라는 정도로 소개하는 데 그치고자 한다. 사이버 나이프에 대해서는 별도의 글로 자세히 다룰 예정이므로 본 특집에서는 일반적인 의미의 선형가속기를 이용한 것만 다루도록 하겠다.

선형가속기를 이용한 방사선수술은 국내에서도 이미 90년대부터 그린 나이프 또는 X 나이프 등의 이름으로 뇌종양에 대해 꾸준히 시행되어왔으나 감마 나이프에 의한 방사선수술이 신경외과 영역에서 널리 사용됨에 따라 그 사용 빈도는 제한적일 수 밖에 없었다. 그러나 최근 다엽콜리메이터(multi leaf collimator, MLC) 장비를 부착한 새로운 형태의 선형가속기들이 속속 등장하면서 선형가속기를 이용한 방사

선수술의 빈도가 점차 높아지고 있다. MLC라는 것은 선형 가속기의 방사선이 나오는 출구 부분으로서 여러 겹의 철판이 겹쳐져 있고 각각의 철판 하나 하나가 컴퓨터에 의해 제어됨으로써 어느 각도에서 치료하더라도 방사선의 투사 모양을 종양의 형태 대로 맞추어 변형시켜 주는 기능을 가지고 있다(Figure 3). 이 다엽콜리메이터가 좀 더 해상도가 높게 설계되어 있는 것이 노발리스(Novalis, Brain Lab)나 트릴로지(Trilogy, Varian) 등의 장비로서 다른 부위에 비하여 크기가 작은 뇌종양에 유리함을 가지고 있다. 그러나 근본적으로 일반적인 선형가속기를 기본으로 한 장비기에 외형적으로는 타 선형가속기와 구별이 힘들며 뒤에서 다물 영상유도 방사선장비로서의 특성을 함께 가지고 있기에 정밀한 위치 확인 및 조사에 장점을 가지고 있는 장비들이다.

방사선수술이 뇌종양에만 사용되는 것은 아니다. 뇌종양은 움직임이 없고 고정이 쉬운 두개골에 쌓여 있기에 비교적 용이하게 방사선수술이 시행될 수 있는 반면, 폐암이나 간암과 같이 호흡에 따라 연속적으로 움직이는 종양에는 보다 고난이도의 방사선수술이 이용되고 있으며 이러한 경우는 호흡동조방사선치료 및 영상유도 방사선치료 등의 기술이 함께 사용되어야만 주변 조직에 대한 부작용을 최소화하면서 병소부위에 고선량의 방사선을 투여할 수 있다. 왜냐하면 체부, 특히 폐 또는 간에 대한 정위적 방사선수술의 경우 해당 장기의 고정이 힘들 뿐 아니라 장기 자체가 호흡에 의한 움직임이 크기 때문에 치료의 정확성을 향상시키기가 매우 어려울 수 밖에 없다. 이에 일부 연구자들은 체부고정틀(body-frame)을 사용하여 환자의 신체 고정을 향상시켰고 실제 치료에서 환자의 자세 오차(setup error)를 3mm 이내로 최소화할 수 있었다. 최근 들어 호흡에 의한 종양의 움직임을 반영할 수 있는 4차원 CT가 개발되어 종양의 움직임까지 치료에 고려할 수 있게 됨으로써 호흡에 연동하여 움직이는 체부의 종양에 대한 정위적 방사선수술에서의 문제점은 상당부분 해결될 상태라고 할 수 있다. 이러한 발전에 힘입어 현재 체부에 대한 정위적 방사선수술은 전술한 바와 같이 폐암 또는 간암에 대하여 주로 시행되고 있으며 복막 후면의 종양(retroperitoneal tumor)이나 수술적 절제가 힘든 전이성 종양의 경우에도 수술의 대체 방법으로

많이 채택되고 있다. 이런 시도가 우수한 치료 결과와 함께 침습성이 없는 안전한 치료라는 것이 인식되면서 폐암의 경우 초기 폐암에서 수술적인 종양 절제와 정위적 방사선수술의 치료 결과를 비교하는 연구가 진행되고 있는 단계에 이르렀고 수술이 어려운 1기 폐암의 경우 여러 기관에서 정위적 방사선수술을 시행한 후 90% 이상의 종양관해를 보고하고 있어 수술을 통한 종양절제술과 비교할 때에도 크게 뒤지지 않는 치료 성적을 보여주고 있으며(3) 간암의 경우도 90% 정도의 높은 완전 관해율을 보고하고 있다(4, 5). 앞으로 영상기술의 발전과 더불어 체부에 대한 선형가속기를 이용한 정위적 방사선수술은 지속적으로 발전하고 향후 더 나은 치료 결과를 보고할 수 있을 것으로 생각된다.

영상유도방사선치료 (Image-guided Radiotherapy)

방사선치료를 시행함에 있어 가장 기본적인면서도 중요한 점은 과연 방사선치료가 목표 대로 정확하게 치료할 부위에 조사되고 있는가 하는 것이다. 시뮬레이션 시행 당시의 환자 자세를 치료실에서 다시 재연하고 피부의 표지를 정확하게 맞추었다고 해도 장기 및 병소의 위치가 매일 매일의 반복되는 치료시에도 같은 곳에 위치해 있는지를 확인해야 계획한 치료가 정확하게 이루어질 수 있기 때문이다. 당연한 것이지만 환자 피부의 표지를 정확하게 맞추어도 체내의 장기도 늘 같은 위치라고 할 수 없기 때문이다. 이러한 배경하에 영상 유도 방사선치료는 매일의 치료 직전 종양과 주위 조직에 대한 영상을 얻어 이를 치료 설계 당시의 영상과 비교하고 이를 치료에 적용함으로써 치료의 정밀도를 높이는 것으로 정의할 수 있다.

과거에는 치료용 메가볼트(MV) 에너지의 방사선으로 치료 직전 사진을 찍어 뼈의 위치 등을 확인하는 방법을 사용하였으나 MV 방사선은 영상 자체의 질이 떨어질 뿐 아니라 구조가 조금만 복잡해도 세부적인 해부학적 구조물의 확인이 어렵고 뼈 이외의 조직은 구분이 불가하여 매우 제한적인 용도 외에는 사용할 수가 없었다. 여기서 한걸음 나아간 것이 EPID (electronic portal imaging device)의 등장이다



Figure 4. ExacTrac system, Brain Lab (Feldkirchen, Germany).

다. 과거 MV 수준의 X선을 이용하여 필름에 조사야의 영상을 담아 확인하던 것을 필름 대신 전자식 영상 저장 장치로 투과된 X선을 받아들여 이를 디지털 영상으로 보여줄 수 있게 된 것이다. 한발 더 나아가 BrainLab사에서는 진일보한 ExacTrac 시스템을 소개하기에 이르렀는데, 이 시스템은 치료실 천정과 바닥에 두 개의 kV X선 장치를 설치하여 치료 직전 킬로볼트의 영상을 얻음으로써 병변의 위치를 보다 정확하게 맞추는 것을 가능케 하였다(Figure 4). 그러나 뼈와 같이 kV X선 영상에서 쉽게 구분이 되는 구조물의 위치를 맞춘다고 인접한 연조직의 장기까지 정확하게 맞추기는 어려워 두경부암이나 척추 종양과 같이 뼈를 이용한 위치 확인이 용이한 부위 또는 폐암과 같이 주변 조직과 종양의 컨트라스트 차이가 큰 곳에서 유용하게 사용되었다. 경우에 따라서는 종양 내 또는 그 주위에 금속성 물질을 삽입하여 이것을 기준으로 종양의 위치를 확인하기도 한다. 이러한 시스템은 같은 BrainLab사의 노발리스에도 사용되어 방사선 수술에 도움을 주기도 한다.

이러한 단순 X선 촬영을 통한 위치 확인에서 진일보한 것이 CT를 이용한 위치 확인이다. 최근의 선형가속기에는 MV 단위의 방사선 발생장치 외에 kV 단위의 X선을 방출하는 장치(on board imager, OBI)가 함께 부착되어 출시되기도 한다. 미국 Varian사의 선형가속기의 경우 이 OBI의 kV X선을 이용하여 전후 또는 좌우 사진을 얻어 위치를 확인할 뿐 아니라 겐트리를 회전시켜 CT 영상을 얻을 수도 있



Figure 5. On board imager (OBI) for Cone beam CT, Varian (Palo Alto, CA, USA).

다. 이 때의 CT는 일반적인 진단용 CT처럼 부채꼴 모양의 방사선(fan-beam)을 나선형식으로 회전(helical rotation)시켜 얻는 것과는 달리 원뿔 모양의 방사선(cone-beam)을 한번만 회전시켜 얻는다(kV cone beam CT). 물론 다채널 helical CT와 비교시 영상의 질이 열세기는 하나 치료전 위치 확인 용도로서는 부족함이 없다. 이러한 CT 영상을 이용하면 기존의 단순 X선을 이용한 방식보다 더 정확하게 치료부위를 확인하는 것이 가능하기에 한 차원 더 진보된 것이라 볼 수 있다. 회사에 따라서는 별도의 kV X선 발생장치 대신 치료용 MV X선을 이용하여 MV cone beam CT를 촬영할 수도 있는데 이러한 방법의 장점은 치료용 기기에서 나온 X선을 직접 사용하기에 보다 정확한 중심선 정렬이 가능하다는 장점은 있지만 영상의 질은 MV X선에 의한 영상 이기에 kV cone beam CT에 비하여 조악하며 아직은 뼈와 같은 구조물을 겨우 식별 가능한 정도라고 할 수 있다. 병원에 따라서는 아예 치료실 내에 CT를 별도로 설치한 후 치료 직전 CT를 찍어 설계시의 영상과 비교할 수 있는 CT on rail system을 사용하는 경우도 있다. 치료 직전 촬영한 CT 영상을 토대로 위치 확인 및 교정을 할 뿐만 아니라, 치료 계획시의 선량 분포가 원하는 대로 전달되는지 알 수 있으며 종양 크기의 감소 등으로 선량 분포가 크게 어긋난 경우에는 즉시 치료 계획을 다시 세우고 치료에 반영하는 적응 방사선 치료(adaptive radiotherapy)까지 가능해졌다(Figure 5).

그러나 cone beam CT의 가장 큰 약점은 kV나 MV 공히

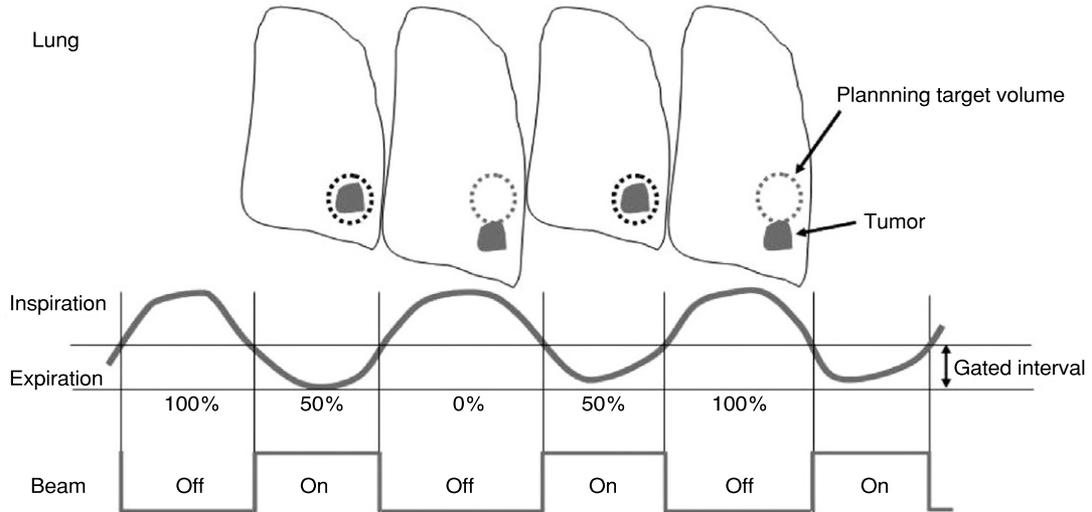


Figure 6. Respiratory gated radiotherapy.

영상을 얻기 위한 겐트리의 회전 시간이 길어 환자가 호흡을 멈추고 있을 수가 없다는 점이다. 즉 영상을 얻는 동안 체내 장기들은 계속 움직이기 때문에 폐나 간과 같이 호흡에 따른 움직임이 큰 장기의 경우 최종 영상이 매우 흐리게 보인다는 점이다. 영상이 흐리게 보인다는 것은 치료시 방사선의 분포 또한 경계가 명확하지 못하고 흐려질 수 있다는 의미이기에 정밀 방사선치료에서는 반드시 해결해야 하는 과제이다. 이러한 점을 극복하기 위한 노력이 바로 호흡동조방사선치료(respiratory-gated radiotherapy)이다.

호흡동조 방사선치료 (Respiratory-gated Radiation Therapy)

흉곽 및 상복부에 위치한 종양의 경우 호흡에 따른 움직임은 방사선치료를 시행함에 있어 항상 중요한 문제로 인식되어 왔다. 폐 또는 간과 같은 장기에 위치한 종양은 자유호흡(free-breathing) 상태에서 2.5 cm 이상 움직일 수도 있다고 보고되고 있으며 이런 경우 치료 계획 단계에서 치료 표적을 결정하거나 방사선치료를 수행하는 데 있어 종양 위치의 불확실성 때문에 정확한 치료를 시행하는 데 어려움이 따른다. 과거에는 종양 움직임이 예측되는 범위 내의 정상

장기(normal organ)를 모두 포함하여 넓게 치료할 수밖에 없어 주변 정상 장기의 합병증 발생률이 높았으며 합병증이 우려되어 처방선량을 낮추거나 치료 범위를 좁히게 되면 치료 효과가 반감될 수밖에 없었다. 이후 호흡에 따른 움직임을 최소화 하기 위해 환자 복부 압박장치를 사용하거나 ABC (Active Breath Control)와 같이 호흡을 정량적으로 억제할 수 있는 장치를 사용한 호흡정지(breath-hold) 치료 기술이 개발되었지만 호흡 기능이 저하된 환자에게는 적용이 쉽지 않았다. 호흡동조 방사선치료는 최근 수 년간 활발한 연구를 통해 치료에 적용되기 시작한 최신 방사선치료 기술로서 영상유도방사선치료(image guided radiation therapy)의 한 범주에 포함되며 편안한 자유호흡 상태에서 종양의 호흡 움직임을 정확히 측정, 평가하여 치료하는 4차원 방사선치료를 해당한다. 4차원 치료라 함은 기존 3차원 입체조형치료(3D conformal radiation therapy)에서 한 단계 더 나아가 종양의 x-, y-, z- 축 좌표에 따른 위치 정보에 더불어 시간(time) 개념이 포함된 것으로 치료 계획 및 치료 수행 전 기간 동안 호흡에 따른 종양의 움직임을 감시(monitoring)하면서 시행하는 것을 말한다. 치료 계획에서 수행까지의 과정을 간략히 설명하면 우선 방사선치료 계획을 위한 CT 촬영 시행시 환자의 흉곽 또는 복부에 적외선

카메라와 같은 감시 장치가 인지할 수 있는 표지자(infrared marker)를 부착하여 호흡주기(respiratory cycle)를 관찰하며 치료 부위의 CT 영상을 얻는 과정에서 각 축상면(axial plane)마다 한 호흡 주기의 영상 세트를 모두 얻게 된다. 이를 컴퓨터에서 재조합하여 호흡 주기에 따른 표적종양의 움직임을 측정, 평가한다. 예를 들어 흡기(inspiration)-호기(expiration)-흡기 순의 한 호흡 주기를 0~100%까지 10단계로 나누어 평가할 경우, 호기말 단계(end-expiratory phase)는 50%에 해당하게 되며 50%를 기준으로 종양 움직임이 의미있게 작은 범위(예; 5mm 미만) 내에서 측정되는 구간을 호흡동조 치료구간(gated interval, 예; 30~70%)으로 설정하여 치료 계획을 수립한다. 치료 수행시에도 마찬가지로 환자에게 부착된 표지자를 통해 호흡 주기를 감시하여 호흡동조 치료 구간에 해당되는 호흡단계에서만 방사선이 조사되고 구간 밖 호흡단계에서는 방사선이 차단되는 형태로 진행된다(Figure 6).

이와 같이 호흡동조 방사선치료는 종양의 호흡움직임을 감시하여 정확하게 치료함으로써 과거 주변 정상 장기로의 불필요한 방사선조사를 최소화 할 수 있고 환자가 자유호흡 상태에서 편안하게 치료 받을 수 있는 기술이다. 하지만, 방사선 조사 및 차단이 환자 호흡주기 동안 반복적으로 계속됨으로써 치료 시간이 길어지는 단점이 있는 것이 사실이다. 하지만 최근 종양을 실시간으로 추적하여 연속적으로 조사하는 호흡 종양추적(respiratory tumor-tracking) 방사선치료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있어 이와 같은 단점마저도 수년 안에 극복할 수 있게 될 것으로 기대된다.

결론

이상에서 최근 주목을 받고 있는 선형가속기를 이용한 정밀 방사선치료에 대하여 간략히 살펴보았는데 이 중에서 어느 방법 또는 어떤 장비가 가장 좋은가를 묻는 분들을 자주 만나게 된다. 답은 어떤 것이 다른 것보다 더 좋다고 일률적으로 말할 수는 없다는 것이다. 환자 개개인의 병변에 맞추어 그것에 적절한 치료를 선택하는 것이 가장 현명한 방법이다. 본 특집을 읽는 독자는 어떤 특정 장비에 대한 선입견을 가지지 않기를 바라며 방사선종양학과 전문의의 의견을 청한 후 가장 적절한 치료가 무엇인가를 결정하는 것이 바람직하지 않나 생각한다.

참고문헌

1. Leksell L. The stereotaxic method and radiosurgery of the brain. *Acta Chir Scand* 1951; 102: 316-319.
2. Gros CM, Bur G, Veillon A. Radiosurgery of ovarian cancer. *J Radiol Electrol Arch Electr Medicale* 1954; 35: 132-133.
3. Timmerman RD, Kavanagh BD, Cho LC, Papiez L, Xing L. Stereotactic body radiation therapy in multiple organ sites. *J Clin Oncol* 2007; 25: 947-952.
4. Dawson LA, Eccles C, Craig T. Individualized image guided iso-NTCP based liver cancer SBRT. *Acta Oncologica* 2006; 45: 856-864.
5. Kavanagh BD, Schefter TE, Cardenas HR, Stieber VW, Raben D, Timmerman RD, McCarter MD, Burri S, Nedzi LA, Sawyer TE, Gaspar LE. Interim analysis of a prospective phase I/II trial of SBRT for liver metastases. *Acta Oncologica* 2006; 45: 848-855.



Peer Reviewers Commentary

정밀 방사선치료들은 이상적인 국소 암치료법의 조건을 맞출 수 있는 최신 치료법으로서 최근 기계공학의 발전과 컴퓨터 시스템의 발달로 더욱 개발되고 있다. 본 논문은 최근 급속도로 발전하고 있는 방사선치료 분야에서 방사선조사의 정밀성을 높이는 방법으로써 고정틀을 이용한 방사선수술, 매 분할치료시마다 3차원 영상정보를 얻는 영상유도방사선치료, 호흡과 함께 주기적으로 움직이는 목표를 보상할 수 있는 호흡동조방사선치료를 명확하게 단순화시켜 그 장단점을 객관적으로 잘 서술하고 있다. 필자가 강조한 바와 같이 각 치료기기의 특성을 잘 이해하지 못한 채 맹목적으로 신치료기술만을 쫓는 환자들에게 의료인들이 본 논문을 읽고 올바른 가이드라인을 권유해 줄 수 있는 계기가 되기를 바란다.

[정리: 편집위원회]