

방사선의료장비 동향



남상희 교수 (인제대학교 의용공학과)



1. 서론

지난 100여 년간의 의술의 역사를 보면 병변의 유무와 종류를 감별하기 위하여 많은 노력이 이루어져 왔다. 병의 유무는 소리, 맥박, 압력, 색깔, 단백질 및 설탕의 양 등 여러 물리적인 양에서 화학적인 양까지 측정하기에 이르렀다. 그러나 병변의 발현과 성질을 가장 잘 파악하는데 필요로 하는 것은 병적 변화를 일으키는 자리인 병변의 모양과 크기 등을 직접 관찰하여 예후를 판단하는 것이다. 하지만 인체 안을 들여다 볼 수 있는 방법은 그리 많지 않다. 이러한 방법 중에는 초음파, 체온 그리고 방사선이 있는데, 그 중 방사선이 의료분야에서 가장 널리 사용되어지고 있다.

2. 방사선 의료장비

방사선은 1895년 독일의 과학자 빌헬름 뢰트겐이 발견한 이래로 이미 의료장비에 접목되어 1905년 X선관을 사용한 방사선 진단 및 치료분야에 이용되어 왔다. 이렇듯 방사선을 이용한 의료장비를 일컬어 방사선 의료장비라 한다. 방사선 의료장비는 방사선이 체내를 직진하는 성질을 이용한 진단이나, 전자선 등을 적당하게 체내의 심부에 투과했을 때에 방

출되는 에너지가 생체조직에 작용하는 성질을 치료에 이용하는 것이다. 방사선 의료장비는 여러 종류의 의료장비들 (MRI: 24%, 초음파: 18%, X-ray: 49%, Computer Tomography: 9%) 중 가장 많은 점유율을 가지고 있다 [1]. 또한, 방사선 의료장비 시장은 매년 증가 추세를 보이며, 53%의 비중을 차지했던 2009년에 비해 2015년에는 65%의 비중을 차지할 것으로 예상 된다 [2]. 이처럼 방사선 의료장비는 그 수요가 점점 더 급증함에 따라 그에 대한 문제점들을 해결해 나가기 위한 노력들이 국외뿐만 아니라 국내에서도 계속적으로 이루어지고 있다.

3. 방사선 의료장비 활용 분야

방사선의료장비의 활용 분야는 그림 1에서 보는 바와 같이 방사선을 이용하는 목적에 따라 크게 방사선 진단분야와 방사선 치료분야로 나눌 수 있다. 여러 종류의 방사선 중 의료에 가장 많이 적용되는 방사선은 X선이며 지금까지 방사선 진단과 치료 분야에 가장 중요한 수단으로 이용되고 있다.

방사선진단은 병변의 유무와 위치를 알기 위해 방사선을 사용하는 것으로, X선의 3가지 특성을 이용한다. 즉, 조직을 투과하고 필름을 감광시키며 일부 물질로 하여금 형광을 발



하게 하는 성질에 의해 이루어졌다. 방사선은 조직을 투과할 때 투과하는 조직의 밀도에 따라 흡수되는 정도가 다르다. 따라서 조직을 투과하여 나온 방사선은 인체 안의 밀도 차이로 인해 인체구조의 영상을 나타낸다. 이 진단법은 인접한 조직의 밀도가 비슷한 경우 영상이 뚜렷이 구별되지 않는다는 단점이 있다 [3].

X선을 이용한 영상진단은 오랫동안 X선 필름을 이용하여 직접 조사하고 감광하는 방법을 사용하여 왔다. 영국의 G. 하운스필드와 미국의 앨런 코맥은 1971년 X선 영상을 단층으로 촬영하여 컴퓨터로 영상 데이터를 모아 3차원으로 구현하는 컴퓨터 단층 촬영장치 (Computer Tomography)를 발명하였다. 이러한 CT의 덕택으로 X선의 활용이 더욱 커지게 되었다. 그 후 핵자기공명 (Nuclear Magnetic Resonance)의 전기 신호를 이용하여 X선 CT처럼 단층영상을 모아 재구성한 핵자기 공명영상장치로 발전 한다 [4].

방사선치료는 질병의 치료에 방사선을 사용하는 것으로 X선, 감마선과 같은 파동 형태의 방사선, 또는 전자선, 양성자선과 같은 입자형태의 방사선을 이용하여 암과 같은 악성 질병의 성장을 지연시키거나 멈추게 하고 더 나아가서는 파괴시킨다. 또한, 방사선치료는 양성종양이나, 내과적인 질병, 일부 피부질환 치료에도 이용된다. 최근 들어서는 머리를 절개하는 신경 외과적 수술방식을 대신하여 머리를 절개하지 않은 채 다량의 방사선을 한 번에 조사하여 치료하는 방사선 수술방법이 개발되고 있다. 방사선치료의 역할은 일부 암이나 질병을 낮게 하여 생명을 구할 수 있으며, 종양의 성장을 멎게 하여 치료에 대한 준비기간을 갖게 한다. 생명을 연장시키며, 출혈을 멎게 하거나 통증을 경감시켜 고통을 감소시킨다. 이 중에서도 악성 종양인 암을 치료하는 방사선의 역할이 중요하다고 할 수 있다 [5].

초창기 방사선치료는 kV (Kilo-voltage)



그림 1. 방사선의료장비 활용 분야.

에너지에서 코발트 등 방사선동위원소를 이용하는 MV (Mega-voltage) 에너지를 사용하였으며 현재는 선형가속기 (Linear-accelerator)의 개발로 고 에너지 방사선치료를 시행하고 있다. 국내에서도 90년대 중반부터 3차원 입체조형 방사선치료가 도입된 이후로 경쟁적으로 첨단 방사선 치료장비를 도입하고 있다 [6].

4. 방사선의료장비 개발동향

현재 진단분야에서는 높은 영상의 질을 얻기 위해 잡음을 제거한 높은 SNR (Signal to Noise Ratio)의 장점을 가지고 있는 광자 계수형 방식 (Photon Counting Detector) 검출기의 개발과 이중에너지를 이용하여 조직의 구별을 용이하게 한 Dual energy CT, 병변의 위치를 정확하게 파악하기 위해 여러 영상장비의 영상을 결합시킨 영상융합 (Image-fusion)기술 그리고 획득한 영상을 후처리 기술을 통하여 병변의 위치를 정확하게 하는 소프트웨어에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있는 실정이다. 치료 분야 장비의 경우 정확성을 높이기 위해 거의 모든 치료 장비들이 영상유도 방사선 치료가 가능하도록 영상장비가 장착된 형태로 개발되고 있으며 영상장비와 방사선 치료 장비로 구성된 융합 방사선 치료기가 주류를 이루고 있다. 그 현황은 크게 3가지로 영상유도방사선 치료 (Image-Guided Radiotherapy: IGRT), 호흡동조방사선치료 (Respiratory-Gated Radiation Therapy: RGRT), 최신 융합방사

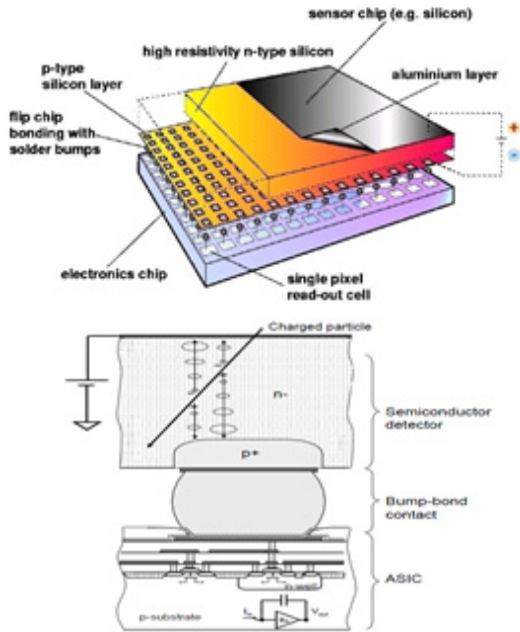


그림 2. 광자계수형 검출기 (Photon-Counting detector).

선 치료장비가 대표적이다.

광자 계수형 검출기는 그림 2에서 보이고 있다. 기존의 디지털 X선 검출기의 경우 전하 축적용 커패시터를 이용하는 방식으로 X선 조사에 의해 발생되어진 전자-정공쌍을 커패시터에 축적하여 A/D 변환기를 거쳐 읽어내는 전하 축적용 방식을 사용하였다. 전하축적방식의 검출기의 경우 X선 변환물질에 조사된 X선을 흡수하여 생성된 전자-정공쌍을 발생시키고 이 전하는 일정시간 동안 커패시터에 축적되고 이를 읽어 영상으로 나타내게 된다. 이 방식은 X선 광자의 에너지 양에 관계없이 모든 X선 광자에 의해 발생된 전하를 축적함에 따라 에너지 양에 따른 영상의 구분이 사실상 불가능하다. 또한 조사된 X선 이외에도 외부조건과 검출기에 따른 영향으로 인해 발생한 잡음까지도 읽어 들이기 때문에 영상 자체에 잡음을 포함하게 된다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 개발되어진 것이 바로 광자 계수형 검출기이다.

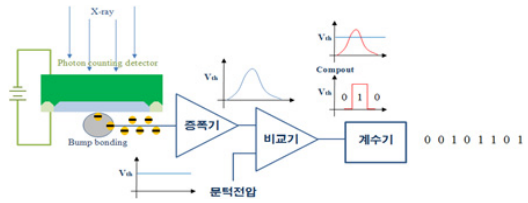


그림 3. 광자계수형 회로의 동작.

그림 3과 같은 Read-out 방식을 광자 계수형 방식이라고 부른다. 기존의 대표적인 X선 광자 검출 방식인 전하 축적 방식 (Charge integration mode)의 단점은 SNR이 낮고 피폭량이 크다는 것이다. 이에 비해 광자 계수형 방식은 단일 X선 광자에 의해 신호가 발생될 때마다 비교기를 통해 정해진 문턱전압과 비교하여 계수하는 방식을 사용하기 때문에 잡음의 영향이 거의 없는 SNR이 높은 영상을 획득할 수 있고 방사선 피폭량도 크게 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있다 [7].

그림 4는 Dual energy CT와 Single energy CT를 비교한 영상이다. 서로 다른 튜브 전압에서나, 동일 위치에서의 두 연속 촬영을 포함하는 초기방법은, 영상화된 해부학적 구조에 중심을 정확하게 맞추는데 실패하였다. 최근에는 서로 다른 kV 레벨에서 동시에 두 Energy를 사용함으로써 이 한계를 극복할 수 있게 한다. 결과적으로 동시 촬영에서 얻은 두 나선형 Data set이 다양한 정보를 제공하며, 이로써 영상화 된 조직 및 물질을 분화, 특징화, 분리, 구별할 수 있게 된다. X선 Tube의 Kilo voltage (kV)는 X선 Beam의 평균 에너지 레벨을 측정한다. kV 환경을 바꾸는 것은 광자 에너지의 변화를 가져 오며, 촬영된 물질에 상응하는 감쇠 변화로 이어진다. 즉, X선 흡수는 에너지에 의존하며, 예를 들어 80 kV로 물체를 촬영하면 140 kV와는 다른 감쇠가 일어난다. 그 외에도, 이러한 감쇠 (Attenuation)는 촬영된 조직의 유형에 의해서도 영향을 받는다. 예를

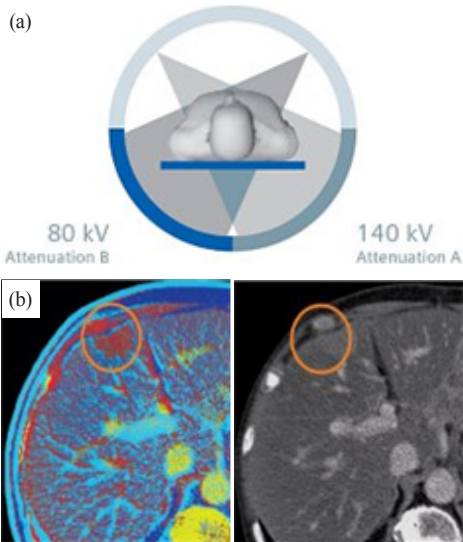


그림 4. (a) Dual energy CT, (b) Dual energy CT image & Single energy CT image.

들면, Iodine은 낮은 에너지에서 최대의 감쇠를 보이는데, CT HU값은 고 에너지 촬영에서는 약 절반에 불과하다. 반면 뼈의 감쇠는 고 에너지 전압 검사에 비하여, 저 에너지 촬영에 노출되었을 때 더 적게 변화한다. 나선형 이중 에너지는 이 작용을 활용하며, 서로 다른 에너지에서 동시에 작용하는 두 X선 Energy는 다른 감쇠 레벨을 보이는 두 개의 Data set을 얻게 한다. 이 결과 영상에서 물질 고유의 감쇠 차이는 촬영된 조직의 기본적 화학 조성을 쉽게 분류할 수 있게 한다 [8].

진단에 활용할 수 있는 영상의 정보가 증가함에 따라, 3D 영상처리기술, 컴퓨터가 영상정보를 판독하여 자동으로 진단하는 CAD (Computer Aided Diagnosis, 컴퓨터보조진단) 그리고 서로 다른 두 영상을 결합하여 더욱 정확한 진단을 가능하게 하는 영상융합 기술이 사용되고 있다. 3차원 영상을 얻기 위해서는 그림 5와 같이 2차원 영상을 쌓아 놓은 후 영상을 재구성할 평면에 영상을 투영시킨 후 Volume Rendering을 통해 입체

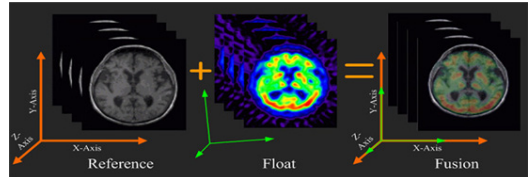


그림 5. 3D 구성 원리.

감을 주게 된다. 영상을 투영시킬 때 밀도가 높은 영역만을 투영시키는 MIP (Maximum Intensity Projection)를 사용하면 뼈, 혈관의 장기 영상만을 얻을 수 있고, 밀도가 낮은 영역을 투영하는 MinIP (Minimum Intensity Projection)을 사용하면 폐, 기도와 같은 장기 영상만을 얻을 수 있다. 3D 영상을 이용할 경우, 가상 위내시경 (Virtual Gastroscopy), 가상 혈관조영 (Virtual Angioscopy) 영상 등도 획득 가능하다. 의료 영상장비는 그 종류에 따라 영상이 담고 있는 정보에 차이가 있다. CT나 MRI로 부터 얻어지는 영상은 해부학적 정보를 담고 있는데 반하여, PET 영상은 장기나 조직의 기능적 정보를 담고 있다. 따라서 동일한 부위에 대해 촬영한 CT 영상과 PET 영상을 결합하면 더 정확한 진단이 가능해진다. 영상융합 기술은 시간 경과에 따른 영상을 결합함으로써 병변의 추이를 관찰하는데도 이용할 수 있다 [9].

그림 6는 영상후처리에 대한 기술의 예로 삼성메디슨사에서 발표한 ALCOS (Adaptive Local COntrast Stretching)에 대한 영상을 보여주고 있다. 이 기술은 촬영부위나 조직에 따라 진단에 적합한 이미지 상태를 자동으로 측정하고 고해상도 Image contrast와 Edge sharpness를 통해 진단 목적에 적합한 영상을 제공하며 3가지 기능을 포함한다. 촬영 부위나 조직에 따라 다중 주파수 레벨을 다양하게 조절할 수 있고 Funnel 구조를 구성함으로써, 하위레벨에서 주파수 분해능이 저하되는 것을 방지하는 Adaptive Multi-Scale Processing 기술과 촬영부위

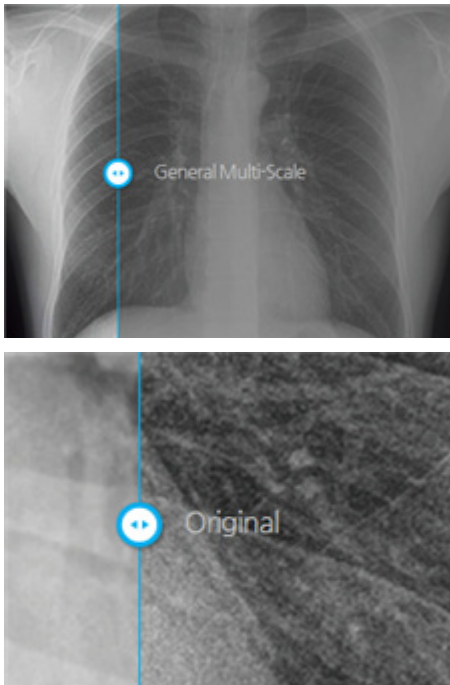


그림 6. 영상 후처리 기술.

와 그 특성에 따라 세부 조직 영상의 명암과 해상도를 조절하는 Region-of Image Enhancement 기술이 사용 가능하다. 그리고 Noise Filter와 Edge Modeling을 통해 원본 데이터는 그대로 두고 일부 노이즈만 제거할 수도 있다. 이때 뼈와 조직의 선명도 및 해상도는 그대로 유지하게 하는 De-Nosing Filter 기능이다. 이러한 영상후처리 기술을 통해 고해상도의 영상을 획득함으로써 병변의 위치에 대한 파악이 더 용이해지며, 정상 조직과 병변조직의 구분을 확실하게 할 수 있게 된다 [10].

영상유도방사선치료는 방사선 치료 시 실시간으로 치료부위를 영상으로 확인함으로써 암 주변 정상조직의 피폭 및 부작용을 최소화하고 고선량 방사선을 정확하게 조사해 암 조직만을 파괴하는 치료장비이다. 방사선 치료계획 과정에서 CT, MRI, PET 영상 등 다매체 영상을 사용해 치료범위 내 종양표적과

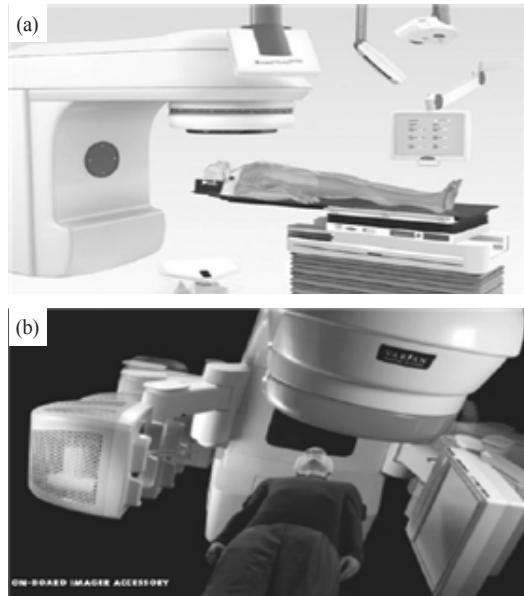


그림 7. (a) ExacTrac system, Brain Lab, (b) On board imager for Cone beam CT.

정상조직의 선별도를 높여 방사선량을 차등적으로 조사할 수 있다 [11].

영상을 얻기 위해 과거에는 치료용 MV 에너지의 방사선으로 치료 직전 촬영을 하여 뼈의 위치 등을 확인하는 방법을 사용하였으나 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)이다. 과거 MV 수준의 X선을 이용하여 필름에 조사야의 영상을 담아 확인하던 것을 필름 대신 전자식 영상 저장 장치로 투과된 X선을 받아들여 이를 디지털 영상으로 구현할 수 있게 된 것이다. BrainLab社에서는 더 진화된 ExacTrac 시스템을 소개하였다. 이 시스템은 치료실 천정과 바닥에 두 개의 kV X선 장치를 설치하여 치료 직전 kV의 영상을 얻음으로써 병변의 위치를 보다 정확하게 맞추는 것을 가능케 하였다. 이러한 단순 X선 촬영을 통한 위치 확인에서 진일보 한 것이 CT





를 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 Varian社의 선형가속기의 경우 이 OBI의 kV X선을 이용하여 전후 또는 좌우 사진을 얻어 위치를 확인할 뿐만 아니라 겐트리를 회전시켜 CT 영상을 얻을 수도 있다. 이러한 CT 영상을 이용하면 기존의 단순 X선을 이용한 방식보다 더 정확하게 치료부위를 확인하는 것이 가능하기에 한 차원 더 진보된 것이라 볼 수 있다 [12,13].

4차원 방사선치료라고도 부르는 호흡동조 방사선치료는 종양의 움직임까지도 고려한 치료방법으로 특히 폐암이나 간암, 그리고 유방암과 같이 환자가 호흡을 함으로써 발생하는 암의 움직임을 고려하여 암이 특정한 위치에 있을 때에만 방사선이 조사되도록 하는 치료방법이다.

폐 또는 간과 같은 장기에 위치한 종양은 자유 호흡 상태에서 2.5 cm 이상 움직일 수도 있다고 보고되고 있으며 이러한 경우 치료 계획 단계에서 치료 표적을 결정하거나 방사선 치료를 수행하는데 있어 종양 위치의 불확실성 때문에 정확한 치료를 시행하는데 어려움이 따른다. 과거에는 종양의 움직임이 예측되는 범위 내의 정상 장기를 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 최소화하기 위해 환자 복부 압박 장치를 사용하거나 ABC (Active Breath Control)와 같이 호흡을 정량적으로 억제할 수 있는 장치를 사용한 호흡정지 치료 기술이 개발되었지만 호흡기능이 저하된 환자에게는 적용이 쉽지 않았다. 이전과 다르게 호흡동조 방사선 치료는 최근 수년간 활발한 연구를 통해 치료에 적용되기 시작한 최신 방사선 치료기술이다

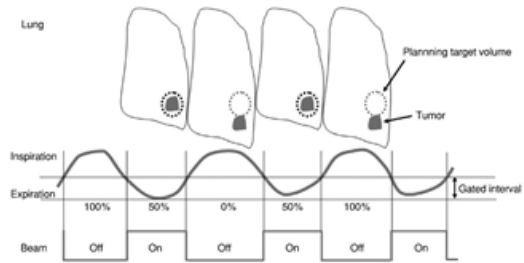
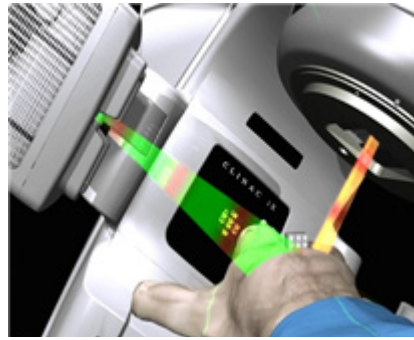


그림 8. Respiratory gated radiation therapy.

[12,15].

종양의 위치추적을 위한 영상유도장비와 호흡에 따른 종양의 움직임을 실시간으로 추적하는 호흡동조 장비를 장착하고 있는 최신 융합 방사선 치료장비들로는 사이버나이프 (CyberKnife), 토모테라피 (TomoTherapy), 베로 (VERO) 등이 대표적이다.

사이버나이프의 특징은 미사일항공법에 기초한 선형가속기 말단의 로봇 조사방법과 영상유도장치이다. 사이버나이프 방사선 수술 장비의 가장 차별화된 특징은 기존의 침습적인 고정기구가 없이도, 신체골격영상 (두개골, 척추골) 및 신체 내에 종양내부나 근처에 삽입된 금침의 좌표를 실시간 영상 촬영하여, 종양의 위치를 감지하고 추적하여 정확한 종양에 위치에 방사선을 조사한다는 점이다. 즉, 표적의 실제 위치를 쫓아서 라이낙 로봇말단기가 움직이도록 제어하는 컴퓨터 알고리즘에 따라 계산된 좌표만큼 사이버나이프의 로봇 말단부가 움직여 1.0±0.3 mm 오차범위 이내에서 정확하게 방사선 수술이



그림 9. Cyberknife system & TLS (Target Locating System).

가능하다는 점이다. 사이버 나이프 방사선 수술 장비의 장점은 기존의 뇌 방사선 수술 장비와는 달리 침습적인 고정틀을 사용하지 않으면서도 실시간 종양부위의 영상촬영을 통해 동일한 정도의 초정밀 방사선수술이 가능하다 [14].

토모테라피 기술은 CT나 MRI를 통해 얻은 3차원 영상으로 암 조직과 주위의 정상 장기의 형태를 정밀하게 그려낸 뒤 조사할 방사선의 양을 결정한다. 그 후 정상 조직들과 장기에는 피해가 가지 않고 암 세포만 제거하는 첨단 치료법이라 할 수 있다. 세기조절 방사선 치료보다 좀 더 넓은 범위로 암을 발견하고, 정확하게 치료함으로써 부작용을 최소화한다. 기존의 방사선 치료가 암 조직이 아닌 정상조직을 손상시키는 부작용이 있었다면, 세기조절 방사선 치료 방법에 CT를 접목시킨 토모테라피 기술은 표적치료가 더욱 용이한 4세대 방사선 암 치료 방법이라 할 수 있다. 그렇기 때문에 지금까지의 방사선 치료에서는 어려웠던 부분인 장기 뒤에 숨어



그림 10. Vero System.

있는 암이나 여러 장기에 퍼져 있는 암 조직을 한꺼번에 없애는 데에도 탁월한 효과가 있다.

Vero는 토모테라피와 유사한 일체형 영상, 방사선치료 융복합장비이다. 그러나 토모테라피와 많은 차별성을 가지고 있는데, 우선 kV CBCT(Cone beam CT)를 이용한 영상 유도방사선치료를 수행한다. 또한, ExacTrac 시스템을 이용하여 호흡동조방사선치료가 가능하며 특히, 실시간으로 연속 조사가 가능한 호흡종양추적 방사선치료도 가능하다 [6]. 환자의 호흡 등에 의해 흔들리는 암 종양을 실시간으로 모니터링하면서 그것을 추적하여 병소만을 핀 포인트로 연속 조사할 수 있는 최첨단 의료장비로, 치료 빔이 병소에 정확하게 맞는지 확인하면서 실제 치료에 추적조사를 시행한 것이다 [16]. Vero는 일본에 있는 연구용 장비를 제외하면 전 세계적으로 4대만이 상용화된 상태이며, 국내의 경우 경북대병원이 80여억 원을 들여 Vero를 도입하기로 하였으며 조만간 발주할 예정이다. 독일과 일본의 합작품인 Vero는 세계적으로 벨기에, 미국, 이탈리아에서만 임상에 쓰이고 있을 뿐 아시아권에서는 경북대병원이 처음 도입하는 것이다. Vero는 지금까지 등장한 방사선 치료장비의 장점을 고루 갖춘 동시에 움직이는 암을 추적할 수 있는 기능도 갖추고 있다 [17].



5. 결론

상기에서 현재 개발 및 상용화되고 있는 방사선 의료장비에 대해 서술하였다. 사용되는 목적에 따라 방사선 진단장비와 치료장비로 나뉘게 되지만, 두 분야에서 진행되고 있는 내용을 살펴보면 모든 장비에 대한 목적은 동일하며, 이는 "Accuracy"이다. 즉, 병변에 대한 정확성을 높이기 위한 연구들이 활발히 진행 중인 것이다. 소개된 기술들을 요약하자면 진단장비 분야에서는 영상의 잡음을 제거하여 영상의 질을 높인 광자계수형 검출기, 이중에너지를 이용하여 조직의 정확한 구별이 용이한 Dual energy CT, 여러 영상진단장비의 영상을 하나로 결합하여 병변의 위치를 정확하게 파악하기 위한 영상융합 기술, 획득된 영상을 보정하여 고해상도의 영상을 보여주는 영상후처리 기술들이 있다. 치료장비 분야에서는 병변의 위치를 실시간으로 파악 가능한 영상유도 방사선치료기술과 환자의 호흡에 맞추어 병변에만 정확하게 방사선을 조사할 수 있는 호흡동조 방사선치료기술, 종양의 위치추적을 위한 영상유도장비와 호흡에 따른 종양의 움직임을 실시간으로 추적하는 호흡동조 장비를 장착하고 있는 최신 융합방사선 치료장비 등이 있다. 앞서 소개된 모든 방사선 의료장비는 서로 다른 기술들을 이용하고 있지만, 그 목적은 정확한 병변의 위치파악을 통해 환자가 받을 수 있는 선량을 최소한으로 줄이기 위한 노력들이었다.

의료영역에서의 방사선 피폭은 사용함으로써 얻는 장점이 크기 때문에 여러 Risk에도 불구하고 진단 및 치료 영역에서 널리 사용되고 있다. 특히, 진단 의료영역에서의 방사선의 경우, 발생하는 방사선량이 상대적으로 적고 이로 인한 신체 피해가 대체로 즉시적이지 않아 일반인뿐만 아니라 의료에 종사하는 전문가들조차도 이에 대한 정확한 이해

없이 위해성을 과소평가하거나 오히려 과대평가하기도 한다. 의료행위에 투입되는 방사선 검사가 늘고 있고 이로 인해 최소한의 선량으로 정확한 병변의 위치를 파악할 수 있는 기술과 정상조직에는 최소한에 선량만 주고 병변 (종양)에만 충분히 많은 선량을 줄 수 있는 정확성을 가진 기술에 대한 관심이 높아지고 있는 실정이다. 이에 대한 연구는 국내·외에서 과거뿐만 아니라 현재에도 계속되고 있으며, 본고에서 소개한 기술을 제외하고도 작은 선량으로도 높은 효율을 가지는 X선 변환물질 기술들과 검출기의 하드웨어 측면의 기술 그리고 구조적 변화에 따른 기술들이 진행되고 있다. 하지만 국내의 방사선 의료장비 기술은 국외에 비해 기술력이 현저히 떨어지며, 이를 보완하기 위해서는 방사선 의료장비 개발자들의 헌신적인 자세가 뒷받침되어야 할 것으로 생각된다. 또한, 이러한 분위기를 조성하기 위해 정부의 적극적인 지원과 국가 연구개발 자금 및 인력지원이 반드시 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] JY Lee, Market of Image-diagnosis devices, Korea Medical Devices Industry Association, 2012
- [2] JY Lee, Global market of digital image apparatus, Frost & Sullivan, 2012
- [3] <http://preview.britannica.co.kr>
- [4] 채종서, 미래를 여는 방사선 의료기기, 한국원자력의학원, 2007
- [5] <http://mulli2.kps.or.kr>
- [6] 강영남, 최신 융합 방사선치료기기의 동향, 전기의 세계, 제 16권 제 6호, 2012
- [7] 허영 외 2명, 디지털 X-ray용 센서 기술 및 동향, 물리학과 첨단기술, 2007
- [8] <http://www.medical.siemens.com>
- [9] 문태진, "X-ray 시대 NO! 이젠 의료영상도 Fusion", 2011
- [10] <http://www.samsungmedison.co.kr>
- [11] www.dsmc.or.kr
- [12] JH Kim, LINAC-based High-precision



Radiotherapy: Radiosurgery, Image guided Radiotherapy, and Respiratory-gated Radiotherapy. J Korean Med Assoc 2008, 51(7): 612 - 618

- [13] John L, Meyer, et al, IMRT, IGRT, SBRT -Advances in the Treatment Planning and Delivery of Radiotherapy, KARGER 2007
- [14] YS Kim, Cyberknife Robotic Radiosurgery System for Cancer Treatment, J Korean Med Assoc, 2008, 51(7): 630 - 637
- [15] Vlad Boldea, et al, 4D-CT motion estimation with deformable registration: Quantification of motion nonlinearity and hysteresis, Med. Phys 2008, 35(3):1008-1018
- [16] <http://www.mhik.com>
- [17] <http://www.imaeil.com>

저자약력



성 명 : 남상희
 ◆ 학 력
 • 1978년
 영남대학교 이과대학
 물리학과 이학사
 • 1980년
 영남대학교 대학원
 물리학과 이학석사
 • 1984년
 영남대학교 대학원
 물리학과 이학박사

◆ 경 력
 • 1994년 - 현재
 • 2005년 - 현재

인제대학교 의용공학과 교수
 경남김해시의생명센터 센터장

