

호흡을 고려한 고정밀 방사선치료를 위한 임상적 고려

한림대학교 의과대학 방사선종양학교실, 한림대학교성심병원 방사선종양학과

박희철 · 조병철 · 김수산 · 오도훈 · 배훈식

방사선치료를 하는데 호흡을 다루는 문제는 매우 중요하다. 호흡으로 인한 인체의 움직임은 종양, 정상조직의 위치 등을 변화시킴으로써 표적체적 설정을 다루는 ICRU definition에 영향을 미칠 뿐만 아니라 일반적인 방사선치료의 단계별 과정에 큰 영향을 끼친다. 본 연제에서는 방사선치료의 과정 중 호흡을 고려한 영상획득, 방사선치료계획, 정도보증 등 주로 의학 물리적 관점에서 세부적으로 다루어야 할 문제들은 논외로 하고, 환자의 호흡을 모니터링하고 다루어 호흡에 따른 맞춤치료를 하는 방법들을 개관해 보고자 한다. 또한, 호흡을 다루는 각각의 방법에 따른 임상적 고려사항들에 대해서도 언급하고자 한다. 각각의 기관에서 호흡을 고려한 고정밀 방사선치료를 시행하는데 있어 적절한 전략 및 프로토콜을 세우고, 이를 환자를 대상으로 정확하게 수행하기 위해서는 호흡이 방사선치료 전반에 미치는 영향을 각각의 단계별로 정확하게 이해하는 것이 선행되어야 할 것이다.

중심단어: 방사선치료, 호흡모니터, 호흡통제치료, 호흡게이트치료, 호흡추적치료

서 론

방사선치료의 대 명제는 치료하여야할 종양 부위에는 가능한 한 많은 방사선을 조사하고 주위 정상조직은 최대한 보호하는 것이다. 이런 목적을 달성하기 위하여 현대 방사선치료의 방향은 삼차원입체조형치료, 정위적방사선치료 및 세기조절 방사선치료 등 고정밀 방사선치료를 수행하는 방향으로 발전하여 왔다. 그러나 이런 고정밀 방사선치료를 수행하는 방향으로의 발전에도 불구하고 종양에 일정한 여유를 두고 표적체적 및 조사영역을 설정하여야 하는 방사선치료의 불확실성에 영향을 미치는 요인들은 제거되지 않는다. 육안적 종양체적으로부터 치료계획표적체적 및 조사영역을 설정하는 데에는 각각의 종양의 성질에 따른 침습대상범위, 매 치료시마다 환자의 위치 및 자세의 재현성, 호흡으로 인한 종양과 주위 정상장기의 움직임, 조사된 빔의 반음영, 치료계획을 통하여 선량분포를 다루는 방식 등이 영향을 미친다. 본 연제에서는 이 중 호흡으로 인한 종양과 주위 정상장기의 움직임과 관련된 주제를 다루고자 한다.

고정밀 방사선치료는 위에서 언급한 여러 요소 중 특히 환자의 위치 및 자세의 재현성, 치료계획을 통하여 선량분포를 다루는 방식 등을 획기적으로 개선시킨다. 그러나 이런 고정밀 방사선치료는 호흡으로 인한 종양 및 장기의 움직임이 있으므로 정확한 시점에 정확한 위치에 빔이 전달되어야 장점을 극대화할 수 있다. 호흡을 고려함으로써 치료계획표적체적을 호흡으로 기인한 만큼 줄일 수 있다면 정상조직의 방사선 영향 및 부작용을 크게 줄일 수 있다. 대부분의 현대 방사선치료에서는 나선형 전산화단층촬영 영상을 바탕으로 치료계획을 수행한다. 전산화단층촬영의 시점과 그 시점의 종양 및 주위 정상장기의 움직임 간의 상호 작용은 전산화단층촬영 영상에 나타나는 종양 및 주위 정상장기의 위치변위, 모양과 크기의 변형이 나타나도록 한다. 이렇게 촬영된 영상을 바탕으로 치료계획 및 치료를 수행한다면 전산화단층촬영과 종양 및 주위 정상장기의 움직임 간의 상호 작용 만큼의 시스템적 오류가 매 회의 방사선치료마다 생기게 된다.

그렇다면, 모든 환자에서 모든 경우의 방사선치료에 호흡으로 인한 영향을 고려하고 그 영향을 제거하는 전략을 세워야 하는가? 그렇기도 하고 아니기도 하다. 영상을 획득하는 과정에서 유래하는 시스템적 오류는 전산화단층촬영 영상을 얻는 과정에서 전산화단층촬영 기기의 갠트리 회전 속도를 극도로 느리게 한다든지 하는 과정을 통하여 일부 제거가 가능하다. 상당수의 환자에서 이런 방식의 대응을 통하여 좀 더 정확한 방사선치료를 수행하는 것이 가능하다. 그러나 호흡으로 인한 변위가 가장 큰 횡격막 주변에 종양이 위치하던지 환자의 전신수행도 및 생리적 기능의 정도가 조금이라도 주위 정상조직

을 보호하는 것이 도움이 되는 경우 적극적으로 호흡의 영향을 고려하고 방사선치료에 미치는 호흡으로 인한 영향을 제거하는 것이 필요하다.

방사선치료의 과정 중 호흡을 고려한 영상획득의 방법 및 호흡을 고려하여 획득한 영상을 바탕으로 수행하는 방사선치료계획과 이를 통하여 수행된 호흡을 고려한 방사선치료의 정도보증 등은 호흡의 영향을 최소화하기 위한 의학물리학적 과제들이다. 본 연재에서는 방사선치료를 수행하는 임상사의 관점에서 환자의 호흡을 모니터하고 방사선치료를 수행하는데 있어 호흡의 영향을 최소화하거나 제거하기 위한 전략적 개관과 임상적 고려사항들에 대해 다루고자 한다.

호흡을 모니터하는 방안

호흡으로 인한 종양 및 장기의 움직임을 방사선치료의 과정에 고려하기 위해서는 이를 효과적으로 모니터(감시 혹은 추적)하는 것이 필요하다. 특정 시점에서 호흡의 상태와 호흡으로 인한 종양 및 장기의 움직임을 정확하게 파악하여 이에 대한 대책을 방사선치료에 적용하기 위한 것이다. 호흡은 산소의 지속적인 공급을 위하여 흡기와 호기를 통하여 신선한 공기를 교환하는 과정으로 이 과정에서 호흡 주기에 따른 폐용적의 변화가 생긴다. 폐용적의 변화는 종양 및 주위 정상 장기의 움직임을 유발한다. 전통적으로 의학 영역에서 호흡을 모니터하는 방법은 호흡으로 인한 공기의 흐름을 측정하는 폐활량계(spirometer)를 이용한 폐활량 측정법(spirometry)을 사용하여 왔다. 폐활량은 여러 가지 요소들을 가지고 있다. 정상적인 호흡상태의 폐 용적의 변화 정도를 나타내는 타이달 체적(tidal volume; TV), 노력성 호흡에 의한 바이탈 폐활량 (vital capacity; VC), 폐 전체에 공기를 담을 수 있는 능력을 나타내는 전폐활량(total lung capacity; TLC) 등이다. 이러한 폐활량 측정의 요소들은 환자의 감정적, 육체적 상황이나 각각의 시점에 따라 상호 연관되어 변화한다. 환자의 호흡 상태는 때와 상황에 따라 변화하는 것이다. 그러므로 특정 시점에서 모니터한 환자의 호흡을 모델화하여 방사선치료의 전 과정에 적용하면, 큰 오류가 발생할 가능성이 있다. 방사선치료의 전 과정을 통하여 환자의 호흡과 이로 인한 종양 및 장기의 움직임과 변화를 효과적으로 모니터할 수 있는 방안이 필요한 것이다.

호흡을 모니터 할 수 있는 방안은 아래 세 가지로 크게 나눌 수 있다.

1) 호흡으로 인한 간접적인 징후를 모니터하는 방안이다. 체표면의 위치 변화, 공기 온도의 변화 등이 이에 포함된다. 이 방법들은 간편하게 모니터할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 경우에 따라 호흡과 간접징후 사이에 모순된 관계를 가질 수 있기 때문에 호흡으로 인한 간접적인 징후들의 변위가 종양 및 주위 정상 장기의 변위와 밀접한 연관 관계를 항상 가지는지 검증할 필요가 있다. 이런 방안에는 적외선 반사장치를 이용하여 변위를 측정하는 방법, 초음파 센서를 이용하여 변위를 측정하는 방법, 압전(piezoelectric) 현상을 이용하여 체표면의 움직임으로 인한 긴장도의 변화를 측정하는 방법, 열전쌍을 이용하여 호흡으로 인한 공기의 온도변화를 측정하는 방법 등이 있다.

2) 호흡으로 인한 공기의 흐름을 모니터하는 방안이다. 전통적인 폐활량 측정법에 사용하는 폐활량계를 이용한다. 호흡으로 인한 공기의 흐름 직접 모니터하므로 호흡과 모니터 된 신호 사이에 비교적 일관된 상호 관계를 가진다. 그러나 경우에 따라 공기의 흐름에 비하여 종양이나 주위 정상 장기의 움직임이 연기(delay)되는 현상이 일어날 수 있으므로 이 방안을 이용하여 치료에 이용하는 경우 이런 연기 현상을 고려하여야 한다. 주로 호흡을 인위적으로 통제하여 치료에 응용할 때 사용하는 방안이다.

3) 종양 및 주위 정상 장기의 움직임을 직접 실시간으로 모니터하는 방안이다. 주로 투시(fluoroscopy) 영상을 사용하여 종양 및 주위 정상 장기의 움직임을 모니터하는 방안이다. 횡격막의 움직임을 파악하거나, 폐 안에 위치하여 주변 폐에 비하여 투시 영상의 투과 정도에 차이가 많은 경우 용이하게 모니터를 수행할 수 있다. 종양 및 주위 정상 장기의 움직임을 직접 모니터하므로 이렇게 모니터 된 신호를 바탕으로 호흡을 고려한 방사선치료를 계획하는데 가장 유리한 방안이다. 그러나 주변 조직과의 투과 정도에 차이가 없어 실루엣을 형성하지 않는 경우 표지자(marker)를 종양 및 정상 장기에 삽입하여야 하므로 가장 침습적인 절차를 거칠 필요가 있다는 단점이 있다.

호흡을 고려하여 방사선치료를 수행하기 위한 전략적인 방안

호흡을 효과적으로 모니터링하는 것이 가능하면 모니터 된 신호를 바탕으로 호흡을 고려한 방사선치료를 수행하기 위한 전략을 수립할 수 있다. 앞서 언급하였듯이 호흡은 환자의 감정적, 육체적 상황이나 각각의 시점에 따라 상호 연관되어 변화한다. 자연스러운 상태의 호흡은 그만큼 상황에 따른 변화가 적으므로 환자의 호흡을 모델화하여 방사선치료의 전 과정에 적용할 수 있는 가능성이 높아지지만, 호흡주기의 일부분만을 이용하게 되어 치료의 효율이 낮아지거나 치료의 효율을 높이기 위하여 고도의 기술을 요구하게 된다. 호흡주기를 치료하고자 하는 특정 주기에 인위적으로 머무르게 하는 것은 특별하게 요구되는 고도의 기술적 요구가 없이도 치료의 효율성을 제고할 수 있으나 인위적 통제를 가함으로써 예측하지 못한 호흡주기의 변형이 발생하고 종양 및 주위 정상 조직이 예측된 범위에서 벗어나 치료에 오류를 일으킬 수 있다. 호흡을 고려한 방사선치료를 위하여 호흡을 다루는 방식은 각각의 방법이 자연스러운 호흡주기를 용인하는가, 인위적으로 조절하는가에 따라 다양한 장점과 단점을 가지며, 원활한 치료를 위한 기술적 요구 또한 매우 다양하다. 이 장에서는 현재 많은 연구자들에 의해 연구되고 있는 호흡을 고려하여 방사선치료를 수행하기 위한 전략적인 방안 들을 개관해 보고자 한다.

호흡주기에 맞추어 방사선치료를 수행하는 방안은 크게 세 가지가 있으며, 이 세 가지 방안의 다양한 변형이 존재한다.

1. 호흡통제치료

호흡통제치료는 호흡주기를 특정 주기에 인위적으로 머무르게 하는 전략이다. 이 방안은 진단방사선과 영역에서는 오래 전부터 자주 사용되던 방안으로 재현성을 필수 조건으로 하지 않는 진단용 영상의 특성상 특정 호흡 주기의 정지 영상을 얻는데 쉽게 이용하던 방법이다. 이 방법을 방사선치료에 이용하는 경우 특정 호흡 주기를 길게 유지함으로써 방사선치료 기기에 특별한 변형이 없이도 특정 호흡 주기의 종양 및 주위 정상조직을 대상으로 한 치료를 용이하게 한다. 그러나 이 방법을 수행하기 위하여 호흡의 통제가 1회의 치료 중 혹은 매 회의 치료시마다 재현성 있게 종양 및 주위 정상 조직이 특정 호흡 주기에 특정 변위를 가지고 머무르는지에 대한 검증을 필요로 한다. 실제로 호흡 운동에는 다양한 호흡에 작용하는 근육들이 협동 작용을 하며, 매 회 호흡 주기마다 어느 정도 타이달 체적의 변동이 있으므로 환자 스스로가 인위적으로 특정 주기에 호흡을 머무르게 하는 것은 매우 어렵다. 그러므로 이 전략을 가능하게 하기 위해서는 폐활량계를 이용하는 것이 필요하다. 여기에는 DIBH (deep inspiration breathe hold)법, ABC (active breathing control)법 등이 속한다.

2. 호흡게이트치료

호흡게이트치료는 호흡 주기를 자연스러운 상태에서 유지하고 특정 호흡 주기 부분에 게이트창(gating window)을 설정하여 이 게이트창에서만 치료가 이루어지도록 하는 전략이다. 호흡게이트치료는 호흡을 모니터링하는 장비가 게이트창 부위에서 치료기기의 빔 켜짐/꺼짐 신호를 발생할 수 있어야 하며, 이 신호를 받아 선형가속기 등의 방사선치료 기기가 자동 제어될 수 있어야 한다. 이 방법 역시 특정 게이트창에서 1회의 치료 중 혹은 매 회의 치료시마다 재현성 있게 종양 및 주위 정상 조직이 특정 호흡 주기에 특정 변위를 가지고 머무르는지에 대한 검증을 필요로 한다. 호흡게이트치료는 게이트창에 위치하는 중에도 연속적으로 호흡주기가 진행되므로 게이트창의 크기를 설정하기에 따라 종양 및 주위 정상 장기의 잔류 운동이 존재하므로 호흡통제치료에 비하여 치료계획표적체적을 위한 여유를 크게 설정하여야 하는 단점이 있다. 그러나 폐 기능에 제한이 많은 환자를 치료하는 경우 자연스러운 호흡 주기 상태를 그대로 이용하는데서 오는 장점이 있다.

3. 호흡추적(동조) 치료

호흡추적(동조)치료는 모니터 된 호흡주기 전체를 이용하는 치료 전략이다. 호흡 주기에 따른 종양 및 주위 정상 장기의 변위를 정확하게 파악하고 예측하여 각각의 주기에 알맞은 변위별 치료를 제공하는 방식이다. 각각의 변위별로 수행된 치료계획 라이브러리를 각각의 호흡주기에 맞추어 전달하거나, 각각의 호흡 주기별로 예측되는 종양 및 주위 정상 장기의 변위만큼 테이블을 움직여 변위를 상쇄하는 방안이다. 현재 연구 개발 단계는 세 가지 치료 전략 중 가장 미흡한 상태에 있으나, 향후 발전 가능성이 많으며, 가장 이상적인 치료 전략으로 판단된다.

4. 다양한 변형치료 방법

현재 연구되는 호흡을 고려한 방사선치료를 수행하기 위한 전략은 위에 언급한 세 가지 전형적인 방안들 이외에도 매우 다양하다. 호흡통제치료와 호흡게이트치료의 장점을 합한 UC Davis Cancer Center의 ART (audio-gated radiation therapy), 이병용 등의 인공호흡장비를 이용하여 호흡 주기를 특정 모델로 고정시킨 후 특정 호흡 모델을 위하여 미리 프로그램 된 치료 시퀀스를 시행하는 방안 등이다.

호흡을 고려한 고정밀 방사선치료의 임상적 고려 사항

실제 환자를 대상으로 한 방사선치료 시 호흡으로 인한 영향을 고려하고 그 영향을 제거하는 전략을 세우는 데에는 많은 임상적 고려 사항들이 존재한다. 동 팬텀(moving phantom)을 대상으로 호흡을 모니터하고 호흡을 고려한 방사선치료 전략을 세우는 것과는 판이하게 다른 여러 요소들이 개입되는 것이다.

1. 대상 환자의 선택

우선 호흡을 고려한 고정밀 방사선치료가 필요한 대상 환자와 이러한 치료 전략을 적용하는 것이 가능한 대상 환자는 종종 일치하지 않는다. 특히, 폐암 환자의 경우 폐기능이 나쁜 환자일수록 호흡을 고려한 치료를 수행함으로써 방사선치료로 인한 정상조직의 부작용 확률을 줄이는 것이 필요하다. 그러나 폐기능이 나쁜 환자는 호흡 주기를 자연스러운 상태에서 유지하더라도 타이달 체적의 변화폭이 크게 나타나며 호흡주기에 가하는 인위적인 조작을 감내하지 못하여 1회의 치료 중 혹은 매 회의 치료시마다 재현성 있게 종양 및 주위 정상 조직이 특정 호흡 주기에 특정 변위를 가지고 머무르도록 하는 것이 어렵다. 폐기능이 나쁜 환자를 대상으로 호흡을 고려한 방사선치료를 시행하는 전략은 매우 제한된 환자 군에만 성공적으로 적용할 수 있는 것이다.

호흡주기에 맞추어 방사선치료를 수행하는 전략에 따라 요구되는 폐기능의 정도는 각각 다를 수 있다. 비교적 자연스런 호흡주기 상태에서 인위적인 조작을 가하지 않는 호흡게이트치료 및 호흡추적(동조)치료에 비하여 는 호흡통제치료 방법은 더 좋은 폐기능 상태의 환자만이 대상이 될 수 있다. 그러나 호흡통제치료가 다른 치료 전략에 비하여 더 열등한 치료 방법임을 뜻하는 것은 아니다. 좌측 유방암 환자의 치료에서 DIBH 방법은 관상동맥을 방사선 조사영역으로부터 멀리 위치 시킴으로써 정상조직손상확률을 줄이는데 매우 큰 역할을 할 수 있다. 이와 같이 각각의 호흡을 고려한 치료 전략에 따라 장단점이 있으며 적합한 대상 환자 군을 가진다.

이 외에도 환자의 연령 등으로 치료 과정을 설명하는 것에 대한 이해도가 떨어지는 경우 호흡을 고려한 방사선치료를 수행하는 것은 가능하지 않은 경우가 많다.

2. 호흡을 고려한 방사선치료의 습관화 과정

정상적인 폐기능은 가진 환자의 경우라 하더라도 1회의 치료 중 혹은 매 회의 치료시마다 환자 스스로가 호흡 주기를 일정하게 유지하는 것은 매우 어렵다. 특히, 여러 가지 장비를 몸에 부착하고 호흡을 고려한 방사선치료를 위한 모의치료 및 영상 획득을 하는 것은 생소한 과정으로 환자는 극도로 긴장한 상태를 유지하는 경우가 많다. 이 경우 한 가지 술기를 진행하는 중에도 일정한 호흡 주기 상태를 유지하기 어려우며, 특히 환자가 매 회의 치료를 통하여 습관화 과정을 거쳐 치료 과정에 익숙해지면 모의치료 및 영상 획득의 단계에서 나타나던 것과는 전혀 다른 호흡 주기 상태로 변화할 가능성이 있다. 따라서 모의치료 및 영상 획득 단계에서부터 습관화된 호흡주기의 상태를 얻는 것은 매우 중요하다. 이를 위하여 호흡을 고려한 방사선치료를 위한 모든 술기를 진행하기에 앞서 호흡을 모니터하기 위한 장비를 부착한 상태에서 자연스러운 상태로 습관화된 호흡을 얻을 수 있도록 만드는 연습 과정을 거치는 것이 필수적이다.

위와 같은 연습과정을 충분히 가지는데도 불구하고 환자 스스로가 호흡 주기를 일정하게 유지하는 것은 여전히 어려울 수 있다. 단순히 긴장을 풀고 습관화 과정을 거치는 것 이외에도 호흡 주기를 일정하게 유지하기 위한 여러 가지 보조 장비를 사용하는 것이 가능하다. 규칙적인 음성 지시(audio prompting)를 내리거나, 환자 스스로가 현재 진행되고 있는 자신의

Symposium: 호흡을 고려한 고정밀 방사선치료를 위한 임상적 고려, 박희철 등

호흡 주기를 시각적으로 관찰하고 이를 고려하여 규칙적인 호흡 주기 상태로 돌아가도록 피드백(video feedback)을 주는 방법 등이다.

3. 침습적 술기의 사용 시 고려할 점

투시(fluoroscopy) 영상을 사용하여 종양 및 주위 정상 장기의 움직임을 직접 실시간으로 모니터할 때 종종 표지자(marker)를 종양 및 정상 장기에 삽입하여야 하는 경우가 있다. 이 경우 표지자를 삽입하는 술기로 인하여 표지자 주변 조직에 부종, 출혈 등의 변화를 나타낼 수 있다. 따라서 표지자의 삽입 후 단시간 내에 모의치료 및 영상 획득을 실시하면, 종양과 주위 정상 조직의 관계가 실제 치료 상황과는 매우 다르게 나타날 수 있으므로 일정한 시간이 경과한 후에 모의치료 및 영상 획득을 실시하는 것이 필요하다.

또한 방사선치료 과정 중에 시간이 경과함에 따라 종양이 줄어들거나 표지자 주변의 지지조직이 느슨해지는 등의 원인으로 인하여 표지자의 위치가 치료 계획 상황과는 다른 상태로 이동(migration)하는 경우가 있다. 따라서 매 회 치료시마다 표지자의 위치에 이동이 일어났는지 여부를 확인할 필요성이 생긴다.

이 외에도 인공호흡장비의 사용하는 모니터 방법 및 치료 전략을 사용하는 경우, 기도 삽관의 필요성 및 전신 마취의 필요성 등이 고려될 필요가 있다.

4. 분할치료방식에 대한 고려

호흡을 고려한 방사선치료는 매우 복잡한 여러 과정으로 이루어진다. 설사 방사선치료의 대 명제인 ‘치료하여야할 종양 부위에는 가능한 한 많은 방사선을 조사하고 주위 정상조직은 최대한 보호하는’ 것에 매우 충실하다 하더라도 환자의 편의성을 제한하고 때때로 환자에게 지속적으로 침습적인 술기를 적용하여야 하며, 의료 자원의 투입 및 의료진의 시간적 기여 정도가 증가한다는 단점이 있다. 특히, 고정밀 방사선치료 방법인 삼차원입체조형치료, 정위적방사선치료 및 세기조절방사선치료를 함께 적용하는 경우 더욱 그러하다. 따라서 전통적인 분할조사방법에서와 같이 30 내지 40회의 방사선치료 기간 동안 호흡을 고려한 방사선치료를 계속 수행하는 것은 매우 어려운 과제이다.

호흡을 고려한 고정밀 방사선치료는 주위 정상 장기에 대한 부작용 확률을 대폭 감소시킬 능력을 가짐으로써 이론적으로 일일분할조사선량을 증가시키는 것이 가능하다. 따라서 호흡을 고려한 방사선치료의 여러 가지 어려운 문제점들을 고려할 때 이 치료법을 사용한 방사선치료 시에는 소분할조사법(hypofractionation)을 함께 적용하는 것을 적극적으로 고려할 필요가 있다고 판단된다.

5. 표적체적 설정에 대한 고려

호흡을 고려하여 치료계획용 영상을 획득하고 이를 대상으로 치료계획표적체적을 설정하는 경우, 육안적 종양체적에 추가되는 여유분에서 호흡으로 인한 영향을 제거하는 것이 가능하다. 즉, 각각의 종양의 성질에 따른 침습예상범위, 매 치료시마다 환자의 위치 및 자세의 재현성, 조사된 빔의 반응영 및 치료계획을 통하여 선량분포를 다루는 방식 등만을 고려하면 되는 것이다. 그러나 호흡을 고려한 방사선치료의 전략을 사용함으로써 종양의 침습예상범위, 환자의 위치 및 자세의 재현성, 조사된 빔의 반응영 등이 변화할 수 있다. 호흡을 고려한 방사선치료를 시행하는 경우 환자의 생소함 및 불편감 때문에 자세 및 위치의 재현성이 나빠질 수 있다. 또한 DIBH 등의 방법을 사용하는 경우 폐용적의 증가 및 폐 조직의 팽창으로 인하여 종양의 침습예상범위가 늘어날 수 있으며, 폐 밀도의 감소로 인하여 전자 평형 (electron equilibrium)이 깨짐으로써 반응영에 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 호흡을 고려한 방사선치료 시 치료계획표적체적을 설정하는 데에는 다양한 고려가 이루어질 필요가 있다.

현재 시점에서선 선불리 치료계획표적체적을 설정하기 위한 여유 정도를 줄이는 것은 매우 위험하다. 치료계획표적체적을 작게 설정하기 위해서는 각각의 기관의 치료 전략에 따라 1회의 치료 중 혹은 매 회의 치료시마다의 치료 재현성에 관한 선행 연구를 필요로 한다.

결 론

현재 시점에서 호흡을 고려한 방사선치료는 매우 시험적인 치료 전략이다. 비록 연구 수준에서는 환자를 대상으로 한 다양한 시도가 이루어지고 있고 다양한 상용화된 제품들이 출시되고 있으나 통상적인 방사선치료에 이 치료전략을 적용하는 데에는 아주 세심한 주의를 기울일 필요가 있다. 호흡을 고려한 방사선치료 전략은 각각의 기관에서 갖추고 있는 장비, 전문적인 여러 가지 전략 중 사용하고자 하는 전략, 대상 환자의 전신수행도, 폐기능 및 호흡으로 인한 변위의 정도 등 다양한 요인으로부터 영향을 받는다. 따라서 각 기관별 조건 및 대상 환자 개개인의 특수한 상황에 따라 적합한 치료전략을 채용할 필요가 있다.

이 분야에 대한 연구를 수행하고자 하는 연구자 및 호흡을 고려한 방사선치료를 시행하고자 하는 임상 의사들은 본 연재에서 다루고 있는 개관에 대하여 잘 이해하고 있어야 한다. 호흡을 고려한 방사선치료의 전 과정에 걸쳐서 깊은 이해를 가져야 하는 것이다.

참 고 문 헌

1. D. Lee: *Breathing Synchronized Radiotherapy*, in *Textbook of Radiation Oncology*. 2nd ed. SA Leibel eds, (2004), pp. 209-28
2. 김우철, 정은지, 이창걸 등: 폐암 환자에서 Electronic Portal Imaging Device를 이용한 자세 오차 및 종양 이동 거리의 객관적 측정. 대한방사선종양학회지 14:69-76 (1996)
3. 정원규, 조정길: 폐 부위 Planning Target Volume (PTV) 설정시 폐 움직임의 객관적 측정. 대한방사선종양학회지 15(4): (1997)
4. 이상욱, 김귀언, 정갑수 등: 간암에서 호흡주기를 고려한 2-차원 방사선 치료 방법과 3차원 입체조형 치료방법에서 방사선 간염 예측의 비교 연구. 대한방사선종양학회지 16:1-5 (1998)
5. 금기창, 이상욱, 신현수 등: 간암 환자에서 Electronic Portal Imaging Device (EPID)를 이용한 자세 오차 및 종양 이동 거리의 객관적 측정. 대한방사선종양학회지 18:107-113 (2000)
6. 이석, 성진실, 김용배 등: 간암의 방사선치료 시 호흡운동 감소장치(respiratory motion reduction device; RRD)의 유용성에 관한 연구. 대한방사선종양학회지 19:319-26 (2001)
7. 추성실, 조광환, 이창걸: 호흡주기에 따른 방사선입체조형치료법의 개발. 대한방사선종양학회지 20:41-52 (2002)
8. 김수산, 하성환, 최은경 등: 전산화단층촬영 주사시간(Scan Time)이 폐종양운동의 재현성에 미치는 영향 분석. 대한방사선종양학회지 22:55-63 (2004)
9. 이석, 이상훈, 신동호 등: 동 팬텀과 초음파 센서를 이용한 호흡운동 조절 방사선치료 기술 개발. 대한방사선종양학회지 22:316-24 (2004)