

# 간암 환자의 세기조절 방사선치료에서 임상적용 가능한 QA 기법의 개발

영남대학교 의과대학 방사선종양학교실

김 명 세

암은 한국인의 사망원인 중 1위이며, 간암은 위암, 폐암과 함께 한국인의 3대 암의 하나로 발생 빈도가 높은 암이나, 대부분의 환자가 자각증상이 없어 수술이 가능한 시기를 지난 후에 진단되어 다양한 치료에도 불구하고 생존율이 낮다. 간암은 진단 시 종양의 크기가 비교적 크며, 주위 정상 간 조직의 견딜수용량이 낮아 통상적인 방사선치료로는 간암세포의 치사량을 조사할 수 없어 표적장기에는 다량의 방사선을 조사하면서 주위정상조직에는 조사량을 최소로 할 수 있는 세기조절 방사선치료의 필요성은 매우 크다. 그러나 간암이나 폐암에서는 호흡이나 심박동, 장의 연동운동 등으로 상, 하, 좌, 우, 전, 후 방향으로 종양이 움직임으로 계획된 치료선량이 정확한 부위에 전달되는지에 대한 QA 기법이 개발되어 있지 않아 세기조절 방사선치료의 이론적인 많은 이점에도 불구하고 실제 임상에서의 치료는 활발하지 못하다. 본 연구에서는 36예의 간암환자를 대상으로 하여 복잡한 술기가 필요하지 않아 환자가 불편하지 않고 환자의 치료시간도 지연시키지 않으면서, 임상적용이 용이한 QA 방법을 고안하여 간암환자의 임상적용가능성을 입증하고자 하였다. 모든 환자에서 호흡으로 인한 종양의 이동폭이 가장 크다고 보고되고 있는 상하의 margin은 횡격막의 상하 이동을 5회 측정하여 평균값으로 정하고, 이 평균값만큼 상하 자동으로 반복 이동하도록 특수 제작한 장치 위에 팬텀을 고정하여 환자에서와 같은 조건으로 방사선을 조사한 후 방사선조사 선량을 TLD와 전리함으로 측정하고 컴퓨터 계산치와도 비교하여 3% 이내의 오차를 확인하였다. 환자의 첫 번째 치료에서 만든 확인 필름과 인체모형 팬텀에서 같은 방법으로 방사선을 조사하여 만든 확인 필름을 필름 스캐너로 선량을 측정하고 후 90% 등선량 곡선을 비교하여도 큰 차이를 발견할 수 없어 임상에서 적용 가능한 QA 기법으로 제안하고자 한다.

중심단어: 간암, 세기조절 방사선치료(IMRT), QA, 임상적용

## 서 론

세기조절 방사선치료(Intensity Modulated Radiation Therapy, IMRT)는 입체조형 방사선치료(conformal radiation therapy)에서 불가능한 외형의 요철이 심한 종양에서도 외형의 윤곽을 인식하여 표적 용적에는 최대의 방사선 조사량을, 주위 중요장기에는 최소의 방사선을 조사할 수 있는 진보된 형태의 입체조형 방사선치료(advanced form of 3D conformal radiation therapy)이다.<sup>1)</sup> 이와 같은 세기조절 방사

선치료의 이상적인 개념에도 불구하고, 임상에서의 적용 시 환자의 호흡,<sup>2)</sup> 심박동,<sup>3)</sup> 방광용적의 변화나 장의 운동에 의한 생리적인 변화<sup>4)</sup>와 같은 치료 중에 생길수 있는 (intrafractional) CTV (Clinical Target Volume)의 위치변화로 인해 계획된 방사선량이 정확히 원하는 표적부위에 조사되는지에 대한 확인이 어려우며, 비교적 긴 기간 동안 반복되는 치료에서 생길 수 있는 set-up오차(interfractional error)<sup>5)</sup>로 발생할 수 있는 표적용적의 선량변화 여부에 대한 확인이 어려우며, 계획된 치료선량이 표적부위에 충분히 조사되었는지를 검증할 수 있는 장치가 개발되지 못한 상태에서<sup>6)</sup> 호흡에 의해 변화가 많은 폐암이나 간암에서의 세기조절 방사선치료는 활발하지 못하다.

간암은 위암, 폐암과 함께 한국인의 3대 암 중의 하나로 비교적 늦게 진단되어 대부분의 환자에서 근치적 수술이 불가능하며, TACE (transcatheter arterial chemoembolization), percutaneous ethanol injection, radiofrequency ablation 등이 시도되고는 있으나 생존율의 큰 증가는 입증되지 못하고 있다.<sup>7)</sup> TACE와 함께 혹은 단독으로 방사선치료도 시도되

본 연구는 2004년 10월 대한방사선종양학회 추계학술대회에 구연 발표한 내용을 일부 수정, 보완한 것임.

이 논문은 2004학년도 영남대학교 학술연구조성비의 지원으로 이루어진 것임.

이 논문은 2006년 1월 15일 접수하여 2006년 3월 20일 채택되었음.

책임저자 : 김명세, (705-717) 대구시 남구 대명동 317-1번지  
 영남대학교 의료원 방사선종양학과  
 Tel: 053)630-3050, 3370 Fax: 053)624-3599  
 E-mail: mskim@med.yu.ac.kr

어 비교적 좋은 결과가 보고되고 있으나<sup>7-9)</sup> 정상조직의 조사량을 최소화하고 표적선량을 증가시킬 경우 치료효과는 더욱 증대될 수 있으므로 간암의 치료에서 세기조절 방사선치료는 절실하다. 이를 위하여는 강제 호흡으로 인한 환자의 불편을 증가시키지 않으면서, 복잡한 장치와 과정이 필요하지 않으며, 치료시간이 지연되지 않으면서 임상적용이 쉬운 QA 방법을 고안하는 것은 무엇보다도 중요한 일이나, 이를 위한 완벽한 방법은 아직 개발되지 못한 실정이다.

본 연구는 호흡으로 인한 표적용적의 이동으로 야기될 수 있는 우려를 최소화하기 위하여, 환자의 호흡을 강제로 억제시킴으로써 가중될 수 있는 환자의 불편을 없애고 무의식적으로 생길 수 있는 심호흡을 억제하며, 치료기간 동안 비교적 균일한 호흡을 유도할 수 있으며, 반복되는 치료에서 환자의 체위의 변화, 중심축의 이동을 최소화하기 위하여 환자의 6번 경추에서부터 배꼽까지 덮는 고정장치를 사용하였다. 전 환자에서 치료계획 후 첫 번째의 치료에서 얻은 확인 필름(verification film)과 같은 조건으로 팬텀에서 방사선을 조사하여 얻은 확인 필름을 필름 스캐너로 스캔하여 90% 등선량곡선을 비교하였고 그 차이가 허용수준 범위 내에 있음을 증명함으로써 치료 중에서도 반복치료 시 생길 수 있는 오차를 줄일 수 있으면서 객관적으로 인정될 수 있는 확인 장치로 사용함으로써 간암이나 폐암의 세기조절 방사선치료에서 보편화 될 수 있는 QA 기법으로서의 유용성을 알아보려고 하였다.

**재료 및 방법**

2003년 11월 3일부터 2005년 5월 30일까지 방사선치료

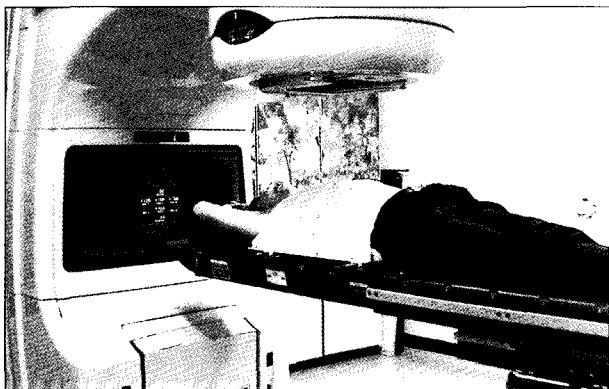


Fig. 1. Patient immobilization with thermoplastic shell.

를 위해 본과에 내원한 환자 36명을 대상으로 하였다. 반복되는 TAE, TACE, TAI, 전신항암치료, 알코올주입요법 등 다양한 치료법을 실시하였으나 실패한 환자이거나 심한 문맥정맥의 혈전증이 있거나 종양이 너무 커서 다른 치료법이 불가능했던 환자였었고, 그 중 13명의 환자는 뇌, 뼈, 폐 등에 다발성 전이가 있었던 환자여서 전 환자에게 치료에 대한 상세한 설명을 하고 환자와 보호자의 동의서를 받은 후 치료를 시작하였다.

**1. 환자의 고정**

모든 환자에서 자유로운 호흡은 가능하면서 무의식적으로 올 수 있는 심호흡을 방지하며 일정한 깊이의 호흡을 유도하여 횡격막의 이동을 최소화 할 수 있으면서 체위도 고정하여 반복되는 치료에서 set-up 오차를 최소화하기 위하여 6번 경추에서 배꼽까지 thermoplastic shell (Med Tec) 을 사용하여 고정하였다(Fig. 1). 모든 환자에서 고정장치를 착용한 상태에서 자유로운 호흡을 하게 하고 통상적인 X-선을 사용하여 횡격막의 움직임을 임의로 5회 촬영하여 그 평균치를 이상표적 체적의 상하 이동을 위한 safe margin으로 사용하였다. 횡격막의 평균 이동치는 0.42 cm였으나, 같은 환자에서도 반복하는 과정에서 최고 2.08 cm까지 움직이는 환자도 있어 상하 2 cm, 전후 1 cm, 좌우 0.5 cm 을 margin으로 정하여 사용하였다.

**2. 임상표적용적(CTV)의 조사선량의 확인 실험**

호흡으로 인한 표적용적은 상, 하, 좌, 우, 전, 후로 이동할 수 있으나, 상하(superior-inferior)이동이 최대이므로 환

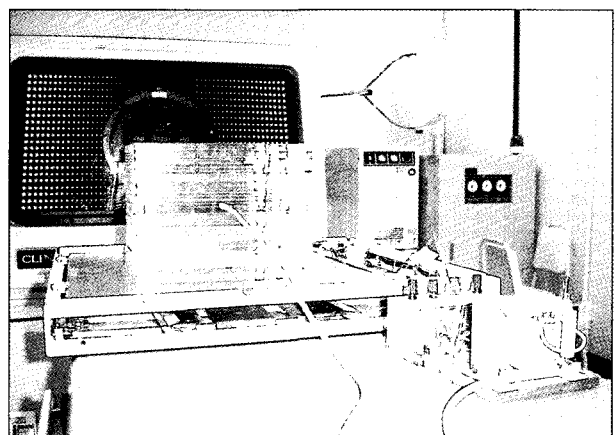


Fig. 2. Dose measurement with TLD and Chamber in acrylic phantom on automatically up-down moving device.

자에서 측정된 최대치인 2 cm를 기준으로 사용하였다. 본원에서 제작한 “자동반복이동장치”를 상하 2 cm, 분당 20 회씩 움직이도록 장치한 후 팬텀을 자동반복 이동장치 위에 고정하고(Fig. 2) 10×10 cm의 조사영역으로 1 Gy를 조사하였다. 중심축에서 상하, 좌우로 각각 1 cm 간격으로 총 21지점에서 TLD와 전리함으로 선량을 측정하여 고정된 상태에서와 움직이는 상태에서의 조사선량을 비교해본 결과 1% 이내의 차이가 나타났다.

**3. 환자의 치료 계획 및 방사선조사**

전 환자에서 IV bolus CT를 사용하여 3 mm 두께로 횡격막 상연에서 2 cm 윗부분에서 시작하여 장골상연(Iliac crest)까지 전복부를 스캔하였다. GTV는 먼저 진단방사선과의 전문의에 의해 필름에 그려온 후 그 용적에 상하 2 cm, 전후 1 cm, 좌우 0.5 cm의 margin을 두어 다시 그리고 치료계획용 컴퓨터에 입력하였다. 사용한 빔의 수는 4~22

개였고 6~9개의 빔이 가장 많이 사용되었으나, 한쪽 복부 전체를 차지한 종양을 가진 환자에서 22개의 빔을 사용하였다.

치료계획은 Corvus 4.0 (Normos Corp)을 사용하였고 빔의 방향은 360°를 돌리는 대신에 종양이 있는 면으로 집중되도록 하여 비교적 종양이 큰 상태에서도 V<sub>20</sub> 이상의 용적이 가능한 한 적게 되도록, 종양이 없는 부분은 가능한 방사선이 조사되지 않도록 계획하였으나 종양의 크기가 20 cm에 달하는 환자의 경우 V<sub>20</sub>의 용적이 80%에 달하기도 하였다. 이 경우 올 수 있는 치명적인 합병증에 대하여 환자와 보호자에게 설명하였으나, 종양의 부피 때문에 호흡을 할 수 없는 상태이므로 환자와 보호자 모두가 치료를 원하여 동의서를 첨부한 후 치료를 시작하였다. 환자의 치료계획은 적어도 3개 이상의 디자인을 검토하여 최적이라고 생각되는 치료계획을 담당의사와 물리학자의 동의하에 선택하도록 하였다. 방사선 치료는 Varian 21 EX치료기를 사용하여 1회 1.8 Gy로 주 5회, 95% 라인이 50.4 Gy를 조사받도록 계획하였다.

**4. 환자 및 팬텀에서의 확인 필름 비교**

환자의 치료계획이 끝나고 최적이라고 생각되는 치료계획이 선택되면, 첫 번째 치료에서 조사문 영상기(portal vision)상에 저감도 필름(EDR. Eastman, Kodak co., USA)을 중심축에 고정한 후 치료계획대로 치료하여 확인필름(verification film)을 얻고, 같은 조건에서 인체모형 팬텀을 사용하여 얻은 확인필름을 먼저 육안으로 비교 검토하여 중심축에서의 전체적인 윤곽에서 차이가 있는지를 담당의사와 물리학자가 검토하였다(Fig. 3). 검토된 확인 필름은 필름 주사기(scanner)로 스캔한 후 90% 등선량 곡선을 비교하였

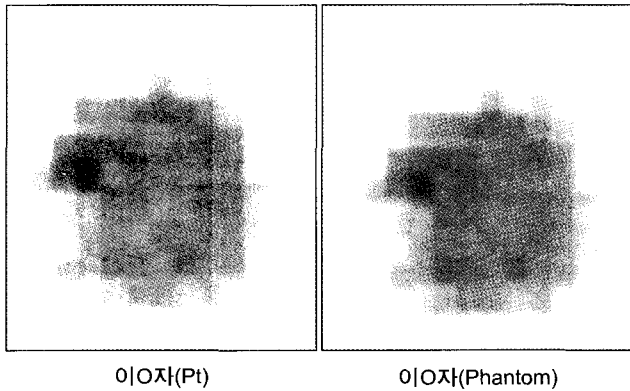


Fig. 3. Gross check of verification film, patient (left) and phantom (right).

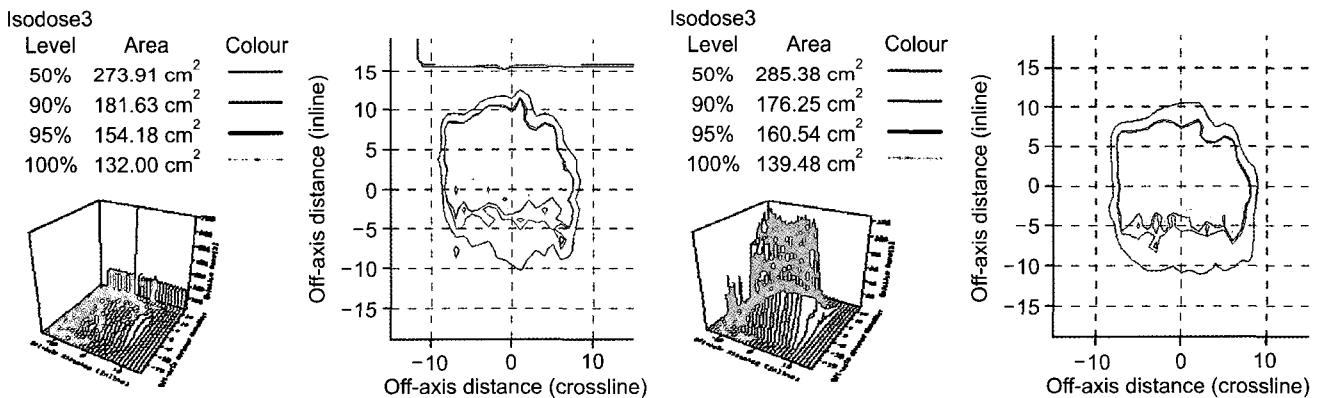


Fig. 4. Comparison of scanned isodose curve with patient (left) and phantom (right).

다(Fig. 4). 3% 이상의 오차가 발견될 경우 치료계획을 다시 검토하고 필요하면 치료계획 자체를 바꾸는 것을 원칙으로 하였으나 전 환자에서 치료계획을 다시 실시한 환자는 없었다. 환자의 치료는 첫 치료 후 확인 필름의 검토 후 문제가 없다고 판단될 경우 실시하도록 하였다. 매주 1회씩 전 환자에서 확인 필름을 촬영하여 팬텀에서와, 첫 번째 치료 시의 필름과 비교하여 변화가 있는지를 점검하였다.

## 결 과

36명의 전 환자가 다른 치료방법이 불가능한 말기 간암 환자여서 7회 이내의 치료 중 사망하거나 퇴원한 환자 10명을 제외한 72.2%의 환자에서 전 치료과정을 마쳤으며, 복수가 심하여 호흡이 곤란하였던 11명의 환자 전원에서 배 둘레의 치수(girth)가 적어지고 호흡의 호전이 있었으나, 복수의 감소로 인해 고정장치를 다시 만들어 사용하였다. 전 복부가 간암조직으로 차 있었던 환자는 계획된 치료를 마칠 수 있었으나 간암 증상의 호전에도 불구하고 폐전이, 뇌전지로 치료 후 2개월 만에 사망하였다. 15명의 환자(41.7%)에서 1곳 이상의 원격전이가 있었고 전 환자가 다른 치료법이 불가능한 말기 암 환자임에도 불구하고 72%의 환자가 치료를 완료하였으며, 방사선 치료로 인한 합병증으로 증상이 악화된 환자의 보고는 없었다. 생사가 확인된 환자의 생존기간은 2개월에서 24개월로 다양하였고 평균생존기간은 8.8개월이어서 41.7%의 환자가 원격전이가 있었으며 전 환자가 말기암 환자임을 감안하면 치료 효과가 나쁘지 않았음을 알 수 있었다.

조사문 영상기 상에서 촬영된 환자의 확인 필름과, 인체 모형 팬텀에서 환자와 같은 방법으로 조사하여 얻은 확인 필름에서는 전 환자에서 육안으로 차이를 발견할 수 없었으며 필름의 환자와 팬텀에서 스캔상 90% 등선량곡선의 가로 길이(15.8 cm, 15.7 cm)와 세로 길이(13.0 cm, 12.9 cm)뿐만 아니라 면적(154.2 cm<sup>2</sup>, 160.5 cm<sup>2</sup>)의 비교에서 3% 이내의 오차를 보여 호흡을 한 환자와 호흡이 없는 팬텀에서 선량의 균질성에도 문제가 없음을 확인하였다(Fig. 4). 여기에서 살펴본 바와 같이 본 연구에서 제안된 확인 필름을 사용한 QA 방법은 간암환자의 세기조절 방사선치료에서도 유용하게 사용할 수 있을 것으로 생각한다.

## 고 찰

간암은 조기 발견이 어려워 대부분의 환자가 매우 진행

된 상태에서 진단되므로 근치적인 수술요법을 받을 수 있는 환자는 소수에 불과하다. 대부분의 환자에서 색전술, 알코올주입법, 고주파 절제술 등을 사용하고 있으나 큰 암종을 가진 환자에서는 적용하기 힘들다. 더욱이 치료 후 재발환자, 반복된 색전술로 인한 혈관 손상으로 더 이상 색전술이 불가능한 환자, 간암과 함께 원격전이 있는 환자에서는 고식적인(palliative) 치료 방법으로 항암제 등 다양한 치료법을 사용하고 있으나 효과는 미미하다. 방사선 치료는 단독, 혹은 색전술과 병합치료로 다양한 선량으로 치료를 시도해 왔으나 간 조직의 견딜수용량이 적어 통상적인 방사선 치료의 사용은 매우 제한적이다. 종양부위에 집중적으로 다량의 방사선을 조사하면서 주위 정상 간 조직에 가능한 한 적은 선량을 조사하여 치료효과를 높이기 위한 노력으로 CT유도하의 근접치료<sup>10)</sup>도 시도되고 있으나 아직 1~2상 시도에 불과하다. 입체조형 방사선 치료를 사용하여 표적용적 내의 방사선 조사량을 증가시켜 간암의 치료 효과를 높이려는 시도가 이루어지고 있으나<sup>8)</sup> Cheng 등,<sup>11)</sup> Murshed 등,<sup>12)</sup> Grills 등<sup>13)</sup>은 폐암에서 입체조형 방사선치료와 세기조절 방사선치료의 비교에서 세기조절 방사선치료의 우수성을 보고하고 있어 비슷한 조건을 가진 간암의 효과적인 치료를 위하여도 세기조절 방사선치료의 사용이 입체조형 방사선치료에 비해 우수한 효과가 있을 수 있음을 시사하고 있다. 세기조절 방사선치료는 진보된 형태의 입체조형 방사선치료로서 Cheng 등<sup>11)</sup>은 견딜수용량이 비교적 낮은 정상조직에 둘러싸여 있으면서 불규칙한 외형을 가진 종양에서의 치료효과는 입체조형 방사선치료에 비해 주위 정상조직과 척수의 방사선 조사량을 유의하게 감소시킬 수 있으면서(5.7%: 36.6%, p=0.007) 방사선 치료의 제한요소인 합병증을 통계학적으로 유의하게 낮출 수 있어(23.7%: 36.6%, p=0.009) 평균 표적선량을 높일 수 있었다고 보고하고 있고, Murshed 등<sup>12)</sup>은 세기조절 방사선치료로 입체조형 방사선치료에 비해 방사선폐염의 발생률을 10% 더 줄일 수 있으면서 표적선량은 25~30% 더 증가시킬 수 있었다고 보고하였고, Grills 등<sup>13)</sup>은 폐암의 세기조절 방사선치료에서 입체조형 방사선치료와 비교하여 7~8%의 종양억제 가능성(tumor control probability)을 높일 수 있었으며 V<sub>20</sub>의 폐 용적을 36% 더 줄일 수 있어 정상조직의 합병증 가능성(NTCP)을 30%나 줄일 수 있었다고 하여 입체조형 방사선치료에 비해 세기조절 방사선치료의 우수성을 주장하고 있다. 이러한 보고들은 종양의 외형이 불규칙하면서, 척수, 신장 등의 중요장기와 인접되고 있으면서 정상조직의 견딜수용량이 적은 폐암과 비슷한 조건을 가진 간

암의 치료에서도 합병증을 줄이면서 표적장기에 보다 많은 방사선을 조사할 수 있음을 시사함으로써 간암의 치료에서도 세기조절 방사선치료는 현존하는 치료 방법 중 가장 이상적인 치료방법이라고 생각한다. Regnan 등<sup>14)</sup>은 수술 불가능한 3기 폐암환자에서 조사선량이 많을수록 국소 실패율이 낮으며 10 Gy의 조사선량을 증가시키면 국소 재발률은 36.4%가 낮아진다고 하였다. 이 이론을 간암에 적용시킬 수 있다면 세기조절 방사선치료로 표적선량을 10 Gy 정도 높일 수 있다면 현재 치료효과가 저조한 간암의 치료에서도 국소재발 감소를 통한 생존율의 증가도 가능함을 시사하는 것으로 간암의 치료에서 세기조절 방사선치료의 필요성은 절실하다. 이처럼 세기조절 방사선치료의 이론적인 이점에도 불구하고 폐암이나 간암은 두경부암이나 전립선암에 비해 ① 호흡이나 심박동, 장의 연동운동(peristalsis)으로 인한 종양의 이동 폭이 커서 정확한 치료가 어려우며, ② PTV의 적절한 margin을 치료하는 동안 지속적으로 유지하기 어려우며, ③ 계획된 방사선량이 정확한 부위에 조사하기가 어려울 뿐 아니라, ④ 정확한 치료량이 정확한 부위에 조사되는지를 확인할 수 있는 장치가 확립되어 있지 못하다는 이유로 세기조절 방사선치료의 임상적용이 활발하지 못한 실정이다. 이를 보완하기 위한 노력으로 심호흡상태에서 호흡을 정지하거나<sup>15)</sup> 강제 호흡 조절(active breathing control)<sup>16)</sup> 등으로 호흡에 의한 표적장기의 움직임을 제한하려는 연구가 시도되고 있으나, 이의 적용에 필수적인 환자의 적극적인 협조가 어려우며, 사용되는 기구의 제조, 조작 등이 쉽지 않아 임상적용이 어렵다. Berson 등<sup>17)</sup>은 영상유도 장치를 사용한 “respiratory gated radiation therapy” 기법을 사용하여 호흡으로 인한 종양의 움직임을 최소화시킬 수 있었으나 이를 위해서는 치료를 위한 훈련에 적응 가능한 환자의 선택이 필수적이라 하여 임상적용이 쉽지 않았음을 시사하고 있다. 또한 Plathow 등<sup>18)</sup>은 종양의 움직임은 종양의 위치에 따라, 환자에 따라, 같은 환자에서도 3.4~7.2 mm의 차이를 보여 정확한 margin을 일정하게 책정하기는 어려우며 환자에 따라 다르게 적용해야 된다고 주장하였고 Liu 등<sup>19)</sup>도 “respiratory gated radiation therapy”에서도 피부상의 표식자의 이동거리와 폐 등의 내부 장기의 이동거리가 일치되지 않았을 뿐 아니라 환자에 따라서 달랐다고 보고하고 있다. Gierga 등<sup>2)</sup>은 복강내의 종양은 폐암과 비교하여 종양의 움직임이 크지 않으나 3.8~7.4 mm의 범위를 보여 이를 줄이기 위한 노력이 필요하다고 하였고 Kitamura 등<sup>3)</sup>은 간암의 경우 종양의 부위, 수술의 기왕력, 간경변증 여부에 따

라 4~9 mm의 움직임을 보였다고 보고하고 있다. 그러나 Redpath 등<sup>20)</sup>은 치료 중의 종양의 움직임은 완전히 제어하기는 힘들지만 적절한 고정장치를 사용할 경우 90%의 환자에서 CTV의 margin을 3 mm 이내에서 포함할 수 있었다고 하여 적절한 고정장치를 사용할 경우 종양의 이동이 크지 않음을 보고하고 있어 가장 움직임이 큰 상하의 margin이라 하더라도 1 cm 이내로 충족될 수 있음을 시사하고 있다.

매일 반복되는 실제의 임상치료에서 계획된 방사선량이 정확한 부위에 조사되는지를 확인하는 장치는 매우 중요하다. Sanchez-Doblado 등<sup>21)</sup>은 세기조절 방사선치료에서 PTV의 절대선량측정(absolute dose measurement)은 매우 어렵거나 미세전리함측정(microionization chamber)에서 PTV 내의 오차는 무시할 수 있는 범위 내에 있었다고 보고하고 있다. Galvin 등<sup>6)</sup>도 ASTRO와 American Association of Physicists in Medicine과의 공동연구에서 치료 중의 호흡정지 등의 방법은 아직 시작단계이며 이의 효율성을 증명할 수 없을 뿐 아니라 비록 종양이 어느 정도 움직인다 하더라도 세기조절 방사선치료에서는 다각도에서 조사되므로 오차가 희석되어 적게(underdose) 혹은 많게(overdose) 조사되는 우려는 크지 않으므로 PTV에서는 종양의 growth margin을 고려하여 0.5 cm의 safe margin이 필요하다고 하였다. 또한 세기조절 방사선치료에서 가장 큰 오차는 매일 반복되는 치료에서 생기는 set-up 오차로 인한 치료 간의 변화(interfraction change)가 크므로 이를 최소화시킬 수 있는 환자고정장치(immobilization)는 불필요한 safe margin을 줄일 수 있는 중요한 요소라고 하였다. 본 연구에서는 환자가 불편을 느끼지 않으면서 무의식적인 심호흡을 방지하기 위한 고정장치를 사용하여 과도한 종양의 이동을 방지할 수 있으면서 반복되는 치료에서 set-up 오차를 줄일 수 있게 하였으며 Galvin 등<sup>6)</sup>이 QA로 제시한 조건인 치료계획상에서 PTV 내의 조사선량이 계획된 선량의 93% 미만이 조사되는 용적이 1% 이하가 되도록 하고, 110% 이상이 조사되는 용적이 20% 이하인지를 확인하고 있으며, 필름을 사용한 치료 확인도 팬텀과 환자에서 매주 실시하여 차이가 없음을 확인하고 있으며 필름 스캔에서 95% 등선량곡선을 비교하여 오차가 3% 이내인지도 확인하고 있다.

## 결 론

세기조절 방사선치료의 최적의 상태는 아직은 수학적, 이론적인 것이며 임상적으로 확립되어 있지는 않다. 다만

가능한 오차를 최소로 할 수 있는 장치를 개발하고 이를 확인하는 것은 필수적이다. 본 연구에서 고안한 고정장치와 필름을 사용한 확인 기법은 특별한 기구가 필요하지 않고, 많은 시간이 소요되지 않으며, 환자의 정신적, 육체적 소모가 많지 않으면서 비교적 쉽게, 매 치료 시마다 확인이 가능하여 간암의 임상치료에서 적용 가능한 유용한 방법이라고 생각한다.

## 참 고 문 헌

1. Chao KSC: *Practical Essentials of Intensity Modulated Radiation Therapy*. 2nd ed, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia (2005), pp. 1
2. Gierga DP, Chen GTY, Kung JH, Betke M, Lombardi J, Willett CG: Quantification of respiration-induced abdominal tumor motion and its impact on IMRT dose distributions. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 58(5):1584-1595 (2004)
3. Kitamura K, Shirato H, Seppenwoolde Y, et al: Tumor location, cirrhosis and surgical history contribute to tumor movement in the liver, as measured during stereotactic irradiation using a real time tumor tracking radiotherapy system. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 56(1):221-228 (2003)
4. Boehmer D, Bohsung J, Eichwurzel I, Moys A, Budach V: Clinical and physical quality assurance for intensity modulated radiotherapy of prostate cancer. *Radiother Oncol* 71(3):319-325 (2004)
5. Clippe S, Sarrut D, Malet C, Mignet S, Ginestet C, Carrie C: Patient setup error measurement using 3D intensity based image registration techniques. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 56(1):259-265 (2003)
6. Galvin JM, Ezzell G, Ersbrauch A, et al: Implementing IMRT in clinical practice: a joint document of the American Society for Therapeutic Radiology and Oncology and the American Association of Physicists in Medicine. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 58(5):1616-1634 (2004)
7. Park W, Lim DH, Paik SW, et al: Local radiotherapy for patients with unresectable hepatocellular carcinoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 61(4):1143-1150 (2005)
8. 김기창, 박기철, 성진실 등: 절제 불가능한 원발성 간암의 임체조형 방사선치료의 초기 임상 결과. *대한방사선종양학회지* 20(2):123-129 (2002)
9. Seong J, Park HC, Han KH, Chon CY: Clinical results and prognostic factors in radiotherapy for unresectable hepatocellular carcinoma. A retrospective study of 158 patients. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 55(2):329-336 (2003)
10. Rieke J, Wust P, Stohlmann A, et al: CT-guided interstitial brachytherapy of liver malignancies alone or in combination with thermal ablation: phase I-II results of a novel technique. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 58(5):1496-1505 (2004)
11. Cheng JCH, Wu JK, Huang CM, et al: Dosimetric analysis and comparison of three-dimensional conformal radiotherapy and intensity-modulated radiation therapy for patients with hepatocellular carcinoma and radiation induced liver disease. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 56(1):229-234 (2004)
12. Murshed H, Lieu HH, Liao Z, et al: Dose and volume reduction for normal lung using intensity modulated radiotherapy for advanced stage non-small-cell lung cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 58(4):1258-1267 (2004)
13. Grills IS, Yan D, Martinez AA, Vicini FA, Wong JW, Kestin LL: Potential for reduced toxicity and dose escalation in the treatment of inoperable non-small-cell lung cancer: A comparison of intensity-modulated radiation therapy (IMRT), 3D conformal radiation and elective nodal irradiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 57(3):875-890 (2003)
14. Rengan R, Rpsenzweig KE, Venkatraman E, et al: Improved local control with higher dose of radiation in large volume stage III non-small-cell lung cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 60(3):741-747 (2004)
15. Rosenzweig KE, Hanley J, Mah D, et al: The deep inspiration breath-hold technique in the treatment of inoperable non-small-cell lung cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 48(1):81-87 (2000)
16. Wilson EM, Williams FJ, Lyn BE, Wong JW, Aird EGA: Validation of active breathing control in patients with non-small-cell lung cancer to be treated with CHARTWELL. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 57(3):864-874 (2003)
17. Berson Am, Emery R, Rodriguez L, et al: Clinical experience using respiratory gated radiation therapy: comparison of free-breathing and breath-hold techniques. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 60(2):419-426 (2004)
18. Plathow C, Ley S, Fink C, et al: Analysis of intrathoracic tumor mobility during whole breathing cycle by dynamic MRI. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 59(4):952-959 (2004)
19. Liu HH, Koch N, Starkschall G, et al: Evaluation of internal lung motion for respiratory-gated Radiation therapy using MRI: Part II-Margin reduction of internal target volume. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 60(5):1473-1483 (2004)
20. Redpath At, Muren LP: An optimisation algorithm for determination of treatment margin around moving and deformable targets. *Radiother Oncol* 77:194-201 (2005)
21. Sanchez-Doblado F, Capote R, Rosello JV, et al: Microionizing chamber dosimetry in IMRT verification: clinical implication of dosimetric errors in the PTV. *Radiother Oncol* 75:342-348 (2005)

## **Development of Film Verification as the QA of IMRT for Advanced Hepatoma Patients**

Myung Se Kim

Department of Therapeutic Radiology and Oncology, College of Medicine, Yeungnam University

Hepatoma is one of 3 most common malignancies in Korea, the survival rate is not improved since last decades because of delayed diagnosis and limited treatment conditions. Radiation was one of treatment options but the impact on the survival is not remarkable. High dose exposure to target area was suggested for improved effect but low tolerance dose of normal liver tissue is the main limited factor. IMRT is the advanced form of 3DCRT, for focusing high dose on target with minimal dose to surrounding normal tissues. Motion of the tumor by respiration, cardiac pulsation and peristalsis is the main treatment barrier of IMRT for treatment of hepatoma patients. Development of QA technique for acceptable geometrical uncertainties and dose error on target volume is essential for IMRT in clinical treatment but proper QA technique is not yet developed. This study compared the verification film dosimetry with measured dose in phantom and calculated dose in planning computer on exactly same conditions of patient treatments. Within 3% dose differences between 3 groups were confirmed. We suggest that our verification QA technique is easy, economic, iterative and acceptable in clinical application for advanced hepatoma patients.

---

**Key Words** : Hepatoma, IMRT, QA, Clinical application