

두경부암 방사선 치료 시 Set-Up 조정 Head Holder 장치의 개발

삼성서울병원 방사선종양학과

심재구, 송기원, 김진만, 박명환

두경부암 환자의 헤드 홀더를 사용하는 경우 모의 치료 시 환자는 테이블 위에 위치하지만, 방사선 치료를 시행하는 경우 헤드 홀더를 치료 테이블에 걸쳐서 사용하기 때문에 체중 및 여러 가지 요소로 인한 기하학적 불일치로 상, 하, 좌, 우 및 처짐의 현상이 발생할 수 있다. 이러한 환자 Set-Up의 재현성의 불일치를 개선하기 위해 두경부암 전용 헤드 홀더를 자체 고안하여 제작 및 개발하여 유용성을 평가하였다. Alderson Rando Phantom을 이용하여 전산화단층촬영장치(High Advantage, GE, U.S.A)를 통해 이미지를 획득하였고, 광자선 4MV 세기변조 방사선치료(IMRT) 방식을 적용하여 최적화된 치료 계획을 실시하였다. 선형가속기(21EX, Varian, U.S.A)를 이용하여 모의 치료와 동일한 상태에서 환자를 set-up한 후에 치료기에 장착된 CBCT를 이용하여 각각의 무게(0, 15, 30Kg)의 차이를 통해 교정 전, 후 X, Y, Z축의 오차를 5회 반복 측정된 결과는 다음과 같다. 0Kg에서 $0.4 \pm 0.8\text{mm}$, $0.8 \pm 0.4\text{mm}$, 0mm 으로 나타났고, 교정 후에는 $0.2 \pm 0.8\text{mm}$, $0.4 \pm 0.5\text{mm}$, 0 으로 나타났다. 15Kg에서 교정 전, 후 오차는 $0.2 \pm 0.8\text{mm}$, $1.2 \pm 0.4\text{mm}$, $2.2 \pm 0.4\text{mm}$ 와 $0.2 \pm 0.4\text{mm}$, $0.4 \pm 0.5\text{mm}$, $0.4 \pm 0.5\text{mm}$ 로 나타났다. 30Kg에서 교정 전, 후 오차는 $0.8 \pm 0.4\text{mm}$, $2.4 \pm 0.5\text{mm}$, $4.4 \pm 0.8\text{mm}$ 와 $0.6 \pm 0.54\text{mm}$, $1 \pm 0\text{mm}$, $0.6 \pm 0.5\text{mm}$ 로 나타났다. 각각의 교정 전, 후의 통계적으로 분석한 결과 15Kg인 경우 Z축에서 $p < 0.034$, 30Kg인 경우 Y, Z축에서 $p < 0.038$, $p < 0.041$ 로 유의한 결과를 나타냈다. 두경부암 전용 방향 조절 장치 헤드 홀더가 환자의 set-up오차를 줄여주는 역할을 해주는 것으로 나타났다. 또한 오차를 줄여줌으로써 환자의 재현성이 향상되어 보다 정밀하고 정확한 방사선 치료를 구현할 수 있을 것으로 사료된다.

핵심용어 : 방사선 치료, 두경부암, 콘빔CT

서 론

악성 종양인 암으로 진단을 받은 환자의 대부분은 외과적 수술, 항암요법과 방사선 치료를 병행하여 시행함으로써 완치를 위한 의료 기술의 노력은 지속적으로 연구되고 있다. 급속한 의료 기술의 발전으로 이러한 노력들이 암의 완치율을 높이는데 기여하고 있으며, 더불어 방사선 치료 장비의 발전으로 환자들에게 더욱 정교하고 정확한 선량을 환자에게 조사할 수 있게 되었다. 최근에는 3차원 입체조형 치료, 세기변조 방사선 치료, 호흡동조 방사선치료를 통해 종양조직에는 방사선을 집중 조사하고, 정상 조직에 불필요하게 조사되는 방사선량을 감소하기 위한 최적의 방사선 치료를 구현하고 있다. 이렇게 정교한 방사선 치료를 위해서는 장기 및 환자의 움직임으로 인한 오차를 줄이기 위한

정밀한 방사선 치료 계획을 실시하고 있으며, 또한 방사선 치료 시 장기의 움직임 및 환자 자세의 왜곡이 발생할 수 있어 환자 set-up의 재현성이 중요시 되고 있다. 그래서 최근에 방사선 치료를 받는 환자들의 움직임을 최소화하여 치료의 정확도를 높이기 위한 방법으로 고정용구의 사용도 증가하여 정확도를 높이고 있는 추세이다.¹⁻³⁾ 방사선 치료를 시행하는 모든 환자의 경우 모의치료 계획을 세운 후 치료 계획을 통해 방사선 치료를 시행하는 모든 단계가 기하학적 조건이 동일한 상태에서 치료 계획이 이루어지기 때문에 기하학적 불일치로 인한 방사선 치료를 시행하는 경우 원하는 부위에 원하는 선량을 적정하게 조사할 수 없게 된다. 이렇게 정확한 방사선 치료를 시행하기 위해서는 여러 요소들이 있지만 그 중에서 동일한 자세를 통한 환자의 set-up은 무엇보다도 중요하다. 이에 방사선 치료를 실시하는 경우 정확한 자세 오차를 분석하기 위한 영상 확인 장치는 매우 발전되고 있다. 최근에는 선형가속기에 장착된 콘빔CT, 토모치료기에 장착된 MVCT를 이용하여 모의 치료 시 자세 영상과 방사선 치료 전 자세 영상 일치성 확인을

본 논문은 2014년 3월 21일 접수하여 2014년 5월 2일 채택되었음.
책임저자 : 심재구, 삼성서울병원 방사선종양학과
서울시 강남구 일원로 81 삼성서울병원
Tel : (02) 3410-2591, 010-6357-2024
E-mail : jg.sim@samsung.com

통해 환자 자세를 정확하고 정밀하게 체크하고 있고, 오차가 발생할 경우 교정하여 방사선 치료를 시행하고 있다.⁴⁻⁷⁾ 여러 부위의 암들 중에서 특히 두경부암 환자의 방사선 치료를 시행하는 경우 종양 주변의 인접된 중요 장기들이 많고, 방사선 치료 계획 시 고려해야 하는 사항들이 많아 치료 계획이 복잡하여 치료 시 자세 오차에 관한 부분도 세밀하게 측정한다. 이로 인한 콘빔CT의 활용도는 급격히 증가하고 있는데 두경부암의 방사선 치료는 정상 조직에 들어가는 선량 및 방사선이 조사되는 주위에 발생하는 피부의 반응을 줄이기 위한 방법으로 세기변조 방사선치료를 보편적으로 시행하고 있으며, 매일매일 치료 자세의 재현성을 확인을 매우 중요시하고 있다. 두경부암 환자의 방사선 치료 계획을 시행하는 경우 정확한 환자의 자세 정확도를 위해 마스크를 제작 및 헤드 홀더를 사용한다.⁸⁻¹⁵⁾ 두경부암 환자의 방사선 치료를 실시하기 전에 전산화단층촬영 모의 치료를 실시하는 경우 환자의 머리 부분이 회전되지 않도록 thermoplastic마스크를 통해 머리 및 어깨 주변까지 포함하고 고정함으로써 보다 정확한 위치 잡이 및 자세 유지를 위해 노력한다. 이때 두경부암 환자의 마스크를 제작할 때 헤드 홀더가 전산화단층촬영장치(CT)를 통한 모의 치료를 하는 경우 테이블 위에서 고정하여 사용하기 때문에 처

짐 현상이 발생하지 않지만 방사선 치료를 시행하는 치료실에서는 치료 테이블의 맨 위에 걸쳐서 사용하기 때문에 환자의 체중이 무거운 경우 처짐 현상으로 set-up 오차가 발생하는 경우가 있다, 또한 오차가 발생 시 환자의 자세를 조정할 수 없기 때문에 set-up 재현성이 떨어져서 원하는 부위에 정확한 선량이 부여되지 않아 치료 효과를 극대화할 수 없다. 최근에는 환자 자세의 오차가 X,Y,Z축에 발생하는 경우 치료 테이블을 여러 각도로 조정할 수 있는 카우치도 개발되어 사용 중이지만, 고가의 가격으로 인해 선형 가속기를 교체하는 것도 어려운 실정이다. 그리고 방사선 치료기의 경우 한 번 설치하면 평균적으로 10년 이상 사용하기 때문에 새로운 장비의 도입이 현실적으로 어려운 경우도 있기 때문에 치료 테이블을 조절할 수 없는 선형 가속기의 경우 단순히 치료 확인 촬영 영상만을 가지고 자세 교정을 할 수 밖에 없다. 그래서 치료테이블이 조절되지 않는 장비에 새로운 헤드 홀더를 부착하여 여러 각도를 조절할 수 있는 장치를 개발하여 장비를 새로 구매하지 않고 동일한 치료 자세의 재현성을 나타낼 수 있는 장치를 개발하였다. 이에 본 연구자는 두경부암 환자의 방사선 치료 시 발생할 수 있는 자세 오차 및 기하학적 불일치를 조절할 수 있는 두경부암 전용 홀더를 자체 고안 및 제작하여 환자에

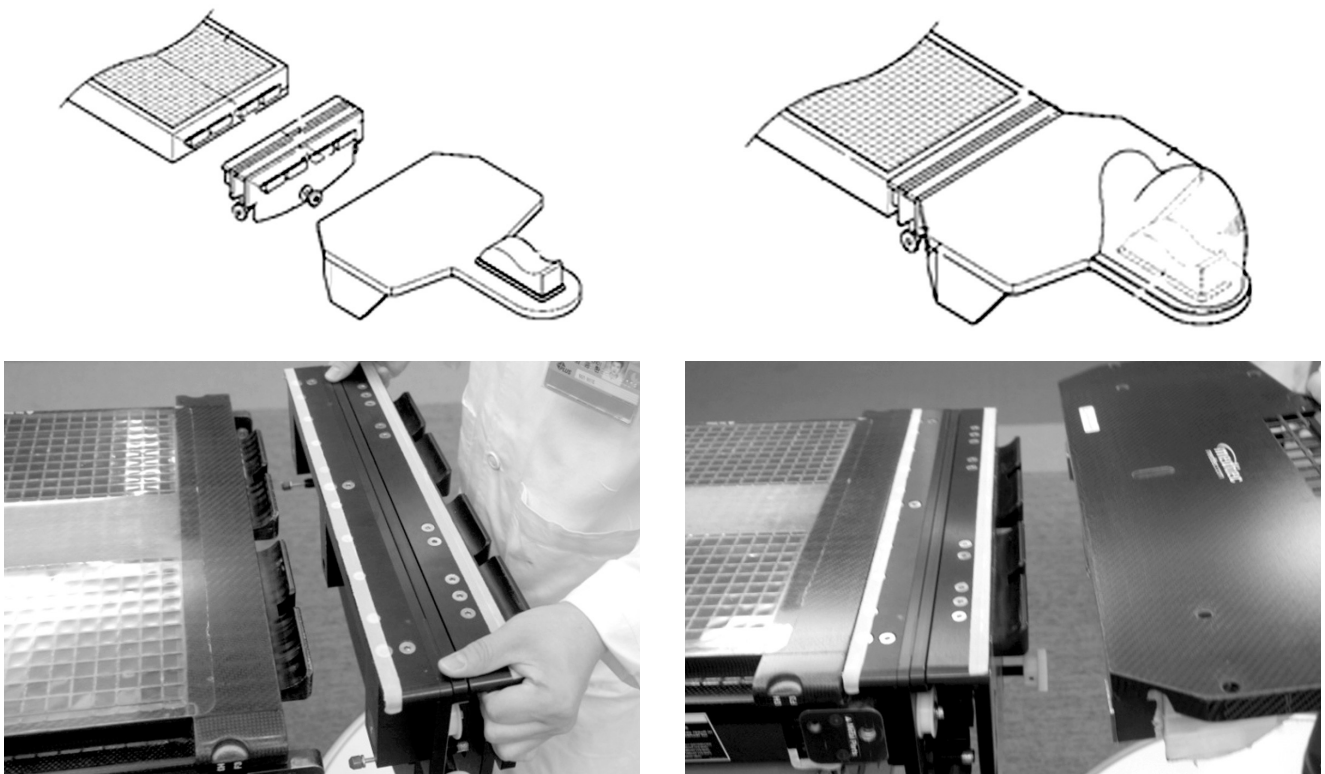


Fig 1. Development of Head and Neck Couch Holder Attachment system

게 발생할 수 있는 상,하, 좌,우의 위치를 가능한 장치를 개발하여 유용성에 대해 알아보고 팬텀을 이용하여 두경부암 환자의 체중 차이에 의해 발생하는 자세 교정 전,후 오차 비교에 대해 알아본 후 체중 증가에 의한 오차 범위의 상관관계에 대해 통계적으로 유의한지 평가하였다.

대상 및 방법

1. 두경부암 환자 전용 헤드홀더의 개발

선형 가속기를 이용한 방사선 치료 분야 중 두경부암 환자를 대상으로 한 방사선 치료는 고 난이도 치료 계획 및 주위의 인접한 중요 장기들이 많아 매우 복잡한 치료 계획을 세우는 방식을 적용하고 있다. 정확한 치료를 구현하기 위해서는 방사선 치료실에서 환자를 치료하기 위해 치료 계획된 자세와 동일한 조건으로 자세가 유지되어 치료가 될 수 있도록 하는 재현성이 가장 중요한 부분이다. 환자의 재현성이 바탕이 되지 않는다면 세밀한 치료 계획을 세우더라도 기하학적 불일치성으로 인하여 두경부암 환자에 대해 방사선 치료를 실시하는 과정에서 정확하고 정밀한 방

사선 치료를 시행하는 것은 불가능하게 된다. 새로 개발한 헤드 홀더는 위에서 언급한 기하학적 불일치성으로 인하여 자세의 오차가 발생할 경우 치료 확인 촬영 전에 조정할 수 있도록 고안하였다. 두경부암 환자의 전용 헤드홀더의 장점은 첫째, 기존의 치료 테이블 앞에 약 7cm이며, 이동식으로 탈,부착이 쉽도록 고안하였으며, 둘째 치료 테이블의 충격을 방지하기 위해 완충레버를 장착하여 방사선 치료 종료된 이후 테이블의 잠금 장치를 해제한 후 환자를 내릴 때 근무자의 부주의로 인하여 환자에게 충격이 발생하는 부분을 사전에 방지할 수 있는 점과 셋째, 가장 중요한 사항인 대부분의 선형가속기에서는 환자의 자세 확인을 레이저에 맞춘 후 치료 확인 촬영을 통해 오차가 발생한 경우 보정을 실시하거나 또는 환자에게 marking 되어 있는 표시와 레이저가 일치하지 않을 경우 치료 확인 촬영을 통해 환자 자세의 재현성을 평가하는데 이러한 불편한 사항들을 상,하, 좌,우 및 처짐에 대해 헤드홀더의 아래와 왼쪽에 있는 레버를 이용하여 돌려주게 되면 두경부암 전용 홀더가 laser와 일치되도록 하여 방사선 치료 자세를 매우 정교하게 조정 및 체크하여 정확하고 세밀한 자세 교정을 할 수 있는 장점이 있다. [Fig. 1]

Table 1. Set-up Error Average and SD by CBCT before and after values.

	Set-Up Correction			unit : mm			p value
	Before			After			
Weight	X	Y	Z	X	Y	Z	
0Kg	0.4±0.89	0.8±0.44	0	0.2±0.44	0.4±0.54	0	
15Kg	0.2±0.83	1.2±0.44	2.2±0.44	0.2±0.44	0.4±0.54	0.4±0.54	p<0.034
30Kg	0.8±0.44	2.4±0.54	4.4±0.89	0.6±0.54	1 ± 0	0.6±0.54	p<0.041

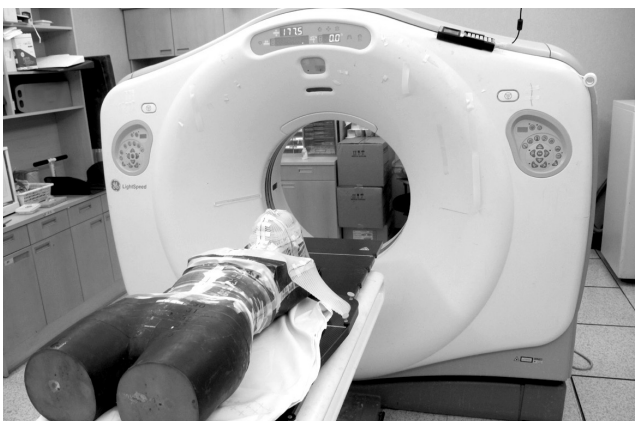


Fig 2. (a) CT scan of Rando Phantom (b) CBCT mode of LINAC



Fig 3. 2D/2D match image in CT image and CBCT image

2. 이미지 획득 및 치료 계획

두경부암 환자 전용 홀더의 유용성을 평가하기 위해 인체의 조직과 동일한 Alderson Rando Phantom을 이용하였고, 두경부 부분의 회전을 방지하고 고정하기 위해 Thermoplastic mask (Med-Tec, Orange City, Iowa, USA)를 제작하였으며, 세기변조 방사선 치료를 구현하기 위해 전산화단층촬영장치(High Advantage, GE, USA)를 이용하여 팬텀은 supine자세를 유지하여 치료 부위의 이미지를 획득하였다. Scan 조건은 120kV, 250mA, scan type은 helical full, rotation time은 0.8sec, detector rows는 8 pitch는 1.35:1, SFOV는 large , DFOV는 50이고, slice thickness는 2.5mm 간격으로 스캔 범위는 두경부 상부부터 흉추 4번에 걸쳐 진행하였다. 전산화단층 촬영을 통해 획득된 이미지는 DICOM RT를 통해 전송하여 치료 계획용 컴퓨터 시스템을 통해 방사선 치료 계획을 세웠다. ICRU 62 권고에 따라 종양의 위치 및 종양 주변에 인접한 정상 장기의 위치는 각 slice마다 방사선 종양학과 의사가 직접 그렸으며, 치료 계획용 컴퓨터 Pinnacle(ver. 9.2h, Philips, Madison, USA)를 사용하여 전송된 전산화 단층 영상에 치료계획용적(Planning Target Volume)을 적용하여 치료 계획을 세우는 방식을 적용하였다. 방사선 치료 장비는 5mm 40개, 10mm 20개로 총 120개의 leaf으로

구성된 선형가속기(21EX, Varian, U.S.A)를 이용하여 광자선 4MV 세기변조 방사선치료(IMRT) 방식을 사용하였으며, 최적화된 치료 계획을 위해 inverse planning을 하였으며, 빔의 전달방식은 step and shoot방식을 적용하였다.

3. 분석 방법

완료된 치료 계획을 통해 환자의 자세에 대한 기하학적 일치성을 분석하기 위해 치료실의 선형가속기 테이블에 모의 치료와 동일한 상태에서 환자를 set-up한 후에 치료기에 장착된 CBCT를 이용하여 각각의 무게(0,15,30Kg)의 차이를 통해 교정 전, 후 X, Y, Z축의 오차를 측정하였다. CBCT 모드는 low dose thorax를 사용하였고, 이미지 획득 모드는 half fan을 이용하였으며, reconstruction mode는 512x512, slice thickness는 2.5mm, 이미지 개선을 위해 bow-tie filter를 사용하였다. CBCT에서 얻은 이미지의 오차를 정확하고 객관적으로 평가하기 위해 모의 치료에서 얻은 이미지와 선형가속기 CBCT에서 얻은 이미지를 합성하여 2D/2D match를 통해 자동적으로 위치 값을 추적하는 Auto shift 시스템을 이용하여 오차 값을 반복 측정하였다. 각각의 측정은 무게(0,15,30Kg) 별로 5회 반복 측정하였으며, CBCT는 총 30회를 통해 각 무게 별 교정 전, 후 오차 값의 평균과 표준편차를 구하고 객관적으로 평가를 위해

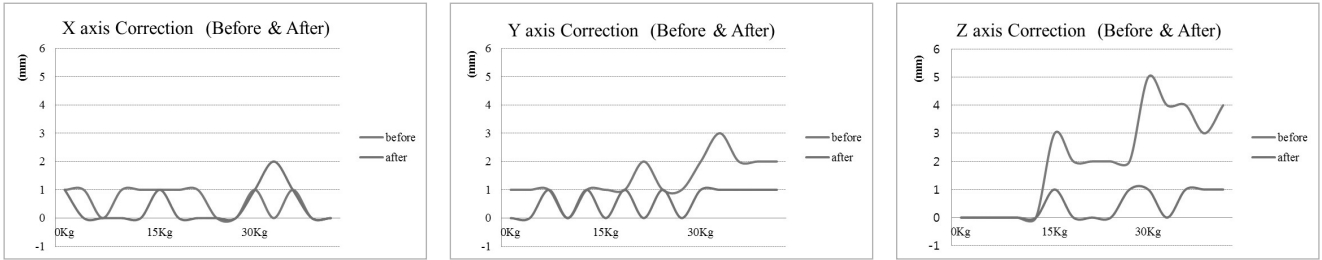


Fig 4. Graph of each weight set-up error X, Y, Z before and after correction values

SPSS 통계 프로그램을 사용하여 Wilcoxon Rank test를 통해 유의성을 평가하였고, 무게 별 상관관계를 분석하기 위한 도구로는 Spearman 분석을 통해 유의성을 평가하였다.

결 과

두경부암 전용 홀더의 유용성을 평가하기 위해 각각의 무게 차이에 의한 자세 교정 전,후의 CBCT의 오차 값을 측정하고 0Kg에서 교정 전에는 X축은 $0.4 \pm 0.89\text{mm}$, Y축은 $0.8 \pm 0.44\text{mm}$, Z축은 0으로 나타났다. 위의 오차 값을 교정하기 위해 두경부암 전용 홀더를 교정 후 CBCT를 통해 얻은 오차 값은 X축은 $0.2 \pm 0.83\text{mm}$, Y축은 $0.4 \pm 0.54\text{mm}$, Z축은 0으로 나타났다. 15Kg에서 교정 전에는 X축은 $0.2 \pm 0.83\text{mm}$, Y축은 $1.2 \pm 0.44\text{mm}$, Z축은 $2.2 \pm 0.44\text{mm}$ 로 나타났다. 오차 값을 교정하기 위해 두경부암 전용 홀더를 교정 후 CBCT를 통해 얻은 오차 값은 X축은 $0.2 \pm 0.44\text{mm}$, Y축은 $0.4 \pm 0.54\text{mm}$, Z축은 $0.4 \pm 0.54\text{mm}$ 로 나타났다. 30Kg에서 교정 전에는 X축은 $0.8 \pm 0.44\text{mm}$, Y축은 $2.4 \pm 0.54\text{mm}$, Z축은 $4.4 \pm 0.89\text{mm}$ 로 나타났다. 위의 오차 값을 교정하기 위해 두경부암 전용 홀더를 교정 후 CBCT를 통해 얻은 오차 값은 X축은 $0.6 \pm 0.54\text{mm}$, Y축은 $1 \pm 0\text{mm}$, Z축은 $0.6 \pm 0.54\text{mm}$ 로 나타났다. 각각의 교정 전,후의 통계적으로 분석한 결과 15Kg인 경우 Z축에서 $p < 0.034$, 30Kg인 경우 Y, Z축에서 $p < 0.038$, $p < 0.041$ 로 유의한 결과를 나타냈다. 두경부암 전용 홀더의 유용성을 평가한 결과 0kg에서는 X,Y,Z축에서의 오차가 약 1mm미만의 오차가 발생하여 모의 치료 시 자세와 방사선 치료실 자세의 오차가 차이가 없는 것으로 나타났다. 15kg에서는 X,Y,Z축에서의 오차가 교정 전,후를 비교한 결과 Z축에서 약 2mm의 오차를 줄이는 것으로 분석되었다.[Table 1] 30kg에서는 Y,Z축에서 교정 전,후의 오차 값을 비교한 결과 3~4mm의 오차까지도 교정하는 것으로 나타났다. 그리고 무게가 증가하는 것과 관련하여 상관 분석을 실시한 결

과 $p < 0.001$, $r = -0.462$ 로 유의한 상관관계를 나타냈다. 또한 각각의 무게 세 그룹 간 교정 값의 정도가 다른 것에 대한 Kruscal-Wallis를 통해 분석한 결과 $p < 0.008$ 로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

결 론

위의 결과에서 0kg에서는 약 1mm미만의 오차만이 발생하여 모의 치료 시 자세와 치료 시 자세의 오차가 차이가 없는 것으로 나타난 것은 환자 자세의 오차보다는 thermoplastic mask에 표시 하였을때 오차와 모의 치료실과 선형 가속기실과의 laser에 의한 미비한 오차 발생이라고 판단할 수 있다. 15kg에서는 X축의 오차가 상대적으로 Y,Z축보다 적게 발생되었다. 다시 말해서 좌,우의 움직임에 대한 교정보다 체중이 무거울수록 처짐 현상에 대한 Y,Z축에 대한 조정을 두경부암 전용 홀더가 유용하게 나타났다. 30kg에서는 3mm이상 오차 값을 교정하는 것으로 나타났는데, 이는 IMRT치료 전 측정하는 QA중에 등선량곡선에 대한 선량평가를 하는 사항에서 선량의 3% 또는 3mm의 오차를 벗어나는 것으로 최적화된 방사선 치료를 구현하는데 한계가 발생할 수 있는 점을 두경부암 전용 홀더가 교정할 수 있다는 점에서 의의가 있다고 볼 수 있다. Rabinowitz I, Menke M은 두경부암 환자의 IMRT 치료 시 환자 자세의 정확도를 체크하기 위해 매일 혹은 일정 간격을 두고 치료 확인 촬영을 실시하여야 하며, 평균적으로 자세 오차는 3~5mm이내를 허용해야 한다고 보고되고 있고, 다른 논문에서는 IMRT 치료 시 자세 오차는 3mm정도로 규정하는 경우도 있다.¹⁶⁻¹⁷⁾ 이는 세기변조방사선 치료 시 환자 자세 오차의 중요성을 강조하는 사항이며, Xing은 두경부암 환자의 세기변조방사선 치료 시 AP방향에서 3mm이상의 오차가 발생하는 경우 target에 부여되는 선량의 감소가 약 30% 정도라고 보고하고 있다.¹⁸⁾ 그리고 Wu Q의 논문에서도 체중 감소로 인한 환자의 해부학적 위치 변화 및

종양의 변화로 인한 경우 치료계획의 재수립을 통해 치료 계획을 다시 수정해야 한다고 보고하고 있다. 이렇게 기존의 논문 중에 환자의 체중 감소로 인한 종양 및 정상 조직에 들어가는 선량 변화에 대한 연구는 활발히 진행되어 왔다. 하지만 상,하 좌,우의 움직임은 조정하지 못하는 선형 가속기에서 환자의 체중 차이에 의해 발생할 수 있는 모의 치료시 자세와 방사선 치료 시의 자세에 관한 연구는 미비한 실정이다. 더불어 자세 오차를 줄여 줄 수 있는 두경부암 전용 헤드 홀더의 제작은 의의가 있다고 사료된다. 두경부암 방사선 치료 시 환자의 체중에 의해 발생하는 오차를 줄이기 위해 자체 고안 개발한 홀더의 유용성에 대해 실험한 결과 모의 치료실이 아닌 치료실에서 자세 유지를 위해 사용하는 경우 무게가 증가할수록 X, Y, Z축에 대한 오차가 발생하는 것으로 나타났으며, 이러한 오차를 개선하기 위해 두경부암 전용 방향 조절 장치 헤드 홀더가 환자의 set-up 오차를 줄여주는 역할을 해주는 것으로 나타났다. 또한 오차를 줄여줌으로써 환자의 재현성이 향상되어 보다 정밀하고 정확한 방사선 치료를 구현할 수 있는 것으로 나타났다. 제한점으로는 좌,우 및 상,하를 조절할 수 있는 레버를 stepping motor를 사용하지 않아 아날로그식으로 근무자가 직접 돌려줘야 하는 점은 보완해야 할 것이며, 두경부암 전용 홀더의 제작비용의 한계로 인하여 탄소 소재로 개발하지 못한 점은 수정해야 할 부분이다. 그리고 방사선 종양학과에서 가장 많이 사용하는 장비회사를 대상으로 개발하였으나 다른 모델의 선형가속기인 경우 보완이 필요한 부분도 극복해야 할 사항이다. 그러나 두경부암 전용 방향 조절 장치의 개발 및 특허를 통해 저렴한 비용으로 방사선 치료 시 오차를 줄일 수 있는 장점이 있으므로 모든 치료기 장치에 적용하기 위해서는 본 연구 결과를 활용하여 지속적인 연구가 필요하다고 할 수 있다. 방사선 치료 장비는 한 번 구매하면 장기간 사용한다는 관점에서 볼 때 두경부암 방향 조절 장치의 개발은 현재 치료 테이블의 좌,우,상,하의 조절이 불가능한 선형 가속기의 장비를 최신의 장비와 동일한 방법으로 치료함으로써 환자의 자세 오차를 줄여줌으로써 환자의 재현성이 향상되어 보다 정밀하고 정확한 방사선 치료를 구현하여 일반적인 선형가속기를 사용하여 두경부암 환자의 방사선 치료를 실시하는 경우 adaptive 방사선 치료를 실현할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Zheng Chang, Zhiheng Wang "6D image guidance for spinal non-invasive stereotactic body radiation therapy: Comparison between ExacTrac X-ray 6D with KV CBCT" *Radiotherapy and Oncology*, 2010;1:116-121
2. Barker JL, Jr, Garden AS. "Quantification of volumetric and geometric changes occurring during fractionated radiotherapy for head- and neck cancer using an integrated CT/linear accelerator system" *Radiation Oncology Biol. Physics*, 2004;95:960-970
3. Zambon F, Hasselberg M, "Socioeconomic difference and motorcycle injuries: age at risk and injury severity among young drivers. A Swedish nationwide cohort study" *Accid Anal Prev*, 2006;38:1183-9
4. Jaffray DA, Siewerdsen JH, "Flat-panel cone-beam computed tomography for image-guided radiation therapy" *Radiation Oncology Biol. Physics*, 2002;53:1337-1349
5. Pouliot J, Bani-Hashemi A, "Low-dose megavoltage cone-beam CT for radiation therapy" *Radiation Oncology Biol. Physics*, 2005;61:552-560
6. Van Herk M. "Different styles of image-guided radiotherapy" *Seminar Radiation Oncology*, 2007;17:258-267
7. Thomas CW, Nichol AM, "An Anthropomorphic phantom study of visualisation of surgical clips for partial breast irradiation (PBI) setup verification" *Radiation Oncology*, 2009;90:56-59
8. Van Herk M, Remeijer P, "The probability of correct target dosage: dose population histograms for deriving treatment margins in radiotherapy" *Radiation Oncology, Biol Physics*, 2000;47:1121-1135
9. Mckenzie A, Van Herk M, "For geometrical uncertainties around organ at risk" *Radiotherapy Oncology*, 2002;62:299-307
10. Astreinidou E, Raaijmakers C, "Adequate margins for random setup uncertainties in H&N IMRT" *Radiation Oncology Biol Physics*, 2005;61:938-944
11. Manning MA, Wu Q. "The effect of setup uncertainty on normal tissue sparing with IMRT for head-and-neck

- cancer” *Radiation Oncology Biol Physics*,2001;51: 1400-1409
12. Height R, Khoo V. “The dosimetric consequences of anatomic changes in head and neck radiotherapy patients” *Med Imaging Radiation Oncology*, 2010;54:497-504
 13. Loo H, Fairfoul J, “Tumour shrinkage and contour change during radiotherapy increase the dose to organs at risk but not the target volumes for head and neck cancer patients treated on the TomoTherapy HiArt™ System” *Clinical Oncology*, 2011;23:40-47
 14. Purdy JA. “ Dose-volume specification: New challenges with intensity-modulated radiation therapy ” *Seminar Radiation Oncology*, 2002;12:199-209
 15. Purdy JA. “Future directions in 3-D treatment planning and delivery:A physicist’ s perspective” *Radiation Oncology Biol Physics*, 2000;46:3-6
 16. Rabinowitz I, Broomberg J “Accuracy of radiation field alignment in clinical practice” *Radiation Oncology Biol Physics*, 1985;11:1857-1867
 17. Menke M, Hirschfeld F “ Photogrammetric accuracy measurements of head holder systems used for fractionated radiotherapy” *Radiation Oncology Biol Physics*, 1994;29:1147-1155
 18. Xing L, Lin ZX. “Dosimetric effects of patient displacement and collimator and gantry angle misalignment on intensity modulated radiation therapy” *Radiother Oncology*, 2000;56:97-108
 19. Wu Q, Chi Y. “Adaptive replanning strategies accounting for shrinkage in head and neck IMRT” *Radiation Oncology Biol Physics*, 2009;45:924-932

Abstract

Development of Adjustable Head holder Couch in H&N Cancer Radiation Therapy

Department of Radiation Oncology, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul.

Shim JaeGoo, Song KiWon, Kim JinMan, Park MyoungHwan

In case of all patients who receive radiation therapy, a treatment plan is established and all steps of treatment are planned in the same geometrical condition. In case of head and neck cancer patients who undergo simulated treatment through computed tomography (CT), patients are fixed onto a table for planning, but laid on the top of the treatment table in the radiation therapy room. This study excogitated and fabricated an adjustable holder for head and neck cancer patients to fix patient's position and geometrical discrepancies when performing radiation therapy on head and neck cancer patients, and compared the error before and after adjusting the position of patients due to difference in weight to evaluate the correlation between patients' weight and range of error. Computed tomography system(High Advantage, GE, USA) is used for phantom to maintain the supine position to acquire the images of the therapy site for IMRT. IMRT 4MV X-rays was used by applying the LINAC(21EX, Varian, U.S.A). Treatment planning system (Pinnacle ,ver. 9.1h, Philips, Madison, USA) was used. The setup accuracy was compared with each measurement was repeated five times for each weight (0, 15, and 30Kg) and CBCT was performed 30 times to find the mean and standard deviation of errors before and after the adjustment of each weight. SPSS ver.19.0(SPSS Inc., Chicago, IL,USA) statistics program was used to perform the Wilcoxon Rank test for significance evaluation and the Spearman analysis was used as the tool to analyze the significance evaluation of the correlation of weight. As a result of measuring the error values from CBCT before and after adjusting the position due to the weight difference, X,Y,Z axis was $0.4\pm 0.8\text{mm}$, $0.8\pm 0.4\text{mm}$, 0 for 0Kg before the adjustment.

In 15Kg CBCT before and after adjusting the position due to the weight difference, X,Y,Z axis was $0.2\pm 0.8\text{mm}$, $1.2\pm 0.4\text{mm}$, $2.0\pm 0.4\text{mm}$. After adjusting position was X,Y,Z axis was $0.2\pm 0.4\text{mm}$, $0.4\pm 0.5\text{mm}$, $0.4\pm 0.5\text{mm}$. In 30Kg CBCT before and after adjusting the position due to the weight difference, X,Y,Z axis was $0.8\pm 0.4\text{mm}$, $2.4\pm 0.5\text{mm}$, $4.4\pm 0.8\text{mm}$. After adjusting position was X,Y,Z axis was $0.6\pm 0.5\text{mm}$, $1.0\pm 0\text{mm}$, $0.6\pm 0.5\text{mm}$. When the holder for the head and neck cancer was used to adjust the above error value, the error values from CBCT were $0.2\pm 0.8\text{mm}$ for the X axis, $0.40\pm 0.54\text{mm}$ for Y axis, and 0 for Z axis. As a result of statistically analyzing each value before and after the adjustment the value was significant with $p < 0.034$ at the Z axis with 15Kg of weight and with $p < 0.038$ and $p < 0.041$ at the Y and Z axes respectively with 30Kg of weight. There was a significant difference with $p < 0.008$ when the analysis was performed through Kruskal-Wallis in terms of the difference in the adjusted values of the three weight groups. As it could reduce the errors, patients' reproduction could be improved for more precise and accurate radiation therapy. Development of an adjustable device for head and neck cancer patients is significant because it improves the reproduction of existing equipment by reducing the errors in patients' position.

Keyword : Radiotherapy, H&N Ca., CBCT