

뇌·두경부 방사선치료 시 전자조사문영상장치를 이용한 세트업 오차 확인에서 제2경추 치상돌기 위치의 임상적 의의

부산대학교 의학전문대학원 방사선종양학교실

김동현·김원택·기용간·남지호·이미란·전호상·박 달·김동원

목적: 뇌·두경부 종양의 방사선치료에서 전자조사문영상장치(electronic portal imaging device)를 이용한 조사문 영상에서 제2경추 치상돌기(dens)의 좌우 위치변화를 측정하고 이것이 치료에 미치는 임상적 의의에 대해 알아보 고자 하였다.

대상 및 방법: 2009년 1월 1일부터 2010년 6월 30일까지 뇌·두경부 종양으로 해당 부위에 3차원 입체조형방사선 치료 또는 세기조절방사선치료를 받았던 21명의 환자를 대상으로 하였다. 모의치료 시 획득한 디지털재구성사진과 방사선치료 기간 중 정기적으로 촬영한 전면 조사문영상에서 코중격과 치상돌기의 X축 방향에서 위치오차를 측정 하였다. 또한 방사선치료 계획용 프로그램을 이용하여 위치오차가 발생하였을 때, 주변 정상 장기 및 치료 표적의 선량 분포에 미치는 영향을 알아보았다.

결과: 총 확인한 조사문 영상은 400개였다. 평균 위치오차는 절대값으로 측정하였을 때 코중격에서 0.16 mm, 치 상돌기에서 0.33 mm였다. 3 mm 이상 오차를 보인 경우가 코중격에서는 43번(10.7%), 치상돌기에서는 133번 (33.1%)이었고, 5 mm 이상 오차를 보인 경우는 코중격에서는 없었으나 치상돌기에서는 11번(2.7%) 확인되었다. 5 mm 이상 dens의 위치오차가 발생한 경우를 방사선치료 계획용 프로그램을 이용하여 재현해 보았을 때, 임상표 적체적의 선량조사 감소(V95: 100%→87.2%), 척수의 과도한 선량 조사가 이루어지는 것으로 나타났다(V45: <0.1%→12.6%).

결론: 뇌·두경부의 방사선조사 시에 전자조사문영상장치를 이용하여 일부 환자들에서 치상돌기 오차를 비교적 쉽게 발견할 수 있는데, 코(얼굴의 앞면) 부분이 잘 맞더라도 5 mm 이상의 치상돌기 위치 오차가 발생할 수 있으 므로 주의가 필요하겠다.

핵심용어: 방사선치료, 전자조사문영상장치, 세트업 오차, 치상돌기, 두경부

서 론

방사선치료에서는 정확한 환자 자세의 유지가 매우 중 요하다. 환자의 자세 유지에서 오차가 발생할 경우, 치료 표적에 충분한 처방선량이 조사되지 않아 국소 재발률이 증가할 수 있으며, 주변 정상조직에 과도한 방사선피폭을 유발하여 부작용이 증가하게 된다. 상기의 문제는 뇌간 (brainstem), 시신경교차점(optic chiasm), 척수(spinal cord) 등 중요 정상기관이 표적과 근접해 있으면서 계획용표적체적

의 여유마진이 작은 뇌·두경부 종양 환자의 방사선치료 에서 더욱 중요하다. 특히 고도의 치료 정밀도를 요구하는 세기조절방사선치료(intensity modulated radiation therapy)나 정위방사선치료(stereotactic radiotherapy)를 행하는 경우엔 더 민감한 문제가 된다.¹⁾

이러한 문제점들을 최소화하기 위해 다양한 환자 고정 용 도구들이 뇌·두경부 종양의 방사선치료에 사용되고 있 으며, 일반적인 경우 열가소성 마스크(thermoplastic mask)를 이용하여 환자를 고정하게 된다. 치료 시 얻은 조사문영상 (portal image)과 모의치료 시 얻은 디지털재구성사진(di- gitaly reconstructed radiograph)과의 비교를 통해서 세트업 (set-up)의 정확도를 확인하는데, 일반적으로 전면(전후) 영 상에서 좌우(x-축) 및 상하(z-축)의 오차를, 측면 영상에서 상하(z-축) 및 깊이(두께, y-축)의 오차를 측정하게 된다. 뇌·두경부 종양의 방사선치료에서 열가소성 마스크를 사

이 논문은 2011년 3월 24일 접수하여 2011년 5월 20일 채택되었음.
책임저자: 김원택, 부산대학교 의학전문대학원 방사선종양학교실
Tel: 051)240-7383, Fax: 051)248-5747
E-mail: rokwt@hanmail.net
이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되 었음.

용하였을 때 일반적 위치오차의 범위는 2~5 mm로 보고되고 있다.²⁾

전면영상에서의 세트업 오차를 확인하기 위해 조사문영상과 디지털재구성사진을 비교할 때에는 보통 선명하게 보이는 코중격(nasal septum), 코능선(nasal crest), 볏돌기(crista galli), 안구뼈(orbital bone), 광대뼈(zygomatic bone), 이마굴(frontal sinus), 아래턱뼈(mandible), 치아(teeth), 척추의 가시돌기(spinous process) 등을 기준으로 삼는다.³⁾ 하지만 이런 경우 비교하는 구조물이 대부분 앞쪽(얼굴의 앞쪽 부근)에 위치하기 때문에 뒤쪽 구조물의 변화를 간과할 수 있다는 단점이 있다. 특히 앞쪽은 열가소성 마스크의 요철에 잘 들어맞아 움직임이 비교적 크지 않으나, 뒤통수(후두부, occipital area) 부분은 회전 움직임이 발생하여, 인두부 또는 후두부의 치료표적이나 뇌간, 척수 등에 과도하게 방사선이 조사될 위험이 있다. 따라서 중간 또는 뒤쪽에 위치한 구조물의 세트업 오차도 정확히 측정할 필요가 있으나, 전면 조사문영상에서 관찰이 용이한 중간 또는 뒤쪽 구조물을 찾기는 쉽지 않다. 비교적 정밀한 디지털재구성 사진을 얻는다고 하더라도 고에너지(megavoltage) 선형가속기에 부착된 전자조사문영상장치(electronic portal imaging device, EPID)로 촬영된 조사문영상의 화질 자체가 떨어지는 것과 구조물의 겹침으로 인해 전면 영상에서 뒤쪽 구조물들을 세밀하게 구분하기가 쉽지 않은 것이 그 이유라고 할 수 있다.⁴⁾

이런 상황에서, 제2경추(중뇌, axis)의 치상돌기(dens)는 비교적 뒤쪽에 위치하며 일부 구강 내 스텐트(intraoral stent)를 사용하여 입을 벌린 환자들의 전면 영상에서 좌우의 경계면이 명확히 보여서 좌우 오차를 측정하는 데에 이용될 수 있다. 측정된 치상돌기의 위치오차는 전면조사문영상에서 간과하기 쉬운 후면부의 회전 또는 좌우 오차를 확인하는데 도움이 될 수 있다. 저자들은 이번 연구에서, 뇌·두경부 종양 환자의 방사선치료에서 전자조사문영상장치를 이용하여 촬영된 전면 조사문영상들을 재검토하여 제2경추 치상돌기의 좌우 위치변화를 측정하였다. 그리고 이 자료를 분석하여 치료과정 중 발생할 수 있는 정면 조사야에서의 세트업 오차를 평가하고, 이것의 임상적 의의에 대해 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

2009년 1월 1일부터 2010년 6월 30일까지 뇌·두경부 종양으로 해당 부위에 3차원 입체조형방사선치료(3D-conformal radiation therapy) 또는 세기조절방사선치료를 받았던 환자

들의 진료 및 방사선치료 관련 기록을 후향적으로 분석하였다. 대상 환자 86명 중 치상돌기와 비교적 인접한 코인두(nasopharynx), 코의 뒤쪽, 뇌간, 후두엽, 소뇌, 뇌하수체 등의 부위가 원발 부위이면서 전면 조사문영상에서 제2경추 치상돌기의 확인이 용이했던 21명의 환자를 최종 연구 대상에 포함하였다. 고식적 목적으로 15회 미만의 횡수로 방사선치료를 받았던 경우, 2문 대항 조사로 치료를 받다가 치료 후반부에 추가 조사 목적으로 3차원-입체조형 또는 세기조절방사선치료를 받은 경우는 제외하였다.

정밀한 방사선조사를 위한 환자 고정장치로, 연구대상 환자 모두에서, 두경부용 바닥판(base plate, Uniframe, Civco Medical Solutions, Kalona, IA, USA) 및 열가소성 마스크(thermoplastic mask)를 이용하였고, 머리, 목, 그리고 어깨 등의 자세유지를 위하여 Silverman headrest (Civco Medical Solutions, Orange City, IA, USA), Alpha cradle (Smithers Medical Products, Akron, OH, USA)을 사용하였다. 또한 입벌림 목적 또는 열가소성 마스크의 위치 고정력 증가를 위하여 마우스피스(mouthpiece) 형태의 구강 내 스텐트(intraoral stent)를 추가하였다.

방사선조사에는 6 megavoltage (MV) 선형가속기(Clinac 21EX, Varian Medical Systems, Palo Alto, CA, USA)를 이용하였고, 치료 시 조사문영상은 선형가속기에 부착되어 있는 전자조사문영상장치(Portal Vision aS500, Varian Medical Systems)를 통해 얻었다. 각 조사면 마다 조사문영상을 얻는데 분당 100 monitor units (MU)로 4~6 MU가 조사되었다. 방사선조사 시의 조사문영상은 1~5회/주 촬영하는 것을 원칙으로 하였고, 세트업 오차가 3 mm 이상인 경우에는 세트업을 다시하고 재촬영을 하였다. 재촬영한 조사문영상은 이번 분석에서 제외하였다.

모든 환자에서 전산화단층촬영 모의치료기(computed tomographic simulator)로 치료설계에 이용할 기본 영상자료를 얻은 후, 이미지 당 2 mm 간격으로 추가 영상을 얻어 이것을 디지털재구성사진으로 변환하여 전면 및 측면 참고영상으로 삼았다. 디지털재구성사진과 치료 시 조사문영상의 비교를 위하여 치료검증용 소프트웨어(Vision, Varian Medical Systems)를 이용하였는데, 조사문영상에서 뼈 부분이 좀 더 선명하게 보이도록 필터 조정과 명암증강 과정을 거쳤다.

치료검증 소프트웨어에 자동 이미지 융합 기능이 없는 관계로 디지털재구성사진과 조사문영상에서 명확히 확인이 가능한 해부학적 구조물을 이용하여 세트업 오차를 측정하였다. 전면 영상에서 얼굴 앞쪽(표면) 부분의 세트업 오차를 확인하기 위해, 조사문영상과 디지털재구성사진에

서의 치료 중심점(isocenter)으로부터 코중격(또는 코능선)까지의 X축 거리를 측정하였고, 치상돌기의 위치확인을 위해서는 치료 중심점으로부터 치상돌기 하연 중간지점까지의 X축 거리를 측정하였다(Fig. 1). 치료 중심점을 경계로 우측을 양성, 좌측을 음성으로 기록하였고, 코중격 및 치상돌기의 위치오차는 치료검증용 소프트웨어에서 마우스를 이용하여 포인트간의 거리를 측정할 때 밀리미터 단

위로 소수점 두 자리까지 표시가 되어 이를 소수점 한자리로 반올림하였다. 오차에 대하여 일관된 기준을 적용하고 관찰자간의 변이를 없애기 위해 한명의 방사선종양학과 의사가 모든 조사문영상에서 위치오차를 측정하였다.

오차의 표현을 위해, 체계적 오차(systemic error)는 전체 치료기간 중 발생한 오차의 평균으로, 무작위 오차(random error)는 각 측정마다 발생한 평균으로부터의 표준오차

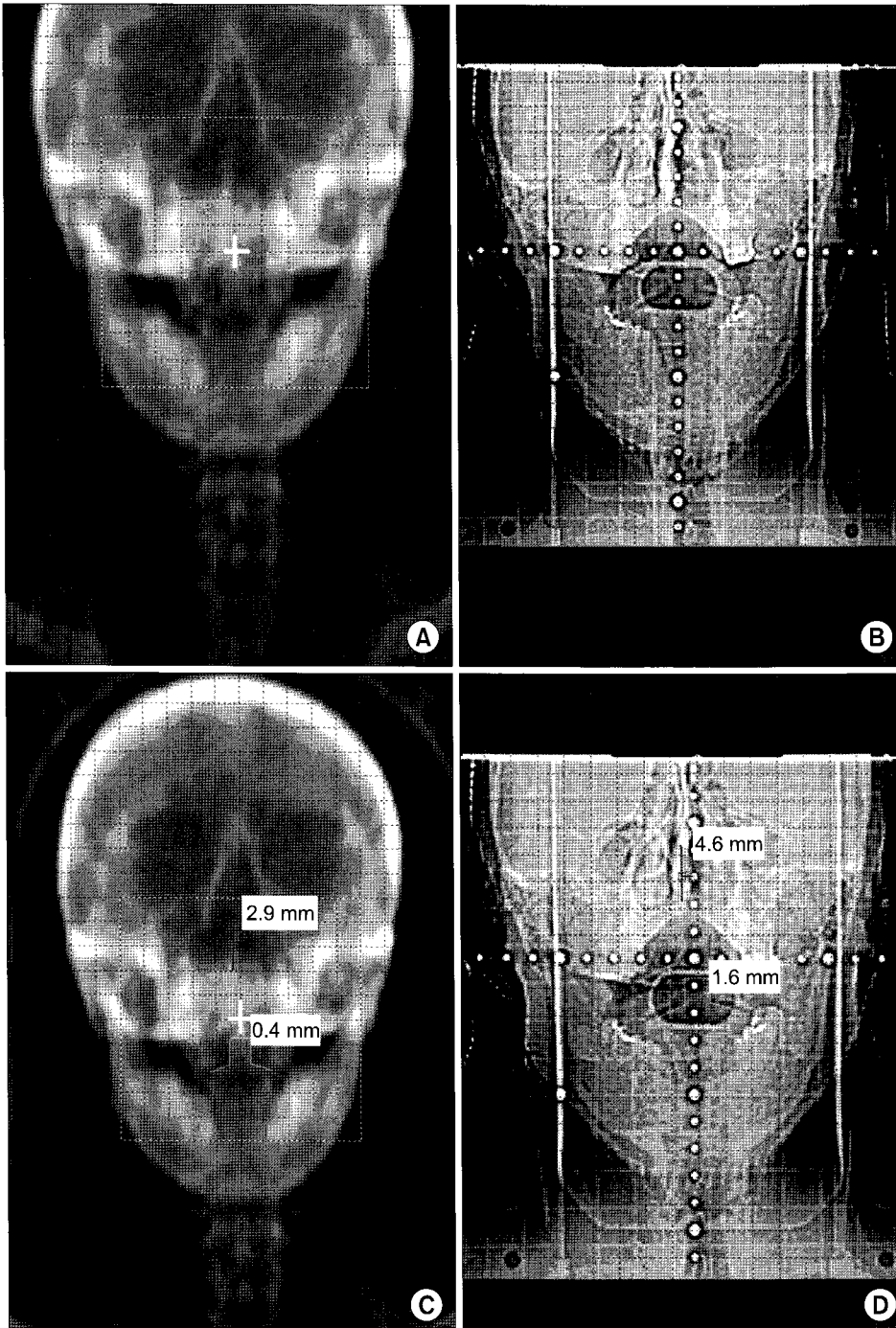


Fig. 1. A digitally reconstructed radiograph (A, C) that was taken at the time of simulation and this was used as a reference image. A portal image (B, D) that was taken just before delivery of radiation therapy. Distance from each anatomic point to y-axis is displayed. The location error on the x-axis of the dens (lower) is 1.2 mm and that of the nasal septum (upper) is 1.7 mm in absolute value.

(standard deviation)로 각각 정의하였다.⁹⁾

또한 코중격과 치상돌기 각각에서의 위치오차 정도를 평가하기 위해 오차의 좌우측 방향과 상관없이 절대값 기준으로 오차 크기별(3 mm, 5 mm 이상) 빈도를 비교해 보았다. 코중격의 위치오차가 크지 않은 경우에서 치상돌기 위치오차의 정도를 이차적으로 평가하기 위해 코중격의 오차가 절대값으로 2 mm 이내인 경우에서 치상돌기의 절대값 기준으로 측정된 오차를 분석해 보았다.

치상돌기 위치오차의 임상적 영향을 간략히 알아보기 위해, 치료계획용 프로그램(Eclipse, Varian Medical Systems)을 이용하여 좌측 편도암으로 세기조절방사선치료를 받은 환자의 전산화단층촬영 모의치료 영상을 회전시켜 5 mm의

치상돌기 위치오차가 발생한 상황과 비슷하게 재구성해 보았다. 이러한 세트업 오차 상황에서 기존 치료 계획대로 방사선이 조사 되었을 때의 선량 분포에 어떤 변화가 있는지를 임상표적체적(clinical target volume) 및 척수의 선량체적히스토그램 수치를 통해 비교해 보았다.

통계학적 분석은 SPSS ver. 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였으며, 치료방법, 성별에 따른 오차의 통계학적 차이를 분석하는 데는 독립표본 T검정(student t-test)을 이용하였다. 연령과 오차와의 상관관계 여부는 Pearson 상관계수를 이용하여 유의확률(p-value)이 0.05 이하인 경우를 유의하게 판정하였다.

결 과

이번 연구대상이 되었던 21명의 환자 특성은 Table 1과 같다. 치료기간은 20~53일(평균, 46.2일)이었고, 방사선조사선량은 40~70 Gy (중간값, 60 Gy), 일회 방사선량은 1.8~2.5 Gy (중간값, 2.0 Gy)였다. 세트업 오차 측정을 위해 확인한 전면 조사문 영상은 총 402개였다.

코중격 및 치상돌기에서 각각 측정된 위치오차는 Fig. 2와 같다. 코중격의 좌우 방향 위치오차는 평균 0.18 mm (-4.6 mm~4.9 mm), 치상돌기의 좌우 방향 위치오차는 평균 0.16 mm (-5.7 mm~6.1 mm)였고, 두 군 간의 통계적인 유의한 차이는 없었다(p=0.556). 절대값으로 위치오차를 분석하였을 때는, 평균 위치오차가 코중격에서는 0.16 mm, 치상돌기는 0.33 mm였다. 무작위 오차는 코중격에서 1.95 mm, 치상돌기에서 2.67 mm였다.

3 mm 이상 위치오차를 보인 경우가 치상돌기 위치 확인의 경우 133번(33.1%), 코중격 위치 확인의 경우 43번

Table 1. Characteristics of Patients (n=21)

Characteristics	No. of patients (portal images)
Age (yr)	16~80 (median age, 62)
Male/female	14/7
Treatment technique	
3D-conformal radiation therapy	11 (61)
Intensity modulated radiation therapy	10 (34)
Site of tumor	
Nasopharynx	4 (112)
Brainstem	3 (52)
Occipital lobe	3 (43)
Nasal cavity	2 (69)
Oropharynx	2 (50)
Pituitary gland	2 (35)
Temporal lobe	2 (26)
Frontal lobe	1 (6)
Cerebellum	1 (5)
C2 spine body	1 (4)

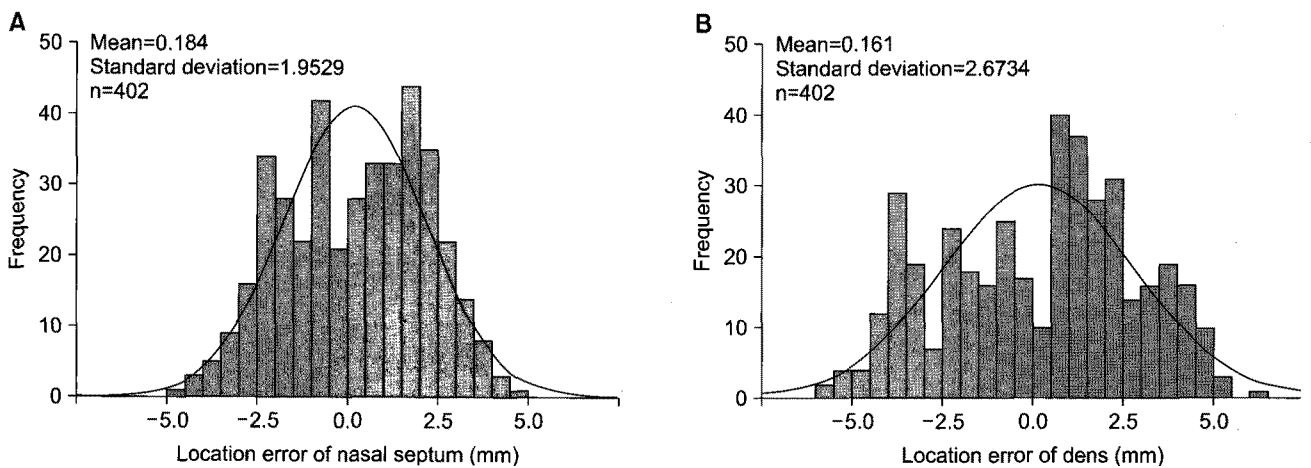


Fig. 2. Distribution of location errors on the x-axis from the point of the nasal septum (A) and from the point of the dens (B).

(10.7%)이었고 5 mm 이상의 위치오차를 보이는 경우는 치상돌기 확인에서는 11번(2.7%)이 있었으나 코중격의 위치 측정에서는 없었다. 아울러 5 mm 이상의 치상돌기 위치오차를 보인 11번의 경우 중 코중격에서 3 mm 이상의 위치오차가 발생한 경우는 없었다. 코중격의 위치오차가 2 mm 이내로 비교적 잘 맞는 359개의 조사문영상 중 113개의 조사문영상에서 치상돌기 위치 확인 상 2 mm 이상의 오차를 확인할 수 있었다. 치상돌기에서 발생한 최대 위치오차는 6.1 mm였다(Fig. 3).

5 mm 이상 치상돌기의 위치오차가 발생한 경우를 방사선치료 계획용 프로그램을 이용하여 재현해 보았을 때, 모의치료설계와 비교하여 임상표적체적의 선량조사 감소(V95: 100%→87.2%, V90: 100%→91.1%) 및 척수의 과도한 선량 조사가(V45: <0.1%→12.6±4.7%) 이루어지는 것으로 나타났다.

방사선치료 방법에 따른 치상돌기의 위치오차를 비교해 보았으나 입체조형방사선치료 0.17±3.50 mm, 세기조절방사선치료 0.40±2.76 mm로 두 군 간의 의미 있는 차이를 발견할 수 없었다(p=0.609). 성별에 따른 치상돌기의 위치오차 또한 남성 0.31±2.81 mm, 여성 0.57±3.31 mm으로 두 군 간의 의미 있는 차이는 없었다(p=0.519). 연령과 치상돌기의 오차와의 상관관계 여부에 대하여 단순상관분석을 하였고 상관계수(γ)=0.03, 유의확률(p)=0.14로 상관성을 보이지 않았다.

고안 및 결론

뇌·두경부 방사선치료 시 현재 널리 사용되는 열가소성 두경부 마스크를 이용하여 환자를 고정하는 경우, 일반적으로 연구자들은 체계적 오차 및 무작위 오차를 각각 3 mm 이내로 보고하고 있으며, 2 mm 이내의 오차 유지를 이상적으로 생각한다.⁶⁾ 따라서 치료 설계시에는 3~5 mm의 여유 경계를 주고 계획용표적체적을 설정하게 된다.

이번 연구에서는 전면 조사문영상의 X축(좌우)에서 발생한 체계적 오차 및 무작위 오차가 코중격 0.18±1.95 mm, 치상돌기 0.16±2.67 mm로 이전 연구들의 보고와 큰 차이를 보이지는 않았다.⁷⁾ 하지만 치상돌기 위치 확인의 경우 오차가 3 mm와 5 mm를 초과한 경우가 전체 조사문영상 중 각각 33.1%, 2.7%로 많은 비중을 보였다. 특히 코중격이 2 mm 이내로 잘 맞는 359개의 조사문영상에서 치상돌기의 위치 확인 시 2 mm 이상 오차를 보인 경우가 113번(31.5%) 측정되었다. 이러한 결과는 두경부의 후면(뒤통수)에서 회전이동이 발생하여 전면부에 비해 비교적 큰 위치오차가 발생할 수도 있음을 보여준다고 생각된다. 이처럼 3 mm 또는 5 mm를 초과하는 세트업 오차가 전체 치료 기간 중 자주 발생하게 된다면 치료계획용 프로그램을 이용한 모의 설계에서 알 수 있듯이 치료 결과에는 악영향을 끼치게 된다. 치상돌기의 5 mm 오차 발생을 가정한 이번

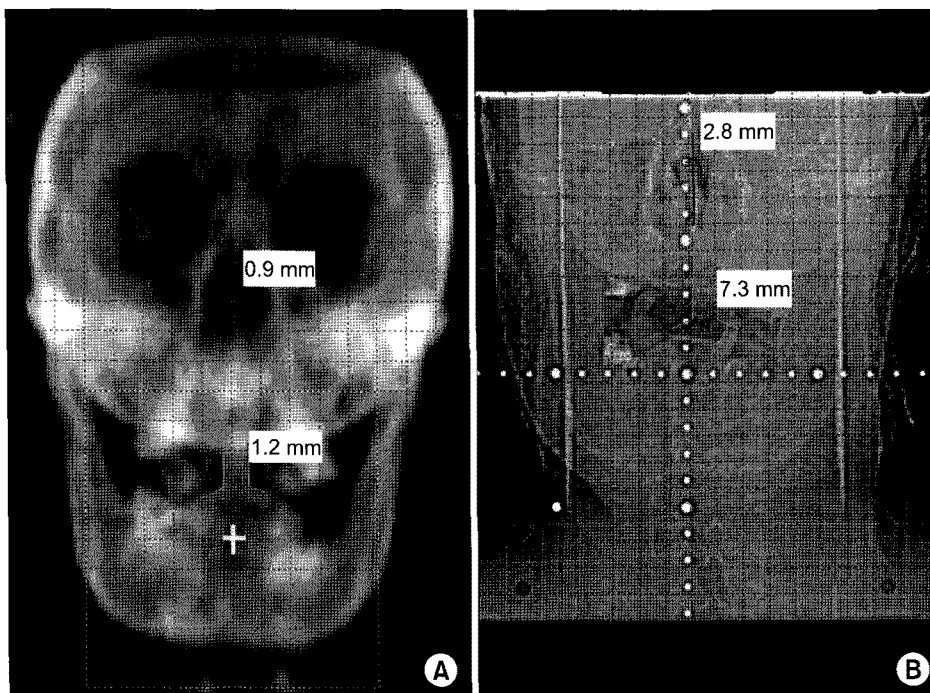


Fig. 3. Example of location error of the dens between simulation and treatment. A digitally reconstructed radiograph (A) and a portal image (B) of a 61-year old male patient with a left tonsillar cancer. The location error on the x-axis of the dens (lower) is 6.1 mm and that of the nasal septum (upper) is 1.9 mm in absolute value.

연구의 치료설계 상의 비교에는 다소 무리가 있을 수 있고 일부 과장되었다고 할 수 있겠으나, 치상돌기 위치오차의 임상적 의의를 단순하게 잘 보여주고 있다고 하겠다.

특히, 세기조절방사선치료나 정위방사선치료와 같이 복잡한 모양의 표적용적과 수 mm 간격의 차이에 급격한 선량의 변화가 발생하는 경우나, 경추 주변에 위치한 종양 예를 들면, 비인두암, 후인두벽 종양, 척삭종(chordoma), 뇌줄기신경교종(brainstem glioma) 등의 경우에는 종양제어를 감소시킬 수 있을 뿐 아니라 척수, 뇌간, 시신경교차점, 시상하부나 뇌하수체 등과 같은 중요한 정상조직에 합병증 발생률을 증가시킬 수 있다.^{8,9)}

Polat 등¹⁰⁾은 원뿔형 전산화단층촬영(cone beam CT)을 이용한 두경부 방사선치료 환자의 세트업 확인에서 두개골과 아래턱뼈의 위치 변화가 상대적으로 크며, 상부경추(경추1~3번)는 회전에 따른 움직임이 비교적 많다고 보고하였다. 이번 연구에서도 제2경추 치상돌기의 회전에 따른 위치변화가 얼굴 전면부의 위치변화보다 더 자주 발생하는 양상을 확인할 수 있었다. 이것은 정밀 방사선조사 시 주로 앞쪽에 위치한 구조물만을 세트업 과정에서 맞추어 보기 때문에 중간 또는 뒤쪽에서 발생하는 위치 오차를 소홀히 할 수도 있다는 점에서 매우 중요한 의미를 갖는다고 하겠다. 그렇지만 고에너지 조사문영상(megavoltage portal image)을 이용하여 2차원적인(전면 및 측면 영상 비교) 세트업 검증을 하는 경우, 중간 또는 뒤쪽의 위치 오차를 동시에 파악하기란 쉽지가 않다. 이러한 상황에서, 전면 조사문영상에서의 제2경추 치상돌기의 X축에서의 위치 확인은 간단하면서도 유용하게 뒤쪽 부위의 위치오차를 파악하는데 도움이 될 수 있다.

저자들의 연구에서 아쉬웠던 점은, 조사문영상과 디지털 재구성사진을 비교하는데 사용한 소프트웨어의 기능적 제한(automatic anatomy matching, image fusion 등) 때문에 관찰자의 측정과정에서 오차가 발생할 위험성을 내포하고 있었다는 것이다.¹¹⁾ 또한 고에너지 조사문영상을 통한 해부학적 위치 파악이라는 하드웨어적 한계 때문에 일반 저에너지 X-선 영상(kilovoltage image)에 비하여 코중격 및 코능선 등의 해부학적 구조물의 명확한 경계확인이 힘들었다는 것도 하나의 제한점이라고 할 수 있다. 하지만 연구대상이었던 모든 환자에서 구강내 스탠트를 사용하여 입이 벌어지게 함으로써 전면 조사문영상에서 치상돌기를 비교적 명확하게 확인할 수 있었다. 또한 모의치료 과정에서 전산화단층 영상을 2 mm 간격으로 획득하여 이를 디지털재구성영상으로 사용하여, 방사선조사 시에 촬영한 조사면영상과 비교 시에 구조물의 위치선정 및 오차 측정에서

비교적 명확한 근거 자료로 활용할 수 있었다. 세트업 오차를 측정하는 데에 있어서 한명의 측정자가 모든 오차를 측정하는 방법을 사용하였는데, 이는 고에너지 조사문영상에서 관찰자내에서는 변이가 대부분 1 mm 이내이지만, 관찰자간에서는 1~2 mm의 변이가 발생한다는 Pisani 등¹²⁾의 보고에 따른 것이었다.

뇌·두경부의 방사선치료 시에 정밀한 위치 검증을 위하여 방사선조사 전 일반 저에너지 X-선 영상을 이용하여 좀 더 명확한 해상도의 조사문영상을 얻는 것이 도움이 될 것이다. 더 나아가서는 원뿔형빔 전산화단층촬영과 같은 영상유도방사선치료 방법을 이용하여 3차원적 영상을 얻어 이를 모의치료영상과 비교하여 정확한 위치를 보정하는 것이 더욱 안전한 방법이라고 할 수 있겠다.¹³⁾ 아울러 뇌·두경부 종양 환자의 방사선치료 시에 후면부위의 회전이 발생하지 않도록 다양한 자세 교정 도구 또는 방법의 개발도 필요할 것으로 생각된다.

이번 연구의 결과는 전면 조사문 영상에서 제2경추 치상돌기의 상하 경계면은 명확히 보이는 경우가 드물어 비교적 명확하게 위치 확인이 가능한 X축 위치만 측정하였고, 측면 조사문 영상에서는 제2경추 치상돌기의 회전 움직임을 파악하기 어려워 평가를 하지 않은 관계로 전반적인 뇌·두경부 종양 환자에서의 위치 오차를 보여주는 못하였다. 또한 조사문영상에서 치상돌기가 비교적 잘 보이는 일부 환자들의 경우들에서의 자료이므로 모든 환자에게 적용되지 않을 수도 있다. 하지만 뇌·두경부 방사선치료의 세트업 과정에서 간과될 수 있는 후방부위 위치 변화 확인의 중요성을 입증할 수 있었고, 특히 아직 저에너지 X-선 영상자료나 원뿔형빔 전산화단층촬영 등을 이용한 치료 검증 시스템이 구비되지 않은 많은 방사선치료 기관에서는, 고에너지 전자조사문영상장치를 이용한 2차원 조사문영상을 확인하는 과정에서, 일부 환자들의 경우 치상돌기의 위치 확인을 비교적 손쉽게 할 수 있으며, 이를 통해 후면부의 세트업 오차 정도를 유추하는데 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Chao KS, Wippold FJ, Ozyigit G, Tran BN, Dempsey JF. Determination and delineation of nodal target volumes for head-and-neck cancer based on patterns of failure in patients receiving definitive and postoperative IMRT. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002;53:1174-1184
2. Hong TS, Tome WA, Chappell RJ, Chinnaiyan P, Mehta MP, Harari PM. The impact of daily setup variations

- on head-and-neck intensity-modulated radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;61:779-788
3. **Birkner M, Thorwarth D, Poser A, Ammazalorso F, Alber M.** Analysis of the rigid and deformable component of setup inaccuracies on portal images in head and neck radiotherapy. *Phys Med Biol* 2007;52:5721-5733
 4. **Zhang L, Garden AS, Lo J, et al.** Multiple regions-of-interest analysis of setup uncertainties for head-and-neck cancer radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006;64:1559-1569
 5. **Guckenberger M, Meyer J, Vordermark D, Baier K, Wilbert J, Flentje M.** Magnitude and clinical relevance of translational and rotational patient setup errors: a cone-beam CT study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006;65:934-942
 6. **Hurkmans CW, Remeijer P, Lebesque JV, Mijnheer BJ.** Set-up verification using portal imaging; review of current clinical practice. *Radiother Oncol* 2001;58:105-120
 7. **Humphreys M, Guerrero Urbano MT, Mubata C, et al.** Assessment of a customised immobilisation system for head and neck IMRT using electronic portal imaging. *Radiother Oncol* 2005;77:39-44
 8. **Li H, Zhu XR, Zhang L, et al.** Comparison of 2D radiographic images and 3D cone beam computed tomography for positioning head-and-neck radiotherapy patients. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008;71:916-925
 9. **Goitein M, Busse J.** Immobilization error: some theoretical considerations. *Radiology* 1975;117:407-412
 10. **Polat B, Wilbert J, Baier K, Flentje M, Guckenberger M.** Nonrigid patient setup errors in the head-and-neck region. *Strahlenther Onkol* 2007;183:506-511
 11. **Gupta T, Chopra S, Kadam A, et al.** Assessment of three-dimensional set-up errors in conventional head and neck radiotherapy using electronic portal imaging device. *Radiat Oncol* 2007;2:44
 12. **Pisani L, Lockman D, Jaffray D, Yan D, Martinez A, Wong J.** Setup error in radiotherapy: on-line correction using electronic kilovoltage and megavoltage radiographs. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000;47:825-839
 13. **Bak J, Park SH, Park SW.** A study on the availability of the on-board imager (OBI) and cone-beam CT (CBCT) in the verification of patient set-up. *J Korean Soc Ther Radiol Oncol* 2008;26:118-125

Abstract

Location Error of the Dens in a Two-Dimensional Set-up Verification During Head and Neck Radiotherapy

Dong Hyun Kim, M.D., Won Taek Kim, M.D., Yong Gan Ki, M.D., Ji Ho Nam, M.D.,
Mi Ran Lee, R.T.P., Ho Sang Jeon, Ph.D., Dal Park, Ph.D., and Dong Won Kim, M.D.

Department of Radiation Oncology, Pusan National University School of Medicine, Busan, Korea

Purpose: To assess the degree and clinical impact of location error of the dens on the X-axis during radiotherapy to brain and head and neck tumors.

Materials and Methods: Twenty-one patients with brain tumors or head and neck tumors who received three-dimensional conformal radiation therapy or intensity-modulated radiation therapy from January 2009 to June 2010 were included in this study. In comparison two-dimensional verification portal images with initial simulation images, location error of the nasal septum and the dens on the X-axis was measured. The effect of set-up errors of the dens was simulated in the planning system and analyzed with physical dose parameters.

Results: A total of 402 portal images were reviewed. The mean location error at the nasal septum was 0.16 mm and at the dens was 0.33 mm (absolute value). Location errors of more than 3 mm were recorded in 43 cases (10.7%) at the nasal septum, compared to 133 cases (33.1%) at the dens. There was no case with a location error more than 5 mm at the nasal septum, compared to 11 cases (2.7%) at the dens. In a dosimetric simulation, a location error more than 5 mm at the dens could induce a reduction in the clinical target volume 1 coverage (V95: 100%→87.2%) and overdosing to a critical normal organ (Spinal cord V45: <0.1%→12.6%).

Conclusion: In both brain and head and neck radiotherapy, a relatively larger set-up error was detected at the dens than the nasal septum when using an electronic portal imaging device. Consideration of the location error of the dens is necessary at the time of the precise radiation beam delivery in two-dimensional verification systems.

Key Words: Radiation therapy, Electronic portal imaging device, Set-up error, Dens of the axis, Head and neck