

폐암 환자에서 Electronic Portal Imaging Device를 이용한 자세 오차 및 종양 이동 거리의 객관적 측정

연세대학교 의과대학 치료방사선과학교실, 연세 암센터

김우철 · 정은지 · 이창걸 · 추성실 · 김귀언

= Abstract =

Objective Analysis of the Set-up Error and Tumor Movement in Lung Cancer Patients using Electronic Portal Imaging Device

Woo Cheol Kim, M.D., Eun Ji Chung, M.D., Chang Geol Lee, M.D.
Sung Sil Chu, Ph.D. and Gwi Eon Kim, M.D.

*Department of Radiation Oncology, Yonsei University College of Medicine,
Yonsei Cancer Center, Seoul, Korea*

Purpose : The aim of this study is to investigate the random and systematic errors and tumor movement using electronic portal imaging device in lung cancer patients for the adequate margin in the treatment planning of 3-dimensional conformal therapy.

Material and Methods : The electronic portal imaging device is matrix ion chamber type(Portal Vision, Varian). Ten patients of lung cancer treated with chest irradiation were selected for this study. Patients were treated in the supine position without immobilization device. All treatments were delivered by an 10 MV linear accelerator that had the portal imaging system mounted to its gantry. AP or PA field portal images were only analyzed. Radiation therapy field included the tumor, mediastinum, and supraclavicular lymph nodes. A total of 103 portal images were analyzed for set-up deviation and 10 multiple images were analyzed for tumor movement because of respiration and cardiac motion.

Results : The average values of setup displacements in the x, y direction was 1.41 mm, 1.78 mm, respectively. The standard deviation of systematic component was 4.63 mm, 4.11 mm along the x, y axis, respectively while the random component was 4.17 mm in the x direction and 3.31 mm in the y direction. The average displacement from respiratory movement was 12.2 mm with a standard deviation of 4.03 mm.

Conclusion : The overall set-up displacement includes both random and systematic component and respiratory movement. About 10 mm, 25 mm margins along x, y axis which considered the set-up displacement and tumor movement were required for initial 3-dimensional conformal treatment planning in the lung cancer patients and portal images should be made and analyzed

during first week of treatment, individually.

Key Words : 3-Dimensional conformal radiation therapy, Electronic portal imaging device, Set-up error

서 론

최근 3차원 입체조형 방사선치료가 빠른 속도로 발전하고 있다. 3차원 방사선 치료는 방사선에 의한 정상 조직의 부작용을 최소화하고¹⁾ 종양에만 고선량을 조사하기 위하여 beam's eye view(BEV)를 이용하여 clinical target volume(CTV)에 약간의 여유를 설정하고 정상 조직을 차폐하여 치료를 시행하여 국소 재발을 높이고자 하는 방법이다. 이렇게 3차원 방사선 치료를 시행할 때는 경계 여유(margin)가 작기 때문에 정확성을 요하고 자세 오차나 종양의 움직임이 발생하면 지리적 결손(geographic miss)이 생길 가능성이 종래의 치료법에 비하여 크다. 자세 오차에 의한 지리적 결손은 종양의 국소 제어에 결정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에^{2,3)} 치료계획 시 적절한 경계 여유 범위를 설정하는 것이 중요하고 이를 치료 시 검증하는 것도 중요하다. 특히 폐암 환자의 경우는 호흡에 의하여 표적 체적(target volume)이 상, 하, 좌, 우로 이동되고 심장의 박동에 의하여도 움직이며, 간 종양인 경우도 호흡에 의하여 움직임이 많아 다른 종양에 비하여 경계 여유를 설정하는데 주의를 요한다. 실제로 폐암 환자에서 ultrafast computerized tomography를 이용하여 움직임을 측정할 경우, 중대한 지리적 결손이 15%, 중등도의 지리적 결손이 15%이고 폐문부의 종양도 측면으로 9.2 mm나 움직임이 있다고 한다⁴⁾. 경계 여유를 검증 방법으로 지금까지 시행되고 있는 필름을 이용한 방법은 정량적으로 분석이 어려워 객관성이 적고 치료 종료 후 평가를 시행해야 하는 단점이 있었다. 그러나 최근 개발되어 3차원 입체조형 치료에 실용화되고 있는 Electronic Portal Imaging Device (EPID)는⁵⁾ 환자를 치료하면서 영상을 얻어 검증을 시행하여 즉시 자세 오차를 평가할 수 있고 simulation 필름과의 객관적인 비교도 가능하다는 장점을 가지고 있으며 이를 이용하여 자세 오차나 종양의 움직임을 측정할 결과도 보고되고 있다⁶⁻¹⁰⁾.

본 연구의 목적은 EPID를 이용하여 폐암 환자에서 얻은 검증 영상(verification portal image)을 분석하여 자세 오차와 종양의 움직임 정도를 객관적으로 제시하여 3차원 입체조형치료 계획 시 적절한 경계 여유가

어느 정도인지 알아보려고 하는 것이다.

대상 및 방법

1995년 연세 암센터 치료방사선과에 내원하여 EPID(Portal Vision, matrix ion chamber type)가 장착된 Clinac 2100C/D를 이용하여 치료받은 폐암 환자 10명을 대상으로 하였다. 환자는 수술이 시행되지 않은 환자 5명과 수술 후 방사선 치료를 받은 환자 5명이었다. 수술을 받지 않은 환자는 종양의 움직임이 많은 주변부 종양(peripheral tumor)을 대상으로 하였다. 치료는 10 MV X-ray를 이용하였으며 환자의 치료 계획 시 고정대(immobilization device)는 사용하지 않았다. 방사선 조사야는 종양, 종격동, 쇄골상부 림프절을 포함하였다. 평가는 치료 중 전 후(AP/PA) 조사야(field)에서 얻은 검증 영상만을 사용하였다. 환자 1인당 한 조사야에서 1일 1개의 검증 영상을 얻어 random 오차와 systematic 오차를 구했다. systematic 오차는 한 환자에서의 평균 이동(deviation)으로 하였고, random 오차는 한 환자의 개별적인 이동(individual displacement)에서 평균 이동(systematic 오차)을 뺀 오차로 하였다. 자세 이동은 systematic 과 random 오차를 합한 것으로 하였다. 종양의 움직임은 수술을 받지 않은 주변부 종양 환자 5명을 대상으로 1회 치료 중 중복 검증 영상(multiple image)을 얻어 구했다. 매일 얻은 검증 영상은 103개였고, 중복 영상은 10개이었다. systematic 오차와 random 오차에서 각각 평균과 표준편차를 구하였다.

1. 검증 영상의 평가 방법

1) 먼저 simulation 영상을 카메라로 컴퓨터에 입력하고, 이때 밝기와 확대율을 고려하여 검증 영상을 얻은 후 비교하기 용이하도록 하였다.

2) 검증 영상은 치료 중에 얻었고 필요에 따라 중복 노출(double exposure)을 시행하였다. 이때도 확대율을 고려하여 검파기(detector)를 일정하게 고정시켰다. 방사선 선량은 환자에게 방사선 노출을 고려하여 저선량을 사용했다(10 Gy/min). 그 외 enhancement mode, 영상 획득 시간 등을 고려하여 환자의 자세를 위치시켰다(Fig. 1).

Table 1. Set-up Displacement and Tumor Movement

	average displacement (mm)	Distribution of displacement, 1 SD (mm)	
		systematic	random
x	1.41	4.63	4.17
y	1.78	4.11	3.31

mass near the diaphragm : 5 patients	
average movement(mm)	SD(mm)
12.2	4.03

SD : Standard Deviation

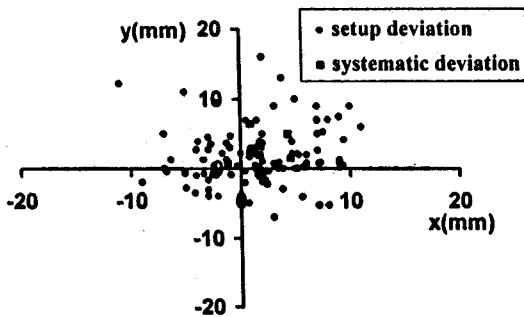


Fig. 5. Scatter plots of setup displacements along the lateral(X), the cranio-caudal(Y) direction in 10 patients with lung cancer. Each big square represents the mean deviation (systematic displacement) in one patients.

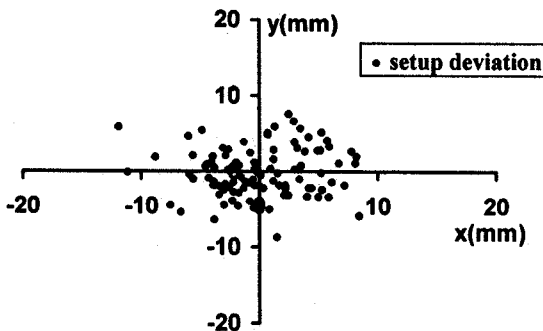


Fig. 6. Scatter plots of setup displacements along the lateral(X), the cranio-caudal(Y) direction in 10 patients with lung cancer. The random displacements were obtained by subtraction of each average displacement from the corresponding individual displacements.

로부터 x 축, y 축으로 표준편차가 각각 4.17 mm, 3.31 mm 이었다. 이들을 산포도로 표시하여 각 환자

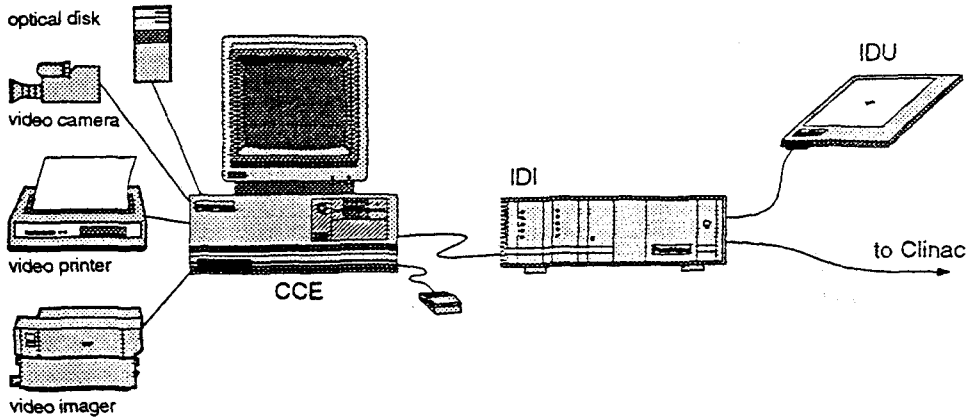
의 x 축과 y 축으로의 자세 이동과 개별 환자의 평균 이동을 Fig. 5에 나타내었고, 환자의 개별적인 이동에서 평균 이동을 뺀 이동 거리를 Fig. 6에 나타내었다. 호흡에 의한 y 축으로의 이동은 평균 12.2 mm이었고, 표준편차는 4.03 mm 이었다.

고 안

현재까지 개발된 EPID의 종류는 mirror based video system, fiber optic video system, liquid ionization chamber system, solid state system등 여러가지가 있다⁵⁾. 이 중 최근에 상품화되어 있고 널리 사용되고 있는 것은 camera based EPID 와 matrix ion chamber EPID이다. 본 논문에서 사용된 EPID는 Varian사의 liquid ionization chamber system중 matrix ion chamber type의 EPID로 이것은 Fig. 7과 같은 구조로 되어 있다. 256×256개의 ion chamber 가 detector를 형성하고 있고 이 detector가 컴퓨터에 연결되어 있으며 작동하는 soft ware는 version 3.5의 portal vision이다. matrix ion chamber type EPID는 Herk등¹¹⁾과 Meertens등¹²⁾에 의하여 개발되었다.

EPID는 치료 중 혹은 치료간에 영상을 얻어 movie display를 함으로써 환자 치료 자세의 차이를 확인하고, 교정하여 치료의 정확성을 증가시키는데 기여한다. 또한 차폐물 위치의 조절이나 random or systematic 오차를 객관적으로 산출하여 환자의 치료 자세를 교정하기 위한 판단을 내릴 수 있게 하는데 쓰인다. 본 연구에서는 환자의 자세 오차와 호흡에 의한 종양의 움직임의 객관적 측정에 EPID를 이용하였다.

EPID 는 현재 사용하고 있는 필름을 이용한 검증 방법과 비교하여 다음과 같은 장단점을 가지고 있다. 장점은 첫째, 검증 영상을 simulation 필름과 객관적이고 정량적으로 비교할 수 있고 둘째, oblique beam 같은 우리에게 친숙하지 않은 치료방향에서도 해부학적 구조의 비교 평가로 치료의 정확성을 기할 수 있으며 셋째, 종래의 필름 검증 방법은 검증 필름의 확대 비율, 방향이나 농도가 simulation 필름과 차이가 있어 비교가 어려웠으나 EPID는 이러한 문제를 컴퓨터 조작으로 극복할 수 있기 때문에 비교가 용이하다는 점이다. 특히 matrix ion chamber type EPID는 영상의 뒤틀림(distortion)이 없고 기계적인 문제가 적다. 넷째, 치료를 하면서 영상을 얻기 때문에 1회 치료 시 여러 개의 영상을 얻을 수 있고, 다섯째, 영상의 보관이 용이하다는 점이다. 그러나 EPID의 문제점으로는 첫째, simulation 영상의 등록 등 작업에 더 많은 시간이 소



Portal vision in a stand alone configuration

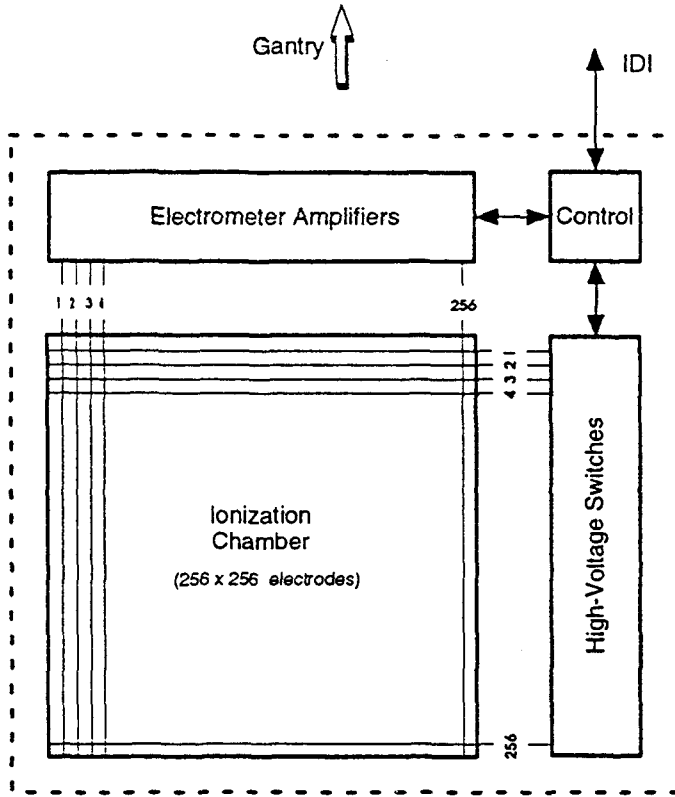


Diagram of the image detector unit

IDU : Image Detection Unit IDI : Image Detection Interface CCE : Central Control Equipment

Fig. 7. Diagram of the matrix ion chamber type electronic portal imaging device.

요되고 둘째, 영상비교에 의한 정확한 결과를 얻기 위해서는 경험있는 작업자의 경험과 기술이 필요하다는 점과 셋째, 장비가 고가이고 넷째, 아직 영상의 질이

좋지 않다. 즉 농도와 해상도가 좋지 않다는 점이다. Meertens등¹²⁾은 matrix ion chamber type의 EPID의 질이 종래에 사용하던 필름을 이용한 방법에 비하여

떨어지지 않는다고 하였으나 필름을 이용한 방법보다 나은 영상을 얻을 수 있어야 할 것이다. 다섯째, detector의 크기 문제로 인하여 큰 조사야에서는 영상을 얻을 수 없다는 점이다. (SFD 140에서 maximum field size는 23×23 cm). Portal vision의 software적인 문제점은 첫째, 중복 노출(double exposure)을 한 후 영상을 조작할 수 없다는 점이다. 따라서 복부 같은 뼈 구조가 없는 곳에서는 영상의 비교가 어렵다. 또한 Portal vision은 신속한 양식(fast mode)이 있으나, (1.5초에 영상을 얻을 수 있다) 이것은 표준 양식(standard mode)보다도(5.5초에 영상을 얻을 수 있다) 질이 더 떨어지기 때문에 사용하는데 제한이 많다. 따라서 좀더 빠른 시간에 영상을 얻을 수 있으면서 농도와 해상도가 좋은 EPID가 개발되어야 하겠다. 그러나 폐에서는 기관(trachea)의 음영(shadow)이 잘 보이고 폐와 연부조직(soft tissue)의 밀도가 다르기 때문에 비교 평가가 비교적 용이하다. 둘째, z axis의 오차를 평가하기 곤란하다. z axis 오차는 전 후(AP/PA)로 치료하는 경우는 확대율(magnification rate)에 의해서만 평가할 수 있는데 이러한 확대율을 거리로 환산하기 곤란하다. 또한 회전(rotation) 오차도 평가하는데 어려움이 있다. 아직까지는 이러한 부분적인 단점이 있지만 이러한 단점은 과학기술의 개발로 수년 안에 해결될 전망이다 무엇보다도 객관적인 자료의 산출과 치료 중 영상을 얻을 수 있다는 면에서는 EPID는 획기적인 발전이라고 할 수 있다.

환자를 치료하는 동안 자세 오차는 불가항력적으로 생길 수밖에 없다. 이런 자세 오차는 systematic 오차와 random 오차로 나누는데 systematic 오차는 simulation실에서 치료실로의 이동시 생기는 오차, 치료 준비 시 부정확성, 피부 표시 선의 부정확한 위치, 고정대위에 표시 선의 부정확한 위치, 기계적인 요소에 의해서 기인할 수 있다. random 오차는 매일 자세 이동에 기인한다. Rabinowitz등¹³⁾은 systematic 오차가 random 오차보다 자세 차이의 주요 요인이라고 하였다. 따라서 systematic 오차를 빨리 발견하여 교정하여주는 것이 필요하고 처음에는 오차가 작았지만 치료를 시행하면서 오차가 점점 커질 수도 있기 때문에 지속적인 확인이 필요하다¹⁴⁾. 이러한 점진적인 오차는 환자의 근육의 긴장 상태나 피부에 표시하는 선을 다시 그리는데서 기인할 수도 있지만 보통 치료 시는 10-20 mm의 여유를 두기 때문에 문제가 되지 않는다. 그러나 3차원 입체조형치료와 같이 여유가 적을 때는 문제가 된다¹⁴⁾. Denham등¹⁵⁾에 의하면 주 1회 검중 영상을 얻으면 5-6 주를 치료해야 systematic

오차를 발견할 수 있기 때문에 systematic 오차를 조기에 발견하기 위해서는 치료 초기에 매일 검중 영상을 얻어 분석하는 것이 중요하다고 한다. 또한 Gildersleve등¹⁶⁾은 EPID를 이용하여 자세 오차를 치료를 시작한 후 수초 이내에 발견하여 그 오차를 교정하여 다시 자세를 잡고 치료를 함으로써 치료 시 자세 오차를 4.3 mm에서 2 mm로 줄일 수 있어 치료의 정확성을 증대시키고 부작용을 최소화시킬 수 있다고 하였다. 또한 치료 부위에 따라 혹은 고정대를 어떤 것을 사용하느냐에 따라 자세 오차가 어느 정도인지 보고되고 있다^{13, 17)}. 그 외 자동적으로 자세 오차를 비교하여 확인하는 방법도 개발되고 있고¹⁸⁾, 향후 자세 오차를 자동적으로 비교하여 오차가 일정한 범위를 벗어나면 치료가 중단되는 장치도 개발되어 실용화될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 얻은 x 축, y 축으로의 평균 이동이 각각 1.41 mm, 1.78 mm, systematic 이동이 표준편차가 x 축, y 축으로 각각 4.63 mm, 4.11 mm, random 이동이 x 축, y 축으로 표준편차가 각각 4.17 mm, 3.31 mm 라는 수치는 El-Gayed 등¹⁴⁾의 수치 absolute displacement : 0.4-1.4 mm(SD 1.6-3.9 mm), random 이동(deviation)편차 : 1.2-2.8 mm, systematic 이동(deviation)편차 : 1.0-2.6 mm 나 Bijhold 등⁶⁾의 전, 후, 상, 하 이동 : 2.6-3 mm, 치료 중, 치료 간 이동 : 1.7-2.2 mm와 비교하여보면 오차가 더 큰 것을 알 수 있다. 따라서 치료 시 환자의 자세를 고정시키는데 세심한 주의를 요하며 고정대를 사용한다면 이러한 오차를 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 폐암 환자만을 대상으로 하였고 전후 양방향에서만 검중 영상을 얻어 x 와 y 축의 자세 오차를 비교하였다. 그러나 폐암의 경우라도 종양의 위치에 따라 움직임의 정도가 다르다는 점, 즉 횡경막 근처의 종양과 폐문부(hilum)근처의 종양은 호흡에 따라 그 움직이는 정도가 다르므로 오차의 정도도 다를 수 있다는 점도 또 한가지의 문제라 할 수 있겠다. 그러나 이와 같은 문제에도 불구하고 본 연구를 통하여 얻을 수치는 그 나름대로 우리에게 유용한 기준을 제시한다고 할 수 있다. 지금까지 2차원적인 치료의 경우는 환자의 호흡 정도를 simulation방에서 fluoroscopy로 보아 경계 여유를 결정하고 자세 오차를 고려하여 약 10-20 mm정도의 여유로 차폐물을 제작하였다. 그러나 3차원 입체조형치료를 시행함에 있어서는 이와 같은 일반적인 규칙에 따라 경계 여유를 결정하여 조사량을 증가시킬 경우 부작용이 증가할 위험이

높고 3차원치료의 의미도 거의 찾아볼 수 없게 된다. 따라서 얼마나 경계 여유를 주느냐는 가장 큰 관건이 되는 문제이고 이를 위한 기본적인 자료가 없이는 치료의 계획조차 진행하기 어렵게 된다. 본 논문의 자료는 여러 환자의 평균적인 수치이므로 각 환자의 개별적인 처음 치료 계획은 이런 평균적인 자료를 기준으로하여 계획하고 치료 시작과 동시에 EPID를 이용한 오차의 개별적인 측정으로 변경을 하여야 할 것이다.

결론적으로 본 연구를 통하여 폐암 환자 치료 계획시 종양의 움직임과 자세 오차를 합하여 clinical target volume(CTV)에서 차폐물까지는 x 축으로 10 mm, y 축으로 25 mm 정도의 여유가 필요하다고 생각되나, 종양의 위치에 따라서 그리고 systematic 오차에 따라서 차이가 있으므로 각 환자마다 치료 시작 후 수일간 매일 검증 영상을 얻어 교정이 필요하다고 보이며 3차원 입체조형치료를 시행함에 있어서는 EPID가 꼭 필요한 장비의 하나임을 알 수 있었다. 또한 앞으로 각 고정대에 따른 자세 오차가 연구되어야 하겠으며 더 나은 질의 EPID와 software가 개발된다면 3차원 치료를 보다 정확히 시행하여 종양의 국소제어를 향상과 정상 조직의 부작용 감소에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Keus R, Noach P, de Boer R, Lebesque J. The effect of customized beam shaping on normal tissue complications in radiation therapy of parotid gland tumors. *Radioth Oncol* 1991; 21:211-217
2. Goiten M, Busses J. Immobilization error: Some theoretical considerations. *Radiol* 1975; 117:407-412
3. Kinzie JJ, Hanks GE, Maclean CJ, Kramer S. Patterns of care study: Hodgkin's disease relapse rate and adequacy of portals. *Cancer* 1983; 52:2223-2226
4. Ross CS, Hussey DH, Pennington EC, Stanford W, Doornbos F. Analysis of movement of intrathoracic neoplasms using ultrafast computerized tomography. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1990; 18:671-677
5. Boyer AL, Antonuk L, Fenster A, et al. A review of electronic portal imaging devices (EPIDs) *Med Phys* 1992; 19:1-16
6. Bijhold J, Lebesque JV, Hart AAM, Vijlbrief R. Maximizing setup accuracy using portal images as applied to a conformal boost technique for prostatic cancer. *Radioth Oncol* 1992; 24:261-271
7. Van Tienhoven G, Lanson JH, Crabeels D, Mijnheer BJ. Accuracy in tangential breast setup: A portal imaging study. *Radioth Oncol* 1991; 22:317-322
8. Bel A, Herk MV, Bartelink H, Lebesque JV. A verification procedure to improve patient set-up accuracy using portal images. *Radioth Oncol* 1993; 29:253-260
9. Reinstein LE, Pai S, Meek A. Assessment of geometric treatment accuracy using time-lapse display of electronic portal images. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1992; 22:1139-1146
10. Ezz A, Munro P, Porter AT, et al. Daily monitoring and correction of radiation field placement using a video-based portal imaging system: A pilot study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1991; 22:159-165
11. Herk MV, Meertens H. A matrix ionisation chamber imaging device for on-line patient setup verification during radiotherapy. *Radioth Oncol* 1988; 11:369-378
12. Meertens H, Herk MV, Bijhold J, Bartelink H. First clinical experience with a newly developed electronic portal imaging device. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1990; 18:1173-1181
13. Rabinowitz I, Broomberg J, Goitein M, Mc Carthy K, Leong K. Accuracy of radiation field alignment in clinical practice. *Int J Radioat Oncol Biol Phys* 1985; 11:1857-1867
14. El-Gayed AAH, Bel A, Vijlbrief R, Bartelink H, Lebesque JV. Time trend of patient setup deviations during pelvic irradiation using electronic portal imaging. *Radioth Oncol* 1993; 26:162-171
15. Denham JW, Kally MJ, Hunter K, et al. Objective decision-making following a portal film: the results of a pilot study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1993; 26:869-876
16. Gildersleve J, Dearnaley DP, Evans PM, Law M, Rawlings C, Swindell W. A randomised trial of patient repositioning during radiotherapy using a megavoltage imaging system. *Radiat Oncol* 1994; 31:161-168
17. Kihlen B, Ruden BI. Reproducibility of field alignment in radiation therapy. A large scale clinical experience. *Acta Oncol*. 1989; 28:689-692
18. Gihuijs KGA, Herk MV. Automatic on-line inspection of patient setup in radiation therapy using digital portal images. *Med Phys* 1993; 20: 667-677

= 국문초록 =

**폐암 환자에서 Electronic Portal Imaging Device를 이용한
자세 오차 및 종양 이동 거리의 객관적 측정**

- 폐암 환자의 3차원 방사선치료 계획 시 적절한 차폐 여유를 위한 기초 연구-

연세대학교 의과대학 치료방사선과학교실, 연세 암센터

김우철 · 정은지 · 이창걸 · 추성실 · 김귀언

목 적 : electronic portal imaging device(EPID)를 이용하여 폐암 환자에서 시행한 검증 영상을 분석하여 3차원 입체 조형치료계획 시 자세 오차(set-up error)와 종양의 이동 거리를 고려한 적절한 차폐 여유를 평가해 보고자 한다.

대상 및 방법 : 1995년 연세암센터 치료방사선과에 내원하여 EPID가 장착된 Clinac 2100C/D를 이용하여 치료받은 폐암 환자 10명을 대상으로 하였다. 환자 1인 당 1 port에 대한 검증 영상을 매일 얻어 random 오차와 systematic 오차를 구했고, 치료 1회 당 중복 영상을 얻어 종양의 움직임을 구했다. 매일 얻은 검증 영상은 103개이었고, 중복 영상은 10개이었다.

결 과 : 전체 10 명의 환자의 x 축, y 축으로의 평균 이동은 각각 1.41 mm, 1.78 mm 이었고 systematic 이동은 표준편차가 x 축, y 축으로 각각 4.63 mm, 4.11 mm이었다. random 이동은 각 환자의 평균 이동으로부터 x 축, y 축으로 표준편차가 각각 4.17 mm, 3.31 mm 이었다. 호흡에 의한 y 축으로의 이동은 평균 12.2 mm이었고, 표준편차는 4.03 mm 이었다.

결 론 : 폐암 환자에서 3차원 방사선치료를 시행하려고 할 경우 치료 계획 시 clinical target volume에서 x, y 축으로 각각 10 mm, 25 mm 정도의 여유가 필요하다고 보이며, 치료 초기에 각 환자별로 매일 EPID를 이용하여 얻은 검증 영상과, 중복 영상으로 차폐 여유를 적절히 조절해 주어야 할 것이다.