

체형 굴곡보상체의 제작과 사용에 따른 모의치료 영상의 개선*

삼성서울병원 치료방사선과

주상규 · 최병기 · 박영환

I. 서 론

방사선치료전 실시하는 모의치료는 조사야를 결정하는 계획과정으로 고도의 정확성이 요구된다. 따라서 실제 치료기와 동일한 기하학적 구조를 가지고 투시와 촬영이 가능한 X선 발생장치(simulator) 주로 사용되고, 삼차원적 좌표나 입체적 선량계획을 위해 CT, MRI 등의 활용도 늘어가고 있다. 일반적인 모의치료과정은 투시를 통해 병변의 위치와 주변 정상 조직과의 관계를 고려하여 조사야를 결정하고 결정된 조사야에 대한 촬영을 하게된다. 이때 얻은 이차원적 영상은 차폐체 제작의 기초가 되며 치료중 실시하는 치료확인촬영에 대한 평가기준이 된다. 따라서 정확한 해부학적정보를 포함하는 양질의 영상을 얻는 것이 치료의 정확성을 높이는 중요한 요인이 된다. 그러나 이러한 모의치료영상은 환자의 체형과 기계적인 조건에 따라 많은 영향을 받는다. 특히, 다양한 자세를 요구하는 방사선치료분야에서는 피사체의 두께차에 의한 투과선량의 불균등으로 인한 사진영상의 질 저하현상이 자주 발생하여 정확한 해부학적 정보를 포함하는 양질의 사진을 얻기 힘든 경우가 많다. 방사선치료의 대표적 사례인 유방암의 절선조사나 두경부의 대향이문조사의 경우 해부학적 구조상 이러한 현상이 심해 정확한 조사야 설정에 어려움이 많다. 따라서 본 논문은 모의

치료시 체형 두께 차에 의한 영상의 질 저하를 개선하기 위해 조직 보상체를 고안, 제작하여 조사야설정의 정확도를 높이고자 한다.

II. 재료 및 방법

모의치료용 조직 보상체를 제작하기 위해 조사야 내에서의 두께차가 심한 부분 및 전체 절제유방암환자와 두경부 치료환자 각 5명을 임의 선정해 planning CT(Hi-speed advantage, GE 9800, USA)를 실시하였으며 이때 얻은 체형단면도(그림 1, 2)를 바탕으로 조사야 내에서의 평균 두께차를 조사하였다. 두께차는 조사야의 중심 축을 기준으로 동일면상의 다른 점에서의 상대치를 측정하여 평균값을 구하였으며, 측정된 값을 바탕으로 췌기형 보상체의 구조를 결정하였다(그림 7). 보상체의 재질로는 파라핀(그림 4)과 알루미늄합금체인 듀랄루민(그림 5), 그리고 투명한 고밀도 유리(그림 6)를 사용하여 각 보상체의 성능 및 기능을 비교하였다. 제작된 보상체는 기존 모의치료기의(Ximatron, Varian, U. S. A.) 트레이 마운트(tray mount)에 부착하게(그림 13) 구상하였으며 이의 활용도를 높이기 위해 전, 후 및 좌, 우 위치 조절 기능을 추가하여 필요에 따라 여러 부위에 적용할 수 있도록 하였다. 보상체의 성능은 유방암 절선조사와 두경부 대향이문조사 환자를 대상으로 동일

*본 논문은 대한방사선치료기술학회 제4회 우수논문상('98. 12. 12)을 수상한 논문임.

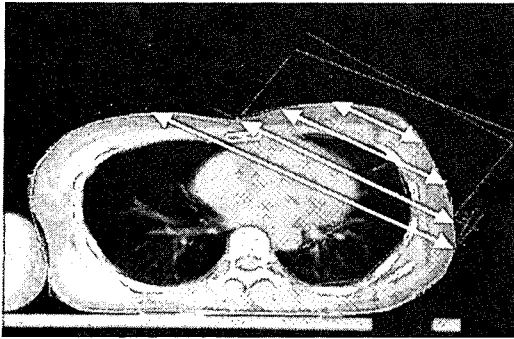


그림 1. 유방암 절선조사 환자의 체형단면도

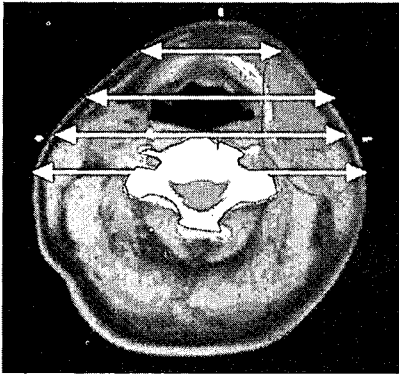


그림 2. 두경부의 체형단면도

한 조건하에서 모의치료를 시행하여 보상체 사용 전·후 영상을 분석하였으며, 투시 중에도 사용하여 전·후의 영상을 모니터 상으로 비교하였다.

Ⅲ. 결 과

유방암 및 두경부암 환자를 대상으로 plan CT를 실시해 얻은 체형단면도(그림 1, 2)를 바탕으로(그림 3, 표 1) 같은 결과를 얻었다. 부분 절제한 유방암(B. C. S.) 환자의 경우 조사야 중심에서(position=0 cm)의 두께가 약 18 cm이었으며 환자의 medial쪽(position=-2 cm)은 25 cm, lateral쪽(position=2, 4 cm)은 각각 14, 9 cm으로 조사야의 중심에 비해 +10~-9 cm의 두께차가 남을 알 수 있었다. 또한 전체 절제한

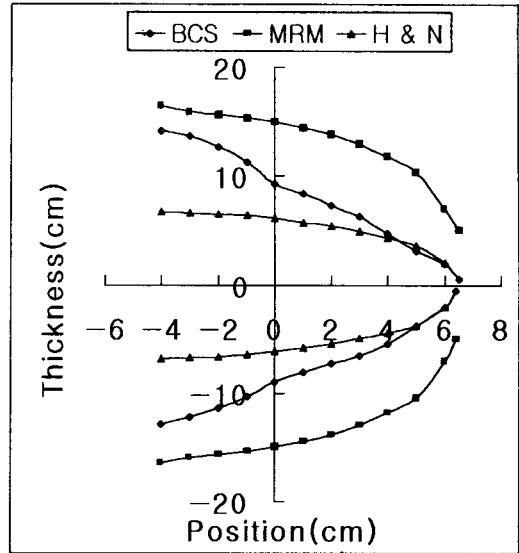


그림 3. 조사야 내의 평균 두께차 그래프

표 1. 체형 단면도를 이용한 조사야 내에서의 두께차 (단위 : cm)

| 구분 위치(cm) | 부분절제 유방암 (B. C. S.) | 전체절제 유방암 (M. R. M.) | 두경부 (H & N) |
|--------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| -4 | 28 | 32 | 14 |
| -2 | 25 | 30 | 13 |
| 0 | 18 | 29 | 13 |
| 2 | 14 | 28 | 12 |
| 4 | 9 | 24 | 8 |

유방암 환자(MRM)와 두경부암(H & N) 환자의 중심축 상의 두께(position=0 cm)는 각각 29, 13 cm으로 측정되었으며 중심 축에 대한 medial과 lateral 쪽의 두께차는 +3 ~ -5 cm, +1 ~ -5 cm으로 부분 절제한 유방암 환자에 비해 차이가 적게 나타남을 알 수 있었다.

그러나 체표에 근접한 부위에서는 부분 절제한 유방암 환자에 비해 급격한 두께차를 보였다. 모의치료촬영시 노출 조건을 특정 부위에 맞추었을때 다른 쪽의 영상은 두께차에 의한 사진 농도차가 커서 영상의 질 저하가 예상되고 체표 쪽으로 갈수록 이러한 현상이 두드러져 사

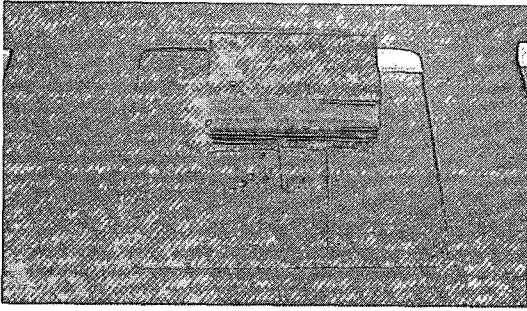


그림 4. 파라핀 보상체

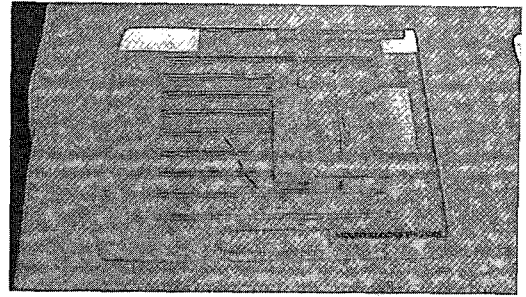


그림 5. 알루미늄 보상체

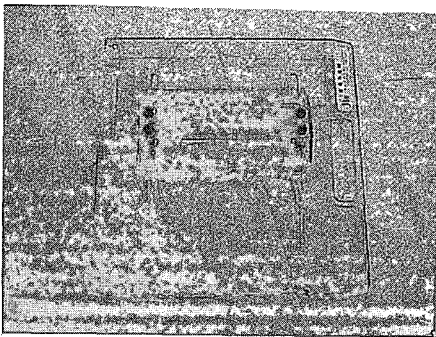


그림 6. 고밀도 유리 보상체

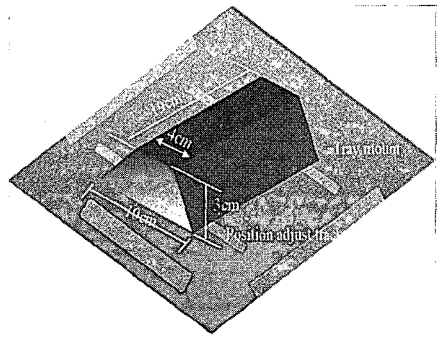


그림 7. 고밀도 유리 보상체의 입체상

진상에서 체표윤곽을 확인하기 어렵다. 따라서 이러한 두께차를 보상하여 양질의 영상을 얻기 위해 썰기형 조직 보상체를 제작하였으며 적절한 보상체 재질을 찾기 위해 인체 조직과 밀도가 비슷한 파라핀과 알루미늄 합금인 듀랄루민, 그리고 고밀도 유리등으로 보상체를 제작하여 비교하였다. 파라핀 보상체(그림 4)의 경우 인체조직과 밀도가 비슷하여 만족할만한 흑화도 보상을 위해서는 두께가 15cm 이상 되어야 하므로 제작시 사용하기가 매우 불편하였다.

알루미늄합금인 듀랄루민 보상체(그림 5)는 파라핀에 비해 비중이 높아(≈2.8) 얇은 두께(4~6cm)로도 충분한 보상효과를 얻을 수 있었고 보상체의 크기를 작게 할 수 있어 사용이 편리하며, 산란선의 영향도 적어 양질의 영상을 얻을 수 있었다. 그러나 모의치료시 필드라이트(field light : 광 조사야)를 이용한 체표에서의 조사야 확인이 어려워 사용상의 어려움이 있었

다. 듀랄루민과 밀도가 비슷한 고밀도 유리 보상체(그림 6)는 듀랄루민과 비중이 비슷하여 동일한 영상개선효과를 얻었으며, 투명하여 조사야 확인이 용이하였다. 따라서 보상체의 재질로 고밀도 유리를 선택하였으며 앞에서 얻은 평균 두께차를 이용하여 양방향을 모두 사용할 수 있도록 좌, 우측에 동일한 기울기를 가진 썰기 형태로 제작하였다(그림 7). 보상체의 사용 전·후 사진을 비교해 본 결과 보상체를 사용하지 않은 부분절제 유방암 환자의 모의치료촬영상(그림 8)에서는 조사야 중심과 측면에서의 두께차가 심해 유방 전체의 윤곽을 확인하기가 어려우며 조사야의 크기를 확인할 수 있는 스케일(scale)이 사진상에 나타나지 않았다. 또한 액와 부위의 사진 농도가 짙어 조사야에 얼마나 포함되는지를 알 수 없었다. 그러나 고밀도 유리 보상체를 사용한 사진상(그림 9)에서는 조사야 내에 포함되는 유방의 전체적인 윤곽뿐만 아니라

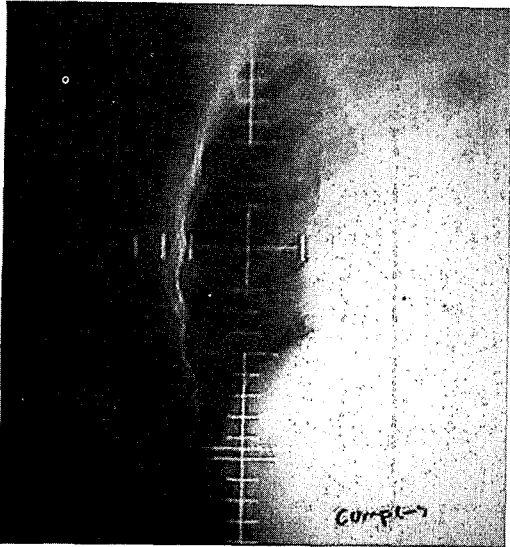


그림 8. 부분절제 유방암환자의 절선조사 모의치료영상 : 보상체 사용 전



그림 9. 부분절제 유방암환자의 절선조사 모의치료영상 : 유리보상체 사용 후

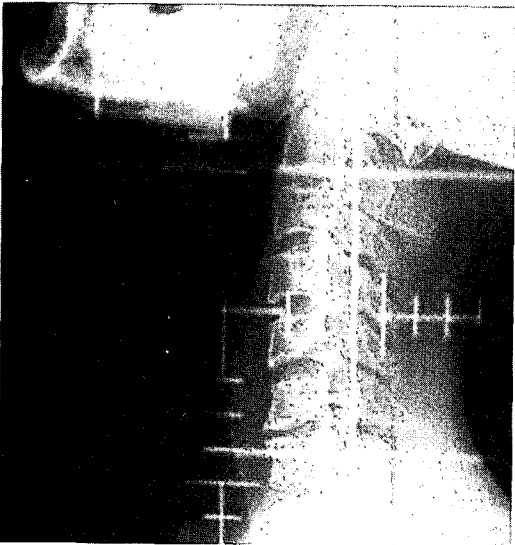


그림 10. 두경부 대향2분조사 모의치료영상 : 유리 보상체 사용 전

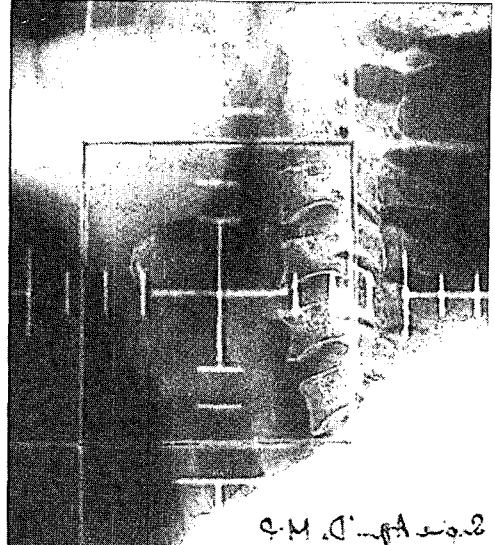


그림 11. 두경부 대향2분조사 모의치료영상 : 유리 보상체 사용 후

유방내의 이물이나 흑화도 증감을 감지할 수 있었으며 액와부위 및 스케일을 정확히 확인할 수 있어 조사부위 선정의 정확성을 높일 수 있었다. 또한 전체절제된 유방암 환자의 경우에도 동일한 영상효과를 얻을 수 있었다. 두경부위의 경우 대향이분조사가 가장 많이 행하여지며 유

방암 조사야와 마찬가지로 조사야 내에서의 환자 두께차가 커서 보상체를 사용하지 않은 경우 (그림 10) 척추 부위의 방사선 투과 량에 비해 두께가 얇은 체표쪽의 투과량이 많아 체표의 윤곽 및 연골조직과 같은 해부학적 구조에 대한 음영을 관찰할 수 없었다. 그러나 보상체를 사

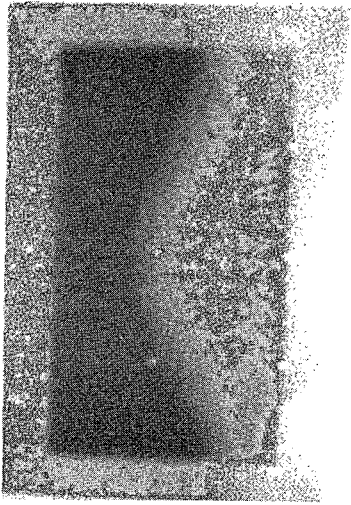


그림 12. 부분절제한 유방암 환자의 치료확인촬영상(L-gram)

용한 영상(그림 11)에서는 체표의 윤곽뿐 아니라 연골조직 음영을 정확히 파악할 수 있으며 스케일도 잘 관찰되었다. 또한 모의치료 투시 중에도 장착 사용하여 동일한 효과를 얻어 조사야 설정시간 및 효율을 높일 수 있었다.

IV. 고 찰

보상체는 조사야내의 불균등한 조직이나 체형 두께차에 의한 선량분포를 개선하기 위해 방사선 치료시 주로 사용되어 왔다. 그러나 이러한 현상은 치료계획단계인 모의치료과정에서도 동일하게 발생하여 영상의 질을 저하시키는 요인이 된다. 특히 조사야내에서의 체형 두께차가 커지면 투과방사선량에 차이가 나 정확한 해부학적 정보를 얻기가 어렵다. 진단방사선 분야에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 환자의 자세를 변경하거나 유방암의 경우 압박하여(compress) 촬영하는 방법이 사용된다. 그러나 조사부위의 정확한 좌표와 치료시의 재현성이 필수인 치료분야에서는 이러한 방법을 사용할 수 없으며 일부 저자가 권고하는 고관전압 촬영기법에서도 두께차가 심할 경우 만족할만한 영상개

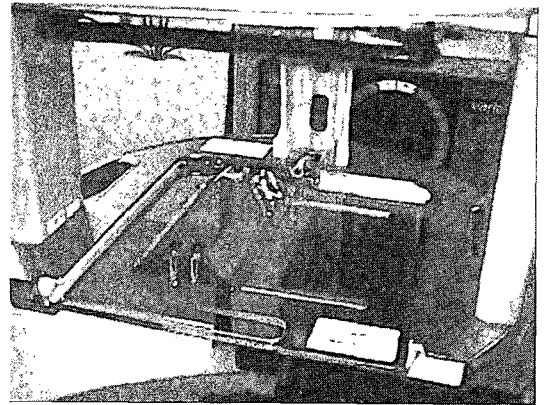


그림 13. 유리 보상체를 모의치료기 트레이마운트에 장착한 모습

선효과를 기대하기 어렵다. 따라서 환자의 체형을 변화시키지 않는 보상체의 사용이 영상개선에 매우 효과적임을 알 수 있었다. 또한 본 실험에서는 언급하지 않았지만 보상체의 재질로 납이나 납유리를 사용하여 간단히 실험한 결과 필요로 하는 보상효과를 내기 위해서는 매우 얇은 두께(2mmPb 이하)의 납을 사용해야 하므로 원하는 썸기모양의 보상체로 가공하기가 매우 힘들었고, 영상의 질이 나쁘게 나타났다. 이러한 현상은 납의 원자번호($Z=82$) 및 비중이 높아 산란선의 발생이 증가한 것으로 사료된다. 고밀도 유리 보상체의 구조 중 썸기형태의 기울기는 대략 $35\sim 50^\circ$ 정도가 적당한 것으로 조사되었다. 그러나 40° 를 넘어 서게 되면 유리 반사의 임계각인 45° 에 가까워져 썸기 부분에서의 빛 반사가 일어나 필드라이트를 이용한 체표에서의 조사야 확인이 어려워 유리표면에서의 빛의 굴절을 막기 위한 특수 코팅을 해야 하므로 제작비용이 많이 든다. 일반적으로 방사선 치료의 정확성을 확인하기 위해 실제 치료시확인촬영(L-gram)을 실시하고 이때 얻은 영상을 모의치료영상과 비교하여 조사부위의 정확성을 평가한다. 즉 모의치료영상은 치료확인촬영의 평가기준이 된다. 부분절제한 유방암 환자의 치료확인 촬영상(그림 12)을 보면 조사야내에 포함된 폐나 유방조직의 정도를 자세히 확인할 수 있

다. 그러나 보상체를 사용하지 않은 모의치료 영상에서는 조사야내에 포함되는 폐의 정도는 확인할 수 있으나 유방조직이나 조사야 스케일이 나타나지 않아 모의치료 사진만으로는 치료확인 촬영사진의 정확한 평가를 하기가 어렵다. 보상체를 사용한 경우에는 이러한 평가기준을 모두 포함하는 사진을 얻을 수 있어 치료확인촬영영상의 정확도를 평가하기가 용이하다. 또한, 체형 두께차에 의한 영상의 질 저하 현상은 투시중에도 자주 발생한다. 조사야 설정을 위해 투시를 할 경우 투시용 모니터 상에 나타나는 영상을 보면서 정확한 조사야를 설정하게 되는데 체형의 두께차가 많이 날 경우 화면상의 흑화도차가 심해 정확한 영상을 얻을 수 없어 특정 부분만을 보기 위해 투시조건을 수시로 변경하거나 화면의 중심부위를 이동하는 것과 같은 편법이 주로 사용되고 있다. 그러나 보상체를 사용할 경우 이러한 현상을 개선할 수 있어 모의치료시간 및 정확도를 증대시켜 효율을 높일 수 있다. 보상체의 사용을 간편히 하기 위해 기존의 트레이 마운트를(그림 13) 사용하였고 여러 부위에 적용할 수 있도록 위치 조절기능을 추가하여 효율성과 경제적인 이점을 얻을 수 있었다.

IV. 결 론

체형 두께차에 의한 모의치료 영상의 질 저하를 개선하기 위해 기존의 트레이마운트에 부착하는 고밀도 유리 보상체를 제작하여 정확한 해부학적 정보를 포함하는 양질의 영상을 얻을 수 있었다. 그러므로 조사야 설정의 정확성 및 모의치료효율을 높일 수 있었다. 다양한 치료자세가 요구되고 정확한 해부학적 구조를 필요로 하는 치료방사선 분야에서 우수한 영상을 얻는 것은 모의치료의 정확성을 높이는 중요한 요인이 된다. 따라서 진단방사선과 영역에 비해 상대적으로 관심도가 부족한 영상의 질 개선 노력이 더욱 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Spicka J, Fleury K, Powers W. : Polyethylene-lead tissue compensators for megavoltage radiotherapy, Med Dosim 1988 Mar ; 13(1) : 25-27
2. Katsuda T, Okazaki M, Kuroda C. : Using compensating filters to reduce radiation dose: Radiologic Technology, 1996 ; Sep-Oct, 68(1) : 18-22
3. Kezerashvili M, Rudin S, Bednarek D. : Automatic filter placement device for region of interest(ROI) fluoroscopy., Health Physics, 1997 Jan ; 72(1) : 141-6
4. Kuchnir FT, Myriantopoulos LC, Lossin E. : Computer-aided construction and quantitative evaluation of missing-tissue compensators. : Radiother Oncol 1990 Mar ; 17(3) : 239-247
5. STEVEN B. DOWD, Ed. D., BETTYE G. WILSON, M. A. ED : Encyclopedia of radiographic positioning, volume 1, w. b. Saunders company : 63-63
6. B. gino fallone, Fccpm, Dabmp michael D. C Evans : Technique to improve lateral cervico thoracic radiographs, Radiotherapy, volume 64, Number 2
7. Johnson JM, Potish RA, Khan FM. : Improved dose distribution with a universal acrylic breast compensator., Medical Dosimetry, 1996 Fall ; 21(3) : 127-32
8. Young KC, Ramsdale ML, Rust A. : Dose and image quality in mammography with an automatic beam quality system., British Journal of Radiology, 1996 Jun ; 69(822) : 555-62
9. Nicholson RA, Thornton A, Akpan M. : Radiation dose reduction in paediatric fluoroscopy using added filtration., British

- Journal of Radiology, 1995 Mar ; 68(807) : 296-300
10. Katsuda T, Okazaki M. Kuroda C.: Using compensating filters to reduce radiation dose., Radiologic Technology, 1996 Sep-Oct ; 68(1):18-22
 11. Kezerashvili M. Rudin S. Bednarek D.: Automatic filter placement device for region of interest(ROI) fluoroscopy., Health Physics, 1997 Jan ; 72(1) : 141-6
 12. 박광호, 이청일, 김정만 : simulation 촬영시 경계가 불분명한 부위의 Image enhancement, 치료기술 학회지, 1994 ; 제6권 1호
 13. 허 준 : Mammography의 표준화, 한방기학지, 1997 ; vol 20, No 2