

6 MV 선형가속기를 사용한 유방암 치료

가톨릭의과대학 방사선치료실

윤세철 · 권형철 · 오윤경 · 김종우 · 박용휘

— Abstract —

A Trial of 6-MV Linear Accelerator Radiation Therapy(RT) for Breast Cancer

S.C. Yoon, M.D., H.C. Kwon, M.D., Y.K. Oh, M.D., J.W. Kim, M.D., Y.W. Bahk, M.D.

Section of Therapeutic Radiology, Catholic Medical College, Seoul, Korea

Radiation therapy(RT) has been used in the treatment of breast cancer for over 80 years. Technically, it should include a part or all of such areas as chest wall or breast, axilla, internal mammary nodes(IM) and supraclavicular nodes(SCL).

Authors tried three-field technique for the treatment of breast cancer using 6-MV linear accelerator, exclusively the department of radiology, Kang-Nam St. Mary's Hospital, at Catholic Medical College. The field junction was checked by a phantom study and radiation doses measured by film densitometry and TLD. The 3 fields we used in this study were two isocentric opposing tangential fields encompassing the breast, chest wall and occasionally IM and one single anterior field encompassing the axilla and SCL. Using appropriate beam blocks and boluses, we were able to avoid unwanted intrinsic divergency of photon beam. Blocking also enabled us to set-up precise radiation field with ease.

서 론

유방암의 치료목표는 크게 두가지를 들수 있다. 즉 일생동안 유방암의 재발없이 지내게하는 것과 가능한 한 유방의 고유 기능이나 형태를 보존하는 것이다.

1901년 William Pusey 가 유방암 수술후 환자에서 예방적 의미의 방사선치료를 처음으로 시도한 이래, 80여년 동안 유방암의 치료에 있어서, 수술전 후 방사선 치료는 중요한 역할을 하여왔다¹⁾.

이 동안 방사생물학의 발전과 방사선 치료기계의 개발 및 발전으로, 방사선치료시에 감수해야 했던 의인성 합병증등을 피할 수 있게 되었고, 컴퓨터를 이용한 각종 진단기술을 치료영역에 이용함으로써, 좀더 정확하

고 효율적인 치료가 가능하게 되었다.

최근의 유방암 환자를 위한 방사선치료는 선형가속기를 이용한 전자선과 Co-60원격치료를 병용하는 방법이 널리 이용되고 있다^{2,9)}.

본 방사선치료실에서는 6 MV 선형가속기(일본전기회사제), 치료계획용컴퓨터(Therac-2000, 일본전기회사제), 치료계획조정장치(도시바제)를 갖추고, 각종 암환자에서 외부방사선치료를 실시함에 있어서, 6 MV X선은 Co-60 원격치료기에 비하여, 반음영이 작고, 투과율이 좋아 피부보호나 심부선량이 많은 반면, 표피에서 build-up 거리가 1.5 cm 이고, 전자선의 이용이 불가능하므로, 수술전후 유방암환자에서 외부방사선치료시, 기술적인 어려움을 겪어오고 있었다.

이에 저자들은 조직등가물질로 만든 인체 모형(phantom)을 사용한 실험을 통하여, 필름농도계측(film densitometry)과 열형광농도측정(Thermoluminescent dosimetry, TLD)을 실시하였으며, 치료계획용컴퓨터를 이용한 6 MV X선의 등선량분포곡선을 알

* 이 논문의 요지는 1983년 주계 대한치료방사선과 학회에서 발표하였음.

** 이 논문은 1984년도 가톨릭중앙의료원 학술연구비로 이루어진 것임.

Table 1. Radiation Therapy Categories for the Breast Cancer

1. Pre-operative irradiation—T ₂ N ₁ or T ₃ cases
a) Radical mastectomy to follow
b) Simple(total) mastectomy to follow
2. Post-operative irradiation
3. Primary irradiation
4. Palliation

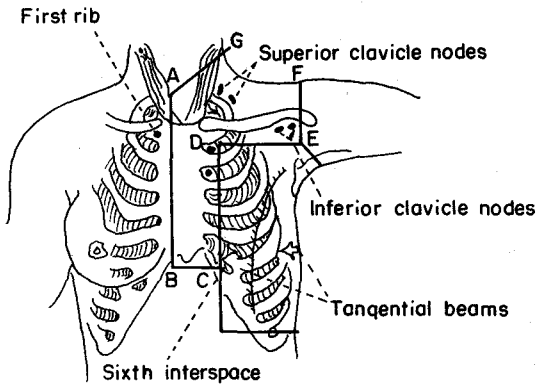


Fig. 1. Anatomic correlation of three field technique.

Table 2. Contents of Three Field Technique

Anterior Hockey Stick...Gantry rotated 15°~30° from vertical incidence
Upper Axilla
Supraclavicular Nodes(SCL)
Internal Mammary Chains(IM)
Opposed Tangential Fields...Half Beam Block
Breast
Chest Wall
Lower Axilla

아내고, 자신을 얻어, 6 MV 선형가속기만을 써서 유방암의 방사선치료를 하고 있기에 이를 보고 하고저 한다.

재료 및 방법

유방암의 수술 전 또는 후에 외부방사선치료시, 일 반적인 적응증은 Table 1과 같으며 UICC-AJC에 따른 병기분류를 사용하였다^{2,4)}.

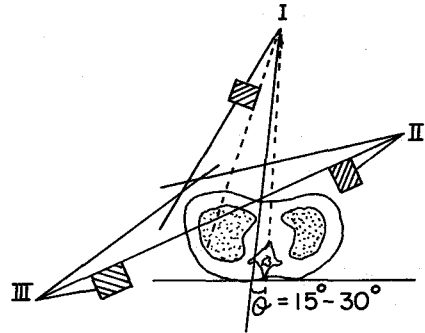
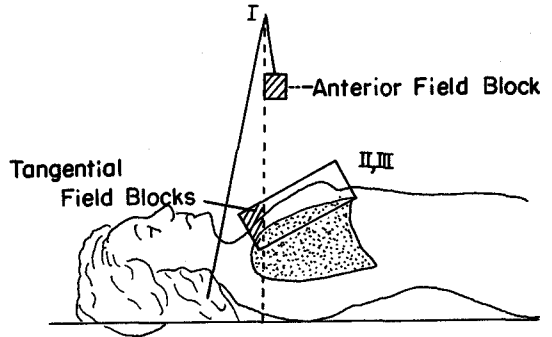


Fig. 2. Technique of irradiation I; anterior hockey stick field. II & III; medial & lateral tangential field.

외부방사선치료는 6 MV 선형가속기만을 사용하여, 3문조사법으로 시행하였다^{2~5)}. (Table 2, Fig. 1, 2, 3) 즉 내유임파절, 쇄골상하임파절, 및 상부액와임파절을 위한 하키스틱(hockey stick)모양의 조사야와, 흉벽 및 수술상처를 포함한 유방부위, 그리고 하부액와임파절을 위한 내외측 접선조사야로 이루어진다(Fig. 1, 3) 하키스틱조사야 (Fig. 1 ABCDEFGH)의 상단(G)은 윤상갑상연골(cricothyroid cartilage) 부위부터, 하단(BC)은 점상돌기(xiphoid process) 까지 이며, 내측 경계(AB)는 내유임파절을 포함시키기 위하여(ABCD) 흉골절흔(sternal notch)에서 몸의 중심선으로부터 병소의 반대측으로 2~3 cm 포함시키고, 폭은 6~8 cm로 충분하다. 그리고 상부 외측경계(EF)는 상완골두부(humeral head)의 내측 1/3을 포함시키는 선으로 정하고, 액와임파절과 쇄골하임파절을 포함시키기 위하여, 치료계획조건을 위한 투시(fluoroscopy)상, 첫째 늑골의 전하연을 지나는 횡선(DE)으로 하였다((Fig. 1 및 3 B) 그리고 내측 상부(AG)는 흉쇄유양근(sternocleidomastoid muscle)을 경계로 하였다^{2~5)}(Fig. 1, 3).

환자의 체위는 똑바로 편안히 누운 자세로, 치료부위측 팔을 가능한한 외전(abduction)하여, 손바닥을

베거나, 여의치 않으면 손등을 이마에 얹게 하고, 얼굴은 병소의 반대측으로 돌리게 하였다³⁾. 상기 하키스틱 조사야는 환자의 전후두께에 따라 치료기의 Gantry를 15~30° 정도, 병소의 반대측으로 회전시켜서 치료하였다. (Fig. 2). 접선조사는 하키스틱조사야의 외측하부(CD)와 액와중상선(mid axillary line) 사이의 전유방조직(흉벽 및 수술상처 포함)을 포함한 부위에 내외측 접선조사를 하였으며, 이때 정상폐를 1~1.5 cm 정도

포함시켰다(Fig. 2, 3A). 그리고 내유입파절을 위한 하키스틱조사야의 외측 하부(CD)와의 경계는 bolus 사용 없이 0.5~1 cm 정도 중복을 시도하였다.

이상의 치료방법의 정확성을 확인하기 위한 실험으로, 조직등가물질로 만든 인체 모형에서 상기 3분조사법을 재현하여(Fig. 4), 확인사진(verification film; port film)을 얻은 후(Fig. 5), 필름농도계측을 실시하였다. 그리고 치료계획용컴퓨터를 이용한 등선량곡

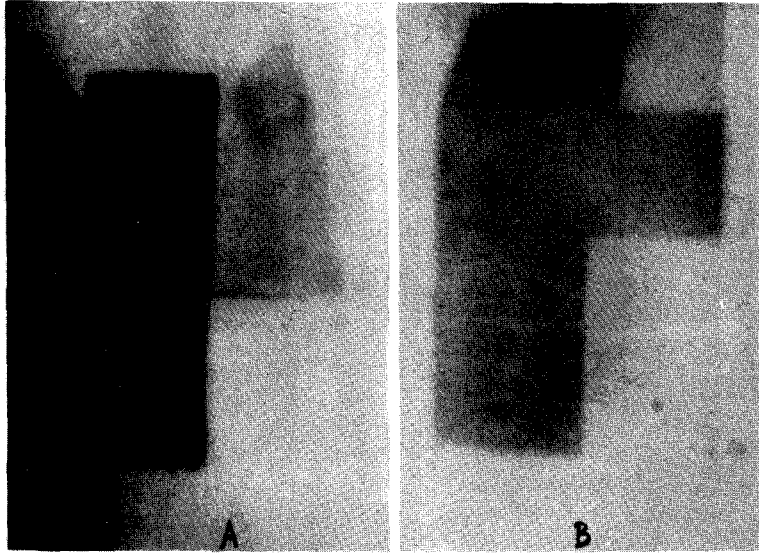


Fig. 3. Verification films in patient by 6-MV X-ray A; Medial tangential port film. B; Anterior hockey stick port film.

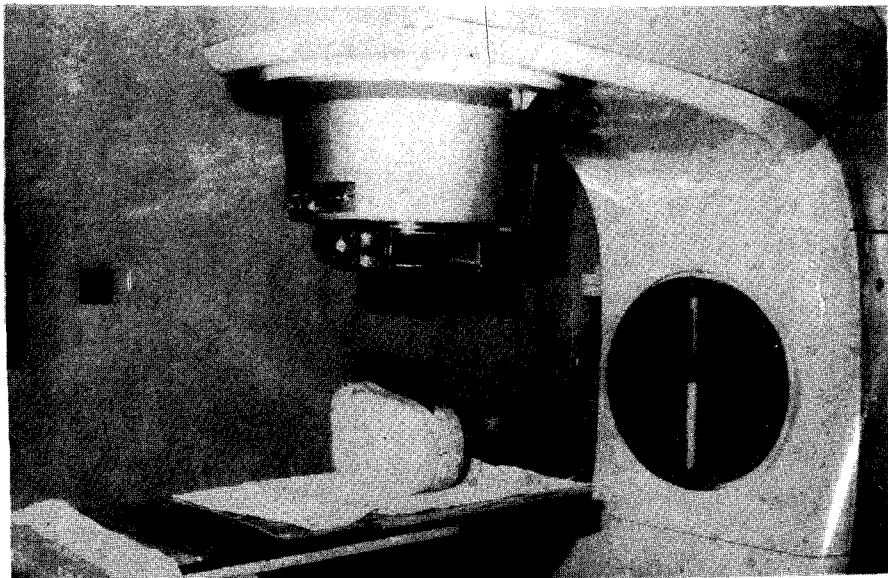


Fig. 4. Experimental model of three field technique to follow film densitometry by 6-MV X-ray.

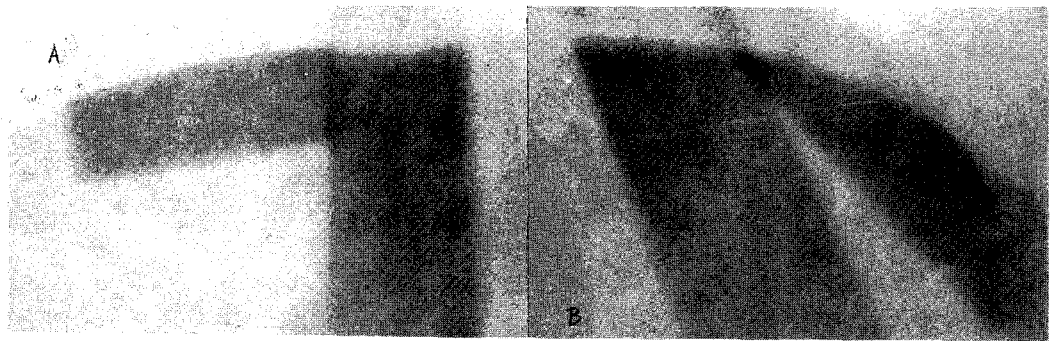


Fig. 5. Verification film taken from phantom in the same method as. Fig. 2 & 3.

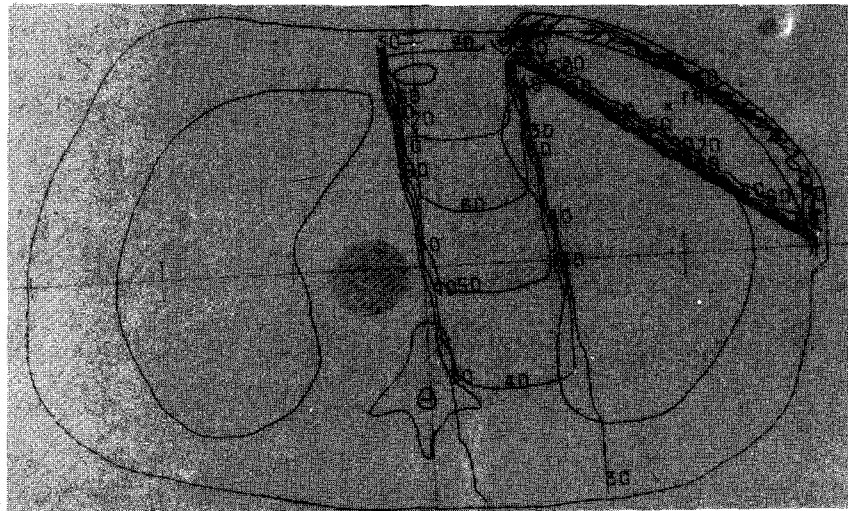


Fig. 6. Combined isodose curve from anterior hockey stick field and two opposing tangential fields with bolus by therapeutic planning computer(Therac 2000).

선을 얻어 중요장기에 가는 선량분포를 알아보았다 (Fig. 6).

한편 표재성병소에 치료선량을 증가시키기 위하여, 적당한 두께의 bolus 를, 접선조사시 수술상처부위나, 하키스틱조사시 쇠골상외부에 하루 건너 간격으로 사용하였으며, 수술하지 않은 유방암에는 bolus 없이 같은 방법으로 치료하였다.

모든 환자는 진단용 흉부전산화단층 촬영사진(chest CT film)을 이용하거나, 유방부위에서 흉부 윤곽(contour)을 도면에 그린 후, 치료계획용컴퓨터를 사용하여, 선량분포 및 치료선량을 계산하였다^{2,4)}.

방사선치료는 6 MV X선으로 매일 180~200 cGy 씩 주 5회 분할조사하여, 선원중심축거리(source axis distance, SAD) 80 cm 로 치료하였다. 하키스틱조사는 종양깊이를 2 cm 깊이로 치료하였으며, 접선조사는 중

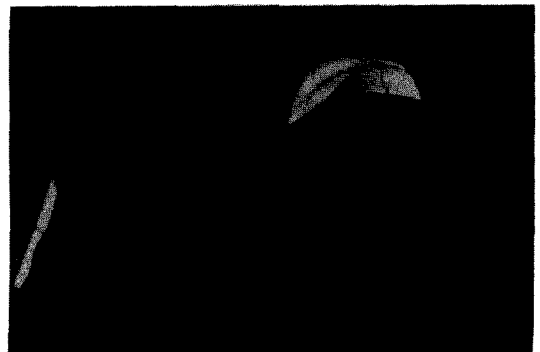


Fig. 7. Shadow on the beam stopper and laser beam make it possible to set-up accurately every day.

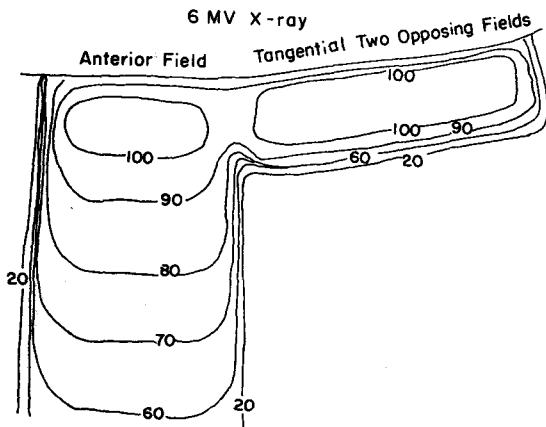


Fig. 8. Summated % depth dose between anterior and two opposing tangential fields by TLD measurement.

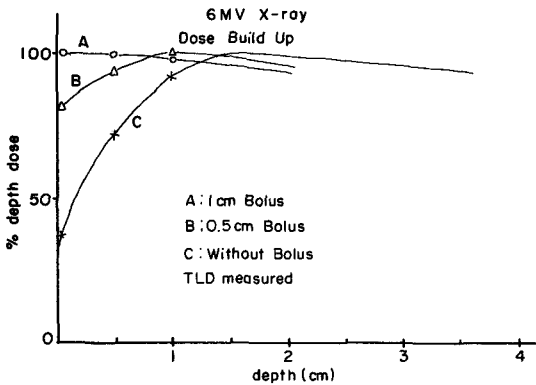


Fig. 9. Change of build up distance according to bolus thickness on 6-MV X-ray.

심선량(mid depth dose)으로 계산 및 치료하였다^{2~5)}. 접선조사시, 반음영의 영향을 줄이기 위하여, 접선조사야를 수직으로 등분한 반조사야(half beam)로 치료하였다^{2,4)}(Fig. 2). 이때 치료기두부(Gantry) 반대측에서 투과된 조사선량의 거의 대부분을 흡수하고, 치료기 두부의 반대측 무게평형을 유지하는 역할을 하는, Beam stopper에 그려지는 그림자(Fig. 7)를 이용하여, 매일 똑같은 환자체위를 정확히 재현시킬 수 있었다.

성 적

조직등가물질로 만든 인체 모형에, 3분조사법을 실시하여 얻은, 확인사진(Fig. 5)을 이용하여, 필름농도계측을 하였으며, 하키스틱조사야와 내외측 접선조사

야 사이의 관계를 조합한 심부선량율은 Fig. 8과 같았다.

6 MV X-선의 최대 build up 거리가 1.5 cm 이므로 여러 두께의 bolus 를 사용할 때에, build up거리 변화를 알아보기 위하여, 열형광측정을 모형에서 실시하여, 관찰한 결과는 Fig. 9와 같았다.

유방부위 진단용 CT사진이나, 유방부위 흉곽단면을 나타내는 윤곽을 작성한 후, 사용 중인 1 cm 두께의 bolus 와 함께 치료계획용컴퓨터로 처리하여 Fig. 6과 같은 등선량곡선분포를 얻었다,

고 찰

방사선치료에 있어서 기술상의 목표는 표적용적(target volume)에 균일한 선량을 조사하면서, 정상조직엔 최소한의 방사선 조사를 하는 데 있다⁶⁾.

돌출한 유방은 늑연골 2~3번째와 6~7번째 사이에 있고, 내측으로는 흉골의 가장자리에서, 외측으로는 액와전방선(anterior axillary line)사이에 위치하며, 유방조직은 쇄골하부에도 얇게 존재한다, 가장 두꺼운 부분은 상외측 1/4부분이며, 때로는 액와부위로 연장되며, 원발암의 병소가 되는 수도 있다⁷⁾. 그리고 유방질환의 방어 관문으로서의 임파절은, 내유임파절, 액와임파절, 쇄골상하임파절로 3대분된다. 이상과 같은 흉벽이나 수술 상처를 포함하는 유방조직과 임파절 영역이 치료의 대상이 된다^{1~5,8,9)}.

방사선치료는 임상적 병기에 따라 치료부위가 달라질 수 있다. 즉 작은 병소가 유두를 중심으로하여 상외측에 있고 액와임파절 전이가 음성이면, 쇄골상와부나 내유임파절은 치료할 필요가 없다¹⁾. 그러나 현실적으로 이런 예는 드물고, 진행되어서야 진단이 되고 수술을 하게 되는 것이 대부분 이므로, 적극적인 치료가 더욱 필요하게 된다.

한편, 주위폐, 중격동구조물, 척수, 기관, 식도 등은 가능한 한 방사선조사야에서 제외 되어야 함이 원칙이다. 또한 3분조사야간의 인접경계는 hot 하거나 cold 하여서는 안되고 균일해야 하는데, 6 MV X-선 같이, 전자선을 이용할 수 없는 단일 고에너지 만으로, 각 부위를 의인성 방사선치료후유증 없이, 중앙치료선량을 치료하기란 딱 어려운 일이다. 그러므로, 유방이나 흉벽은 정상폐를 약 1~1.5 cm 포함시켜 접선조사로 치료하고, 쇄골상와부나 상부액와임파절을 포함한 내유임파절은 하키스틱조사야로 각각 치료하게되며, 상기 중요장기에 가는 선량을 감소시키기 위하여, 치료기의 두

부를 환자의 체격 크기에 따라, 15~30° 병소의 반대측으로 회전시켜서, 조사하고^{6,7)}, 쇄골상와임파절이 표재성임을 고려하여, 하루 건너 간격으로 1 cm 두께의 bolus 를 사용하였다^{3,5)} (Fig. 8). 환자의 체격이 크지 않을 때는 내유입과절을 하키스틱조사야에 포함시키기 보다는, 유방(흉벽)을 치료하기 위한 접선조사야에 포함시키는 것이 편리하였다⁹⁾. 접선조사시 반응영의 영향을 줄이기 위해, 접선조사야를 수직으로 이등분한 1/2 선속만을 사용하였다^{2~4)} 각 조사야 간의 경계 부위에 있어서 상호 중첩으로 인한 hot 부위는, 피부피사, 늑골골절, 또는 섬유화로 인한 미용상의 문제가 초래되고, cold 하면 치료부위 내에서 재발이 된다. 저자들은 인접경계 부위에 적절한 차폐용 block 을 사용하여 (Fig. 2), hot 나 cold 부위 없이 간단하고 정확하게 매일 반복치료할 수 있었다^{6,7)}.

유방암 환자에게 방사선치료가 필요한 이유에 대한 고찰을 하여 보면, Haagensen 은 유방암의 크기와 내유입과절과 액와임파절 전이판계를 조사하고, 각가지 치료예후에 미치는 요소들을 제안하였다^{4,8)}. Paterson 은 많은 예의 근치유방절제술후 환자에서, 방사선치료를 쇄골상와부, 액와부 및 내유입과절 부위에 실시하여, 재발이 감소되었음을 보고하였다^{1,4,8)}. Levitt 등은 유두를 중심으로한 내측 1/4에 위치한 T₁이나 T₂병소중, 액와임파절 전이를 했던 예에서, 내유입과절을 방사선치료함으로써 생존율이 증가됨을 보고하였다^{1,4,8)}. 그러므로 유방부위, 쇄골상와부 및 액와부, 그리고 내유입과절 부위에 대한 방사선치료가 요구되며, 특히 유두를 중시하여 내측에 위치한 유방암이나, 액와임파절 전이가 양성이거나, 유방암병소의 크기가 클 때는, 방사선치료를 수술 전후에 실시함으로써 국소재발율을 감소시킬 수 있음이 밝혀졌다.

Brady 등은 수술후 국소방사선조사가, 무병생존(disease free survival)을 증가시키고, 현존하는 항암약제는, 유방암전이의 임상적 출현을 지연시키는 것이지 결코 억제하지는 못한다고 하였다⁴⁾. 특히 갱년기 이전 환자에서 더 현저하다고 하였다.

Mc Whirter 는 단순유방절제술후 외부방사선치료를 함으로서, 근치적유방절제술만을 했던 경우와 비교해 비슷한 생존율을 보고한 바 있다^{1,4,8)}, 최근엔 Prosnitz 등이 국소적인 유방암에서, 유방절제술 없이 방사선치료 단독 만으로도 수술한 경우와 생존율이나 국소치유율에 있어 차이가 없었다고 보고하였다^{3,5)}. 이 같은 이유로, Halsted 수술의 근본 이론이 흔들리고 있으며, 많은 이들이 어떤 형태의 수술이던 간에, 수술후 방사

선치료를 권장하고 있으나, 이는 국소치료 즉 국소재발율을 감소시키는 데는 효과가 있지만, 생명연장에는 큰 영향을 못하고 있음이 인정되고 있다^{1,4,8)}. 한편, 항암약물치료에 있어서도, 흉벽이나 임파절전이의 지연된 재발로, 초기 항암요법자들의 기세가 꺾이게 되었고, 항암약물요법에 따른 거세현상이 폐경기 이전 환자에서 문제가 되고있다^{1,4,8)}. 결국, 항암약물요법은, 국소재발이나 원격전이의 임상적 출현을 지연시키고, 폐경기후 환자에선 항암약물요법이 흉벽에서의 재발을 감소시키나, 재발율은 아직 높다^{1,4,8)}. 그러므로, 수술후 방사선치료는 계속하여야 한다고 결론지을 수 있겠다^{1,4,8)}. 그렇다면, 예방조치로서의 방사선치료가 좋은지, 임상적 재발이 된 후에 치료하는게 좋으나에, 대한 의견으로는 암의 임상적 발현 이전의 작은 병소는, 방사선치료로 100% 국소치료를 할 수 있으나, 일단 증세가 나타난 질환에선, 약 50%의 치유율 밖에 기대할 수 없고, 국소치료의 지연으로 인한 원격전이의 기회를 증가시킬 수 있으므로, 가능한한 조기에 방사선치료를 하는 것이 권장되고 있다⁹⁾. 일반적으로 단순절제술 후에는, 수술후 2~3주 부터, 근치적절제술 후에는, 4~6주 후에 방사선치료를 시행하고 있다⁹⁾.

잠재성 암병소엔 4,000~5,000 cGy(1,000 cGy/주)로 90% 이상 치료할 수 있으며, 임상적으로 나타난 작은 종괴(2~3 cm)인 경우는, 6,000~7,000 cGy 로 치료할 수 있다³⁾. 현재까지 알려지거든, 선세포암(adenocarcinoma)이나 표피양암종(epidermoid carcinoma)의 방사선감수성은 같은 것으로 알려져있다³⁾. 그리고, 국소치료로 인한 전신치료인 항암약물치료가 지연되어 전이가 증가되었다는 증거는 없었다. 결국 유방암수술후, 흉벽과 국소임파절에, 방사선치료를 함은, 국소재발의 예방과 치료에 제일 중요하고도 효과적이며, 이는 원격전이를 막기 위한 항암약물치료나 홀몬치료 효과를 감소시키지는 않는 것으로 알려져 있다^{1,4,8)}.

결 론

가톨릭의대 방사선치료실에서는 6 MV 선형가속기만을 사용한, 유방암의 방사선치료를 실시함에 있어, 3문조사법을 실시하고 있으며, 이는 쇄골상하임파절, 상부액와임파절 및 내유입과절을 위한 하키스틱조사야와 흉벽이나 유방 그리고 하부액와임파절을 위한 내의측 접선조사로 구성된다.

이들 3문조사를 인체모형에서 실시하고, 필름농도계측 및 열형광농도계측을 하여 3문조사 상호간의 선량

분포를 측정하였다. 그리고, 차폐용 block 을 적절히 사용함으로써, 각 조사야 경계 부위에서의 hot 나 cold 한 부위 없이 치료할 수 있었다.

수술상처 부위나 쇄골상외부 처럼 표재성 병변부위 엔 1 cm 두께의 bolus 를, 격일 마다 사용하여 치료함으로써, 충분한 중앙치료선량을 치료할 수 있었다.

이상의 결과를 치료계획용컴퓨터를 이용하여 만족한 등선량분포곡선을 확인할 수 있었다.

REFERENCES

1. Bedwineck J: *Adjuvant irradiation for early breast cancer, An on-going controversy. Cancer* 53:729-739, 1984.
2. Montague ED, Tapley Nd, Spanos WJ: *Treatment technique depending on tumor extent in cancer of the breast In Technical basis of radiation therapy, practical clinical application, SH Levitt and Nd Tepley(Eds), Lea & Febiger, pp 228-243, 1984.*
3. Prosnitz LR, Goldberg IS: *Radiation therapy as primary treatment for eary stage carcinoma of the breast. Cancer* 35:1587-1596, 1975.
4. Moss WT: *Mammary carcinoma In Modern radiation oncology, classic literature and current management. HA Gilbert & AR Kagan(Eds), Medical department Harper & Row, Publishers Inc. pp343-356, 1978.*
5. Prosnitz LR, Goldenberg IS, Packard RA, et al.: *Radiation therapy as initial treatment for early stage cancer of the breast without mastectomy, Cancer* 39:917-923, 1977.
6. Lichter AS, Fraass BA, Geijn JVD, et al.: *A technique for field matching in primary breast irradiation. Int J Radiation Oncology Biol Phys, Vol. 9, 263-270, 1983.*
7. Siddon RL, Buck BA, Harris JR, et al.: *Three field technique for breast irradiation using tangential field corner blocks. Int J Radiation Oncology Biol Phys Vol. 9, 583-588, 1983.*
8. Harris JR, Hellman S: *The role of radiation therapy in the management of locally advanced carcinoma of the breast. Cancer* 53:7588-761, 1984.
9. 박정희, 김귀언, 이도행 등 : 유암의 방사선치료. 대한방사선의학회지, Vol. XVIII, No. 1, 183-190, 1982.