Electron therapy에서의 dose distribution에 관한 연구

인제대학교 부산 백병원 방사선 종양학과

제재용 · 박철우 · 진성진 · 박은태

임상에서 일반적으로 행하여지는 전자선은 피부암과 유방암, 두 경부 등의 다양한 부위의 치료에 사용되어진다. 본 연구에서는 6 MeV에서 bolus 사용 시 source surface distance (SSD) setup과 source bolus distance (SBD) setup에 따른 선량분포를 비교하였고 electron field 내에 nipple이 존재하는 경우의 전자선 dose 분포, 그리고 광자선과 전자선을 같이 사용할 경우 junction 부위에서의 dose 분포를 비교하였다. 이러한 모든 실험은 파라핀 phantom과 acryl, film을 이용하여 dosimetry를 시행하였고 임상에서와 같은 조건으로 setup 한 후 전자선 선량 분포를 확인하였다. Bolus 사용 시의 SSD setup과 SBD setup의 경우 8%의 선량분포 차이를 보였다. Nipple이 존재하는 field 내에서는 nipple 만큼 bolus를 제거하여야 균일한 선량 분포를 얻을 수 있음을 확인하였다. 또한 광자선과 전자선을 동시에 사용하는 경우에서는 전자선 field 전체에 bolus를 사용할 때 hot spot과 cold spot을 줄이는 효과를 얻을 수 있었다.

중심단어: SBD (source bolus distance), electron field, nipple, bolus

서 론

방사선 치료에 있어 전자선은 임상에서 피부암 치료와 유방암 그리고 두 경부 등 다양한 부위의 치료에 사용되어진다. 전자선은 임상에서 4 ~ 50 MeV의 다양한 에너지가 사용되어지고 있으며 일반적으로 방사선 치료에 있어 상대적으로 높은 surface dose와 작은 depth에서의 급격한 dose falloff를 가지는 depth dose 곡선을 가지고 있다.[1-3] 유방암의 경우 주로 6 ~ 9 MeV의 energy로 치료되며 일부 환자에 대하여 bolus가 함께 사용되어지고 있다. 전자선 치료에 있어 bolus는 3가지 목적을 가지고 사용한다. 첫째는 환자의 surface dose를 증가시키기 위함이고 둘째는 surface의 irregularity와 내부의 internal heterogeneity를 보정하기 위해 사용하고 셋째로 조직 내에서 전자선의 penetration을 감소시키기 위해 사용되어진다.[4-6] 그러나 이러한 bolus를 사용할 때 bolus 아래의 선량분포, 전자선과 광자선의 junction 아래의 선량분포, setup과 관련한 data는 많으나 검정이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 bolus 사용 시의 setup에 따른 선량분포 차이와 유방암 치료에 있어 nipple이 있는 경우 전자선의 선량분포, 전자선과 광자선을 같이 사용할 때 junction 아래의 선량분포를 비교, 검증하였다.

재료 및 방법

1. SSD & SBD setup에 따른 선량분포

SSD(source to surface distance) setup과 SBD(source to bolus distance) setup의 전자선 분포를 비교하기 위해 지름이 20 cm인 반구형 파라핀 phantom을 2개 제작하였다. 사용 한 파라핀의 밀도는 0.863 ~ 0.877 g/cm^{3}이며 물과 밀도적인 면에서 다소 차이는 있으나 제작이 용이하기에 고형인 파라핀을 녹여 원하는 모양과 크기로 제작하였다. 제작된 파라

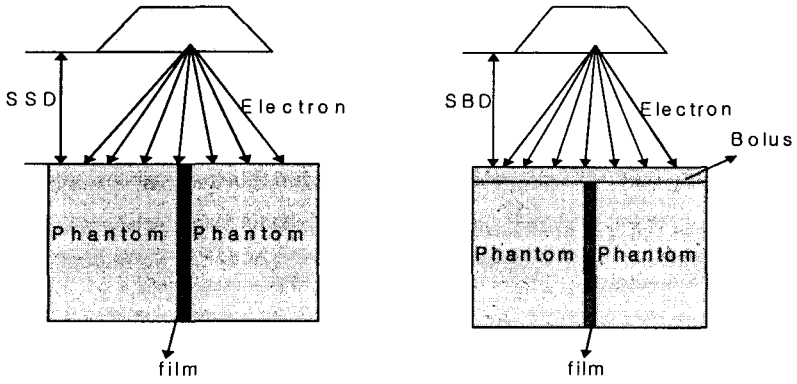
괸 phantom 사이에 압착용 보조기구를 이용하여 film (100 NIF, Kodak, France)을 삽입하고 air gap을 없앤 후, beam 중심축과 수평한 방향으로 놓은 후 6 MeV 전자선 20 MU를 조사하였다. fig. 1은 실험 setup을 보여주고 있으며 a는 SSD setup, b는 SBD setup으로 맞추었을 때의 단면도를 보여주고 있다. SSD set up의 경우 source에서 phantom surface까지의 거리가 100 cm이 되도록 setup 하였으며 SBD set up의 경우는 phantom 위에 1 cm의 bolus를 얹히고 bolus surface까지의 거리가 100 cm이 되도록 설정하였다. 전자선 조사가 완료되면 film을 현상하여 그 선량 분포를 비교하기 위해 film 스캐너를 사용하여 digital화 시키고 photoshop (version 7.0, Adobe, USA) software를 사용하여 image density에 따른 선량 분포곡선을 얻었다.

2. Nipple의 전자선 선량 분포

Electron field 내에 nipple이 존재하는 경우에 nipple 위에 bolus가 있을 때와 nipple 만큼 bolus를 제거하였을 때의 선량 분포를 서로 비교하였다. 이를 위해 nipple과 유사한 형태를 1 cm 두께의 아크릴을 사용하여 정육면체 형태로 제작하였다. fig. 2는 nipple의 전자선 선량분포 실험의 setup에 관한 단면도이다. fig. 2의 a에서 보는 바와 같이 SSD 100 cm setup에서 1 cm의 정육면체 아크릴을 phantom의 표면위에 올려놓고 전자선 20 MU를 필름에 조사하였다. 그 다음 fig. 2 b에서 보는바와 같이 a와 같은 set up에서 nipple 크기만큼 bolus를 제거한 후 동일한 양의 전자선을 조사하여 선량분포를 얻었다.

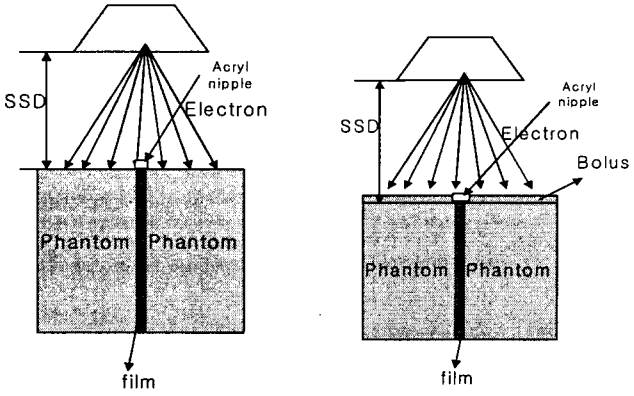
3. 광자선과 전자선 junction 선량 분포

fig. 1 a과 같은 set up에서 필름의 중앙을 기준으로 광자선과 전자선의 junction을 나누었다. 그런 다음 film의 한쪽 반에는 광자선을 조사하고 나머지 반에는 전자선을 조사하였다. 여기에 전자선 조사 영역에 bolus를 사용할 때와 사용하지 않았을 때의 선량 분포를 획득하였다. 또한 bolus를 사용하는 경우에 전자선 field 내의 일부분에만 bolus를 사용한 경우와 전자선 field 전체에 bolus를 사용하였을 때의 선량 분포를 획득하여 bolus 사용 유무에 관한 junction 아래의 선량 비교와 bolus 사용에 있어 일부 field에만 사용되는 경우와 전체 field에 사용되는 경우의 선량 분포를 비교, 분석하였다.



a. SSD set up　　b. SBD set up

fig. 1. The SSD & SBD experimental set up



a. non bolus set up b. use of bolus set up

fig. 2. The Nipple & bolus experimental set up

결 과

본 연구에서는 전자선 사용 시의 SSD & SBD set up에 따른 선량분포, 전자선 field 내에 nipple이 존재하는 경우의 bolus 사용에 따른 선량 분포, 그리고 광자선과 전자선 junction 아래의 선량 분포를 비교하였다.

1. SSD & SBD set up에 따른 선량분포

fig. 3 에는 SSD와 SBD set up에 의한 전자선의 선량 분포가 나타나 있다. fig. 3 a는 phantom의 surface에 SSD 100 cm을 맞추어 set up하여 얻어진 선량 분포이고 b는 bolus를 phantom 위에 얹힌 다음 bolus 표면에 SSD 100 cm를 맞추어 얻어진 선량분포이다. fig. 3 b에 나타나 있는 바와 같이 2 cm depth에서의 선량 분포가 감소해 있음을 알 수 있다.

a. SSD 100Cm b. SBD 100Cm

fig. 3. The dose distribution of setup difference

2. Nipple의 전자선 선량 분포

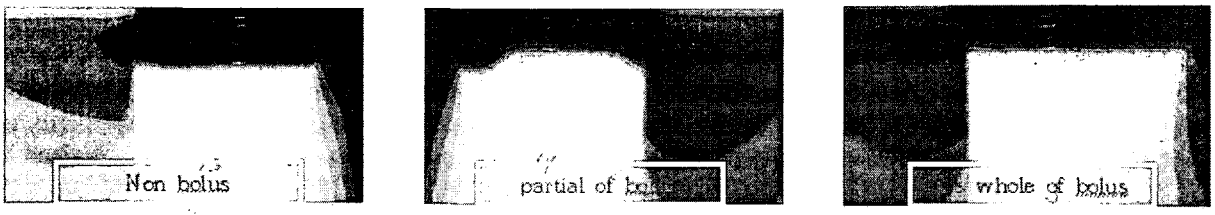
fig. 4 에는 전자선 field 내에 nipple이 존재할 경우 nipple 아래의 선량 분포를 보여주고 있다. fig. 4 a는 bolus를 사용하지 않았을 때의 선량분포이고 b는 nipple 크기만큼 bolus를 잘라내고 얻어진 선량분포이다. fig. 4 에서 보는 바와 같이 nipple 크기만큼 bolus를 잘라낸 경우에 균일한 선량분포를 가짐을 알 수 있다.

a. non bolus b. use of bolus

fig. 4. The dose distribution in case of being

3. 광자선과 전자선 junction 선량 분포

fig. 5 에는 광자선과 전자선을 함께 사용하였을 경우 junction 아래의 선량 분포를 나타내고 있다. fig. 5 a는 전자선 field에 bolus를 사용하지 않고 얻어진 선량분포가 나타나 있으며 b에서 bolus를 전자선 field 내의 일부분에만 사용하여 얻어진 junction 아래의 선량분포이다. fig. 5 c는 전자선 field 전체에 bolus를 사용하여 얻어진 선량분포를 나타내고 있다. fig. 5에서 보는 바와 같이 bolus를 사용하지 않았을 때는 junction 아래에 cold spot 영역과 hot spot 영역이 크게 나타나고 있음을 알 수 있고 부분적으로 bolus를 사용하는 것 보다 전자선 field 전체에 bolus를 사용하는 것이 junction 아래의 cold spot 영역과 hot spot 영역이 적게 나타남을 알 수 있다. 즉, 전자선 field 전체에 bolus를 사용하는 것이 homogeneous한 선량 분포를 얻음을 알 수 있다.



a. non bolus b. the partial of 1Cm bolus c. the whole of 1Cm bolus

fig. 5. The dose distribution under junction area

결론 및 고찰

본 연구에서는 전자선 사용에 따른 몇 가지 선량분포를 비교 하였다. 먼저 SSD 와 SBD set up에 따른 선량분포를 얻은 결과 fig. 3에 나타난 바와 같이 SBD set up으로 인해 SSD의 거리만큼 선량이 감소 해 있음을 알 수 있다. 이는 bolus 사용에 있어 정확한 선량을 원하는 지점에 조사하기 위해서는 SBD set up이 아닌 SSD set up이 이루어져야 한다는 것을 검증한 것이다. 또한 얻어진 data를 분석해 본 결과 SBD set up이 SSD set up에 비해 같은 depth에서 8% 낮은 선량분포를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

전자선 field 내에 nipple이 존재할 때 선량분포를 얻은 결과 fig. 4에 나타난 바와 같이 nipple 크기만큼 bolus를 제거한 경우에 균일한 선량분포곡선을 나타내는 것을 알 수 있었다. nipple이 electron field 내에 있으면 nipple의 전자선 흡수로 인해 nipple 아래의 선량분포에서 cold spot이 발생하기 때문에 nipple 크기만큼 bolus를 제거해 주어야 한다. 또한 광자선과 전자선을 함께 사용할 때의 junction 아래의 선량분포를 얻은 결과 fig. 5 c에 나타난 바와 같이 bolus를 전자선 field 전체에 사용하는 것이 균일한 선량분포를 얻고 hot spot과 cold spot 영역을 최소화 시키는 결과를 가져옴을 알 수 있다. 즉 fig. 5 a는 bolus를 사용하지 않았을 때의 선량분포곡선으로 phantom 표면 아래의 junction 부위 선량분포곡선에서 cold spot영역이 나타나고 최대선량 점에서의 hot spot 영역이 나타나며 최대선량지점 아래에서는 또 다른 cold spot 영

역을 나타내어 전체적으로 불규칙한 선량분포곡선을 나타내고 있음을 알 수 있었다. fig. 5의 b와 c를 비교해보면 b는 bolus를 전자선 field의 일부분에만 사용하여 bolus가 없는 junction의 phantom 표면아래에는 cold spot 영역이 나타남을 알 수 있다. 이러한 결과로 볼 때 광자선과 전자선을 함께 사용할 때에는 c처럼 bolus를 전자선 field 전체에 사용하는 것이 homogeneous한 선량분포가 나타내게 되며 이러한 bolus의 사용방법에 따라 전자선의 선량분포곡선은 다양한 변화를 나타내며 본 실험의 결과를 바탕으로 전자선치료가 이루어진다면 더 효과적인 전자선 치료가 이루어질 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Prasad S.C., Bedwinek J.M, Gerber R.L, Lung dose in electron beam therapy of chest wall, Acta Radiol. Oncol. 22:91-5, 1983

2. ICRU report 35, Radiation dosimetry: Electron beams with Energies between 1 and 50 MeV. Bethesda ; ICRU , 1984

3. Kelvienhagen S.C. Physics of electron beam therapy. Bristo Adam Hilger. Ltd., in collaboration with the hospital physicist association, 1985

4. Khan, F.M. The physics of radiation therapy. Bltimore, Williams & Wilkins ; 1984

5. Chang, F., Chang, P. Benson, K. , Study of elasto-gel pads used as surface bolus material in high energy photon and electron beams, Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 22:191-3; 1992

6. Low, P.A., Starkschall, G. Bujnowski, S.W., Electron bolus design for radiotherapy treatment planning. Bolus design algorithm, Med. Phys. 19:115-24;1992

7. the physics of radiation therapy, second edition, FAIZ M.KHAN, Ph.D.

Research of 6Mev electron dose distribution

Department of Radiation Oncology, Pusan paik hospital,
Inje University School of Medicine, Pusan, Korea
Jae Yong Je, Chul Woo Park, Sung Jin Jin, Eun Tae Park

Electron is used for the treatment of skin cancer, breast cancer, and head and neck cancer in clinic. Our study is performed to check the isodose distribution in source surface distance(SSD) and source bolus distance(SBD) setup, nipple influence to isodose distribution of electron, junctional area isodose variation of photon and electron field. Dosimetry is carried out with phantom, acryl, and film as the same condition of treatment setup. 8% of isodose difference is noted with the surface distance(SSD) and source bolus distance(SBD) setup. To reduce the influence of nipple, corresponding volume of bolus should be removed. And bolus covering all the electron field reduced hot and cold spot of junctional area of photon.