

Age diffusion model 을 이용한 전자선량 분포에 대한 연구

김성현, 서태석, 나유진*
 가톨릭 대학교 의과대학 의공학교실
 *가톨릭 대학교 의과대학 생체의공학 연구소

A Study on the Electron Beam Distribution based on Age-diffusion Model

S. H. Kim, T. S. Suh, Y. J. Na
 Dept. of Medical Eng., College of Medicine, Catholic University
 *Research Institute of Biomedical Eng., College of Medicine., Catholic University

ABSTRACT

In this paper, a two-dimensional electron beam dose calculational algorithm implented for use in a two-dimensional radiation therapy planning system is described. The 2-D electron beam calculations have been in use clinically for a few decades. Our algorithm uses Age-diffusion model based on the Boltzman Transport Equation. Our implementation provides convenient user interface associated with electron beam therapy planning and displays radiation dose distribution according to different electron energy on patient images.

Key Words : Radiation therapy planning, Age-diffusion model, electron beam therapy planning.

고려하면서 치료부위를 균질한 조직으로 가정하고 < 식 1>과 같은 전자선량 분포 알고리즘을 이용하여 Windows95 환경에서 Visual C++ 5.0 을 이용하여 프로 그램화 하였다.

$$D(x, y, z) = \frac{D_0}{2} \left[\operatorname{erf} \left(\frac{X_0(z) - x}{2\sqrt{k\tau}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{X_0(z) + x}{2\sqrt{k\tau}} \right) \right] \\ \times \left[\operatorname{erf} \left(\frac{Y_0(z) - y}{2\sqrt{k\tau}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{Y_0(z) + y}{2\sqrt{k\tau}} \right) \right] \\ \times \cos \left[G_1 \left(\frac{z}{R_p} \right)^2 + G_2 \left(\frac{z}{R_p} \right) + G_3 \right] \\ \times \exp \left[- \left[\left(\frac{2\pi}{3} \right) (k\tau)^{\frac{1}{2}} \right]^2 \times \left(\frac{F}{F+z} \right) \right]$$

< 식 1 > Age diffusion model 에 의한 선량값.

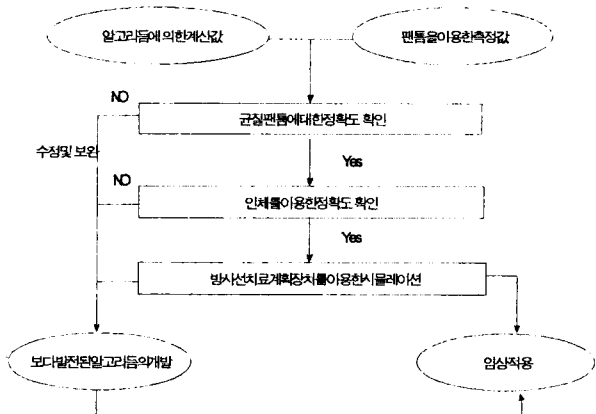
서 론

방사선 치료를 위한 전자빔의 사용은 깊은 곳까지 방사선의 투과가 필요 없는 경우에 흔하게 사용되는 치료의 한 형태이다. 전자빔의 제한된 투과성 때문에 종양의 방사선치료에 있어서 폭넓게 사용되고 있으며 보다 정밀하고 임상에 적합한 전자빔 알고리즘이 개발되고 있다. 본 연구에서는 Kawachi 에 의해 제시되었던 Age-diffusion model 의 수정된 모델을 이용하여 전자선량 분포곡선을 컴퓨터 단층촬영(CT) 영상위에 구현하였다. 이 모델은 기체의 확산 연구에 이용되는 볼츠만 수송 방정식을 응용한 모델로써 확산 현상은 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하는 것이며, 하전입자의 성질도 이와 유사하다는 관점에서 고안되었다. 이 방법은 다소 오차는 있지만 임상에 적용되었던 바가 있으며 팬텀을 통한 측정데이터와 계산값을 상호 비교함으로써 균질한 매질에 대하여 다소 정확한 결과를 나타냄을 확인하였다. 본 연구의 목적은 전자선량 분포를 쉽게 확인할 수 있도록 팬텀 컴퓨터를 이용하여 사용자 인터페이스를 구축하고 환자영상위에 선량분포를 구현하는 것이다.

본 론

본 연구에서는 선형가속기의 기하학적인 관계를

전체적인 연구과정은 아래의 모식도와 같이 균질한 팬텀을 이용한 측정값과 알고리즘에 의한 예측값의 비교를 통하여 임상에 적용 가능한지를 판단하였다. 임상에 적용 가능한 팬텀 알고리즘등의 지속적인 연구가 이루어 지고있다.



<모식도 1> 전자선 알고리즘 개발을 위한 모식도.

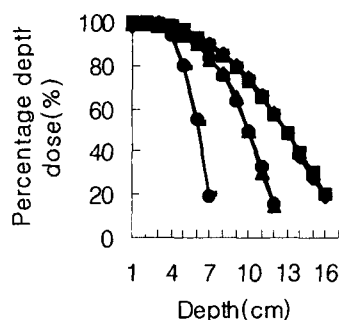
1. 깊이에 따른 선량 분포.

각 에너지에 따른 파라미터값을 측정데이터로부터 <표 1>과 같이 구하였으며 10cm X 14cm 빔에 대한 결과는 <그림 1>과 같다. <그림 1>은 15, 25, 35MeV 에 대한 측정값과 예측값의 좋은 일치성을 보여주고 있다.

<표 1>. 각 에너지에 따른 Parameters

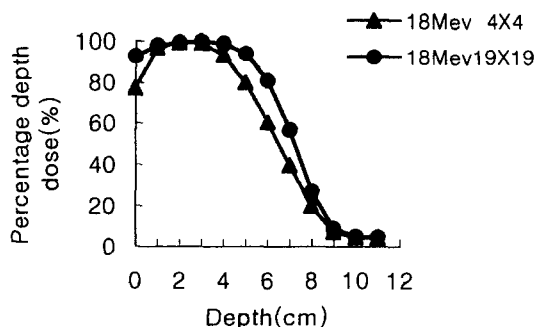
Energy	G ₁	G ₂	G ₃
40 MeV	0.236	1.682	-0.432
35 MeV	0.444	1.416	-0.366
30 MeV	0.601	1.263	-0.379
25 MeV	1.339	0.527	-0.311
20 MeV	1.512	0.369	-0.356
15 MeV	1.998	0.006	-0.343
10 MeV	1.917	0.226	-0.555
5 MeV	2.458	-0.472	-0.815

*R_p = 0.521E₀ - 0.376



<그림 1>. 15, 25, 35MeV 전자빔의 측정값과 예측값의 깊이에 따른비교

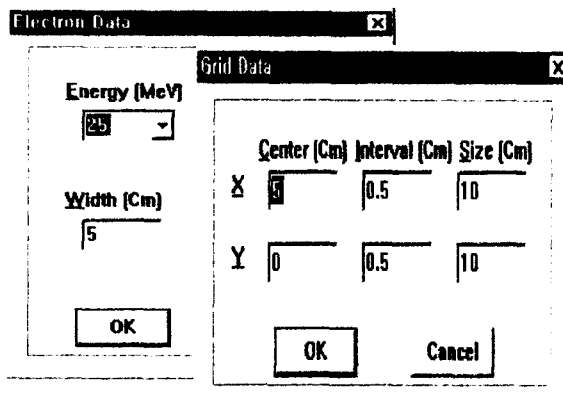
비슷하게 조사면 크기에 대해서도 선량의 분포가 깊이에 따라 다를 수 있었다.



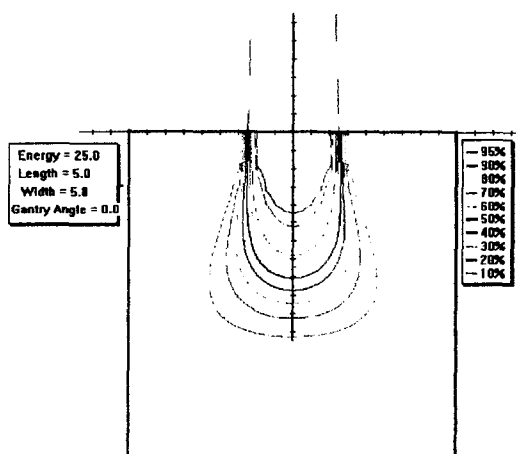
<그림 2>. 18MeV 전자빔의 조사면 크기에 따른 중심축 선량곡선.

2. 선량분포 곡선과 사용자 인터페이스

그림 3 과같이 사용자 인터페이스를 통하여 5, 10, 15, 20, 25 MeV의 에너지를 선택할 수 있으며 치료계획의 최적화를 위하여 조사면 크기, 갱트리 위치, 그리드 설정등을 할 수 있게 하였다. 사용자 인터페이스를 통한 Age-diffusion model의 무한 팬텀내에서의 선량분포곡선은 그림 4 와 같다.



<그림 3>. 사용자 인터페이스 테이블



<그림 4>. 25MeV의 선량분포 곡선

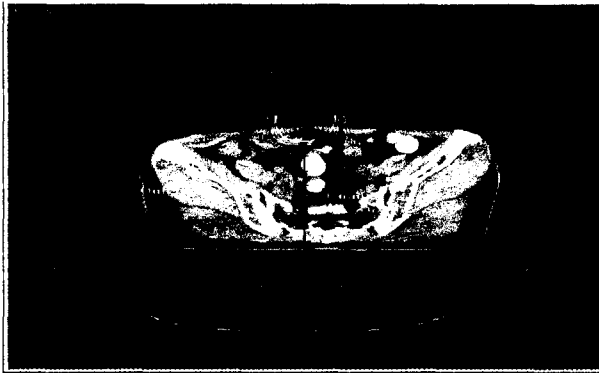
결과 및 고찰

본 연구에서는 Mini-PACS 시스템을 이용하여 환자의 CT 영상정보를 직접 치료계획장치에서 전송받아 CT 영상위 병소부위에 전자선량 분포를 확인할 수 있는 전자선치료계획을 가능하게 하였다. Age-diffusion model에 따른 전자선량분포는 <그림-5, 6, 7>과 같이 5, 15, 20MeV로 에너지가 커짐에 따라 예측한대로 투과력의 심도가 깊었으며, 좌우 퍼짐은 적게 나타나면서 대칭을 이루었다. Age-diffusion model은 균질조직에 대해서는 좋은 결과를 나타냄을 알 수 있었으며 비균질

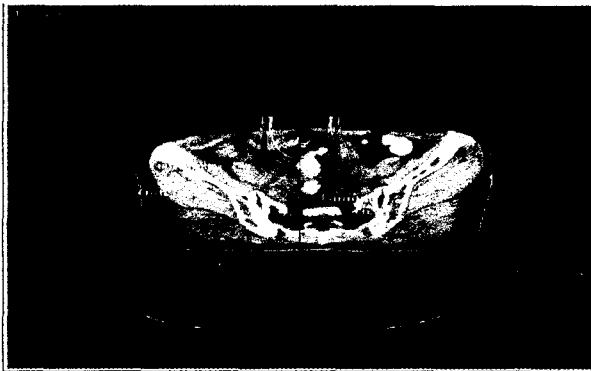
해서는 좋은 결과를 나타냄을 알 수 있었으며 비균질 조직에 대한 연구도 계속 되어야 할 것이다.

최근들어 펜실빙 모델 및 몬테칼로 방식에 의한 전자 선량계산법이 연구되고 있으며 일부 연구결과가 임상에 응용되고 있다.

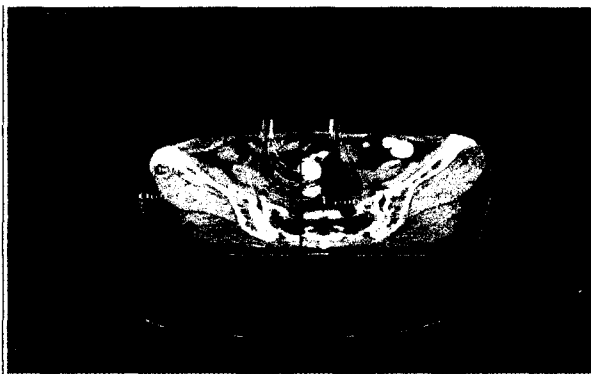
을 수립할 수 있는 파일럿 형태의 컴퓨터 치료계획시스템이 개발되었으며 개발된 선량계산 알고리즘 및 사용자 인터페이스는 전자선 치료계획을 쉽게 할 수 있는 가능성을 제시해 주었다.



<그림 5>. CT 영상위에 나타난 5MeV 전자선량 분포.



<그림 6>. CT 영상위에 나타난 15MeV 전자선량 분포.



<그림 7>. CT 영상위에 나타난 20MeV 전자선량 분포.

참고문헌

1. Berger, M.J., and Seltzer, S.M., 1969, Ann.N.Y.Acad.Sci., 161,8.
2. Dahler, A., Baker, A.S., and Laughlin, J.S., 1969, Ann.N.Y. Acad.Sci., 161,198.
3. Kawachi, K., 1975, Phys.Med.Biol., 20,571.
4. Suntharalingam, N., and Steben, J.D., 1977, Med.Phys.4, 134.
5. Tapley, N., 1973, in Textbook of Radiation Therapy, Ed.G. H.Fletcher (Philadelphia: Lea Febiger) p.45.
6. Leetz, H.K., 1976., Physics in Canada, 32, 23.5(digest), and private communication. Lillicrap, S.C., Wilson, P., and Boag, J.W., 1975, Phys.Med.Biol., 20,30.
7. Rectal IORT cone 의 선량분포에 관한 연구. 의학물리 3:45-51(1992)

결 론

Age-diffusion model 을 이용하여 전자선치료계획