

새로 개발된 Multi-leaf Collimator의 기계적 동작특성

장혜숙, 최은경, 허수진, 이상훈*, 이병용
서울중앙병원 방사선 종양학과 울산대학교 의과대학 치료방사선과학 교실, * 경기대 물리학과

The Mechanical characteristics of newly developed Multileaf Collimator

H.Chang, E.K.Choi, S.J.Huh, S.H.Lee^{*}, B.Y.Yi

Department of Radiation Oncology, Asan Medical Center college of medicine University of Ulsan

* Department of Physics, University of Kyonggi

ABSTRACT

We have developed the prototype Multi-leaf Collimator(MLC) for medical linear accelerator. In this study, we have examined the mechanical characteristics of newly developed multileaf collimator. The leaf movement in clinical situation and the modification of accessories is good, such as the block tray mount and the wedges, due to the new MLC installation are efficient.

But it was that bolts and nuts for the leaf control should have better performance.

이면서 치료면의 모양이 변화하는 dynamic arc 가 가능해지기 때문에 단순히 block을 대체하는 것보다 큰 이득이 있다. 더구나 isocenter에서 MLC 바닥까지의 거리가 더 길어지므로 non-coplanar 치료의 범위가 넓어지게 된다. 최근에는 intensity modulated conformal therapy 가 소개되고 있어서 MLC의 임상 응용 범위는 점차 확대 되어가고 있다. 이런 모든 목표가 MLC를 이용하여 적절히 달성되기 위하여는 MLC의 기계적, 전자적 특성을 명확히 이해해야 하고, 방사선 물리학적 특성, 즉 방사선 선량 분포 특성연구가 선행되어야 한다. 본 연구는 본 교실에서 개발한 MLC의 기계적 특성에 관한 연구이다.

서론

Multi-leaf Collimator(MLC)는 입체조형치료를 위한 필수장비로 1980년 Matsuda¹⁾가 컴퓨터로 제어되는 초보적인 MLC를 발표한 이래 많은 발전이 있어서 실용화가 되고 있으며, 최근까지 활발한 연구개발이 진행되고 있다.²⁾ 국내에서는 본 교실의 안승도³⁾, 이병용⁴⁾, 장혜숙⁵⁾ 등이 MLC 개발을 위한 기초연구 및 제작에 관한 연구를 수행하였으며, 현재 거의 완성단계에 있다.

MLC의 임상 사용 목적은 크게 두가지로 나누어 생각할 수 있다. 첫째는 기존의 Conventional block을 대체하는 것이고, 둘째 목적은 MLC를 이용하여 conformal therapy를 가능하게 하는 것이다. MLC를 이용함으로써 치료시간을 줄일 수 있고 여러방향에서 치료하는 multiple field 또는 기계가 움직

재료 및 방법

1. 구동장치 부착 및 확인

제작된 MLC의 기계장치와 제어장치가 적절히 결합되어 리니악에 부착된 상태에서 leaf의 제어가 계획대로 되고 있는지, 제어된 위치가 isocenter면에서 정확히 일치하고 있는지, 구동모터의 능력이 충분하여 마찰력을 이겨내고 있는지 등을 종합적으로 평가하였으며, 치료 위치의 변화에 따라 즉, gantry 각도와 collimator 각도의 변화에 따라 leaf의 이동속도가 일정하며, 상호 간섭이 있는지 여부도 확인하였다.

선형가속기에 MLC 및 제어부가 부착되게 되면 약 80kg의 부하가 걸리게 되는데, 이는 gantry의 회전모멘트에 영향을 주어 원활한 회전이 방해될 우려가 있으므로 토오크의 균형을 위해 반대편에 counter weight을 고려하였다. 또한 이로 인하여 MLC는 기존의 선형가속기에 부착하도록 설계되어

있는 만큼 가속기에 대한 최소한의 변형은 불가피 해진다.

MLC의 leaf는 single focussing인 관계로 leaf의 움직임에 따라 penumbra가 변할수 있고, 이 문제를 막기 위해서 leaf의 앞쪽 끝은 round end로 만들었다. leaf의 위치에 따라 방사상으로 퍼져가는 방사선의 특성상 leaf의 움직임이 isocenter 면에서의 leaf 그림자와 정확히 일치하지 않게 된다. 이 문제의 해결을 위하여 leaf의 움직임을 isocenter에서의 그림자 길이에 대한 함수로 계산하여 control용 program 작성에 도움이 되도록 하였다.

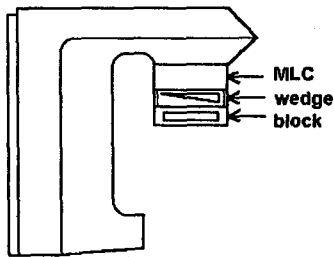


그림.1. 기존 선형가속기의 MLC 를 포함한 gantry모양
Fig.1. Schematic diagram of Linear accelerator including MLC

2. wedge 및 accessory design

wedge는 방사선 치료에 있어서 중요한 도구의 하나로 일반적으로 리니악 구입시에 함께 공급되고 있다. 그러나, MLC를 사용하게 되면 그림.1.에서 보듯이 wedge가 장착될 부분에 MLC가 장착되므로 wedge mount를 새로 제작하였고, 위치가 변하므로 wedge도 새로 만들었다.

결과 및 논의

1. 구동장치 부착 및 확인

제작된 MLC 기계장치에서 motor 및 기타 control용 board를 배열하고 동작시켰을때, leaf의 움직임은 원활하였다. 또한, 구동이 없는 상태에서의 방사선 조사를 통해 leakage 및 transmission성능 검사를 실시하였다.

MLC는 double focussing이 가장 이상적이며, 본 연구에서와 같이 single focussing인 경우는 leaf의 끝을 반듯하게 할 경우 penumbra가 field size에 따라서 크게 변할 수 있다는 문제가 있으므로 leaf의 끝 모양을 round end로 하였다. leaf의 움직임과 leaf가 그리는 그림자는 leaf의 round end 모양으로 인하여 비례관계가 성립하지 않는다. 계산에 의하면 isocenter 면에서 d cm 만큼 열고자 할때 leaf가 움직인 거리 T 는

$$T = \frac{d}{100} (SDD - \frac{2}{3} L) + (\sqrt{1 + \frac{d^2}{10000}} - 1)r$$

이 되어야 한다. 단, SDD는 그림.2. 에서와

같이 MLC 아래부분 까지의 거리이고, L은 leaf의 두께이며, r은 round end의 반지름 (49 cm)이다.

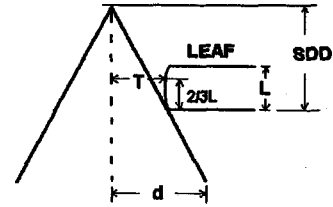


그림.2. leaf의 움직임(T)과 field size(d)와 의 관계

Fig.2. Relation-ship between leaf movement(T) and field size(d)

표.1. 은 round end효과를 고려한 경우와 고려하지 않은 경우의 leaf 움직임의 거리 T에 대한 표이다. 표와 그림에서 알 수 있듯이 d가 크지 않을때는 그 차이가 미미하지만 d가 커져서 10~20cm 부근에서는 무시할 수 없는 값이 됨을 알 수 있다.

표.1. round end 를 고려한 leaf의 움직임의 차이

Table.1. leaf movement for single focussing

isocente r에서의 field(d)	-10	-5	0	5	10	15	20
round end를 고려하지 않을때	-4.975	-2.497	0	2.503	5.025	7.58	10.2
round end고려 할때	-5	-2.5	0	2.5	5	7.5	10
차 이	0.025	0.003	0	0.003	0.025	0.08	0.2

2. wedge 및 accessory design

본 연구에서는 한 종류의 wedge을 이용하여 MLC사용 여부에 따라 방향만 바꾸어 부착할 수 있도록 고안하였다.(그림.3.) 또한, 새로 제작되는 wedge는 네 방향 모두 사용할수 있어서 임상응용의 폭이 훨씬 넓어질 수 있도록 고안하였다.

새로 개발된 Multi-leaf Collimator의 기계적 동작특성

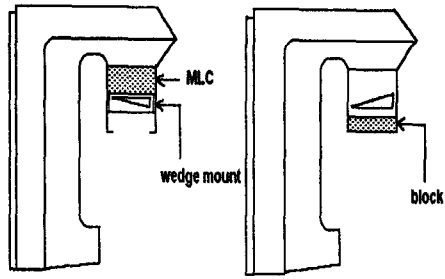


그림.3. MLC 또는 block 사용에 따르는 wedge 이용

Fig.3. Application of the wedge and the block for MLC

3. 개선사항, 볼트, 너트 등

볼트와 너트는 모터의 동력을 leaf로 전달하는 중요한 역할을 하는 부분이다. 그러나, 제작된 나사의 나사산이 충분히 깊지 않았고, 산의 모양이 고르지 않아서 골과 산의 접촉이 면 접촉이 아닌 점접촉으로 이루어지고 있어서 마모가 일어났다.

결론

새로 제작된 MLC의 기계적 동작을 임상응용에 가능하였으나, 볼트, 너트등의 개선이 필요하였다.

참고문헌

1. Mastuda T : Computer controlled multileaf conformation radiotherapy, In proceedings of the 7th Int. Conf. on Computers in Radiation Therapy 302, 1980
2. Maughan RL, Powers WE, Blosser GF, Blosser EJ and Blosser HG : Radiological properties of prototype multi-rod collimator for producing irregular fields in photon radiation therapy. Med. phys. 1995;22(1) : 31-36
3. 안승도 : 치료조사면 유형분석을 통한 적정 다엽콜리메이터 규모에 관한 연구, 울산대학교 대학원 석사학위 청구논문, 1993.
4. 이병용, 조병철, 장혜숙 : Multileaf Collimator의 적정 폭에 관한 연구, 의학물리 1994;5(2) : 49-55
5. 장혜숙, 이병용, 조병철 : 불균일 폭분포를 갖는 Multileaf collimator 설계에 관한 연구, 의학물리 1994; 5(2) : 45-48