

치료조사면 및 블록 유형분석을 통한 적정 다엽 콜리메이터 규모에 관한 연구

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 치료방사선과학교실

안승도 · 양광모 · 이병용 · 최은경 · 장혜숙

= Abstract =

Analysis of Radiation Field and Block Pattern for Optimal Size in Multileaf Collimator

Seoung Do Ahn, M.D., Kwang Mo Yang, M.D., Byong Yong Yi, PHD.
Eun Kyong Choi, M.D. and Hye Sook Chang, M.D.

*Department of Therapeutic Radiology, Asan Medical Center, College of Medicine,
University of Ulsan, Seoul, Korea*

The patterns of the conventional radiation treatment fields and their shielding blocks are analysed to determine the optimal dimension of the MultiLeaf Collimator (MLC) which is considered as an essential tool for conformal therapy. Total 1169 radiation fields from 303 patients (203 from Asan Medical center, 50 from Baek Hosp and 50 from Hanyang Univ. Hosp.) were analysed for this study. Weighted case selection treatment site (from The Korean Society of Therapeutic Radiology 1993). Ninety one percent of total fields have shielding blocks. Y axis is defined as leaf movement direction and it is assumed that MLC is installed on the cranial-caudal direction. The length of X axis were distributed from 4cm to 40cm (less than 21cm for 95% of cases), and Y axis from 5cm to 38cm (less than 22cm for 95% of cases). The shielding blocks extended to less than 6cm from center of the field for 95% of the cases. Start length for ninety five percent of block is less than 10cm for X axis and 11cm for Y axis. Seventy six percent of shielding blocks could be placed by either X or Y axis direction, 7.9% only by Y axis, 5.1% only by X axis and It is reasonable to install MLC for Y direction. Ninety five percent of patients can be treated with coplanar rotation therapy without changing the collimator angle. Eleven percent of cases of cases were impossible to replace with MLC. Futher study of shielding technique is needed for 11% impossible cases. The treatment field dimension of MLC should be larger than 21cm X 22cm. The MLC should be designed as a pair of 21 leaves with 1cm wide for an acceptable resolution and 17cm long to enable the leaf to overtravel at least 6cm from the treatment field center.

Key Words : Conformal therapy, Multileaf collimator

서 론

최근 암 환자의 수는 증가하고 있으며 방사선 치료는 수술 및 항암 화학 요법과 더불어 암의 완치를 위한 근치적, 또는 증상 완화를 위한 고식적 목적으로 널리 사용되고 있다^{1,2,3)}. 방사선 치료의 궁극적 목표는 치료하고자 하는 병소에는 충분한 방사선량을 조사하여 국소적 완치율을 높이며 정상 조직에 대한 조사량은 극소화하여 치료에 따른 부작용을 극소화시키는 데 있다. 이러한 목표를 달성하기 위해 다분할 조사면을 이용한 외부방사선 조사법, 전자선과 상이한 에너지의 광자선의 혼합조사등 다양하게 시도되고 있지만 현재 보편적으로 사용되는 2차원적인 통상적 외부 방사선 치료로는 정확하게 치료병소에만 충분한 방사선량을 조사하면서 주위 정상조직에 불필요한 방사선량을 줄이는데는 한계에 부딪힌다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 최근 주목을 받고 있는 것이 여러 방향에서 바라본 병소부위 모양을 따라 방사선 조사면을 만들고, 각각의 방향으로 방사선을 조사하는 3차원적 치료법 즉, 입체추적치료이다⁴⁾.

1958년 이후 입체추적치료에 대한 연구가 진행되었고 1964년 Takahashi⁵⁾가 ⁶⁰Co 외부방사선 치료기의 MLC를 이용한 Conformal therapy의 개념을 처음 소개하였으나 ⁶⁰Co 선원이 너무 큰 반그림자(penumbra)를 만들므로 정교한 조사면을 만들 수 없었고, 종양과 주변 조직을 입체적으로 localization할 수 있는 imaging study의 한계에 부딪히게 되었으나, 1960년대 이후 선형가속기의 보급이 가속화되면서 정교한 조사면을 만들 수 있게 되어 ⁶⁰Co 외부방사선 치료기를 대체해 나가 1973년 컴퓨터화 된 방사선 치료 계획 장치(computerized radio-therapy treatment planning system)의 개발과 전산화 단층 촬영술 및 자기공명영상과 같은 영상 기기들의 획기적 발전으로 병소의 위치와 주위 정상조직들의 정확한 위치, 모양, 크기의 파악이 가능하게 되므로서 최근 입체추적치료에 대한 학계의 관심이 증가되었다^{6,7)}.

현재 입체추적치료는 방사선 정위수술(stereotactic radiosurgery) 또는 소체적 대선량 조사방법(small volume high dose irradiation)으로 치료에

이용되고 있으며, 최근에는 뇌종양, 비인두강 종양, 폐종양, 전립선암에 임상적으로 사용되어 주위 조직에 대한 방사선량을 감소시키면서 치료병소에는 더욱 충분한 양의 방사선을 조사시킬 수 있다는 것이 증명되고 있다⁸⁻¹⁶⁾. 이러한 입체추적치료를 구현하기 위한 필수적 장비가 바로 MLC이다. MLC란 여러개의 leaf가 각각 컴퓨터로 조작될 수 있어 순간순간 필요한 차폐 모양을 만들 수 있는 기구를 말한다. 1980년 Matsuda가¹⁸⁾ 컴퓨터로 제어되는 초보적인 MLC를 발표한 이래 1984년 Maleki¹⁹⁾, 1988년 Brahme²⁰⁾등이 진전된 형태의 MLC를 개발하였고 컴퓨터를 이용한 3차원 모의 방사선 치료 기술의 발달과 아울러 현재 시행되고 있는 방사선 치료에 대한 모든 범위 내에서의 입체추적치료를 위한 연구가 점차 현실화 되고 있다. MLC가 기존의 block system을 대체할 때 몇가지 잇점이 있다. 첫째로, 신속히 복잡한 치료 조사면을 만들 수 있고 둘째로, 방사선 차폐용 블록의 제작, 사용, 보관, 계기의 문제가 해결되며, 셋째로는 무거운 차폐용 블록을 사용할 경우 상존하는 안전 사고의 위험을 방지할 수 있고 작업자의 산업 재해 위험과 환경 오염의 위험을 해결할 수 있다. MLC를 개발하기 위한 MLC 장치의 설계에 있어서 그간 통상적으로 행해지던 치료 유형에 대한 연구는 적정 설계라는 측면에서 필수적이라 하겠다. 즉, 조사면 크기, X축방향과 Y축방향의 관계, 차폐용 블록의 유형 및 방향 등 치료의 기초 자료를 분석하여 효과와 경제성을 극대화시킬 수 있는 MLC의 적정 규모 추정이 매우 중요한 과제이다. 현재 상품화 되어 있는 MLC도 있기는 하지만 이런 기초 연구를 바탕으로 하여 제작되지 않았으며, 연구의 중요성에도 불구하고 실제로 이에 대한 연구는 거의 이루어 지지 않은 실정이다. 따라서 본 연구는 조사면의 크기와 기존 차폐물의 유형 및 크기를 면밀히 분석하므로서 현실적으로 방사선 치료에 이용할 수 있는 가장 합리적인 규모의 MLC개발에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

연구 대상 및 방법

본 연구는 악성종양으로 진단 받고 기존 차폐용 블록을 사용한 외부 방사선 치료를 받은 환자를 대상으로 치료계획시 사용되는 모의치료(simulation) 필름

과 각 환자의 방사선 치료 기록지를 토대로 이루어졌다.

1. 대상환자

본 연구는 1989년 5월 부터 1993년 9월 까지 서울중앙병원, 백병원, 한양대병원에서 악성종양으로 진단받고 기존 차폐용 블록을 사용하여 외부 방사선 치료를 받은 환자를 대상으로 하였다. 대상 환자수는 서울중앙병원에서 203명이었으며 결과의 재관성을 보장하기 위해 백병원과 한양대 병원에서 각각 50명씩 추가로 선정하여 총 303명을 대상으로 실시되었다. 대상 환자의 질병 부위별 분포가 분석결과에 반영될 수 있도록 1933년 대한치료방사선학회지에 발표된 1991년도 전국 치료방사선과 신환통계를 근거로 가중치를 두어 자궁경부암(19.8%), 폐암(18%), 폐암(18%), 두경부암(10.8%), 소화기암(13.5%), 중추신경계암(9.2%), 유방암(8.9%), 림프종(3.3%), 기타(16.5%)의 8개군으로 나누어 조사하였다. 이 중 기타에 해당되는 것으로는 골전이에 대한 고식적 치료, 뇌전이시 전뇌조사, 전복부조사 등이 포함되었다.

방사선 치료 기록지를 이용하여 각 환자에 사용된 조사선의 종류와 치료방향을 조사하였는데 조사선의 종류는 Cobalt-60, 4 Megavoltage(이하 MV로 표시함) 6MV, 10MV 광자선으로 분류하여 조사되었으며, 치료방향은 전방(anterior), 후방(posterior), 측방(lateral), 사방(oblique)로 분류하여 조사하였다. 모의 치료 필름을 이용하여 각 환자에 사용된 조사면을 조사하였으며 환자당 사용된 평균 조사면은 3.9면이었고 가장 많은 조사면이 사용된 질병은 두경부암으로 평균조사면의 수가 4.9면이었다. 조사된 총

조사면의 수는 1169면이었다 (Table 1).

2. 조사면의 크기, 차폐용 블록의 크기 및 위치의 분석방법

각 병원에 보관되어 있는 모의치료 필름을 이용하여 조사면의 크기와 차폐용 블록의 크기 및 위치를 분석하였다. 조사면의 X축과 Y축 방향의 정의는 MLC의 leaf가 움직여서 기존 차폐용 블록의 모양을 대치할 수 있는 방향을 Y축으로 하였고 그 직각 방향을 X축으로 정의하였다. 조사면 및 차폐용 블록의 길이는 모의치료 필름에 표시된 눈금표식자를 사용하여 측정하였다. 조사면의 크기는 X축 방향의 길이와 Y축 방향의 길이를 측정하므로서 결정하였고 차폐용 블록의 크기도 각각 X축 방향의 길이 및 Y축 방향의 길이를 측정하므로서 결정하였다. 이때 irregular margin을 갖는 차폐용 블록의 길이는 MLC의 leaf가 최대한으로 포함해야 하는 길이를 측정하였다. MLC의 leaf의 길이를 결정할 때 만약 모든 차폐용 블록이 중앙선을 넘어서지 않는다면 leaf가 양쪽 방향에서 나오므로 조사면의 Y축 방향 길이의 1/2해당하는 길이로 모든 차폐용 블록을 대치할 수 있겠지만 차폐용 블록 중에는 조사면의 중앙선을 넘어서는지 여부를 알아보기 위해 조사면의 중앙선으로부터 차폐용 블록까지의 길이를 측정하여 넘어서는 길이를 (-)로 표시하였고 넘어서지 않는 길이를 (+)로 표시하여 측정하여 'cross over length'로 표시하였다. 또한 조사면의 중앙선에서 차폐용 블록이 시작되는 지점까지의 길이를 각각 X축 방향과 Y축 방향으로 측정해 보므로서 MLC의 leaf가 완전히 열릴 경우 중앙선에서 얼마

Table 1. The distribution of disease sites for selected patients and the number of treatment

	No. of field	No. of Patients	Average portals per patient	New patient statistics
Cervix	270	60(19.8%)	4.5	20.5%
Lung	212	55(18%)	3.8	16.1%
Head and Neck	156	32(10.8%)	4.9	11.0%
GI**	160	41(13.5%)	3.9	15.3%
CNS***	119	28(9.2%)	4.3	7.4%
Breast	125	27(8.9%)	4.6	6.5%
Lymphoma	44	10(3.3%)	4.4	2.2%
Others	83	50(16.5%)	1.6	21.0%
Total	1169	303	3.9	100%

* New patient statistics from Korean Society of Therapeutic Radiology (1991)

** Gastrointestinal

*** Central nervous system

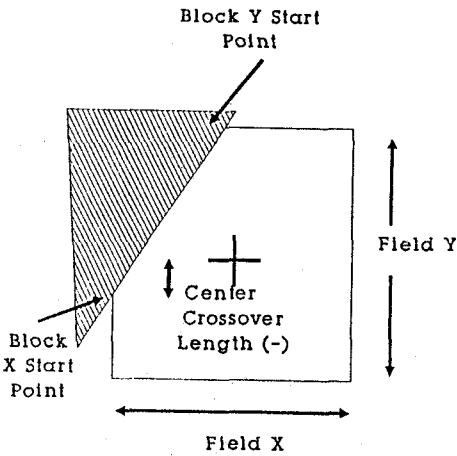


Fig. 1. The definitions of terminology for analysis of field shape.

만큼 열려야 하는지 조사하여 각각 'Block X start length', 'Block Y start length'로 표시하였다 (Fig. 1). 아울러 MLC의 이용 가능성을 알아보기 위하여 차폐용 블록의 모양 및 위치로 인하여 MLC가 이용될 수 없는 경우도 함께 조사해 보았다.

3. MLC의 장착방향 및 회전치료의 가능성에 대한 분석방법

MLC를 기존선형 가속기에 장착할 때 가장 합리적인 방향을 알아보기 위해 환자의 머리에서 다리로 향한 방향을 Y축으로 설정한 후 가능한 방향을 조사해 보았다. 이때 방사선 치료시 방사선이 균등하게 분포하기 위해 사용되는 췌기(Wedge)의 이용으로 인해 기존 선형가속기의 콜리메이터와의 방향을 함께 조사하여 방향이 서로 직각으로 놓이는 경우는 MLC의 사용이 불가능한 경우로 분류하였다. 그의 MLC가 궁극적으로 입체추적치료로 이용되기 위해 회전치료의 가능성을 알아보기 위해 각 환자마다 한 조사면에서 다음 조사면으로 이동시 MLC의 각도가 바뀌어야 하는지 여부 및 연속적 치료의 가능성을 분석해 보았다.

4. 통계 처리 방법

조사된 모든 자료는 컴퓨터의 Data base에 모두 입력하여 통계처리 되었다. 입력된 자료와 전국 치료 방사선과 신환 통계에서 나타난 질병별 분포와의 일치성 여부를 검증하였으며, 적정 MLC 규모는 X 및 Y

Table 2. The distribution of treatment direction

	No. of Field
Anterior / Posterior	564(48.2%)
Lateral	405(34.6%)
Oblique	200(17.2%)
Total	1169

Table 3. The possibility of the direction for MLC installation

	No. of Field
X/Y	889(76%)
Y only	92(7.9%)
X only	60(5.1%)
Not applicable	128(11%)
Total	1169

방향에 대해 95% 이상 치료 횟수에 대해 사용된 최소의 길이를 구하도록 하였다. 또한 차폐블록이 중앙선을 넘는 경우도 95% 이상 치료 횟수에 사용된 최소 길이를 찾아내었다. 이 결과를 토대로 MLC의 적정 운동 규모 및 설계 규모를 결정하였다. MLC로 대체가 불가능한 경우를 찾아서 그 유형에 대한 연구도 함께 하였다.

결 과

치료방향에 대한 분석결과는 총 1169개의 조사면 중 전방 후방으로 치료 받은 경우가 564면으로 48.2%를 차지했고 측방으로 치료 받은 경우가 405면(34.6%), 사방으로 치료받은 경우가 200면(17.2%)으로 나타났다 (Table 2).

MLC를 기존 선형가속기에 부착할 경우 기술적인 난이도를 해결하기 위해 기존 콜리메이터와 같은 방향으로 움직이는 것이 편리하므로 이번 조사에서 MLC의 방향을 분석한 결과 환자의 머리에서 다리쪽 방향을 Y축으로 설정할때 X축, Y축 모두 가능한 경우가 889면(76%)이었으며 Y축만이 가능한 경우는 99면이었으나 이중 7면은 기존 콜리메이터 방향이 췌기의 사용 및 independent jaw의 사용으로 인해 직각방향으로 설치되어야 하므로 92면(7.9%)만이 가능했다. X축만이 가능한 경우는 X축만이 가능한 경우는

152면이었으나 기존 콜리베이터와 직각방향으로 설치
되어야 하는 경우가 92면이 되어 60면(5.1%)만이 가

능했다. MLC의 사용이 불가능한 경우는 기존 차폐용

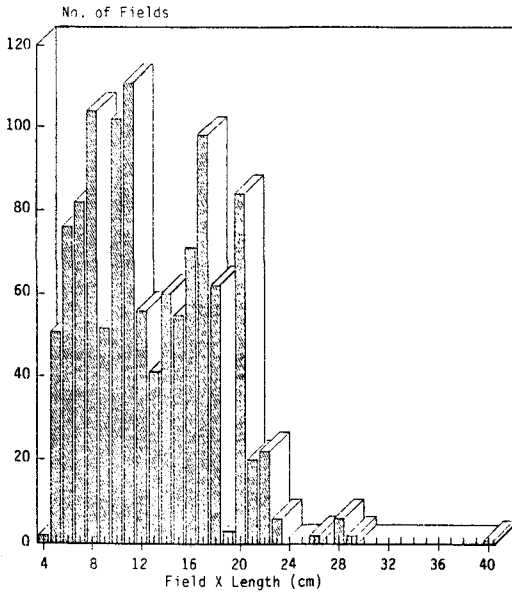


Fig. 2. The distribution of X-axis lengths in treatment field. X-axis is defined as perpendicular direction to leaf movement.

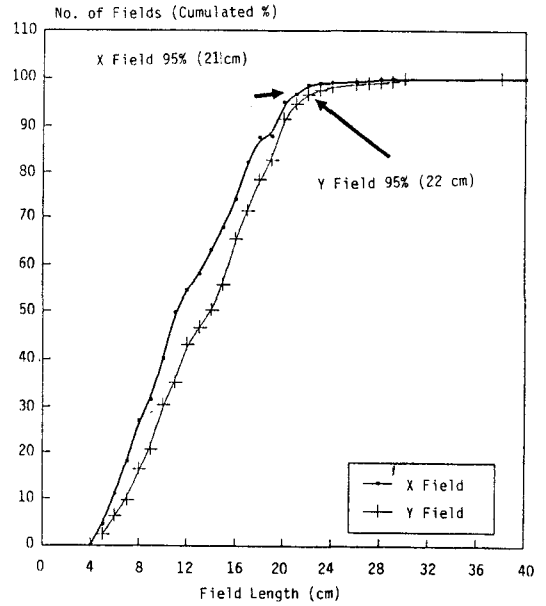


Fig. 4. Cumulated distribution of field lengths. 95 % of X-axis lengths is less than 21cm and 95% of Y-axis lengths is less than 22cm.

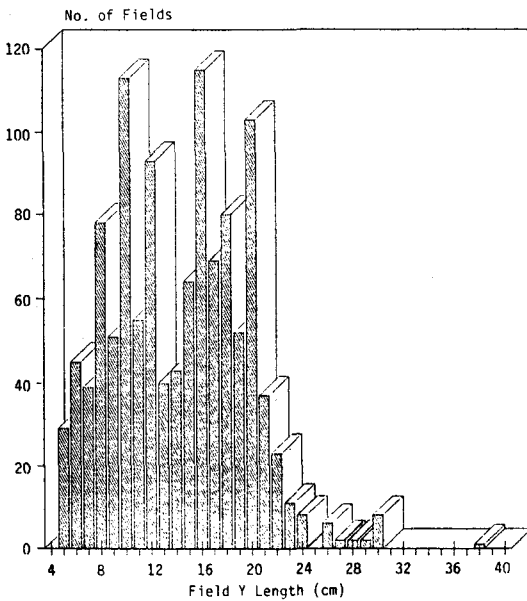


Fig. 3. The distribution of Y-axis lengths in treatment field. Y-axis is devined as direction of parrell to leaf movement.

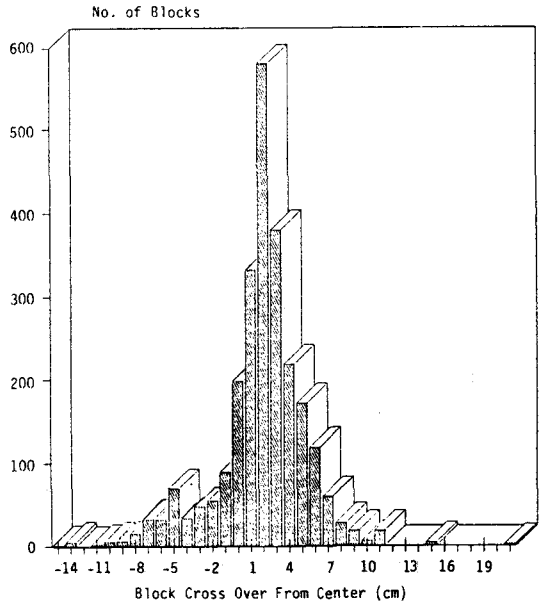


Fig. 5. The distribution of lengths for the block cross over from treatment field center. The definition of block cross over is explained in Fig. 1.

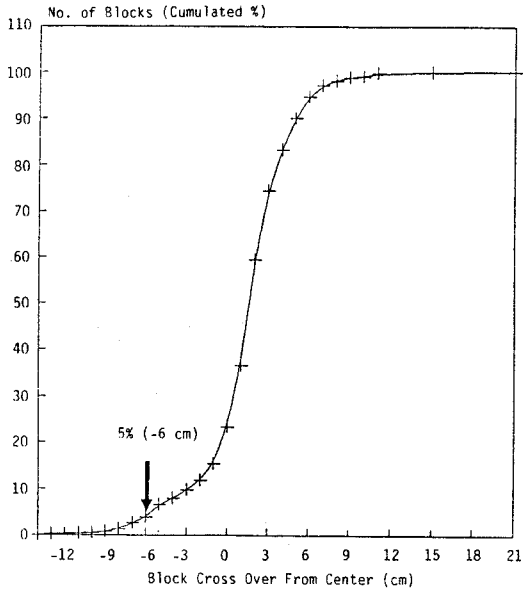


Fig. 6. Cumulated distribution of the length for block cross over from treatment field center. Only 5% of blocks reach -6cm from treatment field center.

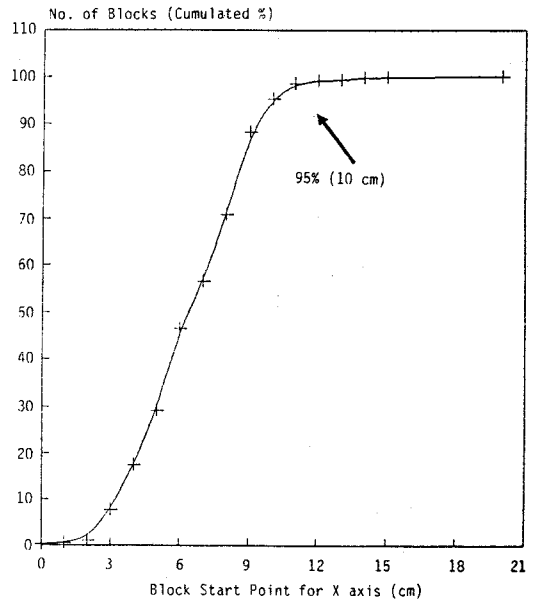


Fig. 8. Cumulated distribution of block starting points of X-axis. 95% of block starting point are less than 10cm.

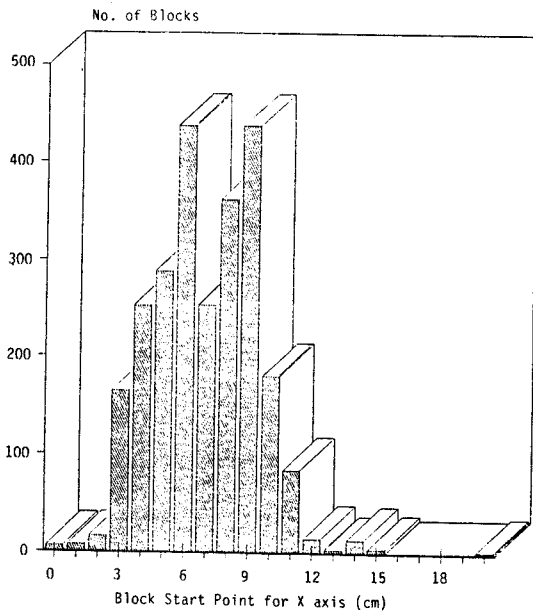


Fig. 7. The distribution of block starting point of X-axis. The definition of block starting point is shown in Fig. 1.

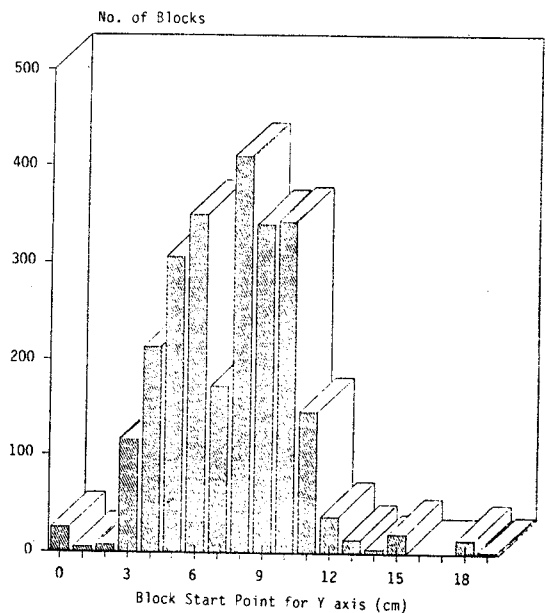


Fig. 9. The distribution of block starting point of Y-axis. The definition of block starting point is shown in Fig. 1.

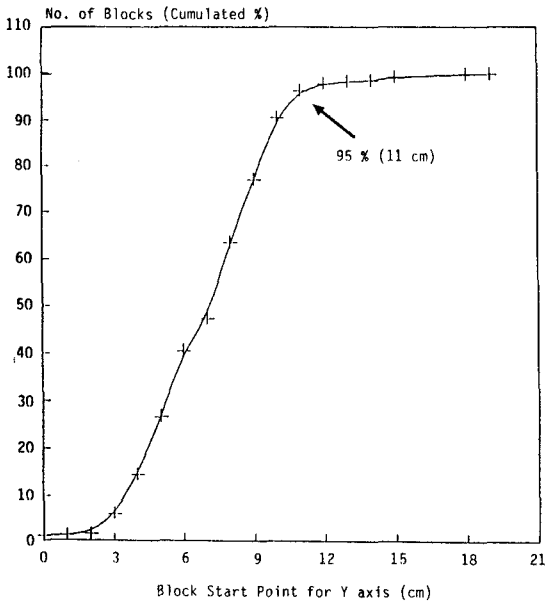


Fig. 10. Cumulated distribution of block starting point of Y-axis. 95% of block starting point are less than 11cm.

블록을 대치할 수 없는 경우, 즉 후두(Larynx) 블록, 신장(kidney) 블록, X축, Y축 사용이 모두 불가능한 불규칙한 모양의 블록이 이용된 경우가 29면이었으며 위에서 언급된 기준 콜리메이터와 직각방향으로 놓이는 것으로 인해 사용이 불가능한 경우 99면을 합쳐서 128면으로 전체의 11%를 차지하였다 (Table 3). 이 중 105면의 조사면에서는 차폐용 블록이 사용되지 않은 것으로 조사되었으며 이것은 X축, Y축 모두 가능한 것으로 분류되었다. 조사면의 크기는 X축방향의 길이가 4cm에서 40cm까지였으며 이중 95%까지 포함되는 길이는 21cm로 나타났다 (Fig. 2, Fig. 4). Y축방향의 길이는 5cm에서 38cm까지였으며 95%까지 포함되는 길이는 22cm였다 (Fig. 3, Fig. 4). 조사면의 중앙선을 넘어선 차폐용 블록의 길이는

leaf가 움직이는 방향인 Y축만을 조사하였는데 14cm에서 21cm에 걸쳐 분포하고 있었고 5%만이 6cm이상 중앙선을 넘어선 것으로 조사되었다. (Fig. 5, Fig. 6). MLC가 완전히 열려야 할 경우 leaf의 길이를 알아보기 위해 조사된 조사면의 중앙선에서 차폐용블록이 시작되는 지점까지의 길이는 X축과 Y축 방향 모두에서 계산되었다. X축방향의 길이는 0cm에서 20cm까지였고, 95%까지였고 95%까지 포함되는 길이는 11cm으로 나타났다(Fig. 9, Fig. 10). 또한 회전치료 가능성에 대한 조사에서는 콜리메이터 각도를 돌리지 않고 동일평면 회전치료가 가능한 경우가 95%로 나타났다.

고찰

입체추적치료는 1958년 이후 현재에 이르기까지 꾸준한 발전을 보이고 있으며 1980년 이후 현실화되기 시작하였다. 특히 입체추적치료를 위한 필수적 기구인 MLC의 개발도 가속화되고 있다. 1991년 Liebel⁸⁾은 비인두강 종양 환자를 대상으로 2차원적 외부방사선 조사와 비교하여 3차원적인 입체추적치료로 치료한 경우 같은 양의 방사선을 조사한 경우 종양에 조사된 방사선량이 13% 증가되었다고 보고하였고, Thornton⁹⁻¹¹⁾은 뇌종양 환자를 대상으로 3차원적인 입체추적치료를 시행한 결과 종양에 같은 조사량을 주면서 정상 뇌조직에는 30%나 방사선 조사량을 감소시켰다고 보고하였다. 또한 Armstrong¹²⁾은 비소폐포성 폐종양 환자를 대상으로 3차원적 입체추적치료를 시행하므로써 종양에는 20-30%의 조사량 증가를 보였고, 정상 폐조직에는 2차원적 외부방사선에 비해 10% 이상의 감소를 보였다고 주장했다. 이외에도 Ten Haken¹³⁾, Sandler¹⁴⁾, Soffen^{16,17)} 등은 전립선암 환자의 입체추적치료에 의한 종양에 대한 조사량

Table 4. Performance of MIC from major vendors

	Field Size	Resolution	Leaf overtravel	Double focusing
Philips	40×40	1cm	13cm	No
Varian	40×26	1cm	16cm	No
Siemens	40×27	1cm	10cm	Yes
GE	40×40	1.25cm	10cm	Unknown
Mitsubishi	40×25.5	1.7cm	10cm	Yes

증가와 정상조직에 대한 조사량 감소를 발표했다. 최근 Philips, Siemens, G.E, Varian, Mitsubishi등에서 MLC를 개발하여 상품화되고 있다. 각각의 특성은 Table 4와 같다. 이중 Table 4와 같다. 이중 leaf의 길이를 40cm×40cm로 개발한 MLC의 단점은 정교한 조사면을 위해 불필요한 반그림자를 줄이기 위한 이중 집속(double focusing) 장치가 없는 것이 문제로 이중 집속을 고려할 때는 좀 더 작은 규모의 MLC가 필요하게 된다. 또한 5개사에서 제작된 MLC는 본 연구에서와 같은 충분한 분석이 이루어지지 않은 상태로 제작된 것을 고려할 때 좀 더 현실적인 MLC의 개발을 위해서는 본 연구의 결과가 필수적이라고 생각된다. Biggs²¹⁾는 조사면의 크기에 대한 분석결과 90%까지 포함되는 길이가 26cm, 80%까지가 21cm으로 발표하였다. 본 연구에서는 95%까지의 길이가 22cm로 나타난 것과는 차이를 보이고 있다. 이러한 차이에 대한 이유로 첫째 한국인의 체구가 서양인의 체구의 차이를 고려해 볼 수 있다. 하지만, 1992년 김현자²²⁾등이 췌기인자 결정 깊이의 연구에서 발표한 내용을 살펴볼 때 국내에서 조사된 치료 깊이가 중간값, 최빈값이 8cm, 평균값이 9cm이었으며 치료 깊이가 표면에서 22cm까지 Poisson분포를 보이는 것으로 나타났으며 Des²³⁾는 Massachusetts 대학병원에서 2년간 방사선 치료를 받은 환자의 치료 깊이를 조사한 결과 표면에서 27cm까지 Poisson분포를 하였고 85% 이상이 12.5cm 이내에서 치료를 받았고 중간값이 8cm으로 보고하였다. 위 두 결과로 볼 때 서양인과 한국인의 치료 깊이가 큰 차이를 보이지 않는 점으로 미루어 보아 서양인과 한국인의 체구에 따른 차이는 Biggs와 본 연구에서 나타난 결과의 차이를 설명하기 어렵다고 생각된다. 둘째는 환자의 선정 및 조사면의 수를 고려할때 Biggs는 환자의 선정방법 및 치료 부위별 분포가 명확하지 않으며 조사면의 수도 148개에 지나지 않아 환자의 선정에 문제가 있었으며 조사면의 수도 본 연구에 비해 너무 적은 것이 본 연구의 결과와 차이를 나타낸 것으로 생각된다. MIC가 기존 차폐물을 대체할 수 없는 경우인 후두 블록, 신장 블록 및 불규칙한 모양의 블록에 대한 해결 방법으로는 기존 차폐용 블록을 선형가속기에 MLC와 함께 장착하는 방법을 고려해 볼 수 있으며 이때 산란된 전자선의 영향을 최소화하기 위해 환자의 피부로

부터 적어도 15cm 이상에 설치하는 방법이 연구되어야 한다고 생각된다. 아울러 본 연구에는 포함되지 않았으나 MLC 제작시 leaf의 넓이와 적정 분해능을 결정하는 것도 매우 중요한 문제인데 Zhu²⁴⁾는 MLC에 사용되는 leaf의 넓이를 10mm으로 했을때 치료면의 분해능은 즉 반그림자나 선량분포는 기존 차폐용 블록을 이용한 방사선 치료와 비교하여 큰 차이가 없다고 보고하였다. 울산의대 치료방사선과²⁵⁾에서 실시한 MLC의 적정 분해능에 관한 연구에서 MLC leaf의 넓이가 10mm이상이면 반그림자가 최대 8mm 더 추가된다고 조사된 바 있고 MLC 임상적용시 환자의 움직임등을 고려할 때 MLC leaf에 넓이는 5—10mm 정도면 기존차폐용 블록을 이용한 방사선 치료와 비교하여 반그림자와 선량분포 즉 분해능에 큰 차이가 없을 것으로 보고한 바 있으나 이에 대한 보다 광범위한 연구도 함께 이루어져야 할 것으로 생각된다.

결 론

3차원적 입체추적치료가 기존 2차원적 외부방사선 치료에 비해 많은 장점이 있으며 임상적으로 그 효과가 증명되고 있는 바, MLC의 개발은 필수적이며 그 적정규모를 알아보는 것은 매우 중요하다고 생각된다. 본 연구 결과 95%가 21cm임을 고려하여 21쌍 이상이 필요할 것으로 보이며 leaf의 길이는 leaf가 움직이는 방향인 Y축의 길이의 95%가 22cm인 것을 고려할 때 조사면 Y축의 최소한 22cm까지는 차폐가 가능하도록 제작됨이 합리적이라고 생각된다. 또한 조사면의 중앙선을 넘는 길이의 95%가 6cm임을 고려할 때 중앙선을 최소한 6cm 이상 넘어설 수 있게 제작되어야 한다고 생각된다. 따라서 leaf의 길이는 leaf가 움직이는 방향의 길이의 1/2인 11cm에 중앙선을 넘어서는 길이 6cm을 합한 17cm이상으로 제작되어야 함을 알 수 있었다. MLC를 기존 선형가속기에 장착할 때는 기존 콜리메이터와 함께 조작되는 것이 비용 및 기술적으로 용이하므로 본 연구 결과로 볼 때 X축, Y축 모두 가능한 경우가 76%, Y축만이 가능한 경우가 7.9%로 Y축으로 장착시 83.9%가 가능한 것을 고려할 때 leaf가 움직이는 방향이 환자의 머리에서 다리쪽으로 향한 방향으로 설치됨이 합리

적으로 생각된다. 또한 MLC가 기존 선형 가속기에 환자의 머리에서 다리방향으로 설치될 경우 X축 방향만 가능한 5.1%의 경우를 포함하여 차폐용 블록의 위치나 모양 또는 썬기의 사용으로 인해 MLC의 사용이 불가능한 11%의 경우에 대한 해결 방안이 강구되어야 할 것이다. Independent jaw를 병용하는 경우 MLC 조사면의 크기가 본 연구 결과보다 훨씬 더 커져야 함도 앞으로의 MLC 연구에서 고려해 보아야 할 사항이다. 현재 사용되고 있는 정적 썬기(static wedge)에 의해 기존 콜리메이터와 MLC의 방향때문에 불가능한 경우는 동적 썬기(dynamic wedge)의 개발로 해결될 수 있을 것이고 또한 MLC의 leaf가 한쪽 축 방향으로만 움직이는 대신 양쪽 축, 즉 네 방향 모두에서 전후로 움직일 수 있도록 제작될 수 있다면 특정 방향으로 장착함으로써 생기는 문제점도 해결할 수 있을 것이다. 신장 블록 등에 섬(island)모양의 차폐용 블록의 문제점은 기존 차폐용 블록의 병용이나 leaf를 이용하여 차폐물의 모양을 만드는 방법 이외의 새로운 차폐 기술의 개발을 통해 해결될 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서는 모든 질병 부위에 사용이 가능하며 어떤 치료기에도 설치가 가능한 MLC의 규모를 알아보고자 하였으나 질병 부위별 또는 입체추적치료의 빈도가 높은 부위별로 분석을 해 본다면 각 부위별로 또는 치료기별로 다양한 크기의 MLC를 제작함으로써 적정한 좀 더 작은 규모의 MLC가 사용될 수 있는지를 고려해 보아야 할 것으로 생각된다. Independent jaw를 이용한 경우에 대한 분석도 적정 규모의 MLC 제작에 기여할 것으로 생각되고 MLC를 기존 선형 가속기에 용이하게 장착 또는 탈착시킬 수 있도록 제작되는 것도 MLC의 광범위한 보급에 크게 기여할 것으로 생각된다.

REFERENCES

1. Fuks Z, Leibel SA, Kutcher GE, et al: Three dimensional conformal treatment: A new frontier in radiation therapy. In: DeVita VT Jr, Hellman S, Rosenberg SA, eds. Important advances in oncology. Philadelphia: JB Lippincott 151-172, 1991
2. Leible Sa, Ling CC, Kutcher GJ, et al: The biological basis of conformal three-dimensional radiation therapy. Int Radiat Oncol Biol Phys 21:805-811, 1991
3. Fuks Z, Leibel SA, Wallner KE, et al: The effect of local control on metastatic dissemination in carcinoma of the prostate: Long term results in patients treated with ^{125}I implantation. Int J Radiat Oncol Biol Phys 21:549-566, 1991
4. Lichter AS: Three-dimensional Conformal Radiation therapy: A Testable Hypothesis. Int J Radiat Oncol Biol Phys 21(3):853-885, 1991
5. Takahashi s: Conformation Radiotherapy: Rotation Techniques as Applied to Radiography and Radiotherapy of Cancer. Acta Radiol Stock 242 (suppl), 1964
6. Kobayashi H, Sakuma S, et al: Computer-assisted Conformation Radiotherapy with Variable Thickness Multileaf Filter. Int J Radiat Oncol Biol Phys 16(6): 163:1-5, 1989
7. Boesecke R, Becker G, Alandt K, et al: Modification of a three dimensional treatment planning system for the use of multi-leaf collimators in conformation radiotherapy. Radiotherapy and Oncology 21:261-268, 1991
8. Leible SA, Kutcher GJ, Harrison LB, et al: Improved dose distributions for 3D conformal boost treatments in carcinoma of the nasopharynx. Int J Radiat Oncol Biol Phys 20:823-833, 1991
9. Thornton AF, Hegarty TJ, Ten-Haken RK, et al: Three dimensional treatment planning of astrocytomas: A dosimetric study of cere-bral irradiation. Int J Radiat Oncol Biol Phys 20:1309-1315, 1991
10. Thornton AF, Sandler HM Jr, Ten-Haken RK, et al: Three dimensional motion analysis of an improved head immobilization system for simulation. CT, MRI, and PET imaging. Radiother Oncol 20:224-228, 1991
11. Thornton AF, Sander HM Jr, Ten-Haken RK, et al: Retreatment of recurrent high grade astrocytoma using three-dimensional external beam treatment planning. 「Abstract」, Proceedings of the 9th Annual Meeting of the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology(ESTRO) Natectini Italy 274, 1990
12. Armstrong JG, Burman C, Leibel SA, et al: Conformal three dimensional treatment Planning may improve the therapeutic ratio of high dose radiation therapy for lung cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys 21(suppl 1):146, 1991

13. **Ten Haken RK, Perez-Tamayo C, Tesser RJ et al:** Boost treatment of the prostate using shaped fixed beams. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 16:193-200, 1989
14. **Sandler HM Jr, Perez-Tamayo C, Lictor A:** Dose escalation in the treatment of stage C(T3) prostate cancer: Report on the rectal toxicity observed in a prospective series using a conformational external beam technique. 「Abstract」, Proceedings of the 9th Annual Meeting of the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ESTRO) Notectini Italy 329, 1990
15. **Smit WGJM, Helle PA, van Putten WLJ, et al:** Late radiation damage in prostate cancer patients treated by high dose external radiotherapy in relation to dose. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 18:23-29, 1990
16. **Soffen EM, Hanks GE, Hwang CC, et al:** Conformal static field therapy for low volume low grade prostate cancer with rigid immobilization. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 20:141-146, 1991
17. **Soffen EM, Epstein BE, Hunt MA, et al:** Decreased acute morbidity with conformal static field radiation therapy treatment of early prostate cancer as compared to non-conformal techniques. *Int Radiat Oncol Biol Phys* 21(suppl 1): 152, 1991
18. **Matsuda T, et al:** Computer Controlled Multileaf Conformation Radiotherapy. In: Proceedings of the 7th Int Conf on Computers in Radiation therapy 302, 1980
19. **N. Maleki, P. Kijewski, et al:** Analysis of the field defining Properties of a Multi-leaf collimator. *Med Phy* 11(6): 343-350, 1988
21. **PJ Biggs:** Analysis of field and custom block sizes used in radiation therapy-implications for multileaf collimator design. *American association of medical dosimetrists*, 1991
22. **김현자, 이병용, 김계준 :** 췌기 인자 결정 깊이에 관한 연구. *의학물리* 3(2), 1992
23. **DAS IJ, Kase KR:** Higher energy: Is it necessary, is it worth the cost for radiation oncology. *Med Phys* 19(4):917-925, 1992
24. **Zhu Y, Boyer A, Desobry G:** Dose Distributions of X-ray Fields as shaped with Multileaf Collimators. *Phys Med Biol* 37(1):163-174, 1992
25. **이병용, 장혜숙, 최은경 :** 의료용 선형가속기에 사용될 Multileaf Collimator의 적정 분해능에 관한 연구. The 11th Annual Congress of The Korean Society of Therapeutic Radiology 50, 1993