

암치료 장치의 이용 실태에 관한 연구 (A Study on the Utilization of High Cost Radiation Therapy Units in Korea)

고려대학교 병원 치료방사선과

김유현

I. 서 론

최근 고도경제성장 이후 건강에 대한 국민의식 수준이 향상되고 의료보험의 실시를 계기로 의료 수요가 급증하고 있으며 이렇게 증대되고 있는 의료 수요의 추세에 따라 의료기기의 필요성과 중요성은 날로 크게 인식되어 가고 있다. 반면 의료진 자기기는 생체 system에 생물학적, 의학적 지식과 공학적 기술을 접목시켜 획기적인 진단용 의료기기를 발전시키므로써 암환자 발견에 더욱 공헌하였다.

암치료의 한 부분을 담당하고 있는 방사선 치료장치 또한 진단장치의 발전에 힘입어 더한층 발전을 가속화하고 있으며 이러한 장비들의 대부분은 날로 급증하는 의료수요 및 급속하게 발전하는 기술의 차이 등으로 인해 그 공급원을 수입에 의존하고 있다.

그러나 이렇게 수입된 의료장비가 암정복에 공헌하고 국민건강 수준을 향상시키는 등의 긍정적인 면도 있는 반면 고가장비의 도입으로 인하여 국민 의료비 부담을 가중시키며 고가장비의 도입이 반드시 이에 상응하는 의료의 질을 향상시키지 않으며 지역간 장비의 불균형으로 인해 의료의 편중을 초래한다는 부정적인 측면도 있다.

국민보건 의료측면에서 불태 보건 의료 시혜가 양적으로 뿐 아니라 질적으로도 향상되려면 우수한 의료기술 및 설비가 필요하며 이를 위해서는 의료산업의 육성이 필수적으로 선행되어야 한다.

그러나 고에너지 방사선치료, 개심술, 특수검사 등의 고가 의료기술은 고급 전문인력과 장비 및 이

들 자원의 효율적 가동에 필요한 환자수를 필요로 한다.

한편 출생율의 장기적인 변화추세, 인구이동, 교통의 발달 및 그와 관련요인들의 변화때문에 이들 고가 의료자원이 각 의료기관에 중복 도입됨으로써 운영될 때 이용율의 저하를 막을 수 없을 것이다.

구미 선진국에서는 암치료기의 이용 실태에 관한 연구가 많이 보고되었고 국내에서 C.T.Scanner의 이용과 비용분석에 관한 연구 몇편과 고가 의료장비의 공동이용에 관한 연구, 의료 장비 분포에 영향을 미치는 요인분석, 우리나라 의료용 전자기기 산업의 현황과 육성방안에 관한 연구 등 고가 의료장비에 관한 논문이 있을 뿐 암치료 장치에 관한 논문이 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 암치료의 한부분을 담당하고 있는 방사선 치료장치의 현황 및 그 이용 실태 그와 관련된 인원현황과 장치의 경제성을 검토하여 봄으로서 의료기술의 도입에 따른 문제점을 파악하고자 한다.

II. 본 론

본 조사는 1988년 9월 하순부터 약 20일 간에 걸쳐 전국에서 방사선 치료장치를 실시하고 있는 대학병원 21개 병원과 종합병원 8개 병원 총 29개 병원에서 1987년도 일년간의 방사선 치료실적을 전부 조사하였고 치료장치의 전반적인 사항과 관련인력에 관한 설문조사 하였다.

국내에 방사선 치료장치로 LINAC 24, Co-60 17,

Simulator 27, Computer plan system 23
Hyperthermia 9, Remote control After
Loading system 11, Microtron 2, Cycro-
tron 1대가 도입되었으며 이중 87.7%가 80
년 이후에 도입되어 우리나라의 방사선 치료가 80
년 이후에 들어와서 급속한 발전을 이루었음을 알
수 있다. (참고 표 1, 2)

표 1. 방사선 치료장치 국내 보유현황 1988.10

기	종	
선형 가속기		24(1)
코발트 원격치료장치		17
SIMULATOR		27(2)
COMPUTOR PLAN SYSTEM		23(2)
HYPERTHERMIA (온열치료기)		9
REMOTE CONTOL AFTER LOADING		11
SYSTEM		
MICROTRON		2
CYCROTRON		1
계		114(5)

주) 1. ()은 도입허가 필요하여 현재 설치중에 있
는 장치임.

표 2. 장치의 80년 전후 도입현황 1988.10

장치명	1979년		1980년		계
	이전	이후	이전	이후	
LINAC	2(8.3)	22(91.7)	24(100.0)		24(100.0)
Co-60	10(58.8)	7(41.2)	17(100.0)		17(100.0)
Simulator	2(7.4)	25(92.6)	27(100.0)		27(100.0)
C.P.S		23(100.0)	23(100.0)		23(100.0)
Hyperth- ermia		9(100.0)	9(100.0)		9(100.0)
RCALS		11(100.0)	11(100.0)		11(100.0)
Microtron		2(100.0)	2(100.0)		2(100.0)
Cycrotron		1(100.0)	1(100.0)		1(100.0)
계	14(12.3)	100(87.7)	114(100.0)		114(100.0)

주) 1. ()은 %임

이들 장치중 서울에 53.1%, 부산에 15.6%,
대구에 15.6% 순이며 나머지 15.7%가 기타
지역에 분포되어 있어 지역간 차이가 심한 것을
알 수 있다. (참고표 3)

표 3. 지역별 배치현황 1988.10

인구수 (1000)	LI	CO	HY	RC	계	비율	인구수 장치수
서울 9,629	13	12	6	3	34	53.1	238.2
부산 3,514	4	2	1	3	10	15.6	351.4
대구 2,029	4	1	1	4	10	15.6	202.9
인천 1,385							
경기 4,793							
강원 1,725							
충북 1,390							
충남 3,000	2				2	3.1	1500.0
전북 2,201	2	1	1		4	6.3	550.3
전남 3,748	1	1		1	3	4.7	1249.3
경북 3,012							
경남 3,517	1(1)				1(1)	1.6	3517.0
제주 489							
계 40,432	27(1)	17	9	11	64	100	631.8

주) 1. ()은 현재 설치중에 있는 장치임

2. 인구는 1985.11.1 경제기획원 자료임

3. LINAC의 27(1)은 MICROTRON 2대와
CYCROTRON 1대를 포함한 것임.

이는 국민의료의 궁극적인 목표가 모든 국민에
게 적정수준의 보건의료를 제공하여야 하는데 이
를 위해서는 치료장치의 지역간 불균형을 해결할
방안이 검토되어야 하겠다.

또한 장치의 수입이 5개국 13개 회사에서 수
입이 이루어졌고 회사와 계약하에 정기적인 예방
점검도 Linac의 경우 31.6%로 낮아 기기의
Maintenance에 문제가 있음으로 사료된다.

(참고 표 4, 5)

이는 장비들의 수리가 대부분 현지의 판매대리
점을 통하여 이루어지고 있으나 이들의 관심사가

표 4. 도입 국가별 현황

국가	장치								() : %		
		LINAC	Co-60	SIMUL	CPS	HYPER	RCALS	MICRO -TRON	CYCRO -TRON	계	비 율
미 국		3(12)	8(47.1)	2(7.4)	3(13.0)	3(33.3)				19	16.7
일 본		12(50.0)	2(11.8)	18(66.7)	14(60.9)	4(44.4)	5(45.5)			55	48.2
독 일		9(37.5)	1(5.9)	6(22.2)	6(26.1)	6(54.5)				28	24.6
카 다			3(17.6)							3	2.6
프 랑 스			3(17.6)	1(3.7)						4	3.5
스 웨 덴								2(100)	1(100)	3	2.6
한 국						2(22.2)				2	1.8
계		24(100)	17(100)	27(100)	23(100)	9(100)	11(100)	2(100)	1(100)	114(5)	100

표 5. 방사선 치료장치의 제작회사별 도입현황

제 작 회 사 명	LINAC	Co-60	SIMUL	CPS	RCALS	계	비 율
N E C	9		4	11		24	22.9
TOSHIBA	1	2	8		1	12	11.4
MITSUBISHI	2		5			7	6.7
SHIMADZU					5	5	4.8
SIMENS	9	1	6	6		22	21.0
BUCHLER					5	5	4.8
VARIAN	3		2	1		6	5.7
PICKER		8	1			9	8.6
CAPINTEC				2		2	1.9
C M S				3		3	2.9
AECL		3				3	2.9
C G R		3	1			4	3.8
SCANDITRONIX	3					3	2.9
계	27	17	27	23	11	105	100

판매에 있지 보수에 있지 않으며 미리 고장율을 줄이는 예방적인 유지관리가 제대로 되고 있지 않는 실정이다. 이에 정부적인 차원에서 의료기기의 보수유지를 위한 어떠한 대안이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

해당 관련인원 역시 장치의 분포와 유사하게 나타났다으며 인원당 신환수는 방사선 치료전문의가 270, 물리사 630, 기사 131로 나타나 미국의 1986년 DIAMOND에 의한 200,376,105 명에 비해 많은 환자를 보고 있어 상대적으로 방사선 관

련 전문인력이 부족하며 특히 물리사의 경우 상당한 부족현상을 보이고 있고 우리나라에서의 의학 물리사를 양성하는 기관도 없어 방사선 치료에서의 물리사의 역할을 생각할 때 물리사의 양성 확보가 시급하다고 하겠다. (참고 표 6, 7)

표 6. 치료 장치당 인원수 1988.10

	본 조 사	미국 DIAMOND '86
전 문 의	0.67	1.13
물 리 사	0.30	0.60
기 사	1.70	2.16

표 7. 인원당 신환수

	본 조사	미국 KRA-MER '83	미국 DIA-MOND '86
전문 의	270	214	200
물 리 사	630	427	376
기 사	131	122	105

주) 1. 29개 병원중 설문에 답한 20개 병원의 수치임

고에너지 치료장치의 이용을 살펴보면 Linac 이 일일평균 32.7명, Co-60 치료기의 23.2명을 치료하고 장치당 신환수는 Linac 이 318.9명 Co-60이 288.5명 평균 306.3명으로 미국의 장치당 신환수 230명 보다 연간 많은 환자를 보고 있다. 한편 이들 신환수의 차이를 살펴보면 Linac에서 114 ~ 453명 Co-60에서 101-404명으로 장치에 따라 4배 정도의 차이가 나 어느 특정장치 또는 특정병원으로 환자가 몰리고 있음을 시사하고 있다. (참고표 8,9,10,11,12)

표 8. 방사선 치료장치의 이용현황

	장치 수	응답 수	응답율(%)	치료 건수	장치당 치료건	장치당 일일평균 치료건	범 위
LINAC	23	17	73.9	140,105	8,241.5	32.7	(19-63)
Co-60	17	12	70.6	70,166	5,847.2	23.2	(16-56)
SIMUL	21	19	90.5	16,604	873.9	3.5	
HYPER	7	6	85.6	1,054	175.7	0.7	
RCALS	6	6	100	4,798	799.7	3.2	

- 주) 1. 87, 88년 설치기준은 제외
 2. 장치당 치료건 = $\frac{\text{치료건수}}{\text{응답장치수}}$
 3. 치료건수 1987.1.1 ~ 1987.12.31 까지 통계임
 4. 일일평균 장치당 치료건 = $\frac{\text{장치당치료건}}{\text{장치가동일수}}$

표 9. 고에너지 방사선 치료장치당 신환수

	장치 수	응답 수	응답율	신환수	장치당 신환수	범 위
LINAC	23	17	73.9	5,421	318.9	(114-453)
Co-60	17	12	70.6	3,462	288.5	(101-404)
계	40	29	72.5	8,883	306.3	

- 주) 1. 87년 이후 도입장치 제외
 2. 1987.1.1 ~ 1987.12.31 까지 통계임.
 3. 장치당 신환수 = $\frac{\text{신환수}}{\text{응답장치수}}$

표 10. 환자당 고에너지 치료장치의 이용횟수

	치료건수	신 환 수	환자당 치료 건수 (회)
LINAC	140,150	5,421	25.8
Co-60	70,166	3,462	20.3
계	210,271	8,883	23.7

표 11. 고에너지 방사선 치료장치당 신환수의 비교(I)

	장 치	장치 수	응답 수	응답율	신환수	장치당 신환수
서울	LINAC	13	11	84.6	3777	343.4
	Co-60	12	9	75.0	2573	285.9
서울이외 지역	LINAC	10	6	60.0	1644	274.0
	Co-60	5	3	60.0	889	296.3

표 12. 고에너지 방사선 치료장치당 신환수의 비교(II)

	장 치	장치 수	응답 수	응답율	신환수	장치당 신환수
LINAC	18	14	77.8	4592	328.8	
Co-60	15	12	88.0	3462	288.5	
LINAC	5	3	60.0	829	276.3	
Co-60	2	0	0	0	0	

방사선 치료장치의 1987년 1년동안의 비가동율을 조사해 본 결과 10Mev 이상의 장치에서 10.2%, 10Mev이하의 장치에 6.1%, Co-60 치료기에서 0.6%로 나타나 에너지가 높은 장치에서 고장이 잦은 것을 알수 있다. 특히 10Mev 이상의 장치에서 10.2%라는 것은 일년에 거의 한달을 쉬는 것을 의미하여 기기의 신속한 고장 수리에 문제가 있음으로 사료된다.

(참고 표 13)

표 13. 치료장치의 에너지별 비가동율

에너지별	장치명	장치수	응답수	응답율(%)	비가동율 (%)
L 10 이상		11	7	63.6	10.2
L 10 이하		16	12	75.0	6.1
Co-60		17	15	88.2	0.6

- 주) 1. 전체장치중 87년이후 설치된 장치와 무응답장치 제외
 2. 1987.1.1-1987.12.31 까지의 고장점검에 의한 비가동율

$$\text{비가동율} = \frac{\text{고장점검일수}}{\text{실가동율} + \text{고장점검일수}} \times 100$$

3. L₁₀ : LINAC의 에너지가 10 MV 이상

우리나라 총 암환자수를 90,055 명으로 추정할 때 방사선 치료를 받는 비율이 9.9%로 미국의 Perez의 조사에 의한 50 내지 60% 보다 낮아 방사선 치료장치의 이용율이 떨어지는 것으로 사료된다.

환자 통계에 답한 치료장치 Linac 17대, Co-60 12대의 경제성을 고려하여 보면 도입가격이 133.32 억원이며 100% 보험환자로 가정시 연간 수입이 20.29 억원, 100% 일반환자시 31.54 억원으로 나타났다.

이는 최저 수입선이 31.132 억원과 비교해 볼 때 적자운영을 반영해 주고 있다.

표 14. 고에너지 치료장치의 도입추정가격과 연간 치료수입의 비교 단위 : 억원

장치명	도입가격	100% 보험환자시 연간 추정수입	100% 일반환자시 연간 추정수입
LINAC	116.28	13.52	21.02
Co-60	17.04	6.77	10.52
계	133.32	20.29	31.54

- 주) 1. 환자 통계설문에 응답한 장치에 한한 자료임.
 선형가속장치 대당평균
 $6.84 \text{ 억원} \times 17 \text{ 대} = 116.28 \text{ 억원}$

코발트 치료기 대당평균

$$1.42 \text{ 억원} \times 12 \text{ 대} = 17.04 \text{ 억원}$$

2. 보험환자 1회 치료비 : 6,700 원
 종합병원 진료행위별 가산율 : 20%
 2분이상 조사시 가산율 : 20%
 $6,700 \text{ 원} \times 1.2 \times 1.2 = 9,648 \text{ 원}$
 3. 일반환자 1회당 평균치료비 : 15,000 원

$$\text{LINAC} : 15,000 \text{ 원} \times 140,105 \text{ 건} = 21.02 \text{ 억}$$

$$\text{Co-60} : 15,000 \text{ 원} \times 70,166 \text{ 건} = 10.52 \text{ 억}$$

그러나 우리나라의 총 암환자 추정수의 23.3%만 확보한다면 적자운영을 면할 수 있는데 이는 현재 도입된 장치로 지역간의 불균형을 해결 하고 효율적인 이용을 할수 있는 대안만 마련된다면 장치의 적자운영을 면하면서 암환자를 치료하는 데 적당한 치료장치가 현재 도입되어 있다고 사료된다. 그러나 현재 지역간 불균형과 이용율의 저하, 병원간의 경쟁상태하에 있으므로 장치의 계속적인 도입증가 현상을 막기 어려우리라 사료된다.
 (참고표 15,16)

표 15. 고에너지 치료장치의 최저신환 확보율 (년간 추정치)

최저수입선	최저치료건수	최저치료확보율
35.132 억원	364,138 건	17.1%

- 주) 1. 감가상각비 : 기기의 사용년한 10년으로 1년에 10%로 가산
 $\text{LINAC} : 6.84 \text{ 억원} \times 17 \text{ 대} \times 0.1 = 11.628 \text{ 억}$
 $\text{Co-60} : 1.42 \text{ 억원} \times 12 \text{ 대} \times 0.1 = 1.704 \text{ 억}$
 인건비 : 환자 통계설문에 답한 20개 병원의 인원임
 치료방사선
 전문의 : $0.25 \text{ 억원} \times 33 \text{ 명} = 8.25 \text{ 억원}$
 물리사 : $0.1 \text{ 억원} \times 15 \text{ 명} = 1.5 \text{ 억원}$
 기사 : $0.08 \text{ 억원} \times 92 \text{ 명} = 7.36 \text{ 억원}$
 간호사 : $0.08 \text{ 억원} \times 18 \text{ 명} = 1.44 \text{ 억원}$
 기타 : $0.05 \text{ 억원} \times 31 \text{ 명} = 1.55 \text{ 억원}$
 계 : 20.1 억원

기기수리비 : Linac은 연간 대당 평균
0.1 억원

Co-60은 거의 수리비가 들지 않음으
로 무시했음

$$0.1 \text{ 억원} \times 17 \text{ 대} = 1.7 \text{ 억원}$$

$$\begin{aligned} \text{최저수입선} &= \text{감가상각비} + \text{인건비} + \text{기기수} \\ &\text{리비} = 13.332 + 20.1 + 1.7 \\ &= 35.132 \text{ 억원} \end{aligned}$$

2. 최저치료건수 = 최저수입선 / 1회 치료비
(보험환자)
= 35.132 억원 / 9,648 원
= 364,138 건
3. 최저신환자 확보수 : 최저 치료건수 / 환자
당 치료장치 평균이용 횟수
= 364,138 / 23.7 = 15,364명
최저치료확보율 = 최저 신환자 확보수 / 총
암환자 수 = 15,364명 / 90,055명 (추
정) = 17.1%
4. 건물임대료, 부대시설비 기타 비용은 고
려치 않았음.

기기수리비 : Linac은 연간 대당 평균
0.1 억원

Co-60은 수리비가 들지 않음
므로 무시했음

$$0.1 \text{ 억원} \times 27 \text{ (대)} = 2.7 \text{ 억원}$$

$$\begin{aligned} \text{최저수입선} &= \text{감가상각비} + \text{인건비} + \text{기기수리} \\ &\text{비} = 20.882 + 24.34 + 2.7 = \\ &47.922 \end{aligned}$$

2. 최저치료건수 = 최저수입선 / 1회 치료비 =
47.922 억원 / 9,648 원 = 496,704 건
3. 최저신환확보수 = 최저치료건수 / 환자당 치
료장치 평균이용횟수 = 496,704 / 23.7
20,958 명
4. 최저신환확보율 : 우리나라 총암환자수가
90,055 명이라고 추정시
최저신환자 확보수 / 총암환자수 =
20,958 / 90,055 × 100 = 23.3 %
5. 건물임대료, 부대시설비, 기타비용은 고
려치 않았음.

표 16. 현재 도입된 고에너지 치료장치의 최저신
환 확보율 (년간 추정치)

최저수입선	최저치료건수	최저신환확보수	최저신환확보율
47,922억원	496,704건	20,958 명	23.3 %

주) 1. 감가상각비 : 기기사용년한 10년으로 1
년에 10%로 계산

$$\text{Linac} : 6.84 \text{ 억원} \times 27 \text{ (대)} \times 0.1 = 18.468 \text{ 억원}$$

$$\text{Co-60} : 1.42 \text{ 억원} \times 17 \text{ (대)} \times 0.1 = 2,414 \text{ 억원}$$

인건비 : 설문에 답한 병원들의 자료를
토대로한 평균치임

치료방사선과

$$\text{전문의} : 0.25 \times 43 \text{ 명} = 10.75 \text{ 억원}$$

$$\text{물리사} : 0.1 \times 16 \text{ 명} = 1.6 \text{ 억원}$$

$$\text{기. 사} : 0.08 \times 109 \text{ 명} = 8.72 \text{ 억원}$$

$$\text{간호원} : 0.08 \times 19 \text{ 명} = 1.52 \text{ 억원}$$

$$\text{기 타} : 0.05 \times 35 \text{ 명} = 1.75 \text{ 억원}$$

$$\text{계} \quad \quad \quad 24.34 \text{ 억원}$$

III. 결 론

이상에서 살펴본 우리나라의 암 치료장치의 이
용상태에 대한 결론은 다음과 같다.

1. 고에너지 방사선 치료장치 44대 (LINAC 24
Co-60 17, MICROTRON2, CYCROTRON1)
가 국내에 도입되어 있으며 이들의 지역적 배
치가 심한 불균형을 보이고 있으므로 이에 대
한 검토가 필요하다.
현재 자유경쟁 체제속에서 장치의 지역간 심
한 차이 또는 특정지역에 중복 도입됨으로서
현재 우리나라 암환자중 9.9%만이 방사선
치료장치를 이용하고 있어 장치의 이용율이 낮
으며 이용시 의료비 부담에 간접적인 영향
을 미치므로 보건의료시혜의 균형있는 공급및
암환자를 치료한다는 특수성을 고려하여 정부
적인 차원에서 그 분포에 좀더 신중한 배려를
하여야 하겠다.
2. 고가의료 장비의 기종이나 수입원을 결정하기
위해서는 장비 관리면이나 AFTER-SERVICE

를 고려하여 효율적인 장비관리 및 유지방안이 검토되어야 하겠다.

방사선 치료장치의 도입이 너무 많은 회사들로부터 수입되었고 LINAC의 경우 회사와 계약하에 예방점검을 실시하고 있는 장치가 31.6%로 낮아 장치의 MAINTENANCE에 일관성이 없고 신속한 고장 수리에 문제가 있는 것으로 사료되어 장치 도입시 기술자의 교육과 국내에 기술부의 설치를 의무화 시키는 등의 제도적 배려가 시급하다.

3. 양질의 의료를 위하여 방사선 치료전문 인력에 대한 인력관리 방안이 검토되어야 하겠다. 방사선 치료관련 인원당 신환수가 외국에 비해 많으므로 양질의 의료제공에 제한이 되고 있는 한편 치료방사선 전문의의 경우는 1983년부터 진단 방사선과에서 분리되어 국가시험을 치러 자격을 취득하고 있으나 물리사의 경우 특정교육 기관이 없고 기사에 있어서도 일반 방사선사가 치료를 하고 있는 실정이므로 MEDICAL PHYSICIST나 방사선 치료전문기사의 교육과 자격을 부여하는 제도적 개선을 함으로서 의료의 질적 향상에 기여하리라 생각된다.
4. 방사선 치료의 특수성 및 경제성을 고려하여 의료보험 수가의 재고 또는 정부 차원에서의 관여가 있어야 하겠다. 우리나라의 대부분 방사선 치료장치의 운영이 적자 운영을 면치 못하고 있으므로 이를 위해서는 현재의 의료보험 수가를 상향조정 하던지 방사선 치료장치의 이용율을 높일 수 있는 대안이 있어야 하겠다.

참 고 문 헌

1. 김영일 : 방사선 치료, pp10-62, 1984
2. 정 환 : 전산화 단층 촬영기의 이용에 관한 연구, 1983.
3. 황인영 : 고가 의료장비의 공동이용을 위한 협력체계, 병원협회지, 1988.6.
4. 대한 방사선사 협회 : 협회사, pp199-201, 1986.
5. 보사부 : 의료보험 요양급여기준 및 진료수가 기준, 1988.

6. 정 환 : 방사선장치의 이용실태와 전망, 방사협보 제 105 호, 1987.9.30.
7. 보건사회부 연보, 1987.
8. TECHNOLAND INC : 최신의 BSD 온열치료 장치, pp20-24, 1987.
9. 보사부 : 한국인 암등록 조사자료, 1987.
10. 문옥륜 : 적절한 의료기술 개발을 위한 정부의 역할, 한림대 개교기념 세미나 연재집, pp.29-43, 1982.
11. 박영희 : 일부 의료장비 분포에 영향을 미치는 요인분석, 1988.
12. 보건사회부 : 성인병 및 정신질환 관리를 위한 기초조사연구, p. 105, 1988.
13. 진홍욱 : 우리나라 의료용 전자기기 산업의 현황과 육성방안에 관한 연구, 서울대 보건대학원 석사학위논문, 1987.
14. C. JULES ROMINGER: Radiation therapy technology manpower need 1982. int. J. Radiation oncology Biology Physics, Vol. 9, pp. 1875-1880, 1983.
15. SIMON KRAMER: Summary results from the fourth facilities master list survey conducted by the patterns of care study. int. J. Radiation Oncology Biology Physics, Vol. 19, pp. 1881-1883, 1983.
16. James J. DIAMOND: Trend in radiation therapy demographics, 1974 to it 1983. int. J. Radiation oncology Physics, Vol. 12, pp. 1673-1674, 1986.
17. GERALD E. HANKS: The need for complex technology in radiation oncology. Cancer 55, pp. 2198-2201, 1985.
18. JAMES J. DIAMOND: The structure of radiation oncology practices in the continental united states. int. J. Radiation Oncology Biology Physics, Vol. 14, pp. 547-548, 1988.
19. FAIZ M. KHAN: The physics of radiation therapy. pp. 47-66, 1984.
20. HAROLD E. JOHN R. CUNNINGHAM: The physics of radiology. pp. 532-548, 1983.
21. CARLOS A. PEREZ: Principle and practice of radiation oncology. pp. 11, 1987.