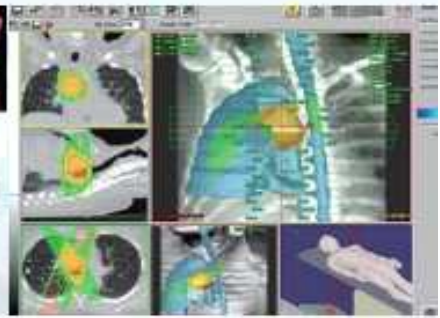
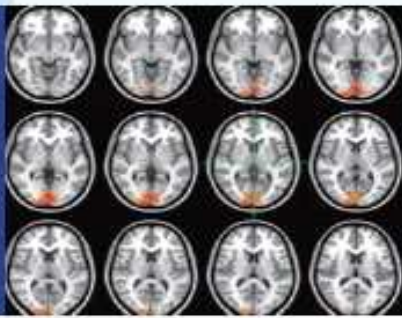


한국의학물리학회 기술보고서 3

KOREAN SOCIETY OF MEDICAL PHYSICS



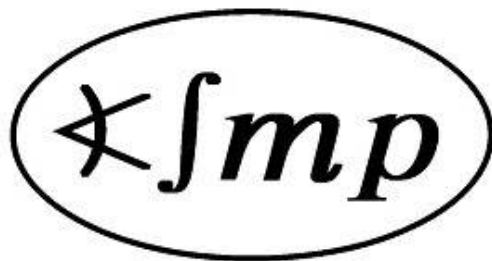
의학물리학 대학원 학위를 위한 교과과정 권고

2013년 01월



한국의학물리학회(KSMP) 교육위원회

**의학물리학 대학원 학위를 위한
교과과정 권고**



2013년 01월

한국의학물리학회(KSMP) 교육위원회

알 림

이 보고서는 미국의학물리학회 AAPM (American Association of Physicists in Medicine) 교육훈련위원회 보고서 Report No. 197: Academic Program Recommendations for Graduate Degrees in Medical Physics에 기반하여 작성되었음.

작성자

- 정 해조 : 한국의학물리학회 교육위원장(한국원자력의학원)
- 신 동오 : 한국의학물리학회 고시위원장(경희대학교병원)
- 김 동욱 : 한국의학물리학회 고시간사(강동경희대학교병원)
- 강 위생 : 한국의학물리학회 용어위원장(서울대학교병원)

목 차

1. 의학물리학 대학원 교육과정 개요

2. 과목 논의

2.1 핵심 과목

2.1.1 방사선물리학/ 선량계측학

2.1.2 방사선방어/안전학

2.1.3 기초의료영상학

2.1.4 방사선생물학

2.1.5 해부학/ 생리학

2.1.6 특별 과목

2.1.6.1 컴퓨터학/ 의료정보학

2.1.6.2 의료윤리/ 분쟁/ 과학적 위법

2.1.6.3 의학통계학

2.1.6.4 임상연구

2.1.6.5 과학적 의사소통(세미나)

2.2 영상기기학

2.2.1 정보처리학/영상공학

2.2.2 일반X-선영상

2.2.3 디지털X-선영상/ 컴퓨터단층촬영(CT)

2.2.4 초음파영상

2.2.5 자기공명영상(MRI)

2.2.6 핵의학

2.3 방사선치료

2.3.1 방사선종양학

2.3.2 외부방사선치료

2.3.3 근접치료

2.3.4 치료계획

2.3.5 외부방사선치료장치

- 2.3.6 특수방사선치료기술
- 2.3.7 중성자/ 양성자/ 중이온방사선치료
- 2.3.8 방사선치료 방사선방어
- 2.4 치료 지침과 감시 영상
 - 2.4.1 움직임 및 움직임 관리
 - 2.4.2 CT와 4D CT
 - 2.4.3 포탈 영상
 - 2.4.4 콘빔 CT
 - 2.4.5 메가볼트(MV) CT
 - 2.4.6 2차원/ 3차원 초음파영상
 - 2.4.7 영상의 융합/ 정합/ 변환
 - 2.4.8 호흡연동과 호흡지도를 통한 움직임 관리

3. 과목의 개요

- 3.1 핵심 과목
 - 3.1.1 방사선물리학/ 선량계측학
 - 3.1.2 방사선방어/안전학
 - 3.1.3 기초의료영상학
 - 3.1.4 방사선생물학
 - 3.1.5 해부학/ 생리학
 - 3.1.6 특별 과목
 - 3.1.6.1 컴퓨터학/의료정보학
 - 3.1.6.2 의학윤리/ 분쟁/ 과학적 위법
 - 3.1.6.3 의학통계학
 - 3.1.6.4 임상연구
 - 3.1.6.5 과학적 의사소통(세미나)
- 3.2 영상기기학
 - 3.2.1 정보처리학/영상공학
 - 3.2.2 일반 X-선영상
 - 3.2.3 디지털 X-선영상/ 컴퓨터단층촬영(CT)
 - 3.2.4 초음파영상
 - 3.2.5 자기공명영상(MRI)
 - 3.2.6 핵의학
- 3.3 방사선치료

- 3.3.1 방사선종양학
- 3.3.2 외부방사선치료
- 3.3.3 근접치료
- 3.3.4 치료계획
- 3.3.5 외부방사선치료장치
- 3.3.6 특수방사선치료기술
- 3.3.7 중성자/ 양성자/ 중이온 방사선치료
- 3.3.8 방사선치료에서 방사선방어
- 3.4 치료 지침과 감시 영상
 - 3.4.1 움직임 및 움직임 관리
 - 3.4.2 CT와 4D CT
 - 3.4.3 포탈 영상
 - 3.4.4 콘빔 CT
 - 3.4.5 메가볼트(MV) CT
 - 3.4.6 2차원/ 3차원 초음파영상
 - 3.4.7 영상의 융합/ 정합/ 변환
 - 3.4.8 호흡연동과 호흡지침을 통한 움직임 관리

4. 실습과목

- 4.1 방사선방어와 방사선안전
- 4.2 영상진단장비와 품질관리
- 4.3 핵의학계측장비와 품질관리
- 4.4 방사선치료장비와 품질관리, 임상수업

5. 참고문헌

- 5.1 해부학/생리학
- 5.2 기초 방사선물리학/ 기타 중요 과목
- 5.3 전자공학
- 5.4 보건물리학/ 방사선방어
- 5.5 영상과학
- 5.6 의학생리학과 의학생물학을 위한 경계물리학
- 5.7 의학통계학/ 수학
- 5.8 핵의학
- 5.9 방사선치료물리학

5.10 방사선 생물학

5.11 초음파

5.12 의학물리사 직업적 관점

1. 의학물리학 대학원 교육과정 개요

학회가 마련한 “의학물리학 대학원과정 인증제도” 규정은 자격과 능력을 갖춘 의학물리학자가 되고자 하는 사람들에게 적합한 최소의 석사/박사 수준의 의학물리학 교과과정을 제공하기 위한 지침이 될 것이다. 그러므로 의학물리학 대학원과정을 개설할 때에는 이 수준의 교육이 실시되도록 배려해야 한다. 의학물리학 대학원과정의 종류는 석사학위 취득을 목표로 한 석사과정(2년)과, 박사학위 취득을 목표로 한 박사과정(3~5년, 석·박사 통합과정 포함)으로 크게 나뉜다. 의학물리학 대학원 석사 및 박사과정의 교과과정은 이 보고서의 교과과정 지침을 충족해야 할 것이다.

기초과목은 지금까지의 교육과정에서 의학물리학의 기초가 되는 물리학을 전공하지 않았거나 선택하지 않았던 학생을 위하여 설정되었고, 기초과목을 이미 학부 등에서 이수하고 충분히 습득한 학생은 이수하지 않아도 된다. 의학물리학은 물리학의 한 응용분야이며, 물리학 및 의학물리학을 이해하기 위해서 수학이 필요하다. 이 보고서는 의학물리학 석/박사과정 학생이 숙지해야 할 주요 교육과정과 의학물리(영상의학, 핵의학 방사선치료학분야) 세부분야 간의 상호 연관성에 대하여 중요하게 반영하였다. 명백하게, 핵심 교육과정은 보다 전문적 교육과정에 대하여 기초 역할을 한다. 예를 들면, 기초상호작용물리학은 방사선종양학, 영상의학, 핵의학, 보건물리학 모두에 필수적이다. 하지만, 기본적 수준의 의료영상학 지식이 모든 의학물리학자에게 요구될지라도 전문적인 자기공명(MR)과 같은 지식습득은 관련 전문가에게 보다 적절하다. 또한, 실무 의학물리사의 필수항목으로서 의학통계학, 의료정보학, 의료윤리의 중요성이 대두되고 있으며, 이는 최근 임상과 연구 환경 변화에 기인한 바가 크다. 핵심 일반과목은 방사선물리학, 선량계측학, 방사선방호, 방사선물리학, 기초의료영상학, 해부학, 생리학, 그리고 더욱더 다방면의 지식으로 구성된 특별과목으로 이루어져 있다. 특별과목은 컴퓨터 활용능력(컴퓨터학/의료정보학), 의료윤리, 의학통계학, 방사선안전학, 임상연구, 학회 및 논문 발표(세미나), 특별연구를 포함한다. 핵심과목은 모든 의학물리학 교육에 중요하며 보다 세부 전문분야 교육에 대한 기초 역할을 한다. 특별과목은 모든 의학물리사에게 필요한 기본 지식을 포함하지만 보다 덜 포괄적으로 다루고 있다. 최근의 경험에 비추어 의료윤리와 의학통계학은 보다 깊은 범위에서 다루어 질 필요가 있다. 핵심과목(그리고 특수과목)에 덧붙여, 두 가지 커다란 세부 특수 분야로서 영상/핵의학학과 방사선치료로 구분된다. 그리고 치료 교육, 감시 영상, 실습과목이 제시되고 있다. 과목 설정 시 각각의 교육과정이 바람직한 교육목표에 도달하도록 주제의 통합 및 재배치, 또 다른 수단을 동원하여 교과과정을 정비하는 것이 가능하며, 과목 설정은 각 시설 독자적으로 실시하는 것이 바람직하다.

대학원에서는 연구논문을 작성하여 학위취득을 목표로 하는 것이 필수이기 때문에 특별연구(과정 논문)의 지도 시간과 최신 임상 및 연구에서 과제를 배우는 과학적 의사소통(세미나) 환경은 빼놓을 수 없다. 이 지침에 따라 의학물리학 대학원과정을 마치고 학위를 취득하면 의학물리사로서 임상업무에 종사할 수 있는 능력, 의학물리학자로서의 교육능력과 연구능력, 의료에 종사하는 모든 직종의 종사자에 방사선 교육능력 등이 배양되도록 설정하였다.

2 과목 논의

2.1 핵심 과목

2.1.1 방사선의학물리학/ 선량계측학

이 과목의 과목은 물리학(또는 강력한 물리학과 수학적 배경을 가진 공학), 방사선물리학과 선량학의 기초를 대학원 과정에서 가르치도록 고안되었다. 에너지전이와 선량측정에 주안점을 두면서 방사성붕괴와 방사선 상호작용, 방사선장, 방사선량에 논의될 수 있도록 표준 물리량과 단위를 제일 먼저 소개한다.

학생들에게 좁은/넓은 빔(narrow- and broad-beam) 조건 하에서 지수적 감쇠를 방사선방어와 안전 과정에 포함된 차폐를 배우기 전에 가르쳐져야 한다.

모든 선량계측학은 하전입자 평형, 방사평형, 그리고/또는 공동이론의 응용에 상당히 의존한다. 따라서 이러한 분야는 이온함 그리고 몇몇의 일반 응집-물질 선량으로 수행하는 임상 선량학을 공부하기 전에 다루어야 한다.

일부 과정에서 방사선물리학과 진단방사선학, 핵의학, 방사선방어와 방사선안전 과정의 일부로써 이 과목의 내용을 가르치는 것이 가능하다.

2.1.2 방사선방어/안전학

방사선방어와 안전은 의학물리학의 다양한 세부분야에 스며들어 있다. 방사선방어와 안전에 대한 학습에는 인체 방사선 조사에 기인하는 생물학적 반응에 대한 논쟁과 같이, 폭 넓은 내용이 논의된다. 환자와 방사선종사자의 방사선방어와 보호뿐만 아니라 측정장치와 차폐해석에 대해서도 특별한 관심이 요구된다. 기계와 환경시료 채집, 생물학적 분석, 다양한 측면에서의 차폐와 더불어 환자와 종사자들의 방사선방어와 안전에 초점을 둔 일련의 실험실적 경험들이 포함되어야 한다. 이 과목에서 강조하는 것은 의학물리학과 관련된 다양한 환경에 대해서 방사선안전과 방어의 광범위한 지식 기반을 제공하는 것이다.

2.1.3 기초 의료영상학

이 과목은 역 문제(inverse problem)와 신호처리, 시스템 성능, 선형구조이론, 디지털 영상처리, 확률처리, 영상복원, 영상 정량화, 의사결정론을 포함하는 영상학의 기본 개념을 영상 전공분야의 학생들에게 소개하기 위해 만들어 졌다.

2.1.4 방사선생물학

방사선의 생물학적 효과에 대한 이해는 의학물리의 모든 분야에서 요구된다. 이

온화 방사선의 생물학적 과정의 이해력 부족은 최근에 많은 잘못된 정보를 양산해 왔다. 오직, 교육에 의하여 이러한 상황은 감소시킬 수 있고 결과적으로 시정될 수 있다. 방사선생물학은 인체에서의 방사선의 미시적이고 분자적인 상호작용과 세포 반응 사이의 기본 연결고리를 제공 해준다. 본문에서는 인체에 대한 방사선효과를 이해함으로써 방사선안전 방침과 치료기법을 도출해낼 수 있도록 세포학과 생리학적인 기본 지식을 제공한다. 이러한 과목은 방사선치료물리학, 보건물리학, 핵의학과 같은 몇 개의 관련된 과목들로 분배되기 보다는 총체적이고 일관된 방식으로 나타내어야 한다.

2.1.5 해부학/ 생리학

해부학과 생리학(그리고 관련 전문용어)에 대한 확실한 이해는 의학물리사로 하여금 의학계 구성원과의 협력에 매우 필수적이다. 이 과목을 완료한 후, 학생들은 그리스와 라틴 어원의 지식으로부터 공통의 의학용어를 해석할 수 있어야 한다. 학생들은 총체적인 해부학적 구조를 분간하고, 주요 장기 시스템을 정의하고, 복구와 유지, 성장과 같은 생리학적인 원리를 기술할 수 있어야 한다. 해부학적 구조와 생리학적 기능은 대상을 보는데 사용되는 영상장치와 상호 연관되어야 한다. 세포생리학과 기능에 대한 기본적인 소개는 학생들이 저산소증, 세포소멸, 혈관생성, 증생, 발암 등과 같은 기본 개념에 대한 이해를 유도할 수 있도록 준비 되어야 한다.

2.1.6 특별 과목

다음 과목들은 의학물리 훈련에 중요하다. 열거된 세부 과목은 해당 내용의 형태와 종류를 가리킨다. 많은 기관들이 그들의 교육과정 내 다른 과목들 속에 이들의 특별 과목을 포함하려고 할 것이다. 예를 들면, 컴퓨터 활용은 영상학이나 방사선치료에 포함 될 수 있을 것이다.

2.1.6.1 컴퓨터학/ 의료정보학

의학물리의 실무에서 컴퓨터 응용은 치료계획과 모의치료, 모델링, 자료 분석, 영상처리와 같은 실제 업무를 수행하기 위하여 의학물리사가 필요로 하는 필수적인 요소이다. 이 과목은 기초 컴퓨터 활용 기술의 일부를 소개한다. 이 과목에서는 학생들이 기초 컴퓨터 응용 기술 과정이 있는 대학원 의학물리 과정에 입학한 것을 전제로 대학원 과정 동안 관련 기술을 연마하고 발전시켜 나갈 것을 기대한다.

2.1.6.2 의료윤리/ 분쟁/과학적 위법

이 과목에서는 임상의학과 과학적 연구, 그리고 의학물리사의 전문적 행위에서 윤리 문제를 다루고 있다. 여기에서 사용되는 “윤리”라는 용어는 전문직 구성원을

위한 행위의 허용기준의 의미로 사용된다. 다른 사람들이 윤리가 무엇이 인가에 대한 다른 의견을 가질 수 있지만, 전문직은 항상 어떤 윤리적 표준 또는 의료종사자에 의하여 일반적으로 수용되고 규정화된 행위의 항목을 가지고 있다.

행위의 규정화된 항목과 익숙해지는 것에 덧붙여, 학생들은 일반적으로 부딪치는 상황으로서 반윤리적으로 고려되는 상황이거나 또는 윤리적으로 고려되는 상황에서 현재의 표준에 따라서 어떤 선택이 가능한지 교육되어야 한다. 최근 임상과 연구 양쪽에서 환자의 개인 사생활 존중과 건강보험정보이동관리법으로 특징되는 법제정 및 관련법 준수와 같은 보다 전문적인 사안이 포함된다.

수업 참가자들의 사례에 근거한 분석들로 세미나를 구성하는 것이 강력하게 추천된다. 이것은 학생들에게 윤리적 난관에 직면했던 자신, 개개인의 상황들에 빠져들게 함으로서 발표되는 사례별 차이를 체험케 해준다. 또한 다른 실무진을 참석시키고 의견을 개진하게하며 그들이 직/간접으로 직면했던 상황에 대해서 논의하게 하는 것도 매우 유용하다.

2.1.6.3 의학통계학

임상 의학물리사는 방사선과학에 관련된 수학적 기술에 대한 확고한 지식기반을 가지고 있어야 한다. 정규 수학 교육과정은 의학물리와 관련한 생물통계학과 수신자 조작 특성 곡선 해석, 수학적 모형과 모사, 최적화 이론, 선형/비선형 회귀 기법, 푸리에 변환 (컨볼루션과 필터 응용)에 대한 총론을 포함한다.

2.1.6.4 임상 연구

연구는 의학물리의 핵심적인 영역이다. 대학기반의 과학적 연구에 더하여 임상적인 연구에도 의학물리사가는 관여하고는 한다. 임상 연구는 국가적인 임상실험이나 일반 대학 규모의 연구로 행해지곤 한다. 의학물리학 대학원생은 대학원과정의 일부로서 임상연구에 참가하고 역할을 담당하여야 한다. 학생들은 연구 기법, 인간 대상 실험과 관련한 윤리규정 그리고 과학적 의사소통에 익숙해져야 한다.

2.1.6.5 과학적 의사소통 (세미나)

간결하고 정확하며 유창하게 연구 방법과 결과 들을 다양한 청중에게 전달 할 수 있는 능력은 과학계에서 매우 중요하다. 의학물리학 학생은 과학 관련된 회의들을 위한 초록 제출, 포스터 작성, 구연발표, 논문 준비, 논문 토론과 같은 활동에 참가하고 역할을 담당하여야 한다.

2.2 영상기기학

2.2.1 정보처리학/영상공학

수학에서 강력한 기초가 영상과학에 요구된다. 의학물리 대학원생은 의학 영상을 이해하고 개발하기에 필요한 수학의 기초에 숙달되어야 한다. 이것은 선형시스템과 푸리에 변환이다. 영상처리와 재구성과 같은 결정적 측면이 이해되어야 한다. 확률 분포함수, 의사 결정이론, 잡음 그리고 여과와 같은 통계적 과정 모두가 교육과정에 포함되어야 한다.

2.2.2 일반 X-선영상

일반 평면영상은 방사선사진과 투시영상을 포함한다. 이 과목에서 내용은 환자 영상 획득 단계에 중점을 둔다. 일반 평면영상에서는 x-선 발생, 환자와 x-선의 상호작용, 필름-스크린 시스템 또는 영상증강장치를 사용한 영상 형성, 그리고 x-선 필름 현상과정을 포함한다. 영상 화질 문제는 그리드, 대조도, 상세함, 흐림 등을 포함하는 몇몇의 개개의 논제를 통하여 제기한다. 영상 질의 측정, 영상 보증, 인가 그리고 규정이 있어야 한다.

2.2.3 디지털 X-선 영상/ 컴퓨터단층촬영(CT)

영상 검출 기술은 필름으로부터 필름 없는 디지털 기술로 급격한 변화를 겪고 있다. 보다 새로운 기술, 즉 컴퓨터 방사선사진과 디지털 방사선사진들이 적절한 영상 처리기술로 나타나고 있다. 컴퓨터 방사선사진에서 신호처리가 논의된다. 디지털 방사선사진에서, 전통적인 필름 판독대는 전자 모니터로 바뀌고 있으며, 모니터와 모니터 품질관리가 논의된다.

컴퓨터단층촬영(CT) 기술이 기계장치와 응용에서 최근 발전을 포함하여 이 과목에서 논의된다. 진단, 치료계획 그리고 영상유도중재술을 위하여 축-방향 나선형 다검출기 그리고 원뿔-빔(corn-beam)의 사용이 논의되어야 한다. 영상 재구성과 관련한 수학적 소개되어야 한다. 영상 질, 품질관리, 인가 그리고 규제 측정의 측정이 포함되어야 한다.

2.2.4 초음파영상

초음파영상(US)은 다양한 의학 분야에서 사용되고 있다. 초음파 분야는 최근에 급격하게 발전하여 왔다. 초음파 물리학에 대한 기초 지식, 조직을 통한 파동의 전파, 초음파 트랜스듀서와 그들의 배열, 그리고 초음파 영상과 도플러장치에 대한 기초 정보를 포함한다. 실무자는 실시간 초음파 출력 지표의 역할을 포함하는 초음파

장치에 관련된 안전 문제를 인식하여야 한다. 영상 질의 측정과 품질관리, 인가, 규제들을 거론하여야 한다.

2.2.5 자기공명영상(MRI)

자기공명영상(MRI) 물리학의 기초가 논의된다. 강조되는 것은 보다 발전된 MRI 기술 보다 영상형성과 공간정확도, (대부분 일반적으로 이용되는 임상 펄스 순서에 대한) 영상 대조도. 주요 임상 응용과 안전의 기초적인 이해이다. 진단과 방사선치료용 영상유도 도구로서 MRI의 일반적 사용과 한계가 논의 되어야 한다. 영상 질의 측정과, 품질관리, 인가, 규제들이 거론되어야 한다.

2.2.6 핵의학

핵의학물리의 기초 지식과 감마카메라, 양전자방출단층촬영장치(PET), 단광자방출단층촬영장치(SPECT), 그리고 PET/CT와 같은 보다 새로운 기술 장치들의 논의를 포함한다. 진단과 영상유도치료의 도구로서 핵의학 영상장치의 일반적 사용과 한계가 논의 되어야 한다. 영상 질의 측정과 품질관리, 인가, 규제들을 거론한다. 보다 진보된 최신 기술에 대해서는 간략히 소개 되었다.

2.3 방사선치료

2.3.1 방사선종양학

방사선치료는 다양한 종류의 암 치료를 위해 방사선을 사용하는 임상 과정이다. 방사선치료는 고유의 특성과 절차를 가지는 다양한 방사선 선원을 이용한다. 이것들은 다른 치료장치와 함께 단독 또는 복합적으로 사용된다. 이 과목은 이러한 장치의 전반적인 개요를 제공하고 암 치료의 과정에서 그들의 역할을 구체화한다.

2.3.2 외부방사선치료

이 과목에서 내용은 조준된 외부방사선을 만들어 내기 위하여 고안된 장치로부터 외부방사선 응용을 대학원 학생들에게 가르치는 것이다. 이러한 외부방사선의 특성과 관련된 기초 선량 그리고 환자의 종양과 정상 세포에서 선량 분포를 전달하는 방법이 포함된다.

2.3.3 근접치료

근접치료는 방사성선원을 조직 내, 강 내, 또는 표면에 적용하여 짧은 거리에서 방사선을 전달하는 치료의 한 방법이다. 이 과목은 이러한 치료의 물리적 특성 그

리고 임상 방법들을 논의한다.

2.3.4 치료계획

임상 관심영역 설정과 선량 처방기준, 선량 모델링, 선량분포와 같은 치료계획 절차에 대해서 매우 명확하게 다룬다. 광자선과 전자선 그리고 그 밖의 것들의 특성에 대해 논의하며, 계산 및 전달된 선량을 검증하는 방법에 대해서 또한 기술한다. 비록 선량측정이 치료계획과는 전문분야에서 차이가 나지만 임상 의학물리사는 치료계획 설계에 대한 명확한 이해가 요구된다. 치료계획시스템에 대한 운영과 관리는 임상 의학물리사의 중요한 책무이다.

2.3.5 방사선치료장치

고에너지 가속기(일반 선형가속기, 토모치료기와 사이버나이프에 설치된 초소형 가속기, 외부 방사선치료에 사용되는 다양한 방사성선원들)로부터 모의치료기, CT, US, MRI 그리고 PET 영상시스템까지 많은 장치들이 방사선치료를 효과적으로 수행하기 위하여 필요하다. 방사선치료기의 물리적인 설계와 관리유지, 품질보증(QA) 절차들이 논의된다.

2.3.6 특수방사선치료기술

최근 방사선치료 분야에서의 괄목할만한 성장으로 인하여 특정 치료의 절차는 매우 복잡해졌으며 특화된 장비, 훈련, 그리고 추가된 자원을 요구한다. 이러한 복잡해진 치료들을 방사선치료의 특수 기술로 분류하고 교육과정의 일부로 만들었다.

2.3.7 중성자/ 양성자/ 중이온방사선치료

이 과목에서는 중성자, 양성자 그리고 다른 중입자 그리고 방사선치료에서 그들의 사용과 각 이온화 방사선의 특성에 초점을 두었다.

2.3.8 방사선치료에서 방사선방어

방사선치료 환경과 관계있는 방사선방호 과정은 방사선치료에 밀접한 의학물리사에게 방사선중양학과에서 개인과 일반인에 대한 방호의 필요성을 숙지하도록 준비한다. 적합한 법규, 협력 방법, 기록 유지를 교육한다.

2.4 치료 지도와 감시 영상

2.4.1 움직임과 움직임 관리

이 과목에서, 환자/장기의 움직임에 대한 개념이 소개된다. 치료계획을 수립하는 동안 움직임 관리를 위한 다양한 전략과 방사선 전달 단계가 논의된다.

2.4.2 CT와 4D CT

치료 허용범위의 적용으로 치료계획을 위하여 CT 영상의 사용이 설명된다. 움직임을 평가하기 위하여 4D CT의 사용이 소개된다. 다-절편 스캐너 그리고 후향적 영상 상관관계와 같은 다양한 기법과 기술이 논의된다.

2.4.3 포털 영상

움직임 관리를 위한 포털영상의 획득과 이용이 취급된다. 여러 이용 가능한 기술이 논의된다. 디지털로 재구성된 방사선사진(DRR: Digitally Reconstructed Radiographs)인 CT 영상과 포털영상의 결합이 논의된다.

2.4.4 원뿔-빔 CT

치료 전/치료 중 환자의 온라인영상을 통한 움직임 관리가 소개된다. kV 또는 MV 영상을 사용하여 가능한 여러 기술과 영상에서 광자 산란의 영향 등이 논의된다.

2.4.5 MV CT

방사선치료기에서 움직임을 관리하기 위한 메가볼트(MV) CT의 사용이 소개된다. MV 영상 질이 논의된다.

2.4.6 2차원과 3차원 초음파

움직임 관리를 위한 초음파 영상의 사용이 논의된다. 2D 그리고 3D 초음파 기술이 소개된다. 치료계획을 위한 초음파 영상의 사용이 논의 된다.

2.4.7 영상 융합/ 정합/ 변형

서로 다른 영상장치를 융합하기에 요구되는 영상변형기술이 설명된다. 정합기술이 개략적으로 설명된다.

2.4.8 호흡연동과 호흡지도를 통한 움직임관리

게이팅 치료와 환자 코칭을 통한 움직임 기술이 논의된다.

3. 과목 개요

3.1 핵심 과목

3.1.1 방사선물리학/ 선량계측학

1. 원자와 원자핵 구조
 - (a) 원자구조의 기본적인 정의
 - (b) 원자의 러더퍼드 모델
 - (c) 수소원자의 보어 모델
 - (d) 다전자원자 보어 모델
 - (e) 핵결합에너지, n/p 비율, 분열 그리고 원자핵 충격을 포함하는 핵의 구조
 - (f) 방사능과 붕괴 방식
2. 방사선 분류
 - (a) 방사선물리 기본 물리량과 단위
 - (b) 직접이온화방사선과 간접이온화방사선의 종류와 선원
 - (c) 이온화 방사선장의 설명
3. 방사선장의 설명에 사용되는 양과 단위
 - (a) 선속과 선속율
 - (b) 에너지 선속과 에너지 선속율
 - (c) 단일에너지 그리고 다중에너지 스펙트럼
4. 이온화 방사선과 물질의 상호작용의 설명에 사용되는 양과 단위
 - (a) 커마, 충돌커마, 방사커마
 - (b) 흡수선량
 - (c) 방사능
 - (d) 에너지전이
 - (e) 등가선량과 선질계수
 - (f) 조사선량
5. 간접이온화방사선: 광자빔
 - (a) X-선 전이, 특성 x-선, 원자의 이온화와 여기
 - (b) Mosely 법칙, x-선의 선 스펙트럼
 - (c) 가속된 전하로부터 발생하는 방사선, 제동복사 발생, Lamor 관계식
 - (d) X-선 표적, 제동복사수율(yield)
 - (e) 선질과 여과
 - (f) 광자빔에 의한 조직에서 에너지 흡수

6. 지수적 감쇠
 - (a) 간단한 지수적 감쇠
 - (b) 반가층(HVL), 십분의 일가층(TVL), 감쇠계수, 반응단면적
 - (c) 좁은 선속 대 넓은 선속 감쇠
 - (d) 선량증가비(buildup factor)
 - (e) 감쇠에서 선 스펙트럼 효과, 빔 강화 및 약화
 - (f) 상반정리(reciprocity theorem)
 - (g) 에너지전이계수, 에너지흡수계수
7. 광자와 물질의 상호작용
 - (a) Thomson 산란
 - (b) Rayleigh 산란
 - (c) 광전효과
 - (d) 콤프턴(Compton)산란
 - (e) (전자)쌍생성, 세종류 전자 생성
 - (f) 광핵반응
 - (g) 개개 효과의 상대적인 우세
 - (h) 개개의 광자 상호작용, 형광수율(yield), 오제효과에 따른 효과
 - (i) 감쇠계수와 에너지전이계수, 에너지흡수계수에 대한 개개 효과의 기여
8. 간접이온화방사선: 중성자 빔
 - (a) 운동에너지로 분류되는 중성자 종류
 - (b) 중성자 선원
 - (c) 중성자 빔 규격 사항
9. 중성자와 물질의 상호작용
 - (a) 산란, 흡수 운동학을 포함하는 중성자 상호 작용과 반응단면적
 - (b) 중성자를 위한 차폐 고려
 - (c) 중성자 커마와 흡수선량 계산
 - (d) 몸통 팬텀에서 흡수선량
 - (e) 감마-중성자 혼합 장(field) 선량측정
 - (f) 중성자 선질인자
10. 직접이온화방사선
 - (a) 임상에서 사용되는 하전입자 빔의 종류
 - (b) 하전입자 빔의 선원
 - (c) 하전입자 빔에 의한 조직에서의 에너지 흡수
11. 직접이온화방사선과 물질의 상호작용
 - (a) 저지능(충돌 또는 방사), 산란력, 비정, 뿔뿔이흩어짐(straggling)

- (b) 제한된 저지능, 선형에너지전이
 - (c) 궤도전자 상호작용
 - (d) 핵 상호작용
 - (e) 물질 내에서 전자의 에너지 분포 (하전입자 스펙트럼)
 - (f) 하전입자 상호작용에서 흡수선량 계산
12. 방사성 붕괴
- (a) 전 붕괴상수와 부분 붕괴상수
 - (b) 방사능 단위
 - (c) 평균 감쇠시간과 반감기
 - (d) 어미-딸 핵종 관계
 - (e) 과도평형과 영속평형
 - (f) 딸핵종의 추출
 - (g) 원자핵 상호작용에 의한 방사화
 - (h) 조사선량율상수와 공기커마상수
13. 하전입자평형과 방사평형
- (a) 방사평형
 - (b) 하전입자평형(CPE)
 - (c) 하전입자 평형에서 흡수선량, 충돌커마와 조사선량의 관계
 - (d) 하전입자평형 조건과 비평형의 원인
 - (e) 과도적 하전입자 평형
14. 선량측정
- (a) 선량계의 종류와 일반적 특성
 - (b) 국제방사선단위측정위원회(ICRU)의 선량측정의 양과 단위의 정의
 - (c) 절대선량측정과 상대선량측정 기술
 - (d) 선량측정의 해석
15. 열량계에 의한 선량측정
- (a) 기본원리와 측정법
 - (b) 열량손실과 열량평형
 - (c) 열전대와 서미스터
 - (d) 단열적, 등온도의, 그리고 일정 온도 기술
16. 화학(프리케) 선량계
- (a) 기본원리와 측정법
 - (b) G값과 방사화학 수율
 - (c) 흡수 분광학
17. 공동원리

- (a) 브래그 그레이(Bragg Gray) 공동이론과 그의 파생
- (b) Spencer-Attix와 Burlin 공동(cavity) 이론
- (c) Fano 이론
- (d) 평균저지능
- (e) 경계 근방 선량

18. 이온함

- (a) 이온함의 기본적인 모양
- (b) 표준 자유공기이온함
- (c) 공동(지두형)이온함
- (d) 외삽형이온함
- (e) 평행평판형이온함
- (f) 이온함 전류(미분 모드)와 전하(적분 모드) 측정과 전위계의 작동
- (g) 이온 쌍생성에 필요한 평균에너지
- (h) 이온함의 포화 특성, 초기, 일반적 재결합 손실 보정, 확산 손실(이온함 측정에 응용되는 교정 인자의 이해)

19. 이온함선량계에 의한 광자, 전자선의 교정

- (a) 공동이온함의 교정: 공기중 공기커마의 교정
- (b) 선량측정프로토콜(한국의학물리학회 기술보고서 2(2010), AAPM TG-21, AAPM TG-51, IAEA 보고서 시리즈 398(IAEA TRS-398) TRS-398
- (c) 광자와 전자선을 위한 팬텀 물질

20. 특수 빔을 위한 선량 측정법과 팬텀(KSMP TRS-2: 물 흡수선량 측정 기술 보고서 2를 충족하지 않는 측정조건)

- (a) 부분적으로 조사된 방사선 검출기의 효과
- (b) 방사선치료 조사에서 조사면 크기와 시간 형태의 효과
- (c) 정위적 방사선수술 빔
- (d) 감마나이프 Co-60 감마선
- (e) 로봇 선형가속기: 사이버나이프
- (f) 세기조절방사선치료
- (g) 토모테라피
- (h) 특수 빔을 위한 팬텀(KSMP-TRS-2를 충족하지 않는 측정조건)

21. 상대적인 선량측정 기술

- (a) 결정체의 들뜸과 탈 들뜸을 포함하는 열형광선량계(TLD)
- (b) 필름 선량측정과 라디오크로믹필름(그리고 절대선량계로써 필름을 사용하는 내용의 이해)

- (c) 반도체선량계: 다이오드
 - (d) 광자극발광(OSL: optically stimulated luminescence)
 - (e) 유리선량계(GRD)
 - (f) MOSFET(금속산화막반도체전계효과트랜지스터)
 - (g) 겔(gel) 선량계
22. 펄스 모드 검출기에 의한 선량측정
- (a) 가이거물리 계수관(G-M 계수관)과 비례계수관
 - (b) 신틸레이션 검출기
 - (c) 방사선 서베이미터
 - (d) 중성자 검출기
23. 마이크로선량계(microdosimetry)

3.1.2 방사선방어/안전학

1. 서론과 역사적 전망
 - (a) 이온화 방사선의 발견과 초기 응용
 - (b) 관찰된 방사선 장애
 - (c) 제안된 방사선 방어 실무
 - (d) 규제 이전의 활동
2. 상호작용 물리의 방사선방호 응용
 - (a) 직접 그리고 간접 이온화 방사선
 - (b) 쿨롱산란에 대한 Bethe-Bloch 공식, (전자) 껍질효과, 편광현상, 핵변환, 단열(adiabatic)산란, 궤도(track)구조, 표적현상, 방사화과정, Anderson-Ziegler 매개변수 표기, Janni 표 작성, 그리고 복합 그리고 합성물에 의한 효과
 - (c) 전자기 상호작용, 광전효과, 콤프턴효과, 쌍생성, 연속방전 현상
 - (d) 중성자 상호작용, 탄성/ 비탄성 과정
3. 방사선작업에서 선량측정
 - (a) 단위
 - (b) 커마/ 흡수선량
 - (c) 등가선량
 - (d) 국제방사선단위측정위원회(ICRU)의 권고
 - (e) 중성자 선질 인자의 최근 변화
4. 방사선검출기
 - (a) 비례계수관과 GM계수기를 포함하는 이온화 측정
 - i 전자-이온 이동
 - ii 펄스 구조

- iii 마이크로 선량측정장치
 - (b) 섬광/ TLD 장치
 - i 유기/ 무기, 고체/ 액체
 - ii 선량/ 등가선량 해석
 - iii TLD 에너지, 선량, 선량을 반응
 - (c) 등가선량계
 - i 에너지 의존
 - ii 펄스 장 반응
- 5. 차폐: 특성과 설계
 - (a) 직접 이온화 입자
 - (b) 간접 이온화 입자
 - (c) 선량증가(build-up) 매개변수 표기
 - (d) 통계 표본: 전산모사
 - i 선원 설명과 표본
 - ii 상호작용 표본
 - iii 기하학적 효과
 - iv 기록
 - v 일반적 분야 규정
 - (e) 입자가속기
 - i 1차 입자 차폐
 - ii 2차-3차 입자 차폐
 - iii 에너지/ 입자 형태 의존
 - iv 잠금장치와 접근 조절
 - v 방사선 환경 모델링
 - (e) NCRP(미국의 국가방사선방호위원회) 차폐 권고와 기술
- 6. 통계학
 - (a) 계측기 응답의 통계적 해석
 - (b) 실험의 설계
 - (c) 통계적/ 비통계적 오차 분석
 - (d) 해석 실험 결과
- 7. 개인에 대한 방사선모니터링
 - (a) 계측기 사용과 기술
 - (b) 자료 축적 및 능동적인 장치
 - (c) 역동 범위와 반응 민감도
 - (d) 필름, TLD, Lexan 그리고 CR-39

- (e) 포켓 이온함과 GM 계수기
 - (f) 임산부 작업종사자와 태아 선량 한계
8. 내부피폭
- (a) ICRP 60
 - (b) 의료내부방사선(Medical Internal Radiation Dose: MIRD) 선량계
 - (c) 모니터링과 방사선 관리
 - (d) 생물학적 분석
 - (e) 작업환경에서 확산
 - (f) 섭취허용제한치 그리고 유도공기(물)오염농도
9. 환경으로 확산
- (a) 환경으로 방사성동위원소 유출
 - (b) 선량적 결과
 - (c) 환경보호청(Environmental Protection Agency: EPA) 및 미국 핵규제위원회(Nuclear Regulatory Commission: NRC) 공기와 물 확산 모델
10. 생물학적 효과
- (a) 기초 방사선생물학
 - (b) 비통계적/ 통계적 반응
 - (c) 방사선 장애의 생물학적 실험 자료 근거
 - (d) BEIR (Biological Effects of Ionizing Radiation: 이온화 방사선의 생물학적 영향) 그리고 UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UN 산하원자방사선연구위원회) 보고서
 - (e) 환자와 태아 선량
11. 규제
- (a) 무엇이 되고; 무엇이 안 되고
 - (b) 10CFR19-70: 49USDOT300-399, 198; 219SFDA 278; 290SHA; 42USP HS; 40USEPA
 - (c) 상태: 일치 또는 불일치
 - (d) NCRP와 ICRP(Internal Commission on Radiation Protection)에 대한 관계
12. 고준위와 저준위 폐기물
- (a) USNRC/USDOE/USEPA 자료실(미국 Nuclear Regulatory Commission / Department of Energy/Environmental Protection Agency)
 - (b) 저준위 폐기물
 - (c) 미래 영향

13 비이온화방사선

- (a) 전자기/ 음향 위험
- (b) 장치 방출 요건
- (c) 측정 기술
- (d) 법적 규제

3.1.3 기초의료영상학

1. 의료영상을 위한 수학적 도구
2. 일반 x-선영상학
3. 디지털 x-선영상과 컴퓨터단층촬영(CT)
4. 초음파영상학
5. 자기공명영상(MRI)학
6. 핵의학

3.1.4 방사선생물학

1. 방사선과 물질의 상호작용 설명
 - (a) 방사선의 종류
 - (b) 방사선 흡수 원리
 - (c) 하전밀도
2. DNA에 대한 방사선장해
 - (a) 물의 방사선화학
 - (b) DNA구조와 방사선 기인 병소
 - (c) 이중가닥 절단
3. DNA 손상의 회복
 - (a) 절제 회복
 - (b) 이중가닥 절단의 회복
4. 방사선유발염색체 손상과 회복
 - (a) 염색체 생물학과 색수차
 - (b) 선형 2차 모델
5. 생존율곡선이론
 - (a) 표적이론
 - (b) 생존율곡선 모델
 - i 단일충돌 다중표적
 - ii 선형 2차

- (c) 세포 민감도
 - i 단일충돌 다중표적
 - ii 세포사 원리
- 6. 세포사: 세포사 개념(apoptosis와 증식사)
- 7. 세포회복과정
 - (a) 방사선 손상의 형태들
 - (b) 잠재치사 및 준치사 손상
 - (c) 선량분할 노력
 - (d) 선량을 효과들
- 8. 세포주기
 - (a) 세포역동학과 세포 주기 양성
 - (b) 방사선민감도와 세포 주기 위치
 - (c) 세포주기의 방사선 영향들
- 9. 방사선 반응의 변환요소(민감제와 보호제)
 - (a) 산소 영향과 다른 방사선 민감제
 - (b) 방사선 보호제
- 10. RBE, OER, LET
 - (a) 선형에너지전달
 - (b) 생물학적 상대효과
 - (c) 산소에 의한 방사선 영향의 증가율
- 11. 세포 역동학
 - (a) 세포주기와 정량화 구성요소
 - (b) 성장비율과 종양에 의한 세포 감소
 - (c) 방사선사진과 유세포분석법
 - (d) 인체 종양의 성장 역동학
- 12. 생체조직의 방사선장해
 - (a) 생체조직과 장기의 해부학
 - (b) 손상의 표현과 측정
- 13. 방사선병리학 급성장해와 만성장해
 - (a) 정상조직의 급성장해와 만성장해
 - (b) 급성장해와 만성장해의 발병학
 - (c) 다른 종류의 만성장해
 - (d) 잔류증상/ 방사선증후군/ 임상 TBI(전신조사)
- 14. 조직병리학
 - (a) 방사선 손상의 일반 형태학

- (b) 세포사멸의 형태학
- (c) 방사선 조사된 종양의 형태학적 변화
- 15. 종양 방사생물학
 - (a) 종양의 기본 구조와 생리학
 - (b) 종양 내, 저산소 세포들과 재산소화의 중요성
- 16. 시간/ 선량/ 분할
 - (a) 방사선생물학의 4R
 - (b) 부피 효과
 - (c) 분할치료의 기본 개념
 - (d) 급성과 만성 반응형 정상조직들에 대한 방사선과 반응도간의 상관관계
 - (e) 고선량분할치료와 치료당 선량
 - (f) α/β 비율
- 17. 방사선유전학: 불임과 돌연변이에 대한 방사선 효과
 - (a) 불임과 관련된 표적 세포들
 - (b) 일시적이거나 영구적 불임이 되는 방사선량
 - (c) "역-분할치료 효과"
 - (d) 돌연변이 유발의 원리
 - (e) 상대적 위험과 절대적 위험
 - (f) 시간 진행과 잠복기/ 다른 부위에서의 종양 유발 위험
- 18. 분자 메커니즘
 - (a) 분자 복제기술
 - (b) 유전자 분석
 - (c) 종양 유발유전자와 억제유전자
- 19. 약품과 방사선의 상호작용

3.1.5 해부학/ 생리학

- 1. 해부학 용어
 - (a) 해부학 용어의 기원
 - (b) 접두어와 접미어
 - (c) 해부학적 위치와 신체의 면에 대한 수사법
- 2. 골과 골수
 - (a) 분류(척추포함)
 - (b) 구조
 - (c) 형성
 - (d) 골수의 기능

- (e) 방사선영상 형상(x-선, 컴퓨터단층촬영, 자기공명영상, 핵의학영상)
- 3. 두뇌와 중추신경계
 - (a) 해부학적 구조
 - (b) 두뇌의 구조와 기능
 - (c) 신경전달과 조직(신경계의 질병)
 - (d) 방사선영상과 병리학
- 4. 흉부
 - (a) 흉골
 - (b) 흉부 내 장기
 - (c) 생리학
 - (d) 방사선영상과 병리학
- 5. 복부
 - (a) 분할 부위와 영역
 - (b) 복부 장기
 - (c) 복부계
 - (d) 생리학
 - (e) 방사선영상과 병리학
- 6. 호흡기 계통
 - (a) 장기
 - (b) 생리학
 - (c) 방사선영상과 병리학
- 7. 소화기 계통
 - (a) 분할부위
 - (b) 위치
 - (c) 생리학
 - (d) 방사선영상과 병리학
- 8. 비뇨기 계통
 - (a) 장기
 - (b) 위치
 - (c) 생리학
 - (d) 방사선영상과 병리학
- 9. 생식기 계통
 - (a) 장기
 - (b) 위치
 - (c) 생리학

- (d) 방사선영상과 병리학
- 10 순환기 계통
 - (a) 주요장기
 - (b) 생리학
 - (c) 방사선영상과 병리학

3.1.6 특수 과목

3.1.6.1 컴퓨터학/ 의료정보학

1. 스프레드시트 예) 엑셀
2. 데이터베이스 예) 엑셀
3. 과학적 모델링과 영상 패키지 예) MatLabTM, IDL, MathematicaTM
4. 컴퓨터 언어 예) C/CC++
5. 편집기, 문서기, 발표용 S/W
6. 운영체제 예) 유닉스, 윈도우, 스크립트 언어(자바, ...)
7. 인용 검색 예) Medline, PubMed
8. 통계 패키지, 예) SPSS, SYSTAT, STATISTICATM
9. 네트워크
 - (a) 네트워크의 종류, 통신 속도, 대역폭
 - (b) 네트워크 기반시설
 - (c) 광역네트워크(WAN), 지역네트워크(LAN)
 - (d) 의료용 디지털영상 및 통신 표준(DICOM)의 핵심개념
 - (e) 의료영상정보시스템(PACS)

3.1.6.2 의료윤리/ 분쟁 /과학적 위법

1. 자료와 환자 기록, 측정 결과, 보고
 - (a) 개인정보 보호와 소유권
 - (b) 타당한 사용에 관한 논쟁
 - (c) 지적 소유권/HIPAA
 - (d) 자료기록과 보관
 - (e) 자료 위조
2. 발행과 발표
 - (a) 원저자
 - (b) 복사
 - (c) 논문심사, 비밀유지, 이해의 상충
 - (d) 표절

3. 일반적인 직업적 처신

- (a) 동료와 교류
- (b) 직장 내 정당한 경쟁
- (c) 교섭과 분쟁
- (d) “고발”

4. 의료과실

- (a) 표준 유의
- (b) 전문가 증언
- (c) 환자와 의사간의 관계에서의 권리와 책임

5. 연구

- (a) 인간 대상 연구
- (b) 인지동의
- (c) 환경위생과 안전
- (d) 연구결과의 전파
- (e) 직권
- (f) 분쟁

3.1.6.3 의학 통계학

A. 주요관심주제

- 1. 기술통계학
- 2. 확률
- 3. 통계적 추론과 평가
- 4. 가설 검증과 매개변수 평가를 위한 실험 설계. 민감도 분석
- 5. 회귀모형
- 6. 매개변수 모델과 무매개변수 모델의 진행효율과 대표본 모델
- 7. 다변량분석
- 8. 분류 자료 분석

B. 2차 관심 주제

- 1. 다중비교 - Bonferroni, Hommel, Tukey, 등등 유의수준(네이만 피어슨 모델)의 “수정”
- 2. 연구의 조합. 동일 안건의 여러 연구를 정보 취합. 메타(meta)분석. 교차설계합성(cross-design synthesis), 코르런(Cochrane) 협회, 선량반응 함수의 중간외삽
- 3. 프로빗(Probit) 회귀분석모델. 생물검정
- 4. 시간이력해석, 통계적 예측. 점과 간격 평가

5. 생존분석. 시간-실패 모델, 검열관측, 생존과 위험함수
6. 임상연구의 설계
7. 순서반응(ordinal response)의 비례 확률과 비례 위험 모델
8. 품질관리통계. 일도량과 다변량 관리도

3.1.6.4 임상 연구

3.1.6.5 과학적 의사소통 (세미나)

3.2 영상과학

3.2.1 정보처리학/영상공학

A. 결정론적 양상

1. 수학 배경: 복소평면, 홀수/짝수 함수. 디랙-델타(Dirac-delta) 함수
2. 선형 시스템 소개
 - (a) 푸리에이론: 푸리에 급수와 연속 푸리에변환
 - (b) 푸리에변환의 특성
 - (c) Gaussian, sinc, rect, sinusoid, comb 함수 그리고 기초 푸리에 변환 쌍
 - (d) 복소 전달 함수
 - (e) 합성곱(convolution) 원리
 - (f) 가장자리 반응 함수
 - (g) 자동 그리고 상호 비교
3. 이산 신호처리
 - (a) 표본 이론
 - (b) 표본 및 복원
 - (c) 이산 푸리에 변환(DFT: Discrete Fourier Transform)
 - (d) 아포디징(apodizing) 및 위신호(aliasing)
 - (e) 표본 (화소)으로부터 근사 복원
4. 2차원 디지털 영상 처리
 - (a) 화소 변환: 2차원 아핀(affine) 변환
 - (b) 반-위신호 아핀(affine) 변환
 - (c) 영상 정합: 정규화된 상호 정보량, 우드(Woods) 알고리즘
 - (d) 여과와 영상 압축
5. 영상 재구성

- (a) 선 그리고 가장자리 반응: 중앙 절편이론
- (b) 투사로부터 영상: 사이노그램(sinogram)
- (c) 분석 및 반복적 재구성 방법
- (d) 사이노그램 공간에서 영상 정합
- (e) 구획 모델링: 생리학/생화학적 매개변수 사상(mapping)

B. 확률적 양상

1. 무작위 수 발생, 확률 밀도 및 분포 함수
 - (a) 이항, 푸아송(Poisson) 그리고 가우시안 분포
 - (b) 적률(moments): 기댓값, 평균, 그리고 분산
 - (c) 푸리에 관계: 특성 함수와 중앙 한계 이론
 - (d) 기초 결정 이론의 소개
 - (e) 신호대잡음비
 - (f) 로스(Rose) 모델과 선-백색 정합 필터(pre-whitened matched filter)
 - (g) 검출양자효율(DQE)과 잡음등가양자(NEQ)
2. 결정 이론
 - (a) 음성/양성 예측값; 결정 기준에 잡음의 효과
 - (b) 조건부 결합 확률; Bayes 정리
 - (c) 수용자 동작 특성 (ROC: Receiver Operating Characteristics)
 - (d) 자유-수신자 동작특성 (FROC) [논문 주제]
3. 잡음 평균과 필터
 - (a) 잡음 평균의 원리: 공분산 개념
 - (b) 자기공분산 출력 스펙트럼 개념[잡음 그래프]
 - (c) 필터링: 역, 메츠(Metz), 위너(Wiener), 그리고 위너-헬스탐(Wiener - Hellstrom) 필터
 - (d) 오차의 전파 및 공분산 행렬
4. 최대 우도(Maximum Likelihood)
 - (a) 선형 회귀
 - (b) 상관계수
 - (c) 공분산 행렬의 고유구조
 - (d) 최적화: Levenberg-Marquardt와 Nelder-Mead 접근
 - (e) 기댓값-최적화
 - (f) OSEM과 반복 역합성곱(deconvolution) 기법
5. 유의성 검증
 - (a) 카이제곱(Chi-squared), t -검정, F-검정, 통계적 검증력
 - (b) 분산 분석

(c) 통계적 매개변수 지도화법(SPM: Statistical Parametric Mapping)

3.2.2 일반 X-선 영상

1. X-선 발생

- (a) X-선관
- (b) 전자에너지
- (c) 제동복사
- (d) 특성방사선
- (e) 효율
- (f) 유효성(출력)
- (g) 여과, 자체 여과, 뒤꿈치(heel)효과

2. X-선관의 에너지 공급과 제어

- (a) kV 발생
- (b) 전압 파형과 x-선 발생
- (c) 축전기
- (d) 고주파 전원장치
- (e) mA 조절
- (f) 노출 시간 조절
- (g) 품질관리 과정

3. X-선관의 가열과 냉각

- (a) 열발생
- (b) 열용량
- (c) 초점 지역
- (d) 양극체
- (e) 선관 덮개
- (f) 냉각도표(Cooling charts)

4. X-선 영상의 형성과 대조도

- (a) 대조도 형태
- (b) 광자 에너지(kVp) 영향
- (c) 지역 대조도

5. 산란 X-선과 대조도

- (a) 대조도 감소
- (b) 조준
- (c) 공기 간극(갭)
- (d) 그리드

- (e) 그리드 투과
- (f) 그리드 선택
- 6. 방사선 영상 검출체
 - (a) 형광관 기능
 - (b) 검출체 민감도
 - (c) 영상 흐림
 - (d) 영상 잡음
 - (e) 인공물
- 7. 사진 형성과 필름 민감도
 - (a) 필름 기능
 - (b) 광학 밀도
 - (c) 필름 구조
 - (d) 현상 과정
 - (e) 민감도
 - (f) 현상과정 품질관리
- 8. 필름 대조도 특성
 - (a) 대조도 전달
 - (b) 필름 관용도
 - (c) 필름 형태
 - (d) 현상 과정의 영향
 - (e) 필름 안개(fog)
- 9. 사진 농도의 제어
 - (a) X-선 발생기
 - (b) 검출체 민감도
 - (c) 환자
 - (d) 거리와 면적
 - (e) 자동노출장치(AEC)
- 10. 흐림, 분해능, 그리고 세밀함의 가시성
 - (a) 세밀함의 가시성
 - (b) 뚜렷하지 않음
 - (c) 분해능
 - (d) 변조전달함수(MTF: Modulation Transfer Function)
- 11. 사진의 세밀함
 - (a) 물체 위치와 확대도
 - (b) 움직임 흐림

- (c) 초점 흐림
- (d) 검출체 흐림
- (e) 복합 흐림

12. 영상 잡음

- (a) 가시성에 대한 효과
- (b) 양자 잡음
- (c) 검출기 민감도
- (d) 알갱이와 구조적 잡음
- (e) 전자적 잡음
- (f) 대조도에 대한 잡음의 효과
- (g) 잡음에 대한 흐림의 효과
- (h) 영상 통합
- (i) 차감(subtraction) 영상

13. 투시촬영시스템

- (a) 증배관
- (b) 비디오시스템
- (c) 광학시스템과 카메라
- (d) 검출체 민감도
- (e) DSA

14. 선량과 선량 감소 주제

3.2.3 디지털 X-선 영상/ 컴퓨터단층촬영(CT)

1. 디지털 영상 시스템과 영상 처리

- (a) 디지털 영상
- (b) 디지털 영상 검출과 변환
- (c) 영상 처리
- (d) 영상 저장과 복구
- (e) 영상 표시장치와 품질관리(QC)
- (f) 디지털 x-선 영상 시스템

2. CT 영상 형성

- (a) X-선시스템
- (b) 검출기시스템 설계
- (c) 컴퓨터시스템
- (d) 디스플레이장치
- (e) 주사(scanning)

- (f) 영상 재구성
 - (g) 체적 또는 원뿔 빔 CT
 - (f) 4D CT
3. CT 영상 화질
- (a) 절편 프로파일, 나선 스캔 피치
 - (b) 대조도 민감도 - kVp와 mAs의 효과
 - (c) 고/저 대조도 분해능
 - (d) 잡음
 - (e) 선량
 - (f) 인공물(빔 강화, 부분용적효과, 금속물체)
 - (g) 품질관리
4. 선량과 선량 감소 주제
5. 특화된 디지털 기술
- (a) 영상 분류
 - (b) 디지털 투시
 - (c) 시간-의존 처리
 - (d) 마스크 방식
 - (e) 결합된 필터
 - (f) 시간 간격 차이(TID: Time Interval Difference) 방식
 - (g) 회기 시간 필터
 - (h) 매개변수 영상
 - (i) 에너지 의존 처리
 - (j) K-모서리 영상
 - (k) 비 K-모서리 에너지 차감
 - (l) 에너지 차감 S/N (signal to noise: 신호대잡음)
 - (m) 공간 주파수 필터링
 - (n) 이중에너지 잡음 감소 기술
 - (o) 영상 보상 기술

3.2.4 초음파영상

1. 초음파 평면파
- (a) 조직의 기계적 그리고 탄성 특성의 개요
 - (b) 1차원 파동 방정식과 조화 해석
 - (c) 파동 변수: 압력, 입자 속도, 변위
 - (d) 에너지, 출력, 그리고 강도-(압력 진폭과 입자 속도에 관련)

- (e) 데시벨 표기법
 - (f) 음향 임피던스
 - (g) 경계에서 반사와 투과
2. 조직을 통한 음파의 전파
- (a) 소리의 속도
 - (b) 감쇠와 흡수
 - (c) 산란
 - (d) 비선형 전파; B/A의 정의
 - (e) 충격파의 조화
3. 단 소자 탐촉자(transducer)
- (a) 일반 설계 고려 사항
 - (b) 주파수와 대역폭에 영향을 주는 요소
 - (c) 구경 물리학: 근거리/원거리 장 근사; 회절
 - (d) 연속 파동 빔 형태
 - (e) 펄스 동작을 위한 빔 형태
 - (f) 초점 맞춤
4. 탐촉자 배열
- (a) 1차원 배열 형태의 원리 (기능에 대한 형태/크기/포맷)
 - (b) 설계: 소자 배치, 정합 그리고 충전 물질
 - (c) 다-주파 동작
 - (d) 빔 형성 송신: 초점 형성 송신
 - (e) 수신하는 사이에 빔 형성; 초점 형성 수신
 - (f) 초음파 애퍼디제이션(apodization)과 동적 구경
 - (g) 축과 외측 해상도의 추정
 - (h) 단면 두께(다차원 배열; 광대역을 위한 초점 폭)
5. 펄스에코장치 신호처리
- (a) 펄스 특성, 충격 계수(duty factor)
 - (b) 전송력
 - (c) 수신 이득(gain); 전체 이득과 TGC (temporal gain correction)
 - (d) 동적 범위, 압축, 아날로그-디지털 변환, 그리고 신호 변조
 - (e) 빔 형성(완전 디지털 대 혼성)
 - (f) A-mode, B-mode, M-mode, 이중/삼중 작동 모드
6. B-모드 영상
- (a) 주요 영상 방법
 - (b) 영상 프레임 속도

- (c) 반점(speckle) 통계와 합성 기법
 - (d) 조화 영상
 - (e) 미세기포 대조도
 - (f) 3D와 4D 영상 기법의 개요
7. 연속 파동과 펄스 도플러
- (a) 도플러 방정식
 - (b) 도플러 신호의 본질
 - (c) 분광 분석
 - (d) 펄스 도플러
 - (e) 도플러 신호 처리
 - (f) 앨리어싱(aliasing)
8. 초음파 혈류 영상
- (a) 생리적 순환 현상의 검토
 - (b) 속도 영상
 - (c) 에너지 영상
 - (d) 칼라 혈류 영상에서 정보 내용
 - (e) 혈액 저류 조영제
9. 장비 성능 테스트
- (a) 팬텀(재질, 구조, 관리)
 - (b) 축, 외측 그리고 고도방향 분해능
 - (c) 분해능 측정을 위한 방법
 - (d) 시스템 민감도 그리고 가시화 깊이
 - (e) 초음파와 두께 측정에서 기하학적 정확도
 - (f) 무반사 개체와 흑백 영상 표적
 - (g) 인가 프로그램과 인가 단체
10. 흑백 영상과 도플러에서 정보와 인공물
- (a) 후방 증강과 그늘짐
 - (b) 반사/거울 인공물
 - (c) 반향 인공물
 - (d) 굴절 인공물
 - (e) 소리 인공물의 속도(기하학적 변위/왜곡, 위상-편차)
 - (f) 도플러 위신호
 - (g) 일반 송수신기 문제(세로 소실; 가로 줄무늬)
11. 생물학 효과와 안전
- (a) 음향 출력 측정과 규제 한도

- (b) 실시간 출력 표찰: MI 그리고 TI 그리고 규제 한도
- (c) 초음파의 생물학 효과
- (d) 안전 동작 수준; ALARA와 피폭 개념
- (e) 조영제 안전
- (f) 안전과 최신 초음파로 태아 영상
- (g) 권고와 규제(FDA, AIUM, NEMA, NCRP, ACR, AAPM)

3.2.5 자기공명영상(MRI)

1. 기초 원리

- (a) MR 영상 대조도에 영향을 주는 본질적/ 비본질적 변수
- (b) MR에서 유용한 핵의 특성
- (c) 정자기장(B_0)과 평행 분배
- (d) 라머 주파수와 라디오 주파수 장(B_1)
- (e) 기준의 실험실과 회전 프레임
- (f) 이완 (T_1 , T_2 , T_2^*) 작용과 일반 대조도 체제의 영향
- (g) 기초 스핀-에코 기법
- (h) 스핀-에코 영상에서 대조도
- (i) 선형 자기장 경사(G_x , G_y , G_z)를 사용하는 공간 인코딩
 - i 절편(slice) 선택
 - ii 주파수-인코딩
 - iii 위상-인코딩
 - iv MRI의 공간 정확도
- (j) "k-space"의 특성

2. 기계 설비

- (a) 정자기장 하부 시스템
 - i 일반 자기장 강도와 자석 설계
 - ii. 설치 문제
- (b) 라디오파 장 하부 시스템
 - i 코일 설계: 체적, 표면, 위상 배열
 - ii 라디오파 차폐 요건(설치)
- (c) 경사장 하부 시스템
 - i 최대 진폭, 상승 시간, 회전율(slew rate)
 - ii 맴돌이(Eddy) 전류 효과와 보상 기법

3. 기초 영상 화질 문제

- (a) MRI에서 신호대잡음비 그리고 대조도대잡음비

- (b) 분해능
- (c) 영상 획득 시간
- 4. 기초 펄스 기법
 - (a) 스핀-에코 기법
 - (b) 경사-에코 기법
 - (c) 고속 스핀-에코 기법
 - (d) 역 회복 기법과 응용[STIR, FLAIR (Short Time Inversion Recovery, Fluid-Attenuated Inversion Recovery)]
 - (e) 일반 기법 조건 (공간과 화학적 포화 기법)
 - (f) 초 신속 영상 기법 (에코 평면 영상과 나선 기법)
 - (g) MR 혈관조영술(MRA) 기법
 - i 혈류 관련 현상
 - ii 경과시간(time-of flight) MRA
 - iii 위상 대조도 MRA
 - iv 볼러스(bolus) 대조도 물질 강화 MRA
 - v 관류민감 영상
 - vi 확산 강조 확산 텐서 영상
 - (h) 기능 MRI 뇌영상 기법
 - i 생리학적 기초
 - ii 영상 방법
 - iii 실험 디자인과 분석
 - (i) MR 분광법(MRS) 기법
 - (j) 평행 영상 기법
- 5. 인공물
 - (a) 움직임
 - (b) 에일리어싱(aliasing) 또는 “wrap-around”
 - (c) 금속 물체
 - (d) 화학적 이동
 - (e) 절단(truncation)
 - (f) 시스템에 관련된
 - i 왜곡
 - ii 라디오파(RF) 코일 문제와 RF 간섭
 - iii 고스팅(ghosting: 유령 인공물)
 - iv 수신기/저장/배열 처리 문제

- (g) 공간 정확도 한계와 최적화
- 6. 안전과 생물학적 효과
 - (a) 정자기장 고려사항(추진체, 임프란트에 대한 효과, 생리학적 효과)
 - (b) RF 고려사항(조직 가열, 특수 흡수율, 화상 상해)
 - (c) 경사장 고려사항(주변 신경 자극, 음압 수준)
 - (d) 식약청 권고사항
 - (e) MR과 임신부 환자, 방사선사, 간호사
 - (f) 일반 MR 대조도 재제
- 7. 정도 관리
 - (a) MRI에 관련된 ACR (American College of Radiology) 표준
 - (b) ACR MR 인증 프로그램(MRAP)
 - (c) ACR MR 품질관리 메뉴얼과 이것의 권고되는 품질관리 양상
 - (d) AAPM 실무그룹과 NEMA (National Electrical Manufacturers Association) 보고서를 포함하는 다른 지침서

3.2.6 핵의학

1. 감마카메라
 - (a) 카메라 특성
 - (b) 조준기
 - (c) 결정체
 - (d) 광증배관 배열
 - (e) 영상 형성
 - (f) 분광계
 - (g) 파고 분석기
2. 방사성핵 영상 화질
 - (a) 대조도
 - (b) 상세함의 흐림과 가시성
 - (c) 영상 잡음
 - (d) 균일성
 - (e) 임상 감마카메라 응용
3. 방사성핵단층 영상
 - (a) 양전자방출단층촬영(PET) 그리고 PET-CT
 - i PET 영상의 원리, 기계장치, 분해능
 - ii 임상 PET 영상 획득 과정
 - iii 정량적 PET 영상

- iv 동영상(4D) FET
- (b) 단일광자방출단층촬영(SPECT)
 - i SPECT 영상의 원리, 기계장치, 분해능
 - ii 임상 SPECT 영상 구성
 - iii 정량적 SPECT 영상
- 4. 통계: 측정 오차
- 5. 환자 피폭과 방호
 - (a) 내부선량평가
 - (b) 임상선량평가 그리고 일반 영상 획득 과정에서 전형적인 선량
 - (c) 방사성동위원소 치료 선량평가
- 6. 개인 피폭 및 방호
 - (a) 유효선량 증가
 - (b) 피폭 한계
 - (c) 피폭 선원
 - (d) 지역 차폐
 - (e) 개인 차폐
 - (f) 방사성 선원으로부터 피폭
- 7. 방사선 측정
 - (a) 이온함
 - (b) 서베이미터
 - (c) 방사능 측정
- 8. 방사화학, 방사면역영상, 방사성의약품의 원리
 - (a) 방사화학 원리
 - (b) 방사면역영상과 방사면역치료 원리
 - (c) 방사성의약품 기술
- 9. 핵의학에서 품질관리 문제점

3.3 방사선치료

3.3.1 방사선종양학

1. 임상방사선종양학의 개요
 - (a) 암발생율/병인학
 - (b) 암 분류/병기
 - (c) 치료장치의 개요

- i 수술
- ii 화학요법
- ii. 방사선치료
 - A 원격치료(외부방사선치료)
 - B 근접치료(큐리 치료)
 - C 중성자, 양성자, 중입자치료
- iv 온열 요법
- (d) 임상의학물리학자의 역할
- (e) 국내 및 국제 의학물리학과와 방사선종양학과 조직
- 2. 방사선치료의 방사선생물학적 기초
 - (a) 종양제어와 정상조직의 허용(치료가능비)
 - (b) 회복
 - (c) 분할(조사)
 - (d) 장기허용선량
 - (e) 생존곡선의 수학적 국면

3.3.2 외부방사선치료

1. 임상광자빔: 기재사항
 - (a) 기본 인자: 조사면 크기, 선원-피부거리, 선원-축거리, 선원-콜리메이터거리
 - (b) 조사면 옵션: 원형, 정사각형, 직사각형, 부정형
 - (c) 조사면 콜리메이터: 콜리메이터의 1차, 2차, 3차 배치; 직각(상부와 하부 콜리메이터); 원형; 다엽콜리메이터
2. 임상광자빔: 점 선량 계산
 - (a) 깊이선량백분율(PDD)
 - (b) 최대산란비율(PSF)
 - (c) 공기조직선량비(TAR)
 - (d) 최대조직선량비(TMR)
 - (e) 팬텀조직선량비 (TPR)
 - (f) 산란함수
 - (g) 공기산란선량비(SAR)
 - (h) 최대산란선량비(SMR)
 - (i) 콜리메이터 인자
 - (j) 상대적인 선량인자/출력인자
 - (k) 축외선량비(OAR)
3. 임상광자빔: 기초적인 임상에서 선량측정

- (a) 선량에 영향을 미치는 기본 인자
- (b) 기본 선량 인자간의 관계
- (c) 콜리메이터와 팬텀에서 발생하는 산란에 대한 보정
- (d) 불균질 조직과 보정

4. 임상 전자빔

- (a) 전자빔 치료의 방향
 - i 에너지 선택
 - ii 빔 확산 방법들: 이중 산란 포일 대비 스캔 빔
 - iii 콜리메이터를 이용한 방법들: 트림머와 어플리케이터
- (b) 깊이-선량 분포
 - i 특성값 (D_s , D_x , R_{100} , R_{90} , R_p , R_{90-10})
 - ii 에너지와 조사면 크기에 따른 변화
- (c) 에너지 스펙트럼
 - i 특성값(E_o , E_p)
 - ii 표면(범위-에너지 상관관계들)과 깊이와 관련한 규격들
- (d) 선량분포
 - i 빔 편평도와 대칭도
 - ii 반응영
 - iii 등선량 분포
- (e) 모니터단위(MU)의 결정
 - i 선량처방의 방법
 - ii 출력인수의 수식
- (f) 선량측정에서의 공기 갭(gap)에 의한 효과
- (g) 기본 원리
 - i 제공근 방법
 - ii 유효 빔 선원과 가상 빔 선원
 - iii 외곽 산란 평형

5 광자빔과 전자빔의 특수한 경우

- (a) 광자빔의 세기조절방사선치료
 - i 콜리메이터를 가지고 있는 선형가속기
 - ii 토모테라피
 - iii 정위적 방사선 빔과 로봇 기반 선형가속기
- (b) 전자빔으로 세기변조방사선치료

3.3.3 근접치료

1. 근접치료: 기본적인 물리 특성
 - (a) 근접치료에서 사용되는 방사성 핵종들
 - (b) 근접치료에 사용되는 원소 종류 들
 - (c) 치료용 밀봉방사성원소 선량측정(선원 세기, 공기커마율, 흡수선량 계산)
 - (d) 방사성원소의 선량 보정, 순도분석, 품질관리
 - (e) 방사성원소의 규격과 선량 측정
2. 근접치료: 임상적인 측면
 - (a) 근접치료의 기술들: 침습치료, 강내치료; 표면 국소장치(applicator)
 - (b) 근접치료 체계: 직접 장전 대비 후장전; 메뉴얼 대비 원격후장전
 - (c) 침습 치료: 맨체스터(manchester) 방식과 파리(Paris) 방식
 - (d) 시드 선원삽입(seed implant)
 - (e) 초음파 유도 전립선 시드 선원삽입(seed implant)
 - (f) 부인과 강내치료
 - (g) 임상 방사선 처방과 선량부피그림표(DVH)
 - (h) 원격후장전장치(remote afterloading mahone)

3.3.4 치료계획

1. 표적체적의 정의와 처방선량의 기준(ICRU 50과 ICRU 60)
 - (a) 맨눈(육안적)중양체적(GTV)
 - (b) 임상표적체적(CTV)
 - (c) 계획표적부피(PTV)
 - (d) 처방선량점, 등선량곡선, 등선량면
2. 광자빔: 선량 모델링과 치료계획
 - (a) 단독 조사선량 분포
 - (b) 등선량 곡선과 등선량 면에 영향을 미치는 인자들
 - (c) 조사빔의 다양한 정합
 - (d) 쉐기필터와 비스듬한 조사
 - (e) SSD 보정, 틈(gap) 보정, 불균질 보정
 - (f) 선량 규격화와 표준화
3. 광자빔: 치료계획
 - (a) 등선량 값의 획득
 - (b) 컴퓨터 기기
 - (c) 일반 알고리즘: 합성곱(convolution), 중첩, 실빔(pencil beam)
 - (d) 차원 (2차원, 2.5차원, 3차원 치료계획)

- (e) 비동일평면 치료계획
 - (f) 비대칭 콜리메이터를 이용한 치료계획
 - (g) 쉐기필터를 이용한 치료계획(고정썰기, 동적썰기, 가상썰기)
 - (h) 다엽콜리메이터를 이용한 치료계획
 - (i) 보상체 설계
 - (j) 3차원 치료계획
 - (k) 순방향과 역방향 치료계획
 - (l) 역방향치료계획 항목과 기법. 최적화 기법
 - (m) 몬테카를로 기반 치료계획
 - (n) 치료계획시스템을 위한 품질관리
 - (o) 생물학적 수정사항/최적화
4. 임상 광자빔 : 환자에 적용
- (a) 환자 자료 획득
 - i 체운곽
 - ii 영상들: 필름, 전자포털영상장치(EPID), 컴퓨터영상처리장치(CR)
 - iii 컴퓨터단층촬영(CT), 초음파(US), 단광자방출컴퓨터단층촬영(SPECT), 자기공명영상촬영(MRI), 양전자방출단층촬영(PET)
 - (b) 일반 모의치료기 기법
 - i 위치결정/고정
 - ii 조영제와 표적자등의 사용
 - iii 영상 데이터 인자/영상 최적화
 - (c) 부속 장치들과 기법들
 - i 차폐물 만들기
 - ii 보상체
 - iii 볼러스(bolus)
 - (d) CT 모의치료기법
 - i 스카우트 뷰(scout view) 기법
 - ii 가상 모의치료
 - iii 수치재구성방사선사진(DRR)
 - iv CT 수(CT number)과 전자밀도간의 관계와 보정
 - (e) 기타 특이 고려 사항
 - i 피부선량
 - ii 조사면 일치
 - iii 누적선량
 - iv 선량부피그림(DVH): 미분(직접)과 적분(누계)

5. 임상 전자빔: 선량 모델링과 치료계획
 - (a) 환자와 방사선 빔의 기하학적 구조에 따른 효과
 - i 공기 틸
 - ii 빔 경사
 - iii 환자의 불규칙한 신체 표면
 - iv 내부의 불균질: 뼈, 지방, 폐, 공기
 - (b) 선량 알고리즘
 - i 해석적 알고리즘(예: 페르미-아이저 기반 실빔)
 - ii 몬테카를로 알고리즘
 - iii 임상적 치료준비(commissioning)
 - iv 치료계획의 품질관리
 - (c) 치료계획 기법들
 - i 에너지와 조사면 크기 선정
 - ii 볼러스: 일정 두께와 모양
 - iii 조준: 삼입, 피부, 내부
 - iv 조사면 정합 기법
 - v 광자-전자빔 혼합
 - (d) 특별한 전자빔 치료기법들
 - i 전신피부전자선조사
 - ii 전립프전자선조사
 - iii 전자선회전치료
 - iv 수술중전자선치료
 - v 전두피 조사
 - vi 뇌척수신경 조사
 - vii 입체조형(Conformal) 치료

3.3.5 방사선치료장치

1. 방사선치료장치
 - (a) 동위원소단위: 코발트-60과 세슘-137
 - (b) 고정식 가속기
 - i X-선 장비
 - ii 중성자 발생기
 - (c) 주기식 가속기
 - i 선향가속기의 기본
 - ii 베타트론

- iii 마이크로트론
- iv 사이클로트론과 싱크로사이클로트론
- v 싱크로트론

2. 선형가속기(Linac)

- (a) 기본 설계와 요소
- (b) 도파관 가속
- (c) 전자 주사 체계
- (d) RF 파워 발생
- (e) 전자빔 전달
- (f) 선형가속기 치료의 방향
- (g) 임상용광자빔의 생성(표적)
- (h) 편평필터(일부 가속기는 사용하지 않음)
- (i) 임상용 전자빔의 생성(산란 박지)
- (j) 선량 감시 체계
- (k) 빔 콜리메이션(광자 대비 전자)

3. 토모치료기

- (a) 기본 설계와 요소
 - i 선형가속기와 마그네트론
 - ii 텅스텐을 이용한 차폐와 빔 정지, 산란과 누출의 효과
 - iii 임상용광자빔의 생성: 빔 윤곽
 - iv 선량 감시 체계
 - v 빔 콜리메이션
 - A 콜리메이터와 조사면 너비
 - B 다엽콜리메이터의 구조와 운용
 - vi MV CT 검출기
 - A 설계
 - B 운용과 데이터 획득 체계
 - C 영상 복원
 - vii 일일 품질보증(QA)
- (b) 치료 전송
 - i 회전전송
 - ii 영상획득과 융합
- (c) 치료계획체계
 - i 선량 계산 알고리즘
 - ii 최적 매개변수

- iii 피치
- iv 세기조절 인자
- v 치료 사이노그램
- vi 선량 전달 품질관리

4 사이버나이프

- (a) 기본 설계와 요소
 - i 선형가속기
 - ii 로봇팔
 - iii 환자위치결정용 환자 치료대의 6차원 자유도
 - iv 임상용 광자빔의 생성: 빔 운곽
 - v 선량 감시체계
 - vi 빔 콜리메이션
 - A 원형 콜리메이터
 - B 빔 조사 자유도
 - vii X-선 영상 체계
 - A 설계
 - B 운용과 데이터 획득
 - C 영상 재건
 - viii 일일 품질보증(QA)
- (b) 치료 전송
 - i 공시상태
 - ii 영상 획득과 융합
- (c) 치료계획 체계
 - i 선량계산 알고리즘
 - ii 치료계획 체계와 영상 융합 및 운곽그리기 체계
 - iii 최적화 인수
 - iv 빔 전송 품질보증(QA)

5. 장비 인수

- (a) 규격서
- (b) 치료실 설계
- (c) 입찰 서류
- (d) 장비 설치
- (e) 인수검사
- (f) 장비 치료준비

6. 품질보증/품질관리(QA/QC)

- (a) 전체 치료과정에 대한 오차 해석
- (b) 품질보증과 품질관리 표준의 원천
- (c) 품질관리 프로그램의 조직화
 - i 스텝 배정
 - ii 장비
 - iii 이력 추적과 반복
- (d) 선량 전달
 - i 요구 서류
 - ii 포털 증명 기법
 - iii 기록 및 증명 체계
 - iv 생체내(In-vivo) 선량측정(TLD, 다이오드, MOSFET)
- (e) 구체적인 품질관리 지침
 - i 장비 선원
 - ii 근접치료 선원과 어플리케이션
 - iii 차폐물 제작과 보정기 시스템
 - iv 치료계획 체계
 - v 다엽콜리메이터(MLC)
 - vi 세기조절방사선치료
 - vii 동적 썬기
- (f) 방사선 종양학과 정보 운용 체계
 - i 방사선종양학과내의 네트워크와 데이터 흐름
 - ii 클라이언트 서버 시스템
 - iii 방사선치료 영상 시스템
 - iv 정보체계 인터페이스: DICOM-RT와 Health Level-7(HL-7) 표준

7. 팬텀 시스템과 물탱크

- (a) 광자빔과 전자빔에 대한 조직등가물질
- (b) 교정용 팬텀
- (c) 인체 등가 팬텀
- (d) 빔 스캔 시스템

3.3.6 특수방사선치료기술

1. 특별한 외부방사선치료기법 : 기본적인 특징; 역사적 개발, 품질보증(장치 및 치료), 치료환자;
 - (a) 전신조사(TBI)
 - (b) 전신피부전자선조사(TSEI)

- (c) 정위방사선수술
 - (d) 정위방사선치료
 - (e) 직장 조사
 - (f) 전자빔 회전치료
 - (g) 수술중 방사선치료
 - (h) 온열치료
 - (i) 과분할 조사와 소분할 조사
 - (j) 펄스 저선량비(PLDR)
2. 세기조절방사선치료(IMRT)
- (a) 선량 전달 체계
 - i 단일 절편 콜리메이터
 - ii 다엽콜리메이터
 - iii 토모치료기
 - iv 체적세기조절회전방사선치료
 - (b) 선량 전달 기법들
 - i 전달 단계
 - ii 슬라이딩 윈도우(Sliding window)
 - (c) 환자 품질관리

3.3.7 중성자/ 양성자/ 중이온방사선치료

1. 이론(기초)
- (a) 물리적 관점
 - i 깊이선량분포 비교(브래그봉우리)
 - ii LET(선형에너지전달)
 - (b) 생물학적 관점
 - i LET
 - ii 저산소증 - 산소증강비(OER)
 - iii 상대적생물학적효과(RBE)
2. 중성자
- (a) 중성자의 생성
 - i 중수소-삼중수소 (DT) 발생기
 - ii 싱크로트론($d^+ \rightarrow Be$ 상호작용)
 - iii 선형가속기($p^+ \rightarrow Be$ 상호작용)
 - iv 밀봉동위원소 방사선치료(^{252}Cf)
 - (b) 인체 조직 내에서 방사선의 상호작용

- i 탄성산란
- ii 비탄성산란
- iii 중성자 포획
- iv 핵분열
- (c) 깊이선량과 선량측정
- (d) 설치와 설치 기관
- (e) 붕소포획중성자치료(BNCT)

3 양자선

- (a) 생성
 - i. 선형가속기
 - ii. 싱크로트론
 - iii. 싱크로사이클로트론
- (b) 인체 조직 내에서 방사선의 상호작용
 - i. 원자 탄성충돌
 - ii. 이온화와 여기
 - iii. 핵 상호작용
 - iv. 방사성 상호작용(제동복사)
- (c) 깊이선량과 선량측정
- (d) 빔 형상화
- (e) 설치와 설치 기관

4 중이온(선) (헬륨, 탄소, 질소, 네온, 아르곤)

- (a) 생성
 - i 선형가속기
 - ii 싱크로사이클로트론
 - iii 양성자 싱크로트론
- (b) 인체 조직 내에서 방사선의 상호작용
 - i 원자 탄성충돌
 - ii 이온화와 여기
 - iii 핵 상호작용
 - iv 방사성 상호작용(제동복사)
- (c) 깊이선량과 선량측정
- (d) 빔 형상화
- (e) 설치와 설치 기관

3.3.8 방사선치료에서 방사선방어

1. 조작상의 안전 지침
 - (a) 규제기관과 규제요건
 - (b) 방사선 탐사: 측정 기법과 도구
 - (c) 구역별 개인방사선 정보
 - (d) 외부방사선 선원
 - (e) 근접치료 방사성 선원
2. 치료(설비) 장치의 구조적 차폐
 - (a) 작업부하량, 점유율, 사용률 등의 정의
 - (b) 1차선, 산란, 누설차폐벽 등의 정의
 - (c) 구조적 차폐설계
 - i 일반 모의치료기와 CT-모의치료기 설치
 - ii 표재 그리고 심부치료 x-선 방사선
 - iii 저선량율치료(LDR)와 고선량율치료(HDR) 원격후장전 근접치료 설치
 - iv 코발트와 저에너지 선형가속기 설치
 - v 고에너지 선형가속기설치와 중성자 방어
 - vi 수술중방사선치료장비 설치

3.4 치료 지침과 감시를 위한 영상

3.4.1 움직임과 움직임 조절

- (a) 근골격 운동
- (b) 심장 운동
- (c) 호흡 운동
- (d) 위장 운동
- (e) 치료 여백(margin), 시스템 오차와 랜덤 오차
- (f) 여백(margin) 감소 전략들: 온라인, 오프라인, 적응(adaptive)

3.4.2 CT와 4D CT

- (a) 단독 슬라이스와 다중 슬라이스 CT에서의 영상 획득
- (b) 영상 질
- (c) 영상 재구성 기법
- (d) 치료계획과 관련한 CT 값(몬테카를로 기반 치료계획 포함)
- (e) 영상 결함 제거

- (f) 4D CT: 원리
- (g) 내부 장기 운동의 정량화
- (h) 위상 정렬
- (i) 4D CT와 선량 계산
- (j) 영상 선량
- (k) 조영제
- (l) 품질관리

3.4.3 포털 영상

- (a) 포털 필름, 전자 포털 영상
- (b) 영상패널의 종류와 기법
- (c) 산란
- (d) 선량 재구성(생체 내 선량측정)
- (e) CT로 부터의 DRR 계산
- (f) DRR 정합
- (g) 영상선량
- (h) 품질관리

3.4.4 콘빔 CT

- (a) 넓은 조사면 CT, 조사면 크기
- (b) kV 그리고 MV 콘빔 CT
- (c) 검출기, 영상 패널
- (d) 산란, 산란 제거
- (e) 영상 결함
- (f) 콘빔 영상과 치료계획
- (g) 영상선량
- (h) 외부방사선치료와 근접치료에서의 콘빔 CT
- (i) 품질관리

3.4.5 MV CT

- (a) 토모치료기의 영상
- (b) 영상 질
- (c) 영상 결함
- (d) 콘빔 영상과 치료계획
- (e) 영상선량

- (f) 품질관리

3.4.6 2차원/ 3차원 초음파

- (a) 2차원과 3차원 초음파 기술
- (b) 초음파 탐침 추적 기술
- (c) 2차원 초음파 영상의 공간 정합
- (d) 영상 인자
- (e) 3차원 영상재구성
- (f) 영상 체운곽선 작성
- (g) 이중 영상에 대한 영상 융합
- (h) 치료계획에서의 초음파 영상의 이용
- (i) 내부장기 운동
- (j) 조영제, 맥-반전 조화영상
- (k) 품질관리

3.4.7 영상 융합/ 정합/ 변형

- (a) 영상 융합에 관한 알고리즘
- (b) 영상 정합에 관한 알고리즘
- (c) 다중 영상 모드 치료계획
- (d) 치료계획과 움직임

3.4.8 호흡동조와 훈련을 통한 움직임 관리

- (a) 측정 기법
- (b) 호흡동조 기법
- (c) 능동호흡조절(ABC)

4. 임상 훈련

4.1 방사선방어/안전학

1. 신틸레이션 검출기에 의한 시료 분석
 - (a) 검출기 반응 대 에너지
 - (b) 통계적 고려
 - (c) (미국 규정) USNRC 누설 테스트 요구사항
 - (d) 시료 준비
 - (e) 자료 분석
 - (f) 결과 해석
2. 개인선량계: 광자-전자
 - (a) 검출기 형태와 특성
 - (b) 감마선 에너지 반응
 - (c) 선량 반응
 - (d) 안정성과 재현성
3. 개인선량계: 중성자
 - (a) 검출기 형태와 특성
 - (b) 중성자 에너지 반응
 - (c) 선량 반응
 - (d) 선량-등가 반응
 - (e) 안전성과 재현성
4. 선형가속기로부터 누설 방사선
 - (a) 예측된 방사선 장
 - (b) 검출기 형태 및 교정
 - (c) AAPM 권고
 - (d) 측정과 분석
 - (e) 중성자 누설
5. 중성자 감시 계측기
 - (a) 선량 등가 반응: 보너(bonner)구
 - (b) 에너지 비의존 반응: 긴 계측기
 - (c) 교정: Pu-Be
 - (d) 유효 중심과 중성자 반응
 - (e) 자료 분석과 해석
6. 삼중수소 공기 농도-생물학적 부담 결정

- (a) 공기 확산과 시료 수집
 - (b) 생물시료 수집
 - (c) 액체섬광계측기 기술
 - (d) 유도공기중농도
 - (e) 추정 신체 부하 방사능량
7. CT-진단 검사실 차폐 계산
- (a) 선원의 특별 요구와 특성
 - (b) 기존 건물 재질의 사용
 - (c) 검사실 도면도와 인력 이동 동선
 - (d) 계산과 해석
 - (e) 결과의 발표
8. 통계적 표본 추출에 의한 입자 이동
- (a) 선원 유래의 생성
 - (b) 단면적 자료 준비
 - (c) 기하학적 구조 준비
 - (d) 연역의 정확한 수송
 - (e) 결과의 분석
9. 진단 영상 과정으로부터 선량 추측
- (a) 태아 선량 계산
 - (b) 소아 선량 문제
 - (c) 위험 추정

4.2 진단영상기기학과 품질관리

1. X-선 발생과 장비 출력
- (a) 이온함 측정
 - (b) kVp, mA, 노출시간의 효과
 - (c) 여과의 효과
 - (d) 반가층(HVL) 측정
2. 방사선사진(필름) 대조도
- (a) 농도측정계, 감광측정계
 - (b) kVp, mA, 노출시간의 효과
 - (c) H-D 곡선 (Hurter & Driffield curve)
 - (d) 현상기

3. 필름/스크린 시스템
 - (a) 필름 감도
 - (b) 분해능
 - (c) 잡음
 - (d) 현상기
4. 산란 감소
 - (a) 그리드
 - (b) 공기 간극
 - (c) 시준
5. 방사선사진과 투시촬영 품질관리
 - (a) 초점 크기
 - (b) 방사선시야/ 광시야
 - (c) 재현성, 선형성
 - (d) 선량 계산
 - (e) 전압 측정
 - (f) 단층촬영, 동영상, 금속 필름 변환기
 - (g) 투시촬영
 - (h) 유방촬영
 - (i) 치과
6. 영상 저장과 표시 시스템
 - (a) 비디오 시스템
 - (b) 인쇄물 출력 카메라
 - (c) 광학 디스크
 - (d) 자기 저장장치
 - (e) 영상처리
 - (f) 네트워크 품질관리(QC)
 - (g) 전산자료 표시장치 교정과 품질관리
7. 영상 시스템 성능 평가
 - (a) MTF
 - (b) ROC
 - (c) 성능지수(figures of merit)
8. 초음파
 - (a) 영상 원리
 - (b) 품질관리(QC)
 - (c) 강도, 출력의 측정

9. 자기공명영상
 - (a) 영상 원리
 - (b) 기초 펄스 계열과 일반 영상 선택
 - (c) 라디오주파수 그리고 경사코일 설계 그리고 명세서
 - (d) 설치와 안전
 - (e) 인공물 감소를 위한 과 인공물과 전략
 - (f) 인수검사, 품질관리(QC) 그리고 인가
10. 컴퓨터 단층촬영
 - (a) 영상 원리
 - (b) 절편 두께
 - (c) 고/저 대조도 분해능
 - (d) 빔 프로파일
 - (e) 선량 측정
 - (f) 나선 z-축 특성
 - (g) 위치잡기 광선 정렬
 - (h) 품질관리 그리고 인준

4.3 핵의학

1. Mo-Tc 방사성핵종 발생기
 - (a) 추출과 분석
 - (b) 품질관리
2. 방사성동위원소 방사능 측정기
 - (a) 품질관리: 일관성, 선형성, 정확성
 - (b) 방사성핵종 표준의 문지름(wipe) 테스트
3. 섬광검출기 계측시스템
 - (a) 각 요소의 펄스 출력 특성
 - (b) 광증배관 최적 전압 결정
4. 감마선 분광법 (NaI 시스템)
 - (a) 단 채널과 다중채널분석시스템의 교정
 - (b) 선형성 측정
 - (c) 정도 관리
 - (d) 두 방사성동위원소 측정
5. 섬광카메라 (Anger 형태)
 - (a) 품질관리: 플러드 장(flood field) 균일성과 공간 분해능: 장 균일성과

- (김출기) 결정 수산화(hydration) 평가를 위한 비대칭 윈도우 사용
- (b) 대조도와 분해능에서 파고 분석 윈도우의 효과
- (c) 분해 시간 측정
- (d) 본질적, 비본질적 측정과, 산란 공간 분해능에서 비본질적 그리고 변조 전달함수(MTF)의 계산
- (e) 다중 윈도우 공간 기록 오류의 측정
- (f) 플러드 장 균일도 정량화
- 6. 단일광자방출단층촬영장치(SPECT: Single Photon Emission Computed Tomography)
 - (a) 품질관리: 회전축 교정과 고 계수율 플러드
 - (b) 평면과 단층 공간 분해능의 비교
 - (c) 장 균일도, 제곱평균(RMS) 잡음, 감쇄 교정의 정확도, 대조도 측정
- 7. 양전자방출단층촬영기(PET: Positron Emission Tomography)
 - (a) 품질관리
 - (b) 단층정율, 제곱평균제곱근(RMS) 잡음, 대조도의 측정

4.4 방사선치료물리 장비와 품질관리, 임상연구

1. 임상방사선종양학 개요: 다양한 암관련 회의와 종양학회, 주중 상호 세미나에 참석
2. 흡수선량측정
 - (a) TG-21 또는 TG-51을 이용하여 선형가속기 광자선 교정
 - (b) SSD와 SAD 방식으로 코발트-60 선량 교정
 - (c) TG-21 또는 TG-51을 이용하여 전자에너지 검증 및 전자선 선량 교정
 - (d) TLD 보정 목적을 포함하여 TLD를 이용한 2가지 임상측정
 - (e) 방사선용 필름을 이용하여 전자선의 편평도와 대칭도, 깊이에 따른 선량 분포를 측정
3. 방사선기기: 기계적 품질관리의 수행
4. 광자선: 기본적인 선량 기술 용어
 - (a) GTV와 CTV, PTV, 중요 장기의 정의
 - (b) PDD와 TMR의 직접적인 측정수행. PDD자료로부터 TMR을 계산하여 측정치와 비교
 - (c) 임상 사례를 통하여 MU에 따른 치료 시간 계산
 - (d) 선형가속기 출력인자(Output factor) 측정

- (e) TMR로 부터 SAR(또는 SMR) 계산
- (f) 맨틀(Mantle) 조사면 조사를 포함하는 3개의 불규칙 조사면에 대해 수기와 컴퓨터로 각각 계산
- (g) 회전빔의 평균 TMR을 수기와 컴퓨터로 각각 계산
- 5. 광자선: 선량 모델링, 외부방사선치료와 세기조절방사선치료(IMRT)
- 6. 광자선: 환자 적용, 외부방사선치료와 세기조절방사선치료(IMRT)
- 7. 전자선치료
 - (a) 환자모의치료에서 차폐물 자르기, 치료계획, 치료빔 조사, 환자 품질관리까지에 이르는 전체적인 환자치료 과정에 참여
 - (b) 외부방사선치료에 대한 선량 모델링
- 8. 소선원치료: 임상 참여 외에 추가로, 자국경부와 평면 삼입 경우에 대하여 수기와 컴퓨터를 각각 계산
- 9. 방사선방어: 빔 차단장치가 없는 경우 선형가속기 설치를 위해 요구되는 차폐 값을 계산
- 10. 품질보증/품질관리
 - (a) 모든 방사성선원과 차폐물들에 대하여 주기적인 품질관리 수행
 - (b) 각종 방사선 빔(코발트, 선형가속기 광자선, 전자선, 표면/심부 모의치료기)에 대한 1년 주기의 총체적이고 완전한 품질관리 수행

5. 참고 문헌

5.1 해부학/ 생리학

- W.J. Bo. Basic Atlas of Sectional Anatomy with Correlated Imaging. 3rd ed. (W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA, 1998).
- C.D. Clemente. Anatomy: A Regional Atlas of the Human Body. (Urban & Schwarzenberg, Baltimore, MD, 1997).
- J.T. Dennerll. Medical Terminology - A Programmed Text. 6th ed. (Delmar Publishers, Albany, NY, 1995).
- W. Lothar. Atlas of Radiological Anatomy, 3rd ed. (William & Wilkins, Baltimore, MD, 1997).
- M. Mallett. Handbook of Anatomy and Physiology for Students of Medical Radiation Technology. 3rd ed. (The Burnell Company/Publishers, Inc., 1990).
- NCRP, Report No. 82. SI Units in Radiation Protection and Measurements: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements. (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1985).
- R.A. Novelline. Squire's Fundamentals of Radiology. 5th ed. (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1997).
- E.J. Taylor. Dorland's Illustrated Medical Dictionary. 29th ed. (W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA, 2000).
- G.J. Tortora and S.R. Grabowski. Principles of Anatomy and Physiology. 9th ed. (Benjamin Cummings Publishing Company, Inc., San Francisco, CA, 2000).
- A.J. Vander, J.H. Shamon, and D.S. Luciano. Human Physiology, The Mechanisms of Body Function. 7th. ed. (McGraw Hill, Boston, MA, 2000).
- J.B. Weinstein, J.K.T. Lee, and S.S. Sagel. A Pocket Atlas of Normal CT Anatomy. (Raven Press, New York, NY, 1985).
- J. Weir and P. Abrahams. An Imaging Atlas of Radiological Anatomy. (Year Book Medical Publishers, Inc., Chicago, IL, 1996).

5.2 기본이 되는 방사선물리학/ 기타 중요 과목

- F.H. Attix. Introduction of Radiological Physics and Radiation Dosimetry. (John Wiley & Sons, New York, NY, 1986).
- F.H. Attix, W.C. Roesch, and E. Tochilin. Radiation Dosimetry. 2nd

ed.(Academic Press, New York, NY, 1968).

- K. Becker. Solid State Dosimetry. (CRC Press, Inc., Cleveland, OH, 1973).
- A.R. Benedetto, H.K. Huang, and D.P. Ragan. Computers in Medical Physics. AAPM Monograph No. (American Institute of Physics, New York, NY, 1988).
- S. Bevalacqua. Basic Health Physics: Problems and Solutions. (John Wiley & Sons, New York, NY, 1999).
- P.R. Bevington. Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences. 2nd ed. (McGraw-Hill, New York, NY, 1992).
- J.R. Cameron, N. Suntharalingam, and G.N. Kenney. Thermoluminescent Dosimetry. (University of Wisconsin Press, Madison, WI, 1968).
- L.L. Carter and E.D. Cashwell. "Particle Transport Simulation with the Monte Carlo Method." (National Technology Information Service, U.S. Dept. of Commerce, Oak Ridge, TN, 1975). 48
- Robley D. Evans. The Atomic Nucleus. (McGraw-Hill Company, New York, NY, 1955).
- R.E Faw and J.K. Shultis. Principles of Radiation Shielding. (Prentice-Hall, New York, NY, 2000).
- R.B. Firestone, C.M. Baglin, and F.S.Y. Chu. Table of Isotopes. 8th ed. (John Wiley & Sons, New York, NY, 1999).
- H.E. Johns and J.R. Cunningham. The Physics of Radiology. 4th ed. (Charles C Thomas, Springfield, IL, 1983).
- K.R. Kase and W.R. Nelson. Concepts of Radiation Dosimetry. (Pergamon Press, New York, NY, 1978).
- G.F. Knoll. Radiation Detection and Measurement. 3rd ed. (John Wiley & Sons, New York, NY, 2000).
- W.R. Leo. Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments: A How-To Approach. 2nd ed. (Springer-Verlag, New York, NY, 1994).
- W.J Price. Nuclear Radiation Detection. 2nd ed. (McGraw-Hill, New York, NY, 1964).

5.3 전자공학

- F.J. Holler, J.P. Avery, S.R. Crouch et al. Experiments in Electronics, Instrumentation and Microcomputers. (Benjamin Cummings Publishing

Company, Inc., San Francisco, CA, 1982).

- H.D. Segall et al. ELC Syllabus. ASNR 39th Annual Meeting (CD ROM).
- P. Horowitz and W. Hill. The Art of Electronics. (Cambridge University Press, 1989).

5.4 보건물리학/ 방사선방어

- G.D. Fullerton, R.G. Waggener, D.T. Kopp et al. Biological Risks of Medical Irradiation. AAPM Monograph No. 5. (American Institute of Physics, New York, NY, 1980).
- ICRP No. 26. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. (Elsevier Science, 1977).
- ICRP No. 60. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. (Elsevier Science, 1990).
- ICRU, Report No. 20. "Radiation Protection Instrumentation and its Application." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1971).
- ICRU, Report No. 22. "Measurement of Low-Level Radioactivity." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1972).
- ICRU, Report No. 61. "Nuclear Data for Neutron and Proton Radiotherapy and for Radiation Protection." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 2000).
- R.G. Jager. Engineering Compendium on Radiation Shielding. (Springer-Verlag, New York, NY, 1968).
- P. McGinley. Shielding Techniques for Radiation Oncology Facilities. (Medical Physics Publishing Corporation, Madison, WI, 1998).
- K.Z. Morgan and J.E. Turner. Principles of Radiation Protection. (Krieger, New York, NY, 1973).
- NCRP, Report No. 38. "Protection Against Neutron Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1971).
- NCRP, Report No. 49. "Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X-rays and Gamma Rays of Energy up to 10 MeV:

Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1976).

- NCRP, Report No. 50. "Environmental Radiation Measurements: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements," (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1977).
- NCRP, Report No. 51. "Radiation Protection Guidelines for 0.1-100 MeV Particle Accelerator Facilities: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1977).
- NCRP, Report No. 53. "Review of NCRP Radiation Dose Limit for Embryo and Fetus in Occupationally Exposed Women: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1977).
- NCRP, Report No. 54. "Medical Radiation Exposure of Pregnant and Potentially Pregnant Women: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1977).
- NCRP, Report No. 79. "Neutron Contamination From Medical Electron Accelerators: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1984).
- NCRP, Report No. 82. "SI Units in Radiation Protection and Measurements: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1985).
- NCRP, Report No. 84. "General Concepts for the Dosimetry of Internally Deposited Radionuclides: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1985).
- NCRP, Report No. 112. "Calibration of Survey Instruments Used in Radiation Protection for the Assessment of Ionizing Radiation Fields and Radioactive Surface Contamination: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation

Protection and Measurements, Washington, DC, 1991).

- NCRP, Report No. 116. "Limits of Exposure to Ionizing Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1993).
- NCRP, Report No. 122. "Use of Personal Monitors to Estimate Effective Dose Equivalent and Effective Dose to Workers for Exposure to Low-LET Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1995).
- W.J Price. Nuclear Radiation Detection. 2nd ed. (McGraw-Hill, New York, NY, 1964).
- N.M. Schaeffer. "Reactor Shielding for Nuclear Engineers." (U.S. Atomic Energy Commission Office of Information Services, Oak Ridge, TN, 1973).
- J. Shapiro. Radiation Protection: A Guide for Scientists and Physicians. 3rd ed. (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1990).
- B. Shleieu, L.A. Slaback, and B.K. Birky. Handbook of Health Physics and Radiological Health. 3rd ed. (Williams and Wilkins, Baltimore, MD, 1998).
- R.H. Thomas and H.W. Patterson. Accelerator Health Physics. (Academic Press, New York, NY, 1973).
- J.E. Turner. Atoms, Radiation, and Radiation Protection. 2nd ed. (John Wiley & Sons, New York, NY, 1995).
- J. Wood. Computational Methods in Reactor Shielding. (Pergamon Press, Oxford, UK, 1982).

5.5 영상과학

- I.N. Bankman. Handbook of Medical Imaging. 1st ed. (Academic Press, San Diego, CA, 2000).
- H.H. Barrett and W. Swindell. Radiological Imaging: The Theory of Image Formation Detection, and Processing. (Academic Press, New York, NY, 1996).
- J.T. Bushberg, J.A. Seibert, E.M Leidholdt, Jr., J.M. Boone. The Essential Physics of Medical Imaging. (Williams and Wilkins, Baltimore, MD, 1994).
- Z.H. Cho, J.P. Jones, and M. Singh. Foundations of Medical Imaging. (Wiley, New York, NY, 1993).

- T.S. Curry, J.E. Dowdey, and R.C. Murry. Christensen's Introduction to the Physics of Diagnostic Radiology. 4th ed. (Lea & Febiger, Malvern, PA, 1990).
- J.C. Dainty and R. Shaw. Image Science. (Academic Press, New York, NY, 1974).
- P.P. Dendy and B. Heaton. Physics of Diagnostic Radiology. (Institute of Physics Publishing, London, UK, 1999).
- Kunio Doi, Lawrence Lanzl, and Pei-Jan Paul Lin. Recent Developments in Digital Imaging. AAPM Monograph No. 12. (American Institute of Physics, New York, NY, 1984).
- G.D. Frey and P. Sprawls. The Expanding Role of Medical Physics in Diagnostic Imaging. AAPM Monograph No. 23. (American Institute of Physics, New York, NY, 1997).
- Gary D. Fullerton, W.R. Hendee, J.C. Casher et al. Electronic Imaging in Medicine. AAPM Monograph No. 11. (American Institute of Physics, New York, NY, 1984).
- David G. Gadian. Nuclear Magnetic Resonance and its Application to Living Systems. (Oxford University Press, New York, NY, 1990).
- A. Gottschalk, P.B. Hoffer, and E.J. Potchen. Diagnostic Nuclear Medicine. 2nd ed. (Williams and Wilkins, Baltimore, MD, 1988).
- E.M. Haacke, R.W. Brown, M.R. Thompson, R. Venkatesan. Magnetic Resonance Imaging. Physical Principles and Sequence Design. (Wiley-Liss, New York, NY, 1999).
- B. Hasegawa. The Physics of Medical Imaging. 2nd ed. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1991).
- H.K. Haung. Elements of Digital Radiology. (Prentice-Hall, Englewoods Cliffs, NJ, 1980).
- A.G. Haus. The Physics of Medical Imaging: Recording System Measurements and Techniques. AAPM Monograph No. 3. (American Institute of Physics, New York, NY, 1979).
- J. Hazle and A. Boyer. Imaging in Radiation Therapy. AAPM Monograph No. 24. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1998).
- W.R. Hendee and E.R. Rittenour. Medical Imaging Physics. (John Wiley & Sons, Chicago, 2001).
- G.T. Herman. Image Reconstruction from Projections: The Fundamentals of Computerized Tomography. (Academic Press, New York, NY, 1980).

- ICRU, Report No. 25. "Conceptual Basis for the Determination of Dose Equivalent." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1975).
- H.E. Johns and J.R. Cunningham. The Physics of Radiology. 4th ed. (Charles C Thomas, Springfield, IL, 1983).
- W.A. Kalender. Computed Tomography. (Publicis MCD Verlag, Munich, Germany, 2000).
- Z.P. Liang and P.C. Lauterbur. Principles of Magnetic Resonance Imaging. (IEEE Press, 2000).
- A. Macovski. Medical Imaging Systems. (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1983).
- P. McGinley. Shielding Techniques for Radiation Oncology Facilities. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1998).
- C.L. Morgan. Basic Principles of Computed Tomography. (University Park Press, Baltimore, MD, 1983).
- P.G. Morris. Nuclear Magnetic Resonance Imaging in Medicine. (Clarendon Press, Oxford, UK, 1986).
- NCRP, Report No. 48. "Radiation Protection for Medical and Allied Health Personnel: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1976).
- NCRP, Report No. 49. "Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X-rays and Gamma Rays of Energy up to 10 MeV: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1976).
- NCRP, Report No. 51. "Radiation Protection Guidelines for 0.1–100 MeV Particle Accelerator Facilities: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1977).
- NCRP, Report No. 53. "Review of NCRP Radiation Dose Limit for Embryo and Fetus in Occupationally Exposed Women: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1977).
- NCRP, Report No. 54. "Medical Radiation Exposure of Pregnant and

Potentially Pregnant Women: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1977).

- NCRP, Report No. 80. "Induction of Thyroid Cancer by Ionizing Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1985).
- NCRP, Report No. 82. "SI Units in Radiation Protection and Measurements: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1985).
- NCRP, Report No. 93. "Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1987).
- NCRP, Report No. 94. "Exposure to the Population in the United States and Canada from Natural Background Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1987).
- NCRP, Report No. 122. "Use of Personal Monitors to Estimate Effective Dose Equivalent and Effective Dose to Workers for Exposure to Low-LET Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1995).
- S. Nudelman and D.D. Patton. Imaging for Medicine. (Plenum Press, New York, NY, 1980).
- C.L. Partain. Magnetic Resonance Imaging. 2nd ed. (W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA, 1988).
- A.F. Seibert and K.A. Filipow. Practical Digital Imaging and PACS. AAPM Monograph No. 25. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1999).
- J. Shapiro. Radiation Protection: A Guide for Scientists and Physicians. 3rd ed. (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1990).
- F.G. Shellock and E. Kanal. Magnetic Resonance. Bioeffects, Safety, and Patient Management. (Lippincott-Raven, Philadelphia, PA, 1996).
- J.A. Swets and R.M. Pickett. Evaluation of Diagnostic Systems: Methods

from Signal Detection Theory. (University Press, New York, NY, 1982).

- M.M. Ter-Pogossian. The Physical Aspects of Diagnostic Radiology. (Harper & Row, New York, NY, 1967).
- S.R. Thomas and Robert L. Dixon. NMR in Medicine: The Instrumentation and Clinical Applications. AAPM Monograph No. 15. (American Institute of Physics, New York, NY, 1985).
- R.W. Waggener and C.R. Wilson. Quality Assurance in Diagnostic Radiology. AAPM Monograph No. 4. (American Institute of Physics, New York, NY, 1979).
- S. Webb. The Physics of Medical Imaging. (Adam Hilger, Philadelphia, PA, 1988).
- A.B. Wolbarst. Physics of Radiology. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 2000).

5.6 의학생리학/ 의학생물학을 위한 경계물리학

- T.H. Berquist, R.L. Ehman, and G.R. May. Pocket Atlas of MRI Body Anatomy. (Raven Press, New York, NY, 1987).
- W.F. Ganong. Review of Medical Physiology. 19th ed. (Lange, Los Altos, CA, 1999).
- A.C. Guyton. Textbook of Medical Physiology. 9th ed. (W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA, 1996).
- W.R. Hendee, E.L. Chaney, and R.P. Rossi. Radiologic Physics Equipment and Quality Control. (Year Book Medical Publishers, Chicago, IL, 1977).
- Russell K. Hobbie. Intermediate Physics for Medicine and Biology. 3rd ed. (Springer-Verlag, New York, NY, 1997).
- H.E. Johns and J.R. Cunningham. The Physics of Radiology. 4th ed. (Charles C Thomas, Springfield, IL, 1983).
- NCRP, Report No. 66. "Mammography: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1980).
- NCRP, Report No. 68. "Radiation Protection in Pediatric Radiology: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1981).

5.7 의학통계학/ 수학

- AAPM Report No. 43. "Quality Assessment and Improvement of Dose Response Models: Some Effects of Study Weaknesses on Study Findings." "C'est Magnifique?" D. Herbert, Principal Author. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1993).
- D.G. Altman. Practical Statistics for Medical Research. (Chapman & Hall, NY, 1995).
- G.B. Arfken and H.J. Weber. Mathematical Methods for Physicists. (Academic Press, San Diego, CA, 1995).
- P. Armitage and G. Berry. Statistical Methods in Medical Research. 3rd ed. (Blackwell Scientific Pub., Oxford, 1994).
- J.C. Bailar III and F. Mosteller (eds.). Medical Uses of Statistics. 2nd ed. (New England Journal of Medicine, Boston, MA, 1992).
- D.M. Bates and D.G. Watts. Nonlinear Regression Analysis and Its Applications. (John Wiley & Sons. NY, 1988).
- J. Bélair, L. Glass, U. an Der Heiden, and J. Milton (eds.). Dynamical Disease. Mathematical Analysis of Human Illness. (American Institute of Physics, Woodbury, NY, 1995).
- D.A. Belsley, E. Kuh, and R.E. Welsch. Regression Diagnostics. Identifying Influential Data and Sources of Collinearity. (John Wiley & Sons, NY, 1980).
- D.A. Berry and D.K. Stangl. Bayesian Biostatistics. (Marcel Dekker, NY, 1996).
- P.R. Bevington. Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences. 2nd ed. (McGraw-Hill, New York, 1992).
- G.E.P. Box, W.G. Hunter, and J.S. Hunter. Statistics for Experimenters. An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building. (John Wiley & Sons, New York, 1978).
- R.N. Bracewell. The Fourier Transform and Its Applications. (McGraw-Hill, New York, 1978).
- D. Brown and P. Rothery. Models in Biology: Mathematics, Statistics and Computing. (John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, UK, 1993).
- B.P. Carlin and T.A. Louis. Bayes and Empirical Bayes Methods for Data Analysis. 2nd ed. (Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, FL, 2000).
- S. Chow and J. Liu. Design and Analysis of Clinical Trials. Concepts and Methodologies. (John Wiley & Sons, New York, 1998).

- D. Collett. *Modelling Survival Data in Medical Research*. (Chapman & Hall, New York, 1994).
- N.R. Draper and H. Smith. *Applied Regression Analysis*. 2nd ed. (John Wiley & Sons, New York, 1981).
- D.M. Eddy, V. Hasselblad, and R. Shachter. *Meta-Analysis by the Confidence Profile Method. The Statistical Synthesis of Evidence*. (Academic Press, Boston, MA, 1992).
- L. Edelstein-Keshet. *Mathematical Models in Biology*. (McGraw-Hill, New York, 1988).
- B. Efron and R.J. Tibshirani. *An Introduction to the Bootstrap*. (Chapman & Hall/CRC Press, Boca Raton, 1993).
- J.P. Egan. *Signal Detection Theory and ROC Analysis*. (Academic Press, New York, 1975).
- B.S. Everitt. *Statistical Methods for Medical Investigations*. (Oxford University Press, New York, 1989).
- B.S. Everitt and A. Pickles. *Statistical Aspects of the Design and Analysis of Clinical Trials*. (Imperial College Press, London, 1999).
- K. Falconer. *Fractal Geometry. Mathematical Foundations and Applications*. (John Wiley & Sons, New York, 1990).
- D.J. Finney. *Probit Analysis*. 3rd ed. (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1971).
- L.D. Fisher and G. van Belle. *Biostatistics. A Methodology for the Health Sciences*. (John Wiley & Sons, New York, 1993).
- J.L. Fleiss. *The Design and Analysis of Clinical Experiments*. (John Wiley & Sons, New York, 1986).
- S.A. Glantz. *Primer of Biostatistics*. 3rd ed. (McGraw-Hill, New York, 1981).
- R.M. Groves. *Survey Errors and Survey Costs*. (John Wiley & Sons, New York, 1989).
- R.J. Harris. *A Primer of Multivariate Statistics*. (Academic Press, New York, 1975).
- L. V. Hedges and I. Olkin. *Statistical Methods for Meta-Analysis*. (Academic Press, San Diego, CA, 1985).
- D.E. Herbert (ed.). *Chaos and the Changing Nature of Science and Medicine: An Introduction*. AIP Conference Proceedings 376. (American Institute of Physics, Woodbury, NY, 1996).

- D.E. Herbert and R.H. Meyers. Multiple Regression Analysis: Applications in the Health Sciences. AAPM Monograph No. 13. (American Institute of Physics, New York, 1984).
- D.C. Hoaglin, F. Mosteller, and J.W. Tukey (eds.). Exploring Data Tables, Trends, and Shapes. (John Wiley & Sons, New York, 1985).
- D.W. Hosmer and S. Lemeshow. Applied Logistic Regression. (John Wiley & Sons, New York, 1989).
- H.A. Kahn and C.T. Sempos. Statistical Methods in Epidemiology. (Oxford University Press, New York, 1989).
- M.G. Kendall and W.R. Buckland. A Dictionary of Statistical Terms. (Hafner Pub. Co., New York, 1971).
- R.G. Knapp and M.C. Miller. Clinical Epidemiology and Biostatistics. (NMS from Williams & Wilkins, Baltimore, MD, 1992).
- J.F. Lawless. Statistical Models and Methods for Lifetime Data. John Wiley & Sons, New York, 1982).
- Leaverton, P.A. A Review of Biostatistics. Little, Brown & Co. Boston, MA. 1995.
- Little, R.J.A. and Rubin, D.B. Statistical Analysis with Missing Data. John Wiley & Sons. NY. 1987.
- B.F.J. Manly. Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology. 2nd ed. (Chapman & Hall, London. 1997).
- F.H.C. Marriott. The Interpretation of Multiple Observations. (Academic Press, New York, 1974).
- P. McCullagh and J.A. Nelder. Generalized Linear Models. 2nd ed. (Chapman & Hall, New York, 1989).
- D.C. Montgomery. Design and Analysis of Experiments. 4th ed. (John Wiley & Sons, New York, 1997).
- D.C. Montgomery and E.A. Peck. Introduction to Linear Regression Analysis. 2nd ed. (John Wiley & Sons, New York, 1992).
- D.C. Montgomery. Introduction to Statistical Quality Control. 2nd ed. (John Wiley & Sons, New York, 1985).
- D.F. Morrison. Multivariate Statistical Methods. (McGraw-Hill, New York, 1967).
- National Research Council. Combining Information. Statistical Issues and Opportunities for Research. (National Academy Press, Washington, DC, 1992).

- W.H. Press, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, and B.P. Flannery. Numerical Recipes in C. (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1992).
- R.K. Riegelman. Studying a Study and Testing a Test. (Little, Brown & Co., Boston, MA, 1981).
- J.J. Schlesselman. Case-Control Studies. Design, Conduct, Analysis. (Oxford University Press, New York, 1982).
- M.R. Selwyn. Principles of Experimental Design for the Life Sciences. (CRC Press, Boca Raton, FL, 1996).
- S. Siegel and N.J. Castellan. Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences. 2nd ed. (McGraw-Hill, Boston, MA, 1988).
- P. Sprent and N.C. Smeeton. Applied Nonparametric Statistical Methods. 3rd ed. (Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, FL, 2001).
- S. Strogatz. Nonlinear Dynamics and Chaos. (Addison-Wesley, New York, 1994).
- J.A. Swets and R.M. Pickett. Evaluation of Diagnostic Systems. (Academic Press, New York, 1982).
- T.D.V. Swinscow. Statistics at Square One. (British Medical Journal, London, 1983).
- F. Verhulst. Nonlinear Differential Equations and Dynamical Systems. (Springer-Verlag, 1990).
- F.E. Yates (ed.). Self-Organizing Systems. The Emergence of Order. (Plenum Press, New York, 1987).

소프트웨어

- D.M. Eddy and V. Hasselblad. FAST*PRO. Software for Meta-Analysis by the Confidence Profile Method. (Academic Press, San Diego, CA, 1992).
- J.D. Elashoff. nQuery Advisor Version 3.0 User's Guide. (Los Angeles, CA, 1999).
- EGRET for Windows. Software for the Analysis of Biomedical and Epidemiological Studies. User Manual. Cytel Software Corp. (Cambridge, MA, 1999).
- P.M. Gahlinger and J.H. Abramson. Computer Programs for Epidemiologic Analysis. PEPI Version 2. (USD Inc., Stone Mountain, GA, 1995).
- Statistical Solutions. Versatile Methods for Data Analysis. SOLAS for missing data analysis 2.0 User Reference. (Statistical Solutions, Saugus, MA, 1999).
- StatXact 4 for Windows. Statistical Software for Exact Nonparametric Inference User Manual. (Cytel Software Corp., Cambridge, MA, 1999).

- LogXact for Windows. Logistic Regression Software Featuring Exact Methods User Manual. (Cytel Software Corp., Cambridge, MA, 1996).
- SYSTAT Version 10. (SPSS Inc., Chicago, IL, 2000).
- ReSampling Stats Version 1. (ReSampling Stats, Inc., Arlington, VA, 1999).

5.8 핵의학

- AAPM Report No. 6. "Scintillation Camera Acceptance Testing and Performance Evaluation." (American Institute of Physics, New York, 1980).
- AAPM Report No. 9. "Computer-Aided Scintillation Camera Acceptance Testing." (American Institute of Physics, New York, 1981).
- AAPM Report No. 22. "Rotation Scintillation Camera SPECT Acceptance Testing and Quality Control." (American Institute of Physics, New York, 1987).
- D.R. Bernier, P.E. Christian, J.K. Langan, and L.D. Wells (eds.). Nuclear Medicine Technology and Techniques. (Mosby, St. Louis, MO, 1989).
- P.J. Early and D. Bruce Sodee. Principles and Practice of Nuclear Medicine. 2nd edition (Mosby, St. Louis, MO, 1995).
- P.J. Ell and B.L. Holman. Computed Emission Tomography. (Oxford University Press, New York, 1982).
- R.J. English and S.E. Brown. Single-Photon Emission Computed Tomography: A Primer. 3rd edition. (The Society of Nuclear Medicine, Inc., New York, 1995).
- R.B. Firestone, C.M. Baglin, and F.S.Y. Chu. Table of Isotopes. 8th ed. (John Wiley & Sons, New York, 1999).
- G.D. Frey and M.V. Yester. Expanding the Role of Medical Physics in Nuclear Medicine. AAPM Monograph No. 18. (American Institute of Physics, New York, 1989).
- M.L. Goris and P.A. Briandet. A Clinical and Mathematical Introduction to Computer Processing of Scintigraphic Images. (Raven Press, New York, 1983).
- R.E. Henkin et al., (eds.) Nuclear Medicine. (Chapters 1-39 for basic science, others for clinical applications). (Mosby, St. Louis, MO, 1996).
- G.J. Hine. Instrumentation in Nuclear Medicine. (Academic Press, New York, 1967).
- G.J. Hine and J.A. Sorenson. Instrumentation in Nuclear Medicine. (Academic Press, New York, 1974).
- J.G. Kereiakes and K.R. Corey. Biophysical Aspects of Medical Use of Technetium-99m. AAPM Monograph No. 1. (American Institute of Physics,

New York, 1976).

- K.S. Krane. Introductory Nuclear Physics. (John Wiley & Sons, New York, 1987).
- N.A. Lassen and W. Perl. Tracer Kinetic Methods in Medical Physiology. (Raven Press, New York, 1979).
- R. Loevinger, T.F. Budinger, and E.E. Watson. MIRD Primer for Absorbed Dose Calculations, Revised Edition. (The Society of Nuclear Medicine, Inc., New York, 1991).
- NCRP Report No. 84. "General Concepts for the Dosimetry of Internally Deposited Radionuclides: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1985).
- T. Phan and R. Wasnich. Practical Nuclear Pharmacy. 2nd ed. (Banyan Enterprises, Ltd., Honolulu, HI, 1981).
- D.V. Rao, R. Chandra, and M.C Graham. Physics of Nuclear Medicine: Recent Advances. AAPM Monograph No. 10. (American Institute of Physics, New York, 1984).
- G.B. Saha. Fundamentals of Nuclear Pharmacy. 3rd edition. (Springer-Verlag, New York, 1992).
- M.P. Sandler. Diagnostic Nuclear Medicine. 3rd ed. (Williams and Wilkins, Baltimore, MD, 1996).
- D.B. Sodee and P.J. Early. Mosby's Manual of Nuclear Medicine Procedures. 3rd ed. (Mosby-Year Book, St. Louis, MO, 1981).
- J.A. Sorenson and M.E. Phelps. Physics in Nuclear Medicine. 2nd ed. (Grune & Stratton, Inc., Orlando, FL, 1987).
- P. Sprawls. The Physics and Instrumentation of Nuclear Medicine. (University Park Press, Baltimore, MD, 1981).
- R.G. Waggener, J.G. Kereiakes, and R.J. Shalek. Handbook of Medical Physics. (CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 1984).
- L. Williams. Nuclear Medical Physics. (CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 1987).

5.9 방사선치료물리학

- R.J. Schulz, P. R. Almond, J. R. Cunningham, J. G. Holt, R. Loevinger, N. Suntharalingam, K. A. Wright, R. Nath, and G. D. Lempert. (1983). "'AAPM TG-21: A protocol for the determination of absorbed dose from high-energy photon and electron beams.'" Med. Phys. 10:741 - 771.

- AAPM Report No. 13. "Physical Aspects of Quality Assurance in Radiation Therapy." (American Institute of Physics, New York, 1984).
- AAPM Report No. 17. "The Physical Aspects of Total & Half Body Photon Irradiation." (American Institute of Physics, New York, 1986).
- AAPM Report No. 19. "Neutron Measurements Around High Energy X-Ray Radio Therapy Machines." (American Institute of Physics, New York, 1987).
- AAPM Report No. 21. "Specification of Brachytherapy Source Strength." (American Institute of Physics, New York, 1987).
- AAPM Report No. 23. "Total Skin Electron Therapy: Technique and Dosimetry." (American Institute of Physics, New York, 1987).
- AAPM Report No. 46. "Comprehensive QA for Radiation Oncology." (American Institute of Physics, New York, 1994).
- AAPM Report No. 47. "AAPM Code of Practice for Radiotherapy Accelerators." (American Institute of Physics, New York, 1994).
- AAPM Report No. 62. "Quality Assurance for Clinical Radiotherapy Treatment." (American Institute of Physics, New York, 1998).
- AAPM Report No. 67. "Protocol for Clinical Reference Dosimetry of High-Energy Photon and Electron Beams." (American Institute of Physics, New York, 1999).
- G.C. Bentel, C.E. Nelson, and K.T. Noell. Treatment Planning & Dose Calculation in Radiation Oncology. 4th ed. (Pergamon Press, New York, 1989).
- V.T. DeVita, S. Hellman, and S.A. Rosenberg. Cancer: Principles and Practice of Oncology. 5th ed. (J.B. Lippincott-Raven, Philadelphia, PA, 1997).
- J. Dobbs, A. Barrett, and D. Ash. Practical Radiotherapy Planning. 3rd ed. (Arnold, London, UK, 1999).
- J.F. Fowler. Nuclear Particles in Cancer Treatment. (Adam Hilger Ltd., Philadelphia, PA, 1981).
- H.A. Gilbert and A.R. Kagan. Modern Radiation Oncology: Classic Literature and Current Management. (Harper & Row, Hagerstown, MD, 1978).
- T.J. Godden. Physical Aspects of Brachytherapy. (Adam Hilger Ltd., Philadelphia, PA, 1988).
- D. Greene and P.C. Williams. Linear Accelerators for Radiation Therapy. 2nd ed. (Institute of Physics Publishing, London, UK, 1997).
- J. Hazle and A. Boyer. Imaging in Radiation Therapy. AAPM Monograph No. 24. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1998).

- J.L. Horton. Handbook of Radiation Therapy Physics. (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1987).
- IAEA. Atlas of Radiation Dose Distributions. (International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 1965).
- IAEA Report No. 23. "Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams: An International Code of Practice." (International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 1987).
- ICRU. Dose Specifications for Reporting External Beam Therapy with Photons & Electrons. (International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington DC, 1978).
- ICRU Report No. 23. "'Measurement of Absorbed Dose in a Phantom Irradiated by a Single Beam of X or Gamma Rays.'" (International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, DC, 1973).
- ICRU Report No. 24. "Determination of Absorbed Dose in a Patient Irradiated by X or Gamma Rays in Radiotherapy Procedures." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1976).
- ICRU Report No. 33. "Radiation Quantities & Units." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1980).
- ICRU Report No. 35. "'Radiation Dosimetry: Electron Beams with Energies Between 1 & 50 MeV.'" (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1984).
- ICRU Report No. 38. "Dose & Volume Specifications for Reporting Intracavitary Therapy in Gynecology." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1985).
- ICRU Report No. 42. "Use of Computers in External Beam Radiotherapy Procedures with High-Energy Photons & Electrons." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1987).
- ICRU Report No. 50. "Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1993).
- ICRU Report No. 61. "Nuclear Data for Neutron and Proton Radiotherapy and for Radiation Protection." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 2000).
- S.K. Jani. CT Simulation for Radiotherapy. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1993).

- H.E. Johns and J.R. Cunningham. *The Physics of Radiology*. 4th ed. (Charles C Thomas, Springfield, IL, 1983).
- C.J. Karzmark and C.S. Nunan. *Medical Electron Accelerators*. (McGraw Hill, New York, 1993).
- J.G. Kereiakes, H.R. Elson, and C.G. Born. *Radiation Oncology Physics*. AAPM Monograph No. 15. (American Institute of Physics, New York, 1986).
- F.M. Khan. *The Physics of Radiation Therapy*. 2nd ed. (Williams and Wilkins, Baltimore, MD, 1994).
- F.M. Khan and R. Potish. *Treatment Planning in Radiation Oncology*. (Williams and Wilkins, Baltimore MD, 1998).
- S.C. Klevenhagen. *Physics and Dosimetry of Therapy Electron Beams*. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1993).
- T.R. Mackie and J.R. Palta. *Teletherapy: Present and Future*. AAPM Monograph No. 22, (Advanced Medical Publishing, Madison, WI, 1996).
- P. McGinley. *Shielding Techniques for Radiation Oncology Facilities*. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1998).
- W.J. Meredith and J.B. Massey. *Fundamental Physics of Radiology*. 3rd ed. (J. Wright, Bristol, UK, 1977).
- P. Metcalfe, T. Kron, and P. Hoban. *The Physics of Radiotherapy X-Rays from Linear Accelerators*. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1997).
- S. Mizer, R.R. Schiller, and J.A. Deye. *Radiation Therapy Simulation Workbook*. (Pergamon Press, New York, 1986).
- W.T. Moss, W.N Brand, and H. Battifora. *Radiation Oncology: Rationale, Technique, Results*. 6th ed. (Mosby-Year Book, St. Louis, MO, 1989).
- NCRP Report No. 79. "Neutron Contamination From Medical Electron Accelerators: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1984).
- NCRP Report No. 82. "SI Units in Radiation Protection and Measurements: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1985).
- G.H. Nussbaum. *Physical Aspects of Hyperthermia*. AAPM Monograph No. 8. (American Institute of Physics, New York, 1982).
- C.G. Orton and F. Bagne. *Practical Aspects of Electron Beam Treatment*

- Planning. AAPM Monograph No. 2. (American Institute of Physics, New York, 1978).
- B.R. Paliwal, F.W. Hentzel, and M. Dewhurst. Biological, Physical and Clinical Aspects of Hyperthermia. AAPM Monograph No. 16. (American Institute of Physics, New York, 1988).
 - B. Pierquin and G. Marinello. Practical Manual of Brachytherapy. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1997).
 - J.A. Purdy. Advances in Radiation Oncology Physics. AAPM Monograph No. 19. (American Institute of Physics, New York, 1992).
 - P. Rubin and R.F. Bakemeier. Clinical Oncology for Medical Students and Physicians: A Multidisciplinary Approach. 5th ed. (American Cancer Society, New York, 1978).
 - D.R. Shearer. Recent Advances in Brachytherapy Physics. AAPM Monograph No. 7. (American Institute of Physics, New York, 1981).
 - A.S. Shiu and D.E. Mellenberg. General Practice of Radiation Oncology Physics in the 21st Century. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 2000).
 - A. Smith. Radiation Therapy Physics. (Springer-Verlag, New York, 1995).
 - J.E. Turner. Atoms, Radiation, and Radiation Protection. 2nd ed. (John Wiley & Sons, New York, 1995).
 - J. Van Dyk (ed.). The Modern Technology of Radiation Oncology. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1999).
 - S. Webb. The Physics of Three Dimensional Radiation Therapy. (Institute of Physics Publishing, Philadelphia, PA, 1993).
 - S. Webb. The Physics of Conformal Radiotherapy. (Institute of Physics Publishing, Philadelphia, PA, 1997).
 - S. Webb. Intensity-modulated Radiation Therapy. (Institute of Physics Publishing, Philadelphia, PA, 2001).
 - J.B. Weinstein, J.K.T. Lee, and S.S. Sagel. A Pocket Atlas of Normal CT Anatomy. (Raven Press, New York, 1985).
 - J. Weir and P. Abrams. An Atlas of Radiological Anatomy. (Year Book Medical Publishers, Inc, Chicago, IL, 1986).
 - J.R. Williams and D.I. Thwaites. Radiotherapy Physics in Practice. (Oxford University Press, New York, 1994).
 - J.F. Williamson, B.R. Thomadsen, and R. Nath. Brachytherapy Physics. AAPM Monograph No. 20. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1995).

- A.E. Wright and A. Boyer. *Advances in Radiation Therapy Treatment Planning*. Monograph No. 9. (American Institute of Physics, New York, 1982).

5.10 방사선생물학

- BEIR, Report No. VI. "Health Effects of Exposure to Radon." (National Academy Press, Washington, DC, 1999).
- A.P. Casarett. *Radiation Biology*. (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1968).
- H. Cember. *Introduction to Health Physics*. 3rd ed. (McGraw Hill, New York, 1996).
- G.V. Dalrymple. *Medical Radiation Biology*. (W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA, 1973).
- G.D. Fullerton, R.G. Waggener, D.T. Kopp et al. *Biological Risks of Medical Irradiation*. AAPM Monograph No. 5. (American Institute of Physics, New York, 1980).
- E.J. Hall. *Radiobiology for the Radiologist*. 4th ed. (J.B. Lippincott, Philadelphia, PA, 1994).
- NCRP Report No. 43. "Review of the Current State of Radiation Protection Philosophy: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1975).
- NCRP Report No. 64. "Influence of Dose and its Distribution in Time on Dose-Response Relationships for Low-LET Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1980).
- NCRP Report No. 80. "Induction of Thyroid Cancer by Ionizing Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1985).
- NCRP Report No. 93. "Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1987).
- NCRP Report No. 94. "Exposure to the Population in the United States and Canada from Natural Background Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on

Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1987).

- NCRP Report No. 116. "Limits of Exposure to Ionizing Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1993).
- D.J. Pizzarello. Radiation Biology. (CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 1982).
- K.N. Prasad. Human Radiation Biology. (Harper & Row, Hagerstown, MD, 1974).
- P. Rubin and G.W. Casarett. Clinical Radiation Pathology. (W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA, 1968).

5.11 초음파학

- AIUM. Standard Methods for Measuring Performance of Pulse-Echo Ultrasound Equipment. (American Institute for Diagnostic Ultrasound Equipment, Lural, MD, 1990).
- AIUM. Performance Criteria and Measurements for Doppler Ultrasound Devices. (American Institute for Diagnostic Ultrasound Equipment, Lural, MD, 1993).
- AIUM. AIUM Quality Assurance Manual for Gray-scale Ultrasound Scanners. (American Institute for Diagnostic Ultrasound Equipment, Lural, MD, 1995).
- AIUM. Methods for Measuring Performance of Pulse-Echo Ultrasound Equipment. Part II, Digital Methods. (American Institute for Diagnostic Ultrasound Equipment, Lural, MD, 1995).
- AIUM. Recommended Ultrasound Terminology. (American Institute for Diagnostic Ultrasound Equipment, Lural, MD, 1997).
- AIUM. Acoustic Output Measurement Standard for Diagnostic Ultrasound Equipment. (American Institute for Ultrasound in Medicine, Lural, MD, 1998).
- AIUM. Acoustic Output Labeling Standard for Diagnostic Ultrasound Equipment. (American Institute for Diagnostic Ultrasound Equipment, Lural, MD, 1998).
- D.A. Christensen. Ultrasonic Bioinstrumentation. (John Wiley & Sons, New York, 1988).
- D. Evans, W. McDicken, R. Skidmore et al. Doppler Ultrasound Physics, Instrumentation and Clinical Applications. (John Wiley & Sons, New York, 2000).

- G.D. Fullerton and J.A. Zagzebski. Medical Physics of CT and Ultrasound: Tissue Imaging and Characterization. AAPM Monograph No. 6. (American Institute of Physics, New York, 1980).
- L.W. Goldman and J.B. Fowlkes. Medical CT and Ultrasound: Current Techniques and Applications. AAPM Monograph 21. (American Institute of Physics, New York, 1995).
- A. Goldstein and R. Powis. Medical Ultrasonic Diagnosis, Physical Acoustics. (Academic Press, San Diego, CA, 1999).
- M.P. Goodsitt, P. Carson, S. Witt et al. (1998). “Real-time B-mode ultrasound quality control test procedures.” Med. Phys. 25:1385 - -1406.
- D. Hyckes, W.R. Hendrick, and D.E. Strachman. Ultrasound Physics and Instrumentation. 2nd ed. (Mosby-Year Book, St. Louis, MO, 1992).
- ICRU Report No. 61. Tissue Substitutes, Phantoms, and Computational Modeling in Medical Ultrasound. (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1998).
- J.A. Jensen. Estimation of Blood Velocities Using Ultrasound: A Signal Processing Approach. (Cambridge University Press, Cambridge, MA, 1996).
- L.E. Kinsler, A.R. Frey, A.B. Coppens et al. Fundamental of Acoustics. 3rd ed. (John Wiley & Sons, New York, 1982).
- K.K. Shung and G.A. Thieme. Ultrasonic Scattering in Biological Tissues. (CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 1993).
- J.H. Smith and J.A. Zagzebski. Basic Doppler Physics. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1991).
- P.N.T. Wells. Biomedical Ultrasonics. (Academic Press, New York, 1976).
- J.A. Zagzebski. Essentials of Ultrasonic Physics. (Mosby-Year Book, St. Louis, MO, 1996).

5.12 의학물리사 직업적 관점

- K.R. Hogstrom and J.L. Horton. Introduction to the Professional Aspects of Medical Physics. (University of Texas M.D. Anderson Cancer Center, Houston, TX, 1999).
- R.J. Shalek and D.S. Gooden. Medical Physicists and Malpractice. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1996).

의학물리학 대학원 학위를 위한 교과과정 권고

2013년 12월 03일 인쇄

2013년 12월 06일 발행

발행 : 도서출판 이사금

인쇄 : 아인

발행처 : (사)한국의학물리학회 교육위원회
서울시 노원구 노원로 75 한국원자력의학원
방사선치료연구센터

회장 : 지영훈

교육위원장 : 정해조

Tel: 02-970-1346, Fax: 02-970-1347

Homepage : <http://www.ksmp.or.kr>

E-mail : haijo@kirams.re.kr

ISBN 978-89-86830-09-5

값: 12,000원

Medical Physics Glossary



사단법인 한국의학물리학회
KOREAN SOCIETY OF MEDICAL PHYSICS