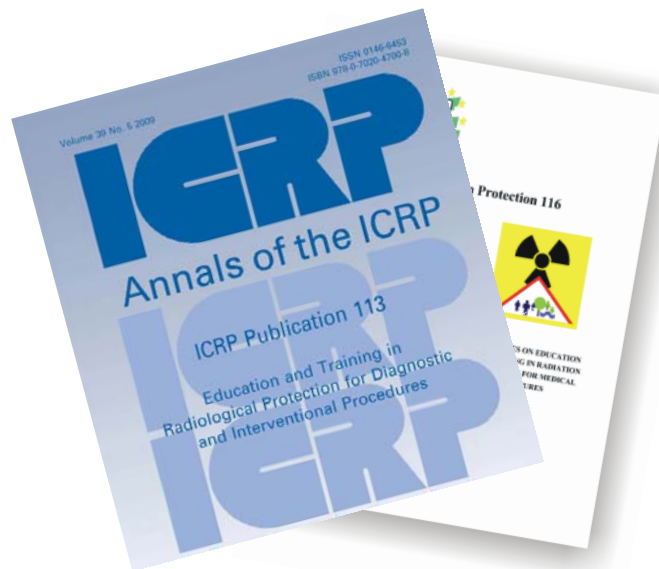




ICRP 간행물 113

진단 및 중재 절차를 위한 방사선방호 교육훈련

Education and Training in Radiological Protection for
Diagnostic and Interventional Procedures



대한방사선방어학회

이 번역본 발간은 2011년도 원자력안전위원회 방사선안전기술 개발사업 과제 지원(한국동위원소협회로 부터 위탁)으로 이루어졌습니다.

ICRP Publication 113

진단 및 중재 절차를 위한 방사선방호 교육훈련

Education and Training in Radiological Protection for
Diagnostic and Interventional Procedures

편집: C.H. Clement

저자

E. Vañó , M. Rosenstein, J. Liniecki,
M. Rehani, C.J. Martin, R.J. Vetter

역주: 이재기

이 ICRP 간행물의 우리말 번역본은 ICRP의
허락(2011년 10월)을 받았으며 ICRP 정신에
따라 무료로 배포합니다.

국제방사선방호위원회

역자 서문

고금을 통해 교육의 중요성이 강조되지 않은 적이 없다. 교육이 그만큼 어렵다는 반증이기도 하다. 교육이 효과를 내기 위해서는 교육 공급자의 역량이나 교육여건도 중요하지만 그보다 앞서 교육받는 사람의 동기가 더 중요하다. 특히 규율로 교육환경을 유지하기 어려운 성인교육에서는 교육받는 사람의 동기와 참여 없이는 공염불이 되기 쉽다.

현대 의료는 전문분과를 불문하고 방사선을 사용한다. X선이나 CT를 사용하는 한방병원도 있다. 그 결과 의료방사선은 자연방사선과 함께 국민이 피폭하는 방사선량의 양대 산맥을 이룬다. 방사선에 과도한 노출은 보건에 위해가 될 수 있고 심하면 치명적일 수도 있기 때문에 모든 의료인은 방사선방호에 대한 지식과 기술이 적어도 일정 수준 있어야 한다. 의사는 실제로 방사선 의료절차를 의뢰하거나 처방하며 때로는 직접 투여할 뿐만 아니라 종종 의료기관 경영관리를 주도하는 그룹에 있는 만큼 의사의 동기 정도가 병원 방사선방호문화를 형성한다.

병원에서 방사선방호 목표는 두 갈래이다. 첫째는 환자를 부당한 방사선위험으로부터 보호하는 것이고 둘째로는 의료진이나 제3자의 방사선 위험을 합리적으로 최소화하는 것이다. 둘째 목표는 의료진이 아닌 방사선방호 전문가가 주도할 수도 있으나, 더욱 중요한 첫째 목표는 의사가 동참하지 않으면 결코 달성할 수 없다. 방사선 위험으로부터 환자 보호에 의사의 관심을 다시 촉구하는 이유이다. 전혀 모르는 것에 관심을 갖기는 어렵다. 그래서 현재 혹은 미래의 의료진에게 방사선방호 기본교육이 중요하다.

질병의 진료를 위해서는 때로는 상당히 높은 피폭도 불가피하다. 그러나 주어진 진료목적을 달성하면서 환자의 방사선피폭을 줄이는 여러 접근이 있다. 첫 단계이자 가장 중요한 배려를 고려하는 방사선절차가 꼭 필요한 것인가를 판단하는 정당화이다. 임상지시가 분명하지 않음에도 때로는 환자의 요청에 따라 때로는 의사의 권고에 따라 정당하지 않은 방사선절차 특히 CT처럼 선량이 상당한 들도 종종 이루어지고 있다. 필요하지 않은 절차를 생략하면 수반되는 환자선량 전체를 없앨 수 있다.

다음으로 예정한 절차를 시행하되 환자선량을 줄이는 간단한 방법도 많다. 높은 영상품질이 최선이 아닐 때도 많으며 환자 체격에 따라 노출을 조절할 수 있다. 형광투시에서는 초점으로부터 거리에 유의하고 영상획득 수를 줄일 수도 있다. 이러한 모범적 관행이 일상화되게 하기 위해서 교육훈련이 필요하다.

방사선 위험을 경시하는 것도 문제이지만 역으로 과잉 인식하는 것도 병폐다. 체르노빌 사고 당시 실제 방사선 영향은 미미했던 서독이나 그리스 등 원거리 국가에서도 공포심 때문에 임신중절 건수가 가시적으로 증가했다. 후쿠시마 사고에서도 태아 위험수준과는 거리가 먼 피폭상황인데도 임신여성이 의사로부터 임신중절을 권유 받기도 했다. 더욱이 영향권 지역에서 먼저 도피하는 의사가 많았다는 보고가 있다. 방사선 위험에 대한 오해에 기인한다.

배우고 익히는 것은 학습이다. 교육이 공급자 입장이라면 학습은 수혜자 입장이다. 수혜자가 학습할 준비가 되었다고 공급자가 양질의 교육을 제공하지 못하면 목적을 달성할 수 없다. 교육 공급자의 품질은 주로 인증제도로 뒷받침된다. 즉, 인증 받은 기관이 승인된 과정에 따라 교육훈련을 실시하고 관리하게 하는 것이다. 아직 국내에는 방사선방호에 대한 교육훈련에 인증 제도가 정립되어 있지 못하다.

그나마 방사선방호 전문 교육훈련으로 인정되고 있는 과정은 방사선취급자 일반면허과정과 방사선취급자 감독면허 과정, 그리고 의료와 직결된 방사선취급자 특수면허 과정 밖에 없다. 그러나 앞의 두 과정은 일반적 방사선방호를 범위로 하고 당해 면허시험 응시자격을 인정받는 외에 다른 효력이 없다. 방사선을 인체에 사용하는 데 요구되는 특수면허도 사용자격이라기보다 감독자격 개념이어서 의료기관에 한 사람만 선임하면 최소요건을 충족하므로 실제로 방사선절차를 처방하는 많은 의사는 관심도 두지 않는다. 이 보고서가 역할을 강조하는 의학물리사 양성과 재교육을 위한 제도는 이해당사자의 다툼으로 제 자리도 잡지 못하고 있다.

그렇다면 이 간행물에서 권고하는 교육훈련은 국내에서는 어떤 방식으로 충족할 수 있을까? 첫술에 배불릴 수는 없다. 일차적으로는 정량적 목표보다 의료진 특히 의사가 의료에서 방사선으로부터 환자보호의 책무를 분명히 인식하게 하는 프로그램이 필요하다고 본다. 의사가 항상 환자보호를 염두에 둔다면 미진한 방사선방호를 개선할 방안은 자연히 따를 것이다. 불합리하게 방사선 위험에 노출되었다고 인식하는 환자들이 늘어나면 그 반발로 사회 이슈로 비화될 수 있다. 환자를 합당하게 보호하는 체계는 결국 방사선 위험으로부터 의료진도 보호한다는 점을 인식할 필요가 있다. 당국은 물론 의과대학이나 의학 전문학회는 어떻게 의사의 방사선방호 인식을 높일 것인가에 대해 보다 치열하게 고민하기를 촉구한다.

역주자

한양대학교 교수 이 재 기(ICRP 위원)

서 문

여러 해 동안 국제방사선방호위원회(ICRP)는 의료분야 방사선방호와 안전에 관한 조언을 제공하는 많은 보고서를 발행했다. ICRP 115(2007b)는 이 분야에 대한 일반 개괄이다. 이들 보고서는 방사선방호 일반원칙을 요약하고, 그 원칙을 의료와 의생명연구의 다양한 전리방사선 사용에 적용하는 데 대해 조언을 제공한다.

이들 보고서 대부분은 일반사항에 관한 것이었기에, ICRP는 어려움이 발견되는 특정 상황들에 구체적으로 접근하고자 했다. 문제되는 분야에 관한 보고서는 일상 업무에서 직접적으로 관계하는 사람들의 접근이 용이한 방향으로 기술되는 것이 좋고, 또 그 보고서가 널리 유포되도록 노력하는 것이 바람직하다.

이 방향으로 첫발은 1997년 9월 영국 옥스퍼드에서 열린 ICRP회의에서 내디뎠다. 당시 제3분과위원회의 요청에 따라, ICRP는 의료방사선 방호에 관한 보고서를 발간하기 위해 여러 작업그룹을 설립하였다.

그 결과 여러 보고서들이 ICRP 84, 85, 86, 87, 93, 94, 97, 98, 102 및 112(ICRP 2000a,b,c,d, 2003, 2004, 2005a,b, 2007a, 2009)와 보조지침 2(ICRP 2001)로 이미 출판되어 있다. 이 보고서도 이들 간략한 중점문서들의 뒤를 잇는 것이다. 후속 권고 보고서 몇몇도 준비되고 있다.

2003년 미국 뉴멕시코 Albuquerque 회의에서 ICRP는 보건 의료진과 학생의 방사선방호 교육훈련에 관한 지침을 개발할 가치가 있다고 결정했다. 당시 다른 우선순위 높은 사안도 있었지만 의욕적으로 절차를 거쳐 2008년에 착수했다.

이 보고서를 초안한 작업그룹 위원은 다음과 같다.

E. Vañó(그룹장) J. Linecki M. Rosenstein
M.M. Rehani

객원위원은 다음과 같다.

C.J. Martin R.J. Vetter

이에 더해 ICRP 본위원회 Jacques Lochard가 비평검토자로서 크게 기여했다.

이 보고서 준비 기간 동안 제3분과위원회 위원은 다음과 같다.

E. Vañó(위원장) M.M. Rehani(서기) M.R. Baeza
J.M. Cosset I.T. Dauer I. Gusev

J.W. Hopewell
S. Mattsson
H. Ringertz
B. Yue

P-L. Khong
D.L. Miler
M. Rosenstein

P. Ortiz López
K. Åhlström Riklund
Y. Yonekura

이 보고서는 상기 목적에 기여함을 목적으로 한다. 이러한 목적에 최대한으로 유용하도록 보고서 형식을 ICRP연보 간행물과 약간 달리했다

ICRP는 2009년 9월 보고서 출간을 승인했다.

참고문헌

- ICRP, 2000a. Pregnancy and medical radiation. ICRP Publication 84. Ann. ICRP 30(1).
- ICRP, 2000b. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. Ann. ICRP 30(2).
- ICRP, 2000c. Prevention of accidental exposures to patients undergoing radiation therapy. ICRP Publication 86. Ann. ICRP 30(3).
- ICRP, 2000d. Managing patient dose in computed tomography. ICRP Publication 87. Ann. ICRP 30(4).
- ICRP, 2001. Radiation and your patient: a guide for medical practitioners. ICRP Supporting Guidance 2. Ann. ICRP 31(4).
- ICRP, 2004a. Managing patient dose in digital radiology. ICRP Publication 93. Ann. ICRP 34(1).
- ICRP, 2004b. Release of patients after therapy with unsealed radionuclides. ICRP Publication 94. Ann. ICRP 34(2).
- ICRP, 2005a. Prevention of high-dose-rate brachytherapy accidents. ICRP Publication 97. Ann. ICRP 35(2).
- ICRP, 2005b. Radiation safety aspects of brachytherapy for prostate cancer using permanently implanted sources. ICRP Publication 98. Ann. ICRP 35(3).
- ICRP, 2007a. Managing patient dose in multi-detector computed tomography (MDCT). ICRP Publication 102. Ann. ICRP 37(1).
- ICRP, 2007b. Radiological Protection in Medicine. ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37(6).

의료에서 방사선방호 교육: 필수지만 종종 망각하는 요소

ICRP 103(2007a)과 ICRP 105(2007b)는 방사선방호에서 두 가지 핵심요소를 명확히 식별하는데 바로 정당화와 최적화이다. 의료에서 위험 대비 이득을 극대화하기 위해 무엇이 위험인지는 물론 위험을 최소화하는 수단을 알아야 한다. 정당화란 특정 임상지시에 대해 바른 절차를 요구함을 의미하며, 최적화란 합당한 선량을 사용함을 의미한다.

세계적으로 특히 선진국에서 의료방사선절차 사용 빈도의 급증은 명백하다. ICRP 제3분과위원회는 현행 의료기술에서 확률론적 영향과 결정론적 상해 문제는 물론 위험을 줄이는 방법을 구체화하는 여러 보고서를 보급해왔다.

이 보고서의 원동력은 방사선 발생장치를 사용하거나 전리방사선이 관련된 절차를 의뢰하는 수백만 의료인 중 많은 사람이 잠재적 방사선 영향이나 최적화 방법에 지식이 없거나 관심이 없음을 인지한 데서 출발한다. 의료절차의 급속한 팽창과 함께 이 분야 교육훈련은 시급한 순위가 되었다.

그러나 실천에는 두 가지 장애물이 있다. 첫째는 어떤 훈련이 필요한가, 누가 받아야 하나, 시간은 얼마나 하는 질문들에 합의된 답의 결핍이다. 의료에서 방사선 사용에 업무, 기기, 복잡성이 크게 차이남은 분명하다. 나라에 따라 직책 명칭도 다르고 책임도 다르다. 이는 교육 프로그램도 다양한 수준과 가변적인 내용이 필요함을 의미한다. 둘째 장애는 유능한 교수진과 훈련자료의 가용성이다.

의과대학 교과과정에서 소정의 시간만 주어짐에 비해, 지난 20여 년 동안 의학이 더욱 복잡해졌기에 방사선방호를 가르치는 사람은 다른 과목과 경쟁하기가 점점 더 어려워졌다. 의료기술의 빠른 변화(예: PET과 CT의 합성, CT유도 방사선치료)는 교수진이 전문적으로 준비한 자료를 쉽게 가용하게 만든 중앙 저장소 없이는 따라잡기조차 매우 힘들게 만들었다.

이 보고서에 수록된 내용은 의료에서 방사선방호 교육훈련에 대한 포괄적 접근이다. 보고서는 광범한 의료 전문인과 직원의 교육훈련에 대해 추천 교과목록, 목적, 관리접근 및 대략적 시수를 포함한다. 보고서는 구체적 훈련자료를 포함하지는 않으나 강사나 교육생이 활용할 수 있는 전문자료를 취득할 수 있는 선발된 웹사이트를 신고 있다. 적절한 훈련과 계속교육 프로그램을 갖추어 이행하는 것은 전문기구나 관계당국의 책임이다.

Fred A. Mettler, Jr. MD, MPH
ICRP 본위원회 명예위원

참고문헌

ICRP, 2007a. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).

ICRP, 2007b. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37 (6).

진단 및 중재 절차를 위한 방사선방호 교육훈련

ICRP 간행물 113

ICRP 승인: 2010년 10월

요지-전리방사선을 이용하는 진단 및 중재 방사선절차 수는 지속적으로 증가하며 의료진과 환자에게 더 높은 선량을 주는 절차도 더 빈번히 실시된다. 그래서 의료진(의과대학생 포함)과 기타 보건전문인에 대해 방사선방호 원칙에 대한 교육훈련 필요성이 과거보다 더 절실했다.

ICRP는 그러한 교육훈련에 대한 기본권고를 ICRP 103(2007a)과 ICRP 105(2007b)에 제공했다. 이 간행물은 전리방사선을 사용하는 진단 및 중재 절차나 핵의학 절차를 수행하거나 지원하는 여러 전공 의사와 보건전문인을 위해 기본 권고를 괄목하게 확장하며, 다음 사람들이 활용할 방사선방호 교육훈련 수요에 대한 지침을 제공한다.

- 의료에서 방사선방호에 책임을 인식하고 있는 규제자, 보건당국, 의료기관 및 전문단체
- 관련 절차에 사용되는 기기를 생산하고 시판하는 산업체
- 보건분야 전리방사선 사용에 관여하는 전문인 교육에 책임 있는 대학 등 학술기관.

이 간행물 맥락에서 ‘교육’이란 방사선량과 단위, 방사선 보건영향, 방사선방호 원칙, 방사선방호 법규, 그리고 실제에서 환자와 의료진 선량에 영향을 미치는 인자들에 대한 이해와 지식을 전달하는 것이다. 그러한 교육은 의학, 치의학 및 기타 보건분야 학위 취득이나, 방사선사 또는 핵의학기사와 같은 전문자격 취득 과정의 교과목 일부이어야 하고 의학물리사 대학원 과정에도 포함되어야 한다. ‘훈련’이란 의사나 기타 보건 또는 지원 전문가가 의료행위에서 각자의 역할에 이용하는 특정 전리방사선기술(예: CT, 형광투시)의 정당한 사용을 위한 방사선방호를 가르치는 것을 의미한다.

권고된 교육훈련을 위한 인증과 증명에 대해서도 조언하는데 이 보고서 맥락에서 ‘인증’이란 어떤 기관이 의료에서 진단 또는 중재방사선 절차 사용의 방사선방호 측면에 관한 교육과 훈련을 제공할 수 있음을 인가기구가 인정하는 것을 의미한다. 인증된 기관은 인가기구가 설정한 표준을 충족해야 한다.

‘증명’이란 어떤 개인 의료 또는 임상 전문가가 자신이 수행할 진단이나 중재 방사선 절차를 위한 방사선방호에 대해 인증된 기관이 제공한 교육훈련을 성공

적으로 마쳤음을 확인하는 것을 의미한다. 이를 위해 개개인은 주제에 대해 인증된 기관이 요구하는 방법으로 역량을 내보여야 한다.

중심어: 교육, 훈련, 방사선방호, 보건의료.

참고문헌

ICRP, 2007a. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).

ICRP, 2007b. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37 (6).

목차

역자 서문	iii
서 문	v
객원논설	vii
요지	ix
요약	1
1. 보건전문인 훈련요건	1
2. 방사선분야 이외 전문가에 대한 방사선방호 과정과 훈련	3
3. 훈련대책 책임	6
제1장 서론	9
1.1. 방사선방호에 대한 관심 증대 필요성	9
1.2. 방사선방호 교육훈련	11
1.3. 방사선방호 교육훈련에서 제공할 지식	12
1.4. ICRP 103과 ICRP 105의 권고	16
1.5. 영상해석 훈련	17
제2장 훈련이 필요한 보건전문인	19
2.1. 방사선방호 훈련 실패의 영향	19
2.2. 교육훈련이 필요한 의료보건 전문인의 범주	20
2.3. 보건전문인을 위한 훈련	22
제3장 훈련에 포함될 주제의 우선순위	27
3.1. 훈련목적	27
3.2. 개업의나 의과대학생을 위한 과정 주제	31
3.3. 의료진 범주별 훈련 권고	32
제4장 훈련기회와 방법 제안	35
4.1. 훈련 프로그램	35
4.2. 훈련 실시	37
4.3. 훈련 분량	38
4.4. 의료 계속교육	40
제5장 훈련 증명	41
5.1. 용어	41

5.2. 방사선방호 훈련을 제공하는 기관의 인증기준.....	42
5.3. 성공적 훈련 이수율의 평가	43
5.4. 방사선방호 훈련에서 다양한 기관의 역할.....	44
부록 A. 훈련과정 내역 제안 예시.....	47
A.1. 핵의학.....	47
A.2. 중재방사선.....	49
A.3. 중재심장학.....	52
A.4. 이동형 기기를 사용한 관람수술실 형광투시.....	54
부록 B. 소아과 방사선학을 위한 구체적 교육목적 개요.....	57
B.1. 일반론, 기기 및 설비 고려사항.....	57
B.2. 피폭감축.....	58
B.3. 위험인자.....	59
B.4. 환자선량 계측: 진단참조준위.....	59
B.5. 부모 및 기타 사람 방호.....	60
B.6. 국제권고.....	60
B.7. 핵의학적 고려.....	60
부록 C. 훈련자료 공급처 예시.....	61
부록 D. 관련된 유용한 정보를 수록한 참고문헌.....	63

요약

(a) 의료에서 방사선방호에 책임이 있는 규제자, 보건당국, 의료기관 및 전문단체는 물론 의료X선이나 핵의학 절차에 사용되는 기기를 제작, 판매하는 사업자도 이 지침을 고려해야 한다. 나아가 보건에서 방사선 이용에 참여하거나 하게 될 전문가를 교육하는 대학이나 기타 학술기관도 이 지침을 고려해야 한다.

(b) 환자에 방사선을 조사하는 절차에 관계하는 의사나 기타 보건전문인은 반드시 기초 물리와 생물학을 포함하는 방사선방호 원칙에 대한 교육을 받아야 한다 (ICRP 2007a).

1. 보건전문인 훈련요건

1.1. 훈련목적

(c) 모든 의료피폭 처방에서 기본 법칙은 처방이 환자관리 영향 관점에서 정당화되어야 하는 것이며 이는 항상 준수되어야 한다.

(d) 전체 집단에게 불필요한 위험을 유발하지 않기 위해 의료전문인이나 기타 보건전문인은 방사선 손해를 이해해야 한다. 방사선을 쓰지 않는 다른 시험이 수행될 수도 있고 다른 낮은 선량 영상화 시험이 수행될 수 있음에도 지식부족으로 더 많은 방사선촬영 시험을 수행하게 할 수 있다. 이 문제는 환자선량이 상대적으로 높은 전산화단층촬영(CT)에서는 특히 중요하다.

(e) 진단, 중재방사선, 핵의학 및 방사선치료에 방사선을 사용하는 의학적, 치의학적 절차를 의뢰, 수행 또는 보조하는 의사, 치의사 및 기타 보건전문인의 방사선방호 훈련에 관한 요건이 있어야 한다. 방사선방호의 최종책임은 피폭에 대한 정당화를 판단하는 의사나 기타 의료행위 인가를 받은 사람에게 있으므로 이들은 관련 절차의 위험과 이득에 유념해야 한다(ICRP 2007b).

1.2. 의료절차 의뢰자

(f) 전리방사선을 이용하는 영상화 기술 의뢰자와 의학과/치의학과 학생에게 방사선방호 교육이 필요하다. 의뢰자는 의뢰할 것으로 보이는 검사범위에 적합한

의뢰기준에 익숙할 필요가 있다.

(g) ICRP는 의뢰자에게 방사선방호 지식과 그 응용의 파급을 더욱 강조할 것을 권고한다. 이 권고는 방사선학 전문과가 아닌 의사나 의료전문인에게 특히 해당된다. 모든 의료전문인이 의료피폭을 의뢰할 것이기 때문에 의사에 대한 방사선방호 기본교육을 의학 교육과정의 일부로 할 것을 ICRP는 권고한다.

1.3. 방사선기술을 사용하는 의료인 및 기타 보건전문인

(h) 방사선 사용에 보다 직접 관계하는 전문인은 경력 개시 시점에 방사선방호 교육훈련을 받아야한다. 분야의 집단지식이 발전하기 때문에 그 교육과정은 전문생애 동안 계속되어야 한다. 병원에 새로운 기술이나 기기가 도입될 때는 해당 방사선방호 측면에 대한 훈련을 포함해야 한다. 이러한 직원은 전문성 지속개발 계획(continuing professional development scheme¹⁾)에 등록해야 한다.

(i) 중재방사선은 높은 선량을 줄 수 있으므로 피부에 결정론적 영향을 피하려면 그 특별한 방사선위험에 대해 고려할 필요가 있다. ICRP 85(2000)에서 중재방사선 의사와 심장학자에게는 X선을 사용하는 다른 의사들에게 권고된 훈련에 추가하여 2단계 수준 방사선방호 훈련을 권고했다. 이 권고는 형광투시안내 중재절차를 수행하는 다른 의사들(예: 혈관외과의사)에게도 적용되어야 한다.

(j) 대부분 국가에서 중재 심장학자나 형광투시 중재절차를 수행하는 다른 의사들에 대한 방사선방호 훈련은 한정적이다. ICRP는 이들에 대해 보강된 방사선방호 훈련대책이 우선해야 한다고 생각한다.

1.4. 의학물리사

(k) 대부분 병원에서 의학물리사가 부가적으로 방사선방호 훈련자로서 책임을 지기 때문에 방사선방호²⁾, 핵의학, 진단방사선에 종사하는 의학물리사는 최고수준

1) <역주> 의사에게 전문성 지속개발(CPD)이란 정규 훈련 이후 의사가 받는 교육훈련으로서, 보다 나은 보건을 제공하도록 지식, 문제해결, 기술숙련 또는 전문적 성과표준을 유지하거나 넓히는 것을 말한다. 여기에는 교육과정, 학술회의, 워크숍과 같은 공식활동은 물론 수련이나 목적중심 독서와 같은 자율활동도 포함된다.

2) <역주> ‘방사선방호에 종사하는 의학물리사’라는 표현은 부적절하다. 비슷한 지식이라도 의학물리는 진료를 목적으로 하는 의료이며 방사선관리는 산업안전의 일부로 볼 수 있다. 따라서 만약 의학물리사 자격자에게 방사선관리 자격을 인정하는 경우라도 그 직위가 방사선관리자이므로 의학물리사로서 자격이 사용되는 것이 아니다. 이런 혼란에는 ICRP도 일조하고 있는 것 같다. 예를 들어 병원에서 환자보호를 위한 의료피폭과 직무피폭을 ‘의료에서 방사선방호’라는 틀 안에서 동일한 보고서에서 다루고 있는 것이다(그 이유는 ICRP 제3분과위원회 업무분장 때문이다). 직무피폭이나 일반인 피폭은 의료기관(병원)에

방사선방호 훈련을 받아야 한다.

(l) 의학물리사는 독자적으로 활동하거나 다른 의료전문인을 지도하기 전에 전문 자격이나 국가 등록을 통해 검증된 지식과 전문역량을 가져야 한다. 의학물리사도 전문성 지속개발계획에 들어 있어야 한다.

1.5. 방사선이 사용되는 환경에서 종사하는 보건전문인

(m) 형광투시절차를 보조하는 간호사나 기타 보건전문인은 자신이나 다른 사람의 피폭을 최소화하기 위해 방사선 위험과 예방책에 대한 지식을 필요로 한다.

(n) 정비기사나 응용 전문가도 현재 어느 정도의 방사선방호 훈련을 받고 있으나 주로 직원 방사선방호에 초점을 두고 있다. 환자의 방사선방호에 대한 훈련까지 확장할 필요가 있는데, 특히 디지털 방사선학이나 신형장비에서는 더욱 그렇다.

(o) 방사성핵종 실험실 직원에 대해서는 그들 업무와 관련한 훈련을 권고한다. 직원이 전일제로 방사성핵종 일을 한다면 훈련기간은 길어질 수 있다.

2. 방사선분야 이외 전문가에 대한 방사선방호 과정과 훈련

2.1. 과정 요건

(p) 의료전문에 대한 방사선방호 과정은 어디나 해당되고 필요한 것으로 이해되어야 하되, 제한된 시간부담만 요구하여 개인에게 참석 이점을 설득할 수 있어야 한다.

(q) 방사선방호 훈련활동 후에는 훈련 프로그램으로부터 얻은 지식을 평가해야 한다. 이는 훈련의 인증에 필요하며 참석자를 위한 것이다. 방사선방호 훈련 프로그램에 참석한 사람에게 발급하는 자격증에는 기본적 세부사항이 기재되어야 한다.

(r) 방사선방호 교육훈련을 정규 시험제도로 보완하여 참석자에게 자격증을 수여하기 전에 역량 시험을 거치게 해야 한다.

서 방호 문제이지 의료에서 방호는 아니다. 병원이 화재방호관리를 한다고 ‘의료에서 화재 방호’는 아니며 병원(또는 의료기관)에서 화재방호가 옳은 것과 마찬가지로이다.

(s) 어떤 절차(예: 중재 심장시술)에서 방사선방호 자격증을 요구한다면 특정 병원에서 그 전문업무를 개시하기 전에 그 자격을 취득해야 한다. 만약 그러한 전문인이 그 특정 업무에 이미 종사하고 있는 국가에 요건이 도입된다면 각 의료기관은 소속 전문인에 대해 방사선방호 훈련을 위한 자원을 할당할 필요가 있다.

(t) 훈련을 제공하는 기관은 인증을 유지하기 위한 후속조치의 일부로 훈련과정이나 훈련활동 후에 참석자 반응을 조사한 결과를 분석해야 한다.

2.2. 훈련 프로그램

(u) 의료피폭에 깊이 또는 얇게 관여하는 의료나 임상의 다양한 직원 범주에 대해 훈련 프로그램을 마련해야 한다.

(v) 보건 전문인에 대한 방사선방호 훈련은 각자의 구체적 직무나 역할과 연계되어야 한다.

(w) 모든 훈련 프로그램의 성공 핵심요소는 관계자에게 방사선방호에서 최적화 원칙의 중요성을 인식시켜 일상 절차에서 최적화를 이행하게 하는 것이다. 이를 달성하기 위해서는 훈련자료가 적절하고 임상의사가 자기 사례에 관련지을 수 있는 방법을 제시해야 한다.

(x) 훈련에 포함될 우선 주제들은 상이한 전문인들이 의료피폭에 관계하는 정도에 따라 달라진다. 의대생에 대한 방사선방호 교육프로그램에 포함될 몇몇 주제에 대한 소개로는 ICRP 보조지침 2(방사선과 당신의 환자: 임상의를 위한 지침, ICRP 2001)이 유용할 수 있다.

(y) 보건 전문인을 위한 방사선방호 훈련 프로그램은 대상 수강자가 익숙한 유형의 훈련을 지향해야 한다. 실전적 훈련은 참석자가 수행할 것과 유사한 환경에서 행해야 한다.

(z) 미래의 전문인이나 기술진을 위한 방사선방호 교육훈련을 위한 적절한 자원의 필요성을 인식해야 한다. 훈련 프로그램은 모든 신입 직원에 대한 초기훈련, 정규 업데이트와 재훈련, 그리고 훈련의 인증을 포함한다(ICRP 2007b).

(aa) 훈련 프로그램 인증의 최소 요건은 관련된 모든 측면을 고려해야 한다. 여기에는 충분한 행정지원, 파일이나 자격증 등의 최소한 일정기간 기록 보장, 충

분한 교육지원, 가르칠 주제에 자격이 있고 병원 의학물리에 경험 있는 교수, 실전적 연습을 위한 기기, 실전적 학습을 위한 임상설비 가용성 등을 포함한다.

2.3. 강사 및 트레이너

(bb) 방사선방호 주된 트레이너는 본인이 다루는 진료에서 방사선방호에 전문가이어야 한다. 이는 방사선방호를 상세히 이해함에 추가하여 방사선을 사용하는 임상절차에 대한 지식을 가진 사람이어야 함을 의미한다.

(cc) 훈련과정의 강사는 방사선방호에 역량이 있어야 하는데 이는 전문 자격증, 국가 등록, 또는 대등한 인증체계로서 가장 확실히 과시된다. 또한 강사는 의료기관에서 방사선방호에 그리고 임상환경에서 실제 업무에 경험이 있어야 한다 (예: 의학물리, 방사선사 등).

(dd) 방사선 촬영을 하는 직원에 대한 훈련은 각자가 특정 지식을 가진 방사선 전문인 팀이 제공해야 한다.

(ee) 트레이너는 현지 요건에 부합해야 하며, 훈련에 참석하는 의료전문인이 수행하는 절차의 방사선방호 특성에 대해 충분한 지식을 가졌음이 입증되어야 한다.

(ff) 방사선방호 훈련 요건의 강도 차이 때문에 기관이 온라인 평가체계를 개발하는 것도 가치가 있을 것이다. ICRP가 알기로는 시험을 대규모로 치르는 기관에는 주로 그러한 온라인 방법이 현재 가용하다. 자기평가 체계의 개발도 권장한다.

2.4. 지속교육

(gg) 전문기구, 대학 또는 기타 의료기관이 주관하는 강의와 훈련 프로그램은 전문성 지속개발에 핵심 역할을 할 것이다.

(hh) 일반 교과과정이나 지속교육에 컴퓨터 기반 도구를 사용하는 많은 의과대학은 방사선생물학이나 의료에서 방사선 피폭에 대한 지속교육에도 같은 접근을 사용하는 것이 적절해 보인다.

(ii) 진단방사선 기술이나 방사선 위험에 상당한 변화가 있을 때는 방사선방호 훈련을 업데이트해야 하며 그 주기는 36개월을 넘기지 않아야 한다.

3. 훈련대책 책임

3.1. 기관의 역할

(jj) 규제나 보건 당국 또는 전문기구나 학회는 의료진을 위한 방사선방호 교육훈련을 촉진해야 한다. 방사선방호 교육 프로그램은 보건의료 제공자와 대학이 이행하되, 합의한 시간표나 유사한 표준에 근거하여 제공하도록 지역 혹은 국가 차원에서 조정되어야 한다.

3.2. 대학

(kk) 교육훈련은 의과대학 재학 중 또는 졸업 후, 의사의 각 범주별 역할에 적합하도록 전공의 기간이나 중점 특별과정에서 이루어져야 한다. 훈련에는 평가가 따라야 하며 훈련을 성공적으로 마쳤다는 적절한 증명도 필요하다. 나아가 방사선을 이용하는 절차를 수행하는 데 또는 방사선 진료를 받는 환자를 관리하는 데 참여하는 기타 임상 의사에 대해서도 해당 방사선방호 훈련 프로그램이 있어야 한다.

3.3. 규제당국

(ll) 규제나 보건 당국은 의료피폭에 관련하는 전문인들에게 적정 수준 방사선방호 교육 및 증명을 강제하거나 정기적으로 업데이트할 필요한 있는 지 결정할 권한을 가진다. 나아가 이러한 교육훈련 프로그램에 자원을 배분하거나 훈련재료를 준비를 권장 또는 조정하며, 때로는 유자격 전문인 등록을 유지할 권한도 이들 기관에 있다.

(mm) 의료 전문인에 대해 방사선방호 훈련 인증을 요구할 때 규제나 보건당국이 고려해야 하는 핵심 이슈는 훈련 프로그램을 운영하는 기관을 위해 가용한 하부구조와 재정 요건이다.

(nn) 규제당국 담당관도 한정된 분량의 방사선방호 훈련을 받을 필요가 있을 것이다.³⁾ 여기에는 최적화 속성과 실질적 방사선방호가 포함된다.

3.4. 전문기구와 학회

(oo) 전문기구와 학회는 교육훈련을 진흥, 지원하고 일관된 접근이 보장되도록 교과를 개발하는 데 일조해야 한다. 학회 회의에는 방사선방호 재훈련 과정을 포

3) <역주> 합리적 규제를 위해서는 규제자도 실무에 상당한 지식이 있어야 한다.

함해야 하며 이는 방사선을 사용하는 전문인을 위한 전문성 지속개발을 위한 요건일 수도 있다.

(pp) ICRP는 의료와 방사선방호 인력 관련 전문학회가 의료제공자와 협력 아래 지속교육 개발에 공조하기를 독려한다.

(qq) 전문기구는 전문성 지속개발을 조장하기 위해 의료 집회에서 해당 전문성에 관한 방사선방호 강의를 활성화하기를 촉구한다.

3.5. 기기 제작사

(rr) 방사선 기기 제작사는 신기술에 대한 방사선방호 훈련에 중요한 역할이 있다. 방사선기기 산업체는 환자 방사선방호를 증진하기 위해 새로운 X선이나 영상화 시스템 공급과 병행하여 훈련자료를 준비해야 한다. 기기 제작사는 장비가 바르게 사용되지 않았을 때 자사 기술이 환자선량에 미치는 영향에 대해 운영자의 주의를 환기해야 한다.

(ss) 기기 제작사는 노출량을 적절한 정확도로 편리하게 결정하고 기록하는 적절한 수단을 개발하고 방사선 기기에 내장하여 활용될 수 있게 할 책임이 있다.

(tt) 기기 제작사는 영상화 시스템을 책임지는 정비기사와 임상적용 전문가가 환자 방사선방호 훈련을 받도록 해야 한다. 자신들이 실시하는 X선 시스템 설정이나 조정이 환자 방사선량에 어떻게 영향을 미치는지 이들이 이해하는 것은 중요하다.

참고문헌

ICRP, 2000. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. Ann. ICRP 30(2).

ICRP, 2001. Radiation and your patient - a guide for medical practitioners. ICRP Supporting Guidance 2. Ann. ICRP 31(4).

ICRP, 2007a. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2-4).

ICRP, 2007b. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37(6).

제1장 서론

(1) 전리방사선을 사용하는 진단방사선과 중재방사선 절차 수가 지속적으로 증가하고 있고, 높은 환자선량을 필요로 하는 절차들도 더 빈번하다. 그래서 의료진과 기타 보건 전문인을 위한 방사선방호 교육 필요성이 더욱 절실했다. 그러나 대부분 국가에서 방사선방호 훈련, 특히 의료 전문인에 대한 훈련은 불충분하다. 이 장에서는 방사선절차를 의뢰하는 의사와 의과대학생을 포함하여 여러 그룹의 교육 필요성을 논의한다. 교육에는 고려할 방사선방호 인자의 구체적 예와 함께 전리방사선의 결정론적, 확률론적 영향을 포함하고 방사선방호원칙에 따라 방사선량을 관리할 필요성도 포함하기를 권고한다. 이전에도 ICRP 권고는 있어 왔지만 이 보고서는 방사선을 사용하는 진단(투과촬영, 형광투시, CT 및 핵의학)과 중재(형광투시안내) 및 핵의학 치료 절차에 관계되는 의료진이나 기타 보건 전문인에 대한 교육훈련을 구체적으로 겨냥한 첫 보고서이다.

1.1. 방사선방호에 대한 관심 증대 필요성

(2) 많은 사람들이 진단이나 중재절차로 방사선을 피폭한다. 치료 방사선을 제외하더라도 환자선량은 인간 활동으로 인한 선량 중 가장 높은 편이다. 선진 보건 체계를 가진 나라에서는 방사선을 사용하는 진단절차 평균 횟수가 인구 1인 당 연간 1회에 근접하거나 초과하고 있다.⁴⁾ 나아가 진단X선 검사로 환자가 받는 방사선량이 의료기관마다 큰 차이가 있어⁵⁾ 방사선방호 최적화에도 폭넓은 요구가 있음을 시사한다(ICRP 2000).

(3) 불필요한 위험을 피하기 위해, 방사선절차는 환자관리에 영향이 예상될 때만 수행되어야 한다. 모든 방사선의료절차가 정당화되기 위해서는 이를 의뢰하는 의사들이 그 절차의 이득과 위험 모두에 대해 관심을 높여야 한다. 근래의 중재방사선 절차의 빈도, 용도, 복잡성 증가로 인해 결정론적 영향을 초래할 수 있을 만큼 높은 환자선량을 낼 수도 있고, 그러한 절차를 시술하는 의료전문인에게 주는 선량도 직무피폭 선량한도에 근접할 수 있다(ICRP 2000b). 따라서 중재방사선에서 환자와 전문인 모두에 대한 선량 관리(감축)에 특별한 주의를 필요로 한

4) <역주> 우리나라는 진단을 자주 받는 편이어서 2009년 자료를 보더라도 국민 1인 당 연간 평균 1.8회로 세계에서 상위권에 있다.

5) <역주> 우리나라는 물론 서구 국가에서도 동일한 진단 목적에서 환자선량이 의료기관 사이에 10배 이상 차이 나는 경우가 허다하다.

다.

(4) 진단과 중재 방사선 의료절차에서 환자와 의료진 방사선방호의 최적화는 의료, 촬영, 물리, 기술 관련된 사람들 모두의 신념, 관심, 역량을 필요로 한다. 이들에 대한 계획된 교육훈련 프로그램이 환자와 의료진의 합리적 방사선방호에 필수적이다.

(5) 많은 나라에서 진단방사선이나 중재방사선을 요구하거나 수행하는 모든 유형의 의료전문인에 대한 방사선방호 교육훈련이 부족하다. 의료피폭에 관련된 다른 전문인에 대한 교육훈련 역시 부족하다. 이제 방사선의학과 방사선방호 전문인들이 대체로 이러한 시각에 공감하고 있고, 상황을 개선하기 위해서는 의료진의 교육훈련이 중요함에도 동의하고 있다.

(6) 이 보고서는 방사선을 이용하는 진단 또는 중재 절차를 수행하거나 지원하는 의사, 방사선사, 물리학자, 치의사, 기사 및 기타 보건 전문인을 위한 방사선방호 훈련에 대해 권고한다. 또한 보고서는 의료에서 방사선방호에 책임이 있는 규제자, 보건당국, 의료기관 및 전문기구는 물론 이러한 절차에 사용되는 기기를 생산하거나 판매하는 산업체가 고려해야 할 지침을 설정한다. 방사선의 보건 이용에 관련하는 전문인을 교육하는 대학이나 기타 학술기관도 이 지침을 고려해야 한다. 지침에는 진단이나 중재 방사선 절차를 의뢰하는 의사를 위한 교육요건, 그리고 장래에 이를 의뢰하게 될 의치과대학 학생이 의학학위나 대학원 과정에서 선택을 돕기 위한 방사선방호 교육요건도 주어질 것이다. 이 보고서는 핵의학 치료에 약간의 내용을 포함하는 것 외에는 치료방사선을 다루지는 않는다.⁶⁾

(7) 의료전문인을 위한 방사선방호 교육훈련을 완수하는 데 해소되지 않은 주요 문제의 하나는 적합한 내용에 집중하고 특정 이슈를 강조하는 전달방법의 수립이다. 특히 의료전문인을 위한 교과는 적합하고 필요할 뿐만 아니라 요구 시간이 길지 않도록 하여 해당자에게 참석의 이점을 설득할 수 있어야 함이 매우 중요하다. e-학습구조 활용은 전문인들로 하여금 편리한 시간에 훈련을 이수하고 기존 지식수준에 맞춰 학습진도를 맞출 수 있게 한다. 교과 내용에 관한 정보와 일부 교육자료를 얻을 수 있는 웹사이트가 부록 A, B 및 C에 주어질 것이다.

6) <역주> 선량이 높고 선량부여 자체가 목표인 치료방사선은 특정 차이는 있지만 그 의료인 교육훈련은 같은 맥락에서 논의할 수 있음에도 분리한 점은 마땅하지 않다.

1.2. 방사선방호 교육훈련

(8) 이 보고서 맥락에서 방사선방호에서 교육훈련은 다음과 같이 이해된다.

(9) ‘교육’이란 방사선 해독, 방사선의 양과 단위, 방사선방호 원칙, 그리고 환자나 의료진 선량에 영향을 미치는 방호인자 등 기초적 주제에 대한 지식과 이해를 의미한다. 기본 수준 강의는 의과대학이나 치과대학 또는 다른 보건 학위과정에서 이루어져야 한다. 방사선사 교육에서는 방사선방호 구체적 훈련이 보장되어야 한다. 진단방사선 의사나 의학물리사와 같은 전문인에 대해서는 그러한 주제로 보다 심층 훈련이 대학원 과정에서 이루어져야 한다.

(10) ‘훈련’이란 의료행위자가 사용하는 방사선기법(예: CT나 형광투시)과 관련한 강의와 실습을 의미한다. 훈련은 방사선방호 최적화에 요구되는 특별한 지식의 전수를 포함해야 하고 상당 수준 실전적 숙련도 필요로 한다.

(11) 규제나 보건 당국은 의료진에 대한 방사선방호 교육훈련을 독려해야 한다. 방사선방호 교육 프로그램은 의료제공자와 대학이 이행하되 지역이나 국가 차원에서 조정하여 합의된 강의 요강 또는 유사한 표준에 근거한 과정을 제공해야 한다. 과학 또는 전문 학회는 일관된 교육훈련이 전달되도록 하는 데 중심적 역할을 한다. 이들 학회는 강의요강 개발 및 교육훈련 조장에 기여해야 한다. 관련 과학 학술대회는 방사선방호 보습과정을 두어야 하며 이 과정 참석이 방사선을 사용하는 전문인의 전문성 지속개발을 위한 요건이 되게 할 수도 있다.

(12) 거의 모든 의사나 치과의사가 의료피폭을 수반하는 진료를 의뢰할 필요가 있으므로 기초 방사선방호 교육을 의과대학과 치과대학 학위과정에 포함시키는 것이 적절하다. 의과대학이나 치과대학 강의요강에 방사선방호를 포함하는 것은 지역 또는 국가 수준(예: 대학들, 교육부)에서 기관 간 협조를 필요로 한다. 의뢰자의 정의는 국가 요건에 따라 환자에 대한 의료행위⁷⁾를 의뢰할 권한이 있는 의사, 치과의사, 또는 보건전문인이다. 비록 영상화기술과 방사선방호에 더 깊은 지식이 있고 훈련을 받았기 때문에 피폭에 대해 임상적 책임이 있는 전문의가 피

7) <역주> 원문은 ‘의료피폭을 의뢰’하는 것으로 표현되었으나 잘못이다. 치료방사선을 제외하고는 환자의 피폭(즉, 의료피폭) 자체가 목적이 아니므로 이를 의뢰하는 것이 아니다. 의뢰하는 것은 예를 들어 방사선 투과촬영과 영상해석이지 환자의 피폭이 아니다. 나아가 ‘의뢰’란 방사선절차에만 적용되는 것이 아니라 일반적 과정이므로 그 정의에서 방사선과 굳이 결부할 이유가 없다.

폭의 정당화에 관한 최종 의사결정을 하지만, 환자의 임상이력 전체를 알고 있는 의뢰 의사도 정당화 과정의 일부를 구성한다. 방사선 전문의가 의뢰 정당화를 확인하지 않는 경우에는 의뢰의사는 주치의가 되기 위해서 방사선 기술과 위험에 대해 상당한 훈련을 더 받아야 한다.

(13) 방사선 사용에 보다 직접적으로 관련되는 전문가는 그러한 경력을 개시하기 전에 방사선방호 교육훈련을 이수해야 하며, 주제에 대한 집단 지식이 발전함에 따라 교육과정은 그들의 전문수명기간 동안 유지되어야 한다. 훈련에는 병원에 새로운 의료기술이나 장비가 도입되면 방사선방호 측면과 관련한 특별 훈련을 포함해야 한다.

(14) 의학물리사는 방사선의 종류와 특성, 그리고 방사선 적용을 위한 방사선방호 요건에 대해 알고 있으므로 의학물리사가 모든 교육훈련 프로그램에 중심 역할을 한다. 의학물리사, 방사선사 및 방사선과 의사는 훈련 프로그램을 수립하고 이행할 때 의료 전문인 동료들과 긴밀하게 일해야 한다.

(15) 방사선학 기기 제작사는 방사선방호 최적화에 중요한 역할을 한다. 제작사는 사용자가 절차의 선량계측 측면의 함의에 유의하도록 만들어야 하며 선량감측 기법의 바른 적용을 사용자에게 알려야 한다. 또한 기기 제작사는 적절히 정확한 피폭량을 쉽고 편리하게 결정하여 기록하도록 방사선학 기기에 내장되는 적절한 도구를 개발하고 보급할 책임도 있다.

1.3. 방사선방호 교육훈련에서 제공할 지식

1.3.1. 방사선피폭으로 인한 잠재 보건영향

(16) 진단과 중재 절차에서 방사선량을 관리하는 목적은 결정론적 보건영향을 회피하고 확률론적 보건영향의 확률을 의료절차의 필요성을 고려하여 합리적으로 낮게 유지하는 것이다.⁸⁾

(17) 결정론적 영향(경, 중증 피폭손상과 같은 유해한 조직반응)은 하나의 조직이나 장기에서 많은 세포가 피해를 받았을 때 발생한다. 이 영향은 방사선량이 소정의 문턱을 넘었을 때만 임상적으로 관측될 수 있다. 형광투시로 안내되는 복

8) <역주> 의학적 필요성은 정당화에서 고려된다. 방호최적화는 의도하는 의학적 목적이 달성된다는 전제 아래 경제사회적 인자를 고려하여 ALARA를 추구하는 것이다.

잡한 중재방사선 절차의 결과로 환자 피부의 국부에서 문턱선량에 이를 수 있다 (ICRP 2000b). 중재방사선 절차를 수행하는 의료진에게서 눈의 수정체가 손상되는 문턱에 이르러 백내장 빈도 증가로 이어지는지에 대해 현재 논의되고 있다.⁹⁾

(18) 확률론적 영향(예: 암과 유전영향)은 방사선이 세포 DNA에 손상을 주어 여전히 재생능력이 있는 세포의 변이를 초래하여 일어난다. 이러한 변이는 악성으로 될 수도 있다. 초기손상이 생식선의 생식세포에서 일어났다면 유전영향이 발생할 수 있다. 이러한 영향의 발생확률은 진단이나 중재 방사선에서 접하는 수준에서는 선량에 비례하여 증가할 것으로 본다. 암유발 확률의 증가는 피폭 당시 연령, 성별, 암에 대한 유전적 취약성 등의 영향을 받는다(ICRP 2007b).

배태아 영향

(19) 배태아도 방사선 영향을 받을 수 있는데 태아발생 단계 및 흡수선량에 따라 다르다(ICRP 2003b, 2007b). 발생 가능한 결정론적 영향으로 착상전기에서 배아의 소실, 그리고 특히 수태 후 3주부터 8주까지 기간(기관형성기)에 여러 장기에서 기형이 있지만 발생은 매우 드물 것으로 본다. 어린 태령 특히 수태 후 8주부터 16주까지, 그리고 좀 늦게는 16주부터 25주까지 기간에 중추신경계 손상이 일어날 수 있다. 이 결정론적 영향은 비교적 높은 문턱선량(>100 mSv)을 가지므로 최적화된 진단 절차에서는 일어나지 않아야 한다. 확률론적 영향에 대해서는 태아발달 모든 단계에서 피폭으로 후일 소아기에 백혈병이나 다른 암의 확률이 증가할 수 있다. 이 영향은 본성적으로 확률론적이어서 문턱선량이 없을 것 같다. 그래서 비록 확률은 낮을 지라도 확률론적 영향은 낮은 선량에서도 일어날 수 있다.

(20) 의료진이 적절히 방사선방호 교육훈련을 받았다면 진단절차나 대부분 형광투시 안내 중재절차로부터 선량은 결정론적 영향의 문턱에 근접하지 않을 것이다. 확률론적 영향의 확률은 완전히 배제할 수는 없으므로, 정당화 될 때만 의뢰하거나 수행하고 방사선방호 최적화를 위해 그러한 절차로부터 환자나 의료진 선량을 관리하기 위한 모든 합리적 단계를 거치는 것이 적절한 접근이다.

1.3.2. 방사선량 관리가 필요한 사례

(21) 각 그룹의 학습목적을 확인하기 위해 수요평가를 수행해야 한다. 방사선방

9) <역주> 2011년 4월 ICRP 서울회의에서 백내장 문턱선량이 기존에 평가했던 값보다 낮음을 확인하고 과거 연간 150 mSv였던 수정체 선량한도를 5년간 100 mSv로 낮췄다. 일반인에 대한 선량한도는 과거 값 연간 15 mSv를 유지한다.

호 교육훈련 수요의 실질적 예로는 다음과 같은 것이 있다.

(22) 임신환자와 관련해서는 다음과 같다(ICRP 2000a).

- 개별 환자에 대한 절차의 정당화에서 환자가 임신한 사실은 반드시 고려되어야 한다.
- 환자의 검사를 수행하는 방식은 배태아가 직접빔 안에 놓이느냐 그리고 그 절차가 상대적으로 높은 선량을 요구하는가 여부에 따라 달라진다.

(23) 중재 절차와 관련해서는 다음과 같다(ICRP 2000b).

- 점점 더 많은 의사가 형광투시유도 중재절차를 사용하고 있고, 많은 중재방사선시술자가 이러한 절차에서 상해 잠재성이나 그 발생을 감축하는 간단한 방법을 유념하지 않는다. 가끔 심각한 방사선유발 피부손상이 일어났다.
- 중재방사선 절차는 복잡하고 어렵다. 이들 절차는 각 병원이 약간씩 다른 기법을 쓰기도 하고 운용자에 크게 의존한다. 이 절차를 수행하는 사람은 임상기술과 방사선방호 지식 모두에 적절히 훈련받아야 한다. 진단방사선에 대해 이루어지는 교육훈련에 추가하여 구체적인 2단계 방사선방호 훈련이 필수적이다.
- 어려운 절차를 거칠 환자에 대해서는 방사선위험에 대해 상담해야 하고, 관련된 선량이 상해를 초래할 우려가 있다면 임상적으로 추적해야 한다. 방사선 영향 가능성이 있을 때는 환자 주치의에게도 알려야 한다.

(24) CT 절차에 대해서는 다음과 같다(ICRP 2000c, 2007a)

- CT 절차 특히, 다수 검출기행 배열을 가져 신속하게 넓은 영역을 스캔할 수 있는 현대 CT는 상대적으로 높은 환자선량을 준다. 복수 절차로 받은 선량은 종종 역학연구로부터 암 위험이 증가하는 것으로 알려진 수준에 근접하거나 이를 초과한다.
- SPECT/CT 스캐너에서 단일광자방출 CT(SPECT)나 PET/CT 스캐너에서 양전자방출 단층촬영기(PET)는 종종 높은 선량 핵의학절차와 CT를 결합하므로 특히 높은 선량을 초래한다.
- 의뢰 의사는 매 CT 절차의 결과가 환자 임상관리에 유효할 것인지를 평가해야 하고 방사선과 의사는 그 절차가 정당화됨에 의견을 같이 해야 한다. 여기에는 임상지시가 고선량 절차를 필요로 하는지 저선량 절차로 충분한지 분류에 대한 이해도 포함된다.
- 방사선과 의사와 방사선사는 소아환자에 각별히 유의하고, 각 환자와 특정 절차에 대해 기술적 변수를 맞춤으로써 환자선량 관리가 가능함을 유념해야

한다.

- 모든 CT시스템에는 선량감축 잠재력이 있다. 방사선과 의사, 심장학자, 의학 물리사 및 방사선사가 영상품질과 환자선량 사이 관계를 알고 모든 진단업무가 고품질 영상을 요구하는 것이 아님을 이해하는 것이 중요하다.
- 방사선사는 소아환자에 대해서 특정 인자를 적용함으로써 피폭을 줄일 수 있음을 이해해야 한다. 과거에 많은 아동이 성인용 인자를 적용한 검사를 받아 불필요하게 높은 선량을 받았다.
- SPECT/CT나 PET/CT 스캐너 운전자는 CT 부분이 주로 핵의약품이 편재하는 해부학적 위치를 지시하기 위한 것이므로 낮은 영상품질로 낮은 선량을 선택하는 것이 적합할 수 있음을 고려해야 한다.

(25) 디지털 진단방사선 절차에서는 다음과 같다(ICRP 2003a).

- 디지털 영상화는 진단방사선 업무를 개선할 잠재력이 있지만 비례하는 만큼 영상 품질을 증진하지 않으면서 불필요하게 높은 선량을 부여할 수 있다.¹⁰⁾
- 영상화 업무가 다르면 요구되는 영상품질도 다르다. 임상 목적에서 부가 이득이 없다면 영상품질 수준을 높이기 위해 더 많은 방사선을 사용하는 것은 피해야 한다.
- 디지털 형광투시 시스템에서는 영상을 얻거나 지우는 것이 매우 쉽기 때문에 필요 이상으로 영상을 얻는 경향이 있다.
- 기기 제작사는 방사선과 의사, 방사선사 및 의학물리사에게 권고된 노출변수와 결과 환자선량을 알려주는 도구를 디지털 시스템에 갖추도록 노력해야 한다.
- 기기 제작사는 방사선과 의사, 방사선사 및 의학물리사와 긴밀하게 협력하여 환자선량을 최소화하기 위한 절차와 최적화 프로토콜을 개발해야 한다.

(26) 운영자 선량과 관련해서는 다음과 같다(ICRP 2000a,b).

- 방사선을 사용하는 절차에 참여하는 여성 의료전문인이 임신을 선언한 경우에는 대체로 일반인 방호에 제공되는 수준의 방호를 배태아에게 제공하기 위해 추가 관리를 고려해야 한다.
- 시술 업무량이 많은 중재방사선 의사는 많은 선량을 받을 수 있다. 방사선

10) <역주> 디지털 영상화는 절대 노출량보다는 상대 노출량을 기준으로 처리되기 때문에 과노출이 명확히 지시되지 않는다. 영상품질은 노출이 증가할수록 개선되기 때문에 임상목적으로 필요하지 않아도 관행으로 보다 나은 영상 품질을 선호하다 보면 환자선량이 불필요하게 증가한다. 이런 문제를 완화하기 위해 신형 장비들은 영상정보(DICOM 헤드)에 노출량(예: kVp 및 mAs)을 지시하도록 권고하고 있다(ICRP 2003a 참조).

상해 위험을 줄이기 위해 때로는 특정 의사의 업무를 제한할 필요가 있을 수도 있다.

- 환자 침상에 인접한 위치에 따라 의료진이 높거나 낮은 선량률에 노출된다. 의료진은 중재방사선 X선장치에 인접한 위치에 따라 선량률이 어떻게 달라지는지 교육을 받아야 한다.
- ICRP 103(2007b, 제249항)에서 ICRP는 다음과 같이 설명한다.
“시각장애와 관련하여 눈의 방사선감수성에 대한 새로운 데이터가 예견된다. ICRP는 이들 데이터가 가용할 때 이를 살펴 눈의 수정체에 대한 등가 선량한도 관점에서 유의성을 고려할 것이다. 이 위험에 대한 불확실성 때문에 눈이 피폭하는 경우 방사선방호 최적화를 특히 강조하여야 한다.”¹¹⁾

1.4. ICRP 103과 ICRP 105의 권고

(27) 진단 및 중재 방사선 절차를 수행하는 의학전문인의 방사선방호 훈련의 기본 목적은 방사선량이 임상 과업에 상응하도록 환자와 의료진의 선량을 관리하는 데 의료전문인의 숙련도를 증진하는 것이다. ICRP 103(2007b, 제328항)과 ICRP 105(2007c, 제106, 107, 108 및 110항)은 의료인 훈련에 대해 다음과 같이 권고한다.

(28) ICRP 103의 권고는 다음과 같다.

“환자에 방사선을 조사하는 절차에 참여하는 의사와 보건 전문인은 반드시 물리학 및 생물학의 기초적인 원리를 포함해 방사선방호 원칙에 관한 교육을 받아야 한다. 환자 의료피폭에 대한 최종 책임은 의사에게 있으며, 따라서 의

11) <역주> 표현이 명쾌하지 않지만 그 의미는 백내장 문턱선량이 하향될 가능성이 높으므로 새로운 권고가 나올 때까지는 눈이 특별히 많이 피폭하는 상황에서는 눈의 적극적 방호에 노력하라는 것으로 이해할 수 있다. 전술한 바와 같이 2011년 ICRP 서울회의에서 수정체 등가선량한도를 연평균 20 mSv 수준으로 현저히 낮췄다. 방사선 피폭이 있다면 눈도 당연히 피폭하지만 일반적 경우에는 유효선량한도에 의해 수정체도 무리 없이 방호된다. 특별히 유의해야 할 상황은 유효선량한도로 수정체가 적절히 방호되지 않는 국부피폭이나 약투과성 방사선에 의한 표층선량 Hp(0.07)이 심부선량 Hp(10)보다 현저히 높은 경우이다. 이러한 전형적인 상황은 노출된 베타 방사선원 또는 유방촬영 X선(30 keV 수준)과 같은 연질 X선에 얼굴 부위가 근접하여 피폭하는 경우이다. 중재방사선 의료진은 대체로 환자에 밀착하여 형광투시로 관찰하면서 시술하는데 평균에너지 60 keV 정도 입사 X선이 환자 몸에서 후방사선에 가깝게 산란하여(즉, 에너지가 수십 keV로 낮아져) 의료진 얼굴부위를 향하므로 위 상황 예의 후자에 해당한다. 실제 역학조사 결과, 방호가 불충분하고 업무량이 많은 개발도상국 중재방사선 의사의 40% 정도에서 백내장 증상이 관찰되었다.

사는 관련 절차의 위험과 편익 모두를 알아야 한다”(ICRP 2007b, 제328항).

(29) ICRP 105의 권고는 다음과 같다.

“진단, 중재방사선, 핵의학 및 치료방사선에서 방사선을 이용하는 의학 또는 치의학 절차를 지시, 수행하거나 보조하는 의사, 치의사 및 기타 보건 전문가들에 대해서는 방사선방호 교육훈련 요건이 있어야 한다. 방사선피폭의 최종 책임은 의사에게 있으므로 이들은 해당 절차의 위험과 이득에 대해 유의해야 한다”.(ICRP 2007c, 제106항)

“의료에서 방사선 사용에 관계하는 의사는 다음의 세 범주로 구분된다.

- 전리방사선 의료 전문분야에서 훈련받은 의사(예: 방사선의학자, 핵의학자, 방사선종양학자)
- 의료행위에 전리방사선 수단을 사용하는 다른 의사(예: 심장학자, 혈관외과 의사, 비뇨기과 의사)
- 전리방사선을 사용하는 의료절차를 처방하는 의사.”(ICRP 2007c, 제107항)

이 범주는 이 보고서 제2장에서 확장되며 각 범주의 훈련량에 대한 보다 상세한 권고는 제3장에 주어진다.

“의사 범주별로 그 역할에 적합한 교육훈련은 의과대학, 전공의 및 집중 전문과정에서 제공되어야 한다. 훈련을 평가하고 훈련과정을 성공적으로 수료했음에 대한 인증이 있어야 한다. 나아가 전리방사선을 이용하는 절차 수행에 참여하거나 전리방사선으로 진료를 받는 환자를 돌보는 다른 임상 인력에 대해서도 적합한 방사선방호 훈련이 있어야 한다.”(ICRP 2007c, 제 108항)

“장차 방사선 의료행위를 요구하거나 참여할 미래의 전문인력이나 기술인력에게 적합한 방사선방호 교육훈련을 제공하는 것도 또 하나 중요한 수요이다. 훈련 프로그램은 모든 신입 직원에 대한 초기훈련, 정기적 재교육 및 보수교육, 그리고 훈련증명을 포함한다.”(ICRP 2007c, 제110항)

(30) 이 보고서는 진단 및 중재 방사선 절차와 핵의학 치료 분야에 대한 방사선방호 훈련에 한정한다.

1.5. 영상해석 훈련

(31) 의료피폭이 정당화되는가를 결정하는 중요 요소는 얻은 영상이 임상과제가 요구하는 정보를 제공하는가 하는 것이다. 따라서 영상을 제공받는 의사는 필요한 정도까지 상세히 영상을 해석할 수 있도록 훈련을 받아야 한다. 종종 영상 해석은 집중훈련을 받은 방사선과 의사가 수행한다. 그러나 다른 의료진이 영상을

해석하는 경우도 많기 때문에 이런 사람들이 의학 학위과정이나 전문훈련 과정에서 수행할 수준의 해석을 위한 충분한 훈련을 받아야 한다. 영상해석에 대한 훈련은 이 보고서의 주제가 아니지만 영상해석이 임상 피폭의 정당화 과정에서 중요한 측면이기 때문에 언급하였다.

1.6. 참고문헌

ICRP, 2000a. Pregnancy and medical radiation. ICRP Publication 84. Ann. ICRP 30 (1).

ICRP, 2000b. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. Ann. ICRP 30 (2).

ICRP, 2000c. Managing patient dose in computed tomography. ICRP Publication 87. Ann. ICRP 30 (4).

ICRP, 2003a. Managing patient dose in digital radiology. ICRP Publication 93. Ann. ICRP 34 (1).

ICRP, 2003b. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). ICRP Publication 90. Ann. ICRP 33 (1/2).

ICRP, 2007a. Managing patient dose in multi-detector computed tomography. ICRP Publication 102. Ann. ICRP 37 (1).

ICRP, 2007b. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).

ICRP, 2007c. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37 (6).

UNSCEAR, 2000. Sources and Effects of Ionising Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations, New York.

제2장 훈련이 필요한 보건전문인

(32) 많은 나라에서 방사선 위험에 대한 의사들의 한정된 관심은 방사선절차 과처방으로 이끌고 있다. 의사는 방사선 위험의 본성을 이해하여 의료절차를 요청할 때 고려할 필요가 있다. 임신 환자를 다룰 때에는 유효한 임상이득, 위험 최소화, 불필요한 중절의 방지 사이의 균형을 바르게 해야 한다. 중재방사선 절차는 결정론적 영향의 위험도 수반한다. 적절한 분량의 교육훈련에 관한 정보를 제공하기 위해 보건전문인을 15개 범주로 구분하였다. 여덟 분류는 상이한 그룹의 의사와 치의사, 나머지 일곱 분류는 기타 방사선 사용에 관계하는 보건전문인이다. 방사선을 사용하는 의료절차를 의뢰하는 의사와 그 후보인 의과대학생을 포함하는 다른 범주에 대한 훈련에 관해 논의한다.

2.1. 방사선방호 훈련 실패의 영향

(33) 지난 수십 년간 방사선을 사용하는 의료절차의 급신장으로 몇몇 주요 국가에서는 의료피폭으로부터 선량이 집단 방사선피폭의 많은 부분을 차지하게 되었다(UNSCER 2000). 집단 일반에게 불필요한 위험을 유발하지 않도록 의료나 보건 전문인이 그 해독을 이해하는 것이 중요하다. 모든 피폭은 그것이 환자관리에 미치는 영향 관점에서 정당화 되어야 한다는 것이 기본법칙이다. 방사선을 쓰지 않는 다른 시험 또는 선량이 낮은 다른 시험을 수행할 수 있음에도, 지식이 없으면 더 많은 방사선 영상화 검사를 하게 만들 수 있다.

(34) 방사선방호에 대한 의료전문인의 관심이나 이해가 부족한 영향은 과처방 외에도 많다. 많은 의사들이 의료 검사촬영을 거친 임신여성에게 임신중절을 권고해 왔다. 이러한 사례는 방사선피폭으로 인한 위험의 이해부족에서 온 것이다. 지식 부족은 역으로 태아피폭의 위험에 대한 과장된 두려움으로 인해 임신여성이 필요한 의료보호를 받지 못하게 만들기도 한다.

(35) 방사선절차가 방사선방호 관점에서 최적화되어 개인 환자선량이 필요 이상으로 높지 않도록 하기 위해 노출에 직접 관계하는 의료인은 방사선방호 훈련을 받을 필요가 있다. 예를 들어 디지털 진단방사선은 환자선량을 감축할 여지가 있지만 선량을 상당히 증가시킬 수도 있으므로 의료전문인은 이 기술을 효과적으

로 사용하는 훈련을 받을 필요가 있다. 경험을 보면 많은 방사선과가 디지털 기기로 전환했지만 환자선량은 감소하지 않았고, 때로는 분명히 증가하기도 했다. ICRP 93(2003)은 디지털 진단방사선에서 바른 방사선량 관리를 겨냥 보고서인데 그 보고서 제2장에는 방사선과 의사와 방사선사의 훈련 수요를 다루고 있고 부록C에서는 교육훈련의 개요를 담고 있다.

(36) 임상업무 일부로서 방사선을 사용하는 여러 의료전문인은 방사선방호에 어느 정도 지식을 필요로 한다. 교육훈련 수준은 용도, 업무량 및 수반 위험(방사선량) 수준에 따라 다르다. 형광투시유도 절차를 사용하는 의사들이 그 절차에 대해 훈련받고 자격을 취득할 필요성은 불필요한 피폭을 피하기 위해 매우 중요하다. 방사선피폭에 강하게 혹은 한정되게 관계하고 역시 훈련을 필요로 하는 여러 보건전문인 그룹이 있다.

2.2. 교육훈련이 필요한 의료보건 전문인의 범주

(37) 여러 부류 의료보건 전문인에게 필요한 방사선방호 훈련의 사양을 구성하기 위해 관계하는 사람들 대강을 다음과 같은 범주로 나눈다.

- 범주 1 - 진단방사선 의사: 주무가 방사선과에서 방사선을 사용하는 직업에 종사하는 의사.¹²⁾ 중재방사선 절차를 수행하는 의사도 이 범주에 포함한다.
- 범주 2 - 핵의학 의사: 주무가 PET이나 PET/CT를 포함하여 진단이나 치료에 핵의약품을 사용하는 직무에 종사하는 의사.
- 범주 3 - 다른 전문분야에서 온 심장학자나 중재방사선의사: 주무는 아니지만 심장학자나 중재방사선의사처럼 상당히 높은 준위 방사선을 다루는 직무에 종사하는 의사. 관련된 전문분야는 국제적으로 다양하지만 혈관외과나 신경외과 전문인을 포함할 것이다.
- 범주 4 - X선을 사용하는 기타 의료전문인: 비뇨기과, 소화기내과, 정형외과, 신경외과 등 X선 형광투시를 사용하는 직군의 의사.
- 범주 5 - 핵의약품을 사용하는 기타 의료전문인: 좁은 범위 핵의약 시험을 처방하고 사용하는 직군의 의사.

12) <역주> 구체적 명칭은 국가나 지역에 따라 서로 다를 수 있다. 우리나라의 경우 과거에는 'radiologist'를 '진단방사선 전문의'라고 불렀지만 이제는 '영상의학 전문의'라고 부를 것이다. 이 보고서에서는 방사선방호가 주제임을 감안해 의도적으로 '진단방사선'이란 표현을 사용했고 또, 이 보고서 문맥에서 전문의 자격을 획득하지 않은 전공의도 포함되는 것으로 보아 '진단방사선 의사'라는 표현을 썼다..

- 범주 6 - 방사선 절차를 지원하는 기타 의사: 다른 의사가 진행하는 형광투시 절차에 참여하는 마취과 의사나 방사선작업종사자 기록을 검토하는 산업보건 의사.
- 범주 7 - 치 의사: 일상적으로 치과 X선을 촬영하고 해석하는 치과 의사.
- 범주 8 - 의뢰 의사: 방사선 관련 검사나 절차를 요청하는 의사나 장차 의뢰하게 될 의과대학생.
- 범주 9 - 의학물리사: 방사선방호¹³⁾, 핵의학 또는 진단방사선을 전문으로 하는 의학물리사.¹⁴⁾
- 범주 10 - 방사선사, 핵의학기사 및 X선기사: 주무가 X선장치를 사용, 시험하거나(여러 병원의 X선장치를 시험하는 기사 포함) 방사성핵종 영상화기기를 운영하는 직무에 종사하는 사람.
- 범주 11 - 관리기사 및 임상적용 전문가: X선장치나 촬영기기 유지책임을 지거나 그러한 시스템의 임상적용에 대해 권고하는 사람.
- 범주 12 - 기타 보건전문인: 족병치료술사, 물리치료사, 언어치료사 등 다른 전문인으로서 진단방사선 기술을 활용할 수도 있는 사람.
- 범주 13 - 간호사: 진단이나 중재방사선 X선 형광투시, 핵의약품 투여 또는 핵의학 환자 간호를 수행하는 간호직원 또는 보건전문인.
- 범주 14 - 치위생 전문인: 치위생사, 치과 간호원, 치위생보조원 등 치과 방사선사진을 촬영하고 처리하는 사람.
- 범주 15 - 척추교정지압술사: 척추교정지압술사나 기타 보건전문인으로 방사선촬영을 실시 또는 의뢰하는 사람.
- 범주 16 - 방사약사¹⁵⁾ 및 방사성핵종 실험실 직원: 방사약사 및 방사면역분석처럼 진단 목적으로 방사성핵종을 사용하는 사람.
- 범주 17 - 규제자: 방사선방호 법규를 시행할 책임이 있는 사람.

13) <역주> ‘방사선방호를 전문으로 하는 의학물리사’라는 표현은 사실 부적절하다. 의학물리는 질병의 진료를 다루는 부문이며 방사선방호는 사람이나 환경을 보호하는 부문이므로 서로 목적이 다르다. 국가에 따라서는 의학물리사 자격자에게 방사선관리자 업무를 수행할 자격을 인정하는 경우가 있으나 이 경우 그는 의학물리사가 아니라 방사선관리자이다. 다만, 그 자격증만 같음하는 것이다.

14) <역주> 고선량을 다루는 치료방사선 분야 의학물리사는 따로 높은 수준 방사선방호 교육을 받는 것으로 보아 여기서는 기타 분야에 종사하는 의학물리사만 포함하고 있다.

15) <역주> 방사성의약품 제조를 관리하는 약사로서 ‘radiopharmacist’를 말한다. 우리나라에서는 아직 ‘방사약사’제도가 따로 없이 일반 약사가 그 업무를 담당하고 있으므로 이러한 약사를 이 보고서에서 말하는 방사약사로 간주할 수 있다.

2.3. 보건전문인을 위한 훈련

2.3.1. 방사선을 직접 사용하는 의료전문인

(38) 나라에 따라 진단방사선이나 핵의학 전문의는 레지던트 기간에 공식 집중 훈련을 받는데 전형적으로 30-50 시간의 방사선방호 훈련을 받는다. 이들 전문인 그룹은 여러 다른 시나리오에 대해 해악과 방사선방호에 대한 높은 수준 이해를 필요로 한다. 모든 나라에서 비슷한 수준의 훈련을 요구하고 있다.

(39) 중재방사선 절차는 높은 방사선량을 초래할 수 있어서 피부에 결정론적 위험을 회피하려면 방사선 위험에 대한 특별한 고려가 필요하다. ICRP 85(2000)에서 ICRP는 중재방사선 및 심장학 의사에게 2 단계 수준 방사선방호 훈련을 제의했다.

“중재방사선 절차는 복잡하고 부담스럽다. 이 절차는 병원마다 기술들이 약간 다르고 시술자에 크게 의존한다. 이러한 여건에서 중재방사선 절차를 시술하는 의사는 임상기술과 방사선방호 지식 모두에 대해 적절하게 훈련을 받아야 한다. 진단방사선 분야에서 받는 훈련에 추가하여 더 높은 둘째 수준 방사선방호 훈련이 바람직하다. 병원에 새로운 X선 시스템이나 새로운 기술이 도입된 때는 특정 추가 훈련을 계획해야 한다. 중재방사선 시설에 대한 품질보증 프로그램은 방사선방호 훈련과 선량 관리기술을 포함해야 한다”(ICRP 2000).

(40) 중재방사선 심장학자나 심장 CT를 지시하는 의사에게 주어지는 방사선방호 훈련은 대부분 국가에서 한정되어 있다. 이 그룹 의사에게 더 많은 방사선방호 훈련을 위한 대책이 우선해야 한다고 ICRP는 생각한다.

(41) 형광투시유도 침습성 기술을 시행하기에 앞서 혈관외과, 비뇨기과, 소화기 내과나 정형외과 의사와 같은 기타 의료전문인이 받는 훈련은 상당히 부족하다. 이들에 대한 방사선방호 훈련에 필요한 시간은 방사선물리학이나 방사선생물학에 대한 기존 지식수준에 따라 달라지지만 전형적으로는 15시간(정규 코스와 현장실습을 포함) 이상이어야 한다. 좁은 범위 핵의학 시험에 관계하는 의사에 대해서는 그 전문성과 관련하여 시간은 비슷하나 요점이 다른 방사선방호 훈련을 권고한다.

(42) 직접 X선장치를 다루거나 방사성핵종을 투여하지는 않지만 마취과 의사와

같이 전문 기술자와 긴밀한 관계인 다른 전문 의료인은 방사선방호 기초(예를 들면 산란방사선, 기기 사용이 피폭에 미치는 영향, 방사선 단위, 방사선생물학, 그리고 임신이나 수유 -비밀봉 방사성물질을 사용한다면- 기간의 위험 등)에 대해 어느 정도 훈련을 필요로 한다. 이들 의사에 대해서는 세미나와 실전적 시범 조합이 방사선방호 훈련에 가장 좋은 구성이 될 것이다. 비디오나 기타 기술적 보조수단을 포함하는 e-학습 프로그램이 학습효과를 높일 수 있다.

(43) 방사선작업종사자의 선량과 건강 기록을 검토하는 산업보건 의사도 방사선방호 교육을 받아야 한다. 만약 종사자가 특정 증상을 보이거나 임신 중이라면 높은 선량 피폭 후 방사선작업을 계속할 것인지 아닌지를 산업보건 의사가 판단해야 할 것이다.

2.3.2. 진단촬영을 처방하는 의료보건 전문인과 의과대학생

(44) 거의 대부분 의료 전문인은 방사선을 사용하는 진단 검사나 절차를 의뢰하게 될 것이다. 현재 의뢰자와 장래 의뢰자 모두 소아환자에 특히 유의하는 비슷한 수준의 방사선방호 교육이 필요하다.

(45) 이 그룹 전문인이 알아야 할 정보는 방사선의 생물학적 영향, 방사선 양과 단위, 방사선량과 확률론적 영향 확률의 증가 관계에 대한 기초이다. 임신 중 특별한 위험도 포함되어야 한다. 유럽위원회(EC 2000)는 이 주제에 대한 지침을 발행했다.

(46) 의뢰 의사는 자신이 의뢰할 것으로 보이는 범위의 검사에 적절한 의뢰기준에 익숙할 필요가 있다. 영상의학학회가 발행한 것과 같은 영상화 의뢰지침을 참조할 것을 권고한다. 이러한 의뢰지침은 집단 경험이 쌓임에 따라 갱신되므로 주기적으로 기준을 재검토하는 것이 중요한데, 특히 신기술과 관련해서는 더욱 그러하다.

(47) 장래 의뢰자를 위한 방사선방호 교육은 별도 단기과정으로 둘 수도 있고 의학사 과정에서 방사선 진단기술 기초교육에 통합할 수도 있다.

(48) 응급실 전문간호사(NP)나 족병학자와 같은 기타 보건전문인도 특정 조건에서 방사선절차를 요청할 수 있으므로 방사선 해약에 대해 어느 정도 교육이 필요하다. 그러나 의료행위의 범위가 제한적이므로 교육도 한정적일 수 있다. 일부

국가에서는 전문간호사나 기타 보건전문인이 독립적으로 의료행위를 하고 제한된 범위에서 방사선요료를 의뢰할 수 있는데 이때는 범주 8 전문인과 같은 수준의 훈련과 인증이 필요할 것이다.

2.3.3. 기타 보건전문인

(49) 보건전문인을 위한 방사선방호 훈련은 그들의 특정 직무나 역할과 관련될 것이다. 방사선방호에 종사하는 의학물리사와 기타 방사선 전문가는 대개 병원에서 방사선방호 훈련자로서 추가 책무가 있으므로 최고 수준 방사선방호 훈련을 받아야 한다.

(50) 방사선사, 핵의학기사 및 X선기사는 방사선방호가 업무의 중요 측면이고 다른 사람의 훈련에 참여해야 할 것이기 때문에 모두 상당한 수준 방사선방호 훈련을 받아야 한다.

(51) 영상화 시스템을 담당하는 관리기사와 임상적용 전문가는 자신의 역할뿐만 아니라 환자 보호와 관련해서도 방사선방호 훈련을 필요로 한다. 자신이 설정하거나 조정하는 X선 시스템이 환자 방사선량에 어떻게 영향을 미치는지를 이들이 이해하는 것은 중요하다.

(52) 형광투시 절차를 돕는 간호사나 기타 보건전문인은 방사선 위험뿐만 아니라 자신이나 타인의 피폭을 최소화하기 위한 주의에 관한 지식을 필요로 한다. 방사선방호가 최적화되지 않은 심장도관실에서 일한 사람들에게서 수정체 혼탁 위험의 증거가 있다.

참고문헌

EC, 2000. Referral Criteria for Imaging. Radiation Protection 118. European Commission, Directorate General for the Environment, Luxembourg, 2000 <http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118_en.pdf>. (accessed March 1, 2011).

ICRP, 2000. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. Ann. ICRP 30 (2).

ICRP, 2003. Managing patient dose in digital radiology. ICRP Publication 93. Ann. ICRP 34 (1).

UNSCEAR, 2000. Sources and Effects of Ionising Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report

to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations, New York.

제3장 훈련에 포함될 주제의 우선순위

(53) 이 장에서는 방사선방호 교육의 목적과 훈련에 포함할 주제를 논의한다. 교육훈련을 받는 사람이 적극 참여하고 이들이 사용하는 기술과 관련된 방사선 해악과 위험을 유념하게 만들 필요성을 강조한다. 방사선 사용에 실질적으로 접근하면서 효과적 훈련을 달성하는 것은 쉽지 않은 일이다. 모든 의사를 위한, 이용, 방사선 해악 및 위험에 관한 과정에 권장하는 내역을 제시한다. 의학사나 다른 보건학위 과정에서 이 자료들을 다루어야 한다. 의사나 보건전문인의 역할에 따라 달라지는 다른 주제에 대해서도 고려한다. 각 그룹에 대한 훈련 양과 다소간 중요한 주제에 관한 권고를 표3.1과 표3.2에 주었다.

3.1. 훈련목적

(54) 훈련 프로그램 성공의 관건은, 관계자가 방사선방호 최적화 원칙의 중요성에 대한 믿음을 가지고 일상 진료에서 이를 이행하게 하는 것이다. 이를 달성하기 위해서는 자료가 적합해야 하고 의사들이 자신의 상황에 연계할 수 있는 방식으로 제공되어야 한다.

(55) 훈련에 포함해야 할 우선 주제는 의료에 참여하는 전문인의 다양성에 따라 달라진다. 예를 들면 방사선사나 핵의학기사에게는 어떤 운전특성이 중요하나 의뢰사에게는 해당되지 않는다. 그러나 대부분 의료전문인은 방사선 해악과 위험과 같은 기초주제 관련 지식을 필요로 한다. 중재방사선 기술자는 환자나 다른 사람¹⁶⁾의 선량을 문턱선량보다 충분히 낮게 유지하는 방식으로 관리하여 결정론적 영향을 방지해야 한다.

16) <역주> 비록 환자가 아닌 다른 사람을 포함하여 표현하고 있으나 결정론적 영향 방지의 주된 대상은 환자이다. 환자선량이 지나치게 높아지는 경우는 기술이 예상치 않게 연장되거나 반복되는 경우, 그리고 X선관과 입사면 환자피부까지 거리(SSD)가 짧아 영상화면에 적합한 강도 조건에서 입사면 피부 선량률이 크게 높아지는 경우 등이 있다. 의료진이 결정론적 영향을 고려할 수준으로 피폭하는 경우로서는 문턱선량이 낮은 수정체 피폭과, 부주의로 방호가 불충분한 기술자의 손이 X빔 내에 자주 노출되는 일 등이 있다.

표3.1. 여러 범주 의사나 치과의사에 대해 권고하는 방사선방호 훈련 요건

강의 분야	범주							
	1 DR	2 NM	3CDI MDI	4 MDX	5 MDN	6 MDA	7 DT	8 MD
원자구조, X선 발생, 방사선의 상호작용	중	고	저	저	저	저	저	-
핵구조와 방사능	중	고	저	-	중	-	-	-
방사선 양과 단위	중	고	중	중	중	저	저	저
X선장치의 물리적 특성	중	저	중	중	저	저	중	-
방사선검출 원리	중	고	저	저	중	-	저	-
정당화 원칙과 과정	고	고	고	고	고	고	고	중
기초 방사선생물학 및 생물학적 영향	고	고	중	중	중	저	저	저
암과 유전질환 위험	고	고	중	중	중	저	중	중
결정론적 영향 위험	고	고	고	중	저	저	중	저
최적화를 포함한 방사선방호 일반원리	고	고	고	중	중	중	중	저
실무 방사선방호	고	고	고	중	고	중	중	저
특정환자 방사선방호 측면	고	고	고	고	고	중	고	저
특정직원 방사선방호 측면	고	고	고	고	고	중	고	저
진단절차로부터 전형적 선량	고	고	중	중	중	중	중	중
태내피폭 위험	고	고	저	중	중	저	저	저
품질관리 및 품질보증	중	고	중	저	저	-	저	-
법규 및 국제표준	중	중	중	중	중	저	중	저
희망 훈련시간(h)	30-50	30-50	20-30	15-20	15-20	8-12	10-15	5-10

DR: 진단방사선 기사, NM: 핵의학기사, CDI: 중재 심장학자, MDI: 기타 중재방사선 기술자, MDX: 기타 X선 사용 전문인, MDM: 기타 핵의약품 사용 의료전문인, MDA: 마취과나 산업의학 의사처럼 형광투시 절차를 지원하는 기타 의사, DT: 치의사, MD: 방사선절차를 의뢰하는 의사 및 의과대학생. 저: 일반적 주의와 원칙을 이해하는 낮은 지식수준; 중: 주제에 대한 기본과 수행 절차에 영향을 충분히 유효히 이해하는 중간 수준; 고: 다른 사람을 교육하기에 충분한 구체적 지식과 이해가 높은 수준.

표3.2. 의사나 치의사가 아닌 보건전문인 범주에 대해 권고하는 방사선방호 훈련 요건

강의 분야	범주								
	9 MP	10RDNM	11 ME	12 HCP	13 NU	14 DCP	15 CH	16 RL	17 REG
원자구조, X선 발생, 방사선의 상호작용	고	중	중	저	저	중	저	중	저
핵구조와 방사능	고	중	중	-	-	-	-	중	저
방사선 양과 단위	고	중	중	저	저	저	중	중	중
X선장치의 물리적 특성	고	고	고	중	-	저	중	저	저
방사선검출 원리	고	고	고	저	저	저	저	중	저
정당화 원칙과 과정	고	고	-	저	저	저	고	-	중
기초 방사선생물학 및 생물학적 영향	고	중	저	중	저	저	중	중	저
암과 유전질환 위험	고	고	저	중	저	중	중	중	중
결정론적 영향 위험	고	고	-	저	저	저	중	저	중
최적화를 포함한 방사선방호 일반원리	고	고	중	중	중	중	중	중	중
실무 방사선방호	고	고	중	중	중	중	중	고	중
특정환자 방사선방호 측면	고	고	중	고	중	중	고	-	중
특정직원 방사선방호 측면	고	고	중	고	중	중	고	고	중
진단절차로부터 전형적 선량	고	고	저	저	-	저	중	-	저
태내피폭 위험	고	고	저	중	저	저	중	중	저
품질관리 및 품질보증	고	고	고	저	-	중	중	저	중
법규 및 국제표준	고	중	고	중	저	저	중	중	고
희망 훈련시간(h)	150-200	100-140	30-40	30-40	8-12	10-15	10-30	20-40	15-20

MP: 방사선방호, 핵의학 또는 진단방사선 분야 의학물리사; RDNM: 방사선사, 핵의학기사, X선기사; HCP: X선절차에 직접 참여하는 보건전문인; NU: X선 또는 핵의학 절차 참여 간호사; DCP: 치위생사, 치과 간호사, 치과관리 보조원을 포함하는 치아보건 전문인; ME: 정비기사 및 응용 전문가; CH: 투과촬영 절차를 의뢰하거나 정당화하여 수행하는 척추교정 지압전문가 및 보건전문인(훈련량은 수행업무 범위에 따라 가변적); RL: 방사약사 및 방사성핵종 실험실 직원; REG: 규제자. 저: 일반적 주의와 원칙을 이해하는 낮은 지식수준; 중: 주제에 대한 기본과 수행 절차에 영향을 충분히 유효히 이해하는 중간 수준; 고: 다른 사람을 교육하기에 충분한 구체적 지식과 이해가 높은 수준.

(56) 결정론적 영향은 세포사멸이라는 단순 과정이므로 방사선방호 원칙에 대한 기본적 이해가 있는 사람들은 쉽게 이해할 수 있다. 중재방사선 의사나 심장학자를 위한 교육 프로그램은 결정론적 영향의 선량-반응 관계와 이에 영향을 미치는 부차적 인자들, 그리고 조직별 문턱선량의 크기에 관한 데이터를 제공해야 한다.

(57) 반대로 확률론적 영향 유발과 관련한 기전과 선량의 함수로서 그러한 영향 발생확률은 보건의료 전문인 모두에게 명료하지 않을 수도 있다. 높은 선량에서는 악성질환 발생이나 사망의 증가는 통상 기정사실로 알려져 있지만(예: 원폭피해생존자 및 기타 많은 집단), 낮은 선량(<0.1 Sv)에서 상황은 다른 문제로서 가정하는 위험이 더 높은 선량으로부터 외삽되었고 가설에 근거하고 있다. 나아가 낮은 선량영역에서 위험의 크기(발생확률)는 작고 시간적으로 지연되며 피폭과 직접 결부시킬 수도 없다.

(58) 일상 임상의료에서 사망이나 심각한 건강 부전의 위험은 진단 방사선이나 중재방사선 절차로부터 기인하는 확률론적 현상과 관련지을 수 있는 위험보다 두세 자리 이상 높다. 더욱이 발현이 매우 지연되므로, 발생할 경우 심대한 고통과 수명손실을 초래한다는 사실에도 불구하고 많은 의사나 그 보조 인력에게 확률론적 현상의 위험은 두세 번째 고려에 지나지 않음은 놀랄 일이 아니다. 또한 방사선 진단절차를 빈번하게 거치는 환자 중에는 의료방사선에 의한 암유발의 평균적 위험보다 훨씬 높은 결과를 보이는 환자도 있음을 종종 망각하고 있다. 교육훈련은 주제에 대해 당시 인정되는 현재 지식과 권고를 명확하고 설득력 있게 전달함을 목표로 해야 한다. 방호체계를 위해 ICRP가 권고하는 접근은, 확률론적 영향에 대해서는 문턱을 가정하지 않고 그 위험이 장기나 조직 선량에 비례하는 것으로 보는 것이다.

(59) 방사선피폭에 대한 반응으로서 다른 쪽 극단은 실제 영향과 그 빈도에 대한 무지와 관련되며, 종종 위험에 대한 합리적 접근을 왜곡한다. 가장 전형적 예가 기형유발과 관련한 태내피폭 위험의 과장이다. 사람들은 보통 이 영향이 본질적으로 결정론적이어서 진단절차처럼 선량이 낮을 때는 일어나지 않을 것이라는 점을 인식하지 못한다. 이와 관련된 모든 주제들을 ICRP 84(2000)에서 철저히 다룬 바 있다.

(60) 방사선생물학의 기본원리와 방사선피폭의 영향에 대한 명쾌한 강의는 방사선방호 최적화가 논리적으로나 윤리적으로 옳음을 피교육자가 믿게 할 것이다.

또한 방사선방호 실용 원칙들이 적절히 적용된다면 전리방사선을 이용하는 진단 또는 중재 방사선 의료절차들이 그로 인한 방사선학적 위험의 잠재적 위해보다 훨씬 큰 보건 이득을 줄 것임에 대해 설득력 있는 증거를 제공할 것이다.

3.2. 개업이나 의과대학생을 위한 과정 주제

(61) 의학교육에서 어려움은 일상 진료에서 의사가 알아야 할 정보를 구별하는 것이다. 그러나 많은 학생들이 업무에 X선장치를 사용하고 방사선영상 검사를 의뢰하고 방사선 안전에 대한 환자 질문에 답해야 할 의사가 될 것임에도 의학사 과정에 방사선방호 과목은 제한적이다. 의학사 과정의 의료촬영 응용에 관한 과목과 X선 영상 판독 훈련과 방사선방호 교육을 연계할 수 있을 것이다.

(62) 의학도를 위한 방사선방호 교육 프로그램에 포함되어야 할 주제에 대한 유용한 소개 자료는 ICRP 보조지침 2 ‘방사선과 당신의 환자: 의료인을 위한 지침’(ICRP 2001)이다.

(63) 이 프로그램의 핵심 내용은 다음을 포함해야 한다(기타 국가별 요건도 추가된다).

- 전리방사선(X선, 베타입자, 전자선) 특성
- 방사선의 양을 정량화하는 법, 방사선 양과 단위
- 생체물질과 방사선 상호작용 기전
- 방사선영향의 분류: 결정론적 영향과 확률론적 영향
- 암과 유전적 영향의 위험도
- 진단방사선, CT, 중재방사선, 핵의학, PET/CT, 치료방사선에 방사선 이용
- 의료피폭, 직무피폭 및 일반인피폭에 대한 권고와 법적 요건
- 진단방사선과 중재방사선에서 환자와 의료진 보호의 원칙과 방법
- 방사선절차의 정당화, 방사선방호 최적화 및 선량제한 원칙
- 의료 진단절차의 전형적 선량
- 정당화절차에서 위험 이용
- 최적화 원칙의 중요성과 환자피폭 관리에서 진단참조준위 활용
- 의료에서 유효선량의 적절한 역할
- 결정론적 영향을 초래할 수 있는 선량(중재방사선 절차)
- 상이한 영상화절차가 제공하는 정보와 대체기술의 상대적 효용
- 여러 검사의 의뢰기준에 대한 지침을 얻는 법

- 환자관리에 효력이 있을 때만 진단방사선 검사를 수행하는 원칙
- 치료방사선, 핵의학, 진단방사선 및 중재방사선의 위험
- 진단방사선이나 중재방사선 절차에서 아동이나 임신여성에게 대해 특별한 고려가 필요한 때
- 핵의학(치료 포함), 진단방사선 및 중재방사선에 관련된 임신여성(환자나 의료진)이나 태아의 위험
- 방사선 치료환자, 진단 핵의학 또는 PET 검사를 받는 환자가 다른 사람에게 위해가 되는 때
- 의료절차 전후에 방사선위험에 대한 환자 상담을 위한 지식과 기법
- 빈번한 질문과 제안된 답변
- 국내 또는 국제 법규, 지침 또는 관습
- 법적 문제와 배상소송.

3.3. 의료진 범주별 훈련 권고

(64) 유자격 의료인과 기타 보건전문인의 다양한 범주에 대해 권고된 상이한 주제 그룹과 훈련수준을 각각 표3.1과 표3.2에 주었다. 이 표는 EC(2000) 지침과 같은 기존 지침을 바탕으로 작성되었다. 과정내용을 확장했고 방사선피폭의 여러 측면에 관계하는 직원의 범주를 더 상세히 구분하기 위해 그 목록도 늘였다.

(65) 전문인 사이 업무분담은 나라마다 다르게 나타났다. 따라서 훈련요건은 개인의 역할에 따라 달라질 수 있으므로 훈련은 수요 평가와 특정 훈련목표 확인을 거쳐 결정되어야 한다. 표3.1과 표3.2에 나타난 그룹들은 예시적인 것이다. 한 사람이 두 범주 이상에 속할 수도 있다. 예를 들면 중재방사선 심장학자는 핵의학 심장검사를 의뢰하고 평가하기도 하므로 범주 3과 5 둘 모두의 요건을 만족해야 한다. 물론 두 요건에 공통요소가 많으므로 이들에 대해서는 한 번만 이수하면 된다.

(66) 표에 제시된 분야와 수준은 핵심 지식에 해당하는 것으로 간주해야 한다. 일부 그룹에 대해서는 추가적 세부 훈련이 필요할 수 있다. 해당 기술에 대한 구체적인 방사선방호의 실제 적용은 ‘실용 방사선방호’에 포함된다. 훈련 프로그램은 윤리적 문제에 대한 측면은 물론 방사선절차에서 사고나 원하지 않은 선량이 환자에게 발생한 때 따를 절차도 포함해야 한다. 훈련 과정을 위한 구조와 재료를 개발하는 유용한 접근은 의뢰자, 운전자, 기술자의 서로 다른 역할에 대해 분리

된 모듈들을 만드는 것이다.

(67) 표에 지시된 시간 수는 훈련 요구량을 지시하는 것으로 생각해야 한다. 이 시간 수는 전공의 프로그램이나 특별훈련과 같은 다른 교육훈련 기간에 받는 성분을 포함할 수도 있다.

(68) 의학물리사는 다른 사람에게 방사선방호 최적화를 조언하고 강의해야 하므로 물리학과 품질보증 프로그램의 해당 측면은 물론 모든 훈련분야에서 최고수준으로 알아야 한다. 의학물리사 그룹은 전문성을 유지하여 방사선 해악과 위험, 기술과 기기의 발전, 법규 요건에 대해 최신 지식을 따라잡아야 하므로 여기서 고려하는 다른 범주보다 월등히 많은 훈련을 필요로 한다.

(69) 훈련 프로그램(이론 및 실습)의 기간은 국가별로 여러 보건전문인 그룹이 방사선물리, 방사선생물학 등 분야에 가진 기존 지식수준에 따라 달라질 수 있다. 훈련에 필요한 시간수를 정하는 좋은 방법은 특정 교육목표를 포함하는 지침을 사용하는 것이다. 과정의 구성은 목표를 달성하는 데 적합해야 하고 실질적 시간으로 정해져야 한다.

(70) 절차에 직접 관계하는 사람을 위해서 실제 훈련이나 실제 세션도 방사선방호 훈련 프로그램에 포함되어야 한다. 가장 단순한 훈련 프로그램에서도 적어도 1~2 시간 임상병원에서 실제 세션이 권고되며, 보다 더 집중과정에서는 총 시간의 20~40%를 실습에 투입하는 것이 무방하다.

(71) 의료방사선과 관련된 상이한 그룹에 대해 과정 내용의 예를 부록A에 주었다. 소아과 방사선, 유방 스크리닝 그리고 CT에 관계하는 진단방사선과 의사와 방사선사는 이들 검사를 위한 방사선방호 이슈와 관련한 약간 구체적인 훈련을 필요로 할 것이다. 소아과 방사선학 분야에 일하는 사람을 위한 구체적 훈련목표를 부록B에 주었다.

3.4. 참고문헌

EC, 2000. Guidelines for Education and Training in Radiation Protection for Medical Exposures. Radiation Protection 116. European Commission, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Luxembourg.

ICRP, 2000. Pregnancy and medical radiation. ICRP Publication 84. Ann. ICRP 30 (1).

ICRP, 2001. Radiation and your patient – a guide for medical practitioners. ICRP Supporting Guidance 2. Ann. ICRP 31 (4).

제4장 훈련기회와 방법 제안

(72) 이 장에서는 선정된 직원 범주에 대한 훈련에 관해 권고한다. 그 다음에는 과정의 초점에 대해 논의하고, 일반적으로 강의를 전달하고 훈련을 제공하는 사람에 대한 사항을 제안한다. 의학물리사와 기타 실무자가 방사선방호 훈련의 많은 부분을 담당하겠지만 방사선 절차를 수행하는 보건의료 전문가도 중요한 역할을 한다. 전달 방법과 훈련량에 관한 주제를 전개하고 개인의 전문성 지속개발의 일환으로 경력 기간에 계속 훈련 필요성을 논의한다.

4.1. 훈련 프로그램

(73) 의료피폭에 다소간 개입하는 의학 및 임상 직원의 다양한 범주에 대해 훈련 프로그램을 준비할 필요가 있다.

(74) 일반적으로 범주 1과 2(표3.1) 및 범주 9와 10(표3.2)의 전문인은 방사선방호에 대한 정규교육을 받고 각자 학위를 받기 전에 역량을 시험하는 정규 시험 체계를 거쳐야 한다. 어떤 사람이 어떤 전문업 자격을 갖추고 수행하기에 앞서, 교육에 추가하여 방사선방호 정규훈련과 함께 전문 자격을 통한 검증된 전문 역량을 필요로 한다. 범주 7 치과학위의 일부로 통상 방사선방호 교육 훈련을 포함하며, 치과 보건전문인(범주 14)의 훈련과정에도 방사선방호 교육훈련이 포함될 것이다.

(75) 세계 대부분 지역에서 범주 3, 4 및 5(표3.1)와 방사선 사용에 직접 관여하는 범주 12(표3.2)의 기타 보건전문인에 대한 교육훈련이 상당히 부족함에 ICRP가 주목하고 있는데, 이 문제는 시정되어야 한다. ICRP는 교육훈련 수준이 방사선 이용과 상응하기를 권고한다. 방사선절차에 관계하지만 환자선량에 직접 영향을 미치지 않는 의사, 간호사 및 기타 보건 전문인(범주 6과 13) 역시 약간의 방사선방호훈련을 받을 필요가 있다.

(76) 범주 8 전문인 즉, 방사선절차를 의뢰하는 의사의 방사선방호 훈련 필요성은 대체로 다뤄지지 않아 왔다. 과거의 방사선방호 훈련이 직원 안전에만 관계하고 환자 안전에 관한 이슈는 종종 무시되어 왔음은 불행한 일이다. 이 범주 사람은 환자 안전에 직접 영향을 미치며, 따라서 그들의 훈련이 중요하다. 방사선방

호에 관한 ICRP의 정당화, 최적화 및 선량한도 원칙 중에서 처방 의사는 의학적 검사의 정당화에 중요한 역할을 한다. 환자에게 특정 유형 피폭을 의뢰하는 기타 보건전문인도 그러한 피폭과 관련하여 범주 8 전문인과 유사한 양의 방사선방호 훈련을 필요로 한다.

(77) 의료피폭 건수가 유사할 것으로 간주되는 비슷한 보건수준 국가 간에도 그 건수는 큰 차이가 있다. 차이의 일부는 보다 발전된 절차를 사용하는 데서 오지만, 더 중요한 기여인자는 방사선절차의 처방과 정당화 관리수준과 보건 투자의 차이이다. 조사결과는 의료 의뢰자의 방사선방호에 대한 지식수준이 부실함을 내보인다. 또 검사를 처방하거나 수행하는 책임이 있는 의료인이 방사선의 양을 표현하는 양과 단위, 그리고 통상 절차에 수반되는 위험수준에 익숙한 경우가 거의 없는 것으로 나타났다. 따라서 ICRP는 의뢰자에게 방사선방호 지식의 전달과 그 적용에 대해 보다 강조가 필요하다고 권고한다. 방사선과 전공 이외 의료 전문인과 행위자에게 이 권고는 특히 적용된다. 모든 의학 전문인이 방사선절차를 의뢰할 것이므로 방사선방호에 관한 기초 교육은 의사(범주 8)의 의학학위과정 일부로 이루어지기를 ICRP는 권고한다. 또한 ICRP는 해당 의료 및 방사선방호 전문 학회가 보건 공급자와 협력하여 계속교육 개발에 공동 노력하기를 권고한다.

(78) 기존 의료 의뢰인에게 지식전달 문제는 더 겨누기 어렵다. 모든 의과대학생에게 제공된 방사선방호 기초정보와 각 절차에서 받는 방사선량에 관한 정보에 추가하여, 국제 방사선방호 기구와 전문기관은 적절한 자료를 널리 보급하고 학습기회를 제공함으로써 기존 의뢰자에게 전과를 조장하기를 촉구한다. 가능한 대안으로는 아마도 의뢰지침에 관한 소책자와 연계하여 방사선방호에 관한 유인물 배포, 특별히 의뢰자를 겨누는 간단한 e-학습 패키지의 권장, 그리고 학회에 의료 행위자 일반이나 기타 의료 전문인을 위한 방사선방호 강좌를 포함하는 것 등이 있다.

(79) 보수기사나 응용 전문가(범주 11)는 현재 어느 정도 방사선방호 훈련을 받고 있지만 주로 의료진 방호에 집중되어 있어, 환자 방사선방호에 대한 훈련까지 확장할 필요가 있다. 특히 디지털 촬영이나 신기술 장비와 관련해서는 더욱 그러하다. 기사 훈련에서는 영상품질과 선량 최적화에 대한 원칙과 절차를 강조해야 한다. 이를 성취하기 위해서는 어느 정도 국가적 조정이 요구될 수도 있다.

(80) 척추지압치료사(범주 15)가 방사선절차를 의뢰할 수 있게 하기 위해서는 훈련을 요구할 것이지만, 이들이 피폭을 정당화하고 자기 X선기기를 사용한다면

추가로 이론적, 실무적으로 집중훈련을 필요로 할 것이다. 결과적으로 이 그룹에 대한 소요 시간 범위는 넓으며 받을 훈련의 양도 업무에 따라 조정될 필요가 있다.

(81) 방사성실험실 종사자(범주 16)는 직원과 환자 모두가 아니라 직원만 방사선 피폭 위험에 접하기 때문에 다른 범주와 혼동하지 말아야 한다. 일부 핵종에 대해서는 다른 핵종에 비해 다루는 일의 방사선방호 요건이 덜할 것이므로 훈련요건도 특성을 살펴 판단해야 한다. 많은 경우 개인감시를 수행할 필요성이 없을 수도 있다. 그러나 실험실 직원에 대한 훈련은 그 수요에 맞추기를 ICRP는 권고한다. 이들은 종일 방사성핵종을 다루므로 훈련기간이 상당히 길 수 있지만, 취급하는 방사성물질로부터 방출되는 방사선 유형이 적합하지 않아 개인감시를 면제할 경우는 있다.¹⁷⁾

(82) 규제기관 직원(범주 17)은 높은 방사선방호 역량을 가진 선임 의학물리사 또는 이에 상당하는 사람이어야 하지만 일부 추가훈련을 필요로 할 수도 있다.

4.2. 훈련 실시

(83) 병원 환경에서 훈련의 목적은 지식과 숙련을 확보하는 것이며 이를 달성하기 위한 여러 접근법이 있다. 전통적 훈련 프로그램은 교과목 기반 구조를 이용한다. 의료가 아닌 주제와 의료 또는 임상 주제에 사용되는 훈련방법에는 기본적인 차이가 하나 있다. 특히 과거에 의료가 아닌 분야에서 훈련은 종종 지식전달이었던 한편으로, 임상 훈련에서는 일상 문제를 해결하기 위한 기법을 부여하는데 큰 비중을 두어왔다. 오늘날에는 의료가 아닌 분야에서도 대부분 실무 중심적 훈련이 이루어지고 있다. 보건 전문인을 위한 방사선방호 훈련 프로그램은 대상 수강자와 관계 깊은 유형의 훈련에 치중해야 한다. 강의는 필수 기본지식과 실제 상황에 대한 조언을 다루되 그 구술은 적절한 실무기술에 맞춰야 한다. 실무 훈련은 참석자가 실시할 환경과 유사한 여건에서 주어져야 하며, 임상절차 수행에 요구되는 지식과 기술을 제공해야 한다. 훈련은 피훈련자가 접할 것으로 보는 충분한 범위의 이슈를 포괄해야 한다.

17) <역주> 비록 원문은 이와 같이 표현하고 있으나 이 표현을 취급하는 방사성물질의 감시하기 어려운 특성 때문에 개인감시를 면제할 수 있는 것으로 오해하지는 않아야 한다. 개인감시 면제는 일상 피폭 준위가 충분히 낮고 높은 피폭을 받을 우려가 없는 경우에만 고려할 수 있다. 그렇지 않으면 취급하는 방사선 유형에 적합한 개인감시 수단을 모색해야 한다.

(84) 방사선방호 훈련은 방사선 전문가 팀이 제공하게 되는데 팀 구성원은 각자의 구체적 지식을 담당한다. 훈련 주임은 다루는 의료행위에서 방사선방호 전문가이어야 한다. 주임은 보통 의학물리사가 되지만 방사선사나 다른 사람도 중요한 역할을 할 수 있다. 주임은 임상절차에서 방사선 사용, 방사선 본질, 방사선 측정법, 방사선과 조직의 상호작용, 방사선이 초래할 수 있는 영향, 방사선방호의 원칙과 철학, 국가 또는 국제 지침에 관한 지식이 있어야 한다. 세계 대부분 국가에서 방사선방호는 법률로 규정되므로 국가 규정과 개인 또는 기관의 책임에 대한 인식은 필수적이다.

(85) 방사선방호 훈련자가 실무지식이 부족하여 이상적 상황에 대해 비현실적 입장에서 말하는 경우도 많이 있다. 모든 성공적 훈련에서 최우선 요점은 훈련자가 훈련이 연계된 업무의 현실에 대해 명확히 이해해야 한다. 훈련은 훈련생이 일상 업무에서 행할 일을 다뤄야 한다. 어떤 훈련자는 방사선 단위, 방사선과 물질의 상호작용, 나아가 원자 구조와 원자 방사선 등 기초 주제에 대해 필요 이상의 깊이까지 다루려는 욕심을 버리지 못한다. 그러한 기초 주제는 교육 프로그램에서 긴요하지만 당면한 목적에 적합한 수준까지만 다뤄야 한다. 성공적 훈련자는 수강생에게 정보의 효용을 따르며 순수하게 학술적 목적에서 과도하게 복잡한 정의를 포함하지 않는다. 규제요건에 대해서도 같다. 훈련자는 규제요건을 손상하지 않으면서 필요한 정보를 전달하기 위해 사용자가 쓰는 말로 말해야 한다. 방사선방호 훈련자가 새로운 임상 기법이나 기술과 나란히 설 수 있도록 지속적으로 지식을 업데이트 하는 것이 중요하다. 병원 일상 업무에서 방사선을 사용하고 환자에게 선량을 부과하는 방사선사나 기타 보건전문인은 종종일 수도 있는 환자들을 다루는 현실적 문제들에 대한 지식을 가져야 한다. 이들은 다루는 방사선기기, 다수 환자를 다루는 데 시간제약, 그리고 방사선 측정이나 방호를 위한 도구의 부족 등의 문제점을 알고 있어서 다른 그룹 인력을 훈련하는 데 가치 있게 기여할 수 있다. 범주 1부터 8까지 과정에는 실무를 수행하는 임상 의사의 강의를 포함할 것을 강력히 권고한다. 그러나 최신 이론이나 규제 지식을 갖지 못할 수도 있는 임상 의사를 지원하기 위해, 제기된 문제를 논의하고 조언할 수 있도록 방사선방호 훈련자가 도와주는 것이 유용할 것이다.

4.3. 훈련 분량

(86) 고려할 또 다른 문제는 ‘훈련 분량’이다. 대부분 사람들이나 기관은 시수를

설정함에 비교적 쉬운 길을 따른다. 이 보고서 표3.1과 표3.2에 교육훈련 시수에 대해 어느 정도 권고하고 있지만 이는 엄격한 적용보다는 단순한 지침으로 작용해야 한다. 이런 지침은 훈련을 이행하고 훈련활동을 감시한다는 관점에서 장점을 가진다. 훈련 분량에 대한 지나친 유연성은 관행 표준으로부터 이탈로 이어질 수 있으므로 지양해야 한다.

(87) 얼마나 많은 훈련이 필요한가 하는 문제는 훈련생의 사전지식 정도 및 평가 방법과 연계된다. 훈련의 교육목적 즉, 지식과 기술을 습득하는 것에 대해 유념하는 것이 필요하다. 많은 프로그램이 이러한 목적 달성을 평가하지 않고 훈련을 제공하는 데만 한정된다. 어떤 프로그램은 습득한 지식을 평가하기 위해 사전 및 사후 평가를 수행하고 있지만 실무기술 습득을 평가하는 프로그램은 거의 없다. 온라인 평가에 대한 현대 기법을 사용하면 바로 결과를 얻을 수 있다. 훈련 시수를 지정하는 것보다 지식과 기술을 평가하는 설문이나 시험체계 개발을 권장하는 것이 적합할 수 있다. 표준과 일치성 때문에 국가 수준에서 또는 전문단체에 의한 평가체도를 개발하는 것이 권장된다. 방사선방호 훈련 요건의 수준 때문에 기관이 그러한 온라인 평가체계를 개발하는 것이 바람직하다. 대개 대규모 시험을 실시하는 기관에는 그러한 온라인 방법이 현재 가용함을 ICRP는 알고 있다. 훈련생이 집에서 가정용 컴퓨터로 또는 인터넷이 가용한 어디에서나 사용할 수 있도록 자가평가 시험체계를 개발하는 것도 바람직하다. ICRP는 평가가 중요한 위치에 있기를 권고한다.

(88) 훈련 분량 결정에는 수행하는 방사선작업의 유형, 위험수준, 절차의 빈도, 환자나 의료진의 과피폭이 발생할 확률 등을 고려하여야 한다. 예를 들면 중재절차는 특정 환자에게 수 Gy 피부선량을 전달할 수 있으며 CT 검사로부터 환자선량도 상대적으로 높으므로 방사선방호 요구가 그만큼 높다. 동일 환자에게 CT와 같은 절차가 반복되는 횟수는 특별히 고려해야 한다. 대부분 영상화 절차에 사용되는 방사선 수준은 예시한 사례보다 낮지만, 이들 절차의 수행 횟수가 크게 높으므로 항상 주의해야 한다. 어느 의료기관(예: 새 서비스 도입)이나 의료 전문인(예: 직원 이동)의 변경에 따라 비교적 빠르게 일어나는 방사선 작업 수준의 변화도 고려해야 하는데, 이로 인해 임상의사의 경력 어느 시점에서 방사선방호 추가 훈련을 요구할 수도 있다.

(89) 중재 심장학 절차는 환자에게 높은 국부 방사선량으로 피부손상을 초래할 수도 있다. 따라서 중재방사선에서 심장학에 방사선 사용량이 증가함에 맞춰 방사선 영향, 방사선물리, 방사선방호 훈련의 표준도 중재방사선의 특성에 맞춰져

야 한다.

4.4. 의료 계속교육

(90) 방사선방호 훈련은 방사선학 기술에 유의한 변화가 있을 때, 또는 적어도 36개월 주기로 업데이트 되어야 한다. 이를 도모하게 위해 전문단체가 의학 학술대회에 해당 전문성에 관련한 방사선방호 강의를 발전시킬 것을 권장한다. 교과과정뿐만 아니라 계속교육에 컴퓨터 기반 도구를 사용하는 의과대학에서는 방사선생물학이나 의료에서 방사선피폭에 대한 계속교육에도 같은 접근법을 적용할 수 있다. 의료와 관련된 온라인 학습에 대한 연구에 따르면 그러한 환경을 위한 자료를 개발할 때 고려할 여러 인자들이 있는데, 사용자 요건, 개발 기관에 가용한 지원, 그리고 다양한 맥락에서 적용성이 이에 포함된다.

제5장 훈련 증명

(91) 이 장은 훈련을 실시하는 기관의 인증에 대한 권고를 제공하고 개인 증명에 대해 조언한다. 여기에는 교과 강의자의 최소 요건과 경험에 대한 정보도 포함된다. 훈련이 각자 임무 수준에 적합함을 보장하기 위해 교과에 대한 참여자 피드백의 중요함을 강조한다. 훈련에서 얻는 지식을 평가할 필요성을 논의하고 적용할 수 있는 시험 예를 제공한다. 적합한 훈련 프로그램이 정착하도록 대학과 전문 과학학회가 과정의 구성과 인증에 협력하기를 권고한다. 참여를 독려하는데에는 규제당국 역할도 있다. 국제기구는 방사선방호 과정에 사용하기 적합한 훈련자료를 제공할 수 있다. 방사선학 기기 공급자는 새로운 영상화 시스템의 효과적 사용과 관련하여 훈련을 제공하는 중요한 역할을 할 입장에 있다.

5.1. 용어

(92) 방사선 의료절차에 관계하는 의료 및 기타 보건전문인은 공식 인증된 훈련 과정에 참석할 필요가 있다. 이 사람들은 특히 병원 현장의 실질적 특성에 대해 부분적으로 훈련받을 수도 있다. 이수한 모든 훈련은 공식적으로 기록되어야 한다. 공식 과정은 훈련 이수자에게 증명을 발급할 필요가 있다.

(93) 이 보고서 맥락에서 ‘인증’과 ‘증명’은 다음과 같이 이해되어야 한다.

(94) ‘인증’이란 어떤 기관이 의료에서 진단 또는 중재 방사선절차 사용의 방사선방호 측면에 대해 의료 전문인 훈련을 제공하도록 인가기관으로부터 승인을 받음을 의미한다. 인증 받는 기관은 인가기관이 그러한 훈련을 위해 설정한 표준을 준수해야 한다.

(95) ‘증명’이란 의학 또는 임상 전문인이, 자신이 행하는 진단 또는 중재 방사선절차의 방사선방호 특성에 대해 인증 받은 기관이 제공하는 훈련을 성공적으로 완료하였음을 의미한다. 전문인은 인증 받은 기관이 요구하는 방식으로 주제에 관한 역량을 내보여야 한다.

(96) 인증 받은 기관이 따라야 하는 표준과 개인이 역량을 내보이는 방법은 의료 또는 임상 전문인 유형에 따라, 의료기기에 따라, 훈련 방법에 따라, 그리고

국가에 따라 다를 수 있다. 이 보고서는 그러한 인증을 위한 표준이나 증명을 위한 역량 입증 방법을 설명하려는 것은 아니며 요건에 대한 지침을 제공한다. 인증기관¹⁸⁾은 국가적으로 인정받는 조직이어야 하고 방사선과의사, 의학물리사, 방사선기사 및 의사 일반을 대표하는 전문단체와 같은 핵심 역할자의 대표성이 있어야 한다.

5.2. 방사선방호 훈련을 제공하는 기관의 인증기준

5.2.1. 최소요건

(97) 훈련 프로그램 인증을 위한 최소요건에는 관련된 모든 측면이 고려되어야 한다. 이러한 측면에는 충분한 행정지원, 최소 연한 동안 기록이나 증명 등의 저장 보장, 충분한 교보재 지원(강의실, 시청각 지원 등), 가르칠 주제에 자격 있고 병원 의학물리에 경험이 있는 강사, 실습을 위한 기기, 실전적 세션을 위한 임상 설비 가용성 등이 포함된다. 의료 관련 실험실이나 컴퓨터 기반 모의실습보다는 실전 세션이 제공되어야 한다.

5.2.2. 강사 경력

(98) 훈련과정 강사는 방사선방호에 역량이 있어야 하는데 이는 전문 자격증, 국가 등록 또는 이에 상당하는 전문성 인정체제로 가장 잘 입증된다. 강사는 의료 기관과 임상환경의 실무에서 방사선방호 경험이 있어야 한다. 종종 의학물리사가 이를 선도하겠지만 방사선과의사, 방사선사 혹은 전문적 기술 지식이 있는 다른 임상 의사도 참여할 수 있다. 이 활동에 참여하는 훈련자는 국가 요건을 만족하고 훈련에 임하는 의료 전문인이 수행할 절차의 방사선방호 특성에 충분한 지식을 입증해야 한다(예: 심장학자에 대한 방사선방호 훈련을 담당하기 위해서는 훈련자가 이전에 심장학연구실의 방사선방호 속성에 실제 경험을 내보여야 한다). 이러한 경험은 관찰 또는 방사선량 최적화를 위해 의료진과 함께 일하는 것으로 획득될 수도 있으나, 나라나 지역에 따라서는 의료기관에 ‘훈련자 훈련’을 위한 어떤 프로그램을 요구할 수도 있다. 방사선방호 과정에서 의료진이 제공하는 강의에 출석하고 과정 중 토론에 참여하는 것도 기술과 의료행위에 대한 훈련자의 지식 개발에 유용한 방법이 될 수 있다.¹⁹⁾

18) <역주> 인증기관은 인증하는 기관으로서 제94항에서 언급한 ‘인가기관’과 같을 수도 있고 인가기관이 인증업무를 위임한 제3기관일 수도 있다. 인가기관이 법률적 권한이 부여되는 관공서라면 인증기관은 적합한 법인일 수 있다. 이 항 하단에서 밝힌 유관 역할자의 대표성 필요성을 살핀다면 법인 형식이 일반적으로 보인다.

19) <역주> 이 항의 설명은 매우 경직되어 보인다. 훈련자 자격을 지나치게 엄격히 규정

5.2.3. 참여자 피드백

(99) 훈련을 제공하는 기관의 인증을 유지하기 위한 후속관리의 일부는 훈련 과정이나 훈련활동 종료시점에 참석자 반응조사 결과를 분석하는 것이다. 조사는 교과 내용, 방법론, 훈련자료, 실습, 훈련기간, 특정 주제의 훈련을 시키는 강사의 적합성을 포함해야 한다.

5.3. 성공적 훈련 이수율의 평가

(100) 방사선방호 훈련활동에는 그 훈련 프로그램에서 획득된 지식의 평가가 따라야 한다. 평가는 참석자를 위한 훈련의 인증을 가능하게 하며(어떤 나라에서는 규제나 보건 당국이 요구한다) 강의나 훈련 프로그램의 품질과 적합성을 검증하고 발전시킨다(훈련활동의 감사). 일부 훈련기관에는 이러한 감사가 일상 품질경영체계에 이미 포함되어 있다.

(101) 다양한 평가방법이 고려될 수 있다. 출석자의 지식을 평가하거나, 훈련 프로그램의 취약점을 발견하기 위한 핵심 속성을 계량하는 데는 단순한 선다형 문항 시험을 사용할 수 있다. 이 방법은 30-60분 정도만 필요로 하며 전통적 소프트웨어를 사용하여 결과를 쉽게 처리할 수 있는 이점이 있다. 기타 필기시험과 같은 고전적 평가법, 개인면접, 한 세트 질문에 답하는 자동화 전산 평가, 훈련과정 중 지속적 평가 등도 고려할 수 있다.

(102) 어떤 나라에서는 방사선방호 훈련 프로그램을 인증하는 시스템이 국가 또는 지역 차원에서 수립될 수 있다. 이러한 과정은 학술기관(대학)과 과학 또는 전문학회의 도움 아래 규제나 보건 당국이 관장하거나 학술 또는 전문 학회 자체가 관장할 수도 있다. 인증 받은 기관 등록체계도 수립되어야 한다.

(103) 표3.1의 범주 1-5 및 범주 7과 표3.2의 범주 9-12 및 범주 14-16에 대해서는 역량과 실무 숙달에 대한 평가도 요구될 것이다.

하면 이를 실제 제도화하는 데 장애가 될 수도 있다. 궁극적으로는 규제당국과 인증기관이 훈련의 요건 범위를 결정할 일이지만, 방사선의료절차에서 방사선방호의 구체적 실무까지 모두를 훈련시킨다는 것은 공식 훈련제도를 도입하는 단계에서는 과욕일 수 있다. 가장 중요한 것은 의료인으로 하여금 환자보호에 항상 '관심'을 갖도록 만드는 것이라고 역자는 생각한다.

5.3.1. 증명

(104) 방사선방호 훈련 프로그램에 출석한 사람에게 수여되는 수료증이나 증명에는 기본적 세부사항이 기재되어야 한다. 여기에는 훈련을 수행한 기관, 인증 훈련 시수, 인증 과정(시험 또는 다른 형태의 평가), 훈련 기간, 훈련 프로그램을 책임진 학사직원 성명이 포함된다.

(105) 시간에 따라 방사선방호 지식수준은 진화하며, 사용하는 방사선기술은 개발되고, 변경되고 확장된다. 따라서 방사선방호 훈련 증명은 시한이 있어야 하고 재교부를 위해서는 해당자가 주기적 보수활동이나 전문성 지속개발 프로그램에 참여하도록 요구해야 한다.

5.4. 방사선방호 훈련에서 다양한 기관의 역할

5.4.1. 대학, 훈련기관 및 과학 학회

(106) 대학, 훈련기관 및 과학 학회 모두는 의료절차를 위한 방사선방호 훈련활동의 육성, 조직 및 인증에서 중요한 역할을 한다. 이들은 과학적 지식, 경험, 하부구조를 갖추고 있고 그러한 과정이나 세미나에 최고 강사를 선발할 능력도 있다. 다른 의사들을 훈련 프로그램에 인입하기 위해서는 해당 의학, 방사선의학, 방사선과학, 핵의학 및 의학물리 과학 학회들의 참여가 관건이다. 이들 학회도 각자 학술회의에서 청중에게 영향력이 큰 방사선방호 보수과정을 포함할 수 있다. 방사선의학, 핵의학, 중재 심장학, 혈관 수술, 그리고 기타 해당 전문분야 학회들은 주요 과학 학술대회 동안 방사선방호 보수과정을 육성하고 개설해야 한다.

5.4.2. 규제 및 보건 당국

(107) 규제나 보건 당국은 일정 수준 방사선방호 훈련이나 방사선의료에 관여하는 사람들의 증명을 요구하고 어떤 그룹 전문분야에 주기적 업데이트가 필요한지 결정할 권한이 있다. 또 이러한 훈련 프로그램을 위한 자원을 할당하고 때로는 유자격 전문인 등록을 유지할 권한도 이들 당국에 있다.

5.4.3. 국제기구

(108) 일부 국제기구(예: ICRP, 국제원자력기구IAEA, 세계보건기구WHO, 유럽위원회EC 등)는 상이한 전문그룹에 대해 인정되는 훈련 내용과 시수, 그리고 인증과

증명의 기준에 대한 권고²⁰⁾를 낼 수 있다. 이들은 또한 훈련자료를 생산하거나 조정하고 웹사이트에 올리기도 한다.

5.4.4. 방사선의학 산업체

(109) 방사선의학 산업체는 새로운 기술에 대해 방사선방호 훈련에 중요한 역할을 한다. 산업체는 새로운 X선이나 영상화시스템 시판과 병행하여 훈련자료를 생산하여 환자 방사선방호의 증진과 새 기술이 적합하게 사용되지 않을 때 환자 선량에 미치는 영향에 관해 운영자에게 경고해야 한다.

5.4.5. 훈련 조직과 재정

(110) 의료 전문인에게 방사선방호 증명을 요구할 때 규제나 보건 당국이 고려해야 하는 결정적 이슈는 훈련 프로그램을 조직할 하부구조와 재정수요이다.

(111) 일부 지역이나 국가에서는 국제기구(예: IAEA, WHO, 범미주보건기구 PAHO, EC 등) 협력이 시범과정pilot course 조직과 훈련자 훈련을 위한 훈련자료 준비를 통해 활동을 초기화하는 데 도움이 되었다. 이후 대학, 연구기관, 과학 및 전문 학회(예: 의학물리, 방사선의학, 핵의학, 심장학 등)의 협력을 통해 방사선방호 훈련이 확장되었다.

(112) 중재 심장학과 같은 행위에서 방사선방호 증명이 요구된다면 증명은 해당 전문인이 특정 의료센터에서 그 전문을 행하기 전에 취득해야 한다. 그러한 전문인이 이미 그러한 전문에 종사하고 있는 국가에 증명요건이 도입된다면 보건제 공자는 각자 전문인의 방사선방호 훈련에 필요한 재원을 확보할 필요가 있을 것이다.

20) <역주> 유럽위원회는 열거된 다른 국제기구와는 달리 연합정부조직에 해당하므로 법규를 제정하여 권고가 아닌 의무를 부과할 수 있다. 또, 국제원자력기구도 협정을 통해 당사국에게 제한적 의무를 부과할 수 있다.

부록 A

훈련과정 내역 제안 예시

A.1. 핵의학 [범주 2(표3.1) 및 범주 10(표3.2)]

(A1) 진단목적으로 환자에게 방사성의약품을 투여할 때 방사선방호 최적화에 관한 교육훈련에 포함될 사항은 다음과 같다.

- 이득과 위험의 플러스 균형을 보장하는 피폭의 정당화. 의사결정은 적절한 지시가 이 조건을 만족하는 과학적 증거와 임상적 경험에 근거해야 한다. EC(2000)가 진단방사선용으로 준비한 것과 같은 기준 지침이 좋은 예이다. 환자에게 전리방사선을 노출하지 않는 다른 영상화 방법을 사용할 가능성이 있는 증례의 비율에 대한 정보도 훈련에 포함되어야 한다.
- 특정 진단절차에 적용되는 진단참조준위를 고려한 방사성의약품의 방사능
- 임상지시 관점에서 방사성의약품 선정
- 방사성의약품에 의한 장기선량, 유효선량(mSv/MBq) 및 연령 영향
- 연령 함수로서 위험
- 장기/조직 선량 또는 유효선량 입장에서 방사성의약품 선정
- 경제적 고려 및 가용성(물류) 관점에서 방사성의약품 선정
- 임신환자를 식별하는 구체적 조건 및 임신 중 핵의학 진단에 부가되는 제한
- 체중과 연령(유아, 아동, 청년)에 따라 투여할 방사능 조정
- 암 진단에서 방사능 투여량 제한 완화 가능성
- 피폭감축을 위한 방사성의약품 배설촉진
- 어머니의 핵의학 진단에서 태아 특별보호와 특정 절차에 대한 지시 및 반지시
- 모유수유 여성에 대한 핵의학 진단. 투여 방사성의약품과 방사능에 다른 모유수유의 일시적 또는 전면 폐기
- 투여량 교정기의 원리, 일상 품질관리 및 실제 사용
- 방사성의약품의 정맥, 경구, 흡입 투여 원리와 실제
- 오투여 후 취할 조치
- 자제 곤란 환자를 다루는 절차
- 방사성의약품을 투여하는 의학연구 자원자의 피폭- 정당화, 조건 및 요건(윤리적 및 법적)
- 방사선방호 최적화에서 품질경영과 품질관리의 역할
- 인가된 절차 준수 요건

- 내부 및 외부 감사 목적과 범위
- 진단절차 후 핵의학과를 떠나는 환자에 대한 권고(매우 제한적).

A.1.1. 핵의학 치료절차를 위한 추가적 방사선방호 특성

(A2) 통상 핵의학 전문인은 치료방사선 방사선방호 과정을 수료하지 않기 때문에 이를 포함한다.

- 방사성의약품으로 치료받는 환자와 방사성의약품을 준비하고 투여하는 직원의 방호
- 지시와 인가된 절차의 준수. 연구에서는 윤리위원회 인준
- 임신 환자 또는 방사성핵종 치료 이후 몇 주 이내에 임신하는 환자에게서 투여의 임상 영향
- 방사성핵종 투여 후 여성이 수태를 피해야 할 기간
- 임신 중 방사성핵종으로 치료한 어머니의 관리-딜레마와 제한(배제)
- 방사성의약품을 치료준위로 투여한 입원환자 관리 안전대책
- 방사성의약품으로 치료받고 핵의학병실을 떠나는 환자, 특히 ^{131}I 옥화물로 갑상선 암이나 항진증 치료를 받은 환자에 대한 행동요령.

A.1.2. 핵의학 종사자 방호

- 비밀봉선원 작업 일반원칙
- 고방사능 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 리간드를 표지하는 방사약사 손의 특별방호
- 진단 목적으로 환자에게 주사하는 동안 손가락 선량감시와 방호
- 치료용 방사성핵종(고에너지 베타 방사체) 취급에서 고선량 피폭 위험
- 해당하면 알파 방출 핵종으로부터 피폭위험
- 고방사능 ^{131}I 취급자의 피폭감시
- 관리구역 내 활동으로부터 임신종사자의 특별관리 이유.²¹⁾

A.1.3. PET/CT 종사자의 방사선방호

(A3) 전반적 목적은 PET/CT기술, 운영 원리, 시설 안전설계, 환자와 의료진에 대한 선량계측, 관련 방사선방호 고려사항에 익숙해지는 것이다.

21) <역주> 원문은 ‘배제 이유’로 적고 있다. 그러나 임신한 여성종사자도 원론적으로는 방사선 관리구역에서 종사할 수 있다. 다만, 임신기간 중 태아의 선량을 1 mSv 미만으로 관리하기 위해 필요에 따라 업무를 조정한다. 특히 우발적으로 단기에 1 mSv를 넘는 피폭을 받을 수 있는 작업조건에서 종사하지 않도록 하는 것은 중요하다. 그렇더라도 이러한 조치들을 임신종사자를 관리구역으로부터 ‘배제’로 표현한 것은 부적절하여 수정하였다.

- 사이클로트론, CT 스캐너 및 PET 그리고 두 기술 병합한 PET/CT 기술 기초
- PET/CT 의료피폭에 대한 국가 및 국제 요건: 책임, 훈련, 정당화, 방호 최적화, 진단참조준위 및 선량계산
- 환자준비, 방사성의약품 투여, 촬영, 그리고 퇴원에 이르기까지 환자 관점에서 PET/CT 절차
- 환자선량 특히 소아 및 여성 환자 선량에 영향을 미치는 인자
- 차폐와 배치를 포함하여 PET/CT나 사이클로트론 시설을 설계할 때 의료진이나 일반인 선량을 최소화하기 위해 고려한 인자
- 차폐에서부터 취급 도구, 개인 방호용구까지 PET/CT나 사이클로트론 시설에서 의료진 선량을 경감하는 방호장비 및 그 효용성
- 개인감시 및 작업장감시: 감시기 유형; 감시 시기, 대상 및 장소, 제염절차
- PET/CT에서 의료진 선량과 이를 최소화하기 위해 방사선방호 기본원칙이 사용되는 정도. 피폭자에는 임신한 직원, 병실 문병객, 환자의 친구나 친척이 포함된다.
- PET/CT 시설의 특성: 시설에서 방사성핵종의 이송, 선원 재고관리 및 보안²²⁾, 폐기물관리
- 방사선방호 프로그램 구성, 안전/위험 평가, 구역지정, 서면 절차, PET/CT 설비와 생산설비의 안전운동을 보장하는 현장규정, 비상절차
- 방사성의약품 생산에 필요한 품질관리, PET과 CT 스캐너 각개 그리고 그 사용조합에 대한 방사선방호 최적화.

A.2. 중재방사선 [표3.1의 범주 1]

(A4) 중재방사선에 종사하는 사람은 다음을 수행할 지식이 있어야 한다(EC 2000a로부터 채택)

A.2.1. 중재방사선용 X선시스템

- 추가적 고도 필터(예: 구리필터)가 전통적 X선빔에 미치는 영향에 대해 설명

22) <역주> 방사성물질 보안은 방사선 안전관리 측면에서도 무시할 수는 없지만 근래에는 방사성물질을 악용한 테러(예: 방사능폭탄) 예방 관점에서 특히 대용량 방사능선원에 대해 강조하고 있다. PET/CT에 사용하는 ^{18}F , ^{11}C , ^{15}O 등 양전자방출핵종은 반감기가 매우 짧아 테러에 악용하기는 어렵다. 그렇다면 보안 문제를 이 소절에서 특별히 강조할 이유는 없어 보인다.

- 가상 집속과 쉐기필터의 중요성을 설명
- 연속형 및 펄스형 X선 발생 모드 운영에 대한 설명
- 펄스 빔을 사용할 때 그리드 제어형 X선관의 장점을 설명²³⁾
- 경로매핑(roadmapping²⁴⁾ 개념에 대해 설명
- 시간적분과 영상품질 측면에서 그 장점을 설명
- 영상강화기로부터 환자까지 거리가 변함에 따른 선량률 변화를 분석.

A.2.2. 중재방사선에 고유한 방사선계측량

- 선량면적곱(DAP, 혹은 커마면적곱)과 단위를 규정
- 형광투시에서 입사선량과 입사선량률을 정의
- 누적 공기커마 및 입사선량과 관계를 이해
- 입사면선량과 DAP 사이 관계를 논의
- DAP과 유효선량 관계를 논의
- 환자 입사에서 선량, 환자 출사면 선량, 영상강화기 입력면에서 선량 사이 관계를 살핌.

A.2.3. 중재방사선에서 방사선 위험

- 중재방사선에서 발견될 수 있는 결정론적 영향을 설명
- 환자가 받은 표면선량의 함수로서 결정론적 영향의 위험을 평가
- 중재방사선 행위에서 결정론적 영향의 확률에 유의
- 피폭 선량과 눈 수정체의 결정론적 영향 사이 관계를 분석
- 피폭과 여러 결정론적 영향 발생 사이 예상 시간간격. 요구되는 추적과 환자 관리에 유의
- 중재방사선 절차에서 확률론적 위험과 위험의 연령 종속성 분석.

A.2.4. 중재방사선에서 의료진 방사선방호

- 중재방사선실에서 의료진 선량에 가장 중요한 인자에 대해 조언
- X선 C-암 위치가 직무피폭에 미치는 영향 분석
- 다른 형광투시 모드 사용이 직무피폭에 미치는 영향을 분석

23) <역주> 그리드 제어형 X선관은 관전압을 유지하면서 관전류를 그리드로 차단하는 방식을 사용하므로 출력펄스가 예리하고 정교한 제어가 용이하여 펄스율 조정도 쉽다. 이에 비해 관전압을 변경하는 방식은 전압이 상승하고 하강하는 동안 낮은 에너지 X선이 방출되므로 불필요한 피폭을 수반한다.

24) <역주> 중재방사선에서 도관 등이 지날 길을 실시간으로 시술자에게 보여주는 방법. 현대 장비는 3차원 경로매핑을 역동적으로 보임으로써 시술을 도와 시술시간을 줄이고 결과적으로 환자선량을 줄이는 데 기여한다.

- 개인방호구(예: 납치마, 갑상선보호대, 납안경, 장갑 등) 사용의 영향을 분석
- 천장에 거는 관절형articulated 스크린의 장단점을 분석
- 납고무 커튼을 사용해 다리를 보호하는 이점을 이해
- 개인선량계의 적절한 위치의 중요성을 이해.

A.2.5. 중재방사선에서 환자보호

- 형광투시 시간 및 절차 중 획득영상 수와 환자가 받은 선량과의 관계를 분석
- 서로 다른 형광투시 모드가 환자선량에 미치는 영향을 분석
- 초점과 피부 사이 거리 및 환자와 영상강화기 입구 거리의 영향을 논의
- 디지털 획득이나 씨네에서 영상물을 수정함으로써 얻을 수 있는 선량감축을 분석
- 절차별로 영상 당 환자입사선량의 전형적 값을 제공
- 다른 배율 사용이 환자선량에 미치는 영향을 분석
- 피폭선량에 대해(또는 피폭선량 데이터에 대한 참조로서) 환자이력에 기록해야 할 변수를 논의.

A.2.6. 중재방사선에서 품질보증

- 기기 성능변수 중 시간이 지나도 저하되지 않는 변수와 주기적 관리가 필요한 변수의 차이를 논의
- 영상품질 평가 방법을 이해
- 상황별로 환자나 영상강화관 입구에서 선량을 비교하는 간단한 기준 수립의 중요성을 논의
- 중재방사선 절차의 복잡성을 고려하여 환자선량의 주기적 관리와 진단참조준위와 비교하는 품질보증 프로그램의 중요성을 강조(이 경우 진단참조준위는 엄밀한 의미의 ‘진단’으로 사용된 것은 아니며 중재방사선 절차의 영상화 부분으로부터 받는 환자선량에 대한 것임)
- 중재방사선에 대한 현장 및 국제적 규범
- 중재방사선 시설에 적용되는 상이한 국가 규정에 대해 논의
- 중재방사선에 대한 국제기구(WHO, IAEA, ICRP, EC 등)의 권고에 대해 설명
- 고선량 모드 제한에 대한 국제권고 정보를 제공.
- 조영제 사용이 kVp 및 mA가 영상 대조와 환자선량에 미치는 영향을 이해
- 진단방사선 기기에 가용한 여러 특성을 이해
- 중재방사선 절차에서 방사선보호 최적화의 중요성을 강조
- 중재방사선 절차의 복잡성을 고려하고 지역, 국가 또는 국제 수준에서 환자선량과 연계되는 진단참조준위의 중요성을 논의

- 시술실별로 주기적 환자선량 관리의 중요성을 분석
- 결정론적 영향 문턱에 이를 수 있는 장시간 절차에서 다른 C-암 방향 사용 가능성을 논의
- 개별 환자에게 부여된 선량 기록의 중요성을 분석.

A.3. 중재심장학 [표3.1 범주 3]

(A5) 중재심장학 종사자는 다음을 수행할 지식이 있어야 한다.

A.3.1. 중재심장학을 위한 X선시스템

- 높은 부가필터(예: 구리필터)가 전통 X선빔에 미치는 영향을 설명
- 필수적 빔 시준을 설명
- 연속 및 펄스 X선 방출모드를 설명
- 영상강화기로부터 환자까지 거리를 바꿀 때 선량률 변화를 분석.

A.3.2. 중재심장학에 특유한 선량계측량

- DAP(혹은 커마면적곱)과 그 단위를 정의
- 형광투시에서 입사선량과 입사선량률을 정의
- 집적 공기커마 및 입사선량과 관계를 이해
- 입사면선량과 DAP의 상관관계를 논의
- DAP과 유효선량의 상관관계를 논의.

A.3.3. 중재심장학에서 방사선 위험

- 중재심장학에서 발견될 수 있는 결정론적 영향을 설명
- 환자가 받는 표면선량의 함수로서 결정론적 영향 유발 위험을 분석
- 피폭한 선량과 눈 수정체의 결정론적 영향 사이 관계를 분석
- 조사 후 여러 결정론적 영향 발생까지 시간과 요구되는 추적 및 환자관리에 주의
- 중재방사선 절차에서 확률론적 위험 및 그 연령의존성을 분석.

A.3.4. 중재심장학에서 의료진 방사선방호

- 중재심장학 시술실에서 의료진 선량에 영향을 미치는 가장 중요한 인자에 대해 코멘트
- X선 C-암 위치가 직무 선량에 미치는 영향 분석

- 서로 다른 형광투시 모드 사용이 직무피폭에 미치는 영향 분석
- 개인방호용구(예: 납치마, 갑상선보호대, 납유리 안경, 장갑 등) 사용의 효과 분석
- 천장에 매다는 접이식 스크린의 장단점을 분석
- 납고무 커튼으로 다리를 보호하는 장점을 이해
- 개인선량계의 적정 위치의 중요성을 이해.

A.3.5. 중재심장학 환자의 방사선방호

- 한 절차에서 형광투시 시간 및 획득영상 수와 환자가 받은 선량 사이 상관성을 분석
- 상이한 형광투시 모드 사용이 환자선량에 미치는 영향을 분석
- 초점으로부터 피부까지 거리 및 영상강화기 입사면까지 거리의 영향을 논의
- 디지털 획득이나 씨네에서 영상률을 수정함으로써 얻는 선량감축을 분석
- 여러 절차에 대해 영상 당 환자 입사선량의 전형적 예를 제공
- 다른 배율 사용이 환자선량에 미치는 영향을 분석

A.3.6. 중재심장학에서 품질보증

- 기기성능 변수 중 통상 시간에 따라 저하되지 않는 것과 주기적 관리가 필요한 것의 차이를 논의
- 영상품질을 어떻게 평가하는지를 이해
- 품질보증계획에서 주기적 환자선량 점검과 중재방사선 절차의 복잡성을 감안한 진단참조준위와 비교의 중요성을 강조(이 경우 진단참조준위는 엄밀한 의미의 ‘진단’으로 사용된 것은 아니며 중재방사선 절차의 영상화 부분으로부터 받는 환자선량에 대한 것임)
- 중재심장학 시설에 적용되는 국가 규정에 대해 논의
- 고선량 모드의 제한과 관련한 국제권고 정보를 제공.

A.3.7. 중재심장학에서 절차의 최적화

- 중재심장학 기기에 가용한 여러 특성을 이해하고 환자선량과 영상품질에 미치는 영향을 이해
- 중재심장학 절차에서 방사선방호 최적화의 중요성에 유의
- 중재적 절차의 복잡성이 고려되고 지역, 국가 또는 국제 수준에서 환자선량과 연계되는 진단참조준위의 중요성을 논의
- 결정론적 영향 문턱을 넘을 수 있는 장시간 절차 동안 C-암 방향을 달리할

- 수 있는 가능성을 논의
- 매 환자에게 부여된 선량을 기록하는 일의 중요성을 논의.

A.4. 이동형 기기를 사용한 관람수술실 형광투시 (표3.1의 범주 4 및 표3.2의 범주 13)

(A6) 이동형 형광투시 기기의 사용에 관계하는 의료진은 다음을 수행할 지식이 있어야 한다. ‘*’ 표시한 주제는 절차(범주 6과 범주 13)를 보조하는 사람을 위한 것이다.

A.4.1. X선장비

- 연속 및 펄스형 X선 방출 모드로 운영에 대해 설명
- X선관으로부터 환자 및 영상 수감부까지 거리가 변할 때 선량률 변화를 분석
- DAP, 입사선량, 입사선량률 및 그 단위를 정의
- DAP과 유효선량 사이 관계에 대해 논의
- 이동 형광투시에서 확률론적 위험을 이해.²⁵⁾

A.4.2. 의료진 방사선방호

- X선 C-암 위치가 직무피폭에 미치는 영향과 여러 C-암 방향의 시사점을 분석*
- 개인방호구(예: 납치마, 장갑, 보안경, 갑상선보호대 등) 사용 효과를 이해*
- 개인선량계 바른 위치의 중요성을 이해.*

A.4.3. 환자 방사선방호

- 형광투시 시간, 절차 중 획득한 영상 수 및 환자가 받는 선량 사이 상관성을 분석*
- 여러 형광투시 모드 사용이 환자선량에 미치는 영향을 분석*
- X선관과 피부까지 거리가 환자 피부선량에 미치는 영향을 분석*
- 피폭선량과 관련하여 환자이력에 기록해야 할 변수에 대해 논의.
- 지역 수준에서 환자선량과 관련된 진단참조준위의 중요성을 논의.

25) <역주> 원문 ‘Understand the stochastic risks in mobile fluoroscopy.’를 직역한 것이지만 원문의 의미가 분명하지 않다. 확률론적 위험이라는 표현을 이런 용도로 사용하지는 않는다. 아마도 ‘이동 형광투시에서 사건 위험을 이해’ 를 의미하려는 것으로 간주할 수 있겠다.

참고문헌

EC, 2000a. Guidelines for Education and Training in Radiation Protection for Medical Exposures. Radiation Protection 116. European Commission, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Luxembourg. Available at: http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/116.pdf (last accessed 01/03/2011).

EC, 2000b. Referral Criteria for Imaging. Radiation Protection 118. European Commission, Directorate General for the Environment, Luxembourg, 2000. Available at: http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118_en.pdf (last accessed 01/03/2011).

부록 B

소아과 방사선학을 위한 구체적 교육목적 개요

환자 체격이 다양하기 때문에 소아과 방사선학에서는 영상품질과 환자선량에 영향을 미치는 인자가 더 복잡하다. 더욱이 소아환자 조직의 방사선 감수성이 더 크기 때문에 이들 인자가 더 중요하다. 따라서 방사선방호 과정 설계자가 포함할 인자들을 기억하도록 보다 상세한 개요를 제공한다.

B.1. 일반론, 기기 및 설비 고려사항

- X선발생장치 출력 관련 요건과 짧은 노출시간(3 ms) 요건의 관계를 정당화
- 소아과 노출의 정확성 및 재현성과 관련하여 높은 주파수 발생장치의 편의성을 설명
- 소아과에서 자동노출조절(AEC)의 장점과 한계를 논의
- 소아과에서 AEC 장치의 구체적 기술요건을 정당화
- 노출인자의 신중한 수동 선정이 통상 낮은 선량을 줄일 설명
- 아동의 협조를 높이기 위해 소아과 X선실에 고려할 디자인 특성(환자 관찰이 나 접촉이 용이한 제어반 배치)을 설명
- 고감도 필름-스크린 조합의 장점과 한계, 그리고 전산화 투과촬영에서 노출감축인자를 논의
- 카세트, 침상 등에 흡수가 낮은 물질 사용의 이점을 논의
- 소아과에서 산란방지그리드 사용이 영상품질 향상은 제한적이면서 환자선량을 높임을 분석
- 소아과에서 산란방지그리드의 구체적 기술요건을 분석
- 소아과에서 특히 형광투시시스템에서 산란방지그리드가 왜 제거가능한가를 설명
- 형광투시시스템에서 환자선량 감축을 위해 변환인자가 높은 영상강화기를 사용하는 것이 편리함을 설명
- 소아과에 사용하는 형광투시시스템에서 자동 밝기조절을 위한 고유 kV-mA 선량률 곡선의 편의를 정당화
- 소아과에서 CT검사를 위해 고유한 기술적 투과사진 변수(성인보다 낮은 mAs, 때로는 낮은 kV) 사용의 중요성을 논의
- 소아과에서 이동형 X선장치 사용의 특별한 문제점을 분석
- 소아과에서 침상 하부와 상부 형광투시의 장단점을 설명
- 펄스형 형광투시의 장점과 역할을 논의

- 전통기와 디지털 기기, 그리고 디지털 영상화에서 정지상 취득기술frame-grab의 역할과 용도를 논의
- 스크리닝 촬영에서 시네 재생(디지털 형광투시)과 비디오 재생(디지털/전통 형광투시)의 가치를 논의
- X선관 부가 필터 역할을 논의.

B.2. 피폭감축

- 소아과에서 가장 빈번한 재촬영 원인-거부분석, 감사 및 피드백-을 분석
- 환자고정이 어떻게 방사선촬영 반복률을 줄일 수 있는지를 논의
- 소아과에 가용한 환자고정 기기를 상처 우려 없이 사용하는 기법을 분석. 접촉 테이프, 스폰지 썰기, 모래주머니와 같은 간단한 보조수단의 역할 포함
- 짧은 촬영시간이 어떻게 영상품질을 높이고 재촬영 수를 줄이는지를 분석
- 소아과에서 이동형 X선장치 사용의 불편함과 짧은 노출시간 사용 어려움을 설명
- 소아과 특성화 훈련을 받은 방사선사 배치의 중요성을 설명
- 소아과 진단방사선에서 생식선 방호의 중요성과 다양한 유형 및 크기를 준비할 가치를 설명
- 소아과 환자에서 빔 콜리메이션(필름 크기에 해당하는 기본 콜리메이션에 추가로), 특히 둔부 창방호와 척추만곡증 추적에서 측방 콜리메이션의 중요성을 분석
- 특히 생식선을 직접빔으로부터 제외하기 위해 바른 환자자세와 콜리메이션의 중요성을 논의
- 미성년 소녀의 복부검사를 계획한 때 임신여부 확인의 중요성을 논의
- 아동 움직임이 큰 문제라는 사실과 방사선촬영 기술의 특정한 조정 필요성을 논의
- 의뢰 의사와 방사선전문의 사이에 합당한 조인관계의 중요성을 논의. 진단 경로에 대한 합의된 프로토콜의 역할을 포함.
- 분명하지 않은 가치에서 아동에 대한 방사선학적 검사 예를 의논(예: 단순 폐렴에 대해 다수의 추적 흉곽 촬영, 변비 의심에 대해 복부 촬영)
- 소아과 방사선검사의 반복은 항상 방사선전문의가 결정해야 함을 설명
- 위험이 높은 조직에 대해서는 선량 최소화를 위한 적절한 투사(척추 검사를 위해서는 가능하면 AP 대신 PA)를 사용하는 것의 편의성을 논의
- 필요할 때 쉽게 바꿀 수 있는 부가 필터(1 mm Al; 0.1 및 0.2 mm Cu 포함) 들을 갖추는 편의성을 논의
- 소아과 전용실 또는 소아과 방사선 완전 전용 세션을 가질 가치를 논의. 안전하고 아동 친화적 환경에서 소아의 신뢰와 협조를 얻을 수 있는 경험 많은 의

료진이 소아과 방사선량 감측에 절대로 중요함을 포함.

- 구체적 의뢰기준(예를 들면 상해 발생이 낮은 위치의 두부 상해)을 두는 것의 중요성을 논의.
- 아동의 모든 X선검사 특히 연령 상관성이 큰 검사(예: 6세 미만에서 굳지 않은 주상골scaphoid, 3세 미만에서 연골성 비골)에 대한 의뢰기준을 논의
- 높은 kV 기술을 논의
- 초점과 환자 거리를 멀리하는 것의 가치를 논의
- 침상 상부 형광투시에서 환자 자리잡기를 위해 스크리닝보다는 광선 조리개 사용의 중요성을 설명
- 환자 체격에 맞게 CT 노출인자를 조정할 필요성과 이러한 인자를 선발하는 합의된 방법을 갖출 필요성을 논의
- 소아과 CT에서 낮은 mAs와 kV 값 사용이 영상에 미치는 영향을 이해
- 영상품질과 선량을 유지 발전시키는 데 품질보증과 감사의 역할을 논의.

B.3. 위험인자

- 아동의 긴 기대여명은 방사선의 유해한 영향이 발현할 잠재도도 더 높음을 의미함을 논의
- 소아 검사에 사용된 방사선량은 성인에 적용되는 값보다 일반적으로 낮음을 고려
- 아동에서 암유발 위험인자는 성인 인자보다 2~3배 크고 유방과 생식선은 발달하며 성장기 뼈에는 적색골수가 더 널리 분포함을 설명
- 아동에서 유전적 영향의 위험인자를 논의
- 선천성기형의 자연발생과 관계
- 암 자연발생과 관계

B.4. 환자선량 계측: 진단참조준위

- 소아과에서 환자선량 측정의 특별한 어려움을 설명
- 소아과 환자 선량계측에 가용한 선량계측 기술을 논의
- 환자 체격이 어떻게 환자선량 값에 연관되는지를 논의
- 소아과 환자선량 몇몇을 환자 체격과 연계하여 분석
- 소아과 진단참조준위를 분석
- 소아과 진단방사선의 진단참조준위를 어떻게 사용할지를 논의

B.5. 부모 및 기타 사람 방호

- 부모가 자녀 방사선절차에 동참할 가능성과 취할 주의사항을 분석
- 이런 상황에서 부모의 피폭은 의료피폭으로 간주되며 최적화 기준이 적용되어야 함을 명시
- 부모나 도우미가 무엇이 필요한지를 정확히 알아야 함을 강조
- 임신여성은 소아과 검사를 돕도록 허용하지 않음을 설명
- 이러한 도움 상황에서 납치마와 납장갑(손이 직접방사선빔에 들어간다면) 사용의 중요성을 설명.

B.6. 국제권고

소아과 방사선에 관심 있는 기구들로서 ICRP, 미국 방사선방호측정위원회NCRP, 유럽위원회EC, WHO 등이 발행한 관련 자료들이 있음을 고려함.

B.7. 핵의학적 고려

- 소아과 방사선학 특별 훈련을 받은 핵의학 기사를 돕기 중요함을 설명
- 아동에게 큰 어려움은 움직임이라는 사실과 핵의학기술에 특별 조정이 필요할 수도 있음을 논의
- 의뢰 의사와 핵의학전문가 사이에 적정한 자문관계의 중요성을 논의
- 소아과 핵의학 검사의 반복은 항상 핵의학 전문가가 결정해야 함을 설명
- 소아과 환자에게 투여할 핵의약품 방사능량을 어떻게 결정하는 지를 논의.

부록 C

훈련자료 공급처 예시

(C1) 무료로 내려받아 바로 사용할 수 있는 파워포인트 파일

http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/1_TrainingMaterial/index.htm

(C2) 기타 교육자료원

진단기술, 중재기술 및 치료기술의 여러 구체적 질문과 답변이 있는 IAEA 웹사이트 환자 방사선방호 페이지: <http://rpop.iaea.org>

미국 보건물리학회Health Physics Society 웹사이트의 '전문가에게 물어보세요Ask the Experts': <http://hps.org/publicinformation/ate/faqs/>

북미방사선의학회Radiological Society of North America 웹사이트:
<http://www.rsna.org/Education/index.cfm>.

표C.1. 훈련 자료가 있는 기관 웹 주소(알파벳순)

기관	웹사이트
미국의학물리사협회 American Association of Physicists in Medicine	http://www.aapm.org/ http://www.aapm.org/meetings/virtual_library/
유럽위원회 European Commission	http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/publications_en.htm http://bookshop.europa.eu/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/EU-Bookshop-SiteMARTIR project
유럽방사선종양학회 European Society for Therapeutic Radiology and Oncology	http://www.estro.org/Pages/default.aspx e-test radiobiology
국제원자력기구 International Atomic Energy Agency	http://rpop.iaea.org http://www.iaea.org/Publications/ http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/publications.asp
ICRP	http://www.icrp.org/ Educational material for ICRP Publications 84, 85, 86, 87, and 93
국제방사선방호학회연합 International Radiation Protection Association	http://www.irpa.net/ IRPA10, IRPA11 refresher courses
Perry Sprawls	http://www.sprawls.org/resources/#radiation
미국 워싱턴주 보건부 방사선방호과 Office of Radiation Protection Washington State Department of Health, USA)	http://www.doh.wa.gov/ehp/rp/factsheets/fsdefault.htm#introps
워싱턴대학 University of Washington	http://www.ehs.washington.edu/rsotrain/ http://courses.washington.edu/radxphys/PhysicsCourse.html
Image Gently	http://www.pedrad.org/associations/5364/ig/index.cfm?page=369

부록 D

관련된 유용한 정보를 수록한 참고문헌

- ACR. Appropriateness Criteria. American College of Radiology, Reston, VA. Available at: http://www.acr.org/secondarymainmenucategories/quality_safety/app_criteria.aspx (last accessed 24/08/2010).
- Caruana, C.J., Wasilewska-Radwansk, M., Aurengo, A., et al., 2009. The role of the bio-medical physicists in the education of the healthcare professions: an EFOMP project. *Physica Medica – Eur. J. Med. Physics* 25, 133–140.
- Classic, K., Carlson, S., Vetter, R.J., Roessler, G., 2008. Physician Education: Expansion of the Radiation Protection Practice. IRPA 12 Proceedings. International Radiation Protection Association, Buenos Aires.
- EC, 1997. Council Directive 97/43 EURATOM on Health Protection of Individuals Against the Dangers of Ionising Radiation in Relation to Medical Exposure, and Repealing Directive 84/466 EURATOM.
- Official Journal No. L180. European Commission, Luxembourg, pp. 22–7. Available at: http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9743_en.pdf (last accessed 01/03/2011).
- EC, 2000a. Guidelines for Education and Training in Radiation Protection for Medical Exposures. Radiation Protection 116. European Commission, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Luxembourg. Available at: http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/116.pdf (last accessed 01/03/2011).
- EC, 2000b. Referral Criteria for Imaging. Radiation Protection 118. European Commission, Directorate General for the Environment, Luxembourg, 2000. Available at: http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118_en.pdf (last accessed 01/03/ 2011).
- González, A.J., 2009. The 12th Congress of the International Radiation Protection Association: strengthening radiation protection worldwide. *Health Phys.* 97, 6–49.
- Hadley, J.L., Agola, J., Wong, P., 2006. Potential impact of the American College of Radiology Appropriateness Criteria on CT for trauma. *AJR Am. J. Roentgenol.* 186, 937–942.
- Hendee, W., Mettler, M., Jr, Walsh, M., et al., 2009. Report of a

- consultation on justification of patient exposures in medical imaging. *Radiat. Prot. Dosimetry* 135, 137–144.
- Klein, L.W., Miller, D.L., Balter, S., et al., 2009. Occupational health hazards in the interventional laboratory: time for a safer environment. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 20, 147–150.
- Martin, C.J., Dendy, P.P., Corbett, R.H., 2003. *Medical Imaging and Radiation Protection for Medical Students and Clinical Staff*. British Institute of Radiology, London.
- Mettler, F.A., Jr, 2006. Medical Radiation Exposure in the US 2006. Preliminary Results of NCRP SC-6-2 Medical Subgroup. Presented at Annual Meeting of NCRP, Crystal City, MD, April 2007.
- NRC, 2006. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionising Radiation: BEIR VII Phase 2. National Research Council of the National Academies, Washington, DC.
- NCRP, 2009. Ionising Radiation Exposure of the Population of the United States. NCRP Report No. 160. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD.
- Peer, S., Faulkner, K., Torbica, P., et al., 2005. Relevant training issues for introduction of digital radiology: results of a survey. *Radiat. Prot. Dosimetry* 117, 154–161.
- Picano, E., Vanó, E., Semelka, R., Regulla, D., 2007. The American College of Radiology white paper on radiation dose in medicine: deep impact on the practice of cardiovascular imaging. *Cardiovasc. Ultrasound* 5, 37.
- Rehani, M.M., Ortiz-Lopez, P., 2005. Radiation effects in fluoroscopically guided cardiac interventions – keeping them under control. *Int. J. Cardiol.* 109, 147–151.
- Rehani, M.M., 2007. Training of interventional cardiologists in radiation protection – the IAEA’s initiatives. *Int. J. Cardiol.* 114, 256–260.
- Shiralkar, S., Rennie, A., Snow, M., Galland, R.B., Lewis, M.H., Gower-Thomas, K., 2003. Doctors’ knowledge of radiation exposure: questionnaire study. *BMJ* 327, 371–372.
- Vanó, E., Gonzalez, L., Faulkner, K., Padovani, R., Malone, J.F., 2001. Training and accreditation in radiation protection for interventional radiology. *Radiat. Prot. Dosimetry* 94, 137–142.
- Vanó, E., Gonzalez, L., Canis, M., Hernandez-Lezana, A., 2003. Training in radiological protection for interventionalists. Initial Spanish

- experience. *Br. J. Radiol.* 76, 217–219.
- Vanó, E., Gonzalez, L., 2005. Accreditation in radiation protection for cardiologists and interventionalists. *Radiat. Prot. Dosimetry* 117, 69–73.
- Wagner, L.K., Archer, B.R., 2004. *Minimizing Risks from Fluoroscopy X-rays*, fourth ed. Partners in Radiation Management, The Woodlands, TX.
- WHO, 2000. *Efficacy and Radiation Safety in Interventional Radiology*. World Health Organization, Geneva.