

ICRP

국제방사선방호위원회 간행물 105

# 의료에서 방사선방호

Radiological Protection in Medicine



대한방사선방어학회

이 번역본 발간은 교육과학기술부 지원 아래 대한방사선방어학회가 운영하는 방사선방호 정책지원 워킹그룹 사업의 일환으로 이루어졌습니다.

ICRP Publication 105

# 의료에서 방사선방호

Radiological Protection in Medicine

ICRP 승인: 2007년 10월

이 ICRP 간행물의 우리말 번역본은  
ICRP의 허락(2010년 8월)을 받았으며  
ICRP 정신에 따라 무료로 배포합니다.

국제방사선방호위원회



## 역사서문

현대 의료에서 방사선은 필수 수단으로 간주될 정도로 용도가 넓어 의료기관에서는 여러 목적을 위해 일상적으로 방사선을 이용하고 있다. 그 결과로서 인공 방사선으로부터 국민이 받는 방사선량 측면에서 의료 방사선이 절대적 최대 피폭원이다. 그런 만큼 의료에서 방사선방호는 중요한 의미를 지닌다.

그러나 진료를 위한 방사선은 그로 인한 위험보다 훨씬 심각한 것으로 간주되는 목전의 질환과 싸움을 위한 것이므로 환자 입장에서도 필요하다. 치료방사선은 악성종양을 치유하기 위해 의도적으로 매우 높은 선량을 부과하는 절차이며, 진단방사선이나 중재방사선 절차에서 방사선피폭은 의도하는 바는 아니나 임상 정보를 획득하는 과정에서 불가피하게 수반되는 부산물 성격이다. 이러한 절차에서 환자가 받는 피폭을 ‘의료피폭’이라 부른다. 방사선안전보다는 진료가 우선이므로 의료피폭은 그 피폭수준이 임상적 목적에 부합하는 수준이라면 항상 정당하다. 따라서 환자의 의료피폭에 대해서는 개인선량한도를 적용하지 않는다.

환자가 아닌 사람이 받는 피폭이 의료피폭으로 간주되는 특별한 경우가 있는데 환자의 간병인이나 위안자가 이해동의 아래 받는 피폭, 임신한 어머니의 진료 과정에서 배태아가 받는 피폭, 그리고 의생명연구 대상으로 자원자가 받는 피폭이다. 이들의 피폭은 의료피폭으로 보아 선량한도는 적용하지 않으나 배태아를 제외하고는 적절한 선량제한치가 방호최적화의 조건으로 적용된다.

방사선의 의료 이용에는 환자가 아닌 의료진의 직무피폭이나 기타 제3자의 일반인피폭도 발생한다. 이러한 피폭에 대한 방호는 다른 분야 방사선방호와 다를 바가 없다.

의료피폭에 선량한도를 적용하지 않는 것이 방호를 적용하지 않는 것으로 오해되어서는 안 된다. 방호의 세 가지 기본원칙 중 개인 선량한도 적용 원칙만 예외일 뿐 그 전단계인 정당화와 방호최적화 원칙은 여기도 적용된다. 선량한도가 적용되지 않는 만큼 나머지 두 원칙의 준수가 더욱 요긴한 의미도 있다.

앞서 말했듯이 의료에 방사선 이용은 일반적으로 정당화된다. 그러나 특정한 절차가 정당한지는 그 절차가 일반적 환자에게 해로움보다 큰 이로움을 제공하는지 판단으로부터 결정된다. 나아가 일단 정당화된 절차도 특정 환자에게 적용이 정당한지는 그 절차가 해당 환자에게 정말로 지금 필요한가에서부터 구체적 과정이 환자의 조건에 합당한가를 판단하여 정당화해야 한다.

최적화는 현대 방사선방호 체계의 핵심으로서 의도한 목적을 달성하면서 사람의 피폭을 합리적인 범위에서 낮게 유지하는 것이다. 의료방사선으로부터 국민의 총 선량이 매우 높음(의도적으로 높은 선량을 부여하는 치료방사선을 제외하

고도)을 고려하면 의료피폭에서 최적화는 특히 중요한 의미를 갖는다. 우리나라만 보더라도 10만명 정도인 모든 방사선작업종사자가 받는 직무피폭 총 선량은 진단방사선 절차에서 받는 환자 선량의 1%에도 미치지 못한다. 의료진이 관심을 가지고 노력하면 1%보다 훨씬 크게 환자선량을 감축할 수 있다.

이 보고서를 위시하여 의료 방사선에 대한 방호를 논의하는 ICRP의 여러 간행물에서 약간 혼란이 있다. 즉, 환자의 의료피폭과 의료진의 직무피폭을 함께 다룸으로써 피폭범주를 구분한 목적을 저해하는 것이다. 역자의 생각으로는 환자의 의료피폭을 다른 범주 피폭과 완전히 분리하여 다루고 의료진 피폭은 일반 직무피폭 테두리에서 다루는 것이 명쾌할 것으로 보인다. 그러나 현재 ICRP 분과위원회 체제에서 권고의 적용을 전문으로 하는 제4분과에 의료방사선 전문가가 없다는 이유로 제3분과가 의료방사선과 관련된 모든 피폭을 다루고 있다. 그렇더라도 독자는 의료피폭과 직무피폭 또는 일반인피폭을 확실하게 구분하여 다루기 바란다.

피폭의 구분과 관련하여 한 가지 더 언급하고 싶은 것은 방사선 의료절차에서 발생할 수 있는 사고 피폭 문제이다. 핵의학에서는 핵의약품의 투여 오류(다른 핵종 투여, 투여 방사능에 심각한 착오, 다른 환자에게 투여 등)가 있을 수 있고 치료방사선에서는 선량부여 실수나 기기 고장으로 인한 계획하지 않은 피폭이 있을 수 있다. 주의할 점은 이러한 피폭은 더 이상 의료피폭이 아니라는 것이다. 정의상 의료피폭은 환자가 자신의 진료를 위해 이해동의 아래 받는 피폭을 말하는데 위와 같은 피폭은 진료와 무관하며 이해동의도 없기 때문이다. 무엇보다 피폭범주를 구분하는 목적은 방호를 차별하기 위함인데 이러한 사고피폭은 이미 종료된 상황이므로 방호 대상이 아니다. 사고 피해자는 한 명의 자연인으로서 피해자일 뿐이다. 피해자에 대해 종사자니 일반인이니 환자니 하는 구분은 아무런 의미가 없다.

역자의 역량 부족으로 번역이 매끄럽지 못한 부분도 있고 아마도 잘못 번역한 부분도 있을 수 있다고 보는데, 있다면 독자의 양해와 피드백을 바란다. 끝으로 이 간행물의 우리말 번역과 배포를 승인하여 준 ICRP와 번역 사업을 수행할 수 있도록 대한방사선방어학회를 지원한 교육과학기술부에 감사한다.

2010년 9월

역자 이재기(한양대학교 원자력공학과 교수, ICRP위원)

# 의료에서 방사선방호

## ICRP 간행물 105

2007년 10월 ICRP 승인

**요지** - 환자의 간병인이나 위안자, 의생명연구 대상으로 자원자의 피폭을 포함하는 환자의 의료피폭과 관련하여 ICRP의 2007년 권고를 지지하기 위해 이 보고서를 준비했다. 보고서는 이러한 사람들에 대해 ICRP 2007년 권고의 기본원칙(정당화, 방호최적화 및 선량한도 적용)을 바르게 적용함에 대해 논의한다.

환자의 의료피폭과 관련해서는 선량한도나 선량제약치를 적용하는 것은 적절하지 않은데, 그러한 제한이 종종 이로움보다 해로움이 클 수 있기 때문이다. 대체로 현재의 만성적이거나 심각한 또는 생명을 위협하는 의학적 상황이 방사선 피폭보다 더욱 엄중하다. 그래서 의료절차의 정당화와 방사선방호의 최적화가 강조된다. 진단이나 중재방사선 절차에서 불필요하거나 비생산적인 방사선피폭을 방지하는 기전으로서 절차의 정당화(규정된 목적과 개별 환자에 대한)와 그 의료업무에 부합하도록 환자선량을 관리함이 적절하다. 환자선량 관리를 용이하게 하는 기기특성과, 적절한 지역, 국가 또는 지방 차원에서 도출된 진단참조준위가 가장 효과적 접근이 될 것 같다. 방사선치료에서는 사고의 예방이 우선 과제이다. 간병인이나 위안자, 의생명연구 자원자에 대해서는 선량제약치가 적합하다.

지난 10여 년 동안 ICRP는 전리방사선의 의료 이용에서 방사선방호나 안전과 관련하여 구체적 조언을 제공하는 여러 문서를 발간해 왔다. 각 간행물은 방사선원의 유형과 선원이 사용되는 의료 분야별로 구체적 주제를 겨누고 있고, 해당 의사 및 보조 의료진과 직접 소통함을 의도로 작성되었다. 이 보고서는 이들 간행물에 주어진 조언들을 집약한다.

**중심어:** 방사선방호, 정당화, 최적화, 환자선량, 선량관리

## 논설

# 기초와 원칙

이 논설란은 발간에 즈음하여 각 보고서에 대해 의견을 표명함은 물론, 동시에 ICRP의 주 이슈와 뉴스를 강조할 기회를 제공한다. 먼저 이 보고서에 대해 몇 마디 말한 다음 ICRP의 관점에서 드리튬에 대한 몇 가지 포인트를 말하고자 한다.

**의료피폭은 특수하다.** 이 보고서는 ICRP의 2007년 권고(ICRP, 2007)를 지지하는 ‘기본문서(Foundation Document)’의 하나이다. 권고의 바탕이 되는 생물학적, 물리적 고려를 상세하게 설명하는 기본문서는 권고의 부록 A, B로 제공했지만, 특히 방사선의 의료이용에 직접 관계하고 의료피폭 방호정책에 관한 상세 정보를 원하는 독자들을 위해서 이 요약은 독립적 문서로 만드는 것이 낫다고 생각했다.

환자의 의료피폭에는 고유한 고려사항이 있어 기본원칙들이 적용되는 방법에 영향을 미친다는 것이 이 보고서의 주된 메시지이다. 특정 의료목적에 적합한 선량 수준으로 사용되는 전리방사선은 해로움보다 이로움을 가져오는 핵심 수단이기 때문에 선량한도는 전혀 해당 없다.

일반적으로 같은 사람이 절차와 관련된 이득을 즐기는 한편으로 위험을 겪는다는 점에서 환자 방사선방호의 정당화는 다른 방사선방호에서 정당화와 차별화된다(다른 고려사항들도 있을 수 있는데 관계자의 직무피폭은 환자선량과 상관성이 있을 수도 있고 때로는 거래 관계일 수도 있다. 스크리닝 프로그램은 조사하는 개인보다는 집단에 이득을 준다. 그러나 일반적으로는 위험과 이득이 같은 사람에게 발생한다). 방법이나 절차가 정당화된 것으로 간주되더라도 그것이 반드시 그 절차를 특정 환자에게 적용하는 것까지 정당화됨을 의미하지는 않는다는 것이 일상 의료행위에서 매우 중요한 속성이다.

환자를 위한 방호최적화도 역시 고유하다. 첫째로, 방사선치료에서는 사람에게 주는 선량이 의도적이고 그에 따른 세포살상 특성이 바로 치료의 목적이라는 점에서 무엇보다 완전히 다르다. 이 경우 표적체적에 의도적으로 치사 수준이도록 미리 결정된 선량의 효과를 저해하지 않으면서 주변 조직 선량(따라서 그 유해한 영향)의 최소화를 추구하는 것이 최적화가 된다.

진단절차에서 환자 방호의 최적화에서는, 동일인이 위험과 이득을 받고 또 환자선량에 개인적 제한은 절차의 의료목적에 반생산적이 수 있으므로 선원중심 개인선량 제약치는 적당하지 않다. 대신에 특정 절차의 선량이 동료 전문가가 그 절차에서 달성하는 선량과 크게 다르지 않음을 확신하기 위해(그러한 차이의 이



유가 알려져 합당하고 수궁할 수 있는 것이 아니라면) 진단참조준위(DRL)를 사용한다. DRL은 개인 환자보다는 유사한 환자 그룹에 적용된다. 이점은 ICRP가 통상 추구하는 바 집단선량에 근거한 공리주의적 방호정책과 개인 선량에 제약치를 사용하는 도의론적 안전조치 사이의 균형에 반한다. 의료에서 방사선방호 정책은 방사선피폭이 의료목적과 부합하는 것이다.

이 보고서에서 이러한 여러 고려가 다소 상세히 논의되며, 나아가 의료에서 방사선방호 현안 이슈에 대한 ICRP의 근간 주제보고서 시리즈에서 제공된 조언들을 개괄한다.

**트리튬에 대한 현재  $w_R$ 은 충분하다.** 의학적 의미에서 방호량, 방사선가중치 및 조직가중치의 계산과 적용에는 신중한 생각이 필요하다는 것이 위에서 암시하는 바이다. 물론 이 양들은 모든 피폭상황에서 기본적 고려사항이지만 때로는 열띤 논쟁의 사유가 된다. 근래에 트리튬에서 나오는 베타 방사선의 생물학적효과비(RBE)와 일상 방사선방호에서 사용할 트리튬에 대한 방사선가중치( $w_R$ )가 자주 논제가 되고 있다. 간단히 말하면 낮은 선량에서 암 유발에 대해 적어도 일부 여건에서는 감마선에 대비한 트리튬 RBE 값으로 2가 적당할 수 있고 이로써 왜 ICRP가 트리튬의  $w_R$ 로 1을 계속 권고하는지에 대한 의문으로 비화되고 있다.

기본적으로 이에 대한 대답은 계획피폭상황에 대해서 적정 방호수준은 제약된 최적화에 의해 결정되는데 그 결과는 전형적으로 해당 선량한도의 작은 분율인 선량이 된다. 트리튬 방사선의 RBE 평가에는 많은 불확실성이 있고 기준인에 대해 정의되고 기준모의체에서 평가되는 유효선량을 지지하는 가정에는 많은 의도적 단순화도 있다. 등가선량이나 유효선량을 산출하는 데 복잡성을 더하는 것은 방호를 개선하지 않을 것이고 불합리한 계산 정밀도를 제기하게 될 것이다.

이 주제에 대한 보다 충실한 이해를 돕기 위해서 Harrison과 Day(2008)가 체내 방사체로부터 선량과 위험 평가에 사용된 방법론에 대한 검토를 J. Radiological Protection에 게재했다. 그 학술지 같은 호의 논설에서 Cox(ICRP 부위원장), Menzel(제2분과 위원장)과 Preston(제1분과 위원장)이 ICRP 입장을 상세히 설명하고 있다. 이 논문들은 [www.iop.org/EJ/journal/JRP](http://www.iop.org/EJ/journal/JRP)에서 무료로 내려받을 수 있는데 체내 방사체 특히 트리튬과 관련한 방사선방호 정책 이슈에 관심 있는 사람들에게 적극 권고할 자료이다.

**Jack Valentin (ICRP 과학서기)**

Cox, R., Menzel, H.-G., Preston, J., 2008. Internal dosimetry and tritium – the ICRP position. J. Radiol. Prot. 28, 131–135.

Harrison, J.D., Day, P., 2008. Radiation doses and risks from internal

emitters. *J. Radiol. Prot.* 28, 137–159.

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

# 목 차

역자서문 .....	v
요지 .....	vii
논설 .....	viii
사용 약어 .....	xiii
머리말 .....	xv
1. 배경 .....	1
2. 의료에서 전리방사선의 이용 .....	5
3. 방사선방호를 위한 생물학적 근거의 요약 .....	7
3.1. 결정론적 영향 .....	7
3.2. 확률론적 영향 .....	7
3.3. 태내 방사선 피폭의 영향 .....	8
4. 방사선량 계측량 .....	11
5. 2007년 권고의 방사선방호 골격 .....	15
5.1. 선원중심 원칙 .....	15
5.2. 개인중심 원칙 .....	16
6. 의료에서 환자를 위한 방사선방호의 특이사항 .....	17
6.1. 의도적 피폭 .....	17
6.2. 자원한 피폭 .....	17
6.3. 무증상 환자의 의료 스크리닝 .....	18
6.4. 방사선치료 .....	18
6.5. 방사선량의 관리 .....	18
6.6. 환자집단의 인구통계 .....	18
6.7. 의료에서 방사선 사용에 따른 위해의 범위 .....	19
7. ‘행위’라는 용어에 대한 논의 .....	21
8. 의료에서 방사선학적 행위의 정당화 .....	23
8.1. 규정된 방사선절차의 정당화 .....	24
8.2. 개별 환자에 대한 절차의 정당화 .....	25
9. 의료피폭에서 환자 방호의 최적화 .....	27

9.1. 일반 접근	27
9.2. 진단참조준위와 선량제약치의 사용	27
9.3. 의료피폭의 관리	28
<b>10. 진단참조준위</b>	<b>29</b>
10.1. ICRP 60과 ICRP 73의 진단참조준위	29
10.2. 보조지침 2의 진단참조준위	31
<b>11. 개인선량한도</b>	<b>35</b>
<b>12. 방사선치료에서 사고 예방</b>	<b>37</b>
<b>13. 방사성물질이 개입된 사건, 사고의 관리</b>	<b>39</b>
<b>14. 교육훈련</b>	<b>41</b>
<b>15. 기관 대책</b>	<b>43</b>
<b>16. 환자 아닌 사람의 방호를 위한 실제 방법</b>	<b>45</b>
16.1. 직무피폭	45
16.2. 일반인피폭	46
16.3. 의생명연구 대상 자원자의 피폭	46
16.4. 위안자 및 간병인의 피폭	47
<b>부록 A. 의료에서 방사선방호의 집중 평가</b>	<b>49</b>
A.1. 임신과 의료방사선(ICRP 84)	49
A.2. 형광투시 유도 중재방사선 절차(ICRP 85)	51
A.3. 방사선치료에서 사고피폭(ICRP 86)	52
A.4. 전산화단층촬영(ICRP 87)	53
A.5. 일반 의사에 대한 지침(보조지침 2)	54
A.6. 디지털 방사선의학(ICRP 93)	54
A.7. 비밀봉 방사성핵종(치료 후 퇴원)(ICRP 94)	55
A.8. 고선량률 근접치료(ICRP 97)	57
A.9. 전립선암에 대한 영구선원 근접치료(ICRP 98)	58
A.10. 다행전산화단층촬영(ICRP 102)	59
<b>전체 참고문헌</b>	<b>61</b>

## 〈역주〉 사용 약어

AEC automatic exposure control 자동노출조절

CT computed tomography 전산화단층촬영

DRL diagnostic reference level 진단참조준위

HDR high dose rate 고선량률

ICRP International Commission on Radiological Protection 국제방사선방호위원회

ICRU International Commission on Radiation Units and Measurement 국제방사선단위  
측정위원회

IAEA International Atomic Energy Agency 국제원자력기구

LDR low dose rate 저선량률

LET linear energy transfer 에너지전달선밀도

LNT linear no-threshold (model) 문턱 없는 선형 (모델)

MDCT multi-detector computed tomography 다행검출기 CT

PET positron emission tomography 양전자방출단층촬영

RBE relative biological effectiveness 생물학적효과비

SDCT single-detector computed tomography 단행검출기 CT

UNSCEAR UN Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 유엔방사선  
영향과학위원회

WHO World Health Organization 세계보건기구









# 1. 배경

(1) ‘의료에서 방사선 방호와 안전’이란 제목의 ICRP 73(1996)은<sup>1)</sup> 1990년 ICRP 권고(ICRP, 1991a)의 의료 적용을 확대하기 위해 발간되었다. 이 간행물은 ICRP 73을 확장하고 위안자와 간병인, 그리고 의생명 연구대상 자원자의 피폭을 포함한<sup>2)</sup> 환자의 의료피폭에 관한 ICRP의 2007년 권고(ICRP, 2007d)를 보완하기 위해 제3분과위원회가 작성한 것이다.

(2) 지난 10년간 ICRP는 전리방사선의 의료이용에서 방사선방호와 안전에 대한 구체적 조언을 위해 제3분과위원회가 준비한 많은 문서를 발간해 왔다. 이들 간행물은 방사선원의 종류와 그들이 적용되는 의료 부문별로 규정된 구체적 주제를 겨누어서 해당 의사나 기타 임상 직원과 직접 소통할 의도로 작성되었다. 이들 간행물을 연차순으로 정리하면 다음과 같다.

- ICRP 84; 임신과 의료방사선(ICRP, 2000a)
- ICRP 85; 중재방사선 절차에서 방사선 상해의 예방(ICRP, 2000b)
- ICRP 86; 방사선 치료환자의 사고피폭 예방(ICRP, 2000c)
- ICRP 87; CT에서 환자선량 관리(ICRP, 2000d)
- 보조지침 2; 방사선과 당신의 환자: 의사를 위한 지침(ICRP, 2001)
- 보조지침 2; 의료 영상화에서 진단 참조준위-검토와 추가 조언(ICRP, 2001)
- ICRP 93; 디지털 방사선의학에서 환자선량 관리(ICRP, 2003a)
- ICRP 94; 비밀봉선원으로 치료한 환자의 퇴원(ICRP, 2004)
- ICRP 97; 고선량을 근접치료 사고의 예방(ICRP, 2005a)
- ICRP 98; 영구이식 선원을 사용한 전립선암 근접치료의 방사선안전 측면(ICRP, 2005b)
- ICRP 102; 다행검출기 CT에서 환자선량 관리(ICRP, 2007c).

(3) 또한 제2분과와 제3분과 위원회가 공동으로 ‘방사성의약품으로부터 환자 방사선량’이라는 제목으로 1999년에 발표한 ICRP 80은 과거에 발간하지 않았던 10종의 새로운 방사성의약품의 생물역동학 데이터 및 방사선량계측 데이터를 제

---

1) <역주> 원문에서 ‘간행물 xx’(publicatlon xx)로 적은 것을 편의를 위해 우리가 통상 사용하는 방식인 ‘ICRP xx’로 표기했다. 이하에서도 같다.

2) <역주> 원문이 환자가 위안자, 간병인 등을 포함한다고 표현하고 있지만 이는 부주의한 용어의 사용이다. 위안자나 간병인이 환자에 포함되는 것은 아니며 간병인의 피폭이 환자의 의료피폭에 포함되는 것으로 표현하는 것이 바르다.

공하고, 이 주제에 대한 이전 ICRP 간행물 시리즈의 유사한 데이터를 업데이트했다.

(4) 이 간행물을 준비함에 있어서 제3분과위원회는 ICRP 73에서 다룬 주요 논제를 재검토하고, ICRP 73 이래로 발행된 상기 문서들에서 제공된 추가 조언으로 검토결과를 보강하고, ICRP 2007년 권고의 초안을 참조했다.

(5) ICRP는 특정 분야를 다루는 데 작업반이나 작업그룹을 운용한다. 작업그룹은 선정된 임무를 수행하도록 ICRP가 임명하는데 종종 ICRP 외부 전문가를 다수 포함한다. 작업반은 분과위원회를 위해 아이디어를 개발하도록 ICRP의 승인을 받아 분과위원회가 구성하는데, 때로는 작업그룹으로 이어지기도 한다. 작업반 구성원은 보통 분과위원회 위원으로 제한된다. 현재 제3분과위원회는 다음 주제를 겨냥한 문서들을 준비하고 있다.

- 형광투시 안내 절차를 수행하는 심장학자의 방사선방호(작업그룹)
- 방사선 치료에서 이차 암 위험의 평가와 관리(ICRU와 연합 작업그룹)
- 방사성의약품으로부터 환자 방사선량(제2분과위원회와 연합 작업그룹)
- 전리방사선을 수반하는 진단기술에서 아동 보호(작업반)
- 방사약사의 손 선량(작업반)
- 진단 및 형광투시 안내 절차에서 방사선방호 훈련(작업반)
- 사고나 직무로 방사선 피폭자의 의학적 검사 및 추적(작업반)
- 징후 없는 사람에 대한 전리방사선 검진(작업반).

(6) 이들 문서가 완료되면 제3분과위원회는 의료에서 방사선방호에 대한 추가 조언을 내놓을 것이다.

(7) 이 보고서에서, '피폭exposure'이라는 용어는 전리방사선에 노출되는 행위를 표현하기 위해 사용된다. '선량' 또는 '방사선량'이라는 용어는 특정 방사선량을 구체적으로 의미하지 않는 상황에서 사용된다. 의미가 구체적일 때는 그 구체적 이름의 양(예: 흡수선량, 등가선량, 유효선량)을 사용한다.

## 1.1. 참고문헌

ICRP, 1991a. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21(1-3).

- ICRP, 1996. Radiological protection and safety in medicine. ICRP Publication 73. Ann. ICRP 26(2).
- ICRP, 1999b. Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. Addendum to ICRP Publication 53. Also includes Addendum 1 to ICRP Publication 72. ICRP Publication 80. Ann. ICRP 28(3).
- 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. Also includes: Diagnostic reference levels in medical imaging – review and additional advice. ICRP Supporting Guidance 2. Ann. ICRP 31(4).
- ICRP, 2003a. Managing patient dose in digital radiology. ICRP Publication 93. Ann. ICRP 34(1).
- ICRP, 2004. 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, 2007c. Managing patient dose in multi-detector computed tomography. ICRP Publication 102. Ann. ICRP 37(1).
- ICRP, 2007d. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2–4).



## 2. 의료에서 전리방사선의 이용

(8) 다른 어떠한 인간 활동보다 의료절차로부터 많은 사람들이 전리방사선을 피폭하고 종종 개인선량도 더 높다. 의료시스템이 선진화된 나라에서는 연간 방사선 진단절차 횟수가 모든 국민마다 1회에 이르거나 초과한다(UNSCEAR, 2000). 나아가 같은 유형의 검사에서 병원별로 환자선량이 크게 다른데, 이것은 환자선량 관리에 할 일이 상당함을 암시한다(UNSCEAR, 2000).

(9) 의료에서 방사선피폭은 주로 진단검사, 중재적 절차, 또는 방사선치료를 받는 개인에게 일어난다. 진단검사는 의학과 치의학 목적을 포함한다. 중재적 절차는 주로 형광투시 안내이이만 CT 안내 기술도 개발, 사용되고 있다. 그러나 환자를 돌보거나 위안하는 다른 사람과 의료진 또한 방사선에 노출된다. 진단절차 중에 소아환자를 잡고 있는 부모나 방사성의약품 투여 후 또는 근접치료 기간 동안 환자 가까이 오는 친구나 가족들이 이러한 다른 사람에 포함된다. 방사선 의료이용으로부터 일반 대중 구성원의 피폭도 발생하지만 대부분 매우 낮은 수준이다. 의료와 관련하여 종사자에 대한 방사선방호(직무피폭)와 공중 구성원에 대한 방사선방호(일반인 피폭)는 ICRP의 다른 문서에서 다루고 있지만 제16.1절과 16.2절에서 이들 주제에 대해 짧게 언급한다. 이 간행물의 나머지는 환자와 그 간병인 또는 위안자, 생물의학 연구 자원자의 아래와 같은 의료피폭에 대해 집중한다.

- 진단, 중재방사선, 치료 목적을 위한 개인의 피폭. 임신 중 또는 모유 수유를 하는 환자의 방사선 의료절차에 따른<sup>3)</sup> 그 태어나 유아의 피폭을 포함한다.
- 진단이나 치료를 받는 환자를 병원이나 가정에서 돌보거나 위안하는 가족이나 친구와 같은 개인이 알면서 기꺼이 받는 피폭(직무피폭 제외<sup>4)</sup>).
- 자원자에게 직접 이익이 없는 의생명 연구 프로그램의 일부로 자원자가 받는 피폭.

(10) 의료에서 방사선 이용으로 인한 피폭은 인공 방사선 피폭의 95% 이상을 기여하고, 피폭원으로서 세계적으로 자연 백그라운드 방사선 다음이다(UNSCEAR, 2000). 미국에서는 2006년도 예비 분석에서 환자의 의료피폭 기여가 국민이 받는 피폭원으로서 자연방사선과 대등한 것으로 평가되고 있다

3) <역주> 원문은 “의료피폭에 따른”으로 표현하고 있지만 태어나 유아의 피폭은 어머니에게 적용되는 방사선의료절차에 따른 것이지 어머니의 의료피폭에 따른 것은 아니어서 표현을 수정했다.

4) <역주> 여기서 직무피폭이란 직업적 간병인의 피폭을 의미한다.

(Mettler 등, 2008)

(11) UNSCEAR(2000)는 1985-1990년과 1991-1996년 기간의 평가를 비교했을 때, 세계적으로 인구는 10%밖에 증가하지 않은 반면에 환자 의료피폭으로 인한 연간 1인 당 유효선량은 35%, 집단선량은 50% 증가하였다고 결론을 내렸다. 또한 전세계적으로 해마다 대략 20억건의 X선 연구와 3200만건의 핵의학 연구가 수행되며, 600만명이 넘는 환자가 방사선 치료를 받는 것으로 평가했다. 이 수치는 향후 더 증가될 것으로 예상된다.

(12) 전체적으로, UNSCEAR(2000) 평가 이래 의료피폭이 증가하는데 선진국과 개발도상국 모두에서 CT 사용이 빠르게 증가한 것이 주요 원인이다(ICRP, 2000d; ICRP, 2007c)

(13) 세계적으로 의학과 치의학 방사선영상 장치는 대략 200만대이다. 직무피폭 의료 종사자 수를 평가하기 쉽지는 않지만, UNSCEAR(2000)는 피폭감시를 받는 의료 방사선작업자가 적어도 2300만 명일 것으로 평가한다.

## 2.1. 참고문헌

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

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

Mettler, F.A., Thomadsen, B.R., Bhargavan, M., et al., 2008. Medical radiation exposure in the U.S. 2006: Preliminary results. 43rd Annual Meeting of the National Council on Radiation Protection and Measurements: Advances in Radiation Protection in Medicine. Health Phys. 95(5), 502-507.

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, NY.

### 3. 방사선방호를 위한 생물학적 근거의 요약

(14) 방사선의 생물학적 영향은 결정론적 영향(조직반응)과 확률론적 영향(암과 유전적 영향) 두 그룹으로 나눌 수 있다. 이 영향들을 여기에 간단히 설명한다. 방사선방호의 생물학적 근거에 대해서는 2007년 권고와 다른 ICRP 문서에서 깊이 다루고 있다.

#### 3.1. 결정론적 영향 (조직반응)

(15) 기관 또는 조직에서 많은 세포가 사멸할 때만 결과가 발생하는 영향이라면, 방사선량이 어떤 문턱을 넘을 때만 영향이 관찰될 것이다. 문턱의 높이는 선량률(즉, 단위 시간 당 선량), 방사선의 에너지전달선밀도, 피폭 조직이나 기관, 조직이나 기관 피폭부위의 부피, 관심 임상영향 등에 의존한다. 문턱을 넘어 선량이 증가하면, 발생 확률은 100%로 빠르게 치솟고(피폭한 모든 사람에서 영향이 나타난다), 선량 증가에 따라 영향의 심각도가 증가한다. ICRP는 이러한 영향을 ‘결정론적(조직반응)’이라 부르는데, 결정론적 영향에 대한 상세한 토론과 정보를 ICRP 103(2007a)에 주었다. 이러한 영향은 방사선치료나 중재적 절차, 특히 절차가 복잡하여 긴 투시 시간을 요구하거나 영상을 다수 얻어야하는 형광투시 안내 중재방사선 절차에 전리방사선을 사용하는 데서 발생할 수 있다.

#### 3.2. 확률론적 영향 (암과 유전영향)

(16) 단일 세포 DNA의 방사선 손상도 생식능력이 있는 세포의 변형 원인이 될 수 있다는 데는 세포학적 또는 분자생물학적 증거가 충분히 있다. 일반적으로 매우 효과적인 신체의 방어에도 불구하고, 발생한 이러한 유형의 손상이 반드시 방사선과 관련되지는 않은 다른 작용제의 촉진작용에 의해 악성상태(신체적 영향)로 진행될 확률이 작지만 있다. 확률이 낮은 만큼 이러한 영향은 피폭한 사람의 매우 작은 수에서 발생한다. 처음 손상이 생식세포에 있었다면 유전영향이 일어날 수 있다.

(17) 방사선이 원인인 확률론적 영향의 확률은 선량에 따라 증가하고 낮은 선량에서는 아마도 선량에 비례할 것이다. 높은 선량과 선량률에서는 확률이 단순 비례보다 높게 증가하기도 한다. 결정론적 영향의 문턱에 가까운 더 높은 선량에서

는 경쟁 영향인 세포 치사 때문에 확률의 증가는 완만해지고 감소하기 시작한다. 신체적이거나 유전적인 이러한 영향을 ‘확률론적’이라고 부른다. 이러한 영향의 확률은 전리 방사선이 의료절차에 사용될 때에도 증가한다.

(18) 한 번의 방사선 검사로 환자의 암유발 확률 증가는 매우 작지만, 선진국에서는 평균적으로 매년 한 번 검사를 받으므로 누적 리스크가 따라서 증가한다. 문턱 없는 선형모델을 가정한 계산은 일반인 집단에서 방사선학적 절차로 인한 피폭 때문으로 볼 수 있는 암사망 비율이 전체 암사망률의 수 % 수준에 이를 수 있다고 평가한다(NAS/NRC, 2006). 나아가 집단 내에서 위험이 불균일하다. 환자의 일부 그룹은 건강 상태 때문에 훨씬 더 자주 검사를 받는다. 또한, 어떤 그룹은 암유발에 대해 평균보다 높은 감수성을 보인다(예: 배태아, 유아, 아동, 유전적으로 취약한 사람). 더욱이 젊은 나이에 암이 발생한 사람의 수명손실은 암이 늦은 나이에 발생한 사람보다 훨씬 크다. 이러한 모든 상황은 의료에서 방사선 사용의 올바른 정당화와 방사선방호의 최적화가 필수 불가결한 방사선방호 원칙임을 적시한다.

(19) 신체적 또는 유전적 영향에 대한 상세 토론과 정보는 ICRP 103(2007a)에서 볼 수 있고, 낮은 선량에서 암 위험에 대한 ICRP의 견해는 ICRP 99(2005c)에 주어져 있다. 역학적 근거만으로는 100 mGy 이하의 낮은 흡수선량에서 공중구성원에 암위험 증가가 있는지 없는지를 확정하는 것은 가능하지 않다. 낮은 선량이나 낮은 선량률에서 방사선방호의 현실적 목적을 위한 신중한 근거로 문턱 없는 선형모델을 유지한다.

(20) ICRP는 유전적으로 암에 취약한 사람의 주제를 검토하여 ICRP 79에 일차적 견해를 밝혔는데, 이 주제에 대해 의미 있는 정량적 판단을 내리기에는 가용한 정보가 부족하다. ICRP는 이 주제가 방사선방호에 주는 의미에 대해 계속 주시할 것이다.

### **3.3. 태내 방사선 피폭의 영향**

(21) 임신 기간 배태아의 방사선 관련 위험은 임신 단계와 배태아의 흡수선량과 관련된다. 이들 위험에 대해 치명적 영향, 기형, 중추신경계 영향, 백혈병과 소아암이라는 제목으로 아래에 짧게 정리하였다. ICRP는 태내 피폭의 영향을 ICRP 90(2003b)에서 상세히 평가한 바 있다.



### 3.3.1 치명적 영향

(22) 태아 발달에서 착상전기에는 방사선 피폭에 의한 치명적 영향에 대한 배아의 감수성이 있다. 100 mGy 미만의 선량에서는 치명적 영향은 매우 드물기에 출산 후 건강에 유의한 위험이 있을 것으로 볼 이유가 없다.

### 3.3.2 기형

(23) 보통 수태 후 3~8주 사이인 주요 기관형성기 동안은 특히 피폭 당시 발달하고 있는 장기에서 기형이 발생할 수 있다. 이 영향은 대략 100 mGy의 문턱을 갖는다.

### 3.3.3 중추신경계 영향

(24) 수태 후 8~25주에는 중추신경계가 방사선에 대하여 높은 감수성을 보인다. 태아 선량이 100 mGy 미만일 때 지능지수 저하는 임상적으로 확인할 수 없다. 같은 기간에 1 Gy 수준의 태아 선량에서는 중증 지능저하가 높은 확률로 나타난다. 감수성은 수태 후 8~15주 동안에 가장 높게 나타나고, 태령 16~25주에서는 낮아진다.

### 3.3.4 백혈병과 소아암

(25) 방사선은 성인과 아동 모두에서 백혈병이나 여러 종류의 암 확률을 증가시키는 것으로 보인다. 대부분 임신 기간에 배태아 피폭의 잠재 발암영향 위험은 아동기 피폭과 거의 같은 것으로 본다(즉, 성인 위험의 약 3배).<sup>5)</sup>

(26) 임신한 환자가 전리방사선을 이용한 진단검사, 중재적 절차, 방사선 치료를 받을 때는 위에 열거한 영향들을 고려함이 중요하다. 특정 방사선학적 절차에 수반되는 배태아의 유해한 보건영향 잠재성과 환자 건강관리에 사이에 균형이 이루어져야 한다.

## 3.4. 참고문헌

ICRP, 1999a. Genetic susceptibility to cancer. ICRP Publication 79. Ann. ICRP 28(1/2).

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

---

5) <역주> 원문 표현이 혼란을 초래할 우려가 있어 수정했다.

ICRP, 2005c. Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk. ICRP Publication 99. Ann. ICRP 35(4).

ICRP, 2007a. Biological and epidemiological information on health risks attributable to ionising radiation: a summary of judgements for the purposes of radiological protection of humans. Annex A to 2007 Recommendations.

NAS/NRC, 2006. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionising Radiation: BEIR VII Phase 2. Board on Radiation Effects Research. National Research Council of the National Academies, Washington, D.C.

## 4. 방사선량 측정량

(27) 확률론적 영향에 대한 방사선방호에 사용되는 기본 물리량은 한 장기나 조직에 평균한 흡수선량이다(즉, 평균 흡수선량으로서 장기에 전달된 에너지를 그 장기나 조직의 질량으로 나눈 값). 결정론적 영향(조직반응)과 관련해서는 흡수선량을 직접 방사선장에 노출된 피부 체적처럼 높게 노출된 부분적 조직에 대해 평균한다. 흡수선량의 표준단위는 J/kg이고 그 특별히 명칭은 '그레이(Gy)'이다.

(28) 일반적으로 X선을 사용하는 의료 영상화 절차에서 진단이나 증재적 절차를 거치는 환자의 장기나 조직 흡수선량은 직접적으로 측정할 수 없다. 그러므로 환자선량 관리를 돕기 위해 외부 방사선장을 특화하는 측정 가능한 양이 사용된다. 여기에는 신체 표면이나 모의체 내에서 조직등가 물질의 흡수선량과 같은 간단한 양이 포함되지만, X선장치(예를 들면 CT 등, ICRP, 2000d, 2007c 참조)의 특성에 따라 여러 복잡한 양들도 포함된다. 최근에 많은 실제 측정으로부터 조직이나 장기 내의 흡수선량을 유도하는 방법에 괄목할 발전이 있었고, 특히 ICRU 보고서 74 '의료 영상화에 사용되는 X선의 환자선량 계측'(ICRU, 2005)과 같은 상당한 분량의 데이터도 가용하다. 핵의학에서는 투여 방사능(Bq 단위)이 측정가능한 그러한 양이다.

(29) 어떤 방사선은 확률론적 영향을 미침에 다른 방사선보다 더 효과적이다. 이를 고려하기 위해 등가선량(장기나 조직의 평균 흡수선량에 무차원 방사선가중치를 곱한 양)이 도입되었다. 의학에 사용되는 대부분 방사선에 대해서는 방사선가중치로 1이 부여되었으므로 흡수선량과 등가선량은 수치로 같다. 알파입자나 중이온은 방사선가중치가 20이고, 양성자는 2이며, 중성자에 대해서는 신체에 입사하는 중성자 에너지에 대한 연속함수로 주어진다. 등가선량 단위의 특별명칭은 시버트(Sv)이다. 방사선가중치에 대한 자세한 논의는 ICRP 92(2003c)에 있다.

(30) 신체 내 상이한 장기나 조직의 방사선 피폭은 해독의 확률이나 심각도에서 차이가 있다. ICRP는 해독의 확률과 심각도의 조합을 '위해detriment'라 부르는데 위해는 보건 위해를 의미한다. 피폭으로 인한 확률론적 영향의 조합된 위해를 반영하기 위하여 각 조직과 장기의 등가선량에 조직가중치를 곱하고 전신에

대해 합하여 유효선량을 얻는다. 유효선량 단위의 특별명칭도 시버트(Sv)이다. 2007년 권고의 조직가중치는 ICRP 103(2007b)에 있다.

(31) 방사선방호 지침을 수립하기 위한 주요 방호량으로 유효선량을 사용하려는 것이 ICRP 의도이다. 특정 개인의 피폭에 대한 확률론적 영향의 위험을 소급적으로 평가하거나 사람 피폭의 역학적 평가에 유효선량을 사용해서는 안 된다. 조직가중치를 정의할 목적으로 하는 ‘위해’의 유도에서 방사선 위험의 여러 성분의 상대적 심각도로 ICRP 판단이 적용되었기 때문이다.<sup>6)</sup> 이러한 확률론적 위험은 연령과 성별에도 의존한다. 종사자와 일반인(이들을 위해 유효선량이 유도됨)의 연령과 성별 분포는 전리방사선을 사용하는 의료절차에 접하는 집단의 전체적 연령 및 성별 분포와 상당히 다를 수 있으며, 평가 대상 의학적 상황에 대한 사람들의 이환률에 따라 한 의료절차와 다른 절차 사이에도 분포가 다를 수 있다. 이러한 이유로 방사선의 의학적 사용에 대한 위험평가는 위험에 처하는 개별 조직에 적절한 위험 값을 사용하고 그 의료절차를 받는 개인들의 연령과 성별 분포에 대해 평가하는 것이 가장 좋다.

(32) 유효선량을 도출하는 대표적 환자나 환자집단이 연령이나 성별에서 유사하다면 다음에 대해서 확률론적 영향과 관련된 선량을 상대적으로 비교하는 데는 유효선량이 현실적 가치를 갖는다.

- 여러 진단검사와 중재적 절차
- 병원과 나라에 따라 사용되는 유사한 기술과 절차
- 같은 의학적 검사에 사용되는 다른 기술

그러나 대표적 환자나 환자집단(예; 아동, 모두 여성, 노령 환자)의 연령이나 성별 분포가 ICRP의 양성, 전 연령 분포와 분명한 차이가 있을 때에는 2007년 ICRP 권고(ICRP, 2007d)의 제4.3.5절에 주어진 대로 도출된 유효선량의 비교는 부적절하다. 이는 확률론적 영향의 위험 크기가 연령과 성별에 의존한다는 사실의 결과이다.

## 4.1. 참고문헌

ICRP, 2000d. Managing patient dose in computed tomography. ICRP

---

6) <역주> 개인적 위해나 역학적 평가는 과학적 접근에 따라야 하는데 유효선량을 결정하는 가중치를 정하는 과정에 과학적이지만은 않은 ICRP의 “판단”이 개입되었기 때문이라는 설명이다. 과학적 평가에는 흡수선량이나 생물학적효과비(RBE)를 가중한 흡수선량이 더 적절하다.

- Publication 87. Ann. ICRP 30(4).
- ICRP, 2003c. Relative biological effectiveness (RBE), quality factor(Q), and radiation weighting factor( $w_R$ ). ICRP Publication 92. Ann. ICRP 33(4).
- ICRP, 2007b. Quantities used in radiological protection. Annex B to 2007 Recommendations.
- ICRP, 2007c. Managing patient dose in multi-detector computed tomography. ICRP Publication 102. Ann. ICRP 37(1).
- ICRP, 2007d. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2-4).
- ICRU, 2005. Patient dosimetry for x-rays used in medical imaging. ICRU Report 74. J. ICRU 5(2).



## 5. 2007년 권고의 방사선방호 골격

(33) 방사선방호의 첫째 목적은 방사선피폭을 수반하는 유익한 활동을 과도하게 제한하지 않으면서 사람과 환경에 대한 적절한 방호표준을 제공하는 것이다. 앞서 언급했듯이 의료 방사선원은 환자의 보건관리에 의도적으로 사용되며 제어된 방법으로 사용하도록 설계된다.

(34) 2007년 권고에서 ICRP는 계획, 긴급 및 기존 상황에 동등하게 적용되는 원칙을 설정했고, 기본원칙(정당화, 방호최적화, 선량한도 적용)이 어떻게 개인과 방사선원에 적용되고 선원중심 원칙(정당화와 방호최적화)이 어떻게 모든 피폭상황에 적용되는지를 밝혔다.

### 5.1. 선원중심 원칙

(35) 다음 두 선원중심 원칙은 모든 피폭상황에 적용한다.

- 정당화 원칙: 기존의 방사선 피폭상황을 변경하는(새 방사선원을 도입하거나 기존피폭을 줄임으로써) 어떠한 결정에는 해로움보다 이로움이 커야 한다. 이는 새 방사선원을 도입하거나, 기존피폭을 줄이거나, 또는 잠재피폭 위험을 줄이는 것이 그로써 야기될 손해를 상쇄하기에 충분한 개인적 또는 사회적 이익을 달성해야 함을 의미한다.
- 방호최적화 원칙: 피폭 초래 가능성, 피폭하는 사람의 수, 개인 선량의 크기는 사회적, 경제적 인자를 고려하여 가능한 낮게 유지되어야 한다. 이는 해로움 대비 이로움의 여분을 극대화함으로써 방호수준이 여건에서 최선이여야 함을 의미한다. 이 최적화 과정에서 심히 불평등한 결과를 피하기 위하여, 특정 선원으로부터 개인에 대해 선량이나 위험에 제한(선량이나 위험 제약치와 참조준위)이 있어야 한다.

ICRP는 계획피폭상황에서는 ‘선량제약치’를, 기존 또는 비상 피폭상황에서는 ‘참조준위’를 사용한다. 그러나 환자의 의료피폭은 계획상황이지만 이에 선량제약치를 적용하지 않으며<sup>7)</sup> 방호최적화를 위한 도구로 진단참조준위를 사용한다(제10절 참조).

---

7) <역주> 의료피폭으로 분류되는 간병인이나 위안자의 피폭, 또는 의생명연구 자원자의 피폭에는 선량제약치를 적용한다.

## 5.2. 개인중심 원칙

(36) 이 원칙은 환자의 의료피폭을 제외한 계획피폭상황에 적용한다.

- 계획피폭상황에서 선량한도 적용 원칙: 의료피폭이 아닌 계획피폭상황의 모든 규제된 선원으로부터 개인의 총 선량이 ICRP가 권고하는 적절한 한도를 넘어서는 안 된다.

(37) 환자의 의료피폭이 적합하게 정당화되고 해당 선량이 의학적 목적에 부합한다면 환자의 의료피폭에 선량한도나 선량제약치를 적용하는 것은 적절하지 않다. 그러한 선량한도나 선량제약치는 종종 이롭기보다 해로울 것이기 때문이다(제9.2절 및 11절 참조).

(38) 의료진이 적절히 교육훈련을 받았다면 방사선치료를 제외한 대부분 의료 상황에서는 - 심지어 대부분 형광투시 안내 중재방사선 절차에서도 - 결정론적 영향(조직반응)의 문턱선량에 접근하지는 않을 것이다. 그러므로 ICRP 정책은 이러한 선량이 문턱선량 미만에 머무르도록 피폭을 관리하는 것이다. 확률론적 영향의 가능성을 완전히 무시하지는 못하므로 불필요한 피폭원을 회피하고 필요하거나 불가피한 피폭원으로부터 선량을 줄이는 모든 합리적 단계를 취하는 것이 정책이다.

(39) 활동 수행에 무리 없이 적용되는 방사선방호의 실제 체계 개발에 이들 원칙을 적용함에 ICRP는 피폭을 다음과 같이 세 유형으로 나눈다. 의료피폭은 주로 질병 진료의 일부로서 사람(또는 환자의 태어나 모유수유 유아)이 받는 피폭이지만 그 위안자나 간병인(직업적이 아닌), 의생명연구 대상으로 자원자의 피폭도 포함한다. 직무피폭은 주로 업무의 결과로서 직장에서 발생하는 피폭이다. 일반인피폭은 기타 모든 피폭이다. 어느 정도는 방호시스템이 이들 피폭 유형에 따라 달리 적용되므로 그 차이를 분명히 하는 것이 중요하다. 이 문서에서는 환자, 위안자 및 직업적이 아닌 간병인, 그리고 의생명 연구대상 자원자의 의료피폭에서 특이점을 다룬다.

## 5.3. 참고문헌

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



## 6. 의료에서 환자를 위한 방사선방호의 특이사항

(40) 의료에서 환자의 방사선 피폭이 갖는 몇몇 측면은 다른 유형의 방사선피폭과 약간 다른 방사선방호 접근을 요구한다.

### 6.1. 의도적 피폭

(41) 환자 피폭은 의도적인 것이다.<sup>8)</sup> 치료방사선 외에는 환자에게 선량 부여를 목적으로 하지는 않으며 진단정보를 얻기 위해, 또는 중재방사선 기술을 수행하기 위해 방사선을 이용한다. 그럼에도 방사선은 의도적으로 사용되며<sup>9)</sup> 원하는 결과를 침해하지 않고는 환자선량을 무한정 줄일 수는 없다.

### 6.2. 자원한 피폭

(42) 환자에게 방사선 사용은 그 환자의 직접적 보건 이득과 결부되어 본질적으로 자원에 따른 것이다. 자발적 결정은 예상 이득뿐 아니라 잠재적 위험(방사선 위험 포함)까지도 포함한 여러 수준의 이해동의informed consent와 함께 이루어진다. 이해동의를 얻기 위해 제공되는 정보의 양은 피폭준위(가령 진단, 중재 또는 치료 준위)와 방사선 때문으로 볼 수 있는 의학적 상태의 발생 가능성에 따라 달라진다. 보편적으로 흉부X선 절차와 같은 위험이 낮은 절차에 대해서는 이해동의를 거의 얻지 않지만, 중재방사선 기술과 같은 절차에는 더 높은 이해동의를, 대부분 방사선치료에서는 사전에 최고의 이해동의를 구한다.

(43) 자원한 피폭이 직접적으로 개인의 의학적 이득을 가져오지 않는 예외적 경우는 의생명 연구목적으로 인체에 방사선을 사용하는 것이다. 이러한 상황에서는 자원한 피폭이 개인적 이득이 아닌 사회적 이득을 가져오는 것으로서, 이해동의를 항상 필요하다.

---

8) <역주> “환자의 피폭이 의도적이다.”라는 표현은 다소 문제가 있다. 의료목적에 위해 방사선을 사용하는 것은 의도적이지만 환자에게 “피폭을 주기 위해” 방사선을 사용하는 것은 아니므로 환자의 피폭이 의도적이라고 표현하는 것은 사실 적절하지 않다. “환자에게 방사선을 사용함은 의도적이다.”라고 표현하는 것이 무난하다.

9) <역주> 원문은 선량이 의도적으로 주어진다고 표현하고 있지만 위 역주에서 설명한 것과 같은 이유로 의미전달에 문제가 있을 수 있어 표현을 수정했다.

### 6.3. 무증상 환자의 의료 스크리닝

(44) 임상적 발증이 없는 질환을 확인하기 위한 목적으로 스크리닝이 수행된다. 조기 진단이 빠르고 보다 효과적인 치료로 이어져 삶의 질과 생존에 더 나은 결과를 얻으려는 것이 목표이다. 예를 들어 유방촬영처럼 전리방사선을 이용한 현행 스크리닝 절차는 합당한 것으로 보여 특정 집단에 대해서는 권고되고 있다. 반면에 최근 증상 없는 사람들이 질병을 확인하기 위한 스크리닝으로 CT(자기의외 포함)나 양전자방출단층촬영술(PET) 시행 빈도가 늘어나고 있는데, 현재의 과학적 문헌에 근거할 때 이러한 대부분 스크리닝은 정당화되지 않는다.

(45) 스크리닝 절차를 거치는 환자들에게는 잠재적인 이득뿐만 아니라 방사선 위험을 포함한 위험에 대해 충분히 알려야 한다. 증상 없는 사람들에 대한 전리방사선을 이용한 모든 스크리닝은 임상적 가치에 대해 평가되고 정당화되어야 한다.

### 6.4. 방사선치료

(46) 방사선치료는 종양 표적조직을 박멸시키거나 환자의 증상을 완화시키는 것을 목적으로 한다. 주변 조직에 약간의 결정론적 상해(조직반응)나 피폭한 비표적 조직에 확률론적 영향의 위험은 피할 수 없다. 방사선치료의 목표는 종양 제어 확률과 정상 조직 합병증 사이의 관계를 최적화하는 것이다.

### 6.5. 방사선량의 관리

(47) 의료에서 환자의 방사선량을 의학적 목적에 부합하게 관리할 것이 요건이다. 목표는 원하는 영상이나 원하는 치료를 얻기에 적절한 선량을 사용하는 것이다. 이러한 관점에서 ICRP는 영상화 절차에 대해 진단참조준위를 도입했는데 뒤에서 보다 상세히 논의할 것이다.

### 6.6. 환자집단의 인구통계

(48) ICRP가 개발한 위험 평가는 노동인구나 전체 인구집단에 적용되며, 방사선 방호 지침을 마련하기 위한 목적으로 연령과 성별에 대한 평균집단을 위해 도출

되었다(제4절 참조). 다양한 연령 집단에 대한 위험은 피폭연령과 피폭한 조직이나 장기에 따라 다르게 나타난다. 아동 피폭의 경우 생애 사망(모든 암) 위험이 아마도 2~3배 정도 높을 것이다(ICRP, 1991a). 단위 선량 당 위험이 더 높지만 일반적인 여러 유형의 진단 검사에서 성인이 받는 선량에 비해 상대적으로 선량이 낮음에 의해 상쇄될 수 있다. 피폭연령이 약 60세이면 아마도 위험이 1/3 정도로 낮을 것이다. 더 높은 연령대가 되면 위험은 더욱 낮아지게 된다(ICRP, 1991a).

(49) 의료피폭으로부터 환자선량을 다른 피폭원으로부터 사람의 선량과 비교하는 데 유효선량의 개념을 적용하는 것은 어려운데 다른 피폭원들에 대한 유효선량 값이 연령과 성별에 대한 평균집단에 대한 것이기 때문이다. 기준 환자나 환자집단이 연령과 성별에서 비슷하다면, 유효선량은 다른 진단절차들의 선량을 비교하거나, 여러 병원이나 국가에서 유사한 기술의 이용을 비교할 때, 또 같은 의학 진단에 다른 기술을 사용할 때 선량을 비교하는 데 유용할 수 있다. 제4절에 언급한 바와 같이, 방사선 사용을 계획할 때나 위험-이득분석에서는 방사선이 조사된 인체 조직에 대한 등가선량이나 흡수선량이 적합한 양이다.

## 6.7. 의료에서 방사선 사용에 따른 위해의 범위

(50) 의료행위에서 환자 개개인에 대한 잠재적 방사선 위해의 범위는 넓다. 위해의 범위는 (일반적으로) 미미한 데서부터 (드문 경우) 치사까지 이른다.

(51) 미미한 위해의 예로는 나이가 매우 많은 환자의 흉부X선촬영 절차를 들 수 있다. 이 경우 흡수선량이 낮으므로 결정론적 영향(조직반응)의 가능성이 없으며, 그 환자 수명기간에 나타날 확률론적 영향의 위험도 본질적으로 없다.

(52) 방사선 위해가 보다 유의한 예는 CT 진단일 수 있는데, 여기서는 환자에게 상당히 높은 선량이 발생할 수 있다. 전신 CT 진단에서 조직의 흡수선량은 전형적으로 10~100 mGy 범위에 있다. 그러므로 만일 45세의 무증상 성인이 이 연령부터 자발적으로(자기의뢰) 30년간 연례 전신 CT 진단을 받는다면, 상당한 수준으로 생애 누적 조직 흡수선량[즉, 300~3000 mGy(0.3~3 Gy)]을 축적할 것이다. 이정도 누적 흡수선량은 사람에 대한 역학연구에서 암 확률의 증가가 관찰된 크기이다(UNSCEAR, 2000).

(53) 또한 중재적 절차에 형광투시 사용에서 불필요하게 높은 선량으로 인해 결

정론적인 상해(조직반응) 빈도가 증가하고 있다(ICRP, 2000b). 방사선종양학에서는 치료법으로부터 편차에 대한 허용도가 매우 작다. 대개 10% 과선량은 합병증 위험을 용인할 수 없을 정도로 높이게 된다. 반면, 부족선량은 암 치료의 실패를 가져오며, 예상보다 많은 암 사망으로 나타날 수 있다.

## 6.8. 참고문헌

ICRP, 1991a. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21(1-3).

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

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, NY.

## 7. ‘행위’라는 용어에 대한 논의

(54) 이전에 ICRP는 선량을 증가시키는 ‘행위practice’와 선량을 감소시키는 ‘개입 intervention’을 구별하였다(ICRP, 1991a). 이 두 상황에는 서로 다른 방호원리가 적용되었다. 이러한 구분은 어려움을 초래할 뿐 아니라 부자연스럽다. 이제 ICRP는 그 권고가 적용되는 모든 상황 즉, 계획, 긴급 및 기존 상황에 대하여 단일 세트의 원리를 권고한다.

(55) 그러나 ‘행위’라는 용어가 방사선방호에서 널리 이용되어져 왔다. 의료에서는 전형적으로 ‘행위’<sup>10)</sup>라는 용어가 의사가 환자에게 제공하는 의학적 보호를 의미해 왔다. 가령 방사선종양학에서 이 용어는 환자에 대한 초기 상담, 정확한 진단으로 암의 진단 단계 규정, 치료계획, 치료 과정의 관리, 후속 추적 등을 의미하게 된다.

(56) 의료에서 전리방사선 이용에 관하여 ICRP가 의학계와 의사를 소통할 때에는, ‘행위’라는 용어를 의학계가 쉽게 이해할 수 있는 방법으로 나타낼 필요가 있다. 의료에서 일반적인 의미의 행위와 구별하기 위해 ‘의료에서 방사선학적 행위’라는 용어를 권고한다. 이렇게 하면 의료인들이 ICRP의 방사선방호 개념을 더 잘 이해하는 데 도움이 될 것이다.

### 7.1. 참고문헌

ICRP, 1991a. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21(1-3).

---

10) <주석> 국내에서는 단순히 ‘행위’보다는 ‘의료행위’라는 용어가 통용되고 있다.



## 8. 의료에서 방사선학적 행위의 정당화

(57) 원론적으로, 어떠한 인간 행위를 채택하거나 지속하는 결정을 하기 위해서는 가능한 방안의 이득과 불이익을 검토해야 한다. 통상 이러한 검토로부터 해로움보다 이로운이 크게 하는 여러 선택적 절차를 얻게 된다. 나아가 X선 진단과 초음파 진단 사이의 선택처럼 여러 방안 가운데 어느 것이 ‘최선’인가를 판단하는 더 발전된 과정이 필요할 수도 있고 이는 복잡하다. 고려하는 해로움 즉, 엄밀하게 위하는 방사선과 관련된 위해에만 한정되지는 않으며 그 행위로 인한 기타 위해와 경제적, 사회적 비용을 포함한다. 대개 방사선 위하는 전체 위해의 작은 부분이 될 뿐이다. 이러한 이유로 ICRP는 ‘정당화’라는 용어의 사용을 위 단계들<sup>11)</sup> 중 첫 단계에만 한정한다(즉, 정당화는 순이익이 있을 것만 요구한다). 가용한 최선 방안을 찾는 것은 통상 방사선 방호조직의 책무 밖에 있는 업무이다.

(58) 국가의 보건체제에 따라, 아마도 방사선 검사를 받을 환자를 의뢰하는 데는 상업적 관심이 영향을 미칠 것인데 그 이유는 그러한 검사가 현대적 방사선과를 두고 있는 병원, 대학 의료시설, 의원들의 주요 수입원이 될 것이기 때문이다. 이러한 상황은 모범 의료행위 요구를 넘을 수 있는 빈번한 방사선 검사를 의뢰하는 동기를 초래할 수도 있다. 환자에게 정당화되지 않는 위험을 부과하는 그러한 의뢰는 의료윤리나 방사선방호 원칙에 어긋나기 때문에 ICRP는 이를 부인한다.

(59) 의료에서 방사선학적 행위의 정당화에 필요한 대부분 평가는 경험과 전문가 판단, 상식을 근거로 이루어진다. 그러나 정량적 의사결정 보조기법들이 가용하므로 만일 필요한 데이터가 가용하다면 이를 고려해야 한다.

(60) 의료에서 방사선 행위의 정당화에는 대한 세 단계 수준이 있다.

- 가장 일반적인 첫째 수준에서는 의료에서 합당한 방사선 사용은 사회에 해로움보다 이로운을 더 주는 것으로 간주된다. 현재 이러한 일반적 수준의 정당화는 획득된 것으로 보므로 여기서 더 이상 논의하지 않는다.

---

11) <역주> 위에서 단계에 대해 정확히 설명하지 않고 단계를 언급하여 이해가 어려울 수 있다. 여기서 단계란 위에서 설명한 정당화 판단의 수준 즉, 단순히 이로운과 해로움을 비교하는 단계로부터 경쟁 방안과 심층 대비하거나 경제, 사회적 인자까지 고려의 폭을 넓히는 높은 단계 판단으로 이해하면 된다. 이 단계는 제60항에서 설명하는 수준과는 다른 의미이다.

- 둘째 수준에서는 특정 목적의 특정한 절차(예를 들어 해당 징후를 보이는 환자나, 발견하여 치료할 수 있는 질환의 위험에 처한 집단에 대한 흉부X선촬영)가 규정되고 정당화된다. 둘째 수준 정당화의 목적은 방사선 절차로 진단이나 치료가 개선될 것인지, 혹은 피폭자에 대해 필요한 정보를 제공할 것인지를 판단하는 것이다.
- 셋째 수준에서는 그러한 절차를 개별 환자에 적용하는 것을 정당화해야 한다(즉, 특정 절차의 적용이 해당 환자에게 해로움보다는 이로움을 더 주는 것으로 판단되어야 한다). 그러므로 모든 개인의 의료피폭은 특정 목적과 해당 개인의 특성을 고려하여 사전에 정당화되어야 한다.

(61) 정당화의 둘째와 셋째 수준에 대해 아래에 논의한다.

## 8.1. 규정된 방사선절차의 정당화(둘째 수준)

(62) 방사선절차의 정당화는 국가의 보건 또는 방사선방호 당국 및 관련 국제기구와 연계하여 국제 또는 국가의 전문단체가 다룰 일이다. 의료절차로부터 발생하는 총 이득은 환자에 대한 직접 건강 이득 뿐 아니라, 환자의 가족과 사회에 주는 이득을 포함한다.

(63) 의료절차의 정당화가 모든 상황에서 항상 동일한 최선의 절차를 제시하는 것은 아니라는 점에 유의해야 한다. 예를 들어, 심각한 폐 상태의 진단을 위한 흉부 형광투시도 해로움보다 이로움이 많겠지만 흉부촬영이 해로움에 대한 이로움의 비가 크기 때문에 부유한 국가에서는 선호 절차가 될 수 있다. 그러나 형광투시가 여전히 순 이득을 내고 더 나은 대안이 없다면 자원이 부족한 개발도상국에서는 형광투시가 선택 절차가 될 수 있다.

(64) 이와 유사하게, 몇 종류의 암에 대한 일상적 방사선 스크리닝의 정당화도 국가의 발병률과 발견된 암에 대한 효율적 치료의 가용도에 따라 달라진다. 이는 국가마다 차이가 있을 것으로 예상된다.

(65) 비록 의료에서 주 피폭 대상은 환자이지만, 의료진이나 절차와 무관한 일반인의 피폭도 고려해야 한다. 의도하지 않은 피폭이나 사고 피폭의 가능성도 고려해야 한다. 기존 절차의 위험과 효용, 그리고 새로운 절차에 관한 추가 정보가 가용해짐에 따라 정당화 결정은 때때로 검토되어야 한다.



(66) 환자의 이득이 주가 아닌 진단검사에서 정당화는 특별한 고려를 필요로 한다. 보험 목적의 방사선 촬영에서는 일차적 이득이 보험업자에게 가지만 검진을 받는 개인에게도 어느 정도의 경제적인 이득이 있을 수 있다. 의료 과오 주장에 대한 방어로 의사가 요청한 검사는 개인 환자에게는 이득이 거의 없을 것이다.

## 8.2. 개별 환자에 대한 절차의 정당화(셋째 수준)

(67) 개인 피폭에 대한 정당화에는 요망 정보가 이미 가용하지 않은지 확인하는 것이 포함된다. 절차가 이미 일반적으로 정당화된 어떤 증상이나 지시가 있는 개별 환자에 대한 단순한 진단절차를 적용함에는 추가 정당화가 보통 필요하지 않다. 복잡한 진단이나 중재방사선 절차와 같은 고선량 검사에 대해서는 의사에 의한 개별 정당화가 특히 중요하며 가용한 모든 정보를 고려하여야 한다. 여기에는 제안된 절차와 대안 절차에 대한 상세, 개인 환자의 특성, 예상 환자선량, 이미 수행했거나 예정한 검사나 처치에 대한 정보의 가용성이 포함된다. 사전에 의뢰 기준과 환자 범주를 규정함으로써 절차를 빨리 할 수 있을 것이다.



## 9. 의료피폭에서 환자 방호의 최적화

### 9.1. 일반 접근

(68) 의료에서 환자에 대한 방사선방호 최적화는 (1)시설과 장비의 설계, 적절한 선택, 건설과 (2)매일의 업무방법(즉, 업무절차)의 두 단계에 대개 적용된다. 이러한 방호최적화의 기본 목표는 순이득이 최대가 되도록 방사선원에 대한 방호수단을 조정하는 것이다.

(69) 관련 개념은 단순한 용어로 설명될 수 있으나 실제로 이를 적용하는 데는 단순한 상식에서부터 복잡한 정량적 과정까지 이른다. 선원에 관련된 방호대책을 선택함에는 항상 선택 가능한 방안들이 있다. 방호 방안의 선택은 환자, 의료진 그리고 때로는 일반인의 피폭 준위를 직접 변경시킨다. 또한, 선택은 방호에 사용되는 자원의 규모도 바꾼다. 이러한 자원은 경제적 비용에 직접적으로 반영되겠지만 비용에는 의료진에 대한 기타 보건 위험처럼 정량화하기 어려운 사회적 인 비용도 포함될 수 있다.

(70) 방사선방호의 최적화는 선량을 '경제적, 사회적 인자를 고려하여 합리적인 범위에서 최소'로 유지하는 것을 의미하는데, 환자선량이 의료목적에 부합하도록 관리하는 것으로 설명하면 적당하다.

### 9.2. 진단참조준위와 선량제약치의 사용

(71) 환자 방호에서는 위해와 이득을 동일한 개인 즉, 환자가 받게 되는데, 환자 선량은 주로 의학적 필요에 의하여 결정된다. 그러므로 직무피폭 혹은 일반인피폭에서 중요함과 대조적으로 환자에 대해서는 선량제약치가 적절하지 않다. 그럼에도 불구하고 환자선량 관리는 중요한데, 종종 진단참조준위를 이용함으로써 진단 혹은 증재방사선 절차에서 선량 관리를 돕는다. 진단참조준위는 특정 의학적 영상화 절차에서 환자선량이 비정상적으로 높거나 낮은지를 평가하는 방법이다(제10절 참조).

(72) 직업적이 아닌 간병인이나 위안자의 피폭이나, 자원자에게 직접 이득을 제공하지 않는 의생명연구 프로그램에서 자원자 피폭에는 선량한도 형태로 추가

방호가 없기 때문에 선량제약치가 불평등을 제한하기 위해 적용 가능하다.

### 9.3. 의료피폭의 관리

(73) 진단방사선에서 선량을 감축하는 여러 가지 개념이 있다. 진단정보의 손실 없이 선량을 감축하는 단순하고 값싼 수단들이 있지만 이러한 수단들이 사용되는 정도에는 큰 차이가 있다.

(74) 의료피폭에서 방호최적화(환자선량 관리를 통해 이행되는)가 반드시 환자선량을 감축함을 의미하지는 않는다. 예를 들어, 진단방사선 장치는 그리드를 제거하면 선량을 2-4배 감축할 수 있음에도 영상품질을 높이기 위해 종종 산란방지 그리드를 사용한다. 산란 방사선이 중요한 성인의 복부 방사선 촬영에서는 그리드를 제거하면 순이득이 감소할 것이다. 그리드를 제거할 때 영상품질 저하가 그리드 제거로 얻는 선량 감축 이득을 상쇄하고도 남을 것이기 때문이다. 방호최적화는 그리드 제거를 요구하지 않을 것이다. 그러나 작은 아동의 방사선 촬영에서는 산란 방사선의 양이 작아 그리드를 제거함으로써 발생하는 영상품질의 작은 저하가 선량 감축의 이득을 전부 상쇄하지 않는다. 이 경우 방호최적화는 그리드 제거를 통한 선량 감축을 요구할 것이다.

(75) 방사선 치료에서는 표적조직 선량과 신체의 다른 부위 선량을 구별하는 것이 필요하다. 만일 표적조직 선량이 심히 낮다면 치료 효과가 없을 것이다. 그러면 피폭이 정당화되지 않으며 방호최적화 또한 이루어지지 않는다. 그러나 표적 체적 밖의 조직에 대한 방호는 선량계획의 필수 부분이며, 방호최적화와 같은 목표를 포함하는 것으로 간주할 수 있다.

(76) 환자를 돕고 위안하는 사람들(직업적이 아닌)의 피폭에는 비밀봉 방사성핵종이나 이식한 밀봉선원을 이용한 치료 핵의학 절차 후 퇴원한 환자의 가족이나 친지들의 피폭을 포함한다. 이들 그룹에 대한 방호최적화 절차는 피폭이 선량한도로 제한되는 것이 아님을 제외하면 일반인피폭에서와 동일하며 선량제약치 사용도 포함한다.

## 10. 진단참조준위

(77) 의료피폭에서 환자에 대한 진단참조준위 사용에 대한 지침은 ICRP 60(1991a), ICRP 73(1996) 및 보조지침 2(ICRP, 2001)로 제공된 바 있다. 진단참조준위 개념이 진화해 온 약간의 역사를 포함하여 그러한 지침의 요점이 이 절에 주어진다.

### 10.1. ICRP 60과 ICRP 73의 진단참조준위

(78) ICRP 60(1991a)에서 참조준위를 그 이상에서는 어떤 명시된 조치나 결정을 행해야 하는 측정된 양의 값으로 설명했다. 참조준위에는 그 미만은 무시하지만 그 이상에서는 결과를 기록해야 하는 기록준위(recording level), 그 이상에서는 원인이나 의미를 조사해야 하는 조사준위(investigation level), 그 이상에서는 시정 조치를 고려해야 하는 개입준위(intervention level), 그리고 보다 일반적으로 그 이상에서는 어떤 규정된 조치를 취할 조치준위(action level)를 포함했다. 이러한 준위들의 사용은 불필요하거나 비생산적인 일을 생략하고 자원의 효과적 배분을 돕는다. 또 이들 준위는 잠재적으로 위험이 높은 상황에 주의를 끄으로써 방사선방호에도 도움이 된다.

(79) 참조준위<sup>12)</sup>의 특별한 한 형태(진단참조준위)가 의료 X선촬영과 진단 핵의학에 적용된다. ICRP 60(1991a)에서 ICRP는 일부 공통적 진단절차에 적용하기 위해 적절한 전문기구나 규제기관이 선량제한치나 조사준위를 선정하여 사용할 것을 고려하기를 권고했다. 건전한 임상적 판단이 지시한다면 더 높은 선량도 허용되도록 이들 준위는 유연하게 적용되어야 한다. ICRP 73(1996)에서 ICRP는 진단참조준위 개념을 선량제한 개념으로부터 분리하였고 아래에 적시하는 것처럼 더 상세히 논의했다.

(80) 조사준위의 한 형태인<sup>13)</sup> 진단참조준위는 쉽게 측정되는 양, 통상 공기 중

---

12) <역주> 여기서 말하는 참조준위는 과거 권고에서 정의한 참조준위이며 ICRP 103에서 새로 정의한 참조준위가 아니다. 과거 정의를 사용하면서 문장을 현재형으로 한 것은 부주의로서 독자의 혼란을 초래할 우려가 있다.

13) <역주> 진단 목적 방사선 의료행위에 적용하는 진단참조준위는 ICRP 103에서 새로 정의한 참조준위 즉, 비상피폭상황이나 기존피폭상황에 대해 최적화에 적용할 한 제한요소가 아니라 조사준위의 한 형태임에 주의가 필요하다. 즉, 진단참조준위는 “참조준위”라는 표현을 내포하고 있지

또는 단순한 기준모의체나 대표 환자의 표면에서 조직등가물질 중 흡수선량에 대해 적용된다. 핵의학에서는 통상 진단참조준위가 투여 방사능이 된다. 두 경우 모두에서 진단참조준위는 환자선량이나 투여 방사능의 수준이 비정상적으로 높거나 낮은 상황을 식별하는 단순한 시험으로 사용된다.

(81) 만약 절차가 해당 진단참조준위를 넘기는 것이 발견된다면 방사선방호가 적절히 최적화되었는가를 평가하기 위해 절차나 기기에 대한 현장 검토가 수행되어야 한다. 만약 최적이지 않다면 선량 감축을 겨냥한 수단을 취해야 한다.

(82) 진단참조준위는 전문가 판단을 보조하는 것이며 좋거나 나쁜 의료의 경계선을 제시하는 것은 아니다. 진단참조준위는 의료에서 모범 방사선학적 행위에 기여한다. 진단참조준위 수치는 조언 성격이지만 진단참조준위의 이행은 당국에 의해 요구될 수 있다(ICRP, 2001). 진단참조준위 수치를 규제 한도로 사용하거나 상업적 목적으로 사용하는 것은 적절하지 않다.

(83) 진단참조준위는 의료 X선촬영이나 진단 핵의학절차에서 환자의 방사선 피폭에 적용되며 방사선치료에는 적용되지 않는다. 진단참조준위는 ICRP의 선량한도나 선량제약치 수치와 직접적 연계를 갖지 않는다. 이상적으로는 진단참조준위는 방호의 일반적 최적화 결과이어야 한다. 실제로는 그것이 비현실적일 정도로 어려우므로 관찰된 환자선량 분포의 어떤 백분위점으로 초기값을 선정하는 것이 더 쉽다. 진단참조준위 값은 의료 전문단체(국가의 보건 및 방사선방호 당국과 연계하여)가 선정해야 하며 관찰된 선량분포의 장기적 변화와 요구되는 안정성 사이의 타협을 대변하는 주기로 검토되어야 한다. 선정된 값은 그 국가나 지역에 특정적일 것이다.

(84) 원칙적으로 그 미만에서는 선량이 충분히 좋은 영상품질을 제공하기에 너무 낮은 하단 진단참조준위를 선정하는 것도 가능할 수 있다. 그러나 선량 외에 여러 인자도 영상품질에 영향을 미치므로 그러한 진단참조준위를 설정하기가 매우 어려울 수 있다. 그렇지만 만약 관찰된 선량이나 투여 방사능이 진단참조준위보다 지속적으로 크게 낮다면 획득한 영상의 품질에 대한 현장 검토가 있어야

---

만 ICRP 103에서 정의한 참조준위가 아니라 ICRP 60에서 정의한 참조준위 의미를 계승하고 있다(이로써 혼란이 초래될 우려가 있음은 유감이다). 즉, 진행하고 있는 절차에서 환자선량(또는 그 지표)이 다른 시설의 같은 절차에 비해 바람직한 수준을 벗어나지 않는지를 확인하는 지표에 해당하는 조사준위의 일종이다. 결국 진단 환자의 의료피폭에 대해 최적화를 적용할 때는 선량이 제약조건으로 적용되지 않는다는 의미이다.

한다.

## 10.2. 보조지침 2의 진단참조준위

(85) 이후 보조지침 2(ICRP, 2001)에서 아래 제86항 내지 제94항에 적시한 바와 같은 추가 조언을 제공했다. 이 보조지침은 의료영상화 업무에서 진단참조준위를 수립하기 위해 의료 전문그룹과 협조하여 일한 공인 단체가 채택한 여러 접근법에 대한 조사도 포함하고 있다.

(86) 진단참조준위의 목적은 의료영상화 과제라는 임상목적에 기여하지 않는 환자선량을 회피함을 돕는 것이다. 환자의 적절한 참조그룹이나 적절한 기준모의체에서 관찰되는 평균 또는 기타 적절한 값을 진단참조준위 값(해당 지역, 국가 또는 지방에서 도출된)과 비교함으로써 이를 달성할 수 있다. 환자의 참조그룹은 신체변수(예: 신장이나 체중)의 특정 범위 내로 통상 정의된다. 만약 환자의 미선발 표본이 참조그룹으로 사용된다면 관찰된 값이 진단참조준위와 비교하기 적절한 것인지 판단이 모호할 것이다. 진단참조준위는 주어진 의료 영상화 업무나 프로토콜에 대해 적용되는 것이며 개인 환자에게 적용되는 것은 아니다.

(87) 진단참조준위는 다음을 위해 사용될 수 있다.

- 정당화되지 않게 높거나 낮은 값의 빈도를 줄임으로써 일반 의료 영상화 업무에서 지역, 국가 또는 지방에서 관찰된 분포를 개선함.
- 구체적 의료 영상화 업무에 대해 모범관행을 반영하는 더 좁은 선량 값 범위의 달성을 조장함.
- 특정 의료 영상화 프로토콜에서 선량 값의 최적 범위 달성을 조장함.

(88) 주어진 의료 영상화 업무에서 선발된 임상적, 기술적 조건에 대한 사양의 정도에 따라 이러한 사용은 구분된다. 이러한 사용에 대한 정의와 해당 예는 보조지침 2(ICRP, 2001)에 주어졌다.

(89) 실제 관찰된 값이 일률적으로 선정된 상단과 하단 준위를 벗어날 때는 적절한 현장 검토와 조치를 취한다. 이러한 과정은 일반적으로 환자가 받는 불필요한 조직선량을 회피하도록 하여 관련된 확률론적 방사선 보건영향의 불필요한 위험을 예방하도록 도울 것이다.

(90) 원칙적으로 형광투시 안내 중재방사선 절차에서는 불필요한 확률론적 영향

위험의 회피와 관련해 환자선량 관리를 조장하는 데 진단참조준위가 사용될 수 있다. 그러나 어떤 절차의 각 수행마다 형광투시 시간이나 복잡성이 개인 환자의 임상적 여건에 강하게 의존하므로 관찰된 환자선량 분포가 심지어 특정 프로토콜에서도 매우 넓다. 가능한 접근법의 하나는 임상적, 기술적 인자만이 아니라 절차의 상대적 ‘복잡성’까지 고려하는 것이다.

(91) 진단참조준위는 형광투시 안내 중재방사선 절차에서 결정론적 영향(조직반응, 예: 방사선 유발 피부손상)을 관리하는 데는 적용할 수 없다. 이 경우에는 정당화되었지만 시간이 걸리고 복잡한 절차를 거치는 개별 환자에게 결정론적 영향을 예방하는 것이 목적이다. 여기서 필요한 것은 특정 개인 환자에게 수행되는 실제 절차에 대해 결정론적 영향의 문턱선량에 접근하거나 초과하는지를 실시간으로 감시하는 것이다. 적당한 위험 지표량은 최대 누적 피부선량이 발생하는 위치에서 피부의 흡수선량이 된다. 유용한 접근은 (잠재적 방사선 유발 피부손상과 관련하여) 환자 기록이나 간호와 관련해 여러 임상적 조치를 취하는 피부에서 최대 누적선량에 대한 값을 선정하는 것이다(ICRP, 2000b). 그러면 피부의 최대 누적 흡수선량을 지시하는 적절한 양을 실제 절차 중에 감시할 수 있다.

(92) 진단참조준위는 선량이 임상목적과 부합하도록 환자선량을 관리하는 것을 돕는 데 사용되어야 한다.

(93) 진단참조준위 개념은 현장 환경에 적당한 목표를 충족하기 위한 양이나 수치, 그리고 기술적, 임상적 사양의 선택에서 유연성을 허용한다. 진단참조준위를 설정하는 선도적 원칙은 다음과 같다.

- 주어진 의료 영상화 업무에 대해 임상적, 기술적 조건의 사양 정도를 포함하는 목표를 지역, 국가 또는 지방 차원에서 분명히 규정한다.
- 선정된 진단참조준위는 해당 지역, 국가 또는 지방 데이터에 근거한다.
- 진단참조준위로 사용되는 양은 실제적 방법으로 얻을 수 있어야 한다.
- 진단참조준위로 사용되는 양은 환자의 장기나 조직에서 상대적 변화를 적절히 나타내어 주어진 의료영상화 업무에 의한 상대적 위험의 변화에 대한 적절한 척도가 되어야 한다.
- 실제에서 진단참조준위가 사용되는 방법이 분명히 제시되어야 한다.

(94) 국가 보건 또는 방사선방호 당국과 연계하여 구체적 수요에 가장 적합하고 적용될 지역, 국가 또는 지방에 어울리는 진단참조준위를 의료 전문단체가 설정하기를 권장한다.



### 10.3. 참고문헌

ICRP, 1991a. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21(1-3).

ICRP, 1996. Radiological protection and safety in medicine. ICRP Publication 73. Ann. ICRP 26(2).

ICRP, 2000b. 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. Also includes: Diagnostic reference levels in medical imaging – review and additional advice. ICRP Supporting Guidance 2. Ann. ICRP 31(4).



## 11. 개인선량한도

(95) 환자의 의료피폭에는 선량한도를 적용하는 것이 적당하지 않은데 이는 그러한 한도가 종종 이로운보다 해로움을 키울 것이기 때문이다. 현재 진행되고 있고 심각하여 심지어 생명을 위협하는 의학적 상태가 방사선피폭보다 더 결정적일 것이다. 그래서 의료절차의 정당화와 방사선방호 최적화가 강조되고 있다.



## 12. 방사선치료에서 사고 예방

(96) 이 절에서는 방사선치료(기기와 절차)에서 사고예방에 대해 논의한다(ICRP, 2000c, 2005a,b).

(97) 방사선치료에서 사고예방은 기기나 시설의 설계, 그리고 업무절차에서 필수적이어야 한다. 오래전부터 사고예방의 핵심은 실패 결과에 대비한 다중 안전대책을 사용하는 것이었다. 기기고장과 인간실수를 예방하고 이들이 발생한 경우 그 영향을 완화하는 것을 겨냥한 이러한 접근을 “심층방어”라 부른다. 어떤 방어는 기기설계로 제공되며 어떤 방어는 작업절차로 제공된다.

(98) 방사선치료기기는 설계사양을 벗어나는 요구를 배척하게 함으로써 운전자 실수를 줄이도록 설계되어야 한다. 나아가 구역 구획은 치료 중 의료진을 격리하되 환자를 과도하게 고립시키지는 않아야 한다.

(99) ICRP 86(2000c)에 설명한 것처럼 설치가 변경 후마다 방사선 치료기기를 교정해야 하며, 성능에 유의한 변화를 발견할 수 있도록 표준 시험절차에 따라 정기적으로 점검해야 한다.

(100) 작업절차는, 특히 방사선치료에서, 중요 결정사항이 독립적 확인을 거치도록 요구해야 한다. 환자 신원 및 처방된 처치와 직접 연계가 바른지 중복 점검해야 한다. 치료 핵의학에서는 핵의약품과 그 방사능에 대한 이중 점검이 있어야 한다. 관련된 모든 의료진 사이의 효과적 소통이 이러한 과정에서 불가결하다.

(101) 치료에 사용하는 방사선원은 방치되거나 잘못 사용하면 매우 심각한 피폭을 초래할 수 있다. 근접치료 선원은 주기적이고 철저한 재고점검을 받아야 하고 궁극적 안전한 처분대책도 마련되어야 한다. 사망 환자를 취급할 때는 이식선원이나 치료준위 방사성의약품 방사능의 존재 가능성을 고려해야 한다.

### 12.1. 참고문헌

ICRP, 2000c. Prevention of accidental exposures to patients undergoing radiation therapy. ICRP Publication 86. Ann. ICRP 30(3).

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).

### 13. 방사성물질이 개입된 사건, 사고의 관리

(102) 이 절에서는 방사성물질의 오용이나 사고로 인한 선량이나 그 영향을 줄이는 데 택할 수 있는 치유조치를 논의한다. X선발생장치나 가속기에서도 사고나 실수는 일어날 수 있다. 그러한 상태가 끝나면 피폭이 종결되겠지만 초과 선량과 그 영향은 의료처치를 필요로 할 수 있다.

(103) 분할된 방사선치료에서는 초기 분할분에 어떤 실수는 후속 분할분을 조정하여 어느 정도 수정할 수 있다. 이것은 의료개입이라기보다 선량계획의 일부로 보는 것이 합당하다.

(104) 진단 핵의학에서 방사성의약품 오투여는 일반적으로 심각한 보건 문제를 초래하지는 않을 것이지만 해당 환자에게 충분히 설명해 줄 필요가 있다.

(105) 의료에서 방사성물질 사용과 관련한 비상상황에서 치유조치의 예는 다음과 같다.

- 치료에서 방사성옥소를 과도하게 또는 실수로 투여함에 따르는 선량은 안정 옥화칼륨iodide 또는 옥산염칼륨iodate을 조기에 투여하여 갑상선의 방사성옥소 섭취를 줄임으로써 낮출 수 있다.
- 분실된 근접치료 선원으로부터 선량은 선원을 수색하고 피폭할 수 있는 사람들에게 경보로 줄일 수 있다.
- 핵의학에서 빈번한 방사성물질 었지름으로 인한 선량은 오염구역을 조기에 격리하고 관련 환자나 의료진을 소개 관리함으로써 줄일 수 있다.
- 원격치료 방사선원의 부적절한 폐기에 따른 손괴 또는 취급과오로 인한 선량은 심각하고 광범할 수 있다. 공공 영역에서 주된 대응책은 소개, 시설물의 해체, 넓은 구역에 대한 제염을 포함할 수 있다. 광범한 감시계획이 불가피할 것이다. 그러한 조치를 정당화하는 회피선량 수준에 대한 지침을 ICRP 63(1993)에 주었다.<sup>14)</sup>

---

14) <역주> ICRP 63은 이전 권고인 ICRP 60의 방호체계에 기반을 두고 있으므로 당연히 개입의 정당화가 '회피선량'을 기준으로 판단된다. 그러나 새 권고인 ICRP 103은 회피선량이 아니라 '잔여선량'을 기준으로 하므로 이 경우 판단도 잔여선량에 관점을 맞춰야 한다. 이와 같은 비상 피폭상황에서 방호체계의 적용에 대해서는 2009년에 발간된 ICRP 110에 지침이 제공되고 있다.

### 13.1. 참고문헌

ICRP, 1993. Principles for intervention for protection of the public in a radiological emergency. ICRP Publication 63. Ann. ICRP 22(4).



## 14. 교육훈련

(106) 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.

(107) 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.

(108) 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.



## 15. 기관 대책

(109) 방사선절차를 의뢰하는 주치의, 절차를 수행하는 방사선의학자나 다른 의사, 자원을 제공하는 행정직원에 대해 각자의 책임의 명확히 하는 것이 특히 중요하다. 의학물리사의 역할도 포함되어야 한다.

(110) 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.

(111) 기관의 모든 기능에 의도한 표준을 유지하기 위해서는 품질보증 프로그램이 요긴하다. 품질보증 범위에는 방사선방호와 안전을 구체적으로 포함해야 한다. 품질보증과 감사 프로그램(환자선량이나 투여 방사능 포함), 그리고 당국에 의한 검사는 의료피폭이 양호한 방사선방호 조건에서 이루어짐을 보장해야 한다. 이러한 프로그램은 기기를 임상목적으로 첫 사용에 앞서 수행하는 수용시험과 이후 정기적 또는 중요한 보수를 거친 후의 성능시험을 포함해야 한다. 새로운 영상화 기술(예: 디지털)이나 방사선치료절차에는 특별 품질보증 프로그램이 채택되어야 한다.

(112) 모든 검증체계는 기록유지를 포함한다. 직무피폭 기록요건은 보통 규제기관이 정한다. 진단이나 중재방사선 절차에서 절차 관련 선량 양이 측정되면 진단 참조준위와 비교한 기록을 유지해야 한다. 치료방사선에서는 선량계획 데이터, 투여 방사능(핵의학에서), 그리고 치료방사선 환자의 퇴원 당시 방사능이 환자기록에 포함되어야 한다.



## 16. 환자 아닌 사람의 방호를 위한 실제 방법

### 16.1. 직무피폭

(113) 의료를 포함하여 종사자를 전리방사선으로부터 방호하는 원칙은 ICRP 75(1997)에서 충분히 논의하였다. 이 원칙들은 X선, 핵의학 및 치료방사선 시설의 의료진에게도 적용된다.

(114) 직무피폭 관리는 작업장을 관리구역과 감시구역의 두 유형으로 구분하면 보다 단순하고 효과적이게 만들 수 있다. 관리구역에서는 경미한 불운의 발생 잠재성을 포함하는 정상 작업조건에서 특히 방사선피폭의 관리를 목적으로 하는 잘 수립된 절차나 관행을 종사자가 따르도록 요구한다. 감시구역은 통상 별도의 절차를 요구하지는 않지만 작업조건을 검토해야 하는 구역이다. 이러한 구역의 결정은 운영경험과 판단에 근거하는 것이 좋다. 비밀봉 방사성물질에 의한 오염 문제가 없는 구역에서는 지정구역<sup>15)</sup>이 때때로 경계에서 선량률에 의해 결정된다.<sup>16)</sup>

(115) 외부피폭에 대한 개인감시는 충분히 단순하여 자원에 대한 큰 부담을 요구하지 않는다. 의료에서는 관리구역에 종사하는 모든 사람에게 외부피폭 개인감시를 수행해야 한다.

(116) 의료의 여러 분야에서 직무피폭 관리가 특별히 중요할 수 있다. 이러한 분야의 하나는 후장전기법을 사용하지 않고 선원을 이식한 근접치료 환자를 간호하는 것이다. 둘째 예는 형광투시를 이용하는 절차 중 환자를 촉진(觸診)하는 경우이다. 셋째 예는 심장 도관술처럼 형광투시 안내 중재방사선 절차에서이다. 넷째는 핵의학에서 의료진이 핵의약품을 준비하는 일이다. 이러한 절차들에서는 신

---

15) <역주> 관리구역과 감시구역을 의미한다.

16) <역주> 이 설명은 오해의 소지가 있다. 외부피폭이 주된 관심사인 구역에서도 관리구역이나 감시구역이 반드시 '경계'에서 선량률을 근거로 설정되지는 않는다. 예를 들어 일시적인 야외 방사선작업장의 경우는 측정된 선량률이 기준을 넘는 위치에 출입제한을 위한 로프나 울타리를 설치하고 그 내부를 관리구역으로 규정할 수 있으므로 경계에서 선량률을 근거로 한다는 표현이 적절하다. 그러나 영구벽이 경계로 된 방과 같은 시설에서는 방 안에 따로 관리구역을 설정하는 것이 아니라 방 자체를 관리구역으로 지정하게 되므로 일반적으로 경계에서는 선량률이 기준보다 크게 낮을 수도 있다.

중한 차폐 및 시간 제한이 필요하다. 개인감시와 그 결과에 대한 조사도 중요하다. 근접치료에서는 빈번하고 신중한 선원 재고관리가 요긴하다.

(117) 선원으로부터 의료진을 방호하기 위한 시스템(예: 차폐)은 환자가 고립되는 느낌을 최소화하도록 설계해야 한다. 이 점은 특히 선원이 환자 몸속에 들어가는 핵의학이나 근접치료에서 특히 그러하다.

(118) 임신을 선언한 후 임신한 종사자의 작업조건은 잔여 임신기간 동안 배태아의 추가 증가선량이 1 mSv를 초과할 우려가 없도록 하는 것이어야 한다고 ICRP는 권고한다. 이 권고의 해석에서 임신한 여성에게 불필요한 차별을 초래하지 않음이 중요하다. 임신선언 이전의 임신기간은 종사자에 대한 정규 방호가 감당하는데 이때는 본질적으로 남성과 여성이 동등하다.

## 16.2. 일반인 피폭

(119) 병원이나 진단방사선실에 일반인 출입은 제한되지만 산업계나 연구실험실 운영에서 보편적 수준보다는 더 개방적이다. 일반인이 지정구역이 아닌 장소에 출입함에 제한을 가할 방사선방호 근거는 없다. 일반인 출입 시간은 제한되기 때문에, 감시구역 일반인 출입이 환자나 방문자에 대해 도움이 되고 적절한 방사선방호 안전장치가 있다면 감시구역에 대해 출입을 용인하는 정책을 채택할 수도 있다. 고방사능 선원(예: 근접치료 선원이나 기타 치료용 선원)이 있는 관리구역에 일반인의 출입은 필요한 행동요령에 대한 조언을 받은 환자 문병자에 한정된다.

## 16.3. 의생명연구 대상 자원자의 피폭

(120) 의생명연구 대상으로 자원자 사용은 의학과 사람의 방사선생물학에 지대하게 기여한다. 어떤 연구는 질병의 조사에 직접적 가치가 있고, 어떤 연구는 작업장이나 환경의 오염으로부터 흡수될 수 있는 방사성핵종이나 방사성의약품의 생리에 관한 정보를 제공한다. 이러한 모든 연구들이 의료기관에서 이루어지지는 않지만 ICRP는 이러한 모든 자원자의 피폭을 의료피폭 범주에 포함한다.

(121) 의생명 연구에서 자원자의 사용에 대한 윤리적, 절차적 문제에 대해서는 ICRP 62(1991b)에서 다뤘다. 핵심 관점은 자원자에 의한 자유롭고 이해된 선택

을 보장할 필요성, 그 연구의 사회적 가치와 연계된 선량제약치 채택, 그리고 연구의 계획과 수행에 영향력을 행사할 수 있는 윤리위원회의 운영을 포함한다. 정신적으로 건강하지 않거나 결함이 있는 사람 또는 아동의 사용에 대해서도 ICRP 62(1991b)에서 다뤘다. 윤리위원회가 방사선방호에 대해 자유롭게 조언할 수 있어야 한다는 점이 중요하다.

(122) 많은 나라에서 임신 여성이 의생명 연구 대상으로 방사선을 피폭하는 것을 구체적으로 금지하지는 않고 있다. 그러나 임신 여성이 그러한 연구에 관계되는 일은 거의 없으므로 임신이 연구의 필수 부분이 아니라면 이를 억제해야 한다. 만약 연구에 참여하더라도 배타아를 보호하기 위해 엄격한 관리가 이루어져야 한다.

#### 16.4. 위안자 및 간병인의 피폭

(123) 환자를 돕거나 위안하는 친지나 친척도 역시 자원자이지만 이때에는 이들과 환자 모두에 직접 이득이 있다. 이들의 피폭은 의료피폭으로 정의되지만 환자 방문자나 핵의학 환자가 퇴원하여 집에 있을 때는 가족의 방호정책을 규정하는데 사용할 선량제약치는 수립해야 한다. 지금까지 ICRP가 선량제약치 값을 권고하지는 않았지만 성인에 대해 사건 당(즉, 치료 후 관심 기간 끝까지<sup>17)</sup>) 5 mSv가 합리적이다. 그러나 선량제약치는 유연하게 사용되어야 한다. 예를 들어 심하게 아픈 아동의 부모에게는 더 높은 선량이 적절할 수 있음은 당연하다. 아동, 유아는 물론 직접 환자를 위안하거나 간호하지 않는 방문자는 일반인으로 취급되어야 한다(연간 1 mSv의 일반인 선량한도가 적용된다). 비밀봉 방사성핵종으로 치료 후 환자 퇴원문제는 부록 A.7절에서 더 자세히 다룬다.

#### 16.5 참고문헌

ICRP, 1991b. Radiological protection in biomedical research. ICRP Publication 62. Ann. ICRP 22(3).

ICRP, 1997. General principles for the radiation protection of workers. ICRP Publication 75. Ann. ICRP 27(1).

---

17) <역주> 원문 표현은 약간 다르나(for the duration of a given release of a patient after therapy) 의미전달이 어려워 쉽게 표현했다.





## 부록 A

### 의료에서 방사선방호의 집중 평가

(A1) 제3분과위원회는 전리방사선의 의료 이용에서 방사선방호와 안전에 관한 구체적 조언을 제공하는 여러 문서를 생산해왔다. 각개 문서는 주어진 의료전문 분야에서 특정 방사선원에 초점을 두거나 주어진 유형의 환자에게 초점을 맞추고 있다. 각개 문서는 의료 방사선에 적용 가능한 현행 ICRP 권고 적용의 종합편이다. 요컨대 의료에서 방사선방호 및 안전과 관련하여 다음과 같은 발견이 현저하다.

- 의사소통은 해당 의료인을 지향하고 그들에게 친숙한 형태로 하며 적절한 권위기구 또는 전문기구를 통해 이루어져야 한다.
- 진단방사선이나 중재방사선에서는 의료 과업에 부합하도록 환자선량을 관리하는 것이 비생산적 방사선피폭을 회피하는 적절한 방법이다. 기기는 이를 가능하게 하는 특성을 갖춰야 한다. 지역, 국가 또는 지방 수준에서 적절히 도출된 진단참조준위가 가장 효과적인 접근이 될 것이다.
- 치료방사선에서는 사고예방이 무엇보다 중요한 이슈이다. 사고에 대한 검토와 사고예방을 위한 조언이 ICRP 86(2000c, 외부 빔과 고체 근접치료 선원에 대해), ICRP 97(2005a, 고선량률 근접치료HDR 선원에 대한 추가 조언) 및 ICRP 98(2005b, 전립선암 근접치료에 사용되는 영구이식선원에 대한 추가 조언)에 있다.

(A2) 이들 집중 간행물이 발간된 순서대로 그 대강을 아래에 준다. 각각은 가장 해당되는 ICRP 방사선방호 기틀의 특성을 보여준다.

#### A.1. 임신과 의료방사선(ICRP 84)

(A3) 매년 임신한 환자 및 종사자 여러 천 명이 전리방사선을 피폭한다. 지식의 부족이 근심뿐만 아니라 아마도 불필요한 임신중절 원인이 되고 있다. 대부분 환자에서는 피폭이 적합한 반면 일부 환자들에서는 피폭이 부적절하여 배태아를 증가된 위험에 빠뜨린다.

(A4) 전리방사선을 이용하는 모든 노출에 앞서 그 여성이 임신했거나 그 가능성

이 있는지 결정하는 것이 중요하다. 발달 중인 배태아의 방사선 감수성 때문에 임신 중 의료피폭에는 특별한 고려가 요구된다. 검사를 수행하는 방법은 배태아가 직접법에 들어가는지, 그리고 절차가 상대적으로 고선량을 요구하는지에 따라 다르다.

(A5) 바르게 수행된 대부분 진단절차에서 받은 태내 선량이 태내사망, 기형을 포함한 발달장애, 또는 지능발달 결손을 백그라운드 발생률 이상으로 관찰가능하게 증가시킬 위험은 없다. 치료절차에 관계되는 선량처럼 높은 선량은 발달장애를 초래할 잠재력을 갖는다.

(A6) 임신 환자나 종사자는 태내 피폭으로 발생할 수 있는 잠재적 방사선 영향의 유형과 크기에 대해 알 권리를 가진다. 진단방사선 절차가 의학적으로 지시된다면, 그 절차를 수행하지 않을 때 어머니에게 주는 위험이 이를 수행할 때 배태아에게 줄 위험보다 거의 항상 클 것이다. 대부분 핵의학 절차는 배태아에게 높은 선량을 주지 않는다. 그러나 핵의학에 사용되는 일부 핵의약품(예: 방사성옥소)은 배태아의 위험을 증가시킬 수 있다.

(A7) 방사선치료에 앞서 여성 환자가 임신했는지를 확인하는 것은 요긴하다. 임신 환자에서도 골반으로부터 먼 위치의 암은 방사선으로 치료할 수 있지만 신중하게 계획되어야 한다. 골반부위 암은 배태아에 심각하거나 치명적 영향을 주지 않고는 임신 중에 방사선으로 적절히 치료할 수 없다.

(A8) 임신하지 않은 여성에 대한 직무피폭 관리의 근거는 남성에 대한 것과 같다. 그러나 여성 종사자가 고용주에 대해 임신을 선언하면 배태아에 대한 방호수준을 일반인에 대한 수준과 대체로 같게 확보하기 위한 추가 관리를 해야 한다.

(A9) 많은 나라에서 임신 여성이 의생명연구 대상 자원자가 됨을 구체적으로 금지하지는 않고 있으나 그러한 참여는 거의 없다. 임신이 연구의 필수부분이 아니라면 이는 억제되어야 한다. 만약 이를 수행한다면 배태아를 보호하기 위해 방사선 사용을 엄격히 관리해야 한다.

(A10) 임신중절은 많은 인자의 영향을 받는 개인 결심이다. 발달 중인 개체에 100 mGy 미만 흡수선량은 임신중절 사유로 고려하지 않아야 한다. 이 수준을 넘는 배태아 선량에서는 배태아 선량의 추정 크기, 이에 따른 발달 중인 배태아의 위험이나 후속 삶에서 암 위험을 포함하는 개별 상황들에 근거하여 이해결심

informed decision이 이루어져야 한다.

## A.2. 형광투시 유도 중재방사선 절차(ICRP 85)

(A11) 방사선안전이나 방사선생물학에 대해 적절히 훈련받지 않은 의사가 형광투시 안내 중재방사선 절차를 수행하는 일이 증가하고 있다. 이러한 중재방사선 시술자의 많은 수가 그러한 절차에서 상해 잠재성이나 그 발생을 줄이는 간단한 방법들에 유의하지 않고 있다. 많은 환자들이 방사선위험에 대해 상담을 받지 못하며, 어려운 절차에서 방사선량이 상해로 이어질 수 있는 경우에도 추적관리를 받지 못한다. 어떤 환자는 방사선 유발 피부손상을 겪기도 하며, 어린 환자는 장차 증가된 암 위험에 직면할 수도 있다. 중재방사선 시술자는 시술행위에 제한을 받기도 하고 상해를 입기도하며, 의료진이 높은 선량을 받게도 한다.

(A12) 일부 중재방사선 절차에서는 환자 피부선량이 암을 치료할 때 치료방사선 분할에서 보는 선량에 근접한다. 부적절한 기기 사용과, 더 빈번히는 미흡한 운영기술 때문에 환자에게 방사선 유발 피부손상이 발생하고 있다. 중재방사선 시술을 수행하는 의사나 의료진의 상해도 관찰되고 있다. 환자에게 급성 선량이 2 Gy일 때 홍반이, 2 Gy에서 백내장이, 7 Gy에서 표피탈락이, 12 Gy에서 지연된 피부괴사가 유발될 수 있다. 눈에 분할된 선량(직무피폭처럼)을 3 개월 이내에 받으면 4 Gy에서, 3 개월이 넘는 기간에 받으면 5.5 Gy에서 백내장이 유발될 수 있다.<sup>18)</sup> 그러나 시력장애와 관련한 눈의 방사선 감수성에 대한 새로운 데이터가 나올 것이 예상되는데 ICRP는 데이터가 가용하면 이를 고려할 것이다.

(A13) 환자와 의료진의 선량을 관리하는 현실적 조치들이 가용하다. 최대 선량을 받는 환자 피부 영역의 흡수선량이 주요 관심사이다. 현장의 모든 프로토콜은 형광투시 안내 절차마다 누적 피부선량과 여러 부분 절차와 관계하는 피부 부위에 대한 설명을 포함해야 한다. 중재방사선 시술자는 피부선량과 이를 관리하는 기법에 대한 정보를 활용하도록 훈련받아야 한다. 1 Gy(반복될 수 있는 절차에 대해) 또는 3 Gy(모든 절차에 대해)에 접근하거나 초과하는 최대 누적 흡수선량은 환자기록에 입력되어야 하며, 이때에는 후속추적 절차가 따라야 한다. 방사선 유발 상해의 위험이 상당한 경우에는 환자와 상담해야 하며, 환자의 개인 주치의에게도 방사선 영향의 가능성에 대해 알려야 한다. 환자와 의료진 보호를 위한

---

18) <역주> 백내장 유발 문턱선량은 여기서 주어진 값보다 상당히(1 Gy 미만) 낮춰질 것으로 보인다. 현재 제1분과 작업반이 이를 검토 중이며 곧 보고서가 발간될 것이다.

훈련은 중재적절차를 사용하는 의사에 대한 교육에서 필수이어야 한다. 모든 중재방사선 기술자는 방사선 상해에 대해 절차 결과를 감사하고 검토해야 한다. 새로운 형광투시 안내 중재방사선 절차를 도입할 때는 방사선 위험을 포함한 위험과 이득을 고려해야 한다.

### A.3. 방사선치료에서 사고피폭(ICRP 86)

(A14) 방사선안전 관점에서 방사선치료는 다음과 같은 이유에서 방사선 이용의 매우 특별한 경우이다.

- 매우 높은 선량(20~80 Gy)을 의도적으로 부여하기 위해 매우 강한 방사선빔에 사람을 직접 노출시키거나(외부빔 치료) 조직에 직접 접촉시켜 방사선원을 둔다(근접치료).
- 과다선량 뿐만 아니라 부족선량도 심각한 결과를 낼 수 있다.

(A15) ICRP 86은 외부 빔이나 근접치료 고체 선원으로 치료를 받는 환자와 관련된 사고피폭의 예방을 돕고자 하였으며 비밀봉선원을 사용하는 방사선치료를 직접 다루지는 않는다. 이 간행물은 치료방사선 절차에 직접 관계하는 전문가, 병원 행정가 및 보건당국이나 규제당국까지 다양한 독자를 대상으로 한다. 채택한 접근법은 심각한 사고들을 예시하고 이들 사건들의 원인과 기여 인자들을 논의하며, 때로는 곤혹스런 사건의 결과를 요약하고 그러한 사건을 예방에 관한 권고를 제공하는 방식이다. 논의되는 대책은 기관차원 배려, 직원 훈련, 품질보증 프로그램, 적절한 감독, 명확한 책임 규정, 그리고 즉각적 보고를 포함한다.

(A16) ICRP 86에서 설명한 많은 사고피폭에서 단일한 원인은 확인되지 않는다. 통상 사고에 기여하는 인자들(예를 들어 의료진 훈련 미흡, 독립적 점검 미수행, 품질관리 절차 미흡, 총체적 감독 부재)이 조합되어 있다. 그러한 조합은 종종 전반적 경영관리 부실로 포괄적 품질보증 프로그램 없이 환자치료가 이루어짐을 적시한다. 여러 사건에 공통적 인자를 식별하여 상세히 논의하고, 규정, 교육 및 품질보증의 관점에서 방사선치료 사고 예방을 위한 대책에 관한 명시적 권고들을 제시했다.

(A17) 방사선치료 과정에서 받는 선량은 정상조직에 용인선량의 상단 끝에 있다. 따라서 우발적 초과선량은 종종 곤혹스럽고 때로는 치명적 결과를 초래한다. 잘 훈련된 의사는 환자에게 부정적 반응이 비정상적으로 높게 발생하는 것으로부터 10% 이상의 우발적 초과선량을 발견할 수 있다. 부족선량 사고는 임상적으로

발견되기 어려워 저조한 종량관리에 의해서만 밝혀질 것이다.

(A18) 세계적으로 방사선치료 빈도는 증가하고 있어 사고예방을 위한 대책을 취하지 않으면 사고빈도도 증가할 것이 예상된다. 다수의 심각하거나 치명적인 방사선치료 사고가 보고된 반면, 더 많은 사고들이 발생했지만 식별하지 못했거나 규제기관에 보고하지 않았으며 문헌으로 발행하지 않았을 것으로 보인다.

(A19) 방사선치료에 사용하는 복잡한 기기나 기술은 사고예방을 위해 건설한 위험이해 규제, 병원 차원에서 경영진 의지, 적정 수의 훈련된 의료진, 충분한 자원, 품질보증 프로그램의 기능적 이행, 충분한 의사소통, 계속교육이 있어야 함을 요구한다.

(A20) 현대 기기나 새로운 기술은 품질보증 강화와 고도로 자격 있는 유지관리를 필요로 함을 충분히 이해하지 못하는 위험이 있다. 방사선치료 설비에 책임 있는 사람은 새로운 기기의 바른 취역과 사용하지 않는 기기나 선원의 바른 퇴역을 보장해야 한다.

#### **A.4. 전산화단층촬영(ICRP 87)**

(A21) 전산화단층촬영(CT) 검사는 환자에게 상대적으로 높은 선량을 줄 수 있다. 다수 CT절차로부터 누적 조직 흡수선량(10~100 mGy/절차)은 역학연구로부터 암 확률을 증가시키는 것으로 알려진 선량준위에 근접하거나 초과한다. CT검사 빈도는 세계적으로 증가하고 있고 CT를 사용하는 검사 유형도 점점 많아지고 있다. 진단방사선 분야의 보통 경향과는 반대로, CT에서 빠른 발전은 일반적으로 주어진 적용에서 환자선량의 감축으로 이어지지 않고 있다.

(A22) 그러므로 환자선량 관리는 중요하다. 의뢰하는 의사는 각 검사 결과가 그 환자의 임상 관리에 영향을 미칠 것인지 평가해야 한다. 절차가 정당화됨에 방사선의학자가 동의해야 한다. 방사선의학자와 CT시스템 운전자는 소아나 어린 환자에게 특별한 주의와 함께 개별 환자와 수행할 검사에 대해 기술변수를 맞춤으로써 환자선량을 줄일 가능성에 대해 유념해야 한다. 의학물리사와 협조하여 기술변수를 적절히 선택하고 품질관리에 유의하며 진단참조준위를 적용함으로써 환자선량을 50% 이상 줄이는 것이 가능하다. CT 기기의 추가 개선은 운영자가 불필요한 환자선량을 상당히 줄일 수 있게 도운다. 가장 중요한 기능은 노출인자를 온라인으로 자동 조절하는 것과 다절편 CT에서 새로운 영상재구성 접근이

될 것이다.

## A.5. 일반 의사에 대한 지침(보조지침 2)

(A23) 이 교육적 자료는 불필요한 전리방사선 피폭으로부터 환자를 보호하는 데 중점을 두며 질의-답변 형식으로 구성되어 있다.

(A24) 진단X선 검사, 중재방사선 절차, 핵의학, 방사선치료에서 방사선의 의학적 이용은 보건에 분명한 이득을 준다. 그러나 특히 부적절하게 적용되면 높은 방사선량(치료방사선이나 중재방사선 절차)으로부터 위험이 분명히 있고, 작은 선량(진단에 사용되는 것처럼)으로부터 유해한 영향 가능성이 있다. 방사선치료처럼 많은 선량도 적절히 사용하면 심각한 해독은 방지되지만 낮은 선량도 완전히 제거할 수는 없는 위험을 수반한다. 그러므로 진단에 방사선을 사용함에는 그 방법이 가능한 해독을 최소화하면서 높은 진단 이득을 보장하도록 요구한다.

(A25) 보조지침 본문은 진단에 방사선 사용으로부터 선량 즉, 위험을 최소화하는 기회에 대한 상당한 정보를 제공한다. 불필요한(정당하지 않은) 검사를 회피하고 적용하는 절차를 진단품질 견지와 환자에게 무절제한 선량을 줄이는 관점에서 최적화함으로써 이 목표가 달성될 것이다.

(A26) 방사선치료에서 환자방호의 최적화는 건전한 조직을 최대한 보호하면서 조사하는 종양에 충분히 높은 선량을 유지하여 높은 치유율을 보장하는 데 있다.

(A27) 방사선을 진단과 치료에 사용하는 과정에서 배태아 방호라는 특수한 문제에 대해 설명하고 현실적인 해법들을 권고한다.

## A.6. 디지털 방사선의학(ICRP 93)

(A28) 디지털 기술이 방사선의학 행위를 발전시킬 잠재력은 있지만 방사선 과용 위험도 있다. 디지털 영상화의 주요 장점(즉, 넓은 역동범위, 후처리, 다양한 보기법, 전자적 전송 및 기록보관)은 분명하지만 영상품질을 악화시키지 않고 과노출이 가능하다. 전통적 투과촬영에서는 과노출이 “까만” 필름을 만들었지만 디지털 영상화에서는 넓은 선량범위에서 양호한 영상을 만든다. 디지털 형광투시 시스템에서는 영상을 얻거나 지우는 것이 매우 쉬워 필요 이상으로 영상을 얻는

경향이 있을 수도 있다.

(A29) 디지털 방사선의학에서는 보통 환자선량이 높으면 영상품질이 개선되므로 필요 이상으로 높은 환자선량을 사용하는 경향이 발생할 수 있다. 의료영상화 과정이 다르면 영상품질에서도 다른 수준이 필요하므로 임상목적에서 추가 이득이 없는 선량은 회피해야 한다.

(A30) 부적절한 수준으로 데이터를 압축하거나 후처리 기법을 사용함으로써 영상품질이 나빠질 수 있다. 이러한 모든 새로운 도전들은 방호과정의 최적화의 일부이어야 하며 임상 및 기술 프로토콜에 포함되어야 한다.

(A31) 디지털 영상화에 대해 현장 진단참조준위를 재평가해야 하며 환자선량 인자를 운전 제어반에 전시해야 한다. 디지털 기술이 도입되면 빈번한 선량 감사를 수행해야 한다. 디지털 진단방사선에서 영상품질과 환자선량 관리에 대한 훈련이 이루어져야 한다. 디지털 방사선의학은 새로운 규제를 접할 것이며 의사에게 새로운 도전을 제기할 것이다. 디지털 영상은 얻고 전송하기 쉬우므로 정당화 기준도 보장되어야 한다.<sup>19)</sup>

(A32) 디지털 시스템의 취역에는 임상전문가, 의학물리사 및 방사선사가 참여하여 영상화 성능과 선량관리가 통합되도록 해야 한다. 품질관리에 새로운 절차와 프로토콜(영상의 가시화, 전송 및 보관)을 필요로 한다.

(A33) 산업계는 디지털 시스템에서 노출 변수와 결과적 환자선량에 대해 방사선의학자, 방사선사 및 의학물리사에게 알리는 도구를 발전시켜야 한다. 노출변수와 결과적 환자선량은 표준화되어 전시되고 기록되어야 한다.

## A.7. 비밀봉 방사성핵종(치료 후 퇴원)(ICRP 94)

(A34) 진단절차에서는 거의 해당 없지만 비밀봉 방사성핵종으로 치료한 핵의학 절차 뒤에는 다른 사람들에게 주는 선량을 제한하기 위해 주의가 필요하다. <sup>131</sup>I 이 의료진이나 일반인, 간병인 또는 친척에게 가장 많은 선량을 준다. 치료에 사용하는 다른 핵종(예: <sup>32</sup>P, <sup>89</sup>Sr, <sup>90</sup>Y)은 보통 단순한 베타 방사체여서 부과하는

---

19) <역주> 다른 의료기관에서 촬영한 영상을 쉽게 이전 받을 수 있으므로 재촬영을 생략할 수 있다.

위험이 훨씬 작다. 비밀봉 방사성핵종 사용으로부터 의료진이나 일반인이 받는 피폭에는 선량한도가 적용된다.<sup>20)</sup>

(A35) 집에 있는 친척, 문병자, 간병인에 대해서는 선량한도 대신에 건 당 수 mSv의 선원중심 선량제약치를 적용해야 한다고 ICRP는 이전에 권고했다(ICRP 73, 1996). 건 당(즉, 환자 치료 후 퇴원 한 건 동안) 선량제약치로 5 mSv가 무난할 것 같다(제16.4절 참조).

(A36) ICPR 94(2004)에서 ICRP는 어린 아동이나 유아, 그리고 간병이나 위안에 직접적이 아닌 방문자는 일반인으로 취급(즉, 일반인 선량한도 연간 1 mSv를 적용)해야 한다고 권고했다.

(A37) 다른 사람에게 주는 피폭 양태는 외부피폭, 오염으로 인한 내부피폭, 그리고 환경 피폭경로를 포함한다. 환자가 성인에게 주는 피폭은 주로 외부피폭이다. 환자 침으로부터 유아나 아동의 오염은 소아의 갑상선에 유의한 선량을 준다. 아동이나 임신한 여성의 오염을 방지하는 것이 중요하다. 방사성옥소 치료를 받은 어머니는 모유수유를 즉각 중지해야 한다. 비밀봉 방사성핵종을 사용하는 여러 유형 치료가 임신 여성에게는 금기이다. 여성은 방사성핵종 치료 후 일정 기간(예: 방사성 옥소나 보통의 방사성핵종에서 6개월) 임신해서는 안 된다. 다른 핵종들에 대해서는 길거나 짧은 여러 기간들이 ICRP 94(2004)에 주어져 있다.

(A38) 핵의학 배설물로부터 환경 배출은 <sup>99m</sup>Tc이 지배적이지만 반감기가 짧아 중요성은 덜하다. 다음으로 많이 배출되는 <sup>131</sup>I은 의료사용으로 환경에서 검출되지만 측정 가능한 환경영향은 없다. 방사성옥소 치료 후 환자 소변을 저장하는 것은 거의 이득이 없는 것으로 나타난다. 현대 하수체계로 배출된 방사성옥소는 일반인 선량한도보다 매우 낮은 선량을 일반인이나 하수도 종사자에게 줄 것으로 본다.

(A39) 환자를 입원시킬 것인지 퇴원시킬 것인지 결정은 개별 근거에서 판단해야 한다. 결정에는 환자 체내 잔류방사능 외에도 여러 인자들을 고려해야 한다. 입원은 친척이나 일반인 피폭을 줄이겠지만 병원 의료진 피폭은 늘일 것이다. 입원은 상당한 심리적 부담뿐만 아니라 금전비용이나 기타 비용을 유발하는데 이에 대한 분석과 정당화가 필요하다. 기간이 수 시간으로 한정된다면 방사성옥소 치

---

20) <역주> 원문에는 ‘환자의 의료피폭으로부터 의료진이나 일반인 피폭’으로 부절하게 표현되어 있다.



료 후 환자의 이동으로 다른 승객에게 주는 위해는 거의 없다.

(A40) 환경방사선 감시기나 기타 방사선감시기는 치료 후 여러 주 동안 치료환자를 검출할 수 있다. 그러한 검출기를 운영하는 사람은 핵의학 환자를 식별하고 다루도록 특별히 훈련을 받아야 한다.<sup>21)</sup> 병원은 비밀봉 방사성핵종으로 치료한 구체적 기록을 유지하고 예방지침과 함께 환자에게도 제공해야 한다. 지난 수 개월 이내에 비밀봉 방사성핵종으로 치료받은 환자가 사망한 경우 특별한 주의가 요구된다.

## A.8. 고선량률 근접치료(사고)(ICRP 97)

(A41) 산업국가는 물론 개발도상국에서도 저선량률(LDR) 근접치료 절차를 대체하여 고선량률(HDR) 근접치료가 급속히 증가해온 기술이다. 연간 약 50만 절차(치료실시)가 HDR로 수행되는 것으로 추산된다. 여러 제작자가 LDR 기기를 중단함으로써 HDR이 주된 대안이 되었다.

(A42) HDR 근접치료 기술은 1.6~5 Gy 정도의 매우 높은 선량을 부여하므로 실수는 임상적 악영향 잠재성이 있는 과다선량이나 부족선량을 초래한다. 선원 포장에서부터 선량부여까지 일련의 절차에서 500건 이상(1명 사망을 포함하여)의 사고가 보고된 바 있다. 방사선 사건의 주된 원인은 사람 실수였다. 만약 의료진이 바로 작동하는 감시기를 사용했고 그 결과에 주의를 기울였다면 많은 사고들이 방지될 수 있었을 것으로 ICRP는 결론을 내렸다.

(A43) <sup>192</sup>Ir은 비교적 짧은 반감기를 가지므로 HDR 선원은 약 4개월마다 교체를 필요로 한다. 연간 1만 개 이상의 HDR 선원이 운송되고 여기에 사고 위험이 따르므로 해당 절차와 규정을 준수해야 한다.

(A44) ICRP 97에 절차와 기기에 대한 많은 구체적 권고가 주어졌다. 비상계획과 비상절차 실습 필요성도 강조하고 있다. 선원의 분실이나 도난 가능성도 유념해야 한다.

(A45) 사고를 예방하기 위해서는 품질보증 절차를 따르는 특별히 훈련된 사람들

---

21) <역주> 특히 대테러 검색과 관련하여 국경 관문의 입국절차에서 문제들이 발생한다. 또, 원자력시설의 출입절차에서도 문제가 되며 때로는 환자의 배설물로 인해 지표수 시료에서 방사능(특히 <sup>131</sup>I)이 검출되는 일도 있다.

의 팀 협력이 필요하다. 유지관리와 모범적이고 안전한 관행을 보장하고 잠재적 사고 원인을 식별하는 절차의 감사가 품질보증의 불가결한 요소이다. 품질보증은 사건들에 대한 동료검토를 포함해야 한다. 유사한 실수를 방지하기 위해 사건과 사고를 보고하고 교훈을 다른 사용자와 공유해야 한다.

## A.9. 전립선암에 대한 영구선원 근접치료(방사선 안전)(ICRP 98)

(A46) 특정 국부성 전립선암 환자 치료에 영구 방사능 이식( $^{125}\text{I}$  또는  $^{103}\text{Pd}$  씨알)은 지난 15년 동안 세계적으로 빠르게 증가하고 있다. 세계에서 연간 5만명 이상의 환자가 이 치료를 받는 것으로 추산되며 가까운 장래에 계속 증가할 것으로 예상된다.

(A47) 의료진이나 환자 가족 구성원에게 악영향이나 사고가 보고된 바는 없지만 이 근접치료 기술은 여러 방사선안전 이슈를 제기한다.

(A48) 시술 후 환자에 접근하는 사람들이 받는 선량에 관한 모든 데이터를 검토했다. 선량을 직접 측정하거나 계산한 것인데, 가용한 데이터는 대부분 경우에 간병인이나 위안자 선량이 연간 1 mSv보다 훨씬 아래임을 보였다. 이식한 시점에 환자 배우자가 임신한 드문 경우에만 특별한 주의가 필요할 수 있다.

(A49) 소변이나 정액 또는 소화관을 통한 선원의 배출은 드물지만 이러한 사건을 적절히 다루도록 환자에게 구체적으로 권고해야 한다. 개별 씨알의 방사능이 적고 에너지 역시 낮아 씨알 유실로 인한 사건이나 사고는 보고된 바 없다.

(A50) 이식 후 첫 수개월 동안 시신의 화장(어떤 나라에서는 화장이 보통임)은 몇 가지 문제를 일으키는데, 환자 소각재에 남은 방사능과 장의직원이나 일반인이 잠재적으로 흡입함으로써 받는 선량이다. 가용한 데이터를 검토한 결과  $^{125}\text{I}$  이식 후 12개월( $^{103}\text{Pd}$  경우는 3개월)이 지나면 화장할 수 있는 것으로 나타났다. 환자가 이 기간 이내에 사망했다면 특별한 대책을 강구해야 한다.

(A51) 이식 후 골반이나 하복부 수술을 할 경우를 대비해 외과의사에게 경고를 줄 수 있도록 환자에게 구체적 권고를 주어야 한다. 이식에 관한 모든 관련 정보를 수록한 ‘지갑카드’가 유용하다.

(A52) 대부분 경우 근접치료는 환자를 불임으로 만든다. 치료에 따른 정액의 변

화가 임신 가능성을 낮추지만 환자는 그러한 영구 이식 후 임신시킬 수 있는 가능성과 제한적이지만 아이에게 유전영향 위험이 있음에 유의해야 한다.

(A53) 영구이식 환자는 일부 방사선 보안감시기 경보를 작동할 수 있음에 유의해야 한다. 이 경우 이식에 관한 주요 정보를 수록한 '지갑카드'가 도움이 될 것이다(위 A51항 참조).

(A54) 가용한 경험을 고려하면 근접치료나 외부빔치료 후 방사선 유발 2차암 위험은 극히 낮다. 근접치료의 입증된 이득은 방사선 유발 암 위험의 매우 제한된 증가(대개 이론적)를 크게 상회함이 분명하다.

## A.10. 다행전산화단층촬영(ICRP 102)

(A55) 현대 CT스캐너는 여러 행의 검출기열을 사용하여 넓은 영역을 신속하게 촬영한다. 모든 신형 CT스캐너는 다중검출기(MDCT)와 단일 또는 이중 X선원을 갖추고 있고, 여러 새로운 선량감축 도구가 상용화 되어있다.

(A56) 단행 CT스캐너(SDCT)에 비해 환자선량을 체계적으로 증가 혹은 감소시키는 여러 가지 고유 특성이 MDCT에 있다. 초기 보고는 MDCT가 SDCT에 비해 환자선량을 증가시키는 것으로 나타났으나 더 근래 보고에서는 환자선량이 비슷하거나 감소함을 보이고 있다. 만약 사용자가 MDCT 세팅을 SDCT와 동일하게 한다면 환자선량이 증가할 것이다. 특정 스캐너 모델에 적합한 세팅을 결정해야 한다.

(A57) MDCT로 선량을 감축할 잠재력이 있지만 실제로 환자선량 감축은 시스템을 어떻게 사용하는가에 달려있다. 방사선의학자, 심장학자, 의학물리사 및 CT 시스템 운영자가 환자선량과 영상품질 사이 관계를 이해하고 CT에서 영상품질이 종종 진단 확신에 필요한 이상으로 높음을 인식하는 것이 중요하다. 모든 진단업무에서 최상의 영상품질이 항상 요긴한 것은 아니며 품질 수준(예: 저잡음, 중 또는 저 선량)은 진단업무에 따라 다르다.

(A58) 노출 인자들을 어떻게 채택하는가가 환자선량 관리에 기여함에 대한 인식이 높아지고 있다. 그러나 기술발전 속도는 환자선량 관리에 지속적 주의를 요구한다.

(A59) 자동노출조절(AEC) 시스템은 영상품질에 관련된 척도를 이용하여 촬영 프로토콜이 적용될 수 있게 한다. 사용자가 영상 품질을 적합하게 명시하고 품질이 임상 업무에 부합하다면 뚱뚱한 환자를 제외한 모든 경우에 환자선량 감축이 있다. 뚱뚱한 환자에서는 영상 품질을 높이기 위해 선량이 증가한다. AEC가 스캔 변수 선정에서 운전원을 완전히 자유롭게 하지는 않으므로 개별 시스템에 유의하는 것이 중요하다.

(A60) AEC 시스템에서 영상 품질 변수의 선택은 간단하지 않다. 영상 품질을 어떻게 명시해야 하는 지에도 합의가 부족하며 회사마다 노출 조절을 달성하는 방법에도 큰 차이가 있다. 시스템에 대한 운전원의 지식이 중요하다.

(A61) CT 사용의 정당화는 의뢰 의사와 방사선 의학자의 공동 책임이다. 정당화에는 주어진 지시에 대한 CT 연구의 정당화와 그 임상 지시를 표준 선량 CT 요구와 저선량 CT 요구로 분류하는 것을 포함한다. 촬영 변수는 연구 지시, 환자 크기, 촬영하는 신체 부위에 근거를 두어 환자 선량이 이들 변수를 바탕으로 관리될 수 있도록 해야 한다. 부적절한 연구를 회피할 수 있도록 지침(CT 검사를 위한 선별 기준)이 필요하다. 나아가 해당된다면 방사선 아닌 영상화 기술 대안도 고려해야 한다.

(A62) 심장 MDCT 적용의 출현으로 많은 심장학자가 MDCT 사용자로 되고 있다. ICRP는 심장학자에 대해 적절한 방사선 방호 훈련을 권고한다. 의뢰 의사와 CT 의료진의 훈련은 스캔 지시, 프로토콜과 환자 선량 관리를 도울 것이다.

## A.11. 참고문헌

ICRP, 1996. Radiological protection and safety in medicine. ICRP Publication 73. Ann. ICRP 26(2). ICRP, 2000c. Prevention of accidental exposures to patients undergoing radiation therapy. ICRP Publication 86. Ann. ICRP 30(3).

ICRP, 2004. 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).

## 전체 참고문헌

- ICRP, 1991a. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21(1-3).
- ICRP, 1991b. Radiological protection in biomedical research. ICRP Publication 62. Ann. ICRP 22(3).
- ICRP, 1993. Principles for intervention for protection of the public in a radiological emergency. ICRP Publication 63. Ann. ICRP 22(4).
- ICRP, 1996. Radiological protection and safety in medicine. ICRP Publication 73. Ann. ICRP 26(2).
- ICRP, 1997. General principles for the radiation protection of workers. ICRP Publication 75. Ann. ICRP 27(1).
- ICRP, 1999a. Genetic susceptibility to cancer. ICRP Publication 79. Ann. ICRP 28(1/2).
- ICRP, 1999b. Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. Addendum to ICRP Publication 53. Also includes Addendum 1 to ICRP Publication 72. ICRP Publication 80. Ann. ICRP 28(3).
- 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. Also includes: Diagnostic reference levels in medical imaging – review and additional advice. ICRP Supporting Guidance 2. Ann. ICRP 31(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, 2003c. Relative biological effectiveness (RBE), quality factor (Q), and radiation weighting factor( $w_R$ ). ICRP Publication 92. Ann. ICRP 33(4).

- ICRP, 2004. 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, 2005c. Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk. ICRP Publication 99. Ann. ICRP 35(4).
- ICRP, 2007a. Biological and epidemiological information on health risks attributable to ionising radiation: a summary of judgements for the purposes of radiological protection of humans. Annex A to 2007 Recommendations.
- ICRP, 2007b. Quantities used in radiological protection. Annex B to 2007 Recommendations.
- ICRP, 2007c. Managing patient dose in multi-detector computed tomography. ICRP Publication 102. Ann. ICRP 37(1).
- ICRP, 2007d. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2-4).
- ICRU, 2005. Patient dosimetry for x-rays used in medical imaging. ICRU Report 74. J. ICRU 5(2).
- Mettler, F.A., Thomadsen, B.R., Bhargavan, M., et al., 2008. Medical radiation exposure in the U.S. 2006: Preliminary results. 43rd Annual Meeting of the National Council on Radiation Protection and Measurements: Advances in Radiation Protection in Medicine. Health Phys. 95(5), 502-507.
- NAS/NRC, 2006. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionising Radiation: BEIR VII Phase 2. Board on Radiation Effects Research. National Research Council of the National Academies, Washington, D.C.
- 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, NY.