



국제방사선방호위원회 보조지침 2

# 방사선과 당신의 환자: 의료인을 위한 지침

Radiation and Your Patient:  
A Guide for Medical Practitioners



한양대학교  
방사선안전신기술연구센터

ICRP 보조지침 2

# 방사선과 당신의 환자: 의료인을 위한 지침

Radiation and Your Patient:  
A Guide for Medical Practitioners

ICRP 채택: 2001년 9월

첨부: 의료영상화에서 진단 참고준위 - 검토와 추가 조언  
Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging-  
Review and Additional Advice

이 ICRP 간행물의 우리말 번역본은  
ICRP의 허락을 받아 번역하고 ICRP  
정신에 따라 무료로 배포합니다.

국제방사선방호위원회

## 역자 서문

인류가 방사선을 발견한 후 가장 먼저 의료 이용을 시도했고 지금도 가장 널리, 가장 유용하게 이용하고 있다. 방사선의 위험이 많은 사람들의 입에 오르내리지만, 지난 100여 년 동안 방사선으로 인해 목숨을 잃은 사람의 수는 쉽게 헤아릴 수 있는 정도임에 반해 방사선 덕분에 생명을 구한 사람 수는 헤아릴 수 없을 만큼 많다. 분명히 방사선은 항생제와 함께 현대의학을 굴리는 두 바퀴 중 하나이다.

원자력발전소나 방사성물질 이용 과정에 수반되는 방사선피폭은 매우 위험한 것으로 생각하여 민감하게 반응하는 사람들이 환자로서 의료기관에서 피폭하는 방사선량(의료상피폭)에 대해서는 비교적 관대하거나 무관심하기도 하다는 점은 특이하다. 사회가 민감한 원자력 방사선에 대해서는 규제도 대단히 까다롭지만, 의료방사선에 대해서는 많은 부분을 의료인의 전문적 판단에 맡기고 있다.

그러나 국민의 인공방사선 피폭 중 거의 대부분을 차지하는 피폭원은 의료방사선이다. 2006년 현재 가동되는 20기의 원자력발전소를 비롯하여 수많은 병원과 산업 현장에서 직업상 방사선을 취급하는 5만여 명의 방사선작업종사자가 피폭하는 방사선량을 모두 합하더라도 하나의 대형 대학병원에서 환자들이 진료를 위해 피폭하는 방사선량(의도적으로 매우 높은 선량을 부여하는 암치료 환자의 선량을 제외하고)의 20~30% 정도이다. 더욱이 소득 수준의 향상으로 진료의 빈도가 늘어나고 정교한 의료방사선 기술이 추가됨에 따라 환자가 진료과정에서 피폭하는 의료상피폭은 증가하는 추세에 있다.

생명을 위협하는 질병의 진료를 위해 방사선 피폭을 감수하는 것이지만, 의료 목적 달성을 저해하지 않고도 환자의 피폭을 상당히 절감할 수 있는 여지가 있다. 의료상 피폭을 1%만 줄여도 직업상피폭의 총량보다 많은 방사선량을 국민이 덜 받게 된다.

이와 같은 관점에서 환자의 방사선량을 최적화할 필요성에 공감대가 형성되어 있고, 구체적 실천방안도 축적되고 있다. 이러한 실천방안의 일부는 이미 의료현장에서 다양한 형태로 이행되고 있다. 워낙 의료상피폭의 규모가 크기 때문에, 보다 적극적인 환자선량 감축을 유도하기 위한 노력들이 국제방사선방호위원회(ICRP)를 비롯한 여러 국제기구에서 진행되고 있다. 지난 10년여에 ICRP가 발간한 간행물의 거의 절반이 의료상피폭과 관련된 주제이다. 이 번역물은 이러한 ICRP의 노력을 국내에 보다 적극적으로 과급하기 위해 준비된 것이며, 같이 준비한 번역물 시리즈의 하나이다.

이 간행물은 목적이 상이한 두 부분으로 구성되는데 ‘방사선과 당신의 환자’와 ‘의료영상화에서 진단 참고준위’이다. ‘방사선과 당신의 환자’는 의료방사선 절차를 거치는 환자가 가질 수 있는 방사선 위험에 대한 의문에 의료인이 대답할 수 있는 기본

적 사항을 수록하고 있다. 환자에게 설명할 수 있기 위해서는 의료인 자신이 방사선과 방사선피폭, 이에 따르는 생물학적/보건학적 영향과 그 위험의 크기, 그리고 방호의 기초에 대해 이해해야 한다. 이러한 의미에서 ‘의료인을 위한 지침’으로 부제를 달고 있다. ‘의료영상화에서 진단 참고준위’는 동일한 방사선 진단절차에서도 환자 선량의 편차가 큰 현실적 문제에 대한 대책으로서, 최적화의 지표가 될 수 있는 참고준위의 개념과 적용, 그리고 예시적 참고 수치를 제공하려는 목적이다. 이 번역물이 이 분야 방사선방호 발전에 도움이 되기를 기대한다.

의학기술의 발전은 매우 빠르다. 비록 이 번역작업에서 지난 몇 년 사이에 발간된 ICRP 간행물을 대상으로 선정했지만, 내용 중 일부는 이미 낡은 기술일 지도 모른다. 그러나 번역이라는 제약이 있으므로 새로운 기술이 이미 가용하더라도 원문을 수정하지는 않았다. 다만, 난해하거나 보충 설명이 필요한 곳에는 일부 <역주>를 달았다. 또, 사용한 우리말 의학용어는 전문가 그룹에서도 통일되지 않은 경우도 있어, 때로는 좋은 용어가 선정되지 않았을 수도 있음을 밝혀 둔다. 영문 용어의 병기가 바람직한 곳에는 작은 글씨로 병기했다. ‘진단방사선의학diagnostic radiology’에 대해 국내 전문 단체는 방사선을 사용하지 않는 수단들의 신장과 함께 ‘영상의학’으로 변경했지만 이 번역물 시리즈에서는 전통적인 표현을 사용했다. 이 밖에도 비슷한 경우들이 있다.

2006년 4월, 이 간행물 번역 인쇄본의 국내 보급은 물론 웹을 통한 전자문서 파급까지 ICRP의 승인을 받았다. ICRP의 정신에 따라 번역물은 무료로 제공된다. ICRP는 종종 매우 엄밀한 표현을 갖는 간행물을 다른 언어로 옮기는 일의 어려움을 고려하여 번역의 품질에 유념하고 있다. 역자 나름대로는 원문의 의미를 손상하지 않기 위해 노력했지만 미진한 부분이 있을 것으로 본다. 그러므로 용어를 포함하여 수정이 필요한 내용을 발견한 독자는 적극적 피드백을 통해 적어도 전자문서가 계속 개선될 수 있도록 도움을 주기 바란다. 전자문서는 한양대학교 방사선안전신기술연구센터(iTRS) 홈페이지(<http://itrs.hanyang.ac.kr>)를 포함한 관련 전문단체의 웹에 게시할 것이다.

끝으로 이 번역물의 보급을 승인해 준 ICRP와 소요 비용을 지원한 한국과학재단에 감사드리고, 번역 작업에 동참해 준 박상현, 권정완, 박동욱 등 한양대학교 방사선안전연구실 학생들의 노고에 감사한다.

2006년 5월

이 재기

## 서 문

이 자료는 번호를 부여한 ICRP 간행물이 아니다. 1997년의 ICRP연보Annals of the ICRP 출현 이전에 몇몇 번호를 부여하지 않은 기술지침 보고서가 출판된 바 있다. ICRP연보의 형식으로서 번호가 없는 보고서는 1992년에 나타났는데 (Annals of the ICRP Volume 22, Issue 1), 그 보고서를 지금처럼 번호를 붙이지 않았지만 ICRP 보조지침 1로 간주한다. 따라서 이 자료를 ICRP 보조지침 2로 한다.

지난 몇 년 동안 ICRP는 의학 분야에서 방사선 방호와 안전을 위한 조언을 제공하는 많은 보고서를 발행해왔다. 간행물73은 이 분야의 일반적 개괄이다. 이러한 간행물들은 방사선 방호의 일반 원리를 요약하고, 의학과 생명의학 연구에서 전리 방사선의 다양한 사용에 방호원리의 적용을 위해 조언한다.

대부분의 보고서들은 포괄적 성격이어서 ICRP는 어려움이 발견되는 일부 특정 상황을 거론하고자 하였다. 문제 있는 부분에 대한 보고서들은 일상 업무에서 직접적으로 관련된 사람들이 접근 가능한 형식으로 집필되고 또, 이들 보고서가 널리 전파되도록 갖은 노력을 경주할 필요가 있다.

이러한 방침의 출발은 1997년 9월의 영국 옥스퍼드 ICRP 회의에서 이루어졌다. 그때 ICRP 제3분과위원회의 요청에 따라 ICRP는 의료방사선 방호 분야의 이슈 주제에 관한 보고서 작성을 위한 몇몇 작업그룹task group을 설치하였다. 그 보고서들의 일부가 지금 출판되고 있다.

나아가 제3분과위원회는 1997년 및 1998년 회의에서 몇몇 작업반working party들을 설치하였다. ICRP 조직 구조에서 작업반은 예를 들면 기존의 권고를 보완하는 보충 지침을 제공하는 간단한 문서처럼 좁은 범위의 일들을 수행하는 역할을 한다. 이러한 문서들은 새로운 권고는 아니어서 ICRP가 아니라 분과위원회 권한으로 승인할 수 있다.

이 문서도 제3분과위원회의 두 작업그룹이 수행한 결과이다. 분량이 많은 첫 번째 문서는 1997년에 설치한 “의료방사선에서 일반 의료인을 위한 지침서 작업반”에 의해 준비 되었다. 이 작업반에 위임사항은 의료에서 방사선 사용의 위험과 그로부터 방호에 관한 빈번한 질문에 대해 간단하고 비기술적인 응답을 제공하는 보고서를 준비하는 것이었다. 보고서의 주된 대상그룹은 방사선 전문가가 아닌 의료인들이다. J. Liniecki가 작업반장을 맡았다. 기타 위원은 아래에 보인 제3분과 위원들이다.

이 간행물의 둘째 부분은 1998년에 설치된 “진단 참고준위 작업반”에서 준비하였다. 이 작업반에 위임사항은 진단 참고준위 개념이 어떻게 해석되고 다양한 지역, 국가, 지방 기관에서 어떻게 사용되는지 정보를 집성하고, 진단 참고준위를

유연하고 합리적, 실질적으로 활용하는 지침을 제공하는 간단한 보고서를 준비하는 것이었다. M. Rosenstein이 작업반장을 맡았고 기타 위원은 제3분과 위원들이었다.

ICRP가 통상적으로 행하는 인터넷 의견수렴 과정에서 현 문서의 두 보고서 모두에 대해 관심주체로부터 많은 유용한 비판을 받았다.

이 보고서의 준비 기간 동안 제3분과위원회의 회원은 다음과 같다.

1997-2001

F.A. Mettler, Jr(위원장)	J.-M. Cosset	M.J. Guiberteau
L.K. Harding(서기)	J. Linecki(부위원장)	S. Mattsson
H. Nakamura	P. Ortiz-Lopez	L.V. Pinillos-Ashton
M.M Rehani	H. Ringertz	M. Rosenstein
Y. Sasaki	C. Sharp	W. Yin
W. Y. Ussov		

2001-2005

F.A. Mettler, Jr (위원장)	J.-M. Cosset	C. Cousins
M.J. Guiberteau	I. A. Gusev	L.K. Harding(서기)
M. Hiraoka	J. Linecki(부위원장)	S. Mattsson
P. Ortiz-Lopez	L.V. Pinillos-Ashton	M.M Rehani
H. Ringertz	M. Rosenstein	C. Sharp
E. Vano	W. Yin	

이 간행물에 포함된 두 보고서는 위에 기술한 목적을 충족함을 목표로 하였다. 이러한 목적에 가능한 최대로 유용하도록 ICRP연보에서 보는 ICRP 간행물의 일반적 형태에 비해 몇몇 관점에서 그 형식을 달리했다.

이 문서는 2001년 9월 제3분과위원회가 발간을 승인하였다.

# 차 례

역자 서문 .....	i
서문 .....	iii

## **방사선과 당신의 환자: 의료인을 위한 지침** .....

1

요지 .....	1
1. 이 자료의 목적은 무엇인가? .....	3
2. 의료에서 전리방사선 사용은 보건의에 유의한가? .....	4
3. 의료에서 전리방사선 사용에 따르는 위험이 있는가? .....	6
4. 방사선량을 어떻게 정량화하는가? .....	7
5. 방사선으로 유발된 생물학적 영향의 본질(기전)에 대해 무엇을 알고 있는가? .....	8
6. 방사선 영향들을 어떻게 분류할 수 있는가? .....	9
6.1 결정적 영향 .....	9
6.2 확률적 영향 .....	11
7. 암과 유전적 영향 위험의 크기는 얼마인가? .....	14
8. 의학적 진료 외에 다른 선원으로부터 전리방사선 피폭이 있는가? .....	15
9. 의학적 진단 절차의 전형적 선량은 어떠한가? .....	16
10. 진단 이익에 영향을 끼치지 않고 방사선량을 관리할 수 있는가? .....	18
11. 진단 방사선 검사를 피해야 할 상황이 있는가? .....	20
12. 특별한 정당화가 필요한 특수 진단절차가 있는가? .....	21
13. 진단 절차에서 아동과 임산부는 특별히 고려해야 하는가? .....	22
14. 진단절차 수행에서 방사선위험을 줄이기 위해 무엇을 할 수 있나? .....	23
15. 치료방사선에서 방사선위험을 줄이기 위해 무엇을 할 수 있나? .....	26
16. 임신 여성이 방사선치료를 받을 수 있는가? .....	27
17. 방사선으로 환자를 치료하는 것이 다른 사람에게 위험한가? .....	28
18. 추가 정보자료원 .....	29

## **의료영상화에서 진단 참고준위** .....

31

요 점 .....	32
1. 서 론 .....	33
2. 기존 ICRP 지침 .....	34
3. 의료영상화에서 참고준위의 검토 .....	35
4. 기저 고려사항 .....	46

5. 진단 참고준위에 대한 ICRP 제3분과위원회의 추가 조언 .....	47
5.1. 진단 참고준위의 목적 .....	47
5.2. 진단 참고준위의 이용 .....	47
5.3. 정의와 예시 .....	47
5.4. 형광투시 안내 중재적 절차에 대한 조언 .....	49
5.5. 진단 참고준위 설정에서 현장 융통성 .....	50
참고문헌 .....	50

# 방사선과 당신의 환자: 의료인을 위한 지침

## ICRP 보조지침 2

ICRP 제3분과 승인: 2001년 9월

**요지-** 이 자료는 불필요한 전리 방사선 피폭으로부터 환자를 보호함을 목적으로 하며 질의응답 방식으로 구성되었다.

X선 진단, 중재방사선, 핵의학, 그리고 방사선치료 분야에서 방사선의 의학적 사용은 보건에 명백하게 많은 이로움을 준다. 그러나 방사선치료나 중재방사선-특히 부적절하게 사용된 경우-처럼 높은 선량에서는 분명한 위험이 있고, 진단에 사용되는 낮은 선량에도 유해한 영향의 가능성이 있다. 방사선치료의 높은 선량도 적절히 사용하면 심각한 피해를 방지할 수 있는 반면, 작은 선량도 완전히 제거할 수는 없는 위험을 수반한다. 따라서 진단방사선 사용은 높은 진단 이득을 보장하면서 있을 수 있는 위험을 최소화하는 방법론을 필요로 한다.

위험 평가를 위해서는 피폭의 정량화가 필수적인 선결조건이다. 따라서 먼저 흡수선량, 유효선량과 같은 선량계측량을 정의하고 설명한다. 생명체에 미치는 전리 방사선의 작용기전에 관한 근본적 사실도 제시한다. 인간에게 원치 않는 유해한 영향은 두 범주로 구분할 수 있다. 첫째는 유해 영향을 발현시키기 위해 요구되는 문턱선량 이상의 고선량으로 인해 야기되는, 세포의 대량 사멸로부터 초래되는 질환으로서 소위 결정적 영향이라고 불린다. 두 번째 범주는 세포 DNA의 돌연변이로부터 기인되는 영향인데, 결국 방사선 유발 암이나 생식선에 방사선을 피폭한 경우 피폭자 개인의 후손에게 전달되는 유전적 변화로 이어질 수 있다.

세포 사멸로 인한 영향을 초래하는 문턱선량의 크기 데이터를 제공한다. 또, 실험적, 임상적, 역학적 증거에 기초하여 아마도 문턱선량(이하에서 아무효과도 나타나지 않는다) 없이 다양한 크기의 선량에 의해 유발될 수 있을 것으로 보는 암과 유전적 돌연변이의 확률에 대한 평가도 제시한다.

본문은 선량을 최소화 하고, 그래서 진단에서 방사선 사용에 의한 위험을 줄일 수 있는 수단에 관한 상당한 정보를 제공한다. 이러한 목표는 불필요한(정당화되지 않은) 검진을 피하고, 방사선 절차를 진단품질 관점과 환자 과선량을 줄이는 관점 모두에서 최적화함으로써 달성할 수 있을 것이다.

방사선치료에 있어서 환자보호의 최적화는 종양에 충분한 선량을 유지해서 높은 치유율을 보장하는 동시에 건강한 조직을 최대한 보호하는 데 있다. 방사선

을 이용한 진단과 치료의 과정에서 태어나 배아 같은 특별한 대상의 보호와 관련된 문제들을 제시하고 그 현실적 해결책을 권고했다.

ICRP연보Annals of the ICRP의 이번 호는 의료 영상에서 진단 참고준위와 관련된 검토와 추가조언을 수록한 짧은 보고서도 포함하고 있다.

중심어: 방사선방호, 방사선 위험, 방사선의학, 방사선치료, 교육자료

# 방사선과 당신의 환자

## 1. 이 자료의 목적은 무엇인가?

(1) 지난 100년 동안, 진단방사선학, 핵의학, 그리고 치료방사선학은 본래의 미완 기술에서 진보된 기술로 발전하여 모든 의학 전문분야에서 필수적인 수단을 형성하였다. 전리방사선의 고유한 특성은 많은 이익을 제공하는 동시에 잠재적 위해의 원인이 될 수도 있다.

(2) 의료행위에서는 위험과 이익의 비를 고려한 판단이 필요하다. 방사선이 의료적 목적으로 사용될 때는 이 판단에 의학적 지식뿐만 아니라 방사선 위험에 관한 지식도 필요하다. 이 자료는 방사선의 작용에 관한 기본 정보를 제공하고 다양한 의료 방사선원의 선량, 위험의 유형과 크기뿐만 아니라 빈번한 질문(예를 들면 임신과 방사선)에 대한 답을 제공하기 위해 작성되었다. 이 자료는 쉽게 읽을 수 있도록 본문을 질의응답 형식으로 구성하였다.

(3) 중재 심장병학, 진단방사선의학, 정형외과나 혈관외과 의사들과 실제 의료 X선장치나 방사선원을 사용하는 사람들은 여기에 포함된 내용 이상으로 적절한 기술과 선량 관리에 관한 정보를 알고 있어야 하지만, 이 자료는 유용한 시작점이 될 것이다.

(4) 의료분야에서 사용되는 전리방사선의 가장 빈번한 형태는 X선, 감마선, 베타선, 그리고 전자선이다. 전리방사선은 전자기 스펙트럼의 한 부분이다. 흡수체의 원자를 전리하는 능력이 없는 가시광선, 적외선, 고주파 혹은 무선주파수의 전자파 등 많은 다른 방사선이 있지만 이 자료는 의료분야에서 전리방사선 사용에 관해서만 다룬다.

## 2. 의료에서 전리방사선 사용은 보건의 유익한가?

(5) 그렇다. 방사선의 의학적 사용으로 인해 환자가 얻는 이익은 의심할 여지가 없다.

(6) **현대 진단방사선의학**은 빠르고 더 정밀한 진단은 물론 많은 부분의 질병을 감시 가능함을 보장한다. 필름 방사선촬영, 형광투시, 전산화단층촬영(CT) 같은 방사선의학 절차들은 약 절반의 진료에서 진단의 속도를 크게 증가시키고, 상당한 부분에서 결정적 정보를 제공하는 것으로 평가된다. 나아가 유방조영술 같은 스크리닝 절차들이 개발되어 어떤 질환에 상대적으로 높은 위험에 처하는 특정 집단에게 이익을 주고 있다. 또, 예를 들면 혈관성형술 같이 지난 10~20년 동안 소개된 중재 방사선학 절차들의 대부분은 심장 혈관계, 중추 신경계, 그리고 다른 기관계의 매우 심각하고 생명을 위협하는 질병을 효율적으로 치료 하는데 크게 기여했다. 이러한 절차들은 비용 효과적이다.

(7) **핵의학**은 다양한 질병의 진단과 치료에 방사성의약품이라 불리는 방사성 물질을 사용한다. 이러한 물질들은 인체에서 한 기관이나 한 형태의 세포에 지배적으로 흡수되도록 특별하게 개발되었다. 진단을 위해 인체 내로 투여한 후 체외계측에 의해 물질들의 시공간적 분포 이미지를 획득하거나 혈액이나 소변, 그리고 다른 매체 중 방사능을 측정함으로써 정보를 얻을 수 있다. 모든 경우 획득된 정보는 기능적 특성을 지닌다. 방사선이 아닌 다른 방식으로는 정확성이 떨어지는 정보를 얻거나 아예 정보 자체를 얻지 못한다. 따라서 핵의학은 종양학(진단과 종양단계 결정), 심장학, 신경학, 내분비학, 그리고 다른 분야에서 특별한 진단 정보를 제공한다. 현재 사용되는 대부분의 방법들은 그들이 높은 감도, 구체성, 그리고 우수한 재현성을 보여주기 때문에 진단 과정에서 선택된다. 이러한 절차들은 비용효과성도 높을 뿐만 아니라, 불침습성이며 환자에게 직접적 부작용 위험이 없다.

(8) 전리방사선의 전기적 발생장치(X선장치, 전자 가속기)는 스위치를 끄면 방사선 방출을 멈추는 반면, 방사성 선원은 방사성 붕괴의 과정을 제어할 수 없기 때문에 지속적으로 방사선을 방출함에 유의해야 한다. 이는 치료준위의 많은 방사성핵종을 투여 받은 환자가 입원 중이거나 퇴원한 경우, 의료진이나 친척, 친구, 그리고 일반인을 피폭으로부터 보호하기 위해 일정한 주의가 기울여져야 함을 의미한다.

(9) **치료방사선과학**은 전리 방사선을 치료에 이용한다. 암의 발생은 약 40%인데 이는 기대수명이 길어진 효과이다. 결국 암은 20~30%의 누적 사망률을 초래한다. 현재 의료 관행은 새로 진단되는 암의 대략 절반정도에 방사선 치료법을 사용한다. 치료 기술은 매우 복잡하고, 조사에 매우 높은 정확성을 요구한다. 효과적으로 치료하기 위해서는 방사선종양학 의사, 의학물리사, 그리고 높은 자질을 갖춘 기사 등 상이한 전문분야 사이에서 효율적이고 조화로운 협력체계를 기반으로 한 접근이 반드시 필요하다.

(10) 그러나 암의 방사선치료는 종종 부작용을 동반한다는 것을 상기해야 한다. 어떤 부작용들은 불가피하지만 종종 자연히 또는 처치에 의해 해결된다. 심각한 부작용들은 치료 방사선장에 가까이 있는 민감한 정상 조직 부근에서 발생하지만, 드물게는 개인적인 방사선 민감성의 결과로 인해 발생된다. 하지만 이러한 부작용이 방사선치료 목적의 토대를 위태롭게 하지는 않는다. 방사선치료의 적절한 사용은 전체적으로 매년 수백만의 목숨을 구한다. 일시적 치료만 가능한 경우에도 방사선치료는 고통을 크게 줄여준다. 선택에 따라 방사선으로 치료할 수 있는 비악성 질환들도 몇몇 있다.

(11) 방사성의약품을 사용하는 방사선치료는 일반적으로 불침습성이지만 기능항진증이나 악성 세포를 죽이는 것이 중요한 몇몇 잘 수립된 상황(예를 들어 갑상선 기능항진증, 갑상선암, 퇴행성 혹은 염증성 관절질환, 뼈로 전이된 암의 경감 치료)으로 제한된다. 나아가 방사성 표지 항체와 receptor-avid 펩타이드가 여러 악성질환 치료에 사용될 중요한 잠재력을 보여주는 많은 연구가 있다. 그러나 이러한 치료 방식은 아직은 걸음마 단계이다.

(12) 따라서 전리방사선은 진단과 치료 두 분야 모두에서 사용되는 현대의료 기본 수단의 하나이다. 오늘날 전리방사선을 사용하지 않는 선진 현대의료 행위는 생각할 수 없는 듯 보인다.

### 3. 의료에서 전리방사선 사용에 따르는 위험이 있는가?

(13) 분명히 얼마간의 위험은 있다. 방사선에 기인한 위험의 크기는 선량과 관계되며, 다량의 방사선은 높은 위험으로 연계된다. 진단 X선과 핵의학 진단은 명확하게 건강상 이익을 주는 한편, 일반적으로 유해한 영향의 위험(확률)을 약간 수반한다. 이 사실은 진단 분야에서 전리방사선을 사용함에 고려 되어야한다. 치료 방사선에는 많은 양의 방사선이 필요하기 때문에 방사선과 관련된 부정적 영향의 위험은 측정될 정도로 크다.

(14) 방사선 피폭을 관리하는 목적은, 예방과 진단 그리고 질병의 효과적 치료에 있어서 명확한 이익을 희생하거나 부당하게 제한하지 않고 추정 위험을 최소화하는데 있다. 진단과 치료에 너무 적은 방사선이 사용되면 본질적으로 방사선의 부작용 때문이 아닌 위험이 증가한다는 점이 지적 되어야 한다. 진단에서 너무 적은 양의 방사선은 진단을 내리기에 충분하지 못한 정보를 주는 이미지를 형성하고, 방사선치료에서 충분하지 않은 방사선은 암이 치료되지 않기 때문에 사망률을 증가시킨다.

(15) 전리방사선을 의료에 사용하는 조건의 합리적인 선택은 방사선의 잠재적 해로운 영향을 충분히 상회하는 건강상 이익을 준다는 많은 증거를 경험이 제공하고 있다.

## 4. 방사선량을 어떻게 정량화하는가?

(16) 생물학적 영향의 빈도나 강도는 연조직이나 장기의 단위 질량(kg) 당 흡수된 총 에너지(J)에 의존한다. 이 양을 흡수선량이라고 부르고 그레이(Gy)나 밀리그레이(mGy)로 표현한다. 1Gy는 1J/kg과 같다.

(17) 일부 엑스선과 감마선은 어떠한 반응도 없이 인체를 통과하여 아무런 생물학적 영향도 발생시키지 않는다.<sup>1)</sup> 반면 흡수된 방사선은 영향을 발생시킬 수 있다. 방사선의 흡수선량은 측정되거나 계산될 수 있고, 방사선에 의해 유발되는 영향의 확률 평가를 위한 기초가 된다.

(18) 인체에 부분적 피폭 후 방사선의 생물학적 영향을 평가하는데 있어서, 흡수선량은 다른 추가 인자를 고려해 가중되어야 한다. 이러한 인자들은 조직 각각의 방사선에 대한 민감성 차이와 각 장기의 흡수선량 차이를 포함한다. 이러한 가중 장기선량weighted organ dose의 합인 유효선량effective dose은 진단방사선학과 핵의학에서 받는 선량으로 신체의 일부 또는 전신이 처하는 위험을 비교하기 위해 사용된다. 유효선량은 시버트(Sv)나 밀리시버트(mSv)로 표현하며 1Sv는 1J/kg과 같다. 유효선량을 매우 많은 흡수선량이 개별 조직이나 장기에 영향을 미치는 방사선치료 분야에 적용하는 것은 적절하지 않다. 이때는 진단학 분야에서처럼 같이 선량에 대한 위험의 비례성을 가정할 수 없기 때문이다.<sup>2)</sup>

---

1) <역주> 높은 에너지 광자 방사선은 투과력이 강하여 인체에 입사된 광자 방사선 중 일부는 인체 구성 물질과 상호작용 없이 그냥 통과할 수도 있다는 의미이다.

2) <역주> 유효선량을 산출할 때 적용하는 방사선가중치나 조직가중치가 낮은 선량에서 확률적 영향의 위험을 근거로 평가된 양이기 때문이다. 높은 선량에서는 흡수선량 또는 등가흡수선량 gray-equivalent를 사용한다.

## 5. 방사선으로 유발된 생물학적 영향의 본질(기전)에 대해 무엇을 알고 있는가?

(19) 세포는 방사선에 의해 사멸할 수 있다. 세포분화 과정에서 방사선에 의한 염색체 이상은 염색체 DNA의 일부 탈락을 초래하여 세포의 죽음을 부를 수 있다. 염색체 이상의 확률은 선량에 비례하고, DNA에 심각한 손상을 입지 않은 세포들은 그들의 분열능력을 유지한다.

(20) 살아있는 세포들은 분자 수준에서 DNA내에 변화(돌연변이)를 수반한다. 원론적으로, 주된 DNA 손상은 물의 방사선 분해로 생성된 자유기단free radical에 의한 화학적 손상으로 초래된다. 드문 현상이지만 전리 입자들이 DNA 이중나선과 직접 반응함으로써 DNA가 손상될 수도 있다.

(21) 다른 형태의 손상도 발생하지만, DNA에서 중요한 변화는 DNA사슬의 연속성이 절단되는 형태로 발생한다. 이러한 절단들은 나선의 한 가닥에 영향(한 가닥 절단single strand break, SSB)을 미치거나, 같은 위치에 있는 양쪽 가닥에 영향(양 가닥 절단double strand break, DSB)을 미칠 수 있다. SSB는 방사선과 관계없이도 DNA에서 매우 빈번하게 발생하며 특정 효소의 작용으로 쉽고 효율적으로 복구된다. 반면 DSB는 많은 경우 복구가 더 복잡하고 어렵다. 그 결과 상당한 손상이 부정확하게 복구(오류복구)된다. 이러한 오류복구가 염색체 이상이나 유전자 돌연변이로 이어진다.

(22) 이러한 돌연변이 유전자 중 얼마는 매우 길고 복잡하며, 영향을 받은 세포에서 몇 단계 후속 돌연변이(대부분은 방사선이 원인이 아니다)를 필요로 하는 발암 과정의 첫 단계(촉발)를 형성한다. 비슷한 변형 과정이 발아세포에 영향을 미치면 피폭한 사람의 자손에게 유전적 돌연변이가 발현될 수 있다. 물론 이러한 방사선의 잠재적 후유증을 고려하는 데 있어서 중요한 점은 주어진 선량에 노출된 사람이나 그 후손에서 원치 않는 영향이 나타나는 빈도(또는 발생확률)이다.

## 6. 방사선 영향들을 어떻게 분류할 수 있는가?

(23) 피폭한 사람에게서 관찰되는 생물학적 영향은 두 가지 기본 범주로 나눌 수 있다. 이는 주로 (1)세포사멸(결정적) 영향과 (2)암과 유전 영향을 초래하는 돌연변이(확률적)이다.

(24) 피부조직의 피사와 같은 세포 사멸에 의한 영향은 실질적 문턱선량을 가지는데, 문턱선량 이하에서는 아무런 영향이 나타나지 않는다. 그러나 영향이 발생되면 일반적으로 그 심각성은 방사선량에 따라 증가한다. 문턱선량은 절대적 수치가 아니며, 개인적 차이에 의해 다소 변한다. 돌연변이에 의한 영향은 선량에 따라 증가하는 발생확률을 가지며, 현재로서는 결정적 영향과 같은 문턱선량이 존재하지 않는 것으로 판단된다. 그리고 영향의 심각성은 선량에 독립적이다. 따라서 낮은 선량에 의해 유발된 암도 높은 선량에 의해 유발된 암과 마찬가지로 치명적일 수 있다.

### 6.1. 결정적 영향

(25) 결정적 영향은 많은 흡수선량 피폭 후 관찰되고, 주로 방사선에 의한 세포사멸의 결과이다. 결정적 영향은 조사된 조직 세포 중 높은 비율이 방사선에 의해 사멸하고 이러한 조직의 손실이 세포 증식에 의해 보충될 수 없을 때만 발생한다. 이에 뒤따르는 조직 손실은 염증성 과정에 의해, 나아가 손상이 광범위하다면 발열과 탈수, 균혈증 등과 같은 전신의 2차 현상으로 복잡해진다.

(26) 섬유증처럼 치유 과정에서 발생하는 영향은 추가적으로 조직과 장기의 기능에 손상이나 손실의 원인이 될 수도 있다. 이러한 영향의 임상적 사례들로 피부의 피사성 변형이나 피사, 내부 장기의 섬유증적 변형, 전신 피폭 후 급성 방사선증후, 백내장과 불임 등이 있다(표1 참조).

(27) 결정적 변화를 만드는 데 필요한 선량은 대개 크다(대부분의 경우 1000~2000 mGy를 초과한다). 이러한 몇몇 변화는 방사선치료의 부작용으로서 환자들에게 낮은 비율로 발생하며, 혈관조형술 같이 오랜 투시 시간이 필요한 복잡한 중재적 검진 후에도 발생할 수 있다.

(28) 주어진 결정적 영향의 발생 빈도와 흡수선량 사이의 관계는 일반적으로 그림1에 나타난 형태를 가진다. 이 선량-반응 관계의 기본적인 특징은 문턱선량

표1. 엑스선과 감마선에 의한 전신 조사와 부분조사 후 결정적 영향; 단기(또는 1회) 피폭, 분할피폭 또는 낮은 선량률로 장기간 피폭의 경우 근사적 문턱 흡수선량. ICRP 간행물 41, 58, 85 등 여러 문헌 참조.

장기/조직	영향	문턱 흡수선량(mGy)	
		단기피폭 (1회 선량)	장기피폭 (여러 해 반복된 연간 선량)
정소	일시 불임	150	400
	영구 불임	3 500~6 000	2 000
난소	불임	2 500~6 000	>200
안구	가시적 혼탁	500~2 000	>100
	백내장	5 000	>150
골수	조혈 장애	500	>400
피부	홍반(건성 박리)	2 000	-
	습성 박리	18 000	-
	표피/심부 피부 괴사	25 000	-
	복합적 피부위축증과 모세관확장증	10 000~12 000	1 000
전신	급성 방사선증후(경증)	1 000	-

의 존재로 볼 수 있다. 문턱선량 이하에서는 어떠한 효과도 진단되지 않지만, 선량이 더 높아지면 유발된 손상의 심각도는 두드러지게 증가하고 일부 상황에서는 극적으로 증가하기도 한다.

(29) 피부에 나타나는 결정적 손상의 예는 그림2에 나타내었다. 이 손상은 맥관형성술을 시술하는 동안 그 부위 피부 조직을 통해 관상동맥을 장시간 투시함으로써 발생한 손상이다.

(30) 기관형성기(임신 3~8주)에 태아의 방사선 피폭에 의한 기형 역시 세포 사멸에 의해 발생되며, 결정적 영향으로 분류된다. 임신 8~15주(어느 정도는 25주까지) 사이 피폭에 의해 야기되어 정신 지체를 초래하는 전뇌(前腦) 기형도 같은 결정적 영향이다.

(31) 태아의 문턱선량은 태어난 후의 사람이 방사선에 조사되어 결정적 영향이 나타나기 위한 문턱선량보다 상당히 낮아서, 전술한 뇌 손상이 발생하는 문턱선량은 3~8주 기간에는 100~200 mGy이고, 8~25주 기간에는 약 200 mGy이다.

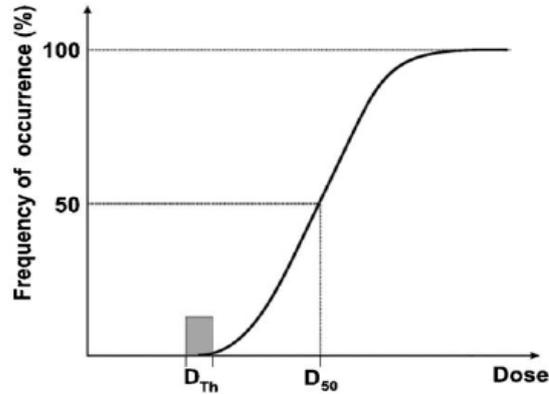


그림1. 방사선에 의한 결정적영향(세포사멸)이 나타나는 일  
반적 선량-반응 관계.  $D_{Th}$  - 문턱선량.

## 6.2. 확률적 영향

(32) 위에서 기술한 대로 조사된 후 살아있는 세포는 유발된 돌연변이(신체적 혹은 유전적)에 의해 변화할 수 있다. 이러한 변화는 두 가지 임상적으로 중요한 영향으로 이어질 수 있는데 악성종양(암)과 유전적 변이이다.

(33) **암** : 전리방사선은 비록 상대적으로 약하긴 하지만 하나의 발암원이다. 지난 50년간 일본의 히로시마와 나가사키 원자폭탄 생존자 80 000명 이상을 주의 깊게 추적한 결과 12 000건의 암이 확인되었고, 그 중에서 700명 미만이 방사선에 의한 초과사망이었음을 말해준다. 달리 표현하면, 이 생존자들에게 발생한 암의 약 6%만이 방사선에 관련된 것이다.

(34) 이러한 관찰은 어떤 선량이 다양한 암의 진단(발암)이나 치사(사망률)로 이어질 수 있는 확률을 계산할 수 있게 한다. 이 암들 중에는 여러 유형의 백혈병과 몇몇 다른 장기(주로 폐, 갑상선, 심장, 피부, 위장)에서 나타나는 고형암이 있다. 방사선 유발 암은 방사선 피폭 후 즉시 나타나는 것은 아니며, 임상적으로 분명해 지는 데는 시간(잠복기)이 필요하다.

(35) 최소 잠복기의 예는 만성림프성(CLL)이 아닌 백혈병은 2년, 갑상선암과 골수암은 5년, 기타 대부분의 암들은 10년이다. 만성림프성 외 백혈병의 평균 잠복



그림2. 3일 동안 한 번의 관상동맥 혈관조영술과 두 번의 혈관성형술 시술하고 21개월 지난 후 환자의 등 피부 손상 사진. 부과된 누적 선량은 15 000~20 000 mGy임. 괴사 조직 절제 후 피부 이식술에 지속적 거부반응을 보임(사진제공: F. Mettler).

기는 7년이며 대부분의 다른 암들은 20년 이상의 평균 잠복기를 갖는다. 몇몇 종양들은 방사선에 의해 유발되지 않거나 미약한 관계에 있다는 사실을 이해하는 것이 중요한데, 이러한 암에는 전립선암, 자궁암과 경부암, 림프선암, 만성림프성 백혈병이 포함된다.

(36) **유전적 영향** : 인간에게서는 어떠한 입증된 영향이 나타나지 않았기 때문에 전리방사선의 유전적 영향 위험은 여러 동물중에 대한 실험을 기반으로 평가되었다(단위 선량 당 확률의 근사값은 이 자료의 뒷부분에 주었다).

(37) 실험적 연구들과 역학적 조사에 대한 주의 깊은 분석을 통해, 이러한 두 범주 확률적 영향의 선량-반응 관계는 결정적 후유증을 특징짓는 관계와 분명하게 다른 형태를 갖는다고 결론지을 수 있다. 암에 대한 일반적 선량-반응 관계를 그림3에 나타내었는데 이 관계의 주요한 특징은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- a) 엑스선이나 감마선에 의한 암 유발은 선량의 증가와 함께 영향의 빈도가 증가하여 최대점에 이르고 곡선이 평탄해져 그 이상의 선량에서는 감소될 것으로 보인다.
- b) 많은 자연발생 암과 교란인자들의 영향으로 통계적 불확실성이 있기 때문에 곡선의 아래 끝(약 100~200mGy 이하)에서는 어떠한 잠재 영향도 쉽게 관측될 수 없다. 이러한 불확실성을 문턱선량의 존재로서 해석해서는 안 된다. 낮은 선량(<200mGy)에서 영향의 확률(빈도)은 선량에 따라 비례적으로 증가할 공산이 크다.
- c) 피폭하지 않은 집단에서 항상 돌연변이나 암의 자연발생 빈도가 있는데(그림3에서  $F_0$ ) 이것을 방사선에 의한 영향과 정성적으로 구분할 수 없다. 실제로 방사선에 의한 돌연변이나 암은 피폭하지 않은 개인들에게 발생하는 것과 동일한 형태적, 생화학적, 임상적 특징을 갖고 있다.

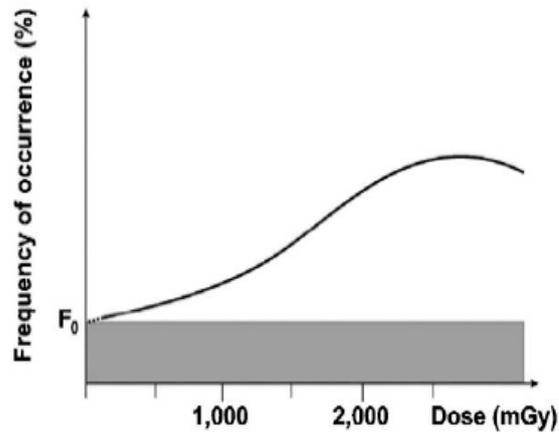


그림3. 방사선에 의한 확률적 영향의 일반적 선량-반응 관계(감마선 조사 후 암의 발생). 음영 부분-피폭하지 않은 집단에서의 대조 발생( $F_0$ ). 접선부 - 관련된 유발의 직접적 증거가 없는 낮은 선량까지 외삽 결과.

## 7. 암과 유전적 영향 위험의 크기는 얼마인가?

(38) 피폭한 집단의 역학적 자료의 분석을 통해 방사선 유발 암 발생 위험의 근사값을 유도하는 것이 가능하다. 전신에 1 000 mSv(이는 대부분의 의료 절차에서 발견되는 선량보다 매우 높다)의 선량을 피폭 후 일반적인 사람의 생애 치명적 암 위험은 대략 5% 증가한다. 성인으로서 50 mSv 이하의 선량에 피폭한 집단에서는 통계적으로 의미 있는 암의 증가는 나타나지 않는다.

(39) 태아, 어린이, 청소년기에는 위험이 위 평균 수준보다 다소(2~3배) 높다. 역으로 60세 이상의 사람들은 대략 1/5 정도로 낮을 것이다(기대수명 한계로 인해 피폭의 영향이 늦게 나타나는 암 발생의 기회 시간이 짧기 때문이다).

(40) 전산화단층촬영(CT), 복부나 골반 정밀조사 같은 고선량 진단 의료 절차들은 약 10 mSv 정도의 유효선량을 준다. 모든 사람이 이러한 검사를 1회 받은 큰 집단이 있다면, 이론적으로 방사선 유발 치명적 암의 생애 위험은 2000명 당 1명(0.05%)이다. 이는 선진국에서 정상적인 자연발생 치명적 암 위험인 4명당 1명(25%)과 비교가 될 수 있다.

(41) 개인적인 위험은 이론적으로 계산된 평균과 다를 수 있다. 많은 개인은 진단 의료 과정에서 누적된 방사선량이 매우 적다. 그러나 일부 환자들의 누적 선량은 상대적으로 높아서 50 mSv 혹은 그 이상에 이르므로 암 위험을 신중하게 고려해야 한다.

(42) CT처럼 상대적으로 높은 선량을 주는 절차들은 명확하게 정당화되어야 한다. 적절하게 정당화 되었을 때, 검진의 이익은 위험을 상회한다. 어떠한 선량 수준에서도 정당화되지 않은 절차들은 피해야 한다. 치료방사선에서는 2차 암 위험이 있으나 그 위험은 당장 악성종양을 치료하는 긴급함과 비교해 경미하다.

(43) 방사선 피폭의 결과로서 유전적 영향은 인간에게는 관찰되지 않았다. 원폭 생존자 자손의 연구에서 어떠한 유전적 영향도 발견되지 않았다. 그러나 동물 모델과 인간의 유전에 관한 지식에 근거하여 유해한 유전적 영향의 위험은 방사선 유발 암 위험의 10%보다 높지 않은 것으로 평가된다.

## 8. 의학적 진료 외에 다른 선원으로부터 전리방사선 피폭이 있는가?

(44) 그렇다. 인간을 포함하여 지구상의 모든 살아있는 유기체들은 천연 피폭원으로부터 방사선을 피폭한다. 소위 **자연백그라운드**라고 불리는 이 피폭원으로부터 받는 평균 연간 유효 선량은 약 2.5 mSv에 달한다. 이러한 피폭은 지리상 입지에 따라 1.5 mSv에서부터 한정된 지역에서는 수십 mSv에 이르기까지 상당히 다르다. 의료방사선 선원을 제외한 인공 선원<sup>3)</sup>은 대체적 집단에 아주 미미한 선량을 더한다.

---

3) <역주> 예를 들면 원자력발전이나 방사선의 산업적 이용.

## 9. 의학적 진단 절차의 전형적 선량은 어떠한가?

(45) 다양한 진단방사선의학과 핵의학 절차들은 그 절차에 따라 넓은 선량 범위를 가진다. 선량은 하나의 조직에 대한 흡수선량으로 또는 전신에 대한 유효선량으로서 표현될 수 있는데, 유효선량은 자연백그라운드 방사선 같은 다른 방사선원에 의한 선량과 비교를 용이하게 한다.<sup>4)</sup>

(46) 몇몇 절차들에 의한 유효선량의 전형적 값들을 표2에 보였다. 표에서 선량은 조직 조성, 밀도, 신체의 두께와 같은 여러 인자들의 함수이다. 예를 들면 복부의 조직들을 투과할 때보다 가슴촬영에서 폐 내의 공기를 투과할 때 더 적은 방사선이 필요하다.

표2. X선이나 동위원소 스캔을 이용한 진단 의료 검사로부터의 전형적 유효선량과 개략적 해당 위험준위(1990년 기준). 자료: 영국 방사선방호원(NRPB).

진단 절차	다음 값의 주위에 밀집된 유효선량(mSv)	자연백그라운드 방사선의 등가 기간	검진 당 추가되는 생애 암 위험*
가슴 엑스선 치아 엑스선 팔 다리 엑스선 손 발 엑스선	0.01	며칠	무시 가능한 위험
두개골 엑스선 머리 엑스선 목 엑스선	0.1	몇 주	최소 위험 : 1/1 000 000 ~1/100 000
유방 엑스선 조영법 엉덩이 엑스선 척추 엑스선 복부 엑스선 골반 엑스선 머리 CT	1	몇 달에서 1년	매우 낮은 위험 1/100 000 ~1/10 000
핵의학 동위원소 폐 스캔 신장 동위원소 스캔 신장과 방광 엑스선 위 엑스선-바륨 조영제 결장 엑스선-바륨 관장제 복부 CT	10	몇 년	낮은 위험 1/10 000 ~1/1 000
뼈 동위원소 스캔			

\* 이들 매우 낮은 위험 수준이 우리 모두의 암 걸릴 확률인 1/3에 더해진다.

4) <역주> 다시 말해서 의료상피폭의 유효선량은 다른 피폭과 비교를 통해 최적화 목적으로 사용할 뿐이며 개인 환자의 위험평가 목적으로 사용하기 위한 것이 아니다.

(47) 같은 절차를 다른 의료시설에서 행할 때 특정 개인에게 주어지는 선량은 넓은 편차를 가질 수 있다는 점에 유의해야 한다. 이러한 편차는 10배에 이르는 데 필름/스크린 속도, 필름 현상, 그리고 전압과 같이 절차를 행하는 과정의 기술적 인자의 차이로 인해 생긴다. 나아가 미흡한 의료절차로 인해 시설 내부 혹은 외부 시설 사이에서 동일 절차에서 더 넓은 편차도 때로는 발견된다.<sup>5)</sup>

---

5) <역주> 예를 들어 요추촬영에서 환자 유효선량이 바람직하게는 1.5~2.0 mSv임에 비해 일부 의료기관에서는 8 mSv 혹은 그 이상인 경우도 발견된다. 원전 방사선작업종사자가 1년에 피폭하는 평균 유효선량이 1 mSv 안팎임과 비교할 가치가 있다.

## 10. 진단 이익에 영향을 끼치지 않고 방사선량을 관리할 수 있는가?

(48) 그렇다. 방사선학적 절차에서 가능한 위험의 보건 영향을 크게 상회하는 매우 유익한 보건 효과를 얻으면서 위험을 매우 낮은 수준으로 줄일 수 있는 여러 방법이 있다. 이러한 관점에서 방사선학적 절차의 위험 대 이익 비를 높이는 것이 대개 좋은 방법론적 절차와 그 수행의 고품질에 의존한다는 점을 언급해야 하겠다. 따라서 진단방사선의학과 핵의학에서 품질관리와 품질보증이 적절하고 건전한 환자의 방사선방호를 위한 대책에서 기본 역할을 한다.

(49) 환자의 이익을 위해 얻을 수 있는 소중한 정보의 희생 없이 위험을 최소화할 수 있는 방법들이 있다. 취할 수 있는 가능한 조치 중에서, 방사선과나 핵의학과 의사에게 환자를 의뢰하기 전에 **검진을 정당화 하는 것이 필요하다.**

(50) 다른 병원이나 의원에서 최근에 수행된 검사를 반복하는 것은 피해야 한다. 검사결과는 환자기록에 충분히 자세하게 기록하고 다른 의료 단위로 환자를 옮길 경우 그 기록도 넘겨야 한다. 이러한 규칙이 불필요한 검진을 크게 줄인다.

(51) 환자를 옮길 때 충분한 검사 정보를 제공하지 않으면 방사선과 의사나 핵의학 전문가가 옳지 않은 절차나 기술을 선택할 수 있다. 그러한 검사는 환자에게 피폭만 초래하는 무용한 것이다.

(52) 예상한 결과를 얻었든 얻지 않았든, 검사결과가 환자 관리에 영향을 미친다면 유용한 것으로 볼 수 있다. 검사의 유용성을 잠재적으로 더하는 또 다른 인자는 검사가 진단의 확신을 높일 수 있는가 하는 것이다.

(53) 이러한 기준을 만족하기 위해, 담당 의사는 의학적 지식에 근거하여 어떤 특정한 검사를 위한 징후들을 일반적 임상 상황과 특정 개인 환자를 위해 설정해야 한다. 주로 의료영상 분야의 역동적인 발전 때문에 의뢰절차에 어려움이 있을 수는 있다. 의료방사선학과 핵의학 분야 기술은 지난 30년 간 엄청난 진보를 이루었고 나아가 초음파와 자기공명영상이라는 두 가지 새로운 수단도 추가되었다.

(54) 따라서 많은 의료 분야의 일반 의사는 물론 심지어 전문가들조차 기술발달

을 따르는 것이 어려울 수 있음은 놀라운 일이 아니다. 임상 경험과 역학을 바탕으로 분명한 기준을 사용하여 적절한 의뢰를 취하도록 돕는 출판된 지침서들이 있다(73항~78항 참조).

(55) 부적절한 의뢰를 피하기 위해 고려되어야 하는 가장 중요한 상황은 초음파(US)나 자기공명영상(MRI) 장치처럼 전리방사선 사용 없이 유사한 정보를 얻을 가능성이 있다. 대체 방법의 사용성(비용, 대기시간 또는 준비상의 어려움) 조건이 만족된다면 이를 사용하도록 한다. 이 지침은 수행할 초기 조사로서 이러한 방식이 선호되거나 유일한 방법일 때에도 정보를 제공한다.

## 11. 진단 방사선 검사를 피해야 할 상황이 있는가?

(56) 그렇다. 항상 준수되지는 않지만 몇몇 상황에서는 방사선촬영이나 형광투시법이 환자 관리에 전혀 기여하지 못한다는 정립된 관점이 있다. 이전의 검사 이후 질환의 상태에 변동이 없거나 획득될 자료가 환자의 처치에 영향을 주지 못하는 경우에는 검사를 피해야 한다.

(57) 정당화 되지 않는 검진의 가장 일반적으로 사례는 다음의 경우를 포함한다: 심장 또는 호흡기 관련 징후가 없거나 불충분함에도 입원 시 또는 수술 전 일상적 가슴 방사선 촬영; 사고 후 징후가 없는 상황에서 두개골 방사선 촬영; 안정적 퇴행성 척추를 가진 50대 이후의 사람에게 천요추scaro-lumbal 방사선촬영. 이 밖에도 더 많은 예들이 있다.

(58) 질병 검색을 위해 징후 없는 환자를 스크리닝 하는 일은 국가 보건당국이 특정 연령대에 발생이 높고 질환의 조기 검색 기능이 크며, 피검자의 선량이 낮고 높은 위험-대-이익 비로 용이하고 효과적으로 치료될 수 있다고 판단하는 경우에 국한한다.

(59) 긍정적 사례들로는 이환률이 높은 사회나 집단에서 결핵의 발견을 위한 방사선촬영, 50대 이후의 여성에 대한 유방암 조기진단을 위한 유방촬영술, 위암의 발병률이 높은 국가에서 특수 조영 형광투시법을 이용한 소화기 암 스크리닝 등이 있다. 스크리닝에 관련된 모든 인자들은 정기적으로 검토되고 재평가 되어야 한다. 만일 긍정적 부분이 만족되지 못하는 경우라면 스크리닝을 중단해야 한다.

(60) 법적인 이유나 보험을 위한 목적의 방사선조사는 신중하게 제한되거나 배제되어야 한다. 일반적으로 법적인 이유의 조사는 어떠한 의료적인 이익도 수반하지 않는다. 일반적 사례의 하나는 보험사가 피보험자가 건강할 것이라는 예상을 확인하기 위해 여러 엑스선 촬영을 요구할 수 있다. 많은 경우에, 특히 아무런 병의 징후가 없는 개인에 대한 이러한 요구는 조심스럽게 취급되어야 한다. 당사자에게 의료적으로 직접적 이익이 없으면 그러한 요구는 종종 정당화 되지 않는다.

## 12. 특별한 정당화가 필요한 특수 진단절차가 있는가?

(61) 방사선의 모든 의료 사용이 정당화되어야 하는 한편, 어떤 절차의 선량이나 위험이 높아질수록 의료인은 그로부터 얻을 이익이 큰가를 더욱더 신중히 고려해야 한다. 표2에 보인 선량의 최고 상한선량<sup>6)</sup>을 초래하는 방사선학 절차들도 있다.

(62) 이들 중에 전산화단층촬영(CT) 특히 나선형이나 다절편 CT<sup>7)</sup>는 특별한 입지에 있다. 특정 임상상황에서 이러한 대단한 기술적 성취의 유용성과 효율성은 의심의 여지가 없다. 그러나 이 방법을 통해 결과를 얻는 편이성, 그리고 질환의 경과를 자주 점검하거나 스크리닝 하려는 유혹은 반복되는 검사가 직접적으로 발암의 역학적 증거가 있는 선량인 유효선량 100 mSv 수준을 초래한다는 사실에 의해 자제되어야 한다.

---

6) <역주> 즉, 회 당 10mSv 정도의 유효선량.

7) <역주> Multi-slice CT. 다층검출기(multi-layer detector) CT나 빔빔(cone beam) CT와 같은 의미로서 한 번에 많은 층의 이미지를 얻음으로써 촬영시간이 크게 단축된다. 원론적으로 노출량은 비슷하지만 신속 촬영으로 종종 불필요하게 넓은 부위(예: 전신)를 촬영함으로써 환자 선량 증가의 원인을 제공한다.

### 13. 진단 절차에서 아등과 임신부는 특별히 고려해야 하는가?

(63) 그렇다. 태어나 아등은 성인에 비해 더 큰 방사선 민감성을 갖는 것으로 생각된다.

(64) 진단방사선학이나 진단 핵의학 절차들이 기형이나 지능감소의 원인이 되는 선량을 부과할 가능성은 거의 없다. 전형적 진단 수준(수~수십 mSv)의 태내 피폭이나 아등의 피폭에 따르는 주된 이슈는 암 유발이다.

(65) 진단 절차가 행해지기 전에 환자가 임신 중이거나 그럴 가능성이 있는지, 태아가 1차 방사선장에 노출되는지, 그리고 그 절차가 바륨 관장이나 골반 CT 촬영처럼 상대적으로 높은 선량을 주는지를 확정해야 한다. 장비가 바른 사용 상태에 있고 의학적으로 요구된다면 태아와 거리가 먼 진단검사(예; 가슴이나 손발의 방사선 촬영, 폐의 환기/관류 스캔)는 임신의 어떠한 시점에도 안전하게 수행될 수 있다. 일반적으로 진단을 회피함에 따르는 위험이 방사선에 의한 위험보다 더 크다.

(66) 만약 검진이 전형적으로 진단 선량 범위의 높은 쪽에 있고 태아가 방사선 빔 안이나 가까이 또는 방사선원에 가까이 있더라도 조심스럽게 진단을 수행할 수는 있으나 태아 선량을 최소화 하도록 강구해야 한다. 맞춤 검진으로 수행하되 매 사진마다 관독하여 진단이 확정되면 절차를 종료함으로써 최소화를 이룰 수 있다. 핵의학에서 많은 방사성의약품들은 소변을 통해 배출된다. 이러한 경우, 어머니에게 수분공급을 늘이고 배뇨를 촉진하면 방사성의약품의 방광 내 잔류 시간을 줄여 태아의 선량을 감소시킬 수 있다.

(67) 아등의 선량 감축은 일반적인 성인에 대한 기술 인자를 사용하지 않고, 특별히 아등을 위한 인자의 적용을 통해 달성할 수 있다. 진단방사선학에서는 관심 있는 부위에만 작용하도록 방사선 빔을 최소화 하는데 주의를 기울여야 한다. 핵의학에서는 아등의 체격이 작으므로 성인에게 사용되는 방사능보다 적은 방사능 투여로 만족할 영상을 얻으면서 아등 선량을 줄일 수 있다.

## 14. 진단절차 수행에서 방사선위험을 줄이기 위해 무엇을 할 수 있나?

(68) 방사선 위험을 최소화하기 위한 가장 강력한 방법은 검사의 적절한 수행과 환자 방사선방호의 최적화이다. 이것은 방사선과나 핵의학 전문의, 그리고 의학 물리사의 책임이다.

(69) **진단엑스선 검사와 핵의학 진단**에서 환자보호의 기본적 원리는 임상적으로 만족스런 품질의 필요한 정보를 사회적 경제적 인자들을 고려하여 합리적으로 달성 가능한 한 낮은 선량으로 얻는 것이다.

(70) 많은 국가에서 수집된 증거들은 주어진 방사선촬영 검사에서 입사선량(X선 빔이 신체로 들어가는 부위의 표면에서 측정된 선량)이 매우 광범위함을 보이는 데, 한 예가 그림4이다.

(71) 때로는 개개 방사선촬영 시설에서 측정된 최소와 최대 선량이 100배 정도 차이를 보인다. 대부분의 측정된 선량은 그림4에서 보인 것처럼 분포의 하단에 무리를 짓는 경향이므로 높은 선량, 가령 분포의 70~80 백분위 이상의 선량은 합리적으로 정당화될 수 없음이 분명하다. 기본적 검진 각각에 대해 이러한 백분위에 소위 **진단 참고준위**를 설정함으로써 시정조치가 필요한 곳(시설이나 기기)을 식별할 수 있고 이로써 국가적으로 환자의 평균선량을 쉽고 크게 줄일 수 있다.

(72) 이러한 목표는 방사선과 의사가 의학물리사와 감사자/감사팀과 협조함으로써 이룰 수 있다. 체계적으로 적용하면 상당히 피폭을 줄이는 많은 기술적 인자들이 있다. 방호의 최적화는 좋은 조직뿐만 아니라 선량을 합리적으로 최소화하려는 지속적인 의지와 경각심을 요구한다. 이미 위험은 아주 작지만, 여전히 지난 수십 년 간의 일반적인 상황과 비교해 위험을 여러 배 더 줄일 수 있음을 쉽게 보일 수 있다.

(73) 피해야 할 절차로는 (1) 아동이나 청소년의 결핵 검사를 위한 형광투시법 또는 형광투시사진(이 연령에서는 대신 일반 방사선사진으로 검사해야 한다), (2) 전자 영상증폭 없는 형광투시법이 있다. 이러한 절차들은 환자에게 상당히 높은 선량을 주며, 이제 대부분의 선진 국가에서는 불법으로 규정하고 있다.

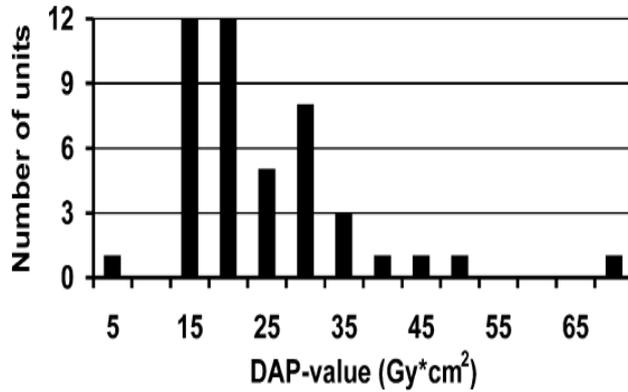


그림4. 스웨덴의 45개 치료센터에서 정맥주사 요로조영사진(IVU) 검진의 환자 선량분포. 스웨덴 방사선방호당국 자료. DAP: 선량-면적 곱.

(74) **중재방사선 절차**들은 일반적 진단방사선 검진보다 환자에게 더 높은 선량을 준다는 점은 강조되어야 한다. 그러나 대부분의 경우 그러한 절차들이 요구되는 것은 전통적 수술의 위험이 높기 때문이다. 적절한 현대 장비 사용과 훈련으로 환자의 피폭을 위험에 비해 높은 이익을 보장하는 수용 가능한 수준으로 제한할 수 있다.

(75) **핵의학**에서 환자선량의 크기는 기본적으로 투여되는 핵의약품의 방사능<sup>8)</sup>에 의존한다. 특정 목적을 위해 투약되는 핵의약품 방사능 범위는 기관이 달라도 차이가 작아서 일반적으로 최대치와 최소치가 3배 정도이다. 여러 국가에서 참조 혹은 권고 준위들을 설정하고 있는데 일반적으로 표준 체격 환자의 검사에서 이 준위를 초과하는 것은 피해야 한다.

(76) 신체 질량의 함수로서 방사능을 조절하고 성인에 투여하는 방사능에 비해 아동에게 투여하는 방사능을 상대적으로 줄이는 인정된 규칙(식)도 있다. 진단 핵의학에서 환자가 받는 전형적인 유효선량은 X선 진단에서 관찰되는 값들과 유사한 범위에 있다(표2 참조). 좋은 절차를 적용하고 품질관리와 품질보증 원칙을 고수함으로써 잘 정당화된 검사로 위험에 비해 높은 이익을 보장한다.

8) 방사능 - 주어진 표본에서 단위 시간 당 핵붕괴 수. 방사성 물질의 양(여기서는 투여하는 핵의 약품)을 재는 수단으로 사용됨. 단위는 1dps인 베크렐(Bq)이며, 1메가베크렐(1 MBq)는 100만 dps이다. dps: disintegration per second; 초 당 붕괴 수.

(77) 임신 중 핵의약품을 이용한 검진은 일반적인 방사선사진 촬영 절차에서와 비슷한 방법으로 취급되어야 한다. 따라서 이들 검사는 다른 진단 방법의 대안이 없고 분만 이후까지 연기할 수 없는 경우에 한해서 수행되어야 한다. 태아 갑상선에 심각한 손상을 피하기 위해 **작은 양이라도 방사성 옥소( $^{131}\text{I}$ )의 자유 이온을 사용하는 절차는 태아의 갑상선이 기능하기 시작하는 시기인 임신 10~12주부터는 금지되어야 한다.**

(78) 수유중인 여성이 방사성의약품을 이용한 검진을 받을 수도 있다. 상대적으로 수명이 길어 모유로 배출되는  $^{131}\text{I}$  같은 몇몇 방사성의약품이 있다. 이러한 방사성의약품의 투약 이후에는 방사성의약품이 아이에게 전이됨을 피하기 위해 모유수유를 중단해야 한다. 테크니슘-99m( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) 혼합물처럼 짧게 지속되는 다른 방사성 핵종의 경우는 수유 중단이 불필요하거나 단지 몇 시간에서 하루 정도의 수유중단으로 충분할 수 있다.

## 15. 치료방사선에서 방사선위험을 줄이기 위해 무엇을 할 수 있나?

(79) 적절한 임상지시에 기반을 둔 방사선치료는 종종 환자의 생명을 연장시키고, 단지 완화만 가능할 때도 고통을 줄여 환자의 삶의 질을 개선하는 성공적 방법이다. 이러한 목적을 달성함에는 개별 환자에 대해 조사 계획을 세우거나 실제로 선량을 전달할 때 수행의 높은 표준(전달하는 선량의 정확성)이 요구된다.

(80) 방사선치료에 의해 악성종양을 성공적으로 근절하자면 표적 조직(종양)에 높은 흡수선량이 요구되며, 일반적으로 낮지만 지발성 합병증 위험이 있다.

(81) 실제로 광범위한 많은 경우에서 방사선치료의 일반적 정당화는 의심의 여지가 없지만, 특별한 경우에 있어서 전달되는 선량이나 노출 부피를 줄이기 위한 노력이 증가하고 있다. 이는 화학요법과 계속 연계에 따른 부작용을 줄이기 위해 방사선종양학 의사가 선량이나 조사되는 부피를 감소시키려 하는 아동 암과 호지킨병(Hodgkin's)과 같은 특정 형태의 암에서 주된 관심사이다.

(82) 그러나 많은 경우에서 표적 체적의 선량 감소는 수용할 수 없을 정도로 치유율의 감소를 불러와 가능하지 않다. 따라서 치료방사선 환자의 방호 최적화는 조사되는 표적(종양) 선량이 효율적인 치료를 위해 필요한 수준으로 충분히 높아야 하며, 반면 근처 건강한 조직을 최대한으로 보호한다는 원칙을 기본으로 한다. 이 점에서 **조형치료**conformal therapy는 크게 유용하다.

(83) 방사선치료를 수행하는 과정의 결정은 외과의사와 종양학자medical oncologist, 방사선종양학 의사를 포함하는 여러 전문분야로 이루어진 팀을 통해 가장 적합하게 이루어져야 한다. 이 결정에는 더 유익한 대체 치료법의 부재, 그리고 통상적 방사선치료, 수술, 화학요법 등의 다른 기술들을 최적으로 결합하는 방법 등 절차의 정당화를 확인해야 한다. 이렇게 각 전문분야의 협력적 접근이 가능하지 않을 때 결정하는 방사선종양학 의사는 대체치료나 결합치료 전략을 염두에 두어야 한다.

## 16. 임신 여성이 방사선치료를 받을 수 있는가?

(84) 악성종양이 있는 임부도 생명의 안전을 위해 방사선치료가 필요할 수도 있다. 만일 종양이 신체의 말단부에 위치하고 있다면 개인 맞춤 복부 보호체를 사용하여 치료를 행할 수 있다. 방사선 빔이 수태물에 근접할 수 있으나 여전히 태아에 직접적으로 조사되지 않는다면 특별한 주의 아래 치료가 가능하나, 치료의 결정에 앞서 선량계측 전문가가 태아선량을 계산해야 한다.

(85) 일차 빔에 의한 직접 조사로 인한 선량은 임신 후 3~8주의 태아에게 다양한 기관의 기형을 만들거나 8~25주 태아에게 출산 후 정신 지체로 이어지는 두뇌 손상을 일으키는 문턱선량을 크게 초과하는 값에 도달한다. 심지어 치료가 임신 제3 삼분기에 이루어지는 경우에도 태아 성장을 방해하는 결과를 낼 수 있다.

(86) 모든 임신 주기에 있어 태아의 조사는 출생 후 10~20년에 암 위험 증가를 수반하고 **치료선량 준위**에서는 이 위험이 크다는 점도 상기해야 한다. 따라서 위에서 언급된 여러 인자들의 관점에서 임신중절을 고려할 수 있다. 결정은 태아의 위험에 대한 신중한 평가에 기반 하여야 하며, 이때 자격 있는 전문가가 태아에 부여되는 선량을 계산해야 한다. 결정 자체는 주치의, 배우자, 그리고 상담자와 상담을 거쳐 치료받는 여성 자신에 의해 이루어져야 한다.

(87) 방사선치료가 처음에 임신으로 진단되지 않은 여성에게 행해졌을 때 특히 어려운 문제가 발생한다. 종종 태아의 기형을 쉽게 유발할 수 있는 시기(임신 3주 또는 이후)에 수태물이 심하게 피폭하는 결과로 나타난다. 이러한 의도하지 않은 조사를 피하기 위해 방사선치료를 수행하기 전에 임신 검사를 수행하거나 임신을 배제해야 한다.

(88) 임부의 갑상선 기능항진에 옥소-131(<sup>131</sup>I)을 이용한 치료는 엄격하게 금기된다. 부분적으로는 태아의 외부 조사가 가능하기 때문이기도 하지만 주로 방사성 옥소가 태반을 가로질러 태아의 순환기로 들어가고 이어서 갑상선에 섭취되기 때문이다. 갑상선은 섭취된 방사성 옥소의 베타 방사선에 의해 잘 파괴될 수 있다. 따라서 분만까지는 가능하다면 다른 치료 방법들이 사용되어야 한다.

(89) 임신한 여성에게 전이 갑상선 암이 진단되었을 때, 만약 분만 이후로 치료를 미룰 수 없다면 <sup>131</sup>I를 이용한 치료가 임신의 유지보다 우선할 수밖에 없다.

## 17. 방사선으로 환자를 치료하는 것이 다른 사람에게 위험한가?

(90) 의료 방사선은 진단용 X선장치나 방사선치료를 위한 선형가속기처럼 환자 외부의 방사선원으로부터 환자에게 전달될 수 있다. 환자가 얼마나 많은 선량을 받았는지 관계없이 환자가 방사화되거나 방사선을 방출하지는 않는다. 결과적으로 이러한 환자들은 그 가족이나 타인에게 절대 방사선 위험을 주지 않는다.

(91) 의료 방사선이 환자에게 주어지는 다른 방법은 방사성물질을 환자 체내에 배치하는 것이다. 이 경우 환자는 방사선을 방출한다. 뼈나 갑상선 스캔처럼 진단 핵의학 연구를 위해 투여하는 방사성물질의 양은 작아서 환자가 그들의 가족이나 일반인에게 해악을 주지는 않는다. 이러한 환자들은 진단절차 이후에 즉시 퇴원할 수 있다.

(92) 방사능을 주사하거나 방사선원을 종양에 삽입함으로써 **방사선치료**를 받는 환자들도 있다. 이러한 환자들은 방사성핵종이 방출하는 방사선의 투과능에 따라 타인에게 위험이 될 수도 있고 위험이 되지 않을 수도 있다. 전립선에 심는 옥소-125(<sup>125</sup>I) 같은 핵종에서 나오는 방사선은 투과력이 아주 미미하여 이러한 환자들은 퇴원 조치한다. 반면, 이리듐-192나 세슘 선원을 심은 환자들은 그 선원이 제거될 때까지 병원에 있어야 하며, 방사선의 투과력이 강하여 환자 방문에도 제한을 두어야 한다.

(93) 갑상선암이나 때로는 갑상선 기능항진을 높은 방사능의 옥소-131로 치료받은 환자, 또는 방사선원을 영구적으로 심은 환자(근접치료의 특별한 범주)는 특별한 경우가 된다. 일단 의원이나 병원으로부터 집으로 보낸 경우 그들 행동의 특수규칙을 준수하지 않는다면 비록 작지만 그 가족 구성원에게 위험을 줄 수 있다. 치료를 행하는 책임이 있는 전문가는 이러한 환자들에 대해 아동과 신체적 접근을 피하는 등 필요한 주의사항을 주지시켜야 한다.

## 18. 추가 정보자료원

인터넷은 추가적 정보의 많은 출처를 제공한다. 방대한 목록을 이 문서에 기록하는 것은 불가능하다. 검색의 출발점으로서 몇몇 국제적 사이트를 열거하였다.

유럽위원회EC(방사선방호 페이지) - [europa.eu.int/comm./envionment/radprot/](http://europa.eu.int/comm./envionment/radprot/)

국제원자력에너지기구IAEA - [www-naweb.iaea.org/nahu](http://www-naweb.iaea.org/nahu)

국제방사선방호위원회ICRP - [www.icrp.org](http://www.icrp.org)

세계보건기구WHO - [www.who.int](http://www.who.int)



# 의료영상화에서 진단 참고준위: 검토와 추가 조언

ICRP 제3분과위원회 채택: 2001년 9월

**요약-** 진단 참고준위들(DRL)은 지역<sup>9)</sup>, 국가, 그리고 지방의 권한 기관에 적용되어야 한다. DRL 수치들은 권고성이지만 DRL 개념의 이행은 권한 기관에 의해 요구될 수 있다. DRL의 개념은 그 선택과 이행에서 유연성을 허용한다. 현재의 ICRP 조언은 DRL의 양, 수치 또는 이행의 세부사항을 명기하지 않는다. 이는 지역, 국가 그리고 지방의 권한 기관의 임무이며 각급 기관은 해당 분야의 요구를 만족시켜야 한다. ICRP의 조언에 부합하는 어떠한 합리적이고 현실적인 접근도 의료영상화 분야에서 환자선량의 관리를 발전시킬 것으로 ICRP는 본다.

중심어: DRL, 참고준위, 의료영상화, 진단방사선의학, 방사선방호

---

9) <역주> 여기서 '지역'이란 국가보다 넓은 범위, 예를 들면 유럽공동체와 같은 것이다.

## 요점

- 진단 참고준위들(DRL)은 지역, 국가, 그리고 지방의 권한 기관에 의해 사용되어야 한다. DRL 수치는 권고성이지만 DRL 개념의 이행은 권한 기관에 의해 요구될 수 있다.
- DRL의 개념은 그 선택과 이행에서 유연성을 허용한다.
- 현재 ICRP의 조언은 DRL의 양, 수치 또는 이행의 세부사항을 명시하지 않는다. 이는 지역, 국가 그리고 지역으로 권한 기관의 임무이며 각급 기관은 해당 분야의 요구를 만족시켜야 한다.
- ICRP 조언과 모순되지 않는 어떠한 합리적이고 현실적인 접근도 의료영상화 분야에서 환자선량의 관리를 발전시킬 것으로 ICRP는 본다.

# 1. 서론

(1) 이 자료의 목적은 지역, 국가, 또는 지방의 권한 기관과 임상 사회에 대해 진단방사선학과 핵의학분야에서 실용적 방법으로서 진단 참고준위를 적용함에 추가 조언을 제공하기 위한 것이다. 의료영상화 직무에 부합하는 영상품질과 적정 진단정보를 획득하는 것은 우선적인 임상 목표이다. 다음으로 선량이 임상 목적과 조화되도록 환자의 방사선량을 관리하는데 도움을 주기 위해 진단 참고준위들이 사용된다.

(2) 진단 참고준위를 설정하기 위해 권한 기관에 의해 선택된 다양한 접근에 대해 전문적 의료 집단과 제휴하여 검토하였다. 그러한 접근은 목표와 방법론에 있어서 일률적이지는 않지만, 관심 의료영상화 직무에 따라, 또 지역, 국가 또는 지방의 관행이나 기술적 이행에 대한 선호에 따라 진단 참고준위 개념을 이행하기 위한 다양한 방법이 있는 것으로 밝혀졌다.

(3) 이 자료는 기존 ICRP 지침을 간략히 검토하고 지금까지 취한 접근에 대한 정보를 요약하였으며, ICRP 제3분과위원회의 추가 조언을 제시하였다. 여기에 주어진 조언은 이전의 ICRP 지침과 일치하는 진단 참고준위의 뼈대를 제공하지만 참고준위의 선택과 사용에 있어서 더 많은 유연성을 준다. 몇몇 예시적 사례를 실었지만, 조언은 사용할 양이나 그 양에 대해 설정할 수치, 또는 지역, 국가 또는 지방의 권한 기관이 어떻게 진단 참고준위를 이행하여야 하는지를 명시하지는 않았다.

## 2. 기존 ICRP 지침

(4) ICRP 간행물 60(ICRP, 1991)은 의료상피폭 방호의 최적화 부분에서 다음과 같이 권고하고 있다<sup>10)</sup>: 적절한 전문가 집단이나 규제기관에 의해 몇몇 일상적인 진단절차들에 적용하기 위하여 선택된 선량제약 또는 조사준위의 활용에 주의를 기울여야 한다. 이와 같은 것들은 건전한 임상학적 판단에 의해 제시된 경우에는 보다 높은 선량을 적용하는 것도 가능케 하는 융통성을 가지고 적용되어야 한다.

(5) 간행물 73(ICRP, 1996)은 진단 참고준위라는 용어를 도입하여 위원회의 더 넓은 개념의 참고준위에서 위치를 설명하였고, ICRP 60 S34의 권고를 더 자세히 설명했다(더 자세히는 ICRP 73의 99항에서 106항). 주요 관점은 아래와 같이 요약된다.

- (a) 사용되는 용어는 진단 참고준위이다.
- (b) 목적은 조언이다. 일관되게 초과되었다면 현장 검토를 요구하는 특별하게 높은 수준을 식별하기 위한 조사준위의 한 형태이다. 원칙적으로 하단 준위, 즉 그 아래에서는 적절한 의료 영상을 얻기에 불충분한 선량 준위도 존재한다. 진단 참고준위는 규제나 상업적 목적을 위한 것이 아니고, 선량 제약도 아니며 한도나 제약과 연계되지도 않는다.
- (c) 검진 형태는 진단방사선의학과 핵의학을 포함한다(바꾸어 말하면 일반적 검진과 광범위하게 정의된 유형의 장비).
- (d) 참고준위의 선택은 환자에서 관찰된 분포의 백분위를 이용해 전문 의료단체에 의해 국가나 지역에 고유하게 이루어진다.
- (e) 공기 흡수선량, 단순한 표준 모의피폭체(팬텀) 또는 진단방사선에서 대표적 환자의 표면에서 조직등가 물질의 흡수선량, 진단 핵의학에서는 투여한 방사능과 같이 쉽게 측정되는 양이어야 한다.

---

10) ICRP 60 문단 S34 참조.

### 3. 의료영상화에서 참고준위의 검토

(6) 의료영상화를 위해 사용되는 참고준위에 대한 많은 접근 방법이 있다. 전형적으로 참고준위는 품질보증 수단처럼 조사준위로서 사용되며 권고성이다. 그러나 그 접근이 더 최적의 상황을 지시하는 ‘달성 가능한 준위’를 사용하거나, 선량제약을 언급하거나 또는 선량한도나 중단준위(suspension level)(스크리닝을 위한 유방 엑스선조영법에 한함)를 내포하는 등 예외도 있다. (5b)항(진단 참고준위는 규제나 상업적 목적을 위한 것이 아니고, 선량제약도 아니며 한도나 제약과 연계되지도 않는다)을 명확히 하기 위해, 진단 참고준위의 수치는 권고성이다. 그러나 권한 기관은 진단 참고준위 개념의 이행을 요구할 수도 있다.

(7) 비록 지금까지 진단방사선의학과 핵의학에 대한 기준이 달랐지만 참고준위를 설정하는 그런대로 일관된 기준이 있다. 진단방사선의학에서 참고준위들은 보통 해당 지역이나 국가의 관행에서 관찰되는 환자의 선량 계측량의 분포로부터 유도되었다. 통상 상단 준위만 선택되고 하단 준위는 명시되지 않았다.<sup>11)</sup> 핵의학에서는 인정되는 관습이나 관행에 근거하여 부여하는 방사능의 실용적 값으로부터 참고준위가 도출되었다. 전형적으로 모든 참고준위들은 방사선방호 당국과 전문 집단 혹은 전문가들(즉, 임상 동료 참여)의 협력을 통해 개발되었다.

(8) 다양한 참고준위는 다른 목표가 있다. 참고준위가 선택된 의료영상화 직무에 적용되지만 때때로 임상적, 기술적인 조건들이 목표에 부합하는 수준으로 충분히 정의되지 않는다. 최소한 세 가지 일반적 목표가 확인될 수 있다.

- (a) 분포에서 정당화되지 않게 높거나 낮은 값의 수를 식별하고 줄임으로써 일반적 의료영상화 업무에서 발견되는 지역, 국가, 또는 지방의 분포를 개선함.
- (b) 보다 구체적인 의료영상화 직무를 위한 모범관행을 권장함.
- (c) 구체적 의료영상화 프로토콜을 위한 준위 값의 최적 범위를 권장함.

(9) 다양한 양들이 참고준위로 사용되어 왔다. 선택된 양은 임상 절차의 유형에 의존한다. 예를 들어 그것이 개별 방사선영상 촬영인지, 복수 촬영 또는 복수 조사야를 구성하는 절차나 검사인지, 또는 진단 핵의학 절차(즉, 구체적 핵의약품

---

11) <역주> 하단 참고준위도 적절한 임상품질의 영상을 얻는다는 관점에서 중요하다. 하단 참고준위가 잘 설정되지 않는 이유는 영상의 품질에서 쉽게 발견될 수 있기 때문으로 생각된다. 또, 통상적으로 대수 정규분포 양상인 현장 데이터에서 상단 준위와는 달리 하단 준위를 설정하기가 용이하지 않다는 점도 있다.

또는 임상 목적)인지에 따라 달라진다. 나아가 사용되는 양은 참고준위를 설정하는 주체에 의존하며 원하는 목표, 현장 선호도, 그리고 고유한 조사 조건과도 관계가 있다.

(10) 위의 관찰은 참고준위에 대한 접근과 일련의 고려사항들을 강조한다. 그 특성을 표1(참고준위 접근)과 표2(참고준위 목록)에 보였는데, 이것은 여러 권한 기관에서 근년에 선정한 접근과 값이다.<sup>12)</sup> 표1과 표2는 백그라운드 정보를 위해 제시한 것이며 (12)항부터 (24)항까지 주어진 제3분과위원회 추가 조언의 일부는 아니다.

---

12) 세계적으로 진단 참고준위들의 개발과 이행을 위한 끊임없는 노력들이 있다. 최근 IAEA/EC/PAHO/WHO 회의(IAEA 2001)는 진단방사선학과 핵의학 분야에서 이러한 발전에 관계된 많은 논문을 수록하고 있다.

표1. 참고준위 접근방법

문서	사용된 용어	검사 유형: 측정량	선발	목적
<p><b>ICRP 73(1996)</b> 의료에서의 방사선 방호 및 안전. ICRP 간행물 73. 국제방사선방호위원회</p> <p><b>CRCPD(1998)(일반, 미국)</b> 평균 환자 피폭 지침. CRCPD 간행물 88-5. 방사선관리 프로그램 감독자 회의<sup>a)</sup></p> <p><b>IPSM(1992)(일반, 영국)</b> 진단방사선학 분야에서 환자 선량 측정을 위한 국가 프로토콜. 의학 물리과학원 선량계측 작업분과</p> <p><b>IAEA (1996) (BSS)</b> 전리방사선에 대한 방호와 방사선원의 안전을 위한 국제 기본안전기준. 안전 시리즈 115. 국제원자력기구</p>	<b>진단 참고준위</b>	진단방사선학과 핵의학(일반적 검사 & 넓게 정의된 장비형태); 쉽게 측정되는 양(방사선학에서 공기에 대해 흡수선량 또는 단순 표준팬텀이나 대표적 환자의 표면에서 조직등가물질 흡수선량; 핵의학에서는 투여 방사능)	전문 의료기구; 환자 선량 분포의 백분위; 국가나 지역 고유	권고성; 조사준위의 한 형태, 비상으로 높은 수준의 식별; 원칙적으로 낮은 수준도 해당; 규제나 상업 목적 아님; 선량제약 아님; 선량한도, 제약과 연관 없음.
	<b>환자 노출지침</b>	의료방사선, 유방조영술 및 치과 : mR 단위 ESE; 공기 중 측정; 팬텀 없음.	미국 조사 자료의 검사로부터 유도; “현재 관행 상태” 반영.	규제 아님; 환자 두께, SID, 그리드, 필름속도, kVp(치과) 등 특정 기술적 인자에 결부.
	<b>참고 선량준위</b>	방사선 사진: mGy 단위 ESD 검사: Gy cm <sup>2</sup> 단위 DAP [최소 10명의 성인 환자 평균, 70±10 kg의 체격을 극도로 벗어나는 환자 제외]	영국 조사 값의 3/4 분위 근처	p.15: “...국가차원에서 설정된 선량제약으로서 해석될 수 있다.”; “참고준위 아래의 선량 달성을 만족스럽거나 최적성취의 지표로서 간주해서는 안 된다.”
	<b>지침준위</b>	방사선 사진: mGy 단위 ESD(상대 속도 200의 필름-영상막 조합; 필름 속도 400~600에 대해서는 2~3정도의 보정인자로 감소) CT: mGy 단위 MSAD(회전 축상, 머리와 몸통에 대한 물 팬텀) 유방조영술: mGy 단위 AGD; 4.5cm, 50/50; Mo-Mo 표적-필터 핵의학: MBq 단위 투여 방사능	전형적 성인을 대상으로 한 광범위한 조사로부터 유도	만일 유용한 정보나 의료적 이익 없이 선량이 상당히 낮은 수준으로 떨어지면....또는 선량이 준위를 초과하면 시정조치.

a) CRCPD(1988)는 이전 U.S지침(FR,1978)의 후속이며 이전 문서(CRCPD,1980)를 대체한다. 다음 문서(CRCRP,1992)에 의해 대체되었다. [FR(1998) 연방 관보, Vol. 43, No. 22. 진단 X선을 위한 연방기관의 방사선 방호 지침] [CRCPD(1980). 진단 X선을 위한 환자 피폭 지침.] [CRCPD(1992). 평균 환자피폭 지침. CRCPD 간행물 92-4]

다음 페이지에 계속

표1 (계속)

문서	사용된 용어	검사 유형: 측정량	선발	목적
<p><b>NRPB(1999)(일반, 영국)</b> 진단 의료상 피폭에서 방호 최적화를 증진하기 위한 환자 선량 지침. NRPB 문서 Vol.10 No.,1. 국립방사선방호원</p> <p><b>ARSAC(1998)(핵의학, 영국)</b> 핵의약품의 임상 투여와 밀봉 방사성물질 사용에 관한 지침안내. 보건부 방사성물질 투여 자문위원회 (ARSAC)</p>	<p><b>정지준위</b> (유방 스크리닝) <b>참조선량;</b> <b>달성가능 선량; 진단 참고준위(DRL</b> , 핵의학)</p>	<p>방사선 사진: ESD; 성인에 대해 mGy, 소아에 대해 uGy 유방조영술: 표준 가슴모델에 대해 mGy 단위 MGD 치과방사선사진: 구강내, mGy 단위의 PED; mGy mm의 연속적 DWP 투시검사: mGy cm<sup>2</sup> 단위의 DAP CT: 단일 슬라이스, mGy 단위의 CTDI<sub>w</sub>;검사, mGy cm 단위의 DLP 핵의학: MBq단위의 투여 방사능</p>	<p><b>참고선량</b> U.K 조사 평균값 분포의 3/4분위 <b>달성가능 선량</b> 광범위하게 사용되는 표준 수단으로 달성 가능한 값: 방사선사진, 유럽 권고 부합 기관의 평균 값 유방조영술, U.K 모범기술 조사에 기반한 값 <b>진단 참고준위</b> U.K에서 의료인을 위한 지침</p>	<p><b>정지준위</b>(스크리닝 유방검사) 이 양을 초과하면 즉각적인 행위의 검토 <b>참고선량</b> 조사준위: 부서내 불량한 의료행위에 대한 내부조사에 사용되는 문턱값; 정규 규제도구 아님 <b>달성가능 선량</b> 참고선량을 보완; 행위의 최적화 증진 <b>진단 참고준위(핵의학)</b> 인정된 관습이나 관행상의 실용 수치; 특별 정당화가 요구되는 문턱값; 규제기관이 발행한 증명서에 요구(과거의 최대 일상 방사능, MUA에 해당)</p>
<p><b>EC(1999a)(일반)</b> 의료상피폭을 위한 진단 참고준위(DRL) 지침. 방사선 방호 109. 유럽위원회 환경 원자력안전 민방위국</p> <p><b>Nordic(1996)(일반);</b> <b>SSK(2000)(핵의학)<sup>b)</sup></b></p>	<p><b>진단 참고준위</b></p>	<p>방사선사진: mGy 단위의 ESD 투시검사: mGy cm<sup>2</sup> 단위의 DAP [최소 10명의 성인에 대한 평균; 70±3kg을 극도로 벗어난 체격 제외] 유방조영술: 표준 팬텀에 대해 mGy 단위의 ESD 핵의학: MBq 단위의 투여 방사능</p>	<p>방사선사진: 유럽 조사로부터의 3/4 분위값 핵의학: 표준절차에서 좋은 영상을 얻기 위해 필요한 투여 방사능</p>	<p><b>X선 검사:</b> 표준크기의 환자 혹은 팬텀군, 포괄적 정의의 기기; 양질의 정상 절차가 시행되었을 때 기대되지 않는 수준; 지속적 초과 시 절차 및 기기의 재검토가 요구됨 <b>핵의학:</b> “최적” 국가적 수치; 아동에 대해서는 성인 값의 일부</p>

b) [Nordic (1996). 진단방사선 환자에 대한 북유럽국 참고준위. 북유럽 방사선방호연합 보고서 5 (덴마크, 핀란드, 아이슬란드, 노르웨이, 스웨덴)] [SSK (2000). 핵의학 진단 참고준위. 방사선방호위원회 권고 (167절) (독일)]  
다음 페이지에 계속

표1 (계속)

문서	사용된 용어	검사 유형: 측정량	선발	목적
<p><b>동일 접근을 시도하는 유럽 위원회의 문서</b>  <b>EC(1990) (일반)</b>                      진단 방사선영상 품질기준 작업문서. CEC XII/173/90. 유럽공동체 위원회</p> <p><b>EC(1993) (유방조영술)</b>                      유방조영술 품질보증 유럽 지침서. EUR 14821. 유럽 위원회)</p> <p><b>EC (1996a) (일반)</b>                      진단 방사선촬영 품질보증 유럽 지침서. EUR 16260 EN. 유럽위원회</p> <p><b>EC(1996b) (소아과방사선)</b>                      소아진단방사선촬영 품질보증 유럽 지침서. EUR 16261 EN. 유럽위원회</p> <p><b>EC (1999b) (CT)</b>                      CT 품질보증 유럽지침서. EUR 16262. 유럽위원회</p>	<p><b>참조선량치(환자 방사선량의 기준)</b></p>	<p>방사선사진: ESD; 성인에 대해 mGy, 아동에 대해 uGy</p> <p>유방조영술: 4.5cm; 그리드 명시 없음; EC(1990)</p> <p>유방조영술: mGy 단위 ESD; 50mm</p> <p>유방=45mm PMMA; OD= 1.0; EC(1993)</p> <p>유방조영술: mGy 단위 ESD; 5 cm, Mo 타겟, Mo/Al 필터; EC (1996a)</p> <p>CT: 단일 슬라이스, mGy 단위의 CTDI<sub>w</sub> ; 검사, mGy cm 단위의 DLP(지름 16cm 머리 팬텀, 지름 32cm 몸통 팬텀; PMMA)</p> <p>성인: 60~80kg 표준 체격을 가진 10명 환자의 표본 사용</p> <p>소아: 4~6세, 15~25kg인 10명 환자의 표본 사용</p>	<p>유럽 조사자료의 75 백분위값</p>	<p>조사준위(초과 원인을 조사): 진단 요건, 영상 기준, 모범 촬영 기술과 연계</p>

다음 페이지에 계속

표1 (계속)

문서	사용된 용어	검사 유형: 측정량	선발	목적
<b>EC (1996c) (유방조영술)</b> 유방조영술 선량계측의 유럽 프로토콜. EUR 16263 EN. 유럽위원회	<b>제한치</b>	유방조영술: mGy 단위의 ESAK와 AGD; 45mm PMMA; OD=1.0	EC(1993)의 ESD에서 환산	p49..."선량제약"; "제한치, 참고준위, 조치준위 등과 같은 상이한 용어를 포괄하는 사용
<b>FDA (1997) (유방조영술, 미국)</b> 품질 유방조영술 표준; 수정; 최종법규. 연방관보 vol.62, No. 217, 60613-60632. FDA[www.fda.gov/cdrh/fr/fr1110af.html]	<b>선량한도</b>	유방조영술: mGy 단위의 AGD, 하향촬영; 승인된 FDA 팬텀 사용; 모든 시스템; 표준 유방(4.2cm; 50/50)에 임상학적으로 사용되는 조건과 기술 인자	미국 방사선학 대학의 품질관리 매뉴얼에서 채택	규제요건(초과금지): 유방 스크리닝의 경우; 품질보증시술, 최소한 1년에 한 번 시행; 기기의 확장 품질보증 요건의 일부(규정은 1999년 4월부터 유효)
<b>AAPM (1999) (일반, 미국)</b> 참고치-방사선학의 응용 및 영향. 미국 의학물리학자협회 작업그룹(초안)	<b>참고값</b>	방사선사진: mGy 단위의 ESAK(mR 단위의 ESE); 팬텀 없이 공기중에서 측정 CT: 후방산란체 있는 팬텀에서 측정된 mGy 단위 CTDI 투시: mGy/min 단위의 ESAK을 (mR/min 단위의 ESE)	미국 조사 데이터의 75, 80 백분위에서 유도	규제 아님; 피폭 준위 평가에서 의학 전문가를 돕기 위한 목적; 이 값을 초과하면 시설 조사 사유, 영상의 질을 유지하는 수준에서 선량 감소
<b>NRPB (2000) (소아)</b> 소아방사선에서 환자크기와 참고선량. NRPB-R318. 영국국립방사선방호원	<b>참고선량</b>	방사선사진: uGy 단위의 ESD <b>진신촬영</b> : mGy cm <sup>2</sup> 단위의 DAP 소아연령: 신생아, 1, 5, 10, 15세 [개별적으로 측정된 값을 표준 체격에 정규화하여 사용]	유럽 조사 데이터 중 3/4분위수의 반올림 값	잠정 참고선량: 환자 방호 최적화 촉진의 유용하고 실질적인 방법; ICRP 간행물과 EC 의료상 피폭 명령의 개념을 참조함

**기호 및 약어 목록:** AGD(평균 유선선량): average glandular dose; CTDI(CT 선량지수): computed tomography dose index(U.S.); CTDI<sub>w</sub>(가중 CT선량지수): weighted computed tomography dose index(EC); DAP(선량면적곱): dose area product; DLP(선량거리곱): dose length product; DRL(진단 참고준위):diagnostic reference level; DWP(선량폭곱): dose width product; ESAK(입사면 공기 커마):entrance surface air kerma(자유공기 중); ESD(입사표면선량): entrance surface dose(후방산란고려); ESD rate(입사면선량률): entrance surface dose rate(후방산란고려); ESE(입사피부 조사선량): entrance skin exposure(자유공기 중); MGD(평균 유선선량): mean glandular dose; MSAD(다중촬영평균선량): multiple scan average dose; MUA(최대 일상 방사능): maximum usual activity; OD(흡광도): optical density; PED(환자입사선량): patient entrance dose(자유공기 중)

표2. 참고준위 목록

의료 촬영 업무	(일반, 미국) CRCPD 1988	(일반, 영국) (BSS) IPSM 1992 IAEA 1996	(일반) EC		(일반, 미국.) AAPM 1999	(일반) NRPB 1999
			1990, 1996a, 1999a			
<b>방사선사진[mGy 단위 ESD 값임. 단, CRCPD, AAPM 및 NRPB에 대해 언급한 경우는 예외]</b>						
<b>[주: CRCPD 자료는 mR (x0.00876) 단위 ESE를 mGy 단위의 ESAK로 환산하였음]</b>						
파노라마 치아						65
치근단			7			[DWP: mGy mm]
전방치아	[mGy 단위 ESAK]		5		[mGy 단위 ESAK]	
하방치아	0.3				0.25	
구강내치아(교익형) (예: 70kVp, 속도 E)	kVp와 속도의 함수 2.1~3.1				2.3(70kVp, E) 3.3(70kVp, D)	하악골어금니촬영 4, <b>1.8</b> [PED, mGy]
후방 및 전방 두개골		5	5	5		5, <b>1.5</b>
측면두개골	1.3, 0.6*	3	3	3		3, <b>1</b>
전방 경추	1.2, 0.8				1.25	
후방 흉부	0.1, 0.04(그리드 미사용) 0.2, 0.1 (그리드 사용)	0.3	0.4	0.3	0.25	0.3
측면 흉부		1.5	1.5	1.5		1.5
전방 흉추			7			
측면 흉추			20			
전방 척추	2.3, 1.3					
전방 복부	4.3, 2.6	10	10		4.5	10, <b>6</b>
전방 및 후방 요추	3.9, 3.1	10	10	10	5	10, <b>5</b>
측면 요추	[*두 가지 필름 속도:	30	30	30		30, <b>12</b>
측면 요추(요추-천골 관절)	200, 400]	40	40	40		40, <b>24</b>
전방 골반		10	10	10		10, <b>4</b>
전방 고관절			10			[참고선량, <b>달성가능선량</b> ]
전방 요로(일반필름 조영전)				10		
전방 요로(조영후)				10		

다음 페이지에 계속

표2. (계속)

의료 촬영 업무	(소아) NRPB 2000					(소아) EC	(일반) NRPB
	0세	1세	5세	10세	15세	1996b, 1999a	1999
<b>소아 방사선사진 [uGy 단위 ESD 값. MCU 촬영 제외]</b>							
전방, 후방 흉부		50	70	120		100 (5세)	100 (5세)
측면 흉부						200 (5세)	200 (5세)
신생아 전방 흉부	50					80 (신생아)	80 (신생아)
후방, 전방 두개골		800	1100	1100	1100	1500 (5세)	1500 (5세)
측면 두개골		500	800	800	800	1000 (5세)	1000 (5세)
전방 골반(영아)						200 (영아)	200 (영아)
전방 골반(영아이상)		500	600	700	2000	900 (5세)	900 (5세)
전방, 후방 복부(누워서 촬영)		400	500	800	1200	1000 (5세)	1000 (5세)
MCU촬영(주: mGy cm <sup>2</sup> 단위 DAP)	600	900	1200	2400			
<b>[주: EC는 아래의 소아방사선촬영 절차에 대해서 참고준위 없이 품질기준을 제시(1996b)]</b>							
후방, 전방 척추		배뇨 방광요도조영술			전방, 후방 요로촬영(조영제 투여후)		
후방, 전방 부분척추		전방, 후방 요로(조영제 미투여/투여전)					
측면 부분 척추							
의료 촬영 업무	(일반, U.K.) IPSM 1992	(BSS) IAEA 1996	(CT) EC 1999b	(일반) NRPB 1999	(일반) EC 1999a	(일반, U.S.) AAPM 1999	
<b>투시촬영 [mGy/min]</b>		[ESD율]					
정상 모드		25				(모드 주어지지 않음)	
고수준 모드		100				65[ESAK율]	
<b>촬영 [Gycm<sup>2</sup> 단위 DAP]</b>					[UK]	[북유럽]	
요추	15			15	-	10	
바탕관장	60			60	60	60	
바탕식	25			5	25	25	
중재적 요로조영술	40			40			
복부	8			8			
골반	5			5	-	4	
흉부					-	1	
요로조영술					40	20	

표2. (계속)

의료 촬영 업무	(일반, 영국) IPSM 1992	(BSS) IAEA 1996	(CT) EC 1999b	(일반) NRPB 1999	(일반) EC 1999a	(일반, 미국) AAPM 1999
<b>CT [mGy 단위 MSAD]</b>						
두부 CT		50				
요추 CT		35				
복부 CT		25				
<b>CT [mGy 단위 (CTDI<sub>w</sub>, CTDI) 또는 mGy cm(DLP)]</b>						
			[CTDI <sub>w</sub> (단층별), DLP (촬영별)]		[CTDI (촬영별)]	
일반 두부			60, 1050	60, 1050	60 [두부]	
일반 흉부			30, 650	30, 650	40 (전신)	
일반 복부			35, 780	35, 800		
일반 골반			35, 570	35, 600		
안면과 부비동			35, 360			
척추외상			70, 460			
고해상도 폐			35, 280			
간과 비장			35, 900			
골반 골조직			25, 520			
<b>[주: EC는 아래의 CT촬영 절차에 대해 참고준위 없이 품질기준을 제시(1996b)]</b>						
두개저 촬영	인두	신장				
추체골 촬영	후두	혜장				
안와 촬영	요추, 평원형 탈장	부신수질				
안장과 뇌하수체 촬영	척수	어깨 골조직				
침샘촬영(귀밑샘, 턱밑샘)	흉부, 세로칸관					

다음 페이지에 계속

표2. (계속)

의료 촬영 업무	(일반, 미국) CRCPD 1988	(일반) EC 1990, 1996a, 1999a	(BSS) IAEA 1996	(일반) NRPB 1999 [+ ARSAC 1998]	(유방촬영) EC 1993, 1996c	(유방촬영, 미국) FDA 1997
<b>유방촬영 [mGy 단위 ESD, ESAK, AGD 또는 MGD]</b>						
[주: CRCPD 자료는 mR (명목상 BF=1.1) 단위 ESE 와 mrad 단위 AGD로부터 환산함.]						
측면 유방		10(1999a)		[*정지준위, 참고선 량, 달성가능선량]		
MLO 유방		7(1990), 10(1996a; 1999a)				
CC 유방		7(1990), 10(1999a)		<b>*3, 2, 1.5</b>		[선량 한도]
스크린-필름(그리드 미사용)	3.3, <b>0.6</b>		1	<b>*3, 2, 1.5</b>	12, 11, <b>2.3</b>	[3]
스크린-필름 (그리드 사용)	6.1, <b>1.4</b>	10(1996a)	3			
Xerox (양성)	8.6, <b>4.0</b>					
Xerox (음성)	6.5, <b>3.4</b>					
	[ESD, AGD]	[ESD]	[AGD]	[MGD]	[ESD, ESAK, AGD]	[AGD]
의료 촬영 업무	(일반) EC 1999a		(BSS) IAEA 1996	(핵의학) ARSAC 1998	(핵의학) SSK 2000	
<b>핵의학 [성인에 대하여 MBq 단위의 투여방사능]... 예시</b>						
골촬영[MDP/HDP]	400	600	600	600	750	
간/비장 검사 [콜로이드]	80	80	80	80	자료 없음	
간/비장 검사 [IDA]	40	150	150	150	150	
폐관류촬영[MAA]	100	100	100	100	200	
신장촬영[DMSA]	80	80	160	80	70	
동적신장검사[DTPA]	80	300	350	300	150	
동적신장검사[MAG3]	40	100	100	100	200	
[모두 <sup>99m</sup> Tc 사용]	[네덜란드, 영국; DRLs]		[유도 준위]	[DRLs (MUAs)]	[DRLs]	
[주: EC (1999a)는 다양한 국가별 자료를 제시함. EC (1999a)와 SSK 2000은 아동의 자료를 제공함]						

다음 페이지에 계속

표2. (계속)

기호 및 약어 목록:

ESD(입사면선량) -entrance surface dose(후방산란포함)	AP(전후경)-anterioposterior
ESD rate(입사면선량률) -entrance surface dose rate(후방산란포함)	PA(후전경)-posterioranterior
ESAK(입사면공기커마)-entrance surface air kerma(공기중)	LAT(측방경)-lateral
PED(환자입사선량)-patient entrance dose(공기중)	CT(전산화단층촬영)-computed tomography
ESE(입사피부조사선량)-entrance skin exposure(공기중)	HRCT(고해상도 전산화단층촬영)-high resolution computed tomography
MSAD(다중촬영평균선량)-multiple scan average dose	MLO(빗각내외측 촬영)-mediolateral oblique
CTDI(CT선량지수)-computed tomography dose index (U.S.)	CC(하방촬영)-craniocaudal
CTDI <sub>w</sub> (가중 CT선량지수)-weighted computed tomography dose index (EC)	BF(후방산란 인자)-backscatter factor
DLP(선량거리곱)-dose length product	IDA(이미노이소산)-iminodiacetic acid
DAP(선량면적곱)-dose area product	MAA(대응집알부민)-macroaggregated albumin
DWP(선량폭곱)-dose width product	DMSA-dimercaptosuccinic acid
AGD(평균 유선선량)-average glandular dose	DTPA-diethylenetriaminepentacetic acid
MGD(중앙 유선선량)-mean glandular dose	MAG3-mercaptoacetyltriglycine
A(부여 방사능)- administered activity	DRL(진단 참고준위)-diagnostic reference level
MUA(최대 일상 방사능)-maximum usual activity	MDP-methylene diphosphonate
	HDP-hydroxymethylene diphosphonate
	MCU(배뇨 방광요도조영술)-micturating cystourethrography

## 4. 기저 고려사항

(11) 진단 참고준위로서 사용되는 양의 값 변화와 환자의 상대적 위험을 결정하는 환자 조직선량 변화 사이의 관계를 정확하게 해석하기 위해서 다음의 고려가 중요하다.

- (a) 진단 참고준위의 수치는 의료영상화 업무를 위한 규정된 임상적, 기술적 요건과 연계되어야 한다. 한 상황에서 선택된 수치는 다른 임상적, 기술적 요건에 적용되지 못할 수도 있는데, 이는 심지어 신체의 같은 부위 영상을 취하는 경우에도 해당된다.
- (b) 체내 상대적 조직선량 분포는 선택된 의료영상화 대상 환자들 사이에서 두드러지게 바뀌지 않는다. 측정된 양의 비례적 변화는 개별 조직선량의 비례적이고 일정한 퍼센트의 변화에 상응해야 한다. 만일 조사야 크기와 위치, 빔의 질, 또는 내부 선량분포를 바꾸는 기타 기술적 인자가 달라서 체내 상대적 조직선량 분포가 진단 참고준위를 설정하기 위해 사용된 경우와 상당히 다를 때는 조직선량의 변화에 관해 측정된 양의 변화를 해석하는 것이 애매해 질 수 있다.

진단 참고준위를 설정하는데 있어 지역, 국가, 또는 지방 권한기관과 전문가 단체는 이러한 고려사항을 인식하고 있어야 한다.

## 5. 진단참고준위에 대한 ICRP 제3분과위원회의 추가 조언

### 5.1. 진단 참고준위의 목적

(12) 진단 참고준위의 목적은 의료영상 업무의 임상목적에 기여하지 못하는 환자의 방사선량을 피하는 것을 돕기 위함이다. 이는 해당 지역, 국가 또는 지방 데이터에서 도출된 진단 참고준위 수치와 적절한 환자 참조집단 또는 적합한 참조 팬텀에서 관찰되는 평균 또는 다른 적절한 값을 비교함으로써 달성할 수 있다.

(13) 참조 환자집단은 보통 키나 몸무게 같은 신체적 인자가 주어진 범위 내에 있는 사람들로 정의한다. 만일 선정하지 않은 환자 표본이 참조집단으로 사용되면, 이 표본에서 관찰되는 값이 진단 참고준위보다 더 높은지 낮은지 하는 해석을 어렵게 한다. 진단 참고준위는 개인 환자에 적용되지는 않는다.

### 5.2. 진단 참고준위의 이용

(14) 진단 참고준위는 다음과 같은 경우에 사용될 수 있다.

- (a) 정당화되지 않게 높거나 낮은 값의 빈도를 줄임으로써 지역, 국가, 또는 지방의 **일반 의료영상화 업무**에서 관찰되는 결과의 분포를 개선함.
- (b) **구체적 의료영상 업무**에 대한 모범 관행을 시사하는 좁은 범위 값의 달성을 촉진함.
- (c) **특정 의료영상 프로토콜**에 대해 값의 최적 범위 달성을 촉진함.

(14 a, b, c)의 사용은 특정 의료영상화 업무에 대해 권한기관이 선정한 임상적, 기술적 조건들의 명세 정도에 따라 세분된다.

(15) 실제에서 발견되는 값이 선정된 상단 또는 하단 준위를 일관되게 벗어나면 적절한 현장 검토와 조치가 따른다. 이러한 과정은 일반적으로 환자에게 주는 불필요한 조직선량을 피하게 하여 수반될 불필요한 방사선 보건영향 위험을 줄이는 것을 돕는다.

### 5.3. 정의와 예시

(16) **일반 의료영상화 업무**, **구체적 의료영상화 업무**, 그리고 **특정 의료영상화**

**프로토콜**이란 용어의 정의는 아래와 같으며, 그 예시적 양과 (14a, b, c)항에서 언급한 사용을 위한 진단 참고준위에 적용을 예시하였다. 예시는 ICRP 권고는 아니지만 제3분과위원회의 추가적인 조언을 일반적으로 설명한다.

(17) **일반 의료영상화 업무**라는 용어는 예를 들면 임상목적과 기술인자가 명시되지 않은 PA 흉부 투과촬영처럼 최소한의 기술인자 명세로 일반 임상목적으로 행하는 촬영 업무를 말한다. 일반 의료영상 업무(14a)를 위한 관찰된 값의 지역, 국가, 또는 지역 분포를 개선하기 위한 양과 그 적용 예는 다음과 같다.

- (a) PA 흉부촬영 같은 특정 방사선투사에서 mGy 단위의 입사면 공기커마(공기 중, 후방산란체 없음) 또는 입사면 선량(지정된 물질, 후방산란 고려).
- (b) 바륨 관장제 투시 임상연구처럼 명확히 정의된 해부학적 영역에 대한 특정 유형의 형광투시검사에서 mGy-cm<sup>2</sup> 단위의 선량면적곱(DAP).
- (c) <sup>99m</sup>Tc MAA를 이용한 폐 관류 같은 특별한 의약품을 사용한 특수 핵의학 영상 업무를 위한 MBq 단위의 복용된 방사능(A).

(18) **구체적 의료영상 업무**라는 용어는 명확하게 정의된 임상목적을 위한 영상 업무를 말한다. 그러나 예를 들면 임상목적과 kVp와 같은 일반 기술은 명시하지만 구체적 기술인자는 명시하지 않은 PA 흉부촬영처럼 기타 기술적, 임상적 명세는 의료기관에 따라 다를 수 있다. 구체적 의료영상화 업무에 사용하는 양과 모범 관행을 시사하는 좁은 범위 값의 달성에 적용 예는 다음과 같다.

- (a) 특정 방사선영상 업무에서 mGy 단위의 입사면 공기커마(공기 중, 후방산란체 없음) 또는 입사면의 선량(지정된 물질, 후방산란체 있음). 임상목적은 지정되지만 X선 장비, 기술 인자, 영상 품질기준은 기관에 따라 다를 수 있다.
- (b) 임상목적, 영상 품질기준, 기술 인자들이 명시되고 임상연구 해부학적 부위가 명확히 설정된 주어진 유형의 CT 검사(예: 일상 CT 복부 스캔)에 대한 mGy cm 단위의 선량길이곱(DLP). CT 시스템인 X선 장비는 기관에 따라 다를 수 있다.
- (c) 특정 형광투시 검사를 위한 mGy cm<sup>2</sup> 단위의 선량면적곱(DAP). 임상목적은 잘 정의되어 있지만, 장비의 형태, 기술 인자, 환자 특성들은 기관에 따라 내외적으로 다를 수 있다. 상대적 조직선량 분포의 변화는 미미하여 조사되는 각 조직의 흡수선량이 DAP 변화에 따라 거의 비례적으로 변할 것을 기대할 수 있다.

(19) **특정 의료영상화 프로토콜**이라는 용어는 하나의 기관(또는 몇몇 연합 기관)

에서 따르거나 명목 기반으로 사용되는 완전히 규정된 명세를 갖춘 임상 프로토콜을 말한다. 예를 들면 임상목적, 절차의 기술적 이행, 영상 품질기준, 특수환자 특성, 기타 적절한 인자들이 명시된 PA 흉부 방사선촬영을 위한 프로토콜이다. 특정 의료영상화 프로토콜(14c)을 위한 양과 값의 최적 범위 달성에 적용에는 다음과 같다.

- (a) 특정 CT 프로토콜을 위한 밀리암페어-초(mAs). 임상목적, 장비의 형태, 기술 인자 및 환자의 특성이 규정된다.
- (b) SPECT의 특정 영상 프로토콜을 위한 MBq 단위의 투여 방사능(A). 임상 목적, 장비의 형태, 기술 인자 및 환자의 특성이 규정된다.

#### 5.4. 형광투시 안내 중재적 절차에 대한 조언

(20) 형광투시로 안내되는 중재적 절차를 위한 진단 참고준위는 원칙적으로 불필요한 확률적 방사선 위험의 회피와 관련된 환자선량의 관리를 증진하기 위해 사용될 수 있다. 그러나 관찰된 환자선량 분포는 매우 넓은데 이는 각 투시 절차의 시행에서 투시 피폭의 시간이나 복잡성이 개별 임상환경에 매우 의존하기 때문에 심지어 특정 프로토콜에서조차도 그러하다. 가능한 접근은 일반적 임상적, 기술적인 인자들뿐만 아니라 절차의 상대적 복잡성도 고려하는 것이다. 환자선량과 확률적 위험을 적절히 평가하기 위해서는 하나 이상의 양 측, 다중 진단 참고준위가 필요할 수 있다.

(21) 진단 참고준위들은 형광투시로 안내되는 중재적 절차에서 방사선에 의해 유발되는 피부 손상 같은 결정적 방사선 위험의 관리에는 적용되지 않는다. 이 경우 목적은 정당화되었지만, 길고 복잡한 절차를 거치는 개인 환자의 결정적 영향을 방지하는 것이다. 여기서는 특정 환자에게 수행되는 실제 절차에 대해 결정적 영향의 문턱선량에 근접하거나 이를 초과하는 지를 실시간으로 확인하는 것이 필요하다. 해당 위험 양은 최대 누적 피부선량 부위에서 피부의 흡수선량이다. 유용한 접근은 환자의 기록이나 가료에 관한 여러 임상조치를 취한 피부에 대해 최대 누적 흡수선량의 값을 선정하는 것이다(ICRP, 2000). 그러면 실제 절차 수행 중에 피부에서 최대 누적 흡수선량 지시를 돕는 적절한 양을 감시하게 된다.

## 5.5. 진단 참고준위 설정에서 현장 융통성

(22) 진단 참고준위는 환자 방사선량의 관리를 도와 선량이 임상 목적에 상응할 수 있도록 권한 기관이 사용해야 한다.

(23) 진단 참고준위의 개념은 권한기관이 현장 상황에 적합한 목적을 만족 시킬 수 있도록 양과 수치, 그리고 기술적 또는 임상적 사양의 선택에서 유연성을 허용한다. 진단 참고준위(DRL)을 설정하기 위한 지침 원리들은 다음과 같다.

- (a) 의료영상화 업무를 위한 임상적, 기술적 조건들의 사양 수준을 포함하여 지역, 국가, 또는 지방의 목표를 명확히 정의한다.
- (b) 선정된 DRL값은 해당 지역, 국가, 또는 지방의 자료를 근거로 한다.
- (c) DRL에 사용되는 양은 실질적인 방법으로 얻을 수 있는 것으로 한다.
- (d) DRL에 사용되는 양은 주어진 의료영상화 업무에서 환자 조직선량의 상대적 변화 즉, 환자 위험의 상대적 변화에 대한 적합한 척도가 되게 한다.
- (e) DRL이 실제로 적용되는 방식을 명확하게 보인다.

(24) ICRP 제3분과위원회는 권한기관이 그 특정한 요구를 최대한 만족시키고 적용하는 지역, 국가 또는 지방에 부합하는 진단 참고준위를 설정하기를 권장한다.

## 참고문헌

IAEA(2001) International Conference (IAEA/EC/PAHO/WHO). Developing and Using Dose Guidance (Reference) Levels in Radiology and Nuclear Medicine Examinations. Contributed papers, pages 403.-487, in: *Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy* (International Atomic Energy Agency, Vienna).

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

ICRP(1996) *Radiological protection and safety in medicine*. ICRP Publication 73. *Annals of the ICRP* 26(2).

ICRP(2000) *Avoidance of radiation injuries from interventional procedures*. ICRP Publication 85. *Annals of the ICRP* 30(2).