

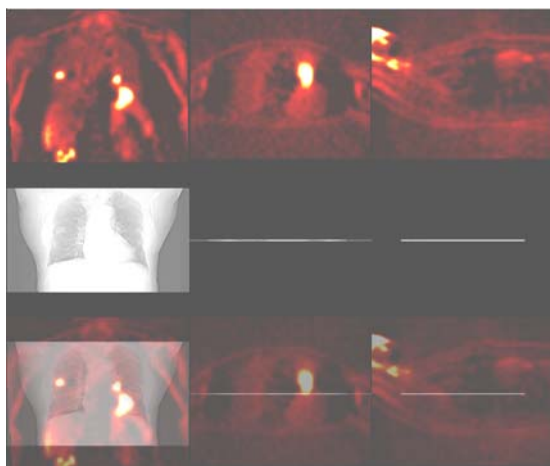


국제방사선방호위원회 간행물 80

방사성의약품에 의한 환자선량

Radiation Dose to Patients from
Radiopharmaceuticals

국제방사선방호위원회 간행물 53의 추록2



한양대학교
방사선안전신기술연구센터

국제방사선방호위원회 간행물 80

방사성의약품에 의한 환자선량

Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals

(국제방사선방호위원회 간행물 53의 추록2)

ICRP 승인: 1997년 9월

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

국제방사선방호위원회

역사 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 수준으로 진료의 빈도가 늘어나고 정교한 의료방사선 기술이 추가됨에 따라 환자가 진료과정에서 피폭하는 의료상피폭은 증가하는 추세에 있다.

생명을 위협하는 질병의 진료를 위해 방사선 피폭을 감수는 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 파급하기 위해 준비된 것이며, 같이 준비한 번역물 시리즈의 하나이다.

이 간행물은 ICRP 간행물 53의 추록의 하나로서, 몇몇 종류의 핵의약품을 투여 받은 환자가 받는 의료상피폭을 평가하는 기본 자료인 단위 투여량 당 장기 및 유효선량 환산계수를 제공한다. 기존에 데이터가 주어지지 않았던 핵의약품 10종이

추가되었고, 기타 기존 데이터를 재평가하여 수정한 내용이 포함되어 있다. 자료의 사용에서 주의를 필요로 하는 점은 이들 환산계수 데이터는 전형적인 환자에 대한 명목치로서 개별 환자의 실제 선량과 반드시 일치하지는 않는다는 점이다. 특별한 체격이나 생리를 가진 환자에 대한 선량을 평가하기 위해서는 내부피폭 평가모델과 환자 고유의 입력변수를 이용하여 계산해야 한다. 또, ICRP는 2006년 현재 조직가중치를 재조정하고 있고, 내부피폭 평가 모델도 보완하고 있다. 이들 기본 데이터와 모델이 수정되면 내부피폭 선량환산계수는 다시 계산될 것이다. 물론 그러한 재평가가 현행 데이터와 전혀 동떨어진 값을 갖지는 않을 것이므로 새로운 데이터가 가용할 때까지는 현재의 데이터를 사용할 수 있다. 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

1987년, 국제방사선방호위원회(ICRP)는 ‘방사성의약품에 의한 환자 방사선량’(간행물 53) 보고서를 발간하였다. 이 보고서는 당시 일반적으로 사용되는 120가지 방사성의약품에 대하여, 단위투여방사능 당 흡수선량을 산출하여 제시하였다. 선량 산출은 생체역동학적 모델 및 개별 방사성의약품의 생체역동학 데이터를 이용한 최적평가를 기반으로 이루어졌다. 1993년, 간행물 53의 첫 번째 추록이 발행되었다(ICRP 간행물 62에 포함됨). 이 추록은 6개의 새로운 방사성의약품에 대한 생체동역학 및 선량 데이터를 제공하고 있으며, 간행물 53에서 논의한 바 있었던 단위 투여 방사능당 유효선량 테이블을 제공하고 있다.

간행물 53의 두 번째 추록인 이 간행물에서는, 제2분과위원회와 제3분과위원회가 방사성의약품 작업그룹과 합동작업을 통해서 10개의 새로운 방사성동위원소에 대한 생체동역학 및 선량 데이터를 제공하고 있으며, 간행물 53에 제시했던 약품 중 매우 빈번하게 사용되는 19가지 약품에 대하여 선량을 재산출하여 제공하였다. 완성도를 높이기 위해, 추록1의 내용을 약간 수정하고 일부 데이터를 다시 계산하여 발행한다. 또한 간행물 53에서 발견된 오타의 목록을 포함하였다.

이 보고서를 준비한 작업그룹 위원은 다음과 같다.

S. Mattsson(그룹장) B. Nosslin D. M. Taylor
L. Johansson T. Smith

객원위원은 다음과 같다.

K. F. Eckerman S. Leide-Svegborn J. Liniecki
M. G. Stabin

이 보고서를 준비하는 동안의 제2, 제3분과위원은 다음과 같다.

제2분과 (1993-1997)

A. Kaul(위원장) A. Bouville X. Chen
F. T. Cross G. Dietze K. F. Eckerman
F. A. Fry J. Inaba I. A. Likhtarev
H. Metivier H. Paretzke A. R. Reddy
M. Roy J. W. Stather(부위원장) R. H. Thomas
D. M. Taylor(서기)

제2분과(1997-2001)

A. Kaul(위원장)	B. B. Boecker	A. Bouville
X. Chen	G. Dietze	K. F. Eckerman
F. A. Fry	J. Inaba	I. A. Likhtarev
J. L. Lipsztein	H. Metivier	H. Paretzke
A. R. Reddy	M. Roy	T. Wohni (-1998)
J. W. Stather(부위원장)	D. M. Taylor(서기)	

제3분과 (1993-1997)

H. Jammet(위원장)*	F. Mettler(위원장, 1996-)	P. J. Allisy-Roberts
G. Drexler	J. E. Gray	W. Jaschke
E. I. Komarov	G. J. Koteles	J. Lochard(서기)
S. Mattsson	P. Ortiz	P. Pellerin
H. Ringertz	M. Rosenstein	J. G. B. Russell
Y. Sasaki	G.A.M. Webb(부위원장)	C. Zuur

*1996년 사퇴.

제3분과 (1997-2001)

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

모든 선량계산을 개인적으로 검증해 준 Oak Ridge 국립연구소의 K. F. Eckerman 박사에게 감사를 표한다.

목 차

역자 서문	i
서 문	iii
방사성의약품에 의한 환자선량	1
1. 서 론	2
1.1. 유효선량	2
1.2. 기타 장기	3
1.3. 결장	3
1.4. 식도	3
1.5. 혈액 모델	4
1.6. 데이터 표현방법	4
1.7. 서론의 참고문헌	5
2. 방사성의약품별 생체역동학 모델, 흡수선량 및 유효선량	6
2.1. C-11 표지 thymidine: ^{11}C	6
2.1.1. 생체역동학 모델	6
2.1.2. C-11 표지 thymidine의 참고문헌	7
2.1.3. 생체역동학 데이터: [Methyl- ^{11}C]thymidine	8
2.1.4. 생체역동학 데이터: [2- ^{11}C]thymidine	8
2.1.5. 흡수선량: [Methyl- ^{11}C]thymidine	9
2.1.6. 흡수선량: [2- ^{11}C]thymidine	10
2.2. C-14 표지 요소: ^{14}C	11
2.2.1. 생체역동학 모델	11
2.2.2. CO_2 /중탄산염을 포함한 ^{14}C 요소의 참고문헌	12
2.2.3. 생체역동학 데이터	14
2.2.4. 흡수선량: ^{14}C 표지 요소(정상 경우)	15
2.2.5. 흡수선량: ^{14}C 표지 요소(Helicobacter 양성 환자)	16
2.3. O-15 표지수: ^{15}O	17
2.3.1. 생체역동학 모델	17
2.3.2. O-15 표지수의 참고문헌	17
2.3.3. 생체역동학 데이터	18
2.3.4. 흡수선량: ^{15}O 표지수	19
2.4. Tc 표지 human immunoglobulin(HIG)	20
2.4.1. 생체역동학 모델	20

2.4.2. ^{99m}Tc 표지 HIG의 참고문헌	21
2.4.3. 생체역동학 데이터	22
2.4.2. 흡수선량: ^{99m}Tc 표지 HIG	23
2.5. Pertechnegas: ^{99m}Tc	24
2.5.1. 생체역동학 모델	24
2.5.2. Pertechnegas의 참고문헌	24
2.5.3. 생체역동학 데이터	25
2.5.4. 흡수선량: Pertechnegas	26
2.6. Technegas: ^{99m}Tc	27
2.6.1. 생체역동학 모델	27
2.6.2. Technegas의 참고문헌	27
2.6.3. 생체역동학 데이터	28
2.6.4. 흡수선량: Technegas	29
2.7. Tc 표지 tetrafosmin(Myoview): ^{99m}Tc	30
2.7.1. 생체역동학 모델	30
2.7.2. ^{99m}Tc 표지 tetrafosmin의 참고문헌	30
2.7.3. 생체역동학 데이터	32
2.7.4. 흡수선량: ^{99m}Tc 표지 tetrafosmin (안정상태)	33
2.7.5. 흡수선량: ^{99m}Tc 표지 tetrafosmin (운동)	34
2.8. In 표지 human immunoglobulin(HIG): ^{111}In	35
2.8.1. 생체역동학 모델	35
2.8.2. ^{111}In 표지 HIG의 참고문헌	35
2.8.3. 생체역동학 데이터	36
2.8.4. 흡수선량: ^{111}In 표지 HIG	37
2.9. In 표지 octreotide: ^{111}In	38
2.9.1. 생체역동학 모델	38
2.9.2. ^{111}In -labelled octreotide의 참고문헌	39
2.9.3. 생체역동학 데이터	40
2.9.4. 흡수선량: ^{111}In labelled-octreotide	41
3. ICRP 간행물 53의 결과 중 사용빈도가 높은 19종 방사성의약품에 대해 재계산한 선량 데이터	42
3.1. 재계산에 대한 개론	42
3.1.1. 재계산에 대한 개론의 참고문헌	42
3.2. 2-fluoro-2-deoxy-D-glucose(FDG): ^{18}F	43
3.2.1. 흡수 선량: 2-fluoro-2-deoxy-D-glucose(FDG)	43

3.3. Chromium EDTA: ^{51}Cr	44
3.3.1. 흡수선량: ^{51}Cr EDTA	44
3.4. Gallium citrate: ^{67}Ga	45
3.4.1. 흡수선량: ^{67}Ga citrate	45
3.5. Se 표지 bile acid(SeHCA): ^{75}Se	46
3.5.1. 흡수선량: ^{75}Se 표지 bile acid(SeHCA)	46
3.6. Technetium-DMSA: $^{99\text{m}}\text{Tc}$	47
3.6.1. 흡수선량: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ DMSA	47
3.7. Technetium-DTPA: $^{99\text{m}}\text{Tc}$	48
3.7.1. 흡수선량: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA	48
3.8. Tc 표지 erythrocytes(RBC): $^{99\text{m}}\text{Tc}$	49
3.8.1. 흡수선량: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 표지 erythrocytes	49
3.9. Tc 표지 iminodiacetic acid(IDA) 유도체: $^{99\text{m}}\text{Tc}$	50
3.9.1. 흡수선량: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 표지 IDA 유도체	50
3.10. Tc 표지 붉은 콜로이드: $^{99\text{m}}\text{Tc}$	51
3.10.1. 흡수선량: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 표지 붉은 콜로이드	51
3.11. Tc 표지 leucocytes(WBC): $^{99\text{m}}\text{Tc}$	52
3.11.1. 흡수선량: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 표지 백혈구(leukocytes)	52
3.12. Tc 표지 macroaggregated albumin(MAA): $^{99\text{m}}\text{Tc}$	53
3.12.1. 흡수 선량: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 표지 MAA	53
3.13. Tc 표지 비흡수성 표지물: $^{99\text{m}}\text{Tc}$	54
3.13.1. 흡수선량: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 표지 비흡수성 표지물	54
3.13.2. 흡수선량: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 표지 비흡수성 표지물	55
3.14. Pertechnetate: $^{99\text{m}}\text{Tc}$	56
3.14.1. 흡수선량: Pertechnetate	56
3.14.2. 흡수선량: Pertechnetate	57
3.15. Tc 표지 인산염	58
3.15.1. 흡수선량: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 표지 인산염	58
3.16. Hippuran: ^{123}I ^{131}I	59
3.16.1. 흡수선량: ^{123}I Hippuran	59
3.16.2. 흡수선량: ^{131}I Hippuran	60
3.17. Metaiodobenzylguanidine(MIBG): ^{123}I	61
3.17.1. 흡수선량: ^{123}I MIBG	61
3.18. Iodomethyl-19-norcholesterol(NP59): ^{131}I	62
3.18.1. 흡수선량: ^{131}I -methyl-19-norcholesterol(NP59)	62

3.19. Tl 이온: ^{201}Tl	63
3.19.1. 흡수선량: Tl 이온	63
4. ICRP 간행물 53 추록1의 생체역동학 및 선량 데이터의 재인쇄	64
4.1. 추록1의 개정판에 대한 개론	64
4.1.1. 추록 1의 개정판에 대한 개론의 참고문헌	64
4.2. 트리튬 표지 중성지방과 자유지방산: ^3H	64
4.2.1. 생체역동학 모델	64
4.2.2. ^3H 표지 중성지방과 자유 지방산의 참고문헌	65
4.2.3. 생체역동학 데이터	66
4.2.4. 흡수선량: ^3H 표지 중성지방과 자유 지방산	67
4.3. C-14 표지 중성지방과 자유지방산: ^{14}C	68
4.3.1. 생체역동학 모델	68
4.3.2. ^{14}C 표지 지방산의 참고문헌	68
4.3.3. 생체역동학 데이터	68
4.3.4. 흡수선량: ^{14}C 표지 중성지방과 자유 지방산	69
4.4. Ga 표지 EDTA: ^{68}Ga	70
4.4.1. 생체역동학 모델	70
4.4.2. ^{68}Ga 표지 EDTA 참고문헌	70
4.4.3. 생체역동학 데이터	70
4.4.4. 흡수선량: ^{68}Ga EDTA	71
4.5. Tc 표지 HM-PAO(Ceretec): $^{99\text{m}}\text{Tc}$	72
4.5.1. 생체역동학 모델	72
4.5.2. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 표지 HM-PAO의 참고문헌	72
4.5.3. 생체역동학 데이터	74
4.5.4. 흡수선량: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ HM-PAO(Ceretec)	75
4.6. Tc 표지 mercaptoacetyl triglycine(MAG3): $^{99\text{m}}\text{Tc}$	76
4.6.1. 생체역동학 모델	76
4.6.2. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ MAG3 참고문헌	76
4.6.3. 생체역동학 데이터	77
4.6.4. 흡수선량: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ MAG3 (정상 신기능)	78
4.6.5. 흡수선량: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ MAG3 (비정상 신기능)	79
4.6.6. 흡수선량: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ MAG3 (급성 편측성 신차단)	80
4.7. Tc 표지 MIBI: $^{99\text{m}}\text{Tc}$	81
4.7.1. 생체역동학 모델	81
4.7.2. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 표지 MIBI의 참고문헌	81

4.7.3. 생체역동학 데이터	83
4.7.4. 흡수선량: Tc 표지 MIBI (휴식)	84
4.7.5. 흡수선량: Tc 표지 MIBI (운동)	85
5. ICRP 간행물에서 다뤄진 모든 방사성의약품에 대한 목록과 단위부여방 사능 당 유효선량	86
6. 정오표: ICRP 간행물 53의 인쇄 오류	94

방사성의약품에 의한 환자선량

ICRP 간행물 80 (ICRP 간행물 53의 추록)

ICRP 승인: 1997년 9월

요약- ICRP 제2분과(방사선 피폭에 의한 선량)와 제3분과(의학에서의 방호; 본 간행물을 주도한 위원회) 위원회의 공동 작업반은 방사성의약품에 의한 환자선량 데이터를 편집하여 본 보고서에 제공하였다.

이 간행물은 10개의 새로운 방사성의약품에 대해서 생체동역학 모델, 흡수선량, ICRP 60의 선량학을 적용한 유효선량을 제시하였다. 포함된 방사성의약품은 [Methyl-¹¹C]thymidine; [2-¹¹C]thymidine; ¹⁴C 요소urea(이산화탄소와 중탄산염 포함); ¹⁵O 물; ^{99m}Tc HIG, Per technegas, Technegas, tetrofosmin; ¹¹¹In HIG와 octreotide이다.

ICRP 53에 제시된 약품 중, 사용빈도가 매우 높은 19개 약품, 즉 ¹⁸F FDG; ⁵¹Cr EDTA; ⁶⁷Ga citrate; ⁷⁵Se SeHCAT; ^{99m}Tc DMSA, DTPA, RBC, IDA, 굽은 콜로이드, WBC, MAA, 비흡수성 표지물, pertechnetate, 인산염 phosphate/phosphonates; ¹²³I Hippuran과 MIBG; ¹³¹I Hippuran 과 NP59; 그리고 ²⁰¹Tl Tl 이온에 대해서 선량을 재계산하여 제시하였다. ICRP 간행물 53의 내용 중 틀린 부분도 수정하여 본 보고서에 실었다.

또한 ICRP 53 추록1 중 6개 의약품(³H 중성지방과 지방산; ¹⁴C 중성 지방과 지방산; ⁶⁸Ga EDTA; ^{99m}Tc HM-PAO, MAG3, MIBI)에 대해서 약간의 수정과 최신정보를 이용하여 재계산한 정보를 실었다.

ICRP 간행물에서 지금까지 다뤄왔던 모든 방사성의약품에 대해서 성인의 단위 투여방사능 당 유효선량을 포함한 통합 색인을 제공한다.¹⁾

1) <역주> 원본 간행물은 핵종 섭취에 의한 연령별 선량자료를 다루는 ICRP 간행물 72의 부록도 일부 포함하고 있으나 의료방사선 문제가 아니므로 이 번역물에서는 생략하였다.

1. 서론

(1) 이 보고서는 35개 방사성의약품들에 대한 생체역동학 데이터와 선량 데이터의 편집물이다. 선량계산을 위한 조직 및 장기의 선별, 적절한 대사모델과 생체역동학 데이터의 선별, 그리고 흡수선량 계산방법은 국제방사선방호위원회(ICRP, 1987)의 간행물 53에 제시한 바 있다. 구체적인 언급이 없을 경우, 방사화학적 으로 불순물이 전혀 없는 것으로 가정한다. 그렇기 때문에 이미 잘 알려진 불순물에 의한 흡수선량도 추가하였다.

(2) ICRP 간행물 53의 추록1에 소개된 연령대별 방광배뇨 모델을 적용하였다. 따라서 배뇨 간격은 간행물 23(ICRP, 1975)에서 기술한 소변 생성율에 기반을 두며, 방광 충전과 배뇨간의 간격은 간행물 53(ICRP, 1987)에서 논의되었다. 이번 보고서에 사용된 배뇨 간격은 간행물 56, 2부(ICRP, 1992)에 주어진 값과 일치한다. 그 값은 다음과 같다:

나이(년)	성인	15	10	5	1	신생아
배뇨기간(시간)	3.5	3.5	3.0	2.0	2.0	2.0

단위 투여방사능 당 유효선량은 다음에 기술한 방식대로 산출하였다.

(3) 표에는 Gy/Bq대신 mGy/MBq 단위로 흡수선량을 제시하였다. 핵의학에서는 일반적인 의료 행위에서 MBq 단위로 방사능을 투여하기 때문이다.²⁾

1.1. 유효선량

(4) 간행물 60(ICRP, 1991b)에서 정의한 바 있는 유효선량은 작업자 혹은 일반인의 방사선 위험을 평가하는 데 사용되는 양이며, 모든 연령분포에 대한 평균값이고, 이 때 남녀의 수도 서로 같아야 한다. 진단 핵의학의 경우 장기선량의 편차가 크고 연령구조에도 차이가 있음에 불구하고, 집단유효선량collective effective dose과 일반 위해 변환인자normal detriment conversion factor가 핵의학에 의해 피폭하는 인구집단의 위험을 나타내는 유효한 지표로 사용된다. 유효선량은 다양한 진단방사선학과 핵의학 절차에 의한 위험의 상대적인 지표로서도 사용될 수 있다. 이 보고서에서는 유효선량 계산 시 ICRP 60에서 제시하는 조직가중치(w_T)

2) <역주> 아직 현장 관행은 구 단위인 mCi 등을 사용하고 있으나 이는 공식적으로 폐기된 단위이다.

를 모든 연령군에 적용하였다.

1.2. 기타 장기

(5) 이 추록에서 '기타 장기'의 흡수선량은 간행물 60(ICRP, 1991b)에서 조직가중치를 부여하지 않은 9개 장기로 구성된 '기타조직remainder'에 대하여 계산한 값이다. 혼동을 피하기 위하여 생체역동학 데이터의 표에 '기타 장기 및 조직'이라는 설명을 기입하였다.

1.3. 결장

(6) 간행물 53의 추록1(ICRP, 1991a)에서는, 방사선방호 목적의 선량계산을 수행할 때 하부대장LLI를 결장으로, 상부대장ULI를 '나머지 장기'중 하나로 각각 간주하였다. 그러나 이번 추록 전체에서는, '결장'은 간행물 67, 14항(ICRP, 1993)의 내용을 따른다. 조직가중치는 소화관의 상부, 하부대장 벽의 등가선량의 평균값에 적용하였다. 상부대장은 더 이상 기타조직에 포함되지 않는다. 연령별 소화관 벽 질량은 간행물 53(ICRP, 1987)의 표A.1에 제시되어 있다. 상부대장과 하부대장 벽의 질량 비율은 연령과 무관하기 때문에, 결장의 등가선량, H_{colon} 은 다음과 같다.

$$H_{colon} = 0.57H_{ULI} + 0.43H_{LLI}$$

H_{ULI} 와 H_{LLI} 는 각각 ULI와 LLI 벽의 등가선량이다.

1.4. 식도

(7) ICRP는 간행물 60(ICRP, 1991b)의 표2에 식도 조직가중치가 명시되어 있다. 이번 간행물은 간행물 30(ICRP, 1979)의 생체역동학 모델을 채택하였으며, 식도 내 핵종 흡수 및 잔류에 대한 어떠한 정보도 포함하고 있지 않다. 물리적 반감기에 비하여 식도를 통한 물질의 전이시간은 일반적으로 매우 짧기 때문에, 다른 선원장기에서 발생하여 식도를 투과하는 방사선에 의한 흡수선량만을 고려한다. 식도의 선량계산 모델이 없을 경우, 간행물 61(ICRP, 1991c)의 방법처럼 흉선의 선량을 대신 사용한다.

1.5. 혈액 모델

(8) 순환하는 혈액에 다량 잔류한 물질은 서로 다른 각각의 장기별 상대적 혈액 부피에 따라 분포하는 것으로 가정한다. 간행물 53(ICRP, 1987)의 표 A.2에 제시했던 혈액 부피의 분율은 Leggett와 Williams (1991, 1995)가 제시한 데이터로 대체하였다. 이 추록의 데이터 중 일부는 혈액 분포 모델을 사용하여 계산한 것이다(‘재계산’한 물질도 포함).

1.6. 데이터 표현방법

(9) 각 물질별 데이터는 지정된 생체역동학 모델, 생체역동학 데이터, 단위 투여 방사능 당 흡수선량(표)의 세 부분으로 구분하여 제시하였다. 별다른 언급이 없다면, 생체역동학 모델은 정맥내 투여에 해당하는 것이다.

(10) 생물학적 과정의 속도-예: 흡수, 대사, 배설-는 일반적으로 지수 함수에 상응하는 ‘반감시간half-time’으로 나타내었다. 만약 과정이 다중-지수함수적인 것으로 가정된다면, 각 지수 성분에 속하는 장기 내용물 분율은 반감시간 값 뒤에 대괄호([])로 나타내었다. 인용한 문헌에서 시간 당 분율 단위(k)로 주어진 경우, 이 값은 $T = 0.693/k$ 공식을 이용하여 반감시간으로 변환하였다.

(11) 약어들은 간행물 53에서 수립한 규약을 따른다. 약어들은 다음과 같다.

S	선원장기/조직
F_s	장기 또는 조직 S의 분율 분포
T	물질 흡수 또는 제거에 대한 생물학적 반감시간
a	주어진 반감시간을 가지고 들어오거나 제거된 F_s 의 분율. - 부호가 취득을 나타낸다.
\tilde{A}_s/A_0	단위 투여방사능 당 장기 또는 조직 S에 축적된 방사능
GIT	소화관
SI	소장
ULI	상부대장
LLI	하부대장.

(12) 생체역동학 데이터 표에 종종 T 혹은 a 난에 빈칸이 있는데, 이는 역동학이 표 안에 쉽게 보일 수 없을 정도로 복잡한 지수함수 또는 비-지수함수의 수식으로 표현되기 때문이다. 소화관과 방광 내의 방사능은 항상 이러한 경우에 해당한다. 간행물 53(ICRP, 1987)에 제시된 이들 장기의 표준 모델을 사용하였다.

쓸개내의 방사능과 표지물로서 구강을 통해 투여된 물질에도 동일하게 적용된다. 일부 물질의 경우, F_s , T 또는 a 등의 데이터 없이 농축 방사능만 제시하고 있다.

(13) 평균 장기/조직 흡수선량은 mGy/MBq로 나타내었다. 유효선량은 mSv/MBq로 나타내었다. 모든 선량 값은 지수표기법을 사용하였다(예: $2.6E-02 = 2.6 \times 10^{-2} = 0.026$; $4.9E+01 = 4.9 \times 10^{+1} = 49$). 물리적 반감기와 붕괴 데이터는 간행물 38(ICRP, 1983)의 자료를 사용하였다. 계산 과정에는 반올림하지 않았으나, 최종 결과는 두 자리까지만 나타내었다.

(14) 선량 계산은 성인과 15, 10, 5, 1세 아동에 대해서 수행하였다. 장기(또는 조직)들은 알파벳 순서로 제시하였고, '기타조직'은 마지막에 나타내었다. 표에 언급되지 않은 장기/조직 선량은 일반적으로 '기타조직'에 대해 주어진 값으로 근사할 수 있다.

1.7. 서론의 참고문헌

- ICRP, 1979. Limits for intakes of radionuclides by workers, Part 1. ICRP Publication 30, *Annals of the ICRP* 2 (3-4).
- ICRP, 1983. Radionuclide Transformations. Energy and Intensity of Emissions. ICRP Publication 38, *Annals of the ICRP* 11-13.
- ICRP, 1987. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. ICRP Publication 53, *Annals of the ICRP* 18 (1-4).
- ICRP, 1991a. Addendum 1 to Publication 53, Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. In: Radiological Protection in Biomedical Research. ICRP Publication 62, *Annals of the ICRP* 22 (3).
- ICRP, 1991b. *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 60, *Annals of the ICRP* 21 (1-3).
- ICRP, 1991c. Annual Limits of Intake of Radionuclides by Workers Based on the 1990 Recommendations. ICRP Publication 61, *Annals of the ICRP* 21 (4).
- ICRP, 1993. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 2. ICRP Publication 67, *Annals of the ICRP* 23 (3-4).
- Leggett, R.W., Williams, L.R., 1991. Suggested reference values for regional blood volumes in humans. *Health Phys.* 60, 139-154.
- Leggett, R.W., Williams, L.R., 1995. A proposed blood circulation model for reference man *Health Phys.* 69, 187-201.

2. 방사성의약품별 생체역동학 모델, 흡수선량 및 유효선량

2.1. C-11 표지 thymidine: ^{11}C

2.1.1. 생체역동학 모델

(15) Carbon-11-labelled thymidine은 악성종양 세포증식의 생체내 $in-vivo$ 표지물로 사용되는 DNA 전구물질이다. 이 약품은 또한 종양의 단계구분 및 치료법의 효과를 감시하기 위한 용도로도 사용된다. 이 약품은 메틸 그룹 내 ^{11}C 을 표지한 [methyl- ^{11}C]thymidine과 피리미딘 고리의 C2에 있는 ^{11}C 을 표지하는 [2- ^{11}C]thymidine의 두 가지 형태로 사용되어 왔다. 두 가지 형태는 표지 ^{11}C 의 대사 결과에 차이를 보인다. [methyl- ^{11}C]thymidine은 물질대사를 통해 [^{11}C]- β -amino-*iso*-butyric acid로 변화되고, 반면에 C2 고리에 표지된 분자는 [^{11}C]CO₂로 변화된다. 선량을 계산하기 위하여, 각 물질을 투여했을 때 ^{11}C 의 최종 상태를 기술할 수 있는 적합한 생체역동학 모델을 개발하는 것이 필요하다.

2.1.1.1. [methyl- ^{11}C]thymidine

(16) 소수 환자에 대한 양전자방출단층촬영(PET) 연구를 통하여 정맥주사 후 40분 경과되었을 때 [methyl- ^{11}C]thymidine이 분포된 정보를 제시하는 연구가 수행된 바 있다(Martiat 등, 1988; Thierens 등, 1994). Thierens 등은 95%의 방사능이 혈액에서 빠르게 제거되어($T_{1/2}=1$ 분) 40~45%는 간에 축적되고, 30~34%는 골격근, 5~6%는 신장 그리고 나머지 소량의 방사능은 기타조직에 축적되는 것을 관측하였다. 주사 후 10분이 지나면 혈액 내 잔류하는 15%의 방사능은 [methyl- ^{11}C]thymidine 형태로 존재한다; 이 양은 주사된 방사능의 0.75% 보다 낮은 수치이다.

(17) Martiat 등(1998)은 폐, 비장, 장에 '상당량' 흡수되는 것으로 보고하였으나, Thierens 등(1994)은 비장과 폐 내의 농도는 근육에서 관측된 값을 초과하지 않는 것으로 언급하였다. Martiat 등의 데이터를 이용하여 주사 후 30분이 되었을 때의 장기 내 흡수량을 계산한 결과, 40%는 간, 10%는 신장, 2%는 폐와 비장, 그리고 13%는 근육에 흡수되는 것으로 나타났다. Martiat(1988)와

Thierens 등(1994)이 보고한 조직 잔류 데이터를 분석한 결과, 잔류에 의한 생물학적 반감시간은 폐의 60분에서 근육의 460분까지 이르는 것으로 나타났다.

(18) Martiat 등(1988)과 Thierens 등(1994)의 데이터는 [methyl-¹¹C]thymidine의 생체역동학 모델을 유도하기 위해 사용되었다.

2.1.1.2. [2-¹¹C]thymidine

(19) Van der Borghet 등(1992)은 5명의 환자에 대한 PET 연구를 통하여 [2-¹¹C]thymidine과 [methyl-¹¹C]thymidine의 잔류를 비교하였다. 비록 표지된 thymidine의 주사량이 [2-¹¹C]thymidine은 3.1 μ mole, [methyl-¹¹C]thymidine은 0.17 μ mole로 18배의 차이를 보였지만, 두 가지 모두 비-방사능 thymidine의 혈장 수준에서는 소량만 잔류하였고, 이 두 가지 표지된 혼합물의 생체역동학적인 질량 변화는 서로 다르게 나타났다. 초기 혈장 제거는 투여된 방사능 중 99% 이상이 1분 미만의 반감시간으로 제거될 정도로 매우 빠르게 일어났다. 주사 후 10분경과 시 적은 분율로 혈장 내 방사능 잔류량의 차이가 발견되었으나 그 차이는 매우 적었다. 주사 후 10분 경과했을 때, 혈장내 방사능의 70%는 [¹¹C]CO₂ 형태로 존재하였다. 간과 신장내의 ¹¹C 잔류량은 [2-¹¹C]thymidine이 [methyl-¹¹C]thymidine보다 각각 7배와 3배 적었다.

(20) 이후에 소개될 [2-¹¹C]thymidine 선량모델은 체내 주사된 화합물의 70%가 빠르게 [¹¹C]CO₂로 전환되고, 다음으로 ICRP 간행물 53에서 제안한 [¹¹C]CO₂의 연속적 흡입에 대한 생체역동학 모델을 따르는 것으로 가정하였다. 잔류 방사능은 [methyl-¹¹C]thymidine로부터 유도된 모델을 따르는 것으로 가정하였으나, 간과 신장의 흡수량은 Van der Borghet 등(1992)의 관측치를 기반으로 하였다.

2.1.2. C-11 표지 thymidine의 참고문헌

ICRP, 1987. Carbon dioxide. Radiation Doses to Patients from Radiopharmaceuticals. ICRP Publication 53, *Annals of the ICRP* 18 (1-4) 47-49.

Martiat, Ph., Ferrant, A., Labar, D., Cogneau, M. et al., 1988. In vivo measurement of carbon-11 thymidine uptake in non-Hodgkin's lymphoma using positron emission tomography. *J. Nucl. Med.* 29, 1633-1637.

Thierens, H., van Eijkeren, M., Goethals, P., 1994. Biokinetics and dosimetry for [methyl-¹¹C]thymidine. *Br. J. Radiol.* 67, 292-295.

Van der Borgh, T., de Maeght, S., Labar, D. et al., 1992. Comparison of thymidine labelled in methyl group and in 2C-ring position in human PET studies. *Eur. J. Nucl. Med.* 19, 578.

2.1.3. 생체역동학 데이터: [Methyl-¹¹C]thymidine

Organ (S)	F_s	$T_{1/2}$	a	\tilde{A}_s/A_o
Blood	1.00	1 min	0.95	2.75 min
		24 h	0.05	
Liver	0.45	1 min	-1.00	10.8 min
		2 h	1.00	
Kidneys	0.07	1 min	-1.00	1.93 min
		24 h	1.00	
Muscles	0.30	1 min	-1.00	8.06 min
		8 h	1.00	
Other organs and tissues	0.13	1 min	-1.00	3.36 min
		4 h	1.00	

2.1.4. 생체역동학 데이터: [2-¹¹C]thymidine

Organ (S)	F_s	$T_{1/2}$	a	\tilde{A}_s/A_o
Blood	1.00	1 min	0.99	1.65 min
		24 h	0.01	
Liver	0.07	1 min	-1.00	1.41 min
		40 min	0.70	
		2 h	0.30	
Kidneys	0.03	1 min	-1.00	0.64 min
		40 min	0.70	
		24 h	0.30	
Other organs and tissues	0.89	1 min	-1.00	18.7 min
		40 min	0.70	
		8 h	0.30	

2.1.5. 흡수선량: [Methyl-¹¹C]thymidine

¹¹C 20.38 min

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	4.3E-03	5.3E-03	7.9E-03	1.2E-02	2.0E-02
Bladder	1.4E-03	1.5E-03	2.4E-03	4.0E-03	6.6E-03
Bone surfaces	1.8E-03	2.2E-03	3.3E-03	5.1E-03	1.0E-02
Brain	9.6E-04	1.1E-03	1.7E-03	2.6E-03	5.1E-03
Breast	1.3E-03	1.5E-03	2.6E-03	3.9E-03	7.5E-03
Gall bladder	5.5E-03	6.2E-03	8.1E-03	1.3E-02	2.6E-02
GI-tract					
Stomach	2.2E-03	2.5E-03	4.1E-03	6.5E-03	1.3E-02
SI	2.0E-03	2.4E-03	3.8E-03	6.1E-03	1.1E-02
Colon	1.9E-03	2.2E-03	3.5E-03	5.6E-03	1.0E-02
(ULI	2.3E-03	2.6E-03	4.3E-03	6.8E-03	1.3E-02)
(LLI	1.4E-03	1.6E-03	2.5E-03	3.9E-03	7.0E-03)
Heart	4.0E-03	5.1E-03	7.9E-03	1.2E-02	2.2E-02
Kidneys	3.1E-02	3.8E-02	5.4E-02	8.0E-02	1.4E-01
Liver	3.2E-02	4.2E-02	6.4E-02	9.4E-02	1.8E-01
Lungs	3.5E-03	4.4E-03	6.9E-03	1.1E-02	2.1E-02
Muscles	2.2E-03	3.4E-03	6.7E-03	1.8E-02	3.1E-02
Oesophagus	1.6E-03	1.9E-03	2.7E-03	4.2E-03	7.5E-03
Ovaries	1.6E-03	1.9E-03	3.0E-03	4.8E-03	8.9E-03
Pancreas	3.5E-03	4.2E-03	6.6E-03	1.0E-02	1.7E-02
Red marrow	2.2E-03	2.5E-03	3.8E-03	5.6E-03	1.0E-02
Skin	1.1E-03	1.3E-03	1.9E-03	3.0E-03	5.7E-03
Spleen	3.1E-03	3.9E-03	6.1E-03	9.5E-03	1.8E-02
Testes	1.1E-03	1.3E-03	2.0E-03	3.1E-03	5.9E-03
Thymus	1.6E-03	1.9E-03	2.7E-03	4.2E-03	7.5E-03
Thyroid	1.5E-03	1.9E-03	3.1E-03	5.0E-03	9.6E-03
Uterus	1.5E-03	1.9E-03	3.0E-03	4.8E-03	8.8E-03
Remaining organs	2.4E-03	3.7E-03	6.7E-03	1.4E-02	2.2E-02
Effective dose (mSv/MBq)	3.5E-03	4.4E-03	6.8E-03	1.1E-02	2.0E-02

2.1.6. 흡수선량: [2-¹¹C]thymidine

¹¹C 20.38 min

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	2.9E-03	3.7E-03	5.8E-03	9.3E-03	1.7E-02
Bladder	2.3E-03	2.7E-03	4.3E-03	7.1E-03	1.3E-02
Bone surfaces	2.4E-03	3.0E-03	4.7E-03	7.6E-03	1.5E-02
Brain	1.9E-03	2.4E-03	4.0E-03	6.7E-03	1.3E-02
Breast	1.8E-03	2.3E-03	3.6E-03	5.9E-03	1.1E-02
Gall bladder	2.8E-03	3.4E-03	5.2E-03	7.9E-03	1.5E-02
GI-tract					
Stomach	2.4E-03	2.9E-03	4.6E-03	7.3E-03	1.4E-02
SI	2.4E-03	3.1E-03	4.9E-03	7.8E-03	1.5E-02
Colon	2.4E-03	2.9E-03	4.7E-03	7.4E-03	1.4E-02
(ULI	2.4E-03	3.0E-03	4.8E-03	7.7E-03	1.4E-02)
(LLI	2.3E-03	2.7E-03	4.5E-03	7.1E-03	1.3E-02)
Heart	3.4E-03	4.3E-03	6.8E-03	1.1E-02	2.0E-02
Kidneys	1.1E-02	1.3E-02	1.9E-02	2.8E-02	5.1E-02
Liver	5.2E-03	6.8E-03	1.0E-02	1.6E-02	2.9E-02
Lungs	3.0E-03	3.9E-03	6.2E-03	9.9E-03	1.9E-02
Muscles	2.1E-03	2.6E-03	4.1E-03	6.6E-03	1.3E-02
Oesophagus	2.2E-03	2.8E-03	4.3E-03	6.9E-03	1.3E-02
Ovaries	2.4E-03	3.0E-03	4.8E-03	7.6E-03	1.4E-02
Pancreas	2.7E-03	3.4E-03	5.3E-03	8.3E-03	1.6E-02
Red marrow	2.5E-03	3.1E-03	4.8E-03	7.6E-03	1.4E-02
Skin	1.7E-03	2.1E-03	3.4E-03	5.6E-03	1.1E-02
Spleen	3.0E-03	3.7E-03	5.9E-03	9.6E-03	1.8E-02
Testes	2.0E-03	2.5E-03	3.9E-03	6.2E-03	1.2E-02
Thymus	2.2E-03	2.8E-03	4.3E-03	6.9E-03	1.3E-02
Thyroid	2.3E-03	2.9E-03	4.7E-03	7.8E-03	1.5E-02
Uterus	2.4E-03	3.0E-03	4.8E-03	7.6E-03	1.4E-02
Remaining organs	2.1E-03	2.6E-03	4.2E-03	6.8E-03	1.3E-02
Effective dose (mSv/MBq)	2.7E-03	3.4E-03	5.3E-03	8.4E-03	1.6E-02

2.2. C-14 표지 요소: ^{14}C

2.2.1. 생체역동학 모델

(21) 요소(urea(carbamide, H_2NCONH_2))는 단백질, 폴리펩타이드, 아미노산 및 기타 질소함유 물질의 이화작용으로 발생하는 주요 최종산물이다. 요소는 수용성이고 전신의 체액에 빠르게 분산된다. 대부분 신장에서 변화되지 않은 채 배설되나, 일부는 장 내부에서 요소 분해효소를 생산하는 박테리아에 의하여 암모니아와 이산화탄소로 분해된다. 이때 이산화탄소는 재흡수되어 중탄산염과 평형을 이루고, 체내에 CO_2 /중탄산염 풀에 들어갔다가 최종적으로 폐에서 호흡을 통해 체외로 배출된다.

2.2.1.1. ^{14}C urea

(22) 경구 투여된 ^{14}C 요소를 이용한 호흡시험은 소화장애 및 위장질환 환자의 위 내부에 나선형유문세균(*Helicobacter pylori*)의 존재여부를 검사하는 데 사용된다. 일반적으로, 위는 요소 분해효소 생성 박테리아를 가지고 있지 않기 때문에, 요소는 변화되지 않고 빠르게 체액으로 흡수된다. 반면에, 나선형유문세균은 요소를 생성한다. 따라서 시험 초기, 숨을 내쉴 때 다량의 표지된 이산화탄소가 검출되고, 호흡시험 양성 결과를 얻게 된다.

(23) 경구투여 모델에서는 일반적인 경우에 위(胃)에서 완전하고 신속한 재흡수($T_{1/2} = 5$ 분)가 일어난다. 위가 나선형유문세균에 감염되었을 경우, 65%는 즉시 이산화탄소로 변환되고 CO_2 /중탄산염 선량모델을 따른다(아래 참조). 나머지 35%는 일반적인 경우와 같이 위에서 재흡수된다.

(24) 위에서 재흡수된 요소는 전신의 체액으로 빠르게 분산된다. 80%는 신장에서 6시간의 반감시간을 가지고 배출되며, 20%는 정맥 내에 투입된 요소와 같이 빠르게 암모니아와 이산화탄소로 분해된다. 분해된 이산화탄소는 CO_2 /중탄산염 선량모델을 따른다.

2.2.1.2. ^{14}C CO_2 /중탄산염

(25) 이산화탄소는 체내 모든 유기물의 대사작용을 통해 끊임없이 생성된다. 이

산화탄소는 물과 결합하여 탄산(H_2CO_3)을 형성하고, 탄산은 분해되어 중탄산이온(HCO_3^-) 평형을 이룬다. 이 물질들은 모든 체액에 존재한다. Winchell 등(1970)은 두 격실로 이루어진 역동학 모델을 제시하였다. 격실I은 CO_2/HCO_3^- 혈액에서 평형이 빠르게(3분 이내) 이루어지고, 격실II는 평형이 느리게 이루어진다. 격실I에서는 호흡에 의하여 이산화탄소가 시스템을 벗어난다. 작은 분율은 '상대적으로 고착성' 즉, 느린 전환율을 갖는 뼈의 중탄산염이나 거대분자의 구성 성분의 형태로 체내에 존재하는 것으로 가정하였다. 격실I은 높은 혈관류 장기(심장, 간, 신장, 소화관 등)로 정의하였고, 반면에 격실II는 근육, 피부 그리고 지방과 같이 혈류 속도가 느린 조직으로 지정하였다.

(26) Stubbs와 Marshall(1993)은 '고착성' 부분에 해당하는 격실III을 정의하여 모델을 일부 수정하였다. 격실III은 격실I로 가는, 반감기 1000시간의 역류를 가지고 있다. 반감기 1000시간은 간행물 30(ICRP, 1981)에서 제시한 탄소 대사작용의 가정에 따른 것이다. 그러나 이보다 긴 시간에 전환이 일어나는 것을 나타내는 실험 결과가 있기 때문에, 1000시간의 반감시간은 탄소가 전환이 느리게 일어나는 골격 격실에 축적되는 것을 설명하기에 불충분할 수도 있다.

(27) 채택된 생체역동학 모델(그림 1)은 위에 언급한 수정된 모델에 기초한 것이다. 격실III은 세 격실로 분리되어, 하나는(격실 3) 전환율이 느린(생물학적 반감기 시간 1000시간) 거대분자에 흡수되는 것으로 가정하였다. 나머지 격실들은 뼈를 나타내는 것으로 가정한다. 이 모델에서, 뼈는 해면골(격실 4)과 피질골(치밀뼈)(격실 5)로 구분되며, 방사능은 각각 0.18/년(반감기 시간 3.9년), 0.03/년(반감기 시간 23년)의 비율로 감소한다. 뼈 질량의 80%는 피질골이며, 20%는 해면골에 해당하는 것으로 가정한다(ICRP, 1995). 격실 3, 4, 5에 대한 유입률은 일생동안 실제적인 탄산/중탄산 풀 크기에 도달하도록 선택하였다. 이것은 뼈 격실의 유입률 상수가 300g의 뼈 내부의 탄산/중탄산 풀에 적합한 정상상태보다 두 배 높은 값으로 설정되었음을 의미한다. 아래에 전이계수 값과 함께 모델을 제시하였다. ICRP(1995)에서 채택하지 않았거나 정상상태에서 계산된 값이 아닌 전이계수 값은 Winchell 등(1970)의 값을 사용하였다.

2.2.2. CO_2 /중탄산염을 포함한 ^{14}C 요소의 참고문헌

Combs, M.J., Stubbs, J.B., Agarwal, A.K. et al., 1999. Dose estimates for a capsule-based ^{14}C -urea breath test. In: S-Stelson, A.T., Stabin, M.G., Sparks, R.B. (Eds.), *Proceedings of the Sixth International radiopharmaceutical Dosimetry Symposium*. Oak Ridge Associated Universities, Oak Ridge, TN, pp. 620-630.

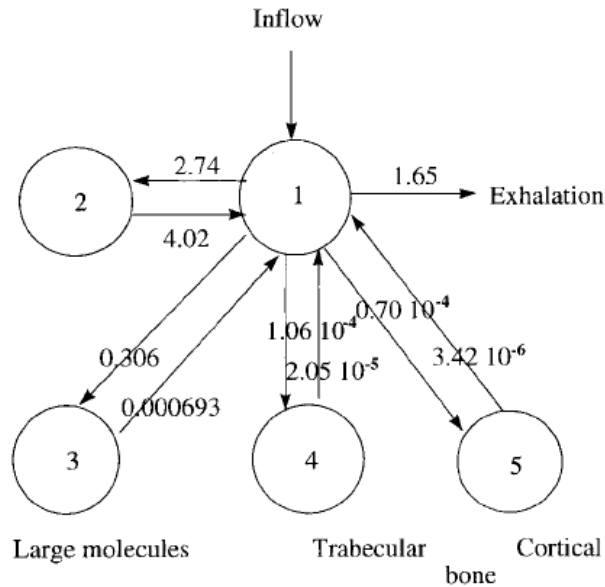


그림 1. CO₂/중탄산염 생체역동학 모델. 이 모델은 성인에 해당한다. 전이계수는 h⁻¹ 단위이다. 격실 1은 높은 혈관류 장기(심장, 간, 신장, 소화관 등)를 나타낸다; 격실 2는 느린 혈류 속도를 가진 조직을 나타낸다(근육, 피부 그리고 지방).

ICRP, 1981. Limits for Intakes of Radionuclides by Workers. ICRP Publication 30: Part 3, *Annals of the ICRP* 6 (2/3).

ICRP, 1995. Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiation Protection: The Skeleton. ICRP Publication 70, *Annals of the ICRP* 25 (2).

Marshall, B.J., Surveyor, I., 1988. Carbon-14 urea breath test for the diagnosis of *Campylobacter pylori* associated gastritis. *J. Nucl. Med.* 29, 11-16.

Stubbs, J.B., Marshall, B.J., 1993. Radiation dose estimates for the carbon-14-labeled urea breath test. *J. Nucl. Med.* 34, 821-825.

Walser, M., Bodenlos, L.J., 1959. Urea metabolism in man. *J. Clin. Invest.* 38, 1617-1626.

Winchell, H.S., Stahelin, H., Kusubov, N. et al., 1970. Kinetics of Co₂-HCO₃⁻ in normal adult males *J. Nucl. Med.* 12, 711-715

2.2.3. 생체역동학 데이터

Organ (S)	F_s	$T_{1/2}$	a	\tilde{A}_s/A_o
1) Normal case				
<i>Oral administration:</i>				
Stomach contents	1.00	5 min	1.00	7.21 min
Total body (excl. contents)	0.80	5 min 6 h	-1.00 1.00	6.93 h
Bladder	0.80			1.49 h
CO_2 -pool	0.20	<i>(Immediate transfer in the body)</i>		
Cortical bone				4.99 h
Trabecular bone				1.40 h
Other organs and tissues				2.08 d
2) Helicobacter positive patient				
<i>Oral administration:</i>				
Stomach contents	1.00	5 min	1.00	7.21 min
Total body (excl. contents)	0.28	5 min 6 h	-1.00 1.00	2.42 h
Bladder	0.28			31.4 min
CO_2 -pool	0.65	<i>(Immediate conversion in the stomach)</i>		
	0.07	<i>(Immediate transfer in the body)</i>		
Cortical bone				18.0 h
Trabecular bone				5.04 h
Other organs and tissues				7.49 d

2.2.4. 흡수선량: ^{14}C 표지 요소 (정상 경우)

정맥주사 또는 경구 투여

^{14}C 5730 years

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)
Adrenals	2.4E-02
Bladder	1.2E-01
Bone surfaces	3.3E-02
Brain	2.4E-02
Breast	2.4E-02
Gall bladder	2.4E-02
GI-tract	
Stomach	3.0E-02
SI	2.4E-02
Colon	2.4E-02
(ULI	2.4E-02)
(LLI	2.4E-02)
Heart	2.4E-02
Kidneys	2.4E-02
Liver	2.4E-02
Lungs	2.4E-02
Muscles	2.4E-02
Oesophagus	2.4E-02
Ovaries	2.4E-02
Pancreas	2.4E-02
Red marrow	2.9E-02
Skin	2.4E-02
Spleen	2.4E-02
Testes	2.4E-02
Thymus	2.4E-02
Thyroid	2.4E-02
Uterus	2.4E-02
Remaining organs	2.4E-02
Effective dose (mSv/MBq)	3.1E-02

2.2.5. 흡수선량: ^{14}C 표지 요소(*Helicobacter* 양성 환자)

경구 투여

^{14}C 5730 years

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)
Adrenals	7.6E-02
Bladder	1.1E-01
Bone surfaces	1.2E-01
Brain	7.6E-02
Breast	7.6E-02
Gall bladder	7.6E-02
GI-tract	
Stomach	8.3E-02
SI	7.6E-02
Colon	7.6E-02
(ULI	7.6E-02)
(LLI	7.6E-02)
Heart	7.6E-02
Kidneys	7.6E-02
Liver	7.6E-02
Lungs	7.6E-02
Muscles	7.6E-02
Oesophagus	7.6E-02
Ovaries	7.6E-02
Pancreas	7.6E-02
Red marrow	9.7E-02
Skin	7.6E-02
Spleen	7.6E-02
Testes	7.6E-02
Thymus	7.6E-02
Thyroid	7.6E-02
Uterus	7.6E-02
Remaining organs	7.6E-02
Effective dose (mSv/MBq)	8.1E-02

2.3. 0-15 표지수: ^{15}O

2.3.1. 생체역동학 모델

(28) Oxygen-15-표지수labelled water는 PET를 이용한 국소대뇌혈류 평가에 널리 사용되고 있으며, 다른 장기 및 조직 내의 혈류 측정에 사용된다. 체액 내 평형 추적자 분포를 기초로 한 초기 생체역동학 모델은 ^{15}O 표지수에 적합하지 않다. ^{15}O 의 짧은 반감기(2.04분)로 인해 체액 내의 균일 핵종 농도는 형성되지 않는다. 결과적으로 이러한 모델은 선량을 낮게 평가한다.

(29) 장기 혈류량에 기반을 둔 모델링 방법을 통해서 이러한 핵종의 특성을 만족스럽게 표현할 수 있다. 이 모델을 사용하면, 주어진 장기내의 ^{15}O 표지수 농도를 장기의 동맥혈 농도(동맥 입력 함수)와 전이시간 함수(충격반응impulse response)의 합성변환으로부터 유도할 수 있다. 후자는 $\exp[-(F/V_d + \lambda)t]$ 로 주어지며, 이때 F 는($\text{ml min}^{-1} \text{g}^{-1}$)는 장기 혈류이며, V_d ($\text{ml g tissue}^{-1}/\text{ml ml blood}^{-1}$)는 혈류의 상대적 물 분포 공간이고, λ (min^{-1})는 ^{15}O 의 붕괴상수이다. 따라서 ^{15}O 표지수를 정맥 투여한 후 동맥혈 농도를 측정하면, F 와 V_d 을 알고 있을 때 장기의 잔류 공식을 유도할 수 있다.

(30) 실제로는 방사능이 측정된 ^{15}O 표지수를 팔의 정맥을 통해 주사하고, 반대편 팔에서 동맥혈 농도를 연속적으로 감시한다. 어떤 장기내의 잔류시간(min)은 동맥입력함수(min ml^{-1} 투여 MBq 당 정규화)곡선 아래의 면적과 장기 전이시간 함수(min)의 곱에 장기에 유입되는 총혈류(ml min^{-1})를 곱하여 산출한다. 후자는 FM 으로 주어지며 M 은 장기의 질량(g)이다. 표에 서로 다른 네 자료(Berridge 등, 1991; Brihaye 등, 1995; Eichling 등, 1997, Herscovich 등, 1994)의 혈류모델을 사용하여 산출한 평균값에 장기선량이 일치하도록 유도하는 장기 잔류 시간을 제시하였다. PET을 이용하여 일부 장기 내 잔류량을 직접 측정한 자료(Smith, 1994)는 뇌, 심장, 간 그리고 비장 모델과 잘 일치하는 결과를 보여준다.

2.3.2. 0-15 표지수의 참고문헌

Berridge, M.S., Adler, L.P., Rao, P.S., 1991. Radiation absorbed dose for O-15-butanol and O-15 water estimated by positron emission tomography. *J. Nucl. Med.* 32, 1043.

- Brihaye, C., Depresseux, J.C., Comar, D., 1995. Radiation dosimetry for bolus administration of oxygen-15 water. *J. Nucl. Med.* 36, 651-656.
- Eichling, J.O., Bergman, S.R., Schwarz, S.W. et al., 1997. Equivalent dose estimates in adults for intravenously administered O-15 water. Unpublished; personal communication through S. Schwarz.
- Herscovich, P., Carson, R.E., Stabin, M. et al., 1993. A new kinetic approach to estimate the radiation dosimetry of flow-based radiotracers. *J. Nucl. Med.* 34, 155p.
- Smith, T., Tong, C., Lammertsma, A.A. et al., 1994. Dosimetry of intravenously administered oxygen-15 labelled water in man: a model based on experimental human data from 21 subjects. *Eur. J. Nucl. Med.* 21, 1126-1134.

2.3.3. 생체역동학 데이터

Organ (S)	\bar{A}_s/A_o
Adrenals	0.16 s
Brain	13 s
Bone	4.3 s
GI tract	
Stomach wall	1.7 s
SI	6.6 s
ULI wall	2.2 s
LLI wall	1.7 s
Heart contents	5.5 s
Heart wall	2.4 s
Kidneys	3.7 s
Liver	19 s
Lungs	11 s
Muscle	39 s
Ovaries ¹	0.05 s
Pancreas	0.90 s
Red marrow	5.8 s
Spleen	2.0 s
Testes ¹	0.20 s
Thyroid	0.23 s
Other organs and tissues	57 s

¹ 성인의 경우 생식기와 전신의 누적 방사능이 생식기와 전신의 체중비에 비례한다. 아동의 경우, 동일한 가정을 적용하였다.

2.3.4. 흡수선량: ^{15}O 표지수

^{15}O 2.04 min

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	1.4E-03	2.2E-03	3.1E-03	4.3E-03	6.6E-03
Bladder	2.6E-04	3.1E-04	5.0E-04	8.4E-04	1.5E-03
Bone surfaces	6.2E-04	8.0E-04	1.3E-03	2.3E-03	5.5E-03
Brain	1.3E-03	1.3E-03	1.4E-03	1.6E-03	2.2E-03
Breast	2.8E-04	3.5E-04	6.0E-04	9.9E-04	2.0E-03
Gall bladder	4.5E-04	5.5E-04	8.6E-04	1.4E-03	2.7E-03
GI-tract					
Stomach	7.8E-04	2.2E-03	3.1E-03	5.3E-03	1.2E-02
SI	1.3E-03	1.7E-03	3.0E-03	5.0E-03	9.9E-03
Colon	1.0E-03	2.1E-03	3.7E-03	6.2E-03	1.2E-02
(ULI	1.0E-03	2.1E-03	3.7E-03	6.2E-03	1.2E-02)
(LLI	1.1E-03	2.1E-03	3.7E-03	6.2E-03	1.2E-02)
Heart	1.9E-03	2.4E-03	3.8E-03	6.0E-03	1.1E-02
Kidneys	1.7E-03	2.1E-03	3.0E-03	4.5E-03	8.1E-03
Liver	1.6E-03	2.1E-03	3.2E-03	4.8E-03	9.3E-03
Lungs	1.6E-03	2.4E-03	3.4E-03	5.2E-03	1.0E-02
Muscles	2.9E-04	3.7E-04	6.1E-04	1.0E-03	2.0E-03
Oesophagus	3.3E-04	4.2E-04	6.7E-04	1.1E-03	2.1E-03
Ovaries	8.5E-04	1.1E-03	1.8E-03	2.8E-03	5.8E-03
Pancreas	1.4E-03	2.0E-03	4.2E-03	5.4E-03	1.2E-02
Red marrow	8.5E-04	9.7E-04	1.6E-03	3.0E-03	6.1E-03
Skin	2.5E-04	3.1E-04	5.2E-04	8.8E-04	1.8E-03
Spleen	1.6E-03	2.3E-03	3.7E-03	5.8E-03	1.1E-02
Testes	7.4E-04	9.3E-04	1.5E-03	2.6E-03	5.1E-03
Thymus	3.3E-04	4.2E-04	6.7E-04	1.1E-03	2.1E-03
Thyroid	1.5E-03	2.5E-03	3.8E-03	8.5E-03	1.6E-02
Uterus	3.5E-04	4.4E-04	7.2E-04	1.2E-03	2.3E-03
Remaining organs	4.0E-04	5.6E-04	9.4E-04	1.7E-03	2.9E-03
Effective dose (mSv/MBq)	9.3E-04	1.4E-03	2.3E-03	3.8E-03	7.7E-03

2.4. Tc 표지 human immunoglobulin(HIG)

^{99m}Tc

2.4.1. 생체역동학 모델

(31) IgG형의 표지된 비특이성 (다세포균의) 인간 면역글로불린human immunoglobulin(HIG)은 체내 감염 및 염증의 중심 위치를 찾고 영상을 얻기 위한 용도로 사용된다. 염증 세포에 의한 혈관투과성과 HIG 포획의 증가가 중심점의 방사능 농축에 기여한 것으로 여겨진다.

(32) 천연 IgG는 체내 반감시간이 대략 23일(Solomon 등, 1963)이다. ^{99m}Tc나 ¹¹¹In 으로 표지되면 체내 방사능 반감시간은 더욱 짧아지는 것으로 관측되는데 이는, 표지과정 중 일부 단백질이 교체되고, 전달 단백질로부터 표지물질이 부분적으로 분해되는 것에 기인하는 것으로 추정된다.

(33) 정맥주사를 통해 체내에 유입된 이후의 초기 분포는 장기 내 혈액 농도에 의해 결정된다. 따라서 초기 전신 영상에는 심장, 주요 혈관, 폐, 간, 비장, 신장, 코의 점막층, 질, 외부생식기가 나타난다. 방광에도 초기 방사능이 존재한다. HIG가 혈관 밖 공간으로 분산되고, 일부 분리된 표지물질이 신장을 통해 흡수되거나 배설되며, 그리고 간에서 일부 방사능을 흡수하는 복합적인 영향에 의하여 혈액 내 방사능이 서서히 감소한다. 결과적으로 지연영상(24시간)에서는 간과 신장에서 대부분의 방사능이 검출되고, 반면에 혈액을 많이 함유하고 있는 다른 장기들의 방사능은 감소한다. 뚜렷한 골수 내부의 방사능 흡수는 없으며, 장 내부에서는 가끔씩 발견된다. 24시간 경과 시, 소변에는 체내 유입된 방사능의 27~50%가 존재한다.

(34) 선량 모델은 초기 혈액저류blood pool 분포를 간행물 23(ICRP, 1978)의 장기 혈액 농도에 따라 가정한다. 간(5%)과 신장(8%)이 방사능을 빠르게 흡수 ($T_{1/2}=1$ 시간)한다; 신장 내 방사능은 6시간의 반감시간을 가지고 소변을 통해 배설된다. 다른 장기와 조직(50%)으로 분포되는 것과 소변을 통한 직접 배설(37%)에 의하여, 나머지 혈액 방사능은 12시간의 반감시간을 가지고 감소한다. 표지물질의 짧은 물리적 반감기를 고려하여, 체내 잔류 방사능에 대해서는 반감시간이 무한대인 것으로 가정한다.

2.4.2. ^{99m}Tc 표지 HIG의 참고문헌

- Buscombe, J.R., Lui, D., Ensing, G. et al., 1990., ^{99m}Tc -human immunoglobulin (HIG)-first results of a new agent for the localisation of infection and inflammation. *Eur. J. Nucl. Med.* 16, 649-655.
- Corstens, F.H.M., Claessens, R.A.M.J., 1992. Imaging inflammation with polyclonal immunoglobulin: not looked for but discovered. *Eur. J. Nucl. Med.* 19, 155-158.
- Datz, F.L., Castronovo, F.P., Christian, P.E. et al., 1995. Biodistribution and dosimetry of indium-111-polyclonal IgG in normal subjects. *J. Nucl. Med.* 36, 2372-2379.
- Hovi, I., Taavitsainen, M., Lantto, T. et al., 1993. Technetium-99m-HMPAO-labeled leukocytes and technetium-99m-labelled human polyclonal immunoglobulin G in diagnosis of focal purulent disease. *J. Nucl. Med.* 9, 1428-1434.
- ICRP, 1975. *A Report of the Task Group on Reference Man*. ICRP Publication 23. Pergamon Press, Oxford.
- Kinne, R.W., Becker, W., Schwab, J. et al., 1993. Comparison of ^{99m}Tc -labelled specific murine anti-CD4 monoclonal antibodies and non-specific human immunoglobulin for imaging inflamed joints in rheumatoid arthritis. *Nucl. Med. Comm.* 14, 667-675.
- Saptogino, A., Becker, W., Wolf, F., 1991. Biokinetics and estimation of dose from ^{99m}Tc labelled polyclonal human immunoglobulin (HIG). *NuklearMedizin* 30, 18-23.
- Sciuk, J., Brandau, W., Vollet, B. et al., 1991. Comparison of technetium-99m polyclonal human immunoglobulin and technetium-99m monoclonal antibodies for imaging chronic osteomyelitis. *Eur. J. Nucl. Med.* 18, 401-407.
- Solomon, A., Waldmann, T.A., Fahey, J.L., 1963. Metabolism of normal 6,6 S γ -globulin in normal subjects and in patients with macroglobulinemia and multiple myeloma. *J. Lab. Clin. Med.* 62, 1-17.

2.4.3. 생체역동학 데이터

Organ (S)	F_s	$T_{1/2}$	a	\bar{A}_s/A_o
Blood	1	1 h 12 h	0.13 0.87	5.19 h
Liver	0.05	1 h ∞	-1.00 1.00	22.3 min
Kidneys	0.08	1 h 6 h	-1.00 1.00	17.8 min
Testes	0.003	1 h 24 h	-1.00 1.00	1.1 min
Other organs and tissues	0.50	12 h ∞	-1.00 1.00	1.45 h
Bladder	0.45			
From activity accumulated in kidneys	(0.08)			
Excreted directly from blood	(0.37)			
<i>Adult and 15 years</i>				15.7 min
<i>10 years</i>				13.6 min
<i>5 years and 1 year</i>				9.2 min

2.4.2. 흡수선량: ^{99m}Tc 표지 HIG

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	8.4E-03	1.0E-02	1.6E-02	2.5E-02	4.5E-02
Bladder	1.3E-02	1.7E-02	2.2E-02	2.4E-02	4.4E-02
Bone surfaces	6.9E-03	1.0E-02	1.6E-02	2.7E-02	5.5E-02
Brain	3.1E-03	3.9E-03	6.4E-03	1.0E-02	1.9E-02
Breast	2.9E-03	3.5E-03	5.8E-03	9.1E-03	1.6E-02
Gall bladder	6.4E-03	8.0E-03	1.2E-02	1.9E-02	2.7E-02
GI-tract					
Stomach	4.3E-03	5.5E-03	9.0E-03	1.3E-02	2.3E-02
SI	4.0E-03	5.0E-03	7.8E-03	1.2E-02	2.1E-02
Colon	3.9E-03	5.0E-03	7.7E-03	1.2E-02	2.0E-02
(ULI	4.0E-03	5.2E-03	8.0E-03	1.3E-02	2.1E-02)
(LLI	3.7E-03	4.7E-03	7.3E-03	1.0E-02	1.9E-02)
Heart	1.6E-02	2.0E-02	3.1E-02	4.7E-02	8.1E-02
Kidneys	2.3E-02	2.8E-02	4.0E-02	6.0E-02	1.1E-01
Liver	1.3E-02	1.6E-02	2.5E-02	3.6E-02	6.5E-02
Lungs	1.3E-02	1.6E-02	2.5E-02	4.0E-02	7.5E-02
Muscles	3.1E-03	3.9E-03	5.8E-03	8.8E-03	1.6E-02
Oesophagus	4.9E-03	5.8E-03	8.1E-03	1.2E-02	2.0E-02
Ovaries	3.9E-03	5.0E-03	7.2E-03	1.1E-02	1.9E-02
Pancreas	6.1E-03	7.5E-03	1.1E-02	1.8E-02	3.0E-02
Red marrow	5.5E-03	6.8E-03	1.1E-02	1.7E-02	3.1E-02
Skin	1.9E-03	2.3E-03	3.7E-03	6.0E-03	1.1E-02
Spleen	1.0E-02	1.3E-02	2.1E-02	3.3E-02	6.0E-02
Testes	7.6E-03	1.6E-02	1.0E-01	1.2E-01	1.6E-01
Thymus	4.9E-03	5.8E-03	8.1E-03	1.2E-02	2.0E-02
Thyroid	4.6E-03	5.8E-03	9.5E-03	1.5E-02	2.9E-02
Uterus	4.5E-03	5.5E-03	8.2E-03	1.2E-02	2.0E-02
Remaining organs	3.2E-03	4.0E-03	6.9E-03	1.2E-02	2.1E-02
Effective dose (mSv/MBq)	7.0E-03	9.4E-03	2.1E-02	2.9E-02	4.7E-02

2.5. Pertechnegas: ^{99m}Tc

2.5.1. 생체역동학 모델

(35) ^{99m}Tc 가 표지된 염화나트륨 에어로졸인 'pertechnegas'는, technegas의 탄소 코팅이 없기 때문에 용해성이 좋고, 167 nm의 중앙입자입경(median particle diameter)(Lloyd 등, 1995)을 가지고 있다. 즉 pertechnegas는 산소를 3% 포함하고 있는 아르곤 내에서 ^{99m}Tc pertechnetate를 가열하여 생산한 technegas의 변형된 형태이다. 흡입된 pertechnegas는 ^{99m}Tc -pertechnetate 에어로졸과 유사한 폐 제거 특성을 보인다. 흡입된 pertechnegas 중 75% 정도는 흡연여부에 관계없이 9~11분의 반감시간을 가지고 폐에서 사라진다. 남은 pertechnegas는 2~3시간의 반감시간을 가지고 폐를 빠져나가는 것으로 나타났다(Isawa 등, 1996; Kotzerka 등, 1996). 폐에 잔류한 pertechnegas는 pertechnetate의 형태로 혈액에 유입되는 것으로 가정한다.

(36) Pertechnegas 생체역동학 모델은 호흡된 전체 방사능 중 75%를 폐에서 10분의 반감시간을 가지고 사라지는 것으로 가정하였다; 남아있는 25%는 160분의 반감시간을 가지고 폐에서 빠져나가는 것으로 가정하였다. 폐를 빠져나간 모든 방사능은 혈액에 흡수되고 정맥을 통해 주입된 ^{99m}Tc -pertechnetate처럼 활동하는 것으로 가정하였다.

2.5.2. Pertechnegas의 참고문헌

Isawa, T., Lee, B.T., Hiraga, K., 1996. High-resolution electron microscopy of Technegas and Pertechnegas. *Nucl. Med. Commun.* 17, 147-152.

Kotzerke, J., van den Hoff, J., Burchert, W. et al., 1996. A compartmental model for alveolar clearance of Pertechnegas. *J. Nucl. Med.* 37, 2066-2071.

Lloyd, J.J., Shields, R.A., Taylor, C.J. et al., 1995. Technegas and Pertechnegas particle size distribution. *Eur. J. Nucl. Med.* 22, 473-476.

2.5.3. 생체역동학 데이터

Organ (S)	F_s	$T_{1/2}$	a	\tilde{A}_s/A_o
Lungs	1.0	10 min 160 min	0.75 0.25	50.5 min
^{99m}Tc pertechnetate to blood:	1.0			
Thyroid				1.81 min
Salivary glands				2.72 min
Stomach contents				7.48 min
wall				12.0 min
SI contents				20.5 min
ULI contents				36.1 min
wall				26.4 min
LLI contents				17.7 min
Bladder contents				
<i>Adults and 15 years</i>				23.1 min
<i>10 years</i>				19.9 min
<i>5 years and 1 year</i>				13.3 min
Other organs and remaining tissues				3.99 h

2.5.4. 흡수선량: Pertechnegas

흡입

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	3.7E-03	4.7E-03	7.2E-03	1.1E-02	1.9E-02
Bladder	1.9E-02	2.5E-02	3.2E-02	3.5E-02	6.2E-02
Bone surfaces	5.2E-03	6.3E-03	9.3E-03	1.4E-02	2.5E-02
Brain	1.9E-03	2.4E-03	3.9E-03	6.2E-03	1.1E-02
Breast	2.0E-03	2.6E-03	3.9E-03	6.2E-03	1.1E-02
Gall bladder	6.5E-03	8.7E-03	1.4E-02	2.0E-02	3.1E-02
GI-tract					
Stomach	2.1E-02	2.8E-02	3.9E-02	6.4E-02	1.3E-01
SI	1.3E-02	1.6E-02	2.6E-02	3.9E-02	6.8E-02
Colon	3.4E-02	4.4E-02	7.3E-02	1.2E-01	2.2E-01
(ULI	4.6E-02	6.0E-02	1.0E-01	1.6E-01	3.1E-01)
(LLI	1.8E-02	2.3E-02	3.8E-02	5.9E-02	1.1E-01)
Heart	3.5E-03	4.6E-03	6.8E-03	1.0E-02	1.8E-02
Kidneys	3.9E-03	4.8E-03	7.3E-03	1.1E-02	1.9E-02
Liver	3.7E-03	4.8E-03	7.8E-03	1.2E-02	2.1E-02
Lungs	8.1E-03	1.2E-02	1.6E-02	2.5E-02	4.7E-02
Muscles	3.1E-03	3.9E-03	5.7E-03	8.6E-03	1.6E-02
Oesophagus	2.7E-03	3.5E-03	5.2E-03	8.0E-03	1.4E-02
Ovaries	8.6E-03	1.1E-02	1.6E-02	2.3E-02	3.9E-02
Pancreas	5.2E-03	6.7E-03	1.0E-02	1.5E-02	2.5E-02
Red marrow	3.4E-03	4.2E-03	6.2E-03	8.5E-03	1.4E-02
Salivary gland	9.3E-03	1.2E-02	1.6E-02	2.2E-02	3.5E-02
Skin	1.7E-03	2.1E-03	3.4E-03	5.3E-03	1.0E-02
Spleen	4.1E-03	5.1E-03	7.7E-03	1.1E-02	2.0E-02
Testes	2.7E-03	3.6E-03	5.5E-03	8.2E-03	1.5E-02
Thymus	2.7E-03	3.5E-03	5.2E-03	8.0E-03	1.4E-02
Thyroid	1.9E-02	3.0E-02	4.5E-02	9.7E-02	1.8E-01
Uterus	7.4E-03	9.3E-03	1.4E-02	2.0E-02	3.3E-02
Remaining organs	3.3E-03	4.1E-03	6.0E-03	9.0E-03	1.6E-02
Effective dose (mSv/MBq)	1.2E-02	1.6E-02	2.3E-02	3.7E-02	7.1E-02

2.6. Technegas: ^{99m}Tc

2.6.1. 생체역동학 모델

(37) Technegas는 환기폐섬광조영술에 사용된다. Technegas는 흡연 도가니 내에서 일반 생리식염수에 포함된 나트륨 ^{99m}Tc -pertechnetate을 건조 상태까지 증발시켜 제조한 것으로 ^{99m}Tc 원자와 결합한 에어로졸이다. 이때 도가니는 순아르곤 가스 환경에서 15초간 2500°C로 가열된다(Burch 등, 1986). Technegas는 중앙입경이 140~160 nm인 탄소 입자에 흡착된 ^{99m}Tc 원자들로 구성되었다(Strong와 Agnew, 1989; Lloyd 등, 1996; Isawa 등, 1996). 흡입된 technegas는 투과성이 좋아 허파 주변 영역까지 이르고 허파 조직에 축적되어 ^{99m}Tc 의 물리적 반감기보다 상대적으로 긴 반감기를 가지고 잔류한다(Burch 등, 1986; Isawa 등, 1991). 관측결과 호흡된 technegas 중 약 5%는 기관지에 축적되고(Lloyd 등, 1995), 허파조직 내의 생물학적 잔류량은 24시간이 경과했을 때 85%에 이르렀다(Isawa 등, 1991).

(38) Technegas의 생체역동학 모델은 호흡량의 95%가 허파에 축적되고 5%는 주기관지 기도에 축적되는 것으로 가정하였다. 호흡된 물질은 허파조직에서 4일의 생물학적 반감시간을 가지고 소멸되는 것으로 가정하였다. 기관지에 축적된 technegas는 섬모운동으로 올라와 삼키는 것으로 가정하였다. 소화관에 흡수된 technegas는 경구 투입된 ^{99m}Tc -pertechnetate와 동일하게 거동하는 것으로 가정하였다(ICRP, 1987).

2.6.2. Technegas의 참고문헌

- Burch, W.M., Sullivan, P.J., McLaren, C.J., 1986. Technegas—a new ventilation agent for lung scanning. *Nucl. Med. Commun.* 7, 865-871.
- ICRP, 1987. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. ICRP Publication 53, *Annals of the ICRP*, 18 (1-4).
- Isawa, T., Techima, T., Anazawa, Y. et al., 1991. Technegas for inhalation lung imaging. *Nucl. Med. Commun.* 12, 47-55.
- Isawa, T., Lee, B.T., Hiraga, K., 1996. High-resolution electron microscopy of Technegas and Pertechnegas. *Nucl. Med. Commun.* 17, 147-152.
- Lloyd, J.J., Shields, R.A., Taylor, C.J. et al., 1995. Technegas and Pertechnegas particle size distribution. *Eur. J. Nucl. Med.* 22, 473-476.
- Strong, J.C., Agnew, J.E., 1989. The particle size distribution of

Technegas and its influence on regional lung deposition. *Nucl. Med. Comm.* 10, 425-430.

2.6.3. 생체역동학 데이터

Organ (S)	F_s	$T_{1/2}$	a	\tilde{A}_s/A_o
Lungs	1.0	8 h 4 d	0.05 0.95	8.00 h
^{99m} Tc pertechnetate to GI-tract:	0.05			
Thyroid				2.2 s
Salivary glands				3.2 s
Stomach contents				1.15 min
wall				14 s
SI contents				58 s
ULI contents				1.44 min
wall				31 s
LLI contents				42 s
Bladder contents				
<i>Adult and 15 years</i>				17 s
<i>10 years</i>				15 s
<i>5 years and 1 year</i>				10 s
Other organs and remaining tissues				4.16 min

2.6.4. 흡수선량: Technegas

흡입

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	6.8E-03	9.1E-03	1.3E-02	2.0E-02	3.4E-02
Bladder	3.2E-04	4.5E-04	7.4E-04	1.2E-03	2.8E-03
Bone surfaces	4.9E-03	6.3E-03	8.8E-03	1.4E-02	2.6E-02
Brain	2.5E-04	3.3E-04	5.8E-04	9.4E-04	1.5E-03
Breast	6.7E-03	7.3E-03	1.3E-02	1.9E-02	2.7E-02
Gall bladder	2.3E-03	3.2E-03	5.5E-03	8.4E-03	1.1E-02
GI-tract					
Stomach	4.4E-03	6.2E-03	8.8E-03	1.3E-02	2.2E-02
SI	8.7E-04	1.3E-03	2.2E-03	3.9E-03	7.8E-03
Colon	1.4E-03	1.9E-03	3.4E-03	5.9E-03	1.2E-02
(ULI	1.9E-03	2.5E-03	4.6E-03	7.7E-03	1.5E-02)
(LLI	7.4E-04	1.0E-03	1.8E-03	3.4E-03	7.0E-03)
Heart	1.3E-02	1.7E-02	2.3E-02	3.2E-02	4.8E-02
Kidneys	2.0E-03	3.0E-03	4.6E-03	7.2E-03	1.3E-02
Liver	5.7E-03	7.8E-03	1.0E-02	1.5E-02	2.5E-02
Lungs	1.1E-01	1.6E-01	2.2E-01	3.3E-01	6.3E-01
Muscles	2.8E-03	3.6E-03	4.9E-03	7.3E-03	1.3E-02
Oesophagus	8.2E-03	1.0E-02	1.5E-02	1.9E-02	2.7E-02
Ovaries	4.1E-04	5.5E-04	1.1E-03	2.0E-03	4.2E-03
Pancreas	5.2E-03	7.3E-03	1.0E-02	1.6E-02	2.8E-02
Red marrow	3.3E-03	3.8E-03	5.0E-03	6.6E-03	1.1E-02
Salivary glands	2.8E-03	3.6E-03	6.3E-03	9.8E-03	1.8E-02
Skin	1.2E-03	1.3E-03	2.2E-03	3.3E-03	5.9E-03
Spleen	4.8E-03	6.3E-03	9.3E-03	1.5E-02	2.5E-02
Testes	6.1E-05	9.1E-05	2.0E-04	3.3E-04	1.1E-03
Thymus	8.2E-03	1.0E-02	1.5E-02	1.9E-02	2.7E-02
Thyroid	2.9E-03	3.9E-03	6.9E-03	1.1E-02	2.0E-02
Uterus	3.0E-04	4.6E-04	8.3E-04	1.6E-03	3.6E-03
Remaining organs	2.7E-03	3.5E-03	4.7E-03	6.8E-03	1.2E-02
Effective dose (mSv/MBq)	1.5E-02	2.2E-02	3.1E-02	4.7E-02	8.7E-02

2.7. Tc 표지 tetrofosmin(Myoview): ^{99m}Tc

2.7.1. 생체역동학 모델

(39) Technetium-99m-1,2-bis[bis(2-ethoxyethyl)phosphino]ethane은 냉동-건조된 키트(Myoview)에서 제작된 친지질성 테크네슘 이산화 포스핀 양이온 ($[^{99m}\text{Tc}(\text{tetrofosmin})_2\text{O}_2]^+$)이다. 이 약품은 심근관류 연구에 사용된다.

(40) Technetium-99m-tetrofosmin은, Tl 염화물과 유사하게, 국소혈류량에 비례하여 살아있는 심근조직에 축적된다. 정맥을 통해 주입된 후, 이 물질은 혈액에서 빠르게 제거되고(10분 이내에 95% 이상 제거된다) 대부분이 근육 조직(심장 포함), 간, 신장, 침샘에 흡수되며, 갑상선에 소량 흡수된다. 생물학적 분포는 일반적으로 technetium-99m-MIBI(Cardiolite)(간행물 62, ICRP 1991)와 유사하나, 진단 기술상에 약간의 차이가 있다. Technetium-99m-tetrofosmin은 1.2%가 심장에 흡수되고, 간과 폐에서 매우 빠르게 제거된다(1시간 이내에 95.5% 이상 제거됨). 80% 이상의 물질은 48시간 이내에 배설되는데, 대변:소변 비는 54:46이다. 이 약품이 운동자극검사와 결합하여 투입되었을 때, 골격근에 흡수되는 양이 상당히 증가하는 것으로 나타났으나 심장에 흡수되는 양의 변화는 미미하였다. 대소변을 통한 초기 제거율은 안정 상태보다 낮았고 대변:소변 배설 비율은 46:54였다.

(41) 아래 표에 제시된 인체 내 흡수 및 배설의 수치들은 Smith 등(1992)과 Higley 등(1993)의 보고서를 기반으로 한 것이다. 간담도계hepatobiliary system를 통해서 배설되는 양은, 간행물 30 소화관모델 (ICRP, 1979)에 의하여, 소화관을 통하여 체외로 빠져나가는 것으로 가정하였다. 간행물 53(ICRP, 1987)에 제시한 신장-방광 모델을 사용하여 소변으로 배설되는 양을 표현하였다.

2.7.2. ^{99m}Tc 표지 tetrofosmin의 참고문헌

Higley, B., Smith, F.W., Smith, T. et al., 1993. Technetium-99m-1,2-bis(bis(2-ethoxyethyl)phosphino)ethane: Human biodistribution, dosimetry and safety of a new myocardial perfusion imaging agent. *J. Nucl. Med.* 34, 30-38.

ICRP, 1979. Limits for Intakes of Radionuclides by Workers. ICRP Publication 30: Part 1, *Annals of the ICRP* 2 (3/4).

ICRP, 1987. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. ICRP

Publication 53, *Annals of the ICRP*, 18 (1-4).

ICRP, 1991. Addendum 1 to Publication 53, Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. In: Radiological Protection in Biomedical Research. ICRP Publication 62, *Annals of the ICRP* 22(3).

Smith, T., Lahiri, A., Gemmell, H.G. et al., 1992. Dosimetry of ^{99m}Tc -P53, a new myocardial perfusion imaging agent. In: S-Stelson, A., Watson, E.E. (Eds.), *Fifth International Radiopharmaceutical Dosimetry Symposium*. CONF-910529. Oak Ridge Associated Universities, Oak Ridge, TN, pp. 467-481.

2.7.3. 생체역동학 데이터

Organ (S)	F_s	$T_{1/2}$	a	\tilde{A}_s/A_o
<i>1) Resting subject</i>				
Heart	0.012	4 h 1 day	0.67 0.33	3.3 min
Liver	0.10	30 min 2 h	0.85 0.15	5.3 min
Gall bladder	0.18			14.4 min
GI-tract contents:				
SI	0.54			30.7 min
ULI	0.54			39.9 min
LLI	0.54			19.6 min
Kidneys	0.07	1 h 1 day	0.70 0.30	12.4 min
Bladder contents	0.46			
<i>Adult and 15 years</i>				19.7 min
<i>10 years</i>				16.8 min
<i>5 years and 1 year</i>				11.0 min
Salivary glands	0.015	1 day	1.00	6.2 min
Thyroid	0.003	2 h	1.00	23 s
Other organs and tissues	0.80	20 min 1 day	0.15 0.85	4.78 h
<i>2) Exercise</i>				
Heart	0.013	4 h 1 day	0.67 0.33	3.6 min
Liver	0.05	30 min 2 h	0.85 0.15	2.7 min
Gall bladder	0.153			10.8 min
GI-tract contents:				
SI	0.46			21.3 min
ULI	0.46			27.7 min
LLI	0.46			13.6 min
Kidneys	0.05	1 h 1 day	0.70 0.30	8.9 min
Bladder contents	0.54			
<i>Adult and 15 years</i>				15.2 min
<i>10 years</i>				13.0 min
<i>5 years and 1 year</i>				8.6 min
Salivary glands	0.01	1 day	1.00	4.2 min
Thyroid	0.002	2 h	1.00	16 s
Other organs and tissues	0.875	20 min 1 day	0.05 0.95	5.75 h

2.7.4. 흡수선량: ^{99m}Tc 표지 tetrofosmin (안정상태)

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	3.4E-03	4.4E-03	6.5E-03	9.6E-03	1.7E-02
Bladder	1.7E-02	2.2E-02	2.9E-02	3.1E-02	5.6E-02
Bone surfaces	4.5E-03	5.4E-03	7.8E-03	1.2E-02	2.1E-02
Brain	3.9E-04	5.0E-04	7.8E-04	1.4E-03	2.6E-03
Breast	9.0E-04	1.1E-03	2.0E-03	3.3E-03	6.0E-03
Gall bladder	3.6E-02	4.0E-02	5.3E-02	9.3E-02	3.1E-01
GI-tract					
Stomach	3.7E-03	5.0E-03	7.7E-03	1.1E-02	1.9E-02
SI	1.5E-02	1.9E-02	3.0E-02	4.6E-02	8.3E-02
Colon	2.4E-02	3.0E-02	4.8E-02	7.6E-02	1.4E-01
(ULI	2.7E-02	3.4E-02	5.5E-02	8.8E-02	1.6E-01)
(LLI	2.0E-02	2.5E-02	4.1E-02	6.4E-02	1.2E-01)
Heart	4.4E-03	5.6E-03	8.4E-03	1.3E-02	2.3E-02
Kidneys	1.4E-02	1.7E-02	2.3E-02	3.4E-02	5.8E-02
Liver	4.0E-03	5.1E-03	7.8E-03	1.1E-02	2.0E-02
Lungs	2.0E-03	2.7E-03	3.7E-03	5.6E-03	1.0E-02
Muscles	3.7E-03	4.6E-03	6.9E-03	1.1E-02	2.0E-02
Oesophagus	2.1E-03	2.6E-03	3.6E-03	5.6E-03	9.5E-03
Ovaries	8.4E-03	1.0E-02	1.5E-02	2.2E-02	3.7E-02
Pancreas	4.1E-03	5.3E-03	8.4E-03	1.3E-02	2.1E-02
Red marrow	2.9E-03	3.5E-03	4.8E-03	6.3E-03	9.2E-03
Salivary glands	1.4E-02	1.7E-02	2.3E-02	3.0E-02	4.4E-02
Skin	1.3E-03	1.5E-03	2.3E-03	3.6E-03	6.3E-03
Spleen	3.0E-03	3.9E-03	5.9E-03	8.8E-03	1.5E-02
Testes	2.4E-03	3.2E-03	5.0E-03	7.4E-03	1.3E-02
Thymus	2.1E-03	2.6E-03	3.6E-03	5.6E-03	9.5E-03
Thyroid	5.7E-03	8.6E-03	1.3E-02	2.7E-02	5.0E-02
Uterus	7.2E-03	9.0E-03	1.4E-02	2.0E-02	3.2E-02
Remaining organs	3.9E-03	4.8E-03	7.1E-03	1.1E-02	1.9E-02
Effective dose (mSv/MBq)	7.6E-03	9.6E-03	1.3E-02	2.2E-02	4.3E-02

2.7.5. 흡수선량: ^{99m}Tc 표지 tetrafosmin (운동)

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	3.3E-03	4.3E-03	6.3E-03	9.2E-03	1.6E-02
Bladder	2.6E-02	3.3E-02	2.4E-02	2.7E-02	4.8E-02
Bone surfaces	4.8E-03	5.8E-03	8.2E-03	1.2E-02	2.2E-02
Brain	4.6E-04	5.9E-04	9.2E-04	1.6E-03	3.1E-03
Breast	1.0E-03	1.3E-03	2.2E-03	3.6E-03	6.5E-03
Gall bladder	2.7E-02	3.1E-02	4.1E-02	7.2E-02	2.3E-01
GI-tract					
Stomach	3.5E-03	4.7E-03	7.2E-03	1.0E-02	1.8E-02
SI	1.1E-02	1.4E-02	2.3E-02	3.5E-02	6.3E-02
Colon	1.8E-02	2.3E-02	3.6E-02	5.6E-02	1.1E-01
(ULI	2.0E-02	2.5E-02	4.0E-02	6.4E-02	1.2E-01
(LLI	1.5E-02	2.0E-02	3.1E-02	4.8E-02	9.0E-02
Heart	4.8E-03	6.1E-03	9.0E-03	1.4E-02	2.4E-02
Kidneys	1.1E-02	1.3E-02	1.8E-02	2.6E-02	4.6E-02
Liver	3.3E-03	4.2E-03	6.3E-03	9.3E-03	1.6E-02
Lungs	2.2E-03	2.9E-03	4.1E-03	6.1E-03	1.1E-02
Muscles	4.1E-03	5.0E-03	7.4E-03	1.2E-02	2.2E-02
Oesophagus	2.4E-03	3.0E-03	4.2E-03	6.3E-03	1.1E-02
Ovaries	7.6E-03	9.5E-03	1.3E-02	1.9E-02	3.1E-02
Pancreas	3.9E-03	5.1E-03	7.9E-03	1.2E-02	1.9E-02
Red marrow	2.9E-03	3.5E-03	4.7E-03	6.3E-03	9.3E-03
Salivary glands	9.3E-03	1.1E-02	1.5E-02	2.0E-02	2.9E-02
Skin	1.4E-03	1.7E-03	2.5E-03	3.8E-03	6.7E-03
Spleen	3.0E-03	3.9E-03	5.7E-03	8.6E-03	1.5E-02
Testes	2.9E-03	3.9E-03	5.1E-03	7.7E-03	1.3E-02
Thymus	2.4E-03	3.0E-03	4.2E-03	6.3E-03	1.1E-02
Thyroid	4.8E-03	7.1E-03	1.1E-02	2.2E-02	4.0E-02
Uterus	7.6E-03	9.3E-03	1.2E-02	1.7E-02	2.9E-02
Remaining organs	4.1E-03	5.1E-03	7.4E-03	1.1E-02	2.0E-02
Effective dose (mSv/MBq)	7.0E-03	8.2E-03	1.2E-02	1.8E-02	3.5E-02

2.8. In 표지 human immunoglobulin(HIG): ^{111}In

2.8.1. 생체역동학 모델

(42) Indium 표지 HIG는 원론적으로 Tc 표지 HIG의 생체역동학 모델과 동일하게 거동한다. 예를 들어, 초기 혈액저류 분포, 간과 신장의 일부 방사능 축적, 비장에서 추가적인 방사능 흡수, 그리고 소변을 통한 방사능의 직접적인 배출에서 그러하다. Tc 표지된 약물과 비교했을 때, 혈액 내 방사능 제거는 느리고 ($T_{1/2}=24$ 시간, 주 혈관의 경우), 간과 비장의 흡수는 다소 높고 신장 흡수와 소변 배설은 다소 느리다. 초기 소변 배설은 20%이며, 체내 잔류방사능은 In 이온 형태의 반감시간 70일을 가지고 느리게 배설되는 것으로 가정한다.

2.8.2. ^{111}In 표지 HIG의 참고문헌

- Buijs, W.C.A.M., Oyen, W.J.G., Claessens, R.A.M.J. et al., 1990. Biodistribution and radiation dosimetry of indium-111 labelled immunoglobulin G. *Eur. J. Nucl. Med.* 16, 433 (abstract).
- Claessens, R.A.M.J., Koenders, E.B., Solomon, H.F. et al., 1994. Pharmacokinetics of ^{111}In - ^{14}C -DTPA-IgG- ^{123}I in rats with a focal infection. *Eur. J. Nucl. Med.* 21, 832 (abstract).
- Datz, F.L., Castronovo, F.P., Christian, P.E. et al., 1995. Biodistribution and dosimetry of indium-111-polyclonal IgG in normal subjects. *J. Nucl. Med.* 36, 2372-2379.
- Fischman, A.J., Rubin, R.H., Khaw, B.A. et al., 1988. Detection of acute inflammation with ^{111}In -labeled non-specific polyclonal IgG. *Sem. Nucl. Med.* 18, 335-344.
- Morrel, E.M., Tompkins, R.G., Fischman, A.J. et al., 1989. Autoradiographic method for quantitation of radiolabelled proteins in tissues using indium-111. *J. Nucl. Med.* 30, 1538-1545.
- Oyen, W.J.G., Claessens, R.A.M.J., van Horn, J.R. et al., 1990. Scintigraphic detection of bone and joint infections with Indium-111-labelled non-specific polyclonal human immunoglobulin G. *J. Nucl. Med.* 31, 403-412.

2.8.3. 생체역동학 데이터

Organ (S)	F_s	$T_{1/2}$	a	\tilde{A}_s/A_o
Blood	1	1 h 24 h	0.15 0.85	22.0 h
Liver	0.08	1 h 70 days	-1.00 1.00	7.42 h
Kidneys	0.05	1 h 6 h	-1.00 1.00	23.5 min
Spleen	0.02	1 h 70 days	-1.00 1.00	1.86 h
Testes	0.003	1 h 24 h	-1.00 1.00	4.5 min
Other organs and tissues	0.70	24 h 70 days	-1.00 1.00	2.03 days
Bladder	1.0			
from activity accumulated in kidneys	(0.05)			
excreted directly from blood	(0.15)			
slow excretion from organ and tissues	(0.80)			
<i>Adult and 15 years</i>				19.1 min
<i>10 years</i>				16.3 min
<i>5 years and 1 year</i>				10.9 min

2.8.4. 흡수선량: ^{111}In 표지 HIG

^{111}In 2.83 days

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	2.1E-01	2.5E-01	3.8E-01	5.8E-01	1.0E+00
Bladder	1.3E-01	1.8E-01	2.4E-01	3.3E-01	5.8E-01
Bone surfaces	1.8E-01	2.3E-01	3.5E-01	5.5E-01	1.1E+00
Brain	9.8E-02	1.2E-01	2.0E-01	3.3E-01	5.8E-01
Breast	9.1E-02	1.1E-01	1.7E-01	2.7E-01	5.0E-01
Gall bladder	2.1E-01	2.6E-01	3.9E-01	5.8E-01	8.8E-01
GI-tract					
Stomach	1.5E-01	1.9E-01	2.9E-01	4.4E-01	7.6E-01
SI	1.4E-01	1.7E-01	2.7E-01	4.2E-01	7.4E-01
Colon	1.4E-01	1.7E-01	2.6E-01	4.1E-01	7.0E-01
(ULI	1.4E-01	1.8E-01	2.7E-01	4.4E-01	7.4E-01)
(LLI	1.3E-01	1.5E-01	2.4E-01	3.6E-01	6.5E-01)
Heart	2.9E-01	3.6E-01	5.4E-01	8.1E-01	1.4E+00
Kidneys	2.3E-01	2.8E-01	4.2E-01	6.4E-01	1.1E+00
Liver	3.9E-01	5.0E-01	7.5E-01	1.1E+00	1.9E+00
Lungs	2.3E-01	2.9E-01	4.5E-01	6.9E-01	1.3E+00
Muscles	1.1E-01	1.3E-01	2.0E-01	3.1E-01	5.8E-01
Oesophagus	1.4E-01	1.7E-01	2.4E-01	3.7E-01	6.5E-01
Ovaries	1.3E-01	1.7E-01	2.5E-01	3.8E-01	6.9E-01
Pancreas	2.0E-01	2.5E-01	3.8E-01	5.8E-01	1.0E+00
Red marrow	1.3E-01	1.6E-01	2.5E-01	3.7E-01	6.7E-01
Skin	7.0E-02	8.3E-02	1.3E-01	2.1E-01	3.9E-01
Spleen	6.0E-01	8.1E-01	1.2E+00	1.9E+00	3.3E+00
Testes	1.3E-01	2.2E-01	1.1E+00	1.3E+00	1.8E+00
Thymus	1.4E-01	1.7E-01	2.4E-01	3.7E-01	6.5E-01
Thyroid	1.3E-01	1.6E-01	2.5E-01	4.1E-01	7.6E-01
Uterus	1.3E-01	1.7E-01	2.6E-01	3.9E-01	6.9E-01
Remaining organs	1.1E-01	1.4E-01	2.1E-01	3.4E-01	6.1E-01
Effective dose (mSv/MBq)	1.7E-01	2.2E-01	4.1E-01	5.8E-01	9.9E-01

2.9. In 표지 octreotide: ^{111}In

2.9.1. 생체역동학 모델

(43) In-111-DTPA-D-Phe-1-octreotide(pentatreotide)는 8개의 아미노산으로 구성된 펩타이드이며, 펩타이드 성장억제호르몬 활성부와 유사물질이다. 성장억제호르몬 somatostatin은 주로 뇌와 소화관에 있는 다수의 뉴런과 내분비세포에 존재하며, 성장호르몬 분비를 억제하는 효과가 있다. In-111-DTPA-D-Phe-1-octreotide는 신경모세포종 neuroblastoma, 내분비 위·췌장 종양, 소세포 폐암, 유방암과 같은, 성장억제호르몬 수용체를 함유하고 있는 종양을 시각화하는데 사용된다.

(44) 생체역동학 모델은 Krenning 등(1992), Forssell Aronsson 등(1995), 그리고 Leide-Svegborn 등(1996)에 의해 수행된 총 24명의 사람을 대상으로 한 섭광조영술 연구결과에 근거한다. Forssell Aronsson 등(1995)이 조직 샘플을 분석하였다. 이러한 연구는 간, 비장, 신장 그리고 갑상선의 흡수의 증거가 된다. 일부 환자의 경우 뇌하수체로 흡수되는 경우도 발견되었다. 환자들 간에 흡수되는 양의 편차는 매우 컸다. 주로 신장을 통해서 배설되었으며, 대변으로 배설되는 양은 2% 미만이었다. 비록 양이 약간 감소하지만, 소변을 통해 배설되는 대부분의 방사능은 48시간이 지난 뒤에도 여전히 펩타이드가 결합된 상태였다. 생체역동학 데이터는 카르시노이드 종양 환자 및 소화관 내 신경내분비종 환자들로부터 획득하였다. 따라서 장기에 관계없이 종양조직에 흡수된 양이 장기 흡수량에 포함되었을 것이다.

(45) 정맥 주사를 통해 유입된 In-111-DTPA-D-Phe-1-octreotide는 즉시 간, 비장, 신장 그리고 갑상선으로 흡수되고, 나머지는 체내 나머지 부분에 균일하게 분포되는 것으로 가정하였다. 잔류량의 실험데이터는 일차 혹은 이차 지수함수에 의해 잘 표현된다. 소화관을 통해 소량 배설되는 것은, 일반적인 경우 흡수선량에 기여하는 것을 무시할 수 있기 때문에, 모델에 포함하지 않았다. Claessens 등(1995)과 Koizumi 등(1989)은, ^{111}In 물질이 분자형태로 분리되어 장기간 잔류하는 경우가 있음을 밝혔다. 이러한 장기간의 잔류는 In 이온의 반감시간(간행물 53, ICRP 1987)과 동일한 것으로 가정하였다.

(46) 24시간 뒤 관측된 소변을 통한 85%의 배설량은 모델이 제안하는 바와 잘

일치한다.

2.9.2. ^{111}In -labelled octreotide의 참고문헌

- Bajc, M., Palmer, J., Phlsson, T. et al., 1994. Distribution and dosimetry of ^{111}In DTPA-D-Phe-octreotide in man assessed by whole body scintigraphy. *Acta Radiol.* 35, 53-57.
- Claessens, R.A.M.J., Koenders, E.B., Boerman, O.C. et al., 1995. Dissociation of indium from indium-111 labelled triamine penta acetic acid conjugated with non-specific polyclonal human immunoglobulin G in inflammatory foci. *Eur. J. Nucl. Med.* 22, 212-219.
- Forssell, Aronsson E., Fjalling, M., Nilsson, O. et al., 1995. ^{111}In activity concentration in human tissue samples after I.v. injection of ^{111}In -DTPA-D-Phe-1-octreotide. *J. Nucl. Med.* 36, 7-12.
- Forssell, Aronsson E., Lanhede, B., Fjalling, M. et al., 1999. Pharmacokinetics and dosimetry of ^{111}In -DTPA-D-Phe-1-octreotide in patients with neuroendocrine tumours. In: S-Stelson, A.T., Stabin, M.G., Sparks, R.B. (Eds.), *Proceedings of the Sixth International Radiopharmaceutical Dosimetry Symposium*. Oak Ridge Associated Universities, Oak Ridge, TN, pp. 643-655.
- Krenning, E.P., Bakker, W.H., Kooih, P.P.M. et al., 1992. Somatostatin receptor scintigraphy with Indium-111-DTPA-D-Phe-1-octreotide in man: Metabolism, dosimetry and comparison with Iodine-123-Tyr-3-Octreotide. *J. Nucl. Med.* 33, 652-658.
- Koizumi, M., Endo, K., Watanabe, Y. et al., 1989. Pharamcokinetics of internally labeled monoclonal antibodies in osteogenic sarcoma xenografts in nude mice. *Cancer Res.* 49, 1752-1757.
- Krenning, E.P., Kwekkeboom, D.J., Bakker, W.H. et al., 1993. Somatostatin receptor scintigraphy with (^{111}In -DTPA-D-Phe¹)-and (^{123}I -Try³)-octreotide: the Rotterdam experience with more than 1000 patients. *Eur. J. Nucl. Med.* 20, 716-731.
- Leide-Svegborn, S., Nosslin, B., Mattsson, S., 1996. Biokinetics and dosimetry of ^{111}In -DTPA-D-Phe-1-octreotide in patients. In: S-Stelson, A.T., Stabin, M.G., Sparks, R.B. (Eds.), *Proceedings of the Sixth International Radiopharmaceutical Dosimetry Symposium*. Oak Ridge Associated Universities, Oak Ridge, TN, pp. 631-642.
- Stabin, M.G., Kooih, P.P.M., Bakker, W.H. et al., 1997. Radiation Dosimetry for Indium-111-pentetreotide. *J. Nucl. Med.* 38, 1919-1922.

2.9.3. 생체역동학 데이터

Organ (S)	F_s	$T_{1/2}$	a	\tilde{A}_s/A_o
Liver	0.06	2 h	0.40	2.59 h
		2.5 d	0.30	
		70 d	0.30	
Spleen	0.05	2.5 d	1.00	2.30 h
Kidney	0.06	2.5 d	1.00	2.76 h
Thyroid	0.001	2.5 d	1.00	2.76 min
Other organs and tissues	0.829	3 h	0.90	6.90 h
		2.5 d	0.10	
Bladder	1.00			
<i>Adult and 15 years</i>				1.65 h
<i>10 years</i>				1.40 h
<i>5 years and 1 year</i>				54.3 min

2.9.4. 흡수선량: ^{111}In labelled-octreotide

^{111}In 2.83 days

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	5.8E-02	7.5E-02	1.2E-01	1.7E-01	3.0E-01
Bladder	2.0E-01	2.5E-01	3.1E-01	4.6E-01	8.2E-01
Bone surfaces	2.7E-02	3.4E-02	5.0E-02	7.6E-02	1.5E-01
Brain	9.6E-03	1.2E-02	2.0E-02	3.3E-02	5.8E-02
Breast	1.2E-02	1.5E-02	2.3E-02	3.7E-02	6.8E-02
Gall bladder	5.2E-02	6.3E-02	9.2E-02	1.4E-01	2.2E-01
GI-tract					
Stomach	4.3E-02	5.0E-02	7.8E-02	1.1E-01	1.8E-01
SI	2.9E-02	3.8E-02	5.9E-02	9.1E-02	1.6E-01
Colon	2.9E-02	3.6E-02	5.5E-02	8.9E-02	1.5E-02
(ULI	3.0E-02	3.7E-02	5.8E-02	9.4E-02	1.6E-01)
(LLI	2.7E-02	3.4E-02	5.0E-02	7.6E-02	1.3E-01)
Heart	2.5E-02	3.2E-02	4.9E-02	7.1E-02	1.3E-01
Kidneys	4.1E-01	4.9E-01	6.7E-01	9.6E-01	1.6E+00
Liver	1.0E-01	1.3E-01	2.0E-01	2.7E-01	4.8E-01
Lungs	2.3E-02	3.0E-02	4.4E-02	6.8E-02	1.2E-01
Muscles	2.0E-02	2.6E-02	3.8E-02	5.7E-02	1.1E-01
Oesophagus	1.4E-02	1.9E-02	2.8E-02	4.4E-02	7.8E-02
Ovaries	2.7E-02	3.5E-02	5.1E-02	8.1E-02	1.4E-01
Pancreas	7.2E-02	8.8E-02	1.3E-01	2.0E-01	3.2E-01
Red marrow	2.2E-02	2.7E-02	3.9E-02	5.3E-02	8.7E-02
Skin	1.1E-02	1.3E-02	2.1E-02	3.3E-02	6.2E-02
Spleen	5.7E-01	7.9E-01	1.2E+00	1.8E+00	3.1E+00
Testes	1.7E-02	2.3E-02	3.5E-02	5.5E-02	1.0E-01
Thymus	1.4E-02	1.9E-02	2.8E-02	4.4E-02	7.8E-02
Thyroid	7.6E-02	1.2E-01	1.8E-01	3.7E-01	6.9E-01
Uterus	3.9E-02	4.9E-02	7.1E-02	1.1E-01	1.9E-01
Remaining organs	2.3E-02	2.8E-02	4.2E-02	6.3E-02	1.1E-01
Effective dose (mSv/MBq)	5.4E-02	7.1E-02	1.0E-01	1.6E-01	2.8E-01

3. ICRP 간행물 53의 결과 중 사용빈도가 높은 19 종 방사성의약품에 대해 재계산한 선량 데이터

3.1. 재계산에 대한 개론

(47) 간행물 53(ICRP, 1987)에 제시된 다양한 물질 중 현재 자주 사용되고 있는 약품들에 대한 장기 흡수선량과 유효선량을 간행물 53의 수록1과 이번 수록2의 새로운 선량체계를 이용하여 계산하였다. 계산을 위하여 간행물 53(ICRP, 1987)의 생체역동학 자료를 사용하였다. Cristy와 Eckerman(1987)이 계산한 흡수비absorbed fraction를 이용하여 S값을 산출하였다.

(48) ^{51}Cr EDTA, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ DTPA, 그리고 ^{123}I 와 ^{131}I Hippuran의 경우 정상 신장 기능을 가정했을 때의 선량을 제시하였다(이때 성인과 15세의 배뇨시간은 3.5시간, 10세는 3시간, 5세에서 신생아는 2시간이다). 방광이 약품 주사 후 1시간 혹은 30분이 지났을 때 배뇨될 경우의 유효선량은 표 아래 각주로 달았다. 첫 배뇨에 대해서만 변경되었다.

3.1.1. 재계산에 대한 개론의 참고문헌

Cristy, M., Eckerman, K.F., 1987. *Specific Absorbed Fractions of Energy at Various Ages from Internal Photon Sources*. ORNL/TM-8381/VI-7. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.

ICRP, 1987. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals, ICRP Publication 53, *Annals of the ICRP* 18 (1-4).

ICRP, 1991. Addendum 1 to Publication 53, Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. In: Radiological Protection in Biomedical Research. ICRP Publication 62, *Annals of the ICRP* 22 (3).

3.2. 2-fluoro-2-deoxy-D-glucose (FDG): ^{18}F

3.2.1. 흡수 선량: 2-fluoro-2-deoxy-D-glucose(FDG)

^{18}F 109.77 min

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	1.2E-02	1.5E-02	2.4E-02	3.8E-02	7.2E-02
Bladder	1.6E-01	2.1E-01	2.8E-01	3.2E-01	5.9E-01
Bone surfaces	1.1E-02	1.4E-02	2.2E-02	3.5E-02	6.6E-02
Brain	2.8E-02	2.8E-02	3.0E-02	3.4E-02	4.8E-02
Breast	8.6E-03	1.1E-02	1.8E-02	2.9E-02	5.6E-02
Gall bladder	1.2E-02	1.5E-02	2.3E-02	3.5E-02	6.6E-02
GI-tract					
Stomach	1.1E-02	1.4E-02	2.2E-02	3.6E-02	6.8E-02
SI	1.3E-02	1.7E-02	2.7E-02	4.1E-02	7.7E-02
Colon	1.3E-02	1.7E-02	2.7E-02	4.0E-02	7.4E-02
(ULI	1.2E-02	1.6E-02	2.5E-02	3.9E-02	7.2E-02)
(LLI	1.5E-02	1.9E-02	2.9E-02	4.2E-02	7.6E-02)
Heart	6.2E-02	8.1E-02	1.2E-01	2.0E-01	3.5E-01
Kidneys	2.1E-02	2.5E-02	3.6E-02	5.4E-02	9.6E-02
Liver	1.1E-02	1.4E-02	2.2E-02	3.7E-02	7.0E-02
Lungs	1.0E-02	1.4E-02	2.1E-02	3.4E-02	6.5E-02
Muscles	1.1E-02	1.4E-02	2.1E-02	3.4E-02	6.5E-02
Oesophagus	1.1E-02	1.5E-02	2.2E-02	3.5E-02	6.8E-02
Ovaries	1.5E-02	2.0E-02	3.0E-02	4.4E-02	8.2E-02
Pancreas	1.2E-02	1.6E-02	2.5E-02	4.0E-02	7.6E-02
Red marrow	1.1E-02	1.4E-02	2.2E-02	3.2E-02	6.1E-02
Skin	8.0E-03	1.0E-02	1.6E-02	2.7E-02	5.2E-02
Spleen	1.1E-02	1.4E-02	2.2E-02	3.6E-02	6.9E-02
Testes	1.2E-02	1.6E-02	2.6E-02	3.8E-02	7.3E-02
Thymus	1.1E-02	1.5E-02	2.2E-02	3.5E-02	6.8E-02
Thyroid	1.0E-02	1.3E-02	2.1E-02	3.5E-02	6.8E-02
Uterus	2.1E-02	2.6E-02	3.9E-02	5.5E-02	1.0E-01
Remaining organs	1.1E-02	1.4E-02	2.2E-02	3.4E-02	6.3E-02
Effective dose (mSv/MBq)	1.9E-02	2.5E-02	3.6E-02	5.0E-02	9.5E-02

3.3. Chromium EDTA: ^{51}Cr

3.3.1. 흡수선량: ^{51}Cr EDTA

^{51}Cr 27.70 days

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	7.2E-04	9.2E-04	1.4E-03	2.1E-03	3.9E-03
Bladder	2.4E-02	3.1E-02	3.8E-02	3.6E-02	6.6E-02
Bone surfaces	8.2E-04	1.0E-03	1.4E-03	2.1E-03	3.8E-03
Brain	4.7E-04	6.0E-04	9.9E-04	1.6E-03	2.9E-03
Breast	4.3E-04	5.6E-04	8.3E-04	1.3E-03	2.5E-03
Gall bladder	7.8E-04	1.0E-03	1.6E-03	2.2E-03	3.4E-03
GI-tract					
Stomach	6.9E-04	8.5E-04	1.3E-03	2.0E-03	3.5E-03
SI	1.1E-03	1.4E-03	2.0E-03	2.7E-03	4.8E-03
Colon	1.3E-03	1.6E-03	2.2E-03	2.9E-03	4.9E-03
(ULI	9.6E-04	1.2E-03	1.8E-03	2.6E-03	4.3E-03)
(LLI	1.7E-03	2.1E-03	2.8E-03	3.3E-03	5.6E-03)
Heart	6.3E-04	8.2E-04	1.3E-03	1.9E-03	3.4E-03
Kidneys	1.8E-03	2.2E-03	3.0E-03	4.4E-03	7.8E-03
Liver	6.5E-04	8.4E-04	1.3E-03	2.0E-03	3.6E-03
Lungs	5.5E-04	7.3E-04	1.1E-03	1.7E-03	3.1E-03
Muscles	7.7E-04	9.6E-04	1.4E-03	1.9E-03	3.6E-03
Oesophagus	5.7E-04	7.4E-04	1.1E-03	1.7E-03	3.2E-03
Ovaries	1.6E-03	2.0E-03	2.7E-03	3.3E-03	5.8E-03
Pancreas	7.5E-04	9.5E-04	1.5E-03	2.2E-03	4.0E-03
Red marrow	7.4E-04	9.3E-04	1.3E-03	1.8E-03	3.2E-03
Skin	4.7E-04	5.8E-04	8.9E-04	1.4E-03	2.6E-03
Spleen	6.7E-04	8.7E-04	1.3E-03	2.0E-03	3.7E-03
Testes	1.2E-03	1.6E-03	2.5E-03	3.0E-03	5.4E-03
Thymus	5.7E-04	7.4E-04	1.1E-03	1.7E-03	3.2E-03
Thyroid	5.6E-04	7.4E-04	1.2E-03	1.9E-03	3.5E-03
Uterus	2.8E-03	3.4E-03	4.6E-03	5.1E-03	8.8E-03
Remaining organs	7.7E-04	9.7E-04	1.4E-03	2.0E-03	3.6E-03
Effective dose (mSv/MBq)	2.0E-03	2.6E-03	3.4E-03	3.9E-03	7.1E-03

방광 벽의 유효선량 기여분이 60%에 이른다.

투약 후 1시간 혹은 30분 경과에서 방광을 비운 경우의 유효선량:

1 hour	1.7E-03	2.1E-03	2.9E-03	3.5E-03	6.3E-03
30 min	1.8E-03	2.3E-03	3.0E-03	3.6E-03	6.4E-02

3.4. Gallium citrate: ^{67}Ga

3.4.1. 흡수선량: ^{67}Ga citrate

^{67}Ga 3.26 days

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	1.3E-01	1.8E-01	2.6E-01	3.6E-01	5.7E-01
Bladder	8.1E-02	1.1E-01	1.5E-01	2.0E-01	3.7E-01
Bone surfaces	6.3E-01	8.1E-01	1.3E+00	2.2E+00	5.2E+00
Brain	5.7E-02	7.2E-02	1.2E-01	1.9E-01	3.4E-01
Breast	4.7E-02	6.1E-02	9.3E-02	1.5E-01	2.9E-01
Gall bladder	8.2E-02	1.1E-01	1.7E-01	2.5E-01	3.8E-01
GI-tract					
Stomach	6.9E-02	9.0E-02	1.4E-01	2.1E-01	3.9E-01
SI	5.9E-02	7.4E-02	1.1E-01	1.6E-01	2.8E-01
Colon	1.6E-01	2.0E-01	3.3E-01	5.4E-01	1.0E+00
(ULI	1.2E-01	1.5E-01	2.5E-01	4.1E-01	7.5E-01)
(LLI	2.1E-01	2.6E-01	4.4E-01	7.1E-01	1.4E+00)
Heart	6.9E-02	8.9E-02	1.4E-01	2.1E-01	3.8E-01
Kidneys	1.2E-01	1.4E-01	2.0E-01	2.9E-01	5.1E-01
Liver	1.2E-01	1.5E-01	2.3E-01	3.3E-01	6.1E-01
Lungs	6.3E-02	8.3E-02	1.3E-01	1.9E-01	3.6E-01
Muscles	6.0E-02	7.6E-02	1.2E-01	1.8E-01	3.5E-01
Oesophagus	6.1E-02	7.9E-02	1.2E-01	1.9E-01	3.5E-01
Ovaries	8.2E-02	1.1E-01	1.6E-01	2.4E-01	4.5E-01
Pancreas	8.1E-02	1.0E-01	1.6E-01	2.4E-01	4.3E-01
Red marrow	2.1E-01	2.3E-01	3.8E-01	7.1E-01	1.5E+00
Skin	4.5E-02	5.7E-02	9.2E-02	1.5E-01	2.9E-01
Spleen	1.4E-01	2.0E-01	3.1E-01	4.8E-01	8.6E-01
Testes	5.6E-02	7.2E-02	1.1E-01	1.8E-01	3.3E-01
Thymus	6.1E-02	7.9E-02	1.2E-01	1.9E-01	3.5E-01
Thyroid	6.2E-02	8.0E-02	1.3E-01	2.0E-01	3.8E-01
Uterus	7.6E-02	9.7E-02	1.5E-01	2.3E-01	4.2E-01
Remaining organs	6.1E-02	7.8E-02	1.2E-01	1.9E-01	3.5E-01
Effective dose (mSv/MBq)	1.0E-01	1.3E-01	2.0E-01	3.3E-01	6.4E-01

3.5. Se 표지 bile acid (SeHCAT): ⁷⁵Se

3.5.1. 흡수선량: ⁷⁵Se 표지 bile acid (SeHCAT)

⁷⁵Se 119.8 days

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	3.2E-01	4.1E-01	6.2E-01	9.4E-01	1.5E+00
Bladder	3.3E-01	4.2E-01	6.7E-01	1.0E+00	1.7E+00
Bone surfaces	2.3E-01	3.0E-01	4.3E-01	6.4E-01	1.2E+00
Brain	4.8E-02	5.6E-02	7.9E-02	1.2E-01	2.0E-01
Breast	7.7E-02	9.6E-02	1.8E-01	2.8E-01	5.2E-01
Gall bladder	6.4E+00	7.1E+00	9.0E+00	1.5E+01	4.8E+01
GI-tract					
Stomach	4.2E-01	5.5E-01	9.3E-01	1.5E+00	2.5E+00
SI	1.9E+00	2.4E+00	3.8E+00	5.9E+00	1.0E+01
Colon	2.0E+00	2.4E+00	3.8E+00	5.8E+00	1.0E+01
(ULI	1.9E+00	2.3E+00	3.5E+00	5.3E+00	9.1E+00)
(LLI	2.1E+00	2.6E+00	4.2E+00	6.5E+00	1.2E+01)
Heart	3.3E-01	4.3E-01	6.4E-01	9.6E-01	1.6E+00
Kidneys	5.0E-01	6.1E-01	8.9E-01	1.3E+00	2.0E+00
Liver	6.9E-01	8.7E-01	1.3E+00	1.8E+00	3.2E+00
Lungs	2.4E-01	3.3E-01	4.7E-01	7.2E-01	1.3E+00
Muscles	2.0E-01	2.5E-01	3.7E-01	5.5E-01	9.8E-01
Oesophagus	1.1E-01	1.4E-01	1.9E-01	2.9E-01	4.8E-01
Ovaries	1.0E+00	1.3E+00	2.0E+00	2.9E+00	4.9E+00
Pancreas	4.5E-01	5.8E-01	1.1E+00	1.7E+00	2.6E+00
Red marrow	2.9E-01	3.4E-01	4.6E-01	6.0E-01	8.3E-01
Skin	7.5E-02	9.1E-02	1.4E-01	2.2E-01	4.2E-01
Spleen	3.0E-01	4.1E-01	6.6E-01	1.0E+00	1.7E+00
Testes	9.2E-02	1.3E-01	2.2E-01	3.7E-01	7.0E-01
Thymus	1.1E-01	1.4E-01	1.9E-01	2.9E-01	4.8E-01
Thyroid	6.9E-02	9.6E-02	1.5E-01	2.7E-01	5.2E-01
Uterus	7.5E-01	9.4E-01	1.5E+00	2.3E+00	3.8E+00
Remaining organs	2.6E-01	3.4E-01	5.3E-01	8.3E-01	1.3E+00
Effective dose (mSv/MBq)	6.9E-01	8.6E-01	1.3E+00	2.0E+00	3.9E+00

3.6. Technetium-DMSA: ^{99m}Tc

3.6.1. 흡수선량: ^{99m}Tc DMSA

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	1.2E-02	1.6E-02	2.4E-02	3.5E-02	6.0E-02
Bladder	1.8E-02	2.3E-02	2.9E-02	3.1E-02	5.7E-02
Bone surfaces	5.0E-03	6.2E-03	9.2E-03	1.4E-02	2.6E-02
Brain	1.2E-03	1.5E-03	2.5E-03	4.0E-03	7.2E-03
Breast	1.3E-03	1.8E-03	2.8E-03	4.5E-03	8.4E-03
Gall bladder	8.3E-03	1.0E-02	1.4E-02	2.2E-02	3.1E-02
GI-tract					
Stomach	5.2E-03	6.3E-03	1.0E-02	1.4E-02	2.0E-02
SI	5.0E-03	6.4E-03	1.0E-02	1.4E-02	2.4E-02
Colon	4.3E-03	5.5E-03	8.2E-03	1.2E-02	2.0E-02
(ULI	5.0E-03	6.4E-03	9.5E-03	1.4E-02	2.3E-02)
(LLI	3.3E-03	4.3E-03	6.5E-03	9.6E-03	1.6E-02)
Heart	3.0E-03	3.8E-03	5.8E-03	8.6E-03	1.4E-02
Kidneys	1.8E-01	2.2E-01	3.0E-01	4.3E-01	7.6E-01
Liver	9.5E-03	1.2E-02	1.8E-02	2.5E-02	4.1E-02
Lungs	2.5E-03	3.5E-03	5.2E-03	8.0E-03	1.5E-02
Muscles	2.9E-03	3.6E-03	5.2E-03	7.7E-03	1.4E-02
Oesophagus	1.7E-03	2.3E-03	3.4E-03	5.4E-03	9.4E-03
Ovaries	3.5E-03	4.7E-03	7.0E-03	1.1E-02	1.9E-02
Pancreas	9.0E-03	1.1E-02	1.6E-02	2.3E-02	3.7E-02
Red marrow	3.9E-03	4.7E-03	6.8E-03	9.0E-03	1.4E-02
Skin	1.5E-03	1.8E-03	2.9E-03	4.5E-03	8.5E-03
Spleen	1.3E-02	1.7E-02	2.6E-02	3.8E-02	6.1E-02
Testes	1.8E-03	2.4E-03	3.7E-03	5.3E-03	1.0E-02
Thymus	1.7E-03	2.3E-03	3.4E-03	5.4E-03	9.4E-03
Thyroid	1.5E-03	1.9E-03	3.1E-03	5.2E-03	9.4E-03
Uterus	4.5E-03	5.6E-03	8.3E-03	1.1E-02	1.9E-02
Remaining organs	2.9E-03	3.7E-03	5.2E-03	7.7E-03	1.4E-02
Effective dose (mSv/MBq)	8.8E-03	1.1E-02	1.5E-02	2.1E-02	3.7E-02

3.7. Technetium-DTPA: ^{99m}Tc

3.7.1. 흡수선량: ^{99m}Tc -DTPA

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	1.3E-03	1.7E-03	2.6E-03	3.8E-03	7.0E-03
Bladder	6.2E-02	7.8E-02	9.7E-02	9.5E-02	1.7E-01
Bone surfaces	2.3E-03	2.8E-03	4.0E-03	5.5E-03	9.9E-03
Brain	8.4E-04	1.0E-03	1.7E-03	2.7E-03	4.8E-03
Breast	7.1E-04	9.0E-04	1.3E-03	2.1E-03	4.0E-03
Gall bladder	1.5E-03	2.0E-03	3.6E-03	4.6E-03	6.0E-03
GI-tract					
Stomach	1.3E-03	1.6E-03	2.7E-03	3.7E-03	6.7E-03
SI	2.5E-03	3.1E-03	4.5E-03	5.7E-03	9.8E-03
Colon	3.0E-03	3.8E-03	5.4E-03	6.4E-03	1.1E-02
(ULI	2.1E-03	2.7E-03	4.0E-03	5.4E-03	9.0E-03)
(LLI	4.3E-03	5.3E-03	7.3E-03	7.7E-03	1.3E-02)
Heart	1.1E-03	1.4E-03	2.1E-03	3.2E-03	5.8E-03
Kidneys	3.9E-03	4.7E-03	6.7E-03	9.6E-03	1.7E-02
Liver	1.2E-03	1.5E-03	2.4E-03	3.5E-03	6.3E-03
Lungs	9.9E-04	1.3E-03	1.9E-03	2.9E-03	5.3E-03
Muscles	1.6E-03	2.0E-03	2.8E-03	3.7E-03	6.7E-03
Oesophagus	1.0E-03	1.3E-03	1.9E-03	2.9E-03	5.3E-03
Ovaries	4.2E-03	5.3E-03	6.9E-03	7.8E-03	1.3E-02
Pancreas	1.4E-03	1.8E-03	2.7E-03	4.0E-03	7.2E-03
Red marrow	1.4E-03	1.8E-03	2.6E-03	3.3E-03	5.6E-03
Skin	8.5E-04	1.0E-03	1.6E-03	2.3E-03	4.3E-03
Spleen	1.2E-03	1.6E-03	2.4E-03	3.6E-03	6.6E-03
Testes	2.9E-03	4.0E-03	6.0E-03	6.9E-03	1.3E-02
Thymus	1.0E-03	1.3E-03	1.9E-03	2.9E-03	5.3E-03
Thyroid	1.0E-03	1.3E-03	2.0E-03	3.2E-03	5.8E-03
Uterus	7.9E-03	9.5E-03	1.3E-02	1.3E-02	2.2E-02
Remaining organs	1.7E-03	2.0E-03	2.8E-03	3.7E-03	6.4E-03
Effective dose (mSv/MBq)	4.9E-03	6.2E-03	8.2E-03	9.0E-03	1.6E-02

방광 벽의 유효선량 기여분은 57%에 이른다.

투약 후 1시간 혹은 30분 경과에서 방광을 비운 경우의 유효선량:

1 hour	3.8E-03	4.8E-03	6.5E-03	7.7E-03	1.4E-02
30 min	4.1E-03	5.3E-03	7.0E-03	7.9E-03	1.4E-02

3.8. Tc 표지 erythrocytes (RBC): ^{99m}Tc

3.8.1. 흡수선량: ^{99m}Tc 표지 erythrocytes

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	9.9E-03	1.2E-02	2.0E-02	3.0E-02	5.6E-02
Bladder	8.5E-03	1.1E-02	1.4E-02	1.7E-02	3.1E-02
Bone surfaces	7.4E-03	1.2E-02	1.9E-02	3.6E-02	7.4E-02
Brain	3.6E-03	4.6E-03	7.5E-03	1.2E-02	2.2E-02
Breast	3.5E-03	4.1E-03	7.0E-03	1.1E-02	1.9E-02
Gall bladder	6.5E-03	8.1E-03	1.3E-02	2.0E-02	3.0E-02
GI-tract					
Stomach	4.6E-03	5.9E-03	9.7E-03	1.4E-02	2.5E-02
SI	3.9E-03	4.9E-03	7.8E-03	1.2E-02	2.1E-02
Colon	3.7E-03	4.8E-03	7.5E-03	1.2E-02	2.0E-02
(ULI)	4.0E-03	5.1E-03	8.0E-03	1.3E-02	2.2E-02)
(LLI)	3.4E-03	4.4E-03	6.9E-03	1.0E-02	1.8E-02)
Heart	2.3E-02	2.9E-02	4.3E-02	6.6E-02	1.1E-01
Kidneys	1.8E-02	2.2E-02	3.6E-02	5.7E-02	1.1E-01
Liver	1.3E-02	1.7E-02	2.6E-02	4.0E-02	7.2E-02
Lungs	1.8E-02	2.2E-02	3.5E-02	5.6E-02	1.1E-01
Muscles	3.3E-03	4.0E-03	6.1E-03	9.4E-03	1.7E-02
Oesophagus	6.1E-03	7.0E-03	9.8E-03	1.5E-02	2.3E-02
Ovaries	3.7E-03	4.8E-03	7.0E-03	1.1E-02	1.9E-02
Pancreas	6.6E-03	8.1E-03	1.3E-02	1.9E-02	3.3E-02
Red marrow	6.1E-03	7.6E-03	1.2E-02	2.0E-02	3.7E-02
Skin	2.0E-03	2.4E-03	3.8E-03	6.2E-03	1.2E-02
Spleen	1.4E-02	1.7E-02	2.7E-02	4.3E-02	8.1E-02
Testes	2.3E-03	3.0E-03	4.4E-03	6.9E-03	1.3E-02
Thymus	6.1E-03	7.0E-03	9.8E-03	1.5E-02	2.3E-02
Thyroid	5.7E-03	7.1E-03	1.2E-02	1.9E-02	3.6E-02
Uterus	3.9E-03	4.9E-03	7.4E-03	1.1E-02	1.9E-02
Remaining organs	3.5E-03	4.5E-03	7.3E-03	1.3E-02	2.3E-02
Effective dose (mSv/MBq)	7.0E-03	8.9E-03	1.4E-02	2.1E-02	3.9E-02

3.9. Tc 표지 iminodiacetic acid (IDA) 유도체: ^{99m}Tc

3.9.1. 흡수선량: ^{99m}Tc 표지 IDA 유도체

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	3.7E-03	4.8E-03	7.5E-03	1.1E-02	1.8E-02
Bladder	2.2E-02	2.8E-02	3.7E-02	4.3E-02	7.6E-02
Bone surfaces	3.8E-03	4.7E-03	6.8E-03	1.0E-02	1.9E-02
Brain	3.4E-05	4.0E-05	7.9E-05	1.4E-04	2.6E-04
Breast	4.8E-04	6.5E-04	1.4E-03	2.5E-03	4.8E-03
Gall bladder	1.1E-01	1.2E-01	1.6E-01	2.8E-01	9.5E-01
GI-tract					
Stomach	5.6E-03	7.8E-03	1.3E-02	2.1E-02	3.4E-02
SI	4.4E-02	5.5E-02	9.0E-02	1.4E-01	2.5E-01
Colon	7.4E-02	9.5E-02	1.5E-01	2.5E-01	4.7E-01
(ULI	8.6E-02	1.1E-01	1.8E-01	2.9E-01	5.4E-01)
(LLI	5.9E-02	7.5E-02	1.2E-01	2.0E-01	3.8E-01)
Heart	1.8E-03	2.4E-03	4.0E-03	6.3E-03	1.2E-02
Kidneys	6.1E-03	7.5E-03	1.1E-02	1.6E-02	2.5E-02
Liver	1.4E-02	1.8E-02	2.7E-02	4.0E-02	7.1E-02
Lungs	1.3E-03	1.9E-03	2.8E-03	4.6E-03	8.6E-03
Muscles	2.9E-03	3.6E-03	5.3E-03	7.8E-03	1.4E-02
Oesophagus	4.1E-04	6.0E-04	9.1E-04	1.7E-03	3.2E-03
Ovaries	1.9E-02	2.4E-02	3.5E-02	5.0E-02	8.3E-02
Pancreas	5.6E-03	7.6E-03	1.4E-02	2.2E-02	3.4E-02
Red marrow	3.9E-03	4.7E-03	6.3E-03	7.7E-03	1.0E-02
Skin	8.9E-04	1.1E-03	1.7E-03	2.7E-03	5.0E-03
Spleen	2.7E-03	3.6E-03	6.3E-03	1.0E-02	1.7E-02
Testes	1.5E-03	2.3E-03	4.1E-03	6.2E-03	1.2E-02
Thymus	4.1E-04	6.0E-04	9.1E-04	1.7E-03	3.2E-03
Thyroid	1.4E-04	2.3E-04	4.2E-04	7.7E-04	1.9E-03
Uterus	1.3E-02	1.7E-02	2.6E-02	3.8E-02	6.1E-02
Remaining organs	3.7E-03	4.6E-03	6.6E-03	9.7E-03	1.6E-02
Effective dose (mSv/MBq)	1.7E-02	2.1E-02	2.9E-02	4.5E-02	1.0E-01

3.10. Tc 표지 붉은 콜로이드: ^{99m}Tc

3.10.1. 흡수선량: ^{99m}Tc 표지 붉은 콜로이드

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	1.2E-02	1.5E-02	2.1E-02	2.8E-02	4.2E-02
Bladder	1.1E-03	1.6E-03	2.7E-03	5.7E-03	9.4E-03
Bone surfaces	8.7E-03	1.1E-02	1.8E-02	3.0E-02	6.9E-02
Brain	6.7E-04	8.8E-04	1.3E-03	2.1E-03	4.1E-03
Breast	2.1E-03	2.7E-03	4.6E-03	7.2E-03	1.3E-02
Gall bladder	2.0E-02	2.3E-02	3.1E-02	5.0E-02	8.4E-02
GI-tract					
Stomach	6.4E-03	8.2E-03	1.3E-02	2.1E-02	3.5E-02
SI	4.0E-03	5.1E-03	8.9E-03	1.4E-02	2.4E-02
Colon	3.8E-03	4.8E-03	8.5E-03	1.5E-02	2.4E-02
(ULI	5.5E-03	6.8E-03	1.2E-02	2.1E-02	3.4E-02)
(LLI	1.6E-03	2.2E-03	3.8E-03	6.1E-03	1.1E-02)
Heart	6.5E-03	8.3E-03	1.2E-02	1.7E-02	3.0E-02
Kidneys	9.5E-03	1.2E-02	1.7E-02	2.4E-02	3.5E-02
Liver	7.1E-02	9.1E-02	1.3E-01	1.9E-01	3.4E-01
Lungs	5.9E-03	7.5E-03	1.0E-02	1.5E-02	2.5E-02
Muscles	2.7E-03	3.4E-03	4.9E-03	7.2E-03	1.3E-02
Oesophagus	2.1E-03	2.7E-03	3.7E-03	5.7E-03	9.8E-03
Ovaries	2.2E-03	2.9E-03	4.9E-03	7.9E-03	1.4E-02
Pancreas	1.3E-02	1.7E-02	2.5E-02	3.7E-02	5.9E-02
Red marrow	1.1E-02	1.2E-02	1.9E-02	3.2E-02	6.4E-02
Skin	1.3E-03	1.6E-03	2.5E-03	4.0E-03	7.6E-03
Spleen	7.5E-02	1.1E-01	1.6E-01	2.4E-01	4.3E-01
Testes	5.6E-04	7.7E-04	1.3E-03	2.3E-03	4.5E-03
Thymus	2.1E-03	2.7E-03	3.7E-03	5.7E-03	9.8E-03
Thyroid	9.3E-04	1.2E-03	2.0E-03	3.5E-03	6.5E-03
Uterus	1.9E-03	2.5E-03	4.4E-03	7.3E-03	1.4E-02
Remaining organs	2.7E-03	3.4E-03	4.9E-03	7.1E-03	1.2E-02
Effective dose (mSv/MBq)	9.4E-03	1.2E-02	1.8E-02	2.8E-02	5.0E-02

3.11. Tc 표지 leucocytes (WBC): ^{99m}Tc

3.11.1. 흡수선량: ^{99m}Tc 표지 백혈구 (leukocytes)

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	1.0E-02	1.2E-02	1.8E-02	2.6E-02	4.3E-02
Bladder	2.6E-03	3.5E-03	5.2E-03	7.8E-03	1.4E-02
Bone surfaces	1.6E-02	2.1E-02	3.4E-02	6.1E-02	1.5E-01
Brain	2.3E-03	2.9E-03	4.4E-03	7.0E-03	1.3E-02
Breast	2.4E-03	2.9E-03	4.9E-03	7.6E-03	1.3E-02
Gall bladder	8.4E-03	1.0E-02	1.6E-02	2.5E-02	3.6E-02
GI-tract					
Stomach	8.1E-03	9.6E-03	1.4E-02	2.0E-02	3.2E-02
SI	4.6E-03	5.7E-03	8.7E-03	1.3E-02	2.1E-02
Colon	4.3E-03	5.4E-03	8.4E-03	1.2E-02	2.1E-02
(ULI	4.7E-03	5.9E-03	9.3E-03	1.4E-02	2.3E-02)
(LLI	3.7E-03	4.8E-03	7.3E-03	1.0E-02	1.8E-02)
Heart	9.4E-03	1.2E-02	1.7E-02	2.5E-02	4.4E-02
Kidneys	1.2E-02	1.4E-02	2.2E-02	3.2E-02	5.4E-02
Liver	2.0E-02	2.6E-02	3.8E-02	5.4E-02	9.7E-02
Lungs	7.8E-03	9.9E-03	1.5E-02	2.3E-02	4.1E-02
Muscles	3.3E-03	4.1E-03	6.0E-03	8.9E-03	1.6E-02
Oesophagus	3.5E-03	4.2E-03	5.8E-03	8.6E-03	1.5E-02
Ovaries	3.9E-03	5.0E-03	7.2E-03	1.1E-02	1.8E-02
Pancreas	1.3E-02	1.6E-02	2.3E-02	3.4E-02	5.3E-02
Red marrow	2.3E-02	2.5E-02	4.0E-02	7.1E-02	1.4E-01
Skin	1.8E-03	2.1E-03	3.4E-03	5.5E-03	1.0E-02
Spleen	1.5E-01	2.1E-01	3.1E-01	4.8E-01	8.5E-01
Testes	1.6E-03	2.1E-03	3.2E-03	5.1E-03	9.2E-03
Thymus	3.5E-03	4.2E-03	5.8E-03	8.6E-03	1.5E-02
Thyroid	2.9E-03	3.7E-03	5.8E-03	9.3E-03	1.7E-02
Uterus	3.4E-03	4.3E-03	6.5E-03	9.7E-03	1.6E-02
Remaining organs	3.4E-03	4.2E-03	6.3E-03	9.5E-03	1.6E-02
Effective dose (mSv/MBq)	1.1E-02	1.4E-02	2.2E-02	3.4E-02	6.2E-02

3.12. Tc 표지 macroaggregated albumin (MAA): ^{99m}Tc

3.12.1. 흡수 선량: ^{99m}Tc 표지 MAA

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	6.8E-03	8.8E-03	1.3E-02	1.9E-02	3.1E-02
Bladder	8.7E-03	1.1E-02	1.4E-02	1.6E-02	3.0E-02
Bone surfaces	5.1E-03	6.4E-03	9.1E-03	1.4E-02	2.6E-02
Brain	9.2E-04	1.2E-03	2.0E-03	3.2E-03	5.5E-03
Breast	5.0E-03	5.6E-03	9.9E-03	1.4E-02	2.1E-02
Gall bladder	5.6E-03	7.0E-03	1.0E-02	1.6E-02	2.4E-02
GI-tract					
Stomach	3.7E-03	5.2E-03	8.0E-03	1.2E-02	2.0E-02
SI	2.0E-03	2.6E-03	4.3E-03	6.8E-03	1.2E-02
Colon	1.9E-03	2.6E-03	4.3E-03	6.9E-03	1.2E-02
(ULI	2.2E-03	2.9E-03	5.0E-03	8.3E-03	1.4E-02)
(LLI	1.6E-03	2.1E-03	3.3E-03	5.0E-03	9.5E-03)
Heart	9.6E-03	1.3E-02	1.8E-02	2.5E-02	3.8E-02
Kidneys	3.7E-03	4.8E-03	7.2E-03	1.1E-02	1.8E-02
Liver	1.6E-02	2.1E-02	3.0E-02	4.2E-02	7.4E-02
Lungs	6.6E-02	9.7E-02	1.3E-01	2.0E-01	3.9E-01
Muscles	2.8E-03	3.7E-03	5.2E-03	7.7E-03	1.4E-02
Oesophagus	6.1E-03	7.7E-03	1.1E-02	1.5E-02	2.2E-02
Ovaries	1.8E-03	2.3E-03	3.5E-03	5.4E-03	1.0E-02
Pancreas	5.6E-03	7.5E-03	1.1E-02	1.7E-02	2.9E-02
Red marrow	3.2E-03	3.8E-03	5.3E-03	7.2E-03	1.2E-02
Skin	1.5E-03	1.7E-03	2.7E-03	4.3E-03	7.8E-03
Spleen	4.1E-03	5.5E-03	8.3E-03	1.3E-02	2.2E-02
Testes	1.1E-03	1.4E-03	2.2E-03	3.3E-03	6.2E-03
Thymus	6.1E-03	7.7E-03	1.1E-02	1.5E-02	2.2E-02
Thyroid	2.5E-03	3.3E-03	5.7E-03	9.0E-03	1.6E-02
Uterus	2.2E-03	2.8E-03	4.2E-03	6.0E-03	1.1E-02
Remaining organs	2.8E-03	3.6E-03	5.0E-03	7.4E-03	1.3E-02
Effective dose (mSv/MBq)	1.1E-02	1.6E-02	2.3E-02	3.4E-02	6.3E-02

3.13. Tc 표지 비흡수성 표지물: ^{99m}Tc

3.13.1. 흡수선량: ^{99m}Tc 표지 비흡수성 표지물

액체 형태의 경구투여

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	2.5E-03	3.3E-03	5.5E-03	8.9E-03	1.5E-02
Bladder	6.9E-03	9.1E-03	1.4E-02	2.2E-02	3.5E-02
Bone surfaces	4.2E-03	5.2E-03	7.4E-03	1.1E-02	2.1E-02
Brain	1.8E-06	3.4E-06	1.2E-05	4.0E-05	1.0E-04
Breast	2.8E-04	4.2E-04	9.4E-04	2.0E-03	3.8E-03
Gall bladder	1.4E-02	1.8E-02	3.0E-02	4.3E-02	7.1E-02
GI-tract					
Stomach	2.2E-02	2.9E-02	4.1E-02	6.6E-02	1.2E-01
SI	6.0E-02	7.6E-02	1.2E-01	1.9E-01	3.5E-01
Colon	1.0E-01	1.3E-01	2.2E-01	3.5E-01	6.6E-01
(ULI	1.2E-01	1.5E-01	2.5E-01	4.0E-01	7.5E-01)
(LLI	8.3E-02	1.1E-01	1.8E-01	2.9E-01	5.4E-01)
Heart	1.0E-03	1.4E-03	2.5E-03	4.3E-03	8.6E-03
Kidneys	5.5E-03	6.7E-03	1.0E-02	1.5E-02	2.3E-02
Liver	3.7E-03	4.8E-03	9.3E-03	1.5E-02	2.7E-02
Lungs	5.7E-04	9.1E-04	1.6E-03	2.9E-03	5.7E-03
Muscles	3.2E-03	4.0E-03	6.0E-03	9.0E-03	1.5E-02
Oesophagus	1.9E-04	3.0E-04	5.0E-04	1.2E-03	2.6E-03
Ovaries	2.5E-02	3.2E-02	4.8E-02	6.8E-02	1.1E-01
Pancreas	5.9E-03	7.9E-03	1.2E-02	1.8E-02	3.1E-02
Red marrow	4.7E-03	5.7E-03	7.5E-03	9.2E-03	1.1E-02
Skin	9.3E-04	1.1E-03	1.7E-03	2.9E-03	5.4E-03
Spleen	4.0E-03	5.0E-03	7.8E-03	1.2E-02	2.0E-02
Testes	1.3E-03	2.0E-03	3.8E-03	6.5E-03	1.2E-02
Thymus	1.9E-04	3.0E-04	5.0E-04	1.2E-03	2.6E-03
Thyroid	2.0E-05	4.8E-05	1.5E-04	3.0E-04	1.2E-03
Uterus	1.6E-02	2.0E-02	3.1E-02	4.7E-02	7.6E-02
Remaining organs	5.2E-03	7.2E-03	1.1E-02	2.0E-02	3.0E-02
Effective dose (mSv/MBq)	1.9E-02	2.5E-02	3.9E-02	6.2E-02	1.1E-01

3.13.2. 흡수선량: ^{99m}Tc 표지 비흡수성 표지물

고체 형태의 경구투여

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	3.6E-03	4.7E-03	7.4E-03	1.2E-02	2.0E-02
Bladder	7.0E-03	9.2E-03	1.5E-02	2.2E-02	3.6E-02
Bone surfaces	4.6E-03	5.8E-03	8.2E-03	1.2E-02	2.3E-02
Brain	3.6E-06	6.1E-06	1.9E-05	5.6E-05	1.4E-04
Breast	5.3E-04	7.3E-04	1.5E-03	3.0E-03	5.5E-03
Gall bladder	1.5E-02	2.0E-02	3.5E-02	4.9E-02	8.1E-02
GI-tract					
Stomach	5.9E-02	7.7E-02	1.1E-01	1.7E-01	3.3E-01
SI	6.1E-02	7.7E-02	1.3E-01	2.0E-01	3.6E-01
Colon	1.0E-01	1.3E-01	2.2E-01	3.5E-01	6.6E-01
(ULI	1.2E-01	1.5E-01	2.5E-01	4.0E-01	7.5E-01)
(LLI	8.3E-02	1.1E-01	1.8E-01	2.9E-01	4.5E-01)
Heart	2.0E-03	2.8E-03	4.5E-03	7.2E-03	1.4E-02
Kidneys	6.6E-03	8.0E-03	1.2E-02	1.7E-02	2.7E-02
Liver	4.3E-03	5.7E-03	1.1E-02	1.8E-02	3.2E-02
Lungs	1.0E-03	1.5E-03	2.5E-03	4.3E-03	8.3E-03
Muscles	3.7E-03	4.6E-03	6.7E-03	1.0E-02	1.7E-02
Oesophagus	3.4E-04	5.2E-04	8.6E-04	1.8E-03	3.7E-03
Ovaries	2.6E-02	3.2E-02	4.8E-02	6.9E-02	1.1E-01
Pancreas	1.1E-02	1.4E-02	2.1E-02	2.9E-02	4.8E-02
Red marrow	5.0E-03	6.0E-03	8.0E-03	9.8E-03	1.2E-02
Skin	1.1E-03	1.3E-03	2.0E-03	3.3E-03	6.2E-03
Spleen	7.3E-03	8.7E-03	1.3E-02	1.8E-02	2.9E-02
Testes	1.3E-03	2.0E-03	3.9E-03	6.6E-03	1.3E-02
Thymus	3.4E-04	5.2E-04	8.6E-04	1.8E-03	3.7E-03
Thyroid	3.1E-05	7.9E-05	2.1E-04	4.7E-04	1.6E-03
Uterus	1.6E-02	2.0E-02	3.2E-02	4.9E-02	7.8E-02
Remaining organs	5.6E-03	7.8E-03	1.2E-02	2.1E-02	3.1E-02
Effective dose (mSv/MBq)	2.4E-02	3.1E-02	4.8E-02	7.6E-02	1.4E-01

3.14. Pertechnetate: ^{99m}Tc

3.14.1. 흡수선량: Pertechnetate

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	3.7E-03	4.7E-03	7.2E-03	1.1E-02	1.9E-02
Bladder	1.8E-02	2.3E-02	3.0E-02	3.3E-02	6.0E-02
Bone surfaces	5.4E-03	6.6E-03	9.7E-03	1.4E-02	2.6E-02
Brain	2.0E-03	2.5E-03	4.1E-03	6.6E-03	1.2E-02
Breast	1.8E-03	2.3E-03	3.4E-03	5.6E-03	1.1E-02
Gall bladder	7.4E-03	9.9E-03	1.6E-02	2.3E-02	3.5E-02
GI-tract					
Stomach	2.6E-02	3.4E-02	4.8E-02	7.8E-02	1.6E-01
SI	1.6E-02	2.0E-02	3.1E-02	4.7E-02	8.2E-02
Colon	4.2E-02	5.4E-02	8.8E-02	1.4E-01	2.7E-01
(ULI	5.7E-02	7.3E-02	1.2E-01	2.0E-01	3.8E-01)
(LLI	2.1E-02	2.8E-02	4.5E-02	7.2E-02	1.3E-01)
Heart	3.1E-03	4.0E-03	6.1E-03	9.2E-03	1.7E-02
Kidneys	5.0E-03	6.0E-03	8.7E-03	1.3E-02	2.1E-02
Liver	3.8E-03	4.8E-03	8.1E-03	1.3E-02	2.2E-02
Lungs	2.6E-03	3.4E-03	5.1E-03	7.9E-03	1.4E-02
Muscles	3.2E-03	4.0E-03	6.0E-03	9.0E-03	1.6E-02
Oesophagus	2.4E-03	3.2E-03	4.7E-03	7.5E-03	1.4E-02
Ovaries	1.0E-02	1.3E-02	1.8E-02	2.6E-02	4.5E-02
Pancreas	5.6E-03	7.3E-03	1.1E-02	1.6E-02	2.7E-02
Red marrow	3.6E-03	4.5E-03	6.6E-03	9.0E-03	1.5E-02
Salivary glands	9.3E-03	1.2E-02	1.7E-02	2.4E-02	3.9E-02
Skin	1.8E-03	2.2E-03	3.5E-03	5.6E-03	1.0E-02
Spleen	4.3E-03	5.4E-03	8.1E-03	1.2E-02	2.1E-02
Testes	2.8E-03	3.7E-03	5.8E-03	8.7E-03	1.6E-02
Thymus	2.4E-03	3.2E-03	4.7E-03	7.5E-03	1.4E-02
Thyroid	2.2E-02	3.6E-02	5.5E-02	1.2E-01	2.2E-01
Uterus	8.1E-03	1.0E-02	1.5E-02	2.2E-02	3.7E-02
Remaining organs	3.5E-03	4.3E-03	6.4E-03	9.6E-03	1.7E-02
Effective dose (mSv/MBq)	1.3E-02	1.7E-02	2.6E-02	4.2E-02	7.9E-02

3.14.2. 흡수선량: Pertechnetate

차단제 주어진 경우

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	2.9E-03	3.7E-03	5.6E-03	8.6E-03	1.6E-02
Bladder	3.0E-02	3.8E-02	4.8E-02	5.0E-02	9.1E-02
Bone surfaces	4.4E-03	5.4E-03	8.1E-03	1.2E-02	2.2E-02
Brain	2.0E-03	2.6E-03	4.2E-03	7.1E-03	1.2E-02
Breast	1.7E-03	2.2E-03	3.2E-03	5.2E-03	1.0E-02
Gall bladder	3.0E-03	4.2E-03	7.0E-03	1.0E-02	1.3E-02
GI-tract					
Stomach	2.7E-03	3.6E-03	5.9E-03	8.6E-03	1.5E-02
SI	3.5E-03	4.4E-03	6.7E-03	1.0E-02	1.8E-02
Colon	3.6E-03	4.8E-03	7.1E-03	1.0E-02	1.8E-02
(ULI)	3.2E-03	4.3E-03	6.4E-03	1.0E-02	1.7E-02)
(LLI)	4.2E-03	5.4E-03	8.1E-03	1.1E-02	1.9E-02)
Heart	2.7E-03	3.4E-03	5.2E-03	8.1E-03	1.4E-02
Kidneys	4.4E-03	5.4E-03	7.7E-03	1.1E-02	1.9E-02
Liver	2.6E-03	3.4E-03	5.3E-03	8.2E-03	1.5E-02
Lungs	2.3E-03	3.1E-03	4.6E-03	7.4E-03	1.3E-02
Muscles	2.5E-03	3.1E-03	4.7E-03	7.2E-03	1.3E-02
Oesophagus	2.4E-03	3.1E-03	4.6E-03	7.5E-03	1.4E-02
Ovaries	4.3E-03	5.4E-03	7.8E-03	1.1E-02	1.9E-02
Pancreas	3.0E-03	3.9E-03	5.9E-03	9.3E-03	1.6E-02
Red marrow	2.5E-03	3.2E-03	4.9E-03	7.2E-03	1.3E-02
Skin	1.6E-03	2.0E-03	3.2E-03	5.2E-03	9.7E-03
Spleen	2.6E-03	3.4E-03	5.4E-03	8.3E-03	1.5E-02
Testes	3.0E-03	4.0E-03	6.0E-03	8.7E-03	1.6E-02
Thymus	2.4E-03	3.1E-03	4.6E-03	7.5E-03	1.4E-02
Thyroid	2.4E-03	3.1E-03	5.0E-03	8.4E-03	1.5E-02
Uterus	6.0E-03	7.3E-03	1.1E-02	1.4E-02	2.3E-02
Remaining organs	2.5E-03	3.1E-03	4.8E-03	7.3E-03	1.3E-02
Effective dose (mSv/MBq)	4.2E-03	5.4E-03	7.7E-03	1.1E-02	1.9E-02

3.15. Tc 표지 인산염



3.15.1. 흡수선량: ^{99m}Tc 표지 인산염

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	2.1E-03	2.7E-03	3.9E-03	5.8E-03	1.1E-02
Bladder	4.8E-02	6.0E-02	8.8E-02	7.3E-02	1.3E-01
Bone surfaces	6.3E-02	8.2E-02	1.3E-01	2.2E-01	5.3E-01
Brain	1.7E-03	2.1E-03	2.8E-03	4.3E-03	6.1E-03
Breast	7.1E-04	8.9E-04	1.4E-03	2.2E-03	4.2E-03
Gall bladder	1.4E-03	1.9E-03	3.5E-03	4.2E-03	6.7E-03
GI-tract					
Stomach	1.2E-03	1.5E-03	2.5E-03	3.5E-03	6.6E-03
SI	2.3E-03	2.9E-03	4.4E-03	5.3E-03	9.5E-03
Colon	2.7E-03	3.4E-03	5.3E-03	6.1E-03	1.1E-02
(ULI	1.9E-03	2.4E-03	3.9E-03	5.1E-03	8.9E-03)
(LLI	3.8E-03	4.7E-03	7.2E-03	7.5E-03	1.3E-02)
Heart	1.2E-03	1.6E-03	2.3E-03	3.4E-03	6.0E-03
Kidneys	7.3E-03	8.8E-03	1.2E-02	1.8E-02	3.2E-02
Liver	1.2E-03	1.6E-03	2.5E-03	3.6E-03	6.6E-03
Lungs	1.3E-03	1.6E-03	2.4E-03	3.6E-03	6.8E-03
Muscles	1.9E-03	2.3E-03	3.4E-03	4.4E-03	7.9E-03
Oesophagus	1.0E-03	1.3E-03	1.9E-03	3.0E-03	5.3E-03
Ovaries	3.6E-03	4.6E-03	6.6E-03	7.0E-03	1.2E-02
Pancreas	1.6E-03	2.0E-03	3.1E-03	4.5E-03	8.2E-03
Red marrow	9.2E-03	1.0E-02	1.7E-02	3.3E-02	6.7E-02
Skin	1.0E-03	1.3E-03	2.0E-03	2.9E-03	5.5E-03
Spleen	1.4E-03	1.8E-03	2.8E-03	4.5E-03	7.9E-03
Testes	2.4E-03	3.3E-03	5.5E-03	5.8E-03	1.1E-02
Thymus	1.0E-03	1.3E-03	1.9E-03	3.0E-03	5.3E-03
Thyroid	1.3E-03	1.6E-03	2.3E-03	3.5E-03	5.6E-03
Uterus	6.3E-03	7.6E-03	1.2E-02	1.1E-02	1.8E-02
Remaining organs	1.9E-03	2.3E-03	3.4E-03	4.5E-03	7.9E-03
Effective dose (mSv/MBq)	5.7E-03	7.0E-03	1.1E-02	1.4E-02	2.7E-02

3.16. Hippuran: ^{123}I , ^{131}I

3.16.1. 흡수선량: ^{123}I Hippuran

^{123}I 13.2 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	8.3E-04	1.1E-03	1.7E-03	2.6E-03	5.0E-03
Bladder	1.9E-01	2.4E-01	3.0E-01	2.8E-01	5.1E-01
Bone surfaces	1.8E-03	2.3E-03	3.3E-03	4.1E-03	8.1E-03
Brain	3.8E-04	4.8E-04	7.9E-04	1.3E-03	2.3E-03
Breast	3.4E-04	4.4E-04	6.7E-04	1.1E-03	2.1E-03
Gall bladder	1.0E-03	1.5E-03	2.8E-03	2.9E-03	4.8E-03
GI-tract					
Stomach	7.8E-04	9.7E-04	1.7E-03	2.3E-03	4.5E-03
SI	3.1E-03	4.0E-03	5.7E-03	6.4E-03	1.2E-02
Colon	4.7E-03	6.0E-03	8.3E-03	8.3E-03	1.5E-02
(ULI	2.4E-03	3.2E-03	4.7E-03	5.5E-03	9.8E-03)
(LLI	7.7E-03	9.7E-03	1.3E-02	1.2E-02	2.1E-02)
Heart	5.2E-04	6.7E-04	1.1E-03	1.6E-03	3.1E-03
Kidneys	6.2E-03	7.5E-03	1.0E-02	1.5E-02	2.6E-02
Liver	6.9E-04	8.9E-04	1.5E-03	2.2E-03	4.1E-03
Lungs	4.6E-04	6.2E-04	9.6E-04	1.5E-03	2.9E-03
Muscles	2.1E-03	2.6E-03	3.5E-03	3.9E-03	7.1E-03
Oesophagus	4.4E-04	5.7E-04	8.9E-04	1.4E-03	2.6E-03
Ovaries	6.9E-03	9.0E-03	1.2E-02	1.2E-02	2.1E-02
Pancreas	8.2E-04	1.0E-03	1.8E-03	2.6E-03	4.8E-03
Red marrow	1.3E-03	1.7E-03	2.3E-03	2.4E-03	3.8E-03
Skin	7.9E-04	9.6E-04	1.4E-03	1.8E-03	3.4E-03
Spleen	7.8E-04	1.0E-03	1.6E-03	2.4E-03	4.6E-03
Testes	4.8E-03	7.1E-03	1.2E-02	1.2E-02	2.4E-02
Thymus	4.4E-04	5.7E-04	8.9E-04	1.4E-03	2.6E-03
Thyroid	4.4E-04	5.6E-04	9.1E-04	1.5E-03	2.8E-03
Uterus	1.7E-02	2.1E-02	2.9E-02	2.8E-02	5.0E-02
Remaining organs	2.1E-03	2.7E-03	3.3E-03	3.5E-03	6.0E-03
Effective dose (mSv/MBq)	1.2E-02	1.5E-02	1.9E-02	1.9E-02	3.4E-02

방광 벽의 유효선량 기여분은 77%에 이른다.

투약 후 1시간 혹은 30분 경과에서 방광을 비운 경우의 유효선량:

1 hour	4.6E-03	5.9E-03	8.3E-03	1.1E-02	1.9E-02
30 min	5.9E-03	7.6E-03	9.9E-03	1.1E-02	1.9E-02

3.16.2. 흡수선량: ¹³¹I Hippuran

¹³¹I 8.04 days

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	2.5E-03	3.2E-03	5.0E-03	7.7E-03	1.5E-02
Bladder	9.2E-01	1.2E+00	1.5E+00	1.4E+00	2.7E+00
Bone surfaces	3.5E-03	4.4E-03	6.1E-03	7.7E-03	1.5E-02
Brain	1.3E-03	1.7E-03	2.8E-03	4.7E-03	9.0E-03
Breast	1.3E-03	1.8E-03	2.9E-03	4.6E-03	9.3E-03
Gall bladder	3.1E-03	4.2E-03	7.0E-03	8.4E-03	1.5E-02
GI-tract					
Stomach	2.4E-03	3.0E-03	5.0E-03	7.1E-03	1.4E-02
SI	7.7E-03	1.0E-02	1.4E-02	1.6E-02	2.8E-02
Colon	1.1E-02	1.4E-02	1.8E-02	2.0E-02	3.2E-02
(ULI	6.2E-03	8.4E-03	1.2E-02	1.4E-02	2.4E-02)
(LLI	1.8E-02	2.2E-02	2.7E-02	2.7E-02	4.3E-02)
Heart	1.7E-03	2.2E-03	3.6E-03	5.6E-03	1.1E-02
Kidneys	3.1E-02	3.7E-02	5.2E-02	7.7E-02	1.4E-01
Liver	2.2E-03	2.8E-03	4.7E-03	7.1E-03	1.3E-02
Lungs	1.5E-03	2.1E-03	3.3E-03	5.2E-03	1.0E-02
Muscles	5.3E-03	6.5E-03	8.8E-03	1.0E-02	1.8E-02
Oesophagus	1.5E-03	2.0E-03	3.2E-03	5.1E-03	9.9E-03
Ovaries	1.6E-02	2.1E-02	2.6E-02	2.5E-02	4.3E-02
Pancreas	2.5E-03	3.1E-03	5.3E-03	7.7E-03	1.5E-02
Red marrow	4.0E-03	5.2E-03	6.9E-03	7.7E-03	1.3E-02
Skin	2.5E-03	3.1E-03	4.6E-03	6.3E-03	1.2E-02
Spleen	2.4E-03	3.1E-03	4.9E-03	7.2E-03	1.4E-02
Testes	1.2E-02	1.7E-02	2.7E-02	2.7E-02	4.9E-02
Thymus	1.5E-03	2.0E-03	3.2E-03	5.1E-03	9.9E-03
Thyroid	1.4E-03	1.9E-03	3.1E-03	5.2E-03	1.0E-02
Uterus	3.6E-02	4.3E-02	5.6E-02	5.4E-02	9.1E-02
Remaining organs	5.4E-03	6.7E-03	8.9E-03	1.0E-02	1.8E-02
Effective dose (mSv/MBq)	5.2E-02	6.7E-02	8.6E-02	8.3E-02	1.6E-01

방광 벽의 유효선량 기여분은 77%에 이른다.

투약 후 1시간 혹은 30분 경과에서 방광을 비운 경우의 유효선량:

1 hour	2.0E-02	2.6E-02	3.6E-02	4.7E-02	8.9E-02
30 min	2.6E-02	3.4E-02	4.5E-02	4.7E-02	9.0E-02

3.17. Metaiodobenzylguanidine (MIBG): ¹²³I

3.17.1. 흡수선량: ¹²³I MIBG

¹²³I 13.2 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	1.7E-02	2.2E-02	3.2E-02	4.5E-02	7.1E-02
Bladder	4.8E-02	6.1E-02	7.8E-02	8.4E-02	1.5E-01
Bone surfaces	1.1E-02	1.4E-02	2.2E-02	3.4E-02	6.8E-02
Brain	4.7E-03	6.0E-03	9.9E-03	1.6E-02	2.9E-02
Breast	5.3E-03	6.8E-03	1.1E-02	1.7E-02	3.2E-02
Gall bladder	2.1E-02	2.5E-02	3.6E-02	5.4E-02	1.0E-01
GI-tract					
Stomach	8.4E-03	1.1E-02	1.9E-02	3.0E-02	5.6E-02
SI	8.4E-03	1.1E-02	1.8E-02	2.8E-02	5.1E-02
Colon	8.6E-03	1.1E-02	1.8E-02	2.9E-02	5.2E-02
(ULI	9.1E-03	1.2E-02	2.0E-02	3.3E-02	5.8E-02)
(LLI	7.9E-03	1.0E-02	1.6E-02	2.3E-02	4.3E-02)
Heart	1.8E-02	2.4E-02	3.6E-02	5.5E-02	9.7E-02
Kidneys	1.4E-02	1.7E-02	2.5E-02	3.6E-02	6.1E-02
Liver	6.7E-02	8.7E-02	1.3E-01	1.8E-01	3.3E-01
Lungs	1.6E-02	2.3E-02	3.3E-02	4.9E-02	9.2E-02
Muscles	6.6E-03	8.4E-03	1.3E-02	2.0E-02	3.7E-02
Oesophagus	6.8E-03	8.8E-03	1.3E-02	2.1E-02	3.7E-02
Ovaries	8.2E-03	1.1E-02	1.6E-02	2.5E-02	4.6E-02
Pancreas	1.3E-02	1.7E-02	2.6E-02	4.2E-02	7.4E-02
Red marrow	6.4E-03	7.9E-03	1.2E-02	1.8E-02	3.2E-02
Skin	4.2E-03	5.1E-03	8.2E-03	1.3E-02	2.5E-02
Spleen	2.0E-02	2.8E-02	4.3E-02	6.6E-02	1.2E-01
Testes	5.7E-03	7.5E-03	1.2E-02	1.8E-02	3.3E-02
Thymus	6.8E-03	8.8E-03	1.3E-02	2.1E-02	3.7E-02
Thyroid	5.6E-03	7.3E-03	1.2E-02	1.9E-02	3.6E-02
Uterus	1.0E-02	1.3E-02	2.0E-02	2.9E-02	5.3E-02
Remaining organs	6.7E-03	8.5E-03	1.3E-02	2.0E-02	3.7E-02
Effective dose (mSv/MBq)	1.3E-02	1.7E-02	2.6E-02	3.7E-02	6.8E-02

3.18. Iodomethyl-19-norcholesterol(NP59): ¹³¹I

3.18.1. 흡수선량: ¹³¹I-methyl-19-norcholesterol (NP59)

¹³¹I 8.04 days

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	3.5E+00	5.3E+00	7.7E+00	1.1E+01	1.6E+01
Bladder	3.8E-01	4.7E-01	7.4E-01	1.2E+00	2.2E+00
Bone surfaces	4.0E-01	5.0E-01	7.8E-01	1.2E+00	2.4E+00
Brain	3.2E-01	4.1E-01	6.8E-01	1.1E+00	2.1E+00
Breast	3.1E-01	3.9E-01	6.3E-01	1.0E+00	2.0E+00
Gall bladder	4.7E-01	5.8E-01	9.1E-01	1.4E+00	2.5E+00
GI-tract					
Stomach	3.9E-01	4.8E-01	7.7E-01	1.2E+00	2.3E+00
SI	4.0E-01	5.1E-01	8.1E-01	1.3E+00	2.5E+00
Colon	4.0E-01	4.9E-01	7.9E-01	1.3E+00	2.4E+00
(ULI	4.0E-01	5.0E-01	8.0E-01	1.3E+00	2.4E+00)
(LLI	3.9E-01	4.7E-01	7.7E-01	1.2E+00	2.3E+00)
Heart	3.9E-01	5.0E-01	8.1E-01	1.3E+00	2.4E+00
Kidneys	3.9E-01	5.0E-01	7.8E-01	1.3E+00	2.4E+00
Liver	1.1E+00	1.5E+00	2.3E+00	3.4E+00	6.5E+00
Lungs	3.6E-01	4.7E-01	7.4E-01	1.2E+00	2.3E+00
Muscles	3.5E-01	4.4E-01	7.1E-01	1.1E+00	2.2E+00
Oesophagus	3.6E-01	4.7E-01	7.5E-01	1.2E+00	2.4E+00
Ovaries	4.0E-01	5.0E-01	8.0E-01	1.3E+00	2.4E+00
Pancreas	4.3E-01	5.5E-01	8.7E-01	1.4E+00	2.6E+00
Red marrow	3.7E-01	4.6E-01	7.2E-01	1.1E+00	2.2E+00
Skin	2.9E-01	3.7E-01	6.0E-01	9.9E-01	1.9E+00
Spleen	3.7E-01	4.8E-01	7.6E-01	1.2E+00	2.3E+00
Testes	3.3E-01	4.2E-01	6.7E-01	1.1E+00	2.1E+00
Thymus	3.6E-01	4.7E-01	7.5E-01	1.2E+00	2.4E+00
Thyroid	2.9E+01	4.7E+01	7.3E+01	1.7E+02	3.2E+02
Uterus	4.0E-01	5.0E-01	8.1E-01	1.3E+00	2.4E+00
Remaining organs	3.5E-01	4.4E-01	7.2E-01	1.2E+00	2.2E+00
Effective dose (mSv/MBq)	1.8E+00	2.9E+00	4.4E+00	9.6E+00	1.8E+01

3.19. Tl 이온: ^{201}Tl

3.19.1. 흡수선량: Tl 이온

^{201}Tl 3.05 days

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	5.7E-02	7.1E-02	1.1E-01	1.5E-01	2.7E-01
Bladder	4.0E-02	5.4E-02	7.9E-02	1.2E-01	2.3E-01
Bone surfaces	3.4E-01	4.4E-01	7.2E-01	1.2E+00	2.9E+00
Brain	2.2E-02	2.5E-02	3.8E-02	5.6E-02	1.1E-01
Breast	2.4E-02	2.8E-02	4.5E-02	6.9E-02	1.3E-01
Gall bladder	6.5E-02	8.1E-02	1.3E-01	1.9E-01	3.1E-01
GI-tract					
Stomach	9.9E-02	1.3E-01	1.9E-01	3.1E-01	6.5E-01
SI	1.4E-01	1.8E-01	3.0E-01	4.9E-01	9.2E-01
Colon	2.3E-01	3.0E-01	5.1E-01	8.6E-01	1.6E+00
(ULI	1.7E-01	2.2E-01	3.7E-01	6.0E-01	1.1E+00)
(LLI	3.2E-01	4.1E-01	7.0E-01	1.2E+00	2.3E+00)
Heart	2.0E-01	2.6E-01	3.9E-01	6.2E-01	1.1E+00
Kidneys	4.8E-01	5.8E-01	8.2E-01	1.2E+00	2.2E+00
Liver	1.5E-01	2.0E-01	3.1E-01	4.5E-01	8.4E-01
Lungs	1.1E-01	1.6E-01	2.3E-01	3.6E-01	6.9E-01
Muscles	5.2E-02	8.2E-02	1.6E-01	4.5E-01	7.6E-01
Oesophagus	3.6E-02	4.3E-02	6.2E-02	9.3E-02	1.7E-01
Ovaries	7.3E-01	6.2E-01	2.0E+00	3.5E+00	8.3E+00
Pancreas	5.7E-02	7.1E-02	1.1E-01	1.6E-01	2.8E-01
Red marrow	1.6E-01	1.7E-01	2.8E-01	5.3E-01	1.1E+00
Skin	2.2E-02	2.5E-02	3.9E-02	6.0E-02	1.1E-01
Spleen	1.2E-01	1.7E-01	2.6E-01	4.1E-01	7.4E-01
Testes	4.5E-01	1.1E+00	8.3E+00	9.6E+00	1.3E+01
Thymus	3.6E-02	4.3E-02	6.2E-02	9.3E-02	1.7E-01
Thyroid	2.2E-01	3.5E-01	5.4E-01	1.2E+00	2.3E+00
Uterus	5.1E-02	6.3E-02	1.0E-01	1.5E-01	2.7E-01
Remaining organs	5.8E-02	8.9E-02	1.6E-01	3.4E-01	5.5E-01
Effective dose (mSv/MBq)	2.2E-01	3.0E-01	1.2E+00	1.7E+00	2.8E+00

4. ICRP 간행물 53 추록1의 생체역동학 및 선량 데이터의 재인쇄

4.1. 추록1의 개정판에 대한 개론

(49) 이 간행물의 완성도를 높이고 더 유용하게 하기 위하여, 간행물 53의 추록 1(ICRP, 1991)에 제시된 선량 정보를 재인쇄하였다. 인쇄오류를 수정하였고, 간행물 67(ICRP, 1993)에 주어진 '결장'의 정의를 이용하여 산출한 결장의 평균 흡수선량을 추가하였다. 따라서 간행물 53의 추록 1을 이 보고서로 대체해야 한다.

(50) ^{99m}Tc MAG3의 경우, 신장기능이 정상인 경우를 가정하였고, (48)항에 기술했던 특수한 경우의 방광 비움에 대한 유효선량은 별도의 각주를 달았다.

4.1.1. 추록 1의 개정판에 대한 개론의 참고문헌

ICRP, 1991. Addendum 1 to Publication 53, Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. In: Radiological Protection in Biomedical Research. ICRP Publication 62, *Annals of the ICRP* 22 (3).

ICRP, 1993. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 2, ICRP Publication 67, *Annals of the ICRP* 23 (3-4).

4.2. 트리튬 표지 중성지방과 자유지방산: ^3H

4.2.1. 생체역동학 모델

(51) 경구 투여된 지방은 소화관에서 신속하게 완전 흡수된다. 3~4시간 이내에 모든 방사능은 림프계를 거쳐서 혈액에 도달한다. 지방은 간에 과도적으로 흡수되어 화학적 변화를 거친 뒤, 피하조직, 황색골수, 복강의 대부분을 차지하는 지방조직과 근육으로 이동한다. 나머지 장기와 조직은 소량의 방사능을 받는다. 지방은 베타산화에 의한 대사를 거쳐 최종산물인 물과 이산화탄소가 된다. 전환율은 영양상태 특히 탄수화물 공급에 많은 영향을 받는다.

(52) Pedersen과 Marqversen(1981)은 5명의 건강한 사람을 대상으로 표지된 중성 지방이 함유된 시험식을 섭취하고 8시간이 지난 뒤 이들의 날숨에 있는 $^{14}\text{CO}_2$ 를 측정하였다. 6시간 이후부터는 음식을 제한하지 않았다. 하루 경과 후 섭취한 지방의 15~33%, 그리고 10일 내에 25~40%가 대사작용을 거쳤다. 나머지는 계산된 반감시간인 304~493일보다 훨씬 긴 시간동안 잔류하였다. Malmendier 등(1974)은 4명의 금식중인 정상 환자에게 ^{14}C 가 표지된 팔미트산 palmitic acid을 투여하여, 24시간 동안 날숨을 측정하였다. Malmendier 등은 45%의 지방산이 곧바로 CO_2 로 산화되는 것을 발견하였다. 동시에 탄수화물이 검출되지 않았는데, 이는 Pedersen과 Marqversen(1981)의 연구결과보다 더 빠르고 더 높은 비율로 대사가 일어남을 의미한다. Hirsch 등(1960)은 중성지방이 전환되어 지방조직에 결합되는 과정을 연구하여, 반감시간이 750일에 이른다는 것을 밝혀냈다.

(53) 여기서 채택한 모델은 지방을 포함한 가지 없는 긴 체인(13~18개의 탄소 원자)의 지방 분자에 ^{14}C 또는 ^3H 가 표지되어 경구 혹은 정맥을 통해 주입된 경우에 대한 것이다. 신속하고 완전하게 흡수되는 것으로 가정하였다. 간에서 과도적으로 흡수된 후, 방사능은 지방조직(85%), 근육(10%), 그리고 간행물 23(ICRP, 1975)에서 제시한 각 장기 및 조직 별 지방 함유량에 따라 나머지 장기 및 조직(5%)에 축적된다. 적절한 탄수화물 공급을 가정할 때, 30%는 신속하게 대사되고($T_{1/2}=2$ 일) 70%는 장시간 잔류 한다($T_{1/2}=400$ 일). 체지방 내 $^3\text{H}(^{14}\text{C})$ 의 장시간 잔류성분으로 가정된 400일의 반감시간은 간행물 30(ICRP, 1979)과 간행물 56(ICRP, 1989)에 제시한 전신 수소(탄소)의 총체적 반감시간 40일보다 길다. 이와 같은 장수명 성분은 방사성의약품으로 투여한 표지된 지방의 단일 투여량 부여 이후 표지된 체지방 분율만을 나타내며, 전신의 탄소저류에서 작은 부분을 차지할 것이다.

(54) 이 모델은 성인에게만 해당한다. 아동의 대사작용은 성인과 상당히 달라 예를 들어 신경계와 같은 일부 조직에서는 더 긴 반감기를 가질 것이다.

4.2.2. ^3H 표지 중성지방과 자유 지방산의 참고문헌

Hirsch, J., Farquhar, J.W., Ahrens, J.E.H. et al., 1960. Studies of adipose tissue in man, *J. Clin. Nutr.* 8, 499-510.

Malmendier, C.L., Delcroix, C., Berman, M., 1974. Interrelations in oxidative metabolism of free fatty acids, glucose and glycerol in normal and hyperlipemic patients. A compartmental model, *J. Clin. Invest.* 54, 327-476.

- Pedersen, N.T., Marqversen, J., 1981. Metabolism of ingested ^{14}C -triolein. Estimation of radiation dose in tests of lipid assimilation using ^{14}C - and ^3H -labelled fatty acids, *Eur. J. Nucl. Med.* 6, 327-329.
- ICRP, 1975. *Report of the Task Group on Reference Man*. ICRP Publication 23, Pergamon Press, Oxford.
- ICRP, 1979. Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, Part 1, ICRP Publication 30, *Annals of the ICRP* 2 (3-4).
- ICRP, 1989. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides, Part 1, ICRP Publication 56, *Annals of the ICRP* 20 (2).

4.2.3. 생체역동학 데이터

Organ (S)	F_s	$T_{1/2}$	a	\bar{A}_s/A_o
Adipose tissue	0.85	2 days 400 days	0.30 0.70	316 days
Muscle	0.10	2 days	1.0	6.90 h
Other organs and tissues	0.05	400 days	1.0	26.5 days
Adrenals	0.0002			2.54 h
Breast	0.0006			7.62 h
Stomach	0.0005			6.35 h
SI	0.0022			1.16 days
ULI	0.0007			8.90 h
LLI	0.0005			6.35 h
Heart	0.0018			22.9 h
Kidneys	0.0009			11.4 h
Liver	0.0064			3.39 days
Lungs	0.0005			6.35 h
Ovaries	0.00001			7.80 min
Pancreas	0.0004			5.08 h
Red marrow	0.0322			17.0 days
Bone (cort.)	0.0020			1.11 days
Bone (trab.)	0.0005			6.35 h
Spleen	0.0002			2.54 h
Testes	0.0001			1.27 h
Thyroid	0.0001			1.27 h

4.2.4. 흡수선량: ^3H 표지 중성지방과 자유 지방산

^3H 12.35 years

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)
Adrenals	5.1E-01
Bone surfaces	6.1E-01
Breast	6.9E-02
GI-tract	
Stomach	1.3E-01
SI	1.1E-01
Colon	1.3E-01
(ULI	1.3E-01)
(LLI	1.3E-01)
Heart	2.4E-01
Kidneys	1.3E-01
Liver	1.4E-01
Lungs	2.1E-02
Muscles	4.4E-04
Ovaries	4.9E-02
Pancreas	1.8E-01
Red marrow	1.2E+00
Spleen	4.6E-02
Testes	1.1E-01
Thyroid	2.0E-01
Remaining organs	2.0E-03
Effective dose (mSv/MBq)	2.2E-01

4.3. C-14 표지 중성지방과 자유지방산: ¹⁴C

4.3.1. 생체역동학 모델

(55) ³H 표지 지방산과 동일한 모델을 사용하였다.

4.3.2. ¹⁴C 표지 지방산의 참고문헌

Hirsch, J., Farquhar, J.W., Ahrens, J.E.H. et al., 1960. Studies of adipose tissue in man, *J. Clin. Nutr.* 8, 499-510.

Malmendier, C.L., Delcroix, C., Berman, M., 1974. Interrelations in oxidative metabolism of free fatty acids, glucose and glycerol in normal and hyperlipemic patients. A compartmental model, *J. Clin. Invest.* 54, 327-476.

Pedersen, N.T., Marqvorsen, J., 1981. Metabolism of ingested ¹⁴C-triolein. Estimation of radiation dose in tests of lipid assimilation using ¹⁴C- and ³H-labelled fatty acids, *Eur. J. Nucl. Med.* 6, 327-329.

4.3.3. 생체역동학 데이터

Organ (S)	F_s	$T_{1/2}$	a	\tilde{A}_s/A_o
Adipose tissue	0.85	2 days 400 days	0.30 0.70	344 days
Muscle	0.10	2 days	1.0	6.92 h
Other organs and tissues	0.05	400 days	1.0	28.9 days
Adrenals	0.0002			2.77 h
Breast	0.0006			8.30 h
Stomach	0.0005			6.92 h
SI	0.0022			1.27 days
ULI	0.0007			9.69 h
LLI	0.0005			6.92 h
Heart	0.0018			1.04 days
Kidneys	0.0009			12.5 h
Liver	0.0064			3.69 days
Lungs	0.0005			6.92 h
Ovaries	0.00001			8.40 min
Pancreas	0.0004			5.54 h
Red marrow	0.0322			18.6 days
Bone (cort.)	0.0020			1.21 days
Bone (trab.)	0.0005			6.92 h
Spleen	0.0002			2.77 h
Testes	0.0001			1.38 h
Thyroid	0.0001			1.38 h

4.3.4. 흡수선량: ^{14}C 표지 중성지방과 자유 지방산

^{14}C 5730 years

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)
Adrenals	4.8E+00
Bone surfaces	5.8E+00
Breast	6.5E-01
GI-tract	
Stomach	1.2E+00
SI	1.0E+00
Colon	1.3E+00
(ULI	1.3E+00)
(LLI	1.2E+00)
Heart	2.3E+00
Kidneys	1.2E+00
Liver	1.3E+00
Lungs	2.0E-01
Muscles	3.8E-03
Ovaries	4.6E-01
Pancreas	1.7E+00
Red marrow	1.1E+01
Spleen	4.3E-01
Testes	1.0E+00
Thyroid	1.9E+00
Remaining organs	1.8E-02
Effective dose (mSv/MBq)	2.1E+00

4.4. Ga 표지 EDTA: ^{68}Ga

4.4.1. 생체역동학 모델

(56) 발생장치에서 생산되는 양전자 방출 물질인 이 약품은 PET 연구에 사용된다. 정맥 투여 이후 초기에는 세포외액에 분포하며, GFR 물질과 신장-방광 모델에 따라(각각에 대하여 간행물 53, ICRP 1987의 부록 A.6절과 A.5절을 참조하라) 배타적으로 신장계통을 통해서 배설된다. 정상 신기능을 가정할 때, 체내 잔류는 100분의 반감시간(0.99)과 7일의 반감시간(0.01)을 성분으로 하는 두 지수함수로 표현할 수 있다. 신장에 의한 배설 분율은 1.0이며 신장 경유시간은 5분이다.

4.4.2. ^{68}Ga 표지 EDTA 참고문헌

ICRP, 1987 Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals, ICRP Publication 53, *Annals of the ICRP* 18 (1-4).

4.4.3. 생체역동학 데이터

Organ (S)	F_s	$T_{1/2}$	a	\tilde{A}_s/A_o
Total body (excluding bladder contents)	1.0	1.67 h 7.0 days	0.99 0.01	58.8 min
Kidneys	1.0			1.96 min
Bladder contents				
<i>Adult and 15 years</i>	1.0			30.3 min
<i>10 years</i>				27.8 min
<i>5 years and 1 year</i>				20.8 min

4.4.4. 흡수선량: ^{68}Ga EDTA

^{68}Ga 68.06 min

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	9.4E-03	1.2E-02	2.0E-02	3.2E-02	6.2E-02
Bladder	5.9E-01	7.7E-01	1.1E+00	1.3E+00	2.4E+00
Bone surfaces	9.2E-03	1.2E-02	1.9E-02	3.0E-02	6.0E-02
Brain	7.7E-03	1.0E-02	1.7E-02	2.8E-02	5.5E-02
Breast	7.5E-03	9.8E-03	1.6E-02	2.6E-02	5.2E-02
Gall bladder	9.8E-03	1.2E-02	2.0E-02	3.1E-02	6.0E-02
GI-tract					
Stomach	9.2E-03	1.2E-02	1.9E-02	3.0E-02	5.9E-02
SI	1.2E-02	1.5E-02	2.4E-02	3.7E-02	7.0E-02
Colon	1.3E-02	1.6E-02	2.5E-02	3.8E-02	7.0E-02
(ULI	1.1E-02	1.4E-02	2.2E-02	3.5E-02	6.6E-02)
(LLI	1.5E-02	1.9E-02	2.9E-02	4.2E-02	7.5E-02)
Heart	8.7E-03	1.1E-02	1.9E-02	3.0E-02	5.8E-02
Kidneys	5.4E-02	6.5E-02	9.2E-02	1.4E-01	2.5E-01
Liver	8.9E-03	1.2E-02	1.9E-02	3.1E-02	6.0E-02
Lungs	8.2E-03	1.1E-02	1.8E-02	2.8E-02	5.6E-02
Muscles	9.7E-03	1.3E-02	2.0E-02	3.1E-02	6.1E-02
Oesophagus	8.3E-03	1.1E-02	1.8E-02	2.9E-02	5.7E-02
Ovaries	1.5E-02	2.0E-02	2.9E-02	4.2E-02	7.8E-02
Pancreas	9.6E-03	1.2E-02	2.0E-02	3.2E-02	6.3E-02
Red marrow	9.5E-03	1.2E-02	1.9E-02	3.0E-02	5.7E-02
Skin	7.8E-03	1.0E-02	1.6E-02	2.7E-02	5.3E-02
Spleen	9.2E-03	1.2E-02	1.9E-02	3.1E-02	6.1E-02
Testes	1.2E-02	1.7E-02	2.8E-02	4.0E-02	7.7E-02
Thymus	8.3E-03	1.1E-02	1.8E-02	2.9E-02	5.7E-02
Thyroid	8.2E-03	1.1E-02	1.8E-02	3.0E-02	5.8E-02
Uterus	2.3E-02	2.8E-02	4.4E-02	5.9E-02	1.1E-01
Remaining organs	9.6E-03	1.2E-02	2.0E-02	3.1E-02	6.0E-02
Effective dose (mSv/MBq)	4.0E-02	5.2E-02	7.5E-02	9.5E-02	1.8E-01

4.5. Tc 표지 HM-PAO (Ceretek): ^{99m}Tc

4.5.1. 생체역동학 모델

(57) ^{99m}Tc 가 표지된 hexamethylpropyleneamineoxine d,1 diastereoisomer (HM-PAO)는 친지질성 복합체로서, 건전한 혈뇌장벽을 빠르게 통과하여 뇌에 장기간 잔류하고, 국소대뇌혈류의 세밀한 단층영상 연구에 사용된다. 정량연구를 통해서 이 약품이 정맥을 통해 주입된 후 혈액에서 빠르게 제거되는 것을 확인하였다. 방사능의 뇌 흡수는 1분 이내에 최대 4~6%에 이르고 이후 24시간 동안 소량의 방사능이 감소한다. 전신 스캔은 또한 약품 투여 후 초기에 폐, 간, 소화관, 신장과 갑상선에 방사능이 흡수되는 것을 보여준다. 대부분의 방사능은 전신에 걸쳐 분포하며, 특히 근육과 연조직에 축적된다. 뇌를 제외한 나머지 장기 및 조직에 축적된 방사능은 수일 이내에 소변과 대변으로 배설된다. 약품 투여 후 48시간이 경과했을 때 대략 40%는 소변, 15%는 대변으로 배설된다.

(58) 생체역동학 모델에서는 뇌(0.05), 폐(0.10), 간(0.15), 소화관(0.05), 신장(0.09), 갑상선(0.008)에서 즉각적인 세포 흡수가 일어나는 것으로 가정하였다. 소화관벽 흡수(0.05)는 장기 벽의 상대적인 질량에 따라 할당되는 것으로 가정하였다. 표지된 방사성의약품의 방사능은 뇌에서 단순 지수적으로 4일의 반감시간으로 제거된다. 반면에 대부분의 장기 및 조직에서는 이중 지수적으로 제거된다. 간에 축적된 방사능은, 간행물 53(ICRP, 1987)의 부록 A.9절에 기술한 모델에 따라, 장으로 배출되며 일부는 부분적으로 쓸개를 경유하는 것으로 가정하였다.

(59) 아동의 경우, 뇌의 상대적 질량이 크기 때문에, 뇌의 흡수 비율이 성인에 비해 높다. 눈물샘에 방사능이 흡수되는 경우도 관측된 바 있다. Villanueva-Meyer 등(1990)은 138명의 성인 환자 중 15명에게서 눈물샘에 상당량의 방사능이 흡수되어, 0.014mGy/MBq의 흡수선량을 야기하는 경우를 관측하였다. 이 선량은 유효선량에는 영향을 주지 않는다.

4.5.2. ^{99m}Tc 표지 HM-PAO의 참고문헌

Costa, D.C., Ell, P.J., Cullum, I.D. et al., 1986. The in vivo distribution of ^{99m}Tc -HM-PAO in normal man, *Nucl. Med. Comm.* 7, 647-658.

ICRP, 1987. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals, ICRP Publication 53, *Annals of the ICRP* 18 (1-4).

- Sharp, P.F., Smith, F.W., Gemmel, H.G. et al., 1986. Technetium-99m HM-PAO stereoisomers as potential agents for imaging regional cerebral blood flow: Human volunteer studies, *J. Nucl. Med.* 27, 171-177.
- Soundy, R.G., Tyrrell, D.A., Pickett, R.D. et al., 1990. The radiation dosimetry of ^{99m}Tc -exametazime, *Nucl. Med. Comm.* 11, 791-799.
- Vestergren, E., Jacobsson, L., Mattsson, S. et al., 1991. Biokinetics and dosimetry of Tc-99 m HM-PAO in children. In: S-Stelsom, A., Watson, E.E. (Ed.). *Fifth International Radiopharmaceutical Dosimetry Symposium*. CONF-910529, Oak Ridge Associated Universities, Oak Ridge, TN, pp. 444-456.
- Villanueva-Meyer, J., Thompson, D., Mena, I. et al., 1990. Lachrymal gland dosimetry for the brain imaging agent technetium-99m-HMPAO, *J. Nucl. Med.* 31, 1237-1239.

4.5.3. 생체역동학 데이터

Organ (S)	F_s	$T_{1/2}$	a	\bar{A}_s/A_o
Brain		4 days	1.0	
<i>Adult</i>	0.05			24.5 min
<i>15 years</i>	0.08			39.2 min
<i>10 years</i>	0.12			58.8 min
<i>5 years</i>	0.15			1.23 h
<i>1 year and newborn</i>	0.20			1.63 h
Thyroid	0.008	1 h	0.35	2.6 min
		2 days	0.65	
Lungs	0.10	100 min	0.15	42.6 min
		3 days	0.85	
Liver	0.15	45 min	0.50	30.4 min
		12 h	0.50	
Gall bladder contents	0.05			5.9 min
GI tract				
Stomach wall	0.0065	2 h	0.15	2.8 min
		4 days	0.85	
SI wall	0.028	2 h	0.15	12.0 min
		4 days	0.85	
ULI wall	0.0091	2 h	0.15	3.9 min
		4 days	0.85	
LLI wall	0.0069	2 h	0.15	3.0 min
		4 days	0.85	
Stomach contents	0.0065			3.4 s
SI contents	0.185			14.1 min
ULI contents	0.194			18.9 min
LLI contents	0.20			9.7 min
Kidneys	0.09	24 h	1.00	38.7 min
Bladder contents	0.80			
<i>Adult</i>				29.5 min
<i>15 years</i>				28.3 min
<i>10 years</i>				22.7 min
<i>5 years</i>				14.2 min
<i>1 year and newborn</i>				13.1 min
Other organs and remaining tissues		1 h	0.35	
		2 days	0.65	
<i>Adult</i>	0.55			3.00 h
<i>15 years</i>	0.52			2.83 h
<i>10 years</i>	0.48			2.62 h
<i>5 years</i>	0.45			2.45 h
<i>1 year and newborn</i>	0.40			2.18 h

4.5.4. 흡수선량: ^{99m}Tc HM-PAO (Ceretec)

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)					
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year	Newborn
Adrenals	5.3E-03	6.7E-03	9.9E-03	1.4E-02	2.4E-02	6.6E-02
Bladder	2.3E-02	2.8E-02	3.3E-02	3.3E-02	5.6E-02	1.5E-01
Bone surfaces	5.1E-03	6.4E-03	9.4E-03	1.4E-02	2.4E-02	7.3E-02
Brain	6.8E-03	1.1E-02	1.6E-02	2.1E-02	3.7E-02	8.4E-02
Breast	2.0E-03	2.4E-03	3.7E-03	5.6E-03	9.5E-03	3.4E-02
Gall bladder	1.8E-02	2.1E-02	2.8E-02	4.8E-02	1.4E-01	3.2E-01
GI-tract						
Stomach	6.4E-03	8.5E-03	1.2E-02	1.9E-02	3.6E-02	1.4E-01
SI	1.2E-02	1.5E-02	2.4E-02	3.6E-02	6.5E-02	2.1E-01
Colon	1.7E-02	2.2E-02	3.5E-02	5.5E-02	1.0E-01	2.9E-01
(ULI	1.8E-02	2.4E-02	3.8E-02	6.0E-02	1.1E-01	3.1E-01)
(LLI	1.5E-02	1.9E-02	3.1E-02	4.8E-02	9.0E-02	2.7E-01)
Heart	3.7E-03	4.7E-03	6.7E-03	9.7E-03	1.6E-02	5.0E-02
Kidneys	3.4E-02	4.1E-02	5.7E-02	8.1E-02	1.4E-01	3.6E-01
Liver	8.6E-03	1.1E-02	1.6E-02	2.3E-02	4.0E-02	9.2E-02
Lungs	1.1E-02	1.6E-02	2.2E-02	3.4E-02	6.3E-02	1.7E-01
Muscles	2.8E-03	3.5E-03	5.0E-03	7.3E-03	1.3E-02	4.5E-02
Oesophagus	2.6E-03	3.3E-03	4.7E-03	6.9E-03	1.1E-02	4.1E-02
Ovaries	6.6E-03	8.3E-03	1.2E-02	1.7E-02	2.7E-02	8.1E-02
Pancreas	5.1E-03	6.5E-03	9.7E-03	1.4E-02	2.3E-02	6.9E-02
Red marrow	3.4E-03	4.1E-03	5.9E-03	8.0E-03	1.4E-02	4.2E-02
Skin	1.6E-03	1.9E-03	2.9E-03	4.5E-03	8.3E-03	3.2E-02
Spleen	4.3E-03	5.4E-03	8.2E-03	1.2E-02	2.0E-02	5.9E-02
Testes	2.4E-03	3.0E-03	4.4E-03	6.1E-03	1.1E-02	3.9E-02
Thymus	2.6E-03	3.3E-03	4.7E-03	6.9E-03	1.1E-02	4.1E-02
Thyroid	2.6E-02	4.2E-02	6.3E-02	1.4E-01	2.6E-01	3.7E-01
Uterus	6.6E-03	8.1E-03	1.2E-02	1.5E-02	2.5E-02	7.5E-02
Remaining organs	3.2E-03	4.0E-03	6.0E-03	9.2E-03	1.7E-02	5.3E-02
Effective dose (mSv/MBq)	9.3E-03	1.1E-02	1.7E-02	2.7E-02	4.9E-02	1.2E-01

4.6. Tc 표지 mercaptoacetyl triglycine (MAG3): ^{99m}Tc

4.6.1. 생체역동학 모델

(60) 이 약품은 신장 기능 조사에서 이미지의 질을 향상시키기 위하여, 기존에 사용되던 radioiodine-labelled Hippuran(sodium orthoiodohippurate)의 대체제로서 개발되었다.

(61) 정상적인 경우, MAG3를 정맥 투여하면 약품은 세포외액에 빠르게 분포되며, 신장-방광 모델에 따라 신장계통을 통해서 모두 배설된다. 전신 잔류량은 3중 지수함수로 표현된다(Stabin 등, 1992). 신장 경유시간은 Hippuran의 경우 4분으로 가정한다.

(62) 두 개의 신장 모두 신부전증이 있을 경우, 약품의 제거율은 정상 상태의 10분의 1 수준이 되고, 신장 경유시간은 20분으로 증가하며, 0.04의 분율만큼 간에서 흡수되는 것으로 가정한다.

(63) 한쪽 신장에 급성 신차단이 발생할 경우, 투입된 방사성의약품의 50%가 한쪽의 신장에 흡수되고 5일의 반감시간을 가지고 천천히 혈액으로 유출되는 것으로 가정한다. 결과적으로 반대편 신장을 통해 배설되는데, 이는 신장 기능이 정상인 상황을 가정한 것이다.

4.6.2. ^{99m}Tc MAG3 참고문헌

Bubeck, B., Brandau, W., Weber, E. et al., 1990. Pharmacokinetics of technetium-99m-MAG3 in humans, *J. Nucl. Med.* 31, 1285-1293.

Jafri, R.A., Britton, K.E., Nimmon, C.C. et al., 1988. Technetium-99m-MAG3, a comparison with iodine-123 and iodine-131 orthoiodohippurate, in patients with renal disorders, *J. Nucl. Med.* 29, 147-158.

Stabin, M.G., Taylor, A. Jr, Eshima, D. et al., 1992. Radiation dosimetry for Tc-99m MAG3, technetium-99m-DTPA, and iodine-131 OIH based on human distribution studies, *J. Nucl. Med.* 33, 33-40.

Taylor, A. Jr, Eshima, D., Fritzberg, A.R. et al., 1986. Comparison of iodine-131 OIH and technetium-99m MAG3 renal imaging in volunteers, *J. Nucl. Med.* 27, 795-803.

4.6.3. 생체역동학 데이터

Organ (S)	F_s	$T_{1/2}$	a	\tilde{A}_s/A_o
1) Normal renal function				
Total body (excl. bladder contents and kidneys)	1.0	1.7 min 3.2 min 43 min	0.40 0.40 0.20	13.9 min
Kidneys	1.0			3.9 min
Bladder contents	1.0			
<i>Adults and 15 years</i>				2.66 h
<i>10 years</i>				2.33 h
<i>5 years and 1 year</i>				1.60 h
2) Abnormal renal function				
Total body (excl. bladder contents and kidneys)	1.0	17 min 32 min 7.17 h	0.40 0.40 0.20	1.38 h
Kidneys	1.0			16.5 min
Liver	0.04	17 min 32 min 7.17 h	0.40 0.40 0.20	3.3 min
Bladder contents	1.0			
<i>Adults and 15 years</i>				2.03 h
<i>10 years</i>				1.74 h
<i>5 years and 1 year</i>				1.13 h
3) Acute unilateral renal blockage				
Total body (excl. bladder contents and kidneys)	1.0	1.7 min 3.2 min 43 min	0.40 0.40 0.20	4.37 h
Abnormal kidney	0.5	5 days	1.0	3.99 h
Normal kidney	1.0			2.0 min
Bladder contents	1.0			
<i>Adults and 15 years</i>				1.37 h
<i>10 years</i>				1.20 h
<i>5 years and 1 year</i>				49.4 min

4.6.4. 흡수선량: ^{99m}Tc MAG3 (정상 신기능)

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	3.9E-04	5.1E-04	8.2E-04	1.2E-03	2.5E-03
Bladder	1.1E-01	1.4E-01	1.7E-01	1.8E-01	3.2E-01
Bone surfaces	1.3E-03	1.6E-03	2.1E-03	2.4E-03	4.3E-03
Brain	1.0E-04	1.3E-04	2.2E-04	3.5E-04	6.1E-04
Breast	1.0E-04	1.4E-04	2.4E-04	3.9E-04	8.2E-04
Gall bladder	5.7E-04	8.7E-04	2.0E-03	1.7E-03	2.8E-03
GI-tract					
Stomach	3.9E-04	4.9E-04	9.7E-04	1.3E-03	2.5E-03
SI	2.3E-03	3.0E-03	4.2E-03	4.6E-03	7.8E-03
Colon	3.4E-03	4.3E-03	5.9E-03	6.0E-03	9.8E-03
(ULI	1.7E-03	2.3E-03	3.4E-03	4.0E-03	6.7E-03)
(LLI	5.7E-03	7.0E-03	9.2E-03	8.7E-03	1.4E-02)
Heart	1.8E-04	2.4E-04	3.7E-04	5.7E-04	1.2E-03
Kidneys	3.4E-03	4.2E-03	5.9E-03	8.4E-03	1.5E-02
Liver	3.1E-04	4.3E-04	7.5E-04	1.1E-03	2.1E-03
Lungs	1.5E-04	2.1E-04	3.3E-04	5.0E-04	1.0E-03
Muscles	1.4E-03	1.7E-03	2.2E-03	2.4E-03	4.1E-03
Oesophagus	1.3E-04	1.8E-04	2.8E-04	4.4E-04	8.2E-04
Ovaries	5.4E-03	6.9E-03	8.7E-03	8.7E-03	1.4E-02
Pancreas	4.0E-04	5.0E-04	9.3E-04	1.3E-03	2.5E-03
Red marrow	9.3E-04	1.2E-03	1.6E-03	1.5E-03	2.1E-03
Skin	4.6E-04	5.7E-04	8.3E-04	9.7E-04	1.8E-03
Spleen	3.6E-04	4.9E-04	7.9E-04	1.2E-03	2.3E-03
Testes	3.7E-03	5.3E-03	8.1E-03	8.7E-03	1.6E-02
Thymus	1.3E-04	1.8E-04	2.8E-04	4.4E-04	8.2E-04
Thyroid	1.3E-04	1.6E-04	2.7E-04	4.4E-04	8.2E-04
Uterus	1.2E-02	1.4E-02	1.9E-02	1.9E-02	3.1E-02
Remaining organs	1.3E-03	1.6E-03	2.1E-03	2.2E-03	3.6E-03
Effective dose (mSv/MBq)	7.0E-03	9.0E-03	1.2E-02	1.2E-02	2.2E-02

방광 벽의 유효선량 기여분은 80%에 이른다.

투약 후 1시간 혹은 30분 경과에서 방광을 비우는 경우의 유효선량:

1 hour	2.5E-03	3.1E-03	4.5E-03	6.4E-03	6.4E-03
30 min	1.7E-03	2.1E-03	2.9E-03	3.9E-03	6.8E-03

4.6.5. 흡수선량: ^{99m}Tc MAG3 (비정상 신기능)

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	1.6E-03	2.1E-03	3.2E-03	4.8E-03	8.6E-03
Bladder	8.3E-02	1.1E-01	1.3E-01	1.3E-01	2.3E-01
Bone surfaces	2.2E-03	2.7E-03	3.8E-03	5.0E-03	9.1E-03
Brain	6.1E-04	7.7E-04	1.3E-03	2.0E-03	3.6E-03
Breast	5.4E-04	7.0E-04	1.1E-03	1.7E-03	3.2E-03
Gall bladder	1.6E-03	2.2E-03	3.8E-03	4.6E-03	6.4E-03
GI-tract					
Stomach	1.2E-03	1.5E-03	2.6E-03	3.5E-03	6.1E-03
SI	2.7E-03	3.5E-03	5.0E-03	6.0E-03	1.0E-02
Colon	3.5E-03	4.4E-03	6.1E-03	6.9E-03	1.1E-02
(ULI	2.2E-03	3.0E-03	4.3E-03	5.6E-03	9.3E-03)
(LLI	5.1E-03	6.3E-03	8.5E-03	8.6E-03	1.4E-02)
Heart	9.1E-04	1.2E-03	1.8E-03	2.7E-03	4.8E-03
Kidneys	1.4E-02	1.7E-02	2.4E-02	3.4E-02	5.9E-02
Liver	1.4E-03	1.8E-03	2.7E-03	3.8E-03	6.6E-03
Lungs	7.9E-04	1.1E-03	1.6E-03	2.4E-03	4.5E-03
Muscles	1.7E-03	2.1E-03	2.9E-03	3.6E-03	6.4E-03
Oesophagus	7.4E-04	9.7E-04	1.5E-03	2.3E-03	4.1E-03
Ovaries	4.9E-03	6.3E-03	8.1E-03	8.7E-03	1.4E-02
Pancreas	1.5E-03	1.9E-03	2.9E-03	4.3E-03	7.4E-03
Red marrow	1.5E-03	1.9E-03	2.6E-03	3.1E-03	5.0E-03
Skin	7.8E-04	9.6E-04	1.5E-03	2.0E-03	3.8E-03
Spleen	1.5E-03	1.9E-03	2.9E-03	4.3E-03	7.4E-03
Testes	3.4E-03	4.7E-03	7.1E-03	7.8E-03	1.4E-02
Thymus	7.4E-04	9.7E-04	1.5E-03	2.3E-03	4.1E-03
Thyroid	7.3E-04	9.5E-04	1.5E-03	2.4E-03	4.4E-03
Uterus	1.0E-02	1.2E-02	1.6E-02	1.6E-02	2.7E-02
Remaining organs	1.7E-03	2.1E-03	2.8E-03	3.4E-03	6.0E-03
Effective dose (mSv/MBq)	6.1E-03	7.8E-03	1.0E-02	1.1E-02	1.9E-02

4.6.6. 흡수선량: ^{99m}Tc MAG3 (급성 편측성 신차단)

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	1.1E-02	1.4E-02	2.2E-02	3.2E-02	5.5E-02
Bladder	5.6E-02	7.1E-02	9.1E-02	9.3E-02	1.7E-01
Bone surfaces	3.1E-03	4.0E-03	5.8E-03	8.4E-03	1.7E-02
Brain	1.1E-04	1.4E-04	2.3E-04	3.9E-04	7.5E-04
Breast	3.8E-04	5.1E-04	1.0E-03	1.6E-03	3.0E-03
Gall bladder	6.2E-03	7.3E-03	1.0E-02	1.6E-02	2.3E-02
GI-tract					
Stomach	3.9E-03	4.4E-03	7.0E-03	9.3E-03	1.2E-02
SI	4.3E-03	5.5E-03	8.5E-03	1.2E-02	1.9E-02
Colon	3.9E-03	5.0E-03	7.2E-03	9.2E-03	1.5E-03
(ULI	4.0E-03	5.1E-03	7.6E-03	1.0E-02	1.6E-02)
(LLI	3.8E-03	4.8E-03	6.7E-03	8.2E-03	1.3E-02)
Heart	1.3E-03	1.6E-03	2.7E-03	4.0E-03	6.1E-03
Kidneys	2.0E-01	2.4E-01	3.3E-01	4.7E-01	8.1E-01
Liver	4.4E-03	5.4E-03	8.1E-03	1.1E-02	1.7E-02
Lungs	1.1E-03	1.6E-03	2.5E-03	3.9E-03	7.2E-03
Muscles	2.2E-03	2.7E-03	3.7E-03	5.1E-03	8.9E-03
Oesophagus	3.8E-04	5.4E-04	8.5E-04	1.5E-03	2.3E-03
Ovaries	3.8E-03	5.1E-03	7.1E-03	9.2E-03	1.5E-02
Pancreas	7.4E-03	9.0E-03	1.3E-02	1.8E-02	2.9E-02
Red marrow	3.0E-03	3.6E-03	5.0E-03	6.0E-03	8.3E-03
Skin	8.2E-04	1.0E-03	1.5E-03	2.2E-03	4.2E-03
Spleen	9.8E-03	1.2E-02	1.8E-02	2.6E-02	4.0E-02
Testes	2.0E-03	2.9E-03	4.5E-03	5.0E-03	9.8E-03
Thymus	3.8E-04	5.4E-04	8.5E-04	1.5E-03	2.3E-03
Thyroid	1.7E-04	2.3E-04	4.5E-04	9.2E-04	1.6E-03
Uterus	7.2E-03	8.7E-03	1.2E-02	1.3E-02	2.2E-02
Remaining organs	2.1E-03	2.6E-03	3.6E-03	4.7E-03	8.0E-03
Effective dose (mSv/MBq)	1.0E-02	1.2E-02	1.7E-02	2.2E-02	3.8E-02

4.7. Tc 표지 MIBI: ^{99m}Tc

4.7.1. 생체역동학 모델

(64) Technetium-methyl oxy-isobutyl-isonitrile(MIBI syn. Sestamibi, Hexamibi)는 동결건조 키트에서 생산되는 양이온 복합체이다(Cardiolite). 이 약품은 심근관류 및 심실 기능 연구에 사용된다.

(65) ^{99m}Tc MIBI는 탈륨 염화물과 유사하게 국소혈류량에 비례하여 활성 심근조직에 축적된다. 정맥을 통해 주입된 이후, 이 약품은 혈액에서 신속하게 제거되어 대부분이 근육조직(심장 포함), 간, 신장에 흡수되며, 침샘과 갑상선에 소량 흡수된다. 나머지 장기 및 조직의 흡수량은 낮으며 균등하게 분포한다. 약품 주입이 스트레스 검사와 함께 이루어지면 심장과 골격근의 흡수량이 급증하며, 이에 대응하여 나머지 장기 및 조직의 흡수는 더욱 떨어진다. 재분포가 발생하지 않는 것은 약품의 대사작용이 전혀 발생하지 않았음을 의미한다. 주요 배설 경로는 간담도계를 거쳐 소화관으로 가는 것이며, 이때 신장을 통한 추가적인 배설이 존재한다. 동물실험 결과 소화관벽에서 직접적인 흡수 및 배설은 관측되지 않았다. 주입된 약품의 대부분은 48시간 이내에 배설된다.

(66) 체내 흡수 및 배설의 정량적인 수치는, Wackers와 공동연구자(1988)와 Leide와 공동연구자(1992)의 보고서들을 기반으로 하여, 아래의 표에 주어졌다. 간담도계를 통해 배설되는 물질은 간행물 30(ICRP, 1979)의 소화관모델에 의하여, 소화관을 거쳐 체외로 방출되는 것으로 가정하였다. 소변을 통해 배설되는 약품을 설명하기 위해 간행물 53(ICRP, 1987)의 신장-방광 모델을 사용하였다. 표에 명시한 반감시간에 따라 장기 및 조직을 빠져나가는 모든 물질은 간과 신장에서 각각 75%, 25%의 비율로 배설되는 것으로 가정하였다.

4.7.2. ^{99m}Tc 표지 MIBI의 참고문헌

Andersson, L., Jonsson, B-A., Leide, S. et al., 1990. Biodistribution and retention of Tc- 99m-HEXA-MIBI evaluated in the rat, *Eur. J. Nucl. Med.* (Supplement) 16, S105 (abstract)

ICRP, 1979. Limits of Intakes of Radionuclides by Workers. Part 1. ICRP Publication 30, *Annals of the ICRP* 2 (3-4).

ICRP, 1987. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals, ICRP Publication 53, *Annals of the ICRP* 18 (1-4).

Leide, S., Diemer, h., Ahlgren, L. et al., 1992. In vivo distribution and dosimetry of Tc-99m MIBI in man. In: S-Stelson, A., Watson, E.E. (Ed.). *Fifth International Radiopharmaceutical Dosimetry Symposium*. CONF-910529, Oak Ridge Associated Universities, Oak Ridge, TN, pp. 483-497.

Wackers, F.J.T., Berman, D.S., Maddahi, J. et al., 1989. Technetium-99m hexakis-2 methoxy isobutyl isonitrile; Human biodistribution, dosimetry, safety, preliminary comparison to Tl-201 for myocardial perfusion imaging, *J. Nucl. Med.* 30, 301-311.

4.7.3. 생체역동학 데이터

Organ (S)	F_s	$T_{1/2}$	a	\tilde{A}_s/A_0
<i>1) Resting subject</i>				
Heart	0.015	4 h 1 day	0.67 0.33	4.18 min
Liver				40.5 min
Immediate uptake	0.18	1.3 h 1 day	0.85 0.15	
Delayed uptake	0.51			
Gall bladder	0.23			14.7 min
GI tract contents				
SI	0.69			29.7 min
ULI	0.69			38.7 min
LLI	0.69			18.9 min
Kidneys	0.14	7 h	1.00	39.4 min
Bladder contents	0.31			
<i>Adult and 15 years</i>				10.2 min
<i>10 years</i>				8.81 min
<i>5 years and 1 year</i>				5.93 min
Muscles	0.20	1 day	1.00	1.39 h
Salivary glands	0.015	1 day	1.00	6.25 min
Thyroid	0.003	2 h	1.00	23 s
Other organs and remaining tissues	0.45	1 day	1.00	3.12 h
<i>2) Exercise</i>				
Heart	0.02	4 h 1 day	0.67 0.33	5.57 min
Liver				31.8 min
Immediate uptake	0.10	1.3 h 1 day	0.85 0.15	
Delayed uptake	0.60			
Gall bladder	0.23			12.2 min
GI tract contents				
SI	0.70			23.1 min
ULI	0.70			30.1 min
LLI	0.70			14.7 min
Kidneys	0.10	7 h	1.00	28.2 min
Bladder contents	0.30			
<i>Adult and 15 years</i>				8.93 min
<i>10 years</i>				7.70 min
<i>5 years and 1 year</i>				5.19 min
Muscles	0.40	1 day	1.00	2.78 h
Salivary glands	0.01	1 day	1.00	4.17 min
Thyroid	0.002	2 h	1.00	16 s
Other organs and remaining tissues	0.37	1 day	1.00	2.57 h

4.7.4. 흡수선량: Tc 표지 MIBI (휴식)

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	7.5E-03	9.9E-03	1.5E-02	2.2E-02	3.8E-02
Bladder	1.1E-02	1.4E-02	1.9E-02	2.3E-02	4.1E-02
Bone surfaces	8.2E-03	1.0E-02	1.6E-02	2.1E-02	3.8E-02
Brain	5.2E-03	7.1E-03	1.1E-02	1.6E-02	2.7E-02
Breast	3.8E-03	5.3E-03	7.1E-03	1.1E-02	2.0E-02
Gall bladder	3.9E-02	4.5E-02	5.8E-02	1.0E-01	3.2E-01
GI-tract					
Stomach	6.5E-03	9.0E-03	1.5E-02	2.1E-02	3.5E-02
SI	1.5E-02	1.8E-02	2.9E-02	4.5E-02	8.0E-02
Colon	2.4E-02	3.1E-02	5.0E-02	7.9E-02	1.5E-02
(ULI	2.7E-02	3.5E-02	5.7E-02	8.9E-02	1.7E-01)
(LLI	1.9E-02	2.5E-02	4.1E-02	6.5E-02	1.2E-01)
Heart	6.3E-03	8.2E-03	1.2E-02	1.8E-02	3.0E-02
Kidneys	3.6E-02	4.3E-02	5.9E-02	8.5E-02	1.5E-01
Liver	1.1E-02	1.4E-02	2.1E-02	3.0E-02	5.2E-02
Lungs	4.6E-03	6.4E-03	9.7E-03	1.4E-02	2.5E-02
Muscles	2.9E-03	3.7E-03	5.4E-03	7.6E-03	1.4E-02
Oesophagus	4.1E-03	5.7E-03	8.6E-03	1.3E-02	2.3E-02
Ovaries	9.1E-03	1.2E-02	1.8E-02	2.5E-02	4.5E-02
Pancreas	7.7E-03	1.0E-02	1.6E-02	2.4E-02	3.9E-02
Red marrow	5.5E-03	7.1E-03	1.1E-02	3.0E-02	4.4E-02
Salivary glands	1.4E-02	1.7E-02	2.2E-02	1.5E-02	2.6E-02
Skin	3.1E-03	4.1E-03	6.4E-03	9.8E-03	1.9E-02
Spleen	6.5E-03	8.6E-03	1.4E-02	2.0E-02	3.4E-02
Testes	3.8E-03	5.0E-03	7.5E-03	1.1E-02	2.1E-02
Thymus	4.1E-03	5.7E-03	8.6E-03	1.3E-02	2.3E-02
Thyroid	5.3E-03	7.9E-03	1.2E-02	2.4E-02	4.5E-02
Uterus	7.8E-03	1.0E-02	1.5E-02	2.2E-02	3.8E-02
Remaining organs	3.1E-03	3.9E-03	6.0E-03	8.8E-03	1.6E-02
Effective dose (mSv/MBq)	9.0E-03	1.2E-02	1.8E-02	2.8E-02	5.3E-02

4.7.5. 흡수선량: Tc 표지 MIBI (운동)

^{99m}Tc 6.02 h

Organ	Absorbed dose per unit activity administered (mGy/MBq)				
	Adult	15 years	10 years	5 years	1 year
Adrenals	6.6E-03	8.7E-03	1.3E-02	1.9E-02	3.3E-02
Bladder	9.8E-03	1.3E-02	1.7E-02	2.1E-02	3.8E-02
Bone surfaces	7.8E-03	9.7E-03	1.4E-02	2.0E-02	3.6E-02
Brain	4.4E-03	6.0E-03	9.3E-03	1.4E-02	2.3E-02
Breast	3.4E-03	4.7E-03	6.2E-03	9.7E-03	1.8E-02
Gall bladder	3.3E-02	3.8E-02	4.9E-02	8.6E-02	2.6E-01
GI-tract					
Stomach	5.9E-03	8.1E-03	1.3E-02	1.9E-02	3.2E-02
SI	1.2E-02	1.5E-02	2.4E-02	3.7E-02	6.6E-02
Colon	1.9E-02	2.5E-02	4.1E-02	6.4E-02	1.2E-01
(ULI	2.2E-02	2.8E-02	4.6E-02	7.2E-02	1.3E-01)
(LLI	1.6E-02	2.1E-02	3.4E-02	5.3E-02	9.9E-02)
Heart	7.2E-03	9.4E-03	1.0E-02	2.1E-02	3.5E-02
Kidneys	2.6E-02	3.2E-02	4.4E-02	6.3E-02	1.1E-01
Liver	9.2E-03	1.2E-02	1.8E-02	2.5E-02	4.4E-02
Lungs	4.4E-03	6.0E-03	8.7E-03	1.3E-02	2.3E-02
Muscles	3.2E-03	4.1E-03	6.0E-03	9.0E-03	1.7E-02
Oesophagus	4.0E-03	5.5E-03	8.0E-03	1.2E-02	2.3E-02
Ovaries	8.1E-03	1.1E-02	1.5E-02	2.3E-02	4.0E-02
Pancreas	6.9E-03	9.1E-03	1.4E-02	2.1E-02	3.5E-02
Red marrow	5.0E-03	6.4E-03	9.5E-03	1.3E-02	2.3E-02
Salivary glands	9.2E-03	1.1E-02	1.5E-03	2.0E-03	2.9E-03
Skin	2.9E-03	3.7E-03	5.8E-03	9.0E-03	1.7E-02
Spleen	5.8E-03	7.6E-03	1.2E-02	1.7E-02	3.0E-02
Testes	3.7E-03	4.8E-03	7.1E-03	1.1E-02	2.0E-02
Thymus	4.0E-03	5.5E-03	8.0E-03	1.2E-02	2.3E-02
Thyroid	4.4E-03	6.4E-03	9.9E-03	1.9E-02	3.5E-02
Uterus	7.2E-03	9.3E-03	1.4E-02	2.0E-02	3.5E-02
Remaining organs	3.3E-03	4.3E-03	6.4E-03	9.8E-03	1.8E-02
Effective dose (mSv/MBq)	7.9E-03	1.0E-02	1.6E-02	2.3E-02	4.5E-02

5. ICRP 간행물에서 다루진 모든 방사성의약품에 대한 목록과 단위부여방사능 당 유효선량

성인에 대한 자료를 아래 표에 제시하였다.

일부 약품의 경우 이 보고서(재계산한 선량값)와 ICRP 간행물 53(생체역동학 정보)의 참조 페이지가 주어졌다.³⁾

Radionuclide	Substance	<i>E</i> mSv/MBq	This report page	<i>Publ. 53</i> page
³ H	Water	1.5E-02	-	39
³ H	Inulin	9.4E-04	-	41
³ H	Neutral fat and free fatty acids	2.2E-01	87	-
¹¹ C	Carbon monoxide (single inhalation, 20 s breath-hold)	4.8E-03	-	43
¹¹ C	Carbon monoxide (continuous inhalation for 1 h)	3.2E-03	-	43
¹¹ C	Carbon dioxide (single inhalation, 20 s breath-hold)	1.6E-03	-	47
¹¹ C	Carbon dioxide (continuous inhalation for 1 h)	1.0E-03	-	47
¹¹ C	[Methyl- ¹¹ C]thymidine	3.5E-03	7	-
¹¹ C	[2- ¹¹ C]thymidine	2.7E-03	7	-
¹¹ C	COHb-labelled erythrocytes	5.0E-03	-	51
¹¹ C	Spiperone	5.3E-03	-	53
¹⁴ C	Inulin	8.2E-03	-	55
¹⁴ C	Neutral fat and free fatty acids	2.1E+00	91	-
¹⁴ C	Urea (incl. CO ₂ , bicarbonate): normal patient	3.1E-02	13	-
¹⁴ C	Urea (incl. CO ₂ , bicarbonate): <i>Helicobacter</i> positive patient	8.1E-02	13	-
¹³ N	Nitrogen gas (single inhalation, 20 s breath-hold)	3.8E-04	-	57
¹³ N	Nitrogen gas (continuous inhalation for 1 h)	4.3E-04	-	57
¹³ N	Nitrogen gas in solution	4.1E-04	-	59
¹³ N	Ammonia	2.0E-03	-	61
¹³ N	L-Glutamate	3.9E-03	-	63
¹⁵ O	Carbon monoxide (single inhalation, 20 s breath-hold)	8.1E-04	-	65
¹⁵ O	Carbon monoxide (continuous inhalation for 1 h)	5.5E-04	-	65

(다음페이지에 계속)

3) <역주> 표에서 'This report page'란 ICRP 80 원본 페이지로서 이 번역물의 페이지와는 차이가 있다. 독자의 편의를 위해 마지막의 별지에 원본 ICRP 80의 페이지와 이 번역물의 페이지 대조표를 실었다.

(계속)

Radionuclide	Substance	<i>E</i> mSv/MBq	This report page	<i>Publ.</i> 53 page
¹⁵ O	Carbon dioxide (single inhalation, 20 s breath-hold)	5.1E-04	-	67
¹⁵ O	Carbon dioxide (continuous inhalation for 1 h)	3.8E-04	-	67
¹⁵ O	Oxygen gas (single inhalation, 20 s breath-hold)	3.7E-04	-	69
¹⁵ O	Oxygen gas (continuous inhalation for 1 h)	4.0E-04	-	69
¹⁵ O	Water	9.3E-04	19	-
¹⁸ F	Fluoride	2.4E-02	-	73
¹⁸ F	2-Fluoro-2-deoxy-d-glucose (FDG)	1.9E-02	49	75
²² Na	Sodium (intravenous or oral administration)	2.6E+00	-	77
²⁴ Na	Sodium	3.2E-01	-	77
²⁴ Na	Sodium (oral administration)	3.6E-01	-	77
²⁸ Mg	Magnesium	7.2E-01	-	81
³² P	Phosphate	2.4E+00	-	83
³³ P	Phosphate	6.6E-01	-	83
³⁵ S	Sulphate	9.0E-02	-	85
^{34m} Cl	Chloride	1.4E-02	-	87
³⁶ Cl	Chloride	6.7E-01	-	87
³⁸ Cl	Chloride	1.4E-02	-	87
³⁸ K	Potassium (ultra short-lived)	1.9E-02	-	89
⁴² K	Potassium	2.8E-01	-	91
⁴² K	Potassium (oral administration)	3.4E-01	-	91
⁴³ K	Potassium	2.0E-01	-	91
⁴³ K	Potassium (oral administration)	2.2E-01	-	91
⁴⁵ Ca	Calcium	3.1E+00	-	95
⁴⁵ Ca	Calcium (oral administration)	1.8E+00	-	95
⁴⁷ Ca	Calcium	1.2E+00	-	95
⁴⁷ Ca	Calcium (oral administration)	1.8E+00	-	95
⁴⁶ Sc	Sc-labelled non-absorbable markers (fluids)	1.6E+00	-	99
⁴⁶ Sc	Sc-labelled non-absorbable markers (solids)	1.7E+00	-	99
⁴⁷ Sc	Sc-labelled non-absorbable markers (fluids)	7.4E-01	-	99
⁴⁷ Sc	Sc-labelled non-absorbable markers (solids)	7.6E-01	-	99
⁵¹ Cr	Chromium (III) chloride	6.8E-02	-	103
⁵¹ Cr	Chromium EDTA	2.0E-03	51	105
⁵¹ Cr	Chromium EDTA, bladder emptied 1 h after administration	1.7E-03	51	105

(다음페이지에 계속)

(계속)

Radionuclide	Substance	<i>E</i> mSv/MBq	This report page	<i>Publ. 53</i> page
⁵¹ Cr	Chromium EDTA, bladder emptied $\frac{1}{2}$ h after administration	1.8E-03	51	105
⁵¹ Cr	Chromium EDTA (oral administration)	4.4E-02	-	105
⁵¹ Cr	Cr-labelled platelets (thrombocytes)	1.4E-01	-	109
⁵¹ Cr	Cr-labelled erythrocytes	1.7E-01	-	111
⁵¹ Cr	Cr-labelled denatured erythrocytes	1.8E-01	-	113
⁵¹ Cr	Cr-labelled white blood cells (leukocytes)	1.2E-01	-	115
⁵¹ Cr	Cr-labelled non-absorbable markers (fluids)	4.3E-02	-	117
⁵¹ Cr	Cr-labelled non-absorbable markers (solids)	4.5E-02	-	117
⁵² Fe	Iron	1.1E+00	-	119
⁵² Fe	Iron (oral administration)	7.1E-01	-	119
⁵⁵ Fe	Iron	4.0E+00	-	119
⁵⁵ Fe	Iron (oral administration)	4.2E-01	-	119
⁵⁹ Fe	Iron	1.0E+01	-	119
⁵⁹ Fe	Iron (oral administration)	2.0E+00	-	119
⁵⁷ Co	Co-labelled bleomycin	4.7E-02	-	125
⁵⁷ Co	Vitamin B12 (intravenous injection, no carrier)	4.4E+00	-	127
⁵⁸ Co	Vitamin B12 (intravenous injection, no carrier)	8.2E+00	-	127
⁵⁷ Co	Vitamin B12 (intravenous injection with carrier)	4.6E-01	-	127
⁵⁸ Co	Vitamin B12 (intravenous injection with carrier)	8.9E-01	-	127
⁵⁷ Co	Vitamin B12 (oral administration with flushing)	2.1E+00	-	127
⁵⁸ Co	Vitamin B12 (oral administration with flushing)	4.0E+00	-	127
⁵⁷ Co	Vitamin B12 (oral administration, no flushing)	3.1E+00	-	127
⁵⁸ Co	Vitamin B12 (oral administration, no flushing)	5.9E+00	-	127
⁶⁴ Cu	Copper	3.6E-02	-	135
⁶⁷ Cu	Copper	1.5E-01	-	135
⁶² Zn	Zinc	3.5E-01	-	137
⁶⁵ Zn	Zinc	8.4E+00	-	137
^{69m} Zn	Zinc	1.4E-01	-	137
⁶⁶ Ga	Gallium citrate	3.2E-01	-	141
⁶⁷ Ga	Gallium citrate	1.0E-01	53	141
⁶⁸ Ga	Gallium citrate	2.0E-02	-	141
⁶⁸ Ga	Gallium EDTA	4.0E-02	95	-
⁷² Ga	Gallium citrate	3.4E-01	-	141

(다음페이지에 계속)

(계속)

Radionuclide	Substance	<i>E</i> mSv/MBq	This report page	<i>Publ. 53</i> page
⁷² As	Arsenate, arsenite	3.6E-01	-	145
⁷⁴ As	Arsenate, arsenite	5.1E-01	-	145
⁷⁶ As	Arsenate, arsenite	2.8E-01	-	145
⁷⁵ Se	Selenite	2.6E+00	-	147
⁷⁵ Se	Selenomethylcholesterol	1.5E+00	-	151
⁷⁵ Se	l-Selenomethionine	2.5E+00	-	149
⁷⁵ Se	Selenium-labelled bile acid (SeHCAT)	6.9E-01	55	153
⁷⁶ Br	Bromide	2.8E-01	-	155
⁷⁷ Br	Bromide	7.7E-02	-	155
⁸² Br	Bromide	4.0E-01	-	155
⁷⁷ Br	Bromospiperone	8.5E-02	-	157
^{81m} Kr	Krypton	2.7E-05	-	159
⁸¹ Rb	Rubidium	2.8E-02	-	163
⁸² Rb	Rubidium	3.4E-03	-	161
⁸⁴ Rb	Rubidium	2.8E+00	-	163
⁸⁶ Rb	Rubidium	3.0E+00	-	163
⁸¹ Rb	Rb-labelled denatured erythrocytes	1.4E-01	-	167
⁸⁵ Sr	Strontium	7.9E-01	-	169
^{87m} Sr	Strontium	6.4E-03	-	169
⁸⁹ Sr	Strontium	3.1E+00	-	169
^{99m} Tc	Tc-labelled albumin (HSA)	6.1E-03	-	173
^{99m} Tc	Tc-labelled citrate complex	6.1E-03	-	177
^{99m} Tc	Tc-labelled large colloids	9.4E-03	65	179
^{99m} Tc	Tc-labelled small colloids	9.7E-03	-	179
^{99m} Tc	Tc-DMSA	8.8E-03	57	185
^{99m} Tc	Tc-DTPA	4.9E-03	59	187
^{99m} Tc	Tc-DTPA, bladder emptied 1 h after administration	3.8E-03	59	187
^{99m} Tc	Tc-DTPA, bladder emptied ½ h after administration	4.1E-03	59	187
^{99m} Tc	Tc-labelled plasmin	7.3E-03	-	191
^{99m} Tc	Tc-gluconate, glucoheptonate	5.4E-03	-	193
^{99m} Tc	Tc-labelled HM-PAO	9.3E-03	97	-
^{99m} Tc	Tc-penicillamine	7.3E-03	-	195
^{99m} Tc	Pertechnetate	1.3E-02	73	197
^{99m} Tc	Pertechnetate (blocking agent given)	4.2E-03	73	197
^{99m} Tc	Pertechnetate (oral administration, no blocking)	1.4E-02	-	197
^{99m} Tc	Tc-labelled IDA derivatives	1.7E-02	63	201
^{99m} Tc	Tc-labelled fibrinogen	6.2E-03	-	207
^{99m} Tc	Tc-labelled erythrocytes	7.0E-03	61	209
^{99m} Tc	Tc-labelled denatured erythrocytes	1.9E-03	-	211
^{99m} Tc	Tc-labelled phosphates and phosphonates	5.7E-03	75	213

(다음페이지에 계속)

(계속)

Radionuclide	Substance	<i>E</i> mSv/MBq	This report page	<i>Publ. 53</i> page
^{99m} Tc	Tc-labelled aerosols (substances with fast clearance)	6.1E-03	-	217
^{99m} Tc	Tc-labelled aerosols (substances with slow clearance)	1.4E-02	-	217
^{99m} Tc	Tc-labelled heparin	5.5E-03	-	221
^{99m} Tc	Tc-labelled MAG3	7.0E-03	101	-
^{99m} Tc	Tc-labelled macroaggregated albumin	1.1E-02	69	223
^{99m} Tc	Tc-labelled MIBI (rest)	9.0E-03	107	-
^{99m} Tc	Tc-labelled MIBI (exercise)	7.9E-03	107	-
^{99m} Tc	Tc-labelled non-absorbable markers (fluids)	1.9E-02	71	225
^{99m} Tc	Tc-labelled non-absorbable markers (solids)	2.4E-02	71	225
^{99m} Tc	Tc-labelled albumin microspheres	1.0E-02	-	227
^{99m} Tc	Tc-labelled platelets (thrombocytes)	1.2E-02	-	229
^{99m} Tc	Tc-labelled white blood cells (leucocytes)	1.1E-02	67	231
^{99m} Tc	Tc-labelled human immunoglobulin	7.0E-03	23	-
^{99m} Tc	Pertechnegas	1.2E-02	27	-
^{99m} Tc	Technegas	1.5E-02	31	-
^{99m} Tc	Tc-labelled tetrofosmin, resting subject	7.6E-03	35	-
^{99m} Tc	Tc-labelled tetrofosmin, exercise	7.0E-03	35	-
¹¹¹ In	Indium	2.1E-01	-	233
^{113m} In	Indium	1.0E-02	-	233
^{113m} In	Indium hydroxide (colloidal)	1.1E-02	-	235
¹¹¹ In	In-DTPA	2.1E-02	-	237
^{113m} In	In-DTPA	1.1E-02	-	237
¹¹¹ In	In-aerosols (substances with fast clearance)	2.5E-02	-	245
¹¹¹ In	In-aerosols (substances with slow clearance)	2.4E-01	-	245
^{113m} In	In-aerosols (substances with fast clearance)	1.6E-02	-	245
^{113m} In	In-aerosols (substances with slow clearance)	2.5E-02	-	245
¹¹¹ In	In-labelled non-absorbable markers (fluids)	3.1E-01	-	249
¹¹¹ In	In-labelled non-absorbable markers (solids)	3.2E-01	-	249
^{113m} In	In-labelled non-absorbable markers (fluids)	2.0E-02	-	249

(다음페이지에 계속)

(계속)

Radionuclide	Substance	<i>E</i> mSv/MBq	This report page	<i>Publ. 53</i> page
^{113m} In	In-labelled non-absorbable markers (solids)	2.9E-02	-	249
¹¹¹ In	In-labelled platelets (thrombocytes)	3.9E-01	-	253
¹¹¹ In	In-labelled white blood cells (leucocytes)	3.6E-01	-	255
¹¹¹ In	In-labelled bleomycin	1.0E-01	-	257
¹¹¹ In	Human immunoglobulin	1.7E-01	39	-
¹¹¹ In	Octreotide	5.4E-02	43	-
¹²³ I	Iodide (thyroid blocked, uptake 0%)	1.1E-02	-	259
¹²³ I	Iodide (thyroid uptake 35%)	2.2E-01	-	259
¹²⁴ I	Iodide (thyroid blocked, uptake 0%)	9.5E-02	-	259
¹²⁴ I	Iodide (thyroid uptake 35%)	1.5E+01	-	259
¹²⁵ I	Iodide (thyroid blocked, uptake 0%)	9.1E-03	-	259
¹²⁵ I	Iodide (thyroid uptake 35%)	1.4E+01	-	259
¹³¹ I	Iodide (thyroid blocked, uptake 0%)	6.1E-02	-	259
¹³¹ I	Iodide (thyroid uptake 35%)	2.4E+01	-	259
¹²³ I	Iodoamphetamine (IMP)	2.7E-02	-	279
¹²³ I	Iodine-labelled fibrinogen	2.0E-02	-	281
¹²⁵ I	Iodine-labelled fibrinogen	8.0E-02	-	281
¹³¹ I	Iodine-labelled fibrinogen	4.2E-01	-	281
¹²³ I	Iodine-labelled albumin (HSA)	2.0E-02	-	285
¹²⁵ I	Iodine-labelled albumin (HSA)	2.2E-01	-	285
¹³¹ I	Iodine-labelled albumin (HSA)	6.4E-01	-	285
¹³¹ I	Iodine-labelled macroaggregated albumin (MAA)	4.5E-01	-	293
¹²⁵ I	Iodine-labelled non-absorbable markers (fluids)	1.7E-01	-	295
¹²⁵ I	Iodine-labelled non-absorbable markers (solids)	1.7E-01	-	295
¹³¹ I	Iodine-labelled non-absorbable markers (fluids)	1.2E+00	-	295
¹³¹ I	Iodine-labelled non-absorbable markers (solids)	1.2E+00	-	295
¹²³ I	Iodine-labelled microaggregated albumin (MIAA)	1.8E-02	-	299
¹³¹ I	Iodine-labelled microaggregated albumin (MIAA)	2.2E-01	-	299
¹²³ I	Hippuran	1.2E-02	77	305
¹²³ I	Hippuran, bladder emptied 1 h after administration	4.6E-03	77	305

(다음페이지에 계속)

(계속)

Radionuclide	Substance	<i>E</i> mSv/MBq	This report page	<i>Publ. 53</i> page
¹²³ I	Hippuran, bladder emptied $\frac{1}{2}$ h after administration	5.9E-03	77	305
¹²⁵ I	Hippuran	7.7E-03	-	305
¹³¹ I	Hippuran	5.2E-02	77	305
¹³¹ I	Hippuran, bladder emptied 1 h after administration	2.0E-02	77	305
¹³¹ I	Hippuran, bladder emptied $\frac{1}{2}$ h after administration	2.6E-02	77	305
¹³¹ I	Iodo-antipyrine	6.7E-02	-	313
¹²⁵ I	Iodo-antipyrine	1.0E-02	-	313
¹²⁵ I	Iothalamate	7.2E-03	-	315
¹³¹ I	Iodomethyl-19-norcholesterol (NP 59)	1.8E+00	81	317
¹²⁵ I	Iodinated polyvinylpyrrolidone (PVP)	6.5E-01	-	319
¹³¹ I	Iodinated polyvinylpyrrolidone (PVP)	6.0E-01	-	319
¹²⁵ I	Thyroxine (T4)	1.0E-01	-	321
¹³¹ I	Thyroxine (T4)	4.4E-01	-	321
¹²⁵ I	Triiodothyronine (T3)	4.7E-02	-	323
¹³¹ I	Triiodothyronine (T3)	3.0E-01	-	323
¹²⁵ I	Reverse triiodothyronine (rT3)	3.7E-02	-	325
¹³¹ I	Reverse triiodothyronine (rT3)	2.5E-01	-	325
¹²⁵ I	Diiodothyronine	3.6E-02	-	327
¹³¹ I	Diiodothyronine	2.5E-01	-	327
¹²³ I	Metaiodobenzylguanidine (MIBG)	1.3E-02	79	329
¹³¹ I	Metaiodobenzylguanidine (MIBG)	1.4E-01	-	329
¹²³ I	Sodium Rose Bengal	5.9E-02	-	333
¹³¹ I	Sodium Rose Bengal	1.1E+00	-	333
¹²⁷ Xe	Xenon-gas (single inhalation or i.v. injection, 30 s breath-hold)	1.3E-04	-	341
¹³³ Xe	Xenon-gas (single inhalation or i.v. injection, 30 s breath-hold)	1.8E-04	-	341
¹²⁷ Xe	Xenon-gas (rebreathing for 5 min)	7.1E-04	-	341
¹²⁷ Xe	Xenon-gas (rebreathing for 10 min)	1.1E-03	-	341
¹³³ Xe	Xenon-gas (rebreathing for 5 min)	7.3E-04	-	341
¹³³ Xe	Xenon-gas (rebreathing for 10 min)	1.1E-03	-	341
¹²⁹ Cs	Caesium	4.9E-02	-	347
¹³⁰ Cs	Caesium	3.4E-03	-	347
¹³¹ Cs	Caesium	5.0E-02	-	347
^{134m} Cs	Caesium	6.7E-03	-	347

(다음페이지에 계속)

(계속)

Radionuclide	Substance	<i>E</i> mSv/MBq	This report page	<i>Publ. 53</i> page
¹³¹ Ba	Barium	5.0E-01	-	351
^{133m} Ba	Barium	4.7E-01	-	351
^{135m} Ba	Barium	3.4E-01	-	351
¹³¹ Ba	Ba-labelled non-absorbable markers (fluids)	4.9E-01	-	355
¹³¹ Ba	Ba-labelled non-absorbable markers (solids)	5.1E-01	-	355
¹⁴⁰ La	La-DTPA	1.5E-01	-	357
¹⁶⁹ Yb	Yb-DTPA	3.6E-02	-	359
¹⁹⁸ Au	Gold colloid	1.1E+00	-	363
¹⁹⁷ Hg	Mercury chloride	1.4E-01	-	365
¹⁹⁷ Hg	Bromo-mercuri-hydroxypropane (BMHP)	1.4E-01	-	367
¹⁹⁷ Hg	Chlormerodrin	8.7E-02	-	369
²⁰³ Hg	Chlormerodrin	1.1E+00	-	369
²⁰¹ Tl	Thallos ion	2.2E-01	83	371

6. 정오표: ICRP 간행물 53의 인쇄 오류

간행물 53에 약간의 오타가 있다. (ICRP 연보, 18 [1-4]):

Page	Position	Now reads	Should read	Comments
16	Table A2, Fractional cardiac output, liver	0.058	0.24	The portal flow was left out
27	Paragraph 1, line 3	emitting	γ -emitting	–
36	Paragraph 5, line 3	at	and	–
48	Biokinetic data table, (1), Single inhalation, Total body	14.1 s	14.1 min	Absorbed doses were calculated using the correct cumulated activity
64	Dose table, 10 year, Salivary glands	8.4E-03	8.4E-02	–
64	Dose table, 10 year, Thyroid	4.7E-03	1.7E-03	–
112	Biokinetic data table, F_S , Red marrow	0.40	0.04	The cumulated activity was calculated using the correct F_S
133	Biokinetic data table, ^{58}Co , Total body	27.5 d	37.7 d	Absorbed doses were calculated using the correct cumulated activity
291	Last line	^{124}I (4.18 d)	^{125}I (60.14 d)	–
293	Last line of main text	thyroid	thyroid	–

별지: ICRP 80과 이 번역물의 페이지 비교표

(제5절 표에서 'This report page'에 해당하는 이 번역물 페이지)

ICRP 80	이 번역물	ICRP 80	이 번역물	ICRP 80	이 번역물	ICRP 80	이 번역물
7	6	49	43	67	52	87	64
13	11	51	44	69	53	91	68
19	17	53	45	71	54	95	70
23	20	55	46	73	56	97	72
27	24	57	47	75	58	101	76
31	27	59	48	77	59	107	81
35	30	61	49	79	61		
39	35	63	50	81	62		
43	38	65	51	83	63		