



국제방사선방호위원회 간행물 84

임신과 의료방사선

Pregnancy and Medical Radiation



한양대학교
방사선안전신기술연구센터

ICRP Publication 84

임신과 의료방사선

Pregnancy and Medical Radiation

ICRP 승인: 1999년 11월

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 보고서는 임신한 여성이 환자로서 또는 의료진의 일원으로서 방사선을 피폭함과 관련하여 태아를 적절히 보호하는 한편으로, 불필요한 우려를 완화하기 위한 목적으로 편집되었다. 체르노빌 원전 사고가 있는 1986년 당시 동부 유럽 지역에서 예년에 비해 임신중절이 약 10만 건이 증가했다는 평가가 있는데 이는 실질적인 태아의 위험 때문이 아니라 과민한 우려 때문이다. 뿐만 아니라 방사선을 취급하는

여성 종사자가 임신한 시기에 약간의 비정상적 피폭이 있는 경우에도 많은 경우 출산을 포기하는 사례들이 있는 것으로 알려지고 있다. 평가된 태아의 선량이 유의한 위험이 있는 문턱선량 0.1 Gy에 훨씬 미치지 못하는 경우에도 예외가 아니다. 다시 말해 방사선의 과학적 위험이 아니라 심리적 우려 때문에 실질적으로 생명을 포기하는 일로서 이는 마땅히 지양되어야 할 사안이다. 어머니의 심각한 질병으로 인해 임신 중이라도 불가피하게 방사선 의료절차를 거쳐야 할 경우도 없지는 않다. 어떤 경우에 출산을 포기하고 어떤 경우에 그러지 말아야 할 것인가에 대해 조언할 의사가 분명한 판단기준을 갖고 있어야 한다. 이 번역물이 이러한 판단에 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 방사선안전기술연구센터(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

지난 수년간 국제방사선방호위원회(ICRP)는 의학분야의 방사선방호와 안전에 관한 권고들을 제공하는 다수의 보고서를 발행하였으며, 최근에 발간된 간행물 73은 이 분야의 전체 개관을 보여준다. 이 보고서들은 의학 및 의생물학 연구에 사용되는 다양한 전리방사선에 대한 방사선방호의 일반 원리를 요약하고, 이 원리들을 적용하는 데 필요한 권고사항들을 제시하고 있다.

대부분의 보고서들은 보편적인 내용을 다루고 있지만 ICRP는 다루기 까다로운 특정 상황들에 대해서도 다루고자 하였다. 이러한 문제 분야를 다루는 보고서들은 일상적인 작업에서 이러한 문제를 직면하게 되는 사람들이 접근하기 쉽게 작성되는 것이 바람직하며, 이 보고서들이 널리 파급될 수 있도록 노력할 필요가 있다.

이러한 방침에 따른 첫출발은 1997년 9월 영국 옥스퍼드에서 열린 ICRP 회의이다. 이 회의에서 제3분과위원회의 요청에 따라 “임신과 의료 방사선”에 관한 보고서를 제작하기 위한 작업그룹을 구성하였다. ICRP의 현행 권고와 일관성을 가지고 의학 분야의 전리방사선과 임신이 관련된 근본 문제점들을 다루되, 간결하면서도 의학계의 이해와 해석이 용이한 형태로 보고서를 제작하는 데 목적이 있었다. 보고서는 통상적 의문을 포괄하고, 임신한 환자뿐만 아니라 작업종사자의 관리를 논의하며, 다양한 상황에 적용될 수 있는 접근법들을 제공해야 한다.

이 보고서 작업그룹 위원은 다음과 같다.

F.A. Mettler, Jr.(그룹장) R.L. Brent C. Streffer
L. Wagner

객원위원은 다음과 같다.

M. Berry S.-Q. He T. Kusama

이 보고서를 준비하는 기간의 제3분과위원회 위원은 다음과 같다.

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

이 보고서의 목표는 위에 언급된 목적들을 달성하는 것이다. 이 보고서가 광범위한 독자들을 대상으로 하기 때문에 ICRP에서 발행하는 ICRP연보의 보통 형

식과는 일부 다른 면이 있다. 예를 들어, 참고문헌을 문장에 제시하는 일반적인 과학 보고서와는 달리, 참고 자료와 유용한 참고 도서들의 목록을 보고서 말미에 제공하였다.

ICRP는 1999년 11월 우편 투표를 통하여 이 보고서의 발간을 승인하였다.

목 차

역자 서문	1
서 문	3
1. 서 론	2
1.1. 기본 개념	3
2. 임신의 진단	5
3. 태내 방사선 조사의 영향	7
3.1. 일반적 배경	7
3.2. 중추신경계에 미치는 영향	8
3.3. 백혈병과 소아암의 위험	10
3.4. 수태 전 피폭	11
4. 인지동의와 이해	13
5. 진단방사선	15
5.1. 조사 전	15
5.2. 검사 중	16
5.3. 조사 후	18
6. 핵의학	21
6.1. 조사 전	21
6.2. 진단 검사 중	22
6.3. 갑상선항진증과 갑상선 암의 핵의학 치료	23
6.4. 조사 후	25
7. 방사선치료	28
7.1. 치료 전	29
7.2. 치료 중	30
7.2.1. 골반 외 영역의 원격치료	30
7.2.2. 골반영역의 원격치료와 근접치료	32
7.3. 치료 후	33
8. 임신한 의사 및 의료진의 관리	34
9. 방사선피폭이 있는 생명과학 연구와 임신	37
10. 방사선 피폭 후 임신중절의 고려	38
11. 요약 권고	41
참고문헌	42

임신과 의료방사선

ICRP 간행물 84

ICRP 승인: 1999년 11월

요지- 매년 수천 명의 임신한 환자와 방사선 작업종사자들이 전리 방사선을 피폭한다. 피폭에 따른 극도의 불안과 불필요한 임신중절은 방사선에 대한 지식의 부족에 기인한다. 대다수의 환자에서 태아의 위험은 적절한 수준이지만, 적절치 않은 수준일 경우도 발생한다.

올바른 진단절차에 의한 태아선량은 태아 사망, 기형, 그리고 정신발달 지체의 위험을 백그라운드 발생보다 높이 측정 가능할 정도로 증가시키지는 않는다. 치료절차처럼 높은 선량은 태아에게 치명적인 상해를 유발할 수 있다.

임신한 환자와 종사자는 태내 피폭에 의한 잠재적인 피해의 종류와 크기에 대해 알 권리가 있다. 진단방사선 검사가 의학적으로 필요한 거의 모든 경우에 있어서, 진단방사선을 수행하지 않을 때 어머니의 위험이 수행할 때 태아의 잠재적 상해 위험보다 높다. 대부분의 핵의학 절차는 높은 태아선량을 초래하지 않지만, 일부 핵의약품은 유의한 태아의 위험을 초래할 수 있다.

방사선 치료에서는 치료에 앞서 여성 환자의 임신여부를 확인하는 것이 중요하다. 임신 환자도 골반에서 먼 거리에 있는 암은 방사선 치료요법으로 치료할 수 있지만 이러한 치료절차는 신중한 치료계획을 필요로 한다. 임신한 환자의 골반 내에 발생한 암을 적절하게 치료하기 위해서는, 치료로 인해 태아의 심각한 피해 혹은 사망을 감수해야 한다.

임신하지 않은 여성의 직업상피폭 관리 원칙은 남성과 동일하다. 그러나 여성 종사자가 임신했거나 임신 가능성이 있다면 태아 보호를 위해 추가적인 관리를 고려해야 한다. 대부분의 국가에서 의생물 연구 대상으로서 임신 여성의 피폭을 구체적으로 금지하지 않는다. 그러나 임신 여성이 그러한 연구의 대상으로 참여하는 것은 매우 드물고, 억제하는 것이 마땅하다.

임신중절은 여러 인자의 영향을 받는 개인적인 의사결정이다. 100 mGy 이하의 태아선량에 대해 임신중절을 고려하는 것은 적절치 않다. 태아선량이 100 mGy 이상일 경우, 각개 상황에 근거하여 환자가 충분한 정보를 제공받은 뒤 결정을 내려야 한다.

중심어: 임신; 방사선; 방호; 태아선량; 임신중절

1. 서론

(1) 매년 수천 명의 임신한 환자와 방사선작업 종사자들이 전리 방사선을 피폭한다. 피폭에 따른 극도의 불안과 불필요한 임신중절은 방사선에 대한 지식의 부족에 기인한다. 대다수의 환자에서 태아의 위험은 적절한 수준이지만, 적절치 않은 수준일 경우도 발생한다.

(2) 의학 분야의 전리방사선 사용과 관련하여 가장 많은 질문의 하나는 임신한 환자나 종사자의 관리문제이다. 임신 환자에게 방사선을 사용하는 것은 본능적으로 피하고 싶을 것이지만, 진단 혹은 치료 방사선의 사용이 적절한 상황이 다수 존재한다. 환자 피폭뿐만 아니라, 많은 여성 의사와 기사들이 방사선을 사용하는 의료에 종사하고 있으며, 이들은 대개 직업을 가진 상황에서 아이를 갖는 것을 희망한다.

(3) 이 문서는 주로 의사를 대상으로 작성되었으나, 의학물리사와 보건물리사, 방사선방호팀, 간호사, 기사 그리고 관리자에게도 유용할 것이다. 이 문서는 완벽한 과학적 참고서나 완강한 권고를 제시하려는 목적이 아니라, 다양한 상황에 적용할 수 있는 실질적 접근법을 제시하기 위해 작성되었다. 문서의 마지막에 제시된 참고문헌 목록은 독자들이 부가적 정보를 획득하는데 도움이 될 것이다. 이 문서는 진단용 초음파나 자기공명 영상에 의한 피폭은 고려하지 않았다.

(4) 방사선 환경에 놓인 임신여성의 관리에 여러 행태가 있다. 만약 환자나 종사자가 자신의 임신을 알리거나 명백히 임신일 경우, 적절한 조치가 실행될 것이다. 자신의 임신여부를 확신하지 못하거나 임신사실을 모르는 경우, 상황은 더 복잡해진다. 우려의 정도와 계획한 절차에 대한 **인지동의**(informed consent)의 필요여부는 태아와 산모의 잠재적 위험의 정도에 달려있다. 배아(embryo)/태아(fetus)의 잠재적 위험은 진단 혹은 치료가 얼마나 잘 계획되었는가에 따라 큰 차이를 보인다. 이 문제들은 이 보고서의 각 절에서 상세하게 다뤄질 것이다.

(5) ICRP는 과거에 매우 다양한 권고들을 발간해왔다. 이 권고들은 방사선방호에 대한 일반 권고뿐만 아니라 의학에서 방사선방호의 적용도 포함한다. 이들 권고와 기타 ICRP 간행물에 임신과 방사선에 관한 정보를 제시해왔다. 이 문서는 이러한 많은 정보를 더 압축하여 제공하고 그 적용 예들을 제시할 것이다.

1.1. 기본 개념

(6) 일상 진료에서 의사와 의료계는 이미 방사선방호의 근간을 이루는 많은 개념을 사용하고 있다.

(7) 개개 의료방사선 사용은 반드시 **정당화**되어야 한다(해로움보다 더 많은 이익을 제공해야 한다). 예를 들어, 방사선치료가 사용되는 이유는 방사선치료가 암에 의한 사망률과 이환율을 감소시킬 수 있음이 입증되었기 때문이다. 한 종류의 검사나 치료가 일반적으로 정당화된 이후에 개개의 구체적 경우도 정당화되어야 한다. 예를 들어, 어떤 표준 방사선치료 프로토콜이 50세 여성에 대해서는 정당화 되었다더라도, 추가적 고려와 수정 없이 25세 여성에게 적용하는 것은 정당화되지 않을 수 있다.

(8) 의료 행위의 정당화는 방사선과 연관된 대부분의 다른 행위의 정당화와 차이가 있다. 방사선을 의학적으로 이용하는 거의 모든 경우에 있어서, 이익과 잠재적 위험 모두가 같은 사람에게 있다. 원자력발전과 같은 대부분의 방사선 이용은 잠재 이익과 피해가 각각 서로 다른 인구집단에 발생할 수 있다.

(9) 방사선을 이용한 일상적 의료행위와 달리, 임신 환자의 **의료상피폭**은 윤리적 문제까지도 추가적으로 고려해야 한다. 임신 중의 **의료상피폭**으로 인한 위험과 이익을 평가함에 있어서, 적어도 두 사람이 고려되어야 한다. 어머니는 직접적인 이익을 얻을 수 있으나, 태아는 직접 이익 없이 피폭될 수 있다. 반면에, 어머니의 의학적 문제가 생명을 위협하는 수준일 때, 의학적 방사선 조사로 어머니가 생존하게 된다면 이는 분명히 태아에게도 직접 이익이 될 수 있다.

(10) 의료 절차가 정당한 것으로 결정되면, 이제 그 절차는 **최적화**되어야 한다. 이는 적절한 선량으로 임상적 목적을 달성해야 하는 조건을 의미한다. 진단과 치료 모두에 있어서, 너무 낮은 선량은 불충분한 의학적 결과를 낼 것이다. 진단 측면에서는 진단에 부적절한 영상을 얻게 될 것이며, 방사선치료 측면에서는 종양이 치료되지 않을 것이다. 진단에서 과도하게 높은 선량은 종양 발생 위험을 증가시킬 것이며, 방사선치료에서 과도하게 높은 선량은 심각하거나 잠재적으로 치명적인 합병증을 초래할 수 있다.

(11) 의료 절차가 완료된 이후에 선량을 줄이는 것은 매우 드물게만 가능하다.

핵의학에서 검사 이후 선량을 감소시킬 수 있는 소수의 경우가 있다. 예를 들어, 뼈를 스캔한 환자는 음료를 많이 마시고 소변을 보도록 하는데 이는 방광의 선량을 줄이기 위함이다. 진단방사선과 대부분의 방사선치료에 있어서는 절차 후에 방사선량을 줄이는 **개입**이 불가하다. 정당화와 최적화의 간단한 개념은 이 문서 전반에 걸쳐 제시된 원리의 근간을 이룬다.

(12) 이 보고서의 목적상 어머니보다는 수태산물(배아/태아)이 받는 **흡수선량**에 주로 관심을 두고 있다. 수태산물의 흡수선량은 **그레이(Gy)** 혹은 mGy 단위로 적절하게 표현된다. Gy는 100 rad와 같으며 1 Gy는 1000 mGy와 동일하다. **등가선량**과 **유효선량**의 단위는 **시버트(Sv)**이다. Sv는 100 rem과 같다.¹⁾ **선량한도**는 Sv로 주어진다. X선, 감마선 또는 전자를 사용하는 대부분의 의학적 의사결정 행위에 있어서, Gy 단위로 표현된 흡수선량은 Sv로 표시된 등가선량과 그 수치가 본질적으로 동일한 값이다. 의료 이용에서 대개 태아는 균일하게 선량을 받는다고 가정하여, 이 문서에서는 이해하기 쉽도록 선량은 Gy 또는 mGy 단위로만 주어질 것이다.

(13) **직업상피폭**과 **일반인피폭**의 경우, 연간 **선량한도**를 권고하고 있다. 이 한도는 방사선 작업종사자와 일반인을 원자력발전과 같은 선원으로부터 보호하기 위한 의도이다. 환자의 방사선 피폭에는 선량한도를 적용하지 않는데 이는 방사선을 사용하는 결정이 그 개인 환자의 상황에 따라 정당화되기 때문이다. 예를 들어, 어떤 수준의 선량은 의학적 스크리닝 용도로는 정당화되지 않더라도 상태가 매우 심각한 환자에게는 정당화될 수 있다.

(14) 이 문서는 임신의 진단, **인지동의**, 그리고 배아/태아에게 미치는 방사선 영향을 다루는 짧은 절들로 시작한다. 이후의 절들은 진단방사선, 핵의학 또는 방사선치료를 받는 임신 환자의 관리에 대한 내용을 다루고 있다. 이어서 임신한 종사자의 직업상피폭과 연구대상으로 참여하는 임신여성의 문제를 다룬다. 이 문서의 마지막에 피폭 이후의 임신중절에 대한 고려를 다루며, 끝으로 결론과 권고가 주어진다.

1) <역주> Sv를 산출할 때 적용하는 방사선가중치와 과거에 rem을 산출할 때 사용하던 선질계수가 항상 같지는 않으므로 엄밀하게는 1 Sv ≠ 100 rem이다. 그러나 가장 흔한 피폭은 감마선이나 X선 또는 전자 방사선에 대해서는 1 Sv를 100 rem과 같다고 말할 수 있다.

2. 임신의 진단

(15) 정상적인 월경을 해오던 여성에게 무월경 현상이 발생하면, 그렇지 않음이 입증되기 전까지는, 임신 때문으로 간주해야 한다.

(16) 임신 진단은 주의를 요하며, 특히 무월경 초기 몇 주는 더욱 그러하다. 대부분의 경우, 실험실 검사나 영상 검사 없이 임상학적 근거에 의하여 임신여부를 진단한다. 임신의 증후는 가정증후presumptive, 추정증후probable, 확진증후positive의 세 가지로 분류된다. 가정증후는 피부와 점막의 색소침착과 변색을 포함한다. 추정증후로는 자궁의 크기, 형태 그리고 단단함에서 식별 가능한 물리적 변화가 있다. 태아의 심장박동이 감지되고 움직임이 인식되면 이는 확진증후에 해당한다. 불행히도, 위에 언급된 임신증후와 관련된 정보들은 병원에서 환자가 방사선과 혹은 핵의학과로 왔을 때, 즉각적으로 혹은 용이하게 가용하지 않다.

(17) 월경 이력으로 임신여부를 결정하는 것은 신뢰성이 떨어진다. 예를 들어, 부모와 함께 병원에 온 소녀는 자신이 임신을 의심하고 있음을 부인할 것이다. 선진국에서 널리 사용되고 있는 임신 조기감지를 위한 소변 또는 혈청 검사는 매우 감도가 좋고 신뢰할 만하며, 대개 수태 10일 뒤 혹은 (월경주기가 일정할 경우) 최종 월경주기 첫날로부터 24일 이후가 되면 양성반응을 보인다. 이러한 검사방법은 저선량 진단방사선에는 사용되지 않지만, 골반에 고선량을 부여할 것으로 보는 특별한 경우에는 유용하다.

(18) 수태 후 첫 2주간 방사선 피폭을 피하기 위해서, 일부 저자들은 긴요하지 않은 검사는 월경주기의 첫 10일 이내로 제한할 것을 제안해왔다.²⁾ 다음 절에서 다룰 방사선학적 또는 선량학적 고찰에 근거하면 대부분의 경우 이러한 제한이 필요한지는 증명되지 않았다.

(19) 일반적으로 산과 의사들은 임신 단계를 **월경령(齡)/임신령**으로 표현한다. 후자의 경우 태아 성장정도를 파악하기 위한 초음파검사의 결과보고에 주로 사용된다. 이 보고서에서는 최종 월경주기의 첫날을 근거로 한 임신령이나 **수태후령**의 두 가지를 사용한다. 방사선 피폭에 의한 배/태아의 영향은 임신령의 함수로 표현한다. 태아의 발달은 수태후령으로 표현되며, 다음의 세 가지 주요 단계로 구분한다.

2) <역주> 소위 '10일 규칙'이란 것인데 애매함이 있으므로 믿을만 하지 않다.

- 1) 착상전기pre-implantation: 수태부터 착상까지
- 2) 장기형성기organogenesis: 수태 후 3주부터 대략 8주까지
- 3) 태아성장기fetal development: 9주부터 출산까지(이 단계는 8주부터 25주까지의 중추신경계 발달이 이루어지는 중요한 시기를 포함한다).

3. 태내 방사선 조사의 영향

3.1. 일반적 배경

(20) 올바른 진단절차에 의한 태아 선량은 태아 사망, 기형, 그리고 정신발달 지체의 위험을 백그라운드 발생보다 높이 측정 가능할 정도로 증가시키지는 않는다. 치료절차처럼 높은 선량은 태아에게 치명적인 상해를 유발할 수 있다.

(21) 방사선과 연관된 위험은 전 임신기간 동안 존재하며 임신 단계 및 태아의 흡수선량과 관계된다. 방사선 위험은 장기형성기와 초기태아기에 가장 높으며, 제2삼분기에는 다소 감소하고, 제3삼분기에는 가장 낮다.

(22) 태내 방사선 조사에 의하여 세포살상 효과와 종양 유발이 일어날 수 있다. 임상적 방사선 피해는 1)세포살상 혹은 2) 복구되지 않거나 잘못 복구된 DNA 손상에 의한 것이다. 세포살상에 의한 영향은 어떤 수치 이하에서는 영향이 발견되지 않는 실질적 문턱이 존재한다. 문턱값 이상에서는 선량이 높아질수록 영향도 더욱 심각해진다. 백혈병, 암, 그리고 잠재적인 유전적 영향은 복구되지 않거나 잘못 복구된 DNA 손상에 기인한다. 이러한 영향이 발생할 확률은 선량에 따라 증가하며, 그 이하에서는 가능성이 없다고 보는 분명한 문턱값은 존재하지 않는다. 임신 기간에 분할하여 방사선을 피폭하는 경우도 있다. 일반적으로, 주어진 임신령에서 분할하여 받는 방사선 피폭에 의한 영향은 고강도로 빠르게 받는 피폭의 영향보다 낮다.

(23) 실질적 문턱값을 초과하면, 임신 중 전리방사선에 의한 세포살상으로 야기되는 손상은 태아사망, 중추신경계이상, 백내장, 성장지체, 기형 그리고 행동장애를 포함한 광범위한 영향을 초래할 수 있다. 태아의 중추신경계는 매우 민감하며 발달 기간이 길기 때문에, 사람에게서 방사선유발 이상이 발견되었다면 아마도 신경병리학적 이상도 있을 것이다. 이 증후군은 식별이 가능하지만 다른 유해 인자에 의해서도 발생할 수 있다.

(24) 수태산물에 조사된 방사선의 영향은 수태를 기준으로 한 피폭시점과 흡수선량의 크기에 따라 결정된다. 배의 세포수가 적고 세포가 분화되지 않은 시기에, 이 세포들에 미치는 손상은 착상 실패 혹은 인지하지 못한 배 사망을 일으킬 가능성이 높다. 기형은 발생하지 않거나 매우 드물다. 중추신경계와 심장의 발달

이 수태 후 셋째 주부터 시작되지만, 수태 후 첫 두 주간 배아의 피폭이 기형 혹은 배아 사망으로 이어질 가능성은 거의 없다. 수태 셋째 주부터인 주요 장기형성기에는 피폭하는 시점에 발달하는 기관을 중심으로 기형이 발생할 수 있다.

(25) 이러한 영향은 100~200 mGy 혹은 그 이상의 문턱값을 가지고 있다. 이 선량은 대부분의 진단방사선 혹은 진단 핵의학절차에 의해 받는 선량보다 높은 값이다. 예를 들어, 골반 CT 3회 촬영이나 복부 혹은 골반부위 진단X선을 20회 촬영하여도 태아가 100 mGy의 선량을 받지 않을 것이다. 100~200mGy 선량에서 기형의 위험은 낮지만, 선량이 증가하면 위험도 증가한다.

3.2. 중추신경계에 미치는 영향

(26) 수태 후 8~25주 기간에, 중추신경계(central nervous system(CNS))는 방사선에 특히 민감하다. 태아선량이 100 mGy를 넘게 되면, 검증할 수 있는 수준의 IQ 저하를 유발할 수 있다. 같은 시기에 태아선량이 1000 mGy(1Gy)대에 이르게 되면 심각한 정신지체가 발생할 가능성이 높다. 수태 후 8~15주의 기간에 감수성이 가장 높다. 임신령 16~25주가 되면 중추신경계의 방사선 감수성은 감소하며, 그 이후 시기에는 저항력이 커진다.

(27) 발달과정에 있는 중추신경계의 방사선 영향은 세포살상, 세포분화 변성, 또는 신경세포 펼침의 변화로 발생하는 것으로 보인다. 히로시마와 나가사키에서 태내 피폭한 일부 아동의 지능지수(IQ)가 기대치보다 낮은 것으로 보고된 바 있다. 두 가지 주요 정량적 발견이 있는데, 첫째는 선량 증가에 따른 IQ하락이다. 이러한 현상은 태아령과 매우 밀접한 연관이 있다. 태아선량이 100 mGy 미만일 경우 임신령과 상관없이 IQ 하락은 임상적으로 확인되지 않았다. 수태 후 8주에서 15주 사이에 태아선량이 1000 mGy(1Gy)일 경우, IQ는 대략 30점 가량 떨어진다.³⁾ 정도는 덜하지만 16~25주 사이의 태아 피폭에서도 IQ 하락이 발견된다.

(28) 둘째로, '심각한 정신지체'로 분류되는 아동 빈도가 선량에 따라 증가하는 점이다. 이는 예상치 못한 것은 아니다. 태아선량이 높고 IQ가 큰 폭으로 하락했다면, 심각한 정신지체인 아동이 더 많이 태어날 것이다. 임신령 8~15주에, 태아선량이 1000 mGy일 경우, 이러한 영향이 발생할 확률은 대략 40%에 이른다. 수태 후 16~25주 사이에 발생한 피폭에서는 이 영향은 모든 선량 준위에서 덜

3) <역주> 이후 재평가에서는 Gy 당 25점 정도 하락하는 것으로 보고 있다.

현저하고, 나머지 임신 기간 중에는 이러한 현상이 전혀 발견되지 않았다.

(29) 중대한 IQ 감소와 심각한 정신지체가 임상적으로 발견되는 것은 고선량률에 의한 대략 500 mGy 또는 그 이상의 태아선량과 관계된다. 여기서 얻은 결과를 작업자의 만성적 피폭에 그대로 적용하여 위험을 평가하게 되면 아마도 위험을 과대평가할 것이다.

(30) 방사선 영향의 크기를 자연방사선 이외에 다른 피폭이 없을 때 인구 내에서 자연적으로 발생하는 비정상 크기와 대비하는 것이 매우 중요하다. 특정 인구집단에서 정신지체의 일반적인 발생빈도는 그 집단이 사용하는 '정신지체'의 용어정의에 따라 차이를 보인다. 현재 대부분의 기관들은 IQ 70 이하를 정신지체로 정의하고 있다. 현재의 지배적 유형은 IQ 70 이하의 정신지체인 사람의 정규 발생빈도가 대략 3%임을 보이고 있다. 다시 말해서, 자연방사선 외에 방사선 피폭이 없을 때, 100 임신 중 3명의 정신지체아를 낳을 수 있다는 의미이다. 심각한 정신지체(자신을 돌볼 능력이 없는 수준)는 200명 중 1명꼴로(0.5%) 발생한다.

(31) 여러 수정 요인들이 존재한다. 현재 영양실조, 납 중독, 임신 중 풍진 감염, 모체 알콜 중독을 포함한 250 가지 이상의 정신지체 원인들이 확인되었다. 태아선량 100 mGy 수준에서는 정신지체의 자연발생이 방사선에 의한 잠재적 IQ 감소 영향보다 훨씬 크다. 반면에 수태 후 8~15주 사이의 태아선량이 1000 mGy에 이르게 되면, 방사선에 의한 심각한 IQ 감소와 그로 인한 정신지체 발생 확률은 40%에 이르며, 이는 자연발생률인 3%에 비해 매우 높은 값이다.

(32) 때로는 방사선에 의한 정신지체가 다른 지체 형태와 구분될 수 있음에 주목할 필요가 있다. 이소성회색질(heterotopic gray matter)과 소두증에 대해서는 방사선이나 모체 알콜중독을 잠재 원인으로 볼 수 있으나, 정상 머리 크기이며 분만중 산모가 저산소발작을 일으킨 기록이 있는 뇌성마비 아동의 경우 방사선 조사를 뇌성마비의 병인으로 보지는 않을 것이다.

3.3. 백혈병과 소아암의 위험

(33) 방사선은 성인이나 아동에게 백혈병과 다양한 종류의 암을 유발하는 것으로 알려졌다. 대부분의 임신기간 동안 방사선에 의한 배아/태아의 잠재적 암유발 위험은 아동의 위험과 대체로 동일한 것으로 가정한다.

(34) 수태 후 분만까지 방사선에 피폭되면 소아암과 백혈병의 위험이 증가할 것으로 본다. 자연방사선 이상의 방사선을 피폭하지 않은 경우, 0~15세 사이의 소아암과 백혈병의 자연발생률은 1000명 당 2~3명이다. 저선량 방사선 피폭에 의한 위험의 크기와 임신 기간 동안 위험의 변화 여부는 여러 간행물의 주제가 되고 있으나, 자료의 해석은 여전히 논쟁의 여지가 남아있다.

(35) 사람에 대한 연구에서 저선량에 기인하는 낮은 위험은 명확하게 검출하기 힘들다. 역학연구의 한 종류인 증례-대조군 연구에서 임신 여성의 산과 X선 검사가 소아의 암과 백혈병 위험을 증가시킨다는 것을 보인 바 있다. 역학연구의 다른 형태인 코호트 연구를 통해서도 이와 유사한 결과를 얻지 못하였다.

(36) 태내 피폭한 원폭생존자(산과 X선 보다 평균선량이 높은 코호트)의 백혈병률이 증가한 가능성이 있다는 증거가 일부 있다. 그러나 선량 증가에 따른 백혈병 증가 추세는 발견되지 않고 있으며, 아동기 발병도 관찰되지 않았다.

(37) 상대위험과 절대위험을 포함하여, 위험은 여러 다양한 방법으로 표현될 수 있다. 상대위험은 위험을 해당 '백그라운드' 암 위험의 함수로 표현한다. 상대위험 1.0은 방사선에 의한 영향이 없음을 나타내며, 반면에 주어진 선량에서 상대위험이 1.5였다면 이는 방사선에 의하여 암 위험이 백그라운드 발생률보다 50% 증가한 것을 의미한다. 절대위험 평가는 단순히 어떤 인구집단에서 예상되는 암 발생 건수를 초과하여 주어진 방사선량에서 발생한 수를 나타낸다.

(38) 최근 시행된 출생 전 X선 피폭과 소아암에 관한 여러 역학연구에서 약 10 mGy의 태아 선량이 1.4의 상대위험(백그라운드 위험보다 40% 증가한 값)을 주는 것으로 나타나고 있다. 그러나 우수한 방법론을 적용하여 수행된 연구들은 아마도 위험이 이들 역학연구 결과보다 낮을 것임을 시사하고 있다. 상대위험이 1.4보다 크더라도, 백그라운드 소아암 발생빈도가 매우 낮기 때문에(대략 0.2-0.3%), 태내 피폭한 개인이 소아암에 걸릴 확률은 매우 낮다(대략

0.3~0.4%).

(39) 태내 피폭에 따른 0세부터 15세 사이의 암 절대위험의 최근 평가치는 개인이 1000 mGy에 피폭되었을 때 10 000명 중 600명 수준인 것으로 나타났다(10 mGy 당 0.06%). 이 수치는 태내 피폭선량이 10 mGy일 때, 1700명의 아동 중 1명의 암 사망 위험에 해당하는 값이다.

(40) 일본 원폭생존자에 대해 50년간 추적연구를 지속해 왔지만 태내 피폭에 의한 초과 암이 명확하게 밝혀지지 않는 않았다. 물론 원폭생존자 중 태내 피폭자 수는 많지 않다.

3.4. 수태 전 피폭

(41) 수태 전 부모 생식선의 방사선 피폭으로 소아의 암이나 기형을 증가시킨다고 보인 바는 없다.

(42) 곤충이나 다른 동물에 대한 초기연구 결과에 의하여, 유전적 영향은 잠재적 방사선 상해의 주요 대상으로 가정되어 왔다. 그러나 지난 30년간, 수태 전 부모의 생식선 피폭이 자손에게 방사선과 연관된 비정상을 전달할 위험은 확인되지 않았다. 원폭생존자의 자녀와 손자들에 대한 포괄적인 연구는 부모의 방사선 피폭과 연관된 어떠한 유전 영향도 밝혀내지 못했다. 또한 방사선치료를 받은 소아암 생존자를 대상으로 한 새로운 연구도 그들의 자녀들에게 유전적 영향이 미친다는 것을 보여주지 못했다.

(43) 그럼에도 불구하고, 여성의 경우 방사선치료 이후 몇 달이 지날 때까지는 임신하지 말 것을 권고하고 있다. 이러한 권고는 성숙한 난모세포가 미성숙한 난모세포보다 방사선에 더 민감하다는 생쥐 실험 결과에 기반을 두고 있다. 임신을 자제하기 위한 특정 개월 수의 사용은 임의이다. 500 mGy를 초과하는 선량에 대한 상당한 인체 데이터가 부족하지만, 신중한 입장에서 일부 저자들은 임신 전 난소 선량이 500 mGy 이상일 경우 적어도 2달 이상 임신을 연기할 것을 권고하고 있다.

(44) 이러한 논의는 이론적일 뿐 실제상황에서 별로 중요하지 않다. 이렇게 고선량을 받은 대부분의 환자는 심각한 내분비 기능장애나 암 환자이고, 따라서 방사

선 외적 이유(특히 질병의 재발 여부를 확인하기 위해서)로 임신 연기를 요구받는 경우가 대부분이다. 방사선의 피해를 입지 않은 자녀를 얻기 위해, 종종 임신을 미룰 것을 요청받게 된다. 이 주제는 위의 방사선치료와 연관된 절에서 더 다룬다.

4. 인지동의와 이해

(45) 임신 중인 환자나 작업종사자는 태내 피폭에 의해 발생할 수 있는 잠재적 방사선 영향의 종류와 크기에 대해 알 권리가 있다.

(46) 위험 부과를 어떻게 윤리적으로 정당화할 지를 보는 표준 방법들이 있다. 세 가지 주요 인자가 있는데 동의, 역할책임(role-related responsibility), 치유/보상이 다. 방사선 피폭과 임신 여성을 고려할 때 처음 두 인자가 가장 중요하다.

(47) 개인을 위험에 처하게 하는 것은 본인이 위험부과에 동의할 때 윤리적으로 정당화 될 수 있다. 의료에서, **인지동의주의**(doctrine of informed consent)는 일반적으로 비-응급 의료절차를 받기에 앞서 고려하는 의료절차가 자신의 건강이나 생계에 끼칠 수 있는 위험에 대하여 충분한 설명을 듣고 동의할 것을 요구한다.

(48) 인지동의⁴⁾를 구할 위험의 수준과 실질적으로 동의를 얻는 방법은 나라별로 법률 체계에 따라 달리 운영되고 있다. 일반적으로 인지동의에는 다섯 가지 기본 요소가 있는데, 환자가 행동할 수 있는지, 충분한 설명을 들었는지, 설명을 이해했는지, 자발적으로 행동하는지, 의료개입에 동의하는지이다. 설명의 필요성과 수준은 합리적인 사람이 믿기를 방사선에 조사될 모체의 의사결정에 중요하다고 보는 바에 따라 측정된다.

(49) 임신이 알려졌거나 의심되는 환자 또는 작업종사자가 연관된 상황에서는 모체의 위험뿐만 아니라 태아의 위험도 고려해야 한다. 이러한 경우, 어머니는 자신에 대한 결정을 내려야 할 뿐만 아니라 태아를 보호해야 하는 역할책임이 있다.

(50) 설명의 수준과 정도는 위험의 수준에 따라 결정되어야 한다. 흉부 X선과 같이 저선량을 부여하는 의료절차의 경우, 예상되는 위험이 극히 작다는 것을 구두로 확인시켜주는 정도의 정보면 충분하다. 태아선량이 약 1mGy 또는 그 이상이라면 일반적으로 더 자세한 설명이 필요하다.

(51) 정보는 방사선에 의한 잠재적 위험뿐만 아니라 방사선을 사용하지 않는 다

4) <역주> ‘informed consent’를 ‘인지동의’로 번역한다. 인지동의란 용어가 현재 현장에서 잘 사용되는 말은 아니지만 무난한 표현으로 생각하여 이를 채택했다.

른 의료절차에 대한 것도 포함하고, 또 그러한 의료절차를 취하지 않았을 때의 위험도 포함해야 한다. 이러한 설명과 동의를 문서화할 정도도 가변적이지만 대다수 의사들은 상담 혹은 동의에 관한 기록을 환자나 종사자의 기록에 포함시킨다.

5. 진단방사선

(52) 진단방사선 검사가 의학적으로 요구된 거의 대부분의 경우, 의료절차를 겪지 않은 모체의 위험이 태아가 받을 수 있는 잠재적 위험보다 크다. 대부분의 진단절차에 의한 방사선량은 태아 사망, 기형, 정신발달 손상 등을 유발할 유의한 위험을 초래하지 않는다. 만약 태아가 직접적으로 빔에 노출되는 경우라면 그 의료절차는 태아선량을 낮추기 위해 조정되어야 하고 조정될 수 있다.

5.1. 조사 전

(53) X선 검사에 앞서 환자의 임신 여부, 태아가 직접 빔에 위치하는지, 그리고 상대적 고선량을 부여하는지가 결정되어야 한다.

(54) 임신을 배제할 만한 어떤 정보(예: 자궁절제술, 자궁관결찰술)가 없을 경우, 월경이 늦었거나 거른 가임연령 여성이 X선 검사를 받으러 왔다면 임신한 것으로 간주하는 것이 신중한 접근이다. 나아가 모든 가임연령 여성에게는 자신의 임신여부나 임신 가능성을 질문해야 한다.

(55) 실수로 배아나 태아가 방사선을 피폭하는 빈도를 최소화하기 위하여, 진단 X선과의 여러 곳(특히 과 접수처)과 진단 X선 장비(치과용 제외)가 사용되는 기타 장소에 주의사항을 부착해야 한다. 주의사항의 예는 다음과 같다:

임신했을 가능성이 있는 여성분은 X선 촬영 전에 반드시 의사나 방사선사 /기사에게 알려십시오.

(56) 진단방사선의 경우 대개 태아선량은 50 mGy보다 충분히 낮기 때문에 일반적으로 임신 테스트는 시행하지 않는다. 고선량의 복부 또는 골반 투시진단(예: 색전술)이 계획되었을 경우에는 환자의 신뢰성과 이력을 참조하여 임신 테스트를 의사가 요구할 수 있다.

(57) 환자가 임신하였거나 그 가능성이 높은 것으로 판명되면, 일반적으로 진단절차에 앞서 몇 단계의 조치들을 취한다. 이러한 정보에 접한 기사나 직원은 방사선과 의사에게 정보를 전달해야한다. 통상 방사선과 의사는 태아가 1차 X선 빔에 노출되는지의 여부부터 결정한다. 태아가 1차 X선 빔에 노출되지 않을 경

우 태아의 위험은 극히 낮은데, 가장 중요한 것은 양질의 방사선진단 즉, 바른 진단을 달성하면서 피폭 유형과 횟수를 최소화하는 것이다.

(58) 태아가 빔에 직접적으로 조사될 경우, 진단절차의 선량이 상대적으로 낮은지(예: 1회의 복부 단순촬영) 혹은 높은지(예: 투시진단) 여부를 확인해야 한다. 만약 고선량 절차일 경우, 전리방사선을 사용하지 않는 다른 형태의 검사법(예: 초음파)으로 원하는 진단정보를 획득할 수 있는지를 결정하는 것이 종종 유용하다. 그러한 대안이 가용하지 않을 경우 임신의 단계, 예상 태아선량, 검사의 의료적 필요, 검사를 연기할 경우의 위험에 대한 분석이 이루어져야 한다. 태아선량, 의료적 필요 및 검사 연기의 위험은 임신 단계에 따라 달라진다. 종종 주치의와 문제점들을 논의하는 것이 도움이 된다.

(59) 일반 흉부촬영과 X선 골반계측의 두 가지 특정 진단촬영에 대해서는 부가 설명이 필요하다. 세계보건기구WHO는 1992년 지역의 임상적 결핵silent chest 발병이 높지 않다면 임신한 모체의 일반 흉부촬영을 하지 않는 것으로 결론지었다.

(60) 역사적으로 여러 나라에서 골반계측(산도측정)은 태아피폭의 중요한 피폭원의 하나이다. 때때로 방사선 골반계측이 유용하기는 하나, 반드시 유용할 것으로 간주되는 드문 경우에만 사용해야 하며 일상적으로 사용해서는 안 된다(WHO, 1999). X선 골반계측은 출산과 분만을 담당하는 의사에게 매우 제한된 부가정보만을 제공한다. 통계적 분석에 따르면 분만 과정과 골반계측 사이의 상관관계가 낮음이 밝혀졌다. 드물지만 임상의사가 골반계측이 의료처치 결정에 필요할 것으로 판단한 경우에는 그 근거를 분명히 명시해야만 한다.

(61) 현재, 컴퓨터 기술(디지털 방사선촬영)을 적용하여 골반계측에 의한 태아선량을 감소시키려는 시도들이 있으나, 일반적으로 그러한 장치가 이 목적에 가용하지 않거나 사용되지 않는다. 전리방사선을 사용하지 않는 초음파검사가 산과 의사에게 필요한 대부분의 정보를 제공한다.

5.2. 검사 중

(62) 태아가 X선을 직접 피폭하는 촬영이 요구되고, 촬영절차를 출산 이후까지 연기할 수 없는 경우에는 태아선량을 최소화하기 위한 조치를 취해야한다.

(63) 흉부, 두개골, 수족(둔부 제외)과 같이 태아와 멀리 떨어진 부위에 방사선촬영이나 투시촬영이 의학적으로 필요할 경우, X선장치가 적절하게 차폐되어 있고 빔 집속(collimation)을 사용한다면, 임신기간 중 언제라도 안전한 촬영이 가능하다. 절차의 맞춤은 대체로 불필요하다.

(64) 임신 여성이 태아가 직접 조사될 수 있는 복부나 골반의 진단X선 검사를 필요로 한다면, X선 검사가 실제로 그 시점에서 필요하며 출산 이후까지 연기될 수 없는 것임을 확인하기 위한 특별한 주의가 요구된다. 일반적으로 태아의 방사선 위험은 요구되는 진단을 거치지 않음에 따르는 위험보다 매우 낮다. 이러한 경우, 태아의 흡수선량을 최소화하기 위한 조치들을 취해야 한다. 그러나 진단기법의 변경이 X선 검사의 진단 가치를 부당하게 저하시키지는 않아야 한다.

(65) 아마도 맞춤검사로 태아 피폭을 감축할 수 있는 가장 일반적인 방법으로는 관심 있는 바로 그 특정부위로만 빔을 집속하는 것과, kVp 증가, 산란방지 그리드 제거, 촬영 횟수 감소 등이 있다.

(66) 전형적인 예로서 말단 요로결석에 의한 폐색이 있는 것으로 의심되는 임신 여성의 경우를 살펴보자. 초음파는 신집합관 계통의 확장을 보여주지만 막힌 정도나 결석의 크기를 보여주는 것은 힘들다. 일반적인 정맥요로조영술(예비 사진과 7장 정도의 연속적인 정맥조영제 투여 후 사진을 얻음)을 수행하는 대신, 한 장의 예비 사진과 조영제 투입 10분 뒤의 단일 사진으로 진단할 수 있다.

(67) 자궁이 영상범위에 포함되는 전산화단층촬영(CT)의 경우, 전형적인 태아 흡수선량은 대략 10~40mGy에 이른다. 다행히, CT 스캐너의 일차 방사선 빔은 매우 유효하게 집속되어있고 위치확인영상(scout view)에 의해 위치에 따라 정밀하게 조절할 수 있다. 다른 촬영절차에서와 같이, 복부와 골반 전 영역을 촬영하기 보다는 해부학적으로 관심이 있는 영역(예를 들어, 신장)에 제한적으로 촬영하는 것이 가능하다.

(68) 진단방사선에서 복부 또는 골반 투시촬영에 의해서도 높은 태아선량이 발생한다. 태아선량을 조절하는 최고의 방법은 노출 시간을 조심스럽게 최소화하는 것이다. 양질의 기술이 적용되었을 경우, 발름관장검사에 의한 태아선량은 3~7mGy 범위에 있다. 투시시간의 증가로 인해, 이중조영 발름관장은 종종 단일 조영 발름관장에 의한 검사보다 두 배 높은 선량을 받게 된다. 임신이 인지되지 않을 경우, 투시의 시간제한에 주의를 기울이지 않을 가능성이 있다. 투시 시간

이 7분을 넘게 되면, 태아선량은 50 mGy에 이르거나 그 이상이 될 수도 있다.

(69) 고선량 진단절차가 수행되고, 태아가 1차 X선 빔에 피폭된 것이 확인되면, 태아선량 평가가 가능하도록 기술적 인자들을 기록해야 한다. 주요 인자로는 그리드의 사용여부, kVp, 선량률, 투시시간, 선량면적곱(DAP), 기하학적 배열, 그리고 투영횟수가 있다.

5.3. 조사 후

(70) 일반적으로 진단방사선의 경우 태아가 빔에 직접 노출되지 않았다면 선량 평가를 수행할 필요는 없다. 골반 투시에 의한 태아선량 평가는 단순 진단촬영이나 CT에 의한 선량의 평가보다 더 많은 불확실성이 있다.

(71) 임신한 환자의 진단방사선 촬영은 태아에게 발생할 수 있는 영향에 대한 우려를 일으킨다. 대부분의 진단촬영에 의한 수태물의 선량이 낮음에도 불구하고 이러한 염려는 추가적인 진단 촬영의 연기나 보류, 심지어 임신중절과 같은 적절하지 않은 결과로 이어지기도 한다. 이러한 절차에 의한 태아선량은 거의 대부분 100 mGy(방사선 유발 기형이 발생할 수 있는 최저 문턱값이며, 방사선 유발 암 확률도 매우 낮다) 이하이기 때문에, 진단절차에 의한 태아 피폭은 거의 모든 경우에 있어서 중절을 정당화시키지 못한다.

(72) 태아가 X선 빔에 있지 않은 낮은 선량 검사(예: 모체의 흉부 X선 촬영) 이후에는 개별적인 태아선량 평가가 필요하지 않다. 그러나 고선량인 복부나 골반 CT 촬영 또는 투시 이후에는 자격 있는 전문가가 흡수선량과 그에 따른 태아의 위험을 평가해야만 한다. 전문적이고 신중하게 표현된 권고로서, 환자 당사자나 배우자, 또는 기타 관련된 사람들이 그들 스스로 결정을 내릴 수 있는 입장이 되도록 해야 한다. 이 점은 제10절에서 더 다루도록 하겠다. 방사선피폭에 의한 위험은 태아선량과 태아령에 밀접한 관계가 있다.

(73) 복부 혹은 골반에 대한 단순한 필름 방사선검사에 의한 배아 또는 태아의 흡수선량을 결정하는 것은 까다로운 일이지만, 대개 50%의 오차범위 내에서 선량을 평가할 수 있다. 진단방사선 촬영검사의 경우, 빔 에너지와 연관된 기술 인자를 안다면 피부에서 필름 당 평균 조사선량을 사용하여 특정 깊이에서의 흡수선량을 평가할 수 있다. 기술 인자들을 잘 모를 경우에는 난소의 평균 선량을 근

사적인 태아선량으로 간주할 수 있다.

(74) 표1은 영국에서 통상적인 일상검사 절차에 의한 자궁 또는 태아 선량의 전형적인 값을 제시한다. 노출 전에 임신 사실을 알게 되어 맞춤검사를 수행하면 제시된 선량보다 낮출 수 있다.

표1. 영국에서 일반적 진단절차에 의한 대략적인 태아 선량(Sharp, Shrimpton, Buiy 1998의 자료에서 인용)

촬영 종류	평균 (mGy)	최대값 (mGy)
재래식 X선 검사		
복부	1.4	4.2
흉부	<0.01	<0.01
징맥요조영술	1.7	10
요추	1.7	10
골반	1.1	4
두개골	<0.01	<0.01
흉추	<0.01	<0.01
투시검사		
바륨식(상부위장관, UGI)	1.1	5.8
바륨관장	6.8	24
전산화단층촬영		
복부	8.0	49
흉부	0.06	0.96
머리	<0.005	<0.005
요추	2.4	8.6
골반	25	79

(75) 특정 국가에서 진단방사선 검사에 의한 선량에 대한 조사를 수행하면 같은 검사에 대해서 30배 또는 그 이상으로 차이가 발견되고 있음에 주목해야 한다. 이러한 차이는 kVp의 변화, 파형, 필터, 그리드 사용 여부, 필름과 스크린의 조합, 필름 처리와 기타 여러 인자들과 관계된다. 디지털 투시장비에 의한 선량이 기존 장비보다 선량이 낮을 것으로 기대하는 일반적인 경향이 있으나, 실제에서는 종종 낮지 않다. 결과적으로, 태아선량이 10 mGy를 초과할 것으로 예상될 경우, 태아선량을 측정하고 계산함에 기관 고유의 방법이 필요할 수 있다.

(76) 모체의 두께, 자궁의 전경 또는 후굴 여부, 심지어 방광의 팽창과 같은 환자의 해부학적 특성 또한 태아선량에 상당한 영향을 준다. 종종 '태아 선량'을 언급할 때 선량이 균일할 것으로 가정하나, 이는 임신 초기에만 해당한다. 태아가 성장할수록 흡수선량의 분포는 더 불균일해진다. 또, 단 한 차례의 진단 검사만

받는 환자는 거의 없으므로 임신기간 중에 다른 진단 검사를 받은 적이 있는지 살펴보는 것이 필요하다.

(77) 투시로 인한 태아선량 평가는 더욱 까다롭고, 일반적인 진단촬영 검사보다 불확실성의 폭이 넓다. 투시 시간과 빔의 위치를 모르는 상황에서 선량을 정확하게 평가하는 것은 매우 어렵다. 불행히도 투시 시간을 비롯하여 기타 유용한 인자들이 종종 기록되지 않는다. 심지어 이러한 인자들을 파악했다 하더라도, 방사선과 의사들이 대개 투시용 빔을 이동하며 검사하기 때문에 태아가 1차 빔에 얼마나 오래 동안 노출되었는지 확신하기 어렵다.

(78) 투시에 의한 선량에 영향을 주는 다른 인자들로 재래식 혹은 펄스형 투시 사용여부, 확대 모드, 그리드 사용여부 등이 있다. 일반적으로 이러한 인자들은 기록되지 않으므로 의료 시설에서 일반적으로 시행되는 절차에 근거하여 평가해야 한다. 대부분 투시의 경우, 태아선량의 '최선 추정' 평가가 이루어지며, 때로는 '최악의 경우'에 해당하는 태아선량도 평가한다. 통상적으로 최선 평가치와 그 불확도를 환자나 주치의에게 알린다.

6. 핵의학

(79) 선진국에서 시행되는 대부분의 진단 핵의학절차는 다량의 태아선량을 부여하지 않는 단반감기 핵종(예: ^{99m}Tc)을 사용한다. 핵종이 태반을 건너지 않을 경우 태아선량은 모체 조직 내의 방사능으로부터 유발된다. 그러나 태반을 건너 특정 장기나 조직에 축적되는 일부 방사성의약품(예: 옥소 동위원소)들은 태아에게 유의한 위험을 야기할 수 있다.

6.1. 조사 전

(80) 임신 여성에 대해 핵의학 검사가 제안되면, 의학적 상황이 참으로 즉각적인 치료를 필요로 하는 것인지 확인하는 배려가 있어야 한다. 필요한 진단절차의 경우, 진단하지 않을 때 어머니의 위험이 태아의 방사선 위험보다 높다. 투여하는 방사능의 양을 줄일 수 있는지 반드시 검토해야 한다.

(81) 가임연령대의 여성에 대해서는 임신 가능성과 핵의학 검사의 정당성을 고려해야 한다. 태아의 조사를 방지하거나 최소화하기 위해 권고된 지침은 다음과 같다.

(82) 환자의 임신가능성을 판단하기 위해 신중히 면담해야 한다. 청소년기 환자의 임신 가능성을 확인하기 위해서는 특별히 신중을 기해야한다. 배아 및 태아가 불의의 방사선을 피폭하는 빈도를 최소화하기 위하여 주의사항을 핵의학과 내 여러 곳(특히 접수처)에 부착해야 한다. 주의사항의 예는 다음과 같다.

임신했을 가능성이 있을 경우, 방사성물질 투약 이전에 의사나 기사에게 반드시 알리기 바랍니다.

(83) 많은 환자들이 감마카메라 촬영이 시작되면서 핵의학 검사에 의한 피폭이 발생하는 것으로 착각하여 방사성의약품이 투여될 때는 임신가능성에 대해 말하지 않는다. 따라서 방사성의약품 투여 이전에, 핵의학 검사가 요청된 모든 가임 여성에 대하여는 임신을 배제할만한 정보(예: 자궁절제술, 자궁관결찰술)가 없고 월경이 늦었거나 걸렸다면 임신한 것으로 간주하는 것이 필요하다. 월경주기가 불규칙할 경우, Tc 외 핵종 또는 치료용 방사성의약품의 투여가 요청되었다면 핵의학 절차에 들어가기 전에 임신 테스트를 실시해야 한다.

(84) 많은 실험실에서는 모든 여성에게 모유수유 여부를 밝힐 것을 요구하고 있다. 왜냐하면 방사성의약품이 모유를 통해서 아기에게 전달될 수 있기 때문이다. 대부분의 핵의학 조사의 경우 최소한 얼마동안 모유수유를 중단할 것을 권고하고 있다. ^{22}Na , ^{67}Ga , ^{201}Tl 을 투여했거나, 표지 마노산labelled hippurate이 아닌 모든 ^{131}I , ^{125}I 방사성의약품을 투여한 이후에는 대개 3주간 모유수유를 중단한다. 옥소 표지 마노산이나 적혈구세포, 유기인산염phosphonate, DTPA에 표지되지 않은 모든 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 화합물을 투여했을 경우에는 12시간 동안 모유수유를 중단한다. 적혈구세포, 유기인산, DTPA에 표지된 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 의 경우 최소 4시간 동안 모유수유를 중단한다.

(85) 때때로 핵의학 검사나 치료 이후에 임신하는 것에 대한 적합성 여부가 질의되곤 한다. ICRP는 잔류 방사성핵종에 의한 잠재적 태아선량이 1mGy 이하로 떨어지기 전까지는 임신하지 말 것을 권고한 바 있다. 이 권고는 방사성옥소치료나 ^{59}Fe (대사 연구) 또는 ^{75}Se (부신 촬영)으로 표지된 핵의약품을 제외한 대부분의 경우 해당되지 않는다. ^{59}Fe 와 ^{75}Se 는 물리적 반감기가 길고 체내 잔류시간도 길기 때문에, 각각 6개월과 12개월간 임신을 피할 것을 권고하고 있다. 방사성옥소 치료와 관련된 특별한 조건에 대해서는 뒤에서 더 논의한다.

6.2. 진단 검사 중

(86) 임부 조직 내의 핵종이 태아 선량에 기여하므로, 모체에 수분공급을 늘려 배뇨를 자주하면 여러 방사성의약품 투여 이후의 태아선량을 감소시킬 수 있다.

(87) 태아피폭은 어머니의 장기 및 조직 내에 있는 방사능에 의한 외부피폭 뿐만 아니라, 태반 전이에 따른 태아 조직 내에 분포된 방사성의약품에 기인한다. 방사성의약품의 물리적, 화학적, 그리고 생물학적 성질이 가능한 태반 전이의 결정 인자이다.

(88) 일부 방사성의약품(예: 방사성옥소)은 자유롭게 태반을 건너 전이하여 태아 조직에 흡수되고 조직을 조사한다. 일부 천연 대사산물 유사체(예: 칼슘에 대한 방사성 스트론튬, 칼륨에 대한 방사성 세슘)는 잘 전이되지 않는다. 어머니 체내에 잔류해 있으나 태반을 건너지 않는 방사성의약품(예: 방사성콜로이드)은 태아의 외부 피폭선원으로만 작용한다.

(89) 적은 방사능을 투여하고 대신 촬영 시간을 연장함으로써 태아 흡수선량을 감소시킬 수 있다. 환자의 상태가 매우 심각하지 않고 움직이지 않을 수 있다면 이 방법을 실행할 수 있다. 때때로 방사선량을 낮추기 위해 절차를 조정할 수도 있다. 전형적인 예는 폐의 색전을 배제하기 위해 요구된 임신 환자의 환기 관류 페스캔이다. 일반적으로 많은 실험실은 환기스캔을 먼저 수행하고, 관류스캔을 시행한다. 폐에 색전이 있을 것으로 추정되는 특별한 경우에는 관류스캔을 먼저 시행할 수 있는데 결과가 정상이라면 환기스캔은 하지 않아도 된다.

(90) 페스캔에서 환기부에 사용할 방사성의약품의 선택도 태아선량에 영향을 줄 수 있다. ^{133}Xe 가스를 이용하여 스캔하면 태아선량은 매우 낮다. 그러나 $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$ 에어로졸을 이용하여 환기스캔을 할 수도 있는데 이 물질은 흡수된 뒤 신장을 통하여 배출되며, 방광에 있는 동안 태아피폭에 기여한다.

(91) 모체의 신장을 통해 빠르게 배출되는 방사성의약품은 모체의 방광이 저장소 역할을 함으로써 태아 피폭의 주요 선원이 된다. 이런 형태의 방사성의약품을 투여한 뒤에는 반드시 모체에 수분공급을 늘리고 잦은 배뇨를 독려해야 한다. 그러나 대변으로 배설되는 방사성의약품에 대해 하제를 투여하는 방법은 태아선량 감소에 거의 도움이 되지 않는다.

(92) 가정에 임신한 가족 구성원이 있는 핵의학 환자는 자신이 어느 정도의 선량을 유발하는지를 질문한다. 일반적으로 환자 체내 핵종이 완전히 붕괴할 때까지 총 선량을 0.5m 또는 1m 거리에서 산출한다. 대부분의 진단 핵의학 절차 이후의 총 붕괴선량은 환자로부터 0.5m 거리에서 0.02~0.25 mGy이며, 1m 거리에서는 0.05~0.1mGy이다. 이는 임신한 가족구성원에게 유의한 위험을 끼치지 않음을 의미한다.

6.3. 갑상선항진증과 갑상선 암의 핵의학 치료

(93) 방사성옥소는 쉽게 태반을 건너며, 치료준위 투여는 태아에게 유의한 문제를 초래할 수 있는데 특히 영구 갑상선항진증이 우려된다.

(94) ^{131}I 요오드화물과 ^{32}P 인산염을 포함한 일부 방사성의약품은 태반을 빠르게 건널 수 있기 때문에, 이들 핵종을 사용하여 치료하거나 갑상선 암에 대해 ^{131}I 전신스캔을 실시할 때에는 환자의 임신 가능성을 매우 신중하게 고려해야 한다.

원칙적으로, 임신 여성의 경우 생명이 위독하여 방사성핵종을 이용한 치료가 반드시 필요한 상황이 아니라면, 방사성물질을 이용해 치료해서는 안 된다. 매우 드물게 어머니를 구하기 위해 불가피한 경우에는 잠재적인 태아 흡수선량과 위험을 평가하여 환자 및 주치의에게 알려야 한다. 이때는 임신중절도 고려된다.

(95) 여성의 경우, 갑상선 암은 15세에서 45세 사이의 연령에서 진단된 머리 및 목 부위의 암 중 80% 이상을 차지한다. 갑상선 암은 대부분의 다른 암보다는 공격성이 떨어진다. 따라서 수술이나 방사성옥소 치료가 종종 출산 이후로 연기되어 행해진다. 임신 기간 중 치료가 수행되어야 한다면 일반적으로 임신 제2 또는 제3 삼분기 중에 외과수술을 채택한다.

(96) 방사성옥소는 태반을 쉽게 건너고, 태아의 갑상선은 대략 태령 10주부터 옥소를 축적하기 시작한다. 방사성옥소 치료는 임신 여성에게는 근본적으로 금지되어 있다. 만약 갑상선 암을 치료하기 위해 방사성옥소 치료법이 사용되어야 하더라도 분만 후까지 연기해야 한다. 또한 분만 후 치료하더라도 방사성옥소가 모유를 통해 배출되므로 의사는 치료 선량 후에는 모유수유를 완전히 멈추도록 해야 한다. 만약 이러한 조치가 시행되지 않으면 아이가 영구 갑상선항진증이 되거나 후속으로 높은 갑상선 암 위험에 처할 수 있다.

(97) 임신이 아닌 것으로 생각한 여성이 갑상선 암 치료를 받게 되어 방사성옥소 투여 뒤에 임신 사실이 밝혀지면 어려운 문제가 된다(107, 108항 참조). 종종 월경력을 통해서만 환자가 임신하지 않았다는 사실을 확신할 수 없다. 대부분의 선진국에서는 난관결찰술이나 자궁절제술 등에 의해 임신이 불가능한 상황이 아니라면, 가임연령 여성에게 고선량 ^{131}I 스캔이나 치료를 하기 전에 임신 테스트를 실행하는 것이 일반 관행이다. 그럼에도 불구하고 임신 여성의 방사선 치료가 행해지고 있는데, 이는 잘못된 이력 때문이거나 임신 테스트가 아직 양성반응을 보이지 않는 초기 임신단계로 인한 경우이다.

(98) 대개의 경우 임신 초기이고 주요 문제는 모체의 방광에 있는 방사성옥소에서 방출되는 감마에 의한 수태물의 전신 피폭이다. 임신 기간 동안, 투여된 방사능에 의한 태아의 전신 선량은 50~100 $\mu\text{Gy}/\text{MBq}$ 이다. 이 선량은 환자에게 수분 공급을 늘이고 잦은 배뇨로 낮출 수 있다.

(99) 만약 수태 8주 이후(태아의 갑상선에 옥소가 축적될 가능성이 있다) 옥소 투여 12시간 이내에 임신 사실이 밝혀졌을 경우, 산모에게 60~130 mg의 안정한

요오드화 칼륨(KI)을 투여하면 태아의 갑상선 흡수를 부분적으로 차단하여 갑상선 선량을 줄일 수 있다. 방사성옥소 투여 12시간이 지난 뒤에는 이 요법이 큰 효과를 보지 못한다.

(100) 임신 기간 중에 어머니의 갑상선항진증이 발생할 수 있다. 이 경우 진단은 방사성옥소 섭취검사나 방사성옥소 심광조영술(scintigraphy)보다는 혈청 호르몬 측정법으로 이루어져야 한다. 방사성옥소 치료는 종종 출산 이후까지 연기될 수 있으며, 임신 중에는 약물 치료를 받을 수 있다. 역시 중요한 문제는 환자가 방사성옥소에 의한 치료 투여량을 받은 뒤에 임신이 밝혀지는 경우인데 위에서 언급한 바와 같은 원리를 적용해야 한다.

(101) 대부분의 여성 환자들은 방사성옥소 치료 이후 최소 6개월간 임신하지 말 것을 권고 받는다. 이는 예상되는 유전적 방사성영향 때문이 아니라 1) 갑상선항진증 또는 암의 제어 여부, 2) 환자가 임신했을 때 더 이상의 방사성옥소 치료를 필요로 하지 않는다는 것을 확신해야 하기 때문이다. 이것은 모체의 건강을 위해 의학적으로 요구되지 않는다면 모체내의 방사성옥소가 충분히 제거되어 태아가 1 mGy를 초과하는 선량을 받지 않음을 보장해야 한다는 ICRP의 권고안에도 기반을 둔다.

(102) 때때로 ^{32}P , ^{89}Sr 또는 ^{131}I 메타아이오도벤질퀴니딘(metaiodobenzylguanidine)을 치료에 사용하는 경우가 있다. 태아선량을 1mGy 이하로 유지하기 위하여 각각 3, 24, 그리고 3개월간 임신을 피해야 한다.

(103) 방사성옥소 치료를 받은 환자는 가족들에게 상당한 방사선원이 될 수 있다. 체내 방사능이 완전히 붕괴될 때까지(대략 10주 정도 소요됨) 환자의 가족들이 받는 선량은, 환자로부터 0.5m 거리에 있는 것으로 가정했을 때, 갑상선항진 환자의 경우는 대략 1.3 mGy이며, 갑상선 암일 경우에는 6.8 mGy이다. 더욱 주의해야 할 사실은 이와 같은 환자들은 직접 신체 접촉이나 간접적인 과정에 의하여 방사성옥소 오염이 가족들에게 전이되지 않도록 조심해야 하는 점이다.

6.4. 조사 후

(104) $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 방사성의약품을 사용한 진단핵의학 절차를 거친 뒤에는 일반적으로 태아선량을 신중하게 평가할 필요는 없다. 만약 부주의로 방사성옥소나 갈륨 갈

은 방사성의약품을 투여했을 경우, 태아선량 계산과 잠재적 위험 해석에 보다 주의가 필요하다.

(105) 진단방사선 절차와 마찬가지로, 핵의학 절차를 거친 임신 환자는 불안에 빠질 수 있다. 핵의학의 경우 투여된 방사성 물질이 모체내로 투입되었고, 체내에서 얼마간의 시간동안 잔류하며, 태반을 건너 태아에게 옮겨갈 수도 있다는 사실을 인지하면, 불안의 정도는 더 커질 것이다. 이 때문에 환자나 남편 혹은 관련된 사람들이 잠재적인 방사선 위험을 바르게 이해할 수 있도록 더 잘 설명해주는 것이 필요하다.

(106) 진단방사선 촬영과는 대조적으로, 핵의학에 의한 태아선량은 부여된 방사능에 지배적으로 의존하며 촬영 기기와는 무관하다. 표2에 일반적인 방사성의약품에 의한 전형적인 자궁/태아 선량을 제시하였다. 대부분의 방사성의약품은 투여되기 직전에 방사능을 측정하고 기록한다. 질환이 매우 심한 환자의 경우에는 방사성의약품의 대사 및 축적되는 위치에 상당한 개인차가 존재할 수 있지만, 임신 여성의 경우 방사성의약품이 본질적으로 정상 분포하여 평가한 태아선량의 정확성은 무난할 것이다.

(107) 치료준위 방사성옥소를 투여하고 금방 임신사실을 알았다면, 모체에 수분공급을 높이고 잦은 배뇨를 권장하여 모체 내 방사능을 제거하고 방사성옥소의 방광 잔류시간을 줄이도록 해야 한다.

(108) 방사성옥소 투여 후 수 시간 이내에 임신사실을 알았고 태아가 갑상선기능을 발휘할 수 있을 정도로 충분히 자란 시기라면, 요오드화칼륨과 같은 갑상선 차단제의 투여를 고려해야 한다. 만약 임신사실이 뒤늦게 발견되면, 방사성옥소의 태반 전이가 일어나 태아의 갑상선이 높은 흡수선량을 받게 되고, 결국 유의한 갑상선 손상을 입을 수 있다. 일반적으로 태아 전신선량은 100 mGy 이하이므로 임신을 중절할 이유는 없으나 어머니는 일반적 수준의 갑상선 호르몬 교환을 받아야 한다.

표2. 임신초기 및 임신말기에 행해진 일반적인 핵의학 검사에 의한 태아 전신선량
 [Russell, Stabin, Sparks 등(1997), ICRP(1998), ICRP(1998)의 자료 참조]

방사성의약품	절차	투여 방사능 (MBq)	초기 (mGy)	9개월 쯤 (mGy)
^{99m}Tc	뼈스캔(인산염)	750	4.6~4.7	1.8
^{99m}Tc	폐관류(MAA)	200	0.4~0.6	0.8
^{99m}Tc	폐환기	40	0.1~0.3	0.1
^{99m}Tc	갑상선스캔(^{99m}Tc)	400	3.2~4.4	3.7
^{99m}Tc	적혈구세포	930	3.6~6.6	2.5
^{99m}Tc	간 콜로이드	300	0.5~0.6	1.1
^{99m}Tc	신장 DTPA	750	5.9~9.0	3.5
^{67}Ga	농양/종양	190	14~18	25
^{123}I	갑상선 흡수 ¹⁾	30	0.4~0.6	0.3
^{131}I	갑상선 흡수 ¹⁾	0.55	0.03~0.04	0.15
^{131}I	암전이 촬영 ¹⁾	40	2.0~2.9	11.0

¹⁾태아 갑상선 선량은 태아전신선량보다 훨씬 높다, 예를 들어, ^{123}I 의 경우 5~15 mGy/MBq이고, ^{131}I 은 0.5~1.1Gy/MBq 이다.

7. 방사선치료

(109) 임신 환자의 암 부위가 골반에서 멀리 떨어진 경우, 일반적으로 방사선치료가 가능하지만 신중하게 치료계획을 세워야한다. 방사선 치료법으로 골반 내에 존재하는 암을 적절히 치료하려면, 태아 사망과 같은 심각한 결과를 피할 수 없다.

(110) 임신 중의 암은 상대적으로 드문 경우이지만 의사와 환자 모두에게 심각한 문제이다. 전리 방사선, 화학요법, 수술 모두가 태아에게 심각한 위험을 부과할 수 있다. 임신 중 암은 대략 0.1% 수준으로 발견되는데, 미국에서만 연간 4000여명 정도의 여성이 임신 중 방사선치료 여부를 고려한다. 이 수는 새롭고 효과적인 화학요법 프로토콜이 개발되면 감소할 것이다. 여러 치료요법의 부작용에 대한 대규모 연구는 거의 수행되지 않았다.

(111) 방사선치료에 있어서 윤리 문제와 위험/이익 문제는 환자에게 이익과 위험이 모두 있는 대부분의 의료방사선과는 성격이 사뭇 다르다. 임신 중 방사선치료는 모체와 태아 사이에 잠재적 상충이 있게 되는데, 모체는 치료의 주된 수혜자인 반면에 태아는 주된 위험에 처하기 때문이다. 의사도 태아와 모체에 대해 서로 다른 책임의 윤리적 균형을 모색해야 한다.

(112) 임신 기간 중 가장 많이 발견되는 암은 유방암, 자궁경부암, 백혈병, 림프종, 갑상선암, 난소암, 인두암, 식도암, 그리고 뇌종양이다. 이들 다양한 종양에 서로 상당히 다른 치료법이 적용되며, 태아와 종양의 근접한 정도가 방사선치료 사용여부를 결정하는 주요 인자이다. 태아가 모체의 가슴으로부터 산란된 방사선을 받게 될 경우 잠재적인 소아 암/백혈병의 우려가 따를 것이다. 임신 단계 및 치료 부위와 거리에 따라서 아동의 IQ가 감소할 수도 있다.

(113) 골반내의 종양을 치료할 경우, 태아가 1차빔에 직접 노출되거나 거의 근접하기 때문에 태아가 받는 영향은 매우 심각하다(일반적으로 태아사망에 이른다). 이러한 잠재적인 영향에 대해서는 제3절에서 언급한 바 있다. 방사성옥소에 의한 갑상선 암 치료와 연관된 주제들은 소절6.3에서 다룬 바 있다.

7.1. 치료 전

(114) 방사선치료에 의한 태아선량은 높기 때문에, 치료 전 환자의 임신여부를 확인하는 것이 중요하다.

(115) 임신 상태는 환자의 이력, 나이, 이전에 받은 수술(자궁절제술, 난관결찰술)등을 근거로 하거나 임신 테스트를 통하여 확인할 수 있다. 방사선치료를 받은 환자가 임신하지 않은 경우에도, 잠재적으로 유해한 방사선치료나 다른 치료요법이 완료되고, 종양이 치료되거나 적절한 수준으로 관리될 때까지 임신을 피하도록 권고하고 있다.

(116) 환자의 임신이 밝혀진 경우, 지켜야하는 철칙이 있는 것은 아니다. 치료과정과 연관된 결정은 환자, 남편이나 적절한 사람, 치료를 담당할 종양의, 그리고 그 밖에 치료에 참가한 인원(예, 외과의사, 산과전문의, 약리학자, 심리학자 등)의 이해 바탕위에 이루어져야 한다. 고려되어야 할 인자들은 매우 많으나 최소한 다음을 포함한다.

- 암의 단계와 공격성;
- 임신에 의한 호르몬이 암에 미치는 잠재적 영향;
- 다양한 치료법과 각각의 기간, 효력, 합병증;
- 치료 지연에 따른 영향;
- 모체의 건강악화가 태아에 끼치는 영향;
- 임신 단계;
- 태아사정 및 태아감시;
- 아기의 안전한 분만 방법과 시기;
- 임신중절의 당위성 여부;
- 법적, 윤리적, 도덕적 문제.

(117) 임신 후 제1삼분기 동안 투여된 화학요법제의 부작용을 일반화하는 것은 어렵지만 어떤 약물은 노출된 태아가 중대한 기형을 보이는 경우가 10%에 달한다. 임신 제1삼분기를 지난 뒤에는 일반적으로 화학요법에 의한 기형발생이나 발달 방해는 발생하지 않는다. 화학요법제에 의한 태내 노출은 출생 시 전혈구감소증과 후속 종양의 위험을 증가시킬 수 있다는 제기도 있다.

(118) 임신 중 외과수술과 마취의 위험은 잘 알려져 있는데 주된 문제는 저혈압,

저산소증, 감염과 관계된다. 모체의 건강 또한 고려되어야 한다. 많은 암 환자들은 종양이나 면역억제로 인한 고열 및 감염 증상을 보인다. 신경관 결손, 소안구증과 같은 기형발생은 모체의 고열과 연관된 것일 수도 있다. 모체의 문제가 태아에 영향을 미치는 또 다른 문제는 영양실조이다.

7.2. 치료 중

7.2.1. 골반 외 영역의 원격치료

(119) 골반 외 영역에 행해지는 원격치료는 임신기간 중에도 시행될 수 있으나, 신중한 태아선량 평가와 부가적인 차폐가 요구된다.

(120) 대다수의 임신 기간 중 암은 골반과 복부 이외의 부위에서 발생한다. 유방암의 경우 3000명의 임신 여성 중 한 명꼴로 발생한다. 이 경우 방사선치료를 포함한 여러 방법을 사용하여 치료할 수 있다. 다행히 태아로부터 꽤 먼 위치에서 방사선치료가 행해진다. 일반적으로 방사선치료 중에는 임부에게 고위험 산과학 단위가 따른다.

(121) 가임연령대의 여성에게 림프종도 상대적으로 자주 발병한다. 1980년대 초반의 조사에 따르면, 임신초기 림프종 발생에 따른 중절의 필요성을 제안하고 있다. 지금은 림프종이 화학요법으로 효과적으로 치료되고 있으며, 방사선요법은 전혀 사용하지 않거나 종종 임신 후기나 출산 이후까지 연기하여 사용할 수 있다.

(122) 만약 방사선치료가 필요하다면 치료 전에 태아선량을 산출하는 것이 중요하다. 태아로부터 어느 정도 떨어진 위치에 있는 종양을 치료하기 위해 외부 방사선치료법을 사용하게 될 경우, 태아선량 산출의 가장 중요한 인자는 방사선 장경계로부터 태아까지의 거리이다. 선량은 거리가 증가함에 따라 대략 지수 함수적으로 감소한다. 전형적인 뇌종양 광자치료요법에 의한 태아선량은 30mGy 수준이다. 호지킨병에 대해 흉부에 전방 및 후방 외투막 치료(mantle treatment)를 할 경우 차폐되지 않은 태아는 400~500 mGy의 선량을 받는다.

(123) ^{60}Co 선원을 사용하면 조사야부터 10cm 이상 떨어진 지점에서의 선량이 가속기 광자를 이용한 경우보다 높은데, 이는 치료기 두부의 누설에 기인한다.

일차 방사선 빔 외곽의 선량 분포는 종류와 에너지가 동일한 기기에서도 차이가 있고 조사야 크기에 따라 변한다. 따라서 기기 고유의 측정이 반드시 이루어져야 한다.

(124) 표3에 10x10 cm 조사야의 ^{60}Co 선원에 대하여 중심축 바깥의 선량을 중심축 선량에 대한 근사적 백분율 값을 보였다. 가속기에서 방출되는 광자의 경우 중심축 바깥 선량의 백분율은 대략 2~5배(광자 에너지에 의존함) 정도 낮다. 일반적으로 선량측정 소프트웨어 프로그램들은 치료 1차 방사선장의 조직선량 산출에서 매우 정확하지만, 치료 부위 외곽(예: 1m 지점)에서의 불확실성은 매우 높다. 이러한 경우, 주변 조직의 선량 평가가 중요할 때는 일반적으로 모의피복체를 이용한 선량측정이나 실시간 in-vivo 선량계측이 사용된다.

표3. ^{60}Co 선원에 의한 10x10 cm 조사야의 중심축 바깥에서 근사적으로 평가한 선량

조사야 경계로부터의 거리 (cm)	중심축 바깥 선량 (중심축 선량 D_{max} 의 백분율)
10	1.7
20	0.7
30	0.4
40	0.3
50	0.15

(125) 부가적인 차폐는 태아선량을 50%까지 줄일 수 있다. 그러나 효과적인 차폐는 종종 200 kg대의 무게가 나가기도 한다. 이는 대부분의 치료 침상의 설계 한계를 넘으므로 바르게 구축, 취급하지 않을 경우 환자나 기사의 부상을 유발할 수도 있다.

(126) 미국 의학물리사협회 American Association of Physicists in Medicine(AAPM)은 일련의 권고를 발행하였는데 다음과 같은 고려사항을 제시한다(Stovall, Blackwell, Cundiff 등, 1995).

- 환자가 임신하지 않은 것처럼 모든 치료계획을 완료한다. 태아가 치료 빔 근처에 위치할 경우, 콜리메이션을 개방하거나 차폐블록이 없는 상태에서 조사 영역결정 사진을 촬영하지 않는다.
- 태아선량을 줄이기 위해 조사야 크기, 각도, 방사선 에너지, 태아와 가장 가까운 조사야 경계 마름기(field trimmer)를 변경하는 등 치료계획의 수정을 고려한다. 가능하면 25MV 이하의 광자 에너지를 사용한다.

- 모의피폭체를 사용하여 치골결합, 자궁저, 그리고 그 중점에서 빔 외곽 선량을 측정함으로써 특별한 차폐가 없는 상황에서 태아선량을 산출한다.
- 태아선량이 50~100mGy 이상일 경우, 4~5 반가층의 납차폐를 설치한다. 이 차폐가 있는 상황에서 방사선의 양과 위치를 조정하여 모의한 치료계획에 대하여 모의피폭체에서 태아선량을 측정한다.
- 치료계획을 문서화 하고 환자 설정에 관계하는 의료진과 논의한다. 차폐 내역도 가능하면 사진과 함께 문서화 한다.
- 치료용 침상이나 기타 차폐 지지의 무게 및 하중 지탱 사양을 점검한다.
- 치료 개시에 참석하여 차폐가 정확하게 되었는지를 확인한다.
- 치료 기간 동안 태아의 크기와 성장을 감시하고, 필요할 경우 태아선량을 재평가한다.
- 치료가 완료되면 치료 기간 동안 태아의 총 선량과 선량 범위를 기록한다.
- 현재 보유한 기기 및 인원으로 태아선량 감소 및 평가가 어렵다고 판단될 경우, 환자를 다른 의료기관으로 보낼 것을 고려한다.

7.2.2. 골반영역의 원격치료와 근접치료

(127) 보호 장비 사용여부와 무관하게, 임신여성의 골반부위에 방사선치료를 하게 되면 거의 대부분 태아 사망과 같은 심각한 영향을 태아에게 미치게 된다.

(128) 임신 여성에게 가장 일반적으로 발생하는 암은 자궁경부암이다. 자궁경부암은 대략 1 250에서 2 200명의 임신 당 1건 꼴로 발생하지만, 이 비율은 국가마다 상당한 편차를 보인다. 자궁경부암은 종종 외과수술, 방사선치료요법(원격치료, 근접치료) 또는 둘을 결합하여 치료하는데, 원격치료나 근접치료에 따르는 선량은 임신중절의 원인이 될 것이다. 만약 종양 침습성이 낮고 임신 후기에 진단되었을 경우에는 아기를 안전하게 분만할 때까지 치료를 미루는 대안도 있다.

(129) 임신 중 난소암은 극히 드물어서 10 000명 임신 당 1건 미만이다. 난소암을 진단하기 위해 탐색수술(exploratory surgery)을 주로 사용한다. 대부분의 난소암 환자는 화학요법으로 치료한다. 난소암이 발병한 임신 여성에게는 방사선치료를 거의 사용하지 않는다.

(130) 근접치료 환자는 종종 선원이 제거될 때까지 입원하게 된다. 근접치료 환자는 때때로 자신을 방문한 임신한 가족구성원에게 방사선원이 될 수 있으나, 그들의 태아에게 끼치는 잠재선량은 근접치료의 종류와 관계없이 매우 낮다. 전립

선암 근접치료는 영구적으로 ^{198}Au 또는 ^{125}I 씨알seed을 환부에 심어 치료할 수 있는데 환자는 씨알을 심은 채로 퇴원할 수 있다. 이 핵종들이 내는 방사선의 비정이 짧기 때문에 퇴원 가능하며 임신한 가족 구성원에게 방사선 위험을 주지 않는다.

7.3. 치료 후

(131) 임신 환자의 방사선치료가 끝난 뒤에는 사용된 치료법을 상세히 기록하고 태아선량을 평가하여 보존해야 한다. 태아의 영향이 예상되기 때문에 신중한 상담과 추적을 권고한다.

(132) 일반적으로 방사선치료는 대개 수주 이상의 기간 동안 진행되기 때문에, 치료받기 전 혹은 치료 기간 중에 임신 사실을 확인하게 된다. 원격치료나 근접치료 절차가 완전히 끝난 뒤에 임신 사실을 알게 되는 경우는 극히 드물다. 치료 전 상담을 거치고 치료 과정에 적절한 차폐를 하였더라도 환자는 종종 더 많은 정보를 요구한다.

(133) 태아선량의 최종평가 값을 계산하고 기록해야 하는데, 여기는 전문적인 기술적 인자들을 상세히 기입해야 한다. 적절히 훈련된 의학물리사가 선량 산출을 수행하고 잠재적인 위험을 어머니에게 전달해야 한다. 지역별로 규제는 다양하지만, 일반적으로 아이가 성인이 될 때까지 장기간동안 선량평가 기록을 보존하는 것이 필요하다.

(134) 때때로 임신하지 않은 환자가 방사선 치료 후 언제 임신을 할 수 있는지를 문의한다. 대부분의 방사선종양학 의사들은 방사선 치료가 완료된 후 1~2년간은 임신하지 않을 것을 권고한다. 이것은 태아의 잠재적 방사선 위험에 근거한 것이 아니라, 암의 재발로 인하여 추가적으로 방사선치료, 외과 수술 또는 화학요법을 수행할 수 있음을 고려한 것이다.

8. 임신한 의사 및 의료진의 관리

(135) 임신하지 않은 여성의 직업상피폭 규제 원칙은 남성과 동일하다. 그러나 여성이 임신했거나 임신 가능성이 있는 경우, 태아를 보호하기 위해 추가적인 관리가 필요하다. 따라서 태아의 선량한도를 권고하고 있다. 이 한도를 준수할 수 있는 다양한 방법들이 존재한다.

(136) 태아의 선량한도는 넓은 의미로는 일반 대중의 선량한도와 일맥상통한다. 어머니는 방사선 작업종사자가 됨을 스스로 선택한 것이지만 태아는 그런 결정을 한 것이 아니므로, 이러한 개념은 타당하다. 직업상피폭 여성의 태아에게 엄격한 선량한도를 적용하는 것은 현실적인 문제가 된다. 임신 초기(임신 사실을 알리기 전)에는 실제적으로 남녀 작업종사자 모두에게 적용되는 일반적인 보호를 받는다.

(137) 종사자가 임신 사실을 밝히고 고용주가 알게 되면, 태아를 위한 부가적 보호를 고려해야 한다. 임신을 알리고 나면, 남은 임신기간 동안 태아선량이 1mGy를 넘지 않도록 임신한 종사자의 작업환경을 조정해야 한다. 이 권고를 해석할 때, 임신 여성을 과도하게 차별하지 않는 것도 중요하다. 종사자와 사업자 모두에게 책임이 있다. 임신이 확인되면 가능한 빠른 시일 내에 임신사실을 관리자에게 알려야 하는 임신여성 자신에게 태아를 보호하기 위한 일차적 책임이 있다.

(138) 태아선량을 제한하는 것이 임신 여성이 방사선 혹은 방사성물질을 취급하는 작업에서 완전히 배제되거나, 지정된 방사선구역에 출입하고 작업함을 금지하는 것을 의미하지는 않는다. 그러나 고용주가 임신 여성의 피폭 환경을 주의 깊게 검토해야 함을 의미한다. 특히, 높은 사고선량을 받거나 방사성핵종을 섭취할 확률이 거의 없는 유형의 작업환경에서 임신 여성이 종사하도록 해야 한다.

(139) 의료 방사선작업 종사자가 임신한 사실이 밝혀지면, 의료방사선 시설에서 종종 고려하는 세 가지 선택사항이 있다. 즉, 1) 배정된 직무를 변경하지 않음, 2) 방사선 피폭이 낮은 부서로 전보, 3) 방사선 피폭이 근본적으로 없는 부서로 전보이다. 모든 경우에 옳은 답은 없으며, 어떤 국가는 고유의 규제를 가지고 있을 수도 있다. 피고용인과 의사소통하는 것이 바람직하다. 종사자에게 잠재적인 위험, 관련 정책 그리고 권고된 선량한도에 대하여 알려야 한다.

(140) 때로는 임신한 여성종사자가 비록 위험이 작지만 추가 위험을 전혀 수용하지 않고 방사선 피폭이 발생하지 않는 직위로 변경해줄 것을 요구하기도 한다. 고용주도 피고용인이 자연발생적 선천성기형아(100명 중 3명꼴로 발생)를 분만하는 경우에 닥칠 수 있는 장래의 어려움을 피하기 위해 종사자의 직위이동을 시킬 수 있다. 이러한 조치는 방사선방호 관점에서는 불필요한 것이지만, 시설이 충분히 커서 다른 직원이 공백을 채울 수 있을 정도로 유연할 때에는 가능하다.

(141) 주위 피폭이 낮은 직위로 변경도 하나의 가능성이다. 진단방사선에서 투시촬영 기사를 CT촬영 혹은 산란 방사선에 의한 피폭이 적은 다른 영역으로 이동시키는 것과 같다. 핵의학과에서는 임신한 기사가 방사성의약품 지역에서 오래 머무르거나 방사성옥소 용액을 다루는 작업을 제한할 수 있다. 밀봉선원을 이용하는 방사선치료의 경우, 임신한 기사나 간호사는 수동 근접치료에 참여하지 않도록 한다.

(142) 동료의 임신에 의하여 다른 작업종사자의 선량이 상승하기 때문에, 이와 같은 직위변경은 윤리적 고려도 발생시킨다.

(143) 임신한 종사자가 기존의 작업을 유지하는 것을 원하거나, 환자를 적절히 돌보도록 종사자가 기존의 작업을 지속할 것을 고용주가 원하는 경우가 많이 있다. 방사선방호의 관점에서 볼 때, 태아선량이 충분히 정확하게 평가되고, 임신을 밝힌 후 태아선량이 권고된 한도인 1mGy 이하라면 이는 전혀 문제될 것이 없다. 작업환경 평가를 통해 고선량 피폭사고가 발생하지 않는다는 것을 확인하는 것이 바람직하다.

(144) 권고된 선량한도는 태아선량에 적용되며 개인선량계로 측정된 선량과 직접 비교되는 것은 아니다. 진단방사선 작업자가 패용하는 개인선량계는 태아선량을 10배 이상 과대평가할 수 있다. 납치마 바깥에 선량계를 패용한 경우, 측정선량이 태아선량보다 100배 이상일 가능성이 높다. 핵의학이나 방사선치료 종사자는 일반적으로 납치마를 착용하지 않은 상태에서 높은 에너지의 광자에 피폭된다. 그럼에도 불구하고 일반적으로 태아선량은 개인선량계 측정치의 25%를 넘지 않을 것이다.

(145) 마지막으로 임신한 종사자 활동의 평가에 방사선 피폭 이외에 다른 인자들도 있다. 의료기관에서는 종종 환자를 들어 올리거나 무릎 아래로 웅크리거나 구부릴 수 있어야 한다는 요건이 있다. 여러 국가단체들이 임신 단계별로 활동에

대한 지침(방사선 피폭과 무관함)을 수립하여 제공하고 있다.

(146) 때때로 병원이나 가정에서 방사성핵종을 주입한 환자에게 가족 구성원이 필수적인 의료적 돌보기를 수행해야 하는 상황이 발생한다. 이러한 상황에서는 일반인의 선량한도를 그 가족에게 적용할 수 없다. 임신했거나 가능성이 있는 여성이 이러한 일에 관련하지 않도록 잘 안내해야 한다. 임신 여성의 도움이 필수적이라면, 태아선량이 1mGy를 넘지 않는 수준에서 행해져야 한다.

9. 방사선피폭이 있는 생명과학 연구와 임신

(147) 많은 국가에서 생명과학 연구에서 임신 여성의 방사선 피폭을 특별하게 금지하지는 않는다. 그러나 임신 여성이 이러한 연구의 대상으로 참여하는 것은 매우 드물며 억제되어야 한다.

(148) ICRP는 간행물62(1991)를 통해서 생명과학 연구에서 방사선방호 일반원칙을 제시하였다. 의료에서 피폭에 의한 배아와 태아의 잠재적인 피해는 위에서 진단방사선, 핵의학, 방사선치료에 대해 각 절에서 언급하였다.

(149) 임신 자체가 연구의 중심이고 위험이 작은 대안 기술이 사용될 수 없을 때를 제외하고는 방사선에 피폭하는 생명과학 연구 프로젝트에 임신 여성이 참여하지 말아야 한다. 예외적인 상황에서도, 임신 여성이 연구 프로젝트의 대조 실험대상자로서 방사선을 피폭할 경우 매우 어려운 윤리적 문제가 야기된다.

(150) 모든 인체실험 연구는 세계의학총회World Medical Assembly의 1964년 헬싱키 선언(1975년 도쿄에서 갱신됨)을 준수해야 한다. 모든 실험대상자는 자원자로 구성되어야 하며 적합한 인지동의에 아래 실험에 참가할 수 있다. 잠재적 위험이 예측가능 해야 하고 평가되어야 한다.

10. 방사선 피폭 후 임신중절의 고려

(151) 임신중절은 여러 인자들의 영향을 받는 개인적 판단이다. 100 mGy 이하의 태아선량은 임신중절의 근거가 되지 못한다. 태아선량이 이 수준을 넘어서면 태아는 방사선에 의한 피해를 입을 수 있고, 피해의 종류와 정도는 선량과 임신 단계의 함수이다.

(152) 의료진은 불필요한 방사선 피폭을 피하고, 필요한 피폭도 줄이기 위하여 임신 환자를 식별하고자 하지만 방사선 피폭이 필요한 임신 환자도 존재한다. 고용주는 임신한 작업종사자가 권고된 선량한도를 넘지 않도록 배려할 것이지만 여전히 임신한 종사자도 어느 정도의 방사선은 피폭한다. 이러한 모든 상황에서, 임신 여성은 임신의 결과에 대해서 심각하게 고민할 수 있는데, 이때 아버지와 함께하는 상담이 종종 도움이 된다.

(153) 임신중절 문제는 의심의 여지없이 국가별로 다양하게 다뤄지고 있다. 이것은 지역이나 국가 수준에서 법규의 제약을 받을 뿐만 아니라, 개인의 윤리, 도덕 그리고 종교적 신앙의 문제이기도 하다. 이 복잡한 문제는 방사선방호보다 훨씬 많은 것을 포함한다. 이 문서는 환자나 배우자를 상담하는데 도움이 될 수 있는 정보들을 제공하고자 한다.

(154) 상담은 방사선 진단/치료 절차에 의한 태아선량 평가 및 임신 중 발생할 수 있는 다른 위험과 방사선 위험을 비교 평가한 이후에 수행될 수 있다. 전리 방사선에 의하여 낮은 수준의 선량을 피폭하였다더라도, 임신여성들은 종종 자신의 태아가 자연발생적인 기형보다 크게 더 높은 기형위험이 있을 것으로 상상을 하게 된다. 그래서 적절한 상담이 도움이 될 수 있다. 유용한 접근법의 하나는 환자에게 태아의 기형이나 암이 없는 아이를 가질 확률과 방사선에 의해 그 확률이 어떻게 변하는가(표4)를 알려주는 것이다.

(155) 복부나 골반부위의 방사선치료 또는 중대 방사선 사고를 제외한, 일반적인 의료방사선 피폭에 의한 영향의 크기는 임신 기간 중 발생하는 기타 문제들의 일반적인 발생확률보다 낮다. 피폭하지 않은(즉, 자연방사선만 피폭한) 임신 여성의 경우 임신 기간 중 근사적 위험으로 자연유산은 대략 15% 이상이며, 심각한 기형은 2~4%의 비율로 나타나고, 자궁 내 발육지연(주요 원인은 고혈압)은 4%, 유전적 질환은 8~10%이다.

표4. 방사선량에 따라 건강한 아이를 분만할 확률

자연방사선을 제외한 태아흡수선량, mGy	기형이 발생하지 않을 확률 %	소아암(0~19세)이 발생하지 않을 확률, % ¹⁾
0	97	99.7
0.5	97	99.7
1.0	97	99.7
2.5	97	99.7
5	97	99.7
10	97	99.6
50	97	99.4
100	(97에 근접) ²⁾	99.1

1) 반올림 값. 치명적 소아암의 방사선 위험은 보수적으로 대략 100 mGy 태아선량 당 0.6%이며, 이는 선형적 함수-반응 관계로 볼 때 1mGy 당 17 000분의 1에 해당하는 값이다. 추가적 역학연구 결과에서는 방사선 위험이 이 문서에서 가정한 값보다 적은 것으로 나타났다. 소아암의 자연발생 위험은 NCI-SEER(1994)에서 계산하였다.

2) 비록 인간의 위험을 정확히 알 수는 없지만, 동물실험 데이터에 의하면 100~200 mGy이하의 선량에서는 방사선에 의한 기형이 거의 발생하지 않는다. 이 선량을 넘게 되면, 임신 3주에서 25주 사이에 피폭될 때에만 기형이 관찰되었다. 그러나 100~200 mGy에서 기형의 위험은 낮으나, 선량이 증가할수록 위험도 증가한다. IQ 감소와 정신 지체는 임신 8주에서 25주 사이에 100 mGy 이상의 선량을 받을 때에만 관측되었다.

(156) 100 mGy 이하의 태아선량은 방사선 피폭 때문에 임신중절을 의학적으로 정당화할 수 있는 근거가 될 수 없다. 100 mGy의 태아선량에서 아동의 방사선 유발 암이나 백혈병 위험의 보수적 평가 값은 170분의 1이다. 자연 백그라운드 외에 방사선 피폭이 없이 암에 걸릴 생애 위험은 약 1/3이며, 치명적 암은 약 5분의 1이다. 이미 언급한 바와 같이, 방사선에 의한 기형은 100~200 mGy 이하의 선량에서는 발생하지 않는다.

(157) 태아선량이 100~200 mGy를 초과한 때의 접근방법은 약간 다르다. 이러한 상황은 진단방사선보다는 방사선치료 혹은 사고에 의한 피폭일 가능성이 높으며, 태아 흡수선량 평가의 불확실성도 매우 높다. 태아 흡수선량이 높을 경우, 예를 들어, 수태 3주에서 16주 사이의 기간 중에 500 mGy를 초과하여 피폭하였다면 성장지연 및 중추신경계 손상 가능성이 매우 높다. 이처럼 높은 선량에 피폭한 태아가 정상적으로 생존하는 것이 가능할 지라도, 부모에게 태아가 처한 위험을 반드시 알려야 한다.

(158) 상대적으로 발생 가능성은 낮지만, 100~500 mGy 사이의 중간 수준의 선량에 대해서는 상황이 덜 분명하다. 임신령 8~15주에 이 정도의 태아선량을 받게 되면, 측정 가능한 IQ 감소의 위험을 신중히 고려해야 한다. 이러한 경우, 훈련된 의생물학자 혹은 보건물리학자가 태아흡수선량을 최대한 정확하게 계산해야 하며, 의사는 부모의 개인적, 인간적 상황을 확인해야 한다. 예를 들어, 태아선량을 평가했을 때 100 mGy보다 약간 높은 수준이지만, 부모가 수년간 아이를 갖기 위해 노력했다면 임신중절을 원하지 않을 것이다. 임신중절은 충분한 정보 전달 이후에, 부모에 의해서 결정되어야 하는 개인적 문제이다.

11. 요약 권고

(159) 방사선을 사용하는 의료계 전문직업인들은 배아와 태아에 방사선 영향을 잘 알고 있어야 한다. 대부분의 진단 수준에서는 소아암의 위험이 있으며, 100~200 mGy를 넘어설 경우, 신경계 이상, 기형, 성장지연, 태아사망 위험을 고려해야 한다. 후자의 경우 위험의 크기는 임신 단계에 따라 큰 차이를 보인다.

(160) 방사선 피폭과 연관된 모든 진료(직업상 경우와 환자 경우 모두 포함)는 정당화(위험보다 큰 이익을 내야 한다)되어야 한다. 의료상피폭의 정당화는 개인 별로도 이루어져야 한다. 이때 의학적으로 방사선을 사용하는 것과 그에 따른 잠재적 방사선 위험과의 균형을 고려해야 하는데, 이는 수학적 계산이 아닌 판단을 통해 이루어진다. 임신 여성의 의료상피폭은 여타 의료상 피폭과는 다른 이익/손해 문제를 발생시킨다. 대부분의 의료상피폭은 한 개인에게 이익과 손해가 발생한다. 태내 의료상 피폭의 경우, 어머니와 태아라는 상이한 두 존재에 대해 고려해야 한다.

(161) 방사선 피폭에 앞서, 가임연령대의 여성 환자에 대해서는 임신 중인지 혹은 임신할 가능성이 있는지를 평가하고 그 여부를 결정하기 위해 노력해야 한다.

(162) 의료방사선 사용의 최적화를 통해, 주어진 자원과 기술 아래서 필요한 선량 이상 피폭되는 것을 방지하면서 임상적 목표를 달성해야 한다. 임신 환자에게는 태아선량을 줄이기 위해 가능하면 맞춤 의료절차를 써야 한다.

(163) 고선량의 방사선을 임신 환자에게 부여하는 의료절차 후에는 태아선량과 잠재적인 태아의 위험을 반드시 평가해야 한다.

(164) 임신한 의료 방사선 작업종사자는 임신기간 중 태아선량을 1mGy 이하로 유지할 수 있다는 타당한 확신이 있다면 방사선 환경에서 종사할 수 있다.

(165) 임신 환자가 방사선 연구 대상으로 참여함은 억제해야 한다.

(166) 방사선 위험에 근거하면, 태아선량 100 mGy 이하에서 임신중절은 정당화되지 않는다. 태아선량이 더 높을 경우, 개인적 상황에 근거하여 인지된 판단이 필요하다.

참고문헌

- Adams, E., Brettle, D., Jones, A. et al. (1997) Estimation of Foetal and effective dose for CT examinations. *Brit. J. Radiol.* 70, 272-278.
- Allen, H., Nisker, J. (Eds.) (1986) *Cancer in Pregnancy: Therapeutic Guidelines*. Futura Publishing, Mt. Kisco, NY, USA.
- American Medical Association, Council on Scientific Affairs (1984) Effects of pregnancy on work performance. *J. American Medical Association* 251, 1995-1997.
- Boice, J.D. Jr., Miller, R.W. (1999) Childhood and adult cancer after intrauterine exposure to ionising radiation. *Teratology* 59, 227-23.
- Brent, R.L. (1986) Radiation teratogenesis. In: Server, J.L., Brent, R.L. (Eds.), *Teratogen Update: Environmentally Induced Birth Defect Risks*. A.R. Liss, New York, pp. 145-163.
- Brent, R.L., Meistrich, M., Paul, M. (1993) Ionizing and non-ionizing radiations. In: Paul, M. (Ed.), *Occupational and Environmental Reproductive Hazards*. Williams and Wilkins, Baltimore, MD, USA, pp. 165-189.
- Brent, R.L. (1994) The effect of embryonic and fetal exposure to x-ray, micro-waves, ultrasound, magnetic resonance, and isotopes. In: Barron, W.M., Lindheimer, M.D. (Eds.), *Medical Disorders during Pregnancy*, 2nd ed. Mosby Yearbook, Inc., St. Louis, MO, USA, pp. 487-518.
- Brent, R.L. (1992) The effects of embryonic and fetal exposure to ionizing radiation: Counselling the patient and worker about these risks. In: Mossman, K.L., Mills, W.A. (Eds.), *The Biological Basis of Radiation Protection Practice*.
- Brent, R.L. (1995) Ionizing Radiation. In: Queenan, J.T., Hobbins, J.C. (Eds.), *Protocols for High Risk Pregnancies*, 3rd ed. Blackwell Scientific, Cambridge, MA pp 26-36
- Brent, R.L., Beckman, D.A. (1996) Developmental effects following radiation of embryonic and fetal exposure to x-ray and isotopes: Counselling the pregnant and nonpregnant patient about these risks. In: Hendee, W.K., Edwards, F.M. (Eds.), *Health Effects of Low Level Exposure to Ionizing Radiation*. Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, pp. 169-213.
- Damilakis, J., Perisinakis, K., Granimatikakis, J. et al. (1996) Accidental embryo irradiation during barium enema examinations: An estimation of absorbed dose. *Investigative Radiology* 31, 242-245.
- Delongchamp, R.R., Mabuchi, K., Uoshimoto, Y. et al. (1997) Cancer mortality among atomic bomb survivors exposed in utero or as young children, October 1950-May 1992. *Radiat Res.* 147, 385-395.
- Doll, R., Wakeford, R. (1997) Risk of childhood cancer from foetal irradiation. *Brit. J. Radiol.* 70, 130-139.
- European Commission, DG XI (1999) *Guidance for Protection of Unborn Children and Infants Irradiated due to Parental Medical Exposures*.

- Radiation Protection, No. CR-18-98-316-EN-C. Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Goldman, S.M., Wagner, L.K. (1996) Radiologic management of abdominal trauma in pregnancy. *Am. J. Roentgenol.* 166, 763-767.
- ICRP (1986) Developmental effects of irradiation on the brain of the embryo and fetus. ICRP Publication 49, *Annals of the ICRP* 16 (4).
- ICRP (1988) Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. ICRP Publication 53, *Annals of the ICRP* 18 (1-4)
- ICRP (1991a) 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Annals of the ICRP* 21(1-3).
- ICRP (1991b) Radiological protection in biomedical research. ICRP Publication 62, *Annals of the ICRP* 22 (3).
- ICRP (1991c) Summary of the current ICRP principles for protection of the patient in diagnostic radiology. In: ICRP Publication 62, *Annals of the ICRP* 22 (3).
- ICRP (1994) Summary of the current ICRP principles for protection of the patient in nuclear medicine. In: ICRP Publication 68, *Annals of the ICRP* 24 (4).
- ICRP (1996) Radiological protection and safety in medicine. ICRP Publication 73, *Annals of the ICRP* 26 (2).
- ICRP (1997) General principles for the radiation protection of workers. ICRP Publication 75, *Annals of the ICRP* 27 (1).
- ICRP (1998) Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. Addendum to ICRP 53. ICRP Publication 80, *Annals of the ICRP* 28 (3).
- Jensh, R.P., Eisenman, L.M., Brent, R.L. (1995) Postnatal neurophysiologic effects of prenatal x-irradiation. *Int. J. Radial. Biol.* 67, 217-227.
- Konermann, G. (1987) Postimplantation defects in development following ionizing irradiation. In: Nygaard, O.F., Sinclair, W.L., Lett, J.T. (Eds.), *Advances in Radiation Biology, Vol. 13*. Academic Press, San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto, pp. 91-167.
- Koren, G., Lishner, M., Fame, D. (Eds.) (1996) *Cancer in Pregnancy: Maternal and Foetal Risks*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Lavoie, C., Don, C. (1997) In-vivo measurement method of ovarian dose during barium enema examinations. *Brit. J. Radiol* 70, 291-295.
- Miller, R.W., Boice, J.D. Jr. (1997) Cancer after intrauterine exposure to the atomic bomb. *Radiat. Res.* 147, 396-397.
- NCI-SEER (1994) *Surveillance, Epidemiology and End Results Cancer Statistics Review 1973-1991: Tables and Graphs*. National Cancer Institute, Bethesda, MD, USA.
- NCRP (1997) *Medical Exposure of Pregnant and Potentially Pregnant Women. NCRP Report No. 54*. National Council on Radiation Protection

- and Measurements, Bethesda, MD, USA.
- NCRP (1996) *Sources and Magnitude of Occupational and Public Exposures from Nuclear Medicine Procedures. NCRP Report No. 124.* National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD, USA.
- NCRP (1998) *Radionuclide Exposure of the Embryo/Fetus, NCRP Report No. 128.* National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD, USA.
- Russel, J.R., Stabin, M.G., Sparks, R.B. (1997) Placental transfer of radiopharmaceuticals and dosimetry in pregnancy. *Health Phys.* 73, 747-755.
- Russel, J.R., Stabin, M.G., Sparks, R.B. et al. (1997) Radiation absorbed dose to the embryo/fetus from radiopharmaceuticals. *Health Phys.* 73, 756-769.
- Sharp, C., Shrimpton, J.A., Bury, R.F. (1998) *Diagnostic Medical Exposures: Advice on Exposure to Ionising Radiation during Pregnancy.* National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon, UK.
- Sinclair, W.K., Adestein, S.K., Brent, R.L. et al. (1994) *Considerations Regarding the Unintended Exposure of the embryo, Fetus, or Nursing Child. NCRP Commentary No. 9.* National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD, USA,
- Sneed, P., Albright, N., Wara, W. et al. (1995) Fetal dose estimates for radiotherapy of brain tumours during pregnancy. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. and Physics* 32, 823-830.
- Stovall, M., Blackwell, C., Cundiff, I. et al. (1995) Fetal dose from radiotherapy with photon beam: Report of the AAPM Radiation Therapy Task Group No. 36. *Med. Phys.* 22, 63-82.
- Strahlenschutzkommission (1989) *Effects of Prenatal Irradiation. Veroffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 2.* Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart, New York.
- Streffer, C., Molls, M. (1987) Cultures of preimplantation mouse embryos: A model for radiobiological studies. In: Nygaard, OF., Sinclair, W.K., Lett, J.T. (Eds.), *Advances in Radiation Biology, Vol. 13.* Academic Press, San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto, pp. 169-213.
- UNSCEAR (1993) *Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1993 Report to the General Assembly, Annex H: Radiation effects on the developing human brain.* UN Publication Sales No. E.94.IX.2. United Nations, New York, NY, USA.
- Wagner, L., Lester, R., Saldana, L. (Eds.) (1997) *Exposure of the Pregnant Patient to Diagnostic Radiations: A Guide to Medical Management* (2nd ed). Medical Physics Publishing, Madison, WI, USA.
- WHO (1992) *Antenatal Care and Maternal Health: How Effective is it? A Review of Evidence.* World Health Organization MSM 92.4.

WHO (1999) *Care in Normal Birth: A Practical Guide*. World Health Organization. FRH/MSM/96-24, on-line version 99.

Yoshimoto, Y., DeLongchamp, R., Mabuchi, K. (1994) In utero exposed atomic bomb survivors: cancer risk update. *Lancet* 344, 345-346.