

# 정당화 및 최적화

## 의료방사선 저감화의 기본 조건

# 영상의학검사에서 환자와 종사자의 선량 저감화 원칙

방사선 피폭에 의한 결정적 영향의 발생을 방지하고 확률적 영향의 발생확률을 합리적으로 달성할 수 있는 한 낮게 유지 한다

-국제방사선방어위원회

(International Commission of Radiological Protection, ICRP)

- 검사의 정당화 확보
  - 그 방사선 검사가 진단에 꼭 필요한가?
  - 위험보다 이익이 많은가?
  - 대체할 다른 방법은 없는가?
- 검사의 최적화 전략 수립
  - 정당화가 확보된 후
  - 최소한의 방사선 피폭을 주면서 진단에 적합한 영상 화질이나 필요한 결과를 얻어야 함



# 방사선검사에서의 정당화



# International Commission on Radiological Protection, 국제 방사선 방어 위원회

- 의료방사선 영상 검사의 정당화

- 진단과 치료를 위한 이득이 손해보다 크다고 간주
- 의사(醫師) 의 의사(意思) 결정을 존중하여 의료피  
폭에는 선량제한을 적용할 수 없다고 제안



# 방사선 검사/피폭의 정당화 (Justification)

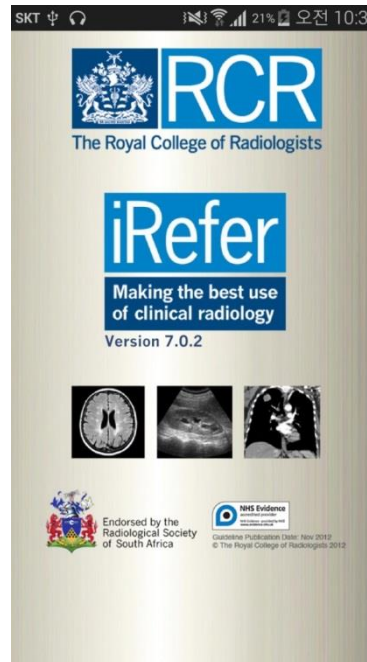
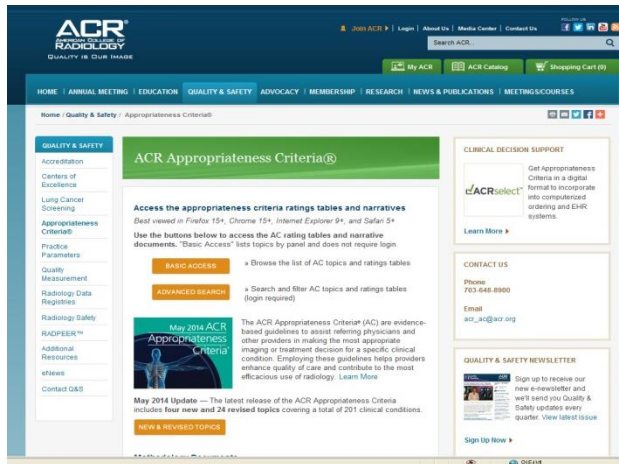
- 방사선의 일반적인 의학적 목적 사용에 정당해야 하며,
- 방사선 검사의 특정 절차가 의학적 목적에 부합하는가에 대해서 정당해야 하며, (e.g. 가이드라인의 준수)
- 구체적인 환자에게 적용 시 특정 과정이 정당해야 한다. (e.g. "이 환자에게 꼭 필요한가")

# 방사선 검사/피폭의 정당화 (Justification)

- 환자에게 불필요한 방사선 피폭을 주는 검사의 주요 원인
  - 이미 다른 병원이나 의원에서 검사한 것을 다시 반복하는 것
  - 검사결과가 환자의 치료방침 결정에 도움이 되지 못하는 검사
  - 질병이 진행하거나 회복되기 전에 시행되는 검사이거나 결과가 치료에 영향을 미치기 전에 이루어지게 되는 검사
  - 적절하지 못한 검사
  - 적절하고 정확한 임상정보제공과 영상검사의 목적이 제대로 전달 되지 못하는 것
  - 의사가 너무 검사에 의존하거나 환자도 많은 검사에 안도하는 경우
- 예) 정당화 판단이 결여된 임상 증례
  - 환자의 주요 소견에 관계없이 routine 일반 엑스선 촬영
  - 급성 충수돌기염 (맹장염) 환자에서 역동적 CT 촬영

# 정당화의 실행

- 영상검사 (의뢰) 가이드라인



NECA-C 15-003  
NECA-S 15-002

근거기반 임상영상 가이드라인 개발  
: 영상진단검사의 적절성과 환자의 방사선  
노출 수준에 대한 근거 제공

2016. 2. 29

NECA 한국보건의료연구원  
National Evidence-based Healthcare Collaborating Agency

- 우리나라 가이드라인: 대한영상의학회, 한국보건의료연구원  
협력으로 개발 (2016) – 추가 개발 중



# 건강검진에서의 방사선피폭



# 선별검진(Screening) vs. 민간검진

## Screening

- 증상이 없는 대상에게 특정 중증 질환 (e.g. 유방암) 의 조기발견을 위해 시행
- 생존율의 증가라는 이익이 분명해야 함
- 위해가 이익에 비해 매우 작아야 함 (원래 검사를 받을 필요가 없는 무증상 대상)

## Individual health assessment

- (수검자의 요구에 의해) 무증상 대상에서 질병의 조기발견을 위해 시행
- 대체로 검사를 통한 이익이 분명하다는 근거가 다소 부족함
- Opportunistic screening (기회 검진)과 같은 의미

# 우리나라 국가검진에서 방사선 사용

암종	검진대상	검진주기	검진방법
 위암	만 40세 이상 남녀	2년	기본검사 : 위내시경검사 (단, 위내시경검사를 실시하기 어려운 경우 위장조영검사를 선택적으로 시행)
 간암	만 40세 이상 성인 고위험군 (간경변증이나 B형 간염 바이러스 항원 또는 C형 간염바이러스 항체 양성으로 확인된 자)	6개월	간초음파검사 + 혈청알파태아단백검사
 대장암	만 50세 이상 남녀	1년	분변잠혈반응검사(FOBT) : 이상소견시 대장내시경검사(단, 대장내시경을 실시하기 어려운 경우 대장이종조영검사 선택적 시행)
 유방암	만 40세 이상 여성	2년	유방촬영술
 자궁 경부암	만 20세 이상 여성	2년	자궁경부세포검사(Pap smear)
 폐암	만 54세 이상 만 74세 이하 남·여 중 폐암 발생 고위험군	2년	저선량흉부 CT

- 국민건강보험공단  
일반검진(직장검진):  
– CHEST PA

- 학교보건법(교과부)  
– 학교장 재량으로  
중고생 CHEST PA

- 위장조영검사
- 대장조영검사
- 유방촬영검사
- 폐암검진 추가  
(저선량 흉부CT)

# Basic safety standards by IAEA

## 무증상 환자에서의 의료피폭

- “IHA에 포함된 방사선 검사는 반드시 영상의학과 의사와 의뢰 의사의 합의를 통한, 적절한 진료지침에 의거한 정당화가 필요하다.”
- “검사를 받는 개인에게 반드시 기대이익과 위험, 그리고 검사의 제한점에 대해 충분히 알려야 한다”

### IAEA Safety Standards

for protecting people and the environment

### Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards

Jointly sponsored by  
EC, FAO, IAEA, ILO, OECD/NEA, PAHO, UNEP, WHO



### General Safety Requirements Part 3 No. GSR Part 3



# 주요 선별 영상의학검사에 대한 US PSTF와 Canadian TFPHC의 최신 권고안

검사방법	권고내용	위험군
CT coronary calcium scoring	무증상 성인에 대한 선별검사는 근거 부족	남자 >50세, 여자 >60세 고혈압, 흡연, 고지혈증, 당뇨, 비만
Low Dose CT for lung cancer screening	<b>고위험군 무증상 성인에 대한 선별검사</b> (15년 이상 금연중이면 screening 필요없음)	55-80세 남여 30 pack-year 이상
Fat CT	비만측정 목적의 방사선검사 반대, 체질량지수의 계산으로 충분함	
Pancreas CT	고위험군을 포함한 무증상 성인에 대한 선별검사 반대	
CHEST PA	무증상 성인에 대한 폐암 검진 목적의 사용에 대한 반대	
CT colonography	50-75 성인의 대장암 검진은 추천하지만, CTC는 extracolic finding으로 인한 overdiagnosis/overtreatment의 harm이 크다. (유보)	50세 이상, 75세 이하
Mammography	<b>50-74세의 여성에 대하여 그 사용을 강력히 권유 (2년 biennial 간격)</b> 40-49세 사이에서는 사망률 감소 효과 약하지만 개인의 선택 (고위험군에서는 이득 큼)	가족력

# 개인건강검진에서 CT의 적절 사용

- 검진에서 CT의 적절한 사용을 위한 WHO 워크숍 개최 (2016.9)
- NECA 공명: 개인건강검진에서 CT검사의 적절한 사용 (2016.11)
  - 여러 이해당사자들의 관점을 반영한 합의문 도출
  - 개인검진에서 CT 사용 시 ▲정확한 정보제공, ▲과학적인 근거, ▲적절한 사용을 위한 개선방향에서 의견일치



**NECA** 한국보건의료연구원  
National Evidence-based Healthcare Collaborating Agency

**보도설명자료**

배 포 일	2016. 12. ... ()	보도일시	배 포 즉시
매 수	총 3매	홈페이지	www.neca.re.kr
담당부서	지식정보확산팀	팀장	최미영 02)2174-2848
자료문의	정책협력단	연구원	최솔지 02)2174-2742

**한국보건의료연구원, 개인건강검진에서 CT의 적절 사용 관련 합의문**

개인건강검진에서 CT의 적절한 사용을 위하여 다양한 분야의 이해관계자들과 함께 합의문을 도출함

# 방사선검사에서의 최적화

# 피폭의 최적화

- 방사선 진료의 최적화는 정당화 후에 실시
- 환자개인 및 집단의 피폭선량을 방사선 진료에 지장을 주지 않으면서 최소한으로 하는 것

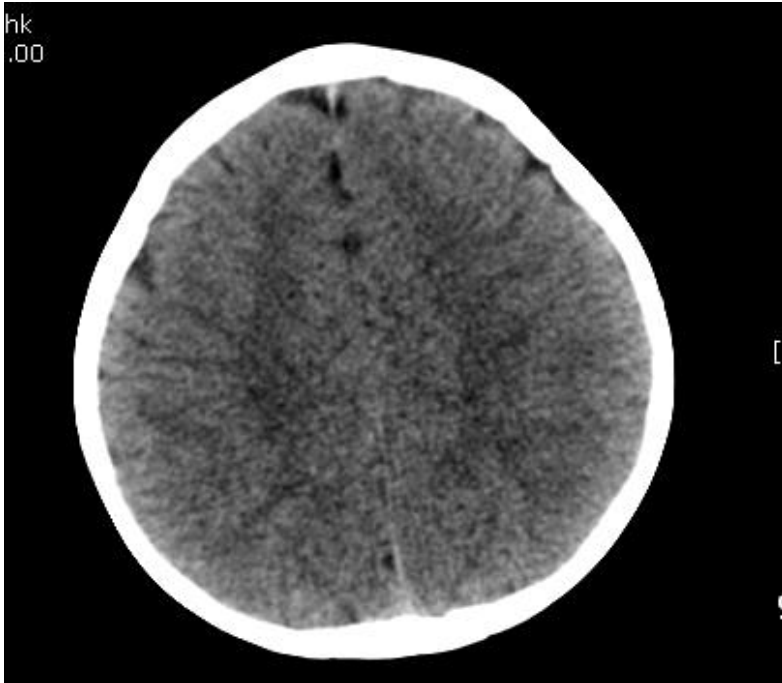
ALARA 원칙 (As Low As Reasonably Achievable)

: ICRP가 권고한 방사선 방어의 기본 개념으로 방사선의 사용에 있어서 사회 경제적인 요소를 감안하여 방사선 피폭 수준을 합리적으로 달성 가능한 한 감소시켜야 한다는 개념

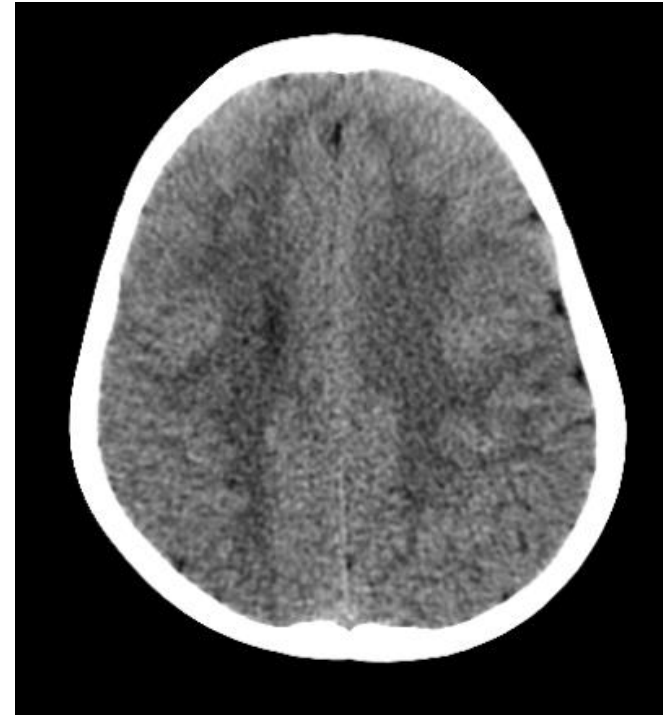
- 방사선진료의 설비와 기술에 대한 최적화
  - 신체 검사부위에 있는 조직이 받는 선량을 최소한으로 감소
  - 검사 부위 외에 대한 피폭을 제한

# 최적화

- 좋은 영상이 곧 훌륭한 영상은 아니다



120 kV, 350 mAs , CTDI 54.85



100 kV, 220 mAs , CTDI 25.58



# 진단참고수준 (Diagnostic Reference Level)

- 진단방사선 및 핵의학 분야의 검사 및 시술 과정에서 일상적인 목적으로 사용되는 환자선량이 비정상적으로 높은 지를 확인하기 위해 사용되어 온 지표
- 만약 어떠한 시술이나 검사로 인해 환자가 받는 선량이 지속적으로 DRL보다 높다면, 검토를 통해서 최적화가 제대로 되어있는지를 검토해야 함
- 방사선 방어에 있어서 최적화의 도구로 이용될 수 있으며, 또한 최적화 과정의 기본이 되는 전문적인 판단에 대한 보조적인 도구

“좋은 검사”와 “나쁜 검사”를 구분하기 위한 절대적인 지표는  
아님

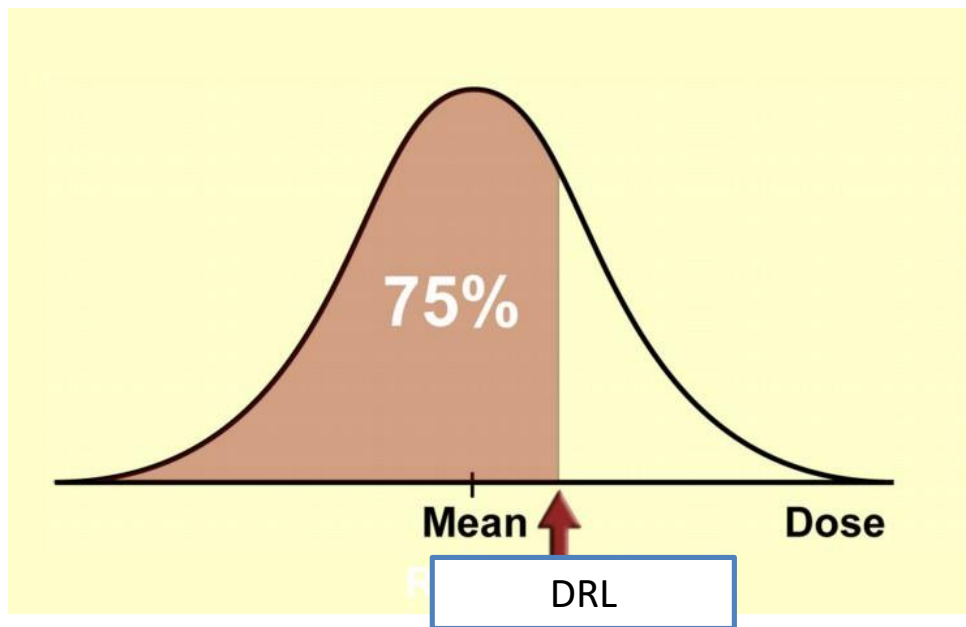


# 진단참고수준 (Diagnostic Reference Level)

- 의료피폭에만 적용되어야 함
- 전문가적 판단에 도움이 되는 것으로 절대적 지표는 아님  
다양한 환자의 상황에 따라 일률적으로 적용할 수는 없음
- 규제나 상업적인 목적으로 사용되면 안되며 환자진료의  
법적인 표준을 만들기 위한 목적으로 사용되어서도 안됨  
선량 한도의 개념이 아님!!

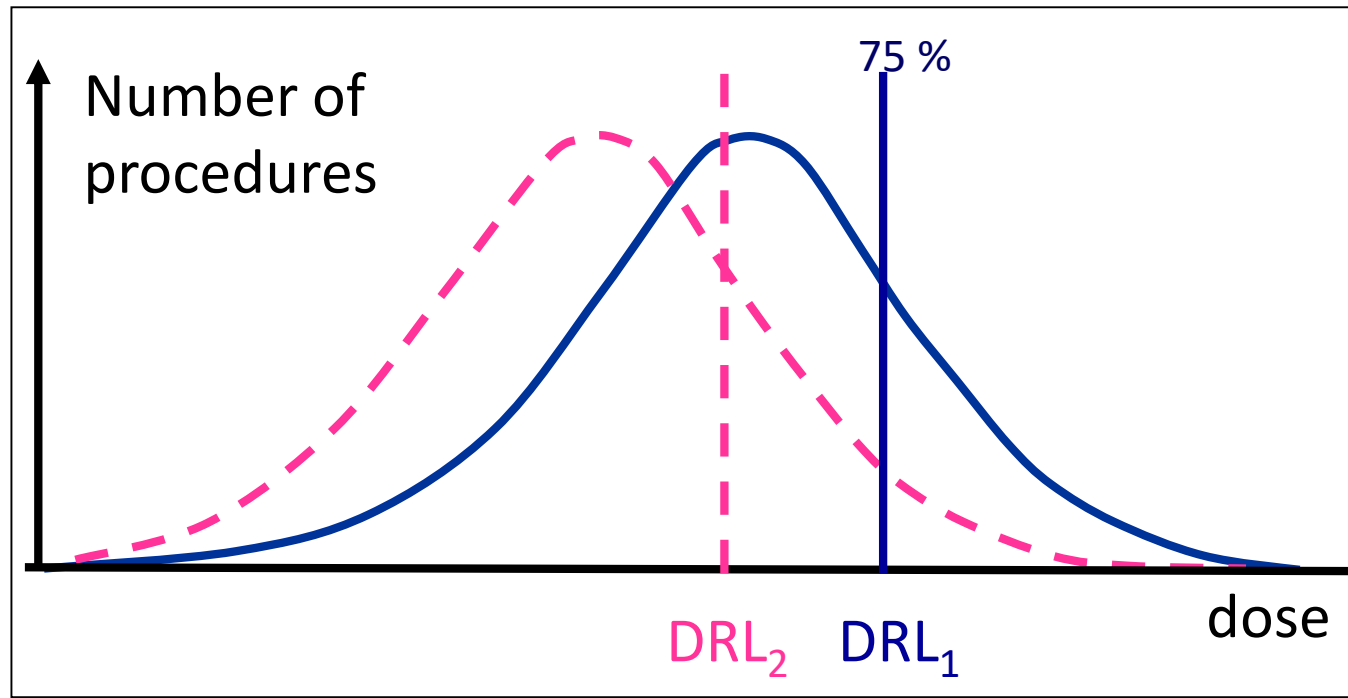
# 진단참고수준 (Diagnostic Reference Level)

- DRL의 값은 일반적으로 선량분포조사를 통해서 얻은 분포에서 3사분위수(75%)값으로 정함
- 지역, 국가 단위 조사
- 값은 반드시 관련의료 전문기관(Professional medical bodies)에서 정해야 하며 주기적으로 검토하여 (3-5년) 재설정되어야 한다.



# DRL의 궁극적인 의도 및 목표

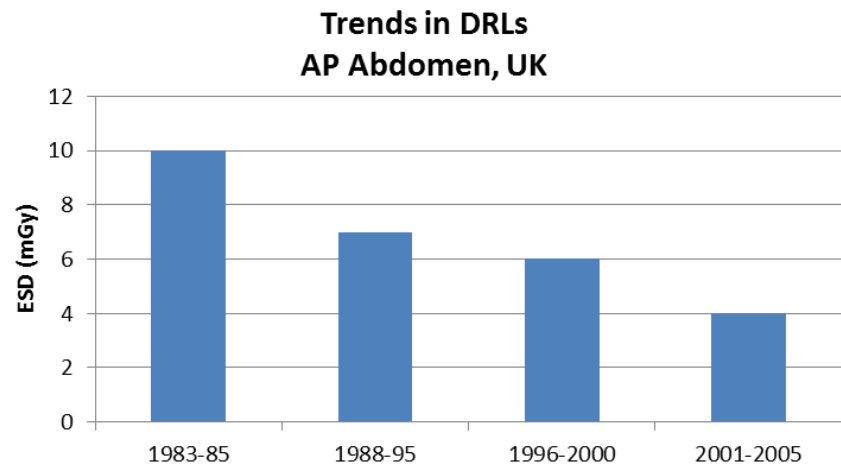
- 비정상적으로 높은 방사선량을 야기하는 의료기관이나 장비를 식별 후, 가용한 방법으로 최적화 하여 의료기관이나 지역, 국가적으로 방사선 검사로 인한 환자의 의료 피폭량을 줄이는 것



# Trends in DRLs with time

- 영국

- 20 년간의 DRLs 경험
- 1995, 2000 and 2005에 선량조사
- 2005 review showed for radiography:
  - On average about 16% lower than 2000 review
  - Typically less than 50% of original DRLs



# 우리나라 진단참고수준(DRL)- 질병관리본부 (2019)

연령	검사종류	진단 참고수준 (mGy)	연령	검사종류	진단 참고수준 (mGy)	연령	검사종류	진단 참고수준 (mGy)
신생아	흉부 (AP)	0.14	10 세	두부 (AP)	1.38	성인	두부 (AP)	2.85
	복부 (AP)	0.26		두부 (LAT)	1.2		두부 (LAT)	2.48
5 세	두부 (AP)	1.02		흉부 (PA)	0.24		흉부 (PA)	0.40
	두부 (LAT)	0.92		흉부 (LAT)	0.5		흉부 (LAT)	1.26
	흉부 (PA)	0.17		흉부 (AP)	0.47		흉부 (AP)	0.90
	흉부 (LAT)	0.33		복부 (AP)	1.38		복부 (AP)	3.64
	흉부 (AP)	0.35		골반 (AP)	1.43		골반 (AP)	3.59
	복부 (AP)	0.8		어깨 (AP)	0.72		경추 (AP)	1.65
	골반 (AP)	0.88		쇄골 (AP)	0.76		경추 (LAT)	0.74
	어깨 (AP)	0.50		상완골 (AP)	0.40		흉추 (AP)	3.64
	쇄골 (AP)	0.46		팔꿈치 (AP)	0.23		흉추 (LAT)	7.29
	상완골 (AP)	0.25		손목 (PA)	0.15		요추 (AP)	4.89
	팔꿈치 (AP)	0.16		손 (PA)	0.14		요추 (LAT)	10.55
	손목 (PA)	0.11		고관절 (AP)	1.50		요추 (OBL)	6.09
	손 (PA)	0.09		대퇴골 (AP)	0.97		어깨 (AP)	1.33
	고관절 (AP)	0.83		무릎 (AP)	0.36			
	대퇴골 (AP)	0.54		무릎 (LAT)	0.37			

# 촬영부위에 따른 CT 진단참고수준(DRL)- 질병관리본부 (2017)

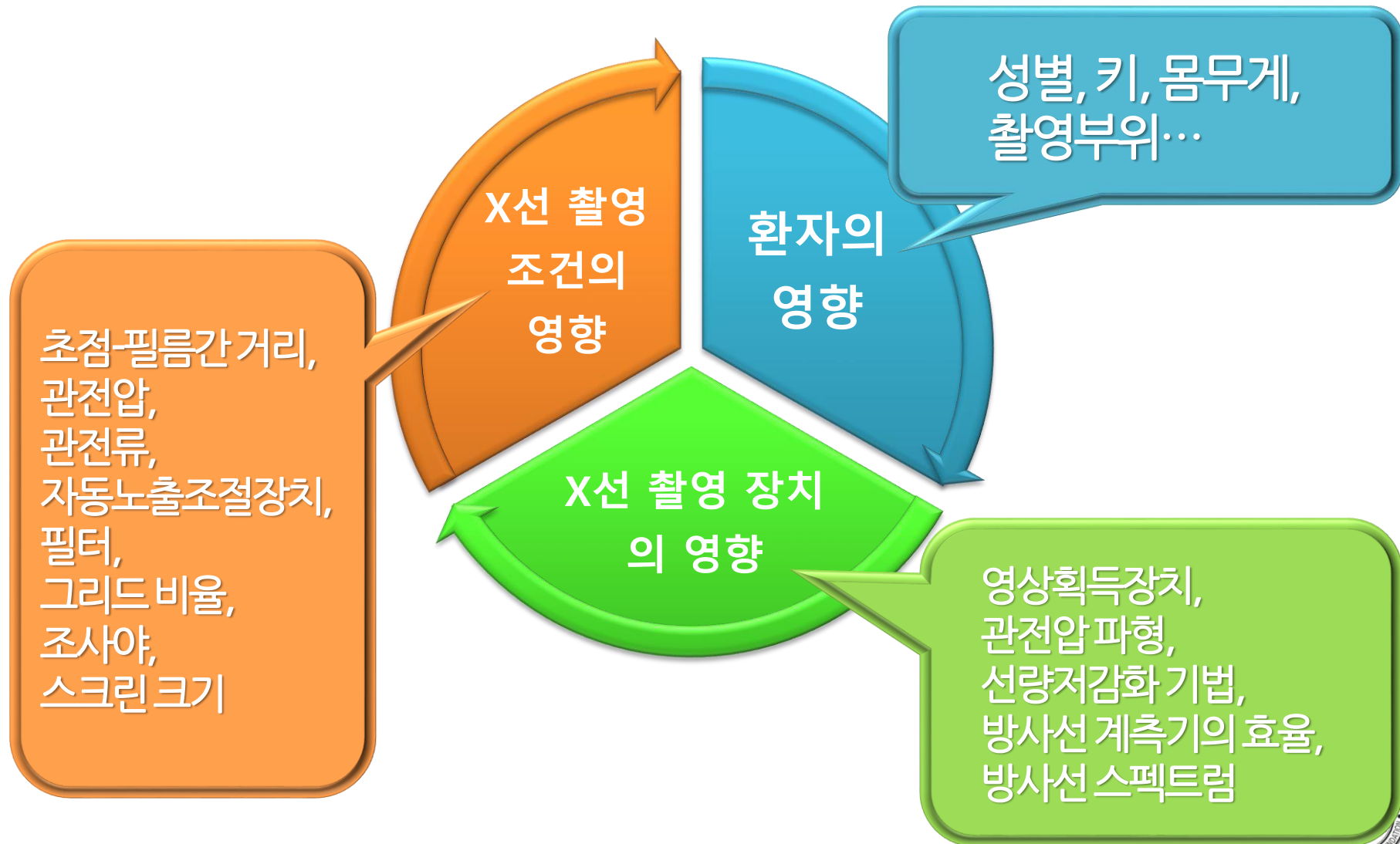
구분	촬영부위	한국(' 17)		한국(' 08)		영국('14)	미국('17)	일본('15)	
		CTDI <sub>vol</sub> (mGy)	DLP (mGy · cm)	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)	DLP (mGy · cm)	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)	
소아	두 부	~ 1세	20	298	20	260	25	—	38
		2 ~ 5세	24	405	28	370	40	—	47
		6 ~ 10세	30	494	36	500	60	—	60
		11 ~ 15세	63	1,088	—	—		—	—
성인	두부 비조영	64	1,119	60	1000	60	56	85	
	뇌혈관	22	836	—	—	—	—	—	
	목	14	442	—	—	—	19	—	
	경추	18	434	—	—	—	—	—	
	흉부	7	297	15	550	12	13	15	
	저선량 흉부	3	101	—	—	—	—	—	
	관상동맥	30	447	—	—	—	—	90	
	관상동맥 석회화	5	77	—	—	—	—	—	
	대동맥	10	719	—	—	—	—	—	
	복부·골반 조영	10	472	20	700	15	15	20	
	복부골반 비조영 (요로결석)	9	461	—	—	10	15	—	
	복부 4중시기	—	1,511	—	—	—	—	1800*	
	요추	18	601	—	—	—	—	—	



# 일반방사선검사에서 방사선피폭을 줄이는 방법



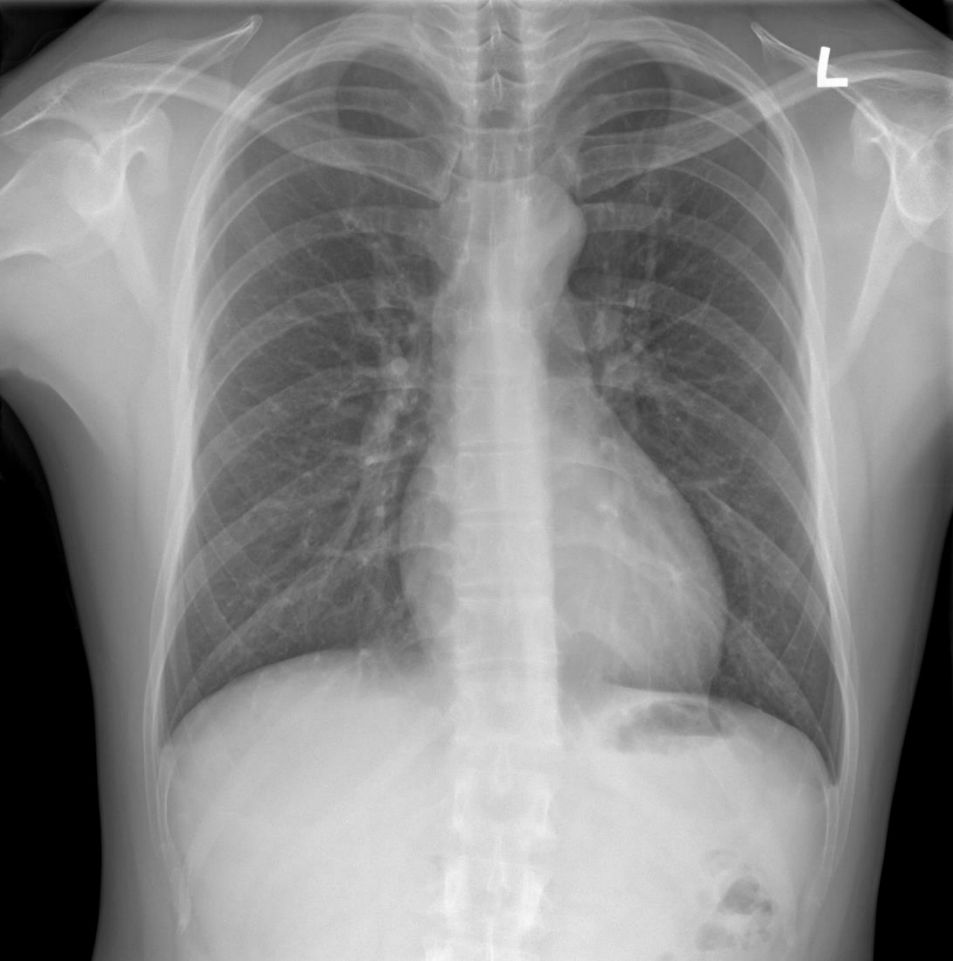
# 환자의 선량에 영향을 주는 인자



# 관전압 증가 → 환자선량 감소

- 관전압을 상승시킴으로써 상대적으로 저에너지의 X선 양을 감소시킬 수 있는데 동일한 환자 전면의 선량(동일한 수준의 영상이미지)에 대해서는 관전압이 증가할수록 방사선량이 감소
- 100 kVp 대신 55 kVp의 관전압을 사용하는 경우 → 방사선량이 50 - 100% 증가
- 낮은 관전압의 경우에는 영상 품질에는 기여하지 못하는 X선의 양이 상대적으로 많기 때문
- 관전압이 증가하면 대조도 감소 → 이를 고려한 최적화 작업 필요

# 관전류, 관전압의 변화에 따른 변화

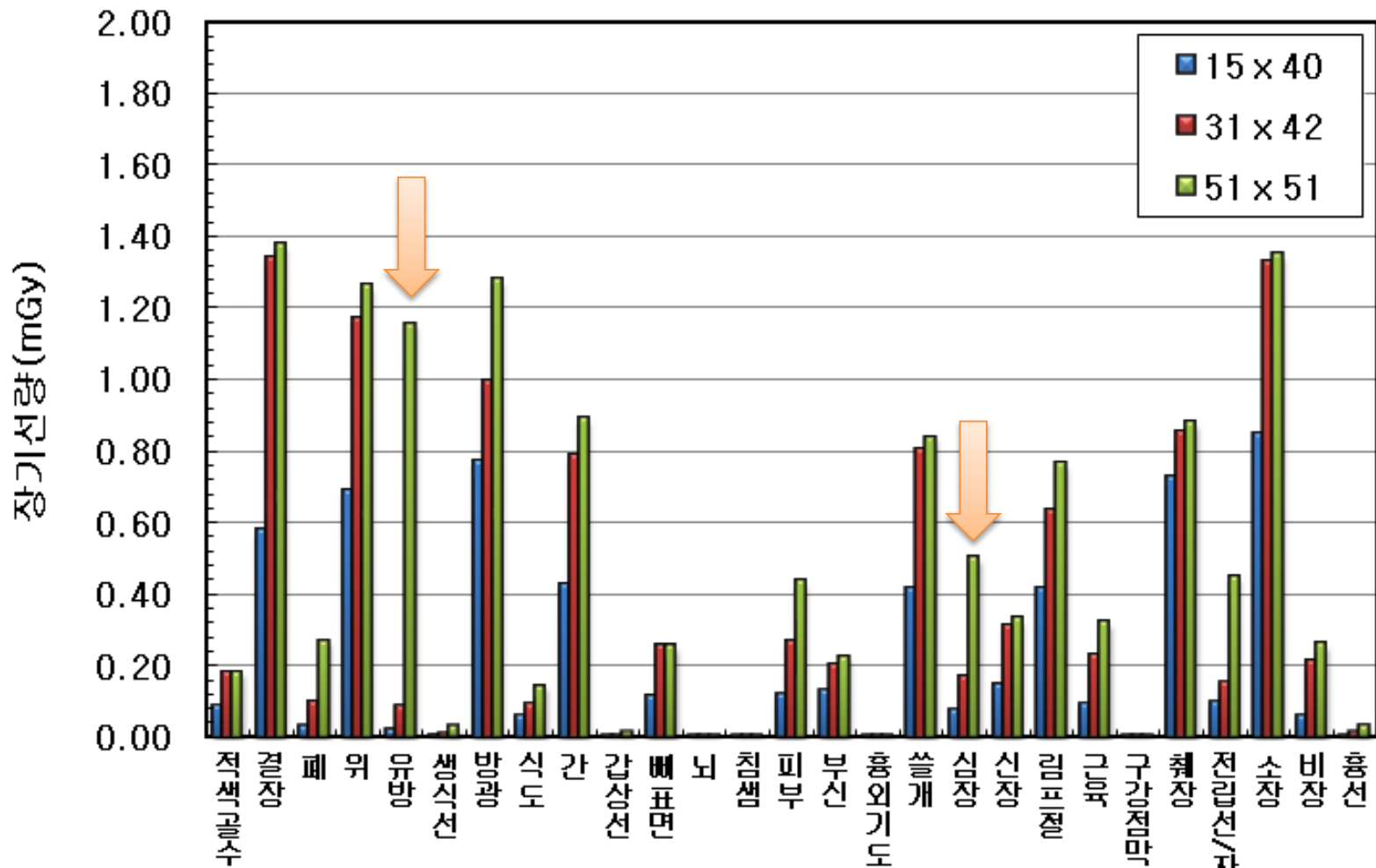


- 120 kV
- 1.6 mAs (320 mA, 5 ms)



- 75 kV
- 17.2 mAs (400 mA, 43 ms)

# 스크린 크기에 따른 선량변화



요추(AP), 스크린크기 변화에 따른 남성의 장기선량

# 일반촬영에서의 방사선량 감소방법

- 촬영조건에 따른 방사선량 및 영상화질에 대한 이해 필요
- 방사선검사에 의한 의료상 목적 (ex. 진단) 은 달성하고 선량은 줄일 수 있는 촬영 프로토콜의 개발
- 높은 관전압 사용을 권고
  - 순간 촬영시 고화질을 유지하면서 선량을 최소화
  - 가능한 전류시간곱 (mAs) 을 최소로 유지
- 가능한 방사선검사에 필요한 부분만 피폭되도록 최소의 조사야 (스크린, collimation) 사용

# 유방촬영검사에서 방사선 피폭을 줄이는 방법

# 유방촬영검사의 방사선피폭

- 유방촬영검사의 유용성 및 단점
  - 유방암 조기발견의 선별검사로 사용
    - 생존율 30% 증가
  - 위음성, 위양성으로 인한 불필요한 방사선피폭으로 유방암 발생 가능성
  - 노출되는 나이가 어릴 수록 유방암 발생증가
    - 40세 이후 무시할 정도
- 유방암 조기발견을 위한 검진 가이드라인 (2015, 국립암센터)

40-69세	2년마다 유방촬영술
--------	------------

# 유방촬영검사 선량측정

- **평균 유선선량 (Average glandular dose)**
  - 평균 성인 (4.2cm compressed breast thickness, 50% 지방, 50% 유선구조)의 전형적인 입사선량을 측정하기 위해 표준화된 방법
  - 환자피폭 선량에 따른 위험도를 반영
  - 40세 ~90세 까지 매년 유방촬영검사: 200~400mGy의 선량
  - 유방촬영검사(장당) → 한번의 유방촬영: 4배
    - 0.8-1.2mGy
    - Spot compression 약 1.2mGy
    - Magnification 약 3.0mGy
  - ICRP권고 < 3mGy (4.2cm compressed breast thickness, 50% 지방, 50% 유선구조)



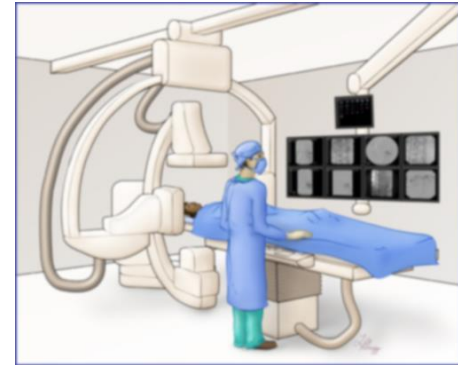
# 유방촬영검사에서 환자선량 줄이는 방법

- 적절한 품질관리 → 잘 관리된 장비
- 촬영기술에 대해 방사선사 교육 → 재촬영 감소  
(국립암센터 이러닝 사이트, <http://education.ncc.re.kr/#>)
- 불필요한 추적, 추가 검사 피하기
- 40세 미만의 경우 MR, 초음파 등의 대체 검사이용
- 우리나라 진단참고수준(DRL)

**1.36 mGy**

# 투시, 중재 시술에서 방사선 피폭을 줄이는 방법

# Fluoroscopy (투시)



- 실시간 움직이는 X선 영상
- 위장조영검사 or 인터벤션영상
- CT에 비해 상대적으로 낮은 X-선 에너지 (kVp, mA) 사용
- 특정부위에 장시간 피폭 가능 → 누적선량이 많아질 수 있다

검사종류	Tube voltage	Tube current	Time	direction
일반촬영		비교적 높음	매우 짧음	한 방향
CT	높음(80-140 kv)	높음	중간	360도 비교적 넓은 부위
투시	80~100 kV	낮음	다양(비교적 길다)	한 방향 또는 다양한 방향



receptor

protectors

source

# 투시검사시 선량관련 인자

- 관전압 & 관전류
- 투시시간(Fluoroscopic time)
- 조사야(Field of View)
- 환자 위치
- 자동밝기 조절(Automatic brightness control)
- 확대(Magnification)
- Pulsed fluoroscopy
- Frame averaging
- Last image hold

피폭량 줄이는 방법



# 투시 검사시 환자 피폭 저감화

- Last image hold
- 환자-X선관, 환자-검출기 관계: 검출기에 가까워야 선량감소
- Pulsed fluoroscopy
- 확대: FOV의 감소 → 화면 밝기 조절로 선량증가
- 조사야 조절 Beam collimation (tube side)
- 장기간 (20분이상) 조사시 입사위치 변경
  - Tube angulation으로 피폭부위 조정



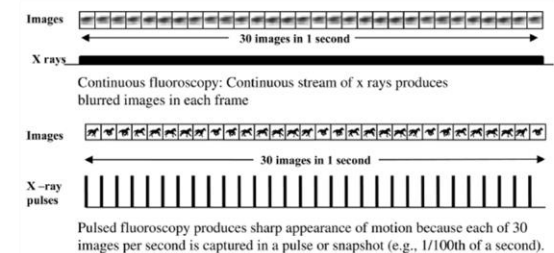
Last image hold



Radiographic image

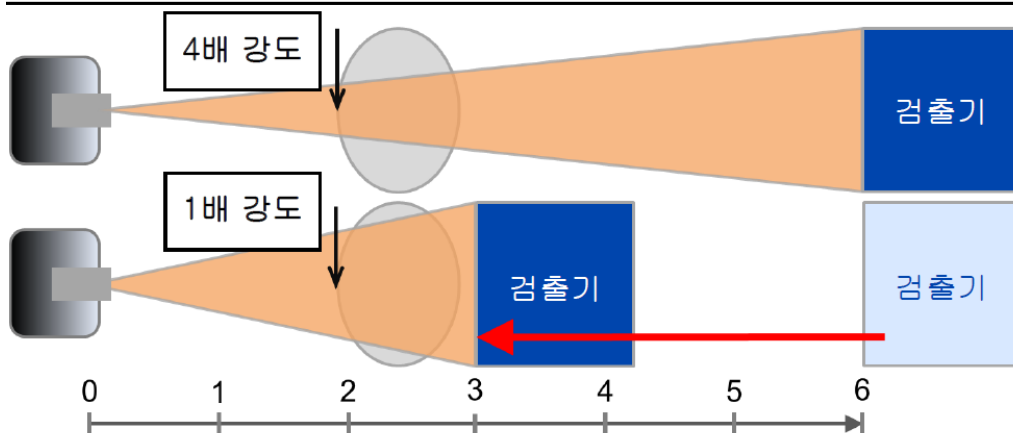
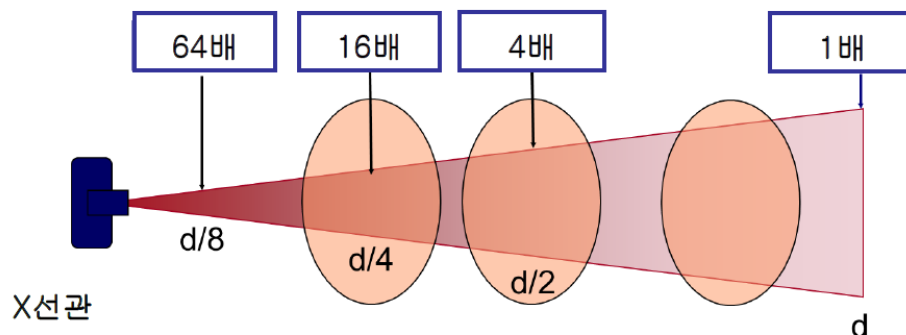


Alternating switch on and off during pedaling



# 투시검사에서 환자선량을 낮추기 위해 지켜야 할 10가지 원칙 (rpop.iaea.org)

1. 진단이나 시술이 가능한 수준에서  
X선관과 환자 간의 거리를 최대화할 것



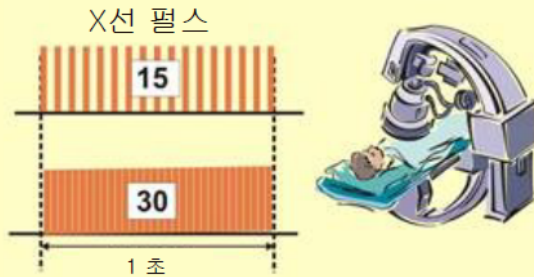
2. 환자와 검출기 간의 거리를  
최소화할 것

3. 투시검사 시간을 최소화할 것

모든 환자에 대한 투시검사 시간과 가능하다면  
면적선량값 (DAP/KAP)에 대한 기록 유지



펄스투시검사는 방사선 노출을 감소시킴



4. 진단 가능한 품질의 영상을 얻을 수 있는 가장 최소의 화면율을 가진 펄스투시검사를 사용할 것

5. X선 조사 시 동일한 피부 부위를 중복해서 노출시키는 것을 피할 것

환자주변으로 X선관을 회전시켜  
입사방향을 변경할 것

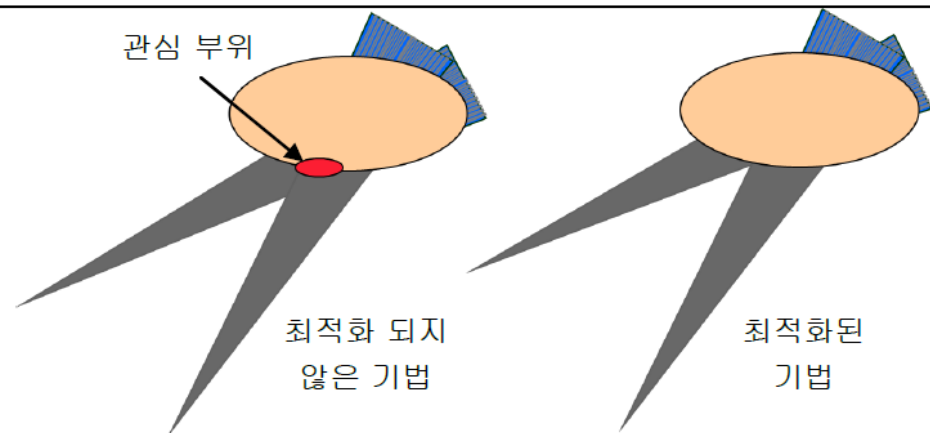
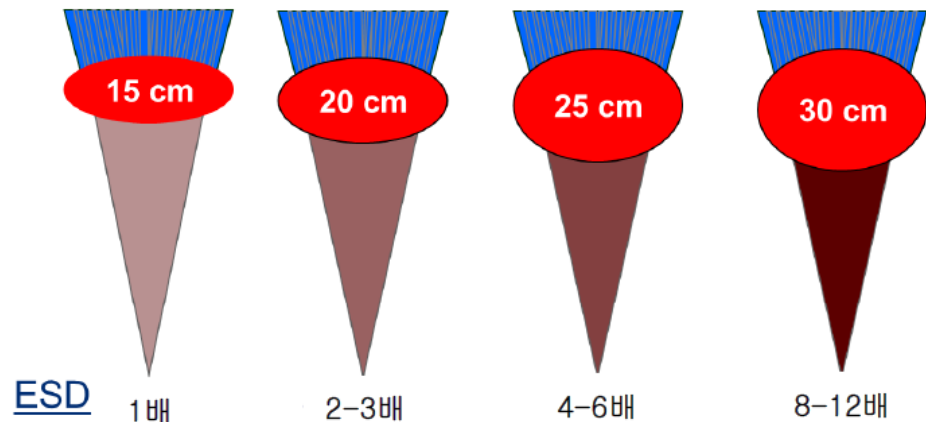
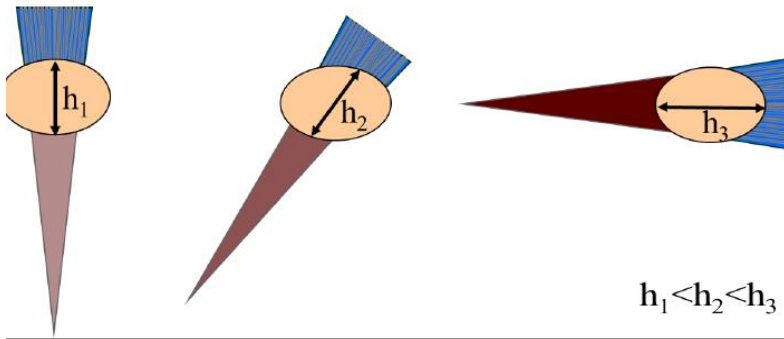


Figure adapted from L. K. Wagner

6. 큰 환자 또는 두꺼운 신체부위는  
입사표면선량 (Entrance Surface  
Dose; ESD) 증가를 유발함







7. 기울임방향(사각) 투시도 입사표면  
선량을 증가시킴

증가된 입사표면선량은 피부손상의  
확률을 높인다는 것을 유념할 것

$$h_1 < h_2 < h_3$$

영상증배관 관심영역 (FOV)	상대 환자입사 선량을
12" (32 cm)	100
9" (22 cm)	177
6" (16 cm)	400
4.5" (11 cm)	711

8. 영상확대 촬영기법 사용을 피할 것

영상범위를 절반으로 줄이면 선량율은  
4배로 증가함

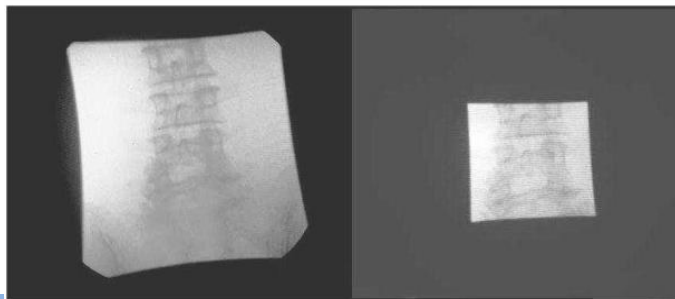
9. 임상적으로 허용 가능한 수준으로 프레임  
수와 씨네 투시검사법 사용을 최소화할 것

투시검사를 위한 영상획득 방식  
사용을 피할 것

씨네 선량을  $\approx (10-60) \times$  일반 투시검사 선량을



기록을 위한 스팟 영상은  
씨네 동영상인 아닌 최종  
투시영상고정(Last image  
hold)에서 얻을 것



10. 조준기를 사용할 것

X선을 관심영역에 조준할 것

# 결론

- 영상의학검사에서의 방사선피폭 저감화 방법은 검사의 정당화 확보가 가장 중요
- 정당성이 확보되면 최소한의 방사선 피폭으로 진단에 적합한 영상을 얻는 것 (최적화)
- 사용하는 장비 별로 촬영조건에 따른 방사선량 및 영상화질에 대한 이해 필요
- 방사선검사에 의한 의료상 목적은 달성하고 선량은 최소화할 수 있는 촬영 프로토콜의 개발하여 사용
- 진단참고수준(DRL)을 인식하여 저감화 노력
- 환자와 종사자의 선량 저감화 방법에 대한 숙지
- 주기적인 장비의 품질관리