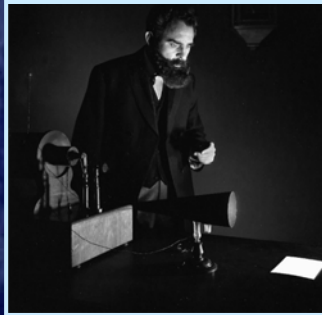




2017년 2월 8일(수)
서울대학교 호암생활관

지역주민과 방사선



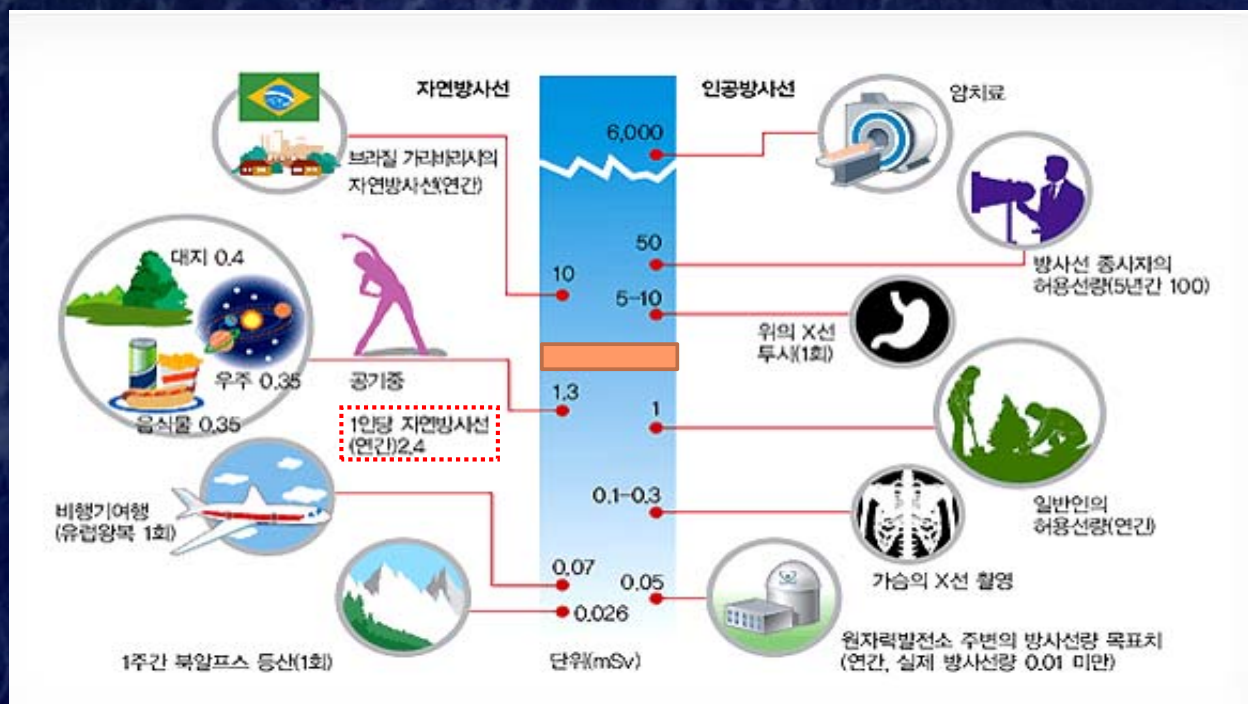
동남권원자력의학원
핵의학과
양승오



내용

- 방사선의 개요
- 방사선의학의 공헌:
암진단, 예방과 치료
- 방사선의 위해와 안전이슈
- 요약

인공방사선과 자연방사선

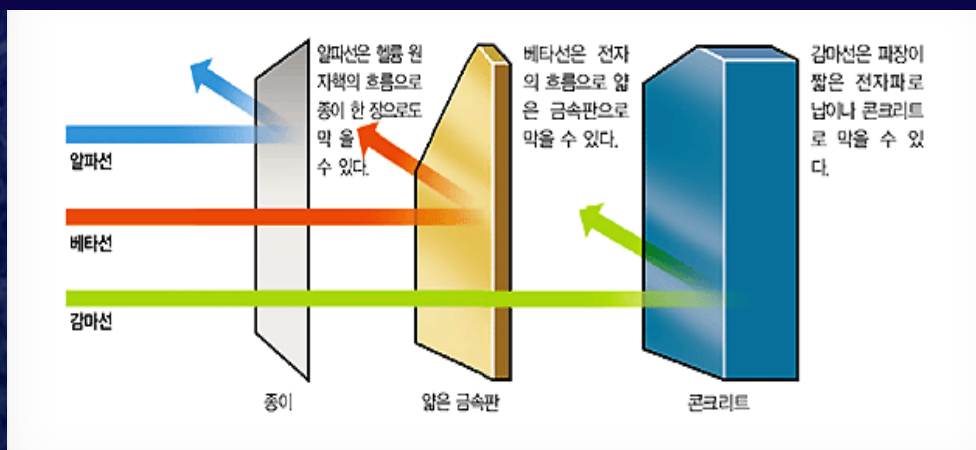


방사선

■ 방사선이란?

- 불안정한 핵종 (원자 또는 원자핵)이 안정된 핵종으로 전환되면서 방출하는 입자 혹은 광선 에너지
- 생체를 투과하면 분자와 반응하여 세포를 파괴시킬 수 있음
- 방사성물질은 시간에 따라 일정비율로 소멸함
(반감기, $T_{1/2}$: 방사성물질이 절반으로 줄어드는데 걸리는 시간)

■ 방사선의 종류와 투과력



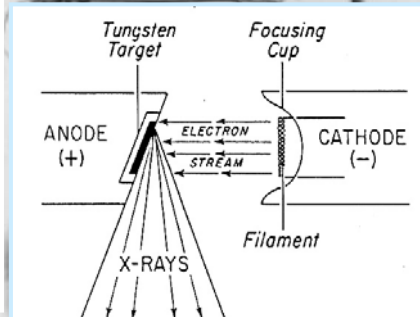
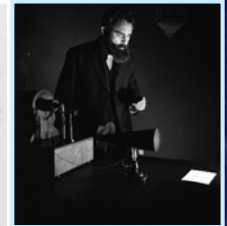
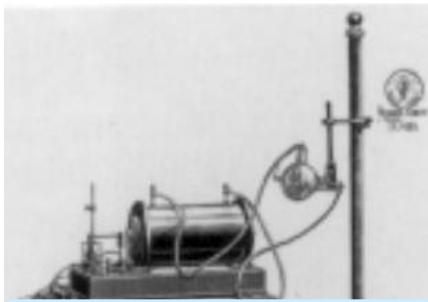
방사선(X-선)의 발견, 1895년 11월 8일



Roentgen



Wilhelm Conrad Roentgen
(1845 ~1923)



- Cathode (음극): electron 발생
- Anode (양극): X-ray 발생

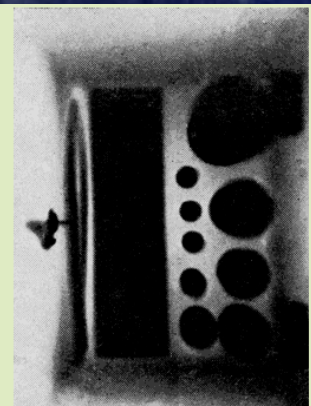
EINE NEUE ART VON STRAHLEN.

Wilhelm Roentgen
"On a New Kind of Rays"

VON



Professor
Kölliker's hand



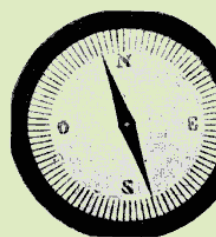
Hand mit Ringen 1.1.95



*gegeben von Prof. Kölliker
Jahres 73*



flows of a compass in which the
a piece of metal whose inhomogeneous

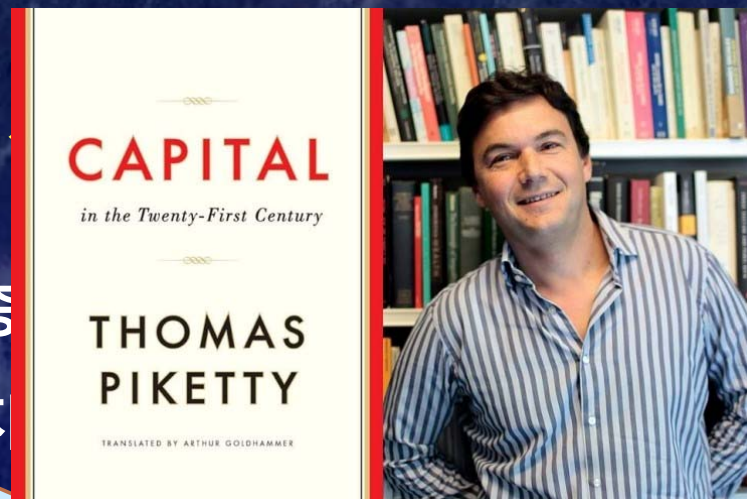


피케티가 제시한 소득불평등 해법

- 저소득층 교육 기회 확대
- 기술 · 지식 확산으로 성장률 제고
- 순자산에 누진적 자본세 부과
- 최상위 계층 한계 소득세율 인상
- 고령화 사회 진입에 대한 대책 필요

피케티가

- 저소득층
- 기술 · 지
- 순자산에 누진적 자본세 부과
- 최상위 계층 한계 소득세율 인상
- 고령화 사회



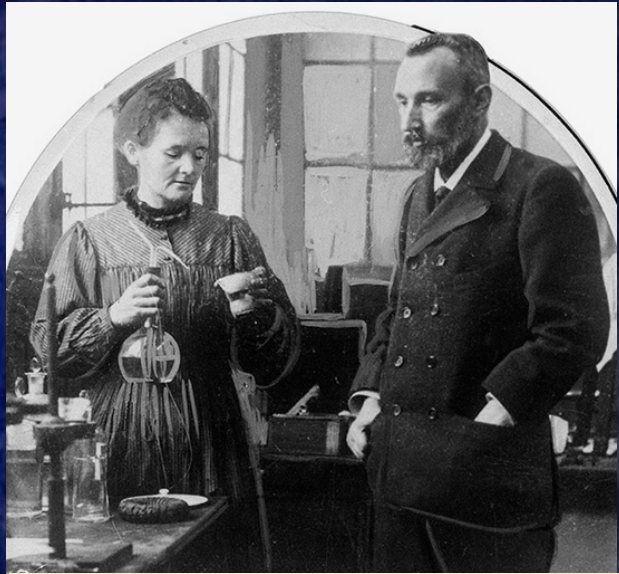
뢴트겐 박사가 방사선의 발견에
특히 걸지 않고 세상에 무상으로 푼 것.
방사선이 의료, 산업 분야에서 널리
공헌하게 된 단초가 됨.
위대한 전 인류의 유산...

방사능(Radioactivity)의 발견



Antoine Henri Becquerel

- Uranium, 1896



Pierre & Marie Curie

- Polonium & Radium, 1898

방사선 (X-선)의 특성

- 투과(Penetration)
- 산란(Scattering)
- 흡수(Absorption)
- 감광(Photosensitivity)
- 형광(Fluorescence)

방사선 관련 단위

- 조사선량: 감마선 또는 엑스선에 의한 쪼임의 세기를 말하며 공기를 이온화(전리)하는 정도 평가(R)
- 흡수선량: 방사선이 물질의 단위질량에 흡수된 에너지
방사선 종류나 물질의 종류에 관계없이 사용(Gy)
- 등가선량: (방사선을 인체의 단일 장기나 조직에 받을 때 사용, Sv)
방사선의 종류나 에너지에 따라 인체에 주는 위험도는 다르므로 방사선방호 목적으로 같은 척도를 주어 계산
등가선량 = 흡수선량 X 방사선가중치
- 유효선량: (방사선을 온몸에 받을 때 사용, Sv)
등가선량을 인체에 미치는 영향으로 환산하여 실용화한 양
신체의 어느 부위에 방사선을 받았는가에 따라 다른
신체 부위에 받은 등가선량에 조직가중치를 곱한 것 합산
유효선량률 = 단위시간 당 유효선량 = Sv/hr

THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM

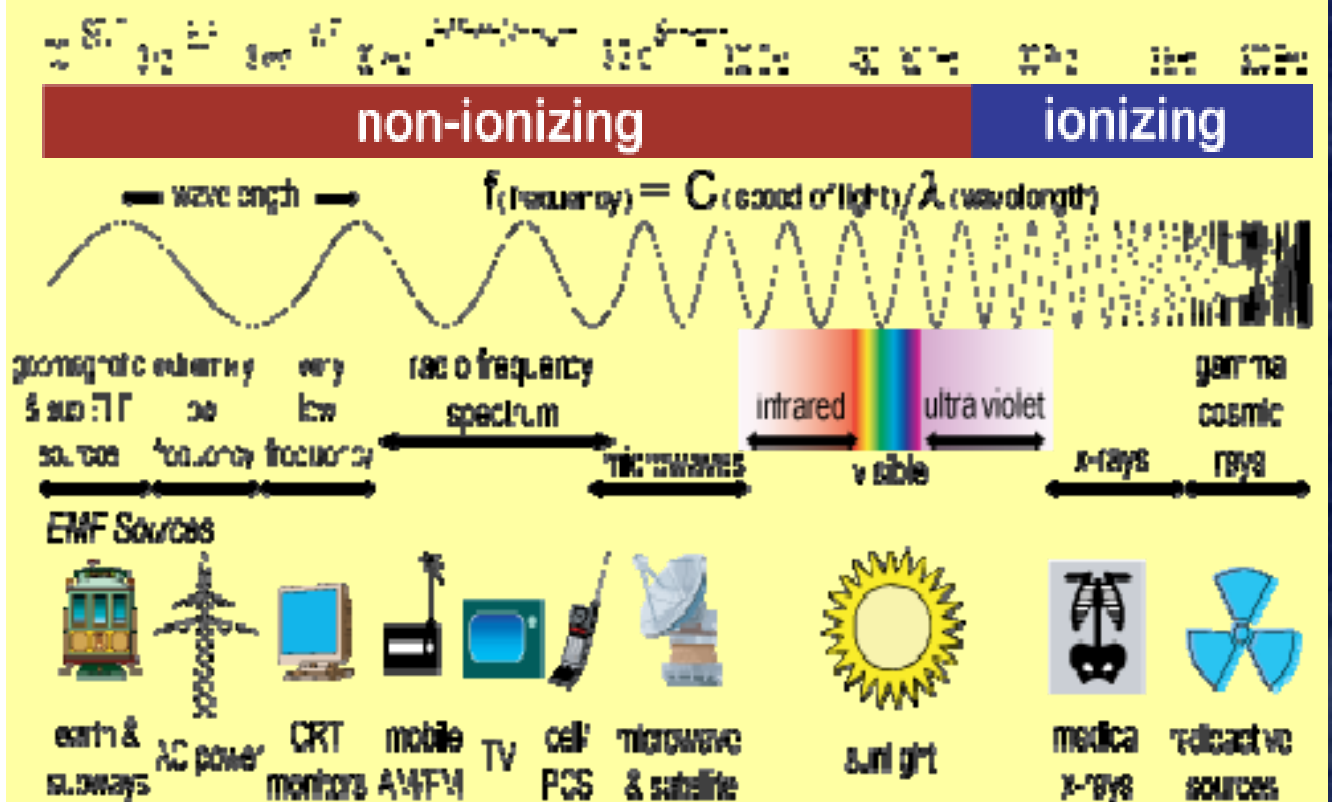


Figure 1.111 The Electromagnetic Spectrum (11.11.11) Electromagnetic Spectrum (11.11.11) Figure 1.111 The Electromagnetic Spectrum (11.11.11) Figure 1.111 The Electromagnetic Spectrum (11.11.11)

이온화 방사선 (Ionizing Radiation)

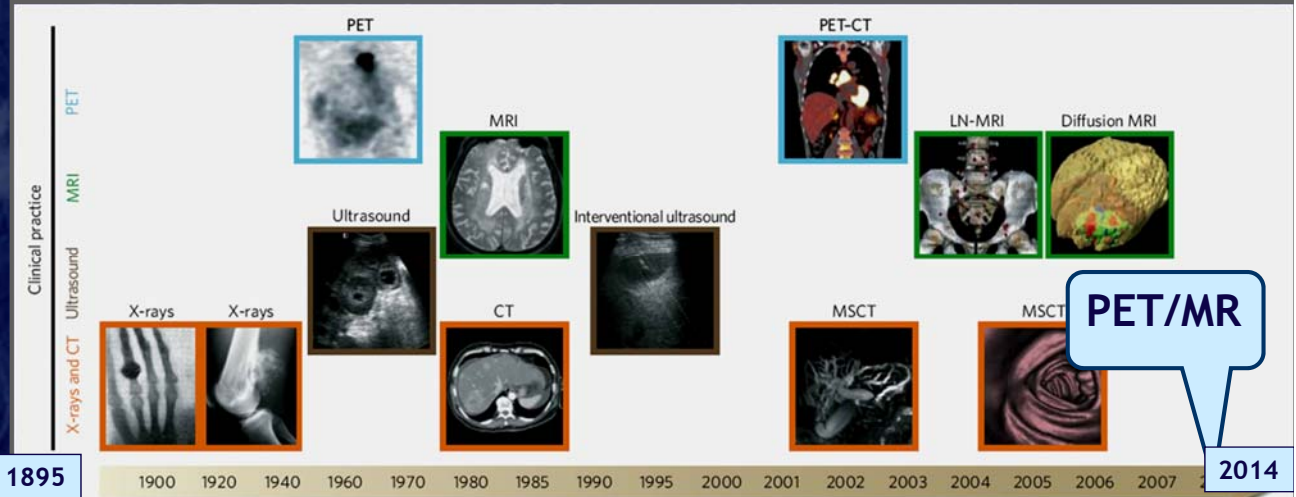
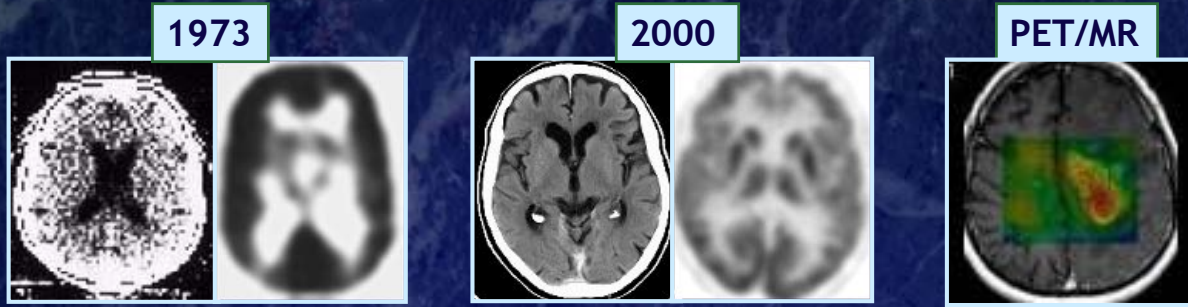
- Ionization
 - two charged particles or ions
 - the molecule with a net positive charge
 - the free electron with a negative charge
- Each ionization releases approximately 33 eV of energy
 - enough E to disrupt the chemical bond
 - directly or indirectly remove electrons from most molecules
- Three main kinds of ionizing radiation
 - alpha particles, which include two protons and two neutrons
 - beta particles, which are essentially high-speed electrons
 - gamma rays and x-rays, which are pure energy (photons)

방사선의 의학적 이용

- 영상: 의학영상
(X-rays, CT, SPECT, PET/CT, PET/MR)
- 치료: 방사선 암치료



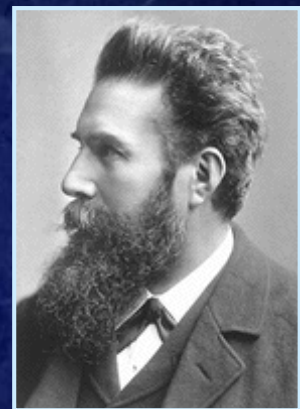
영상의학 발전사



Modified from Weissleder & Pittet, Nature 2008

영상의학 관련 노벨상 수상자

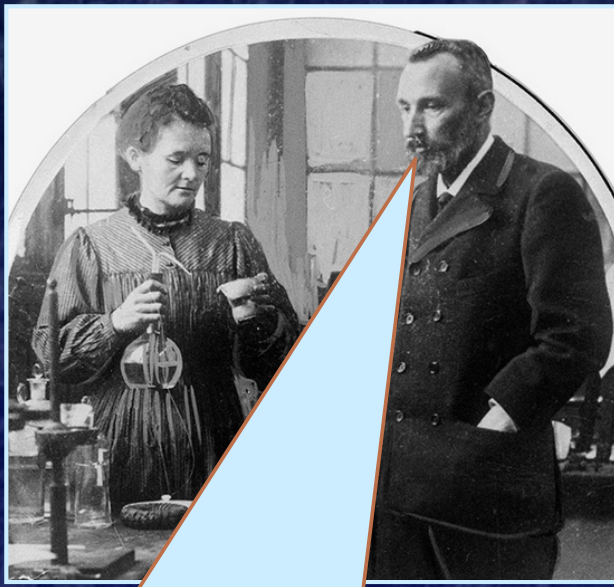
- Roentgen (1901, X rays)
- Bragg(s) (1915, X ray energy levels)
- Hounsfield, Cormack (1979, CT)
- Rabi (1944, 자기공명영상)
- Bloch et al. (1952, 자기공명영상)
- Ernst (1991, 자기공명영상)
- Wuthrich (2002, 자기공명영상)
- Lauterbur, Mansfield (2003, 자기공명영상)



방사성동위원소 관련 노벨상 수상자



- Becquerel, Curie (1903, 자연방사 현상의 연구)
- Curie (1911, 라듐 및 폴로늄 발견)
- Soddy (1921, 방사성동위원소의 기원과 성질에 관한 연구)
- Joliot-Curie (1935, 새로운 방사성원소 합성)
- Chadwick (1935, 중성자 발견)
- Fermi (1938, 중성자에 의한 인공 방사성원소의 연구)
- Lawrence (1939, 사이클로트론발명, 인공 방사성원소 합성)
- Hevesy (1943, 화학연구에 방사성동위원소를 추적자로 이용)



“나는 인류가 새로운 발견(라듐)에서
악보다 선을 더 많이 끌어낼 수
있으리라 믿습니다.”

1903년 노벨 물리학상 수상 연설,
피에르 퀴리

내용

- 방사선의 개요
- 방사선의학의 공헌:
암진단, 예방과 치료
- 방사선의 위해와 안전이슈
- 요약

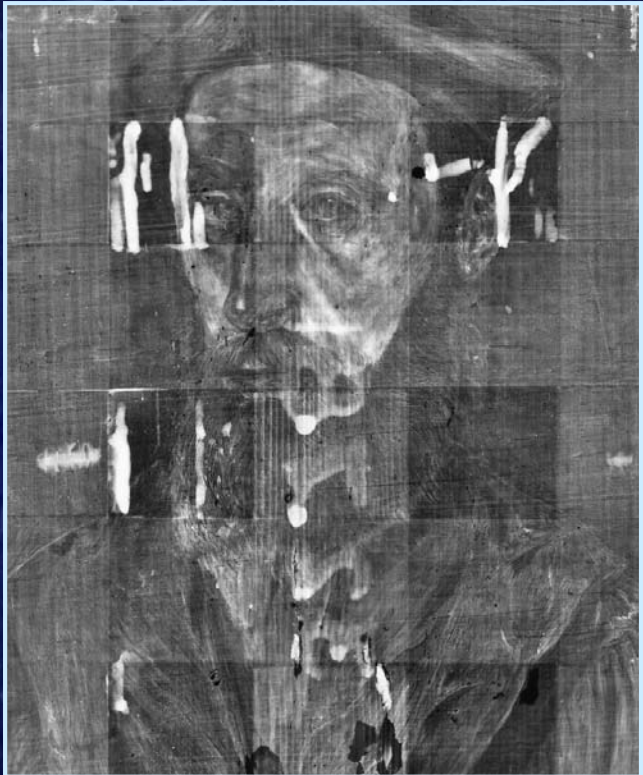
동-식물의 연구



Ornithorhynchus anatinus

고래의 물갈퀴(flipper) 축소 촬영

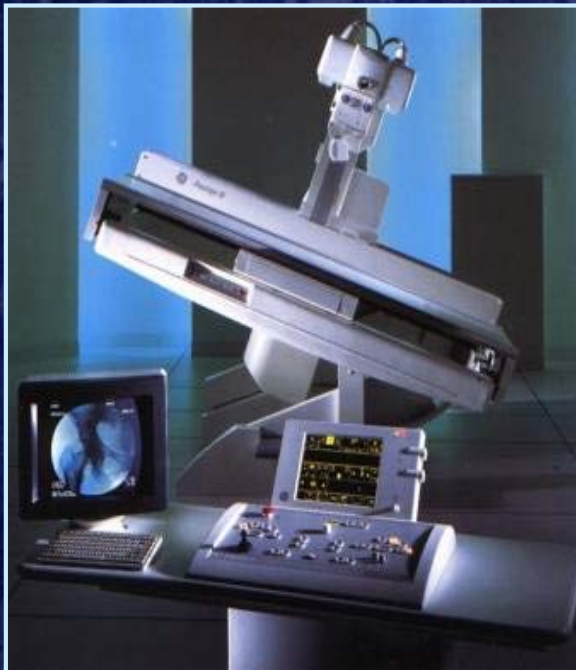
미술품의 판정



진단방사선 분야

X-선 투시 (Fluoroscopy)

- 주로 소화기관, 장기 등의 이상유무 판별에 사용




진단방사선 분야

혈관조영술 (Angiography)

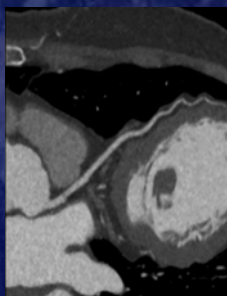
- 조영제(contrast agent)를 주입하여 혈관의 구조, 이상유무 판별



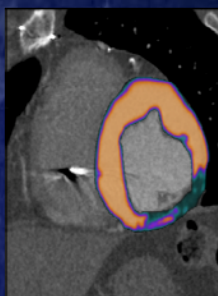
심혈관 질환




- High definition imaging, low dose



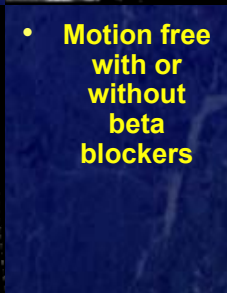
- Arrhythmia management



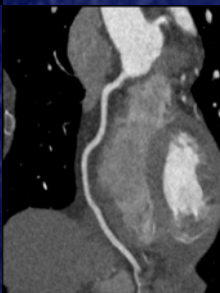
- Personalized 4D dynamic imaging



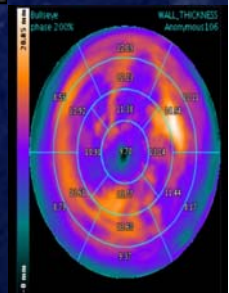
- One beat, at any heart rate



- Motion free with or without beta blockers



- Multiple exams from just one beat

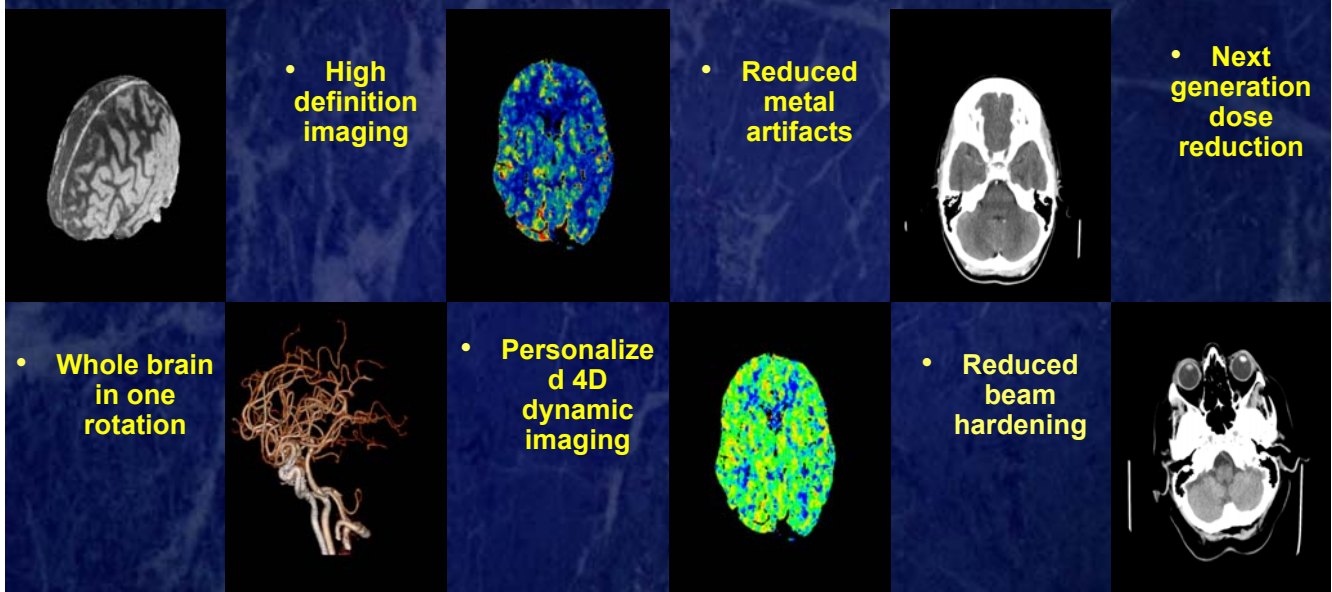


WALL_THICKNESS Anomalous 116

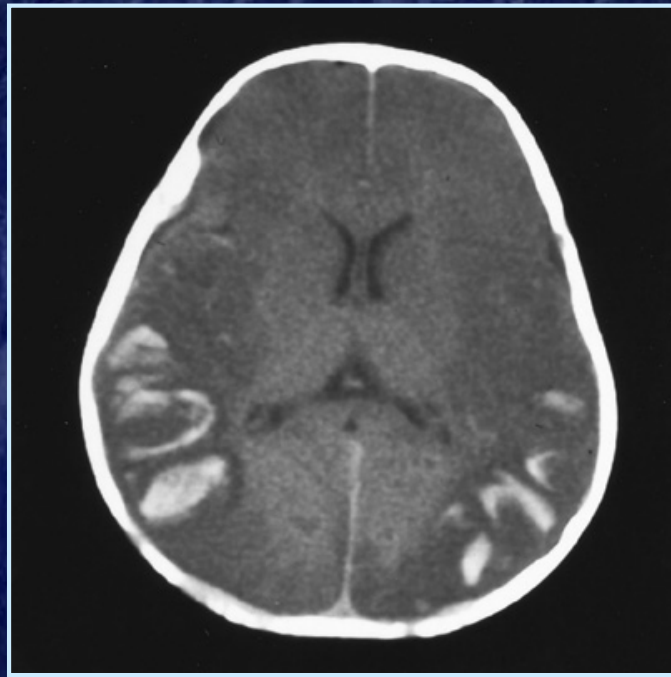
이건희 회장 심근경색, 스텐트 삽입술, 외신도 보도



뇌신경계 질환



병원에 CT가 없다면?

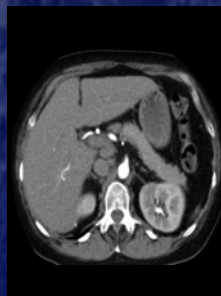


머리 CT: 양측성 뇌출혈

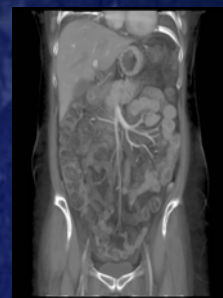
복부 질환



- High definition imaging

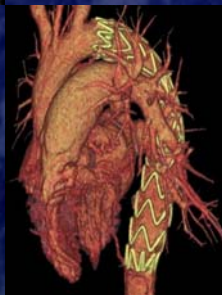


- Flexible scan modes



- Next generation dose reduction

- Axial image quality

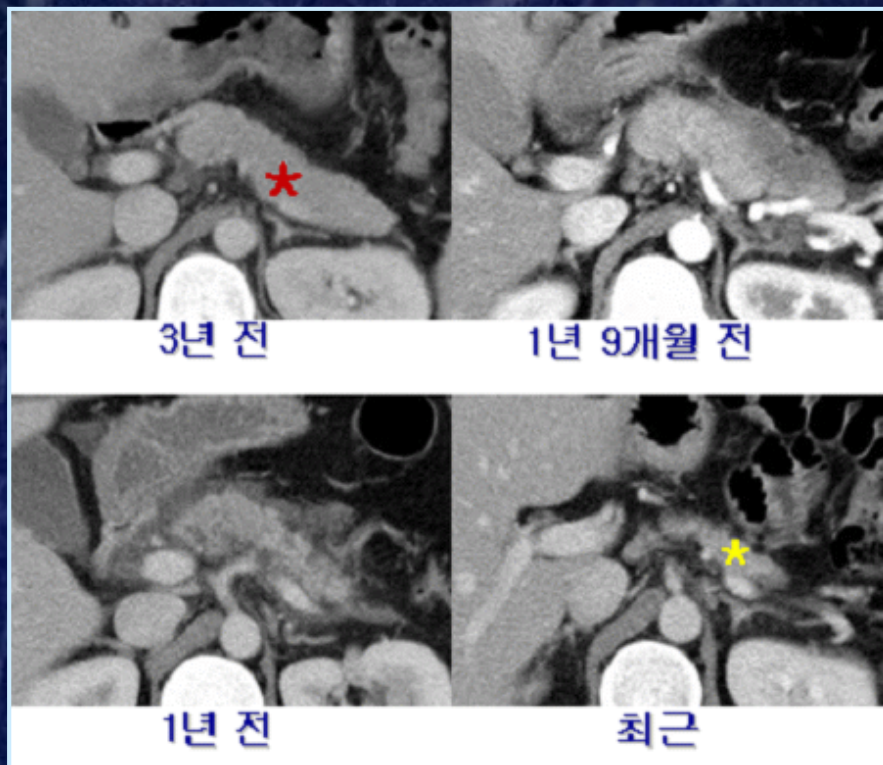


- Personalized 4D dynamic imaging



- Access for more patients

27/남자

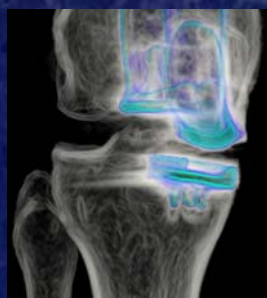


복부 CT: 췌장염(알코올성)

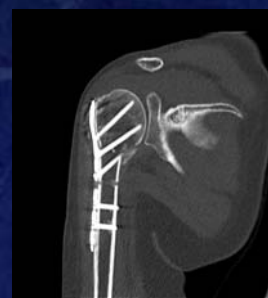
근골격계 질환



- Reduced metal artifacts
- MMAR and 3D collimator



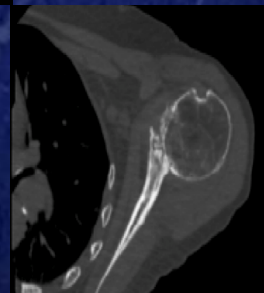
- Low signal IQ for hips and shoulders



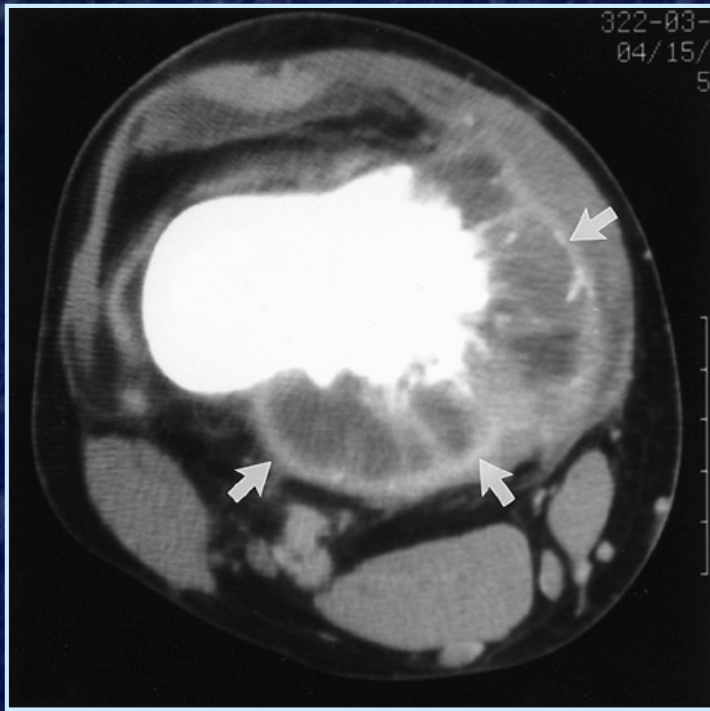
- High definition imaging



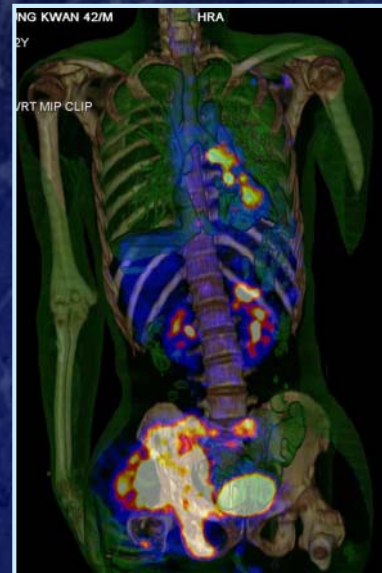
- 4D kinetic joint studies



- Axial image quality



대퇴골 CT: 뼈육종



전이암

중재적 방사선학



Nephrology

Cardiac

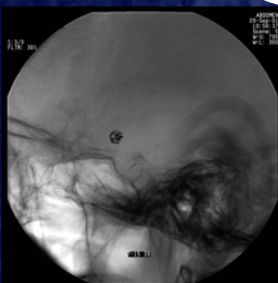
Vein



Fertility

Interventional Radiology

Pain



Neuro

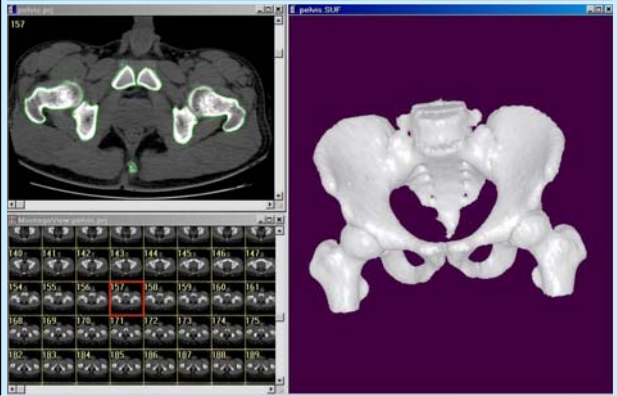
Oncology



CT(전산화 단층촬영)



컴퓨터 단층촬영기 (CT)
뼈, 폐



앨런 코맥, 고드프리 하운스필드
1979년 노벨생리의학상

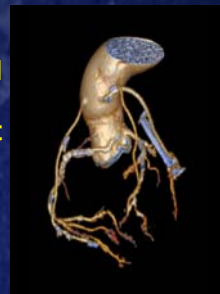
저선량 CT



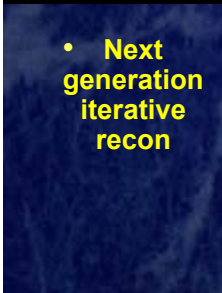
- Reduced noise



- Personalized scans for every patient



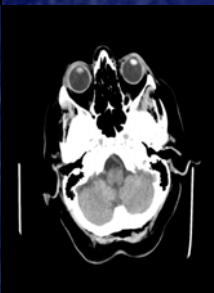
- Personalized 4D dynamic imaging



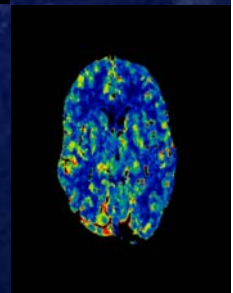
- Next generation iterative recon



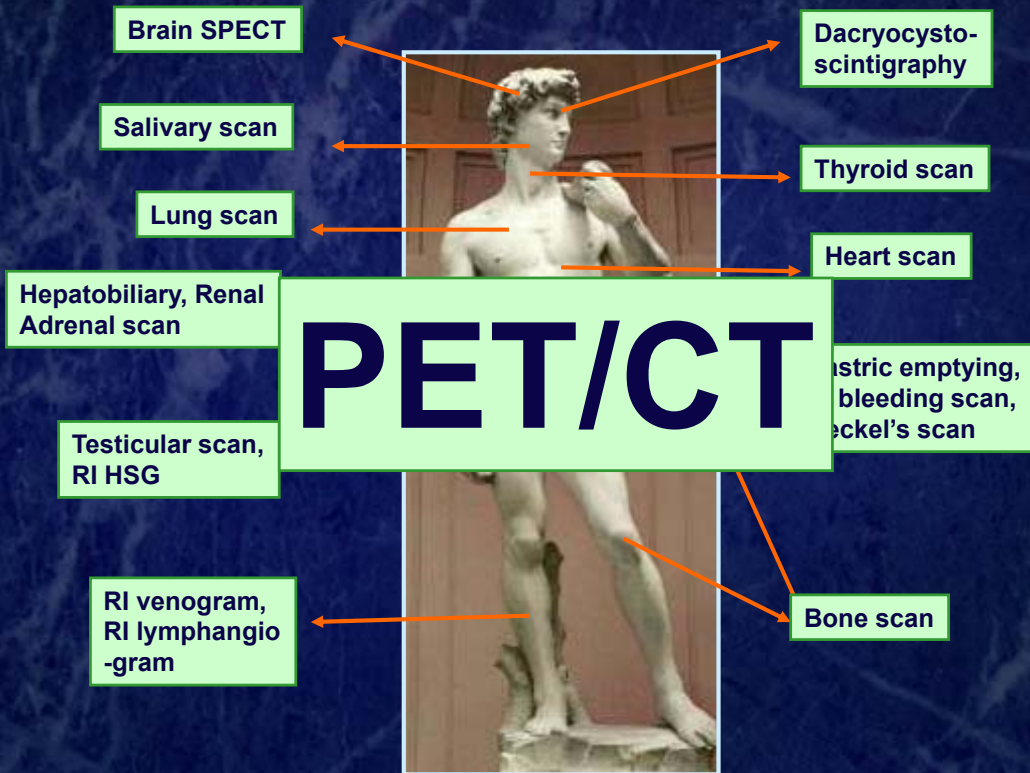
- Advances for low kV imaging



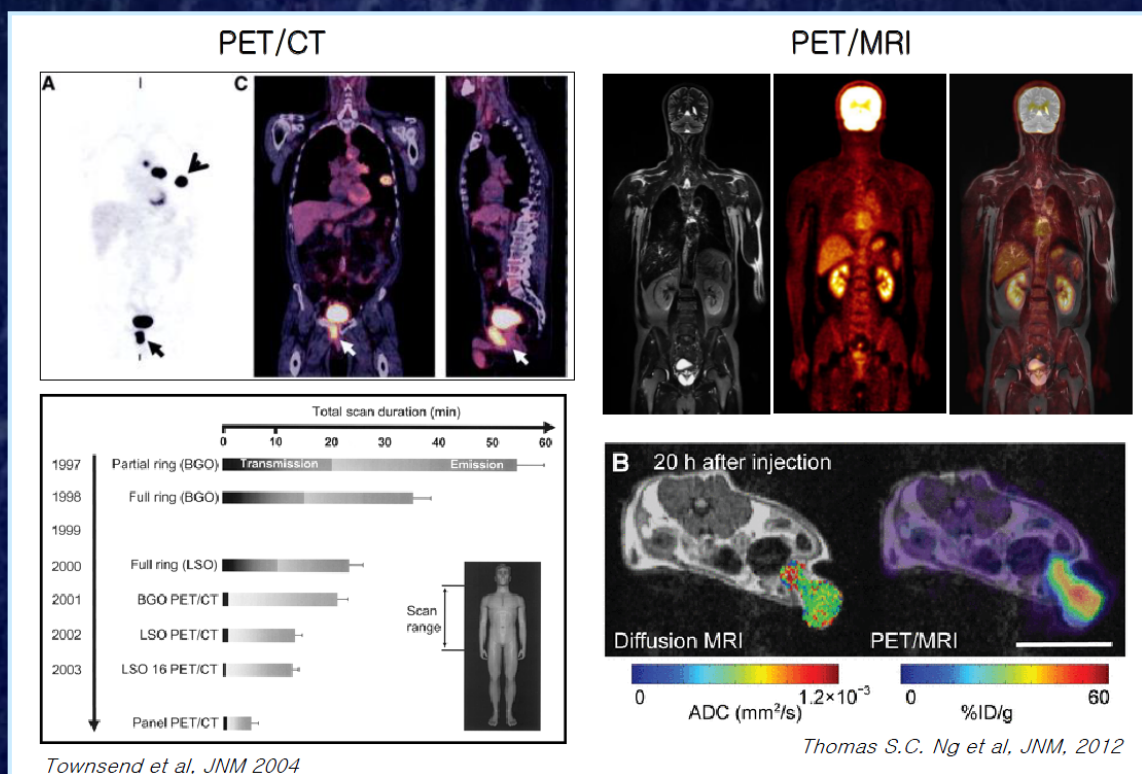
- Low dose, motion-free cardiac



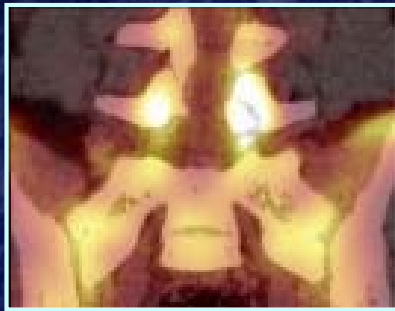
핵의학 검사 종류



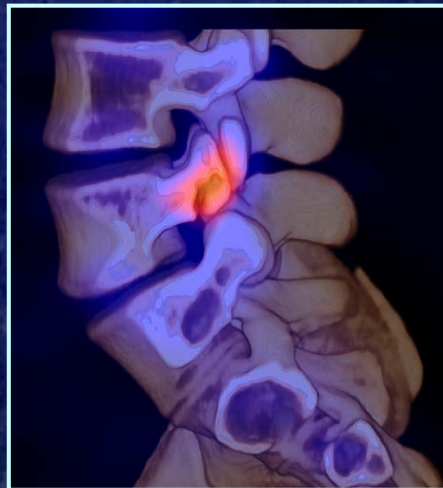
핵의학의 발달(고해상도/융합영상기술)



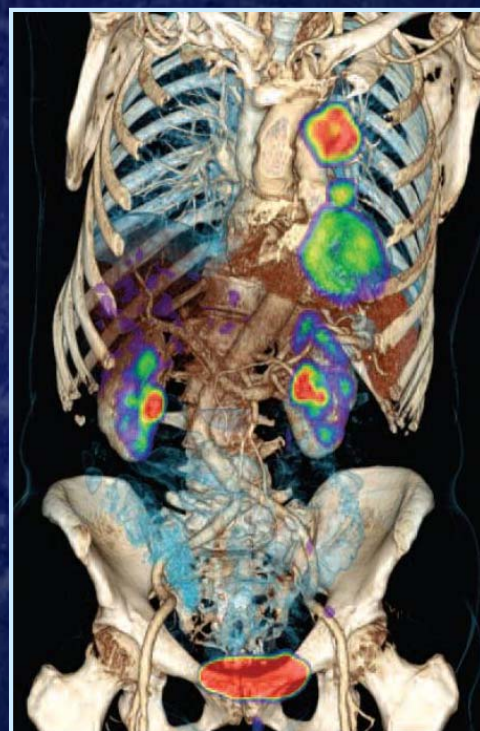
Tc-99m-MDP SPECT/CT



14/M, Spondylolysis



PET/CT



PET/CT



데이비드
타운센드 박사와
캐롤린 멜츠
교수의
획기적 업적



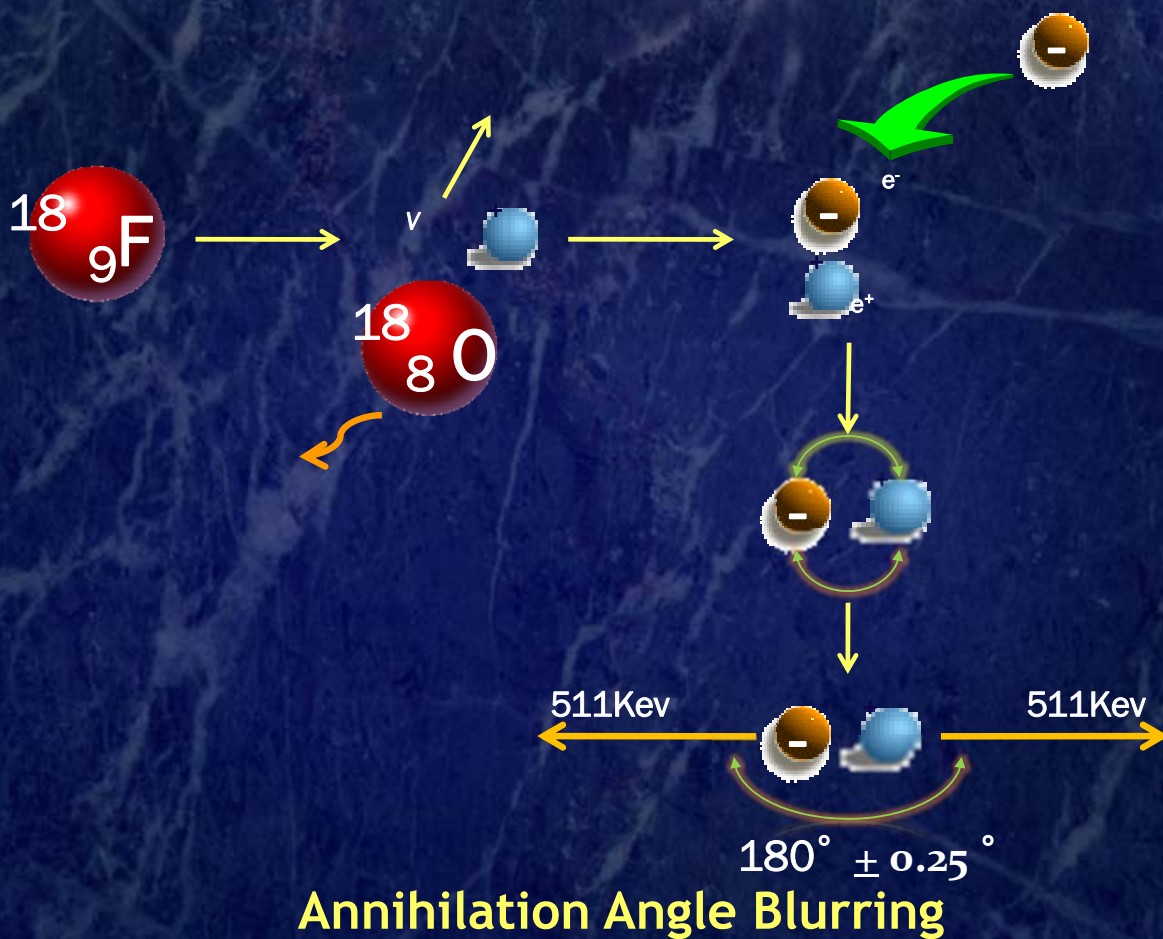
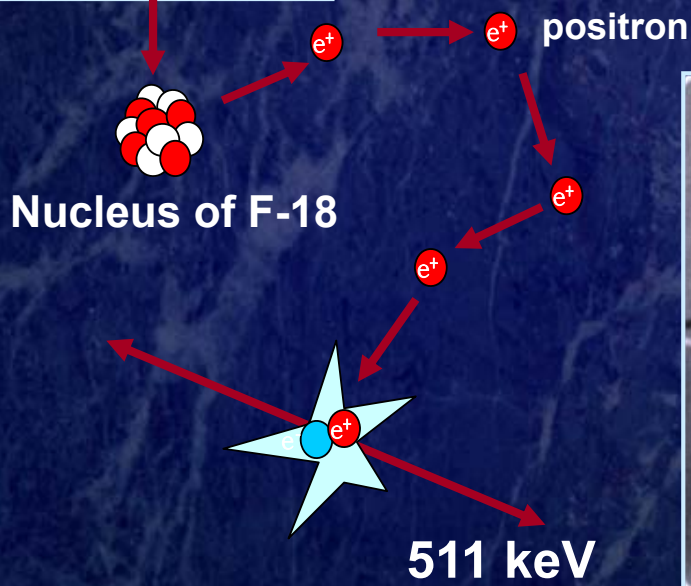
의학용 사이클로트론(Cyclotron)



Sumitomo, 12MeV

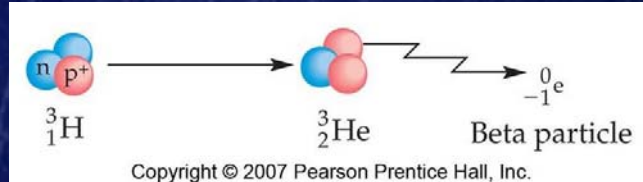
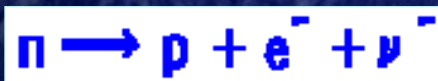


Positron Emission

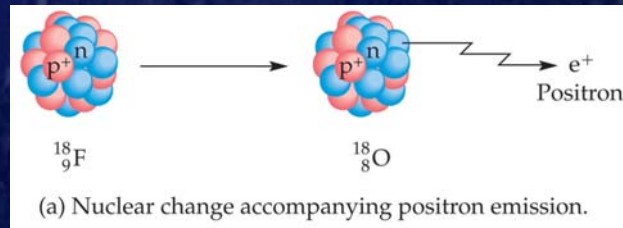
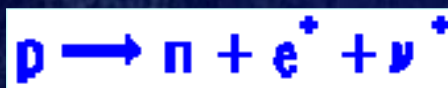


Beta Decay

- Type of radioactive decay in which a beta particle (electron/positron) is emitted.
- β^- (electron) emission: weak interaction converts a neutron(n) into a proton(p) and an electron(e^-) and an electron neutrino(ν^-) **High N/P ratio**



- β^+ (positron) emission: weak interaction converts a proton(p) into a neutron(n) and a positron(e^+) and a neutrino(ν^+) **Low N/P ratio**



Positron Radioisotopes

| | | | |
|------------------|---------|------------------|---------|
| ^{11}C | 20.3 분 | ^{62}Cu | 9.7 분 |
| ^{13}N | 10.0 분 | ^{64}Cu | 12.9 시간 |
| ^{15}O | 2.04 분 | ^{68}Ga | 68.3 분 |
| ^{18}F | 109.8 분 | ^{82}Rb | 75 초 |
| ^{52}Fe | 8.3 시간 | ^{124}I | 4.2 일 |
| ^{58}Co | 70.92 일 | | |

Positron Radiopharmaceuticals

^{18}F -fluorodeoxyglucose (FDG)

- 포도당 대사

^{11}C -methionine

- 아미노산 대사, 단백질 합성

^{11}C -palmitic acid

- 지방산 대사

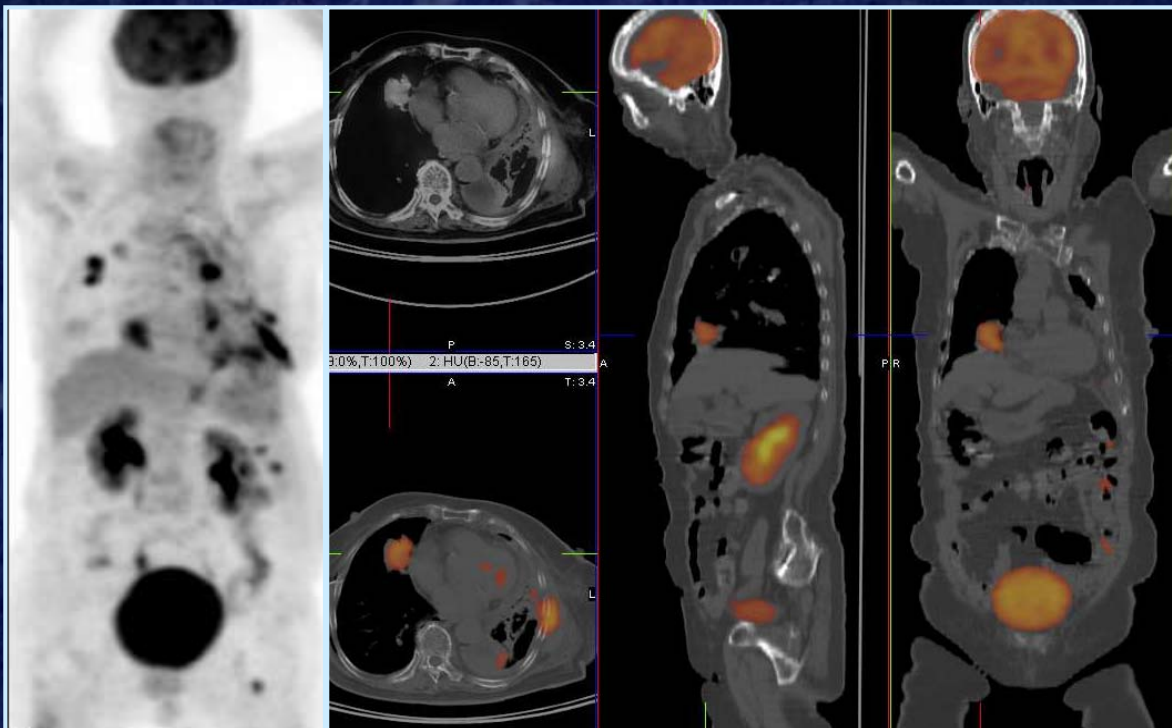
^{13}N -ammonia

- 혈류량

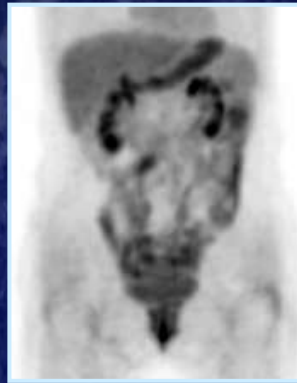
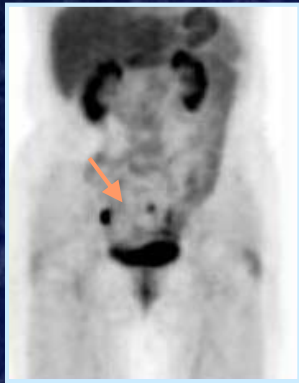
^{18}F -DOPA, ^{11}C -spiperidol

- 도파민 수용체

전이성 폐암



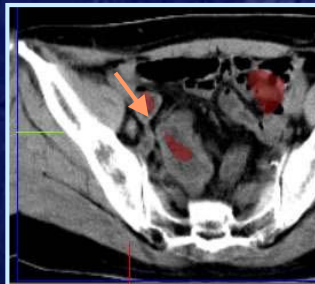
전이 부위 치료 모니터링



Postop. Ovarian Serous Cystadenocarcinoma: After radiation therapy, the activity has disappeared (arrow).
(수술후 난소선암종: 방사선치료후 환부 축소)



6-16



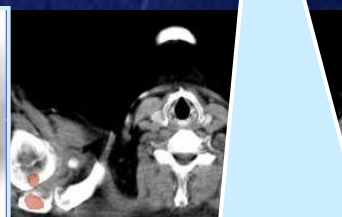
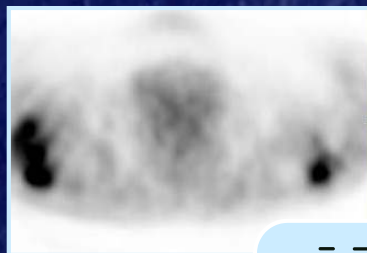
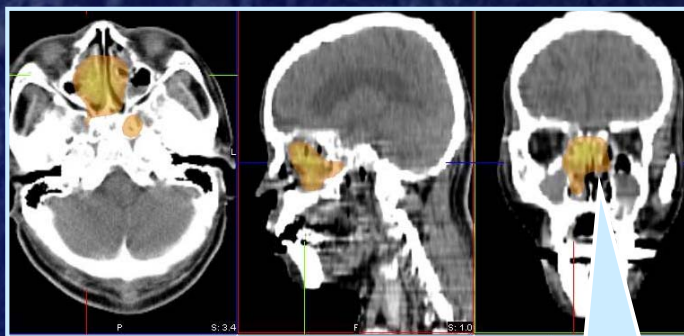
8-9

* CA125: 87.9 (6-9)/8.7 (8-17)

조직검사 위치 안내



거대 B세포 림프종
(Diffuse Large B-cell Lymphoma)



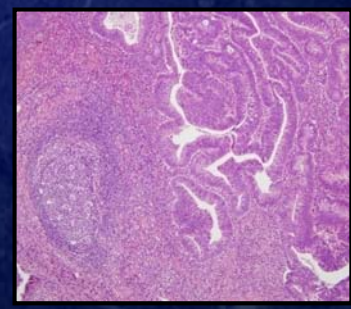
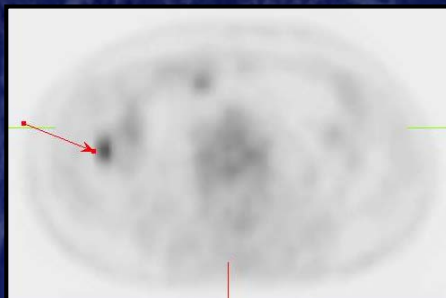
- 초기 BM조직검사는 음성
- PET/CT로조직검사의 정확한 위치확인 쉽게 됨.

PET/CT의 영향력

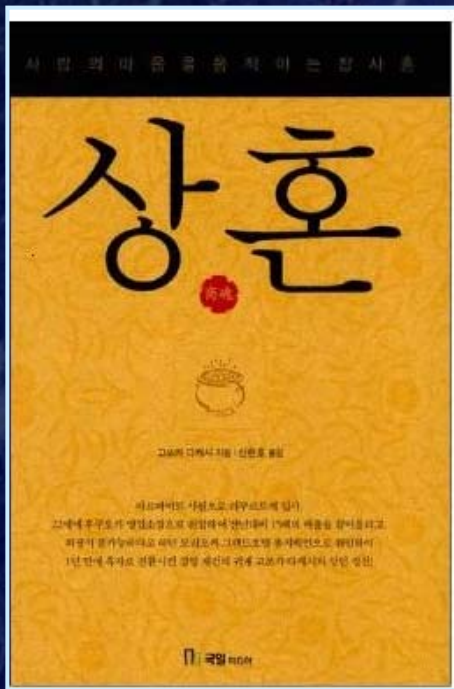
- 병변에 대한 확신 증가
 - 위치파악, 병변 범위
 - 정확한 병기 결정
- 조직검사 위치
- FDG 섭취 병변이외의 이상발견
- 정확한 방사선 치료계획
- 임상 의사는 PET/CT를 좋아한다

조기 대장암

46/남자



인간 네트워크가 있어야 비로소 "운"도 따라온다 고쓰카 다케시 著 "商魂" 258-260쪽



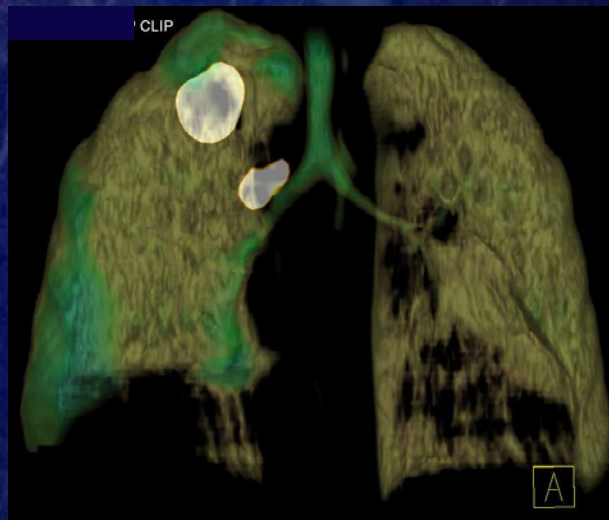
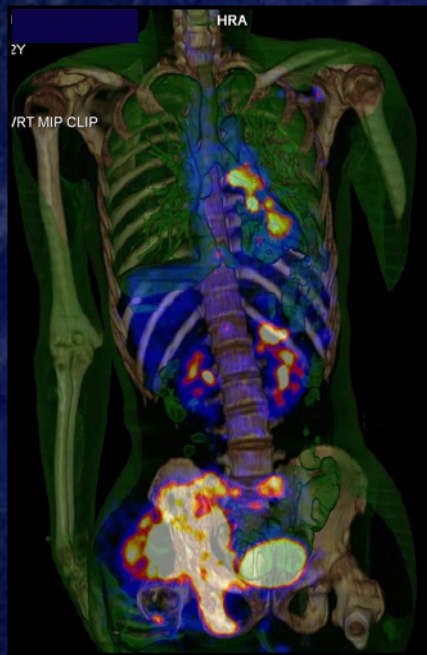
얼마전 내가 양전자 방출단층 촬영법 (PET)으로 암 진단을 받았기 때문이다. PET는 몸 전체를 촬영하여 정상이 아닌 부분을 찾아낸다. 이 점이 지금까지 널리 사용되고 있는 내시경과는 다른 점이다. 나의 경우, 이 PET촬영을 하여 정상이 아닌 부분 세 군데를 찾아냈다. 그 세 군데를 정밀 조사한 결과 일부에서 암이 발견되어 수술을 받게 되었던 것이다. 나는 본래 건강진단 받은 일은 별로 달가워하지 않는 사람이다. --- 참으로 적절한 시기에 검사를 권한 일에 대해 내내 감사하게 되었다.

PET/CT 요약

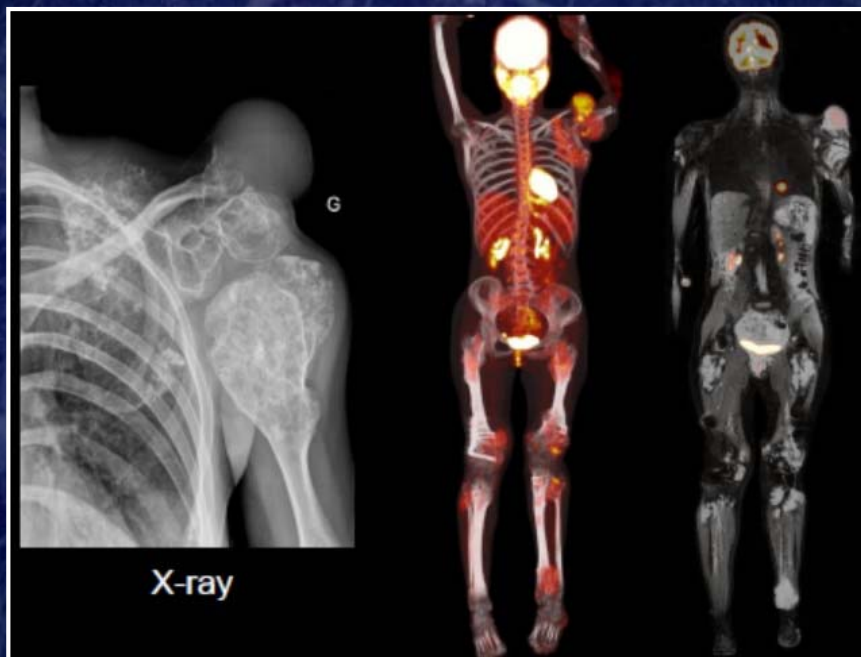
- PET/CT는 기능적, 해부학적 영상
- FDG는 암세포의 포도당대사를 반영
- PET보다 증가된 예민도
- 암의 병기결정, 치료법선택, 치료반응
- 분자영상학의 미래

----- PET/CT, PET/MRI !

3-Dimensional Images



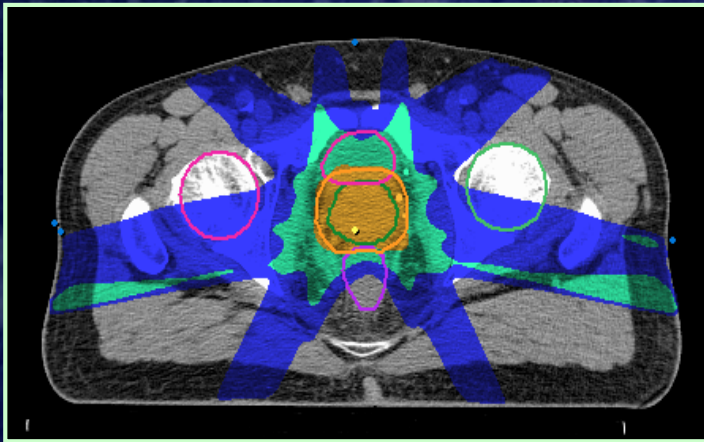
PET/MR



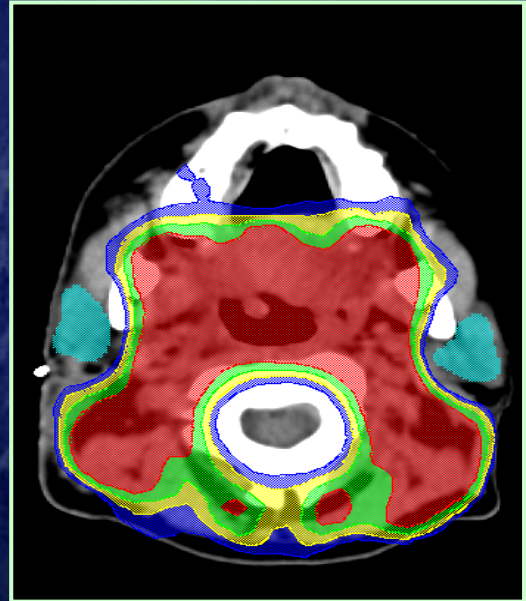
Courtesy of Philips Company

치료방사선 분야

3-D Conformal RT

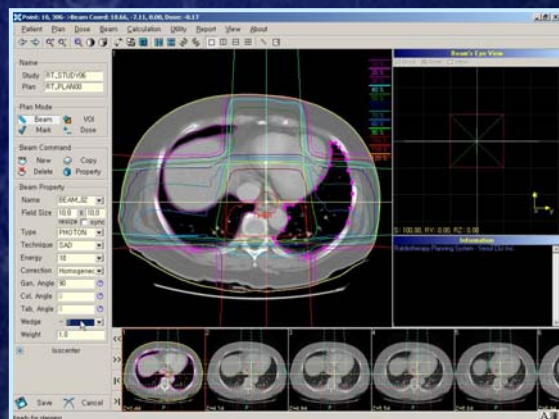
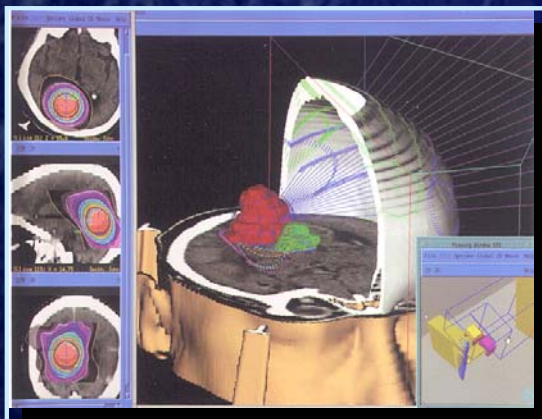


두경부종양 IMRT

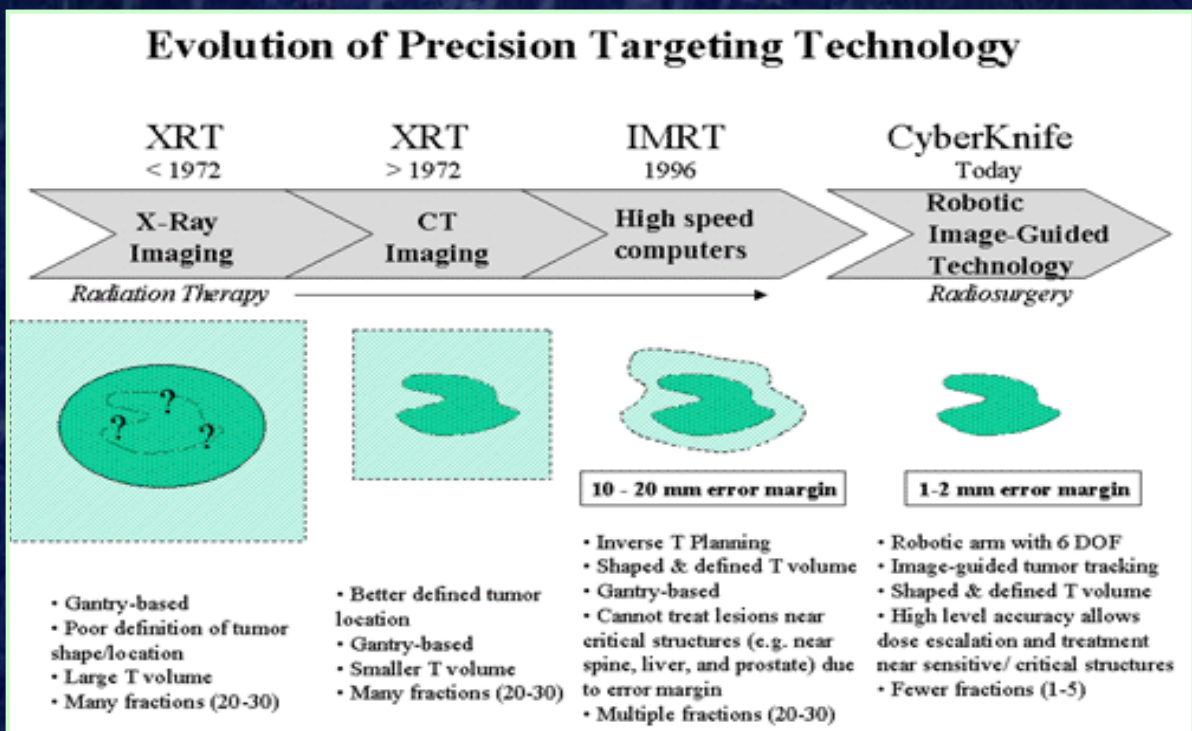


방사선 치료의 목적

- 종양에는 치유될 수 있는 최적의 방사선량을 조사하고, 주위 건강조직에는 방사선 손상을 최소로 줄여, 종양의 치료와 삶의 질을 높이는 데 있다. (ALARA)

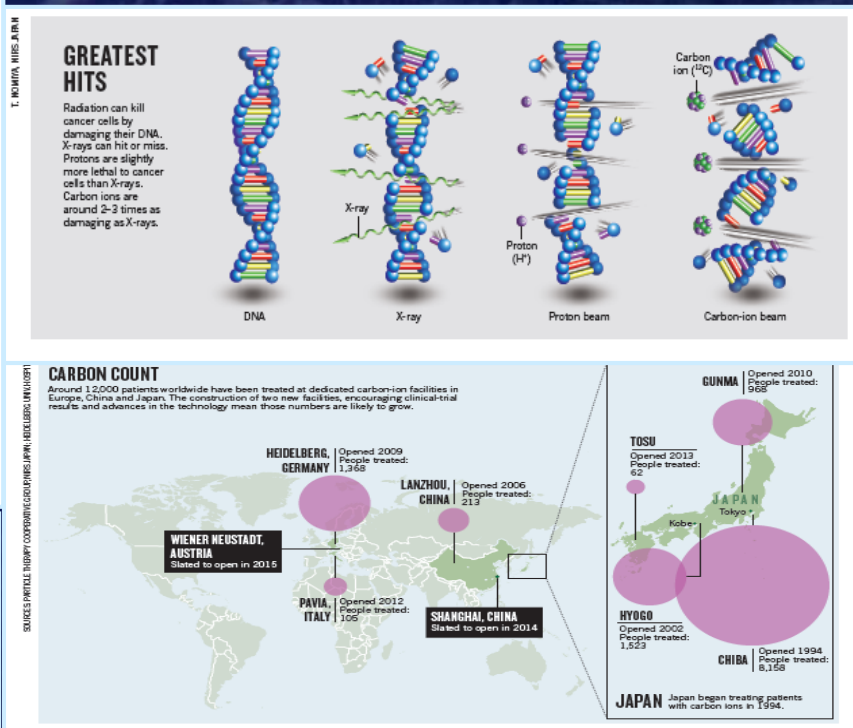


방사선 치료의 변천



중입자(C-12) 치료

NATURE 3 April 2014, Vol. 508, 133

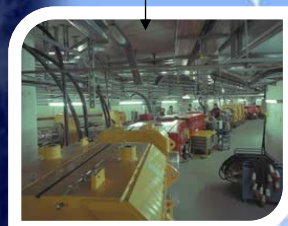


Heavy ion radiotherapy in the world

- Operating (6) : Japan 3, Germany 2, China 1
- Planning (10) : Korea 1, Japan 2, Germany 2, China 1, France 1, Austria 1, Italia 1, USA 1



Germany : GSI, HIT
France : University of Caen
Italia : CNAO
Austria : MedAustron



KHIMA



IMP
Shanghai

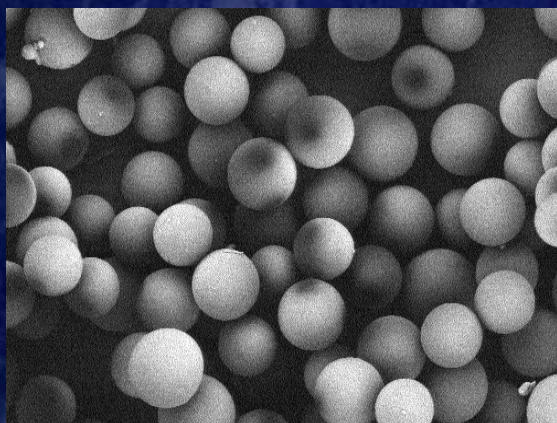


NIRS(HIMAC)
HIBMC
GHMC
Saga, Kanagawa



Yttrium-90 Microspheres

- Resin---35 μ diameter
- Beta 0.93MeV
- 64.1hrs half life
- Penetration 2.5mm mean
11mm max



Y-90 SIR Sphere Therapy



핵의학과



영상 의학과

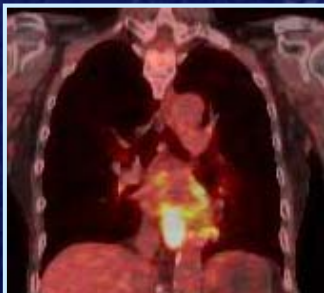
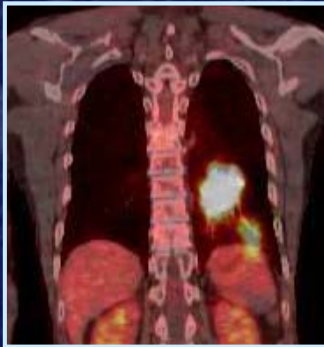
암은 다양한 질병의 통칭 (Cancer is a heterogeneous disease)



- 누가 암 전구병변(pre-malignant lesions)이 생기나?
- 암 전구병변을 가진 어떤 사람에게 암이 발생하는가?
- 개별 환자의 암병변은 다 같은 유형(type)의 암인가?

세가지 흡연 관련 암

61/남자



건강 유지의 일반론



- 건강한 식습관(균형된 소식)
- 금연
- 절주(ETOH in moderation)
- 운동/ 적정 체중 유지



사회적 변화는 시간이 많이 걸린다.

질환의 위험군에는 충분한 방법이 아니다.

살면서 암에 걸릴 확률은?

평균수명 81세까지 생존할 경우

36.2%

남자는 5명에 2 명

여자는 3명중 1 명

주요 사망원인

미국

1위. 심장병

2위. 암

3위. 중풍

한국

암

중풍

심장병

암예방

- 건강한 식습관(균형된 소식)
- 금연
- 절주(ETOH in moderation)
- 운동/ 적정 체중 유지



불혹의 안젤리나 졸리

- 암 전구병변이 악성으로 변화하기 전에 제거하기

수술(용종, 사마귀)

예방적 화학요법(Chemoprevention)

암예방을 위한 국민 암예방수칙

1. 담배를 피우지 말고, 남이 피우는 담배 연기도 피하기.
2. 채소와 과일을 충분하게 먹고, 다채로운 식단으로 균형잡힌 식사하기.
3. 음식을 짜지 않게 먹고, 탄 음식을 먹지 않기.
4. 술은 하루 두 잔 이내로만 마시기.
5. 주 5회 이상, 하루 30분 이상, 땀이 날 정도로 걸거나 운동하기.
6. 자신의 체격에 맞는 건강 체중 유지하기.
7. 예방접종 지침에 따라 B형 간염 예방접종 받기.
8. 성 매개 감염병에 걸리지 않도록 안전한 성생활 하기.
9. 발암성 물질에 노출되지 않도록 작업장에서 안전 보건 수칙 지키기.
10. 암 조기 검진 지침에 따라 검진을 빠짐없이 받기.

보건복지부 · 국립암센터

암 한번 걸렸는데 또?

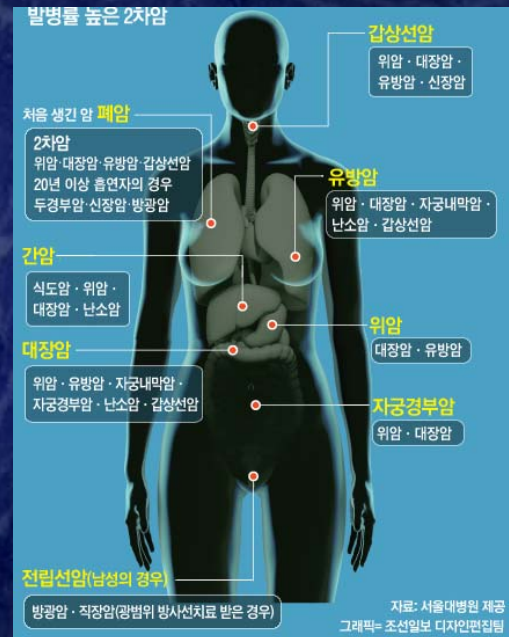
암 생존자 위협하는 2차암

> 기존 암 추적해도 다른 암 못 막아

◇ 위암이면 대장내시경 3년마다

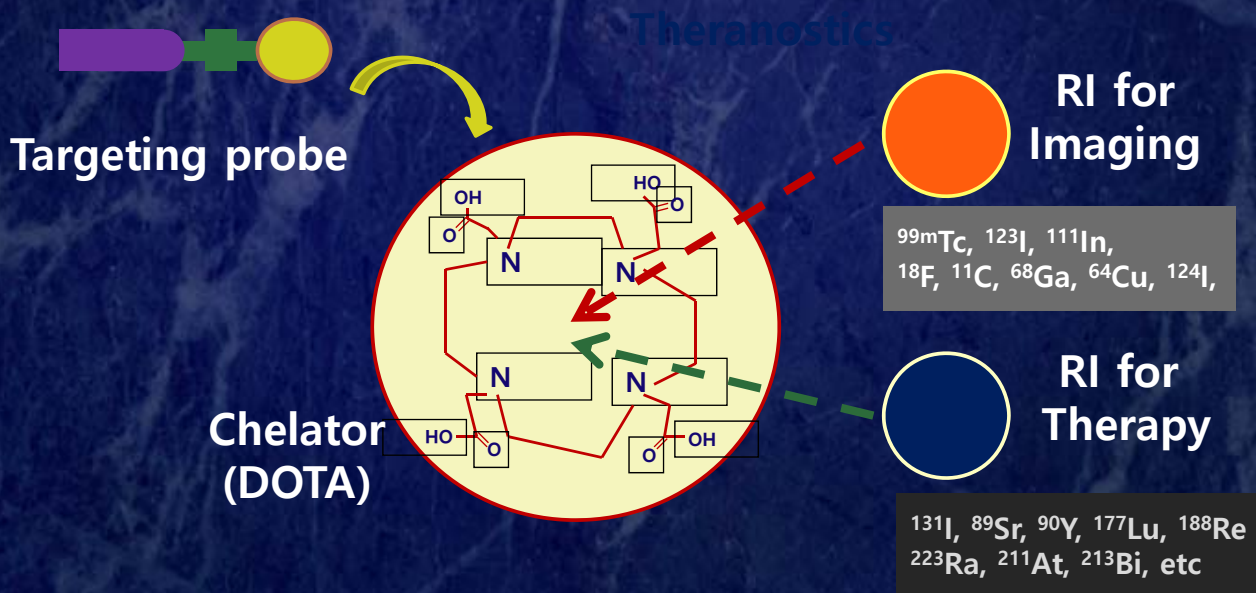
처음 생긴 암 재발 안 돼도
다른 부위 2차암 발생 위험
일반인 보다 20~60% 높아

대장암일 때 2차암 검진법
1~2년 간격 위내시경 해야
부인과 초음파도 필요



방사성동위원소 치료의 장점

Theranosis = Therapy + Diagnosis

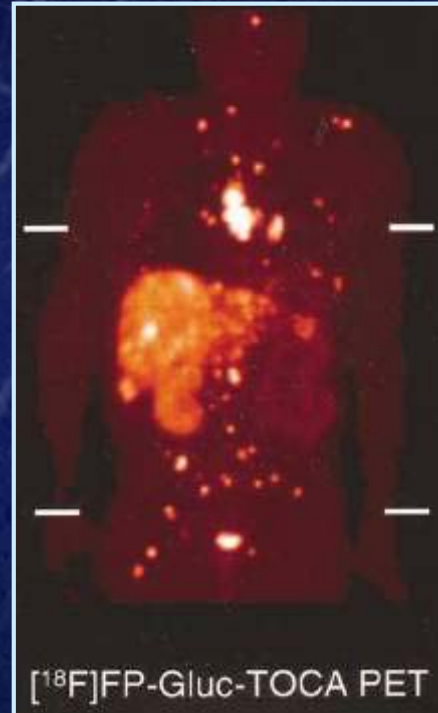


스위스 바젤대학병원 비밀치료



스티브 잡스

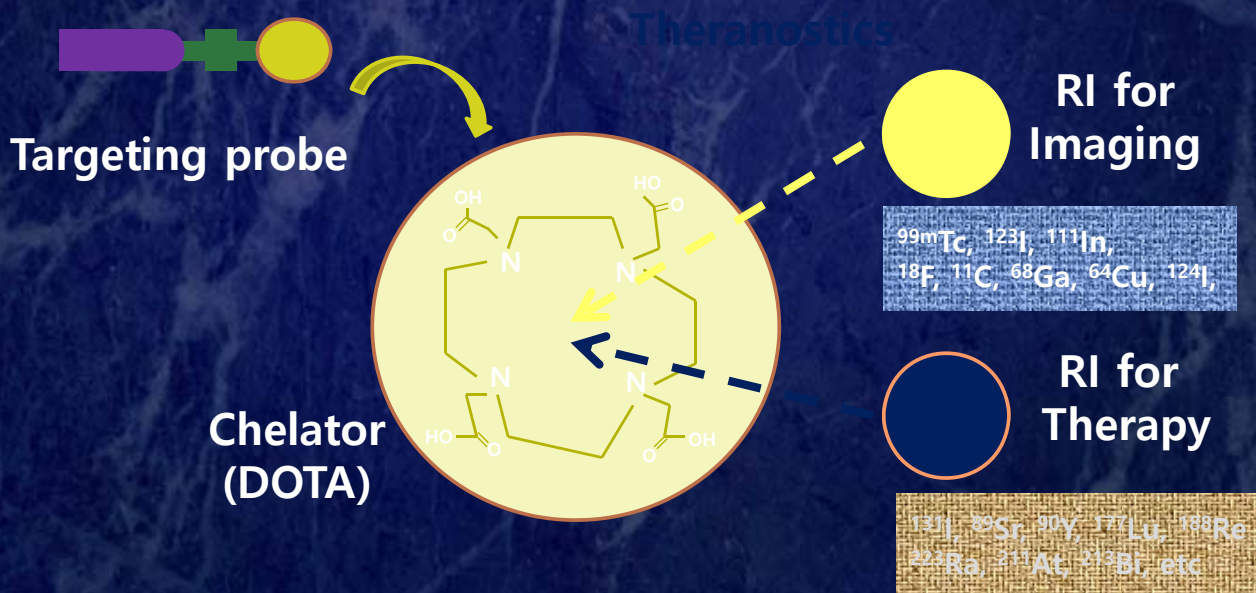
방사성동위원소 신경내분비암치료
 ^{90}Y -DOTATOC(ONALTA)

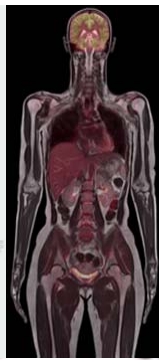


2009년

방사성동위원소 치료의 장점

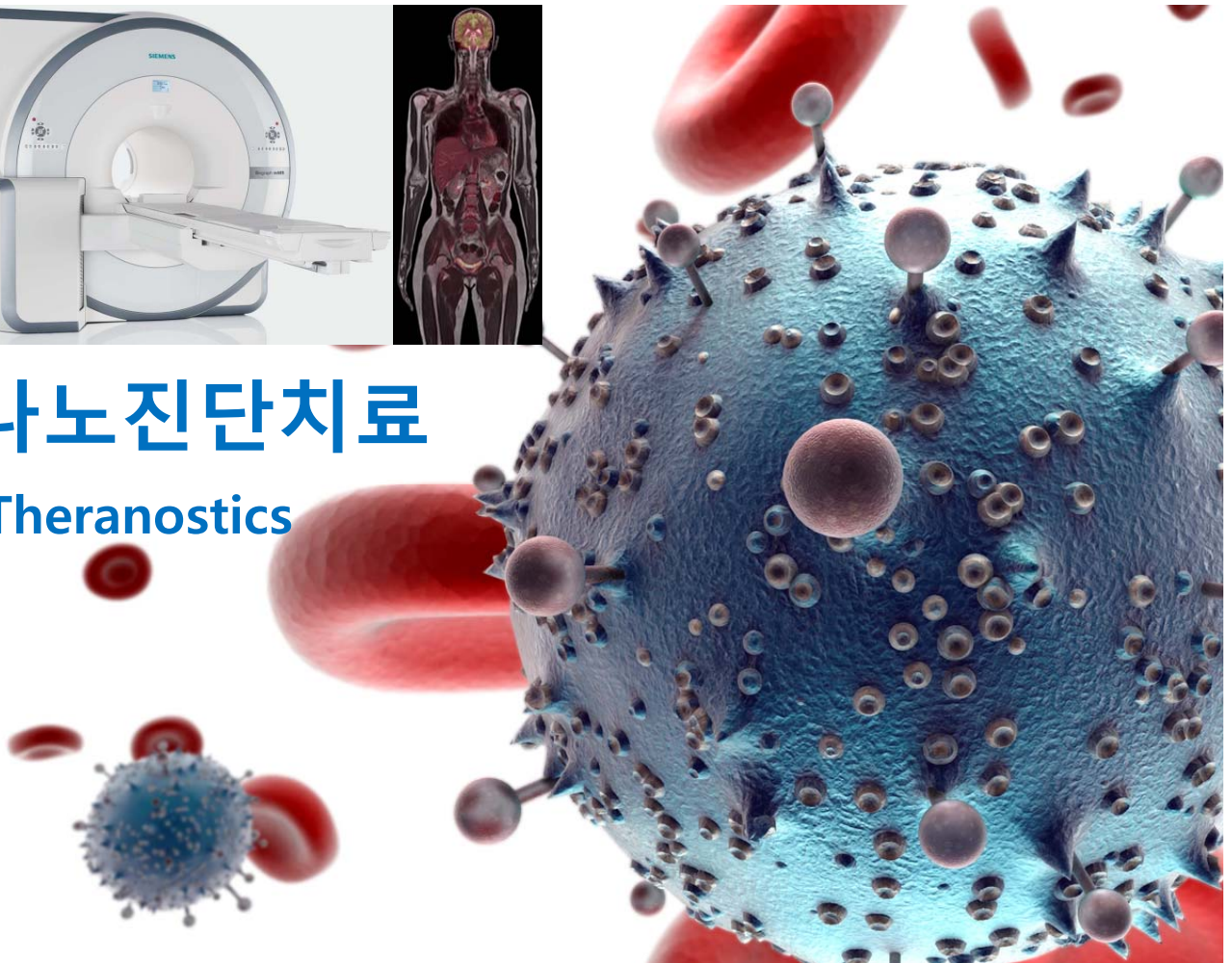
Theranosis = Therapy + Diagnosis





나노진단치료

Theranostics



내용

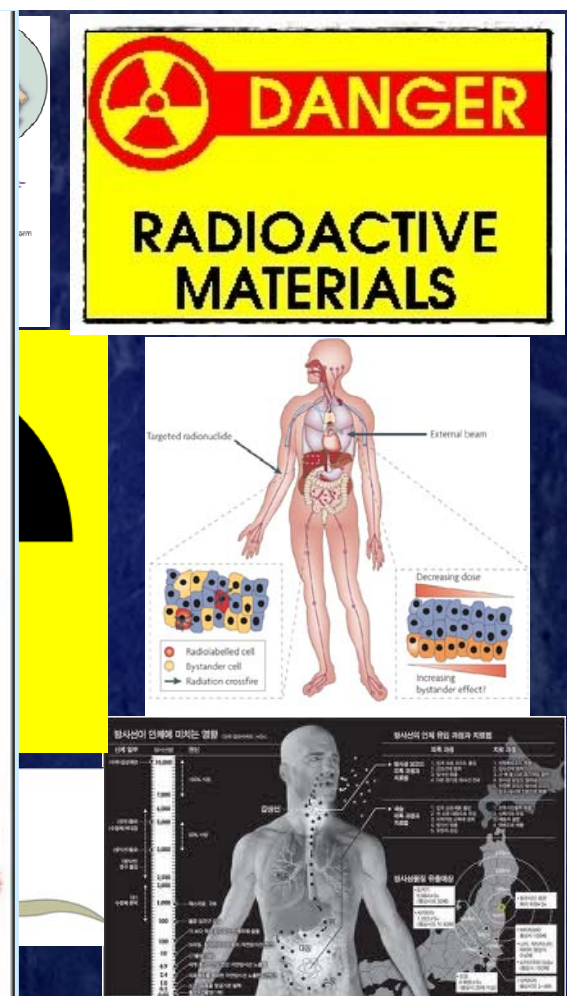
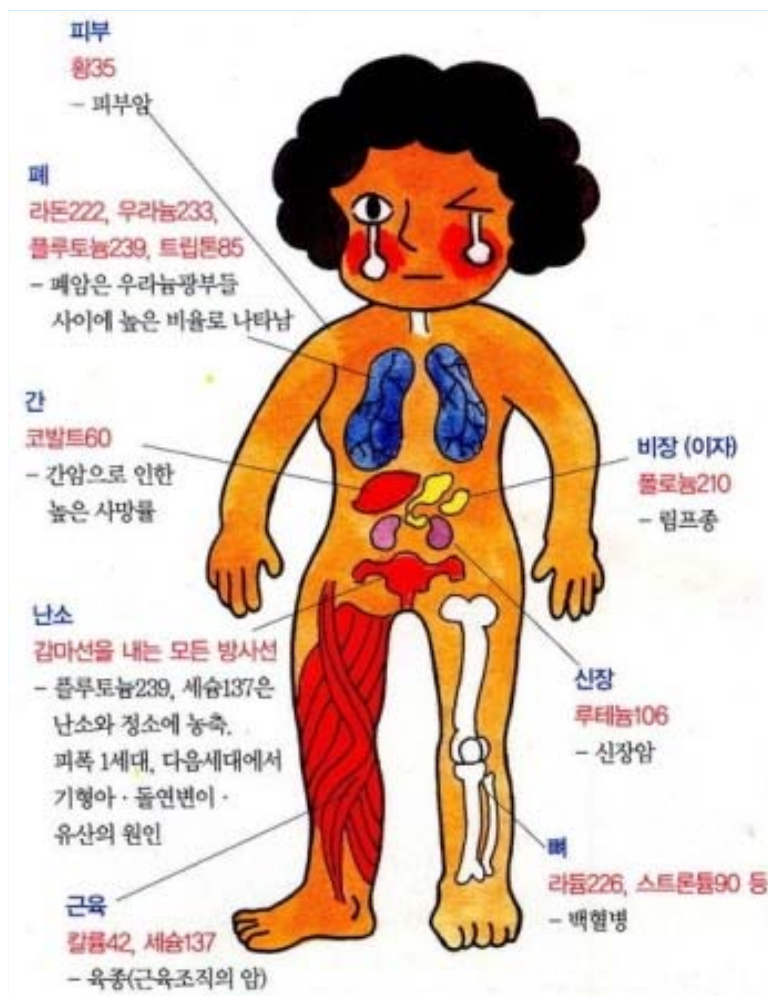
- 방사선의 개요
- 방사선의학의 공헌:
암진단, 예방과 치료
- 방사선의 위해와 안전이슈
- 요약

세계 인구의 평균 방사선 피폭선량

| 구분 | 1인당 평균 피폭선량(mSv/Yr) |
|----------|---------------------|
| 자연방사선 | 2.4 |
| 의료용 방사선 | 0.6(0.4-1.0) |
| 산업용 방사선 | 0.002 |
| 원자력발전소 등 | <0.001 |
| 계 | 3.0 |

방사선 영향의 분류

| | | | | |
|-----------|--------|----|----------------------------|---------------------|
| 방사선 영향 | 신체 영향 | 급성 | 피부반점 탈모 백혈구 감소 불임 | 결정적 영향 (문턱 값 있음) |
| | | 만성 | 백내장 태아에의 영향 | |
| | | | 백혈병 암 | 확률적 영향 (문턱 값 없음) |
| | 유전적 영향 | | 대사 이상 연골 이상 | |

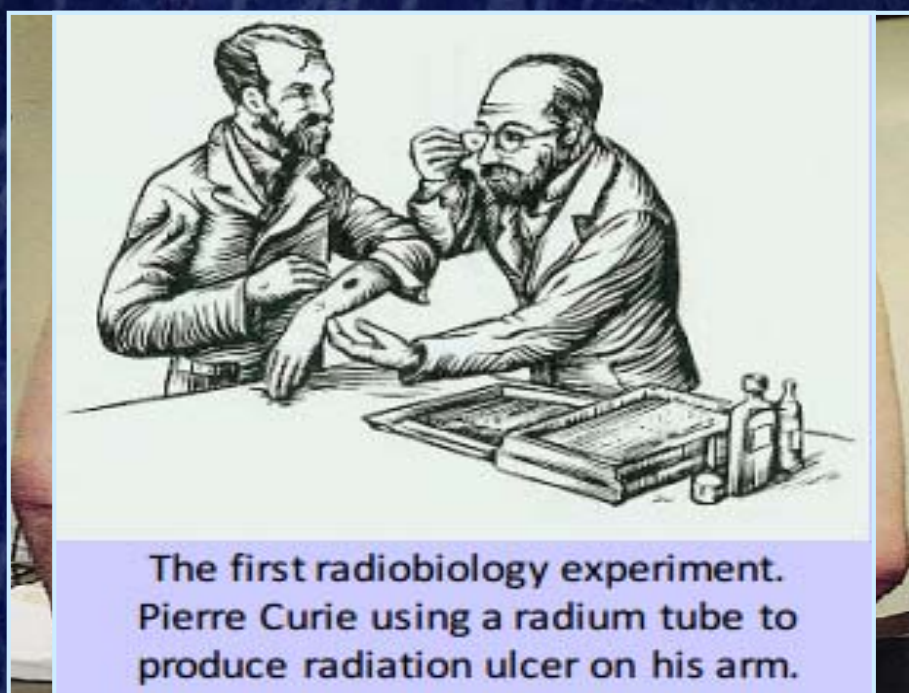


진단용 방사선 의료 사고



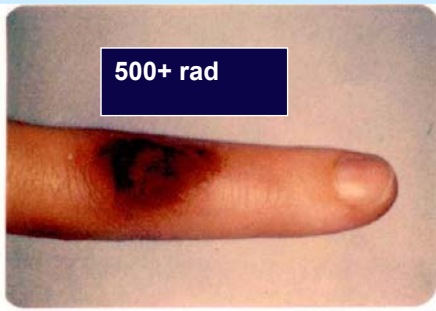
Published: October 15, 2009

진단용 방사선 의료 사고



3일간 3번의 심장혈관시술

X-선 화상



Exposure of 5-10 seconds
Appearance of wound after 25 days

P-32 - 6.5 rad/hr/uCi

S-35 - 2.5 rad/hr/uCi



후쿠시마 원전사고의 방사선량

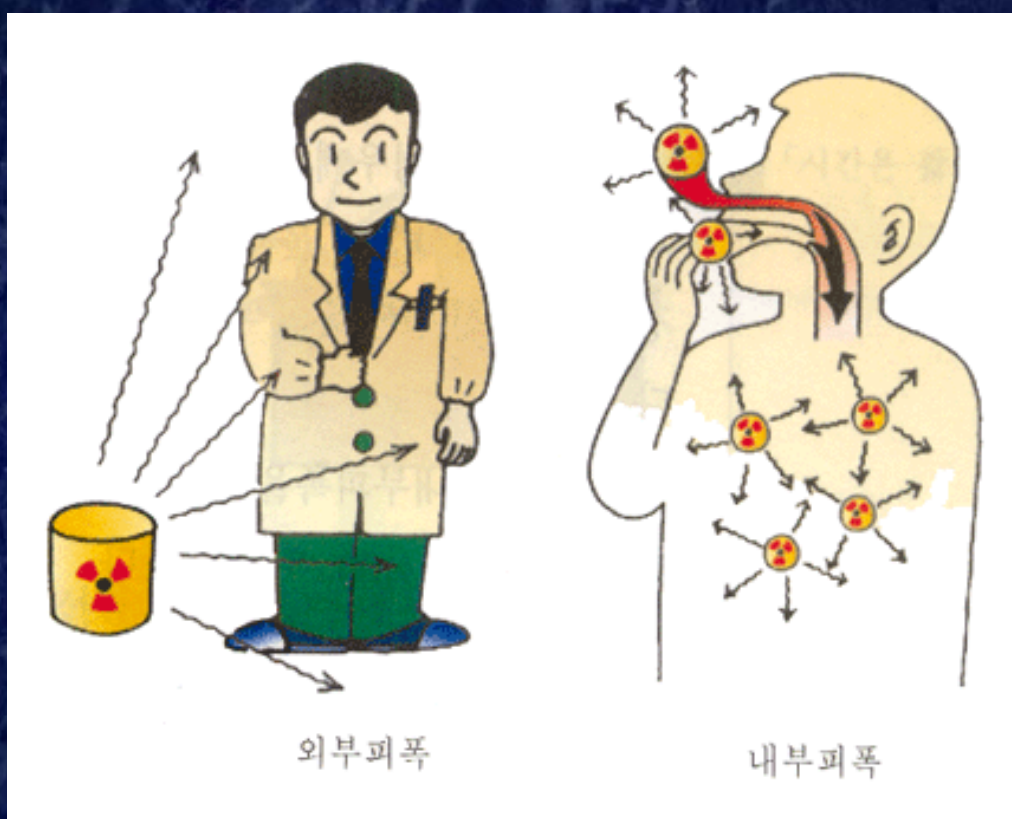
- 사고 기간 중 최대 준위: 11 mSv/h
(3월 15일 9:00 AM)
 - 동경전력 홈페이지 공식발표, 후쿠시마 제1발전소 정문 측정값
- 미확인 NHK 뉴스 보도: 400 mSv/h
(3월 15일 10:30 AM)



원전에서 방출되는 방사성동위원소

| 동위원소 | 반감기 | 체내축적기관 |
|---------|------|--------|
| 요오드-131 | 8 일 | 갑상선 |
| 세슘-137 | 30 년 | 근육 |
| 제논-133 | 5 일 | 없음 |
| 스트론튬-89 | 50 일 | 뼈 |
| 스트론튬-90 | 29 년 | 뼈 |

외부피폭과 내부피폭



전신피폭과 국부피폭

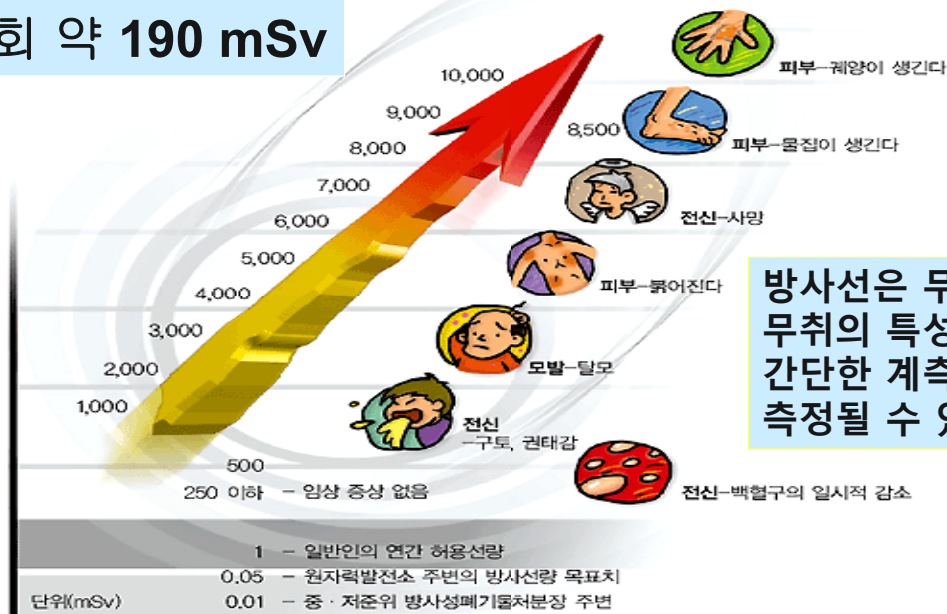
- 전신피폭의 경우에는 체내의 중요 장기들이 같이 피폭하므로 선량이 높은 경우 극단적으로는 목숨을 잃을 수도 있다.
- 손에만 대단히 높은 선량을 받은 국부피폭의 경우에는 비록 손은 절단해야 하는 사태에 이르더라도 몸통의 중요 장기들의 피해가 없으면 생명을 위협하지는 않는다.

급성피폭과 만성피폭

- 급성피폭: 수주 이내의 짧은 시간에 많은 방사선을 피폭
- 만성피폭: 긴 기간동안 조금씩 나누어 피폭
- 생물학적 영향은 급성피폭이 더 심각
 - 전신에 급성으로 4 Gy 피폭을 받으면 사망
 - 40년 동안 4 Gy 피폭한 만성피폭의 경우 암 위험증가

방사선 피폭의 급성 영향

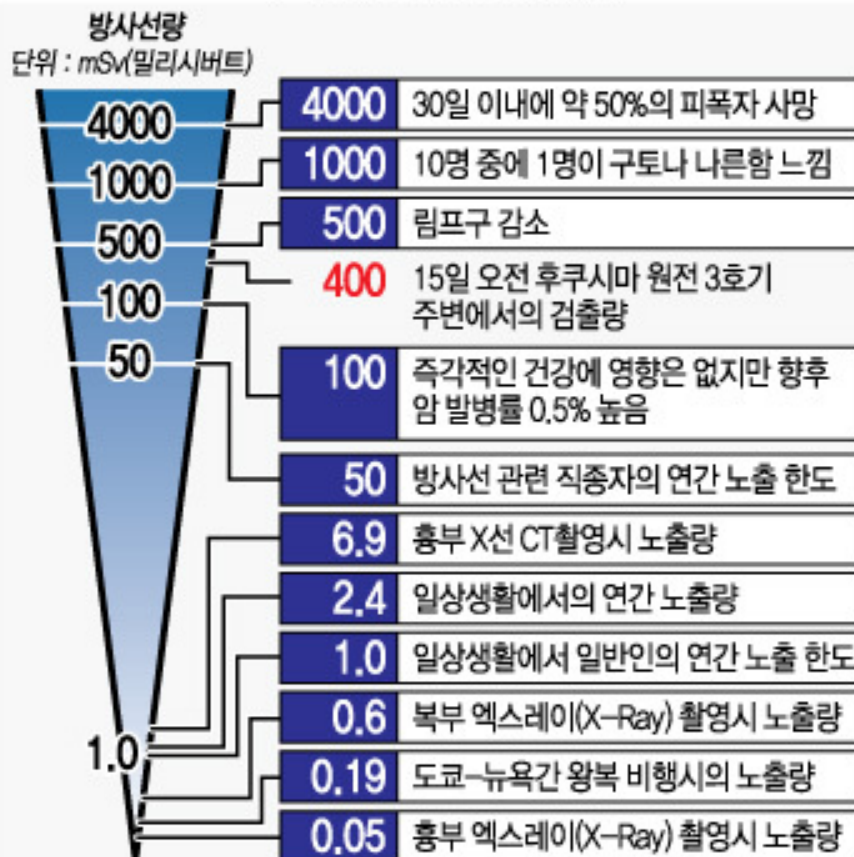
갑상선 암 치료:
1회 약 190 mSv



방사선은 무색, 무미, 무취의 특성을 갖지만 간단한 계측기로 쉽게 측정될 수 있음

한번에 7000 mSv 이상 전신 피폭 시 수주 내 사망
200 mSv 이하의 전신피폭은 임상적으로 증상 없음

피폭량에 따른 신체 영향



방사선의 공헌 vs 방사선의 위험

1 mSv 50 mSv vs 100 mSv 500 mSv

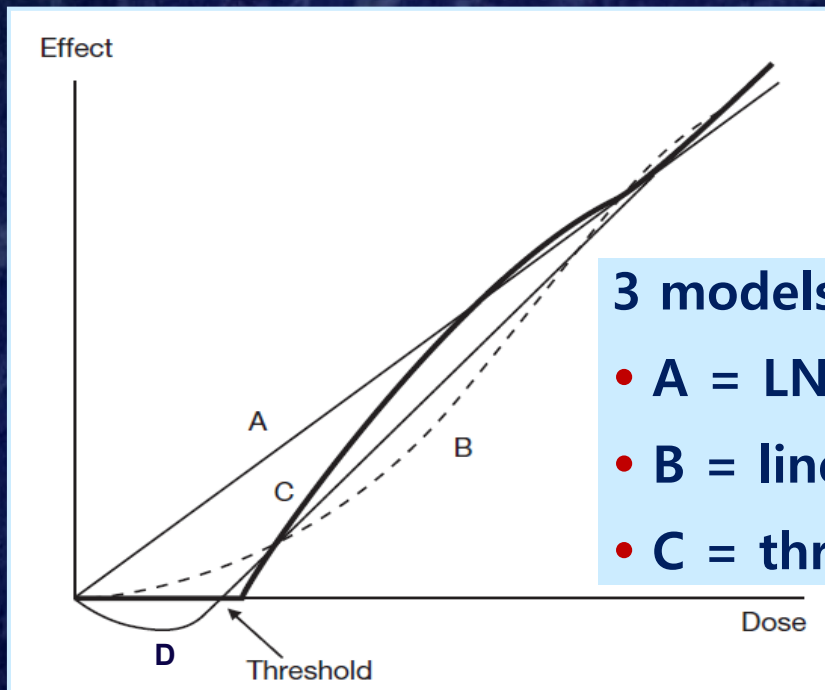
추정 vs 증명

위험인식 vs 사회적 기여

호르메시스(Hormesis)와 방사선 적응반응(Adaptive Response)

- **Hormesis** : 저선량의 방사선이 오히려 이롭게 작용
 - 자연방사능이 높은 지역의 발암률이 대조지역에 비해 오히려 낮음
 - 저선량 방사선을 조사했던 쥐의 수명이 대조군에 비해 오히려 높은 실험결과
- **Adaptive response**
저선량의 방사선을 미리 쪼인 쥐와 쪼이지 않은 쥐에
고선량 방사선 조사 시 저선량 방사선을 미리 쪼인 쥐의
세포손상 적음

Linear-no-threshold model vs Hormesis



3 models:

- A = LNT
- B = linear-quadratic
- C = threshold

BEIR VII Summary Slide

Hormesis – The Most Effective Tool for Enhancement

Sunlight and vitamin D



Some

Antioxidants ↑, ROS ↓ ...

Too much

Inflammatory ↑, ROS ↑ ...

Exercise



Some

Glucose out of cells ↑, ROS ↓ ...

Too much

Adrenal axis fatigue
cellular inflammatory ↑, ROS ...

Alcohol



Some

Stress ↓, ROS ↓ ...

Too much

Fructose, lactate pathway ↑, ROS ↑ ...

Chemical/Drug

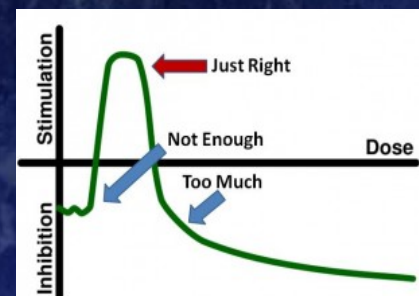


Some

Invokes stress, Response genes ↑ ...

Too much

Damaging effects on cells ...



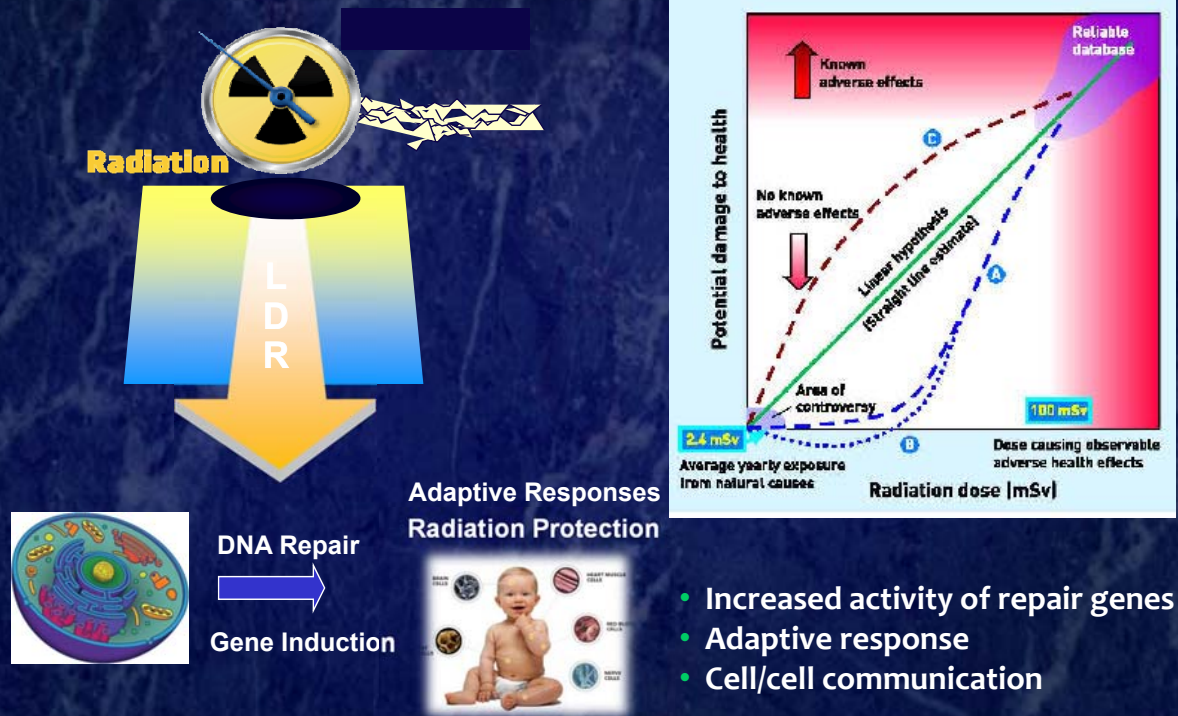
Hormesis

Hormesis is the term for a beneficial biological response to low exposures of stressors.

Life span extension

Radiation Hormesis (Radiation Hormeostasis)

Volume 29 - Issue 14, 14-27, 2012
INDIA'S NATIONAL MAGAZINE
from the publishers of THE HINDU



Hormesis 근거

- 핵손상 복구능력 향상
 - 자유라디칼 (free radicals) 생성 억제
 - 면역 기능 향상
 - 필수적인 생명력으로 작용
 - 대사촉진 및 생식능력 향상
 - 신체기능 중 기능저해작용을 불활성화
 - 만성피폭 시 암 발생빈도 감소
 - 소량피폭 시 수명연장
 - 종족의 진화에 기여
- 일본 미사사 온천은 라돈온천으로
근처 주민의 암 발생률이 아주 적음

ALARA 정신

**As low as
reasonably
achievable.**

- Time(시간)
- Distance(거리)
- Shielding(차폐)
- Contamination Control
(오염 제거)

**방사선은 양에 상관없이
언제나 자연에 치명적인
위험을 줄 수 있다?**

| | | |
|--------------|-----|-------|
| 매우 그렇다, 그렇다: | 청소년 | 58.5% |
| | 성인 | 55.0% |

박방주: 청소년의 방사선 인식도 분석. 방사선방어학회지, 2012



**정확한 방사선 지식을
가지고 있는 사람의 경우**

**청소년과 성인 구분 없이
방사선과 원자력발전에
더 긍정적이다.**

박방주: 청소년의 방사선 인식도 분석. 방사선방어학회지, 2012

현대는 위험사회

- 위험사회를 안전한 사회로 만들고
국민들이 안심하며 살 수 있는
안전한 나라를 만드는 것은
국가가 반드시 담당해야 할 기능
- 요즘처럼 국민이 복지나 삶의 질을
중요하게 생각하는 사회에서
안전을 제고하는 것만큼
중요한 국가의 책무는 없음

국내 원자력발전소 현황



비발전 방사선 산업



산업현장

풍요로운 현대문명을 지탱하는 방사선

방사선은 산업적으로 광범위하게 활용되고 있으며 현대문명을 지탱하고 창출하는 밑거름이 되고 있다는 것을 다양한 현장을 통해 알게 됩니다.

방사선을 이용한 계측 | 비파괴검사(NDT)

반도체제조공정에 사용되는 방사선기술 | 방사선을 이용한 제품들



농업/식품

우리 먹거리를 지키는 방사선

식품의 안전성을 확보하기 위해 활용되는 방사선 그리고 품종개량이나 해충구제를 통한 농업 발전에 기여하고 있는 방사선을 소개합니다..

식품의 저장 | 해충 구제 | 잔류농약 측정 | 품종 개량

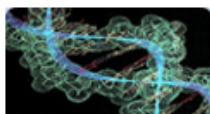


의료지원

건강의 파수꾼

방사성동위원소는 진단과 치료, 의약품 개발 등에 다양하게 활용되고 있습니다. 의료분야에서 다양하게 사용되고 있는 방사선을 소개합니다.

방사선 검사 | 방사선 치료 | 핵의학 | 방사선의약품 | 첨단의학의 응용



첨단기술연구개발

미래를 여는 방사선

미래 첨단산업과 각종 연구개발 분야에서 활용되고 있는 방사선을 소개합니다.

고부가가치신소재 개발 | 신약개발 | 유전자공학 | 해양연구
우주탐사선 - 뫼스바우어분석 | RI 전지 | 입자가속기



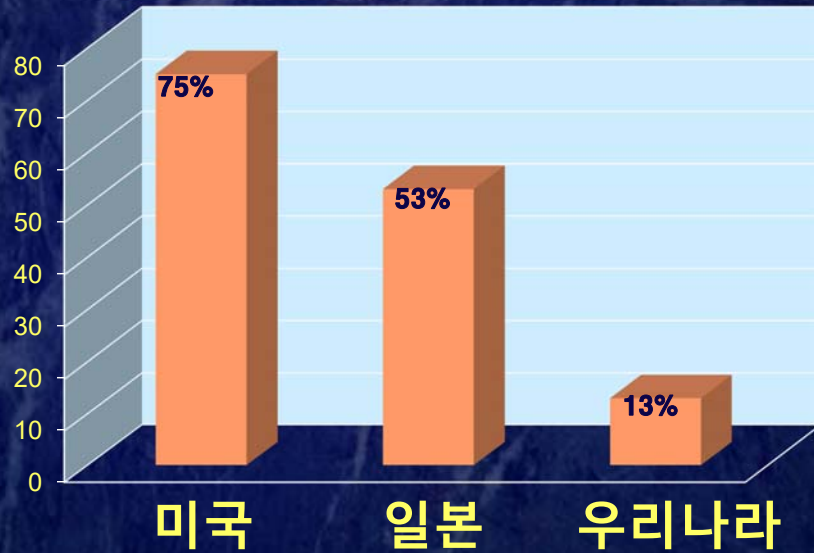
환경/안전

우리생활을 쾌적하고 안전하게

우리의 환경을 안전하고 쾌적하게 지키기 위해 활용되고 있는 방사선을 소개합니다.

대기오염 검사 | 하수 처리

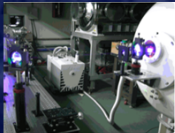
비발전 방사선 산업



부산 기장

KAERI (Daejeon)

- 하나로 연구로 (기초과학연구원 : 70 MeV Cyclotron과 희귀 동위원소)
- 양자광학적 안정동위원소 생산 Infra



Jeongeup

- 30MeV Cyclotron
- RI Biomics (방사선융합:소재/기기/식품/식물자원)



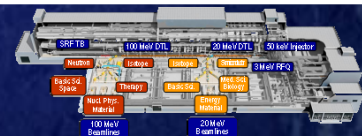
Seoul

- 30MeV & 50MeV Cyclotron
- RI Platform



Gyeongju

- 양성자 가속기(20&100MeV)



Busan

- (동위원소 생산 전용로)



원자력 안전 개념

■ 원자력안전

- 주민과 환경을 방사선 위해(Hazard)로부터 보호
- 핵분열생성물을 원자로 건물내부에 가두어 두면 안전성이 보장됨
- 핵연료 안정적 냉각이 관건

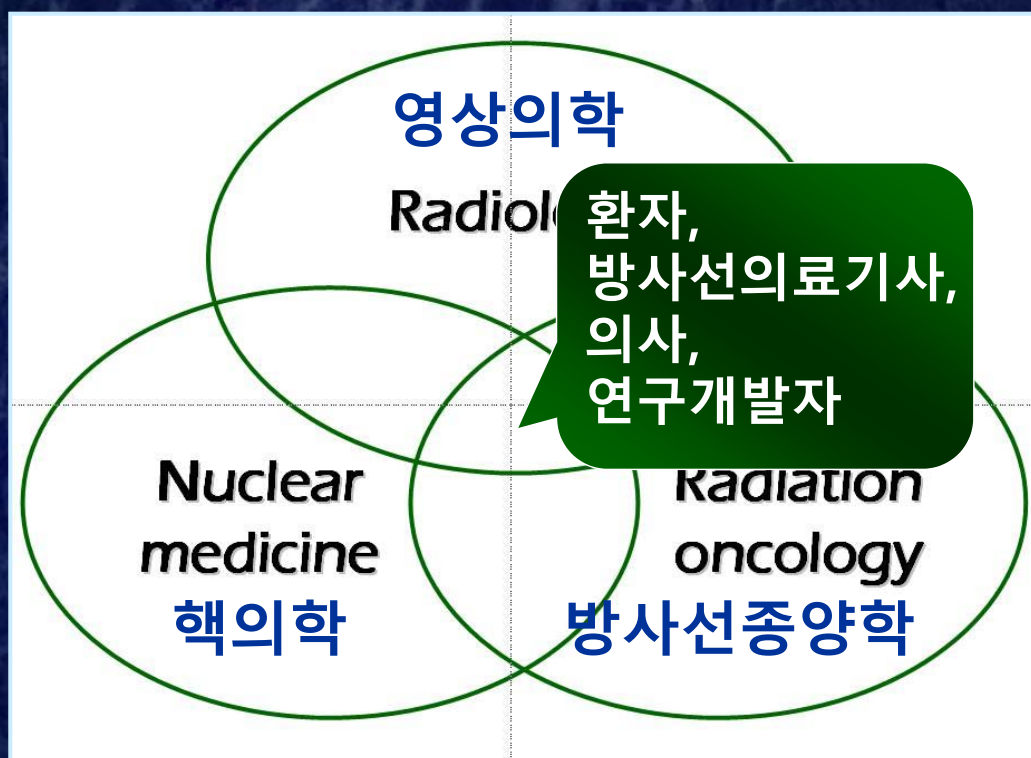
■ 원자력안전 목표

- 기술적, 사회적으로 수용할 수 있는 수준의 안전목표를 설정
- 미국의 경우: 원자력재해로 인한 인명손실을 모든 인공적 재해에 의한 인명손실의 0.1% 이내로 제한

■ 원자력안전 기본 원칙

- 심층방어 (Defense in depth)
- 다중방호 (Multiple barriers)
- Fail Safe Concept, Conservatism, Single failure criterion, etc.

방사선의학





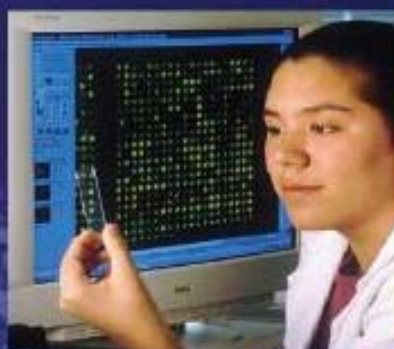
방사선의학의 전망



- 특이 진단을 위한 의약품(조영제, RI)
- 혼합 영상 (PET/CT, SPECT/CT, PET/MRI)의 보편화
- 3D, 4D 영상과 영상 기반 치료 (테라노스틱스)
- 기능, 대사 및 분자방사선의학
- 기타 예상하기 어려운 발전

미래의학의 방향: The 4 P

Transform Medicine from Curative to Preemptive



Predictive



Personalized



Preemptive



Participatory

Era of Precision Medicine

차안정



차근차근...

안전하고...

정확하게...

경청해 주셔서 고맙습니다.

Molecular Theranostics
Center
(분자영상치료센터)

경청해주셔서 감사합니다. 8



(Asia Cancer Center)

Acknowledgment

- 정재준 교수 부산대학교 기계공학부
- 이준식 동위원소생산부장 KAERI
- 강건욱 교수 서울대학교 의과대학