

# Accelerators and medicine

Akc



Sławomir Wronka, 21.10.2014r

# Akceleratory – zastosowania

- ▣ Badania naukowe, *CERN*



- ▣ Medycyna



# Medycyna

- ▣ Sterylizacja sprzętu
- ▣ Diagnostyka
- ▣ Terapia
  - Radioterapia „standardowa”
  - Radioterapia hadronowa
  - Wykorzystanie neutronów



<http://www.innovia.pl/userfiles/image/radioterapia.jpg>

# Sterylizacja



*Fot. 2. Przeszczep chrząstki żebrowej. Przeszczep napromieniowany dawką 35 kGy, przygotowany w Centralnym Banku Tkanek w Warszawie, w zaspawanym pojemniku foliowym, gotowy do użycia (etykieta z odwrotnej strony)*

Stachowicz, W. ; Kamiński, A. ; Michalik, J. , Sterylizacja przeszczepów chirurgicznych promieniowaniem jonizującym, Postępy Techniki Jądrowej , 2007



# Przeszczep żeber ??



<http://www.drszczty.pl/zabiegi/twarz/rekonstrukcja-ucha>, 19/03.2014

## Wyhodowali nos do przeszczepu na czole

**W chińskim mieście Fuzhou lekarze wyhodowali nos na czole pacjenta. Eksperyment ma na celu przeszczepienie nowego narządu w miejsce wcześniej usuniętego.**

Dlaczego proces odbywa się w tak niebywały sposób? Ponieważ chińczyk stracił nos w wyniku infekcji, która wdarła się w ranę po wypadku, a tradycyjna rekonstrukcja okazała się niemożliwa. Stąd pomysł, by wyhodować narząd na czole pacjenta.

Dziewięć miesięcy po rozpoczęciu działań, jakimi było uformowanie skóry na kształt nosa oraz wszczepienie chrząstki pobranej z żeber ranego – narząd jest gotowy do przeszczepu.

Okazuje się, że takie niesamowite przypadki miały już miejsce w Polsce. Bowiem w 2009 roku lekarze z *Zespołu Chirurgii Rekonstrukcyjnej i Mikronaczyniowej Centrum Onkologii* w Gliwicach uformowali szkielet nowego nosa z żebrowej chrząstki uszkodzonego i na osiem tygodni wszczepili pacjentowi pod skórę w okolicy nadgarstka.

Źródło: [rynekzdrowia.pl](http://rynekzdrowia.pl)

Foto: Reuters



### Zobacz także:

[Cukrzyca – epidemia naszych czasów >>](#)

[Strategie manipulacyjne w reklamach kosmetyków >>](#)

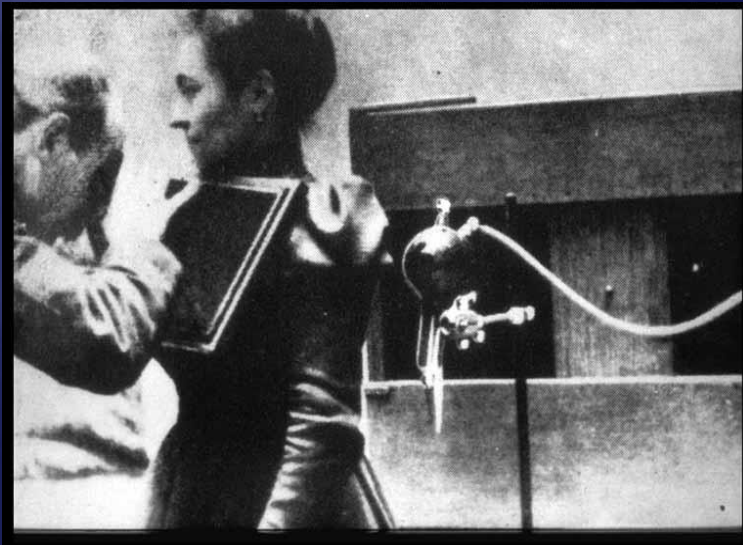
[Od 40 do 60 proc. Polaków cierpi na otyłość brzuszną >>](#)

[Kosmetyczka - "wieczny student" >>](#)

[Palatyna - filtr UV z morskich głębin >>](#)

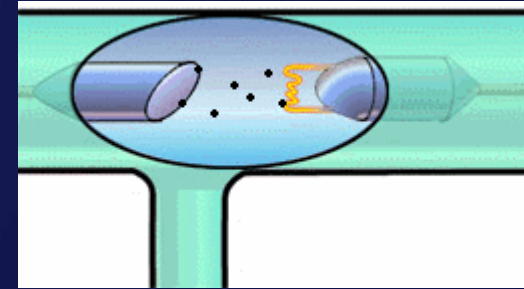


## Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923)





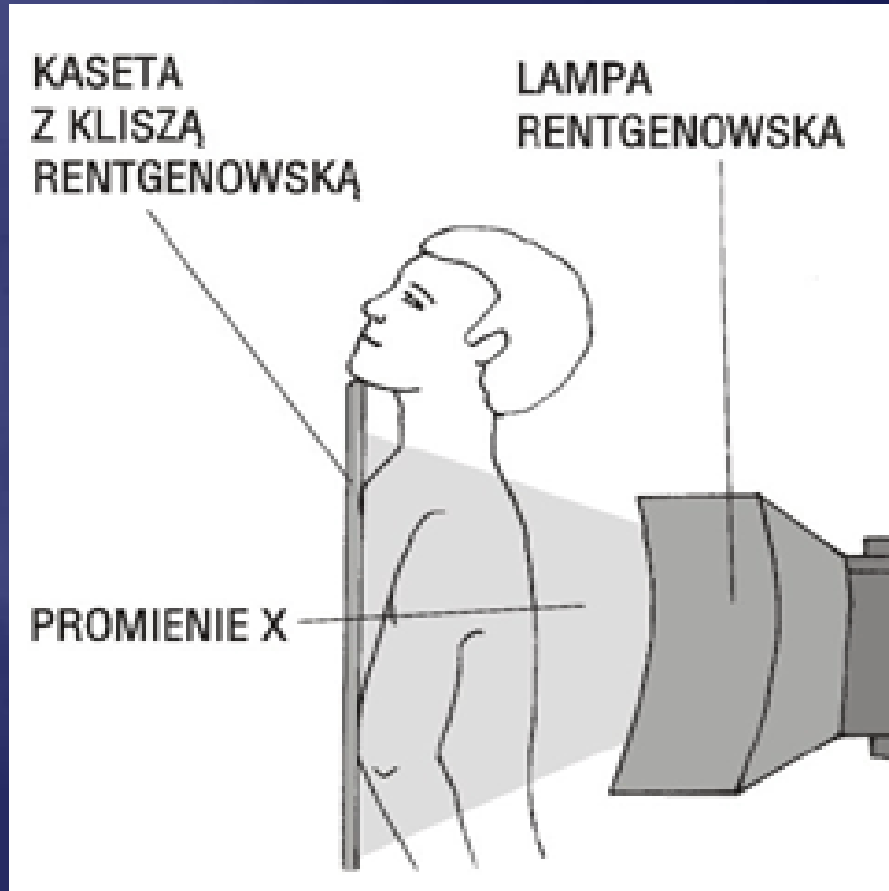
# Badanie RTG



KASETA  
Z KLISZĄ  
RENTGENOWSKĄ

LAMPA  
RENTGENOWSKA

PROMIENIE X





eFakt.pl > Sport > Piłka nożna > Rentgen nogi Wasilewskiego przeraża!

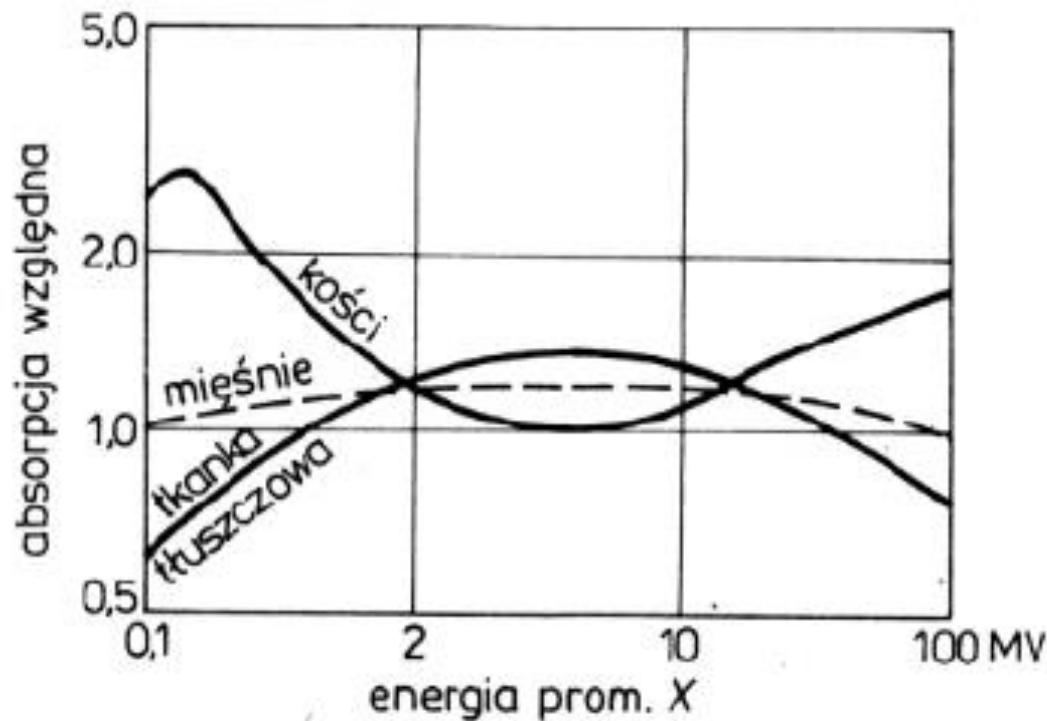
## Rentgen nogi Wasilewskiego przeraża!

Słowa kluczowe: Wasilewski, Anderlecht, kontuzja

01.09.2009, 00:20

Study ID: 365196  
 Desc: JAMBES FACE  
 SE: 6  
 M: 6

NAME: WASILEWSKI MARCIN RYSZARD  
 INS: CLINIQUE DU PARC LEOPOLD  
 AGE: 059Y  
 SEX: M



W: [15420]  
 L: [25116]

AC

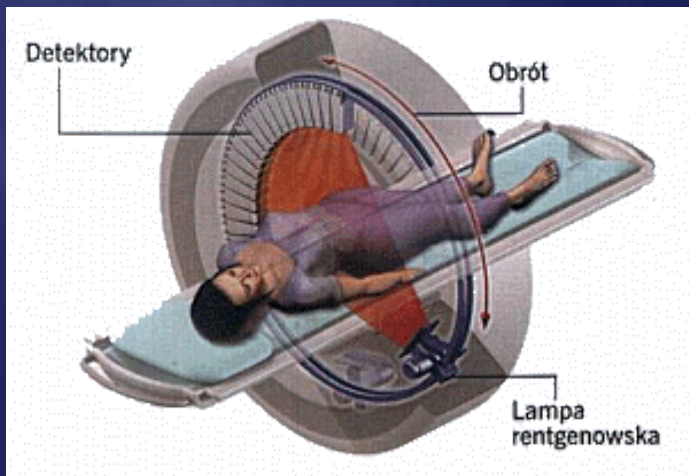
# Tomografia komputerowa - CT



[http://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Head\\_CT\\_scan.jpg](http://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Head_CT_scan.jpg)

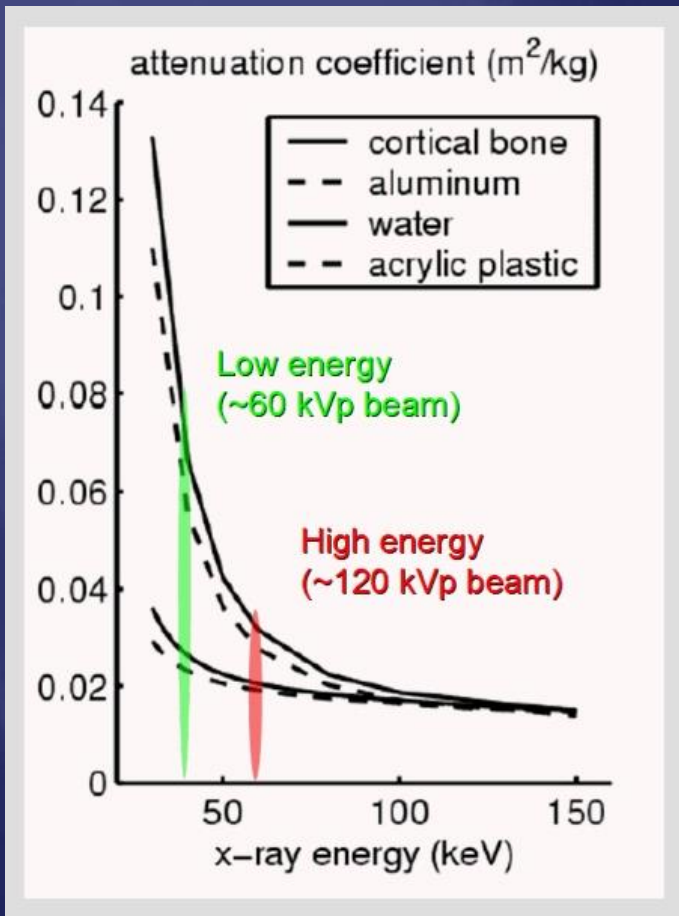


<http://spzozmsw.szczecin.pl/pl/show/page/id/55>

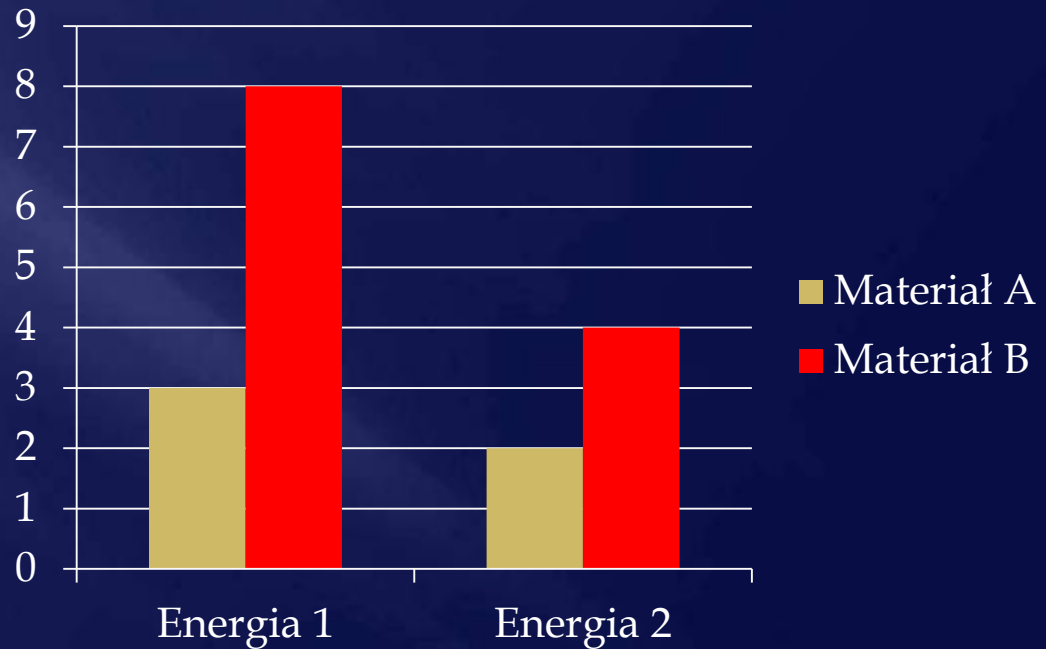


[http://www.fizyka.net.pl/index.html?menu\\_file=aktualnosci%2Fm\\_aktualnosci.html&former\\_url=ht tp%3A%2F%2Fwww.fizyka.net.pl%2Fciekawostki%2Fciekawostki\\_m1.html](http://www.fizyka.net.pl/index.html?menu_file=aktualnosci%2Fm_aktualnosci.html&former_url=ht tp%3A%2F%2Fwww.fizyka.net.pl%2Fciekawostki%2Fciekawostki_m1.html)

# Opcja dwu-energetyczna

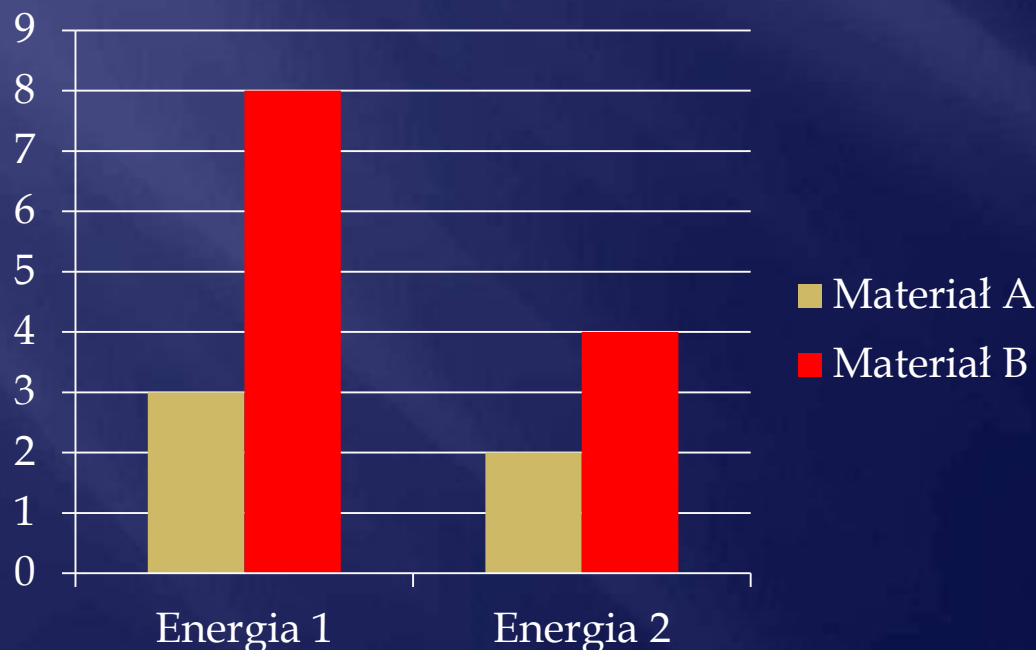


## Siła sygnału



# Opcja dwu-energetyczna

- Dobierając odpowiednio współczynniki możemy „wyczyścić” Materiał A lub Materiał B z radiogramu odejmując obrazy od siebie.



Np.

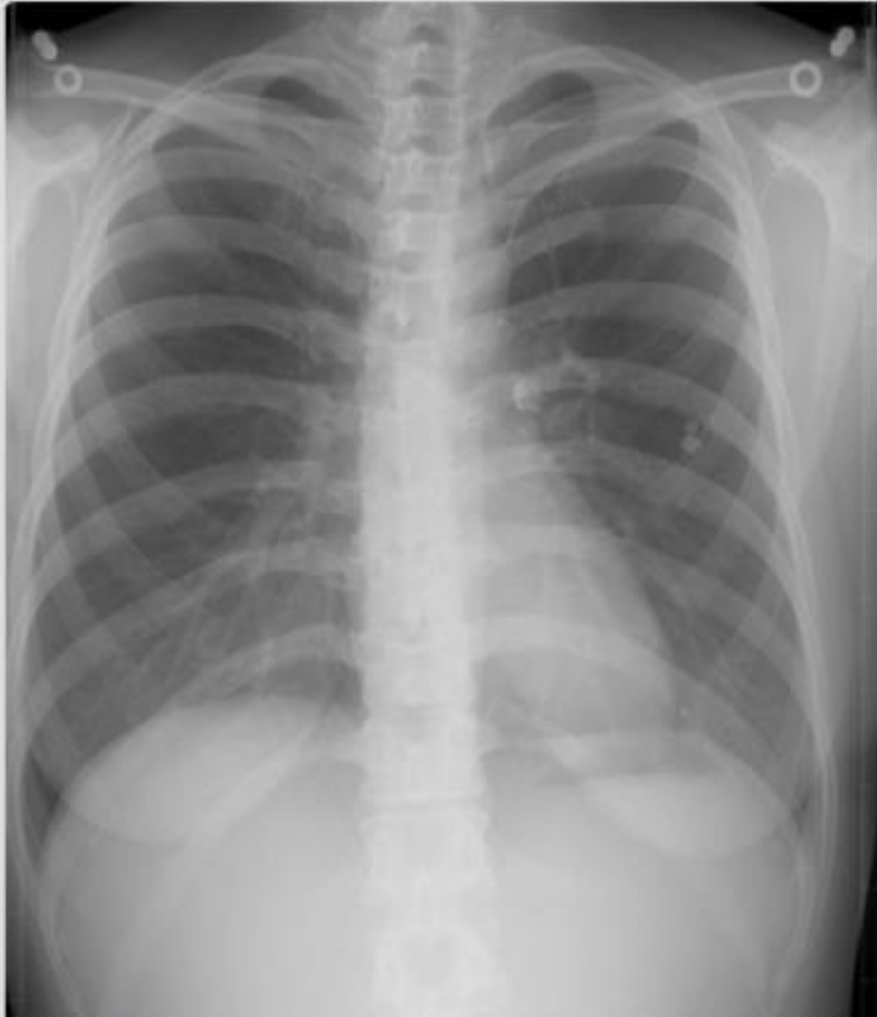
$$8 * 1 - 4 * 2 = 0$$

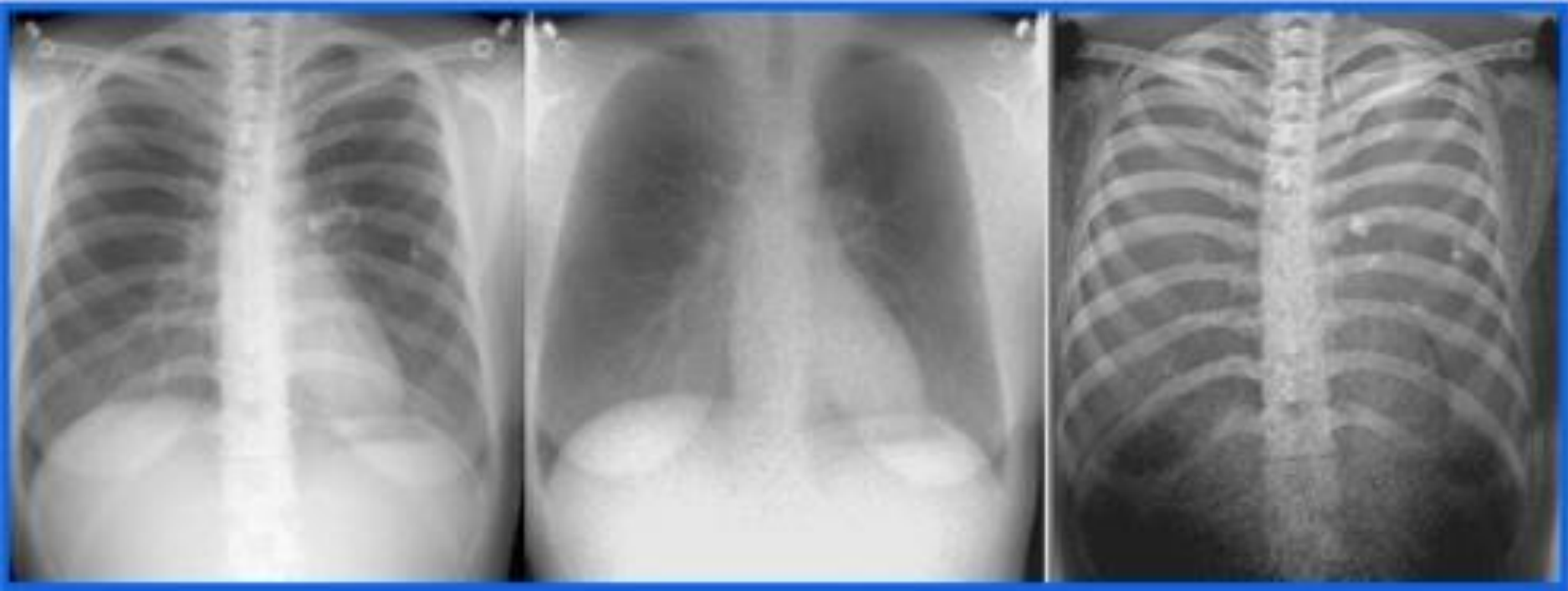
Znika Materiał B



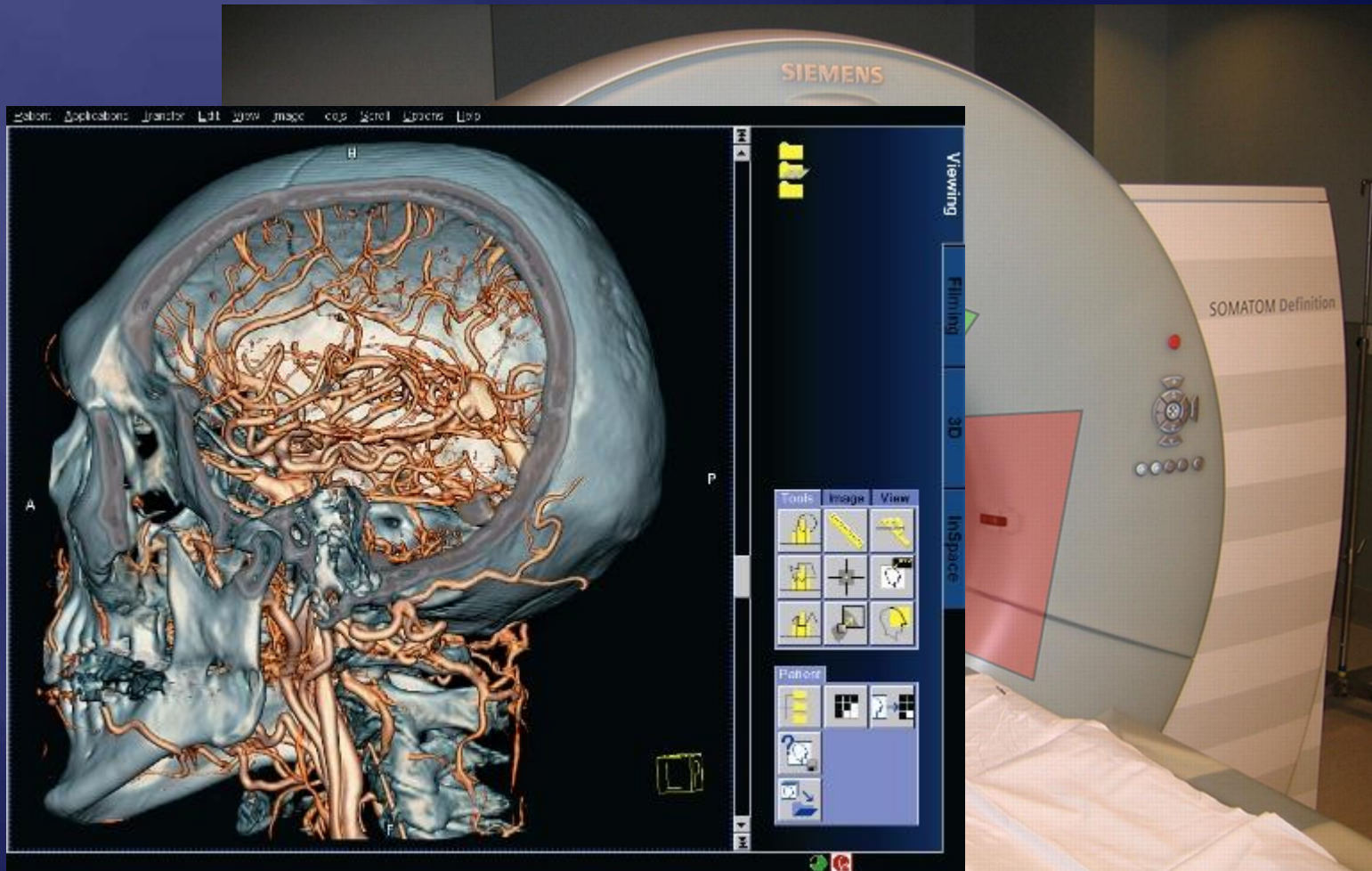
# Ale po co ?

- ▣ Medycyna
- ▣ Przemysł





# Dual energy CT



<http://www.ajronline.org/content/194/4/1072/F1.large.jpg>

Nicolaou S et al. AJR 2010;194:1072-1078

[http://www.medical.siemens.com/siemens/en\\_US/rg\\_marcom\\_FBAs/images/presskits/RSNA2006/SOMATOMDefinition\\_Head1.jpg](http://www.medical.siemens.com/siemens/en_US/rg_marcom_FBAs/images/presskits/RSNA2006/SOMATOMDefinition_Head1.jpg)



# Medycyna nuklearna

- Pacjent skierowany na badanie otrzymuje dożylnie, wziewnie lub doustnie połączenie:
  - **Radioizotopu,**
  - **Nośnika** - związku chemicznego, cząsteczki lub komórki wykazującej gromadzenie w obrazowanym narządzie lub tkance.
- Emitowane promieniowanie jest rejestrowane przez odpowiednie **detektory** i przetwarzane na obrazy.
- Uzyskane w ten sposób **obrazy** określają kształt, wielkość, położenie oraz makrostrukturę badanego narządu, ale **poprzez jego funkcję.**

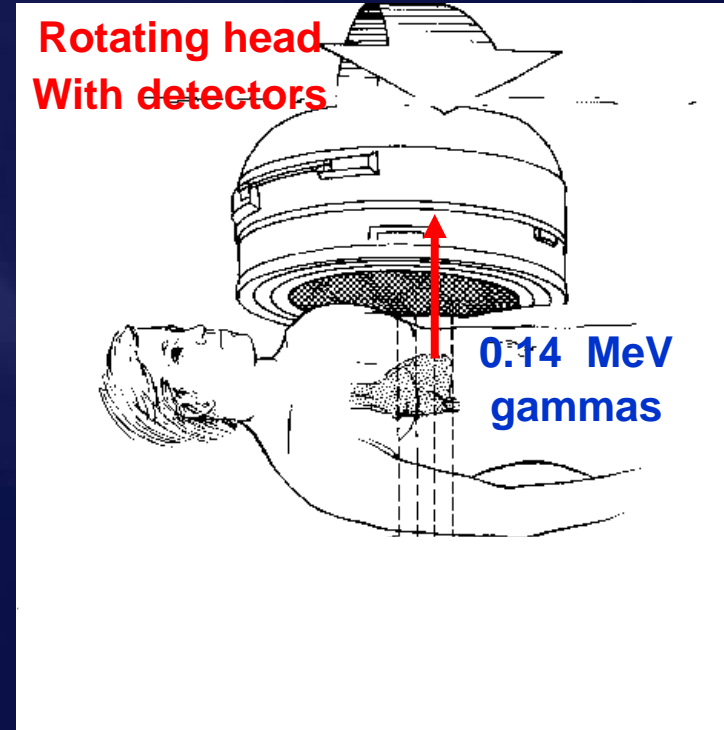


# SPECT scanner

85% wszystkich badań w medycynie nuklearnej wykorzystuje  $^{99}\text{Tc}$ .



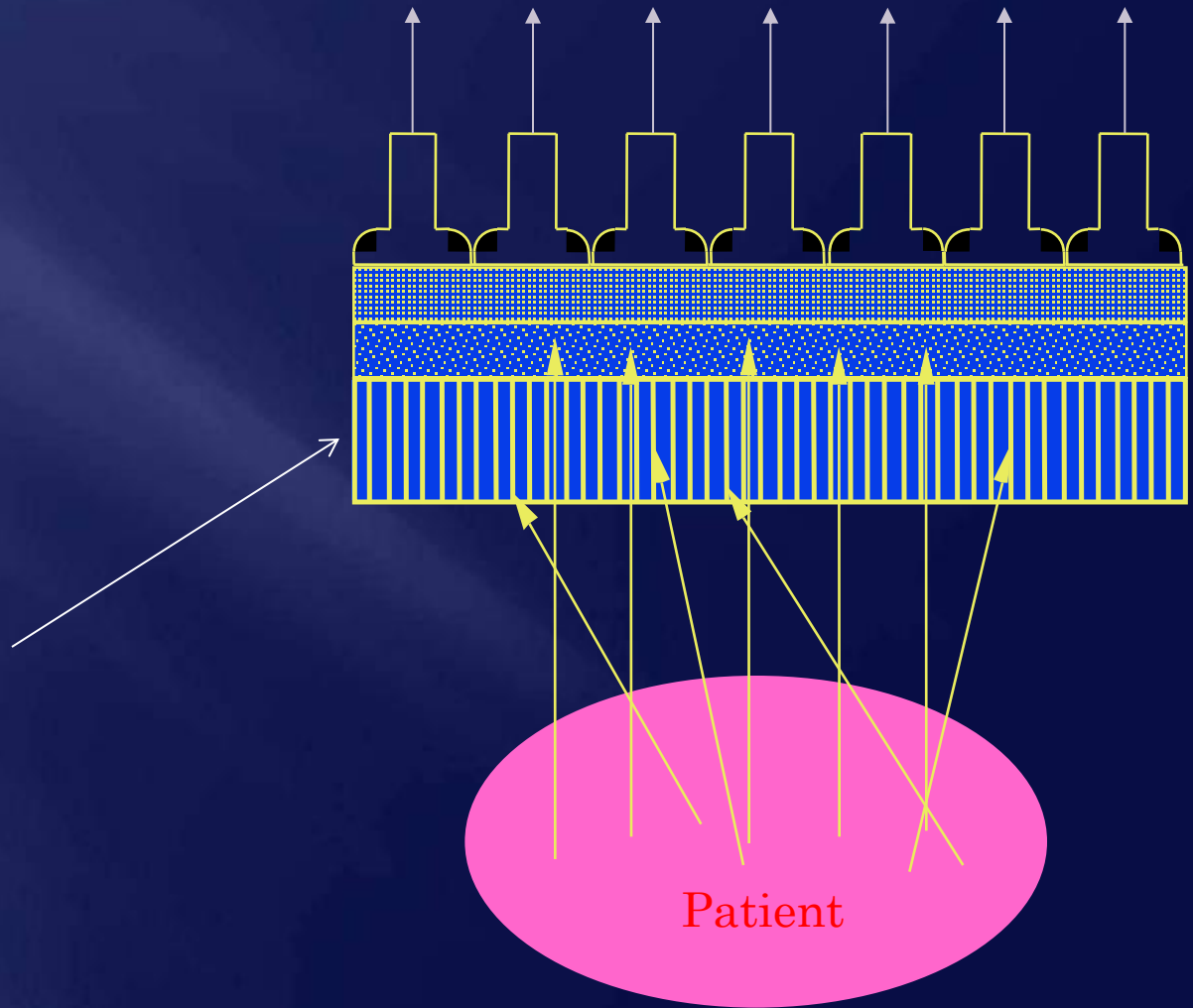
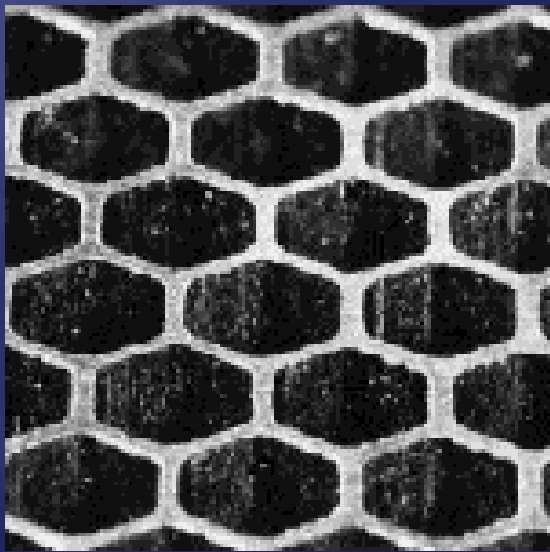
Debasis Mitra



Saverio Braccini

TERA

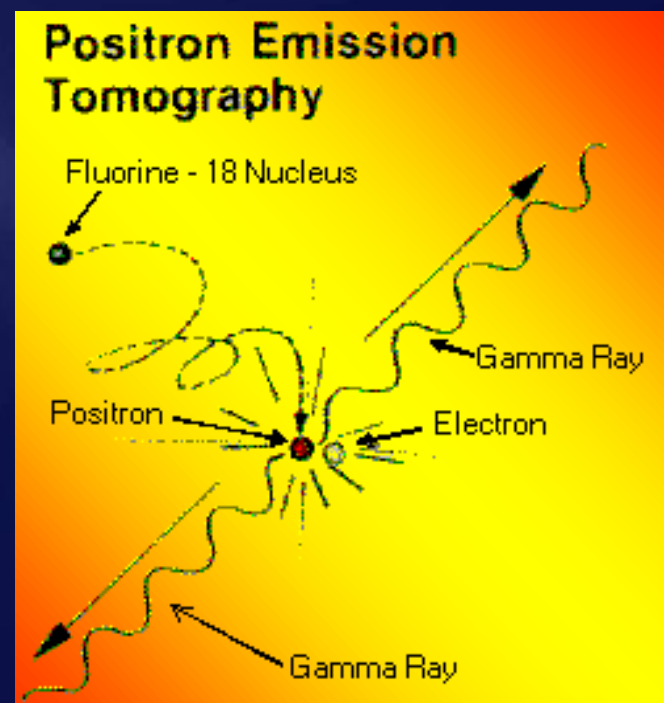
# Gamma kamera - kolimator



*Debasis Mitra*

# Positron Emission Tomography (PET)

- ▣ Pacjent otrzymuje emiter pozytonów
- ▣ Obserwujemy efekt anihilacji



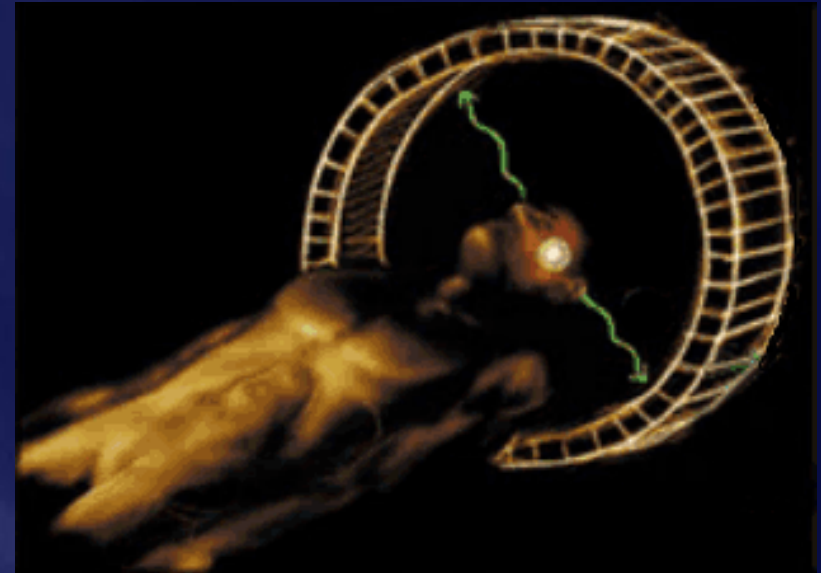
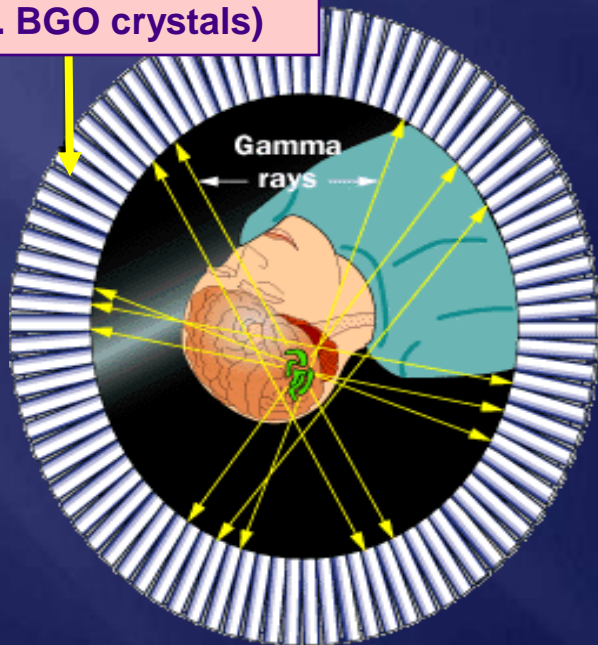
Saverio Braccini



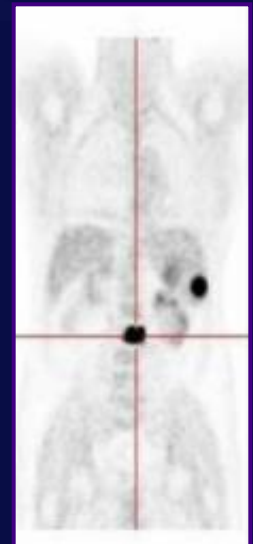
# Positron Emission Tomography (PET)

Używane izotopy emitujące pozytony – najczęściej FDG z  $^{18}\text{F}$  ( $T_{1/2} = 110$  min)

Gamma ray detectors  
(Ex. BGO crystals)

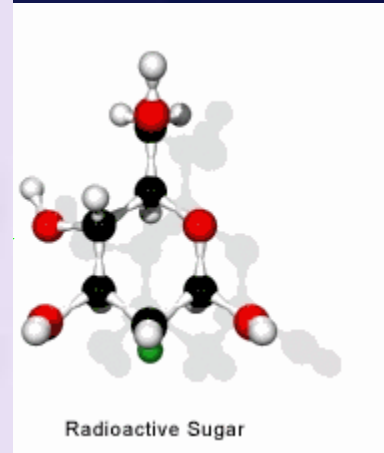
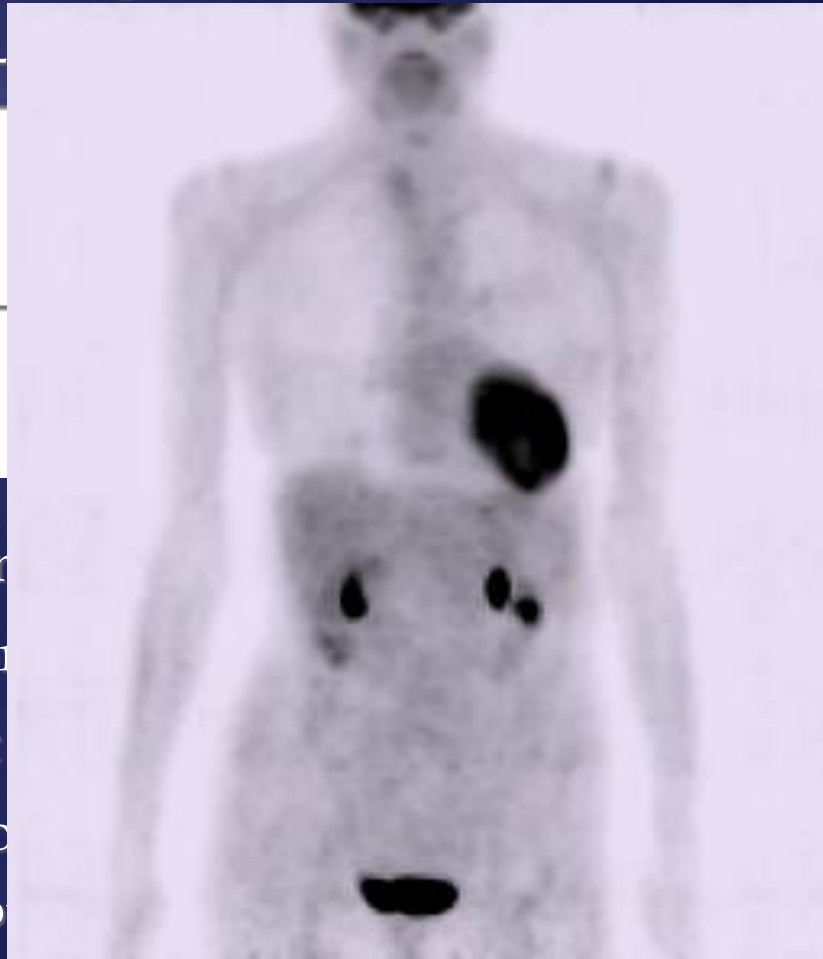
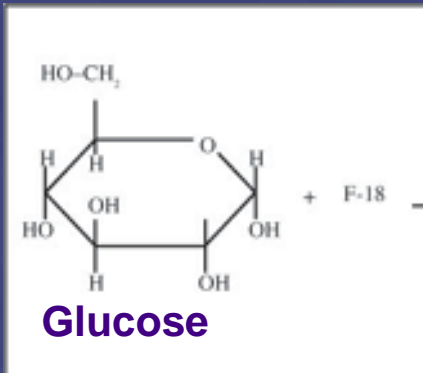


Izotop	Czas połowicznego rozpadu [min]	Maksymalna energia pozytonu [MeV]
$^{11}\text{C}$	20,3	0,96
$^{13}\text{N}$	9,97	1,19
$^{15}\text{O}$	2,03	1,70
$^{18}\text{F}$	109,8	0,64
$^{68}\text{Ga}$	67,8	1,89
$^{82}\text{Rb}$	1,26	3,15



# Jak to działa ?

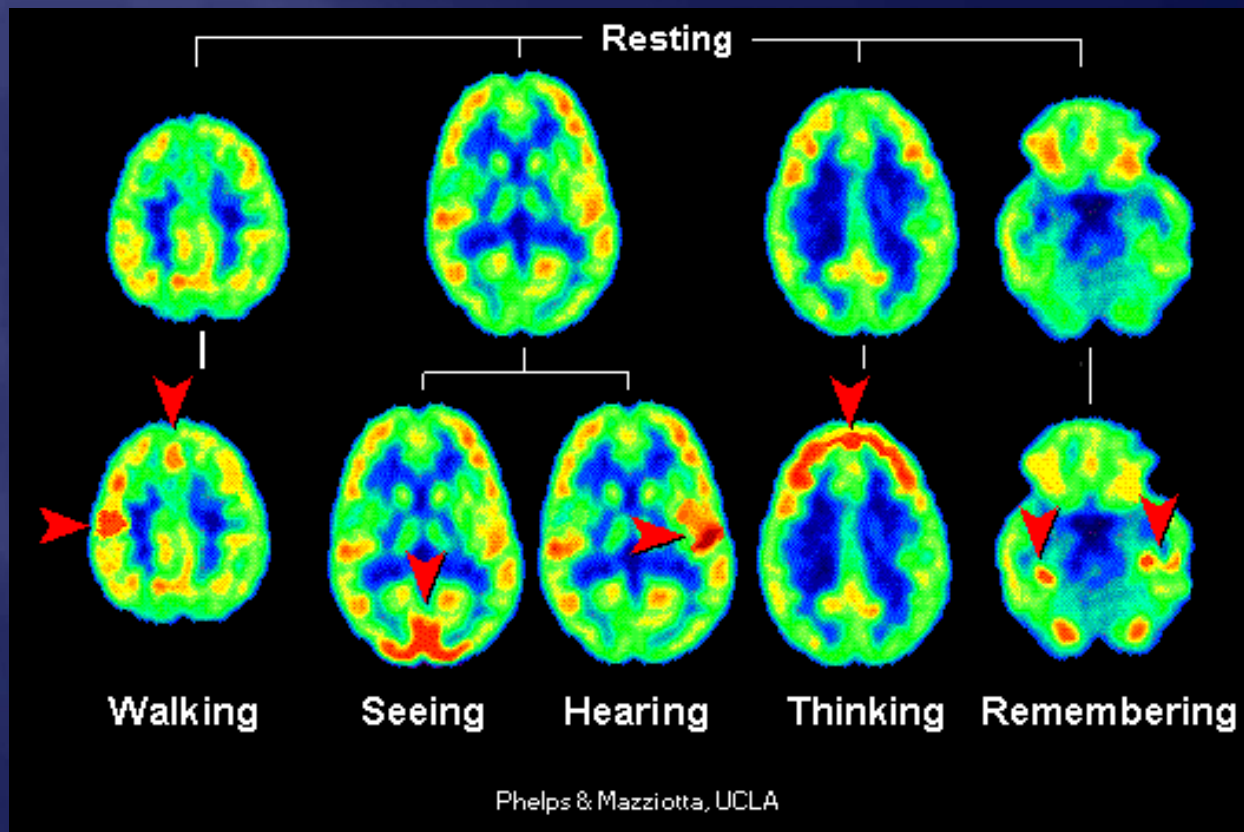
- ▣ Produkcja  $^{18}\text{F}$  wiązką protonów
- ▣ Fluoro-Deoxy-D-



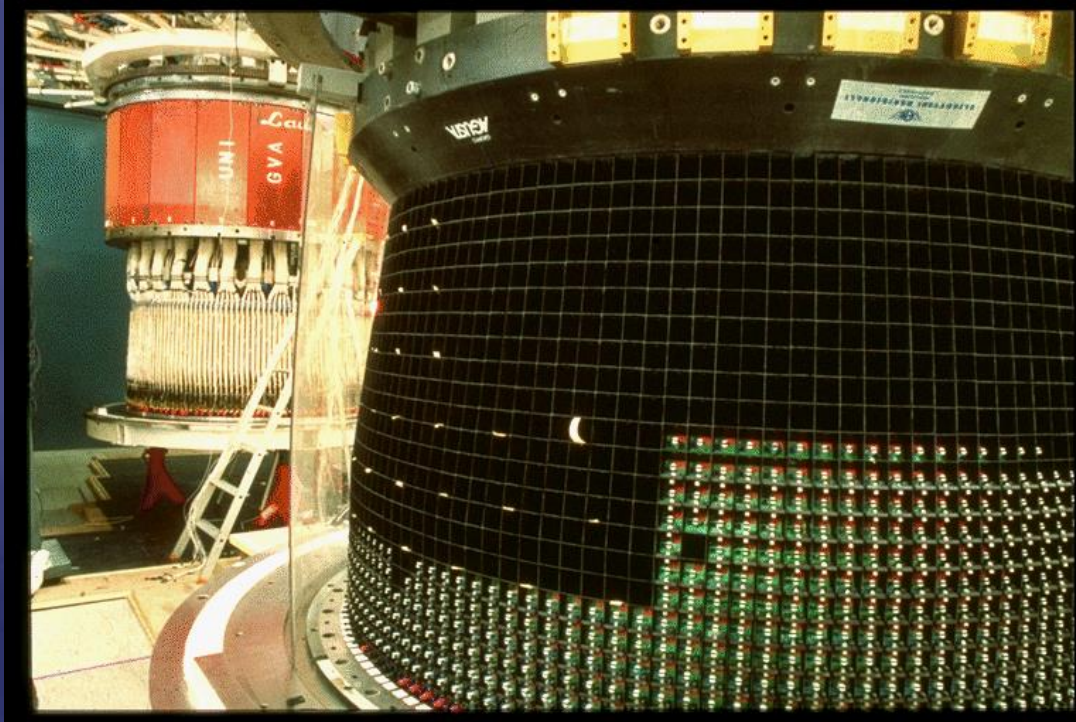
- ▣ FDG wstrzykujemy
- ▣ FDG jest transportowany
- ▣ Koncentracja jest
- ▣ Nowotwór jako ośrodek
- ▣ się w postaci „hot spot”

ukozy  
glukozę objawia

# Badania funkcjonalności



# The BGO calorimeter of the L3 experiment at LEP (CERN 1989-2000)

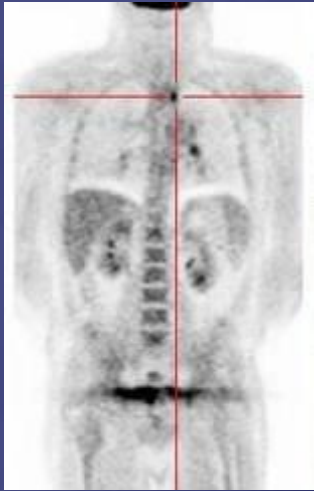


**BGO crystals have been developed for detectors in particle physics**

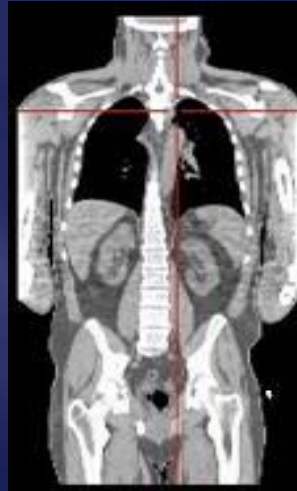
- ▣ 11000 BGO crystals
- ▣ Precise measurement of the energy deposited by the particles
- ▣ Almost  $4\pi$  coverage



# PET - CT



+



=



+

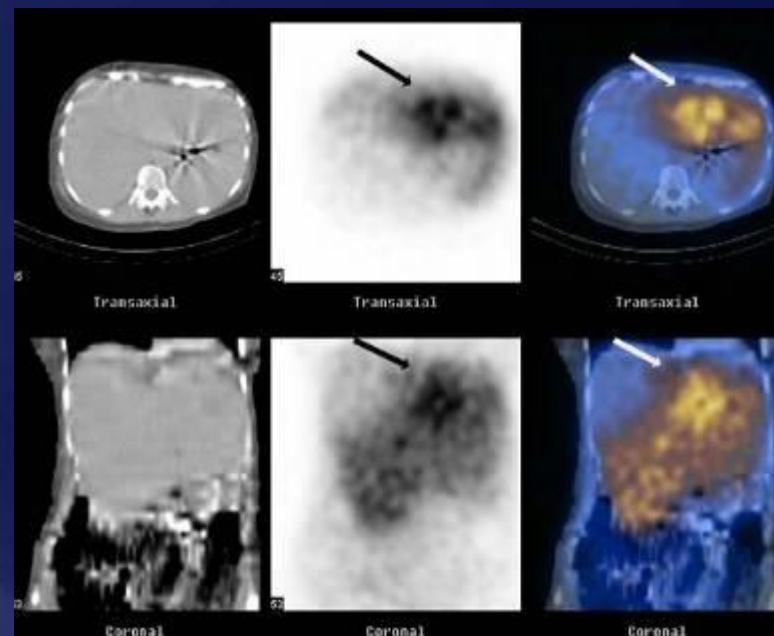
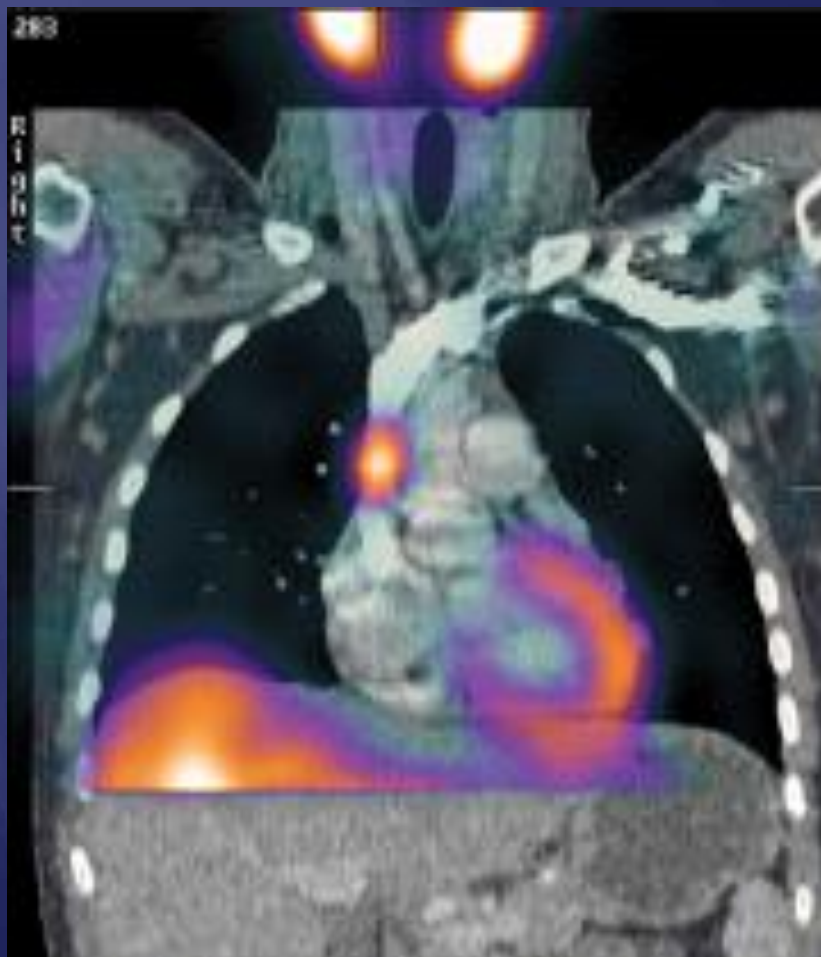


=





# SPECT-CT



**I inne kombinacje: SPECT-PET,  
NMR-PET itd.**

[www.hermesmedical.com](http://www.hermesmedical.com)

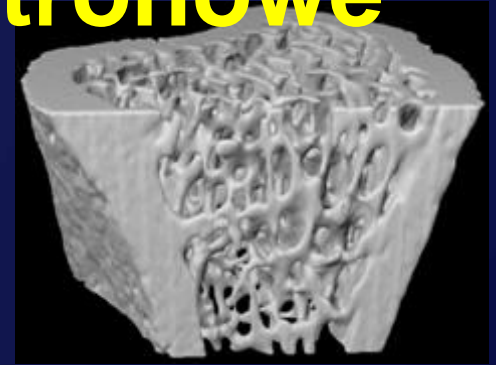
# Diagnostyka medyczna

## ▣ Produkcja izotopów do PET

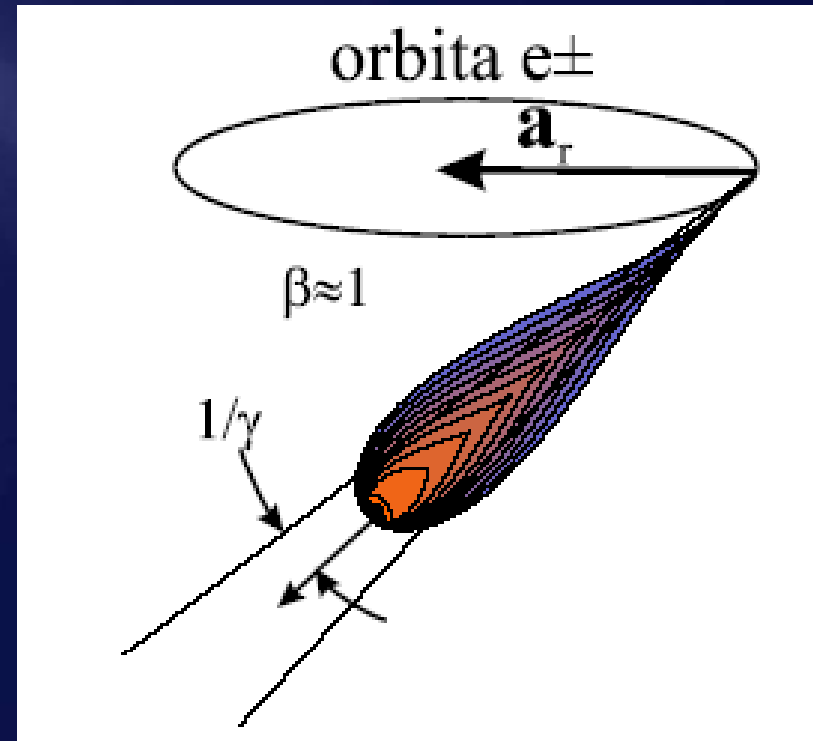
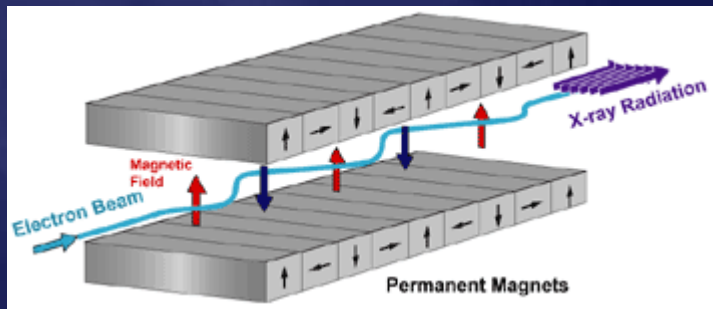
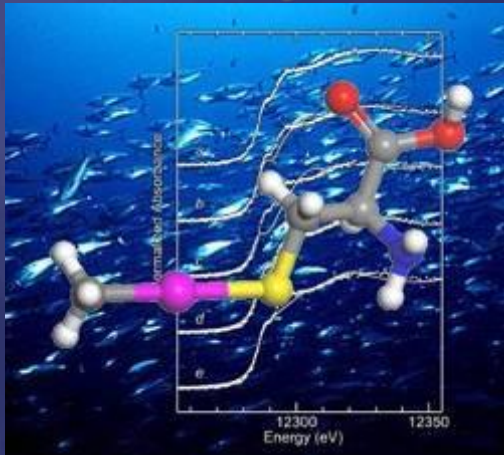


- Izotopy krótkożyciowe
- Produkcja w szpitalu
- „Kompaktowe” cyklotrony, wiązka protonów  $\sim 15\text{MeV}$

# Promieniowanie synchrotronowe

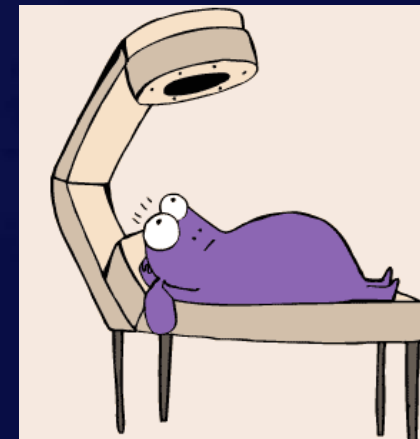


- Medycyna, biologia, chemia, fizyka, ochrona środowiska...



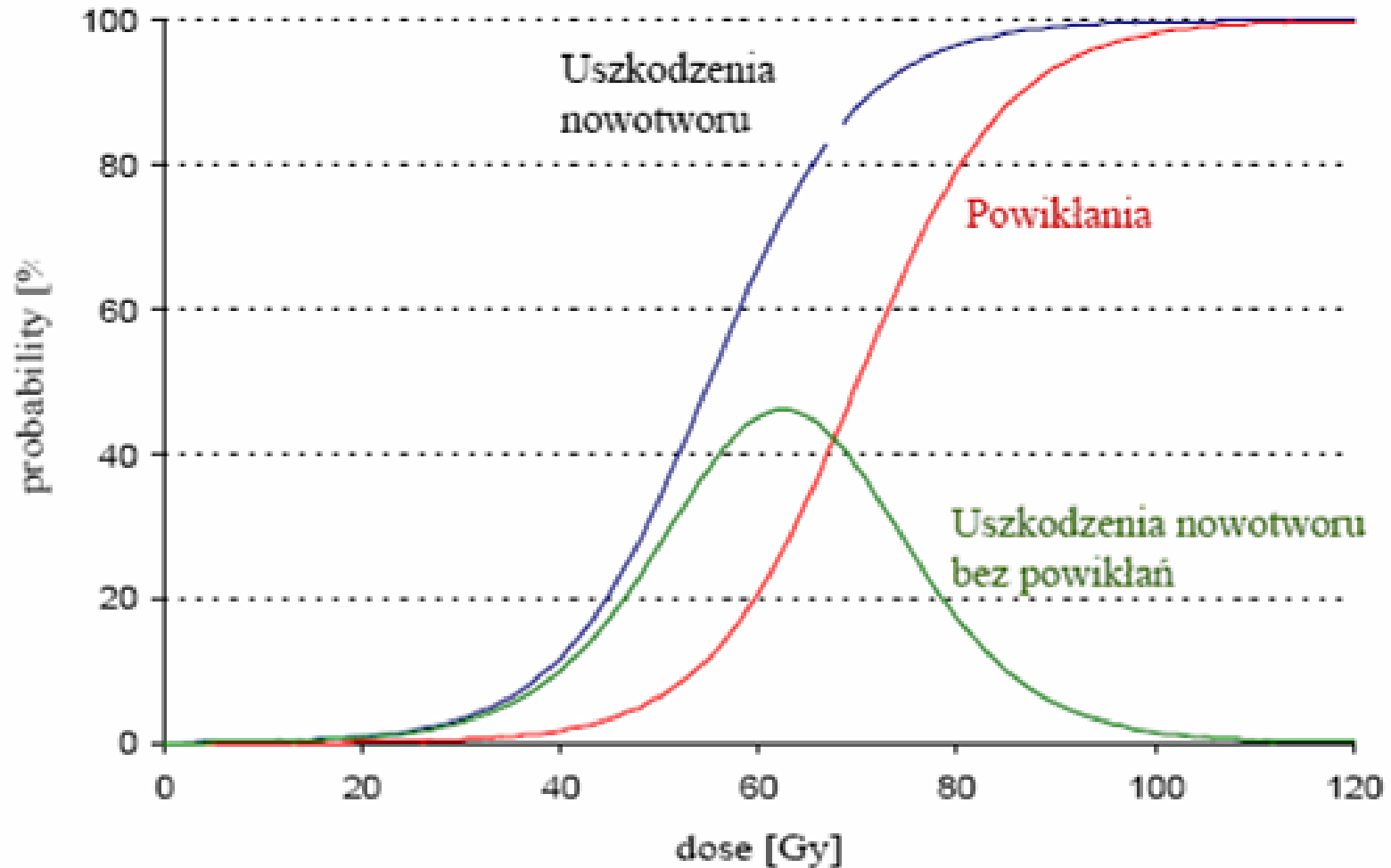
# Wykorzystanie niszczących właściwości promieniowania do terapii nowotworów

- ▣ Umiemy budować urządzenia wytwarzające wiązki promieniowania o wysokich energiach – **akceleratorzy**.
- ▣ Stosowane powszechnie w jednej z trzech metod leczenia nowotworów:
  - chirurgia,
  - chemioterapia,
  - radioterapia.



*From Meissner, William A. and Warren, Shields: Neoplasms, In Anderson W.A.D. editor; Pathology, edition 6, St. Louis, 1971, The C.V. Mosby Co.*

# Reguły prawidłowej radioterapii





# Radioterapia: X, e<sup>-</sup>

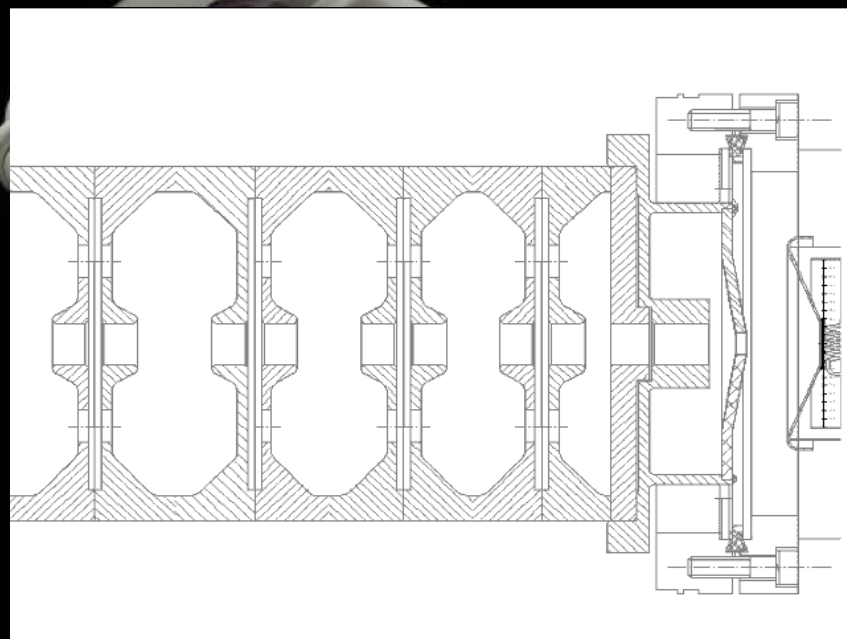
[http://www.fuw.edu.pl/~marta/Fizyka\\_jadrowa\\_w\\_medycynie.pdf](http://www.fuw.edu.pl/~marta/Fizyka_jadrowa_w_medycynie.pdf)



[http://www.royalfree.nhs.uk/imgs/site/radiotherapy\\_webpage\\_003.jpg](http://www.royalfree.nhs.uk/imgs/site/radiotherapy_webpage_003.jpg)

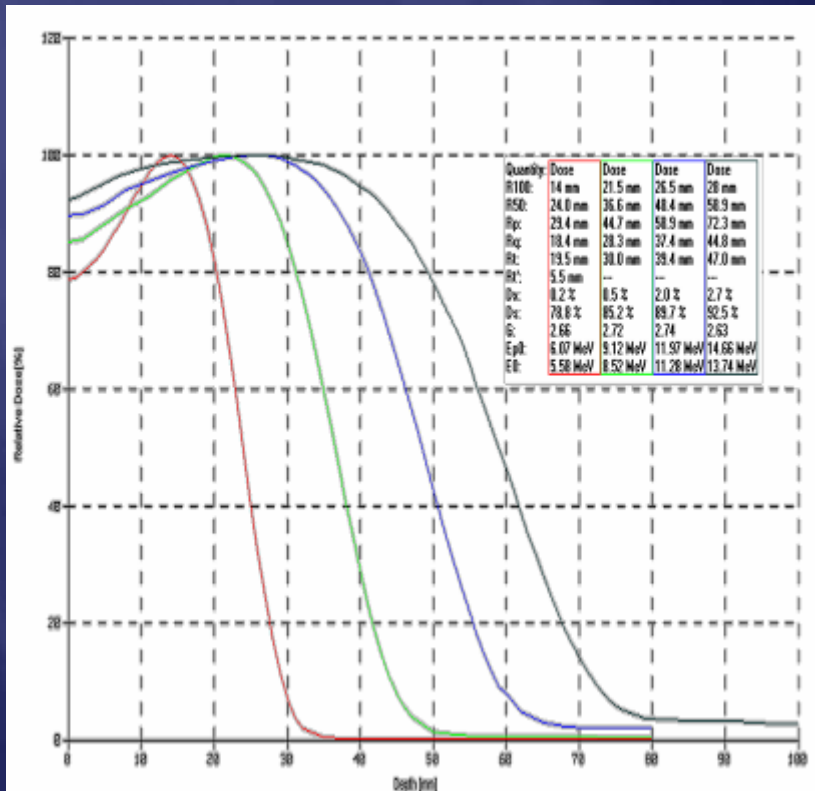


<http://www.mamhakanaraka-staszic.cba.pl/radioterapia.jpg>

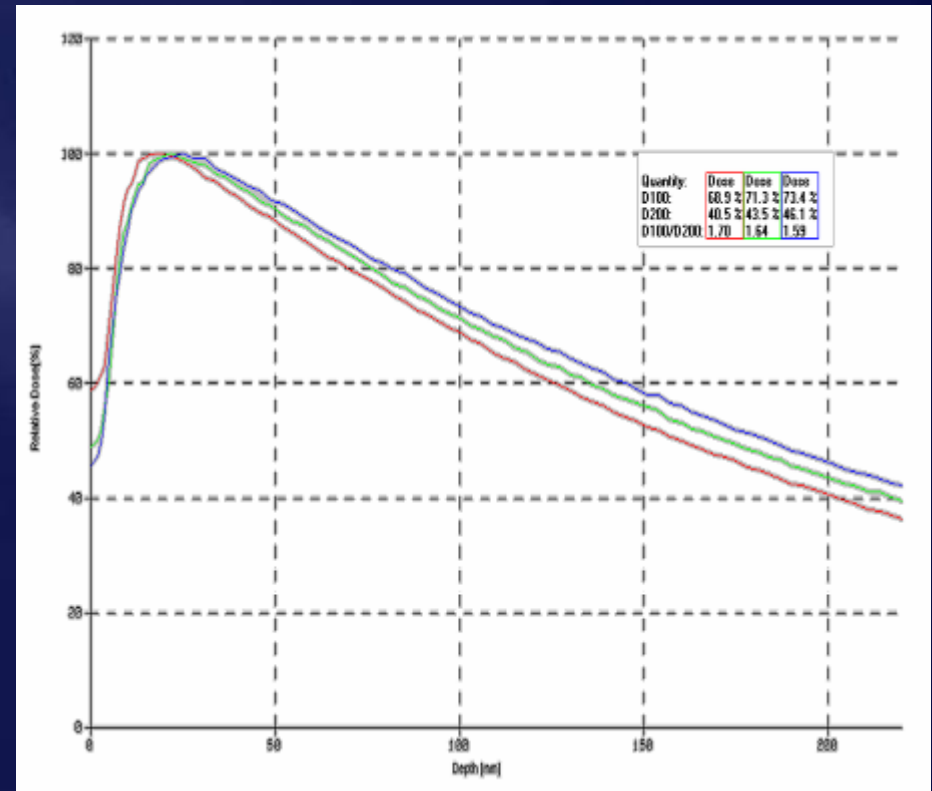


<http://www.libredecancer.com/tecnologia/radioterapia-conformal.php>

# Rozkład dawki dla e<sup>-</sup> i X



10cm

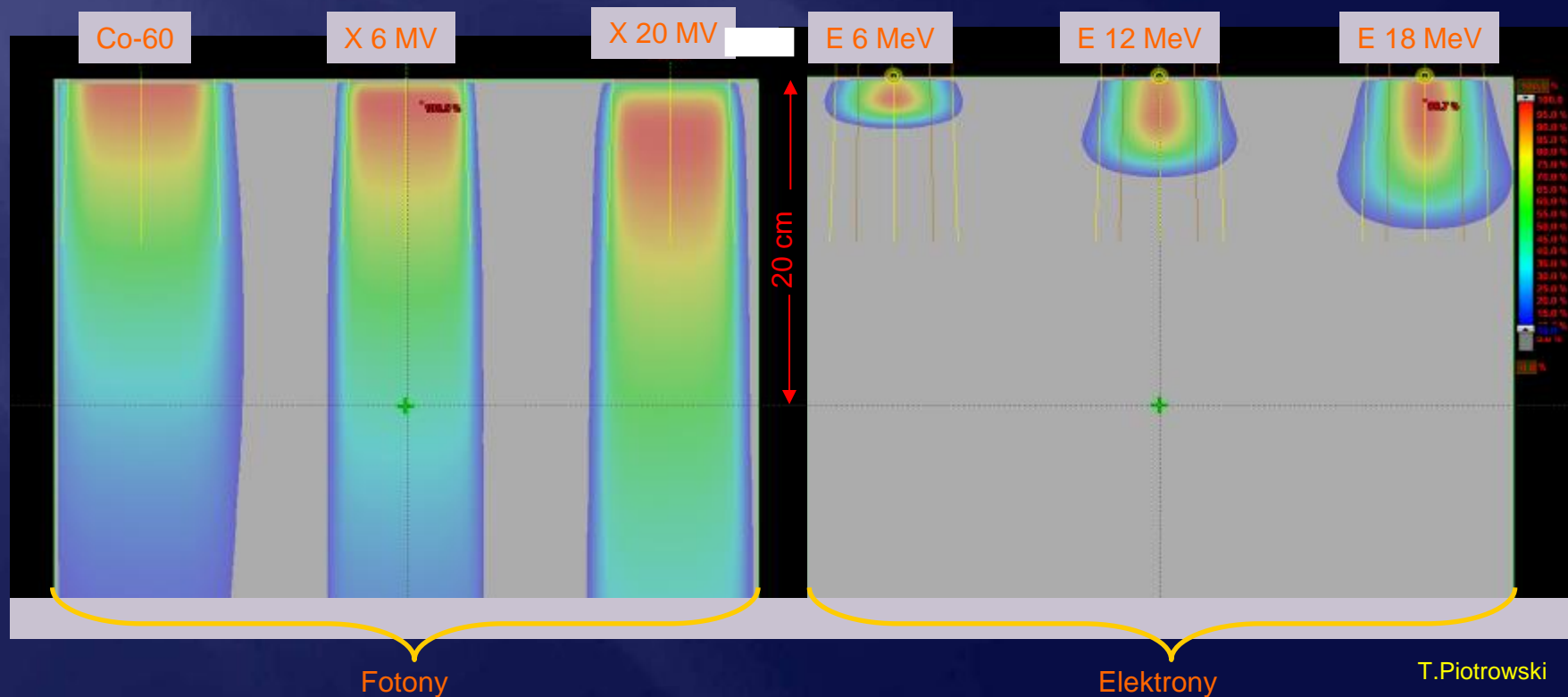


10cm

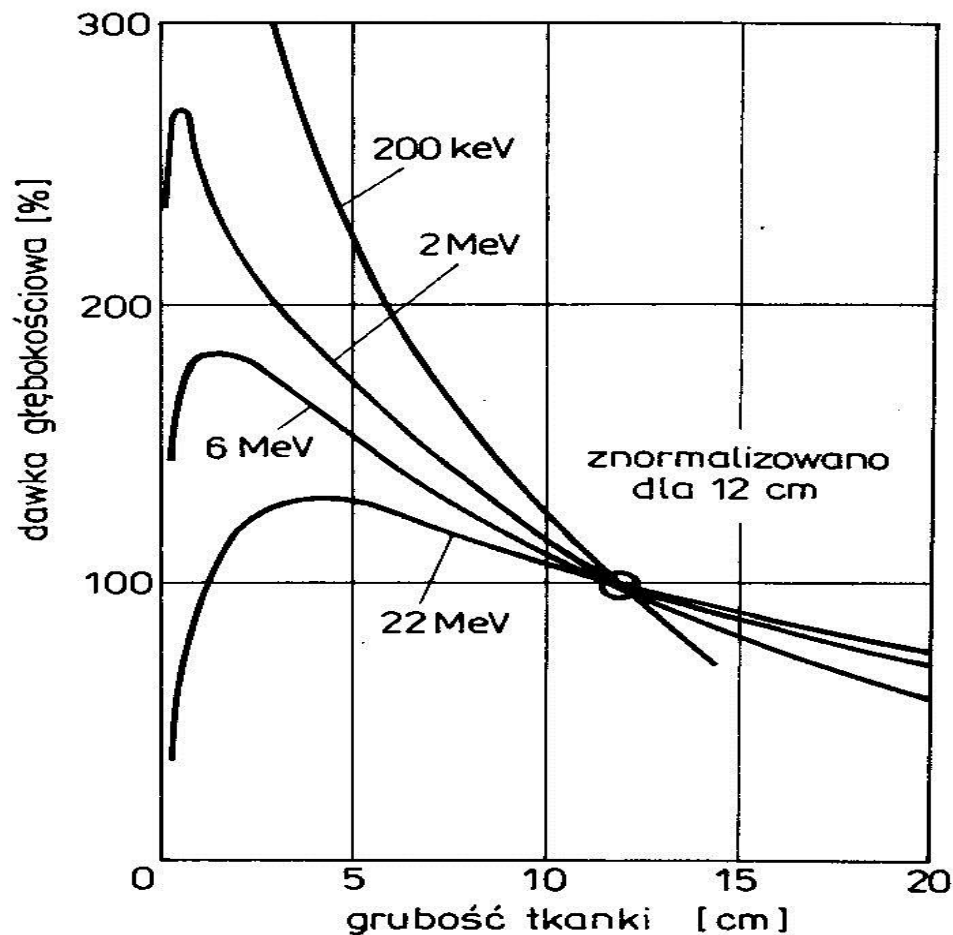
20cm

# Energia promieniowania

Wybór rodzaju i energii promieniowania uzależniony jest od lokalizacji obszaru napromieniania w ciele pacjenta.

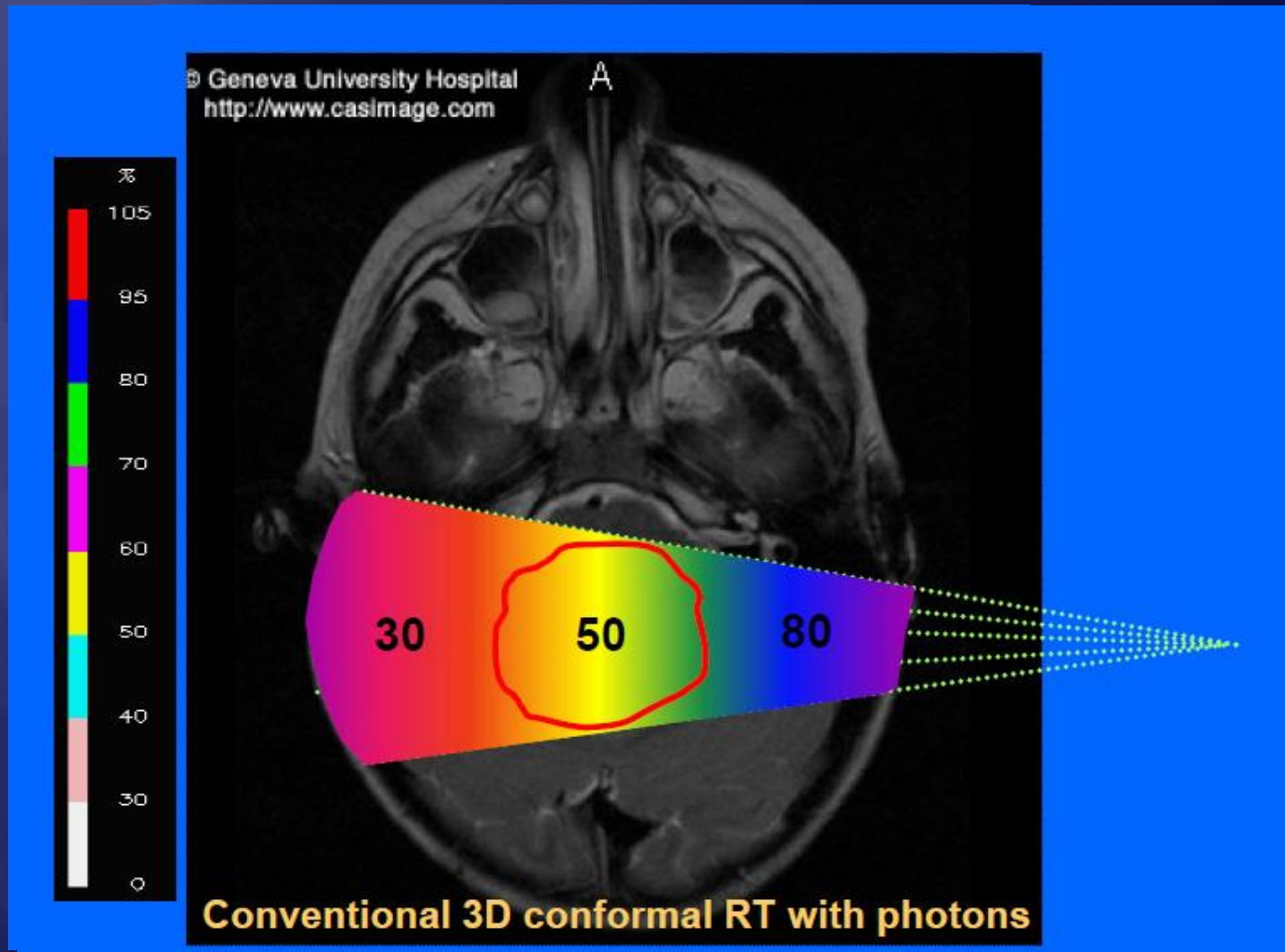


# Rozkłady głębokościowe promieniowania X i $\gamma$

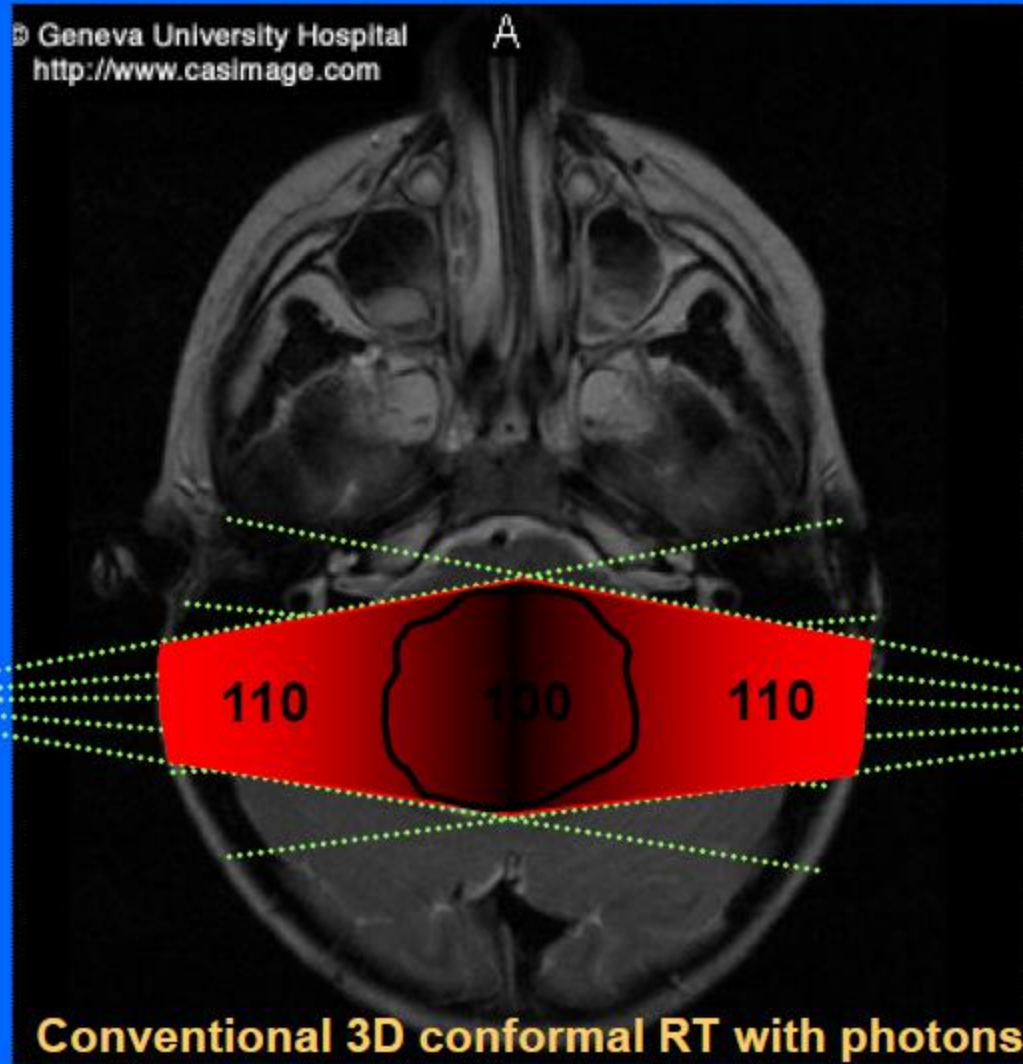


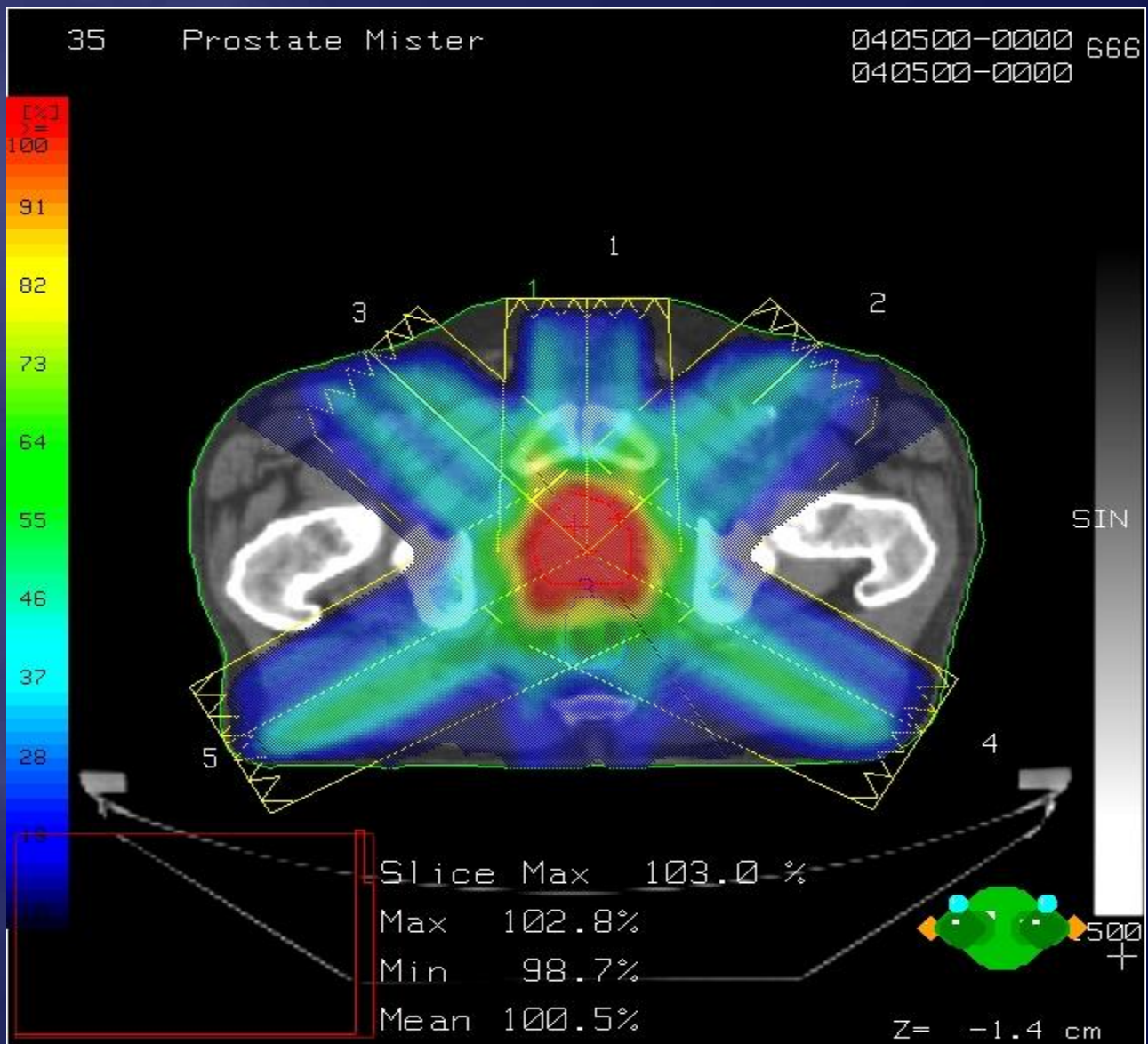
W.Scharf

# Wiązki fotonowe



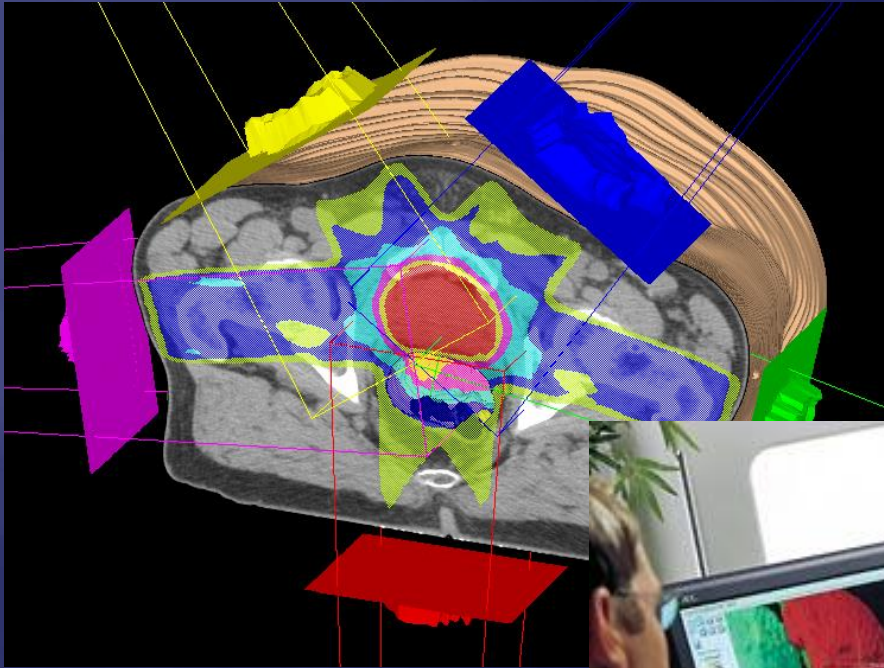




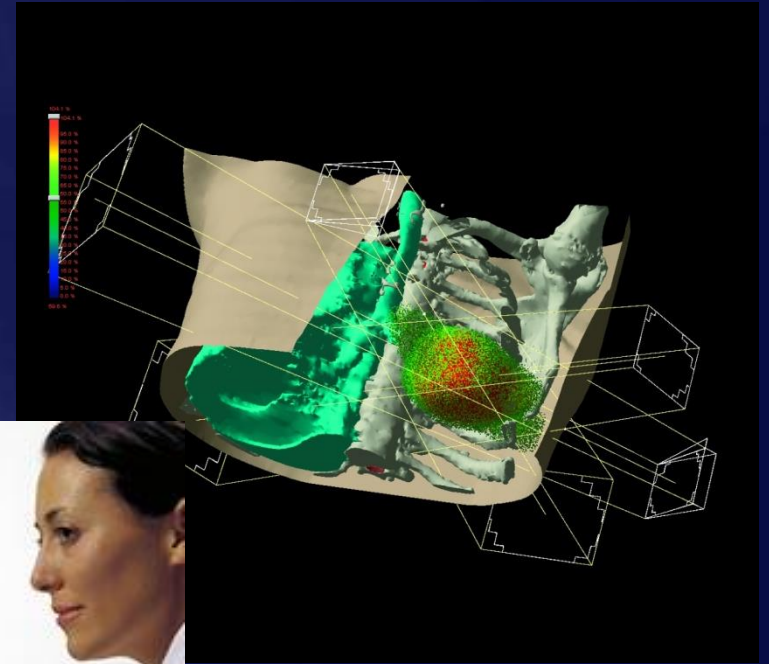


<http://varian.mediaroom.com/file.php/141/Dose+distrib+IMRT+prostate.jpg>

# Planowanie leczenia



[http://www.aoctr.com/images/imrt\\_znb1.jpg](http://www.aoctr.com/images/imrt_znb1.jpg)



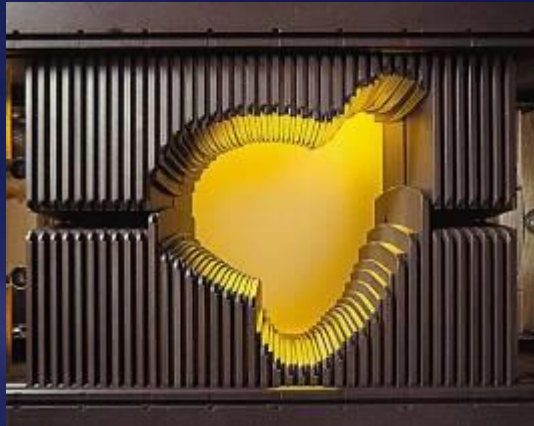
[www.diaroom.com/file.php/122/Eclipse+lung+plan.jpg](http://www.diaroom.com/file.php/122/Eclipse+lung+plan.jpg)



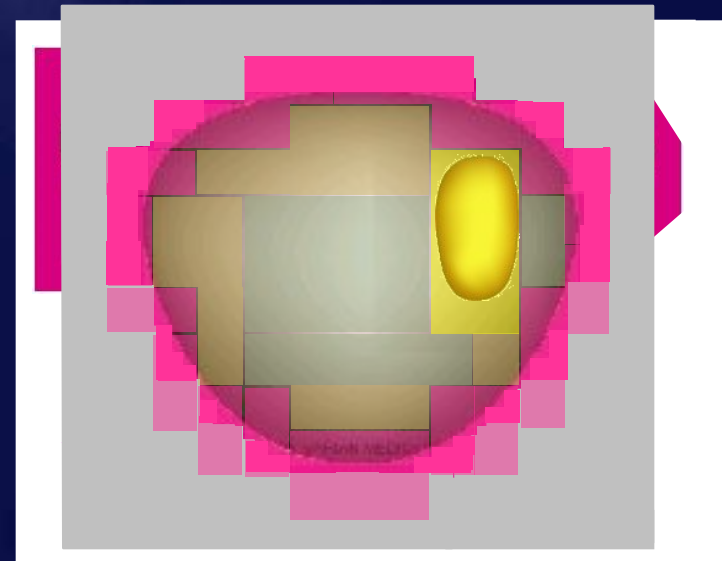
[http://www.elekta.com/assets/precision\\_radiation\\_therapy/images/Treatment%20Planning.jpg](http://www.elekta.com/assets/precision_radiation_therapy/images/Treatment%20Planning.jpg)

# Współczesne wyposażenie

- ▣ MLC kolimator
- ▣ Leczenie prowadzone obrazowaniem

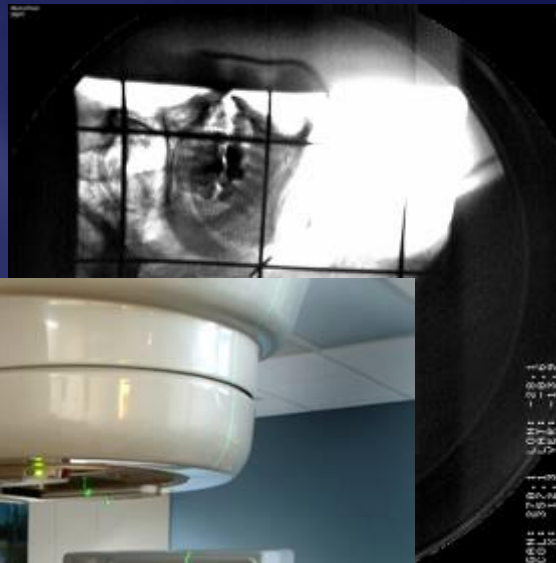
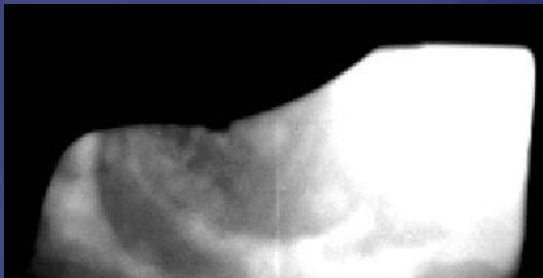


Varian





# Portal Imaging



[www.bioscan.ch](http://www.bioscan.ch)



Varian

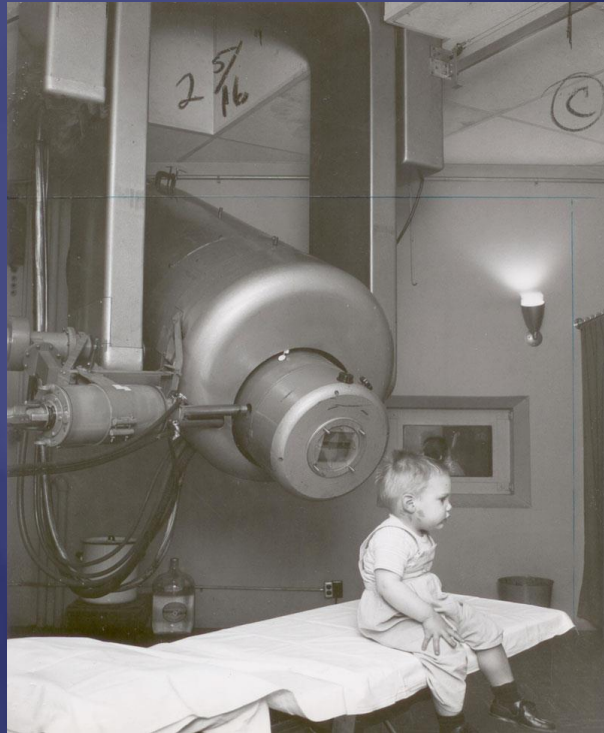


2014-10-21

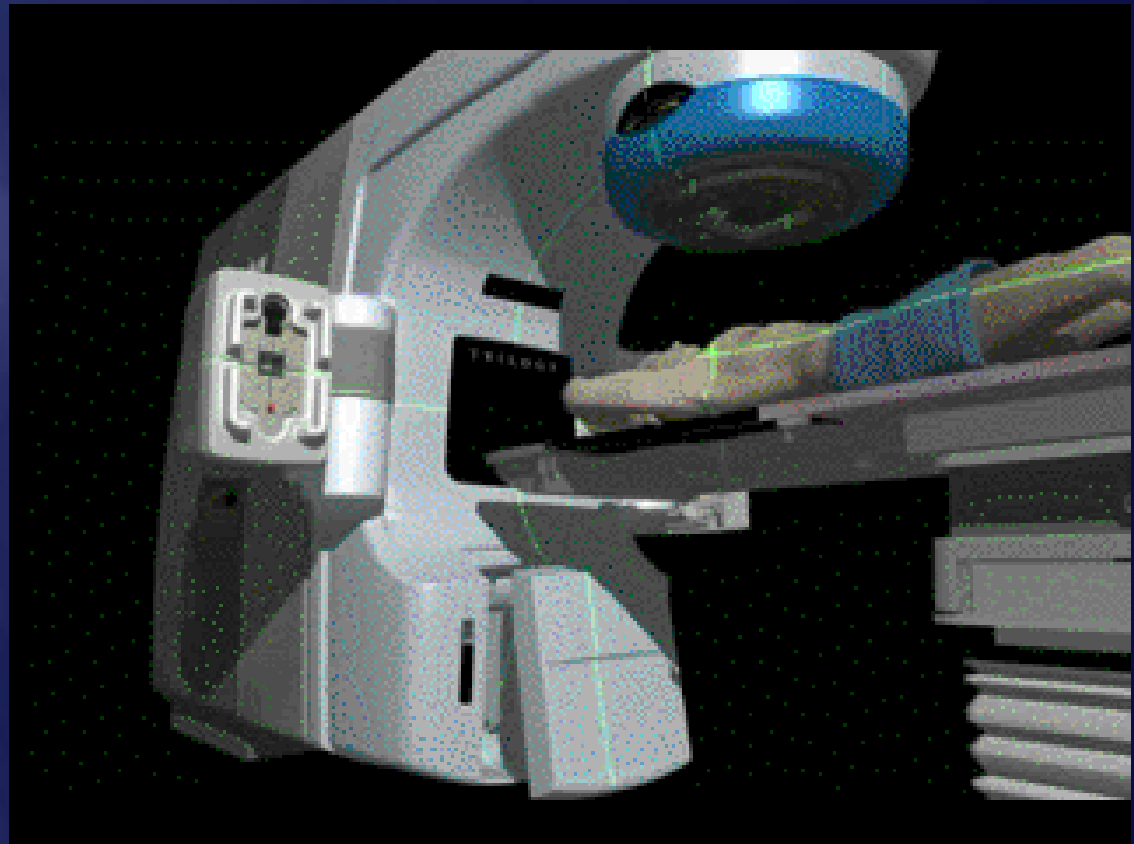
Andrew M. Sessler  
Lawrence Berkeley National  
Laboratory

dr Sławomir Wronka, NCBJ



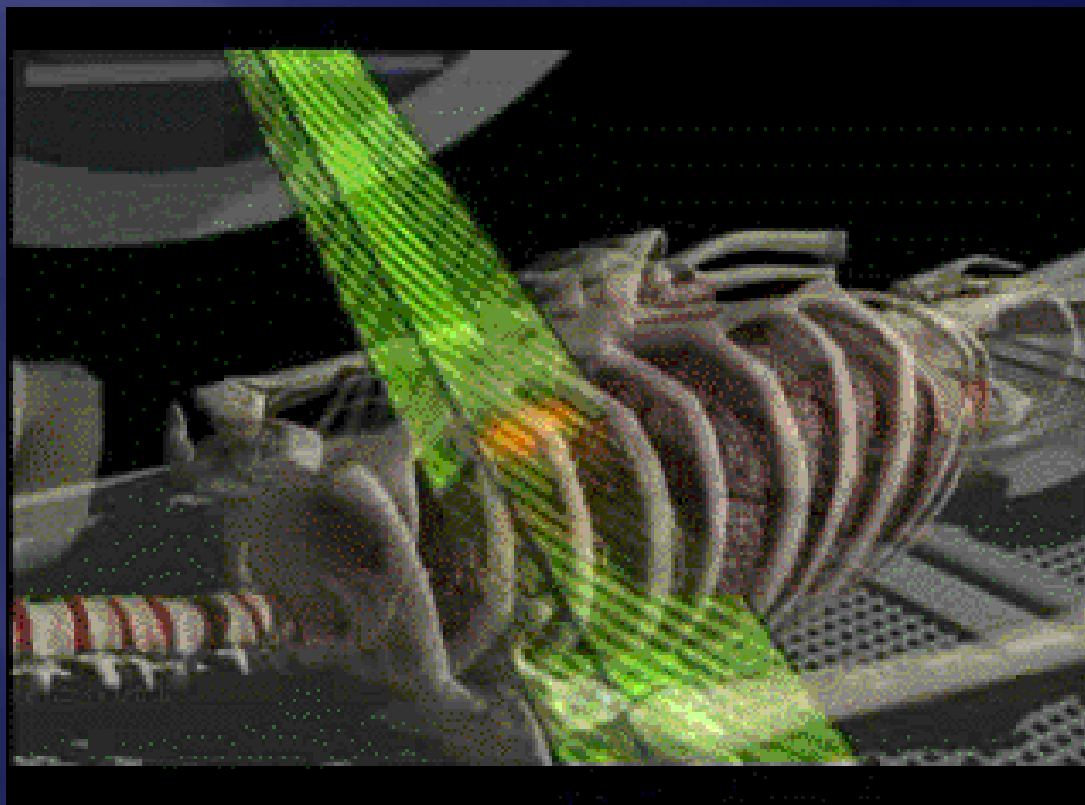


<http://lane.stanford.edu/graphics/portals/history/accelerator800x974px.jpg>



Varian  
[www.youtube.com](http://www.youtube.com)

# „Bramkowanie” oddechem



# Akceleratory w Polsce

- 70 akceleratorów w 2006r



NOWOTWORY Journal of Oncology • 2007 • volume 57, Number 5 • 487–517

# IORT



Medical Applications of Particle Physics  
*Saverio Braccini*

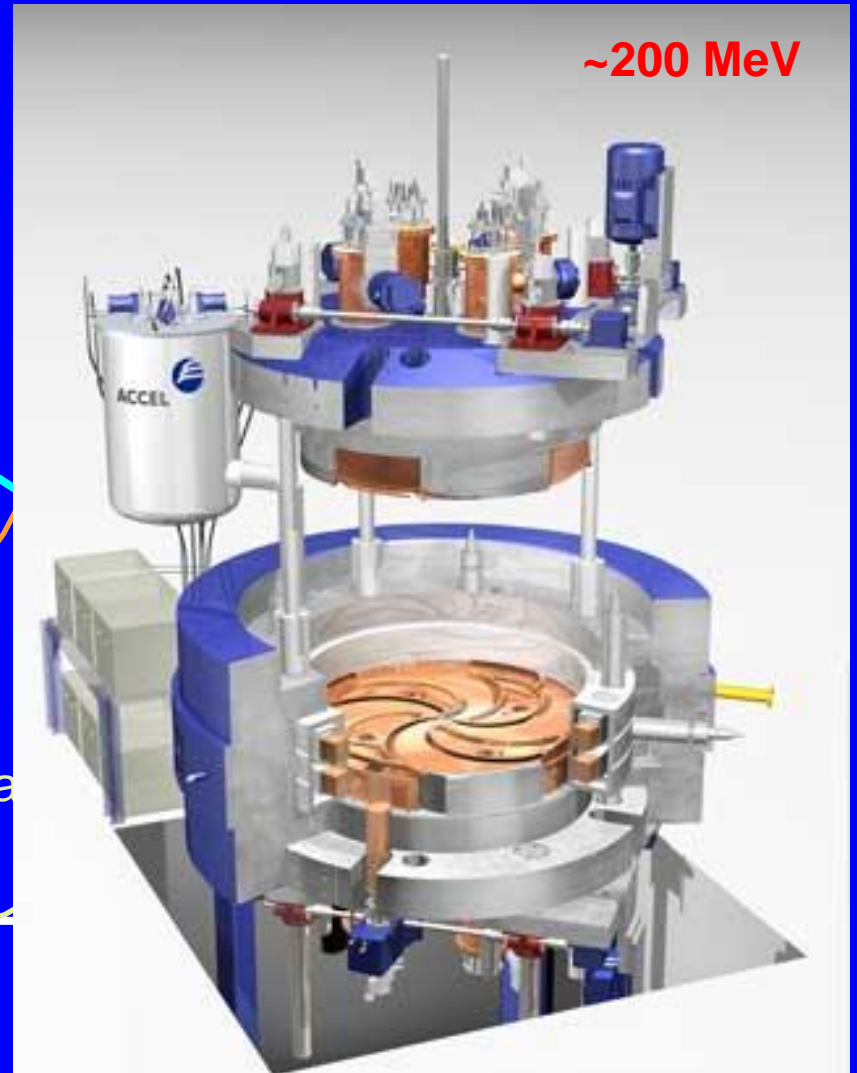
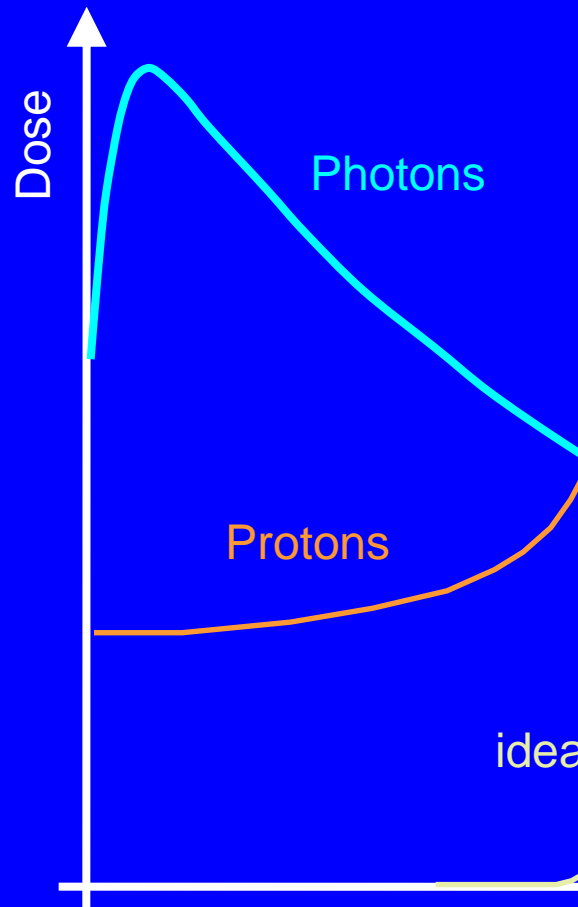
# Robotic Arm (Cyber Knife)



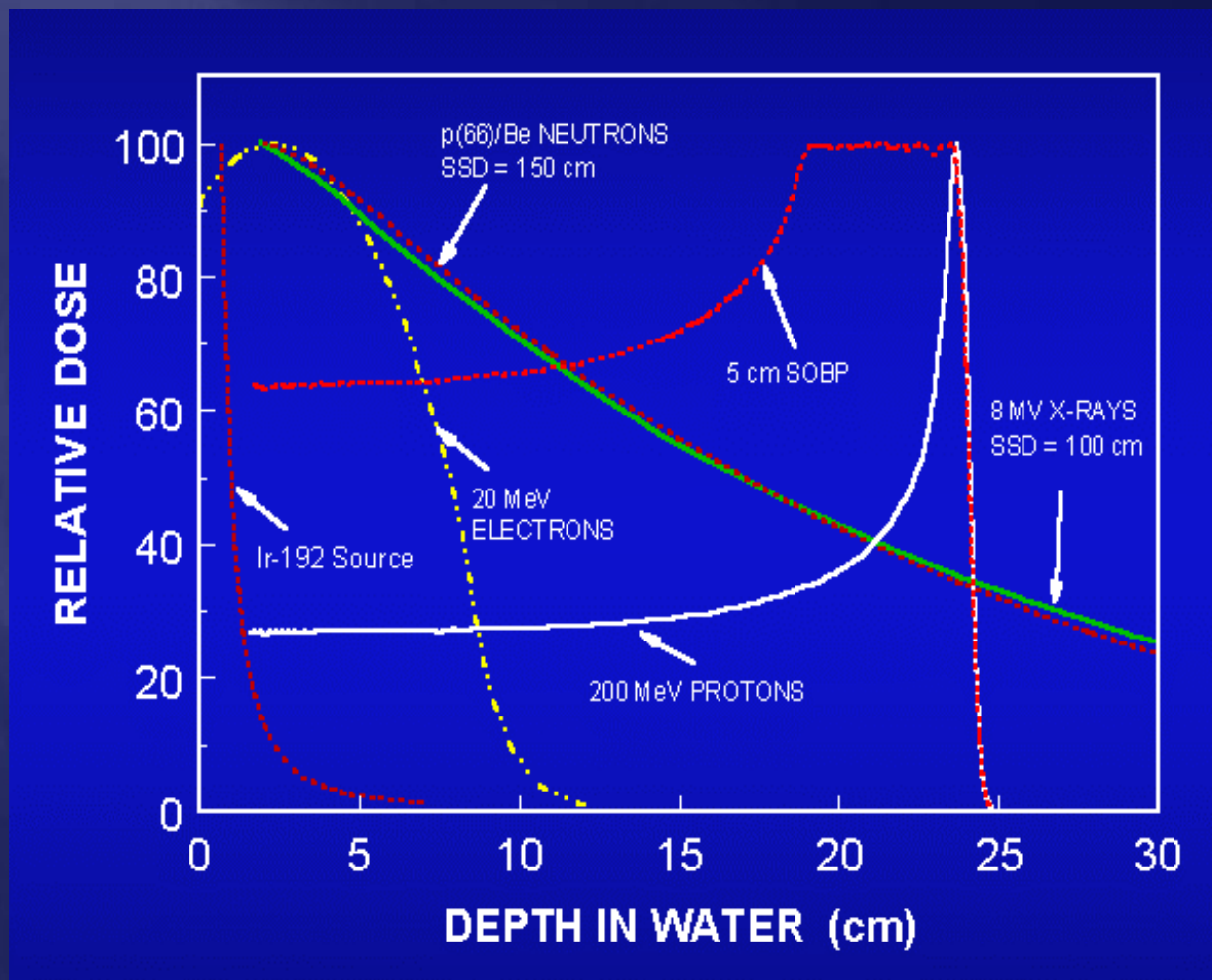
<http://neoavatara.files.wordpress.com/2008/12/cyberknife.jpg>



# The ideal depth-dose distribution?

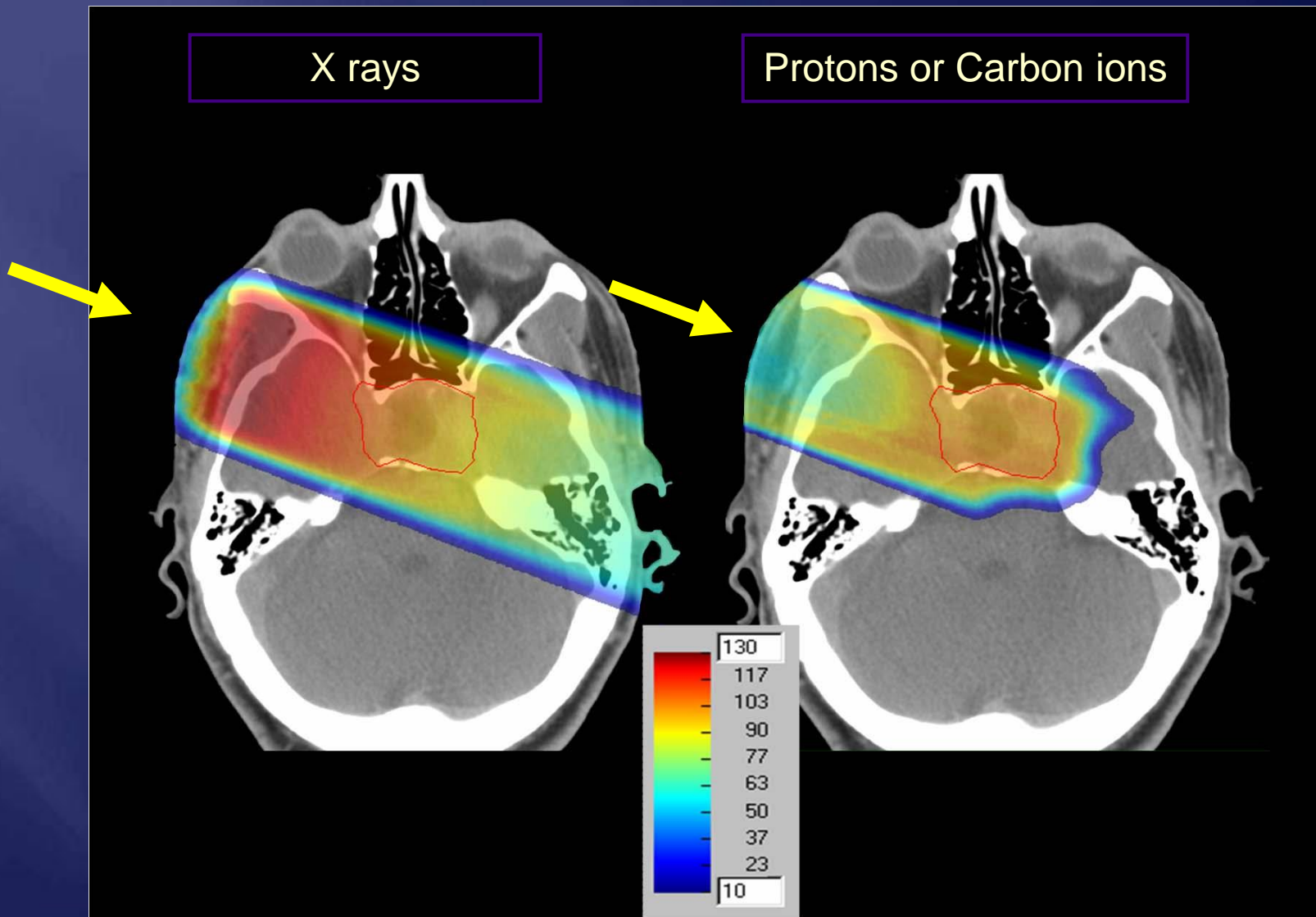


# Czym naświetlać pacjenta ?



<http://www.iucf.indiana.edu/proton/images/depdose.gif>

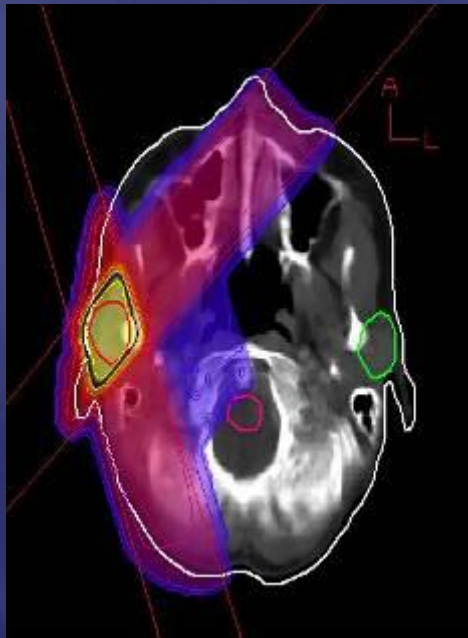
# X-rays vs protons



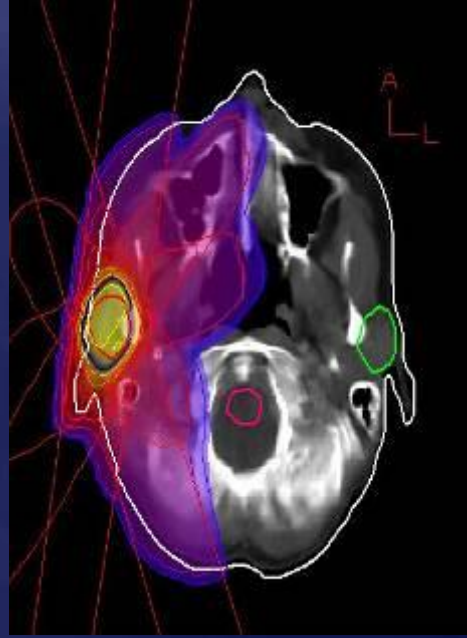
# Comparison of Treatment Plans

## Glandula parotid cancer

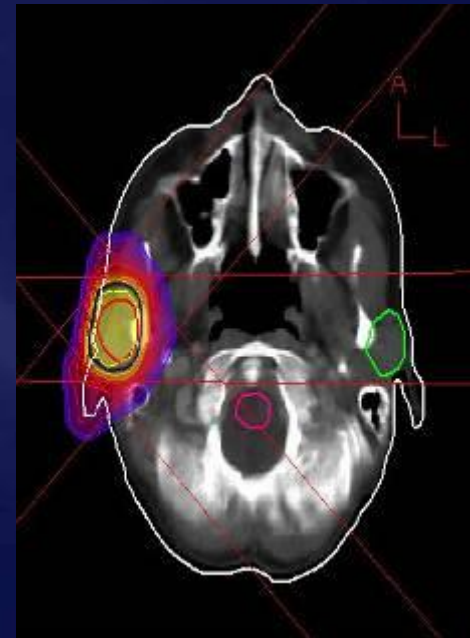
Photons 2 fields



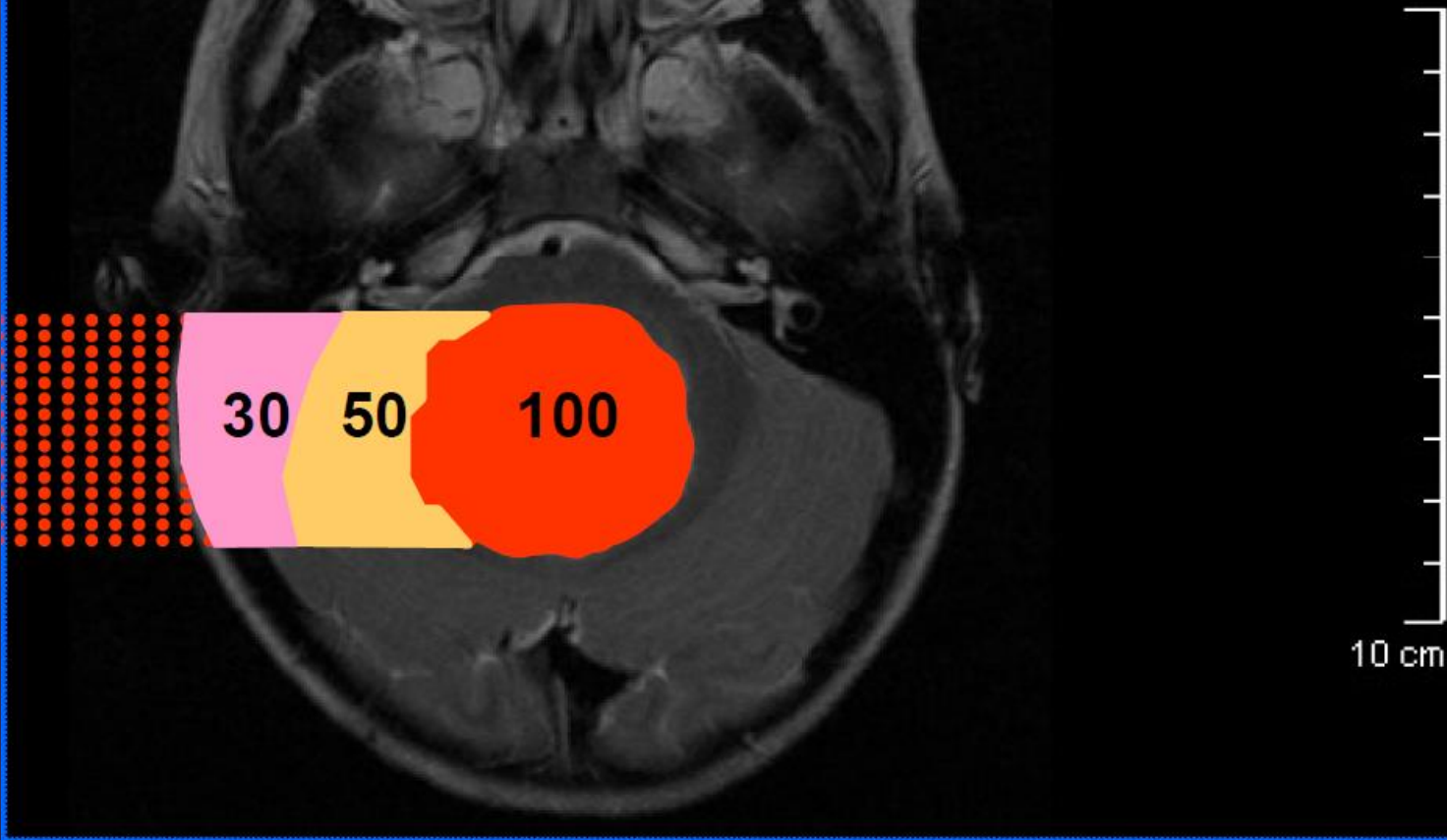
Photons 5 fields



Protons 3 fields



Universitätsklinik für Strahlentherapie und Strahlenbiologie, AKH, Wien





# Bramki obrotowe

PSI



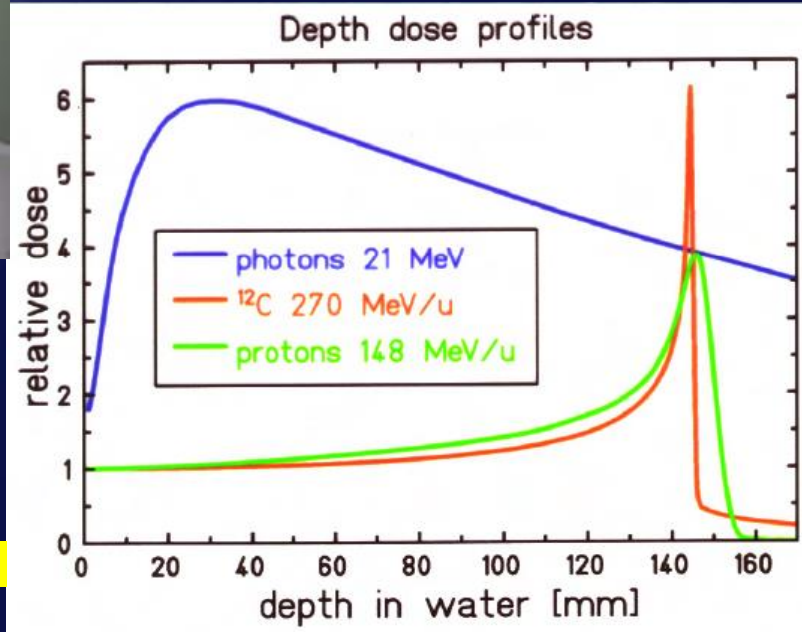
<http://www.canberra.edu.au/irps/archives/vol15no2/mempap.html>



# Terapia C-12



440 pacjentów w GSI w latach  
1997-2008

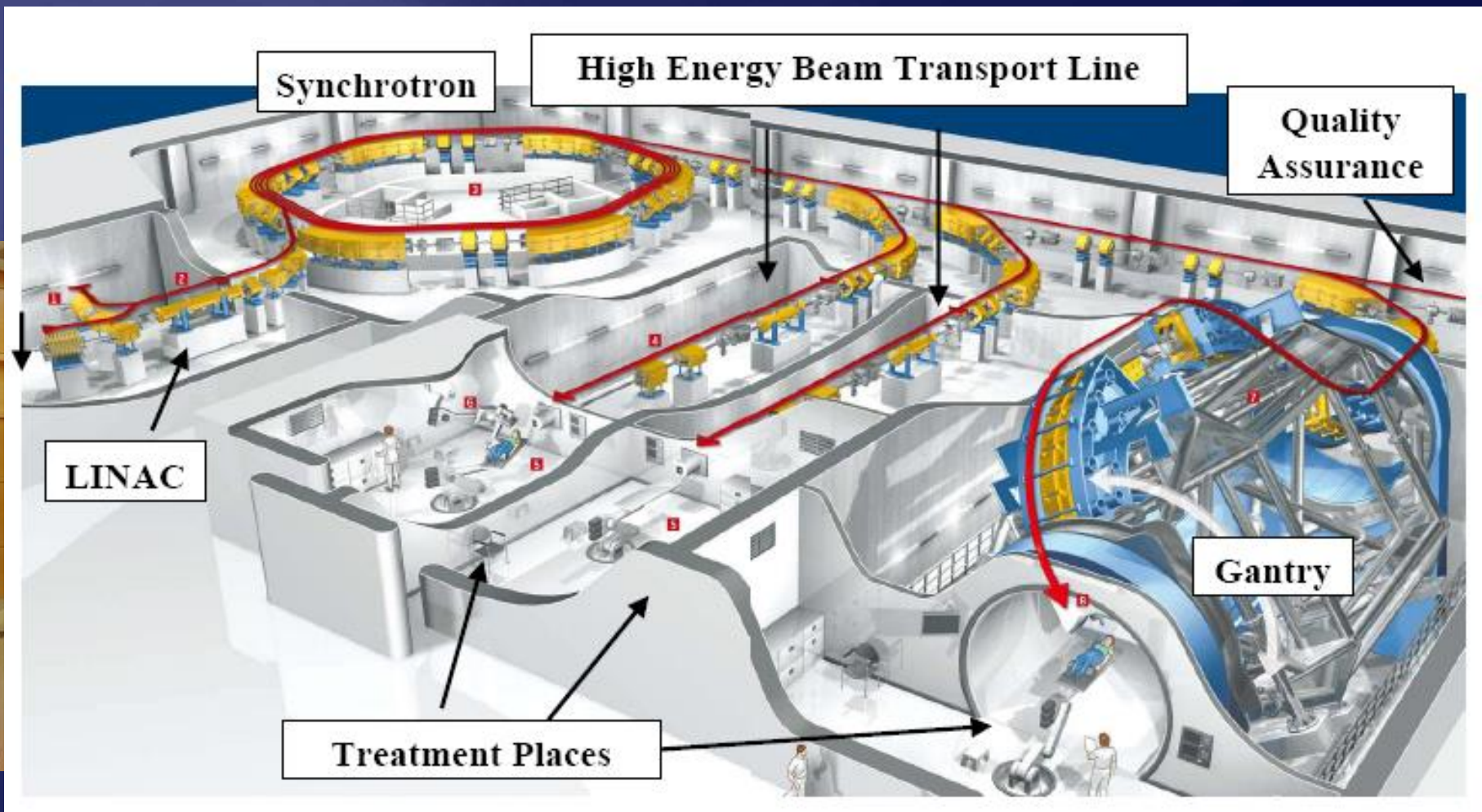


D. Schardt PMRC 04-March-2010

Biochimica et Biophysica Acta 1796 (2009) 216–229

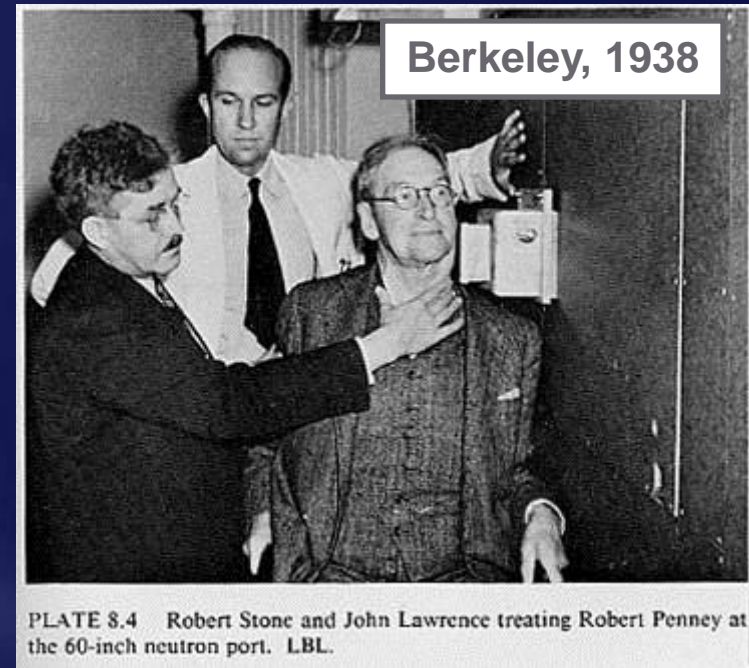


# Terapia C12



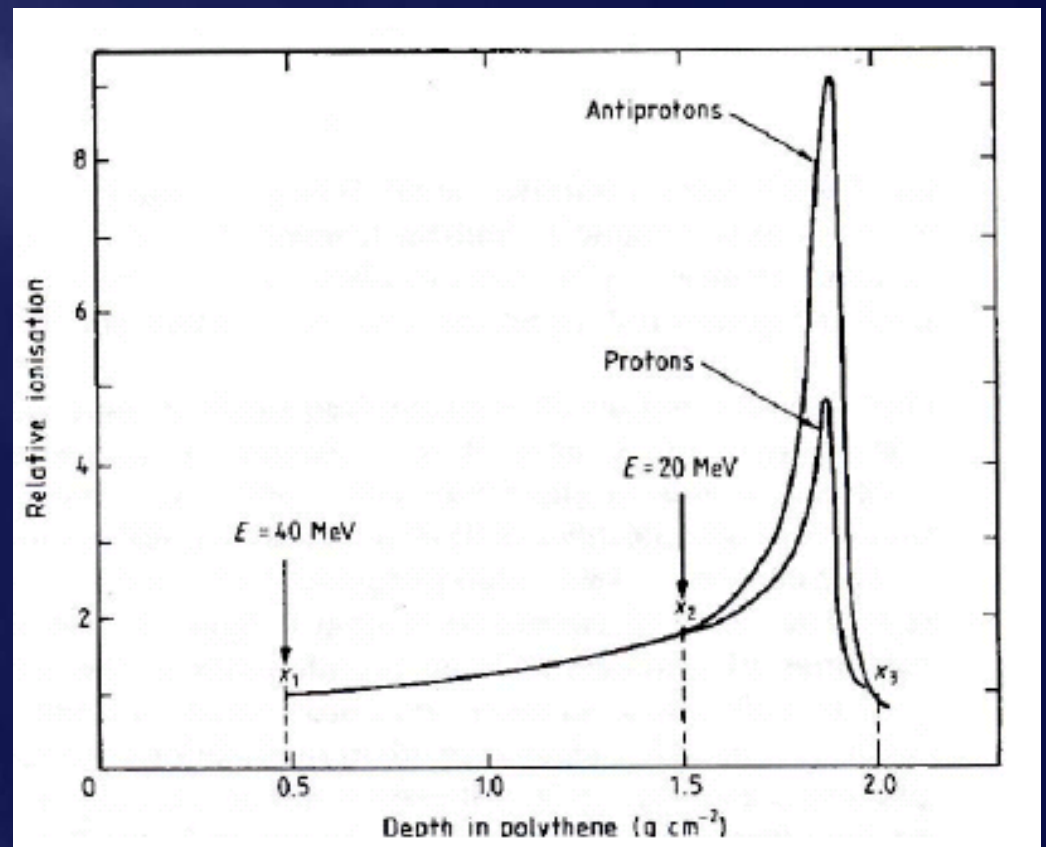
# Terapia neutronami

- ▣ Rozkład dawki – podobny do fotonów
- ▣ Produkcja w cyklotronie ( $p + \text{Be}$ )
- ▣ Silne oddziaływanie biologiczne – stosowane do „opornych” guzów



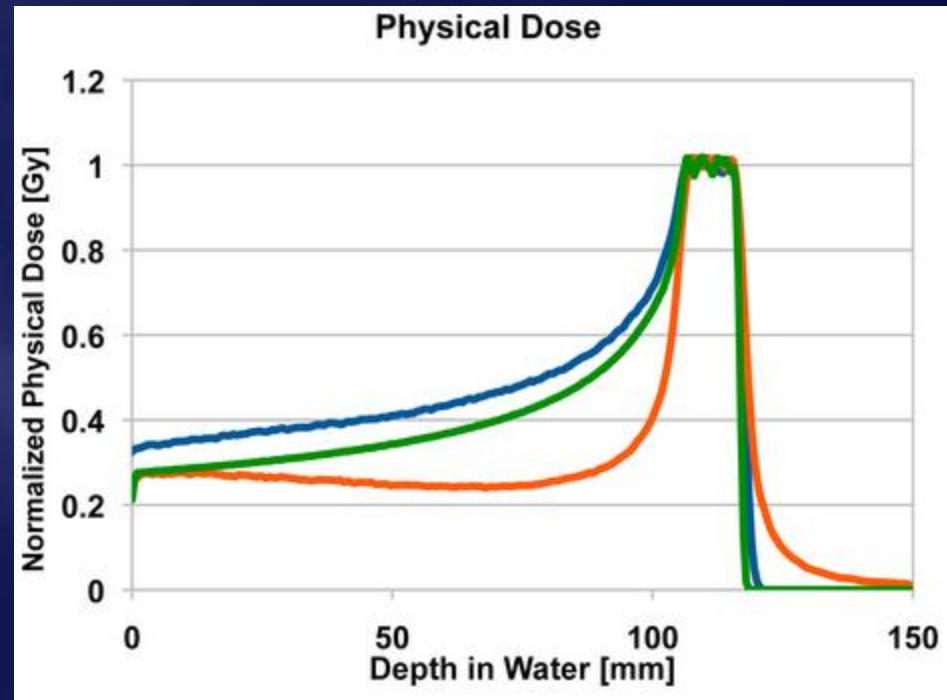
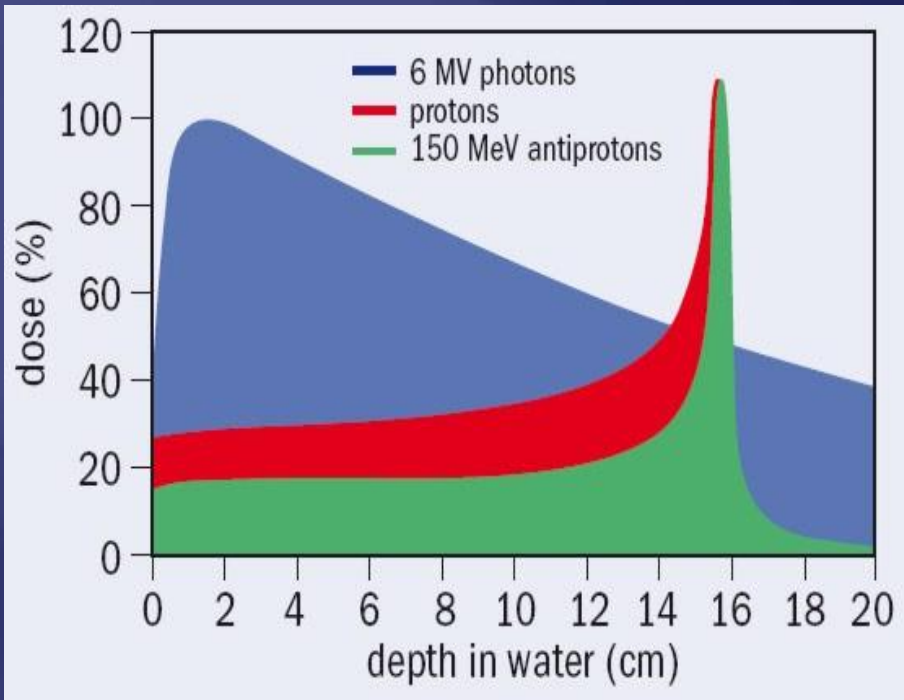
# Przyszłość

## ▣ Antyprotony ?





# AD-4 experiment at CERN



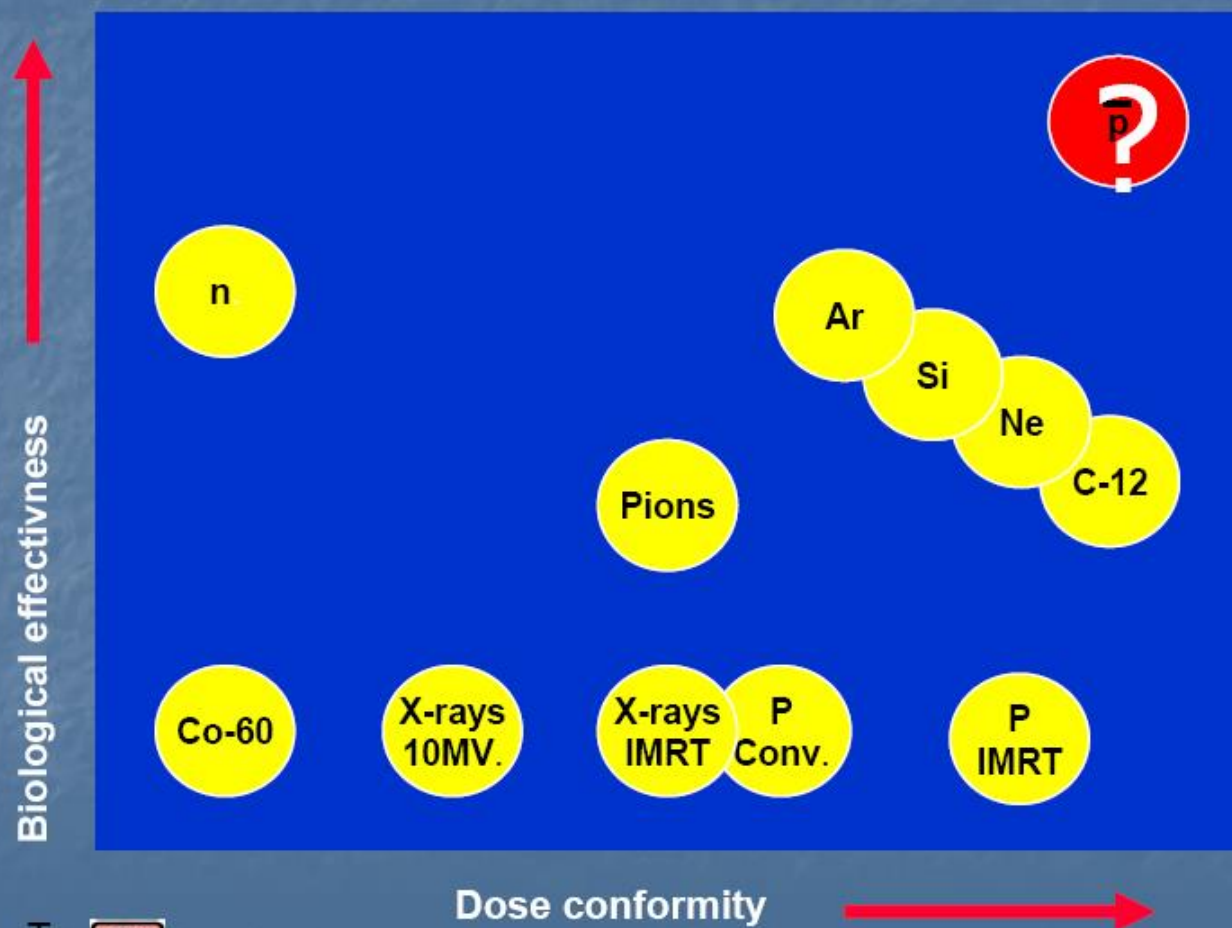
<http://cerncourier.com/cws/article/cern/29763>

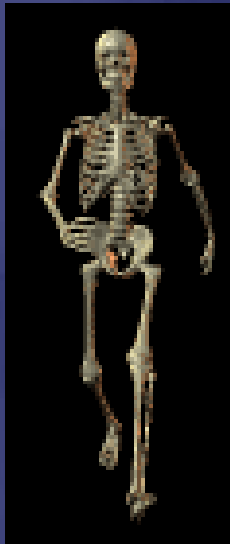
[http://www.nature.com/srep/2013/130503/srep01770/fig\\_tab/srep01770\\_F5.html](http://www.nature.com/srep/2013/130503/srep01770/fig_tab/srep01770_F5.html)

**Protons – Antiprotons – Carbon Ions**

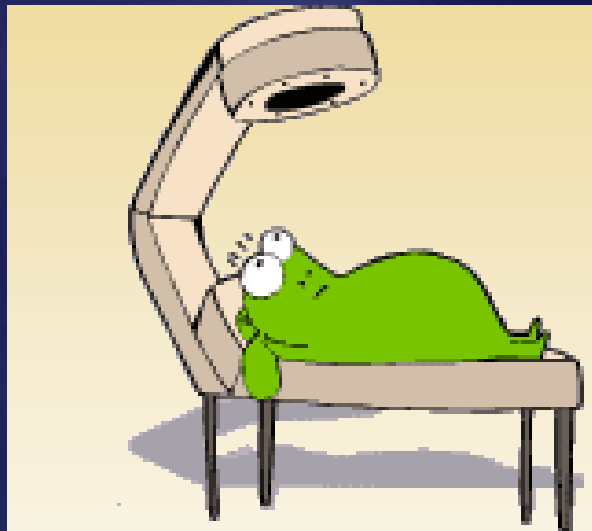
<http://users-phys.au.dk/hknudsen/introduction.html>

# All the Particles used in Radiation Oncology





# Dziękuję za uwagę



<http://www.whybother.org.uk/learn/images/radio-small.gif>