

Med-fizyka dla nie-fizyków



mgr inż. Anna Kozłowska
Zakład Dydaktyki Fizyki
UMK

Plan prezentacji

- Pozytonowa tomografia emisyjna (PET)
- Tomografia komputerowa (CT)
- Scyntygrafia
- Radioterapia

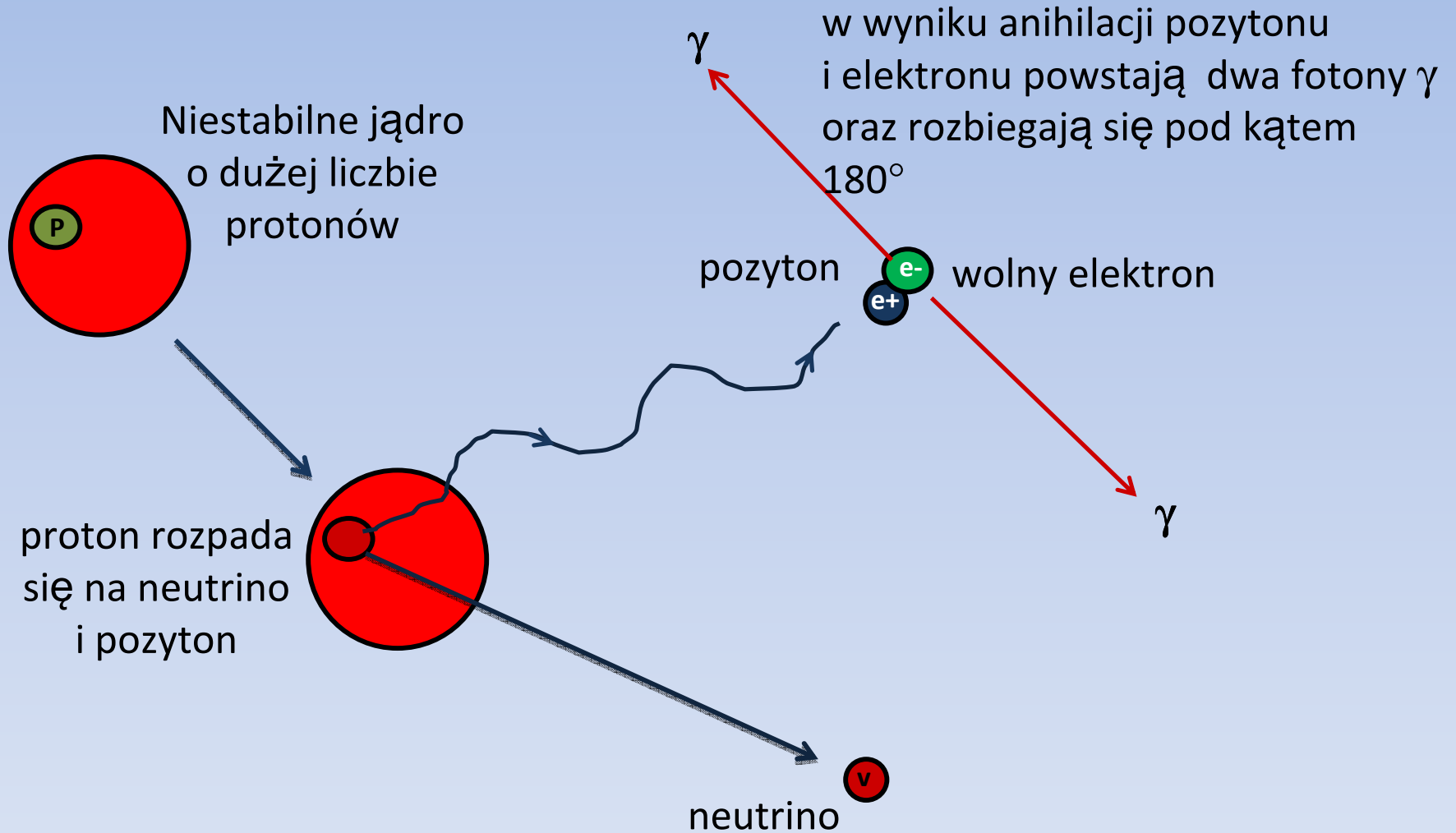
Pozytonowa tomografia emisyjna

Jest bezinwazyjną medyczną techniką diagnostyczną wykorzystującą związki biologicznie czynne znakowane krótko żywymi izotopami.

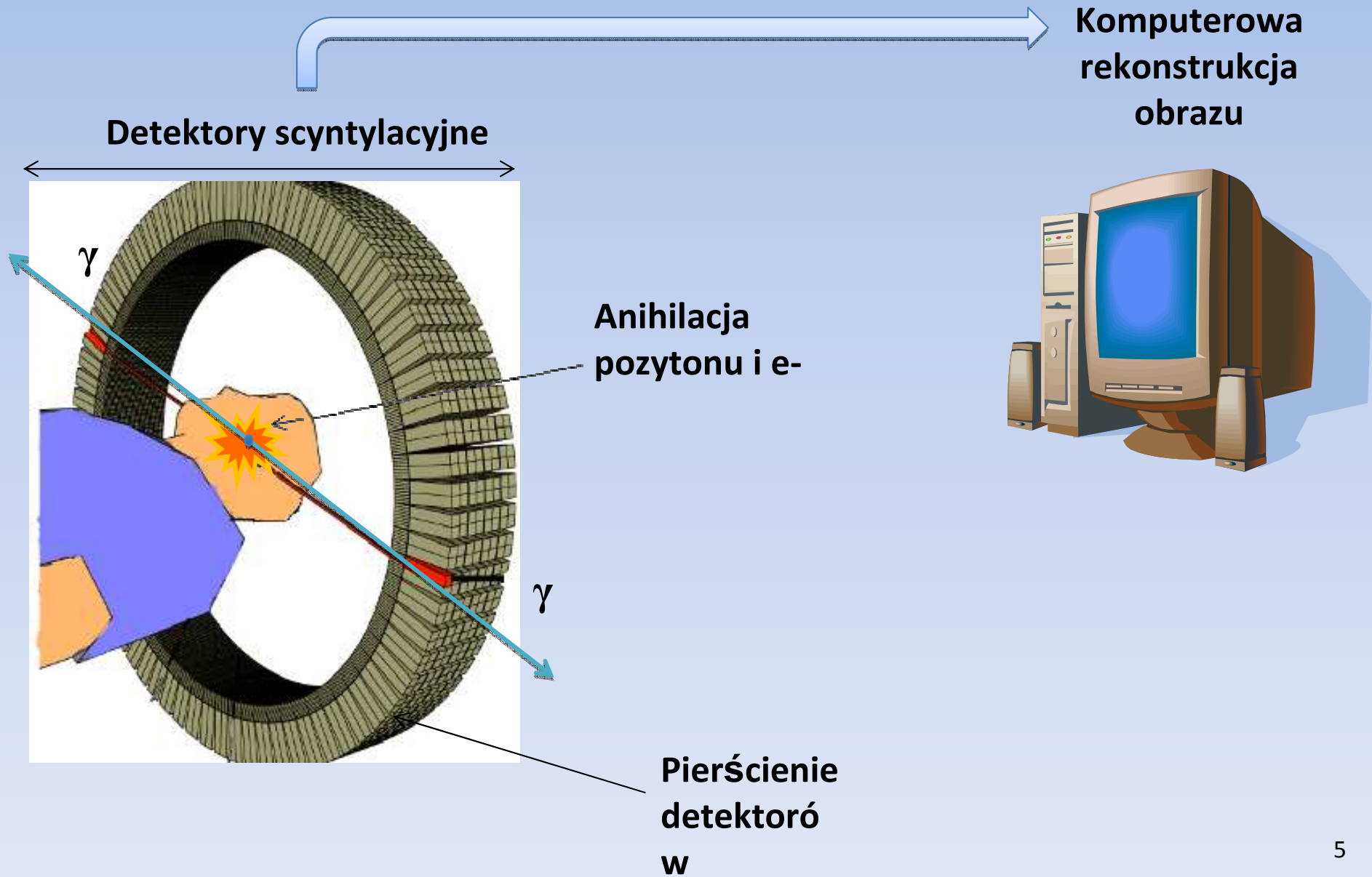
Służy między innymi do:

- oceny stanu wielu wewnętrznych organów ludzkich,
- wykrywania i lokalizacji nowotworów,
- monitorowania przebiegu leczenia onkologicznego.

Proces anihilacji pozytonu i elektronu



Zasada pozytonowej tomografii emisyjnej



Techniczne aspekty PET

Spośród problemów technicznych związanych z konstrukcją, oprzyrządowaniem tomografu PET najważniejsza jest: **przestrzenna zdolność rozdzielcza**.

Ograniczają ją:

- Zasięg pozytonów (do 2 mm od miejsca rozpadu)
- Odstępstwo od dokładnej kolinearności pary fotonów,
- Rozproszenie komptonowskie fotonów anihilacyjnych.

W badaniu PET wykorzystuje się fakt, że określonym zmianom chorobowym towarzyszy zmiana metabolizmu niektórych związków chemicznych, np. cukrów.

Energia w organizmie uzyskiwana jest głównie poprzez spalanie cukrów, to w badaniach wykorzystuje się deoxyglukozę znakowaną izotopem ^{18}F (**czas połowicznego rozpadu wynosi 110 min**). Najczęściej stosowanym preparatem jest **F18-FDG**.



Tomograf PET



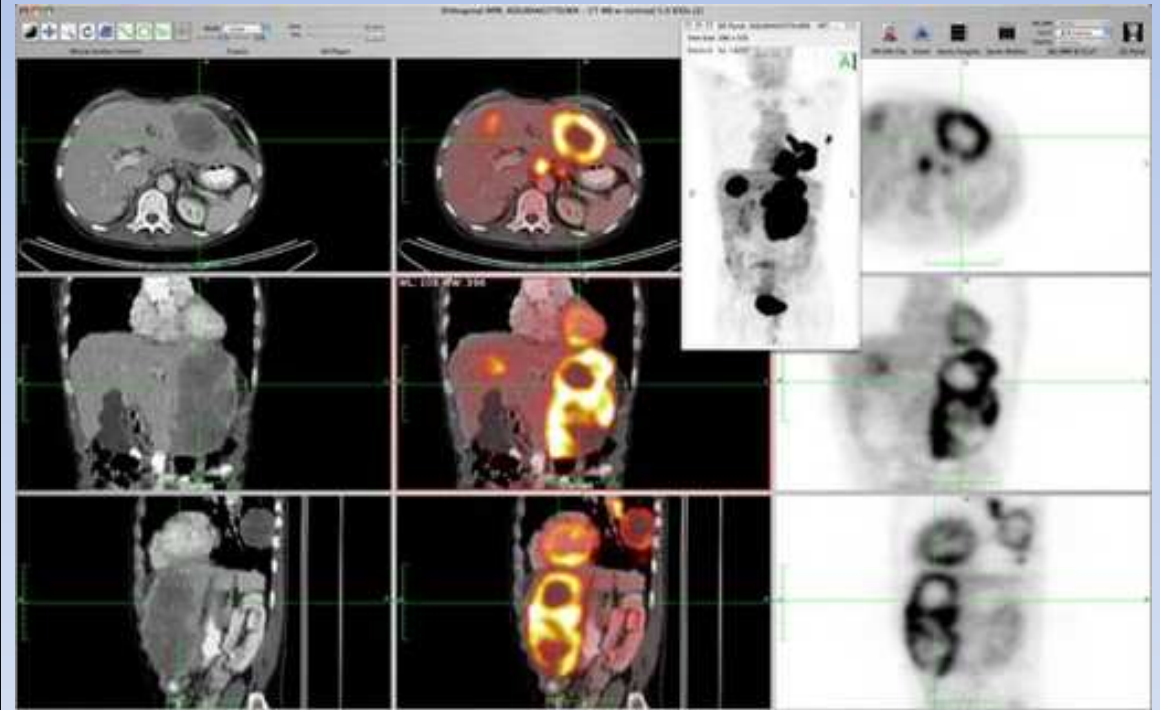
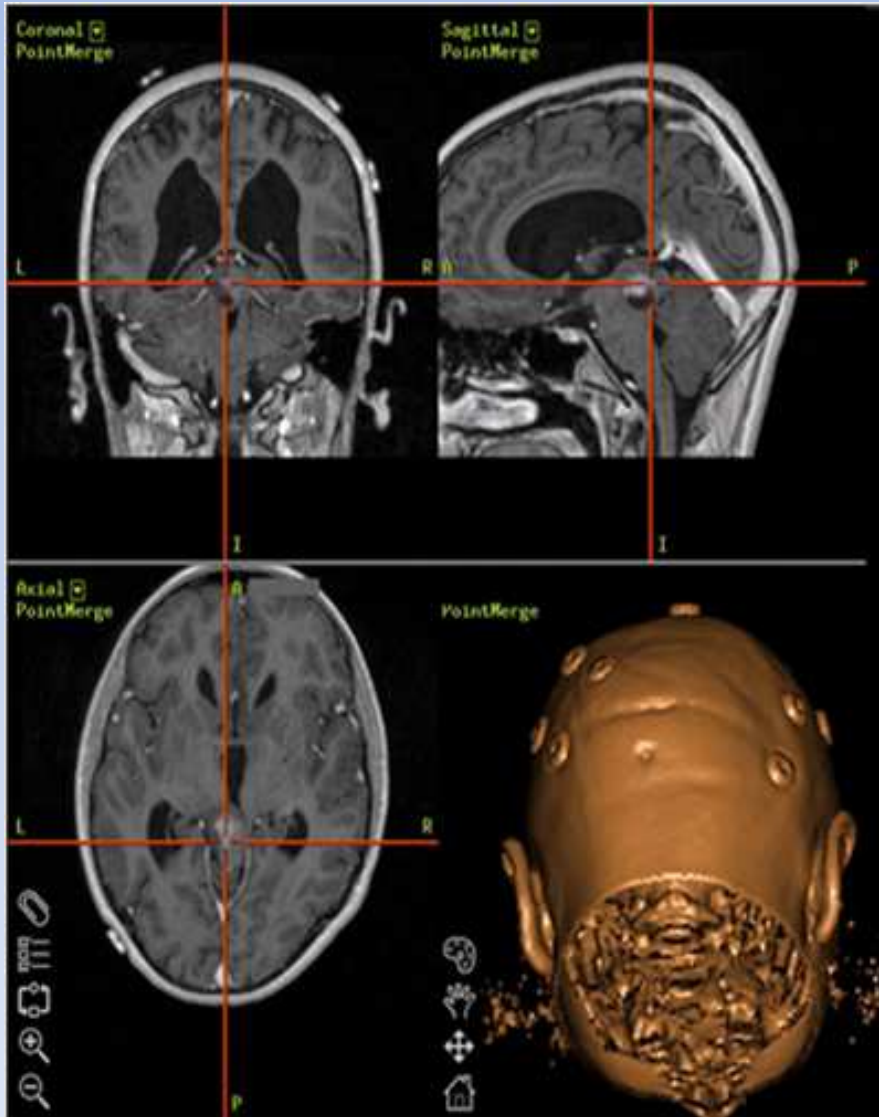
Pracownia PET



Pracownia PET



Rekonstrukcja obrazów



Akwizycja danych w komputerze

**Próbkowanie informacji analogowej
z kamery scyntylacyjnej.**



Powstanie obrazu cyfrowego.



**Wartość zapisywana jest w każdym
elemencie macierzy obrazowej.**

Przetwarzanie danych

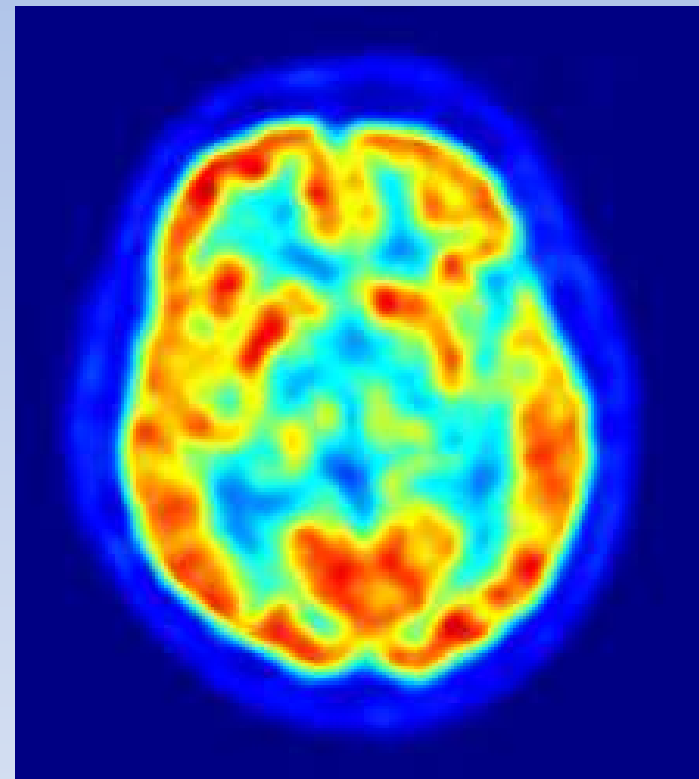
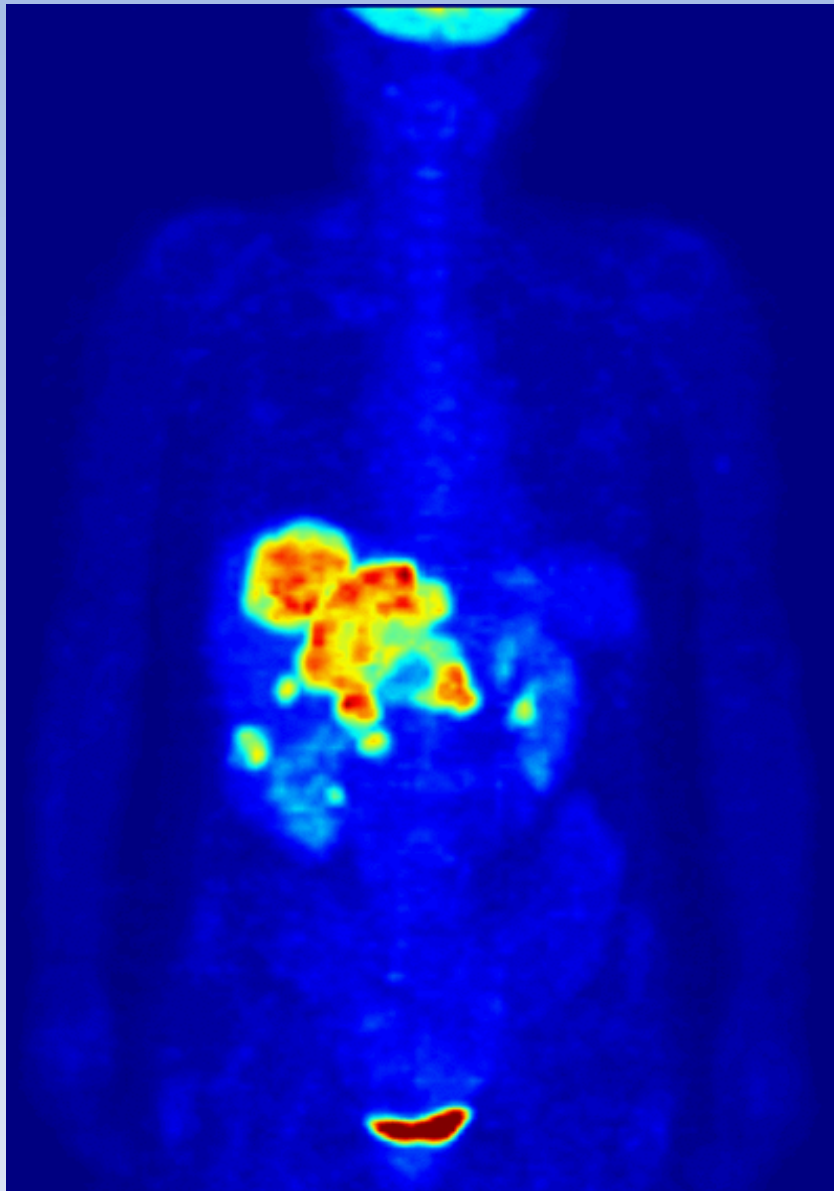
Przetwarzanie obrazów ogranicza się do:

❖ Stosowania filtrów:

- **wygładzających** (zmniejszenie szumu w obrazie, bez znaczącego pogorszenia rozdzielczości),
- **wyostrzających** (wzmacniają określone pasmo niskich częstotliwości przestrzennych składających się na obraz).

❖ Postępowania służącego uzyskania liczbowej informacji o rozkładzie zliczeń w poszczególnych obszarach obrazów.

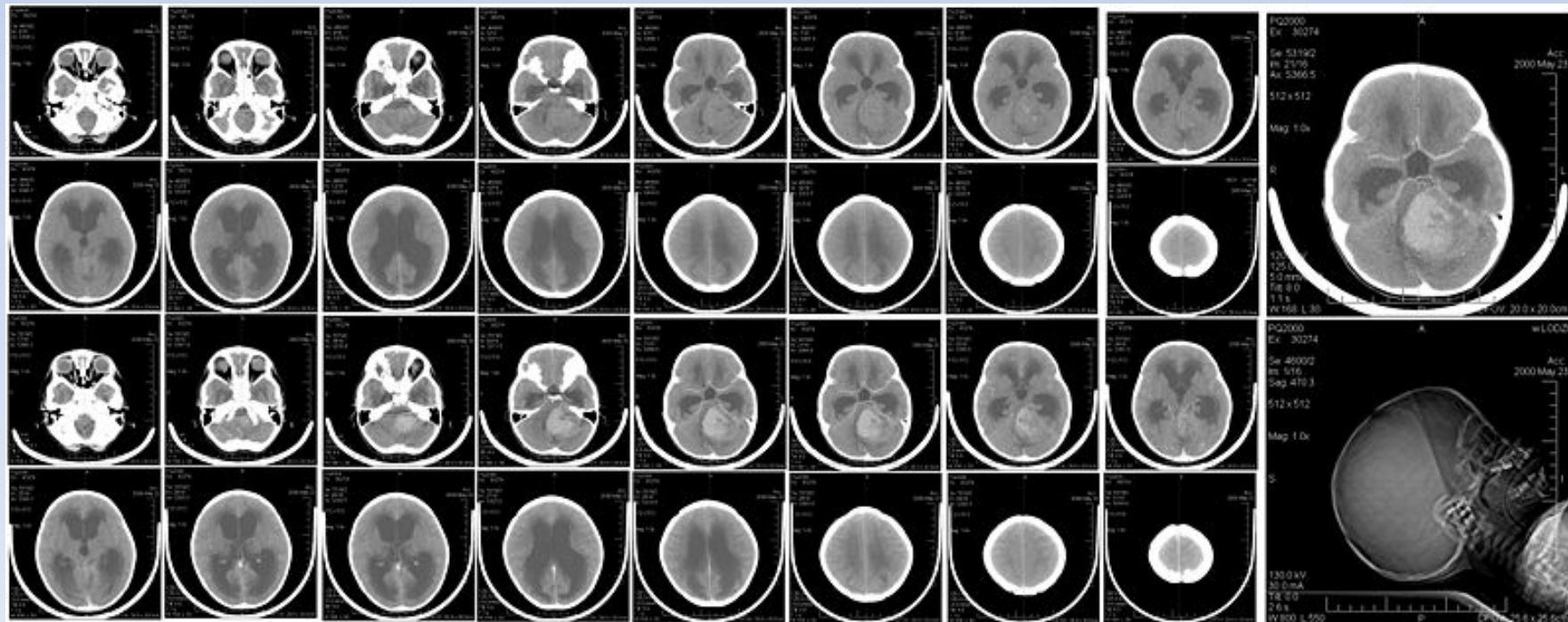
Badanie PET



Obraz mózgowia wykonany metodą PET.

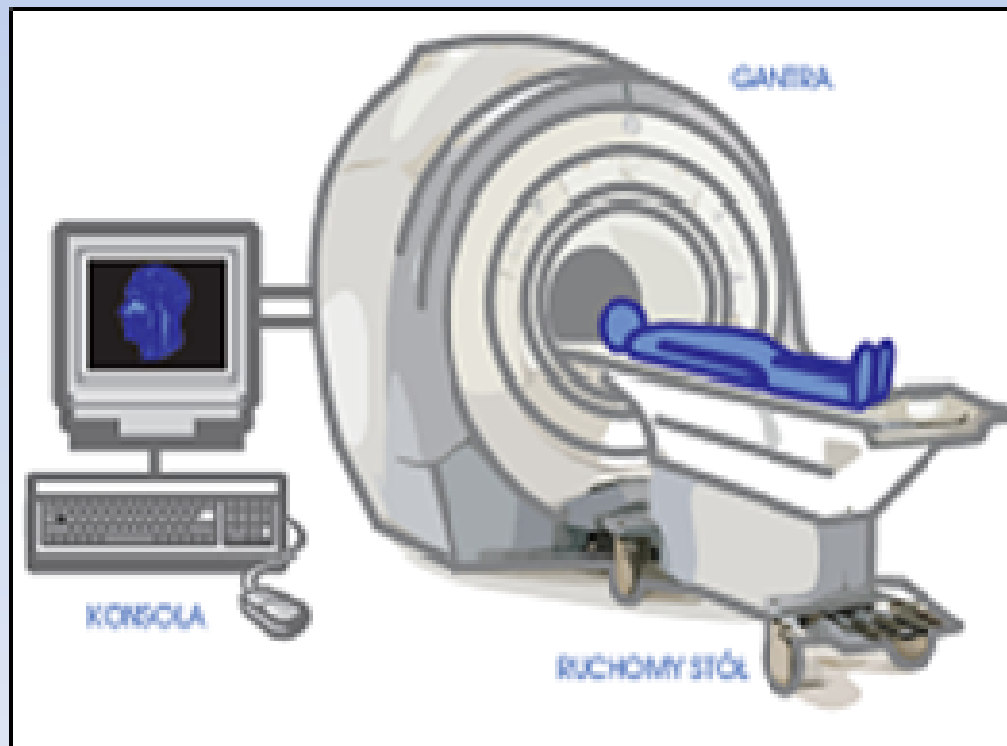
Tomografia komputerowa (CT)

- Jest to badanie polegające na wykonywaniu zdjęć rentgenowskich badanego narządu pacjenta w różnych płaszczyznach i pod różnym kątem.
- Pozwala uzyskać kilkuwarstwowy obraz, na którym można zaobserwować nawet niewielkie symptomy choroby.



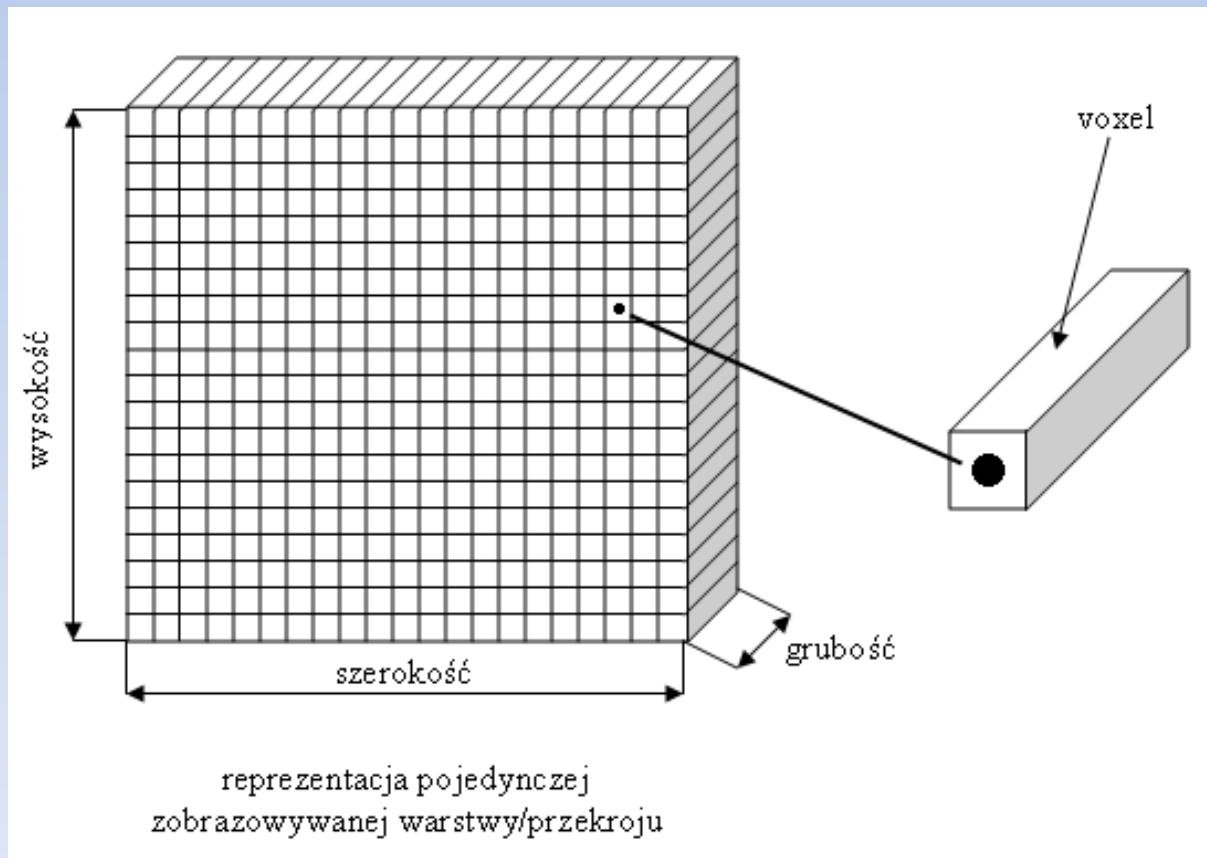
Budowa tomografu komputerowego

- Stół, na którym kładzie się pacjent
- Gantry
- Lampy promieniowania rentgenowskiego
- Detektory
- Komputerowa konsola i skaner



Rekonstrukcja obrazu CT

- Każdy przekrój przez obiekt jest dzielony na małe części, (voxele) reprezentujące fragment obrazowanej objętości.
- Do każdego voxela przypisywana jest liczbowa wartość proporcjonalna do stopnia, w którym pochłania on promieniowanie.

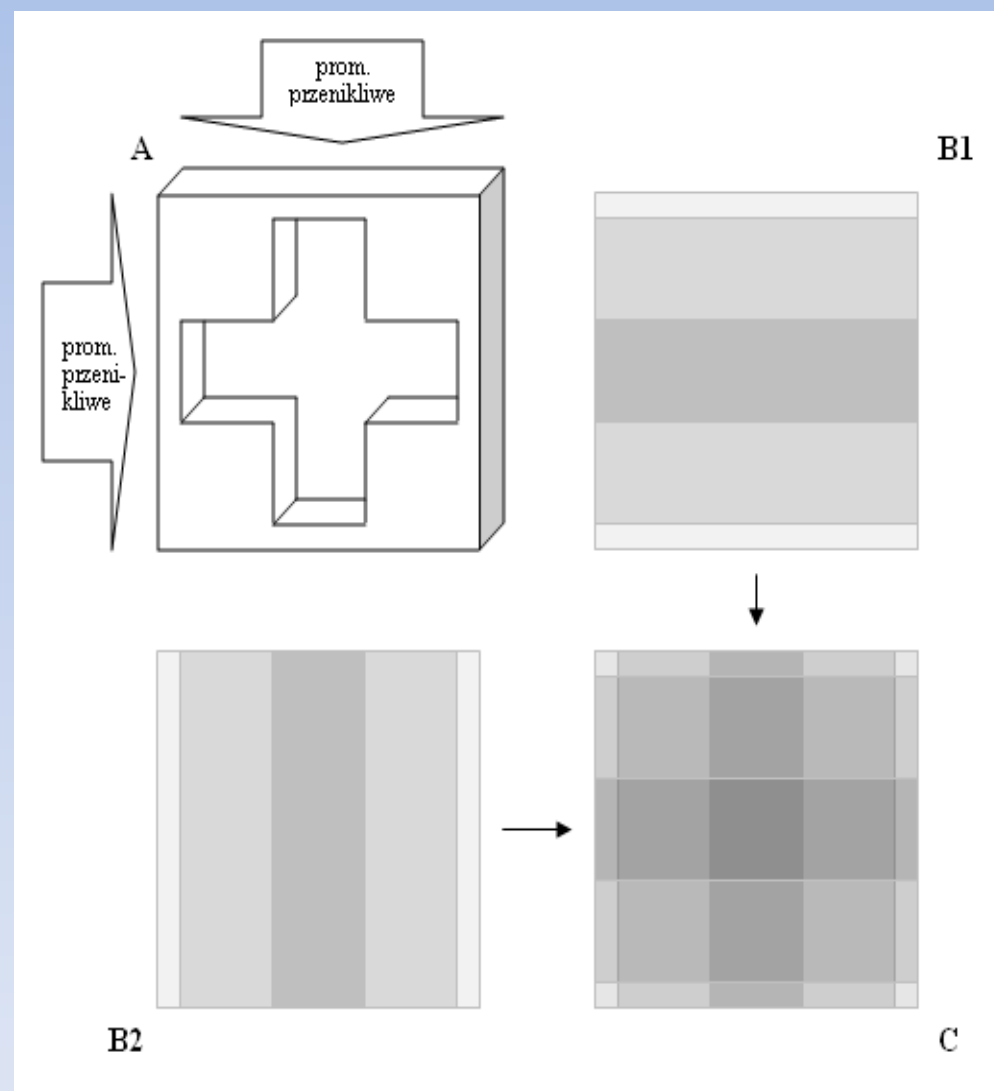


Metody tworzenia obrazu tomograficznego

- Metoda sumacyjna – "back projection"

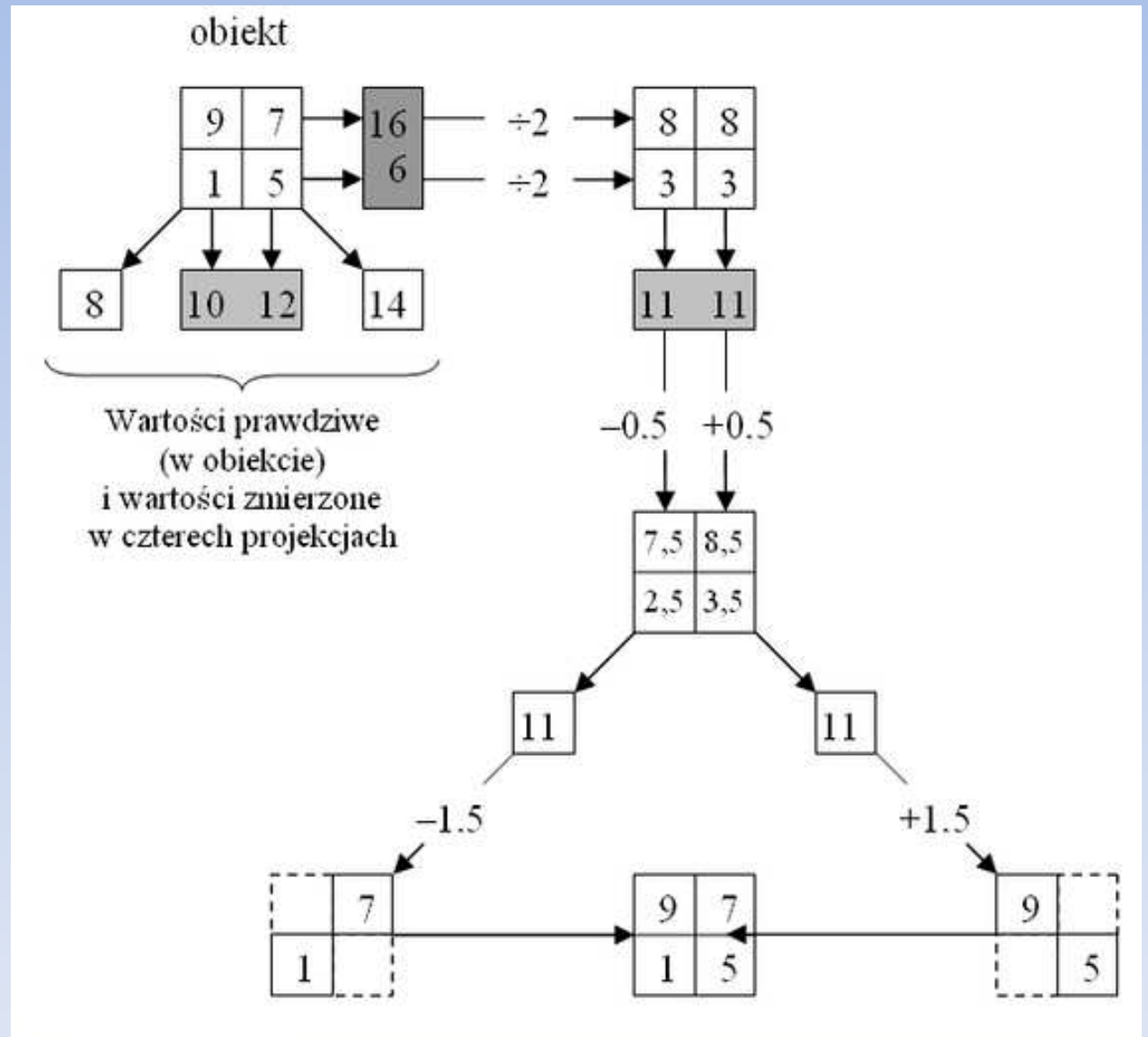
Obiekt jest prześwietlany (A) z dwóch stron: podłużnie, B1, i poprzecznie, B2.

Gdy zsumujemy obie projekcje (numerycznie lub sumując zaciemnienie), otrzymamy obraz pozwalający wnioskować o wewnętrznej budowie obiektu (C).



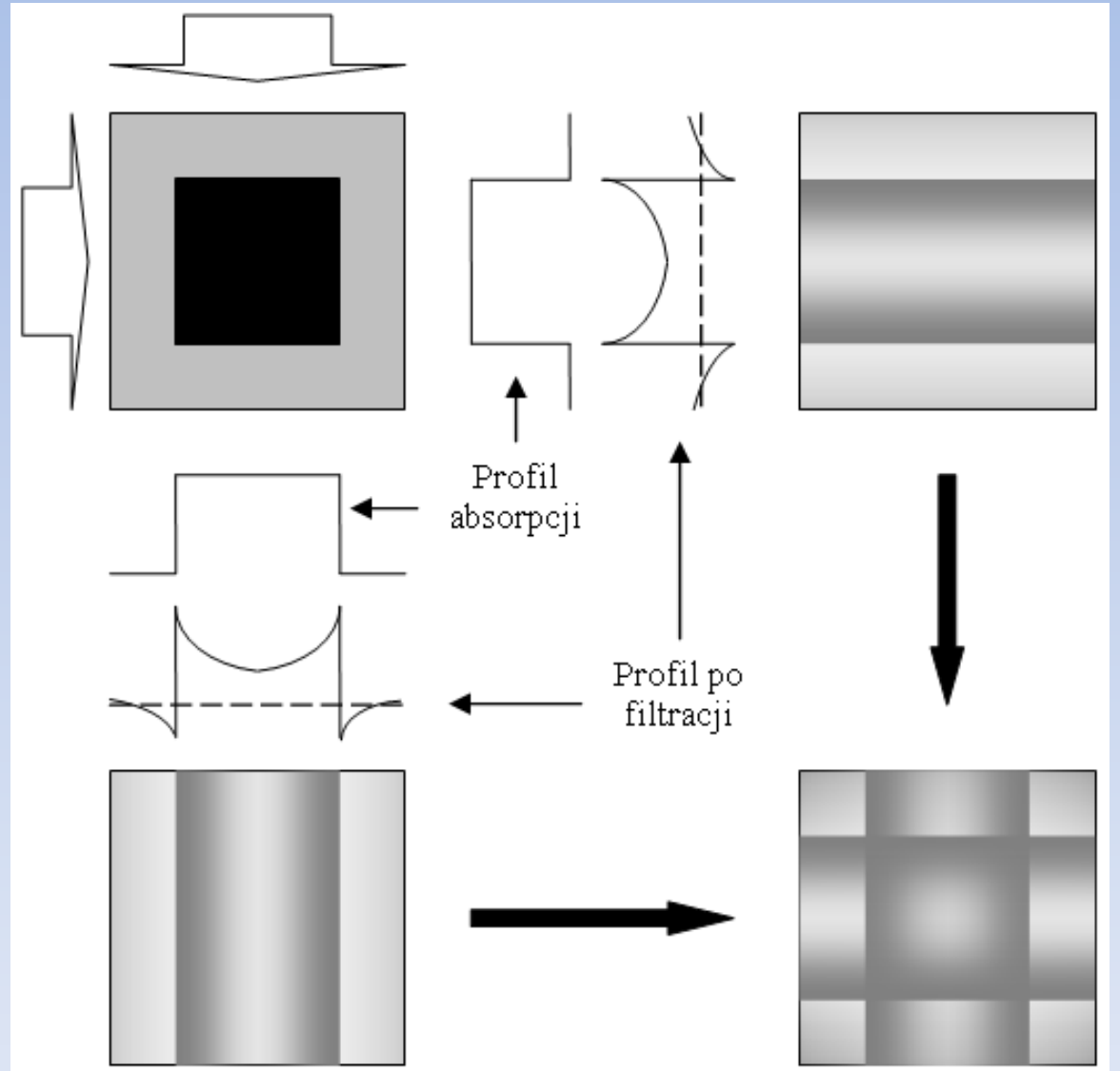
Metody tworzenia obrazu tomograficznego

- Metody iteracyjne
- Rekonstrukcja jednoczesna
- Korekcja promień po promieniu
- Korekcja punkt po punkcie



Metody tworzenia obrazu tomograficznego

- Metody analityczne
- Dwuwymiarowa analiza Fourierowska
- Metoda sumacyjna z filtrowaniem



Scyntygrafia

Jest to komplementarna technika badania do pozytonowej tomografii emisyjnej.

- Polega na uzyskiwaniu obrazu narządów oraz oceny ich czynności za pomocą niedużych izotopów promieniotwórczych (radioznaczników) np. metionina
- Stosowana jest nie tylko w obrazowaniu zmian nowotworowych, ale i innych efektów typu anatomicznego i funkcjonalnego, np. w tkance kostnej i nerkach.

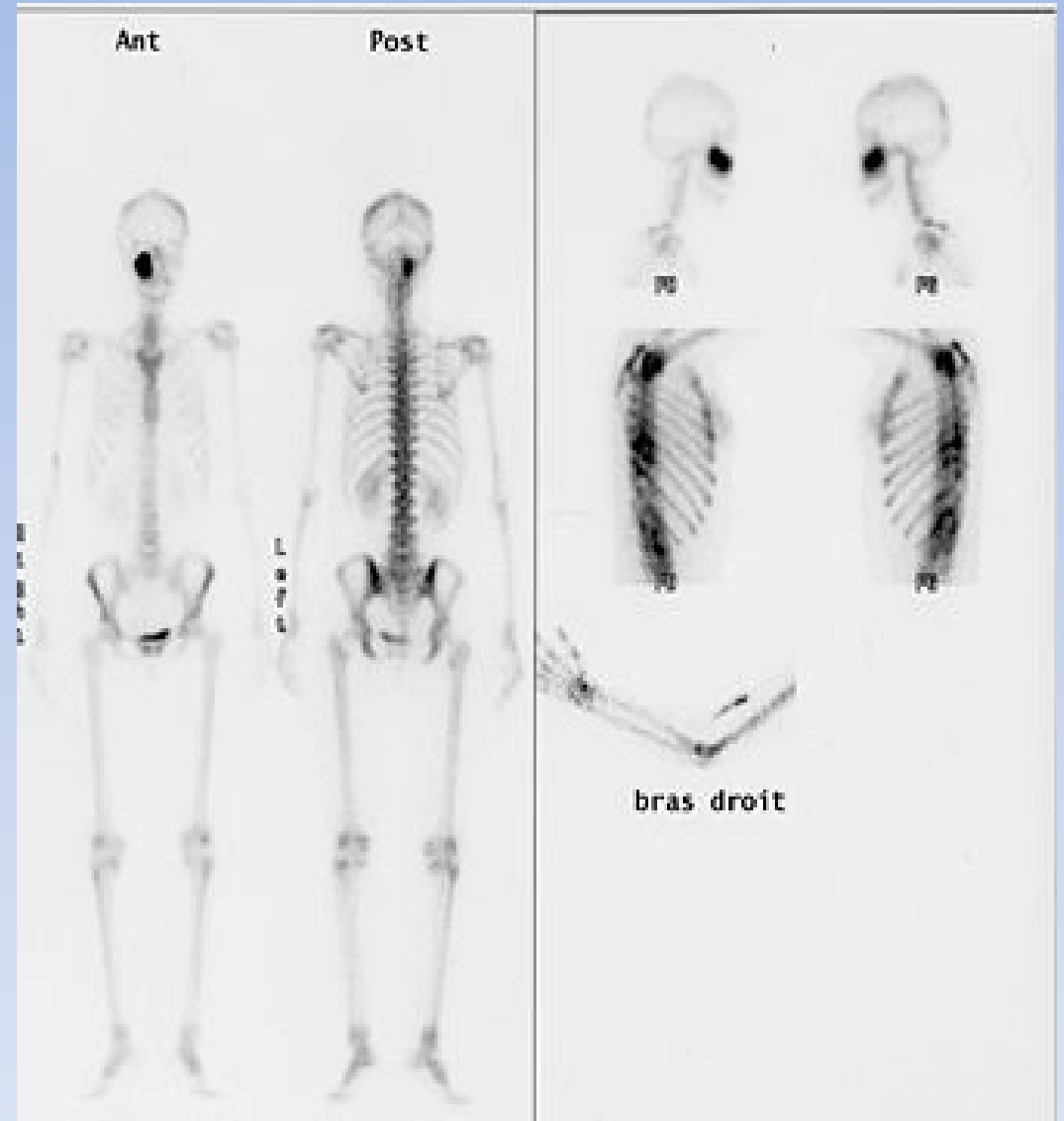
Dobór radioizotopu

- Radioizotop dobierany jest tak, aby gromadził się w narządzie, który ma zostać zbadany np. na przykład w leczeniu raka tarczycy za pomocą izotopu jodu $_{53}\text{I}^{131}$. Izotop ten rozpada się z okresem połowicznego zaniku 8 dni emitując wysokoenergetyczny elektron (0,97 MeV).
- Radioizotop emituje promieniowanie jonizujące (gamma), które dzięki wysokiej energii (100 - 450 keV) przenika z organizmu pacjenta na zewnątrz jego ciała, gdzie zostaje rejestrowane przez kamerę promieniowania gamma.

Radioizotopy stosowane w scyntygrafii

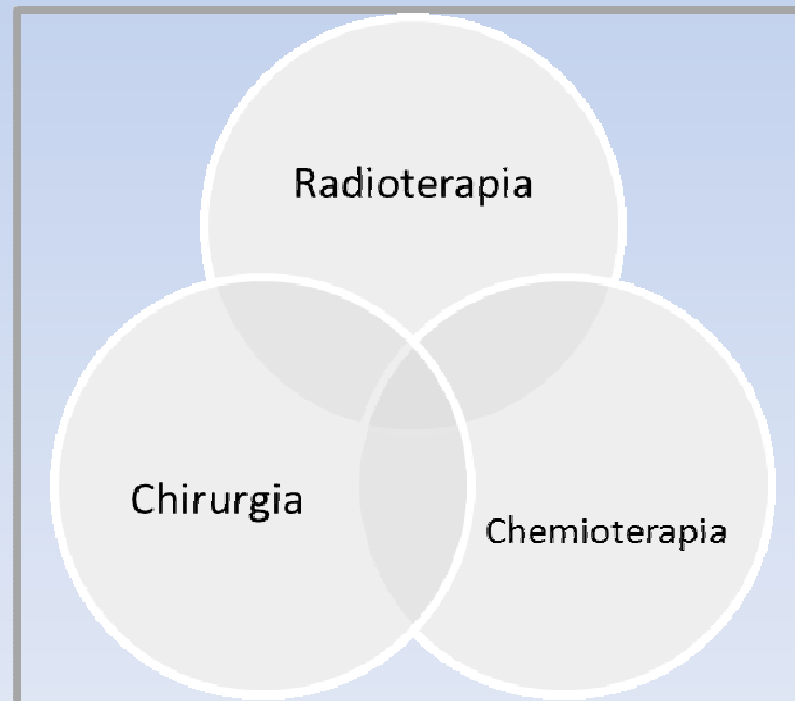
Radioizotop	Zastosowanie
$(^{15}\text{O})_2$	Metabolizm tlenu z mózgu, usuwanie tlenu z mózgu
$\text{H}_2(^{15}\text{O})$	Przepływ krwi w mózgu i sercu
$\text{C}(^{15}\text{O})$	Objętość krwi w mózgu i sercu
(^{11}C) -N-metylopiperazyna	Wiązanie receptora dopaminy w mózgu
(^{11}C) -metionina lub cholina	Położenie nowotworu
(^{18}F) -fluorodeoksyglukoza	Metabolizm glukozy w mózgu i mięśniu sercowym oraz lokalizacja nowotworu

Scyntygrafia



Radioterapia

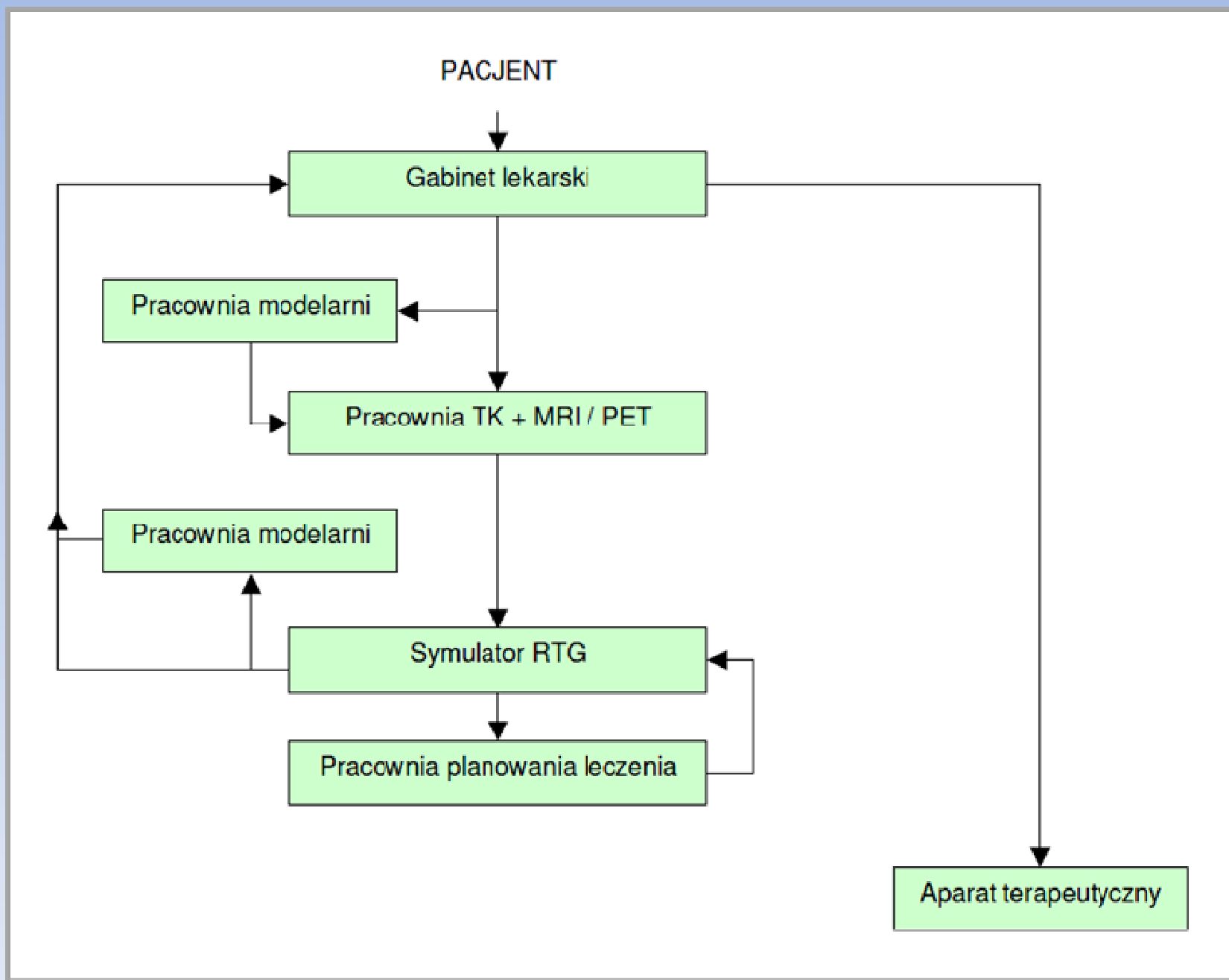
- Polega na stosowaniu promieniowania jonizującego do zwalczania komórek nowotworowych.
- Dzięki nowoczesnym technikom jest w stanie leczyć, ograniczając skutki uboczne poprzez dokładnie dobraną dawkę promieniowania oraz precyzję.



Radioizotopy używane w radioterapii

Radioizotop	Czas połowicznego rozpadu	Promieniowanie wykorzystywane w terapii
Kobalt ^{60}Co	5,26 lat	fotony
Jod ^{125}I	59,6 dnia	fotony
Cez ^{137}Cs	30 lat	fotony
Kaliforn ^{252}Cf	2,65 lat	neutrony
Stront ^{90}Sr	28,1 lat	elektrony
Ruten ^{106}Ru	369 dni	elektrony

Procedury współczesnej radioterapii



Rodzaje leczenia

- **Leczenie radykalne** - polega na całkowitym usunięciu wszystkich ognisk chorobowych, co rokuje na wyleczenie np. raka szyi czy regionu głowy,
- **Leczenie po zabiegu operacyjnym** – w przypadku wznowy, doleczka się pacjenta promieniami,
- **Leczenie paliatywne** – polega na zahamowaniu rozwoju choroby i zmniejszeniu dolegliwości bólowych,
- **Radioterapia objawowa** – w przypadku przerzutów do kości, polega na jednorazowym napromieniowaniu chorego.

1. Decyzje lekarskie dotyczące metody leczenia

- Lekarz podejmuje decyzję o wyborze metody leczenia na podstawie wcześniejszego rozpoznania klinicznego i histopatologicznego choroby,
- Decyzja o wyborze metody zależy również od lokalizacji zmiany nowotworowej!
- Po wybraniu metody (techniki) leczenia lekarz podejmuje decyzje dotyczące *dawki całkowitej (tącznej)* oraz sposobie jej *frakcjonowania*.

2. Przygotowanie elektronicznych przekrojów pacjenta

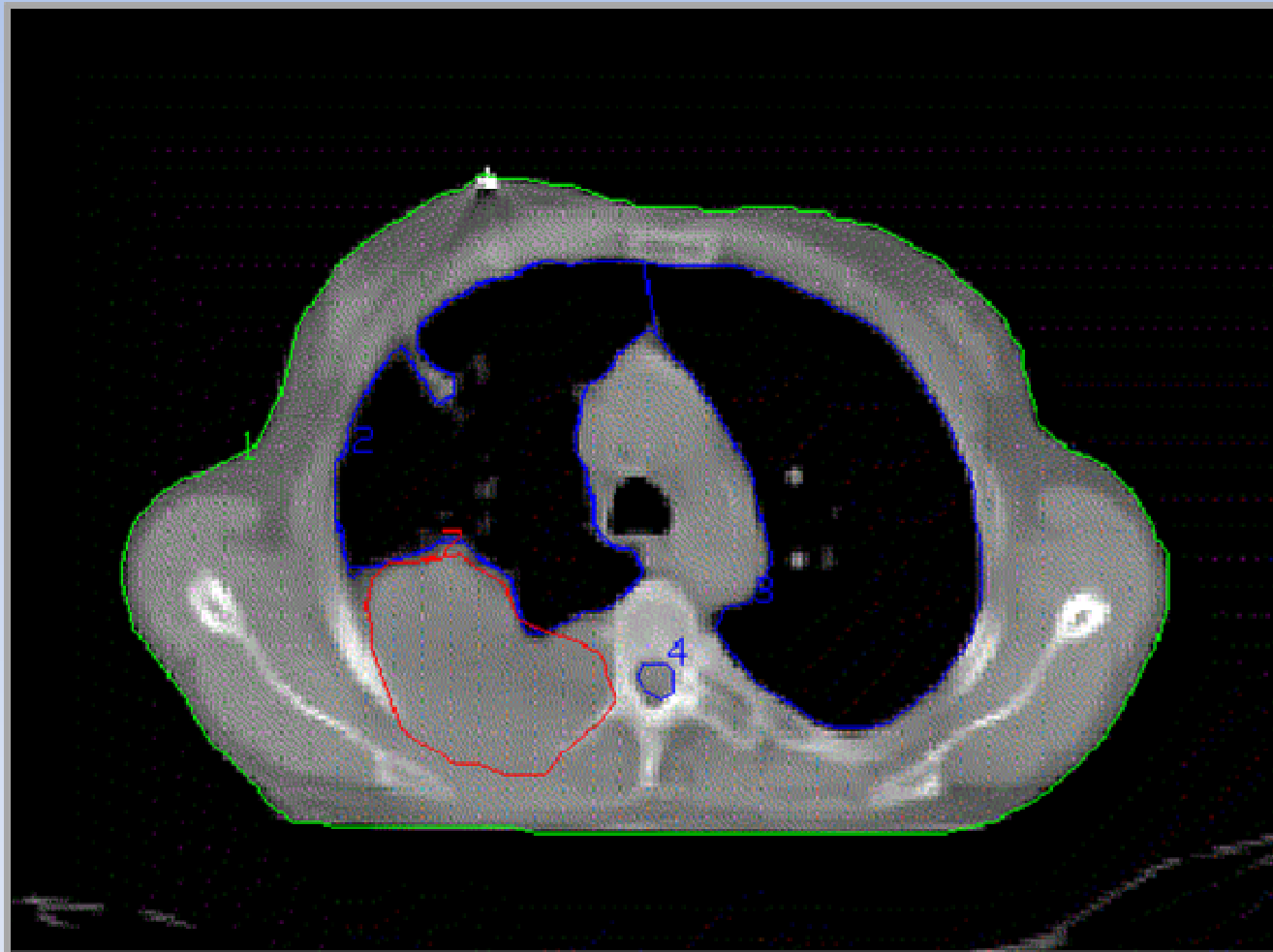
- Wykonanie skanów przy użyciu tomografu komputerowego (CT),
- Elektroniczne przetworzenie uzyskanych wartości pomiarowych i rekonstrukcja budowy przebadanej warstwy ciała,
- Dodatkowo w celu lepszej wizualizacji można wykonać skany za pomocą pozytonowej tomografii emisyjnej (PET).

3. Wstępna symulacja leczenia (symulator rentgenowski)

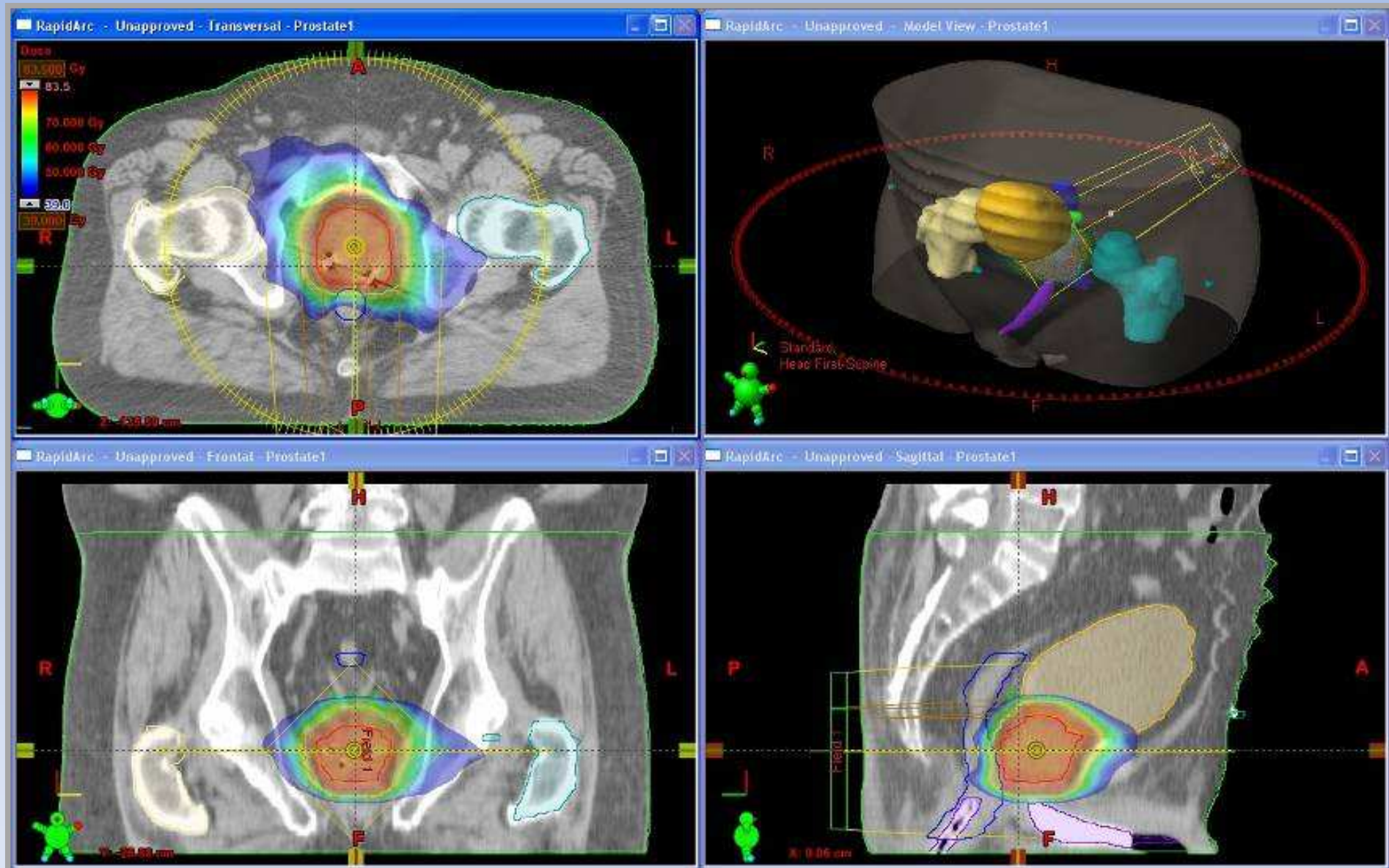
- Zlokalizowanie i określenie rozmiarów obszaru napromieniania oraz narządów krytycznych,
- Określenie wstępnej geometrii promieniowania,
- Wykonanie tatuażu na skórze pacjenta,
- Wykonanie zdjęć RTG w celu późniejszego porównania ich z komputerowymi rekonstrukcjami wykonanymi na TPS (komputerowy system planowania leczenia).



4. Obrysowywanie obszaru napromieniania oraz narządów krytycznych



5. Planowanie leczenia



Przyspieszacz CLINAC



Przyspieszacz CLINAC

- Akceleratory mogące generować niemalże monoenergetyczne wiązki elektronów(4-6 MeV, 20- 25 MeV) lub wiązki fotonów o ciągłym widmie odpowiadającym energiom elektronów.
- W przypadku wiązki fotonowej mamy do czynienia ze zjawiskiem build-up'u, tzn. zwiększonej dawki na dalszej głębokości – związane jest to z występowaniem efektu fotoelektrycznego wywołującego dodatkową emisję elektronów w ciele pacjenta. Zjawisku temu możemy przeciwdziałać otaczając pacjenta dodatkową warstwą ochronną.

Źródło elektronów

- **Bezpośrednio żarzone** (termoemisja z rozgrzanego metalu pod wpływem przepływu prądu)
- **Pośrednio żarzone** (pośrednie nagrzewanie metalu i emisja pod wpływem prądu)
- **Sterowanie diodowe** (włókno z przyłożonym ujemnym potencjałem, a elektrony dążą do masy obudowy)
- **Sterowanie triodowe** (poza włóknem obecna jest dodatkowa siatka z przyłożonym potencjałem)

Literatura

- M. Nałęcz, *Fizyka medyczna*, EXIT, Warszawa 2002,
- A. Z. Hrynkiewicz, *Fizyczne metody diagnostyki medycznej i terapii*, PWN, 2000,
- J. Rumiński, R. Kalicka, *Obrazowanie parametryczne w badaniach PET*,
- S. Rupiński, *Technika PET jako jedna z metod medycyny nuklearnej*,
- Strony internetowe producentów sprzętu medycznego i inne, związane z tematyką radioterapii i fizyki medycznej.