KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Prezentacja multimedialna
współfinansowana przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –
zarządzanie Uczelnią,
nowoczesna oferta edukacyjna
i wzmacniania zdolności do zatrudniania
osób niepełnosprawnych”*

Michał Strzelecki

Metody przetwarzania i analizy obrazów biomedycznych (2)

Zadanie nr 13 – Studia podyplomowe
„Przetwarzanie i analiza obrazów biomedycznych”

Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,
tel. 042 631 28 83
www.kapitalludzki.p.lodz.pl

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

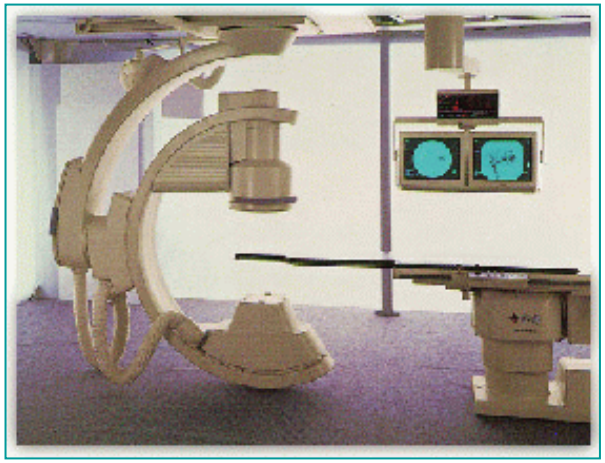
Obrazowanie w diagnostyce medycznej

- Historia obrazowania medycznego
- Metody i urządzenia obrazujące
  - rentgenografia
  - ultrasonografia
  - tomografia CT
  - tomagrafia MRI
  - urządzenia medycyny nuklearnej
  - endoskopia
- Przykłady zastosowań w diagnostyce
- Przyszłość obrazowania medycznego

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

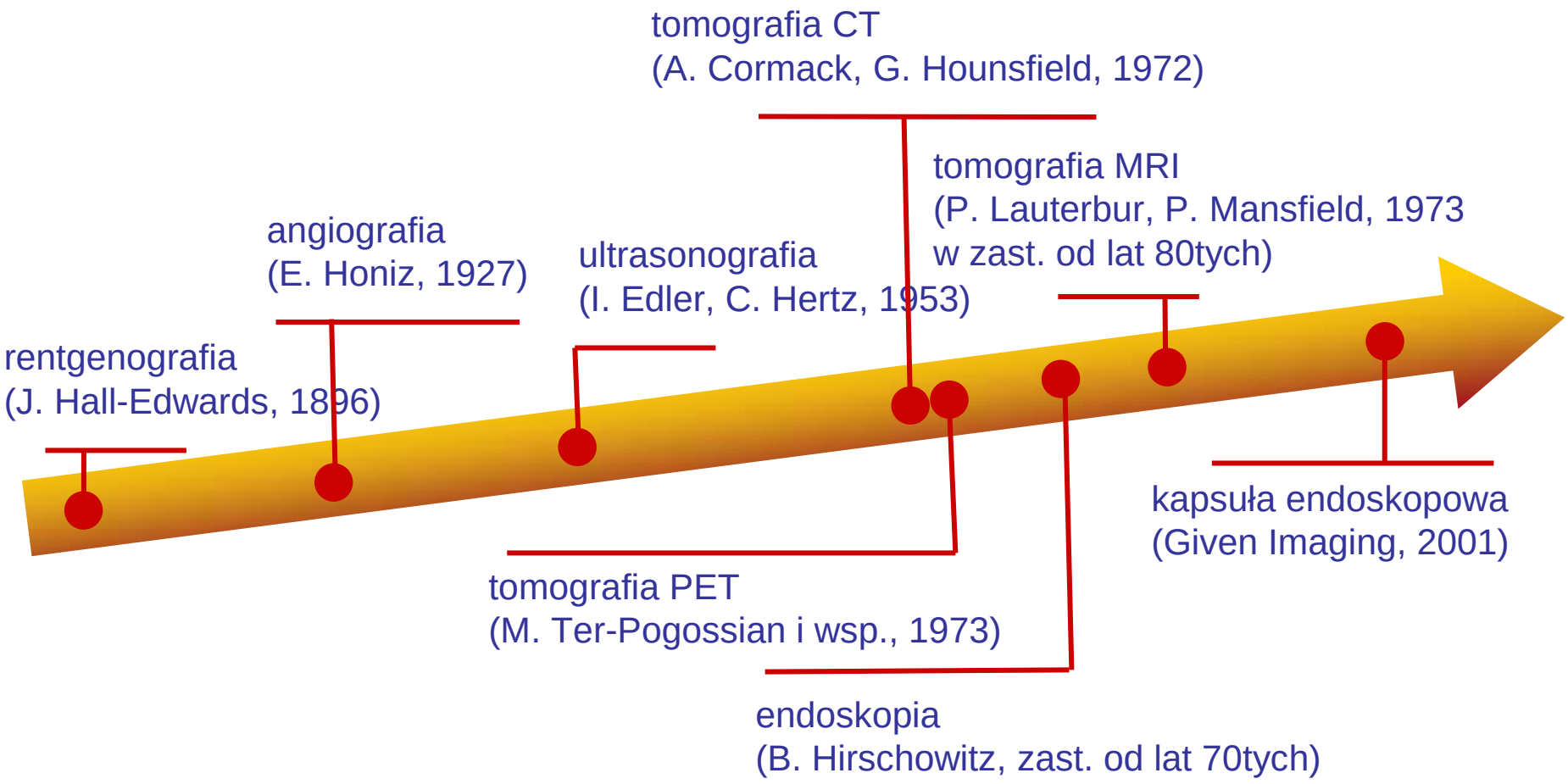
Rewolucja w diagnostyce medycznej

- Postęp w mikroelektronice i informatyce
- Rozwój technologii zobrazowania tkanek
- Przejście od medycyny jakościowej do ilościowej



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

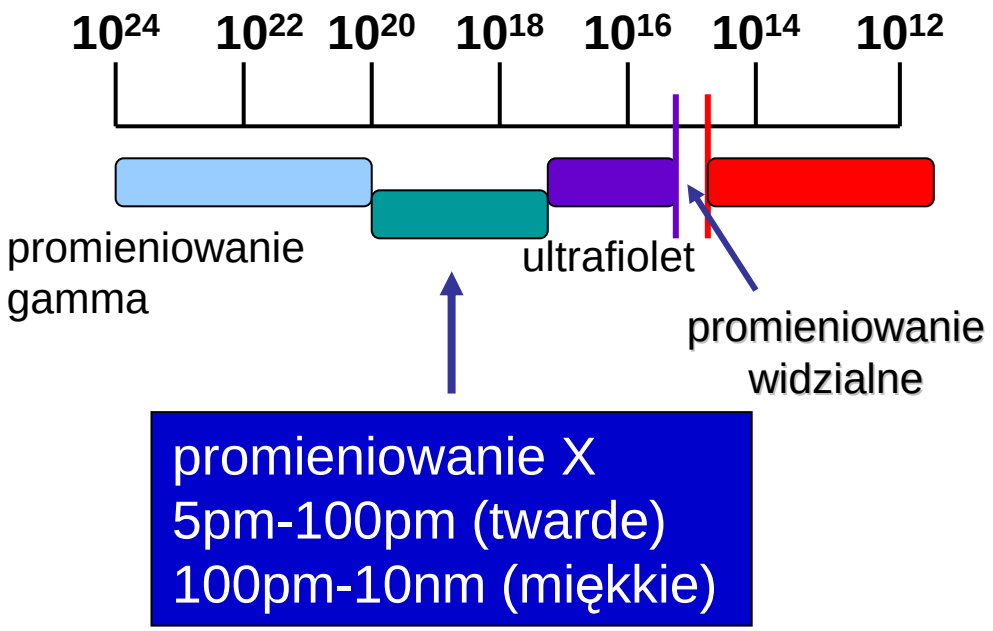
Historia obrazowania medycznego

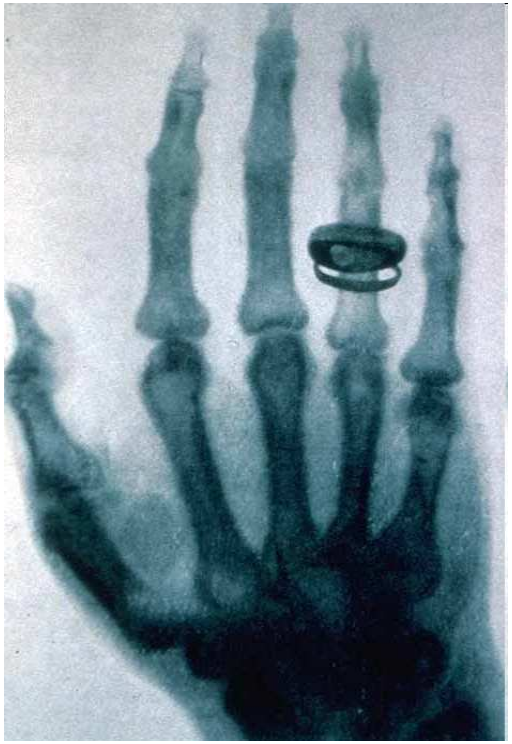


Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Urządzenia rentgenowskie

Promieniowanie rentgenowskie (promieniowanie X), opisane przez Wilhelma Röntgena w 1895 r., nagroda Nobla w dziedzinie fizyki w 1901 r.

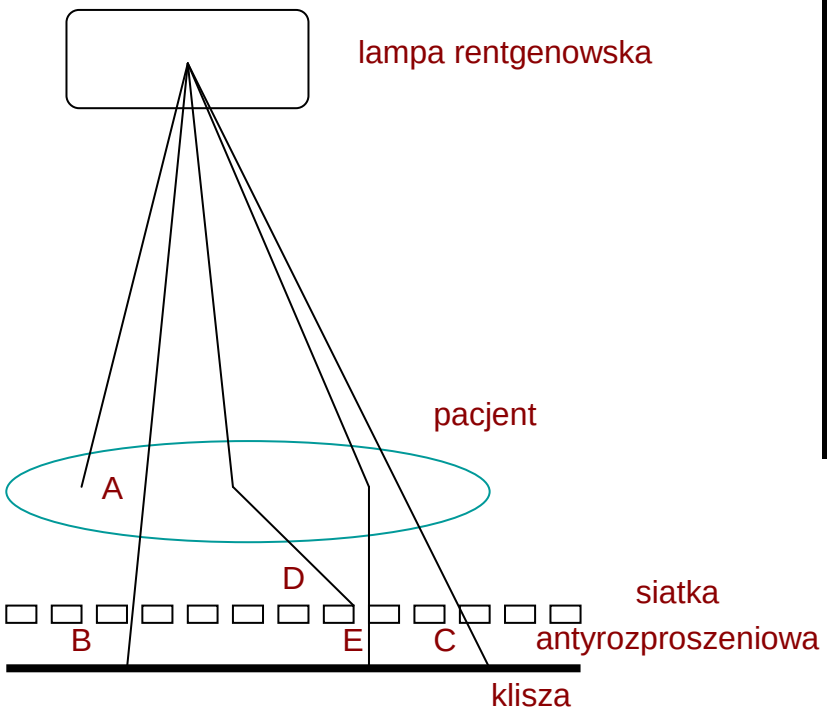




zdjęcie dłoni żony Röntgena

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Urządzenia rentgenowskie



Ośrodek	Hounsfield Units (HU)
Powietrze	- 1000
Tłuszcz	- 120
Woda	0
Mięśnie	+ 40
Kości	+ 400 - …

$$HU = \frac{\mu - \mu_{H_2O}}{\mu_{H_2O} - \mu_{powietrze}} \cdot 1000$$

schemat obrazowania rengenowskiego

wynik: rzut na płaszczyznę

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Urządzenia rentgenowskie

Główne zastosowania:

ortopedia

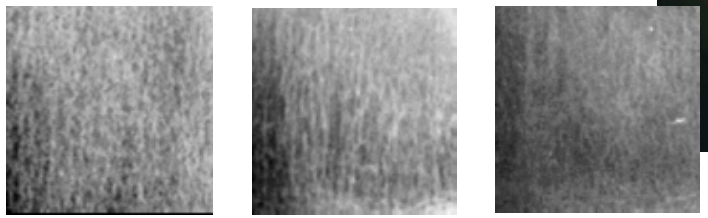
pulmunologia

stomatologia

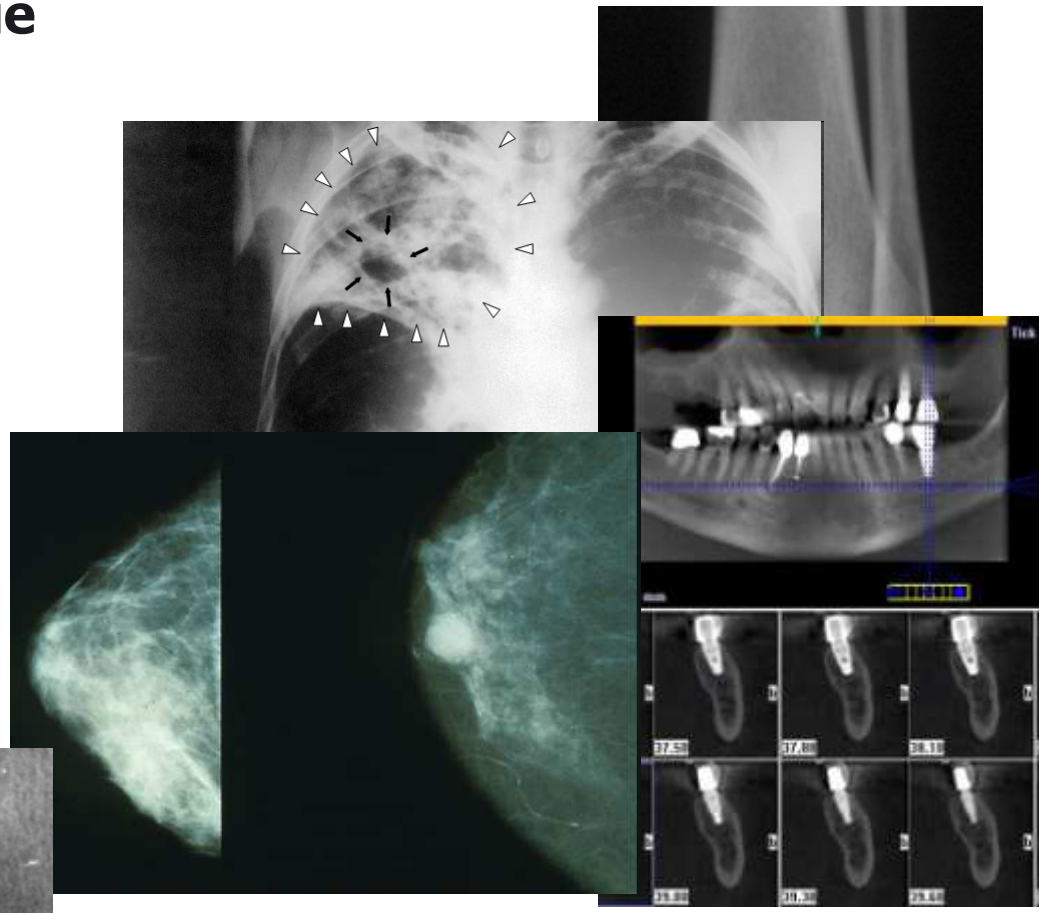
diagnostyka

rak piersi (mammografia)

osteoporoza



dr Piotr Cichy



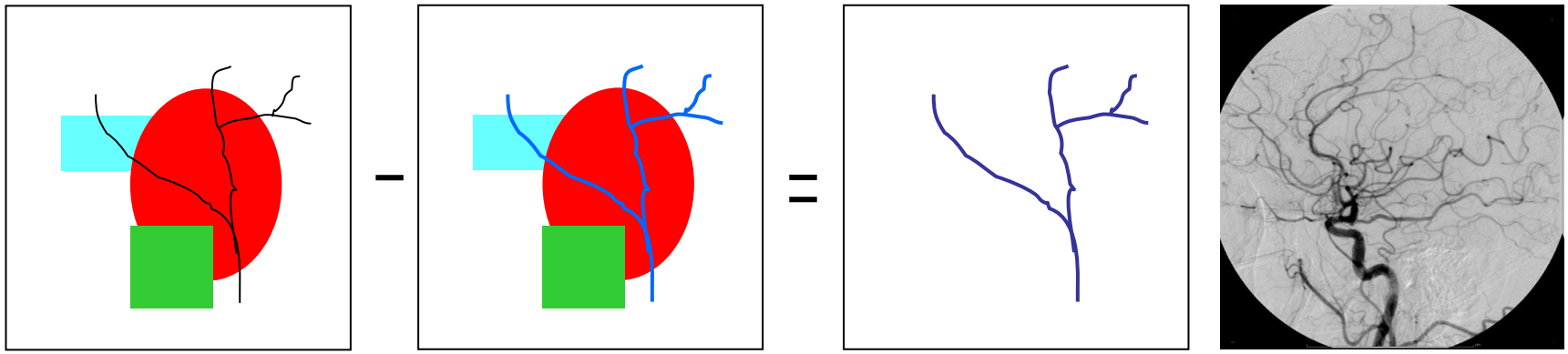
www.kavo.pl, Gendex

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Urządzenia rentgenowskie - angiografia

Obrazowanie naczyń krwionośnych z podaniem do naczynia radiologicznego środka kontrastującego, co pozwala na obserwację jego kształtu oraz przekroju.

cyfrowa angiografia subtrakcyjna

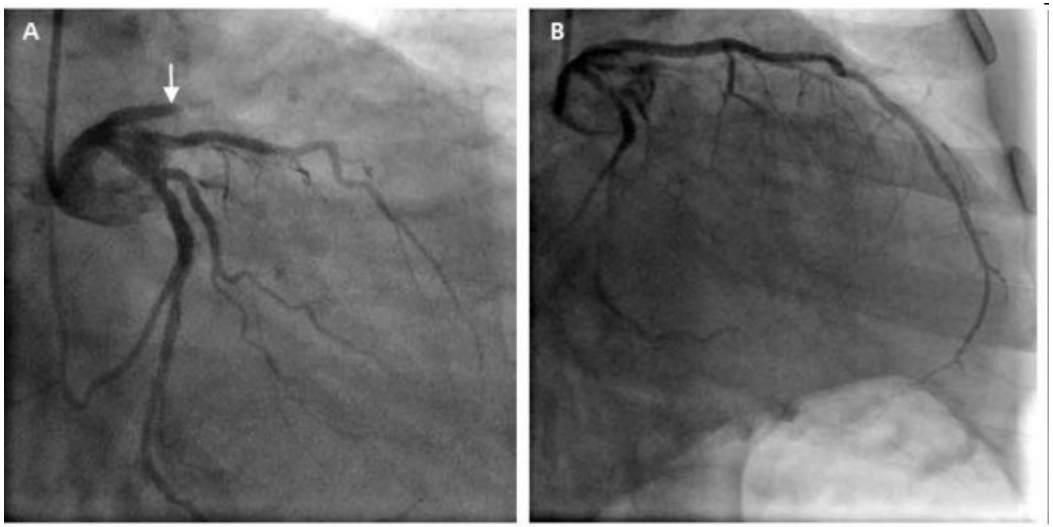


http://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Cerebral_Angiogram_Lateral.jpg

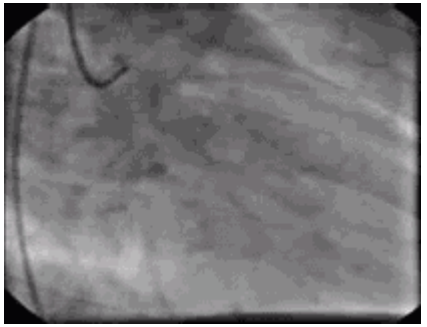
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Urządzenia rentgenowskie - angiografia

koronarografia (rodzaj arteriografii – obrazowania tętnic) polega na podaniu kontrastu do tętnic wieńcowych



www.mp.pl/artykuly/?aid=31704

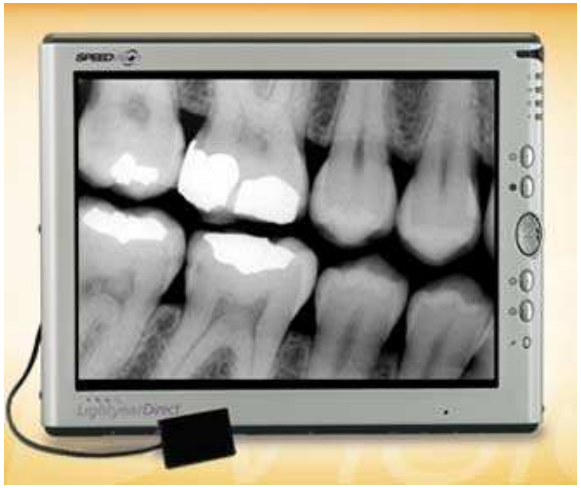


http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hk_coronary_big_bionerd.gif

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Urządzenia rentgenowskie

- fotografie na kliszach,
- obrazy cyfrowe,
- badanie inwazyjne,
- ograniczona jakość obrazów,
- niski koszt aparatury, mobilność



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

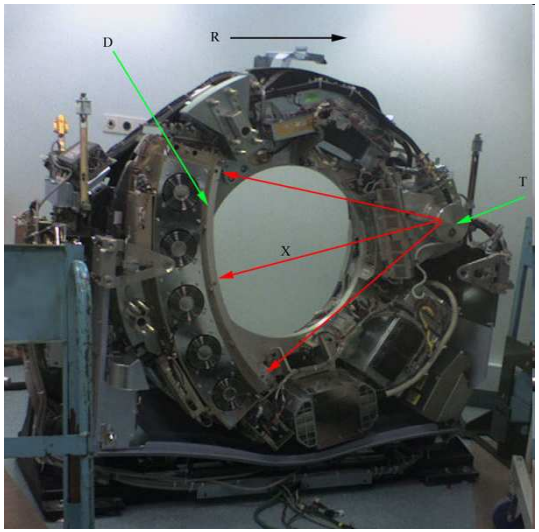
Tomografia

(gr. tomé - przekrój i gráfein - zapisywać) - metody diagnostyczne mające na celu uzyskanie obrazu przedstawiającego przekrój przez organizm lub jego część.

Rekonstrukcja tomograficzna – matematyczne metody uzyskania obrazu przekroju (2D) lub objętości (3D) badanego obiektu na podstawie rzutów na płaszczyznę.

TOMOGRAFIA CT

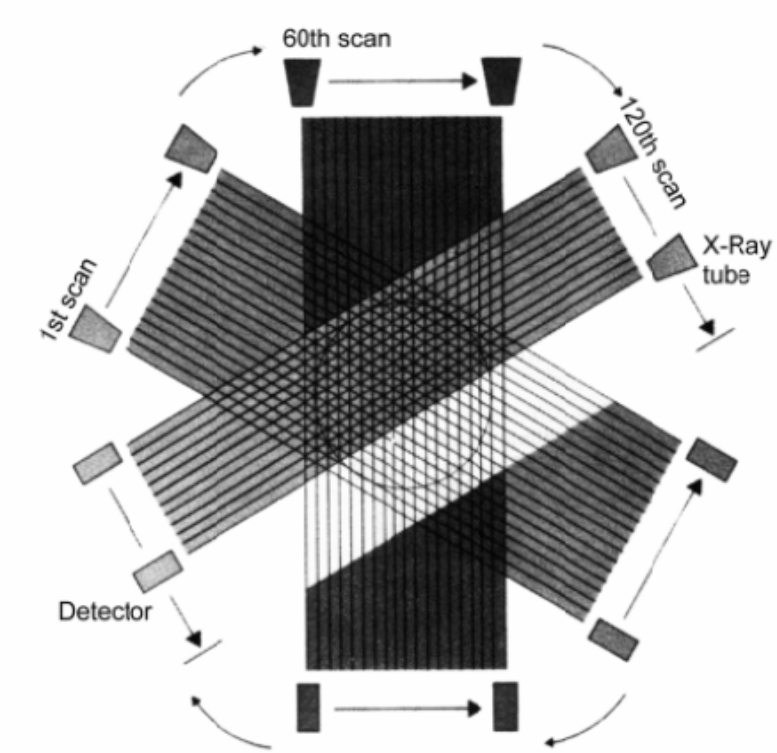
REZONANS MAGNETYCZNY



http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ct-internals.jpg

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

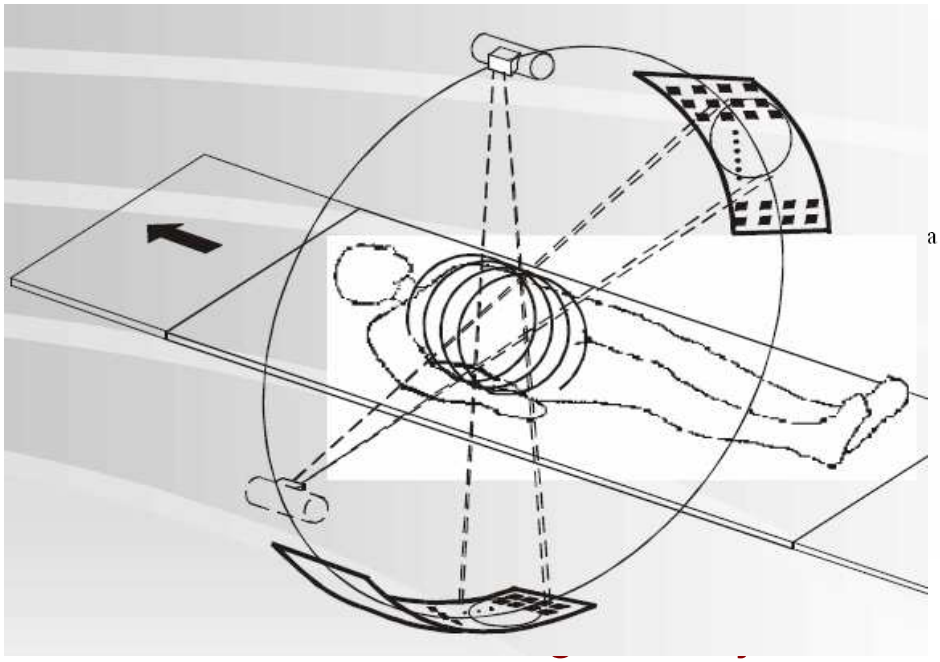
Tomografia CT (ang. Computed Tomography)



skaner CT I generacji

tomografy CBCT, wielorzędowe

rozdzielczość do 0.4 mm



biomech.pwr.wroc.pl/konferencja/Cierniak.pdf

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

angiografia CT

badanie kontrastowe: wykrywanie tętniaków, analiza tętnic w płucach, nerkach, analiza rozwarstwienia aorty

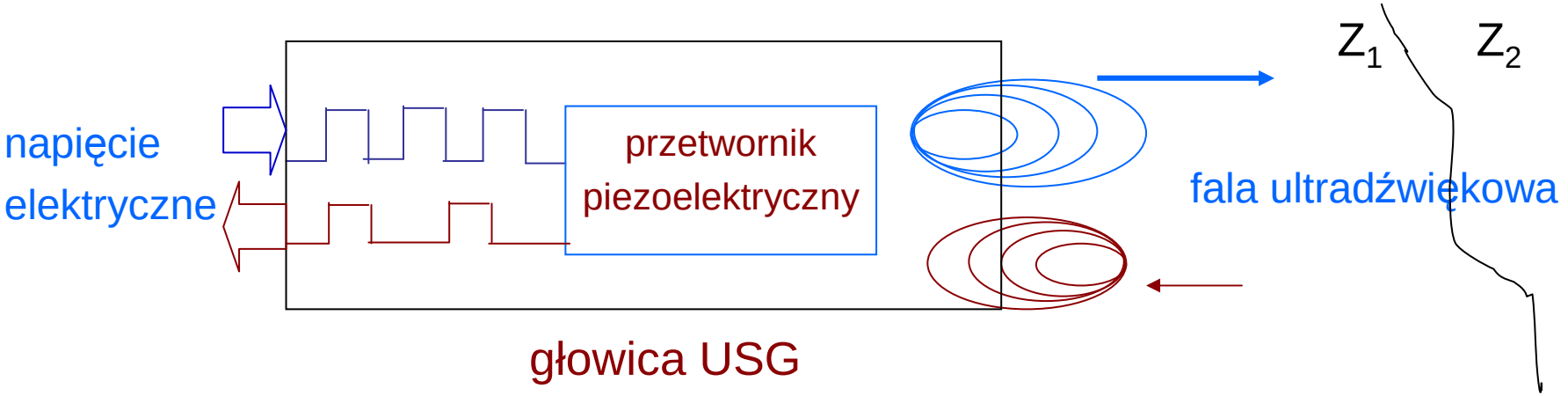
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Ultrasonografia

- zakres częstotliwości: 1-18 MHz
- duża częstotliwość – lepsza rozdzielczość, ale płytsza penetracja fali
- odbicia fali od ośrodków o różnej impedancji akustycznej Z:

$Z=v*\rho$, v – prędkość rozchodzenia się fali 1540 m/s, ±6%

$R=(Z_1-Z_2)/(Z_1+Z_2)$ – współczynnik odbicia



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Ultrasonografia

Obrazowanie typu B

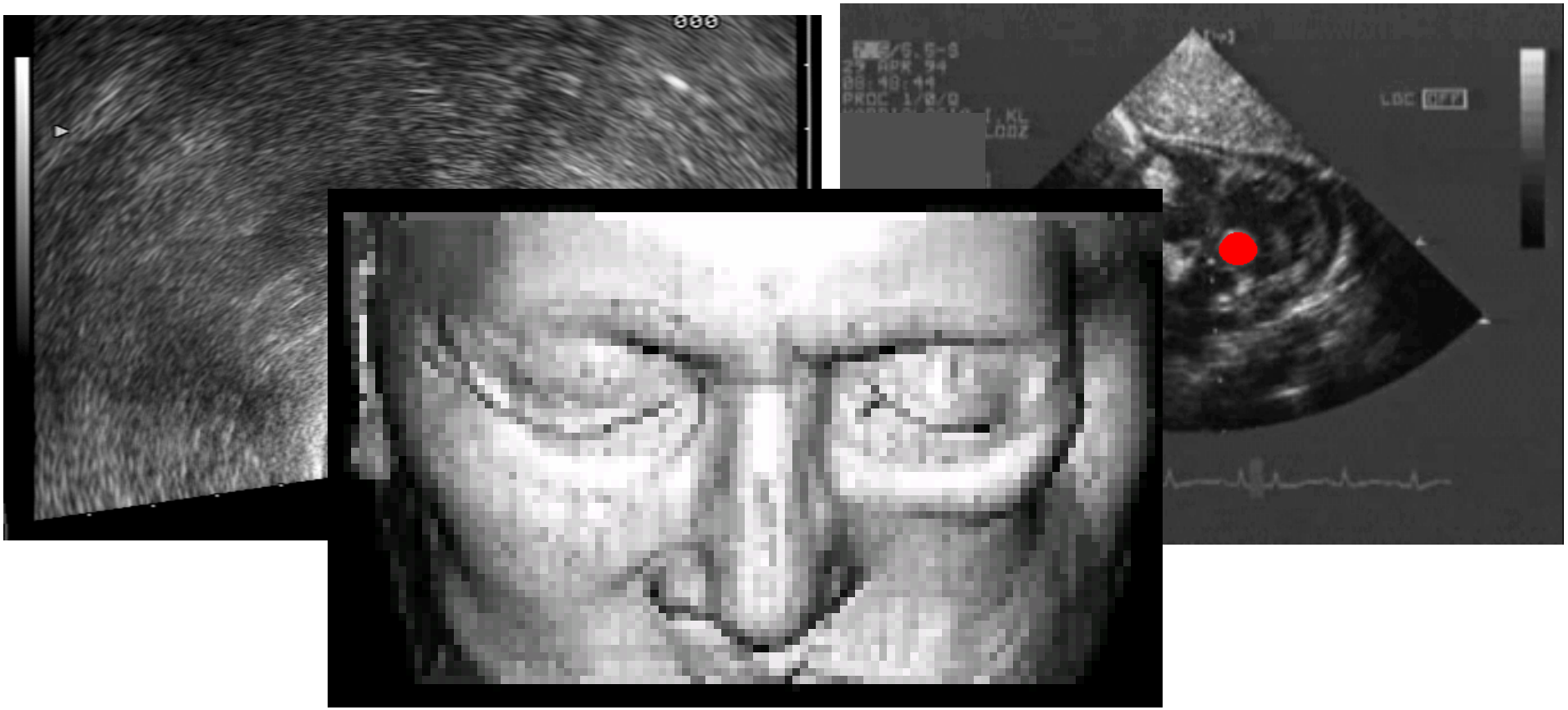
- Amplitudzie odebranego echa zostaje przypisany poziom jasności, proporcjonalnie do jej wartości
- Dostarcza informacji o części przekroju badanego organu
- Jest uzupełnieniem obrazowania A

Obrazowanie typu M (motion)

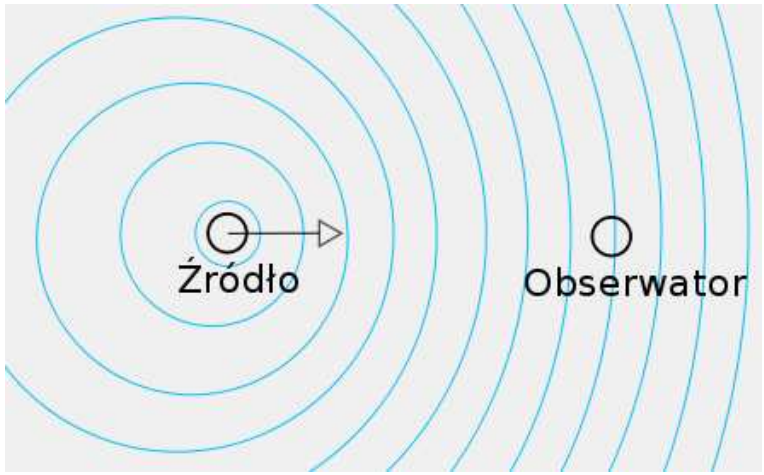
- Obrazowanie wykonywane w jednym wybranym kierunku (tak jak prezentacja typu A)
- Obraz tworzy się jedynie w miejscach pojawienia się ech ultradźwiękowych pochodzących od ruchomych narządów
- Jedna z podstawowych prezentacji w badaniach czynności i obrazowania struktur serca

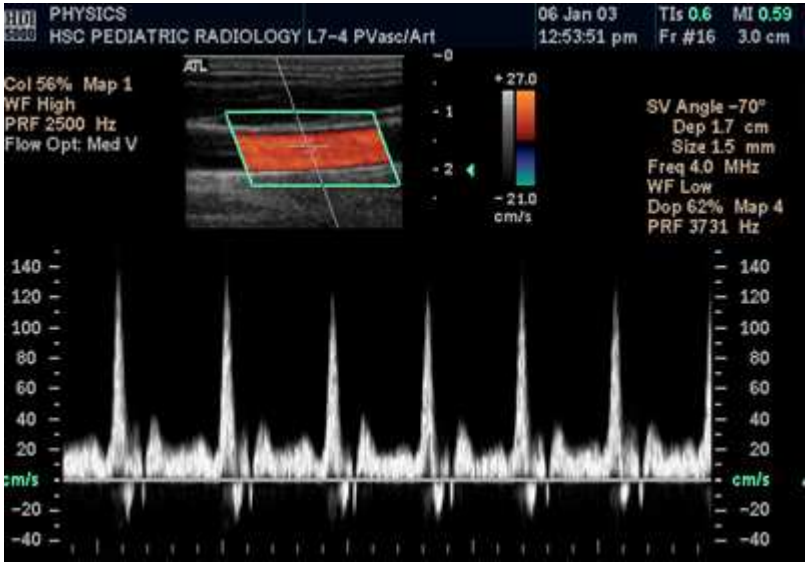
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Ultrasonografia



USG dopplerowskie





USG tętnicy szyjnej

http://en.wikipedia.org/wiki/File:SpectralDopplerA.jpg

$f=f_0 v/(v-v_{zr})$

v – prędkość fali,

v_{zr} – składowa prędkości źródła || do kier. obserwacji

f – częstotliwość fali odbieranej przez obserwatora

f_0 – częstotliwość fali generowanej przez źródło

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Ultrasonografia - artefakty

Są to wszelkiego rodzaju zniekształcenia pojawiające się na zobrazowaniach ultrasonograficznych

- Echa od nieistniejących obiektów (np. występujące z powodu wielokrotnych odbić)
- Obiekty odwzorowane w niewłaściwym położeniu (załamania fal)
- Zniekształcone wymiary, kształt (załamanie fali, różna prędkość dźwięku, niewłaściwe wzmocnienie)
- Zbyt wysoko poziom echa za tkankami o niższym tłumieniu niż zakładane przy ustawionym wzmocnieniu
- Cień akustyczny powstający za dużym w stosunku do długości fali obiektem silnie odbijającym

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Ultrasonografia – inne zastosowania

- usuwanie kamienia nazębnego, kondensacja amalgamatu w ubytkach zębowych, poszerzenia kanałów itp.
- przewlekłe choroby reumatyczne - reumatoidalne zapalenie stawów
- zgrubienie okostnej, choroby ścięgien i przyczepów mięśni, stany po złamaniach kości
- zespoły bólowe kręgosłupa
- rozbijanie kamieni nerkowych

Projekt współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

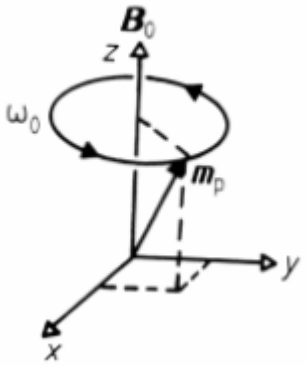
Tomografia rezonansu magnetycznego (ang. Magnetic Resonance Imaging)

- 1944 nagroda Nobla (Isidor I. Rabi) za opracowanie metody rezonansowej obserwacji własności magnetycznych jąder atomowych
- 1946 powstanie podstaw teoretycznych NMR
- 1952 nagroda Nobla (Felix Bloch, Edward M. Purcell) za badania w obszarze precyzyjnych magnetycznych metod jądrowych i za odkrycia dokonane przy ich zastosowaniu
- 1973 pierwsze metody obrazowania
- 1977 pierwsze komercyjne tomografy MR
- 2003 nagroda Nobla (Paul C. Lauterbur, Peter Mansfield) za odkrycia dotyczące wykorzystania rezonansu magnetycznego

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rezonans magnetyczny

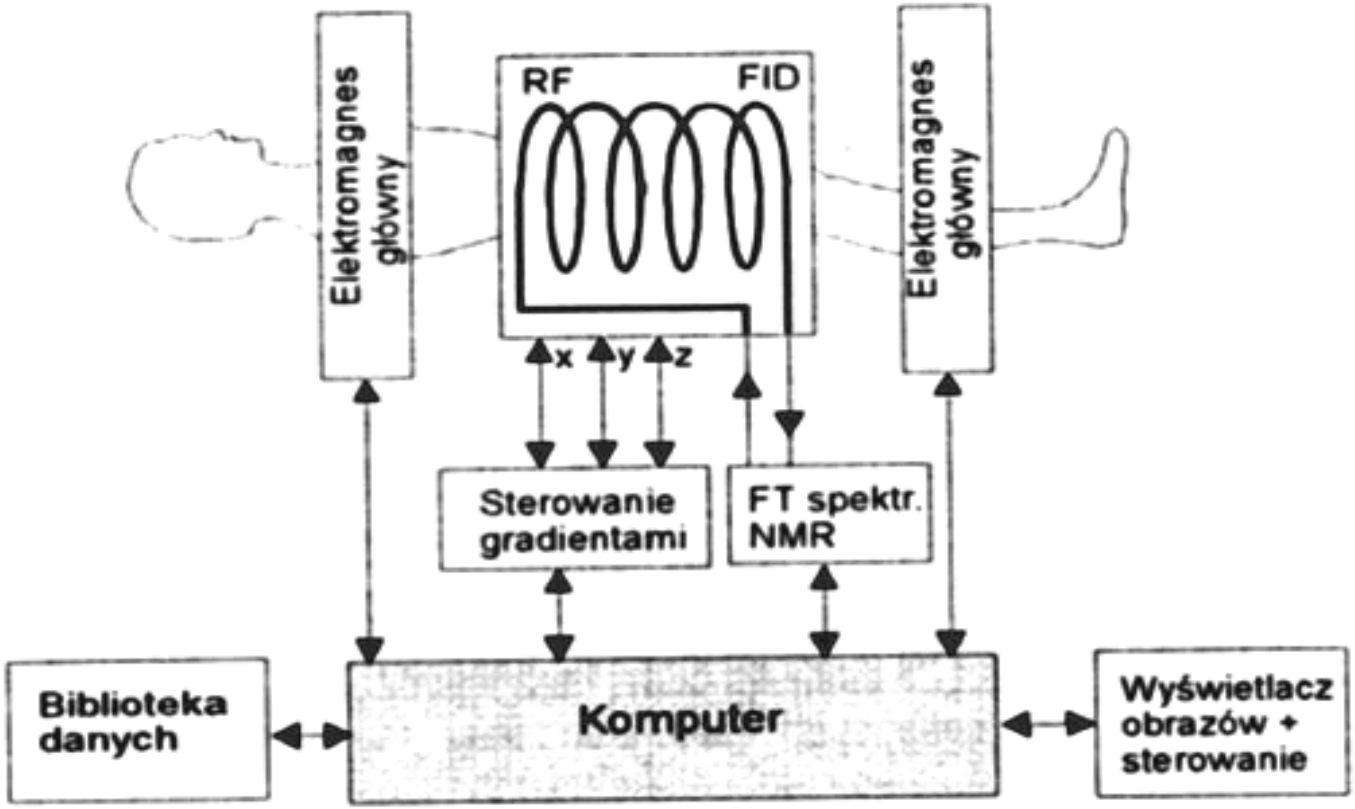
- Działanie na materię falami elektromagnetycznymi o odpowiedniej częstotliwości powoduje wzbudzanie spinów jądrowych znajdujących się w zewnętrznym polu magnetycznym. Po bardzo krótkiej chwili od absorpcji częstotliwości rezonansowej spiny jąder ulegają relaksacji do stanu poprzedniego z emisją promieniowania elektromagnetycznego.



$$\omega_0 = -\gamma B_0$$

ω_0- częstotliwość Larmora

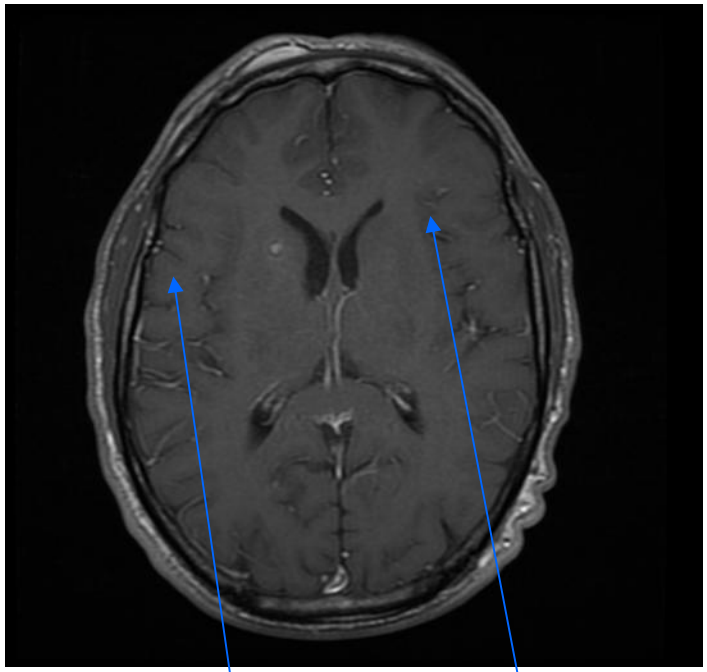
Tomografia rezonansu magnetycznego



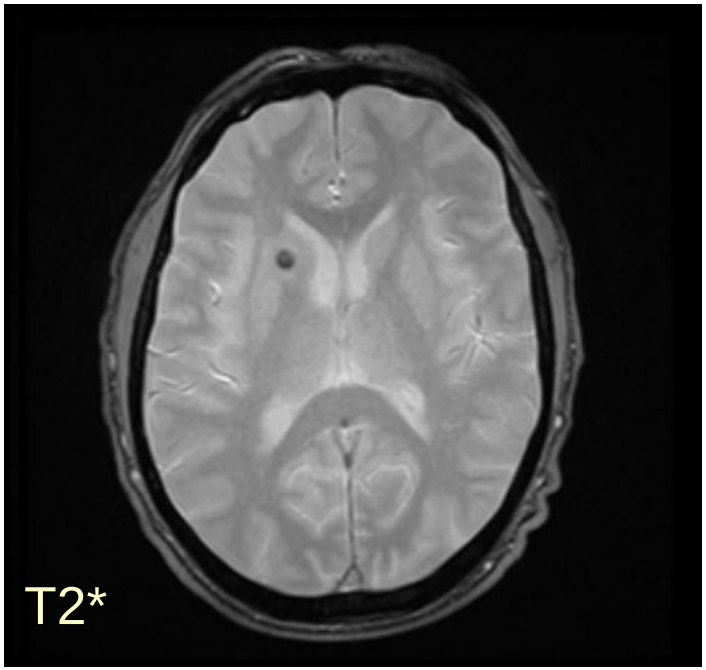
B. Gonet, Obrazowanie magnetyczno-rezonansowe, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1997

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Tomografia rezonansu magnetycznego



Sekwencja T1 - najlepiej wizualizuje strukturę anatomiczną mózgu, istota biała jest pokazana w jasnych kolorach, zaś istota szara w ciemnych

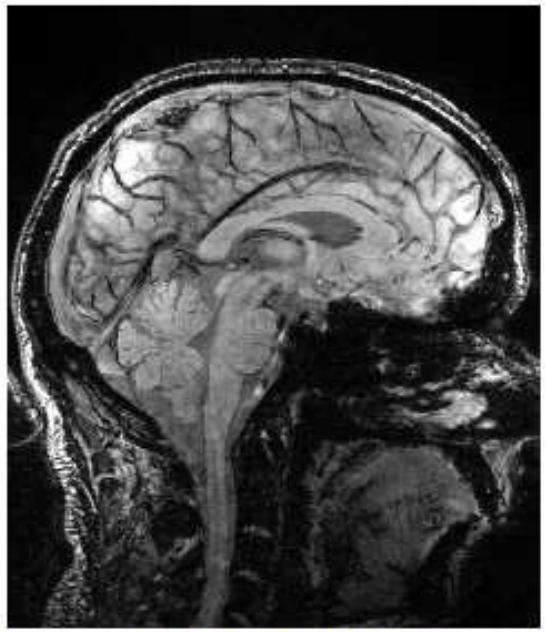


Sekwencja T2 – odwzorowanie odwrotne w stosunku do T1, lepszy kontrast

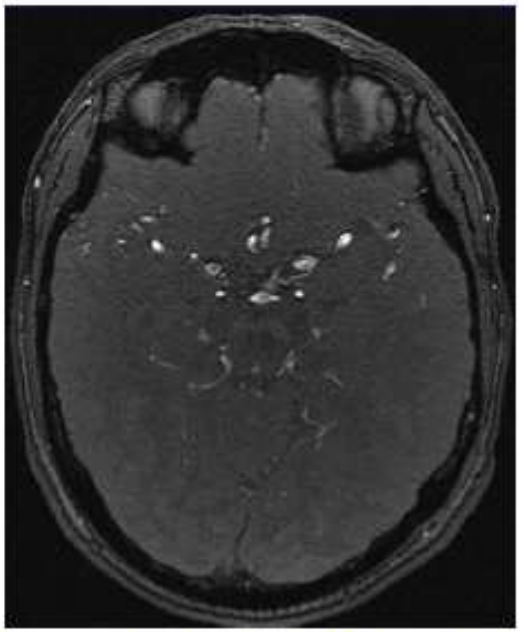
Sekwencja T2* - obrazowanie naczyń

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Angiografia MRI (ang. Magnetic Resonance Angiography)



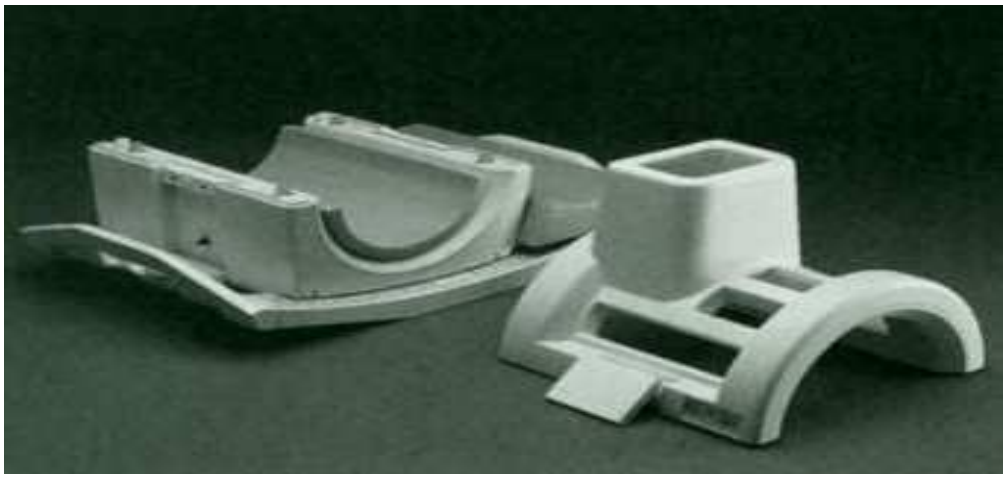
Sekwencja SWI
obrazowanie żył



Sekwencja ToF
obrazowanie tętnic

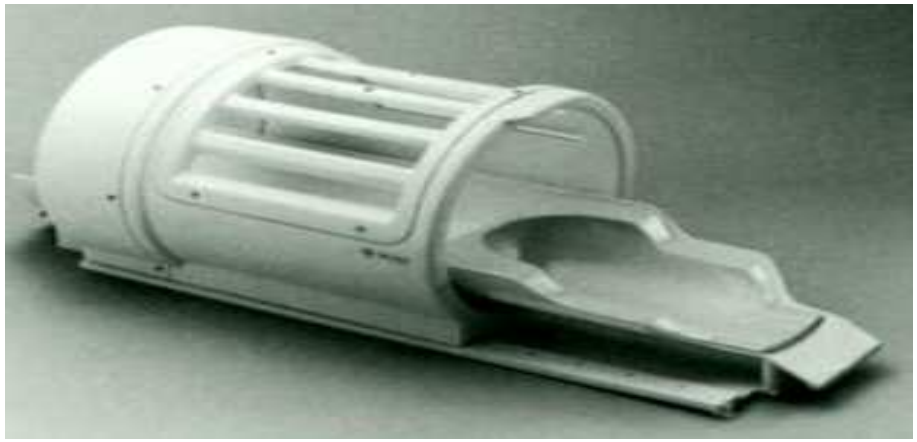
A. Deistung, J. Reichenbach, University of Jena, Niemcy

Tomografia rezonansu magnetycznego



cewka do obrazowania głowy

cewki do obrazowania kończyn

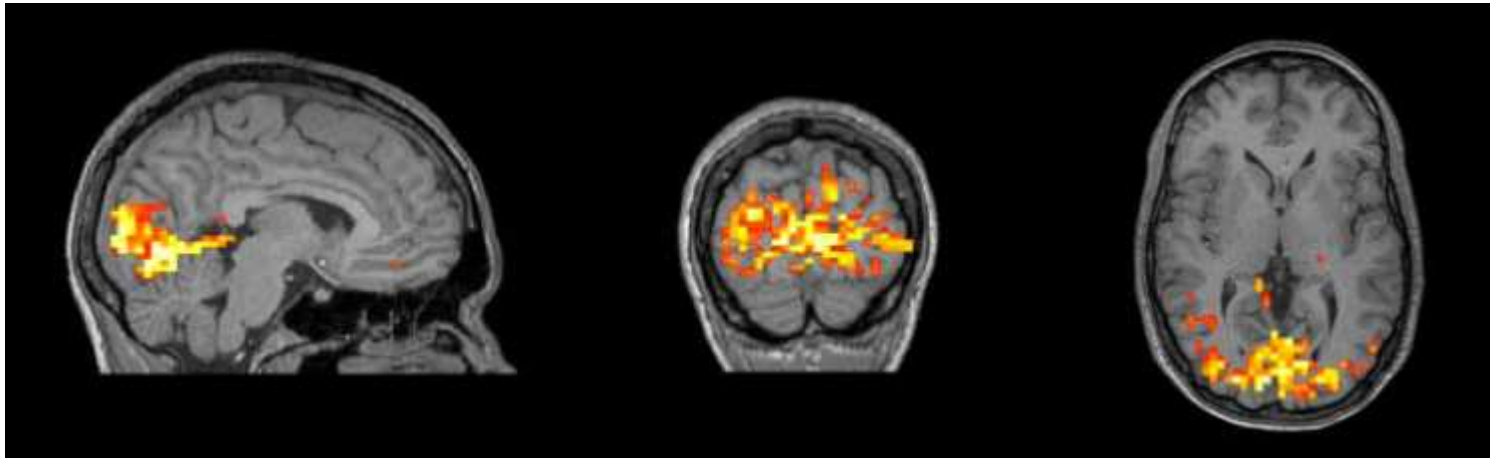


Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

MRI – badania czynnościowe

Blood-oxygen-level dependent (BOLD) – zmiana właściwości magnetycznych krwi w zależności od zawartości tlenu, możliwa do zaobserwowania dzięki MRI.

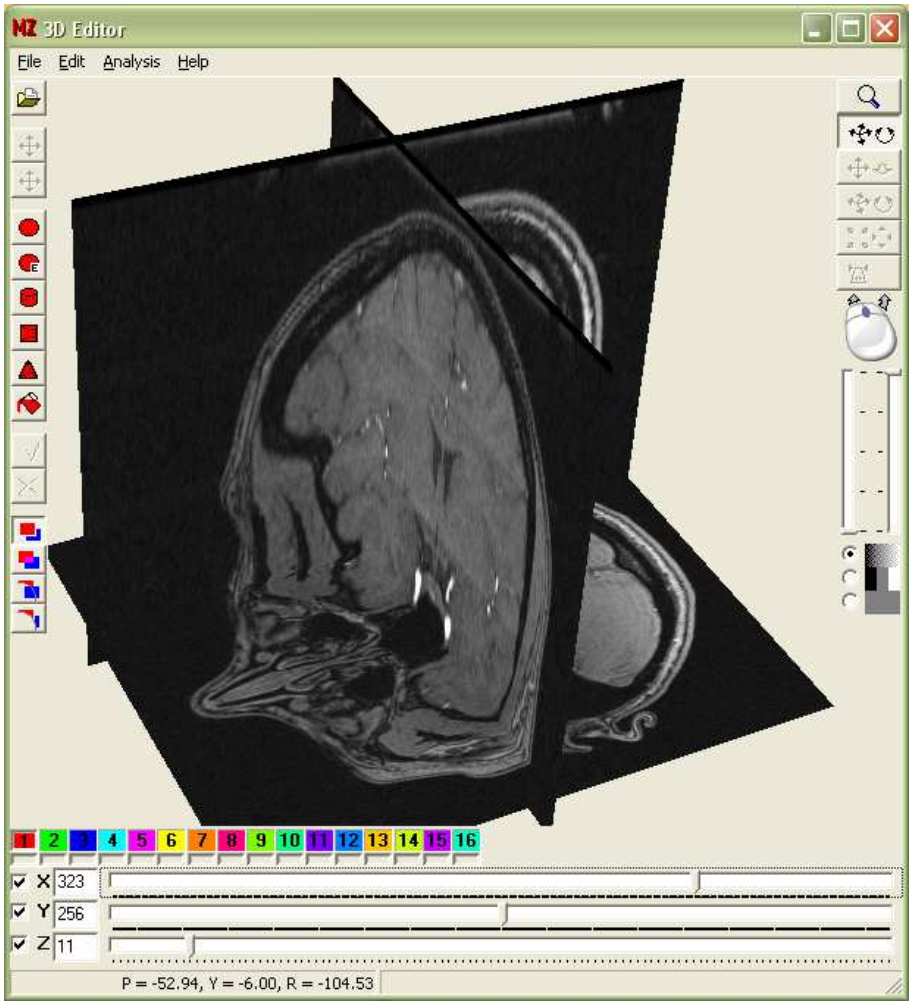
Pochłanianie tlenu wzrasta wraz ze wzrostem aktywności komórek nerwowych – pośrednia obserwacja aktywności obszarów mózgu.



rozdzielczość przestrzenna: 2-3 mm

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

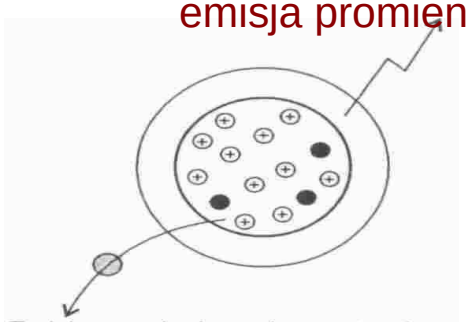
MRI 3D – demo MaZda



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Urządzenia medycyny nuklearnej

- Medycyna nuklearna jest samodzielnym działem medycyny wykorzystującym otwarte źródła promieniowania jonizującego w celach diagnostycznych i leczniczych.
- Techniki stosowane w medycynie nuklearnej polegają na podaniu choremu związku chemicznego (np. deoxyglukozy) znakowanego radioizotopem (radiofarmaceutykiem).
- Radiofarmaceutyk, dzięki swoim właściwościom farmakodynamicznym, gromadzi się w określonych tkankach organizmu w zależności od ich stanu funkcjonalnego (np. w obszarze nowotworu).
- Dzięki urządzeniom rejestrujące cząstki emitowane przez radiofarmaceutyk można wygenerować obraz zmian metabolicznych narządów (a nich ich strukturę jak w przypadku tomografii CT lub MRI).



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Scyntygrafia

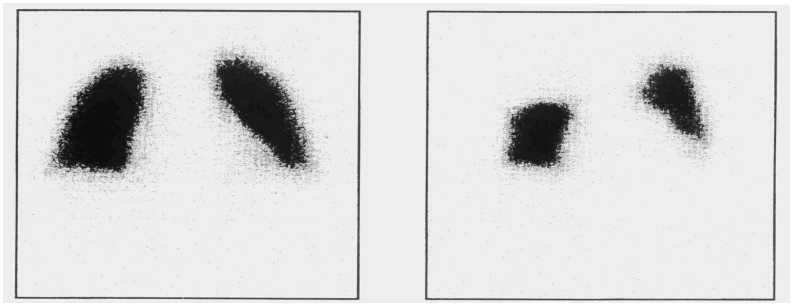
Radioizotop emituje promieniowanie jonizujące (najczęściej gamma), które dzięki wysokiej energii (100 - 450 keV) przenika z organizmu pacjenta na zewnątrz jego ciała, gdzie zostaje rejestrowane przez gammakamerę.

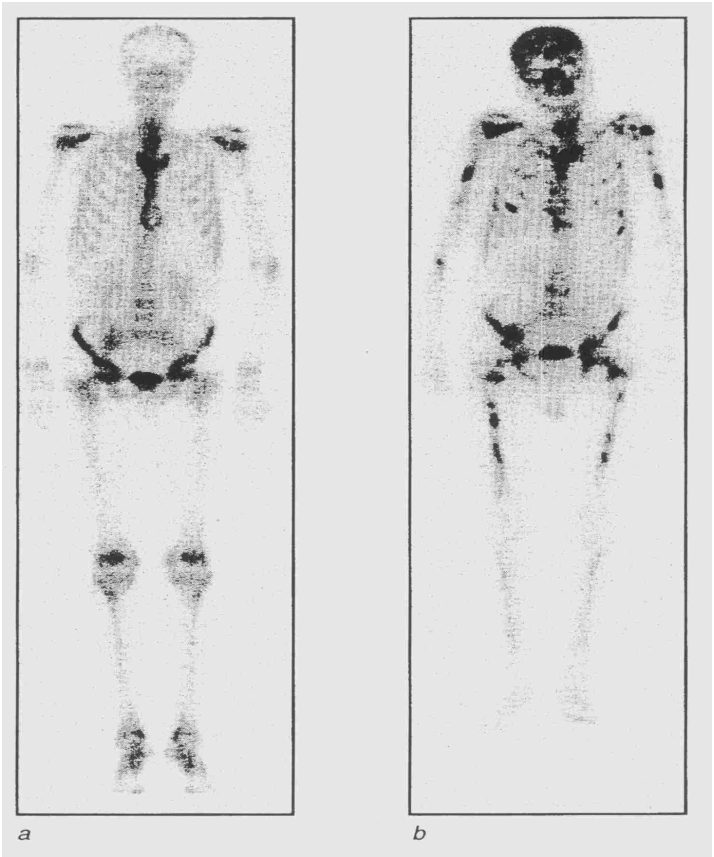
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Scyntygrafia

Rodzaje scyntygrafii:

- planarna – jednopłaszczyznowa, obraz określonego fragmentu ciała
- dynamiczna – sekwencyjna, pokazuje zachowanie radiofarmaceutyku w czasie
- „whole body” – obraz całego ciała
- bramkowana – obraz np. serca, synchronizowana sygnałem EKG

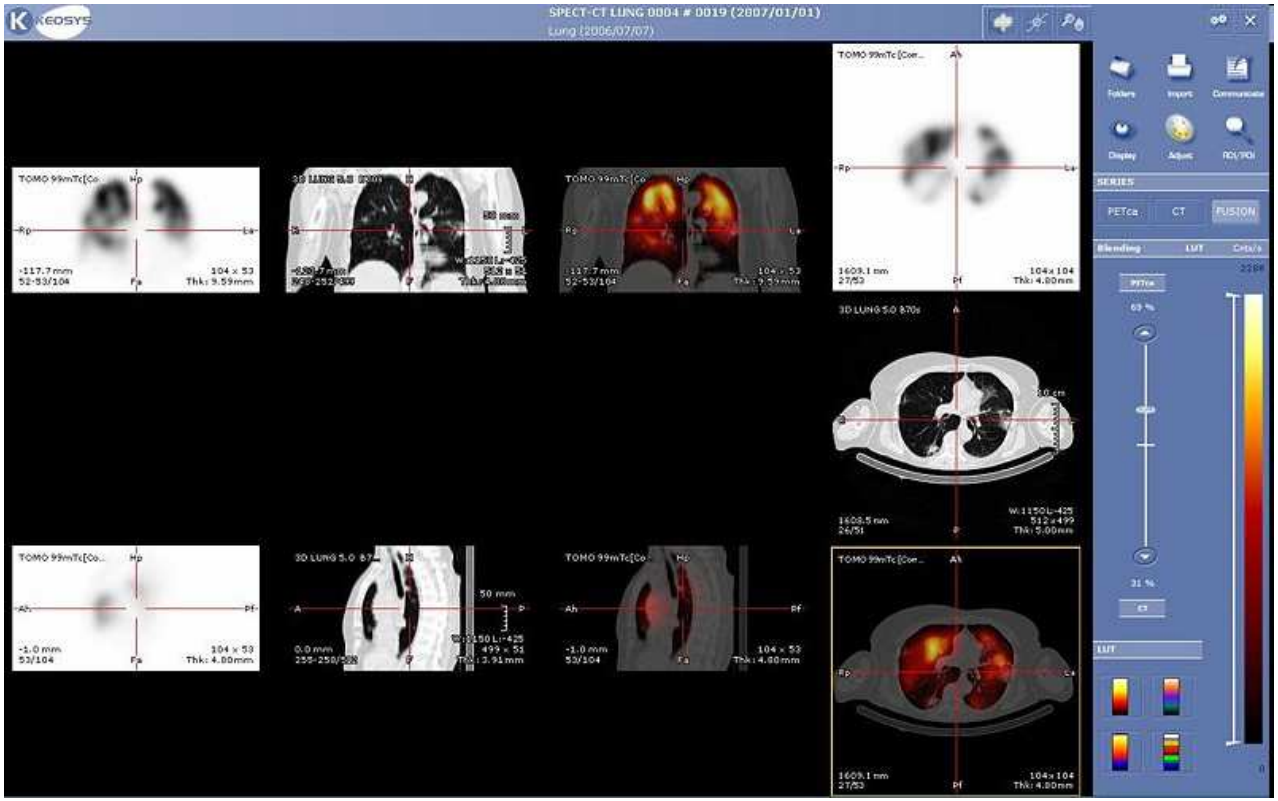




Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Tomografia emisyjna pojedynczych fotonów – SPECT (ang. Single Photon Emission Computed Tomography)

- badania czynnościowe mózgu, serca
- badanie wykonywane wspólnie z CT (dokładna lokalizacja zmian)

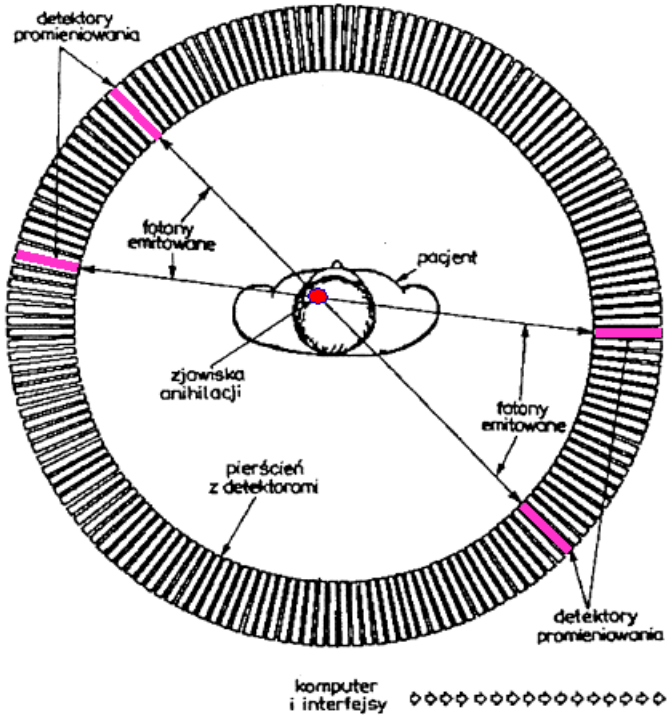


Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Pozytonowa tomografia emisyjna - PET (ang. Positron Emission Tomography)

Powstające w rozpadzie promieniotwórczym pozytony, po przebyciu drogi kilku milimetrów, zderzają się z elektronami zawartymi w tkankach ciała, ulegając anihilacji. W wyniku anihilacji pary elektron – pozyton powstają dwa kwanty promieniowania elektromagnetycznego (fotony).

Fotony te rejestrowane są jednocześnie przez dwa z wielu detektorów, w wyniku czego można określić dokładne miejsce powstania pozytonów.



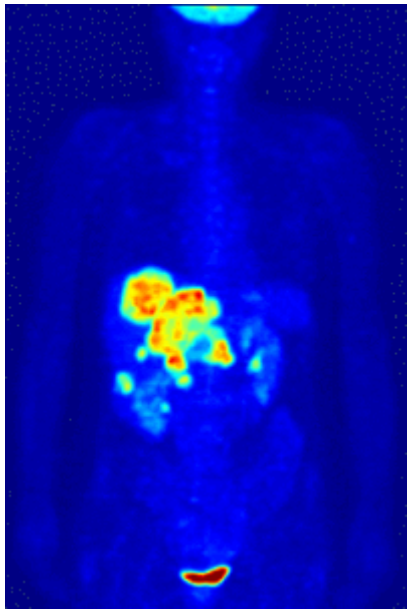
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Pozytonowa tomografia emisyjna

zastosowania: badania mózgu, serca, niektórych stanów zapalnych, nowotworów

diagnostyka: choroby Huntingtona, Alzheimera, Parkinsona, różne postaci schizofrenii.

bardzo duże prawdopodobieństwo rozpoznania nowotworów (w około 90% badanych przypadków, najwięcej w porównaniu do innych metod obrazowania).

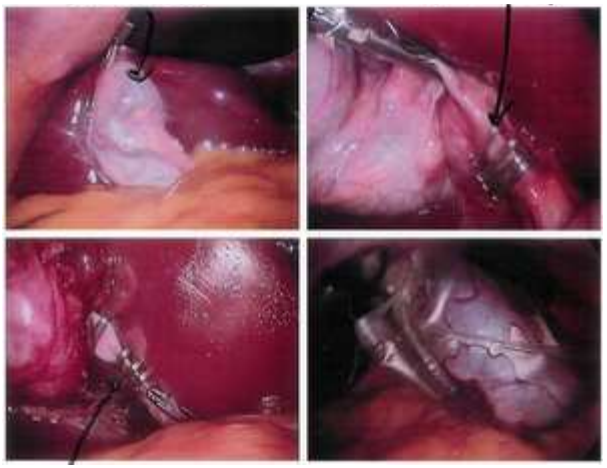


Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Endoskopia

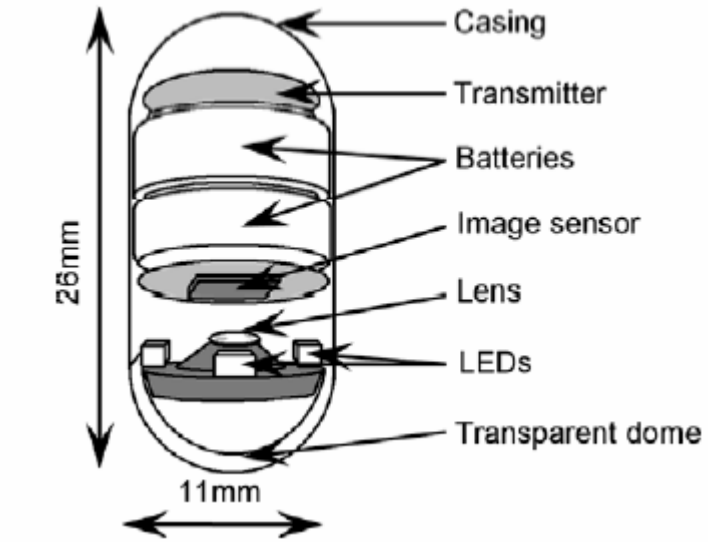
- obrazy optyczne wnętrza organizmu
- bronchofiberoskopia, gastroskopia, kolonoskopia, cystoskopia, laparoskopia, artroskopia
- możliwość wykonywania dodatkowych zabiegów chirurgicznych:
  - polipektomia (usunięcie pojedynczego polipu np. z jelita grubego)
  - appendektomia (wycięcie wyrostka)
  - cholecystektomia (wycięcie pęcherzyka żółciowego),
  - usunięcie kamieni z przewodów żółciowych
  - splenektomia (wycięcie śledziony)
  - tamowanie niewielkich krwawień

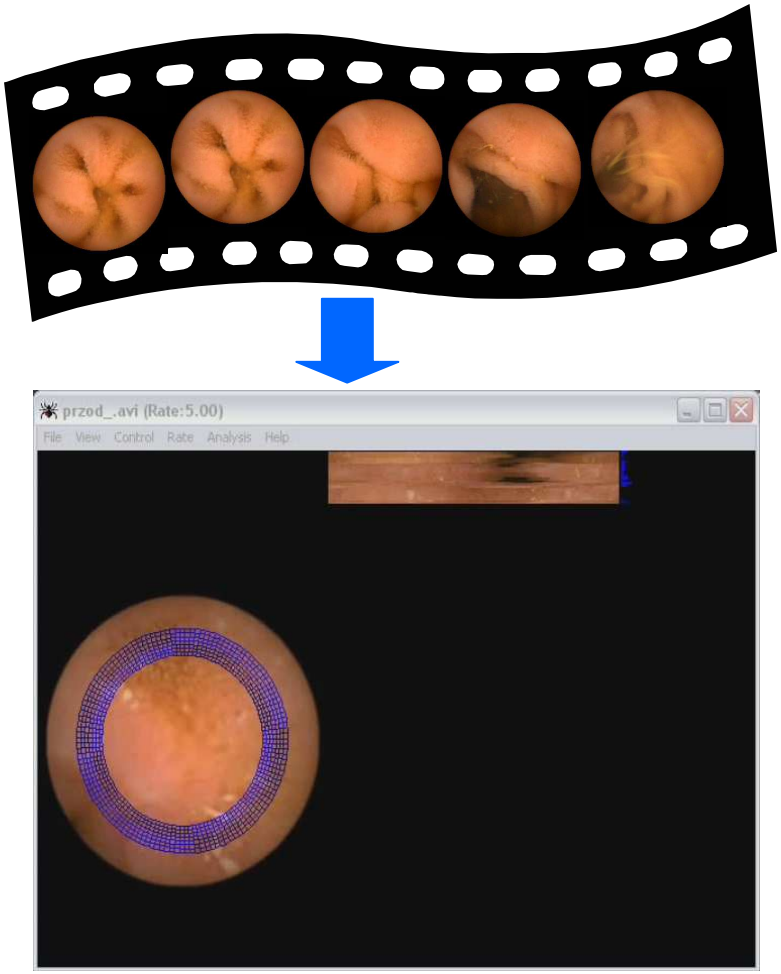
  np. z wrzodów żołądka lub przełyku.



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Kapsuła endoskopowa





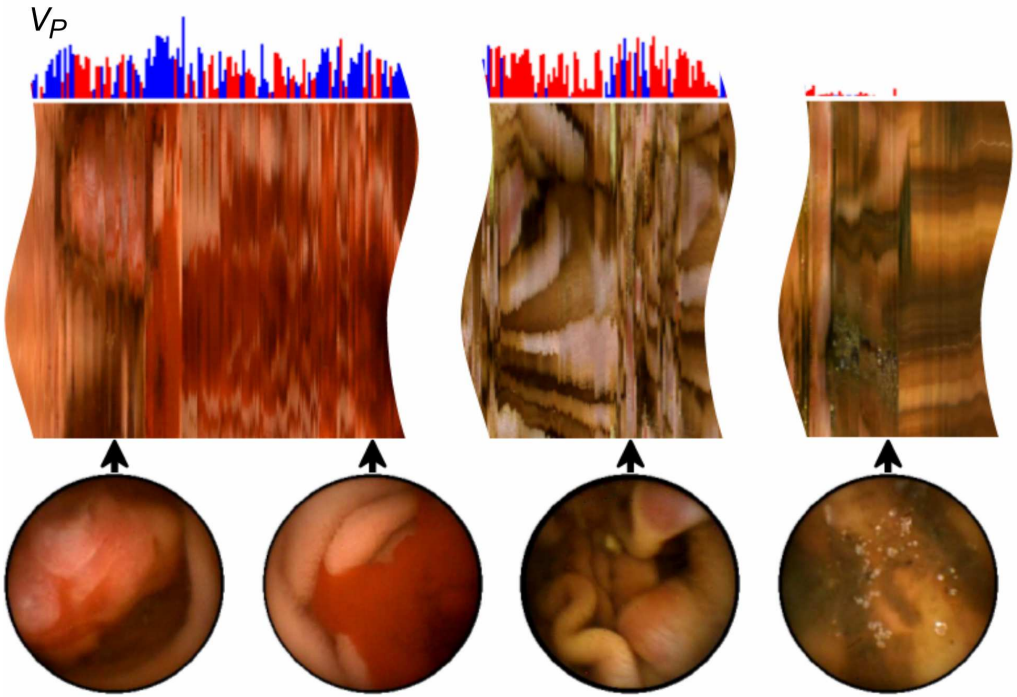
dr Piotr Szczypiński

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Analiza obrazów z kapsuły endoskopowej

Przykładowe patologie:

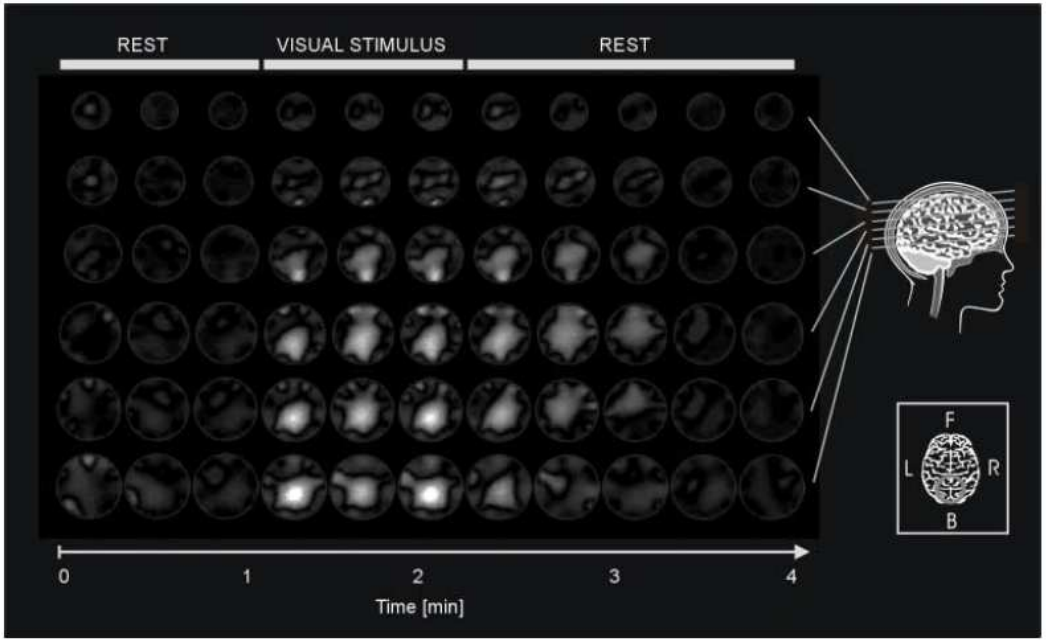
- wrzody (choroba Crohna)
- obszar krwawienia
- obszar zatrzymania się kapsuły



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Przyszłość technik obrazowych

- **Tomografia impedancyjna (pojemnościowa)** – rozkład impedancji tkanek; technika szybka, nieinwazyjna, tania
- **Tomografia mikrofalowa (ang. Microwave Tomography)** – wykrywania raka mózgu i płuc, obrazowanie serca i naczyń, badania czynnościowe; analiza właściwości dielektrycznych tkanek



Zmiany impedancji tkanek mózgu w związku ze wzrostem ich ukrwienia, obraz uzyskano za pomocą 32 elektrod rozmieszczonych wokół głowy pacjenta [A. Gibson, T. Tidswell and D. Holder, Department of Clinical Neurophysiology, UCL]

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Przyszłość technik obrazowych

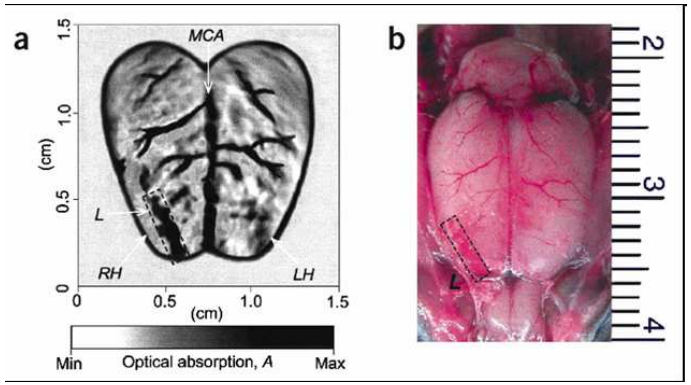
- **Optyczna tomografia koherencyjna** (ang. Optical Coherence Tomography - OCT) jest metodą diagnostyczną pozwalającą na uzyskanie wysokiej rozdzielczości podpowierzchniowych obrazów materiałów przepuszczających światło (okulistyka)
- **Diffuse Optical Tomography (DOT)** – obrazowanie czynnościowe mózgu, klatki piersiowej, lasery pracujące w zakresie bliskiej podczerwieni (absorpcja i rozproszenie)

http://www.if.pwr.wroc.pl/~podbielska/optdiag/troche%20o%20OCT.pdf

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

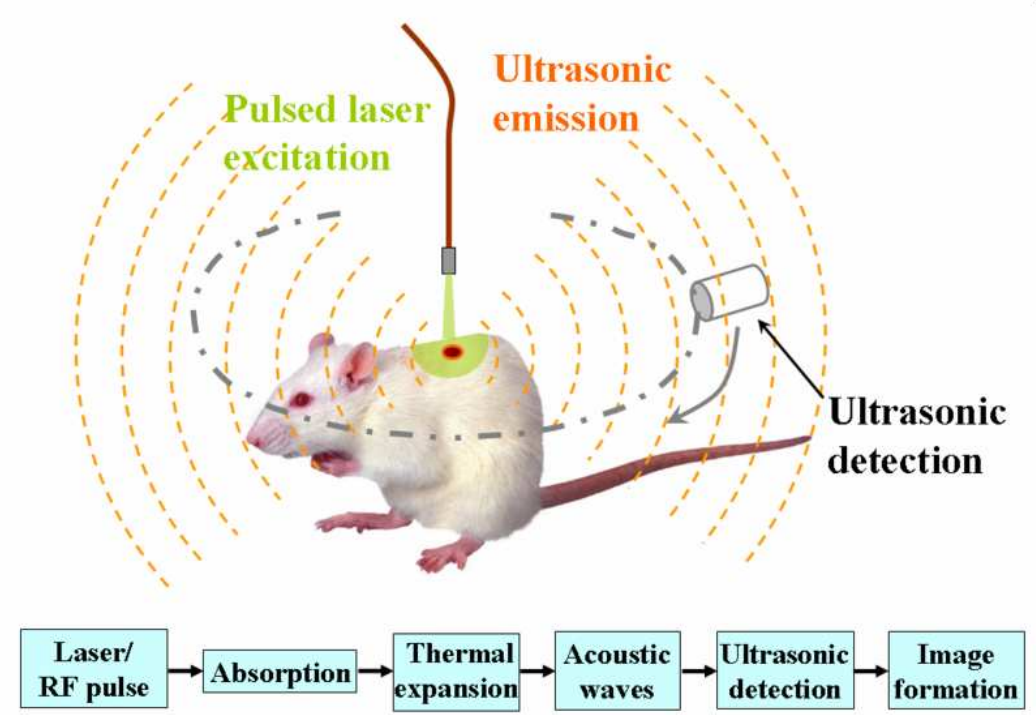
Przyszłość technik obrazowych

- **Obrazowanie fotoakustyczne (ang. Photoacoustic imaging)**



mózg szczura

en.wikipedia.org/wiki/File:Brain_lesion.png



en.wikipedia.org/wiki/Photoacoustic_imaging_in_biomedicine