



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Michał Strzelecki

Instytut Elektroniki

Obrazowanie medyczne

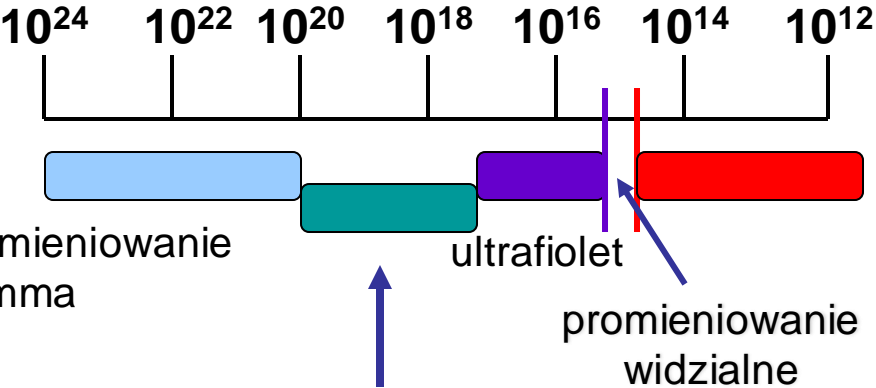
Urządzenia wykorzystujące promieniowanie rentgenowskie

Inżynieria biomedyczna, 1. st., 2024



Urządzenia rentgenowskie

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



promieniowanie X
 5 pm-100 pm (twarde)
 100 pm-10 nm (miękkie)



Urządzenia rentgenowskie

Główne zastosowania:

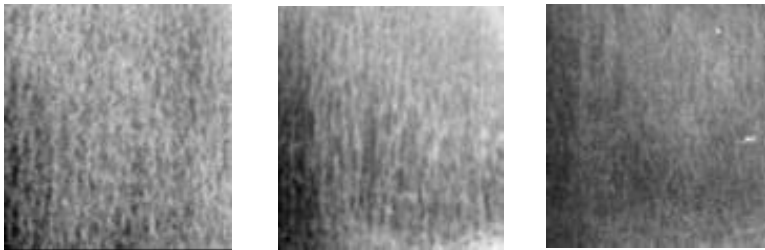
ortopedia

pulmonologia

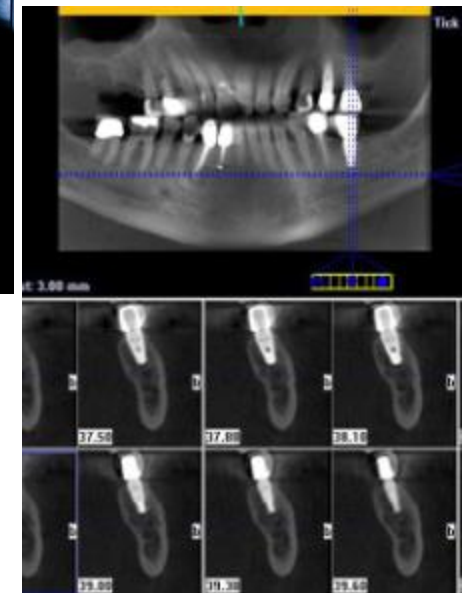
stomatologia

diagnostyka:

osteoporoza

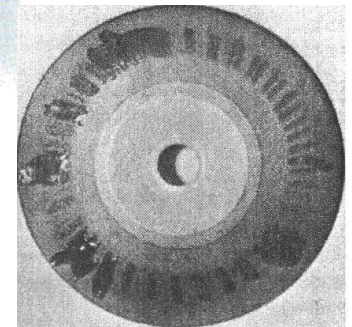
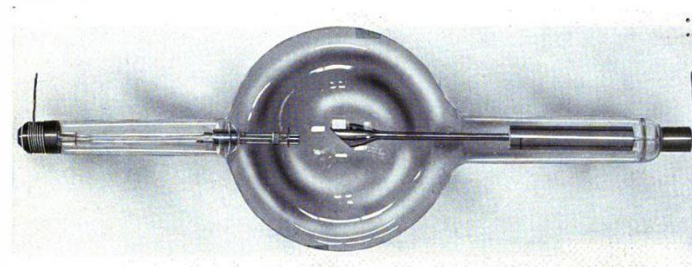
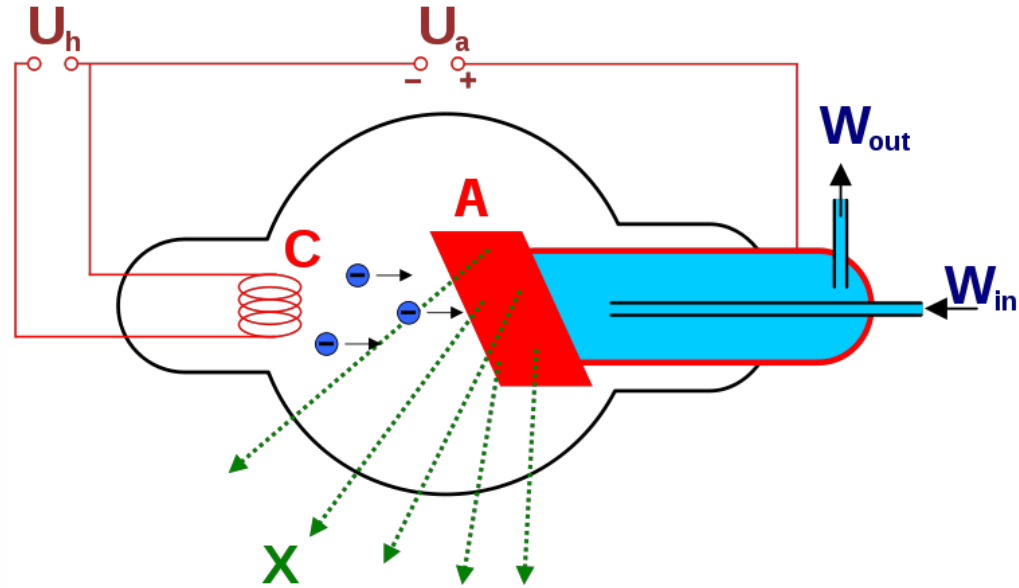
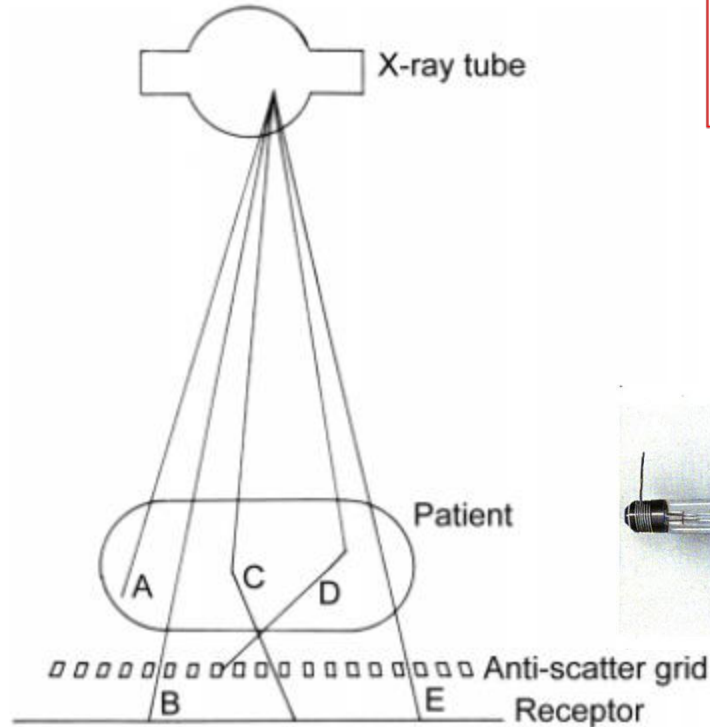


dr Piotr Cichy, obrazy kości nadgarstka



www.kavo.pl, Gendex

Urządzenia rentgenowskie

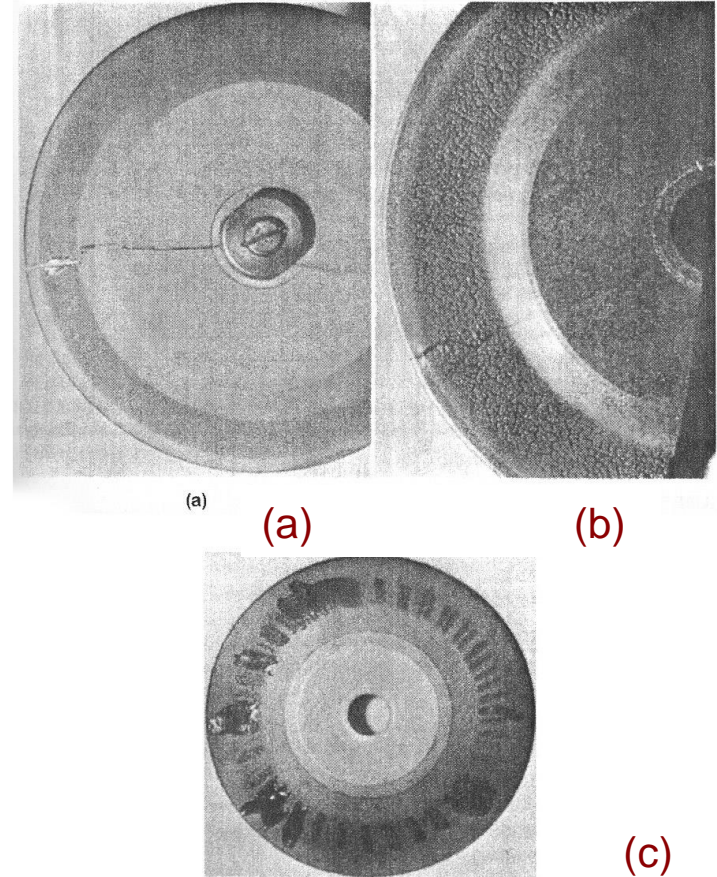


schemat obrazowania rentgenowskiego
wynik: rzut na płaszczyznę

wolframowa anoda

Uszkodzenia anody

Tylko 1% elektronów wiązki wytwarza użyteczne promieniowanie rentgenowskie. Energia pozostałych 99% jest zamieniana na ciepło.



Uszkodzone anody: brak obrotu (a), powolny obrót, nadmierne obciążenie (b), powolny obrót (c)

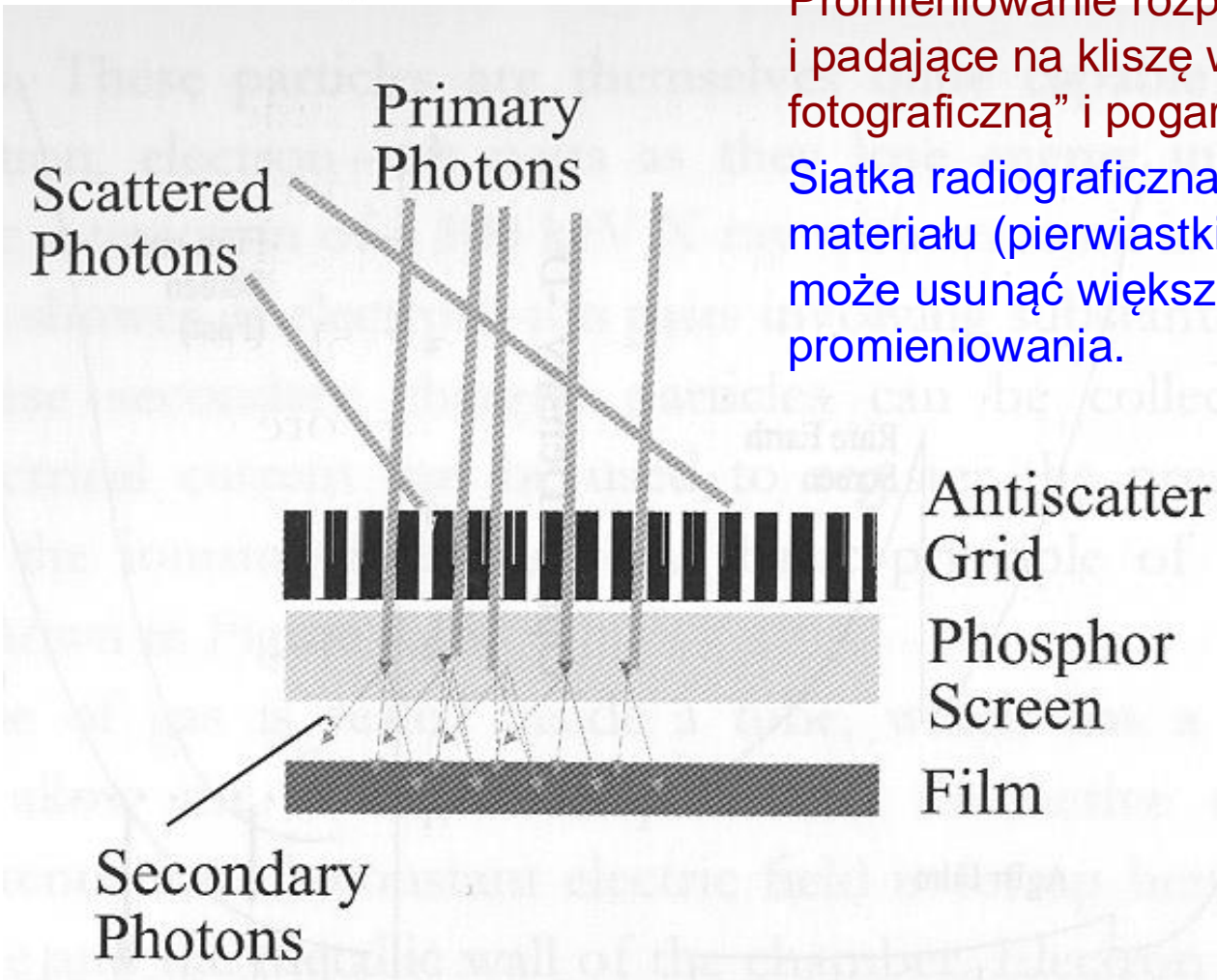
Urządzenia rentgenowskie

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





Siatki radiograficzne

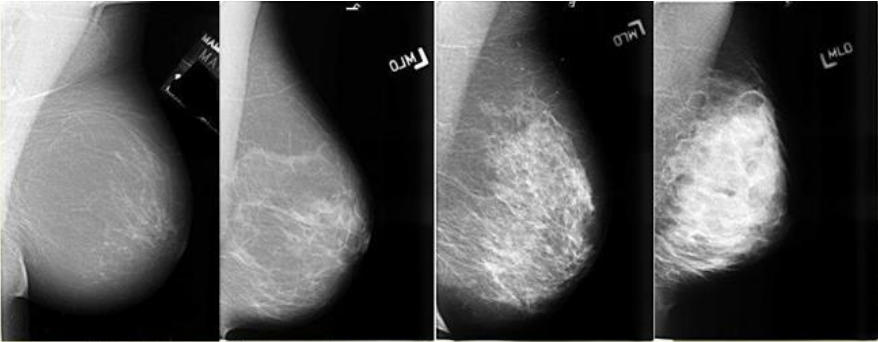


Promieniowanie rozproszone w ciele pacjencie i padające na kliszę wytwarza “mgłę fotograficzną” i pogarsza jakość obrazu.

Siatka radiograficzna złożona z gęstego materiału (pierwiastki o dużej liczbie atomowej) może usunąć większość rozproszonego promieniowania.

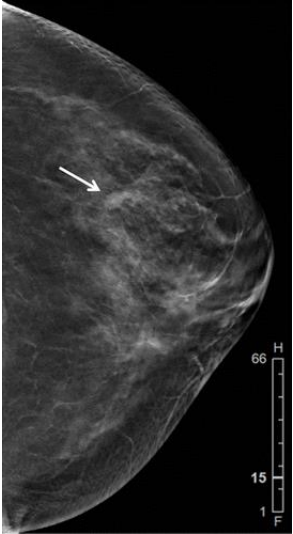


Cyfrowa tomosynteza piersi (Digital Breast Tomosynthesis)



Breast composition and its mammographic appearance.³

mammografia

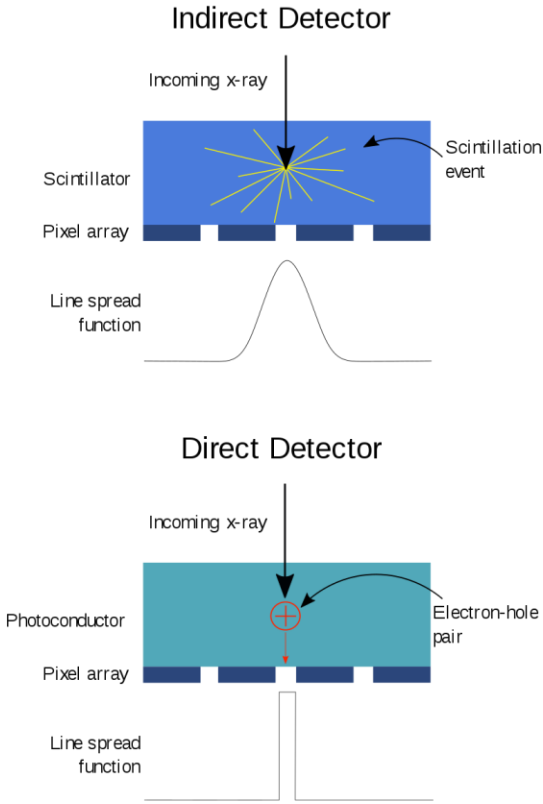


DBT



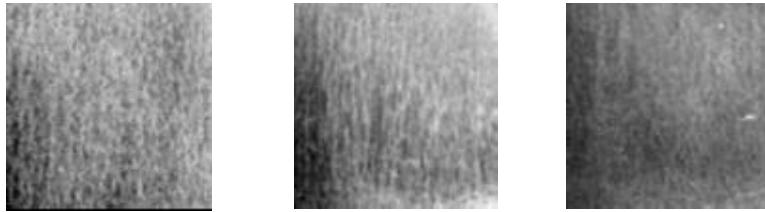


Fluoroskopia – ruchome obrazy RTG





Analiza obrazów rentgenowskich nadgarstka

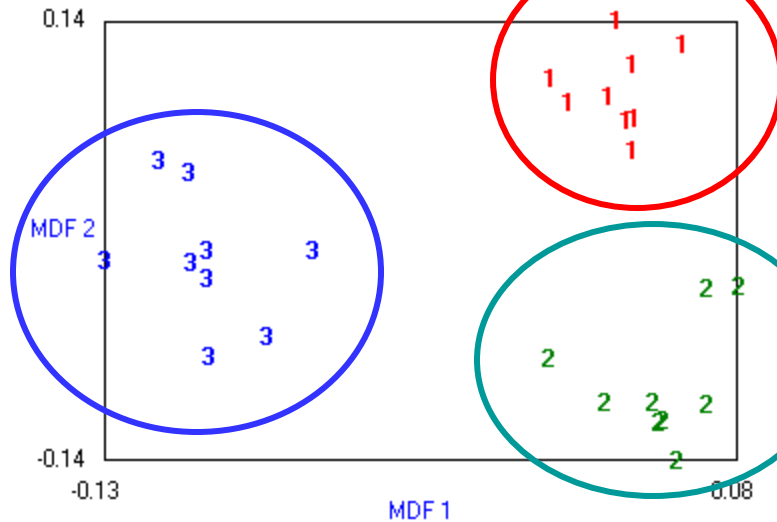


kość zdrowa (1)

osteopenia (2)

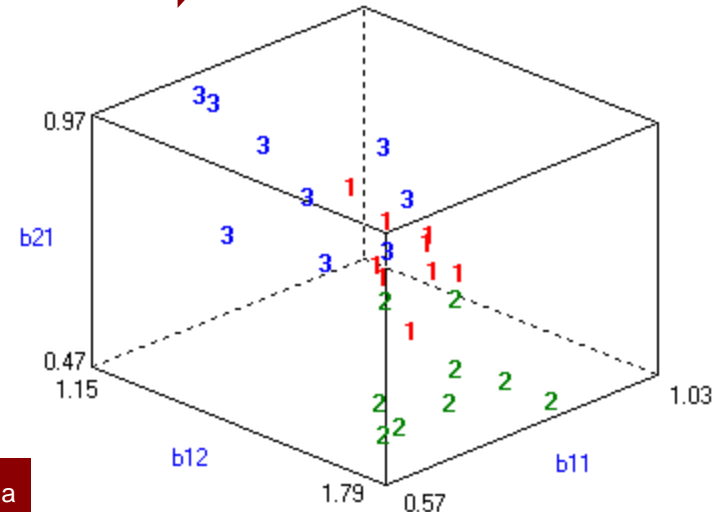
osteoporoza (3)

model losowego pola Markowa



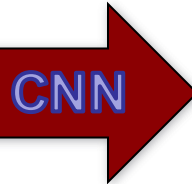
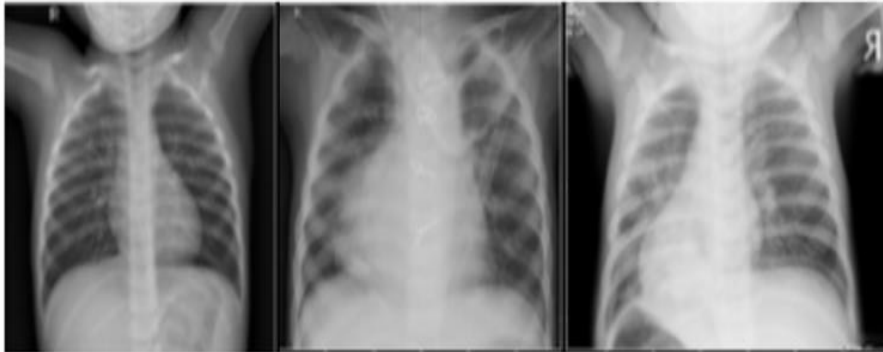
błąd: 0%

Liniowa Analiza Dyskryminacyjna

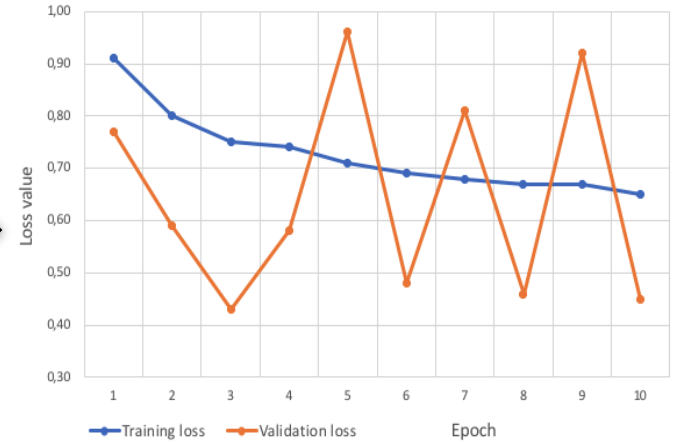


błąd: 9%

Pulmonologia



healthy bacterial pneumonia viral pneumonia



THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS INC.



SIGNAL PROCESSING
ALGORITHMS, ARCHITECTURES, ARRANGEMENTS, and APPLICATIONS
SPA 2020
September 23rd - 25th, 2020, Poznań, POLAND

Pneumonia detection in X-ray chest images based on convolutional neural networks and data augmentation methods

Jakub Garstka, Michał Strzelecki
Institute of Electronics, Lodz University of Technology
Wólczajska 211/215, 90-924 Łódź, Poland
234055@edu.p.lodz.pl, michal.strzelecki@p.lodz.pl

Accuracy – 85 %		Predicted label		
		0	1	2
True label	0	205	9	6
	1	12	183	17
	2	33	7	78

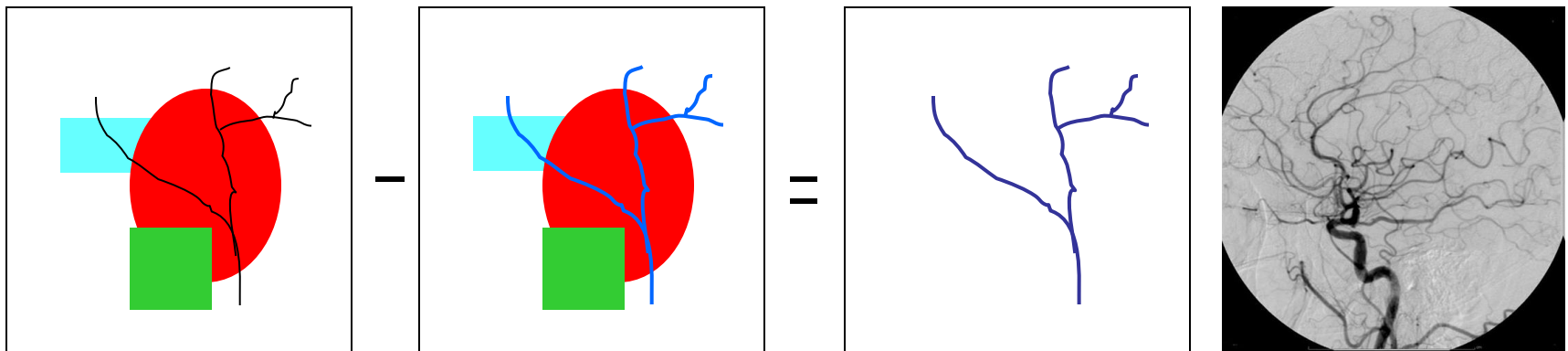


Urządzenia rentgenowskie - angiografia

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

Środek kontrastowy (środek kontrastowy) zawiera głównie jod ($Z=53$) lub bar ($Z=56$). Dla tkanek miękkich $Z=7,4$ współczynniki tłumienia znacznie różnią się wartością, co umożliwia wyraźne odróżnienie struktury zawierającej kontrast od tkanki sąsiedniej.

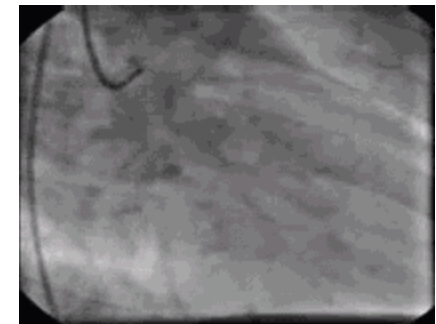
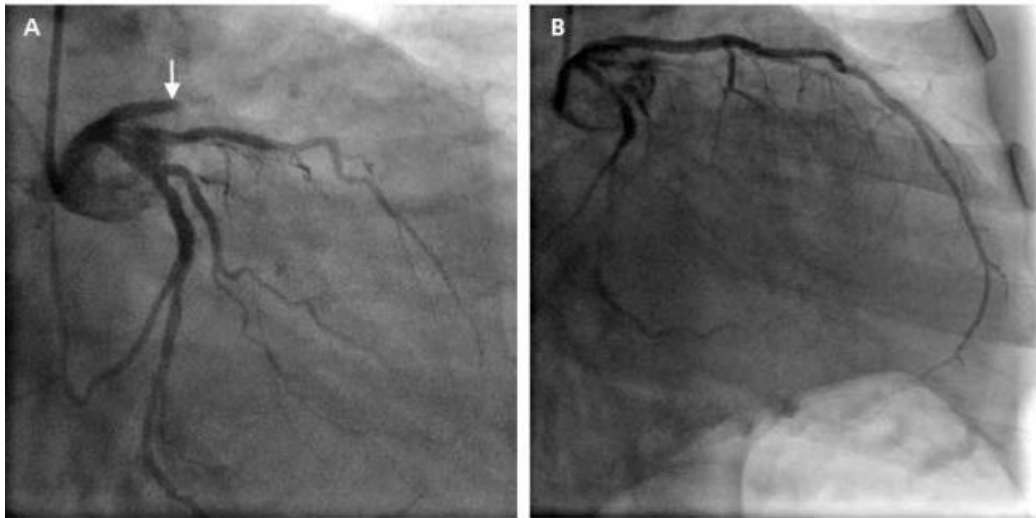
cyfrowa angiografia subtrakcyjna



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

Urządzenia rentgenowskie - angiografia

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



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

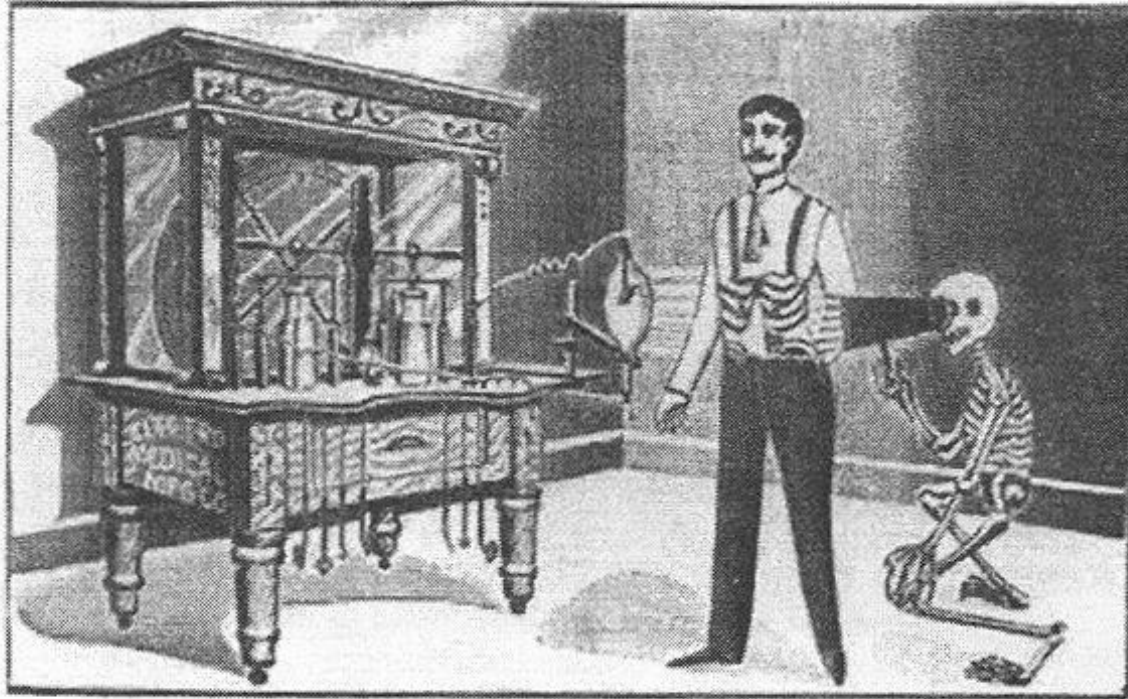
<https://www.ypo.education/vascular-surgery/stent-placement-t643/video/>

https://www.youtube.com/watch?v=Spdc_zeFFOM

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



USA, lata 20. XX w.



Great Reduction

IN PRICE OF

HIGH GRADE

X RAY and STATIC MACHINES,

GALVANIC, Portable, Dry Cell, FARADIC COMBINATION Batteries,

Cabinets, Wall and Table Plates, Switchboards, Cautery and Illumination Batteries, Rheostats, Meters and Electrodes.

Our new Catalogue No. 8 will be sent free on application.

Electro-Medical Mfg. Co.

350 Dearborn St., CHICAGO, ILL.



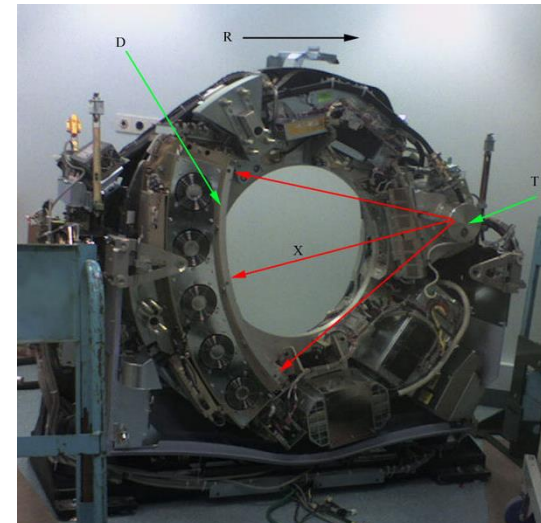
Tomografia

(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

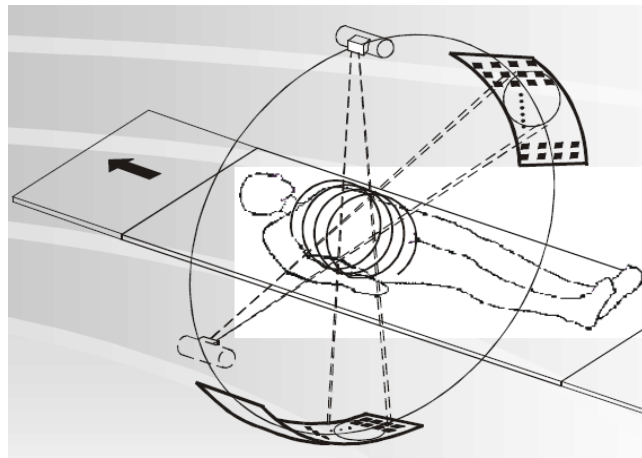
REZONANS
MAGNETYCZNY



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

Tomografia komputerowa (TK)

- obrazy przekrojów (nie rzutów na płaszczyznę)
- nie różnicuje tkanek miękkich,
- bardzo dobra jakość obrazu,
- badanie inwazyjne,
- stosunkowo duży koszt

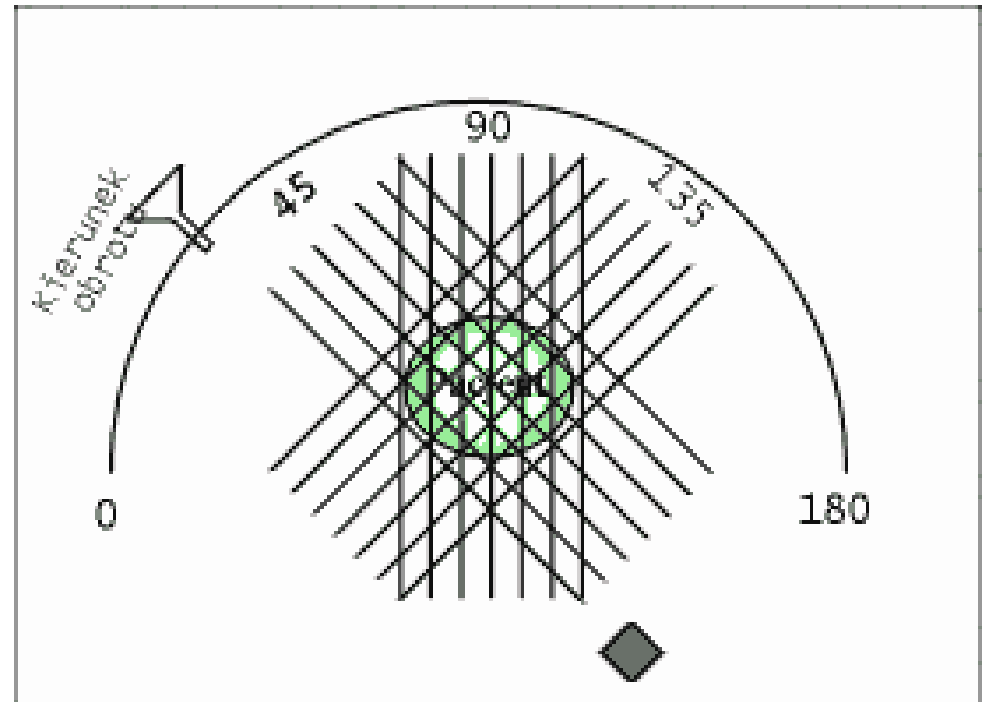


[biomech.pwr.wroc.pl/
konferencja/Cierniak.pdf](http://biomech.pwr.wroc.pl/konferencja/Cierniak.pdf)

I generacja tomografów



- Służyły wyłącznie do wykonywania badań tomograficznych głowy pacjenta
- Lampa rentgenowska poruszała się wraz z detektorami zarówno wokół jak i wzdłuż ciała pacjenta
- Zastosowano pojedynczą wiązkę promieniowania z pojedynczym detektorem
- Lampa wraz z detektorem przesuwała się po linii prostopadłej do osi pacjenta

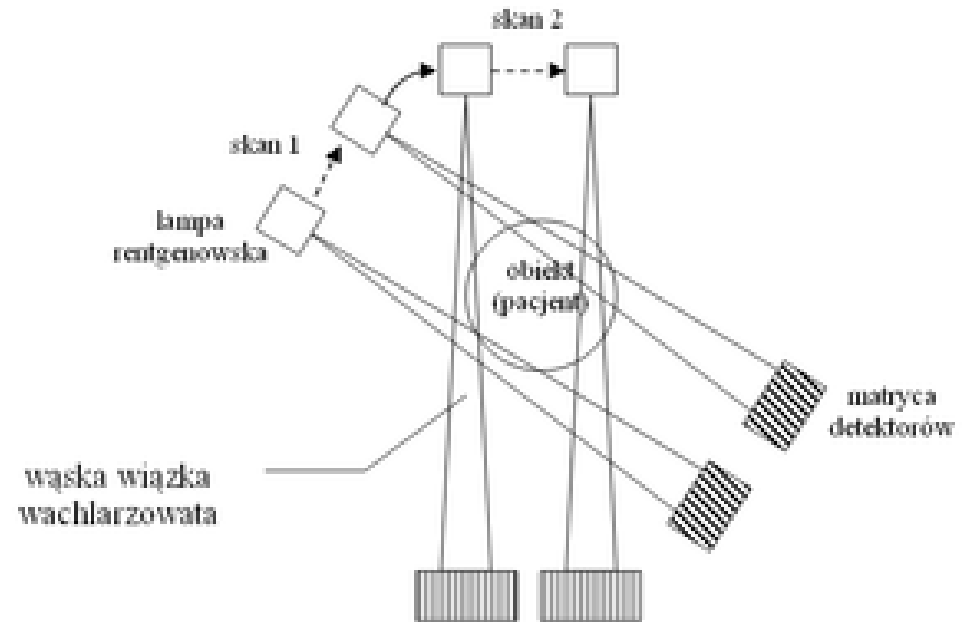


II generacja tomografów



W skanerach drugiej generacji pojedynczą wiązkę zastąpiono wieloma wiązkami ułożonymi w kształcie wachlarza, a pojedynczy detektor wieloma detektorami

Badanie w dalszym ciągu oparte jest na zasadzie przesunięcie-obrót, ale zastosowanie wielu wiązek i detektorów pozwala zwiększyć kąt obrotu lampy i detektorów. Dzięki takiemu rozwiązaniu zebranie skanu trwa 20 sekund – 3.5 minuty.

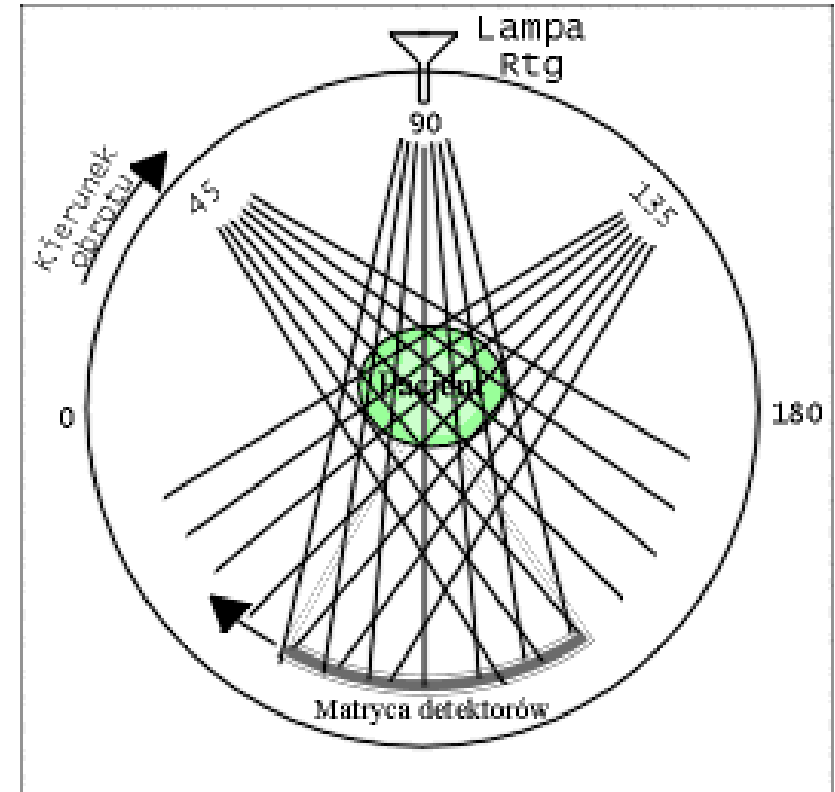


III generacja tomografów



W urządzeniach III generacji wyeliminowano ruch translacyjny lampy i detektorów.

Lampa, podobnie jak w skanerach II generacji, emituje w sposób pulsacyjny „wachlarz” wiązek obejmujący cały badany przekrój. Wiązki są rejestrowane przez macierz detektorów (ich liczba może przekraczać 1000) rotujących w sposób ciągły razem z lampą. θ zmienia się podczas badania w zakresie 0° – 360° . Ta technologia określana jako obrót-obrót, pozwala na zredukowanie czasu zbierania skanu do 5 sekund.

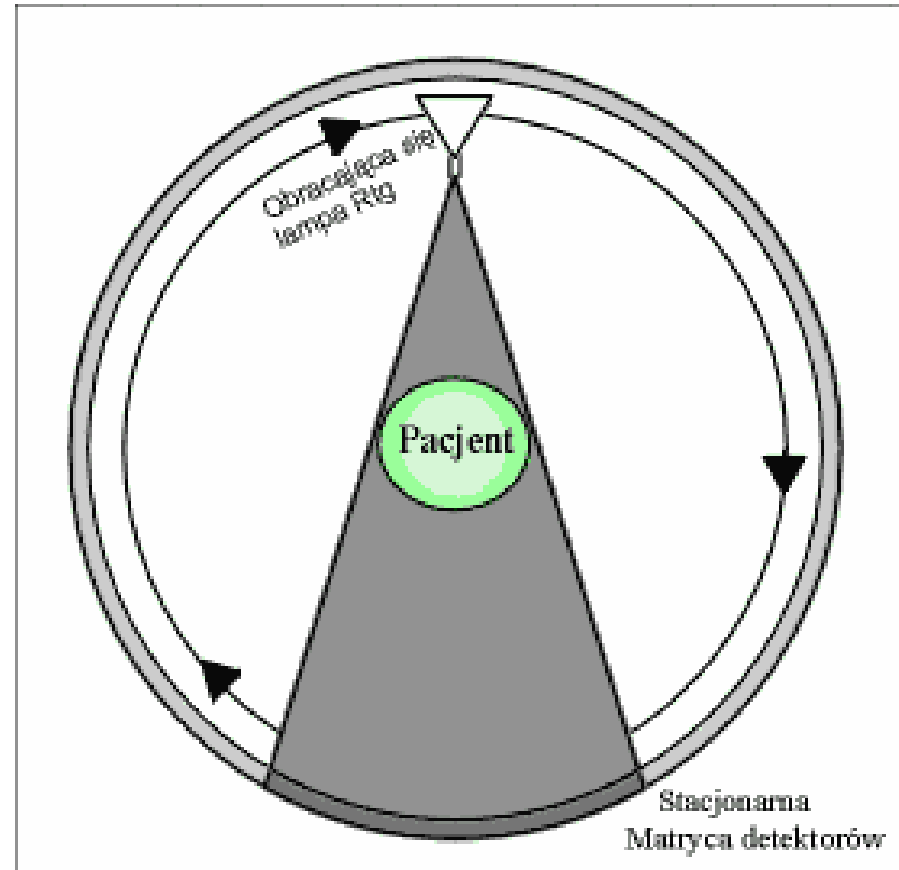


IV generacja tomografów

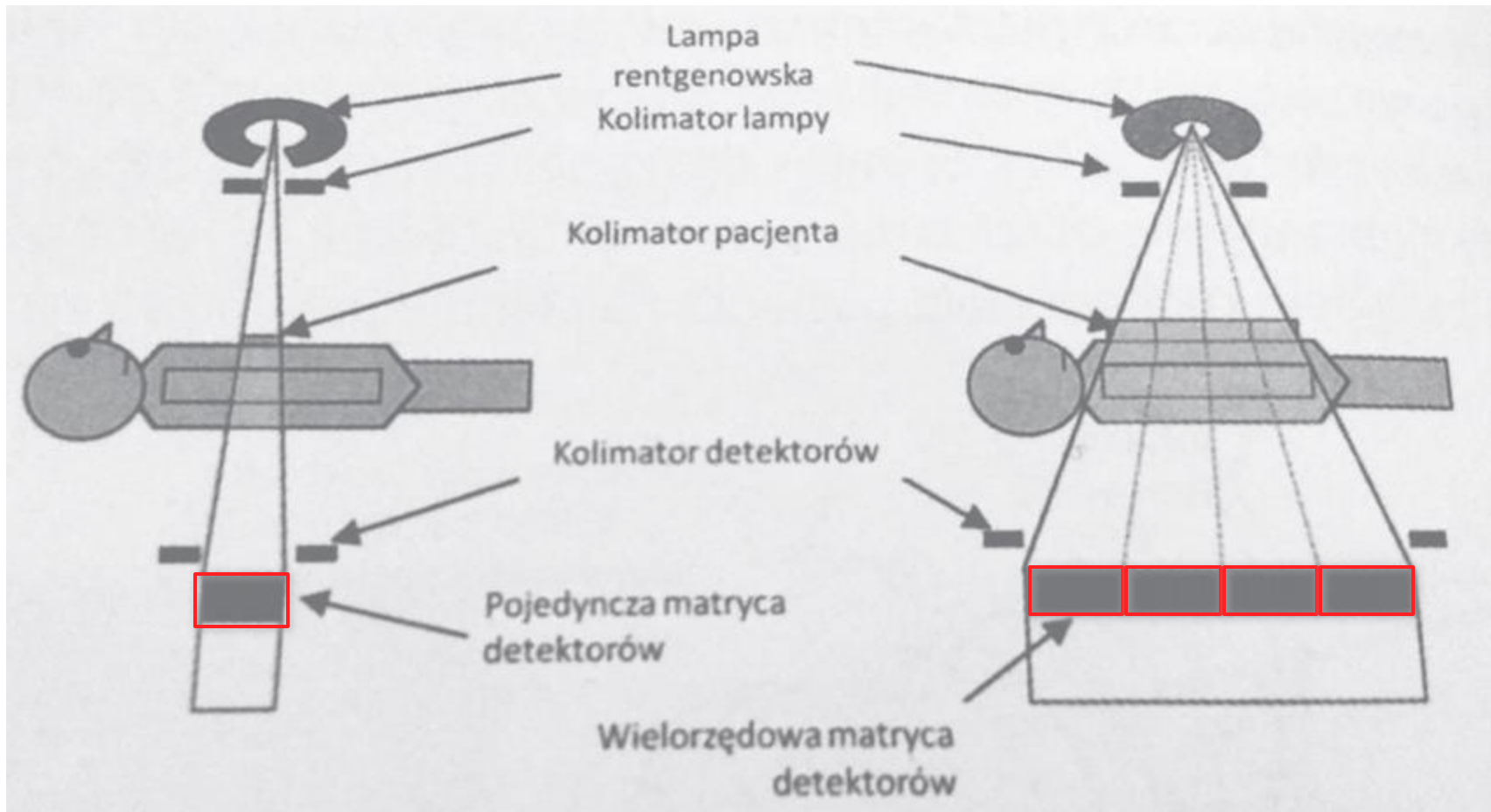
Wprowadzenie do Inżynierii biomedycznej



Skaner IV generacji, pracujący w systemie rotate-fixed, złożony jest z rotującej lampy oraz macierzy nieruchomych detektorów (do 5000) na stałe zamontowanych wokół pierścienia.



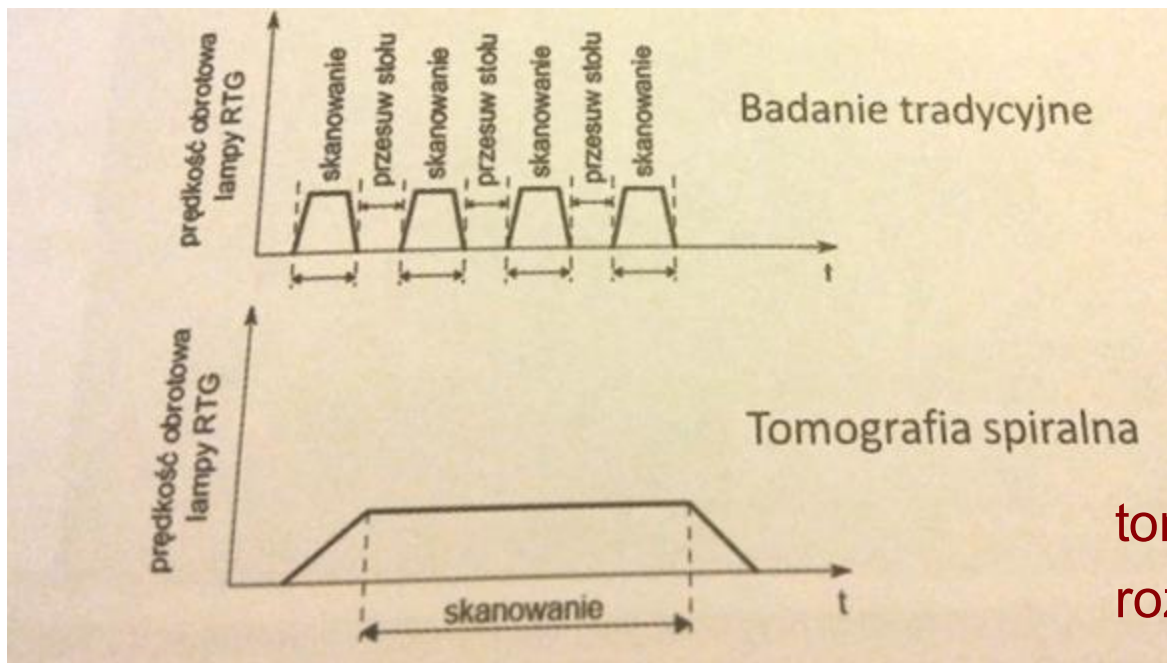
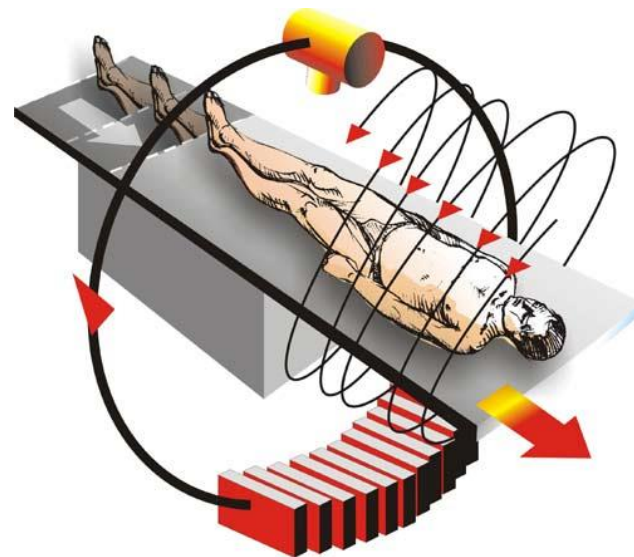
Wielorzędowa TK



Spiralna TK



Pozwala skrócić czas badania jak i zmniejszyć dawkę podawanego kontrastu. Spowodowała ona szybki rozwój angiografii.



tomografy CBCT, wielorzędowe
rozdzielczość do 0.4 mm

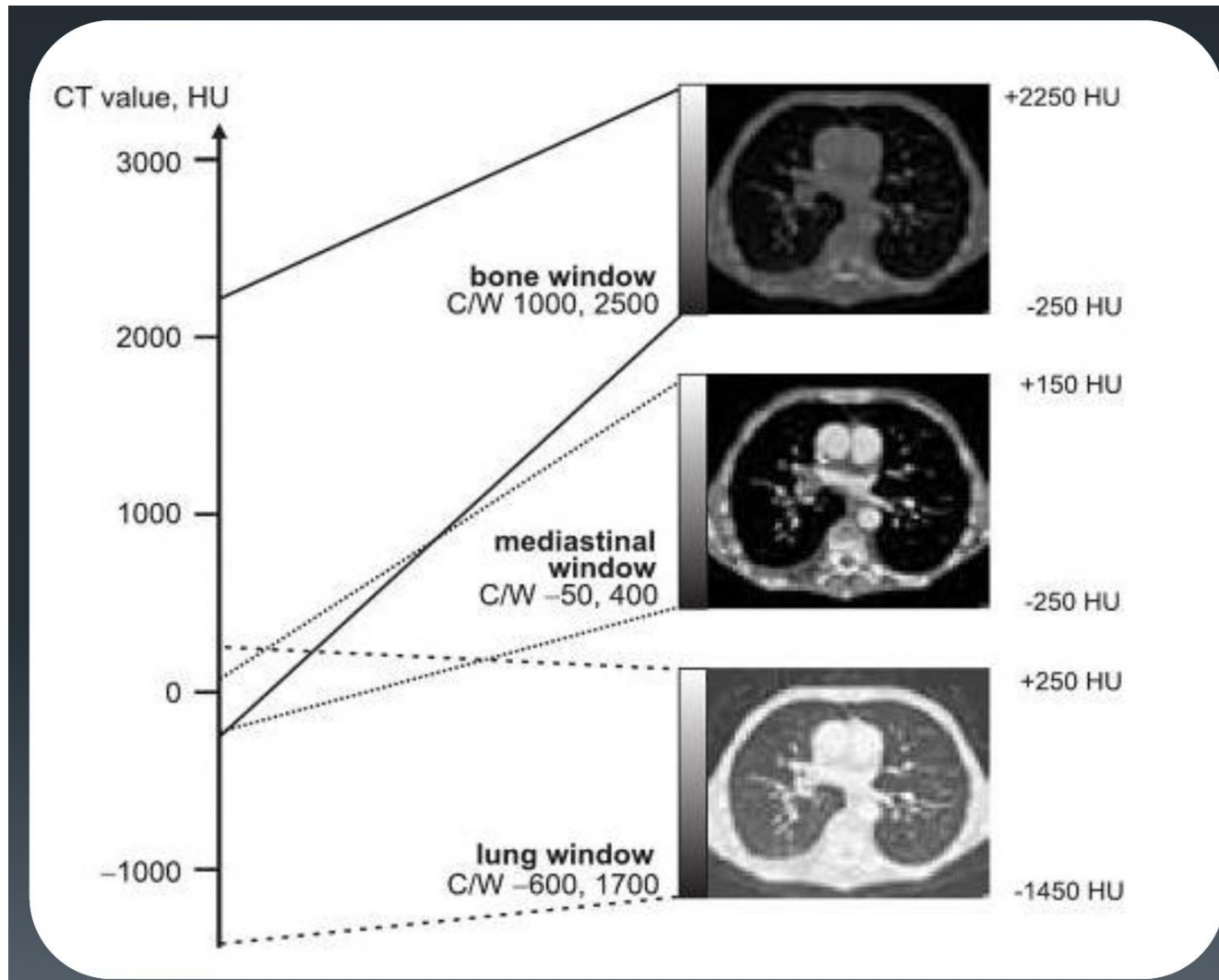


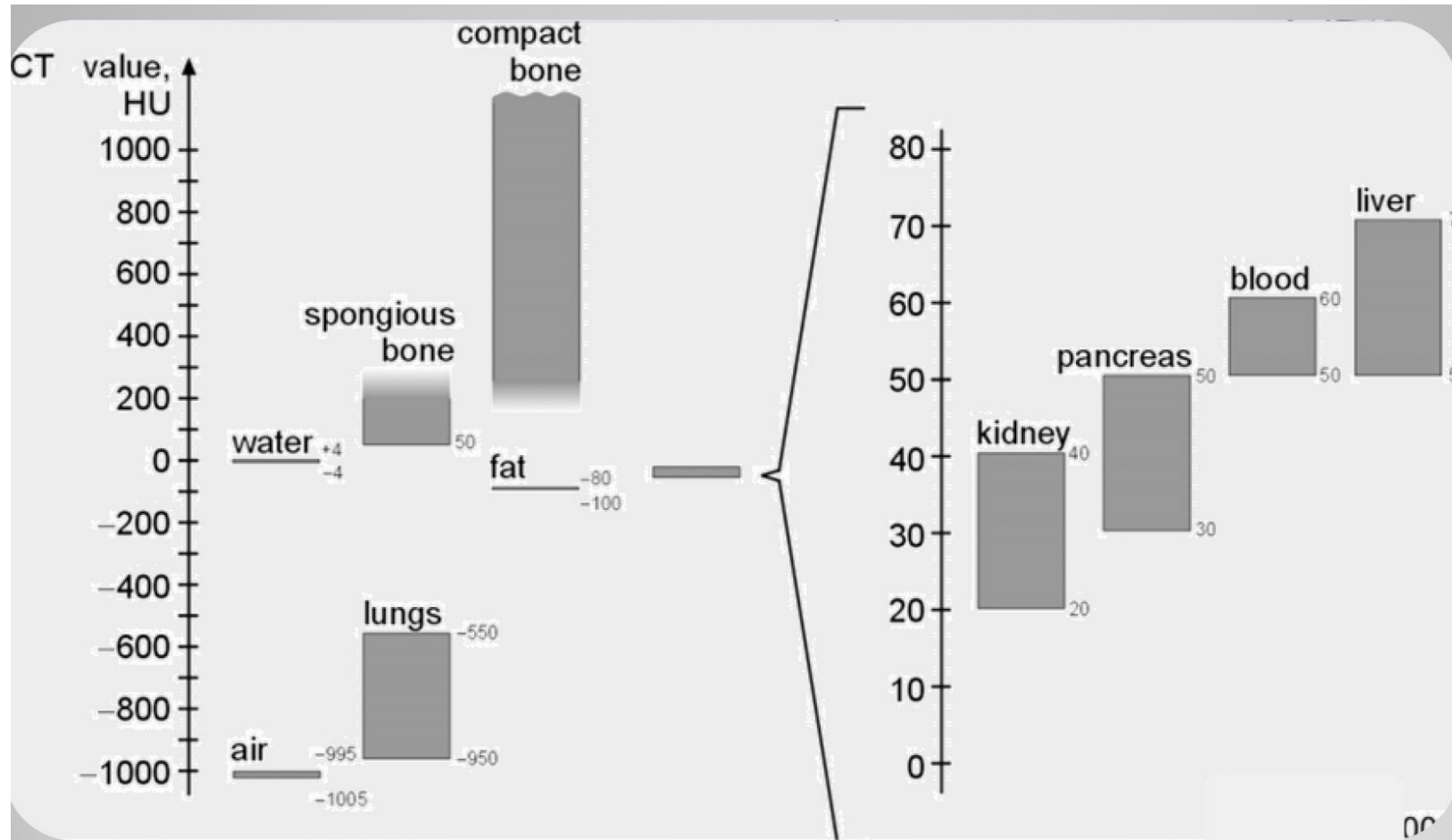
Skala jednostek Hounsfielda jest liniowym przekształceniem pomiaru liniowego współczynnika tłumienia promieniowania rentgenowskiego, w której gęstość radiologiczna wody destylowanej w standardowej temperaturze i ciśnieniu (0°C, 1000 hPa) jest definiowana jako zero jednostek Hounsfielda (HU), natomiast gęstość powietrza w warunkach standardowych jest określana jako -1000 HU. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Skala_Hounsfielda]

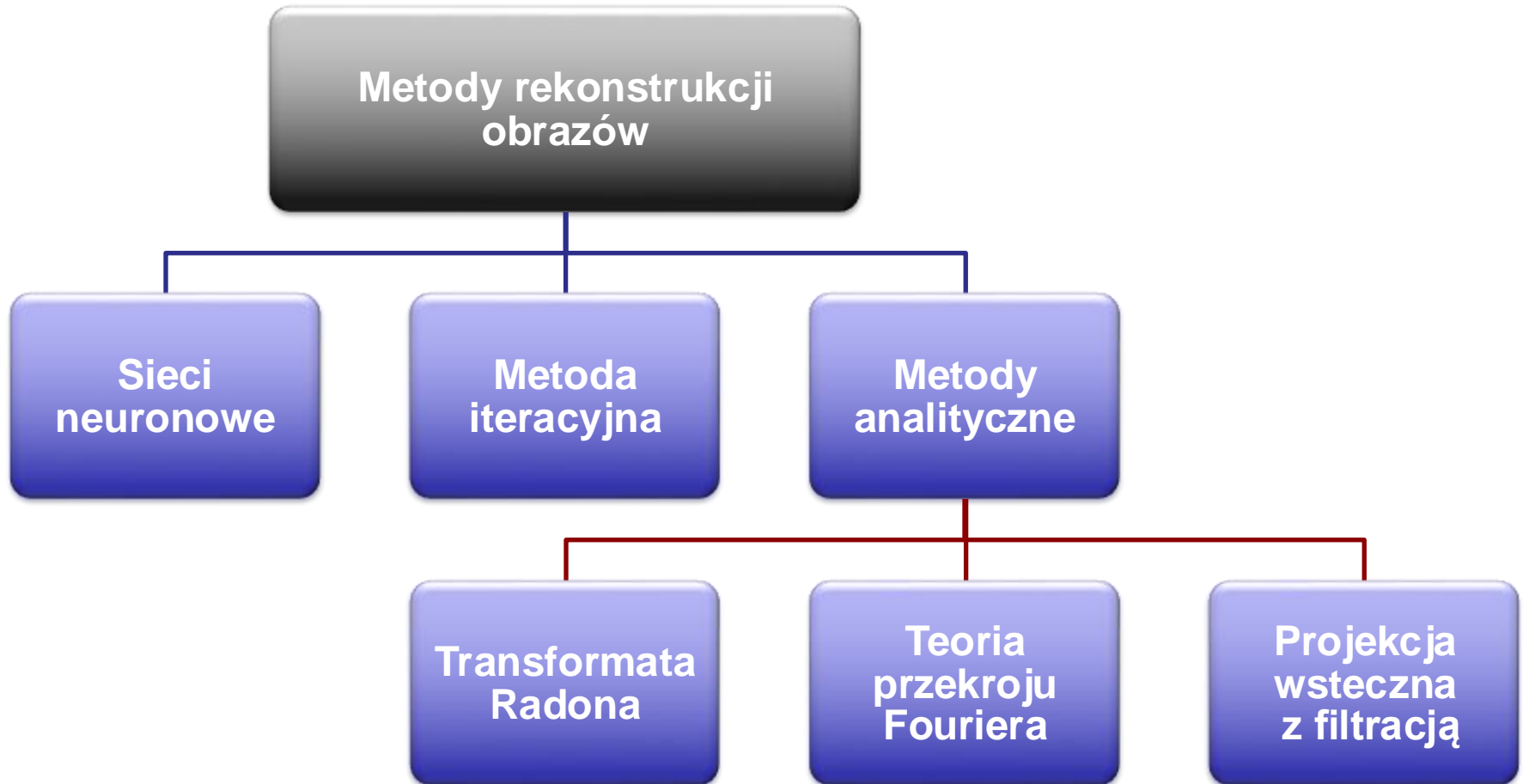
$$HU = \frac{\mu_X - \mu_{H_2O}}{\mu_{H_2O} - \mu_{powietrza}} 1000$$

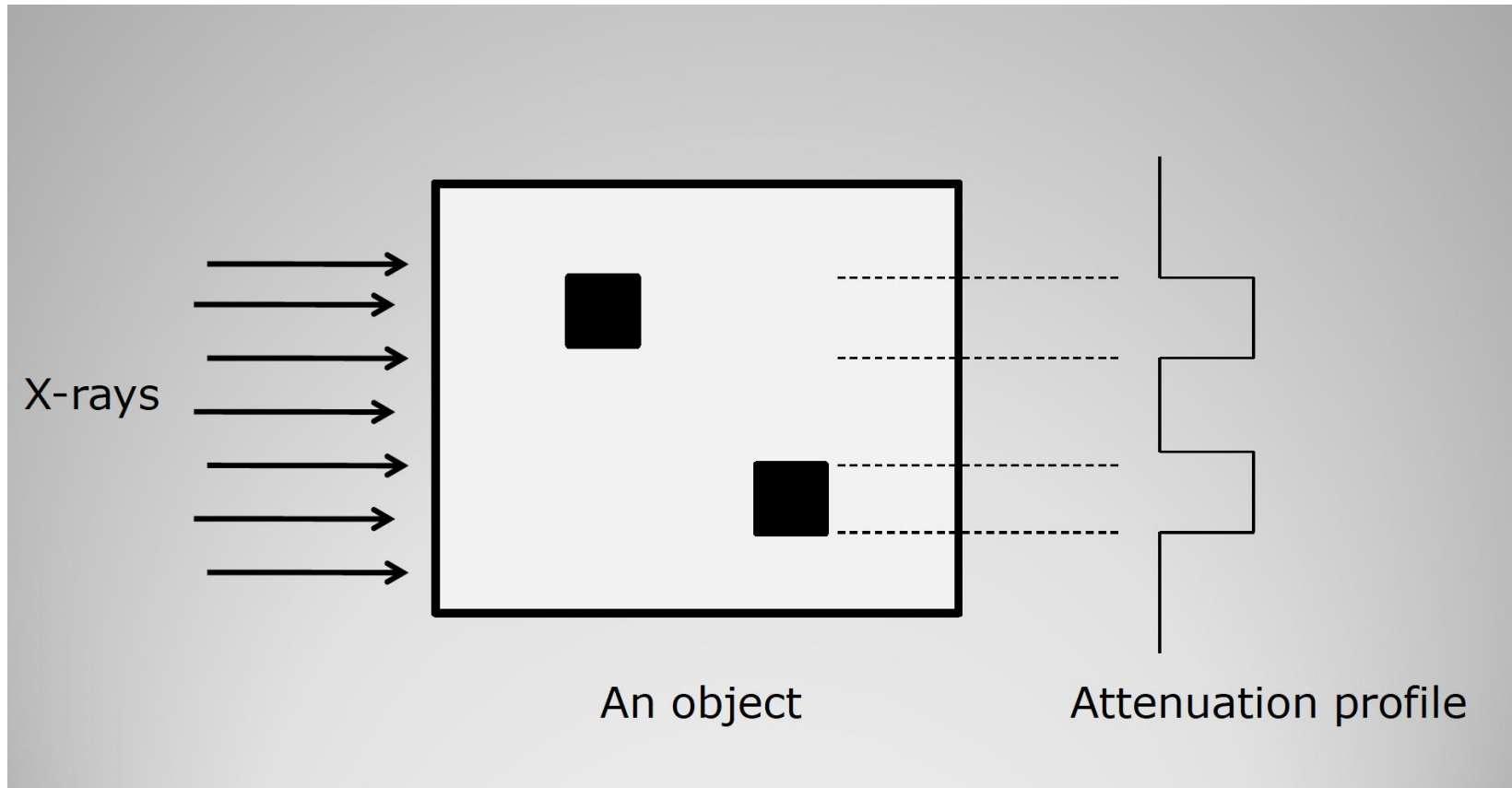
Rodzaj tkanki	Współczynnik pochłaniania (IH.)
Kości	od 300 do 1000
Tarczyca	70 ± 10
Wątroba	65 ± 5,0
Śledziona	50 ± 5,0
Nerka	30 ± 10
Trzustka	40 ± 10
Tkanka tłuszczowa	-65 ± 10
Płuca	od -600 do -800
Płyny ustrojowe:	
• Krew wynaczyniona (do 6–8 dnia po krwotoku)	80 ± 10
• Krew żylna	55 ± 5,0
• Wysięk	>18 ± 2,0
• Przesięk	<18 ± 2,0





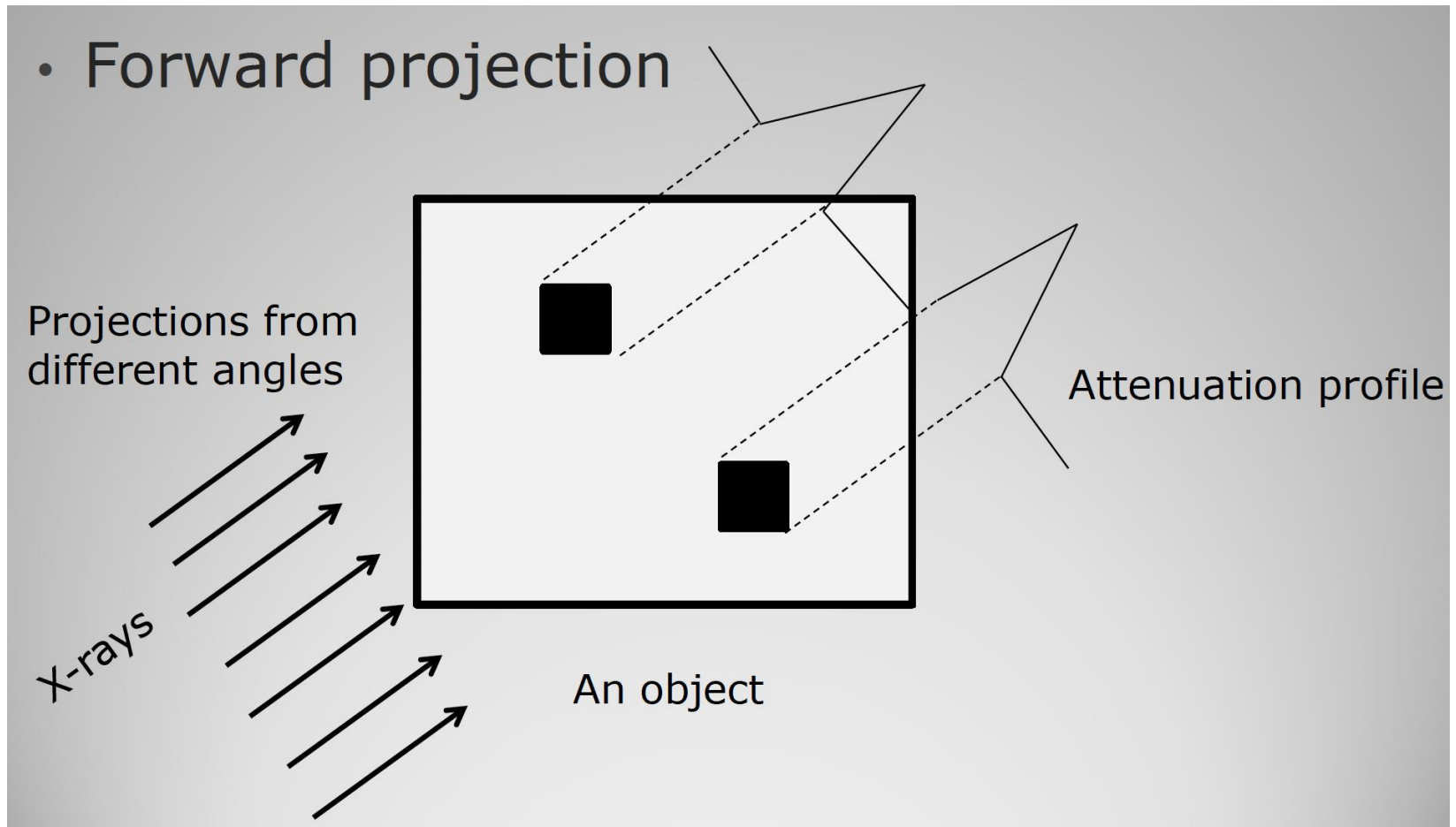






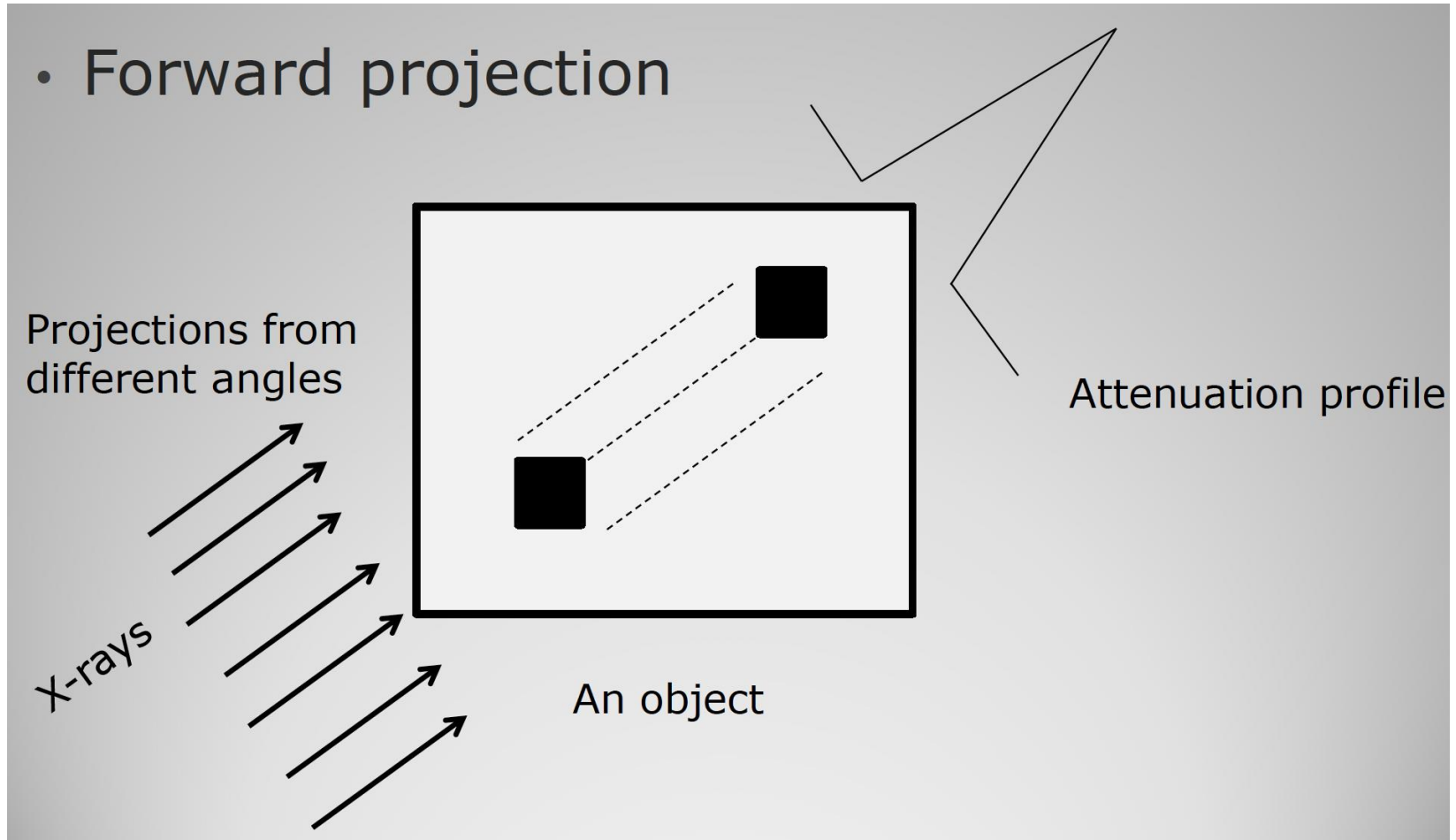


- Forward projection





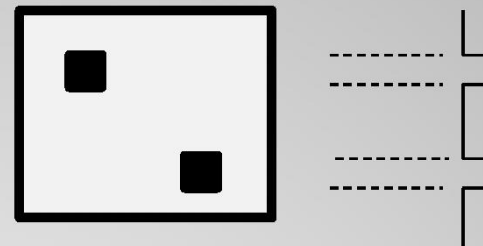
- Forward projection





- Simple backprojection

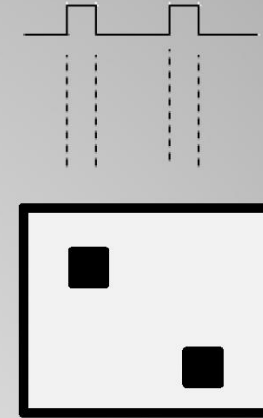
0° Attenuation profile





- Simple backprojection

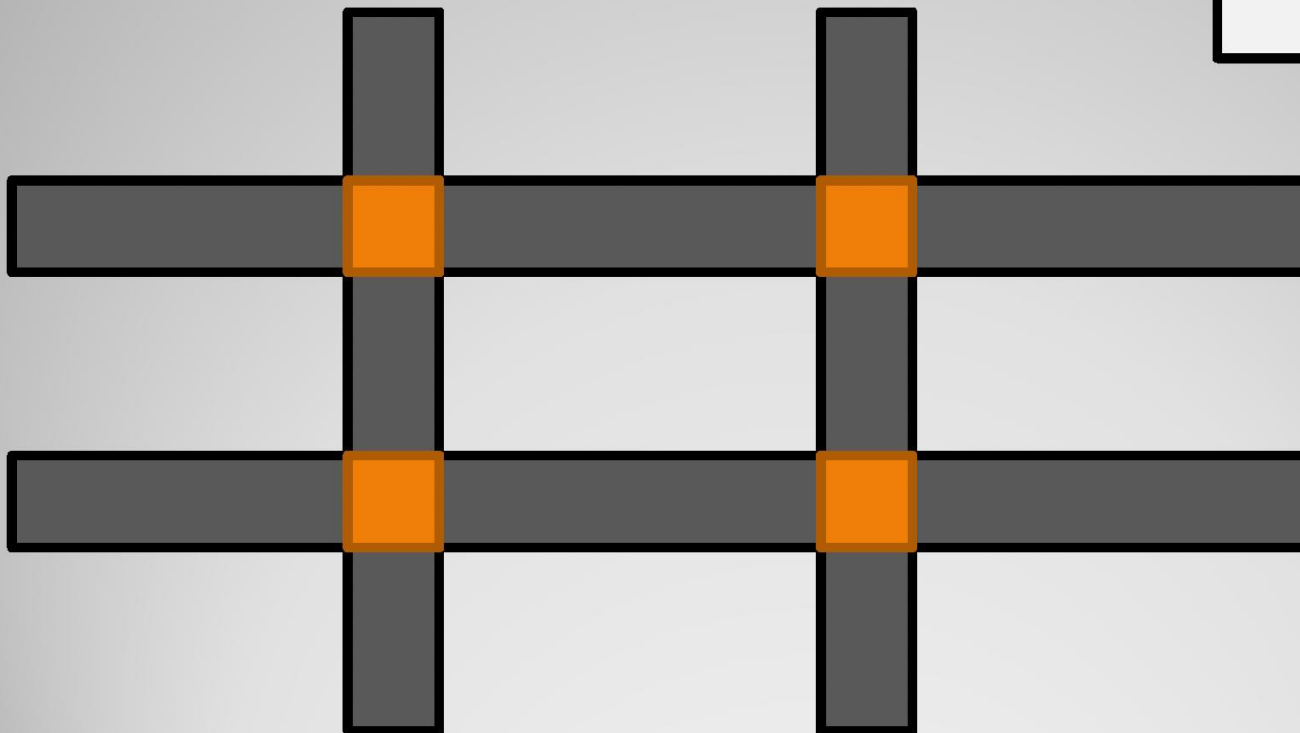
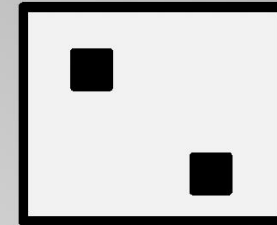
90° Attenuation profile





- Simple backprojection

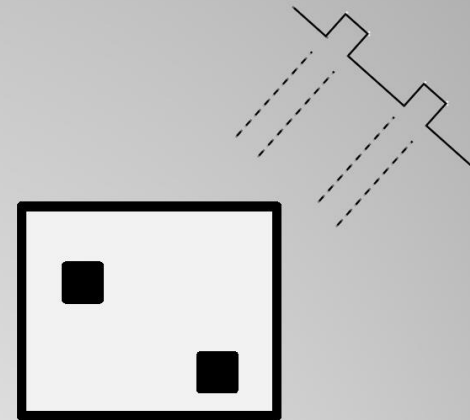
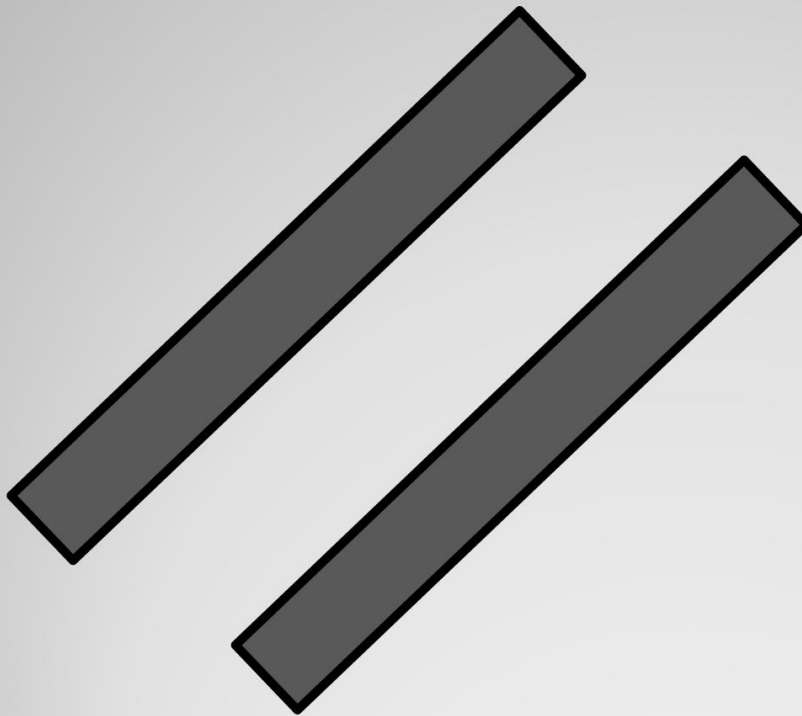
Summation





- Simple backprojection

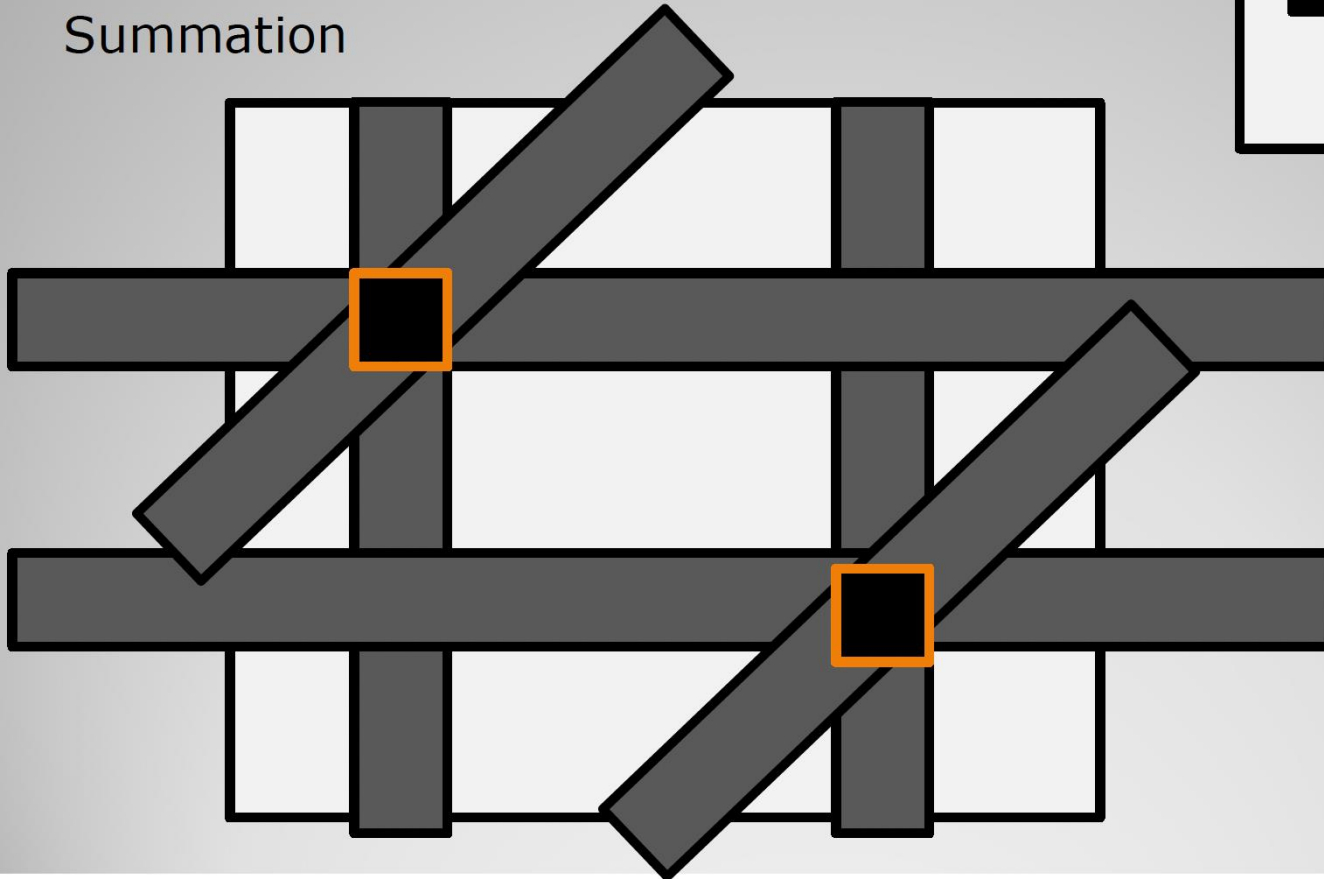
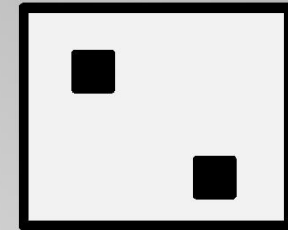
45° Attenuation profile





- Simple backprojection

Summation





Obraz kolejnych profili tłumienia (projekcji) – sinogram

Po rekonstrukcji za pomocą wstecznej projekcji obraz byłby rozmyty

Aby tego uniknąć stosuje się filtrację wierszy sinogramu



Tomografia komputerowa (TK)

zastosowania:

neurologia

kardiologia

pulmonologia

gastroenterologia

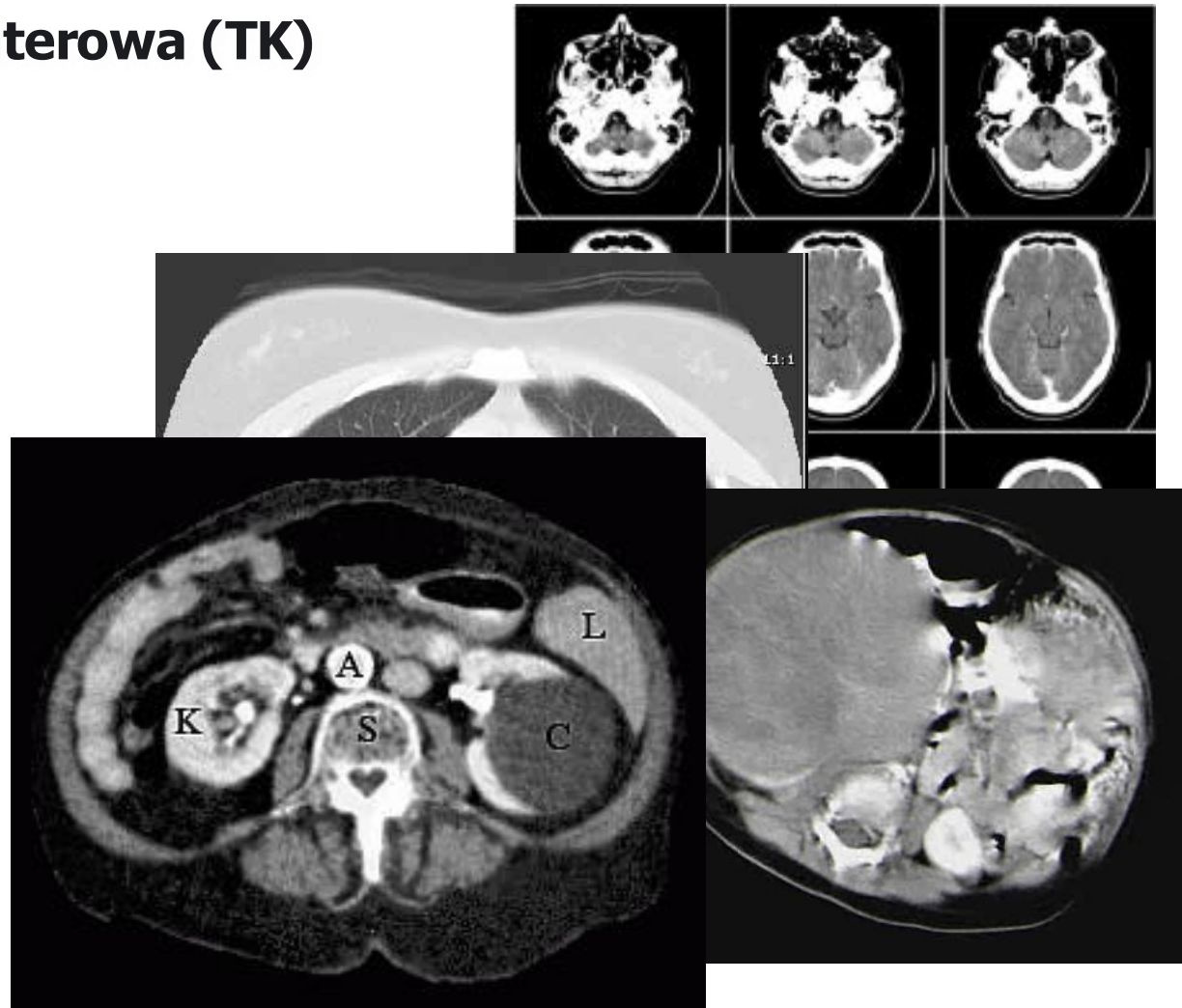
.....

diagnostyka:

nowotwory mózgu,

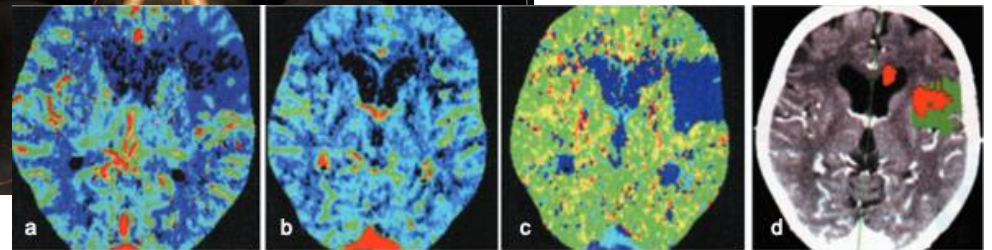
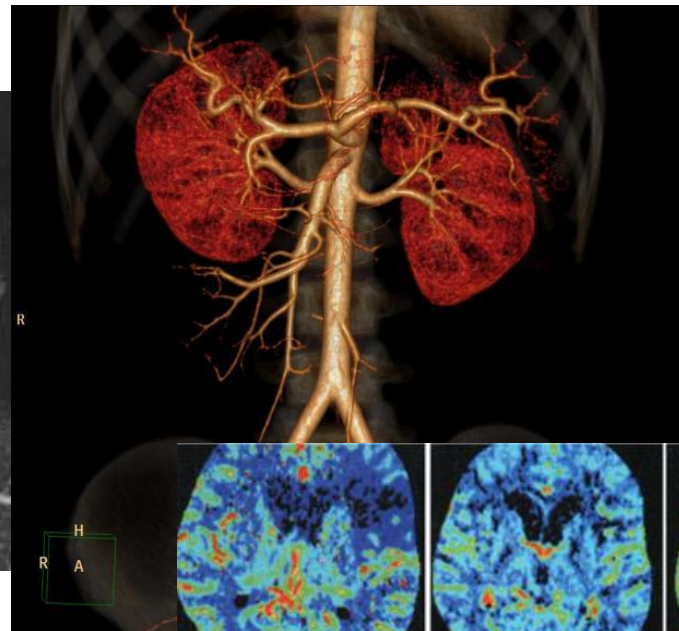
nerek, wątroby

choroby płuc



angiografia CT

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





Promieniowanie rentgenowskie jest promieniowaniem jonizującym:
szkodliwe w przypadku nadmiernej ekspozycji

Uczulenie na kontrast



Dopuszczalne wartości narażenia na promieniowanie:

Zasada ALARA (As Low As Reasonably Achievable) – limity dawek powinny być tak niskie, jak to możliwe z punktu widzenia jakości obrazowania

Monitorowanie promieniowania: specjalne plakietki – ciemnieją pod wpływem promieniowania

Kobiety w ciąży: nie więcej niż 0,5 rem w czasie ciąży i 0,05 rem/miesiąc

Tomografy komputerowe (pomieszczenia) powinny być ekranowane, wyposażone w wizualne i dźwiękowe znaki ostrzegawcze



Bezpieczeństwo i zagrożenia

- 1 Gy = 100 rad
- 1 mGy = 100 mrad
- 1 Sv = 100 rem
- 1 mSv = 100 mrem

Examination	Typical effective dose (mSv)	(millirem)
X-ray Personnel security screening scan	0.00025	0.025
Chest X-ray	0.1	10
Head CT	1.5	150
Screening mammography	3	300
Abdomen CT	5.3	530
Chest CT	5.8	580
CT colonography (virtual colonoscopy)	3.6–8.8	360–880
Chest, abdomen and pelvis CT	9.9	990
Cardiac CT angiogram	6.7-13	670–1300
Neonatal abdominal CT	20	2000

The average background exposure in the UK is 1-3 mSv per year.





Rodzaj badania	Efektywna dawka promieniowania	W porównaniu z naturalnym promieniowaniem tła
Radiografia (RTG) - kończyna	0.001 mSv	3 h
Tomografia komputerowa (CT) - głowa	2 mSv	8 miesięcy
Tomografia komputerowa (CT) – klatka piersiowa	7 mSv	2 lata
Tomografia komputerowa (CT) - jamy brzusznej i miednicy, powtarzana z kontrastem i bez niego	20 mSv	7 lat
Angiografia TK naczyń wieńcowych (CTA)	12 mSv	4 lata