
Komputerowe wspomaganie obrazowej diagnostyki medycznej (KWOD)

Artur Przelaskowski

MiNI, p. 506, artur.przelaskowski@pw.edu.pl, tel. 7821

<http://www.ire.pw.edu.pl/~arturp/> zakładka dydaktyka, zakładka KWOD

www.ire.pw.edu.pl/~arturp/Dydaktyka/kwod

Notatki z wykładów

(rysunki w dużej części ze źródeł internetowych oraz własnych)

Organizacja

- Wykład – podstawowy dotyczące
 - Uwarunkowania obrazowej diagnostyki medycznej (cele, rola, systemy, ograniczenia)
 - Elementy teorii (informatyki) obrazów oraz inteligencji wzmacnionej
 - Charakterystyka systemów CAD (konceptcje, cele, realizacje)
 - Zasady wykorzystania, kliniczne modele użytkowe, przykłady zastosowań
 - Metody: ML, DL, problem AI
- Projekt
 - Warunki realizacji, tematyka, ocena
- Zaliczenie
 - System punktowy 0-60, gdzie egzamin 50% i projekt 50% (5 pkt za wstępny opis projektu do 17.03, oddanie projektu – 9.06)
 - Skala: 31(3), 37(3.5), 43(4), 49(4.5), 55(5)
- Konsultacje projektowe: poniedziałek godz. 15 (zaraz po wykładzie) lub termin do ustalenia z zespołem

Literatura

- A.Przelaskowski, Komputerowe wspomaganie diagnostyki obrazowej w monografii Obrazowanie Biomedyczne, Seria Inżynieria Biomedyczna. Podstawy i Zastosowania, vol. 8 wyd. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT (2020), str.19—84
- A.Przelaskowski i inni, Komputerowe wspomaganie obrazowej diagnostyki medycznej, http://www.ire.pw.edu.pl/~arturp/Dydaktyka/kwod/kwod_beta.pdf plus inne materiały
- P.Mazzoncini de Azevedo-Marques, A.Mencattini et al. (Editors), Medical Image Analysis and Informatics: Computer-Aided Diagnosis and Therapy, CRC Press, 2018
- K.Suzuki, Machine Learning in Computer-Aided Diagnosis: Medical Imaging Intelligence and Analysis, IGI Global, 2012
- W.Birkfellner, Applied medical image processing, CRC Press, 2011
- A.P.Dhawan, Medical image analysis, Wiley & Sons, 2011
- A.A.Bui, R.K.Taira, Medical imaging infomatics, Springer, 2010
- J.S. Suri, R.M. Rangayyan, Breast imaging, mammography and computer-aided diagnosis of breast cancer, SPIE, 2006
- E.Neri, D.Caramella, C.Bartolozzi (eds), Image Processing in radiology, Springer-Verlag 2008
- R.Tadeusiewicz, J.Śmietański, Pozyskiwanie obrazów medycznych oraz ich przetwarzanie, analiza, automatyczne rozpoznawanie i diagnostyczna interpretacja, Wyd Studenckiego Towarzystwa Naukowego, Kraków, 2011
- Ch.Guy, D.fytche, An introduction to the principles of medical imaging, Imperial College Press, 2008
- B.Pruszyński (red.), Diagnostyka obrazowa. Podstawy teoretyczne i metodyka badań, Wyd Lekarskie PZWL, 2000
- M.R.Ogiela, R.Tadeusiewicz, Modern computational intelligence methods for the interpretation of medical images. Studies in Computational Intelligence 84. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2008
- R.N.Strickland, Image-processing techniques for tumor detection, Marcel Dekker, Inc. 2002
- K.Najarian, R.Splinter, Biomedical signal and image processing, CRC Taylor & Francis, 2006
- R.R.Rangayyan, Biomedical image analysis, CRC Press, 2005
- A.Meyer-Baese, Pattern recognition in medical imaging, Academic Press, 2003
- M.Sonka, V.Hlavac, R. Boyle, Image processing, analysis, and machine vision, PWS Publishing 1999

Kontekst: medycyna praktyczna/ technologie inżynieryjne/informatyka biomedyczna



By SSgt. Derrick C. Goode, U.S. Air Force - <http://hq.afnews.af.mil>; exact source, Domena publiczna, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5760964>





KWOD medycznej

- Uwarunkowania: **diagnoza** w kontekście terapii, ale też profilaktyki i rehabilitacji (ogólnie wobec uwarunkowań klinicznych)
- **Cel zasadniczy**: zwiększenie możliwości poznawczych radiologów/klinicystów
- Istotą **integracja**: inżynieria medyczna (interdyscyplinarna), obliczeniowo-koncepcyjna, procesów pomiaru sygnałów-formowania przekazu informacji-przetwarzania celem poprawy rozumienia-kształtowania warunków odbioru/percepcji, by optymalizować **warunki poznawcze** celem użytkowania **informacji**
- Metodyka (hierarchia istotności):
 - słowo klucz: **wspomaganie** (udzielać pomocy, wspomóc działanie, wspierać podmiot-lekarza)
 - **modele poznawcze** (teoria i praktyka, pomiary i sygnały, reprezentacje, cechy i klasyfikacje, ontologie, heurystyki itd., upraszczanie, uczenie, klasyfikacje)
 - **realizacje** (algorytmy, deskryptory, formalizowane protokoły, ścieżki i wytyczne, metody implementacji, eksperyment, weryfikacja użyteczności)
 - **systemy** (integracja, materiały, obsługa, informatyzacja)



Wspomaganie diagnostyki obrazowej

- Cel: wspieranie decyzji klinicznych lekarza poprzez
 - poprawę walorów użytkowych zobrazowań (lepsze systemy obrazowania i systemy zarządzania danymi, rekonstrukcji i wizualizacji obrazów)
 - wzrost efektywności interpretacji obrazów (mniejsza czasochłonność, uproszczenie - ułatwienie, klarowność, czułość, trafność, redukcja liczby błędów)
 - zwiększenie klinicznej skuteczności podejmowanych decyzji (kryterium użyteczności)
- Narzędzia i metody
 - przedmiot-podmiot poznania (pacjenci, objawy, kontekst kliniczny, wiedza medyczna ...)
 - procedury użytkowe - protokoły badań, wytyczne, problem obiektywizacji, forma komunikacji człowiek-maszyna, miary sukcesu, weryfikacja skuteczności metod
 - systemy obrazowania medycznego (urządzenia, pacjent, obsługa, warunki pomiaru) – zapis informacji, problem szkodliwości i uciążliwości badania, interfejsy, adaptacja on-line warunków zobrazowań, archiwizacja i telediagnostyka, standaryzacja procedur i protokołów itd.
 - obliczeniowe metody/systemy wspomaganie – archiwa, sieć i protokoły, przetwarzanie rozproszone, telekonsultacje, standaryzacja strumieni, metod obróbki, formatów danych, deskryptory informacji, miary jakości, źródła i zasoby wiedzy, modele wiedzy i użytkowe, modele percepcji, inteligencja obliczeniowa/semantyczna, formy interakcji, interfejsy

Trudne inżyniersko: orientowanie rozwiązań na człowieka (podmiot: pacjent-lekarz)

- Specyfika
 - wiedza biomedyczna, doświadczenie–obserwacja–zrozumienie problemów, faktów
 - formalizacja, modele - ontologie, taksonomie, deskryptory semantyczne
- Integracja
 - środowisko teleinformatyczne, komunikacja, sieć, zasoby
 - systemy obrazowania, standaryzacja i normalizacja
- Kompleksowość
 - standaryzacja, zupełne modele numeryczne, HVS, algorytmy, wiarygodne i uniwersalne kryteria optymalizacji
 - schemat protokołu diagnostycznego, kliniki problemu
 - problem *human equation*, opis semantyczny, niejednoznaczność
- Współpraca
 - inżynier–lekarz: dwa światy?!
 - jak się rozumieć? jak zintegrować z praktyka kliniczną?
- Weryfikacja
 - charakterystyka pracy klinicystów (realizm)
 - eksperyment w warunkach klinicznych (ocena prospektywna)
 - numeryczne kryteria oceny, wnioskowanie, analiza statystyczna wyników
 - stabilna wiarygodność kliniczna nowych technologii/metod wspomaganie (rozsądne błędy)



PROJEKTY - ZAŁOŻENIA

Warunki realizacji

- Ramy czasowe
 - plan i koncepcja realizacji projektu (5pkt) – skład zespołu, krótki opis wybranego tematu wraz z harmonogramem prac zamierzonych (np. diagram Gantta) – **17.03**
 - zaliczenie końcowe, głównie na podstawie raportu (25pkt) – **9.06**
 - **później opracowania nie będą przyjmowane (ale mogą być poprawiane!)**
- Zespoły 2-3 osobowe (możliwość pracy indywidualnej)
- Tematyka związana z: a) obrazową diagnostyką medyczną w b) konkretnym kontekście klinicznym/użytkowym (skutki, model użytkowy) oraz c) określonymi **metodami wspomaganiania**
- Formy różne
 - teoretyczno-koncepcyjna analiza problemu klinicznego (szczególnie lub ogólnie) – ograniczenia, potrzeby, nowe rozwiązania - hipoteza formy wspomaganiania (przegląd literatury, dyskusja, wnioski)
 - realizacja konkretnej formy/metody wspomaganiania – pomysł, realne dane, algorytmy-modele-interfejsy, realizacja narzędzia, weryfikacja, dyskusja i wnioski
 - eksperyment badawczy (realistyczny) – coś sprawdzamy, stawiamy hipotezę, weryfikujemy wykorzystując dostępne narzędzia, oceniamy przydatność kliniczną
- Warunki
 - konsultacje całej grupy, określenie i różnicowanie wkładu indywidualnego
 - systematyczne dyskutowanie problemów
 - rzetelny raport swoich działań i osiągnięć (zrobiłem-osiągnąłem to i to ...)

Trzy podstawowe poziomy realizacji

- Skuteczne metody: przetwarzanie i analiza obrazów diagnostycznych (elementy, wybrane aspekty CAD, efektywność obliczeniowa)
- Konstrukcja systemów CAD (bardziej kompleksowo, koncentracja na efektywności wspomaganiania, konkretny model użytkowy, wiedza dziedzinowa, wybrane aspekty leczenia)
- Realne wykorzystanie CAD (Implementacja rekomendacji według paradygmatu CAD – efektywność kliniczna, integracja z CDS)

Sposoby:

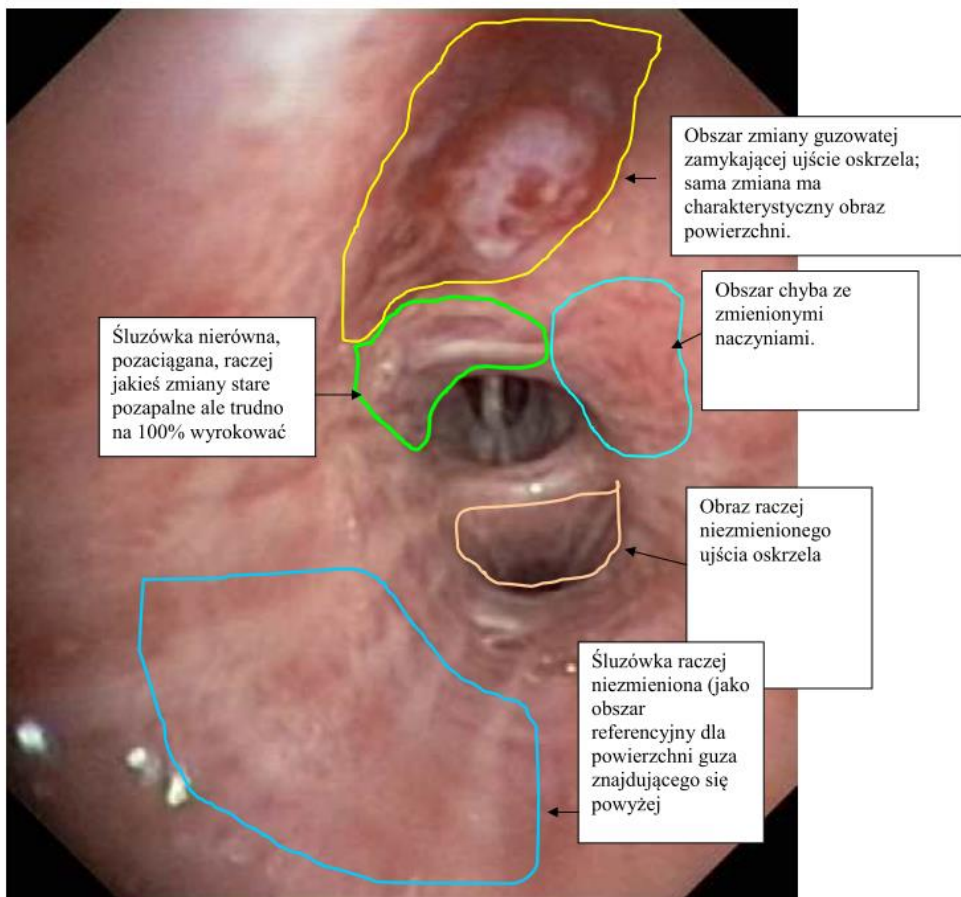
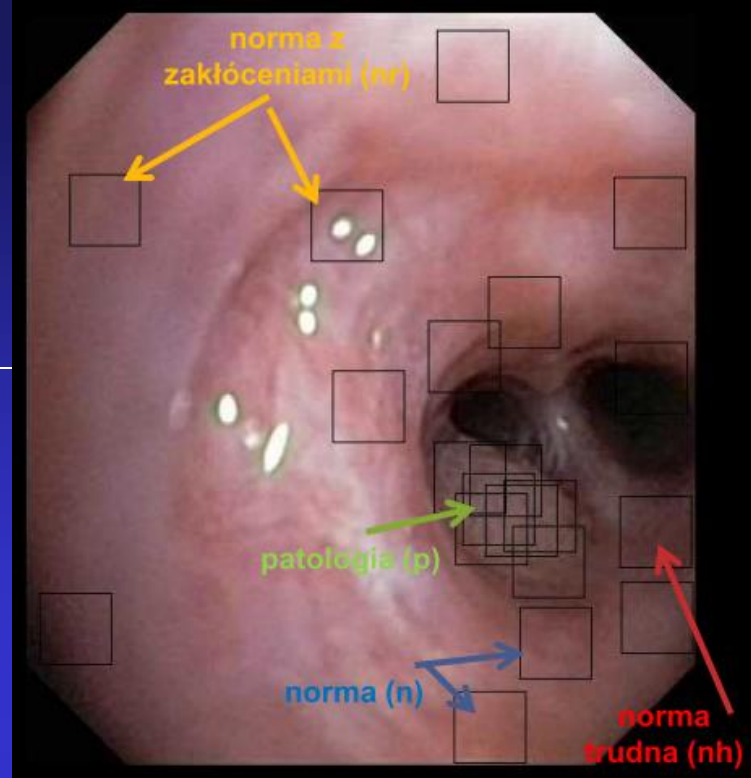
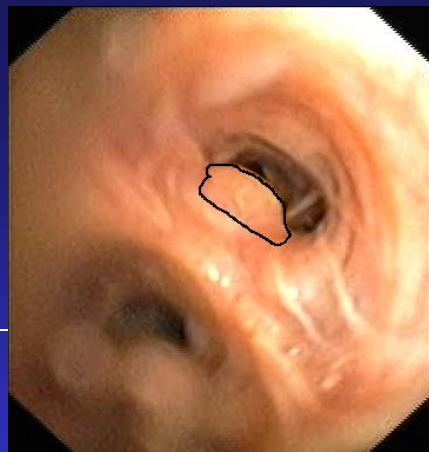
- Dane pozyskane w różny sposób
- Algorytmy, modele, narzędzia, biblioteki itd. - własne i zapożyczone (referencyjne)
- Studia literaturowe, przeglądowne z wnioskami
- Eksperymenty dotyczące porównania metod, optymalizacji narzędzi, oceny realnej korzyści wspomaganiania

RELANE PRZYKŁADY PROJEKTÓW

A. Przetwarzanie, wizualizacja, analiza i ocena obrazów medycznych

Tematy należy realizować pod kątem wybranej **metody obrazowania** i **jasno określonego celu diagnostycznego**; możliwy jest wybór więcej niż jednej modalności i porównania ich pod względem stosowanych algorytmów przetwarzania (np. CT vs. MRI)

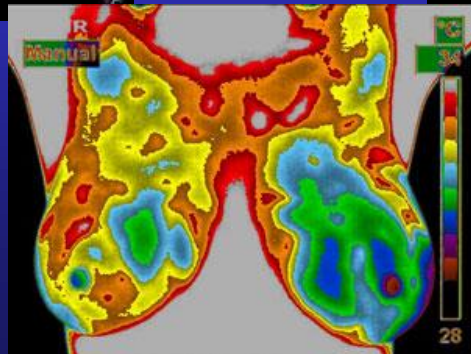
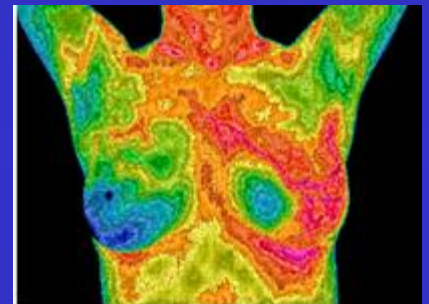
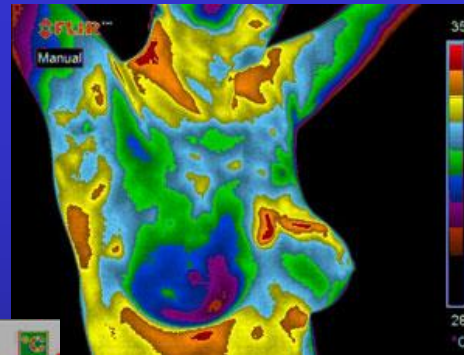
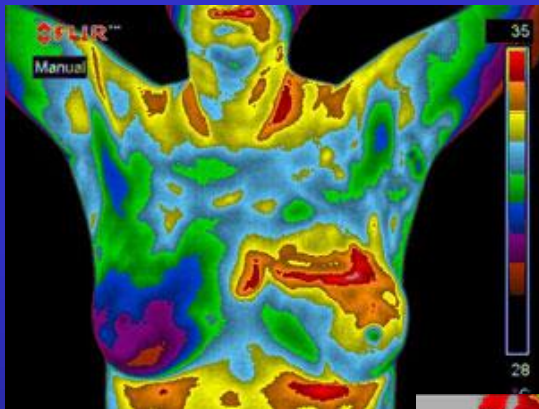
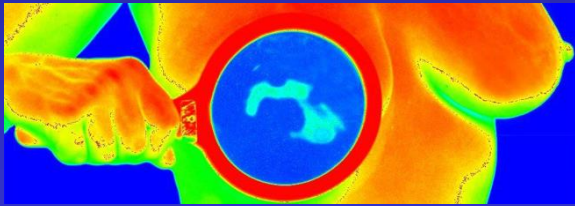
- A1. Metody wizualizacji i poprawy percepcji obrazów medycznych, ekstrakcja treści użytecznej, poprawa jakości i ocena jakości
- A2. Metody analizy - segmentacja wybranych struktur anatomicznych, wymiarowanie, rozpoznawanie wybranych struktur anatomicznych
- A3. Fuzja zobrazowań, wizualizacje 3D czy 4D, wymiarowanie itp.
- A4. Rozpoznawanie subtelnych symptomów, klasyfikacja przypadków, detekcja anormalności, inteligentna interpretacja zmian itp. ...
- A5. Wirtualne endoskopia, wizualizacje, rozszerzona rzeczywistość itp.



Przykłady - bronchoskopia



Termografia/termowizja w diagnostyce zmian sutka



B. Narzędzia CAD

Określony kontekst decyzyjny, implementacja założeń CAD, odniesienie do realiów, eksperymenty, ocena skutków wspomagania ...

B1 Prosty system do komputerowego wspomagania detekcji udaru mózgu

B2. Wspomaganie detekcji raka prostaty (mpMRI, USG)

B3. Wspomaganie diagnostyki przesiewowej raka sutka (Mammoviewer)

B4. Wspomaganie diagnostyki chorób płuc (ocena zmian śródmiąższowych, rak płuc)

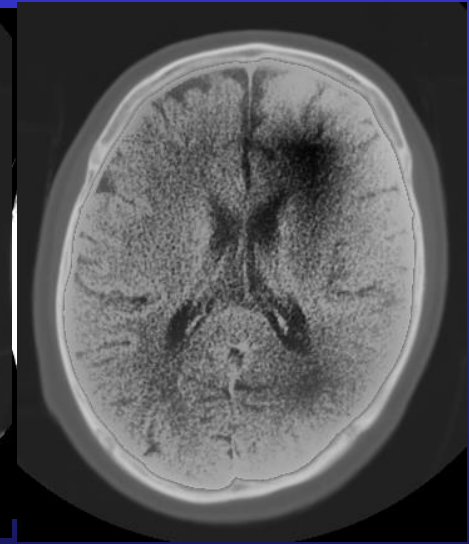
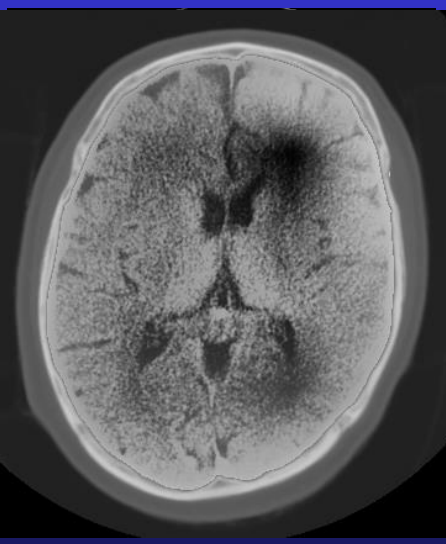
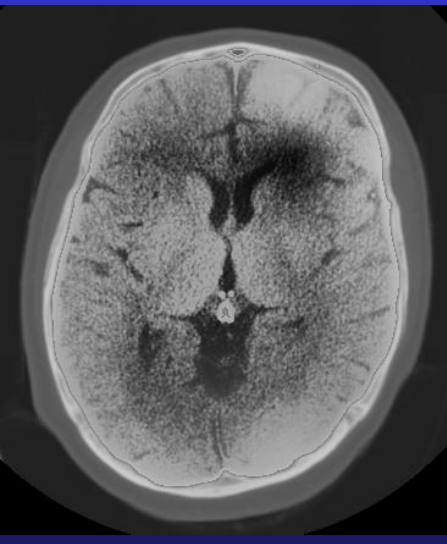
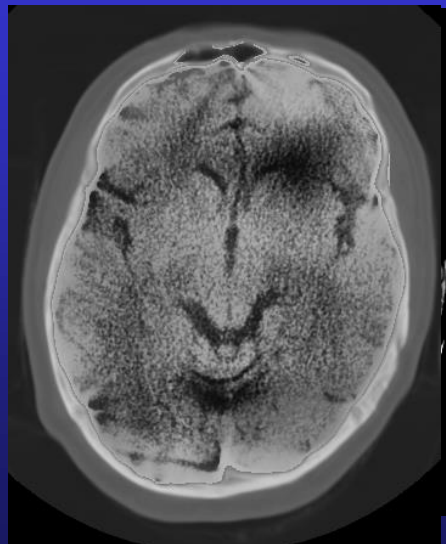
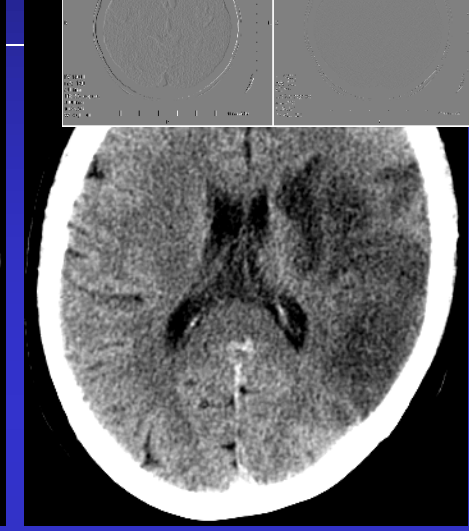
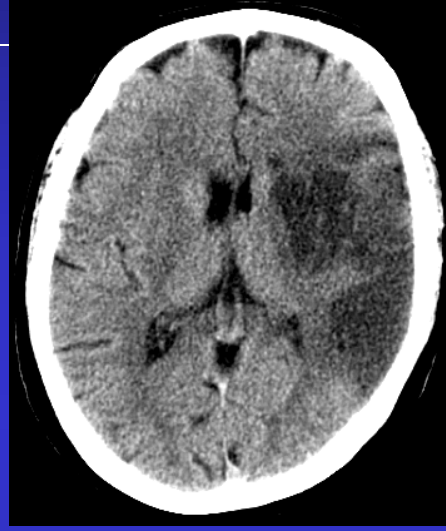
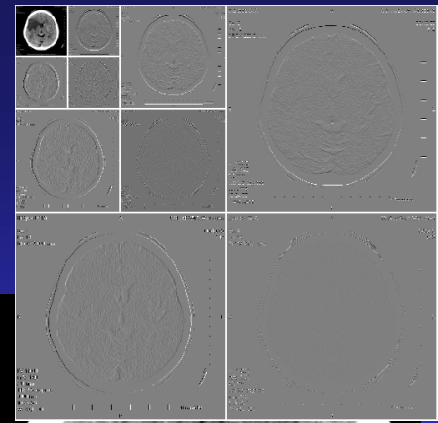
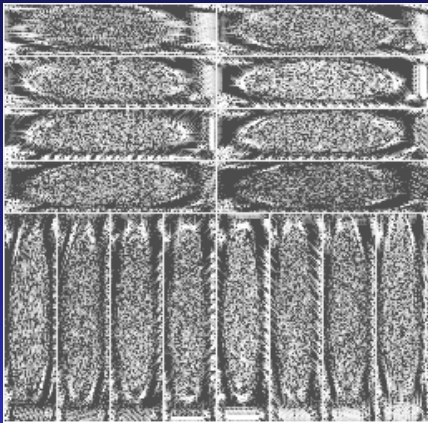
B5. Objętościowa ocena segmentów wątroby, rozpoznanie zmian złośliwych

B6. Analiza zobrażeń trzustki, detekcja anormalności, ocena cech zabiegowych

B7. Inne zastosowania, np. bronchoskopia, termografia

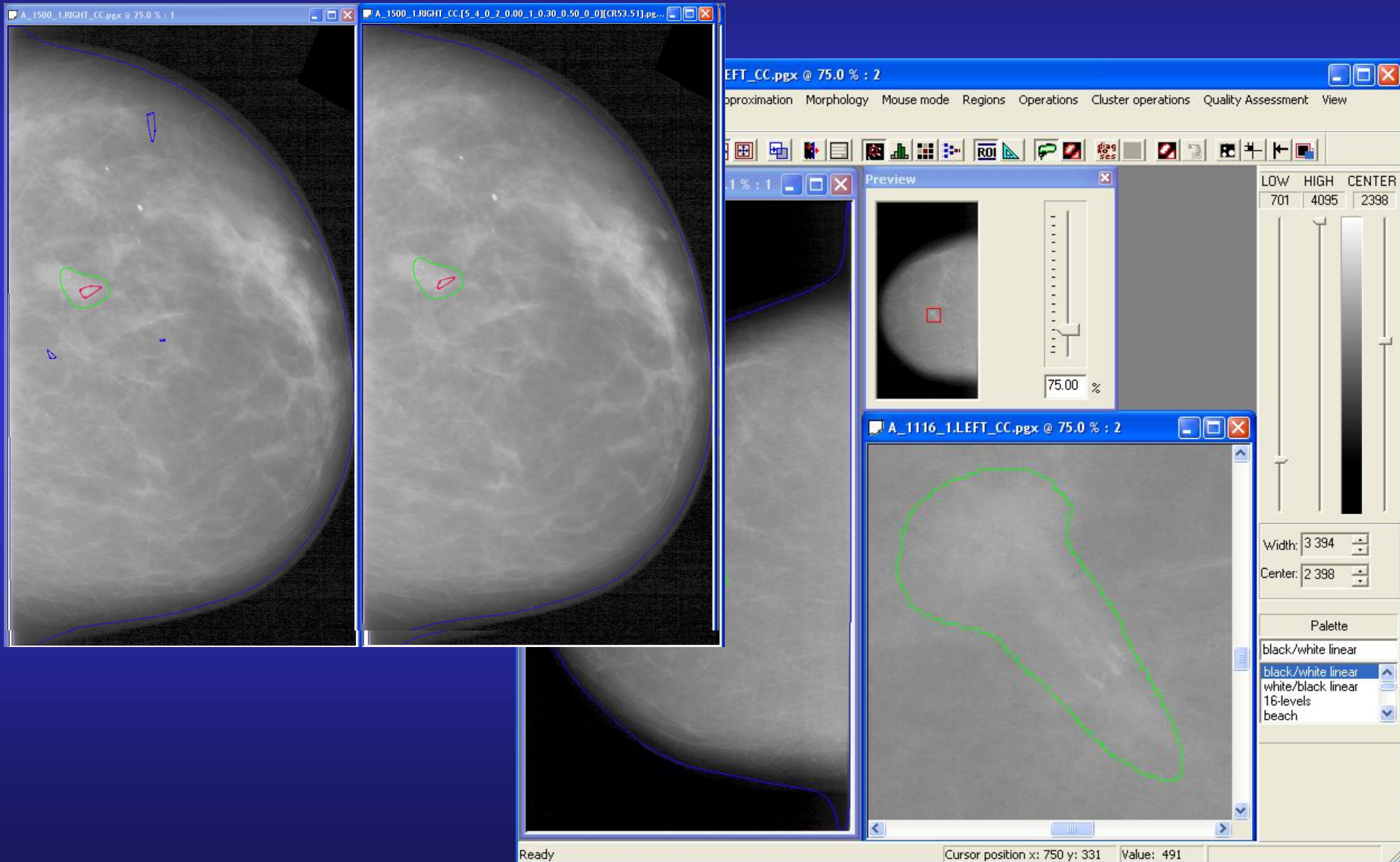
B8. Przegląd dostępnych narzędzi CAD, konkursy efektywności metod, rola CAD w medycynie

Detekcija udara



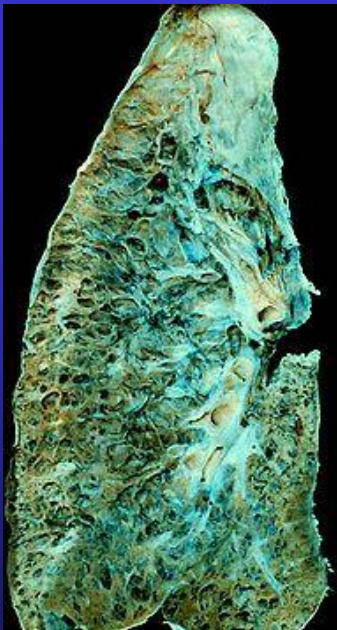
MammoViewer

MammoViewer: <http://www.ire.pw.edu.pl/MammoViewer/>



Śródmiąższowe choroby płuc – ocena zwłóknień i ch-ka progresji zmian

- Powstają na skutek uszkodzenia wyściółki pęcherzyków płucnych, co prowadzi do zapalenia i włóknienia śródmiąższu (sarkoidoza)
- Poszukiwanie cech teksturowych różnicujących obecność oraz stopień zaawansowania zmian włóknistych
- Realizacja projektu w środowisku Matlab, wtyczek do ImageJ, Python itp.



Efekt choroby



Y. Arzhaeva, D.M.J. Tax, and B. van Ginneken, Improving computer-aided diagnosis of interstitial disease in chest radiographs by combining one-class and two-class classifiers., *SPIE 2006*, 2006

Wspomaganie diagnostyki raka prostaty

Radiology: Volume 267: Number 3—June 2013

Quantitative Analysis of Multiparametric Prostate MR Images:

Differentiation between Prostate Cancer and Normal Tissue and Correlation with Gleason Score—A Computer-aided Diagnosis Development Study¹

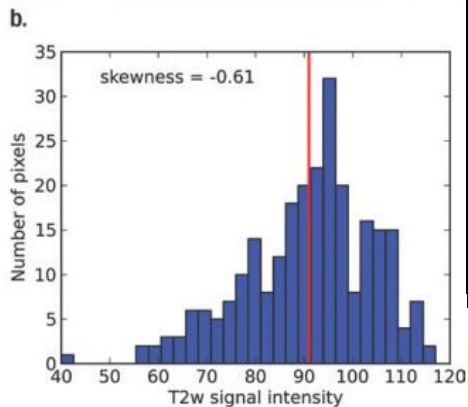
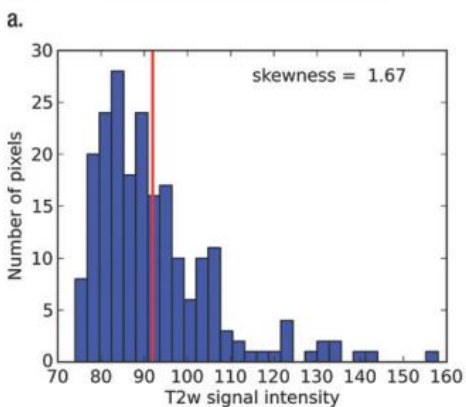
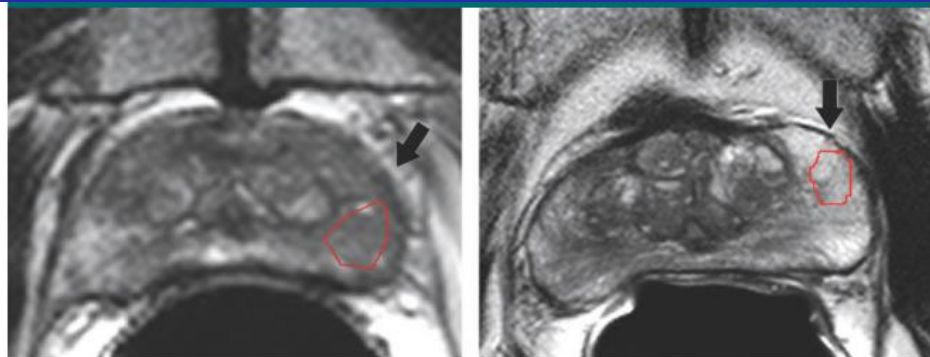
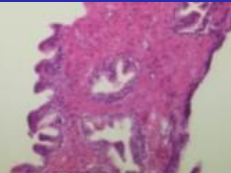



Figure 1: T2-weighted MR images show **(a)** a tumor (arrow) in a 66-year-old man with a GS of 7 (4+3) and a prostate-specific antigen level of 13.02 ng/mL and **(b)** an area of PZ normal tissue (arrow) in a 64-year-old man with prostate cancer elsewhere. Red outlines indicate ROIs. **(c, d)** Corresponding histograms show T2-weighted signal intensities within the ROIs and the corresponding skewness image feature values. The tumor ROI has more dark pixels than bright pixels, whereas the normal tissue ROI has more bright pixels than dark pixels. Red lines in **c** and **d** identify the average T2-weighted signal intensity within each ROI.



Gleason Score

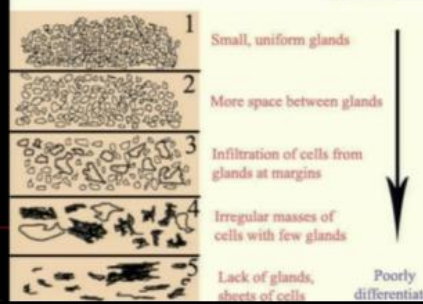


≤ 6	low risk
7	intermediate risk (3+4 / 4+3)
8 – 10	high risk

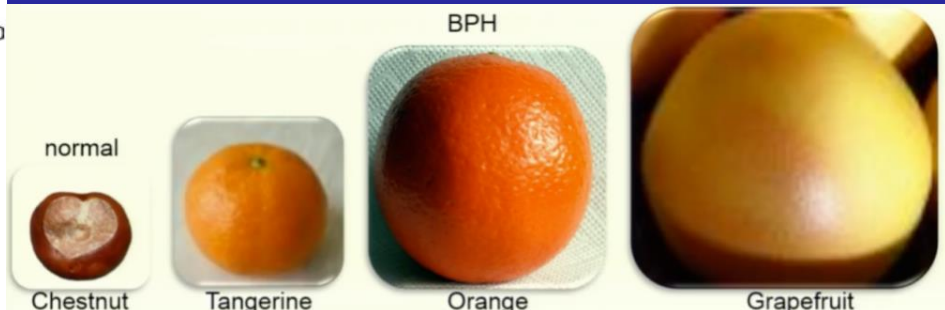
10-year survival rate

≤ 6	95 – 98%
8 – 10	72 – 79%

Gleason Scale



Well differentiated
↓
Poorly differentiated



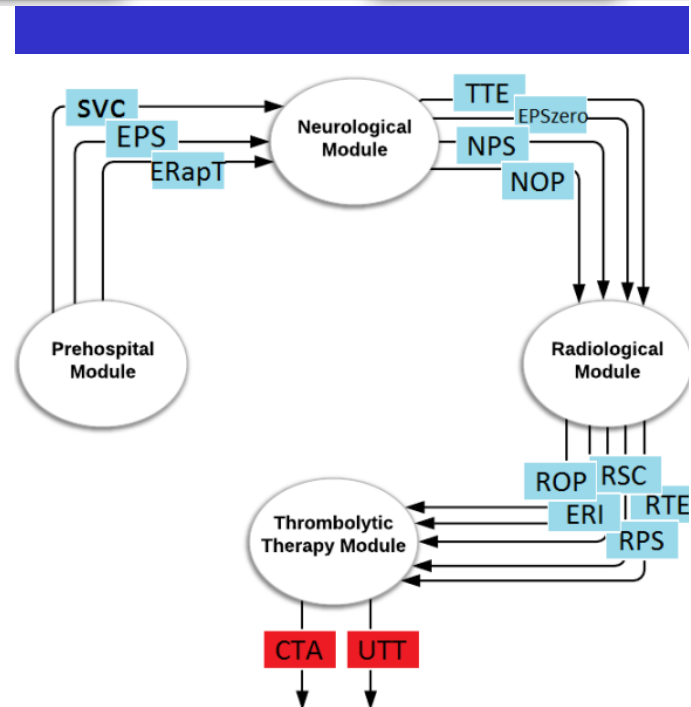


Pre-hospital Module	Neurological diagnostic module	Radiological module	Thrombolytic therapy module	Results
Vital signs measurements Sudden signs of neurological deficit Additional information ⚠️ Emergent Possibility of Stroke: Too high diastolic blood pressure value! ❌ Rapid transfer: necessary ✅ No necessity to stabilize vital conditions	Verification of initial information Repetition of medical tests Stroke bricks score Neurological examination results ❌ Thrombolysis Therapy Exclusion: present! ✅ Neurological Possibility of Stroke: 0.7 ✅ Neurological Outcome Prediction: 0.9	Radiological evaluation Stroke monitor ✅ Radiologic Thrombolysis Exclusion: present - ✅ Radiologic Probability of Stroke: 0.9 ⚠️ Radiologic Stroke Confirmation: true ✅ Extent of Recognized Ischemia: 0.7 ✅ Radiologic Outcome Prediction: 0.7	Tests results CITISSIMO Information Information reevaluation Repetition of medical tests ✅ Confirmation of Treatment Admissibility: recommended ✅ Utility confirmation of Thrombolytic Therapy: 0.8	Indication or contraindication for thrombolytic therapy

Patient fundamental information

PatientId:
 Gender: Female Male
 Age: ⓘ
 Presence of diabetes mellitus: Yes No
 Patient is not wheelchair bound or bedridden: Yes No
 History of seizures or epilepsy absent: Yes No
 Time of symptoms onset [h]: ⓘ

- sensory aphasia
- central facial right nerve palsy
- right-side hemiparesis
- gaze palsy to right
- left-side hemianopsia
- gaze palsy to left
- right-side hemisensory loss
- central facial left nerve palsy
- upper left limb plegia
- lower left limb paresis
- central hypoglossal right nerve palsy
- lower right limb paresis
- central hypoglossal left nerve palsy
- partial left-side hemianopsia
- upper right limb paresis
- right-side hemianopsia
- upper right limb plegia
- upper left limb paresis
- left-side hemiplegia
- global aphasia
- right-side hemiplegia



Alberta Stroke Program Early CT Stroke (ASPECTS) Scale

Subcortical structures

No	Name	Response
1	Caudate (C)	<input type="checkbox"/>
2	Insular Ribbon (I)	<input type="checkbox"/>
3	Internal Capsule (IC)	<input type="checkbox"/>

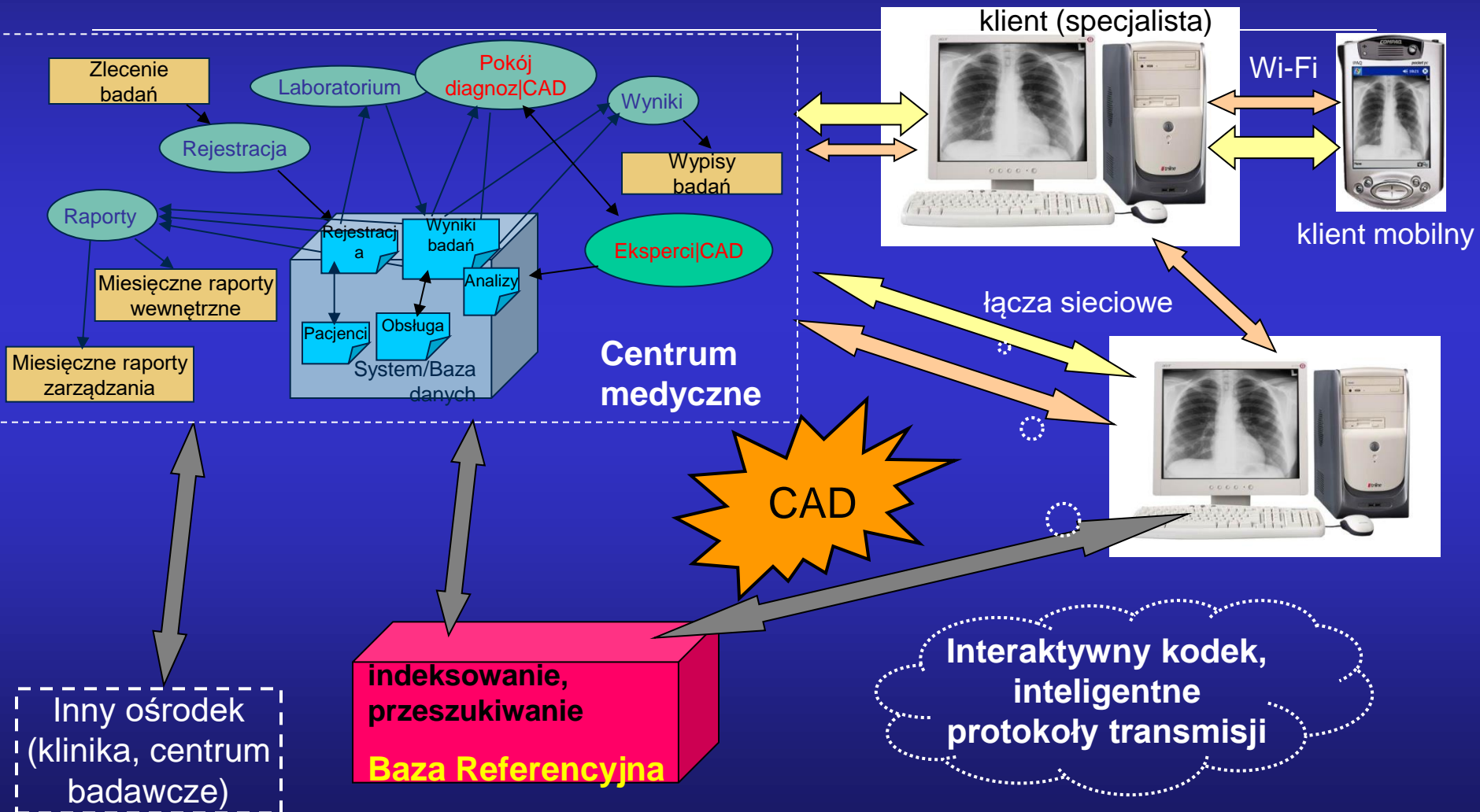
MCA Cortex

No	Name	Response
4	Lentiform nucleus (L)	<input type="checkbox"/>
5	Anterior MCA cortex (M1)	<input type="checkbox"/>
6	MCA cortex lateral to the insular ribbon (M2)	<input type="checkbox"/>
7	Posterior MCA cortex (M3)	<input type="checkbox"/>
8	Anterior cortex immediately rostral to M1 (M4)	<input type="checkbox"/>
9	Lateral cortex immediately rostral to M3 (M5)	<input type="checkbox"/>
10	Posterior cortex immediately rostral to M3 (M6)	<input type="checkbox"/>

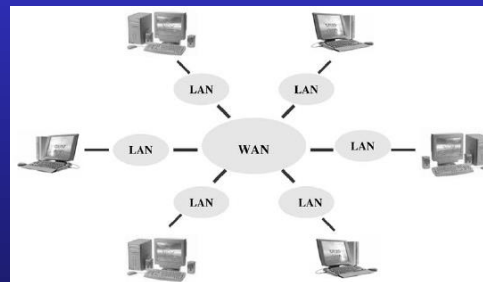
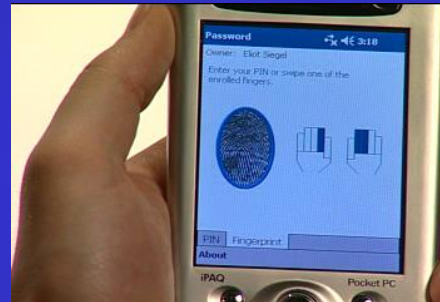
C. Formalizacja ścieżek, PACS, telemedycyna, medycyna mobilna i inne (zorientowane na obraz drobne urządzenia powszechnego użytku)

- C1. Narzędzie do telekonsultacji radiologicznej (możliwość wspólnej pracy nad obrazem, wirtualne przychodnie itp.)
- C2. Bazy danych obrazowych (zarządzanie, odpytywanie, indeksowanie obrazów medycznych), portale edukacyjne itp..
- C3. Mobilne wspomaganie radiologa czy klinicysty (np. rozpoznawanie typowych symptomów, formalizacja opisu badań obrazowych, ocena ASPECTS itp..)
- C4. Elementy systemów szpitalnych HIS/RIS/PACS z zarządzaniem danymi obrazowymi
- C5. Poradniki, profilaktyka, edukacja chorych, lekarzy np. radiologów, narzędzie do organizacji eksperymentów z badaniami obrazowymi itp.

Schemat medycznego systemu teleinformatycznego



Przykłady - wspomaganie działań nagłych



I. Postępowanie zespołu pogotowia ratunkowego:

1. Przyjazd na miejsce wezwania
2. Podejrzenie udaru mózgu na podstawie badania podmiotowego i przedmiotowego:

Nagle wystąpienie jednego lub kilku niżej wymienionych objawów:

- a) niedowład połowiczny, czterokończynowy lub
- b) niedoczulica połowicza, czterokończynowa
- c) zaburzenia mowy – dyzartria lub afazja
- d) zaburzenia świadomości
- e) zaburzenia widzenia (niedowidzenie jedno- lub
- f) zaburzenia równowagi
- g) niezdolność do ruchów
- h) zawroty głowy bez oczopląsu lub z oczopląsem wyczerpujący się

3. Zebranie następujących informacji:

- a) Kiedy wystąpiły objawy?
Jeśli początek objawów <4,5 godziny przed pogotowiem ratunkowym
 - natychmiastowe poinformowanie dyspozytora o podejrzeniu udaru mózgu
 - przewóz pacjenta do wskazanego szpitala Udarowym
 - w czasie transportu poinformowanie SO o fakcie transportu pacjenta z podejrzeniem udaru mózgu
- b) Choroby pacjenta – zebranie dostępnej dokumentacji pacjenta
- c) Jakie leki przyjmuje pacjent?
- d) Numer telefonu do rodziny/opiekuna pacjenta w pogotowie ratunkowym

4. Pomiar parametrów życiowych:

- a) RR
 - jeśli nie wyższe niż 220/120, można nie mierzyc
 - obniżać powoli ciśnienie tętnicze, jeśli
 - ostrego zespołu wieńcowego
 - niewydolności serca
 - tętniaka rozwarstwiającego aorty
 - encefalopatii nadciśnieniowej
 - jeśli prawdopodobne jest leczenie
 - preferowane leki hypotensyjne w ramach przedszpitalnego:
 - Captopril 6,25 – 25 mg s.l.

Postępowanie przedszpitalne w przypadku udaru

- jeśli zbyt niskie wartości ciśnienia tętniczego, nawodnienie 0,9% NaCl lub PWE

- b) HR
- c) SaO₂
 - jeśli <95% - tlenoterapia
- d) glikemia
- e) ocena świadomości:
 - jeśli GCS < 8 pkt rozważyć intubację dotchawiczą

5. Przekazanie pacjenta łącznie z jego dokumentacją medyczną pod opiekę lekarza SOR

II. Postępowanie lekarza POZ/NPL

1. Podejrzenie udaru mózgu na podstawie zgłaszanych przez pacjenta lub jego rodzinę objawów:

Nagle wystąpienie jednego lub kilku niżej wymienionych objawów:

- a) niedowład połowiczny, czterokończynowy lub twarzowo-ramienny
- b) niedoczulica połowicza, czterokończynowa lub twarzowo-ramienna
- c) zaburzenia mowy – dyzartria lub afazja
- d) zaburzenia świadomości
- e) zaburzenia widzenia (niedowidzenie jednooczne, połowiczne)
- f) zaburzenia równowagi
- g) niezdolność do ruchów
- h) zawroty głowy bez oczopląsu lub z oczopląsem innym niż poziomy wyczerpujący się

2. Natychmiastowe wezwanie zespołu pogotowia ratunkowego

Kontekst kliniczny – wiedza (rekomendacje): wytyczne (wskazówki) plus ścieżki kliniczne (modele konkretnych działań)

- **Rekomendacje** postępowania w praktyce klinicznej bazujące na *dowodach naukowych* (EBM – Evidence Based Medicine) to przede wszystkim wytyczne postępowania medycznego (zalecenia, porady dot. leczenia poszczególnych chorób, odwołujące się do konkretnej wiedzy medycznej, pomocne w podejmowaniu decyzji) oraz ścieżki kliniczne
- **Ścieżka** to interdyscyplinarny, możliwie kompletny plan opieki zdrowotnej pacjenta/grupy pacjentów, składający się ze zbioru szczegółowo zdefiniowanych, zintegrowanych interwencji medycznych (niezbędnych kroków postępowania dot. leczenia i pielęgnacji pacjenta), realizowanych według ustalonego porządku i w określonym rygorze czasowym
- Ścieżki tworzone są lokalnie (poprawa jakości, aspekt finansowy); lekarz może w każdej chwili podjąć decyzję o modyfikacji standardowej ścieżki, jeżeli jego zdaniem wymaga tego dobro pacjenta
- Dwa typy ścieżek: a) dla ogółu pacjentów z określoną diagnozą;
b) plan leczenia konkretnego pacjenta, dostosowany do indywidualnych uwarunkowań
- W ścieżkach kluczowe są węzły decyzyjne – wspierają je implementacje CDS (Clinical Decision Support)
- CDS wspierają realizację ścieżek przez wielodyscyplinarny zespół w celu usprawniania procesów klinicznych, ale także badania/symulowania procesów oraz ich częściowej automatyzacji

Sposoby realizacji ścieżek

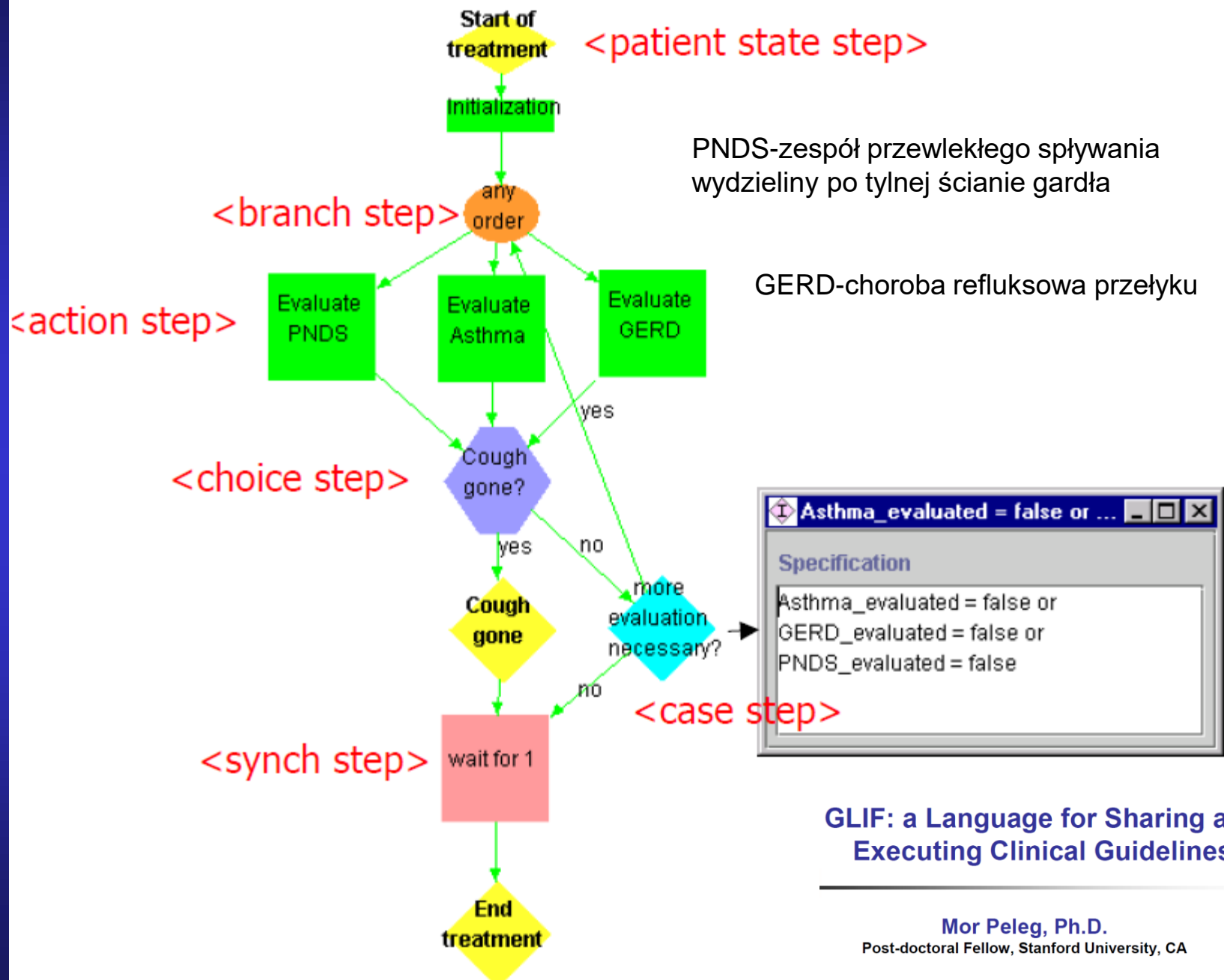
- Sposoby modelowania (przykładowe podejście biznesowe)

 - perspektywa organizacji (zależności pomiędzy statycznymi elementami struktury organizacyjnej)
 - perspektywa danych (zasoby)
 - perspektywa procesów (inicjujące zdarzenia, relacje pomiędzy procesami)
 - perspektywa funkcji (diagram funkcji, cele funkcji)
 - perspektywa usługi (diagram produktu)
- Poziom A realizacji: **abstrakcyjny schemat blokowy**
 - wspiera zapis koncepcji
 - wykorzystywany w nawigacji, przeglądaniu, dokumentacji
- Poziom B: **reprezentacja obliczeniowa** (numeryczna, formalna)
 - jednoznaczna składnia wyrażen logicznych (wnioskowanie i warianty decyzji), dane pacjenta (reprezentacje, przekształcenia) i koncepcji medycznych (obiektywizacja, standaryzacja i formalizacja – reprezentacja modeli)
 - może być interpretowana (interfejs z użytkownikiem) i analizowana pod kątem wiarygodności (rodzaj, zakres i weryfikacja sprawdzania semantyki)
- Poziom C: **integracja w środowisku aplikacji**
 - odwzorowanie danych i procedur modelu w ERP oraz systemów teleinformatycznych (lokalnych i globalnych)

Narzędzia (przykłady)

- UML (unified modeling language) – język służący definicji, wizualizacji, projektowaniu i dokumentacji systemów informatycznych, w tym także ścieżek klinicznych wspomaganym przez systemy informatyki medycznej
 - Diagramy struktury (obiekty, klasy, pakiety, struktury połączone, wdrożeniowe – komponenty, rozkład lokalizacji)
 - Diagramy dynamiki (przypadki użycia, czynności, stany, interakcje – sekwencje, komunikacja, sterowanie, harmonogram)
- Integracja UML z ontologiami (Protege)
- GLIF - a Language for Sharing and Executing Clinical Guidelines
 - Model orientowany obiektowo
 - Schemat blokowy (algorytm) z wartościami atrybutów
- The Arden Syntax standard for clinical decision support (pod HL7)
-

Przykład – leczenie kaszlu (GLIF)



GLIF: a Language for Sharing and Executing Clinical Guidelines

Przykłady wykorzystania standardu Arden

Antygen to substancja, która ma zdolność wywołania odpowiedzi układu odpornościowego oraz łączenia się z przeciwciałami

Przeciwciała to kluczowe cząsteczki układu odpornościowego mające zdolność do łączenia się z antygenem

zapalenie wątroby (typ A,B,C)
serologia – antygeny i przeciwciała

Hepaxpert/Interpretation
 Knowledge-based interpretation of hepatitis A, B, and C serology

Input of test results

Web service **teleiatros®** test patients: A + acute B + C

Hepatitis A serology
 anti-HAV positive
 IgM anti-HAV negative
 HAV-RNA not tested

Hepatitis B serology
 HBsAg negative
 anti-HBs negative
 anti-HBc positive
 IgM anti-HBc negative
 HBeAg not tested
 anti-HBe not tested
 anti-HBs titre U/l

Hepatitis C serology
 anti-HCV positive
 HCV-RNA not tested

© 2007–2010 Medexter. All rights reserved. | Terms

Serologia - dział immunologii dot. reakcji zachodzących między antygenami i przeciwciałami w surowicy krwi w warunkach in vitro oraz metodami badania obecności antygenów i przeciwciał

Hepaxpert/Interpretation

Knowledge-based interpretation of hepatitis A, B, and C serology

Interpretation

Hepatitis A serology

anti-HAV	IgM anti-HAV	HAV-RNA
positive	negative	negative

Positive results for total anti-HAV antibodies in combination with negative results for IgM anti-HAV antibodies indicate immunity to the hepatitis virus A and exclude the possibility of a recent hepatitis A. This immunity may either have been acquired naturally through an earlier infection or it may have been induced by active vaccination or passively acquired immunization.

Hepatitis B serology

HBsAg	anti-HBs	anti-HBc	IgM anti-HBc
negative	negative	positive	positive
HBeAg	anti-HBe	anti-HBs titre	
negative	negative	- - - U/l	

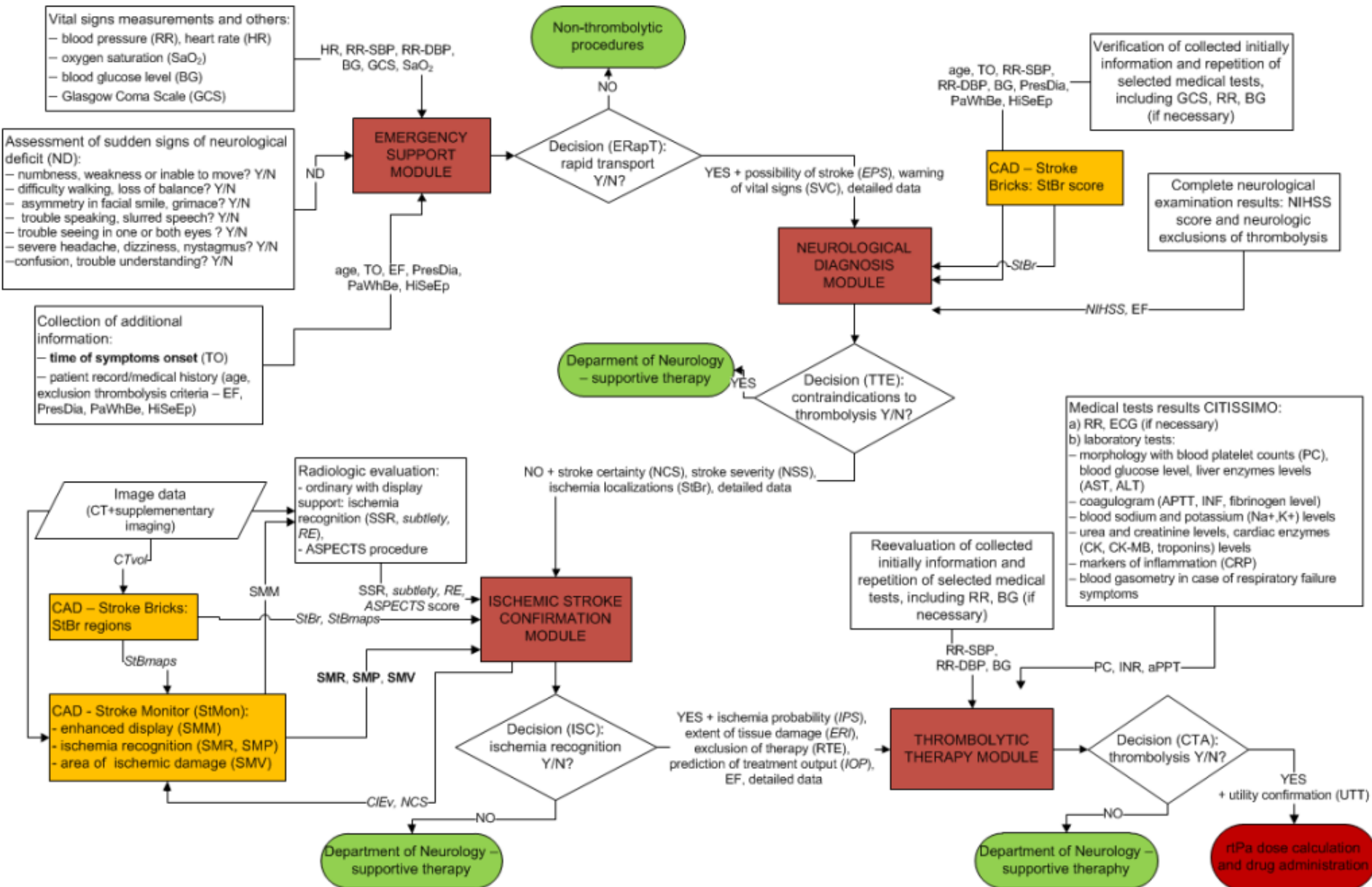
This constellation of findings (positive IgM anti-HBc antibodies with negative HBs- and HBe-antigen and negative anti-HBs and anti-HBe antibodies) occurs in the course of acute hepatitis B and is characteristic of the seroconversion both of HBs-antigen to anti-HBs and of HBe-antigen to anti-HBe antibodies. This stage may be regarded as a favorable prognostic sign with a view to a non-chronic course of the disease. Blood and secretions (saliva, sperm, breast milk) of the patient are to be considered infectious.

Hepatitis C serology

anti-HCV	HCV-RNA
positive	not tested

There is a recent or chronic persisting or an earlier hepatitis C virus infection. An additional test for HCV-RNA adds further information. Blood of such patients may be considered as infectious with regard to hepatitis C.

Wspomaganie ścieżki pilnej opieki udarowej – schemat abstrakcyjny (computerized assistance)



Przykładowe formuły

– sensed real data of vital signs measurements and others used to support vitality, to improve and control the vital signs including blood pressure (RR), heart rate (HR), oxygen saturation (SaO₂), blood glucose level (BG), and the assessment of consciousness on the Glasgow Coma Scale (GCS); stabilization of vital conditions **SVC** is a precondition of further stroke-care activities; thus the respective rules are as follows:

$$\mathbf{SVC} = \mathbb{OR}(\mathbb{IF}(\text{RR-SBP} > 185\text{mmHg}), \mathbb{IF}(\text{RR-DBP} > 110\text{mm Hg}), \\ \mathbb{IF}(\text{HR} > 200\text{bpm}), \mathbb{IF}(\text{SaO}_2 < 90), \mathbb{IF}(\text{BG} < 50\text{mg/dl or } > 400\text{mg/dl}), \\ \mathbb{IF}(\text{GCS} < 9))$$

– the neurological certainty (a real possibility) of stroke (probability of stroke presence) calculated as confirmation of clinically suspected stroke; numerical estimate was based on the values of NIHSS and StBr scores, according to proposed heuristics:

$$\mathbf{NCS} = (w_1 \cdot \mathbf{EPS}_0 + w_2 \cdot \mathbf{NIHSS}/25 + w_3 \cdot \mathbf{StBr}/15 + w_4 \cdot \mathbf{SNO}) \cdot 100[\%] \quad (7)$$

– integrated confirmation of ischemic stroke as logical suggestion (Y/N) supporting request for endovascular treatment, formulated as a conjunction of: a) subjective stroke recognition (SSR) of Y/N type based on ordinary protocol of radiologic assessment supported by StMon; noticing any early ischemic changes or reliable suggestions increases expert conviction of ischemia disease, b) automatic recognition of stroke patterns using **SMR**; thus we have

$$\mathbf{ISC} = \mathbb{IF}\left((w_1 \cdot \mathbf{SSR} + w_2 \cdot \mathbf{SMR}(\mathbf{CTvol}, \mathbf{StBmaps}, \mathbf{CLEv}, \mathbf{NCS}) + w_3 \cdot \mathbf{IPS}) > 0.5\right)$$

$$\mathbf{TI} = \mathbb{AND}(\mathbb{IF}(\text{age} \geq 18), \mathbb{IF}(\text{TO} < tlimit), \mathbb{OR}(\text{ND}_1, \dots, \text{ND}_8))$$

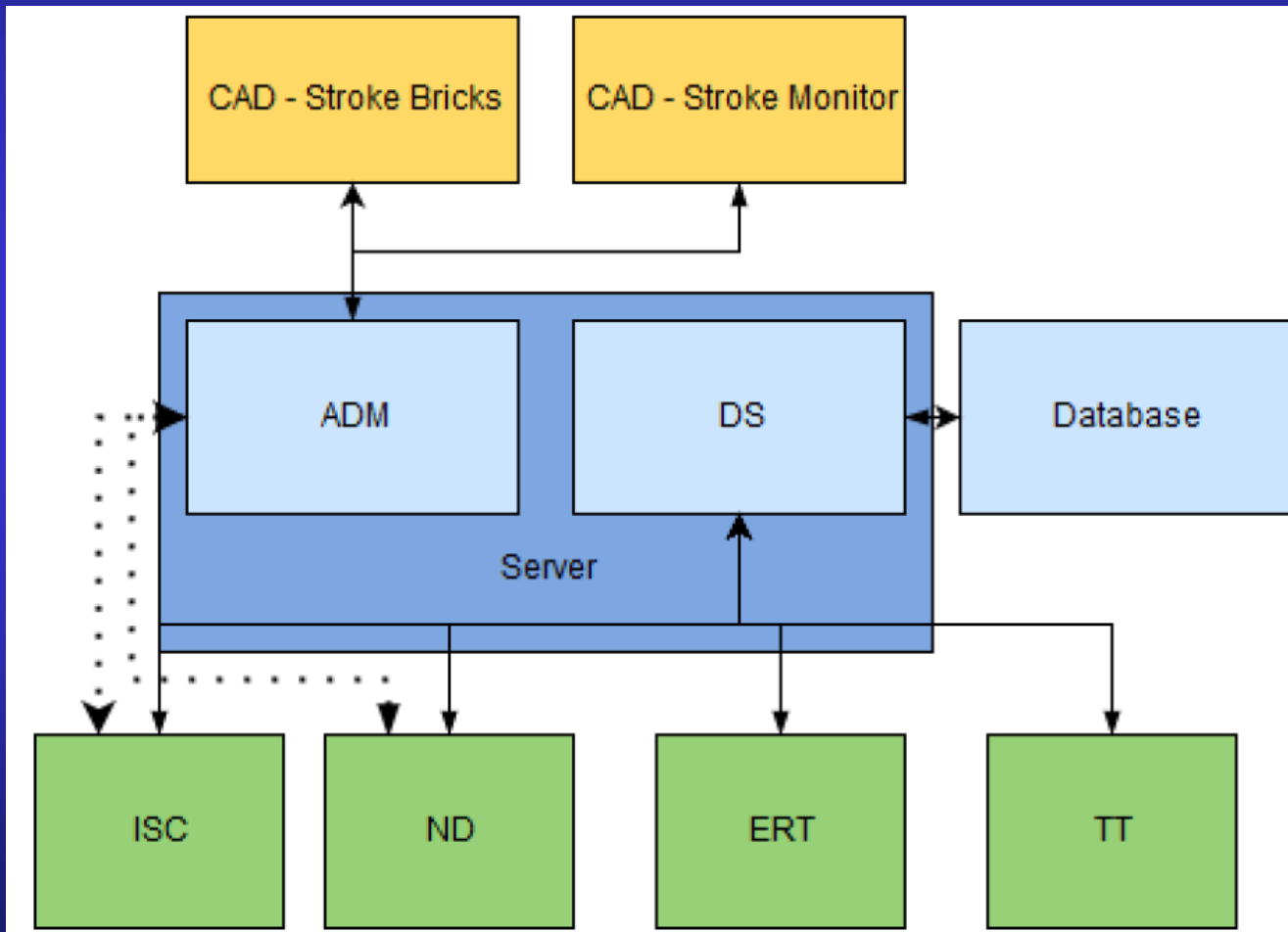
$$\mathbf{TE} = \mathbb{OR}(\mathbf{EF}_1, \dots, \mathbf{EF}_{12})$$

$$\mathbf{EPS}_0 = \left\{ \mathbb{OR}\left(2 * \mathbb{IF}(\text{age} \geq 60), \mathbb{IF}(60 > \text{age} > 45)\right) + \right. \\ \left. + \mathbb{OR}\left(2 * \mathbb{IF}(\text{TO} \geq 2\text{h}), \mathbb{IF}(2\text{h} > \text{TO} \geq 1\text{h})\right) + \right. \\ \left. + \mathbb{IF}(\text{RR} \geq 140/90) + \mathbb{OR}\left(2 * \mathbb{IF}(\text{PresDiab}), \mathbb{IF}(\text{BG} \in [60, 400])\right) + \right. \\ \left. + \mathbb{IF}(\text{PaWhBe}) + \mathbb{IF}(\text{HiSeEp}) \right\} / 9$$

utility confirmation of thrombotic therapy

$$\mathbf{UTT} = w_1 \cdot (1 - \mathbf{NSS}) + w_2 \cdot \mathbf{IOP}$$

Realizacja – system blokowo



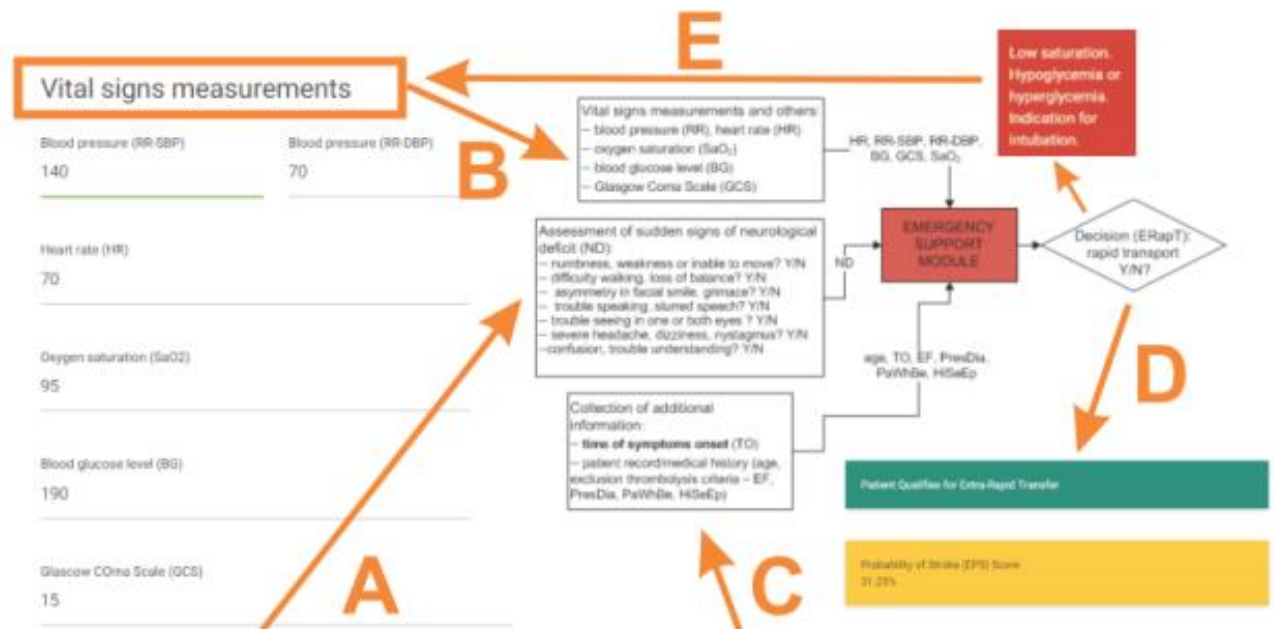
Python REST server, SQL, operacje CRUD

HTML5, JavaScript

ADM - Auxiliary Data Manipulation

DS - Data Storage

Interfejsy



Assessment of sudden signs of neurological deficit

- Numbness/Weakness/Inable to move
- Difficulty walking, loss of balance
- Asymertry in facial smile, grimace
- Trouble Speaking, slurred speech
- Trouble seeing in one or both eyes
- Severe headache, dizziness, nystagmus
- Confusion, toruble understanding
- Hemisensory deficit / loss

Additional Information

- Age 59 | Time of onset 1
- pregnancy and early postpartum period (the first 10 days)
 - history of intracranial hemorrhage or serious head injury in the last 3 months
 - known bleeding diathesis
 - active or recent life-threatening bleeding
 - hemorrhagic retinopathy, e.g. in the course of
 - arterial puncture at noncompressible site within last 7 days
 - myocardial infarction within previous 3 months
 - traumatic external heart massage, major surgery within prior 14 days
 - known arteriovenous malformation, aneurysm, or neoplasm at high risk for bleeding
 - recent pericarditis
 - seizure at onset of stroke
 - symptoms during/past epilepsy attacks

Reassessment of contraindications

- pregnancy and early postpartum period (the first 10 days)
- history of intracranial hemorrhage or serious head injury in the last 3 months
- known bleeding diathesis
- active or recent life-threatening bleeding
- hemorrhagic retinopathy, e.g. in the course of
- arterial puncture at noncompressible site within last 7 days
- myocardial infarction within previous 3 months
- traumatic external heart massage, major surgery within prior 14 days
- known arteriovenous malformation, aneurysm, or neoplasm at high risk for bleeding
- recent pericarditis
- seizure at onset of stroke
- symptoms during/past epilepsy attacks
- symptoms suggest subarachnoid hemorrhage
- only minor or rapidly improving stroke symptoms (clearing spontaneously)
- seizure at onset with postictal residual neurological impairments
- recent gastrointestinal or urinary tract hemorrhage

Neurological scores

EPS (Transfer from ERT)

31.25

A

YES + possibility of stroke (EPS), warning of vital signs (SVC), detailed data

NEUROLOGICAL DIAGNOSIS MODULE

Decision (TTE):
contraindications to thrombolysis Y/N?

Department of Neurology
- supportive therapy

YES

No thrombolysis exclusion

NCS Score
29.910714285714292%

NSS Score
40.76190476190476%

C

age, TO, RR-SBP,
RR-DBP, BG, PresDia,
PaWhBe, HSeEp

Verification of collected initially
information and repetition of
selected medical tests,
including GCS, RR, BG
(if necessary)

CAD - Stroke
Bricks: StBr score

Complete neurological
examination results: NIHSS
score and neurologic
exclusions of thrombolysis

NIHSS, EF

A

Neurological scores

NIHSS Score (1-42)

9

Stroke Bricks Score (1-15)

5

Radiological evaluation

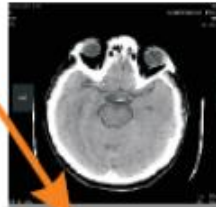
- Evidence of intracranial hemorrhage
- Multilobar infarction by hypodensity greater than 1/3 cerebral hemisphere
- Clinical suspicion of subarachnoid hemorrhage even with normal CT
- Subjective stroke recognition

Subtlety (1-4)

3

ASPECTS score (1-10)

7



B

Temporary module transfer

NCS (Transfer from NDM)

29.910714285714292

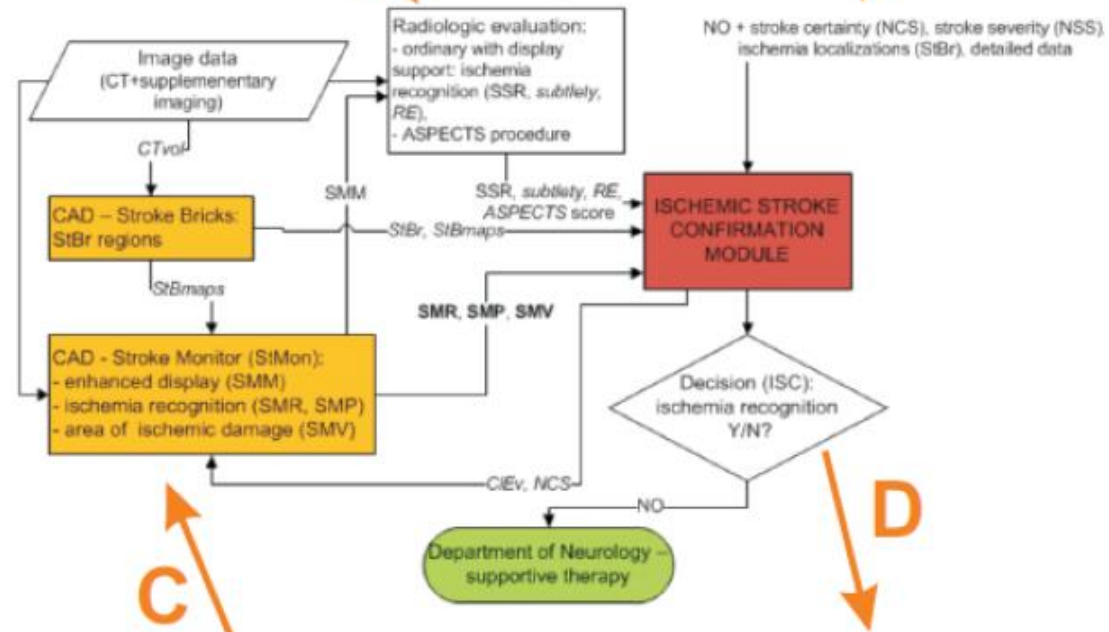
NSS (Transfer from NDM)

40.76190476190476

Stroke Bricks Score (1-10)

5

A



C

D

Area of ischemic damage (SMV) (0-1)

0,53

Ischemia recognition (SMP) (0-1)

0,73

Confirmation of ischemic stroke

IDP Score
85.16%

ERI Score
41.5%

- Automatic recognition of stroke patterns using SMR

IPS Score
65.19999999999999%

Thrombolysis exclusion
NO

Reassessment of contraindications

- pregnancy and early postpartum period (the first 10 days)
- history of intracranial hemorrhage or serious head injury in the last 3 months
- known bleeding diathesis
- active or recent life-threatening bleeding
- hemorrhagic retinopathy, e.g. in the course of
- arterial puncture at noncompressible site within last 7 days
- myocardial infarction within previous 3 months
- traumatic: external heart massage, major surgery within prior 14 days
- known arteriovenous malformation, aneurysm, or neoplasm at high risk for bleeding
- recent pericarditis
- seizure at onset of stroke
- symptoms during/past epilepsy attacks
- symptoms suggest subarachnoid hemorrhage
- only minor or rapidly improving stroke symptoms
- seizure at onset with postictal residual neurological impairments
- recent gastrointestinal or urinary tract hemorrhage

Vital signs measurements

Blood pressure (RR-SBP)	Blood pressure (RR-DBP)
140	70
Platelet counts (PC)	Blood glucose level (BG)
187000	190
International normalization ratio (INR)	Partial thromboplastin time (aPPT)
1,06	26,1

C ↓

Medical tests results CITISSIMO:
 a) RR, ECG (if necessary)
 b) laboratory tests:
 - morphology with blood platelet counts (PC), blood glucose level, liver enzymes levels (AST, ALT)
 - coagulogram (APTT, INR, fibrinogen level)
 - blood sodium and potassium (Na⁺, K⁺) levels
 - urea and creatinine levels, cardiac enzymes (CK, CK-MB, troponins) levels
 - markers of inflammation (CRP)
 - blood gasometry in case of respiratory failure symptoms

Reevaluation of collected initially information and repetition of selected medical tests, including RR, BG (if necessary)

Temporary module transfer

ERI (Transfer from ISC)
41.5

IOP (Transfer from ISC)
85.16

ES (Transfer from ISC)
65.19999999999999

A ↓

YES + ischemia probability (IPS), extent of tissue damage (ERI), exclusion of therapy (RTE), prediction of treatment output (IOP), EF, detailed data

THROMBOLYTIC THERAPY MODULE

Decision (CTA): thrombolysis Y/N?

Department of Neurology – supportive therapy

tPa dose calculation and drug administration

UTT (utility confirmation of thrombolytic therapy)
23.342562790099994

Confirmation of treatment admissibility

D ↓

ISC (Transfer from ISC)

RTE (Transfer from ISC)

PODSTAWOWE POJĘCIA OBJAŚNIAJĄCE KONTEKST CAD

Diagnoza

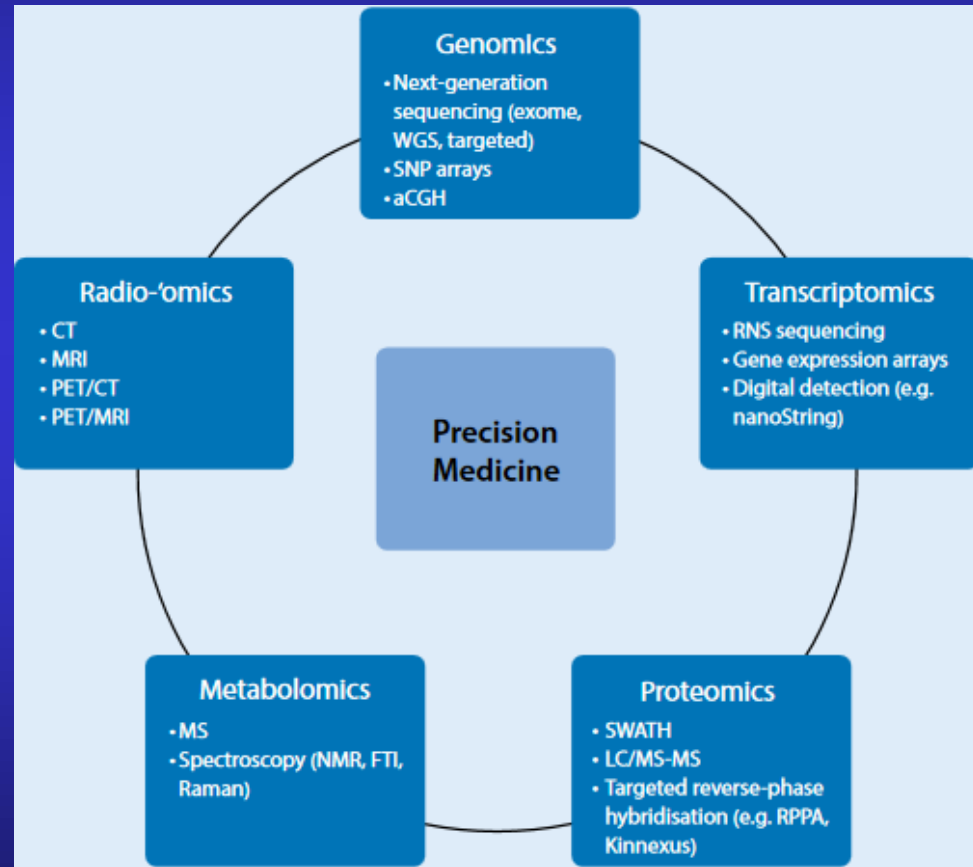
- **Diagnoza**, inaczej rozpoznanie
 - proces potwierdzania istnienia choroby (zespołu chorobowego) pacjenta (rozpoznanie kliniczne, identyfikacja, wniosek, wyjaśnianie: co mu jest? określenie przyczyny zaburzeń, ich stopnia nasilenia czy zaawansowania oraz przewidywanych następstw) , zakończony opiniowaniem w różnych kategoriach, skali, możliwych aktywnościach
 - rozpoznanie istoty i uwarunkowań złożonego stanu rzeczy na podstawie jego cech (objawów), na bazie aktualnej wiedzy, doświadczenia i umiejętności (nieformalizowanych)
 - na podstawie objawów stwierdzonych w badaniu
 - **podmiotowym** (wywiad chorobowy)
 - **przedmiotowym** (fizykalnym - oglądanie, osłuchiwanie, obmacywanie, opukiwanie)
 - **dodatkowym**, tj. na podstawie wyników badań laboratoryjnych i obrazowych (technologie)
- Prawidłowe postawienie diagnozy umożliwia zastosowanie odpowiedniego leczenia

Obrazowa diagnostyka medyczna

- **Diagnostyka medyczna** to **rozpoznawanie chorób** na podstawie stwierdzonych objawów (dokonywanie diagnoz z całym kontekstem organizacyjno-wykonawczym)
- Obrazowa diagnostyka medyczna, inaczej **diagnostyka obrazowa** to rozpoznawanie i weryfikacja chorobowych **symptomów**
 - pozyskanych z aktualnych **badzeń obrazowych** (przestrzenny rzut określonych cech tkankowo-pacjenta na daną formę obrazową)
 - interpretowanych w kontekście **badzeń wcześniejszych czy równoległych** (różne modalności, protokoły, systemy obrazowania)
 - weryfikowanych w kontekście **całego obrazu klinicznego** (z uwzględnieniem wyników innych badań, aktualnej wiedzy, konsultacji, panelu itp..)
- **Obrazowanie medyczne** – ogólnie to metoda/proces obrazowania **wnętrza ludzkiego ciała** za pomocą stosownych technologii celem analizy klinicznej i interwencji medycznej, a także wizualnego przedstawienia funkcji niektórych narządów lub tkanek (fizjologia) za pomocą przestrzennych i dynamicznych obrazów zmian fizjologicznych oraz patologicznych

Podstawowe definicje - obrazowanie

- **Obrazowanie diagnostyczne** w medycynie to **wizualizacja narządów wewnętrznych** człowieka metodami nieinwazyjnymi za pomocą specjalistycznej aparatury diagnostycznej oraz odpowiednich metod badawczych
- **Obrazy medyczne** są efektem pomiaru określonych właściwości tkankowych, ukazujące wnętrze ludzkiego ciała pełnią bardzo ważną rolę w diagnostyce pacjentów, ale też wizualizacji i ocenie ilościowej skutków stosowania terapii czy rehabilitacji
- **Radiomika**, czyli ekstrakcja dużej liczby cech z obrazów medycznych



D. Leithner et al., Imaging and the completion of the omics paradigm in breast cancer, Radiology 2018, 58 (Suppl 1):S7–S13

System obrazowania medycznego

- Służy nieinwazyjnemu zobrazowaniu struktur ukrytych (wewnętrznych) oraz zmian fizjologicznych
 - wizualizacja w celu percepcji symptomów (analiza jakościowa, norma-anorma-sugestia patologii)
 - lokalizacja i określanie kształtu zmian (interpretacja, zabiegi, radioterapia)
 - analiza ilościowa (wymiarowanie, szacowanie parametrów dynamicznych)
- Podstawowe elementy
 - urządzenie obrazujące
 - oprzyrządowanie towarzyszące (śledzenie sygnałów, stosowanie środków cieniujących, itp.)
 - podsystem teleinformatyczny
 - stacja diagnostyczna
 - komputerowe narzędzia wspomagające
 - metody: protokoły badań, konsultacje, raportowanie

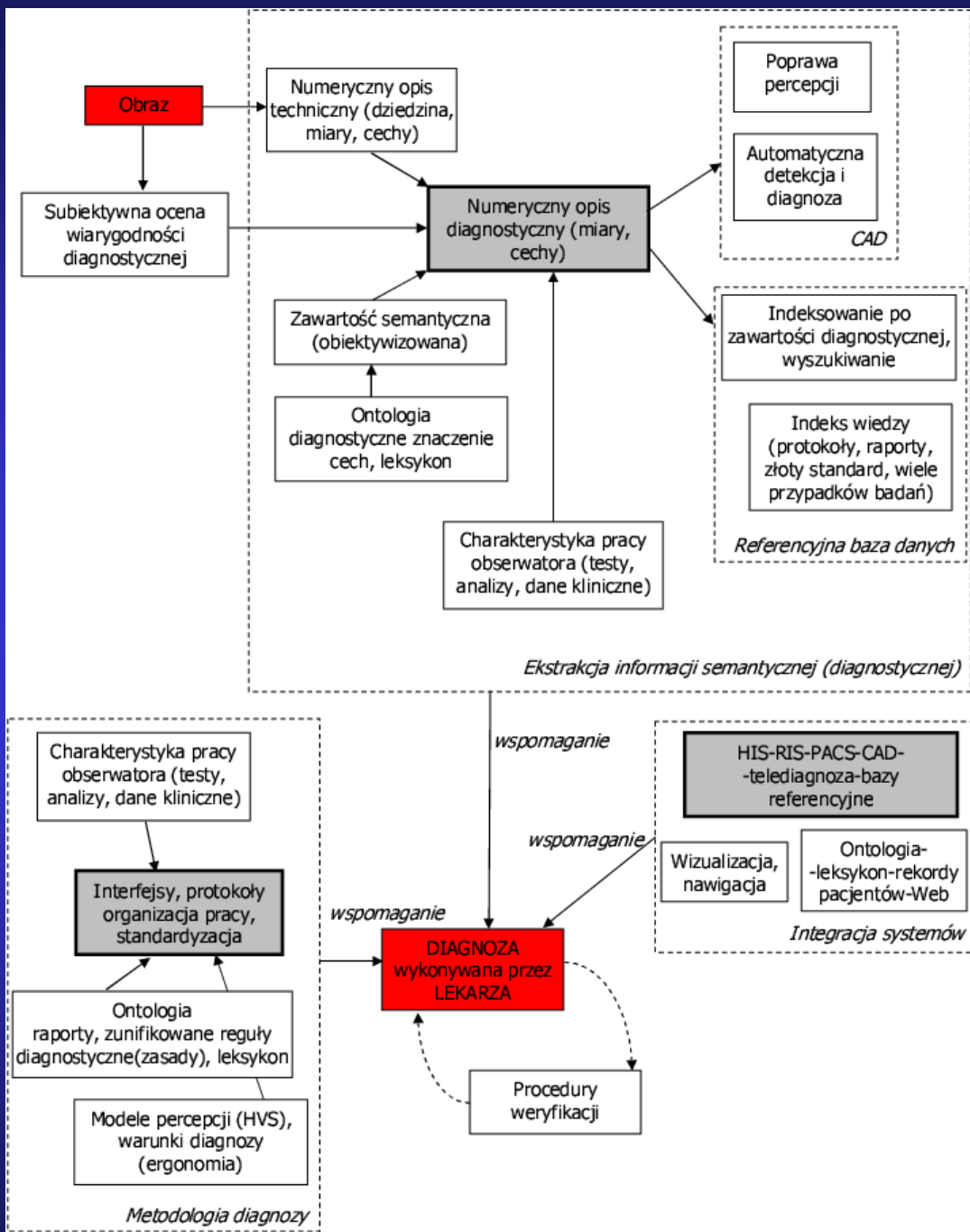
Elementy diagnostyki obrazowej

- Podstawowe procedury
 - kontrola jakości
 - dobór profilu badania
 - akwizycja
 - przetwarzanie wstępne
 - rekonstrukcja
 - zapis do archiwum, komunikacja
 - przetwarzanie użytkowe
 - modelowanie i wizualizacja
 - analiza jakościowa i ilościowa, porównawcza
- Podstawowe rodzaje metod
 - prześwietleniowe i tomograficzne
 - statyczne i dynamiczne
 - morfologiczne, czynnościowe (płuca, serce, mózg), perfuzyjne (mózg, serce) i naczyniowe
 - kontrastowe i bezkontrastowe
 - ogólne i celowane
 - obciążające i nieobciążające
 - obrazy statyczne i wideo, zorientowane przestrzennie lub nie
 -

Metodologia obliczeniowych, specyficznych analiz obrazowych

- **Modele obrazowe (wokół specyfiki obrazów)**
 - Charakterystyka systemów obrazowania i systemów teleinformatycznych oraz ich optymalizacja
 - Doskonalone reprezentacje sygnałów i rekonstrukcje/wizualizacje obrazów
 - Semantyka zobrazowań, odniesienia do wiedzy medycznej oraz specyfiki przypadku
 - Modele percepcji treści obrazowej
 - Proces rozumienia obrazów – **POSTRZEGANIE, POZNANIE, WNIOSKOWANIE**
 - Formy interpretacji obrazów, powiązania z decyzjami terapeutycznymi
- **Modele rozszerzeń klinicznych (kontekst wykorzystania obrazów)**
 - Reprezentacja wiedzy medycznej, w tym diagnostycznej (ontologie, taksonomie)
 - Formy wykorzystania obrazów w procedurach klinicznych
 - Opis działań: protokoły, schematy decyzyjne, diagramy postępowania, uwarunkowania organizacyjne itp..
 - Opis przypadku (obraz kliniczny): historia choroby, czynniki ryzyka, opis incydentu, ocena funkcji życiowych, wywiad, wyniki badań diagnostycznych, laboratoryjnych

Środowisko wspomaganie



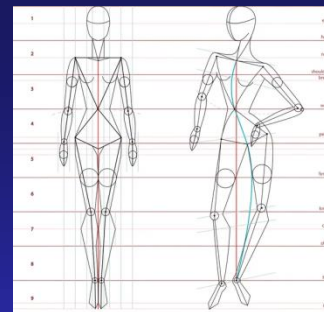
Ważne jest odniesienie do różnorodnych uwarunkowań procesu tworzenia, analizy i wykorzystania obrazów diagnostycznych

Schemat orientacyjny, przykładowy

Wspomaganie do podmiotowość użytkownika (lekarza), rozumienie uwarunkowań jego pracy i obiektywizacja potrzeb

PARĘ MYŚLI ISTOTNYCH ...

Królowa jest jedna! – schemat czy realny obraz?



Kilka niezwykle istotnych elementów budowania **inżynierskich mostów** w medycynie:

- z łaciny *medicina* oznacza **sztukę** lekarską (bada kompleksowy obraz)
- leczenie to: **powołanie**, wytrwałość rozumiana jako **wierność pacjentowi** - trzeba myśleć o chorym, patrzeć (obserwować) uważnie, z uporem nosić go w sobie, esencją jest spotkanie dwóch osób (wyjątkowe, jedyne)
 - *lekarze w kłopotach*: leczenie pacjenta pomimo zgromadzonej ogromnej dokumentacji klinicznej nie daje efektu, całe tygodnie prób i poszukiwań nie przyniosły rezultatów, było tylko gorzej; ogon lekarzy jest bezradny (**schemat**)
 - *nadchodzi Lekarz*, cierpliwie słucha całej historii choroby, dotyka ręką, przykłada słuchawkę, poznaje człowieka - jedno spotkanie wystarcza, już wie – widzi! (**obraz**), jego rozpoznanie się sprawdza, jest skuteczne (<http://mateusz.pl/rozmowy/szczeklik.htm>)
 - organizm chorego śle zwiastujące sygnały, potrzebny jest szczególny rodzaj wrażliwości niemal artystycznej, by je odebrać i zrozumieć, a potem złożyć nieraz błyskawicznie w spójną konstelację objawów dających rozpoznanie
 - nauka empiryczna (bez schematów – **kurczaki i samoloty**): wielopokoleniowe doświadczenie lekarzy, ich intuicje, umiejętności empatii i wrażliwy kontakt z pacjentem trzeba integrować z precyzyjnymi pomiarami, obrazami, analizami danych, specyficznymi charakterystykami

Paź królowej



- Medycyna przekształca się stopniowo w naukę empiryczną, w ostatnich latach szczególnie intensywnie, chętnie odwołując się do faktów, obiektywnych standardów, doskonalonych wytycznych i ścieżek – wiążą się z tym szanse, są też zagrożenia ...
- nie przestając być sztuką, poprzez lepsze obrazy staje się mądrzejsza/pełniejsza (poprzez OBRAZOWE WSPOMAGANIE powiększa się grupa skutecznych lekarzy)
- szansą komputerowego wspomaganie diagnozy i terapii jest wzmocnienie potencjału lekarza-artysty poprzez KORZYSTNIEJSZY OBRAZ (powtarzalny, kontrolowany), który służy rozwojowi „sztuki”, wrażliwości „artystycznej” wiernej pacjentowi
- celem/efektem jest udoskonalenie (medycznej) sztuki ludzkiego poznania na możliwie szeroką skalę



Nauka – dążenie do wiedzy (docieranie do prawdy, poznawanie adekwatnie opisujące rzeczywistość) - wykorzystuje **metody i określony język**. Prawa i teorie naukowe – efekty badań naukowych, wymagają uzasadnienia, polegającego na konfrontacji wnioskowanych przewidywań z wynikami obserwacji (**eksperyment**). Nauka rodzi się z dążenia do uzyskania **wyjaśnień systematycznych, a równocześnie podlegających kontroli poprzez obserwacje, gromadzenie danych**

Dylemat filozoficzny: model czy dane? znamy od dawna ...

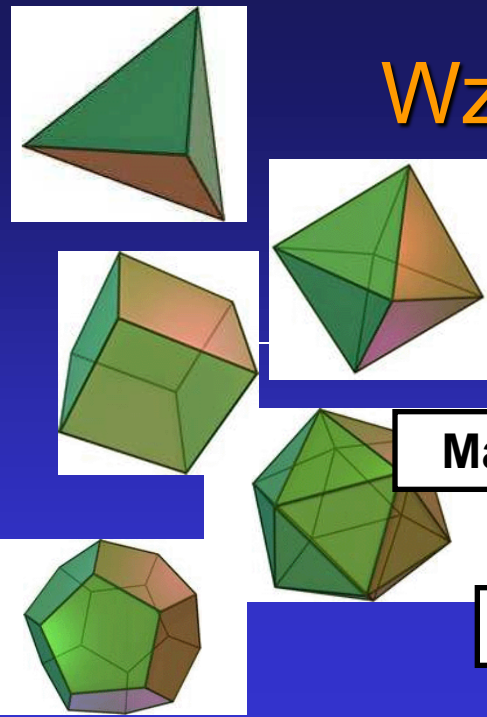
Regularna niepewność świata starych modeli (R.A.Fischer, **Empirical model building**, 1922r) czy też przypadkowa niepewność nowego królestwa (danych) - statystyczny świat Tukeya (**The Age of Tukey**, 1975)

- Fischer: jeśli znamy jakościowy charakter hipotetycznej populacji, odsuwamy problemy statystycznej manipulacji; **w świetle obserwacji testujemy model i doskonalimy go**
 - Specyfikacja formy (modelu, matematycznej formy), estymacja parametrów modelu, ustalenie rozkładów tych parametrów z danych
- **Podjęcie Fischera stosowane było od dawna** do rozwiązywania rzeczywistych, złożonych problemów, wykorzystuje całościowe spojrzenie na problem; tworzony jest całościowy model zjawiska bez ułatwiających uproszczeń; **model z wiedzy jest weryfikowany względem realnych danych (uwarunkowań) i udoskonalany**
 - John Tukey (The future of data analysis, 1962): Najważniejsza maksyma, którą powinni wziąć pod uwagę analitycy danych brzmi: o wiele lepsza jest przybliżona odpowiedź na właściwe pytanie (często niejasne, ale chciane), niż dokładna odpowiedź na niewłaściwe (niechciane), choć precyzyjne pytanie; analiza danych musi postępować według przybliżonych odpowiedzi, ponieważ wiedza na temat tego, na czym naprawdę polega problem, **w najlepszym przypadku jest jedynie przybliżona**
 - Podjęcie Tukeya **pozwala się 'mówić' danym bez ingerencji modelu, zyskując pragmatyczny, przybliżony model obliczeniowy 'z danych' (ewentualnie wyjaśniany!)**

Dylematy metodologiczne

- **Dane czy hipoteza obserwacyjna (rozumienie modelu)**
 - era Fishera (model - dane weryfikują - lepszy model) czy era Tukeya (dane mówią same, a model z danych musi być odpowiednio 'duży')
 - mamy inżynierie/analizy wielkich danych (uczelnia, szpitali, państw)
 - więcej danych/reguł/miar-liczb nie oznacza od razu więcej informacji/sensu/wiedzy, ani nie prowadzi automatycznie do większych korzyści (przykładem chociażby **steganografia** – np. zwierzęta je uprawiają)
- **Teoria informacji : paradoksy i szansa**
 - celem - więcej informacji (odkrywanie realnej wymiarowości problemu)
 - entropia czyli trzeba więcej bałaganu w dużej masie albo tylko dane istotne
 - teorie semantyczne, pragmatyczne, hybrydowe
 - układ zamknięty, względne przyrosty i cuda pozorne (kryteria subiektywne)
- **Rozwiązanie**
 - integracja rozwiązań wokół „**otwartego**” **modelu użytkowego** (odkrywanie danych względem doskonalonych form użytkowania)
 - nieoczywiste odkrycia dziedzinowe (ważne obserwacje, dogłębne rozumienie istoty, wnioskowanie i trafna interpretacja celnych pomiarów, poznanie)

Wzmocnić ludzką zdolność poznawczą (oprzyrządowaną inteligencją)



Materia, energia, życie

Człowiek

pomiar, dane

rozumienie, interpretacja, inteligencja,
MODEL

Matematyczne modele, opisy, ontologie

struktury i
reprezentacje danych

technologie semantyczne,
wiedza dziedzinowa

**Komputer (informatyka):
reprezentacja, analiza, wiedza**

wielkie dane

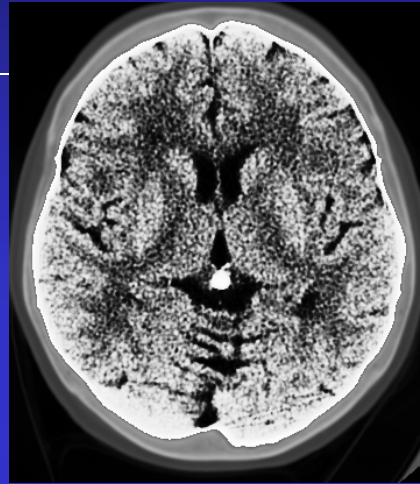
wzmocniona inteligencja

Pragmatyka – lepsze rozwiązania!

Skuteczniejsze działania w
realnych problemach



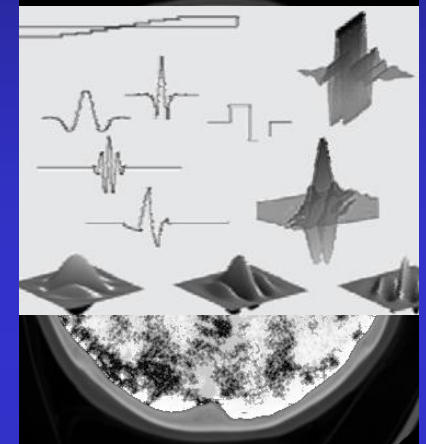
Doskonalenie procesów poznawczych (lepsze modele)



Kartezjusz (**duże dane**) –
prawdę jasno widać

Newton (**myśl**) –
zrozumiałe modele
zgodne z wiedzą i
doświadczeniem

Trafna myśl jest
kluczowa!!!



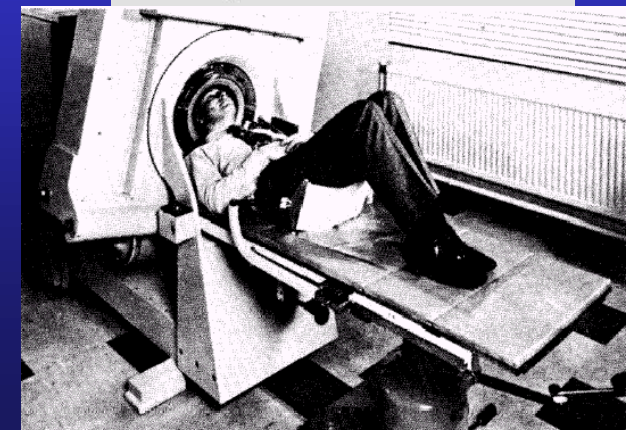
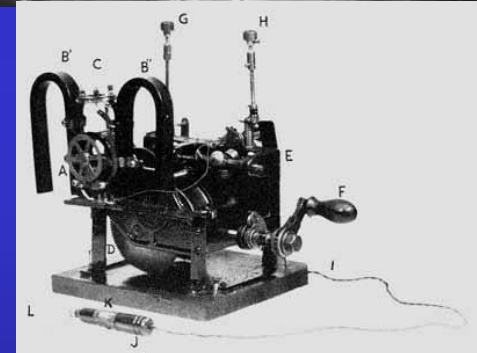
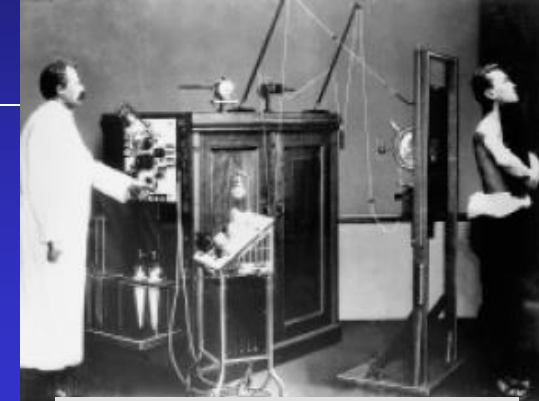
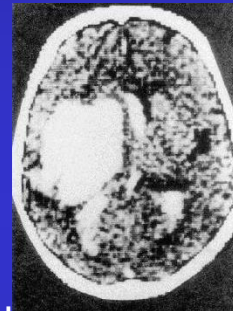
- **Einstein**: nie fakty zmuszają nas do wysunięcia nowej teorii, ale nade wszystko twórczy akt wyobraźni; każde poznanie rzeczywistości za pomocą myśli, musi zdać się na metafizyczny impuls
 - Jeśli pomysł na początku nie wydaje się absurdalny, to nie ma dla niego żadnej nadziei ...
- **Gregory Chaitin** (matematyk): wyobrazić sobie coś na tyle dokładnie, by móc to udowodnić; ostatecznie wierzymy teorii wtedy, gdy redukuje wiele faktów do małego zbioru aksjomatu i praw (model)

UWARUNKOWANIA ZASTOSOWAŃ CAD

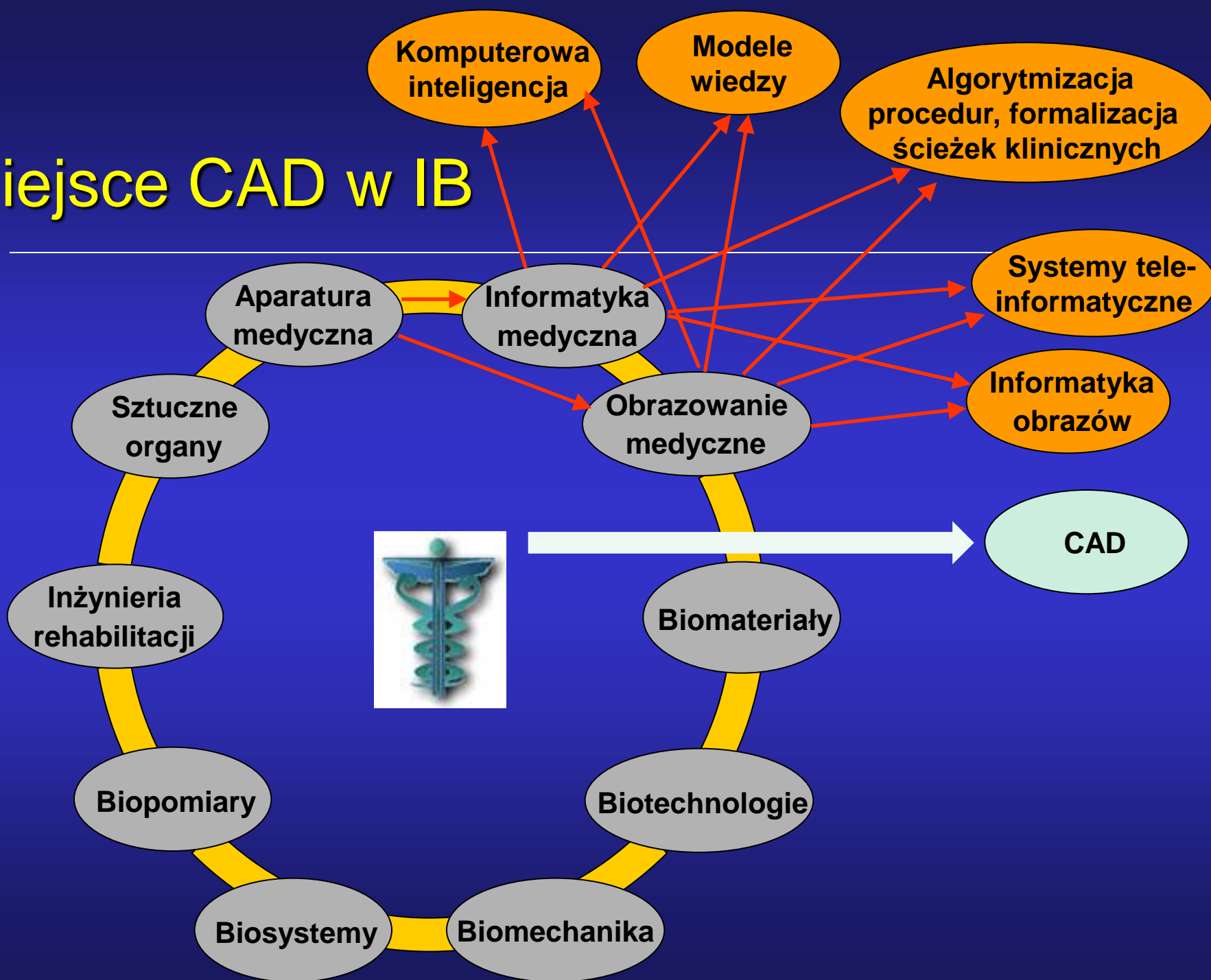
Technika/inżynieria medyczna

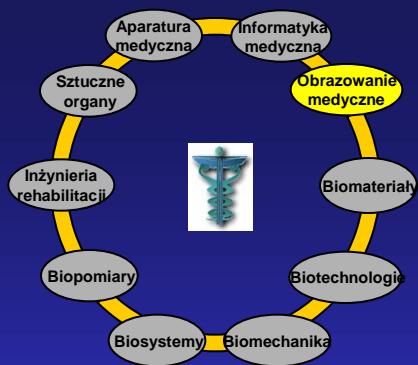


- Lata osiemdziesiąte XVIII w. Jean-François Pilâtre de Rozier – respirator (projekty już w XV wieku sporządził Leonardo da Vinci)
- 1816 R.T. Laennec - stetoskop
- 1895 W.K. Roentgen - promieniowanie X
- 1903 W. Einthoven - elektrokardiografia
- 1931 A. Hyman - pierwszy stymulator serca
- 1938 A. Fleming (Florey, Chain) – penicylina
- 1948 skuteczne doskonalenie USG, medycyny nuklearnej
- 1953 J.D. Watson, F. Crick, R. Franklin, M. Wilkins - DNA
- 1967 C. Barnard - transplantacja serca
- 1971 G. Hounsfield – tomograf komputerowy
- 1973 P.Mansfield, P.Lauterbur – zastosowanie obrazowania MRI w medycynie
- Lata siedemdziesiąte – początki komputeryzacji, SI
- Lata dziewięćdziesiąte Teleinformatyka ...
- XXIw Piąta fala (podręczne komputery, łączność szer. pas., integracja), Szósta fala AI ...



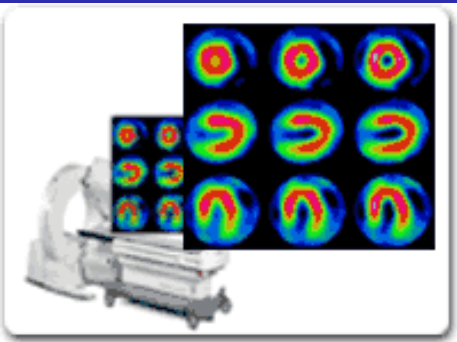
Miejsce CAD w IB



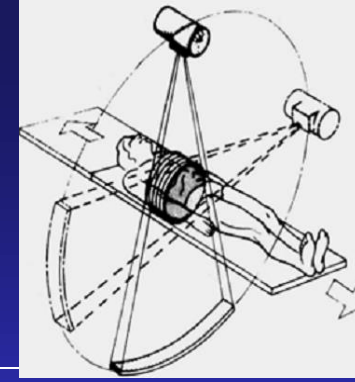


(skomputeryzowane) Obrazowanie Medyczne

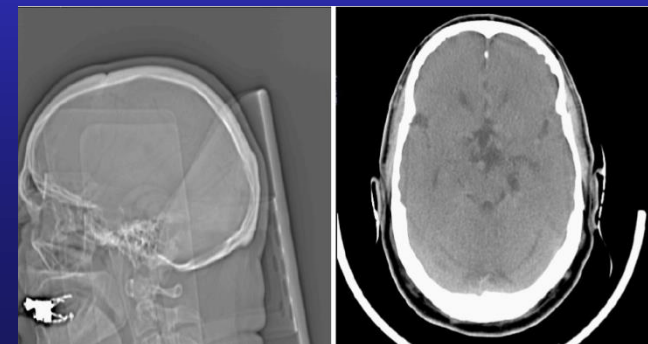
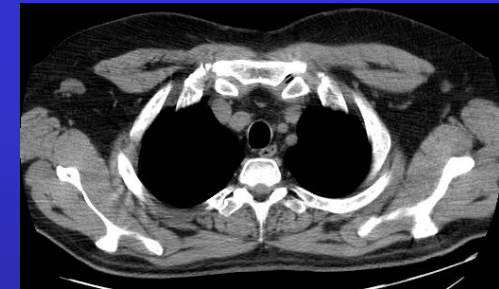
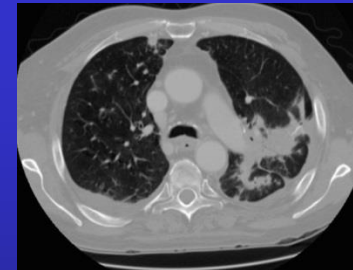
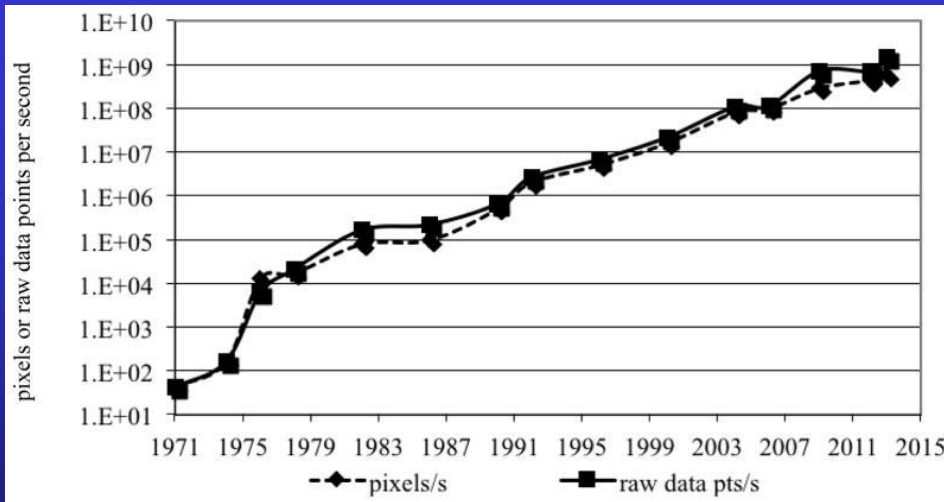
Radiografia, Tomografia Komputerowa, Rezonans Magnetyczny, Ultrasonografia, Medycyna Nuklearna (tomografia pozytonowa – PET i jednego fotonu – SPECT), metody optyczne i impedancyjne)



Tomografia komputerowa



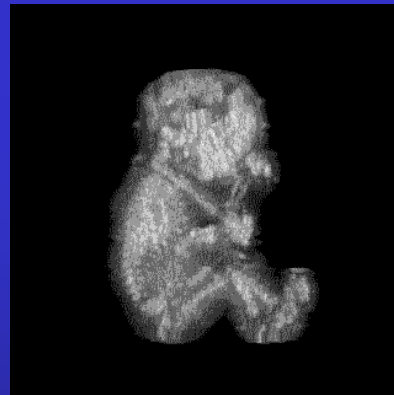
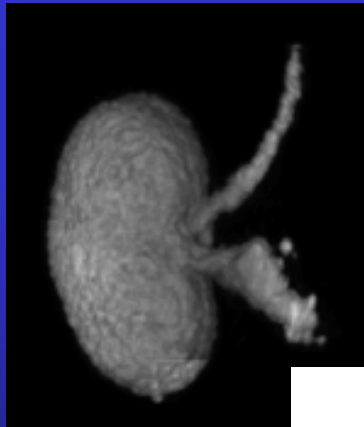
- Technika transmisyjna z rozkładem liniowych współczynników tłumienia uśrednionych po grubości warstwy (wielowarstwowe, detektory półprzewodnikowe, dwuenergetyczne)
- Wykorzystanie komputerów! (tomografia skomputeryzowana)
- Realne 3D: obrazy przekrojów, warstwowa rekonstrukcja wolumenu
- Problem dawki vs szczególny potencjał w detekcji wczesnych stadiów raka



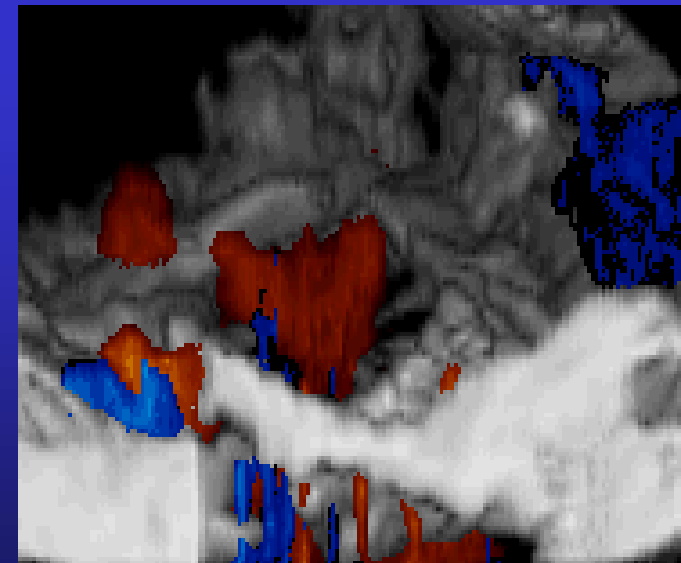
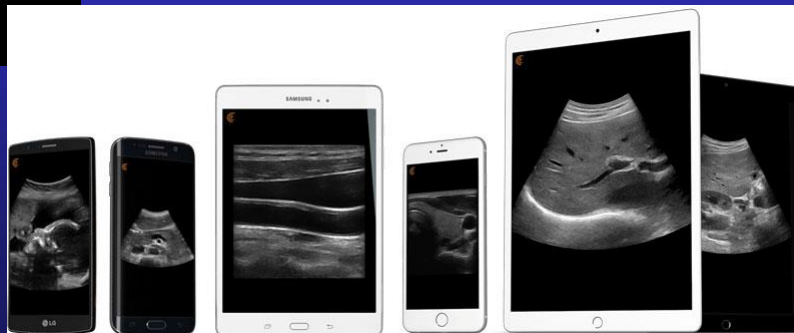
Speed of CT since its introduction, measured in raw data points measured per second, or in the number of pixels that the measured raw data is used to reconstruct (**Recent and Future Directions in CT Imaging** Norbert J. Pelc, *Ann Biomed Eng.* 2014 Feb; 42(2): 260–268.

Obrazowanie ultrasonograficzne

- 1948 początek badań nad medyczną USG
- początki zastosowań już w latach 1952-1961
- najpowszechniejsza, najtańsza, najmniejsza, najbezpieczniejsza, naj



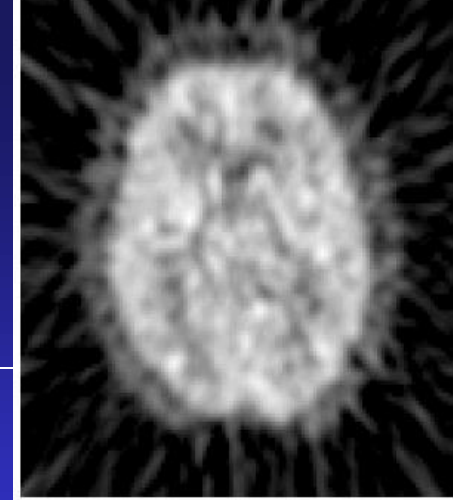
Nerka in vitro



Niedomykalność zastawki mitralnej

Diagnostyczna medycyna nuklearna

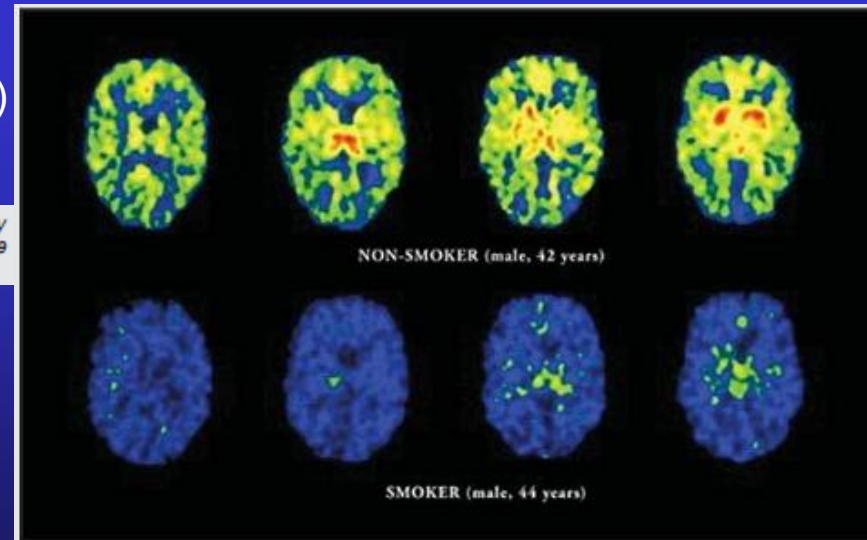
- Lata 1948 -1952-1963
 - Źródło w rozwoju techniki jądrowej (bomba atomowa)
 - Substancje biologicznie czynne znakowane izotopami, badanie mechanizmów metabolizmu
 - Obrazowanie struktur silnej lub słabiej uczestniczących w metabolizmie
 - Obrazowanie funkcji poprzez śledzenie przebiegu gromadzenia i usuwania radiofarmaceutyków
 - Scyntygrafia, SPECT i PET (izotopy krótkożyciowe, wybrane funkcje aktywności)
 - Podobne metody rekonstrukcji jak w CT



PET



Image: Colored axial positron electron tomography (PET) scan of lung cancer (white, lower left) in the right lung (Photo courtesy of Sovereign, ISM).



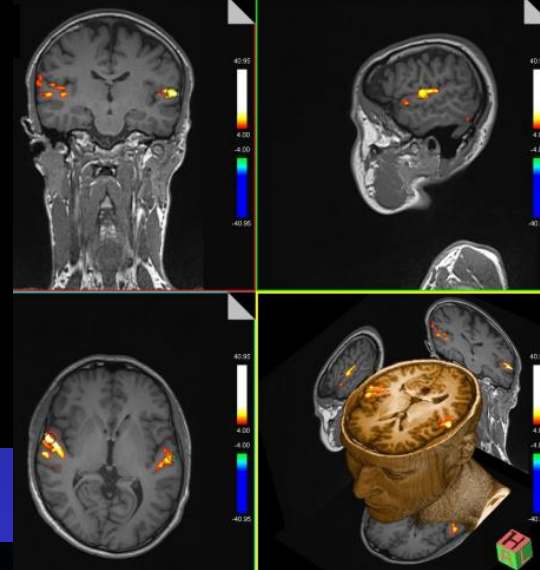
NON-SMOKER (male, 42 years)

SMOKER (male, 44 years)

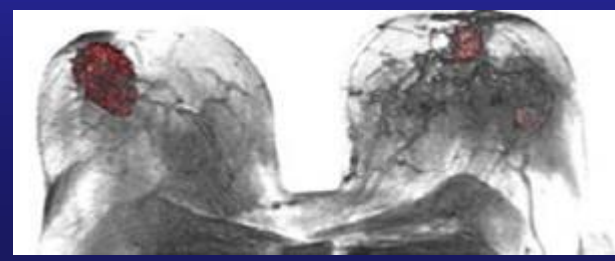
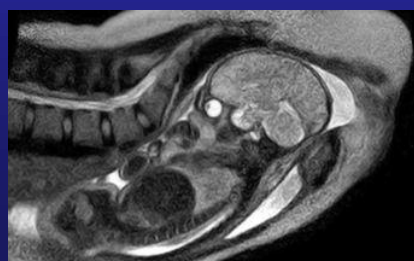
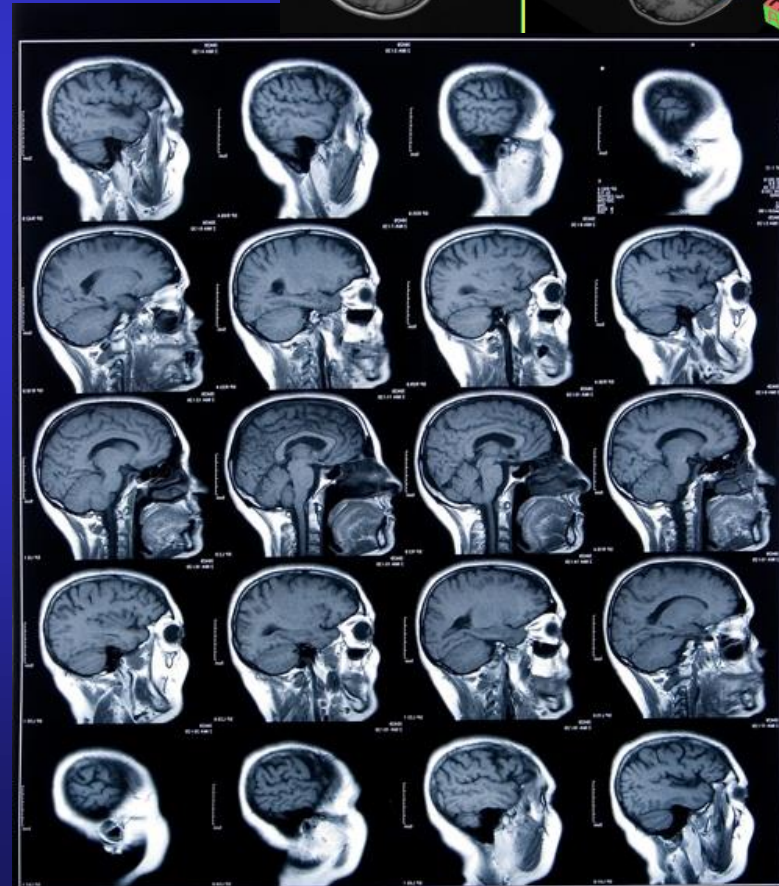
Image: Colored positron emission tomography (PET) scans of the brains of a smoker and a non-smoker (Photo courtesy of Pascal Goetgheluck).

Tomografia rezonansu magnetycznego

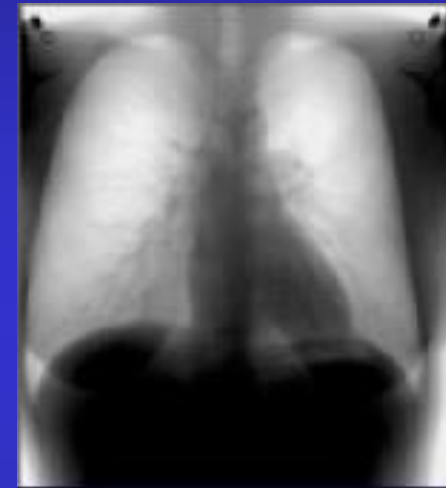
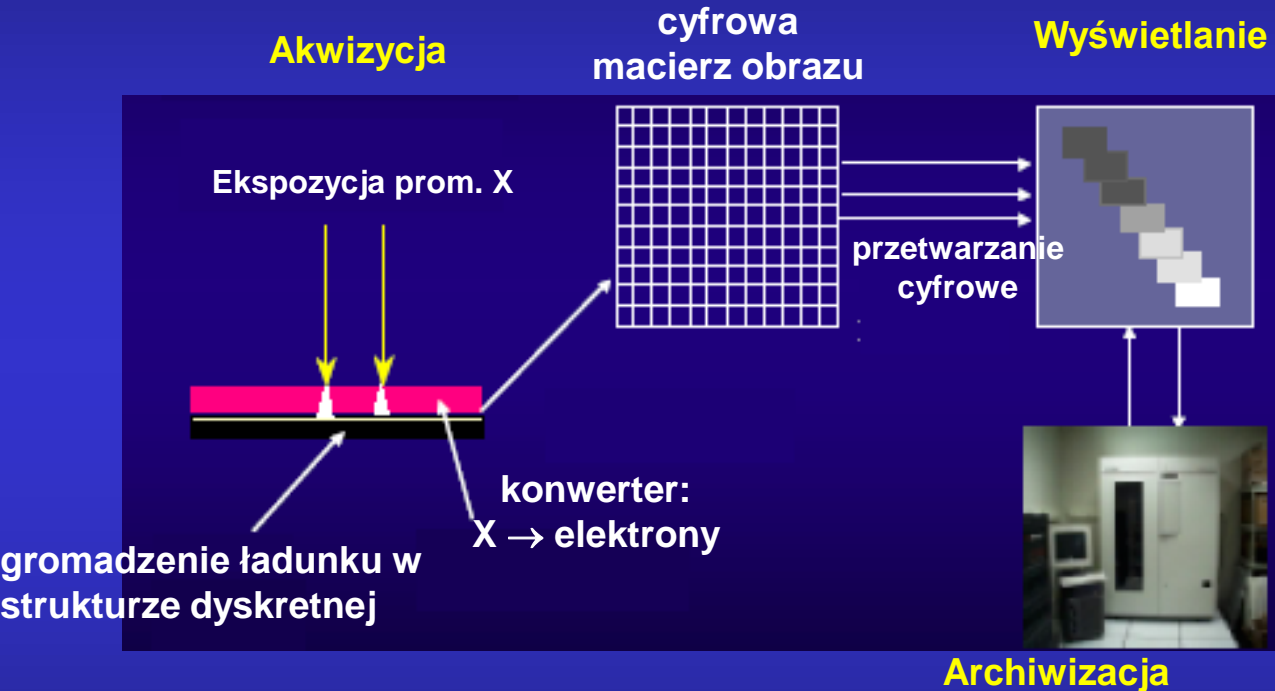
traktografia-
włókna nerw.



- Lata 1950-1980 – metoda przyszłości?
 - magnetyczny rezonans jądrowy (NMR) - brak jonizacji
 - Akwizycja: silne pole magnetyczne (stałe), pobudzenia elektromagnetyczne, porządkowanie jądrowych momentów magnetycznych, generacja impulsów radiowych, pomiar 1D transformacji Fourierowskich, częstotliwościowe metody rekonstrukcji (odwrotna FT)
 - Ciągły rozwój - szybkie sekwencje pobudzające, fMRI, badania dyfuzyjne, traktografia, spektroskopia ...
 - Metody rekonstrukcji nieco odmienne od CT



Radiografia cyfrowa



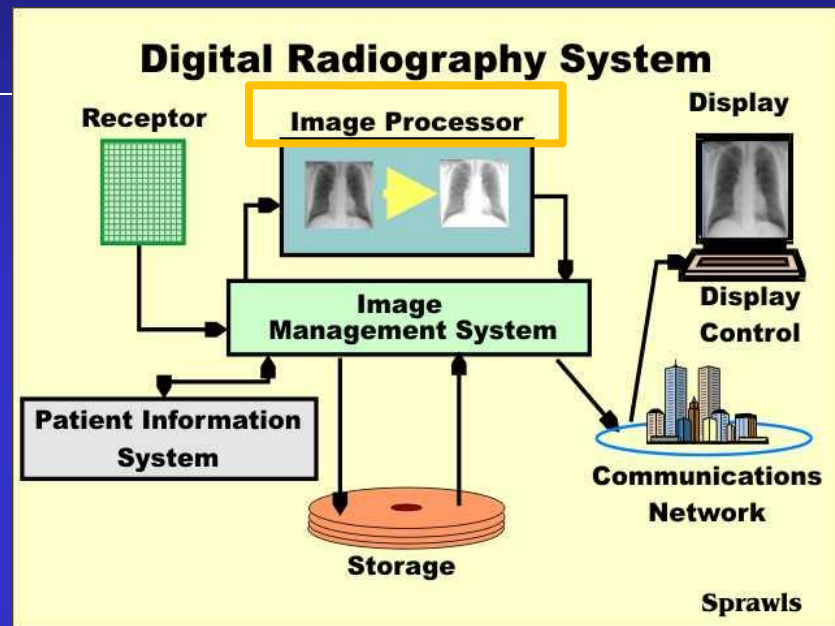
tkanka miękka



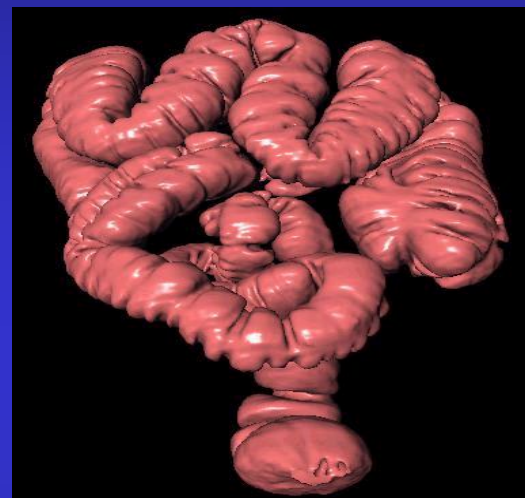
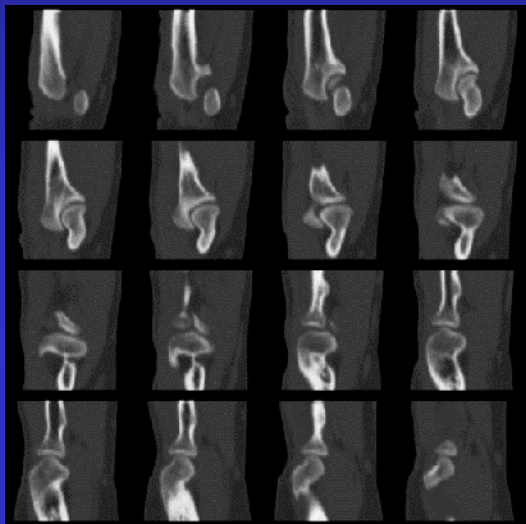
tkanka kostna

- szybkie badanie, mniejsze dawki
- elastyczność akwizycji i wyświetlania
- cyfrowe gromadzenie i przeglądanie
- dystrybucja wielu dokładnych kopii
- ilościowa ocena danych\konsultacje

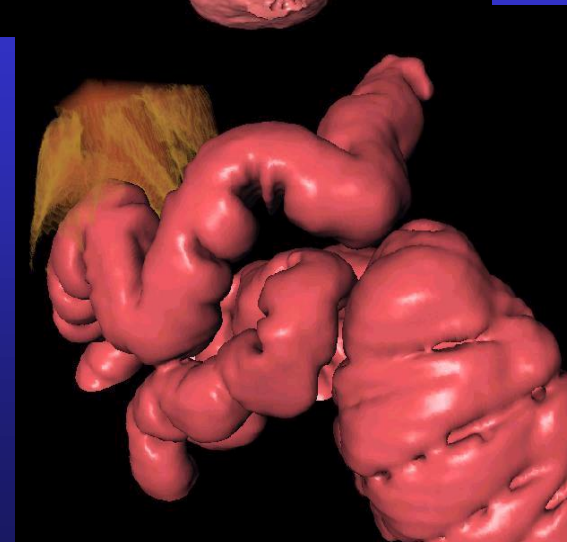
(Quasi) Cyfrowa technologia obrazowania i zarządzania fundamentem CAD



Wizualizacja – metody grafiki komputerowej

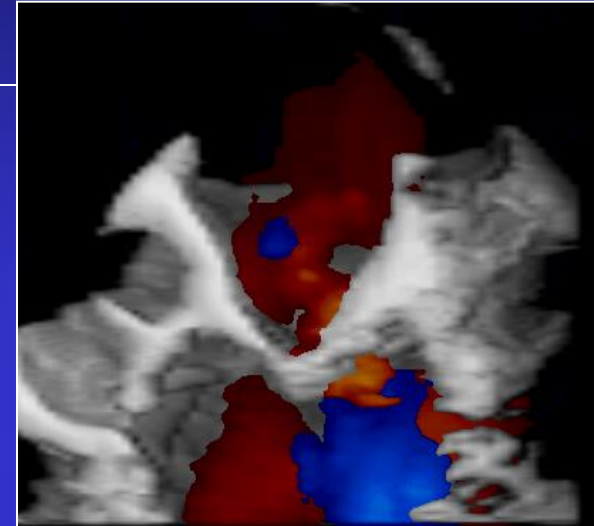
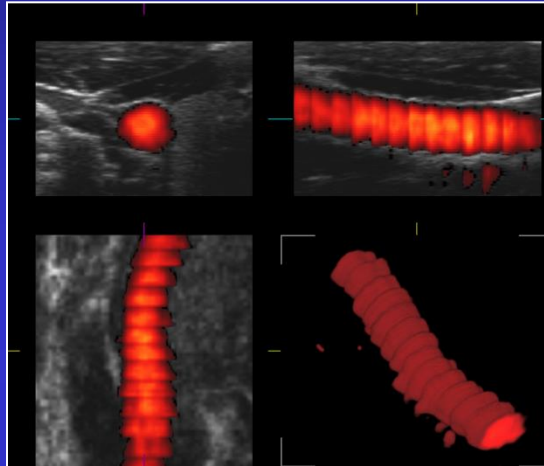


Trójwymiarowa rekonstrukcja stawu łokciowego na podstawie obrazów tomograficznych

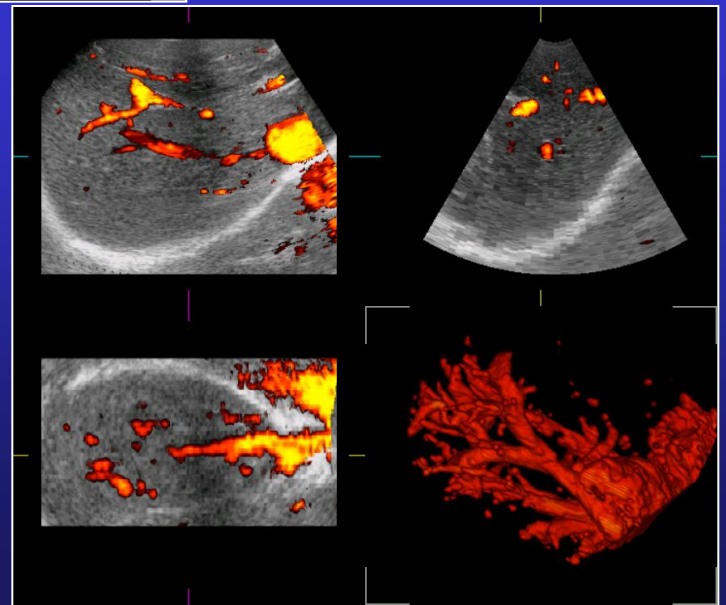
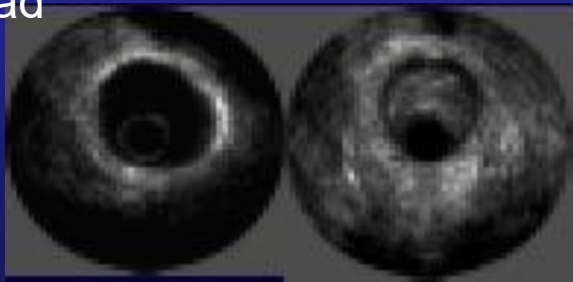


Wsparcie metodami grafiki

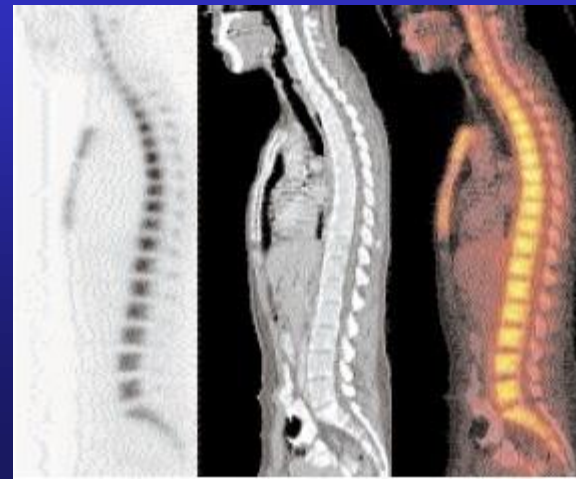
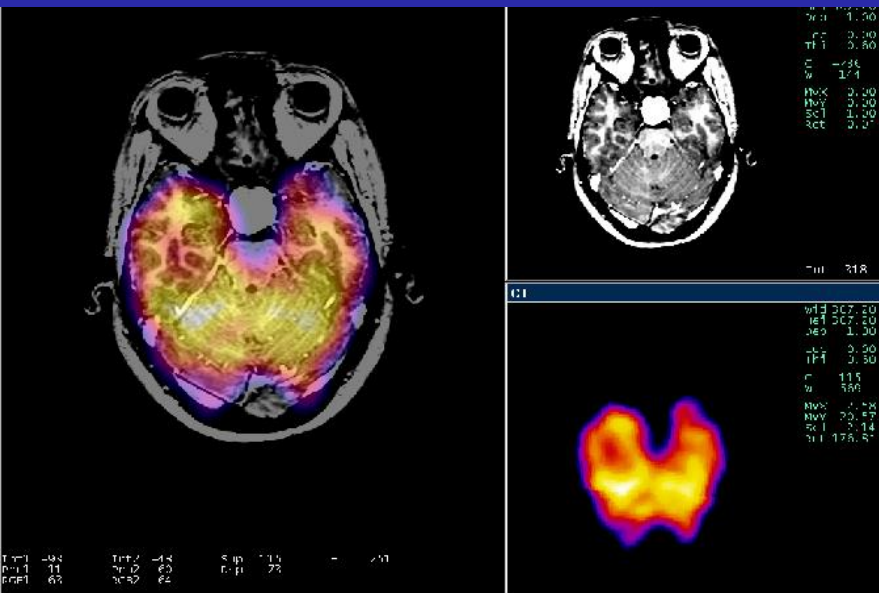
4D



60 % wzrost skuteczności
diagnozy płodowych wad
rozwojowych



Synergia zobrazowań (fuzja)

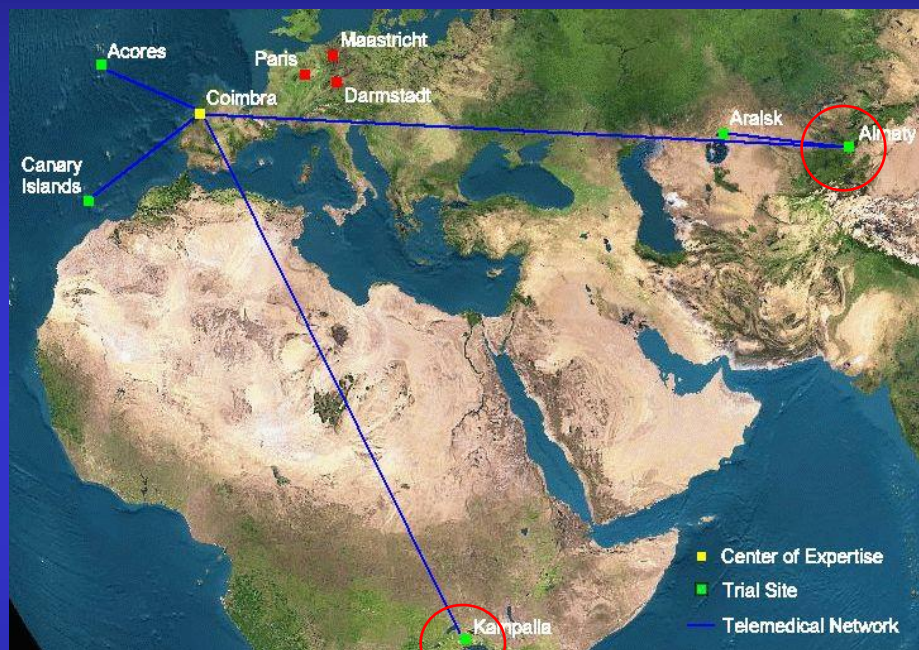


Nadzór telemetryczny

Miniaturowe aparaty do monitorowania czynności układu sercowo-kръżeniowego lub składu chemicznego krwi



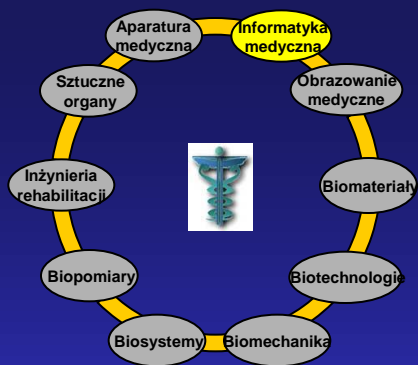
Teleinformatyka medyczna



Obszary odosobnione (wyspy),
znajdujące się w stanach klęski
żywiłowej itp

Urządzenie: lekki, przenośny aparat 3D
USG z łączami telekomunikacyjnymi

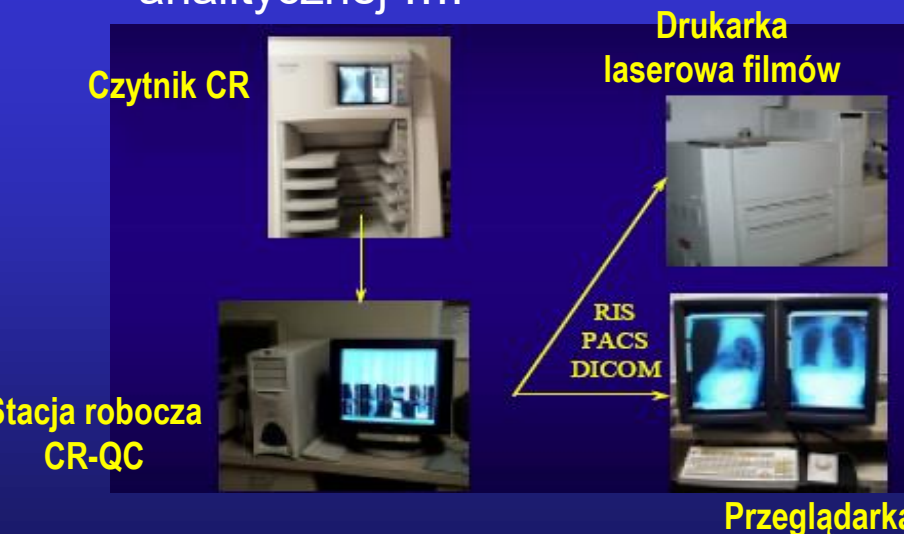




Informatyka medyczna



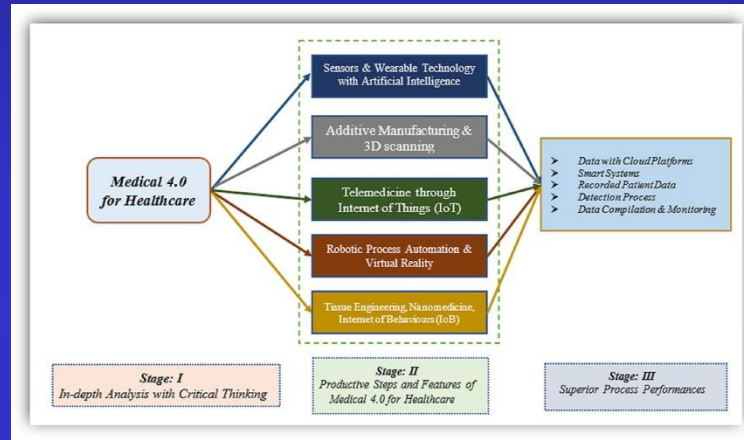
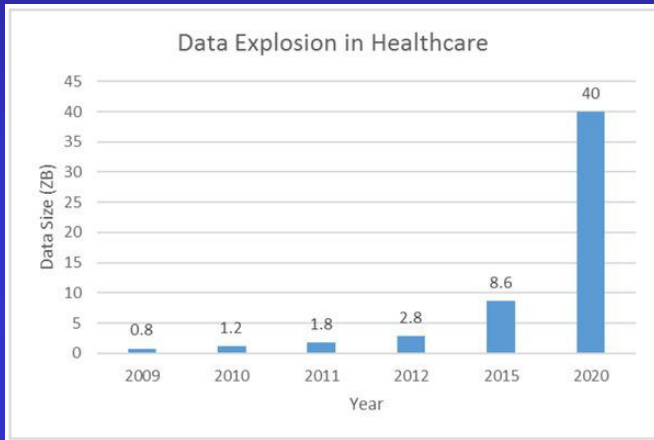
- Kompleksowa wiedza o pacjencie (szpitalne systemy informacyjne)
- Wspomaganie decyzji (elementy sztucznej inteligencji, inteligencji obliczeniowej, wzmocnionej, zorientowanej na człowieka, Internet rzeczy etc.)
- Struktury danych, funkcje, wnioskowanie - modele wiedzy, ontologie, technologie bazodanowe
- Teorie: sygnałów, aproksymacji, informacji, analizy harmonicznej, geometrii analitycznej



Przeglądarka

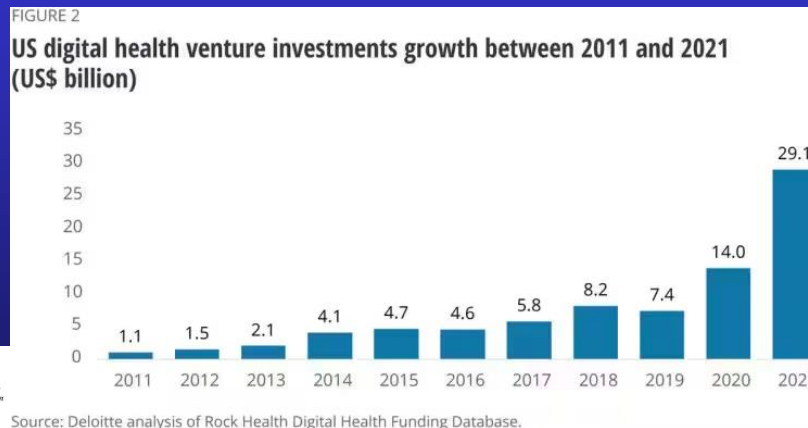
W latach 1998-2005 wzrost ekspansji technologii komputerowych w medycynie > 400%

Statystyki rosną

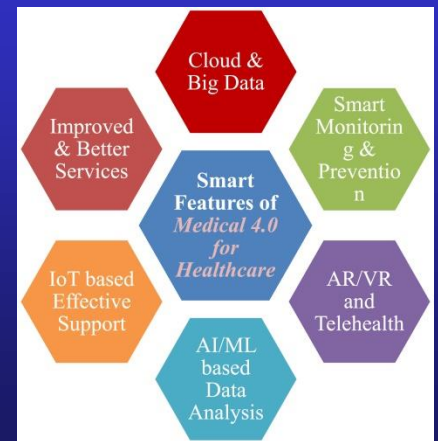


Internet of Things and Cyber-Physical Systems
 Volume 12, 2020, Pages 12-20
Medical 4.0 technologies for healthcare: Features, capabilities, and applications
 Abdul-Hakem, M., Mohd. Iqbal, A., et al., Basu Prasenjit, S., et al., Basu Prasenjit, S., et al.

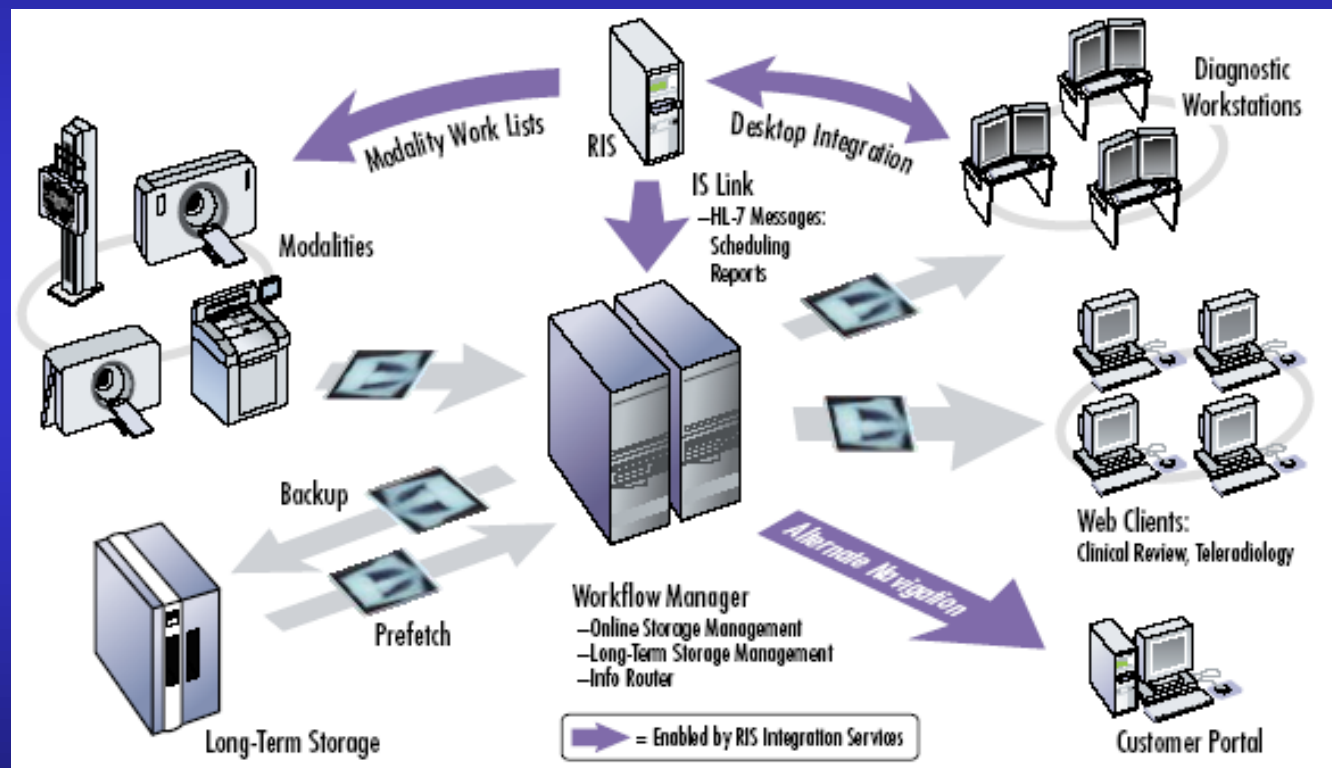
Data and Information Management
 Volume 8, Issue 3, 1 December 2018, Pages 173-197
Big Data in Health Care: Applications and Challenges
 Liana Hanna, M., Marwan Lusa, M., Raheem Wahana, M., Fatma Lu, M., Widi Lu, M., A., et al., Fatma Lu, M., et al.



Digital disruption for health plans: It isn't coming, it's here
 An analysis of health tech investment trends shows that health innovators in three digital health categories—chronic condition management, care navigation, and digital benefits—are disrupting core health plan functions.



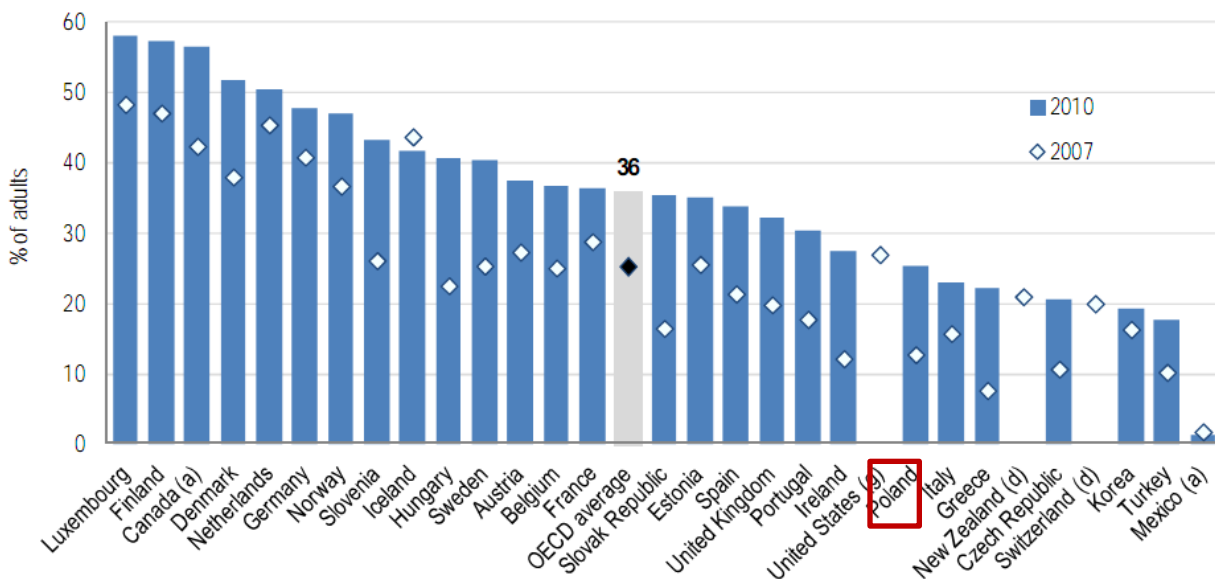
Szpitalne systemy informacyjne



- cyfrowe gromadzenie i przeglądanie

- dystrybucja wielu dokładnych kopii
- ilościowa ocena danych\konsultacje

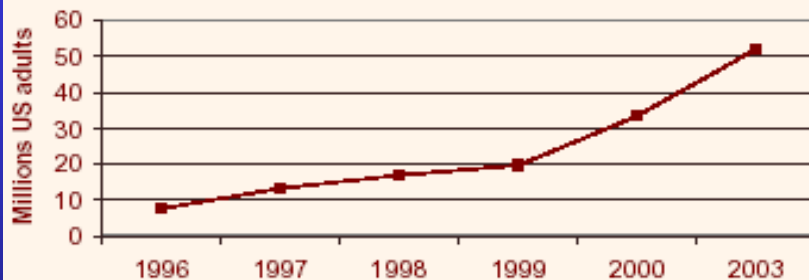
1. Individuals who used Internet to seek health information, 2010 or latest



Medycyna w Internecie

Dotyczy zastosowań internetowych i globalnych technologii sieciowych wykorzystanych w medycynie i publicznej opiece zdrowotnej

Internet User growth Outlook - millions of US adults seeking health information, 1996-2003



Podnosi poziom powszechnej wiedzy medycznej, uczy odpowiedzialności za swoje zdrowie

Problemy: - jakość informacji umieszczanej w Internecie; - brak standardów; - nierówne szanse dostępu

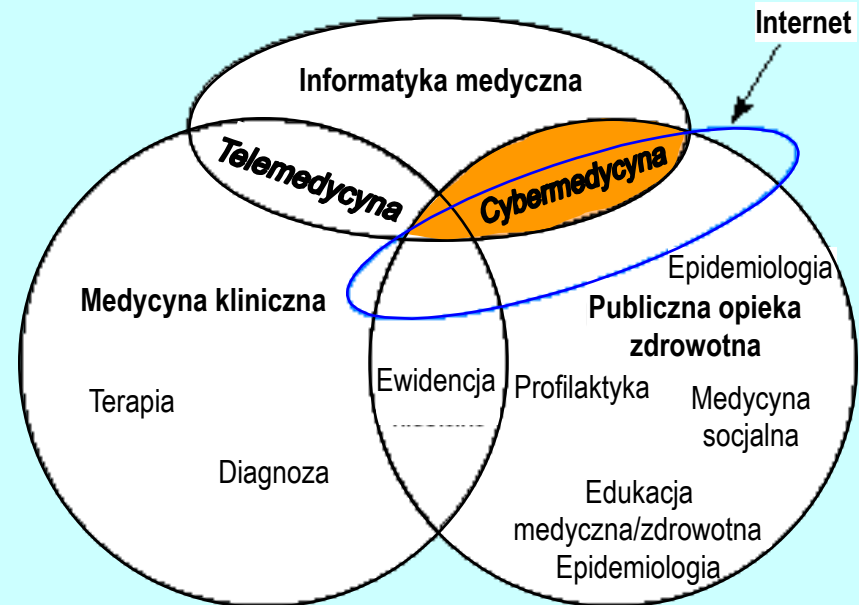
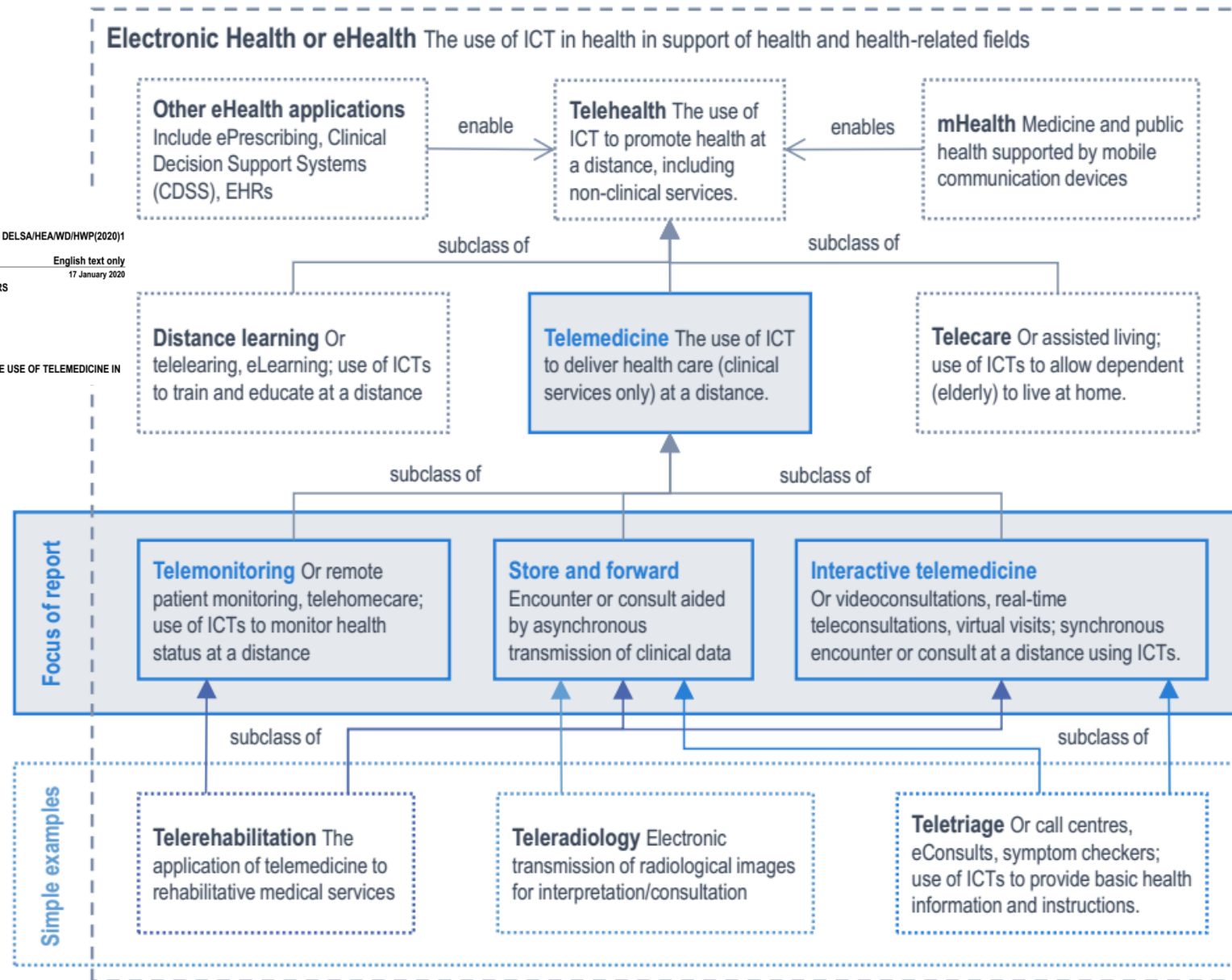


Figure 1.2. Telemedicine and the broader eHealth ecosystem



Source: OECD compilation building on glossaries from the American and German telemedicine associations, and from ISO/TS 13131:2014.

Figure 1.3. Countries reporting use of telehealth, by level of health system and type of programme

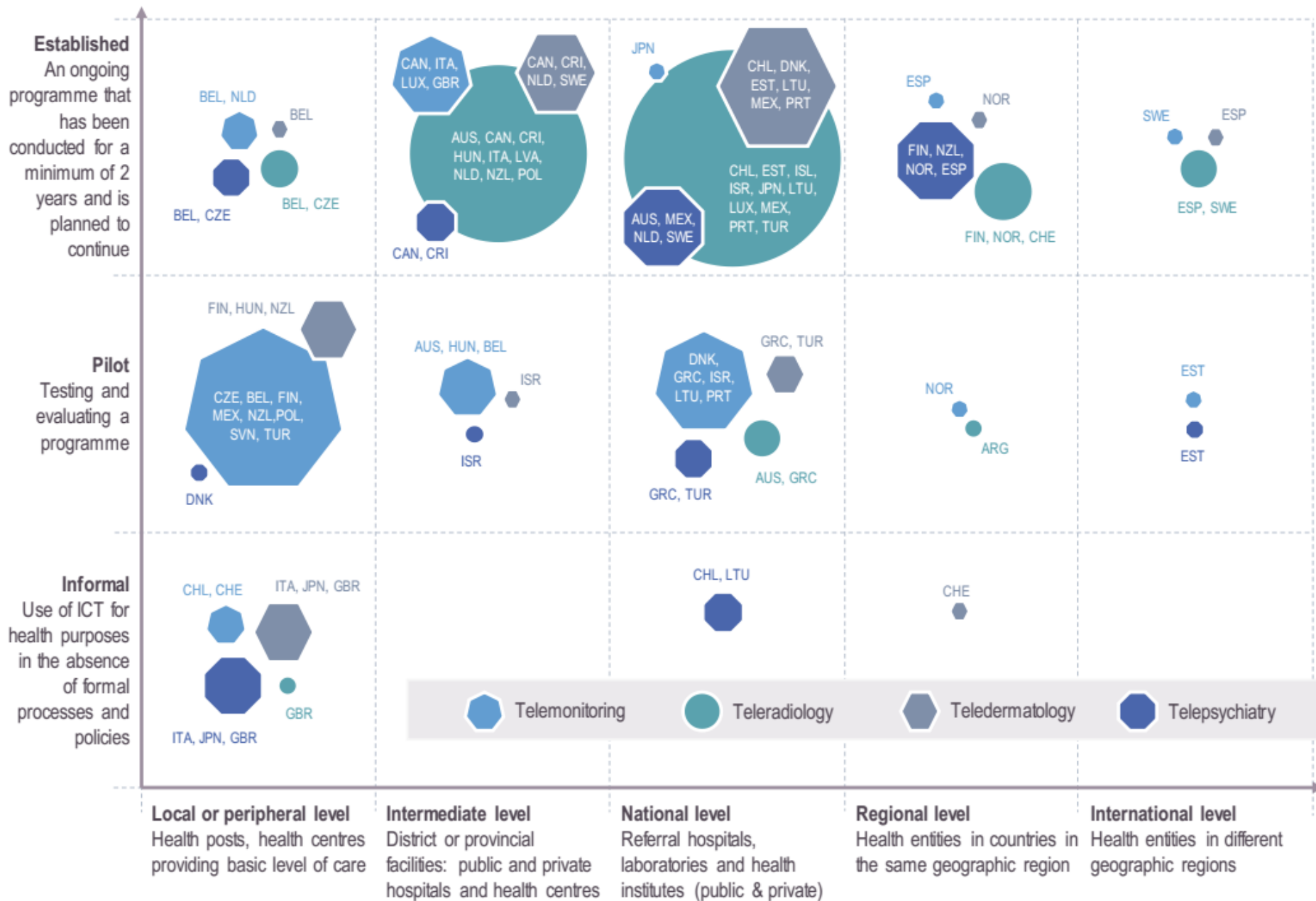
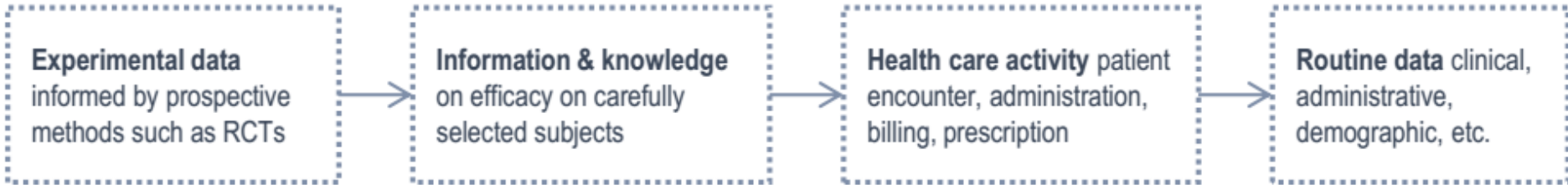


Figure 3.2. A transition to learning health care systems is needed to benefit fully from telemedicine

The current linear paradigm...



...versus a learning health care system

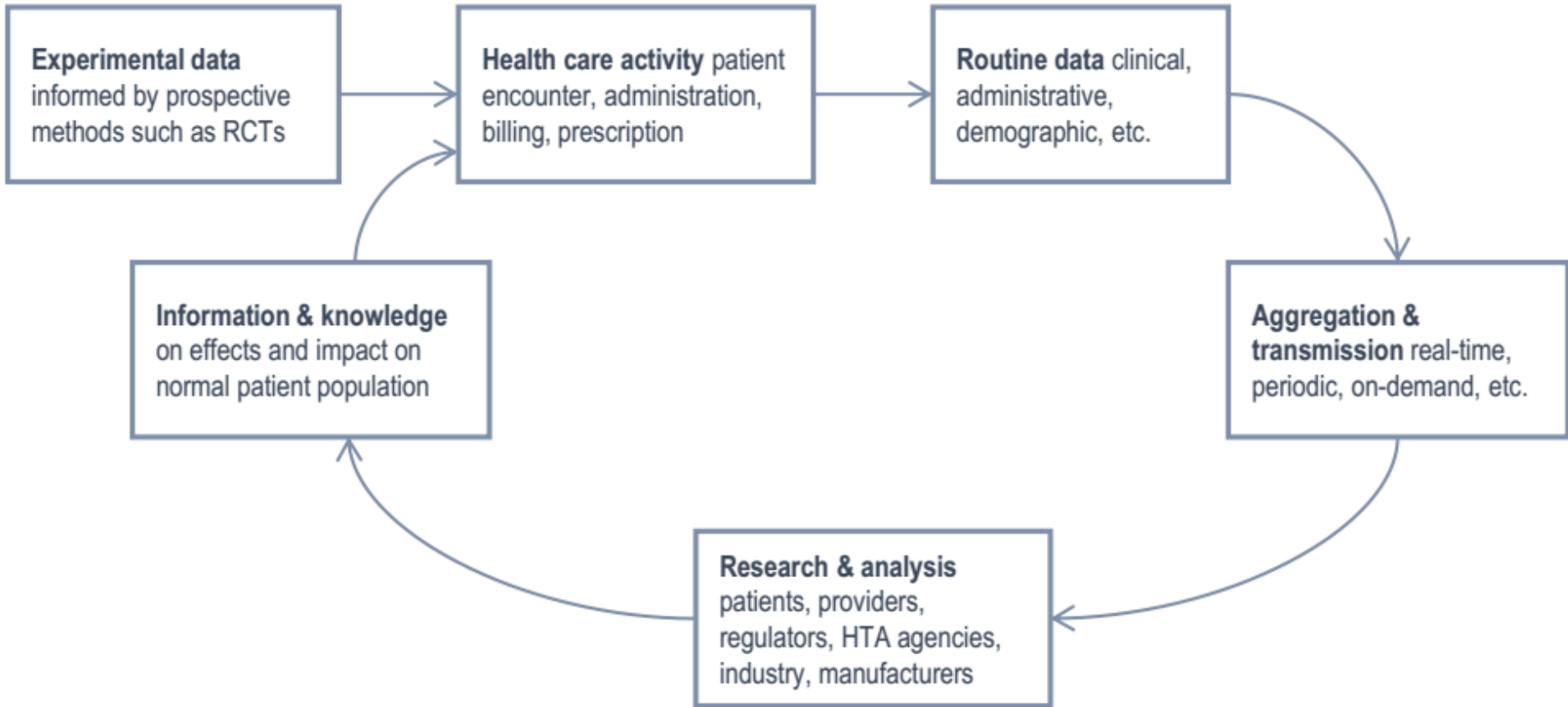


Figure 1.2. Countries are digitalising their health records

Percentage of primary care physician offices and acute care hospitals using electronic medical records, 2016

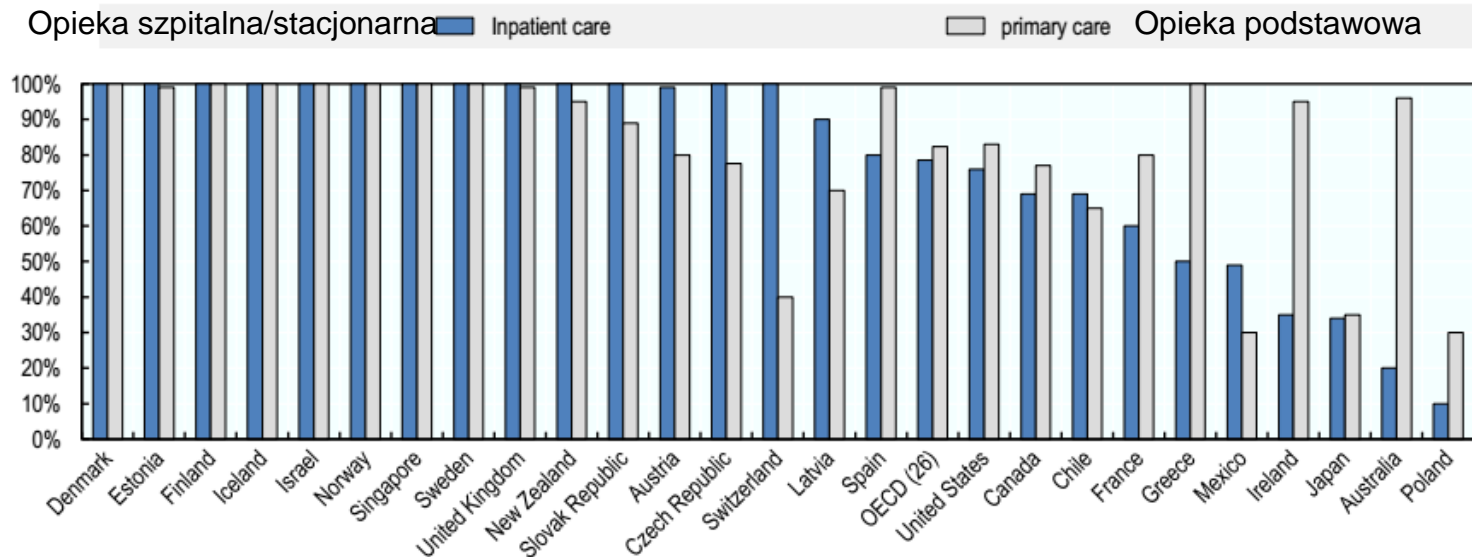
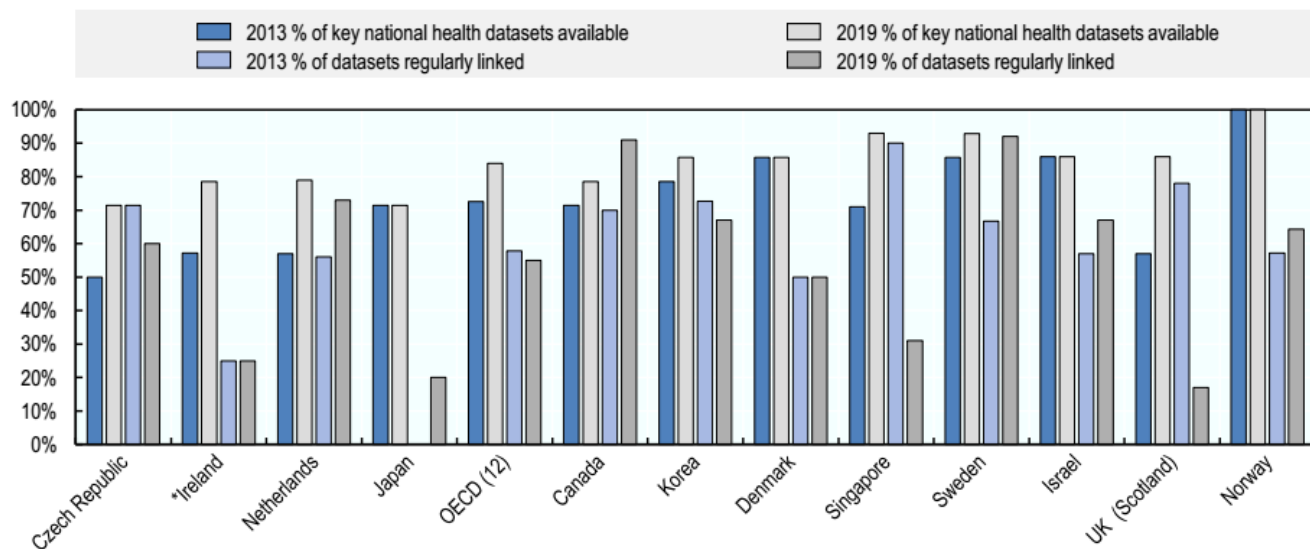
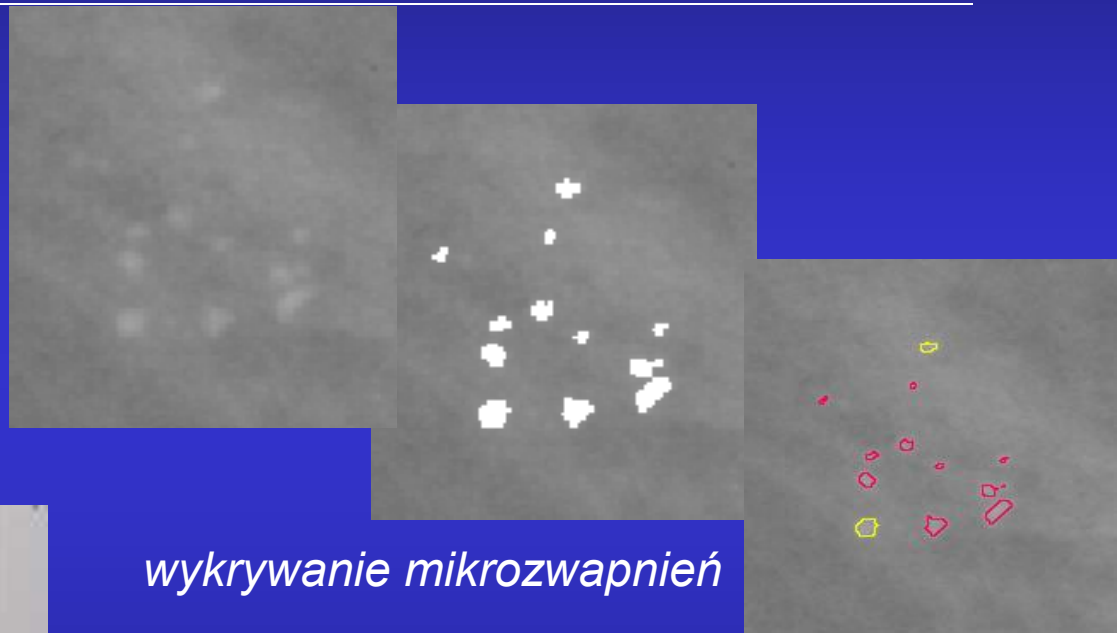
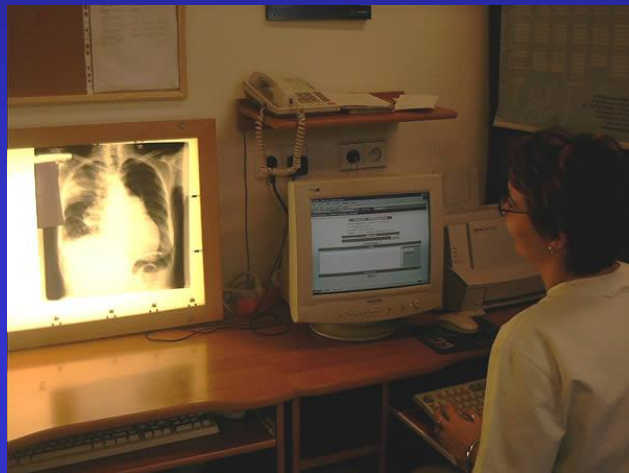


Figure 1.4. Availability of data is growing but their linkage appears to be stagnant

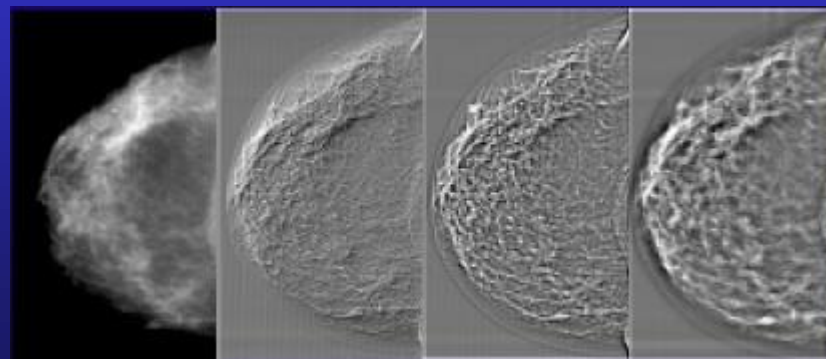
Percentage of key data sets available and regularly linked, 2013 and 2019



Prawdziwa opowieść: wspomaganie diagnozy w mammografii

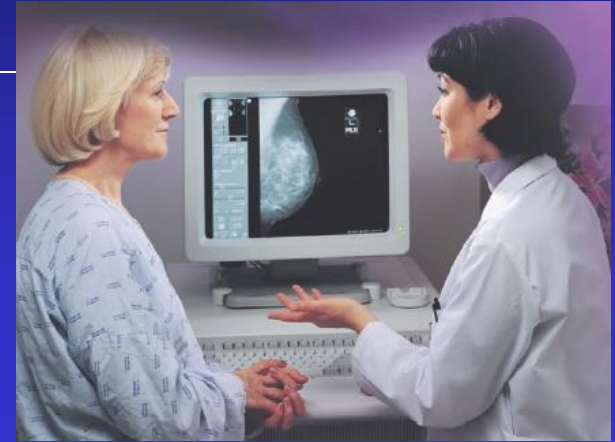
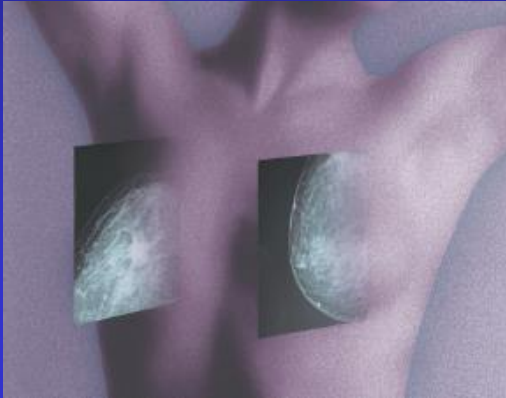


wykrywanie mikrozwapnień



przetwarzanie obrazu

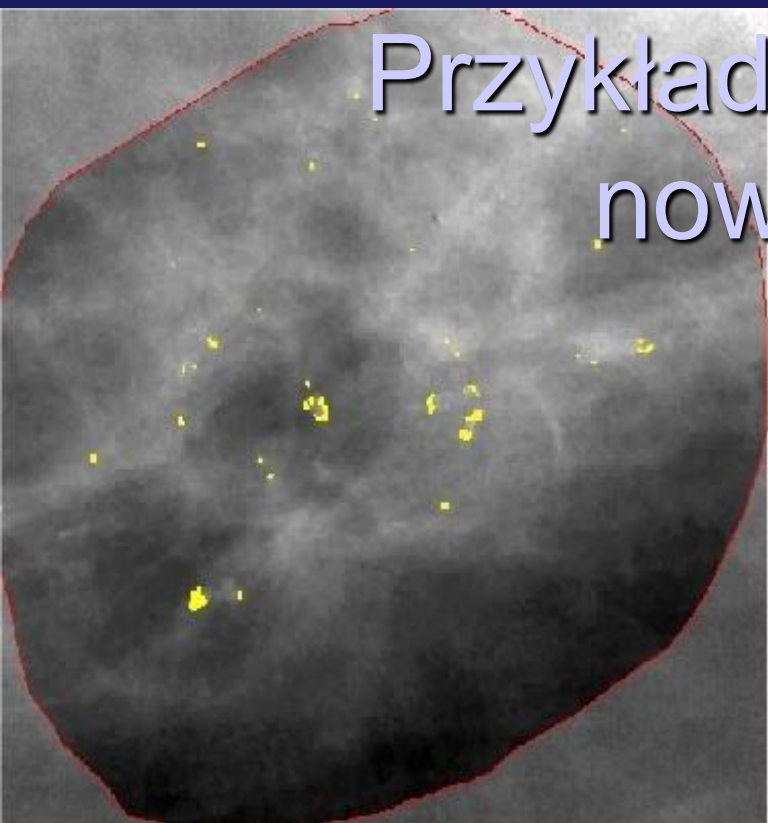
CAD w badaniach mammograficznych



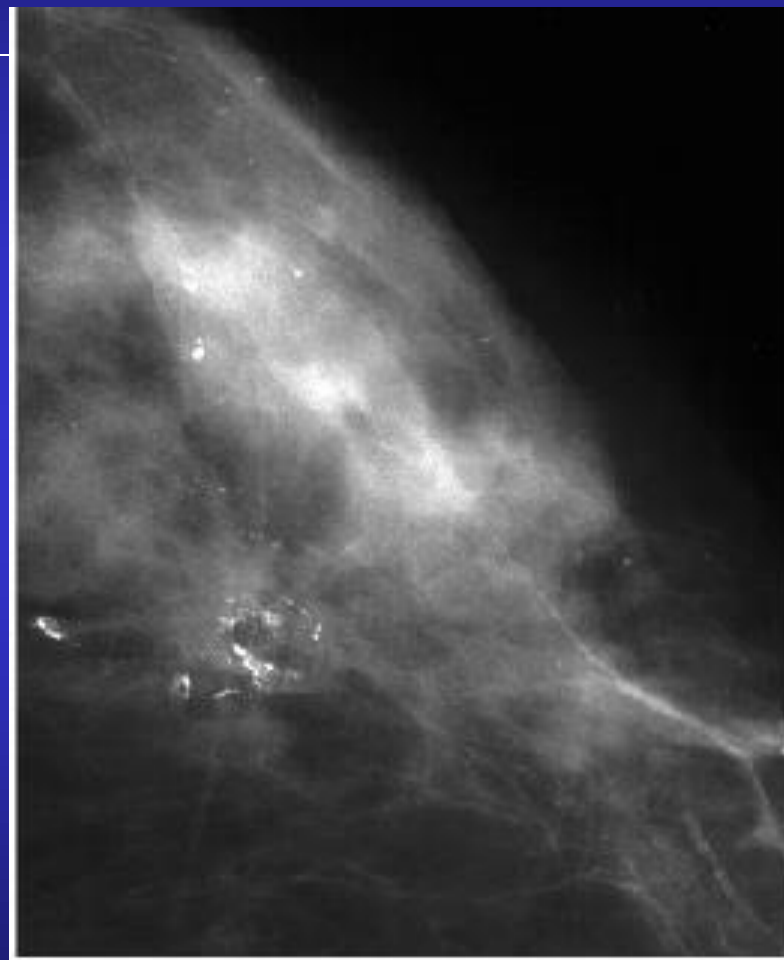
- rak piersi jest **najczęstszym** nowotworem złośliwym u kobiet! (9.173 zachorowań w 1995 w Polsce, w 2020: ponad 20 tys.)
- badanie niezwykle trudne do zdiagnozowania
- wartość diagnostyczna mammografii zależy silnie od aparatury i pracy techników
- brak standardów
- potrzebny drugi opiniodawca (CAD?)



Przykład - detekcja zmian nowotworowych



Badanie z roku 1996, diagnoza: brak zmian



Badanie tej samej pacjentki z roku 1998, stwierdzona obecność nowotworu

Szerszy kontekst

INFORMATYKA MEDYCZNA

IM na usługach radiologii, szerzej medycyny

- **Integracja według modeli ścieżek klinicznych** na różnych poziomach: systemy obrazowania z systemami szpitalnymi, lokalnymi, urządzeniami pomiarowymi, teleinformatycznymi
- **Rozwój usług** telemedycyny, medycyny Internetu dzięki **nowym technologiom** – webowym, mobilnym, obliczeniowym, archiwizacyjnym itp.; absorpcja nowych technologii i postępująca integracja
- Rosnąca **skala zastosowań** (powszechna informatyzacja), zapotrzebowania, nowych wyzwań - redukcja czasochłonności procedur, uproszczenie, przyspieszenie, ułatwienie dostępu, upowszechnienie, dostosowanie do najnowszych technologii i nowych problemów klinicznych, składowanie i przeglądanie rosnących zasobów itp..
- **Większa użyteczność i niezawodność** systemów – poprawa wiarygodności stosowanych technologii, specyficzności, obiektywizmu, powtarzalności, adaptacja, kontrola jakości
- Większa skuteczność **interpretacji badań i podejmowanych decyzji**, **standaryzacja** procedur, większe i bardziej reprezentatywne zasoby, wiarygodne modele wiedzy, różnicujące deskryptory numeryczne, skuteczne wnioskowanie
 - współdzielenie zasobów (archiwa cyfrowe, referencyjne bazy danych, edukacja, aktualizacja wiedzy w skali świata)
 - formalne modele wiedzy dziedzinowej w możliwie szerokiej skali
 - algorytmizacja procedur klinicznych, doskonalsze metody komputerowej reprezentacji pomiarów (efektów badań) diagnostycznych

Kontekst historyczny koncepcji wspomagania ...

- **Lata 60.** - systemy eksperckie SI
 - MYCIN - regułowy system ekspertowy stworzony w latach 70. na Uniwersytecie w Stanford (napisany w Lisp) – wspomaganie diagnozy i terapii zakażeń bakteryjnych krwi (pozytywnie zweryfikowany, skuteczność wyższa od lekarzy)
 - wiele innych pomysłów ..
 - problemy z ich zastosowaniem ...
- **Lata 90. i dalej** – urzeczywistnienie/realizacja idei wspomagania
 - pierwsze rozwiązania CAD dopuszczone do praktyki!
 - szybka modernizacja rozwiązań względem kolejnych fal technologicznych
 - perspektywa globalizmu ...
 - doskonalone modele SI, modele z danych
 - personalizacja leczenia, wykorzystywanie faktów (EbM)
 - pandemie, czyli problem globalnego zarządzania leczeniem ...
 - ...

Przydatność SI w medycynie

- system opieki pooperacyjnej - narzędzie wspomagające decyzje w oparciu o monitorowanie symptomów i obserwację oczekiwanych zmian
- system ekspertowy do zarządzania systemem sztucznego oddychania dla oddziałów intensywnej opieki
- sterowanie i monitorowanie: sterowanie urządzeń podtrzymujących funkcje życiowe, monitorowanie stanu pacjenta i ostrzeganie w sytuacjach kryzysowych
- system ekspertowy do określenia składu pozajelitowego odżywiania noworodków na oddziałach intensywnej opieki
- planowanie diety, optymalizacja działań w trakcie przebiegu terapii
- prognozowanie rozwoju choroby
- kontrola: sprawdzanie dawek leków, możliwych interakcji leków, potencjalnych przeciwwskazań
- uczenie, e-edukacja
- rozpoznawanie, wskazywanie symptomów, klasyfikacja stanu zdrowia, zachowań człowieka, sensu wypowiedzi
- wspomaganie decyzji: diagnozy medyczne, zalecenia dodatkowych testów, decyzje w nagłych przypadkach, wykrywanie symptomów patologii i wzorców zmian w sygnałach EKG, EMG, EEG i innych

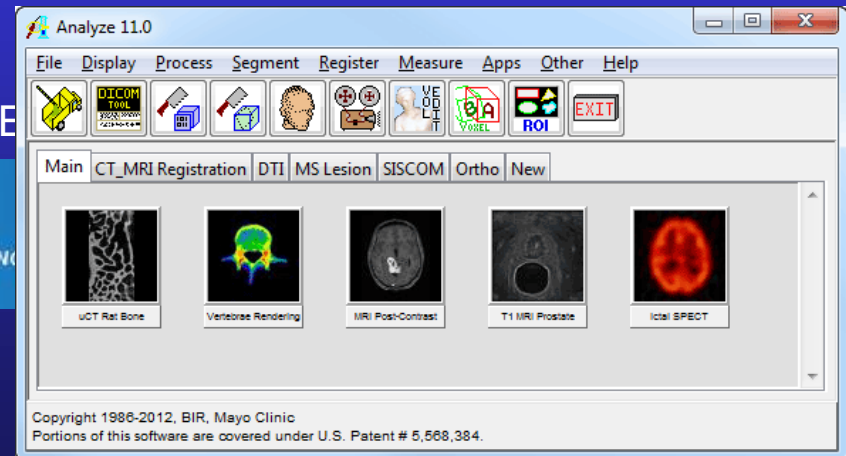
Analiza obrazów medycznych ...

- **Początki w latach 70** - Analiza obrazów medycznych
 - Obliczenie frakcji wyrzutowej jako klinicznie użytecznego wskaźnika - M.W. Stmuss et al., "A Scintiphotographic Method for Measuring Left Ventricular Ejection Fraction in Man Without Cardiac Catheterization," *Am J Cardiology* 28:575-80, 1971
 - Automatyczna lokalizacja guza - D. Ballard, J. Sklansky, "Tumor Detection in Radiographs", *Computers and Biomedical Research* 6(4):299-321, 1973
 - Gdzieś do 1984 – rozpoznawanie wzorców w obrazach 2D
 - Lata około 1985-91 – metody silniej odwołujące się do modeli wiedzy, początki koncepcji CAD
- **Lata około 1992-99** – analiza obrazów 3D, analiza zintegrowana (multimodalność)
- **XXI wiek** – wiele nowych wyzwań
 - Narzędzia ANALYZE, 3D-Doctor, ME

3D-DOCTOR

FDA 510K CLEARED, VECTOR-BASED 3D IMAGING

R.A. Robb and D.P. Hanson, "ANALYZE: A Software System for Biomedical Image Analysis," *Proc First Conf. Visualization Biomedical Computing*, pp. 507-518, 1990.

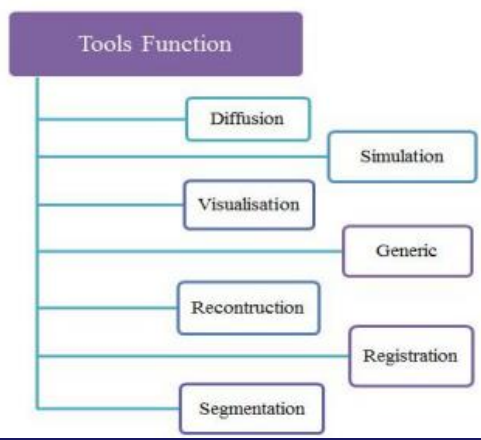
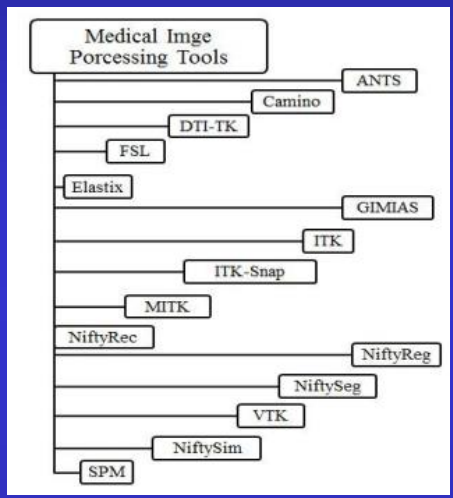


A Survey of Medic

Lay-Khoon Lee

¹Faculty of Computer Systems and Software Engineering
Universiti Malaysia Pahang,
26300 Gambang, Pahang, Malaysia

Image Processing Tool		VTK	ITK	FSL	SPM	GIMIAS	NIFTYREG	Elastix	ANTS	NiftySeg	ITK-Snap	MITK	NiftyRec	NiftySim	Camino	DTI-TK
Functions	3D Images	x				x		x		x	x	x	x			x
	Generic	x	x	x	x	x		x	x	x					x	
	Registration		x		x	x	x	x	x	x		x			x	x
	Segmentation		x		x	x		x		x		x	x	x	x	
	Visualisation	x				x	x	x			x	x	x	x	x	
	Reconstruction	x		x	x	x		x	x		x		x	x		x
	Simulation	x		x		x		x			xx		x	x		x
	Diffusion	x			x	x		x				x	x		x	x
System Language	C#			x							x					x
	C				x							x	x			
	C++	x				x		x								
	PHP													x		
	JAVA	x	x												x	x
	Python	x					x			x			x	x		
	VB.Net								x							
	Standalone tool		x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	
Plugin/ Integration	x		x						x					x	x	
Framework					x											
Open Source	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Paid																
Platform	Windows	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
	Linux	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Mac OS X	x	x				x	x	x	x	x	x	x		x	x
Imaging Supported	MRI		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
	Ultrasound					x	x	x		x		x		x		x
	X-ray					x	x	x		x		x				x
	fMRI			x	x	x		x	x			x			x	
	PET				x	x		x				x				x
	CT-Scan				x	x		x				x	x	x		
	EEG				x	x		x				x				x
	Mammogram					x	x	x		x		x			x	



ACD czy CAD ...

- **1960-1980:** odważne próby pełnej automatyzacji diagnostyki obrazowej - rozwój koncepcji ACD (*automated computer diagnosis*)
 - stosowanie metod analizy obrazów
 - rozwój metod sztucznej inteligencji - wielkie nadzieje, niestety w wielu przypadkach niespełnione
 - wykorzystanie metod poprawy percepcji - ograniczona efektywność, chociaż potwierdzona użyteczność
 - Lodwick G.S., Haun C.L., Smith W.E., et al. (1963) Computer diagnosis of primary bone tumor. *Radiology* 80:273-5
 - Becker H., Nettleton W., Meyers P., Sweeney J., Nice C. Jr. (1964) Digital computer determination of a medical diagnostic index directly from chest X-ray images. *IEEE Trans Biomed Eng* BME-11:67–72
 - Myers P.H. Nice C.M., Becker H.C., et al. (1964) Automated computer analysis of radiographic images. *Radiology* 83:1029-34
 - Kruger RP, Towns JR, Hall DL, et al. (1972) Automated radiographic diagnosis via feature extraction and classification of cardiac size and shape descriptors. *IEEE Trans Biomed Eng* BME-19(3):174-86
 - Kruger RP, Thompson WB, Turner AF. (1974) Computer diagnosis of pneumoconiosis (pylica). *IEEE Trans Syst Man Cybernetics* SMC-4(1):44-7
- **1966 r.** – po raz pierwszy sformułowano termin CAD (*computer-aided diagnosis*) w pracy G.S. Lodwick: *Computer-aided diagnosis in radiology. A research plan.* *Invest Radiol*, 1(1):72-80, 1966

CAD

- **Koniec lat 80.** – popularyzacja koncepcji CAD (laboratorium Kurta Rossmanna na Uniwersytecie w Chicago)
 - wykorzystanie sformalizowanej wiedzy medycznej
 - rozwój metod analizy ruchu w sekwencji obrazów, dopasowania obrazów różnej modalności, metod obiektowo-zorientowanej segmentacji
 - rozwój metod weryfikacji narzędzi wspomaganie diagnostyki (wykorzystanie krzywych ROC)
- **lata 90.:** doskonalenie i rozszerzenie obszaru zastosowań systemów CAD
 - udoskonalenia systemów obrazowania 3W z wolumetryczną wizualizacją
 - rozwój metod analizy danych obrazowych 3W (optymalizacja procedur decyzyjnych, fizyczne modele obrazowanych obiektów)
 - komercyjne narzędzia CAD do mammografii pod koniec lat 90
 - rozwój radiologii cyfrowej - systemy radiografii cyfrowej, medyczne systemy informacyjne: standard DICOM 3.0, HL-7
 - rozwój teleradiologii
 - **1998** - *ImageChecker* firmy R2 Technology, akceptacja FDA

Informatyka medyczna dzisiaj ...

- rozwój koncepcji CAD w postaci systemów CAD2, CADet, CADx, teleCAD, ICAD, CAD-CBIR
- nowe metody obrazowania w radiografii cyfrowej (metody dwuenergetyczne, z środkiem cieniującym, 3W, tomosynteza), tomografii CT i MRI, termografii etc. dające dodatkowe możliwości wspomaganie
- leksykony, ontologie, taksonomie wiedzy medycznej
- indeksowanie medycznej treści obrazowej po zawartości, deskryptory semantyczne, wyszukiwarki
- referencyjne bazy danych służących doskonaleniu CAD, konkursy, weryfikacja efektywności
- integracja systemów wspomaganie, rozwój koncepcji PACS-CAD-CBIR, integracja IHE, XDS (*Cross-Enterprise Document Sharing - a system of standards for cataloging and sharing patient records across health institutions*, EHR – ułatwia dostęp do rekordu pacjenta)
- rozwój interfejsów człowiek-komputer, ogólniej koncepcji integracji człowiek-komputer
- realizacja CDS w odniesieniu do doskonalonych ścieżek klinicznych, z podpowiedziami i weryfikacją

Sugestie radiologów/ekspertów medycznych względem CAD

- Wystarczająca wydajność (wąskie gardło wielu systemów CAD)
- Pełna integracja z procedurami diagnostycznymi
- Prawnie dopuszczalne (odpowiednie uregulowania prawne)
- Nieprzedłużanie czasu diagnozy
- Opłacalność (relacja zysk/koszt)

Możliwe kierunki rozwoju

- Uzupełnienie: rozszerzenie tradycyjnego paradygmatu drugiej oceny (second look)
- Upowszechnienie dobrych standardów: standaryzacja lepszych warunków diagnozy (narzędzie powszechne)
- Udoskonalenie: dzielenie doświadczeń, lepsza weryfikacja, publicznie dostępne bazy danych/platform/opisów, mechanizmy integracji rozwiązań, ich integracji i weryfikacji celem wspomaganiania

4 poziomy wspomaganie (IA jako uogólnienie CAD)

Poziom 1 – **POMOCNIK**: ułatwienie, usprawnienie, obiektywizacja, przyspieszenie, zwiększenie powtarzalności, kontrola jakości i uwarunkowań, redukcja obciążenia/zmęczenia, usprawnienie pracy ekspertów, wyłapywanie prostych błędów, kontrola/weryfikacja wyników ocen/spójności i kompletności opisów względem przyjętych standardów (rekomendacje: wytyczne, ścieżki kliniczne)

Poziom 2 – **KONSULTANT**: szerszy dostęp do referencyjnej wiedzy/informacji, konsultacje: wyszukiwanie przypadków podobnych, systemy CBIR, porządkowanie i udostępnianie aktualnych danych/informacji/wiedzy, realizacja telekonsultacji/diagnozy wspomaganie wiedzą ekspertów/nadzorem

Poziom 3 – **EKSPERT**: wsparcie interpretacji oraz decyzji na poziomie interpretacji prowadzące do efektów istotnych klinicznie, wiarygodne narzędzia 'inteligentne', wspomaganie procesów poznawczych i interpretacji w kontekście koniecznych decyzji, uzupełnienie treści, zwiększające trafność zaawansowanych aktywności klinicznych (efekty leczenia), niekiedy uzupełniające wybrane aktywności lekarza/eksperta

Poziom 4 – **MINISTER**: kompleksowa poprawa skuteczności klinicznej, na poziomie globalnych wskaźników statystycznych (oddziału, szpitala, kraju etc.), usprawnienie/personalizacja trybu leczenia pacjentów, korzyści w znaczącej skali – przesunięcie granic niemożności, wzrost powszechnej dostępności do referencyjnej diagnozy, standaryzacji (obiektywizacji) usług, wzrost wskaźników zdrowotności

Rozwój CAD

CAD Systems Approved or Cleared by the FDA in the United States

Name/Company	What It Does	Type of Approval	First and Last Date
Imagechecker/R2 Technology, Sunnyvale, Calif; Hologic, Bedford, Mass	Mass and microcalcification detection on mammograms	PMA	6/1998–9/2007
Logicon caries detection/GA Industries, Rancho Palos Verdes, Calif	Detection of caries on intraoral radiographs	PMA	9/1998–1/2007
Rapidscreen, Onguard/Riverain Medical, Miamisburg, Ohio	Nodule detection on chest radiographs	PMA	7/2001–8/2007
SecondLook/lcad, Nashua, NH,	Mass and microcalcification detection on mammograms	PMA	1/2002–10/2008
LungCare Nodule Enhanced Viewing/Siemens, Erlangen, Germany	Nodule detection and volumetry at chest CT	510(k)	11/2003
MedicLung/MedicSight, London, England	Nodule segmentation and viewing at chest CT	510(k)	12/2003
CT Colonography/General Electric, Fairfield, Conn	Detection of polyps at CT	510(k)	5/2004
Imagechecker-CT/R2 Technology, Sunnyvale, Calif	Detection of pulmonary embolism at chest CT	510(k)	6/2004
Lung CAR/MedicSight, London, England	Nodule detection and volumetry at chest CT	510(k)	7/2004
Colon Car/MedicSight, London, England	Detection of polyps at CT	510(k)	10/2004
Syngo Colonography/Siemens, Erlangen, Germany	Detection of polyps at CT	510(k)	10/2004
IQQA/EDDA, Princeton, NJ	Nodule detection on chest radiographs	510(k)	10/2004
Kodak Mammography CAD Engine/Carestream, Rochester, NY	Mass and microcalcification detection on mammograms	PMA	11/2004–3/2007
Advanced Lung Analysis 2/General Electric, Fairfield, Conn	Nodule detection and volumetry at chest CT	510(k)	11/2004
Syngo Lung CAD/Siemens, Erlangen, Germany	Nodule detection and volumetry at chest CT	510(k)	10/2006
ImageChecker CT CAD/Hologic, Bedford, Mass	Nodule detection and volumetry at chest CT	510(k)	12/2007

Note.—PMA = premarket approval; this type of approval is needed for devices that pose a serious level of risk to the user, and PMA indicates the FDA believes that a new or modified device is safe and effective. 510(k) clearance means that the FDA considers a device “substantially equivalent” to a predicate device. As of 2003, the FDA allowed 510(k) clearance for workstations with integrated CAD capabilities. It is not legal to say that devices with 510(k) clearance have been approved by the FDA. Information in this table was obtained from the FDA Web site using PMA product code MYN and 510(k) product codes OMJ, NEW, and OEB.

B. van Ginneken, C.M. Schaefer-Prokop, M. Prokop, Computer-aided diagnosis: how to move from the laboratory to the clinic, Radiology 261(3):719-32, 2011

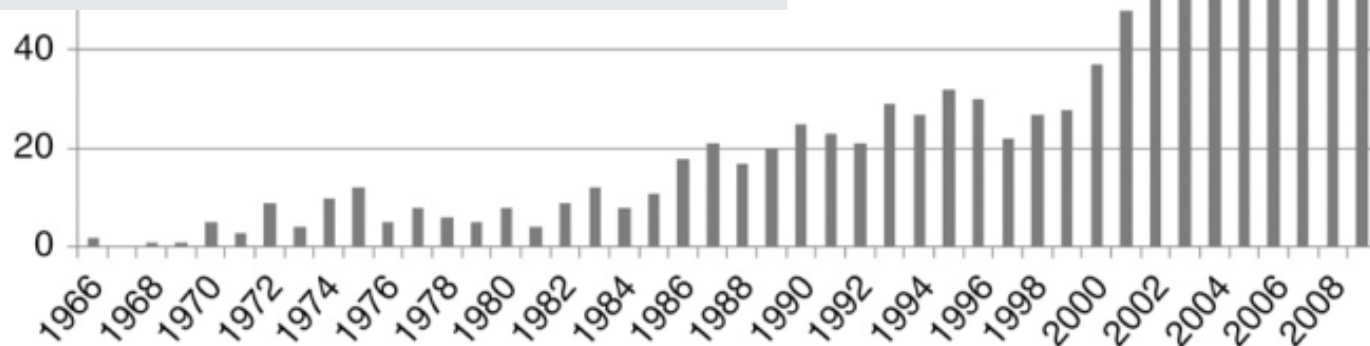


Figure 1: Graph shows number of publications on or related to CAD per year from 1966 through 2009 (last bar). Data were obtained from a PubMed search with search term “computer-aided diagnosis”[Title/Abstract] OR “computer-aided detection”[Title/Abstract] OR “computer-assisted diagnosis”[Title/Abstract] OR “computer-assisted detection”[Title/Abstract].

Ograniczenia: sny o potędze są niełatwe, nie są realne ...

- Ezekiel Emanuel, an architect of the Affordable Care Act, who suggested radiologists may be replaced by computers in the next four to five years during a 2016 keynote at the American College of Radiology annual meeting

Obrysy lekarzy –
jelito rozdęte
powietrzem
wypycha przeponę
do góry

Wskazania
automatyczne

B. van Ginneken, et al,
Computer-aided
diagnosis: how to move
from the laboratory to the
clinic, Radiology
261(3):719-32 , 2011

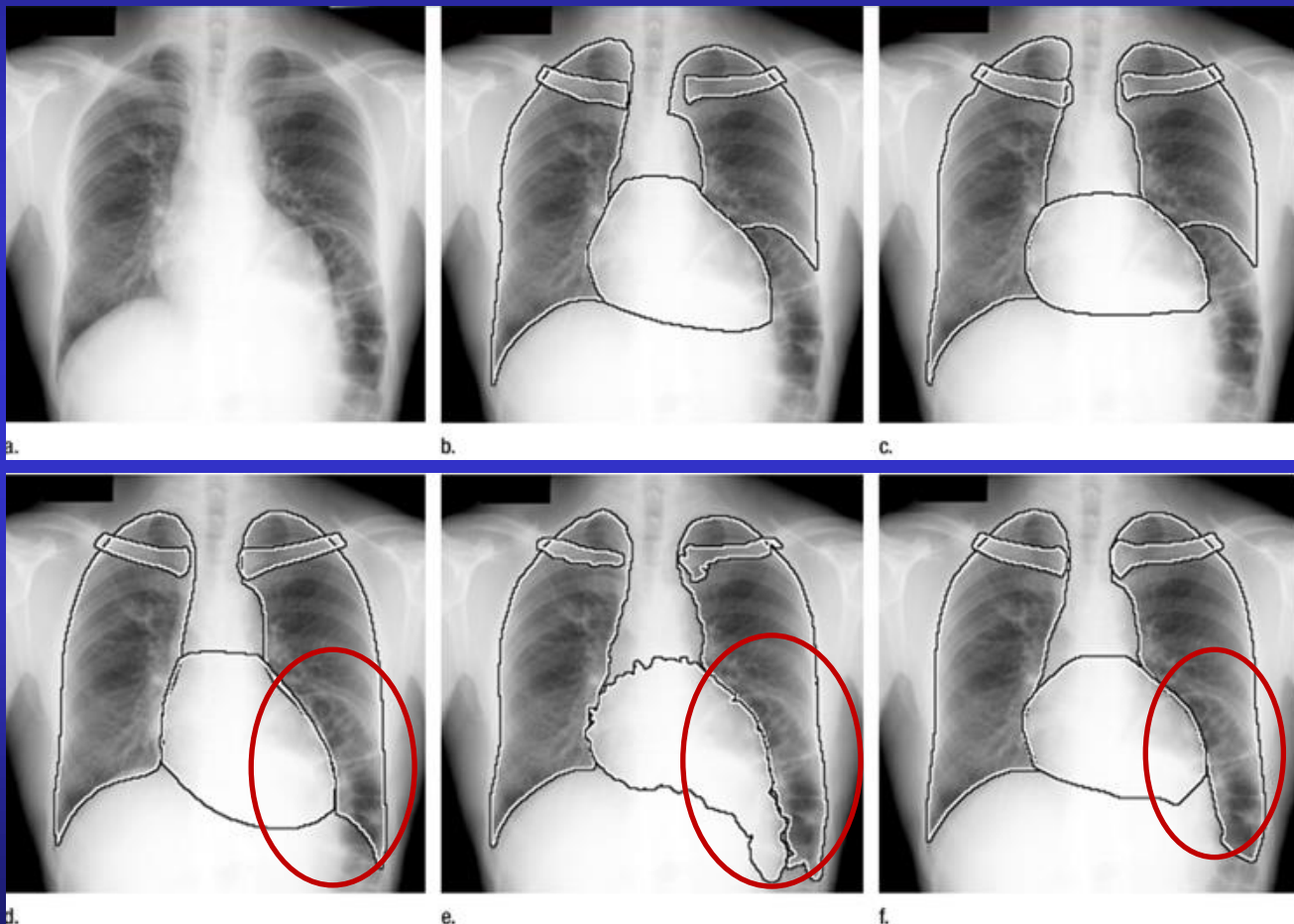


Figure 2: (a–c) Chest radiograph and two segmentations of lung fields, heart, and clavicles performed by human operators. The protocol indicated that the contour of the lung field should follow the diaphragm. (d–f) Three segmentations produced by state-of-the-art segmentation algorithms: from left to right, active shape models, pixel classification, and active appearance models, respectively (57). In this case the left diaphragm is elevated and there is a large air-distended colon loop directly underneath it. All automatic segmentation methods fail to cope with this unusual situation.

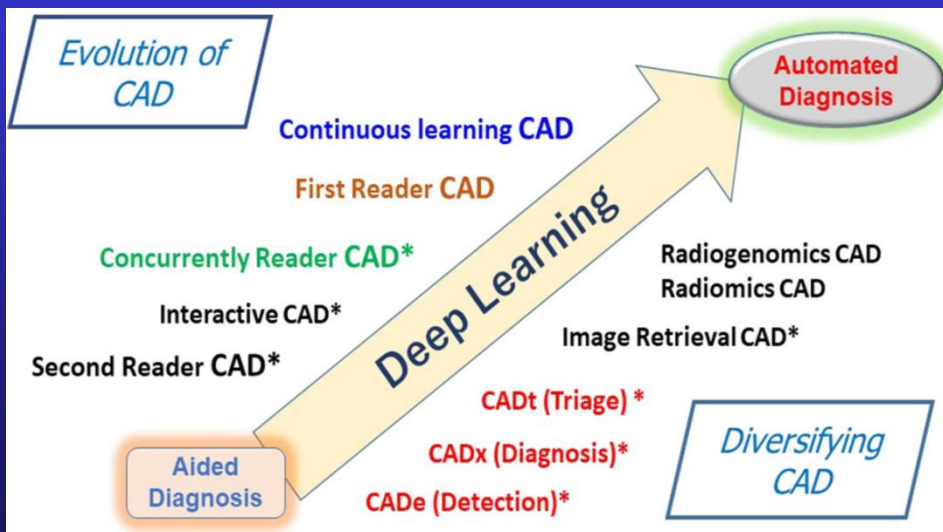
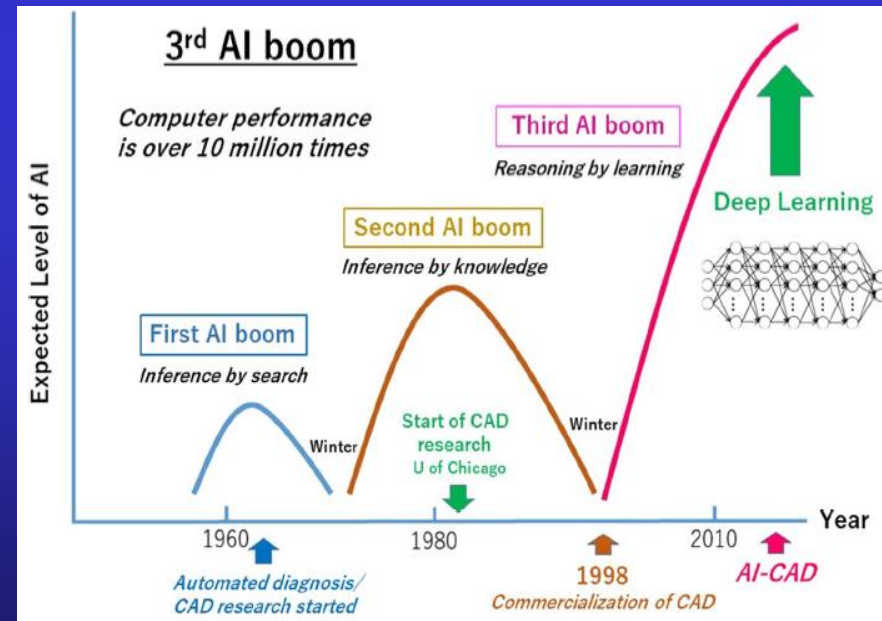
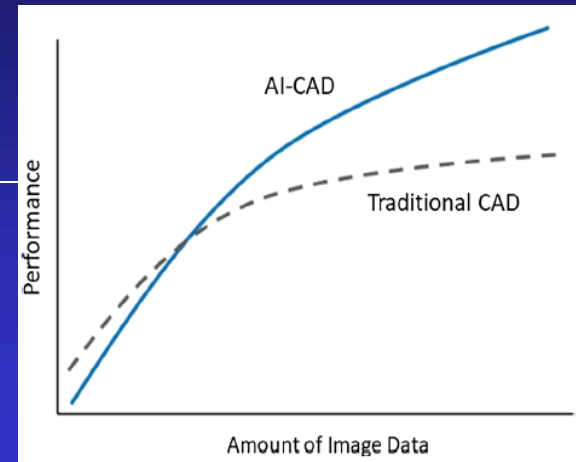
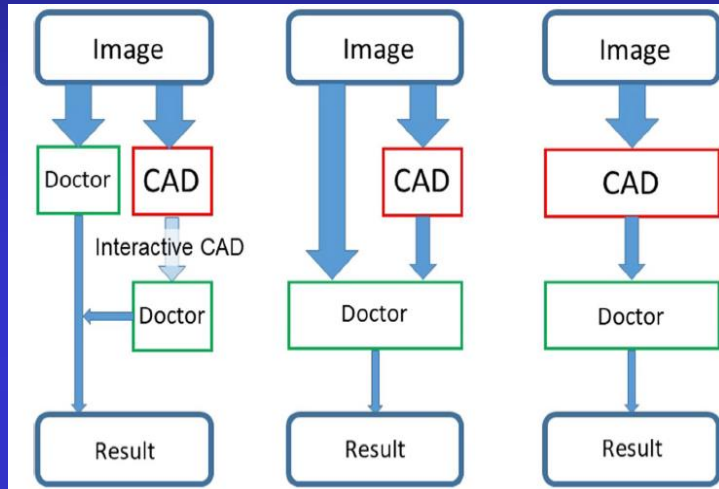
Chłodna (ludzka) ocena ...

- “I believe that **medical imaging** is most likely to be the hardest specialty for AI software to replace within medicine, while many other specialties will be much easier to replace (Eliot Siegel, MD, the chief of imaging services at Veterans Affairs Maryland Healthcare System)
- Radiologists **do so much more than just make findings on images**
- “...dozens of things computers can't even begin to do,” he said. “Computers will perform much more quantitative imaging and assessment, [but] radiologists are much harder to replace than has been appreciated, and I believe we'll need more radiologists in the future and not less”

(AI expert: Marriage of machine learning, radiology may turn out different than you think, HealthImaging, 23.02.2018)

- Personalizm kontra naturalizm

Odważne wizje technologii przyszłości (AI –CAD)



Jaka przyszłość? „self-driving diagnosis”?

- We may keep in mind that “radiologists who use AI will replace radiologists who do not,” as mentioned by Curtis Langlotz of Stanford University (RSNA2017)
- Finally, we should note the statement of Nan Wu, of the NTU Center for Data Science: “the transition to AI support in diagnostic radiology should proceed like the adoption of self-driving cars—slowly and carefully, building trust, and improving systems along the way with a focus on safety”

1845.]

Art of Medical Diagnosis.

309

useful than the scientific and recondite art discussed by the author of the volume before us, and we are quite sure, extensively practised. This is the method of empirical diagnosis. We term it empirical, because it is conversant mainly with experience. The science of medicine being confessedly imperfect, so also must be scientific diagnosis. We do not know the nature of many or most diseases; but we have learnt the lessons of experience, and therefore in practice it is, that our diagnosis is empirical. The practitioner in consultations quotes a “case” to his medical brother; or in daily practice quotes it to himself. The nature of the case he perhaps only guesses at; the remedies which he administered successfully he knows well. In consulting the written experience of his predecessors on any particular case, the treatment of which is rebellious, the diagnosis of the practitioner is also empirical. He is more anxious to find out an instance like his own, so that he may treat it empirically, than to seek for general principles or make logical deductions. This, by way of introduction, and as a hint to future writers on diagnosis.

Scientific diagnosis is made up of several subdivisions. First, is *anamnesis*; this comprises (in one short sentence) the medical biography of the patient. It ascertains his physiological relations, the external and internal causes of disease, their origin and mode of action, and the order of development of the morbid phenomena. Without this anamnestic inquiry, the true condition of the patient at the time of inquiry (the *status præsens*) can only be imperfectly ascertained. *Symptomatology* is another division of diagnostics. It considers all the changes in the structure and functions of organs from the healthy condition, and their relation to the disease; and it includes the art and mode of ascertaining these deviations, namely, the methods of exploration. *Semiology* interprets and estimates the symptoms, endeavours to apply special nosology and pathological anatomy to their elucidation, and harmonizes them with the facts of general anatomy and physiology. Compounding or composite diagnosis arranges the facts thus worked out—the *signs of disease*—into groups, according to physiological and pathological principles, and brings these groups into general relation, so as to develop a special form of disease, which it is the duty of comparative diagnosis to compare with the ideal representative of special nosology deduced from observation and experience. *Prognosis*, the last division mentioned by Dr. Siebert, pronounces as to the further course and termination of the series of morbid phenomena. The following extract will illustrate our previous statements:

“These divisions into which diagnosis resolves itself correspond to the following questions, the answers to which it is the physician’s business to ascertain.

“1. What led to the disease? why, through what agencies and in what manner did the sickness happen?

“2. What aberrations from the normal condition of the organs are to be observed?

“3. How are these aberrations to be explained, and what their consequences?”

AI-based computer-aided diagnosis (AI-CAD): the latest review to read first

Hiroshi Fujita

Radiological Physics and Technology (2020) 13:6–19

- Zautomatyzowana diagnoza idzie w kierunku przeciwnym do sztuki diagnozowania ...
- Medycyna uznawana jest za naukę, wobec tego musi istnieć także naukowa diagnoza... **Nie znamy jednak natury wielu lub większości chorób. Ale otrzymaliśmy wiele lekcji doświadczeń – dlatego też w praktyce jest tak, że nasza diagnoza jest empiryczna ... Znaczący lekarz być może tylko zgaduje ...**

Br Foreign Med Rev. 1845 Oct; 20(40): 308–317

Diagnoza medyczna (czym jest - szerszy kontekst)

- **Diagnoza medyczna** jest sztuką odkrywania natury chorób i odróżniania ich następnie od siebie (A. Siebert, *The Art of Medical Diagnosis, Br Foreign Med Rev. 1845 Oct; 20(40): 308–317*)
- **„Naukowa” diagnoza** obejmuje takie elementy jak:
 - wywiad lekarski (anamneza), czyli ustalenie aktualnej kondycji (biografii) pacjenta poprzez systematyczny proces pozyskiwania i dokumentowania istotnych z medycznego punktu widzenia informacji pochodzących od pacjenta, celem postawienia prawidłowej diagnozy; nawiązuje do historycznej koncepcji poznania poprzez przypomnienie sobie wcześniej znanej rzeczywistości metafizycznej
 - opis, porządkowanie anormalności - potencjalnych objawów choroby (symptomatologia) poprzez morfologiczno-anatomiczną oraz fizjologiczną ocenę zaburzeń dot. funkcji życiowych organizmu względem przyjętych norm zdrowotnych, bez wnikania w ich przyczynę
 - estymacja, wyjaśnienie-interpretacja objawów (semiologia) z wykorzystaniem referencyjnej wiedzy/modeli/faktów dot. anatomii i fizjologii oraz patoanatomii czy form specjalistycznej interpretacji
 - kompleksowa diagnoza, czyli grupowanie symptomów/objawów choroby zgodnie z zasadami patofizjologii i określenie wzajemnych relacji, by ustalić **specyficzną formę choroby** zgodnie z regułami **diagnostyki porównawczej**, oceniając dany przypadek względem wzorców/ reprezentantów stosownej nosologii (klasyfikacja i opis chorób), ustalonych na podstawie wcześniejszych obserwacji i doświadczeń
 - prognoza dotycząca dalszego przebiegu i zakończenia ustalonej kombinacji objawów chorobowych

Po 177 latach ... niewiele się zmieniło

A.S. Detsky, Learning the Art and Science of Diagnosis. JAMA Network 2022 wraz z komentarzami

- **Zdolności diagnostyczne** są podstawową cechą kliniczną doskonałego lekarza. Z czasem klinicyści otrzymali więcej narzędzi, które pomagają im określić przyczynę problemów zdrowotnych ludzi, zwiększając zarówno ilość dostępnych informacji, jak i złożoność tej czynności. Doskonalenie zdolności diagnostycznych powinno uwzględnić te możliwości i wyzwania, **zachowując jednocześnie sztukę lekarską**
- **Proces diagnostyczny** rozpoczyna się od gromadzenia danych. Kluczowe elementy obejmują ustalenie aktualnych obaw danej osoby, przegląd historii choroby, przeprowadzenie badania fizycznego, ocenę wyników badań laboratoryjnych, obrazowych i patologicznych oraz zbadanie wniosków i planów poprzednich klinicystów. W dzisiejszych czasach większość z tych danych gromadzi się poprzez przeglądanie elektronicznej dokumentacji medycznej. Choć jest to cenne i skuteczne narzędzie, lekarze muszą nadal uczyć się wartości **słuchania opisów i relacji danej osoby** na temat jej objawów i obaw z pierwszej ręki. W niektórych przypadkach diagnoza ujawnia się w ciągu pierwszych kilku minut zbierania wywiadu. Na przykład, **nagła zmiana objawów**, którą można dostrzec jedynie poprzez rozmowę z daną osobą, może być kluczową wskazówką diagnostyczną.
 - Z czasem nauczyłem się, że **sekretem bycia dobrym lekarzem** jest połączenie zmysłu duchowego z bystrością umysłu przy jednoczesnym stworzeniu silnej i bezpośredniej więzi z indywidualnym pacjentem miałem szczęście, że trafiłem na dobrych mentorów i nauczyłem się od nich, że najważniejszą cechą bycia lekarzem jest **uważne słuchanie pacjenta i używanie pełnego szacunku dotyku podczas badania pacjenta** Polegaj najpierw na zdrowym rozsądku i wiedzy, a oszczędnie korzystaj z laboratoriów i obrazowania, AI i uczenia maszynowego. Mentoruj młodych lekarzy w tym kierunku, a medycyna pozostanie pożądanym i czczonym zawodem ...
 - Interesujące jest to, że duże systemy uczenia maszynowego oparte na wiedzy, takie jak IBM Watson Health, nie odniosły większego sukcesu w tych zadaniach ... 30 lat temu zatraciłem się dla medycyny przyszłości z generatorami diagnoz różnicowych, wczesnymi EMR (*Electronic Medical Record*), licznymi referencjami ... Jaka świetlana przyszłość była przed nami! Jednak wiele z tego zniknęło. **Dziś wydaje się, że walczymy codziennie ucząc się tego wszystkiego od nowa!!!**