

Wykładowcy

Aparatura medyczna i telemedycyna



prof. Paweł Strumiłło



prof. Andrzej Materka



prof. Leszek Podsędkowski



dr Aleksandra Królak



dr Piotr Dębiec

Liczba godzin i zaliczenia

- Wykłady: 15 godz.
- Seminaria: 15 godz.



-
- Egzamin: waga 50%
 - Seminaria: waga 50%



Literatura

- Notatki wykładowe:
<http://www.eletel.p.lodz.pl/pstrumil/>
- **G. Pawlicki, Podstawy inżynierii medycznej, Warszawa 1997**
- J.D. Bronzino, „The handbook of biomedical engineering”, CRC Press, 1995
- R.S. Khandpur, „Biomedical Instrumentation: technology and applications”, McGraw-Hill, 2005.
- **Wikipedia** – staje się źródłem wiarygodnej informacji naukowej (używać z rezerwą!)
- Google books: <http://books.google.pl/>
- Czasopisma naukowe: np. (dostępne z komputerów PŁ):
 - IEEE Transactions on Biomedical Engineering <http://ieeexplore.ieee.org>
 - IEEE Engineering in Medicine and Biology
 - IEEE Neural Systems and Rehabilitation Engineering
 - IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems



Nowe czasopismo IEEE

„... the journal provides up-to-date and authoritative reviews of the most important bioengineering research.”

J.C. Principe
Editor-in-Chief

Dwa rodzaje artykułów:

Methodological Reviews
&
Clinical Application Reviews

IEEE REVIEWS IN BIOMEDICAL ENGINEERING

A PUBLICATION OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY



TECHNICALLY COSPONSORED BY THE IEEE CONSUMER ELECTRONICS SOCIETY

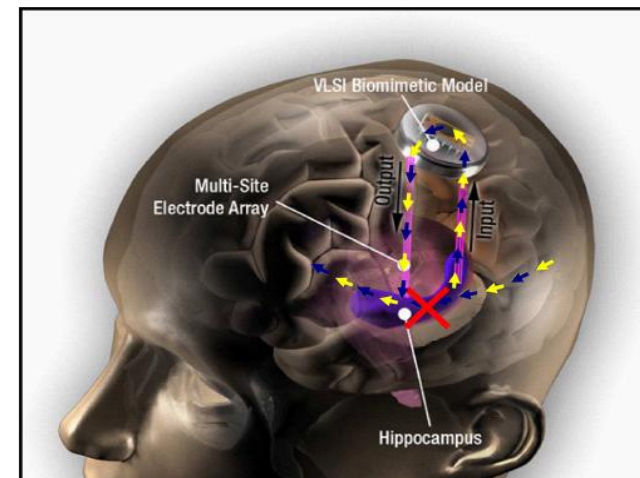


2008

VOLUME 1

IRBECCO

(ISSN 1937-3333)

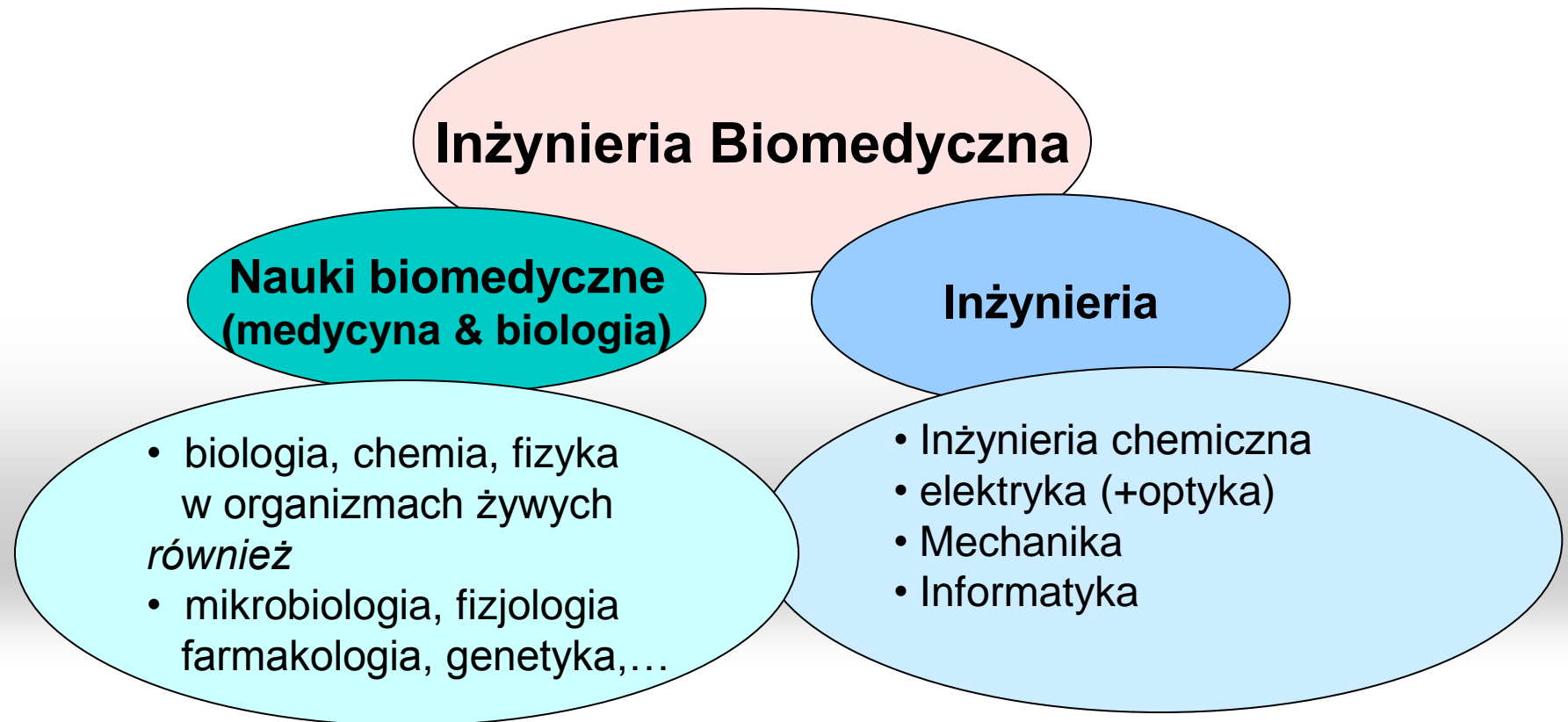


Conceptualization for a hippocampal prosthesis, as described in the paper “The Impact of Neurotechnology on Rehabilitation” by T. W. Berger, G. Gerhardt, M. A. Liker, and W. Soussou, on page 177.

Co to jest inżynieria biomedyczna?

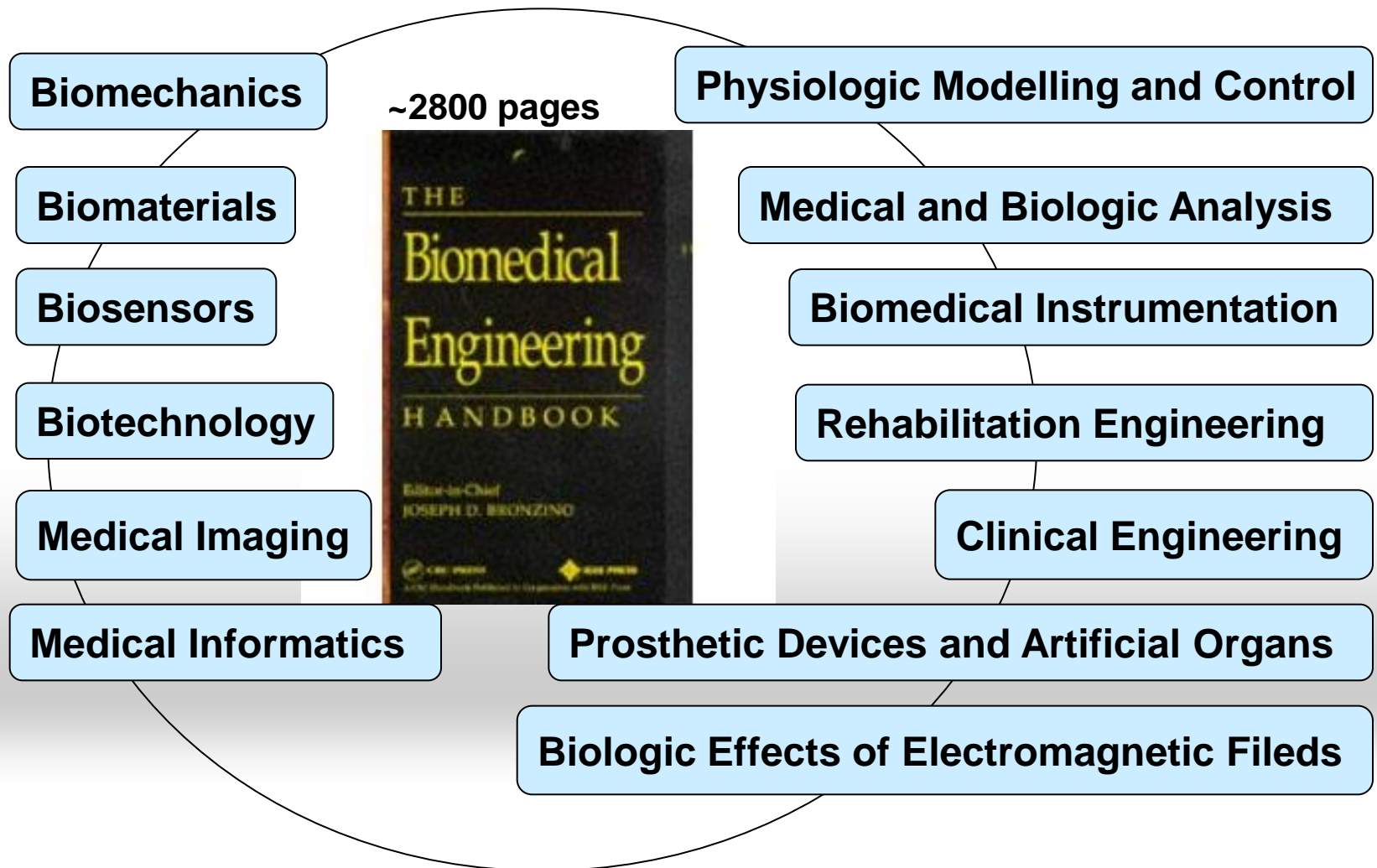
Inżynieria biomedyczna –

zastosowanie podstaw inżynierii i jej metod application w diagnostyce medycznej i terapii (m.in. chirurgii)



Dziedzina interdyscyplinarna!

Dyscypliny Inżynierii Biomedycznej - I





Dyscypliny Inżynierii Biomedycznej - II

Przykłady?

Biomechanics – badania statyki i mechaniki płynów w organizmach

Biomaterials – rozwój materiałów implantowanych

Biosensors – detekcja biosygnatów i ich przetwarzanie na sygnały elektryczne

Biotechnology – budowa materiału biologicznego (inżynieria tkankowa)

Medical Imaging – obrazowanie zewnątrz i wnętrza organizmu (badanie funkcji organizmu)

Medical Informatics – archiwizacja i interpretacja danych medycznych (systemy eksperckie)

Physiologic Modelling and Control – zastosowanie symulacji komputerowej dla lepszego poznania działania organizmu

Medical and Biologic Analysis – detekcja, klasyfikacja i analiza biosygnatów

Biomedical Instrumentation – pomiar i monitorowanie funkcji życiowych organizmu

Rehabilitation Engineering – badania i rozwój urządzeń rehabilitacyjnych i procedur medycznych w rehabilitacji

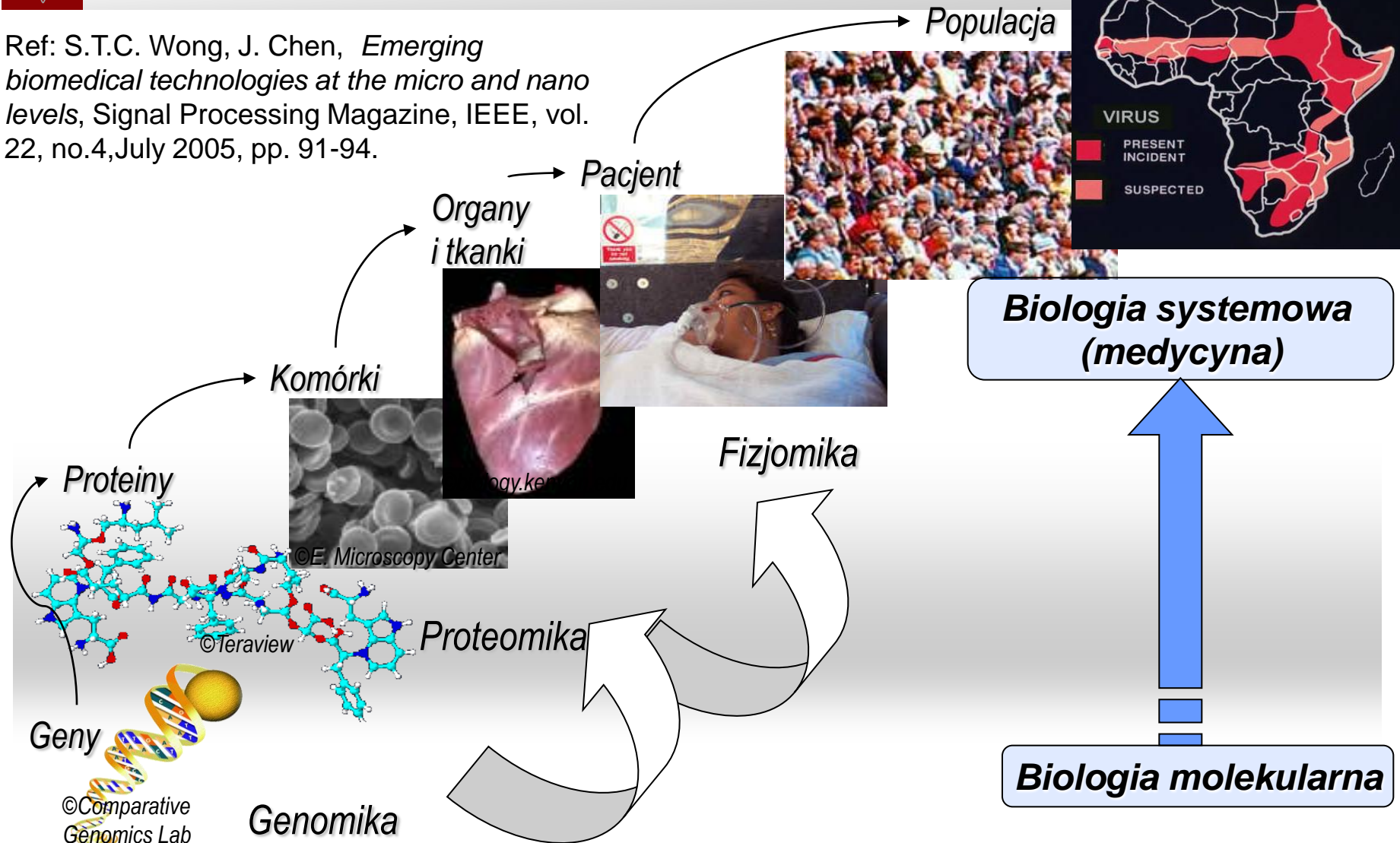
Clinical Engineering – projektowanie środowiska klinicznego oraz odnośnych systemów i procedur

Prosthetic Devices and Artificial Organs – projektowanie i rozwój urządzeń zastępujących organy i funkcje organizmu

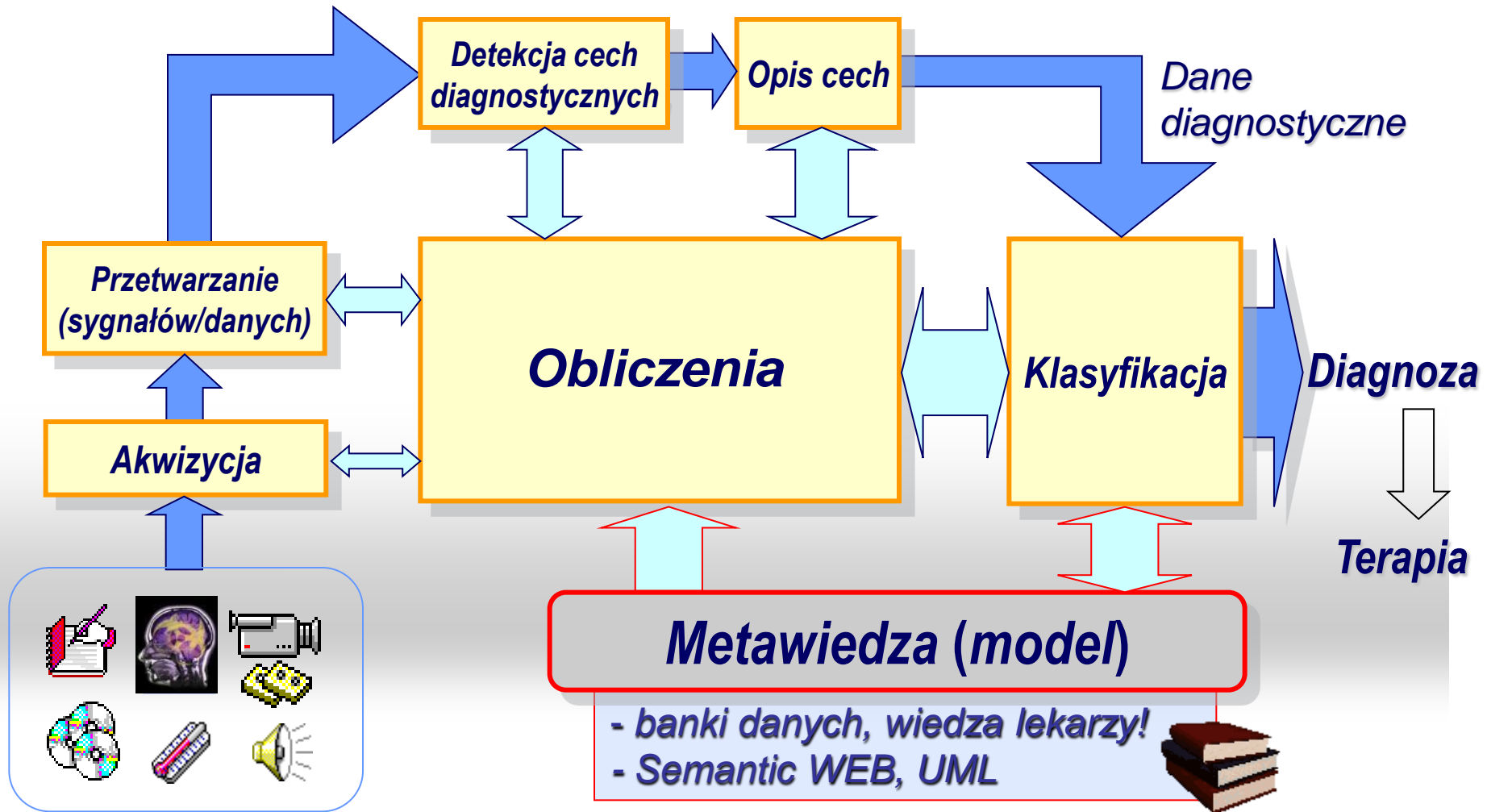
Biologic Effects of Electromagnetic Fields – badania wpływu promieniowania elektromagnetycznego na organizm człowieka

Inżynieria biomedyczna w różnych skalach

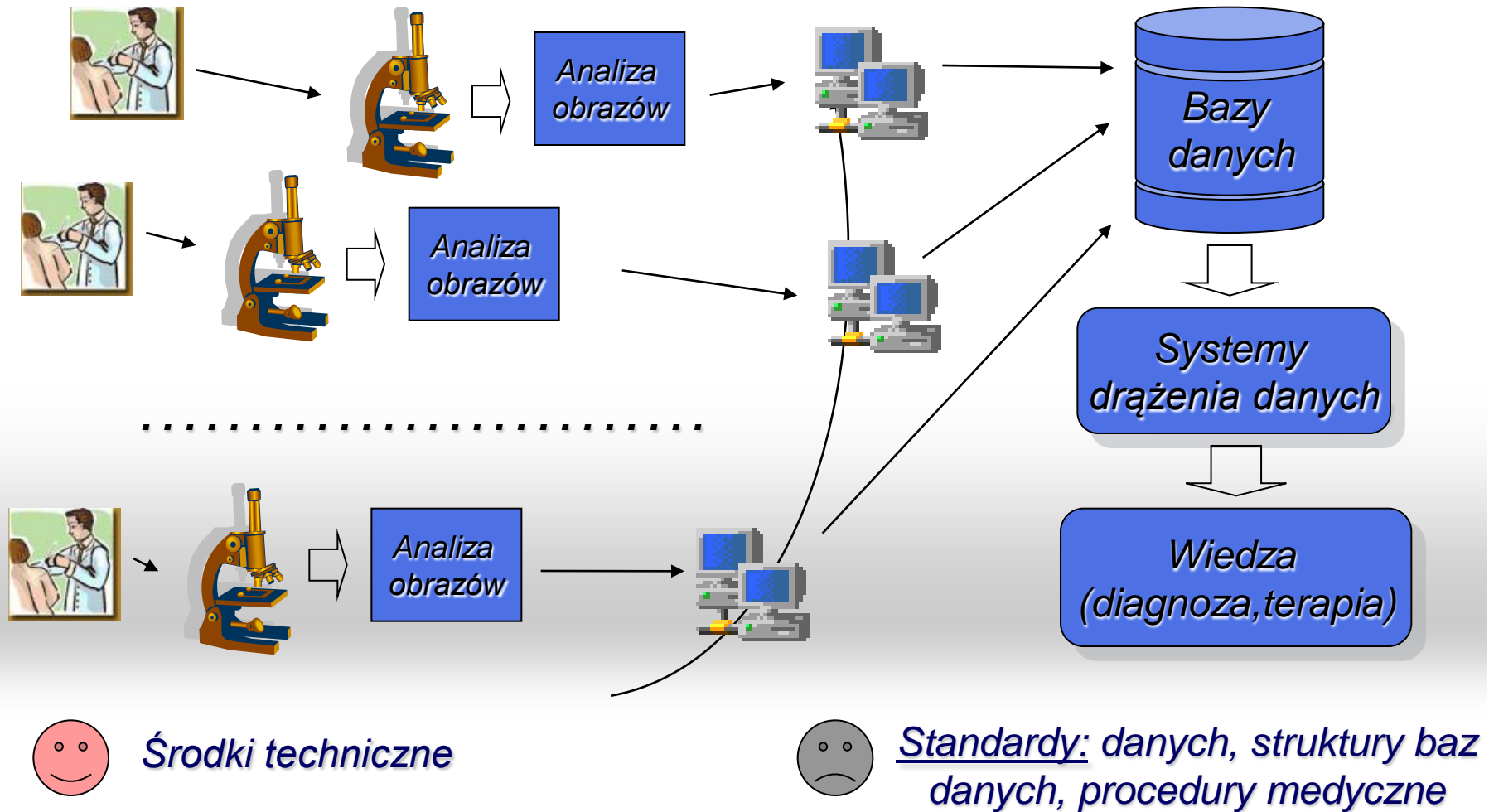
Ref: S.T.C. Wong, J. Chen, *Emerging biomedical technologies at the micro and nano levels*, Signal Processing Magazine, IEEE, vol. 22, no.4, July 2005, pp. 91-94.



Koncepcja nowoczesnego systemu diagnostycznego



Problemy tworzenia globalnych sieci zdrowia





Nowe czasopismo IEEE

Tematy pierwszego numeru:

- BioInstrumentation
- Biomedical Imaging
- Biomedical Signal Processing
- Cardiovascular Engineering
- Health Information Systems
- Neuroengineering
- Tissue and Molecular Engineering

Przeczytaj i napisz streszczenie
wyrażające własnych pogląd
nt. wybranej dziedziny inżynierii
medycznej (250 słów)

IEEE

REVIEWS IN BIOMEDICAL ENGINEERING

A PUBLICATION OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY



TECHNICALLY COSPONSORED BY THE IEEE CONSUMER ELECTRONICS SOCIETY



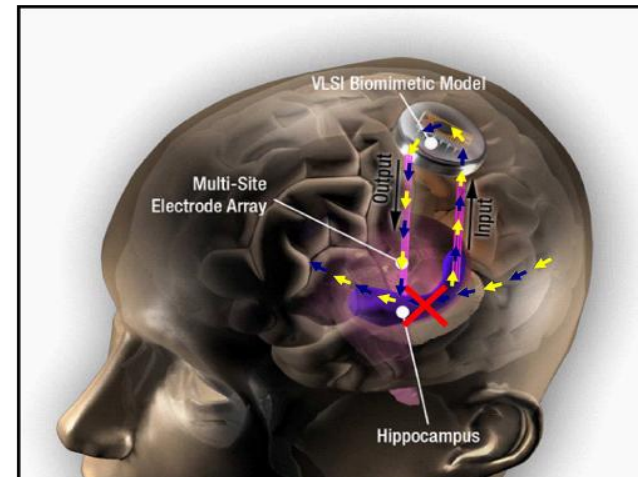
IEEE CONSUMER
ELECTRONICS SOCIETY

2008

VOLUME 1

IRBECCO

(ISSN 1937-3333)



Conceptualization for a hippocampal prosthesis, as described in the paper "The Impact of Neurotechnology on Rehabilitation" by T. W. Berger, G. Gerhardt, M. A. Liker, and W. Soussou, on page 177.



Aparatura medyczna – program

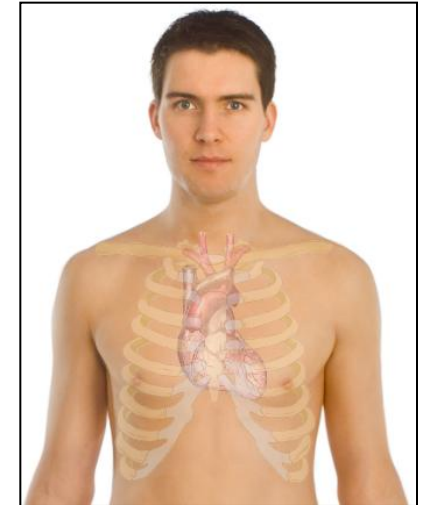
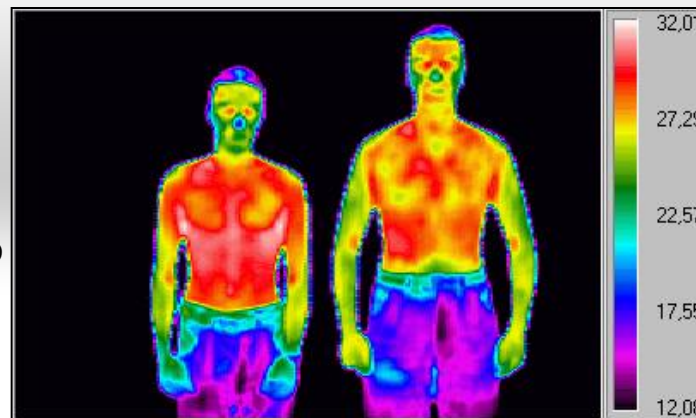
WYKŁAD

1. Interdyscyplinarne aspekty inżynierii biomedycznej
2. Człowiek jako źródło sygnałów biomedycznych,
3. Czujniki biomedyczne wielkości fizycznych, elektrochemicznych i optycznych
4. Aparatura biomedyczna: rejestracja i monitorowanie danych oraz sygnałów medycznych, urządzenia do terapii
5. Podstawy przetwarzania i analizy sygnałów biomedycznych
6. Obrazowanie medyczne: RTG, CT, MRI, PET, USG
7. Roboty medyczne, m.in. roboty chirurgiczne
8. Medyczne bazy danych, standardy wymiany informacji i bezpieczeństwo danych medycznych
9. Telemedycyna

SEMINARIUM:

Projekty:

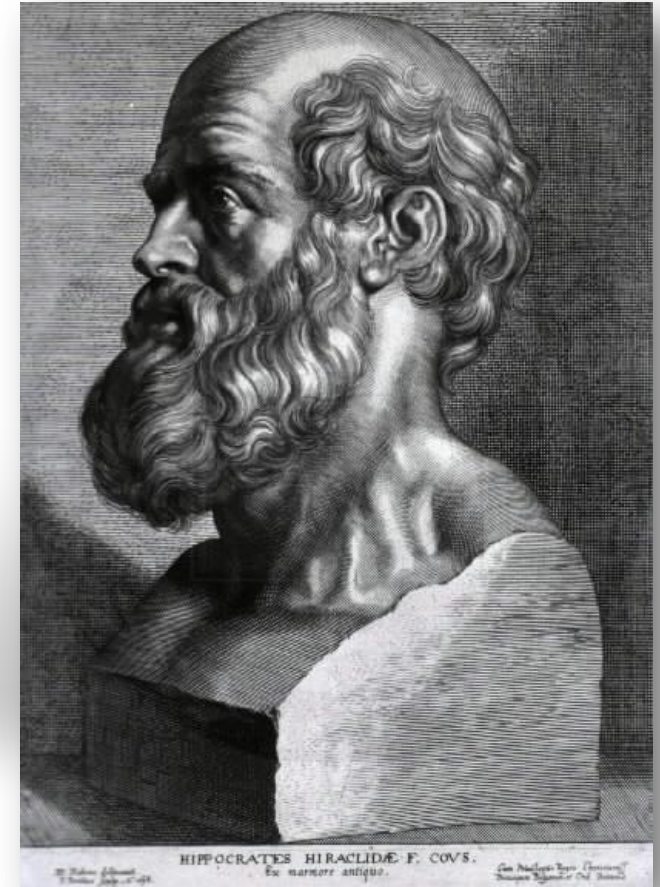
apatura i czujniki biomedyczne,
urządzenia obrazowania medycznego
analiza sygnałów biomedycznych
roboty medyczne, bazy danych



Pompa
insulinowa

Medycyna w Grecji

- ❑ the Greeks shifted medicine from magic to rational procedures
- ❑ **Hipokrates** z Kos (460 pne – 370 pne) uważany z ojca współczesnej medycyny
- ❑ Wprowadził zasady leczenia: obserwacja, doagnoza, leczenie i prognoza
- ❑ → **medycyna oparta na faktach**
- ❑ „Przysięga Hipokratesa”
- ❑ *Primum non nocere – Po pierwsze nie szkodzić*



Engraving by Peter Paul Rubens, 1638

Wieki średnie

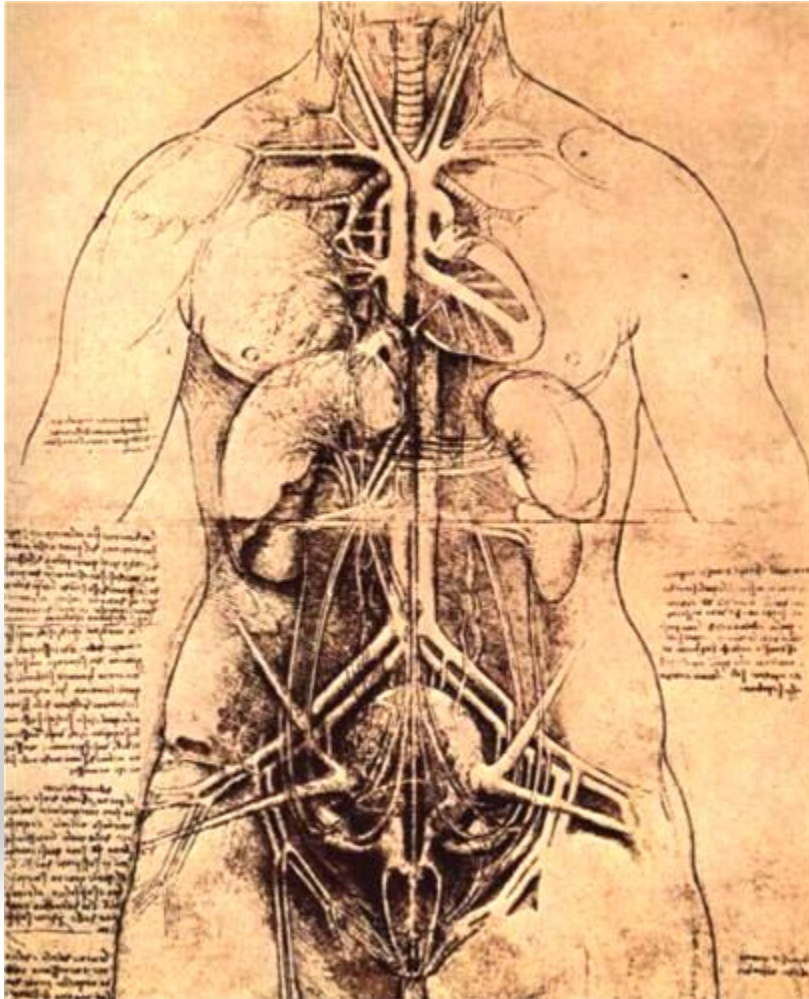


The Stone Operation
- Hieronymus Bosch
(13th - 14th wiek)

„*Primum non nocere*”



Anatomia człowieka wg Leonardo da Vinci

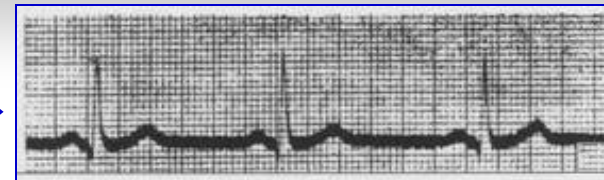
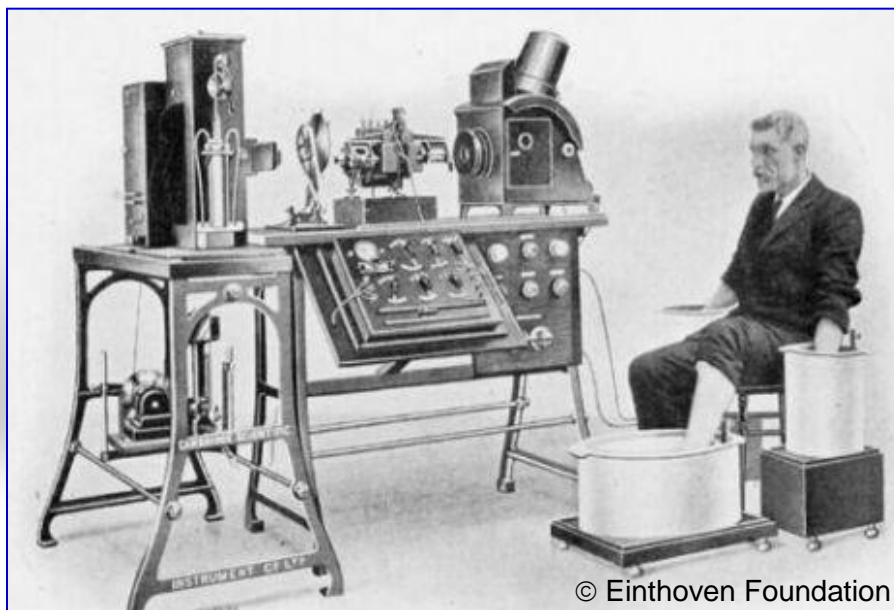
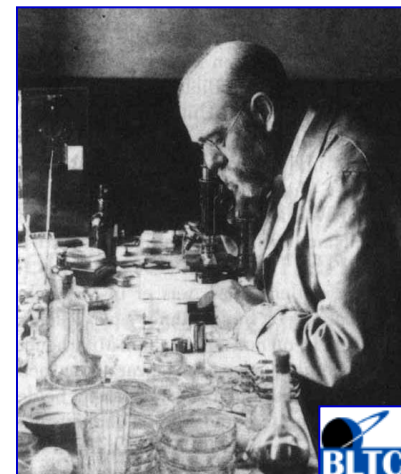


Leonardo da Vinci miał
pozwolenie na
wykonywanie sekcji
zwłok

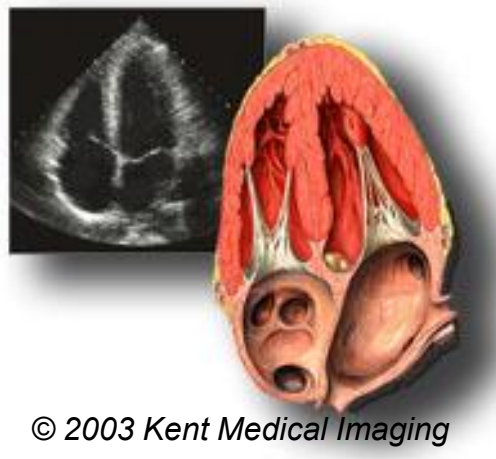
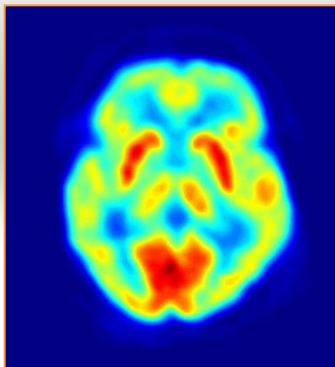
Jest autorem
pierwszego atlasu
anatomii człowieka

**Organy wewnętrzne
kobiety - 1509**

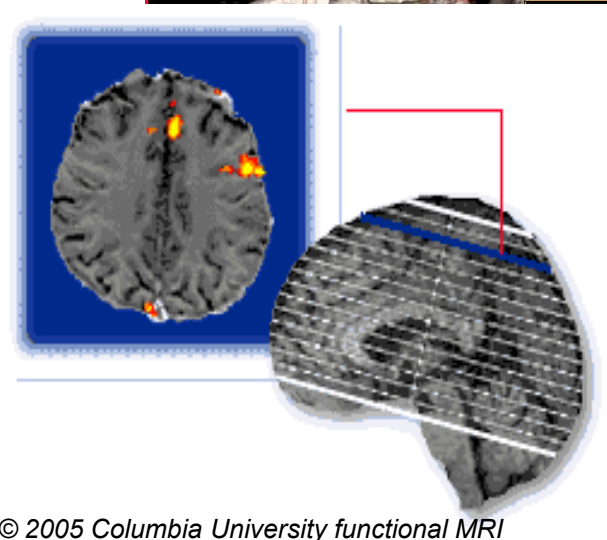
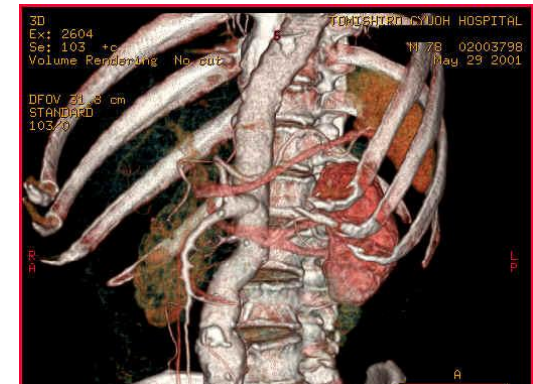
- **Wynalezienie mikroskopu**
- mikrobiologia: Robert Koch – Nagroda Nobla 1905r
- **Promieniowanie X:** Wilhelm Roentgen 1896r
- **Pierwsze rejestracje EKG:** Willem Einthoven – Nagroda Nobla w 1924 za „wyjaśnienie mechanizmu elektrokardiogramu”



- **rentgenowska tomografia komputerowa**
(Cormack, Hounsfield - Nagroda Nobla 1979 r.)
- **tomografia rezonansu magnetycznego**
(Lautenbourg, Masfield – Nagroda Nobla 2003 r.)
- **badania funkcjonalne MRI**
- **Tomografia pozytronowa (PET)**
- **endoskopia komputerowa**
- **ultrasonografia**



© 2003 Kent Medical Imaging



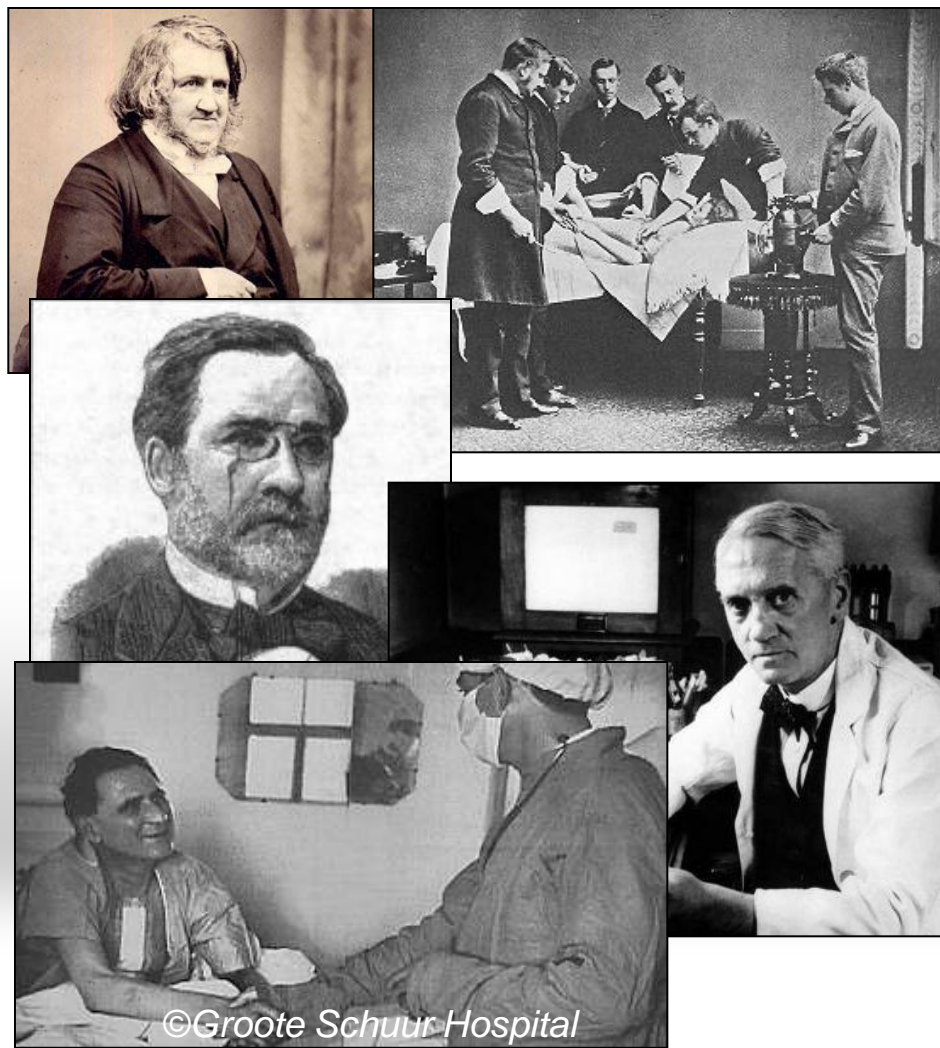
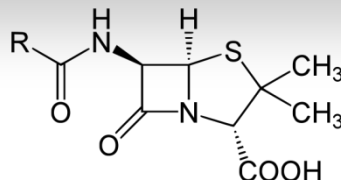
© 2005 Columbia University functional MRI



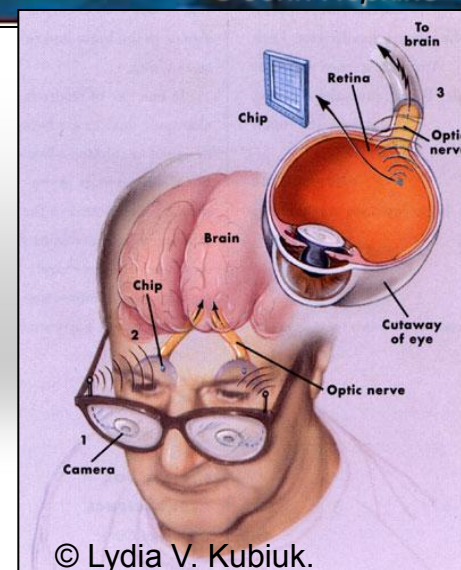
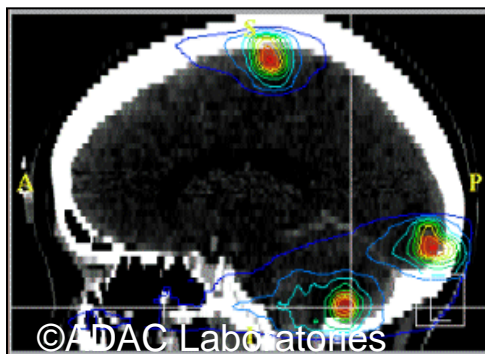
Technika w medycynie – leczenie

(era bez komputerów)

- **Narkoza**
(J.Y. Simpson - 1847)
- **Antyseptyka w chirurgii**
(Joseph Lister - 1865)
- **Szczepionki**
(L. Pasteur - 1885)
- **Farmakologia**
(penicylina, A. Fleming 1928)
- **Przeszczepy**
(C. Barnard – 1967)

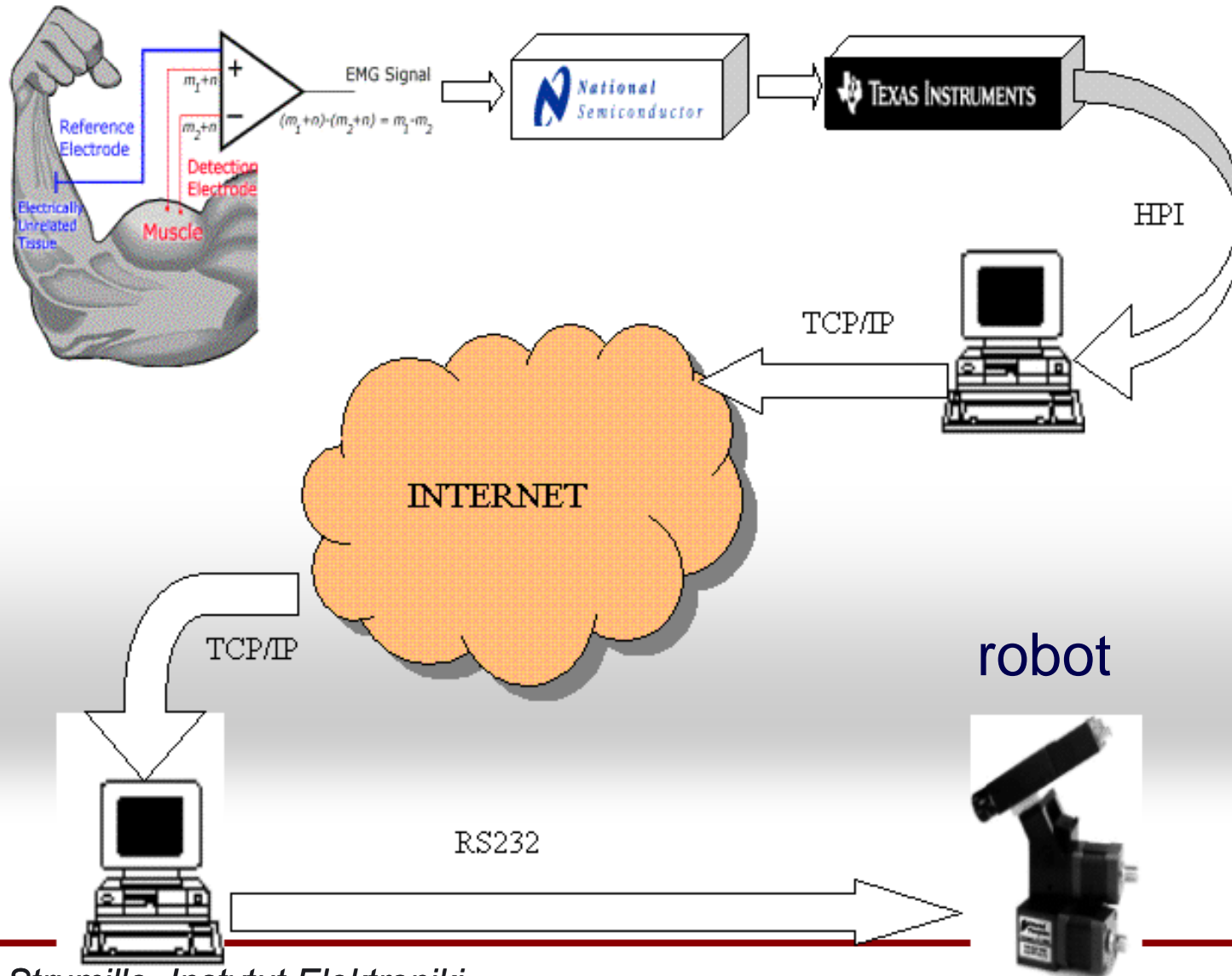


- **Roboty chirurgiczne** (kardiochirurgiczne)
- **Planowanie terapii**
- **Terapia laserowa**
- **Protezy** (słuchu, wzroku, sztuczne serce, inteligentne defibrylatory)
- **Nanotechnologia**





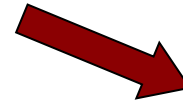
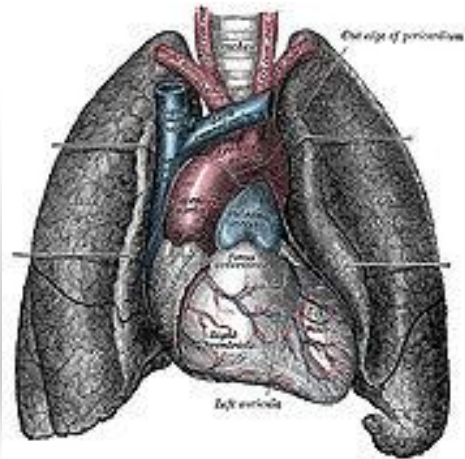
Zastosowanie systemu rejestracji i analizy sygnału EMG



Anatomia i fizjologia

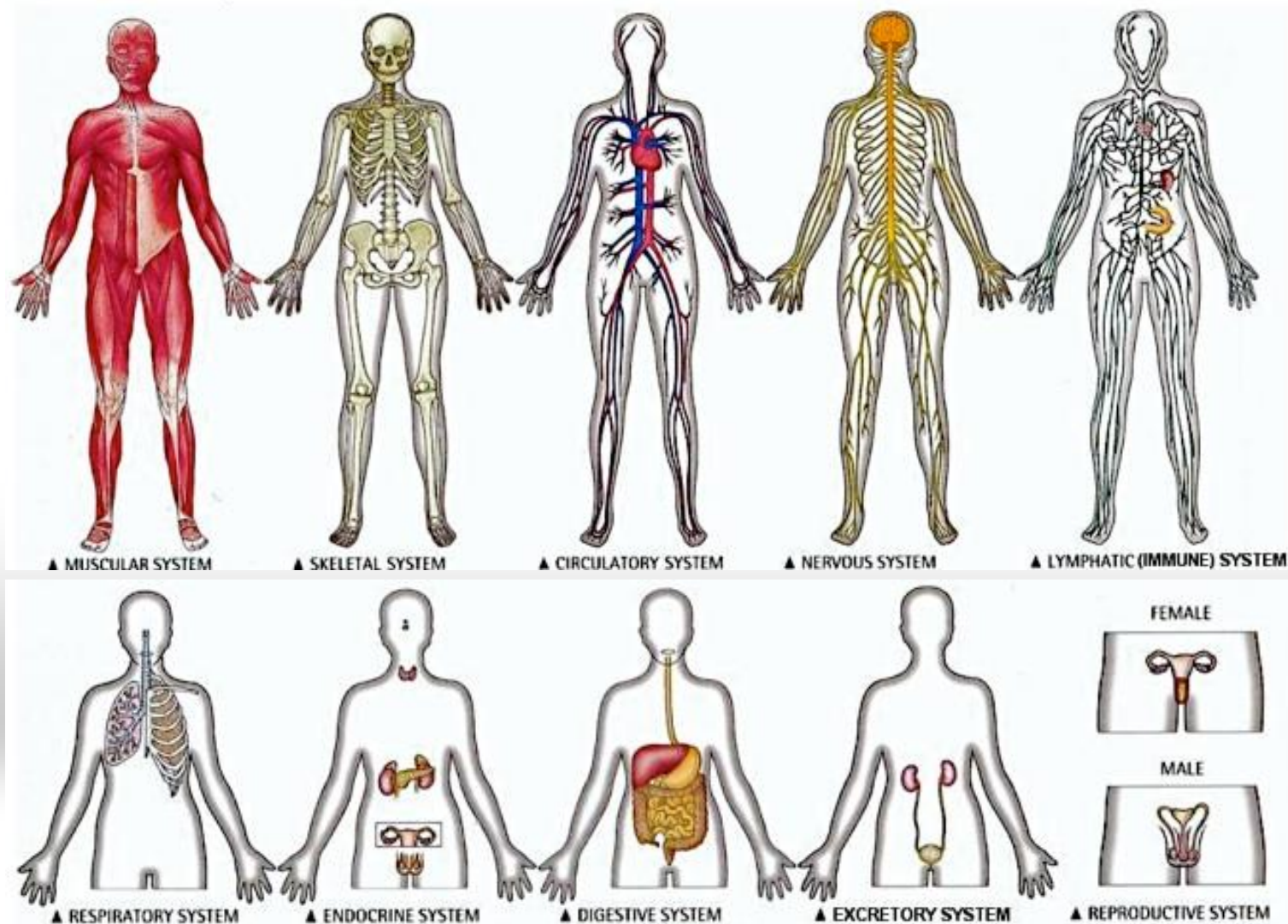
:

Anatomia i Fizjologia



<http://www.youtube.com/watch?v=nCPOio1FQ5Q&NR=1>

Złożoność organizmu człowieka



Anatomia – różne poziomy organizacji



Z wykładu dr Cypraina Wolskiego

Systemy organów

Organy ciała człowieka pracują w specjalizowanych **systemach**, pełniących następujące funkcje w organizmie:

- ☐ **ochrona**
- ☐ **oparcie i ruch**
- ☐ **integracja i koordynacja**
- ☐ **podtrzymanie życia**
- ☐ **rozwój i reprodukcja**

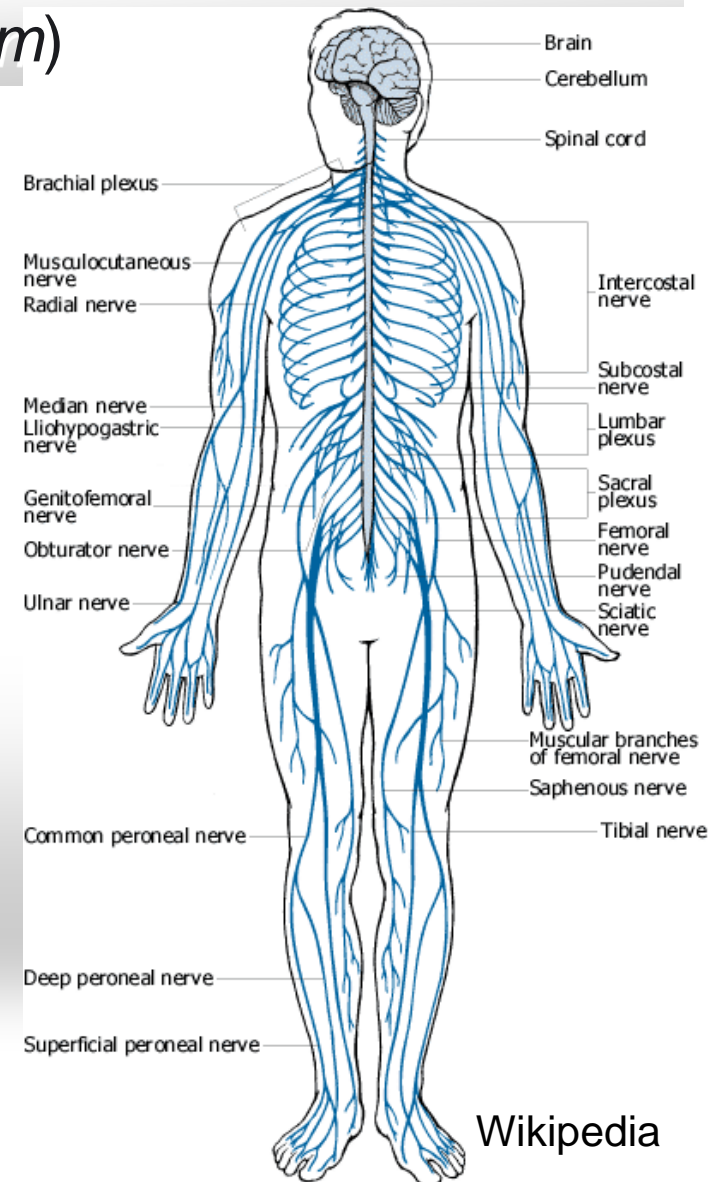


Z wykładu dr Cypriana Wolskiego



Układ nerwowy (ang. *nervous system*)

Układ nerwowy składa się z mózgu, rdzenia kręgowego (tj. centralnego układu nerwowego) oraz z nerwów obwodowych. Komórki nerwowe przewodzą impulsy nerwowe z komórek organów czuciowych do centralnego układu nerwowego. Komórki nerwowe przewodzą również impulsy z mózgu i rdzenia kręgowego do mięśni i gruczołów.



Wikipedia

Integracja i koordynacja

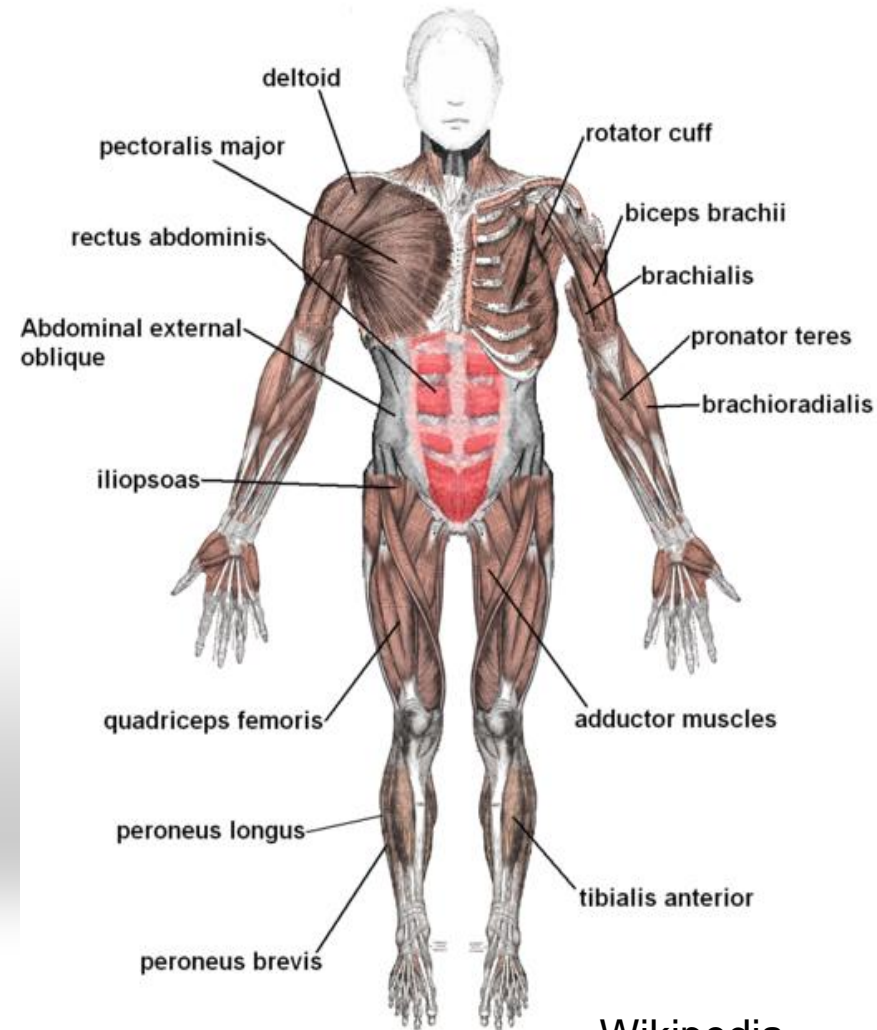
Układ kostny i mięśniowy (ang. muscoskeletal system)

Układ **kostno-mięśniowy** składa się z kości, ścięgien, więzadeł, chrząstki i mięśni. Układ ten nadaje ciału strukturę (np. pozycję wyprostowaną) i umożliwia poruszanie się.

W masywnych kościach organizmu mieści się szpik kostny, który produkuje krwinki białe.

W kościach składowane są duże ilości wapnia i fosforanów.

Oparcie i ruch



Wikipedia

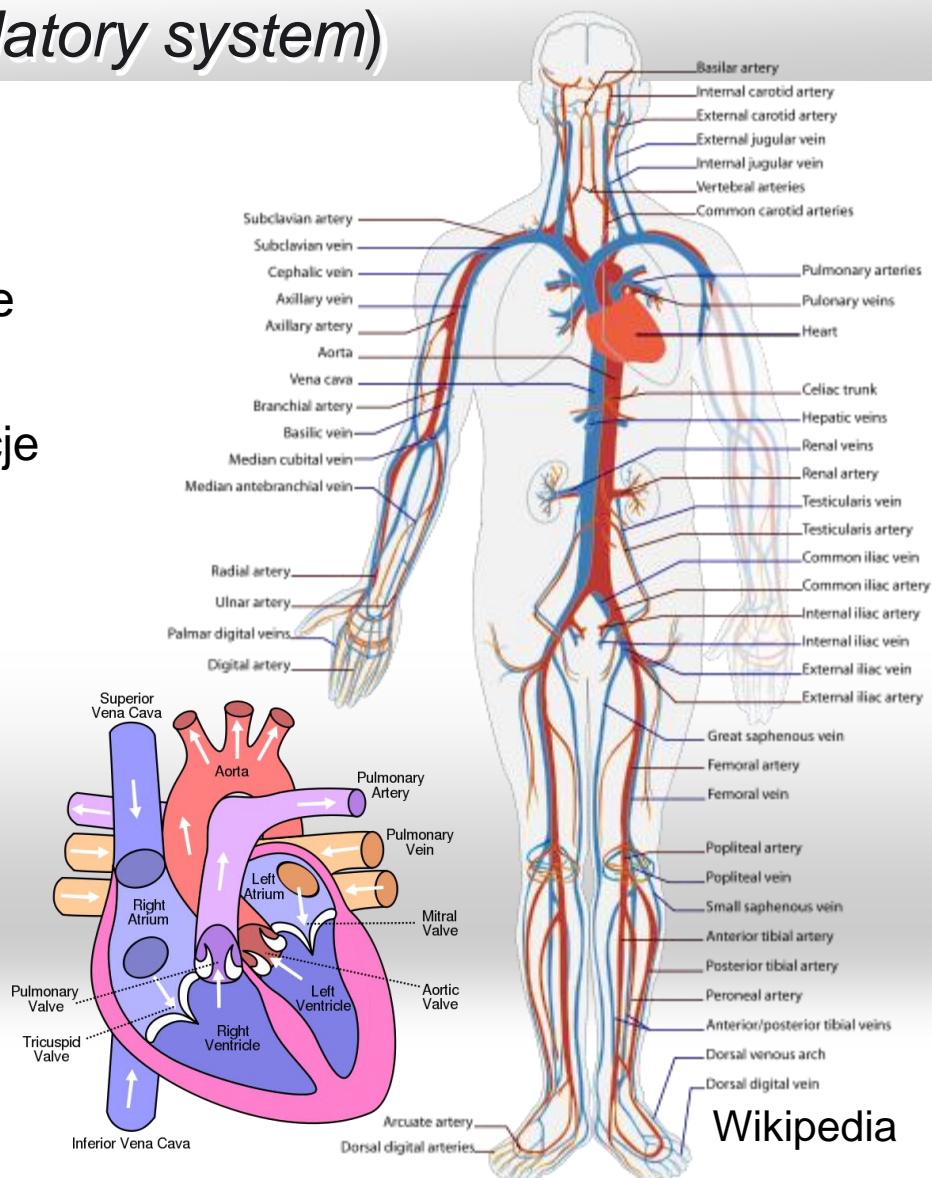


Układ krążenia (ang. *circulatory system*)

Układ krwionośny składa się z serca i naczyń krwionośnych (tętnic i żył), których zadaniem jest rozprowadzenie krwi po całym organizmie.

Krew transportuje do tkanek substancje odżywcze i tlen oraz usuwa z tkanek produkty przemiany materii przeznaczone do wydalenia z organizmu

Podtrzymanie życia

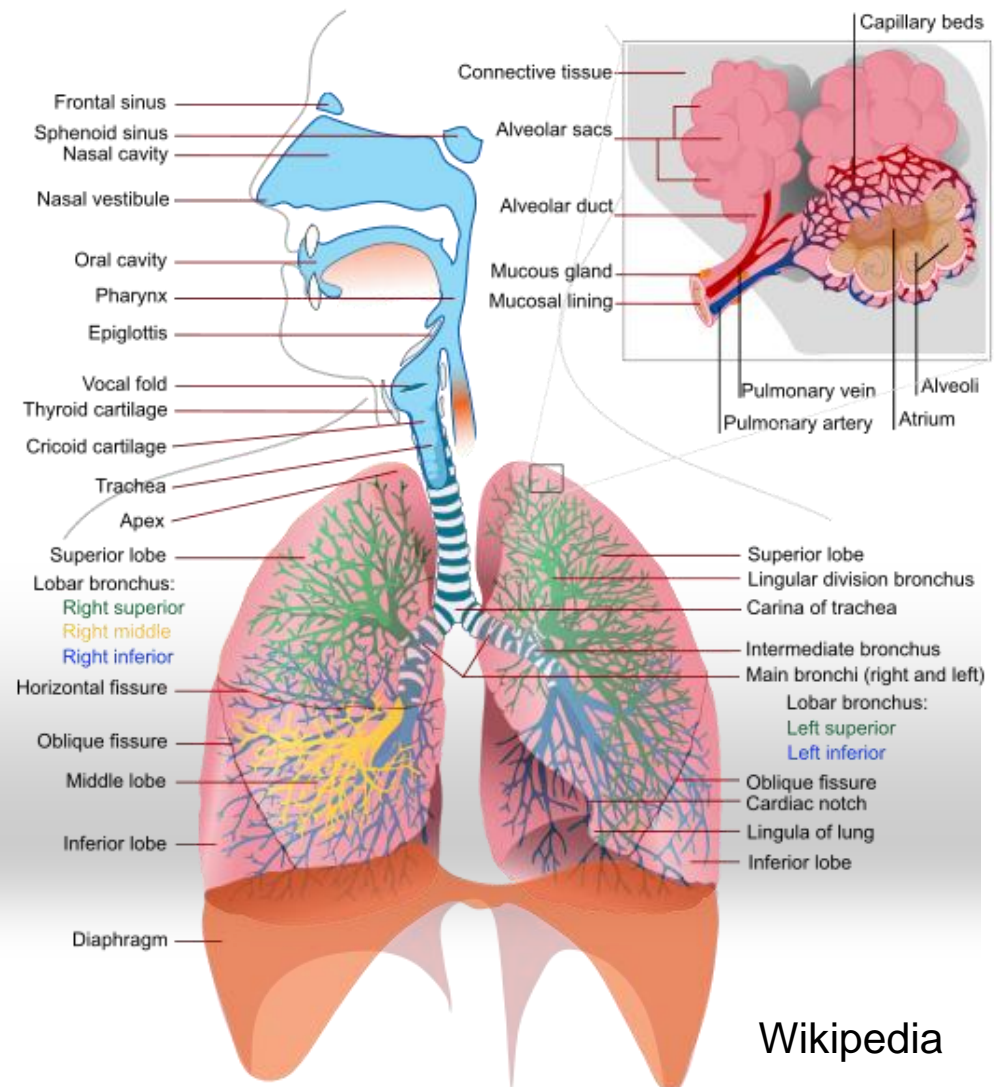


Układ oddechowy (ang. *respiratory system*)

Układ oddechowy składa się z płuc oraz „przewodów powietrznych” transportujących powietrze do płuc i na zewnątrz płuc.

Układ oddechowy dostarcza do organizmu tlen oraz usuwa z organizmu dwutlenek węgla.

Podtrzymanie życia



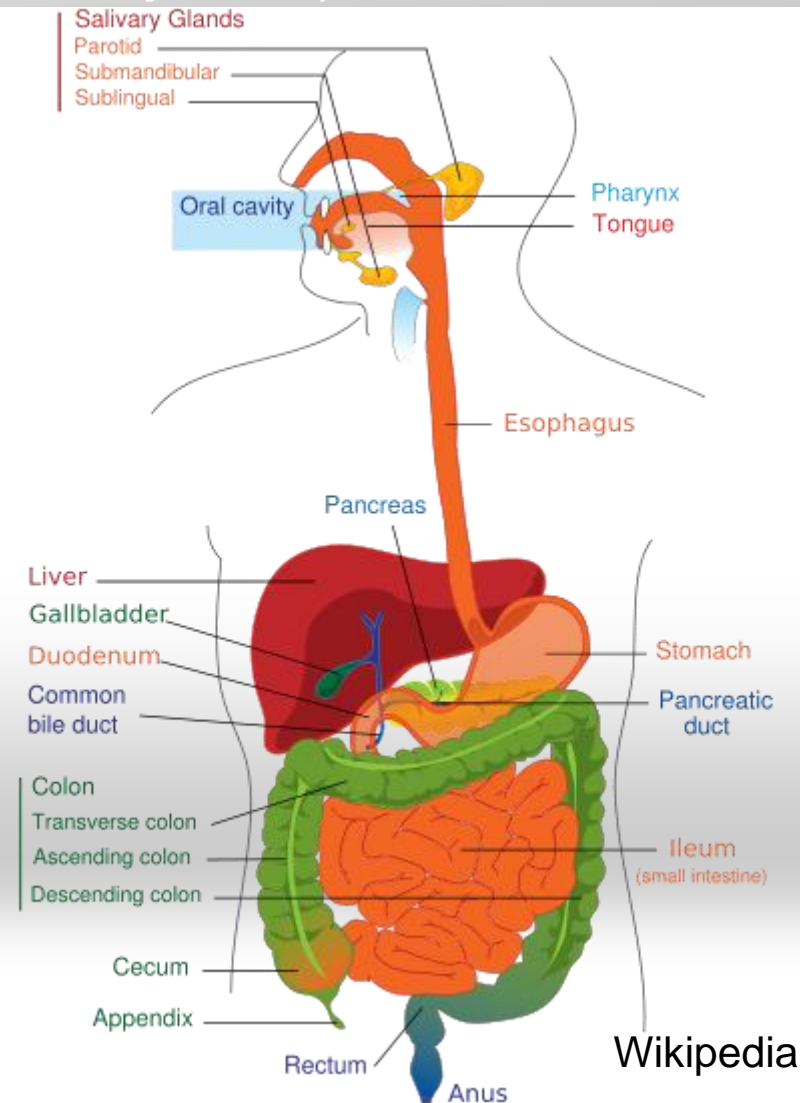
Wikipedia

Układ pokarmowy (ang. *digestive system*)

Układ pokarmowy składa się z jamy ustnej, przełyku, żołądka, jelit i odbytnicy oraz ze ślinianek, wątroby, trzustki i pęcherzyka żółciowego.

Układ pokarmowy przetwarza pokarm na prostsze substancje odżywcze i molekuly wchłaniane przez komórki organizmu.

Podtrzymanie życia

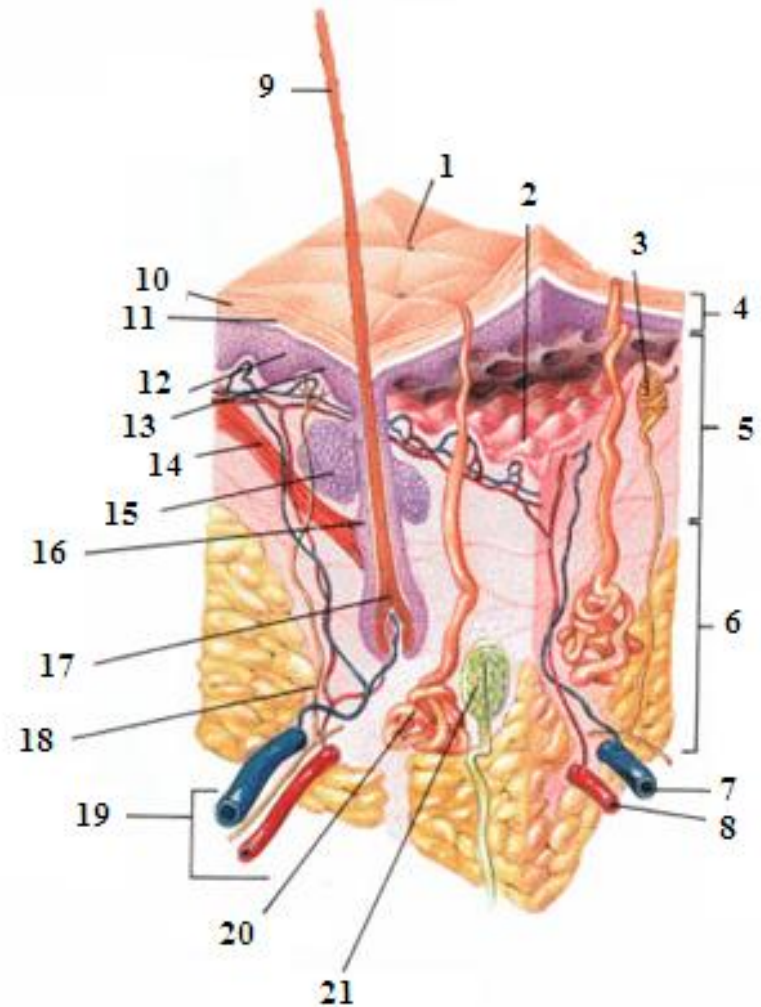


Tkanka skórna (ang. *integumentary system*)

Tkanka skórna pokrywa organizm tkanką ochronną. Składa się ze skóry oraz włosów, paznokci i gruczołów łojowych i potowych.

Skóra pełni również ważną rolę w utrzymaniu temperatury organizmu oraz zawiera komórki czuciowe.

Ochrona



Wikipedia

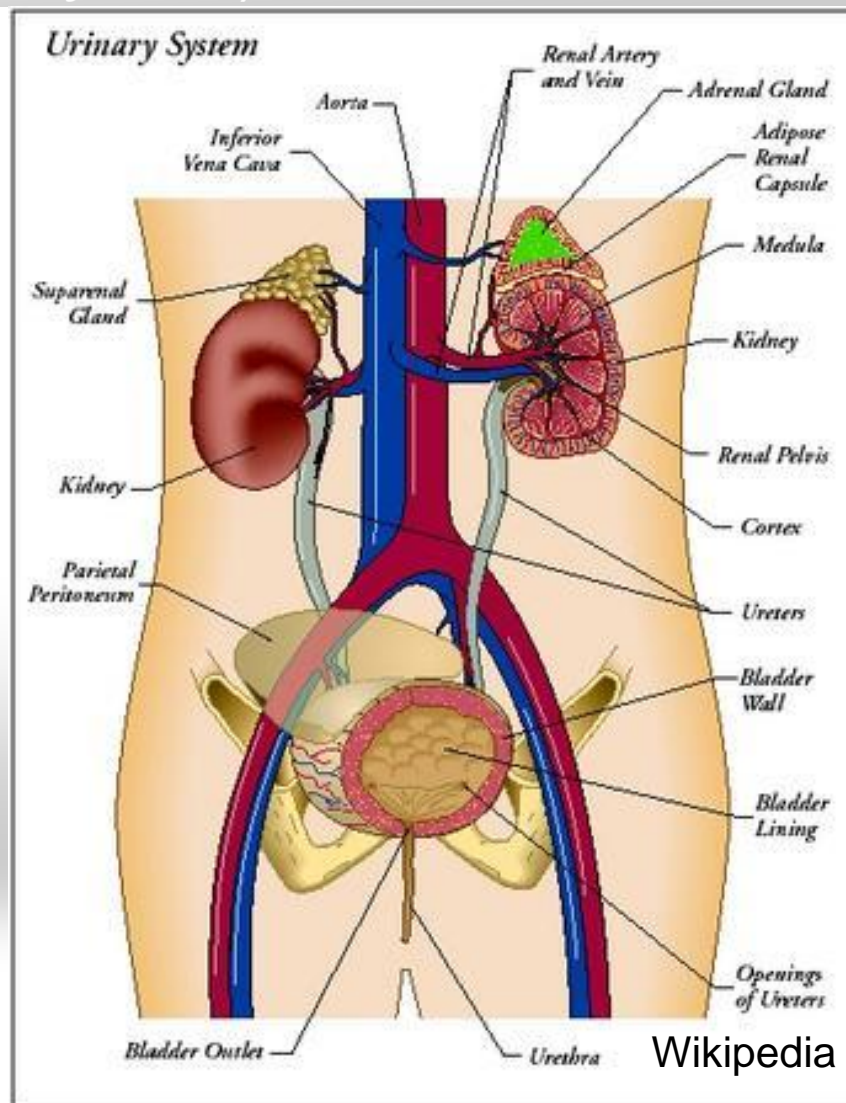
Układ moczowy (ang. *urinary system*)

Układ moczowy składa się z nerek, pęcherza moczowego i cewki moczowej.

Zadaniem układu moczowego jest usuwanie z organizmu produktów przemiany materii wraz z wodą i solami mineralnymi.

Układ moczowy reguluje ilość płynów w organizmie oraz stężenie substancji w krwi.

Podtrzymanie życia

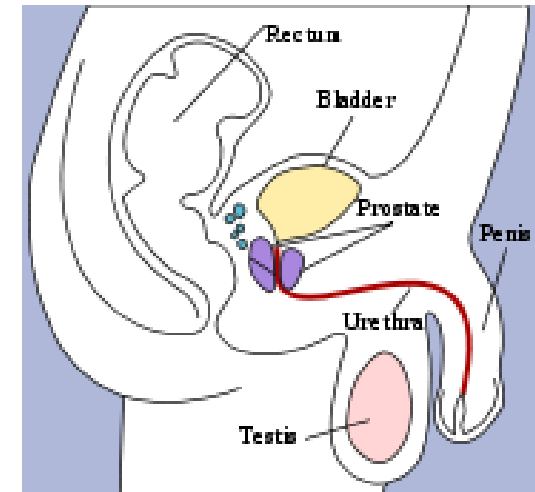


Układy rozrodcze (ang. *reproduction systems*)

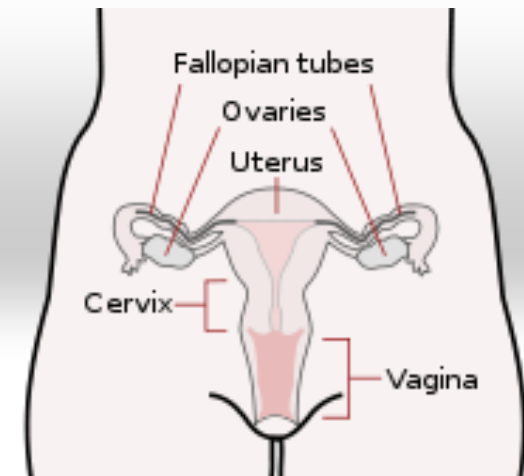
Układ rozrodczy **męski** składa się z jąder (innych gruczołów) oraz nasieniowodu, który wyprowadza plemniki na zewnątrz cewki moczowej.

Układ rozrodczy **żeński** składa się z jajników, jajowodów, macicy, pochwy i zewnętrznych narządów płciowych. Po wprowadzeniu plemników do macicy i zapłodnieniu jajeczek rozwija się w macicy płód.

Rozwój i reprodukcja



Wikipedia

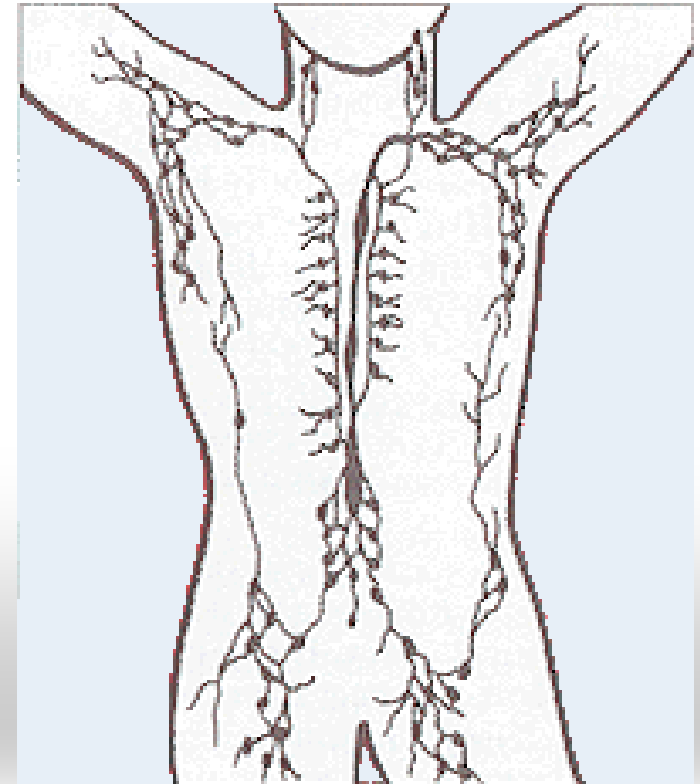


Układ limfatyczny (ang. *lymphatic system*)

Układ limfatyczny składa się z naczyń rozprawdzających płyn zwany limfą oraz z narządów: grasicy, śledziony oraz węzłów chłonnych.

Zadaniem układu limfatycznego jest ochrona przed zakażeniami (rozdźnia komórki własne od obcych) oraz utrzymanie równowagi płynów ustrojowych.

Podtrzymanie życia
Ochrona

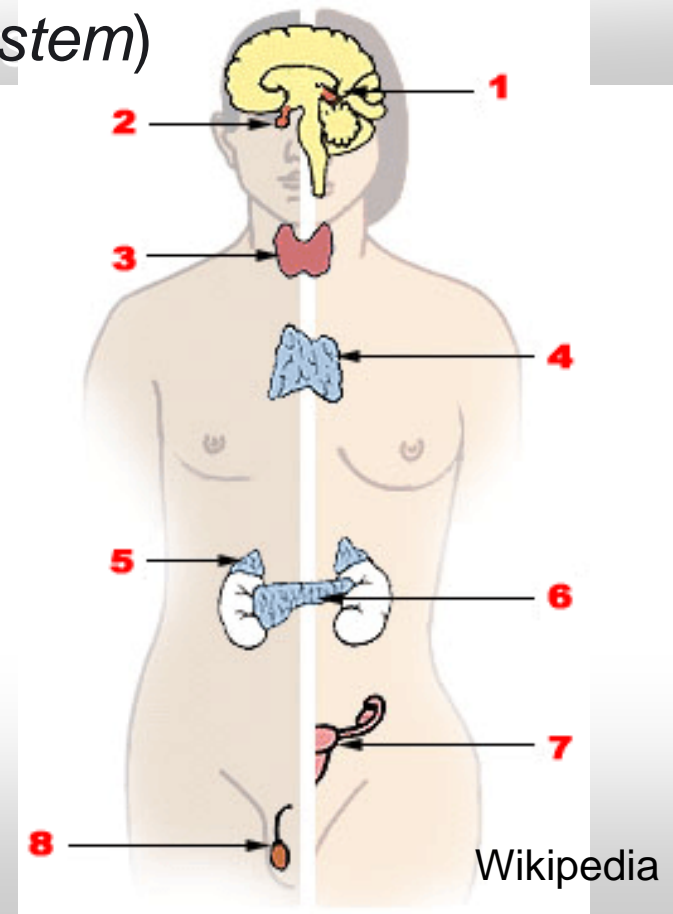


Układ dokrewny (ang. *endocrine system*)

Układ dokrewny składa się z gruczołów: szyszynki, przysadki mózgowej, trzustki, grasicy, nadnercza, jajników (jąder). Gruczoły te wytwarzają substancje chemiczne zwane hormonami, które regulują metabolizm, wzrost i rozmnażanie organizmu.

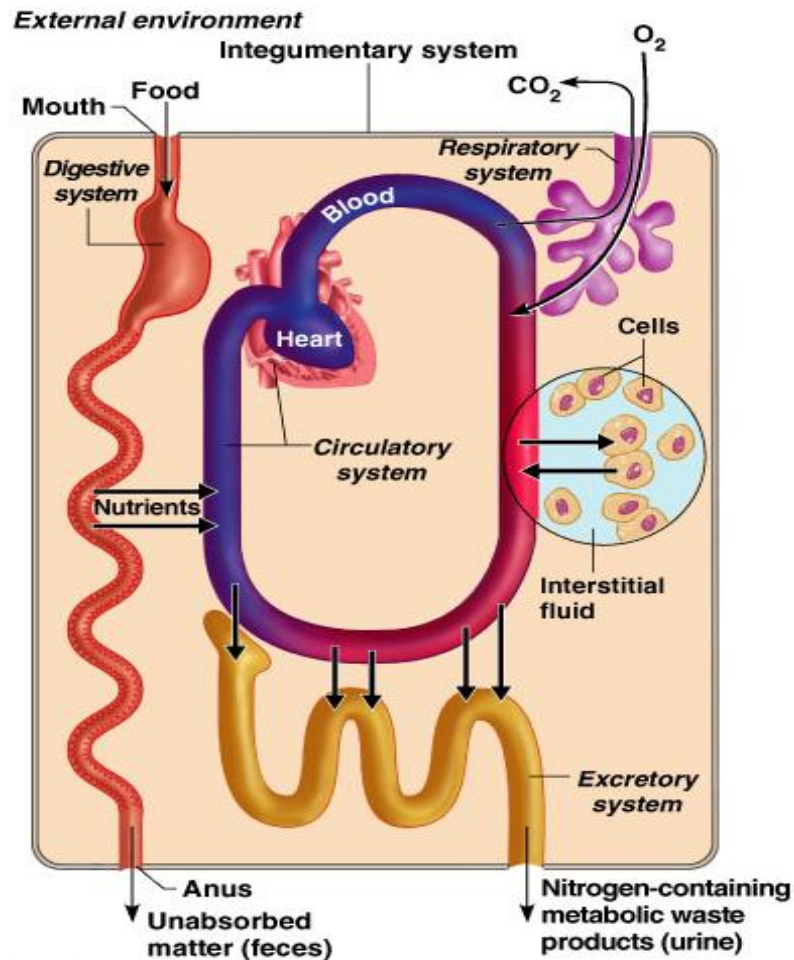
Na poziom hormonów w organizmie wpływa stres, infekcje oraz zmiany poziomu płynów ustrojowych i soli mineralnych.

Integracja i koordynacja



Główne gruczoły dokrewne: (mężczyzna po lewej kobieta po prawej): **1.** Szyszynka **2.** Przysadka mózgowa **3.** Tarczycza **4.** Grasicy **5.** Nadnercza **6.** Trzustka **7.** Jajnik **8.** Jądro

Współzależność systemów



- ❑ Skóra ochronia człowieka przed środowiskiem zewnętrznym
- ❑ Układ trawienny i oddechowy, w kontakcie z otoczeniem dostarczają organizmowi tlenu i pokarmu
- ❑ Substancje odżywcze i tlen są rozprowadzane przez krew
- ❑ Toksyne są filtrowane przez układ wydalniczy i układ oddechowy

Z wykładu dr Cyprain Wolskiego

<http://msjensen.cehd.umn.edu/Webanatomy>**Organ Systems 1****QUIZ**

| | | |
|-----|--|----------------------|
| 1. | This system transforms food particles into a size that can be absorbed. | <input type="text"/> |
| 2. | This is the most superficial organ system. (Clue: Superficial Vs. Deep) | <input type="text"/> |
| 3. | The organ system that secretes hormones, i.e., chemical messengers. | <input type="text"/> |
| 4. | This system helps the body fight disease. | <input type="text"/> |
| 5. | This system removes waste products from the blood and it assists in maintaining water and electrolyte balance. | <input type="text"/> |
| 6. | The parts of this system provides frameworks and protective shields for softer tissues, serve as attachments for muscles, and is also involved in the production of blood. | <input type="text"/> |
| 7. | This system provides the forces that produces body movements. | <input type="text"/> |
| 8. | This system provides for the intake and output of air and for the exchange of gases between blood and air. | <input type="text"/> |
| 9. | The system that transports items such as oxygen, carbon dioxide, hormones, glucose, etc. through the body. | <input type="text"/> |
| 10. | The system that enables the production of offspring. (CLUE: Where do babies come from?) | <input type="text"/> |

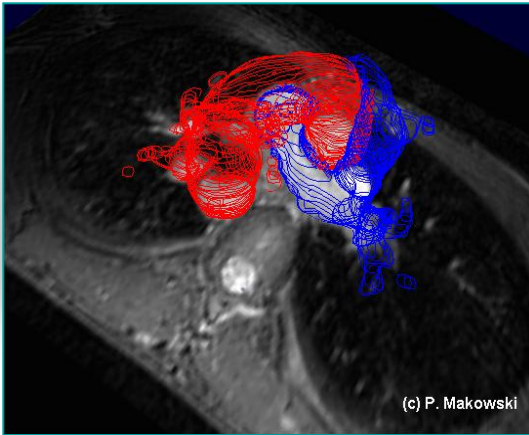
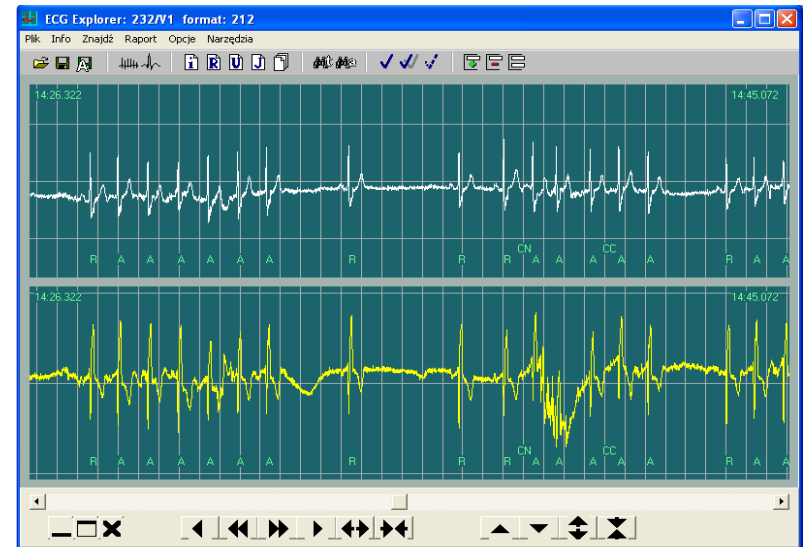
Score Test

Clear Form

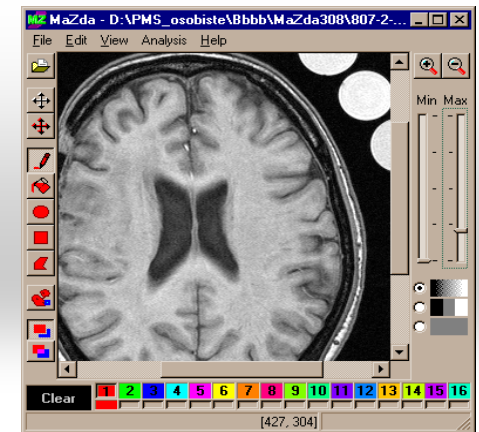
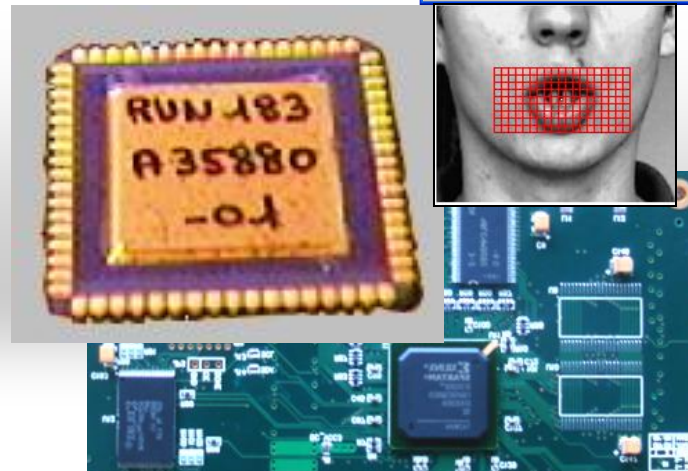
Make a selection

Circulatory system
Digestive system
Endocrine system
Integumentary system
Lymphatic system
Muscular system
Reproductive system
Respiratory system
Skeletal system
Urinary system

- ❑ **Przetwarzanie i analiza obrazów oraz sygnałów biomedycznych**
- ❑ **Zastosowanie inteligentnych obliczeń w medycynie i technice** (biometria, systemy komunikacji-człowiek komputer, wspomaganie osób niepełnosprawnych)
- ❑ **Realizacje sprzętowe (DSP, ASIC)**



(c) P. Makowski



Interfejsy człowiek komputer

Niepełnosprawności ruchowe:

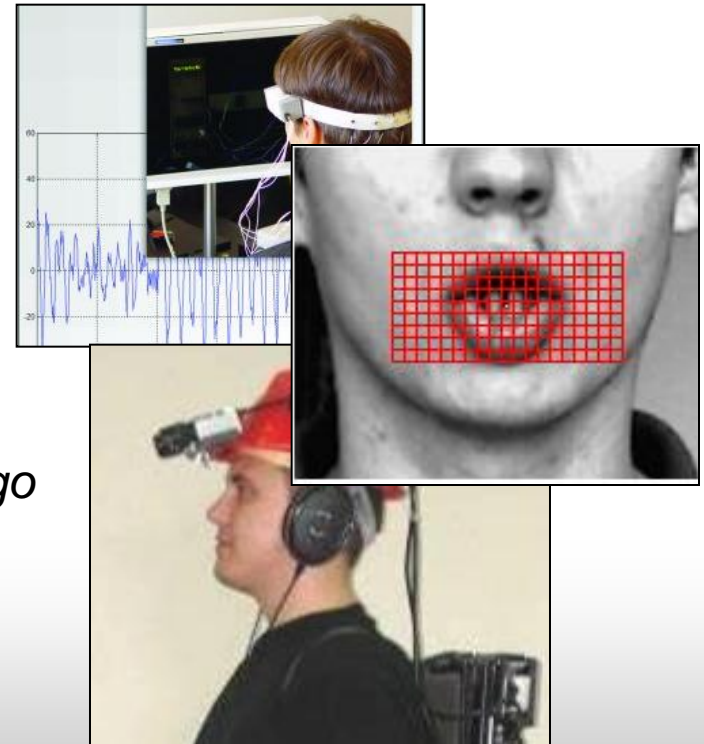
- ☐ *Interfejs BCI*
- ☐ *Komputer sterowany mruganiem*

Niepełnosprawność słuchowa:

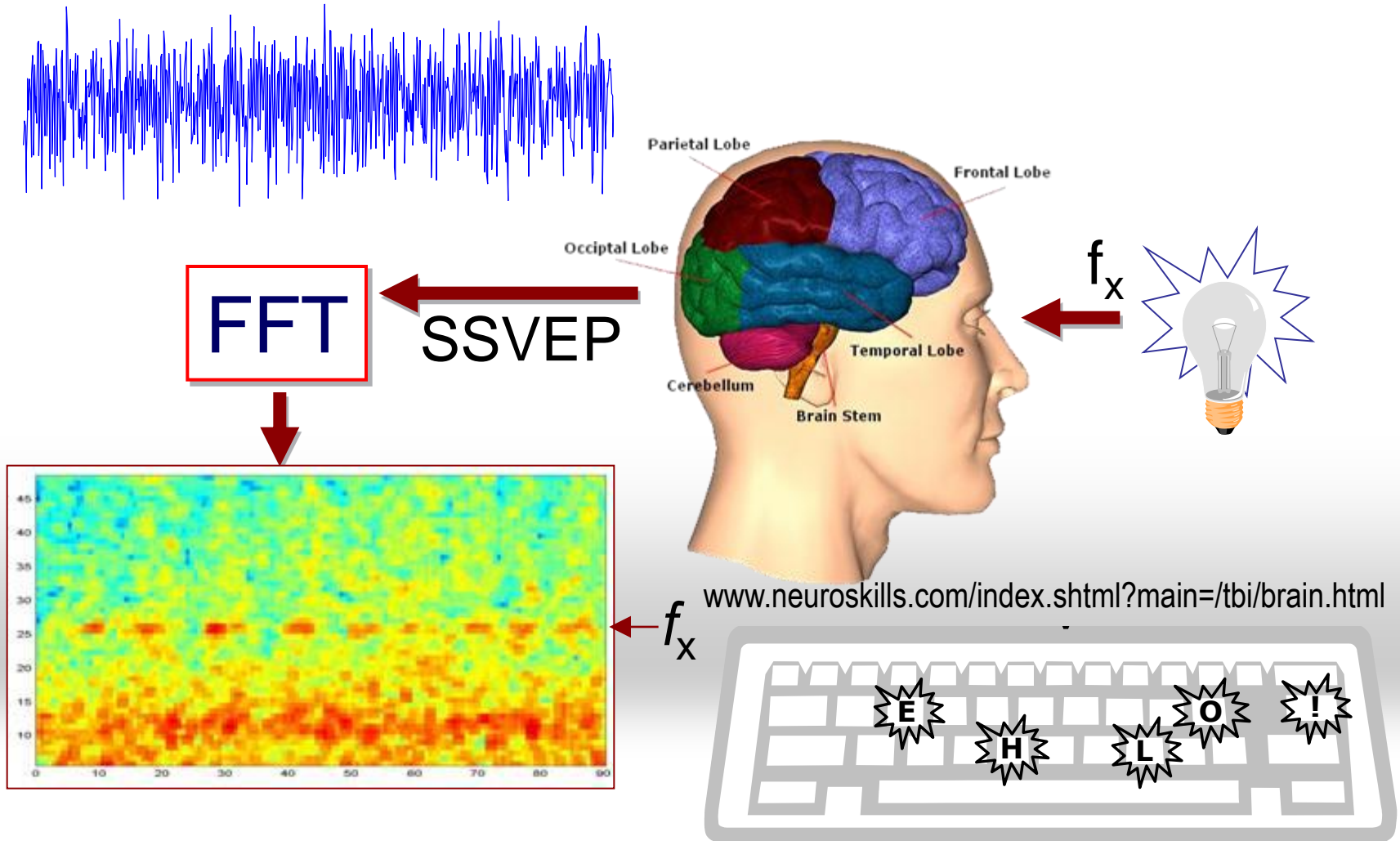
- ☐ *Rozpoznawanie alfabetu migowego*
- ☐ *System „czytania z ust”*

Niepełnosprawność wzrokowa:

- ☐ *Obrazowanie dźwiękowe otoczenia (stereowizja -> 3D audio)*
- ☐ *Zdalna nawigacja (transmisja wideo, GPS, mapy numeryczne)*
- ☐ *Programowanie urządzeń mobilnych (z syntezą mowy)*



Interfejs BCI (Brain Computer Interface)



Demonstracja systemu BCI



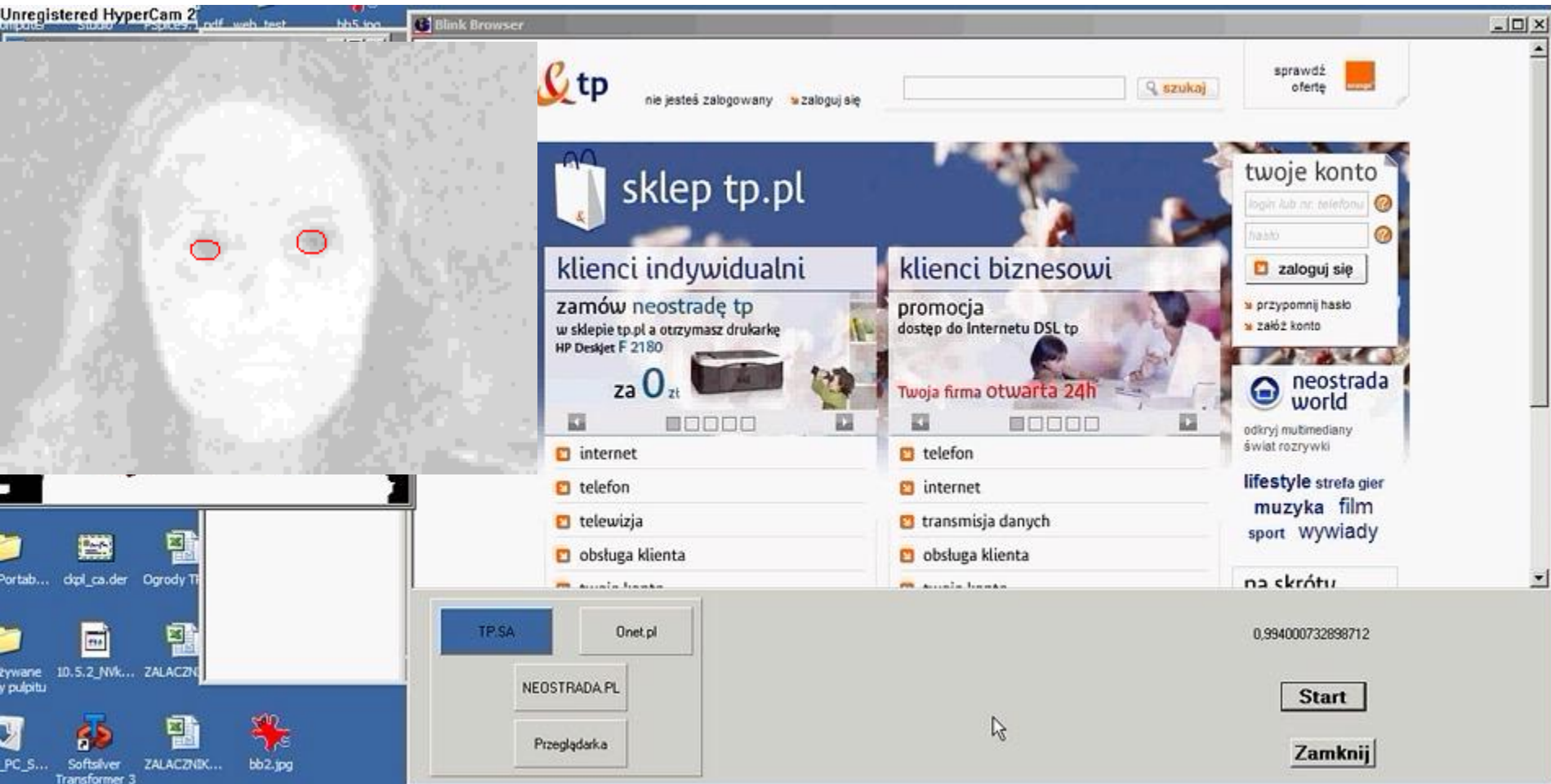
Czas detekcji symboli:
3-5 sek
Tylko dwie elektrody



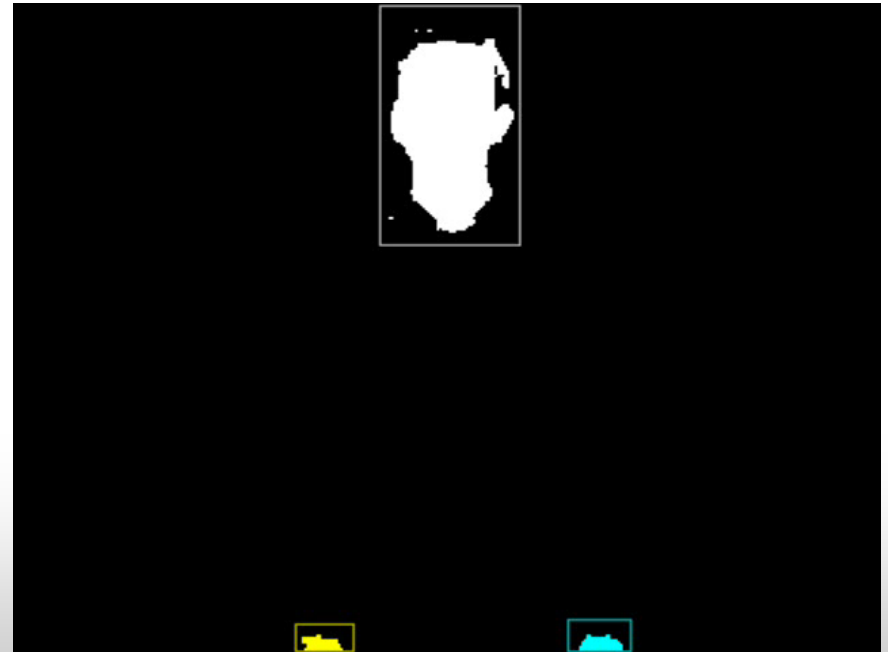
dr Marcin Byczuk



Interfejs człowiek komputer sterowany mruganiem

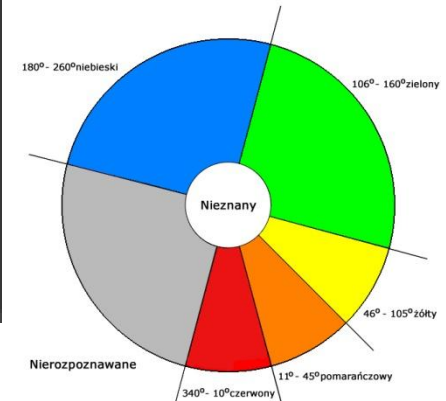
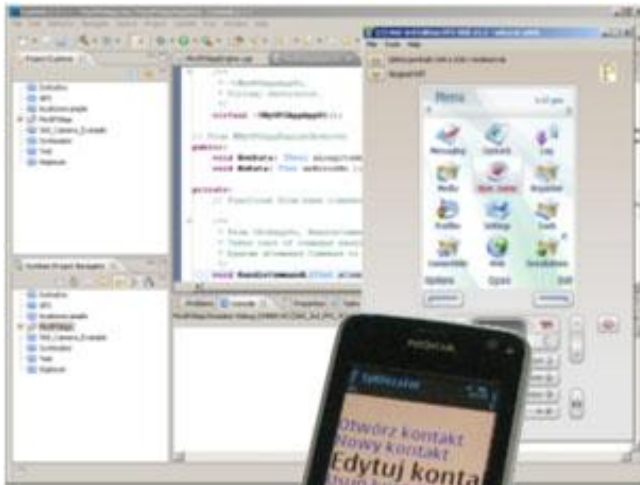


Rozpoznawanie alfabetu migowego



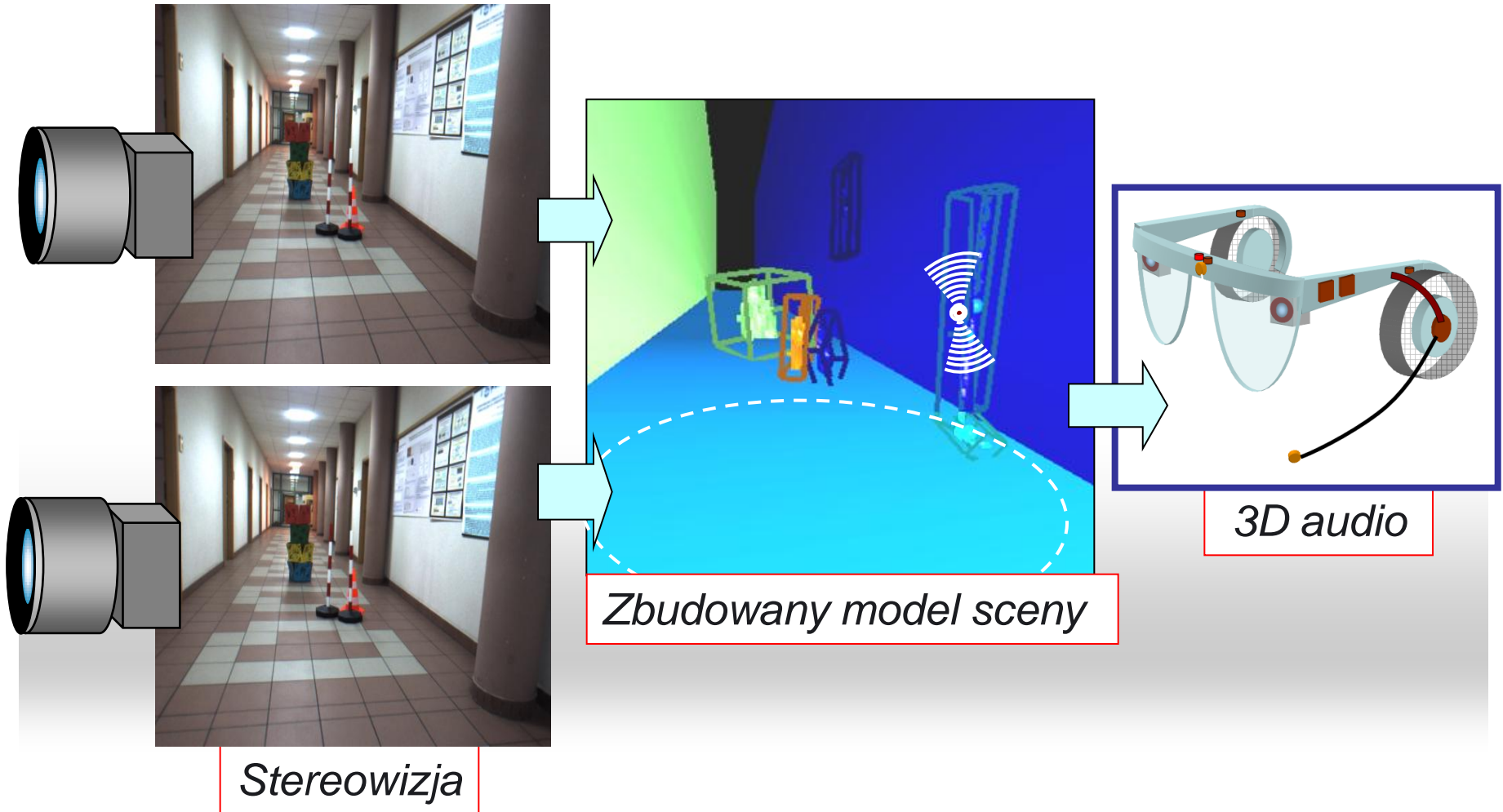
- *Detekcja obrazu skóry (klasyfikator Bayesa)*
- *Filtr Kalmana - śledzenie ruchu dłoni*

Telefon komórkowy dla niewidomego

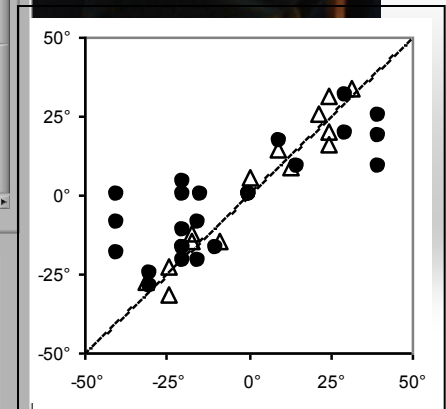
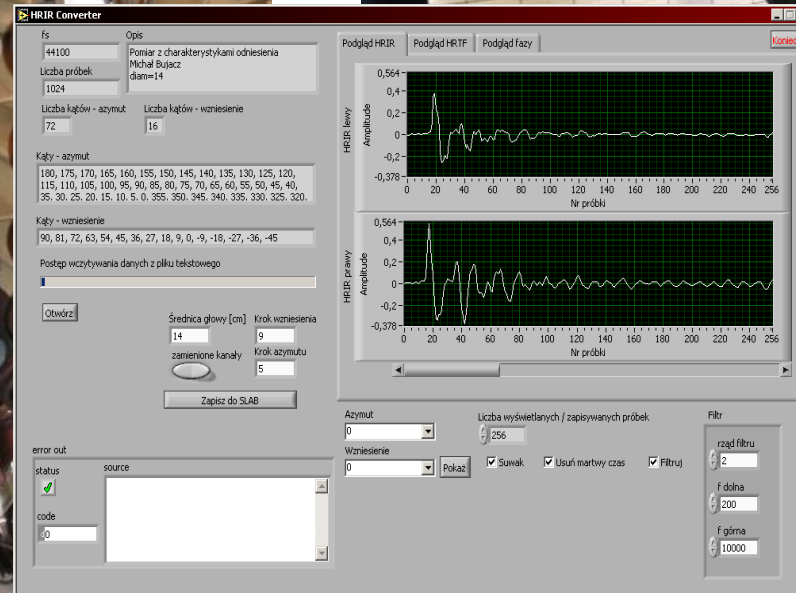
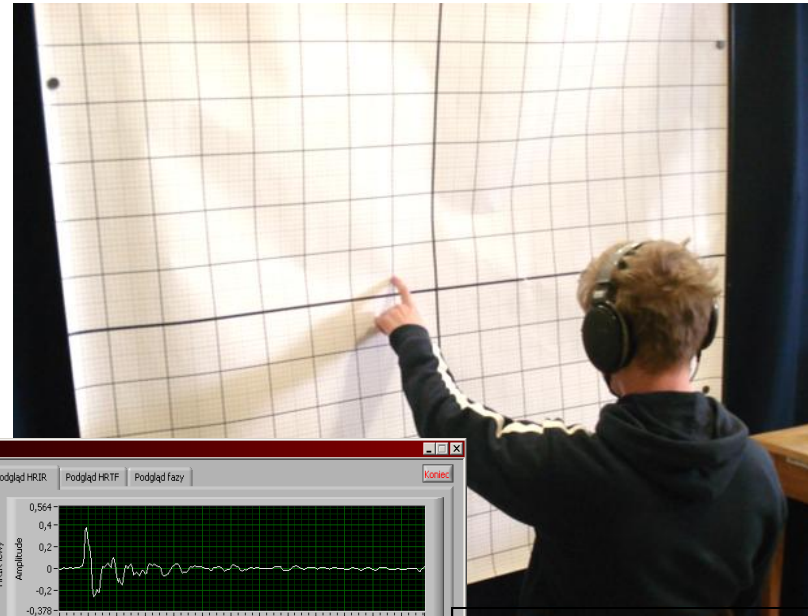


- Eclipse , CodeWarrior środowiska rozwojowe (Carbide C++)
- SDK, emulator telefonu

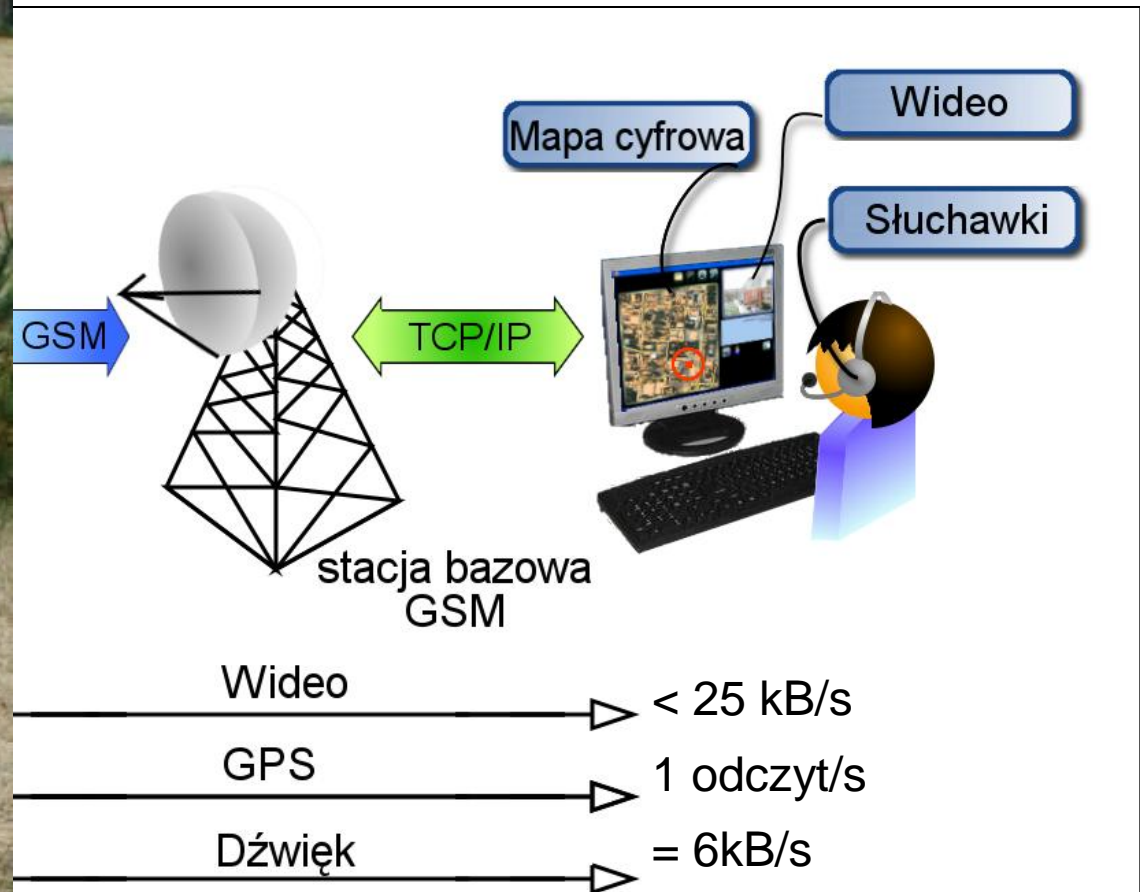
Obrazowanie dźwiękowe otoczenia



Dźwięki przestrzenne - HRTF



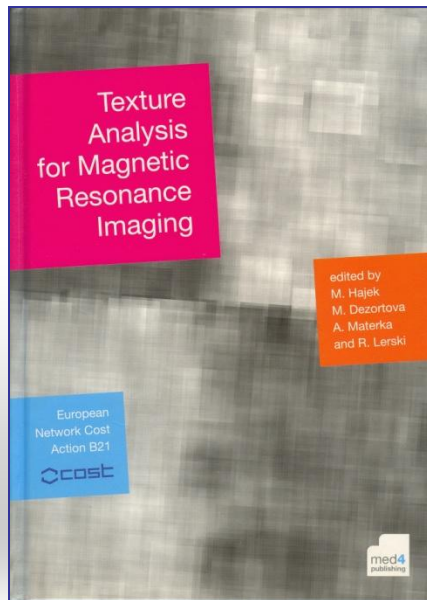
Zdalny system nawigacji niewidomego



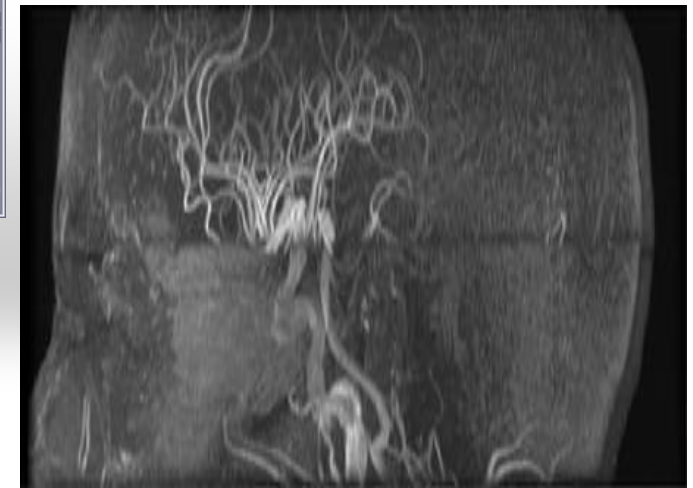
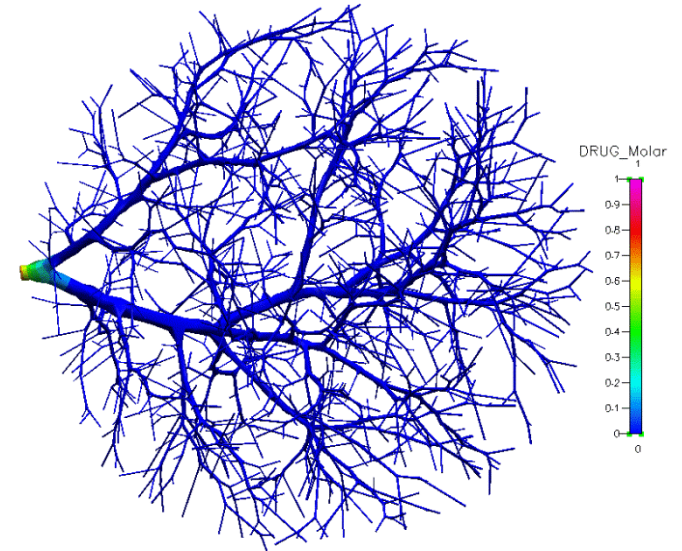


Paweł Strumiłło, Instytut Elektroniki

Analiza obrazów MRI



www.eletel.p.lodz.pl/mazda/

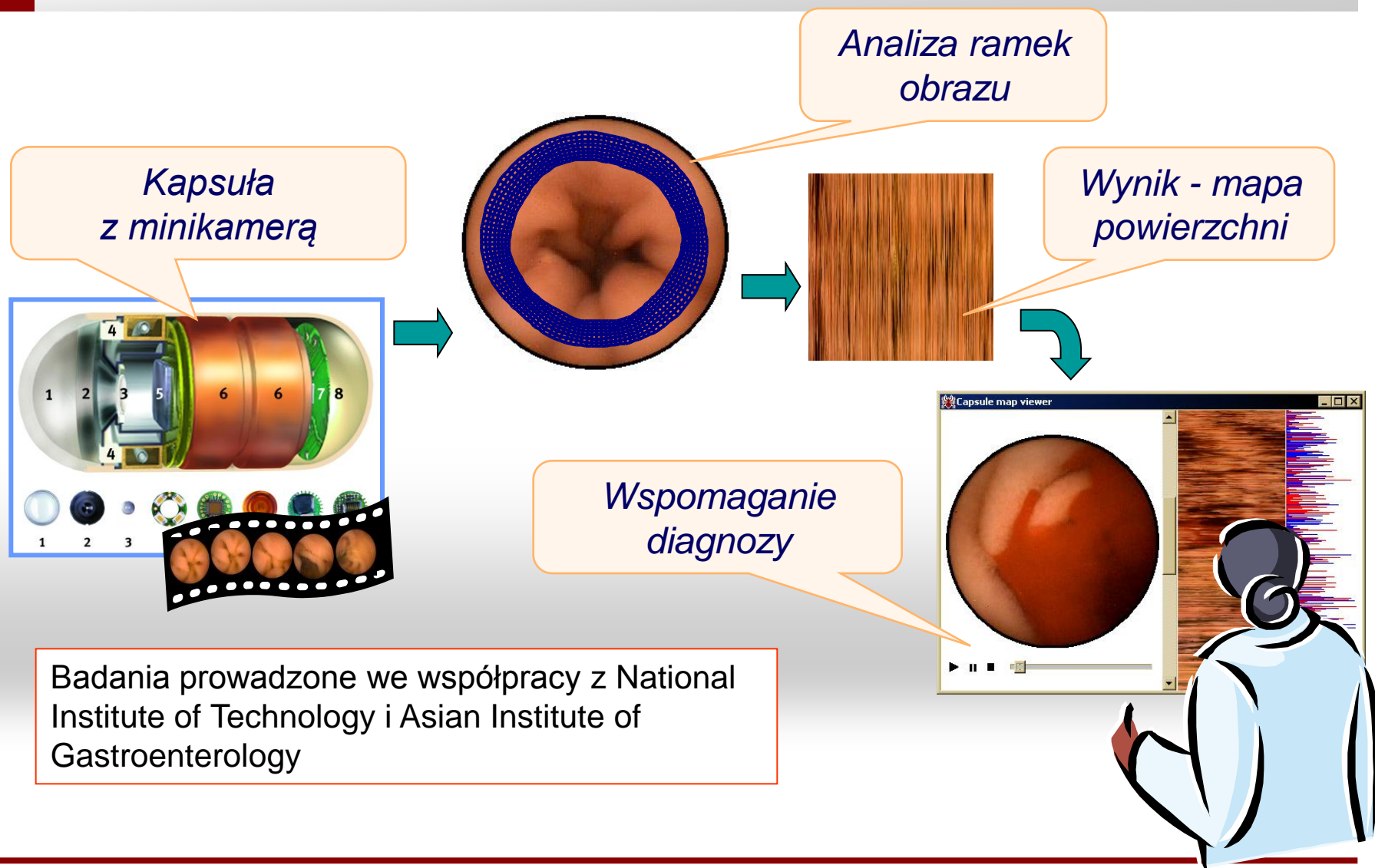


2002-04: COST B11 (18 partners)

2004-07: COST B21 (18 partners)

2007-10: DFG (2 partners)

Endoskopia bezprzewodowa



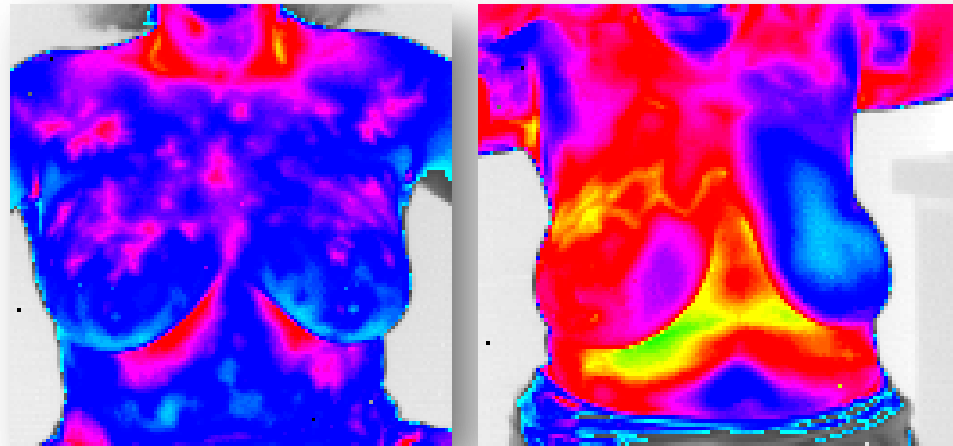
Systemy termograficzne



Mikrobolometryczna
kamera termowizyjna

Zastosowania

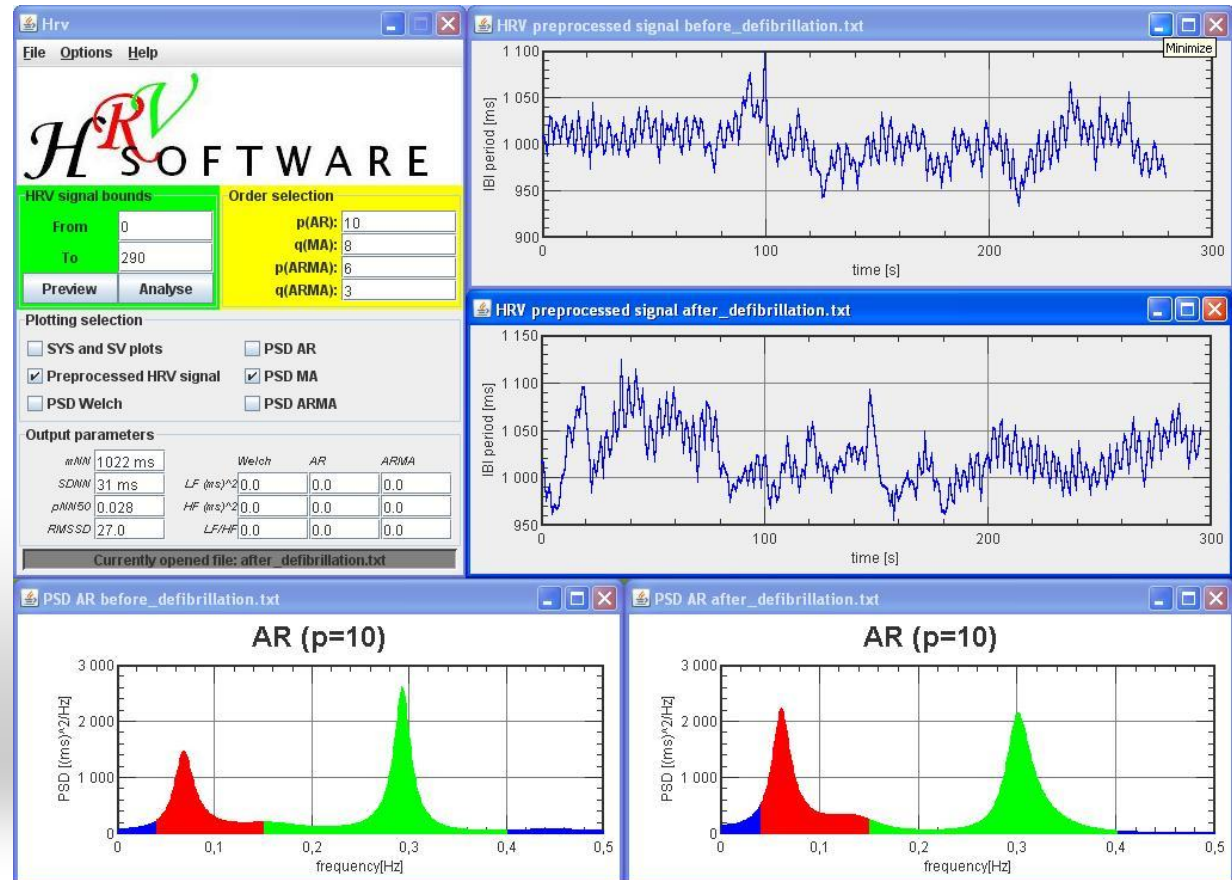
- diagnoza medyczna
- badania nieniszczące
- badanie izolacyjności budynków



Przykłady prac dyplomowych

Krzysztof Kudryński –
**„Komputerowa
 analiza rytmu serca”**
 (opiekun: P. Strumiłło)

I nagroda w Konkursie
 SEP w roku 2007



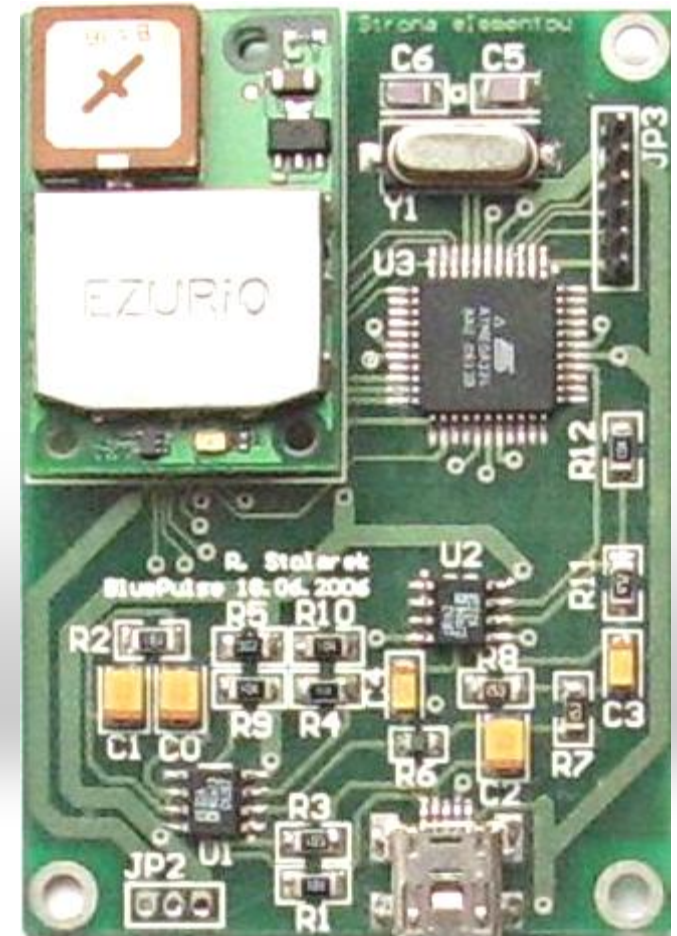
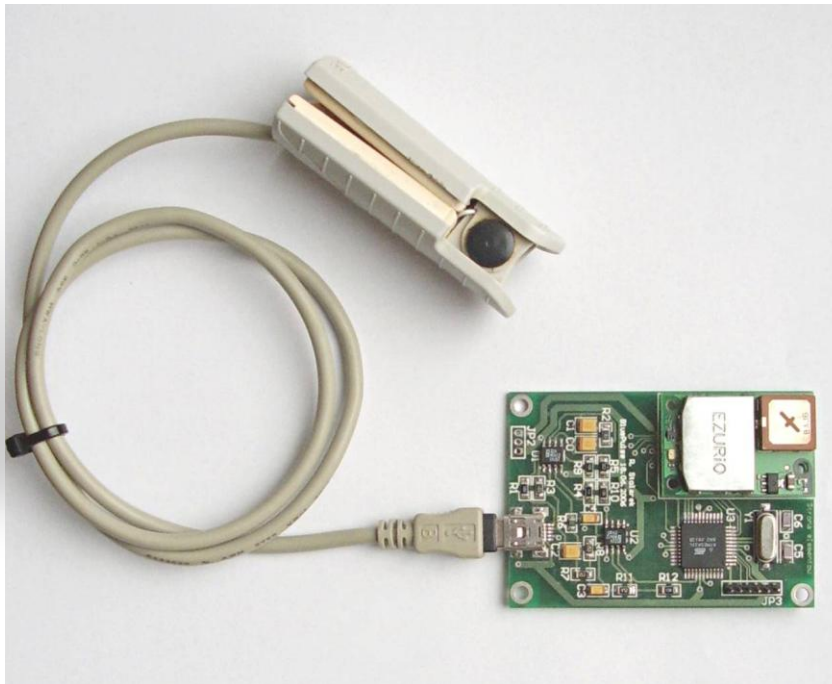
Prototypy algorytmów: **Matlab** → aplikacja: **Java**

Przykłady prac dyplomowych

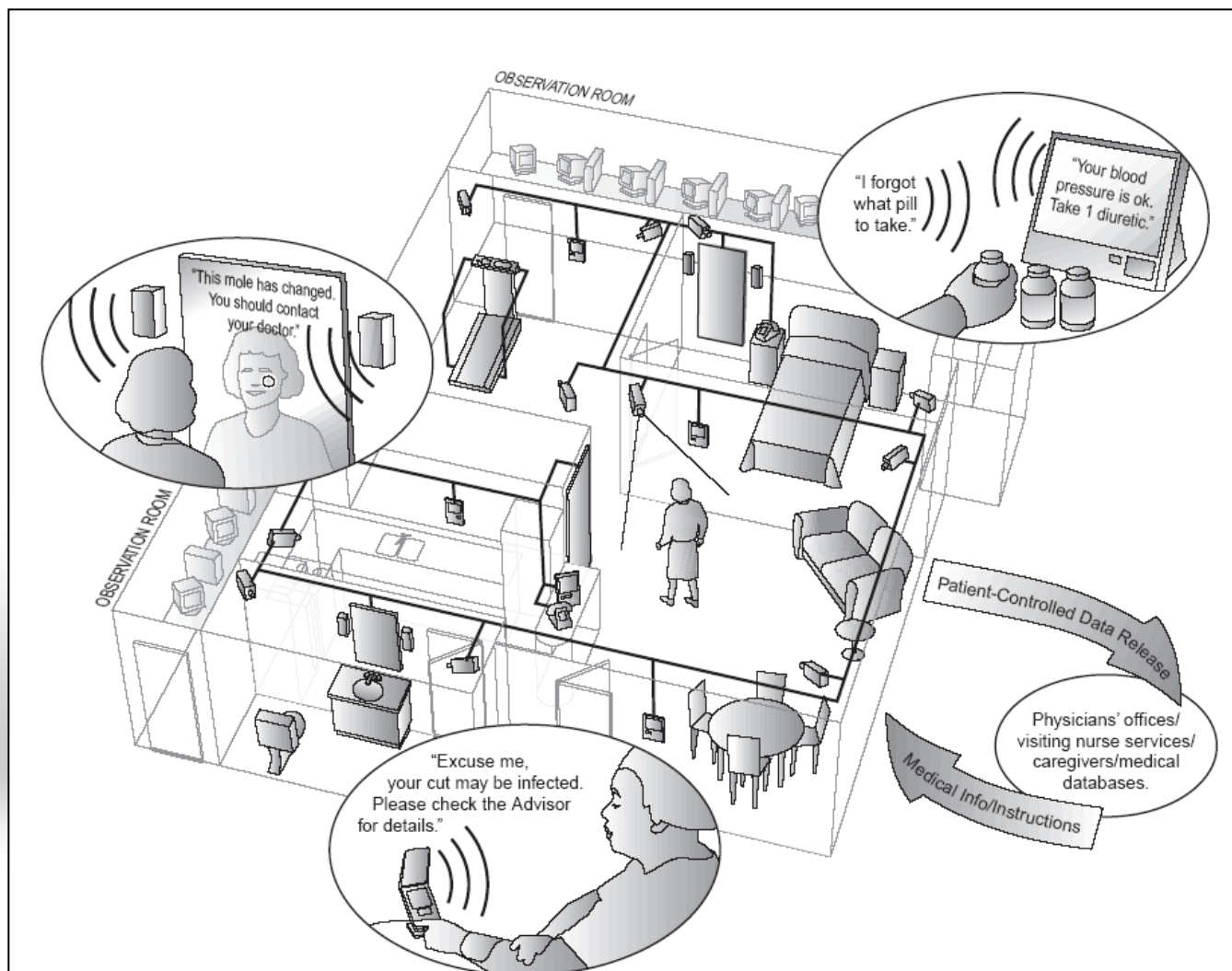
Remigiusz Stolarek –

**„Układ do bezprzewodowej transmisji
sygnału tętna człowieka”**

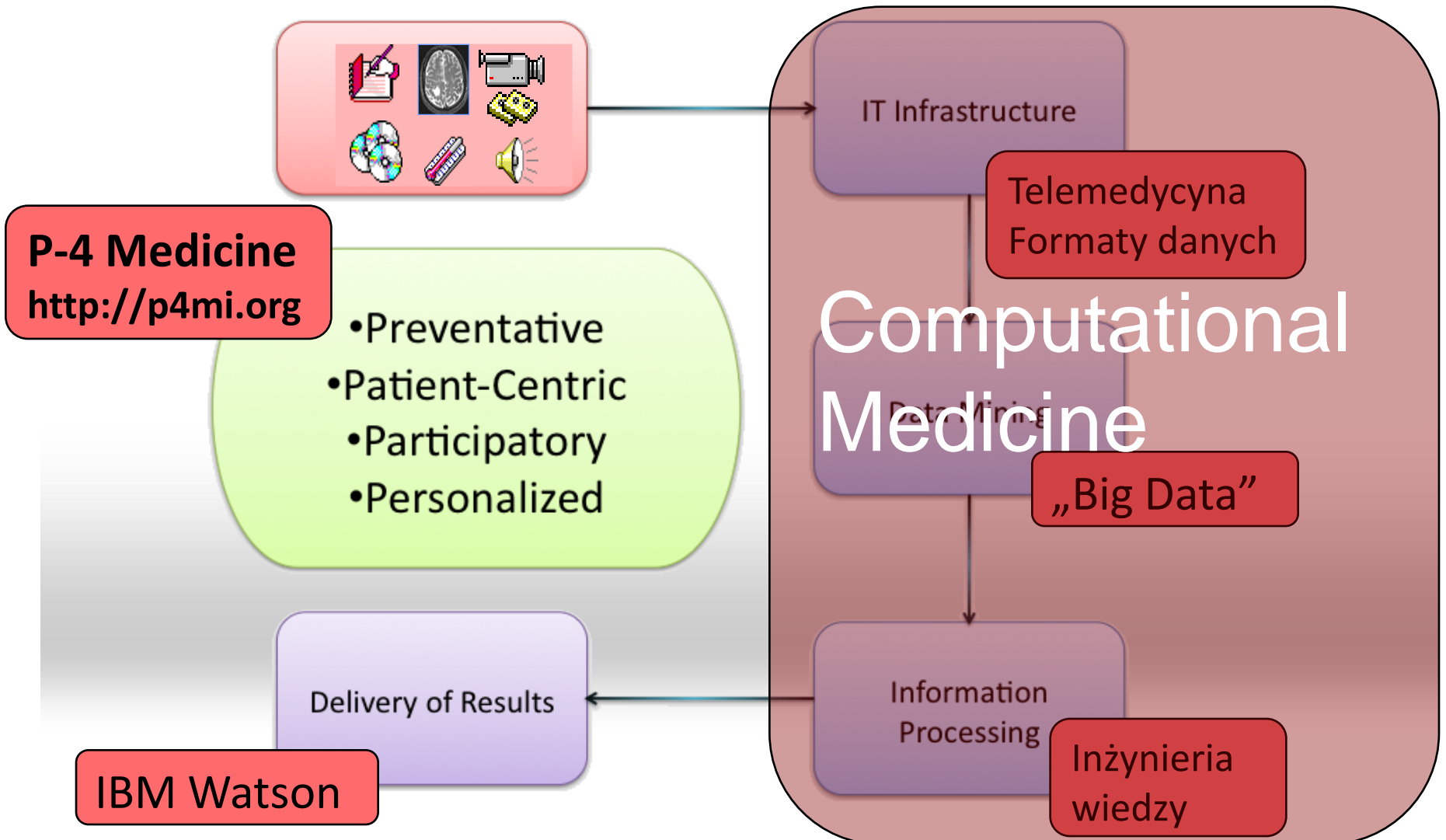
(opiekun: Piotr Romaniuk)



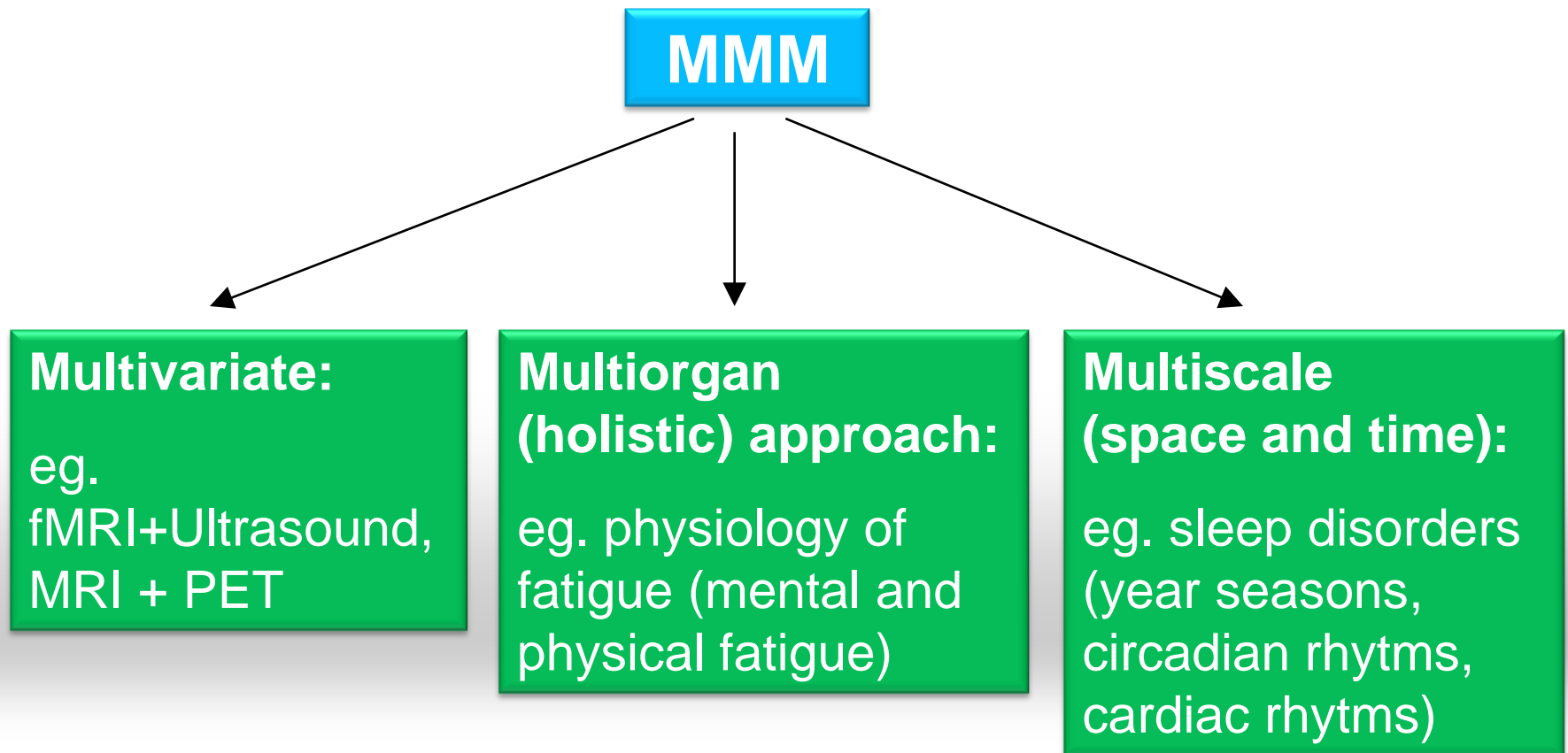
Inteligentny dom



Medycyna P-4, medycyna obliczeniowa



MMM (Multivariate Multiorgan Multiscale)



Cyfrowa rewolucja

- ❑ 78% of pacjentów zainteresowanych urządzeniami mobilnymi → **m-health**
- ❑ 59% of mieszkańców USA korzystało z medycznych porad on-line ze stron internetowych
- ❑ pacjenci chętni do ponoszenia kosztów \$14B na tzw. 'digital health'



smart pillboxes,
'digital pills'



e-health -> m-health



Media społecznościowe

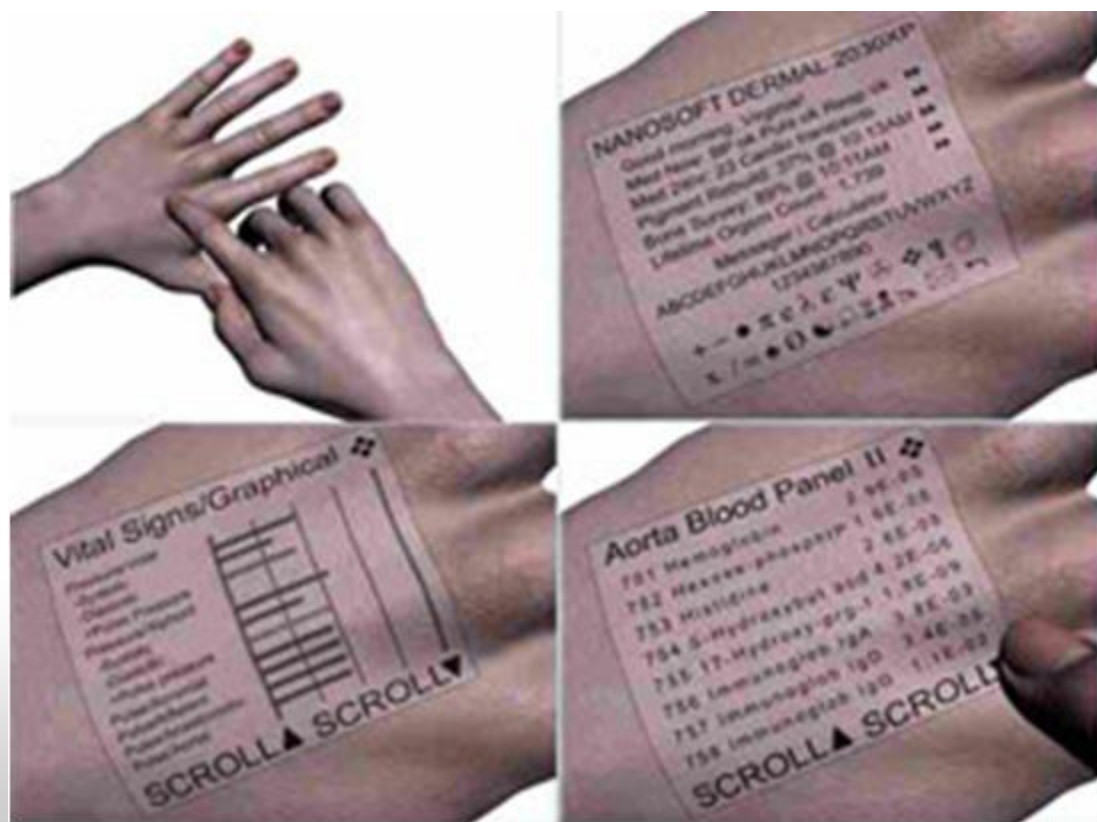
Poufność i bezpieczeństwo danych medycznych?

Making a Human Memory Chip

Celem projektu DARPA (*Agencja Zaawansowanych Projektów Badawczych w Obszarze Obronności*) jest opracowanie implantu wszczepianego do mózgu z elektroniczną pamięcią”
- projekt 4-letni

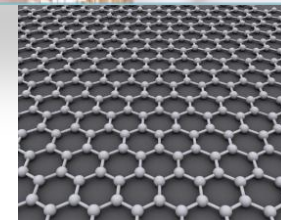


Wyświetlacz i komputer dermalny → bioniczna skóra



Wizja artysty: Gina Miller, 2007

Nowy materiał Graphen!



Przykłady – elektroniki medycznej



www.youtube.com/watch?v=s8eTLT1QexM#t=90



www.youtube.com/watch?v=Yz618qJIIBA



Introducing the Qualcomm Tricorder XPRIZE.

A \$10 million competition to bring healthcare to the palm of your hand.

Imagine a portable, wireless device in the palm of your hand that monitors and diagnoses your health conditions....



Postęp technologiczny jest trudny do przewidzenia

...640K should be enough for anybody..

Bill Gates (1981)
Microsoft founder

Now more information can be sent over a single cable in a second than filled the Internet in a month in 1997

George Gilder,
Telecosm, The Free Press, New York

You can expect to have on your wrist tomorrow what you have on your desk today, what filled a room yesterday.

Nicolas Negroponte,
Being Digital, Vintage Books, New York (1996)



Perspektywy zatrudnienia inżynierów medycznych

„Europe has about 350,000 biomedical engineers, almost as many as the United States, according to EUCOMED, an association representing European medical-technology companies. The European market for BME, with an annual turnover of 45 billion (US\$50 billion), is led by Germany, Britain and France.”

"In industry, biomedical engineers work in corporate research, production, quality control and management," says Katharina Jäger from the human-resources department of Baxter, a global medical-technology company based in Vienna. "University graduates usually acquire leading positions after one or two years...."

Naturejobs

**16% dochodu narodowego USA jest przeznaczane na
wydatki związane z ochroną zdrowia**



Podsumowanie – kierunki rozwojowe

- **Diagnostyka** – systemy analizy wielkiej liczby danych i sygnałów (technologie DSP, inżynieria wiedzy, genomika, proteomika, sieci semantyczne, standardy)
- **Terapia** – farmakologia (sprzedaż w USA 36 mld \$), systemy automatyki medycznej (nawigacja komputerowa, systemy podtrzymania życia, planowanie terapii, sztuczne narządy)
- Systemy **zindywidualizowanej** diagnostyki i terapii



Podsumowanie – kierunki rozwojowe

- Systemy **zindywidualizowanej** diagnostyki i terapii

*„We are still living in a mainframe era of healthcare ...
what we need is ...*

the healthcare equivalent to the low cost PC”

Andy Grow, Intel Corp.