



Politechnika Łódzka

Instytut Elektroniki

Postępy neuroinżynierii Podsumowanie

Paweł Strumiłło

Zakład Elektroniki Medycznej





Neuroinżynieria

Neuroinżynieria – (ang. *neuroengineering*) jest dyscypliną, w której wykorzystuje się techniki inżynierii do poznania, leczenia i zastępowania funkcji systemów neuronowych. Jednym z zagadnień neuroinżynierii jest budowanie interfejsów pomiędzy żywymi tkankami i urządzeniami (np. komputerem).

BCI – Brain Computer Interface

DMI – Brain Machine Interface

DPS – Deep Brain Stimulation



<http://neurobio.drexelmed.edu>

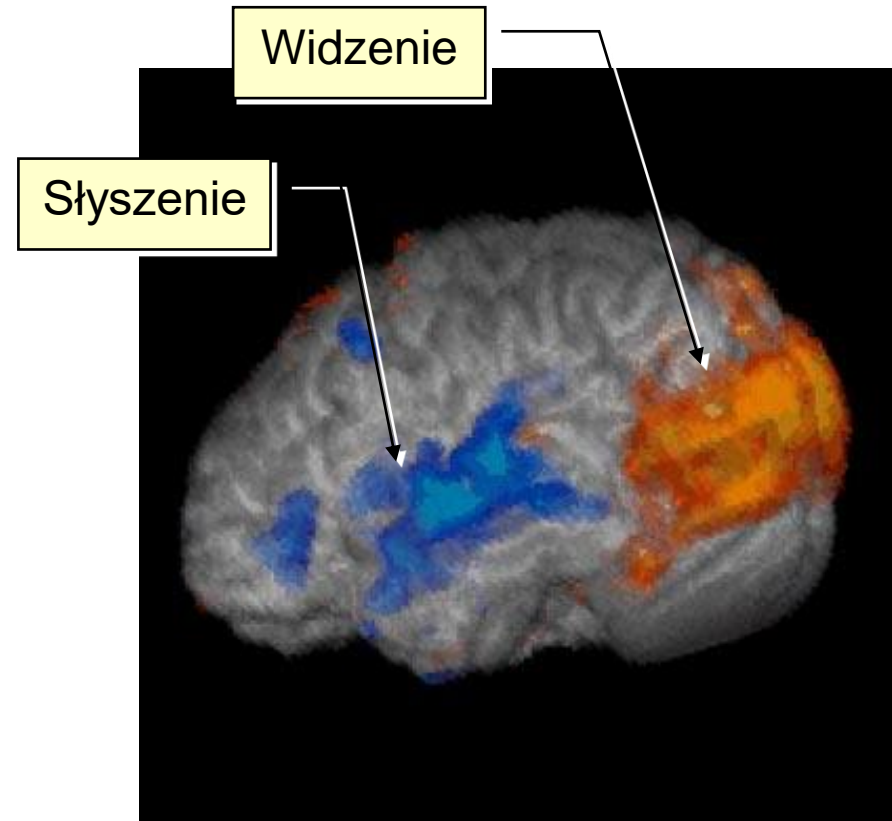


Neuroinżynieria – poznanie funkcji systemów neuronowych

Functional MRI (fMRI), funkcjonalny rezonans magnetyczny

Technika ta umożliwia obrazowanie obszarów mózgu fMRI o zwiększonym zapotrzebowaniu na tlen, tj. obszarów biorących udział w określonej czynności kognitywnej, np. słuchanie, patrzenie.

Molekuły krwi o różnej zawartości tlenu (*oksyhemoglobina*) są inaczej obrazowane w skanerze fMRI.



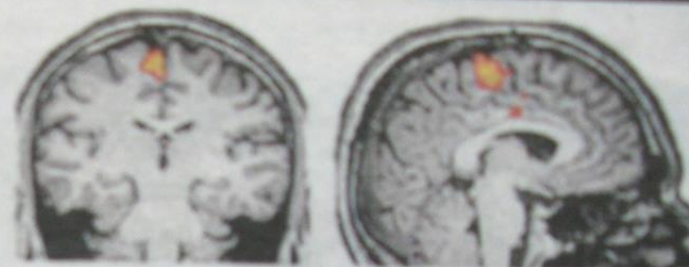
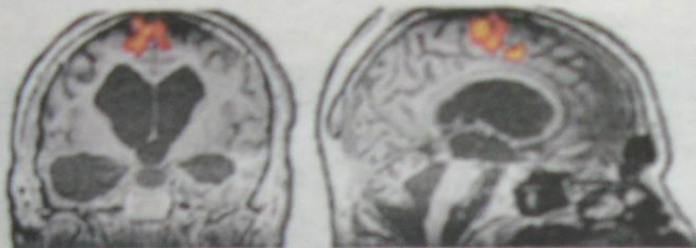
Oxford Centre for Functional Magnetic Resonance Imaging of the Brain

M. Gut, A. Marchewka, Funkcjonalny rezonans magnetyczny – nieinwazyjna metoda obrazowania aktywności ludzkiego mózgu, *Konferencja „Nowe metody w neurobiologii”*, 15 grudnia 2004, str. 35-40, www.ptbun.org.pl/archiv/nmwn04_gut.pdf

JAK NAUKOWCY DOGADALI SIĘ Z CHORYM

29-letni chory

Zdrowy ochotnik



„Czy twój ojciec
ma na imię Alexander?”

Odpowiedź **TAK**
„zapalała” obszar
kory ruchowej

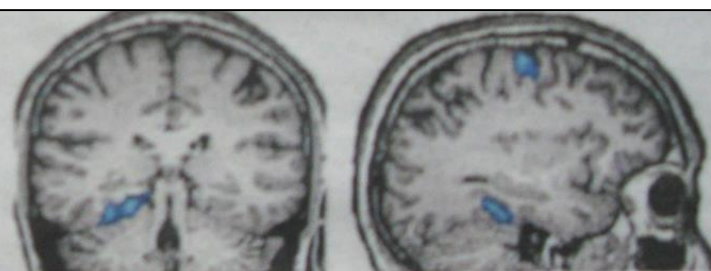
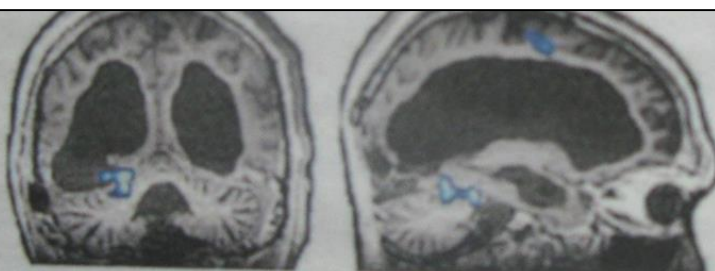


„Czy masz braci?”

Odpowiedź **TAK**
„zapalała”
ten sam obszar
kory ruchowej

NIJAL UNIVERSITY OF CAMBRIDGE

Gazeta Wyborcza, 2 lutego 2010,
http://wyborcza.pl/1,75476,7527707,Nieswiadomi_przemowili.html



„Czy twój ojciec
ma na imię Thomas?”

Odpowiedź **NIE**
„zapalała” obszar
odpowiedzialny
za orientację w przestrzeni



„Czy masz siostry?”

Odpowiedź **NIE**
„zapalała” obszar
odpowiedzialny
za orientację
w przestrzeni



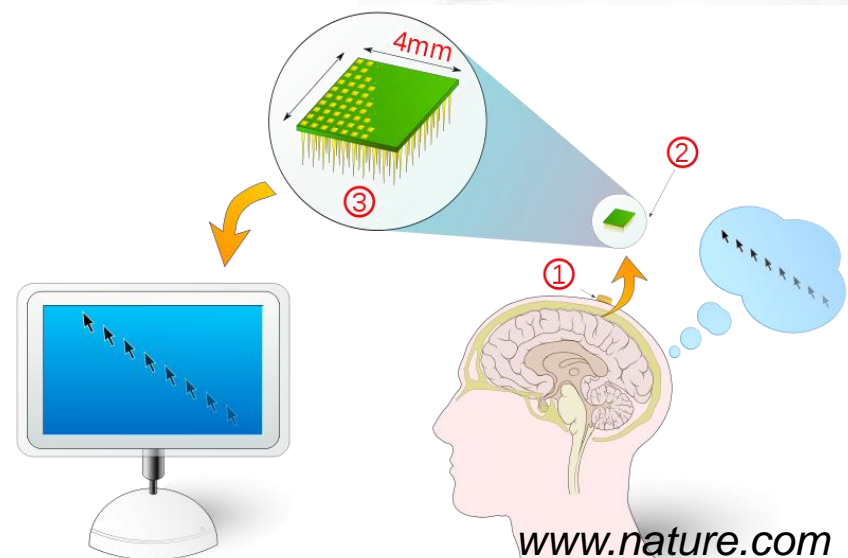
Neuroinżynieria – poznanie funkcji systemów neuronowych





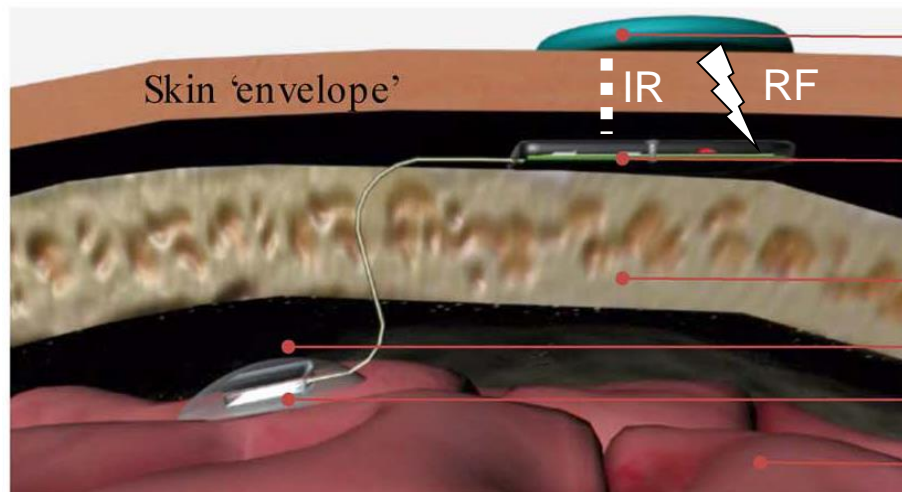
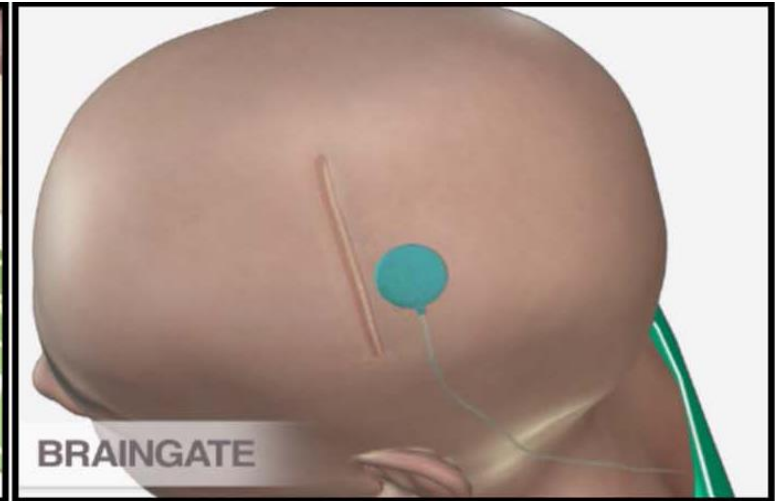
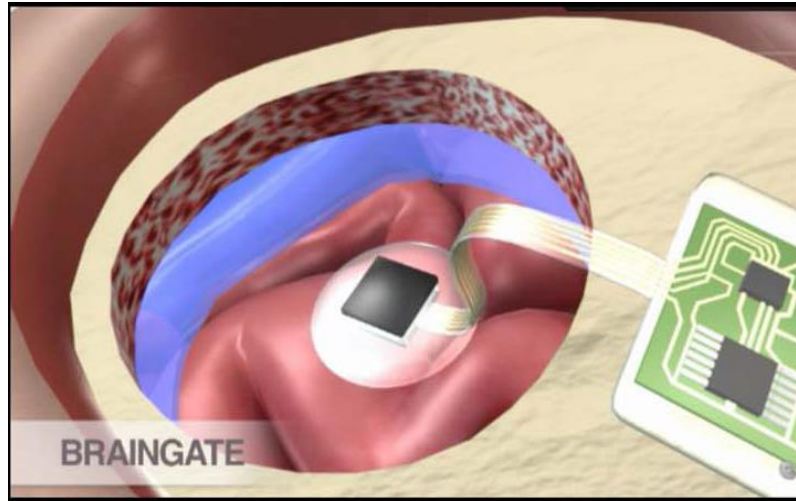
Osiągnięcia neuroinżynierii - przykład

Historia **Matthew Nagle** –
przerwany rdzeń kręgowy po wypadku;
wszczepiono mu implant do kory ruchowej
i połączono z komputerem (2004); nauczył się
sterować myszką, pisać i bierać e-maile, ...





Osiągnięcia neuroinżynierii – bezpośredni interfejs mózg-komputer (BrainGate)



Układ na skórze głowy
IR(in) + RF (out)

Układ podskórny
IR(out) + RF (in)

Kość czaszki

Opona mózgowa

Matryca mikroelektrod

Kora ruchowa



Osiągnięcia neuroinżynierii - przykład

Plastyczność (neuroplastyczność) mózgu –

zdolność tkanki neuronowej do ulegania trwałym zmianom funkcjonalnym; odbywa się na zasadzie reorganizacji funkcji kory czuciowej.

Właściwość mózgu wykorzystywana w technikach rehabilitacji.

Jesse Sullivan, pozbawiony obu rąk w wypadku steruje protezami obu rąk przez świadome aktywowanie mięśni klatki piersiowej (2005);

Mózg pacjenta wytworzył receptory czuciowe na mięśniach klatki piersiowej dających odczucie, że dotykana jest jego nieistniejąca kończyna.



Jesse Sullivan

<http://www.clickorlando.com/video/4643208/index.html>

Osiągnięcia neuroinżynierii - FES

Funkcjonalna stymulacja elektryczna **(ang. – *Functional electrical stimulation* – FES)**

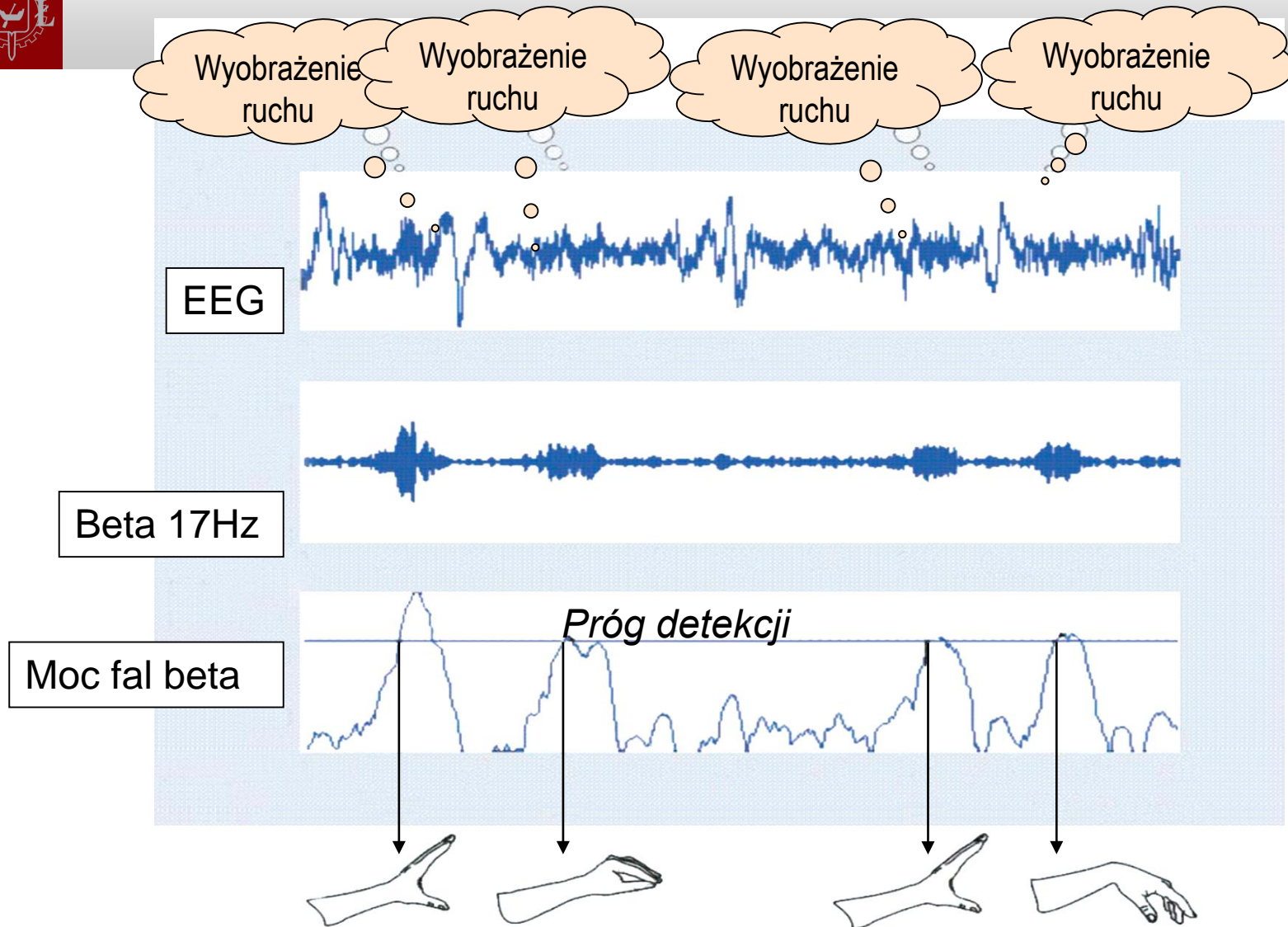
zastąpienie utraconej aktywności bioelektrycznej mięśni lub nerwów, dla których przerwana została naturalna droga pobudzenia elektrycznego.

Technika FES jest stosowana:

- przy uszkodzeniu rdzenia kręgowego,
- stwardnieniu rozsianym (tzw. sclerosis multiplex),
- mózgowym porażeniu dziecięcym.

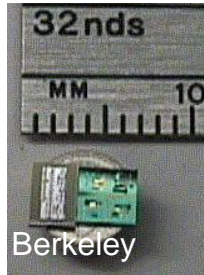


FES



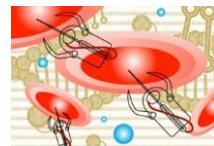
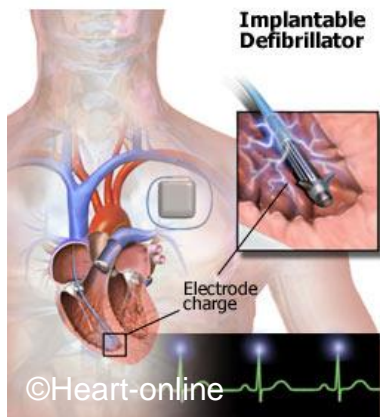


Elektroniczne układy wbudowane (ang. *embedded systems*)



1. Systemy inteligentnego środowiska

2. Urządzenia personalne i noszone



3. Mikrosystemy implantowane



1. Systemy inteligentnego środowiska

❑ Inteligentne środowisko

- CCTV
- lokalne sieci bezprzewodowe
- sieci rozproszonych mikro-czujników (ang. *electronic dust*)
- RFID (ang. *Radio Frequency Identification Devices*)

❑ interfejsy-człowiek komputer

- interfejsy BCI
- systemy rozpoznawania alfabetu migowego
- interfejsy dla niewidomych (monitory Braillea, urządzenia mówiące)

❑ systemy wieloagentowe

- robot- asystent osoby niepełnosprawnej (ang. *assistive robots*)
- czujniki upadku – 7 tys. upadków dziennie w Polsce

Konceptcja inteligentnego domu



**Proactive Health Lab,
Intel®**

**EasyLiving-
a ubiquitous computing project,
Microsoft®**

Patient-Controlled Data Release

Physicians' offices/
visiting nurse services/
caregivers/medical
databases.

Medical Info/Instructions

Systemy wieloagentowe



M. J. Matarić , J. Eriksson, D. J. Feil-Seifer, , C. J. Winstein,
“***Socially assistive robotics for post-stroke rehabilitation***”,
Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 4:5, 2007 (journal on-line).

2. Urządzenia personalne i noszone

☐ platformy mobilne

- wózek inwalidzki
- sieci personalne (ang. *Body Area Network – BAN*)
- inteligentne telefony komórkowe
- odbiorniki GPS (ang. *Global Positioning System*)

☐ systemy tekstroniczne

- systemy klasy *smart shirt*
- czujniki montowane w odzieży

☐ protezy słuchu

☐ personalne systemy wspomagania niewidomych

- systemy wspomagania w samodzielnym poruszaniu się
- inne systemy dla niewidomych

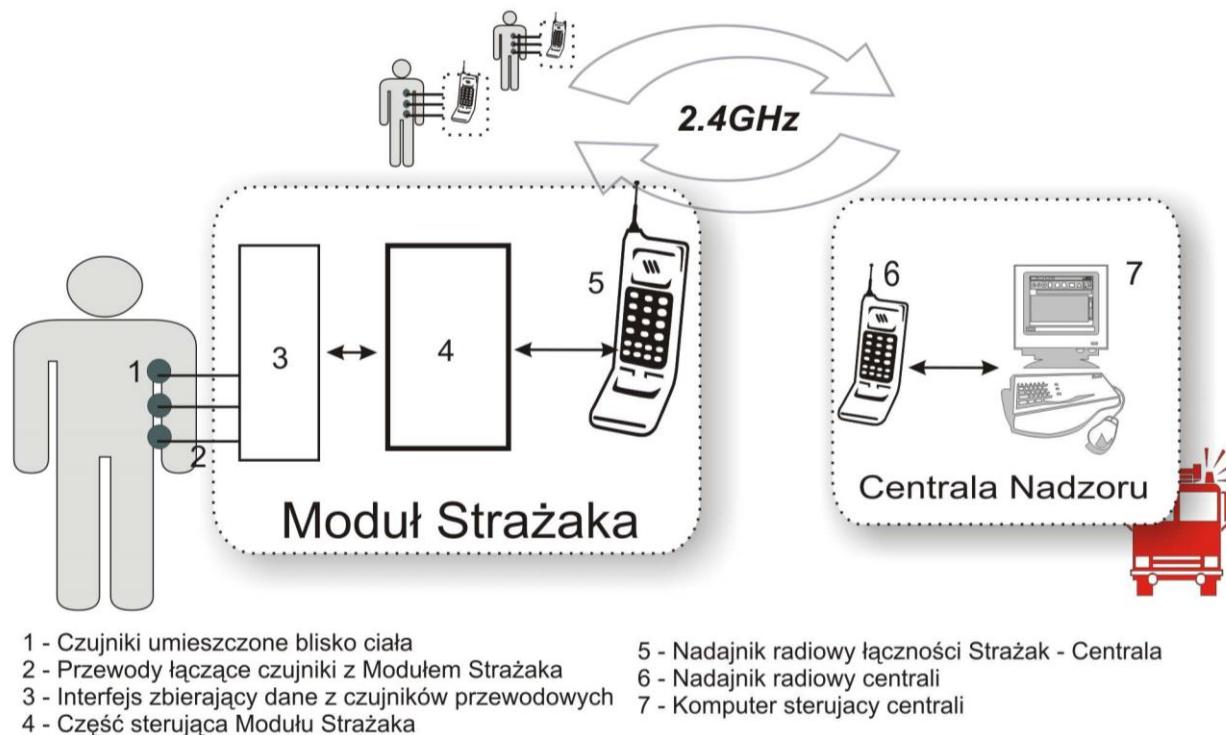


Systemy tekstroniczne

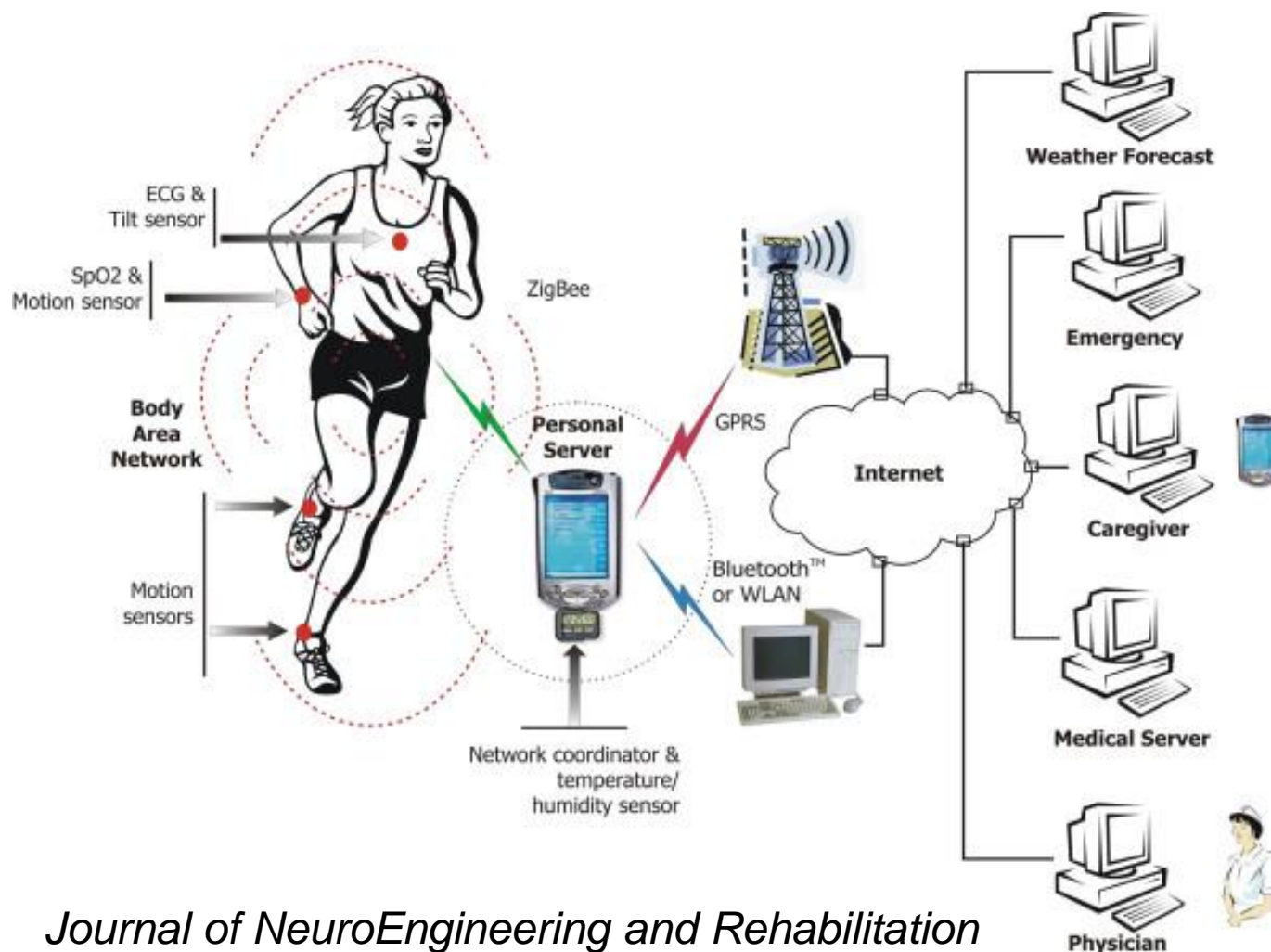




Tekstroniczny system monitorowania parametrów fizjologicznych strażaka

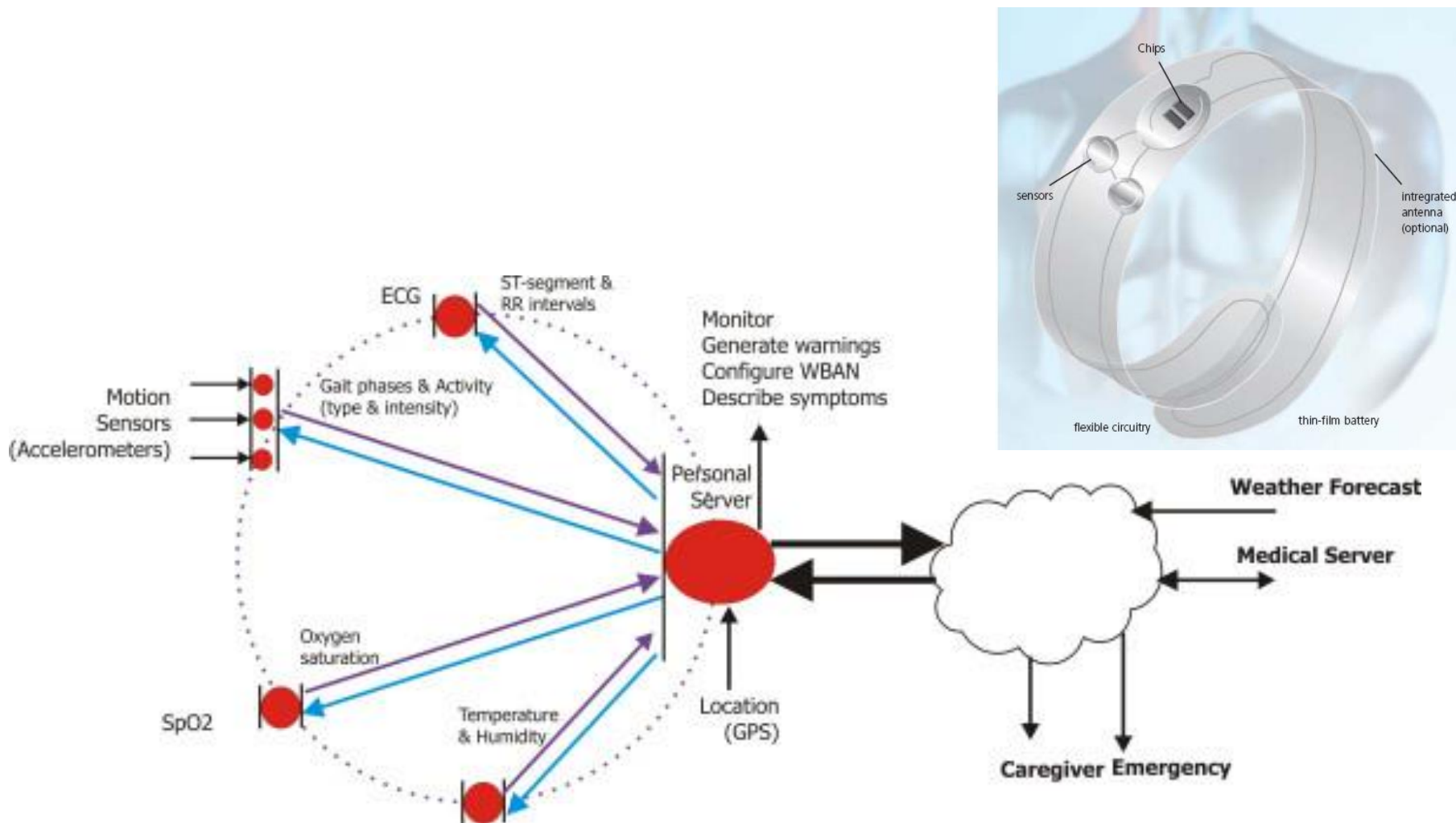


Zintegrowany system monitorowania



Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation

Body Area Network – BAN



3. Mikrosystemy implantowane

☐ protezy słuchu

- implanty ślimakowe (35 tys. implantacji)

☐ sztuczne rozruszniki serca

- stymulatory, defibrylatory

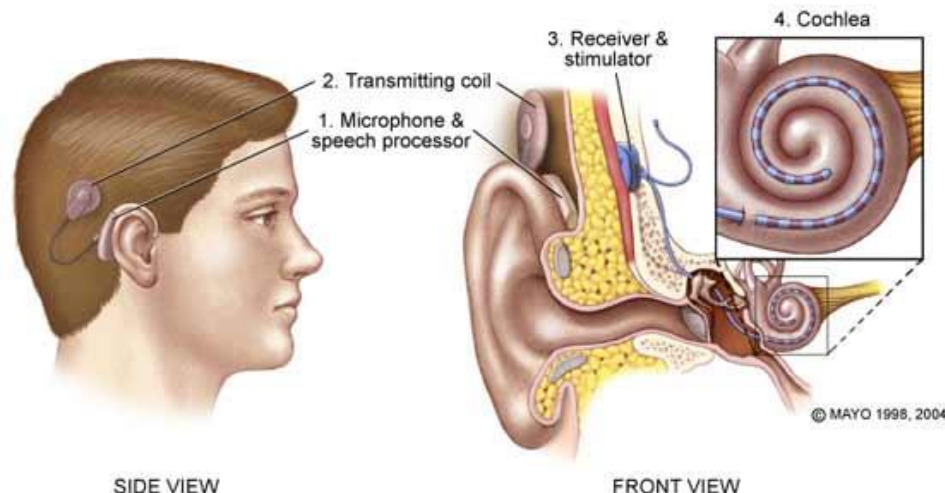
☐ protezy wzroku

- sztuczna siatkówka
- elektro-stymulacja kory wzrokowej

☐ implantowane układy RFID

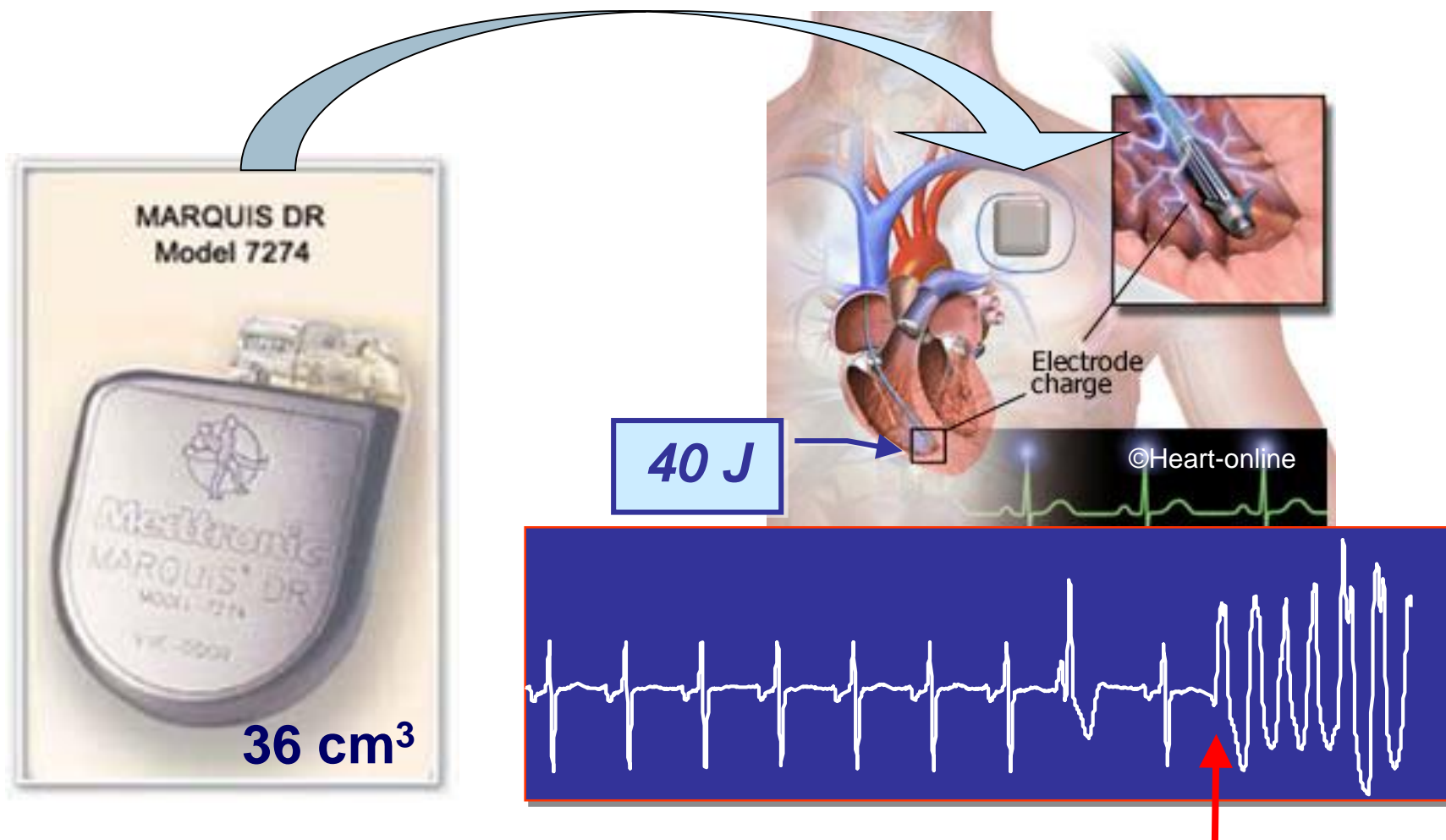
☐ nanomedycyna

- nanostruktury (sztuczne enzymy), nanoroboty

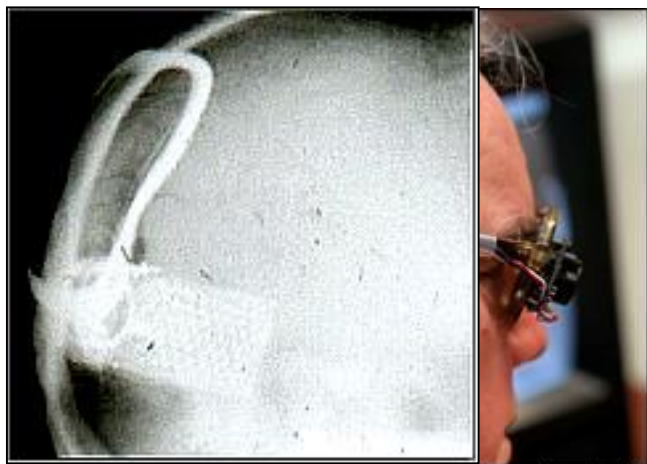




Implantowany defibrylator serca

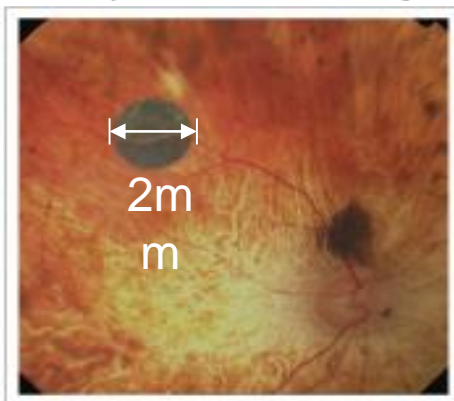


Protezy wzroku

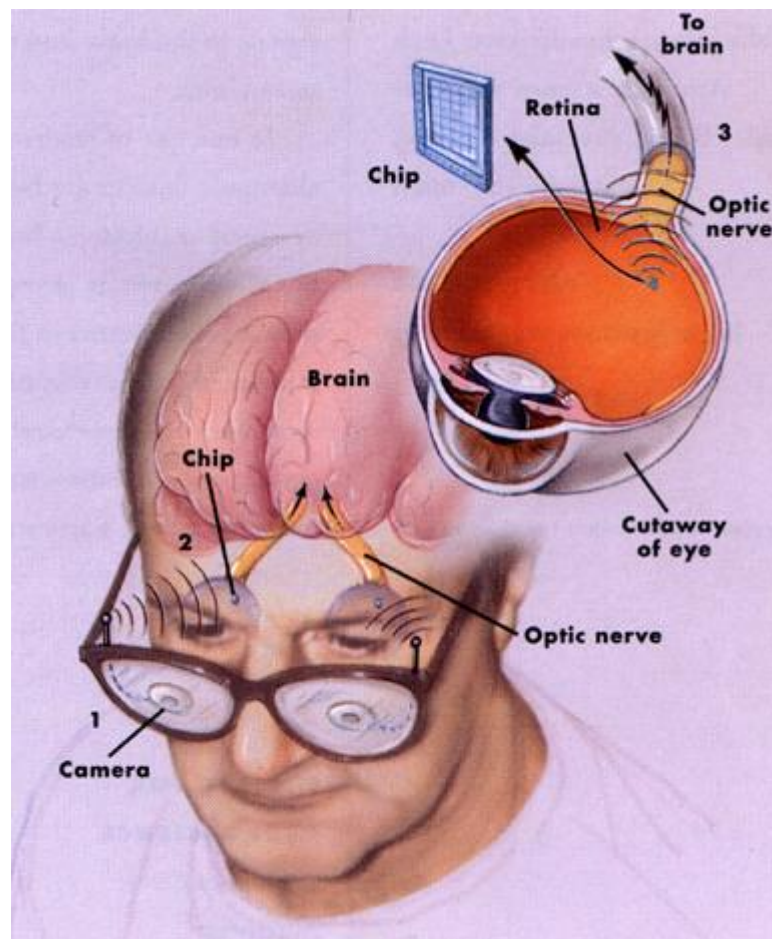


Stephen Chernin / AP

©2000 American Society of Artificial Internal Organs.



ASR® device implanted in the human eye



Implantowane RFID

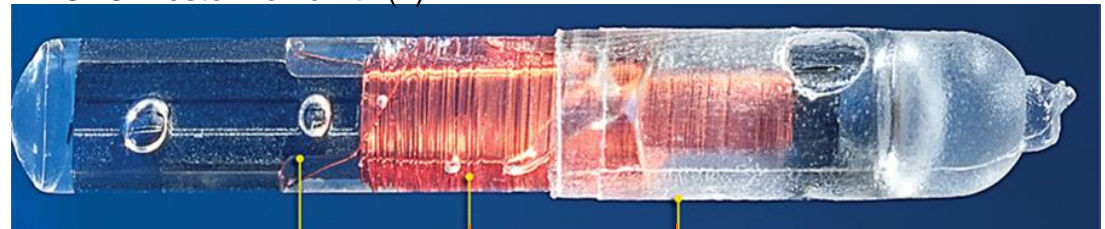


$$f = 134 \text{ kHz}$$

Nie wymaga zasilania!



PHOTO: Lester Lefkowitz (2)



Układ scalony
VeriChip

Hermetyczna obudowa
wykonana z plastiku

Antena

Implantowane RFID



Zezwolenie Food and Drug Administration w 2004 r.

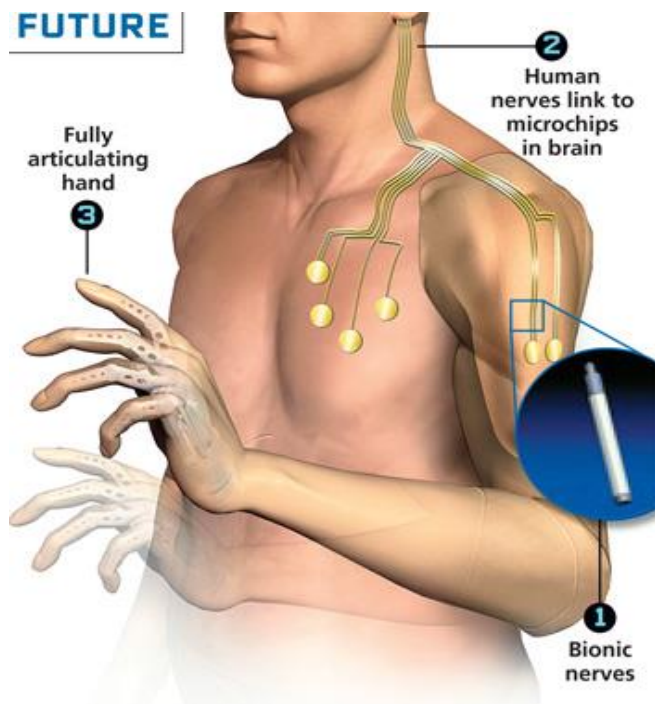


▮ Monitorowanie osoby niepełnosprawnej

Protezy przyszłości



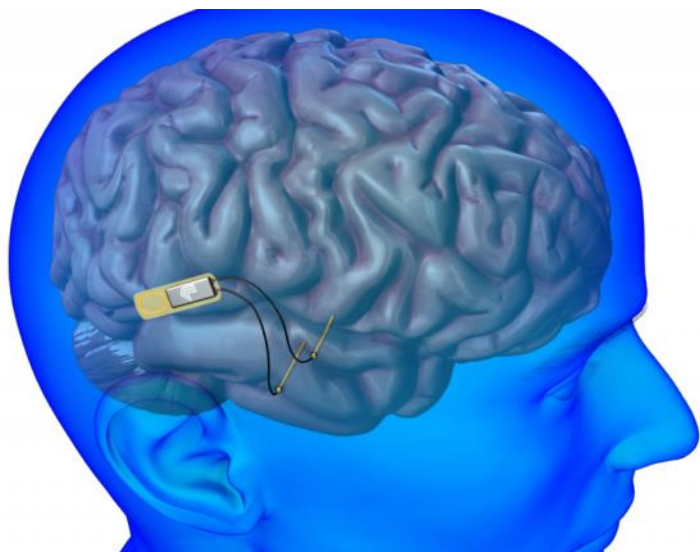
Męsień pneumatyczny



<http://www.popsci.com/popsci/medicine/index.html>



Implant z „elektroniczną pamięcią”



<http://www.digitaltrends.com/cool-tech/us-military-developing-brain-implant-to-restore-memory/>



Photo: Lawrence Livermore National Laboratory

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



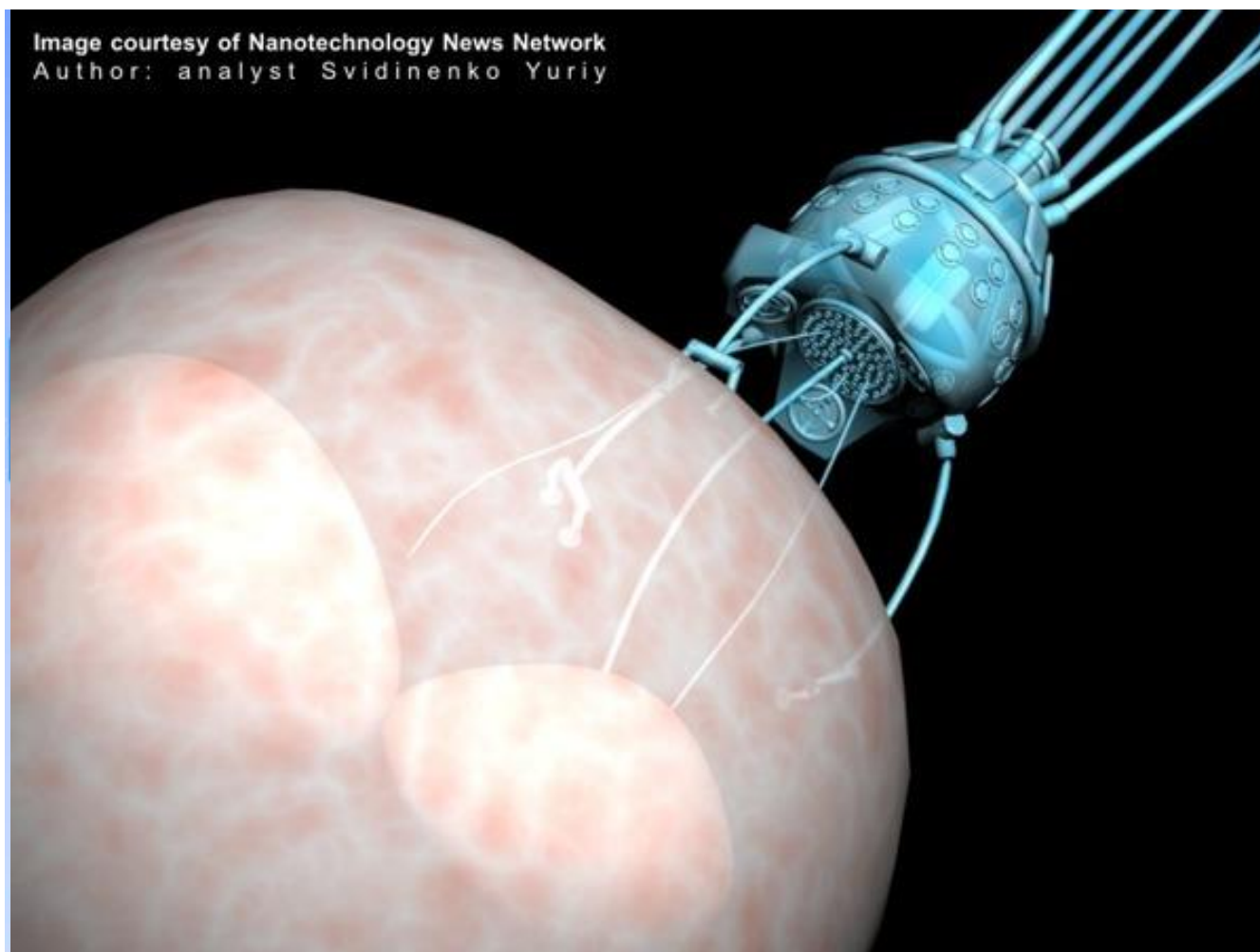
Deep brain stimulation

21



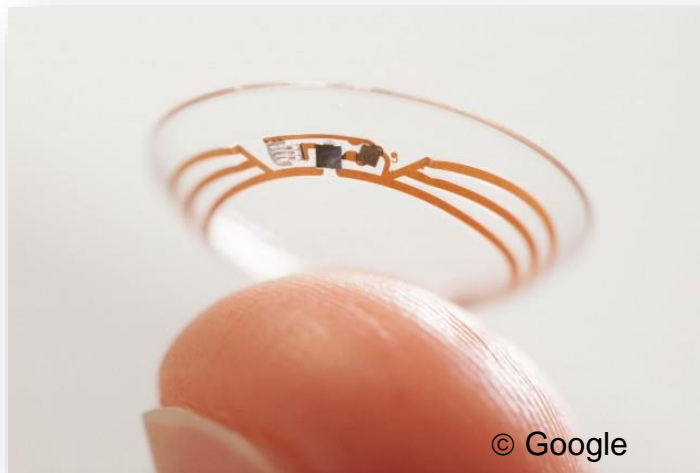
<http://www.bbc.com/news/health-35734888>

Nanomedycyna





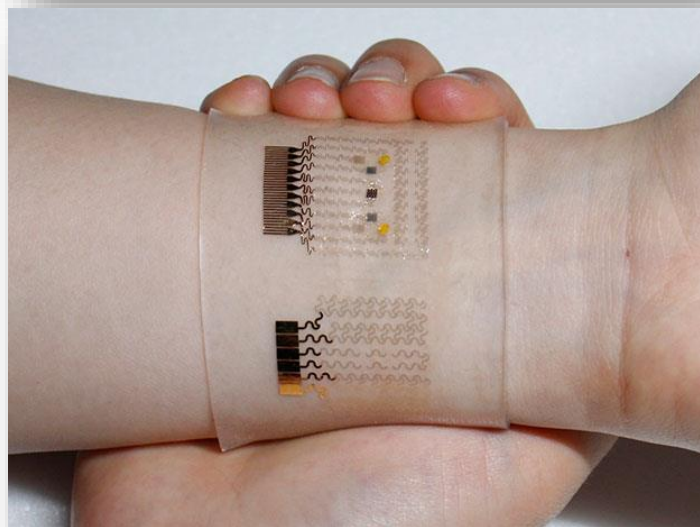
Monitorowanie stężenia glukozy



Co 20 osoba zachoruje
na cukrzycę

Electronic contact lens

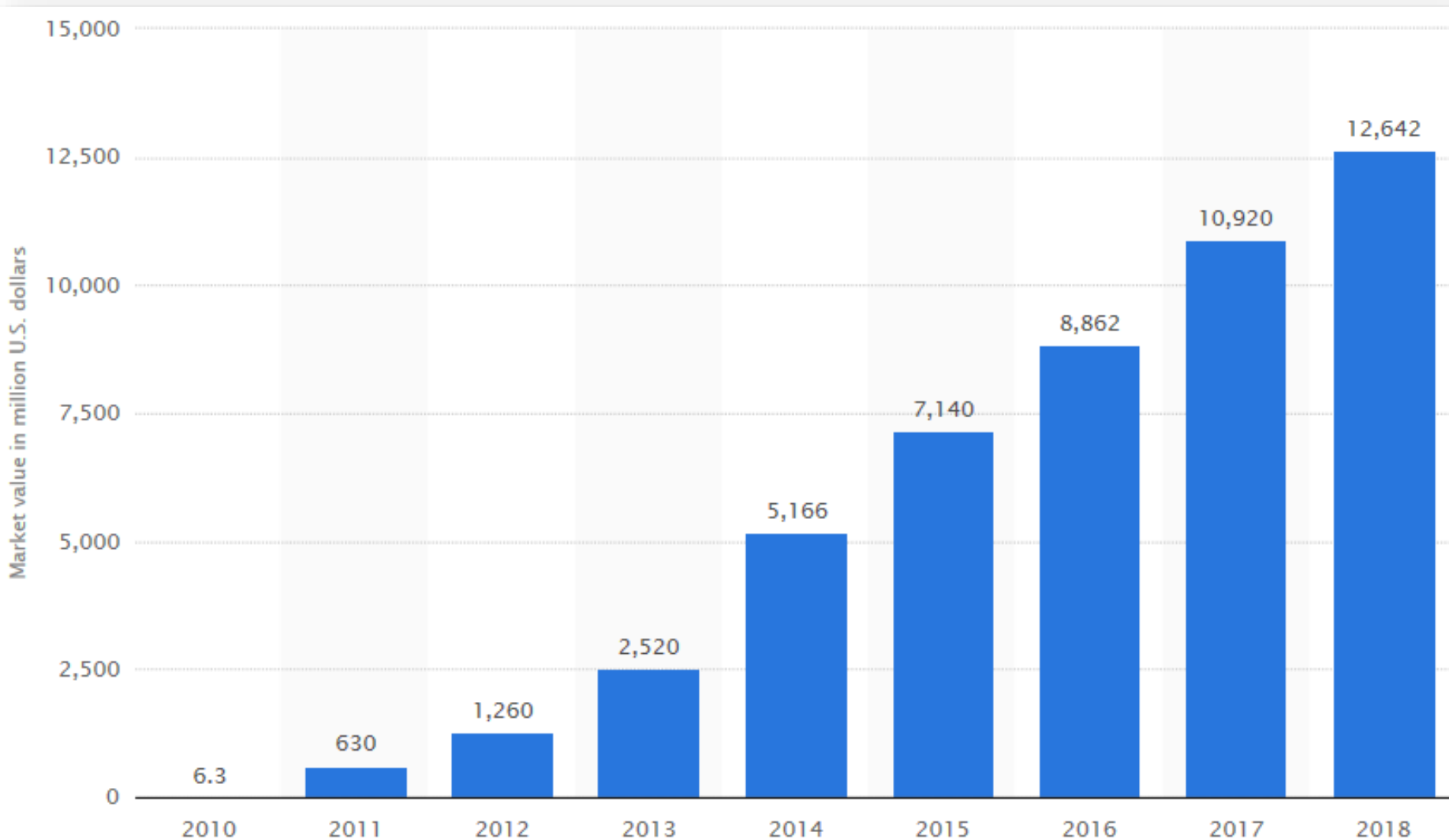
- red LED diode alerts about high glucose level



A see-through wrist senses chemical
composition of the sweat – to infer the level
of blood glucose

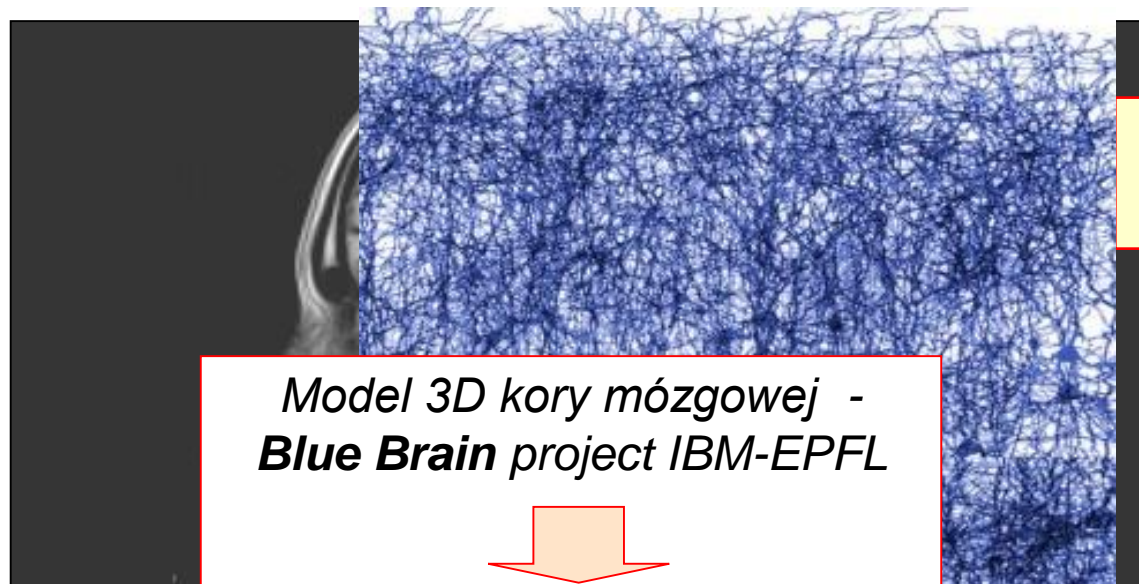


Rynek urządzeń „wearable”





Trójwymiarowy model kory mózgowej



*100 mln synaps,
3 km aksonów*

*Model 3D kory mózgowej -
Blue Brain project IBM-EPFL*



IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, VOL. 51, NO. 4, APRIL 2004

657

Optic Nerve Signals in a Neuromorphic Chip I: Outer and Inner Retina Models

Kareem A. Zaghloul, *Member, IEEE*, and Kwabena Boahen*

*Aktywność synaptyczna mózgu:
1 mln procesorów Pentium*

Bioniczny człowiek?

Film „Blade Runner” (1982) – Voight-Kampf Test



<http://www.youtube.com/watch?v=g-DkoGvcEBw&feature=related>