Przyszłość jest już dzisiaj, tylko nierówno rozłożona

interfejsy mózg-komputer i technologie asystujące

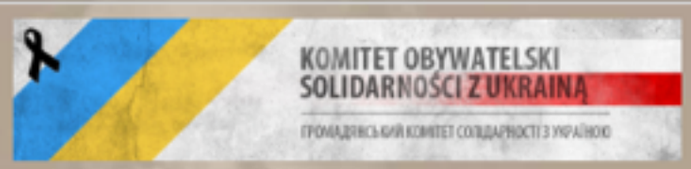
http://durka.info

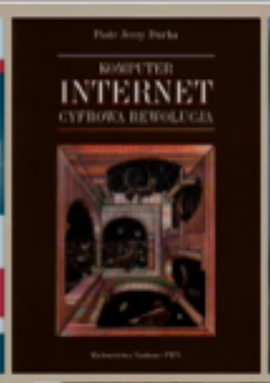
Piotr J. Durka

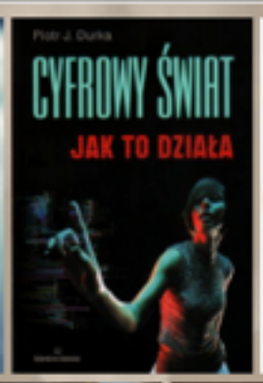
durka.info

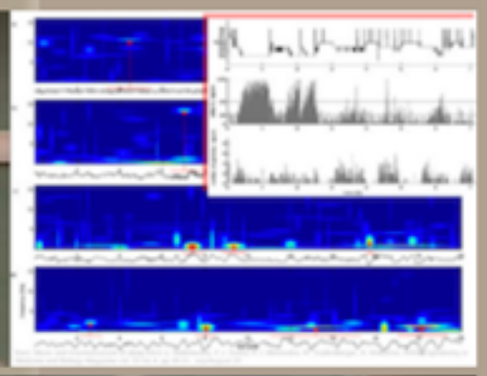
Pisma Projekty Wykłady Książki Varia Media

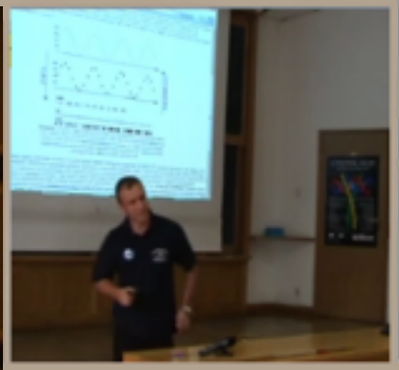
Prof. dr hab. Piotr Jerzy Durka, Universytet Warszawski, Wydział Fizyki, Zakład Fizyki Biomedycznej, prezes BrainTech Sp. z o.o., email: durka@fuw.edu.pl











BrainTech

not You won't find me on Facebook

Fizyk??

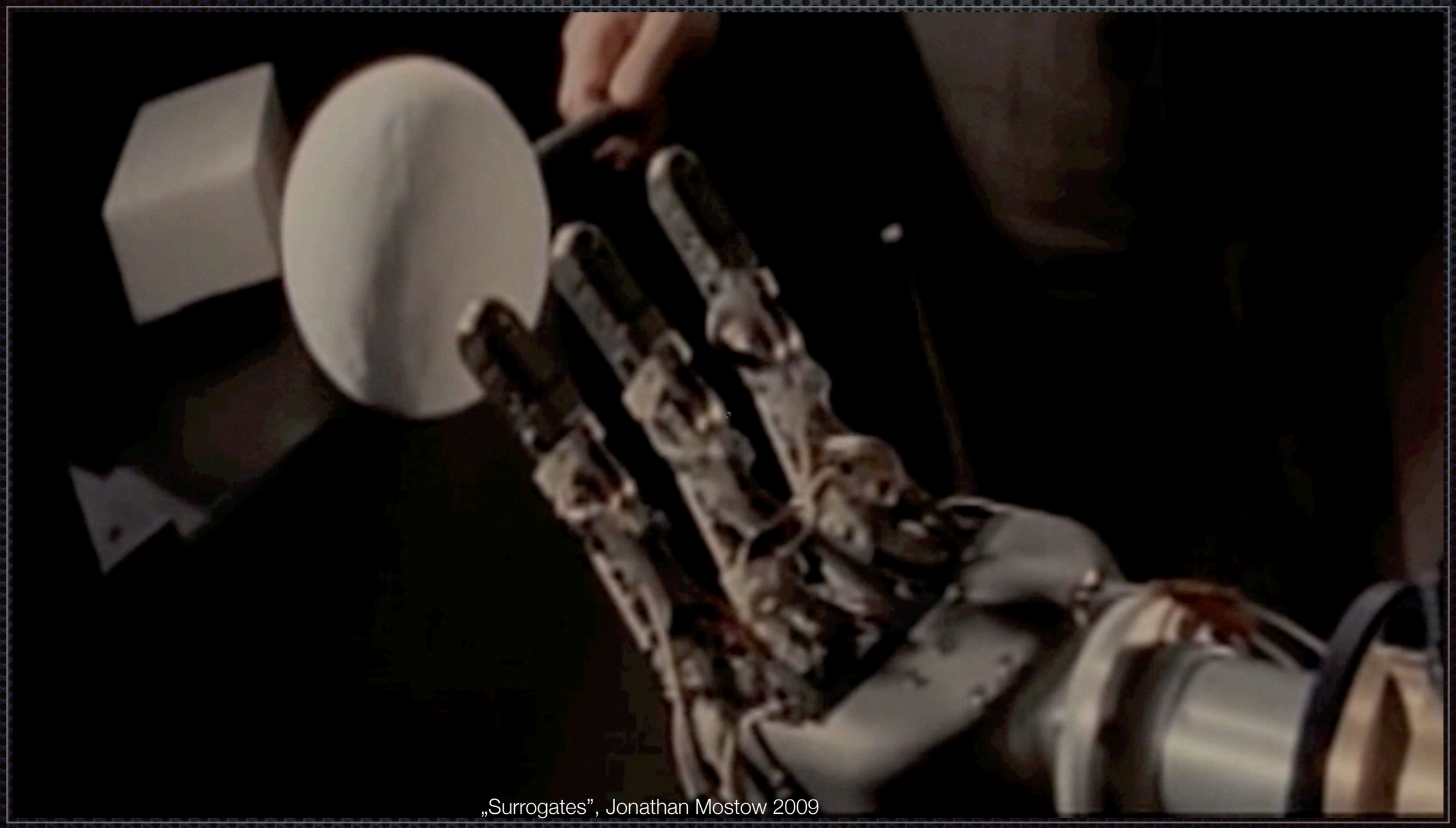
Początki badania bioelektryczności sięgają okresu jedności nauk przyrodniczych.

Luigi Galvani (1737-1798)

Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745 - 1827)

The future is already here,

it's just not very evenly distributed (W. Gibson)



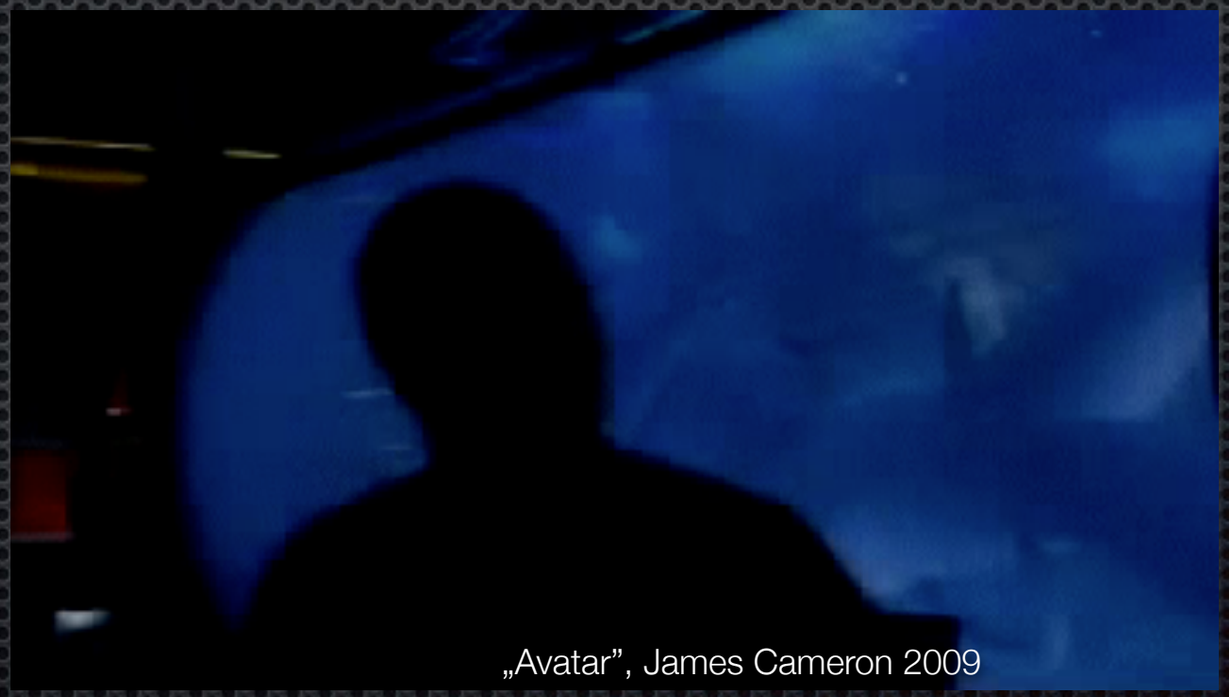
„Surrogates", Jonathan Mostow 2009

An old dream: liberate the brain from the constraints imposed by the body...

...and make it capable of using virtual, electronic and mechanical tools to control the physical world. Just by thinking.

Miquel Nicolelis

Beyond Boundaries: The New Neuroscience of Connecting Brains with Machine--and How It Will Change Our Lives



„Avatar", James Cameron 2009

Interfejsy mózg-komputer

ang. *Brain-Computer Interfaces*, BCI, dawniej BMI

(*brain-machine interface*)

umożliwiają komunikację

BEZ POŚREDNICTWA MIĘŚNI.

Krang *(Teenage Mutant Ninja Turtles Adventures*)

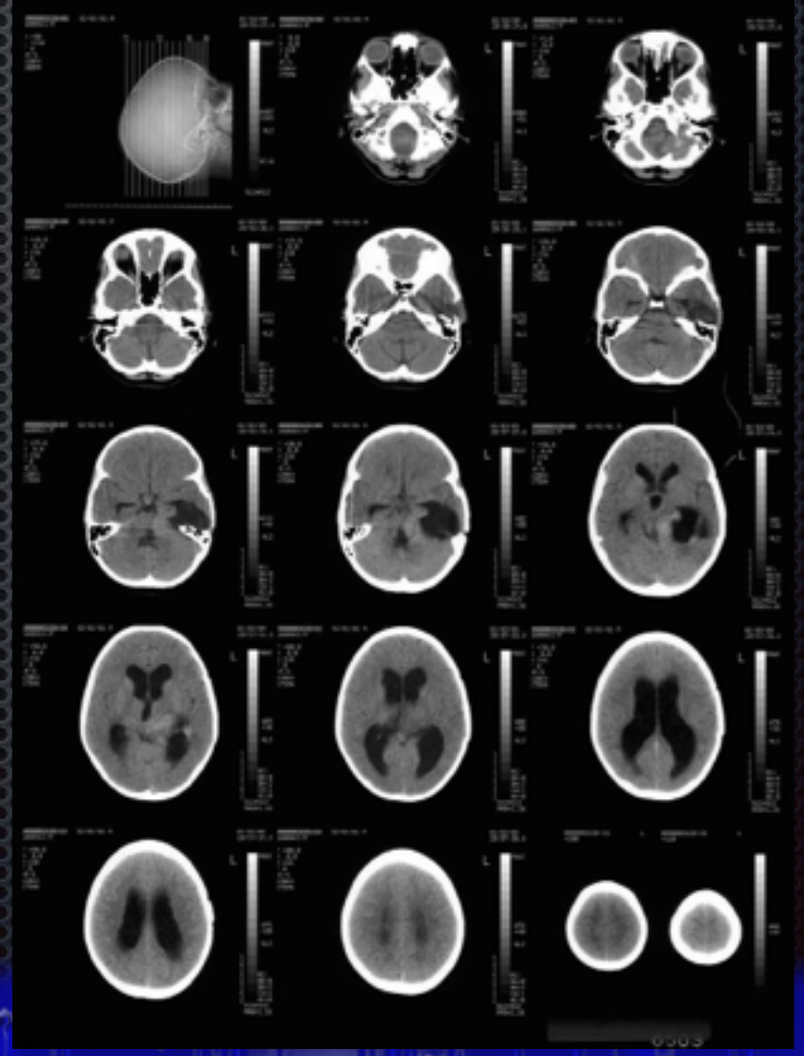
Jeśli zaakceptować udział mięśni,

za BCI uznamy również mysz i klawiaturę.

zaglądamy do środka ...

Zdjęcie RTG (pocz. XXw)

Tomografia komputerowa, Nobel 1979

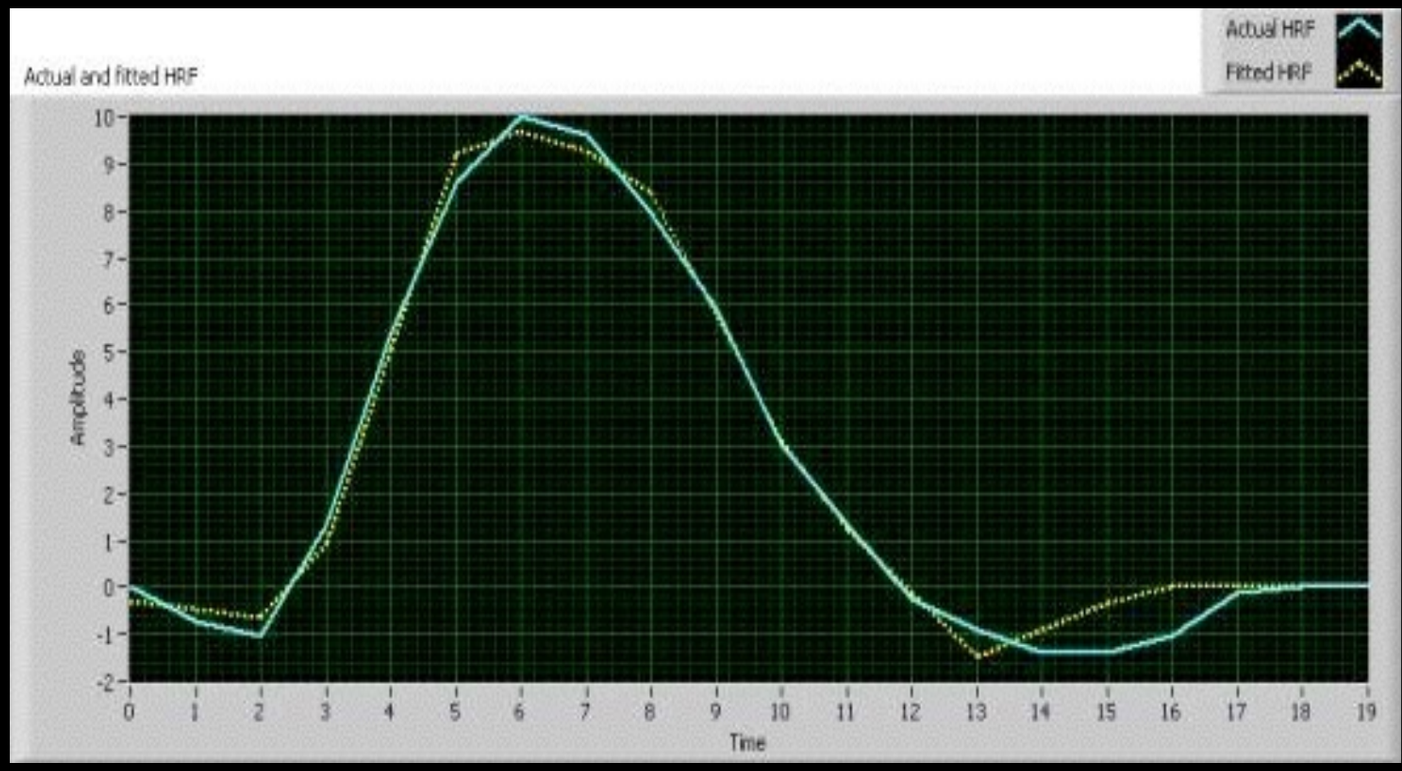


... i widzimy strukturę, a nie funkcję

NIRS
Near-Infrared Spectroscopy

Minority Report (2002) *Steven Spielberg*, na podstawie powieści *Philipa K. Dicka*

fMRI
functional Magnetic Resonance Imaging



funkcja odpowiedzi hemodynamicznej

niska rozdzieczość czasowa

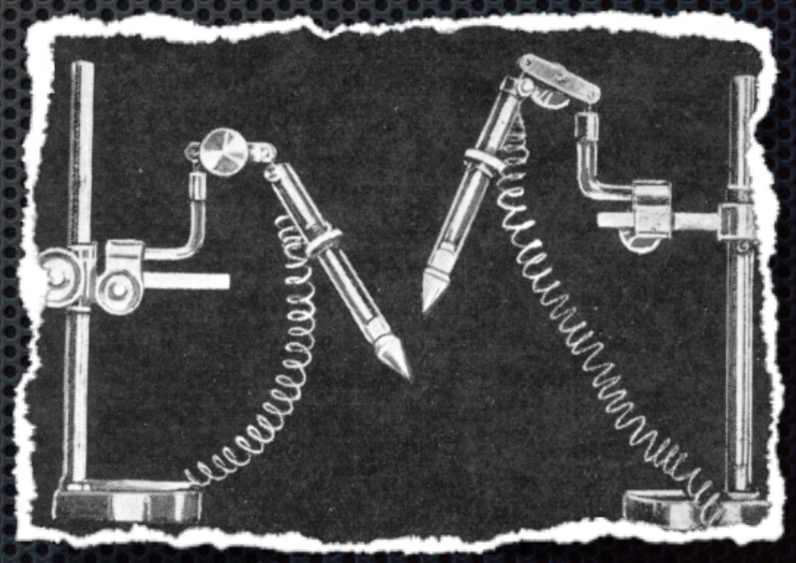
klasycznych technik obrazowania

odpowiedź hemodynamiczna

tylko pośrednio związana z myślą

Aktywny prąd niezależny (elektroencefalogram) odkryty przez Adolfa Becka w roku 1890

Beck A. *Die Ströme der Nervencentren.*
Centralblatt für Physiologie, vol. 4, pp. 572-573, 1890.



Adolf Beck
(1863 – 1942)

Aktywny prąd niezależny (elektroencefalogram) wspomniany przez Richarda Catona w roku 1875

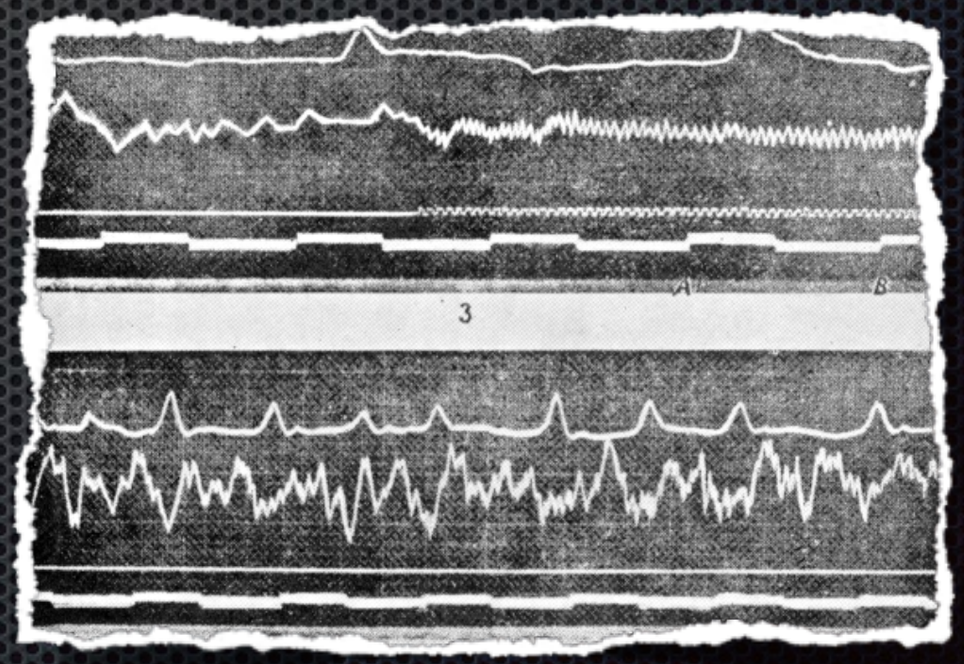
W roku 1875 w sprawozdaniu z grantu przyznanego przez British Medical Association Richard Caton napisał m.in.:

„***feeble currents of varying directions pass through the multiplier when the electrodes are placed on two points of external surface...***".

Richard Caton
(1842–1926)

Napoleon Nikodem Cybulski (1854-1919).

Wieloletni brak funduszy na sprzęt fotograficzny odebrał mu szansę na pierwszeństwo w opublikowaniu zdjęcia elektroencefalogramu. Wyprzedził go Włodzimierz Włodzimierzowicz Prawdzicz-Niemiński.

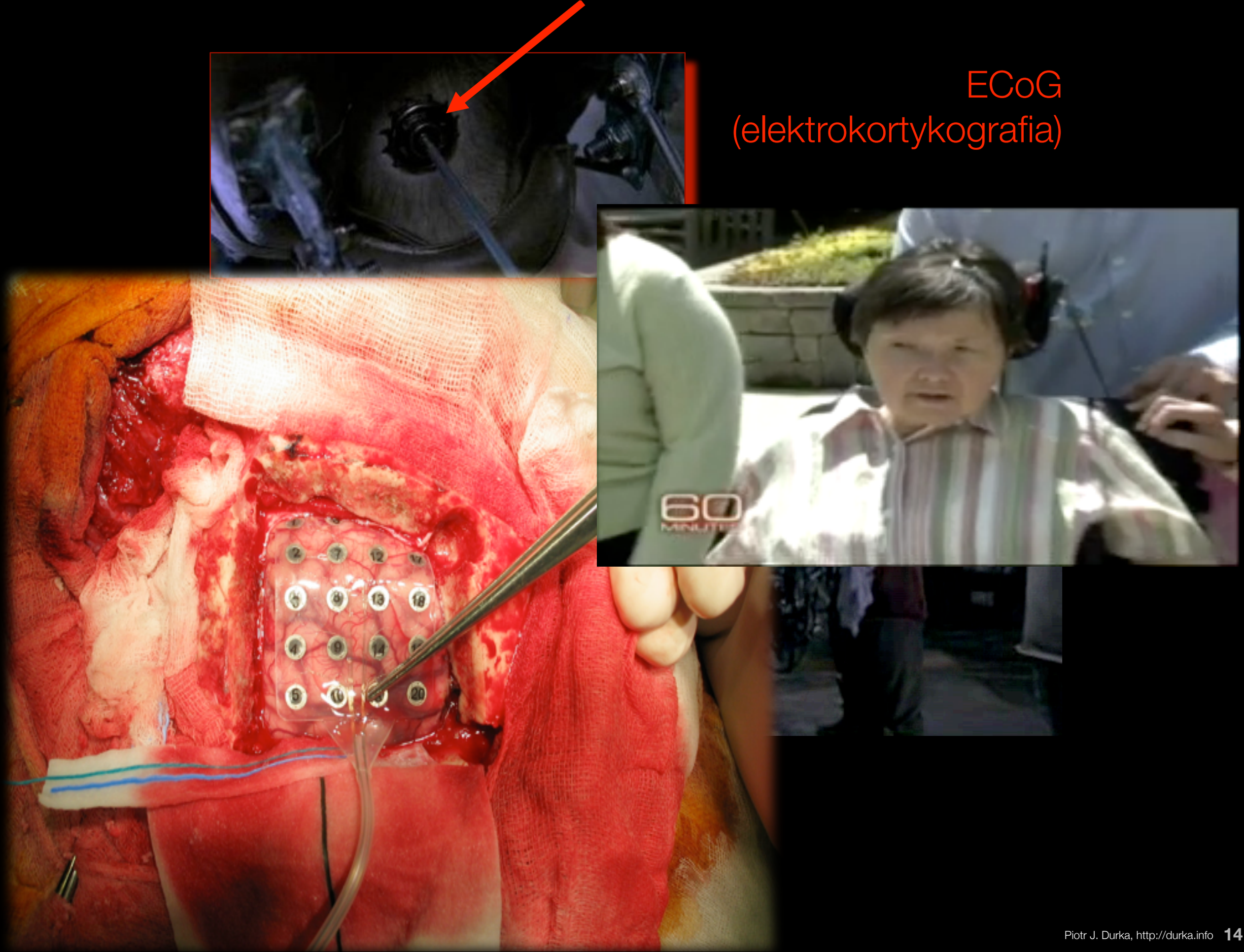


Fotografia napadu epileptycznego wywołanego drażnieniem kory mózgowej psa. Z pracy *Prądy czynnościowe kory mózgowej*, Cybulski i Jeleńska-Macieszyna 1914.

~ 1000 000 000 000 neuronów, do 10 000 połączeń każdy.

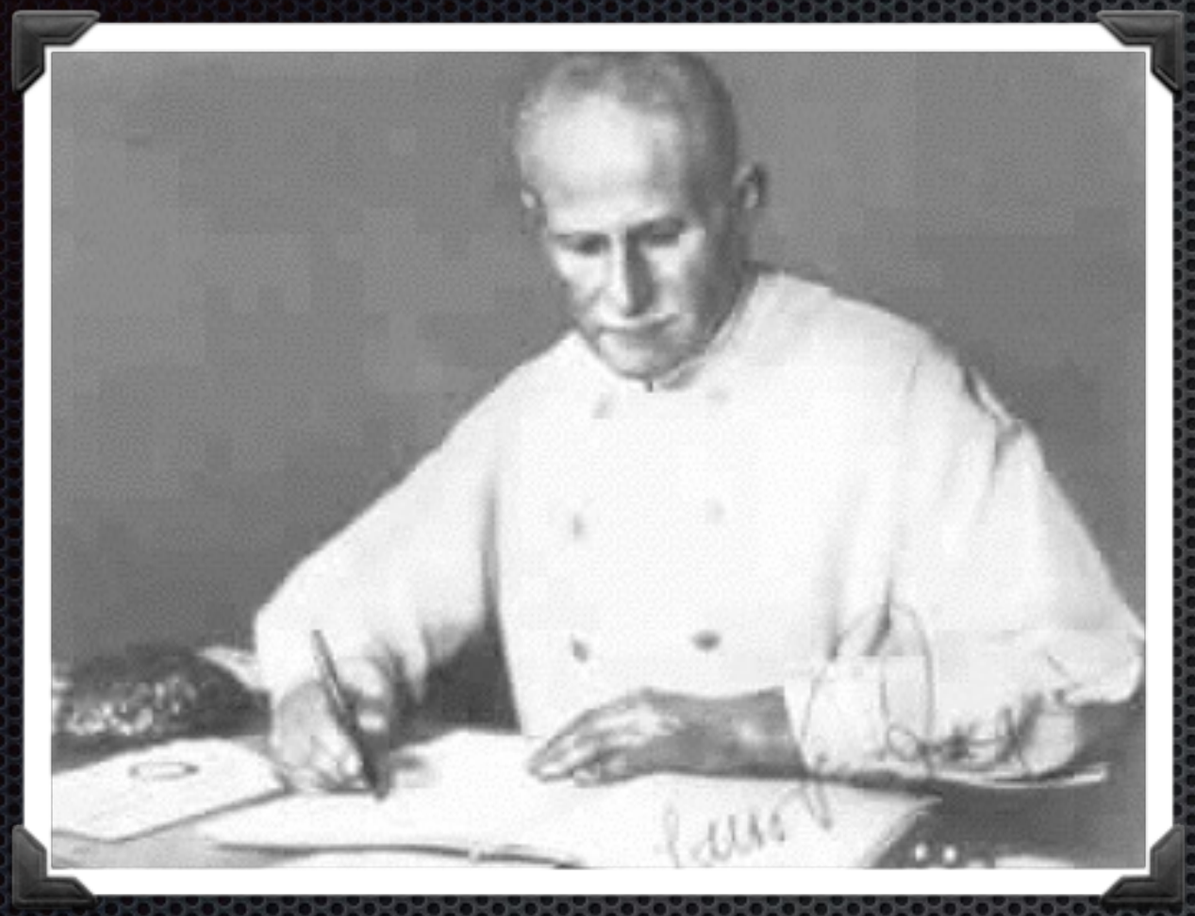
Potencjały postsynaptyczne mają amplitudy rzędu 70 mV.

ECoG
(elektrokortykografia)



Elektroencefalogram (EEG) to suma potencjałów postsynaptycznych neuronów działających synchronicznie, głównie w korze mózgowej.

Na powierzchni głowy potencjał osiąga dziesiątki mikrowoltów.



Hans Berger
(1873–1941)

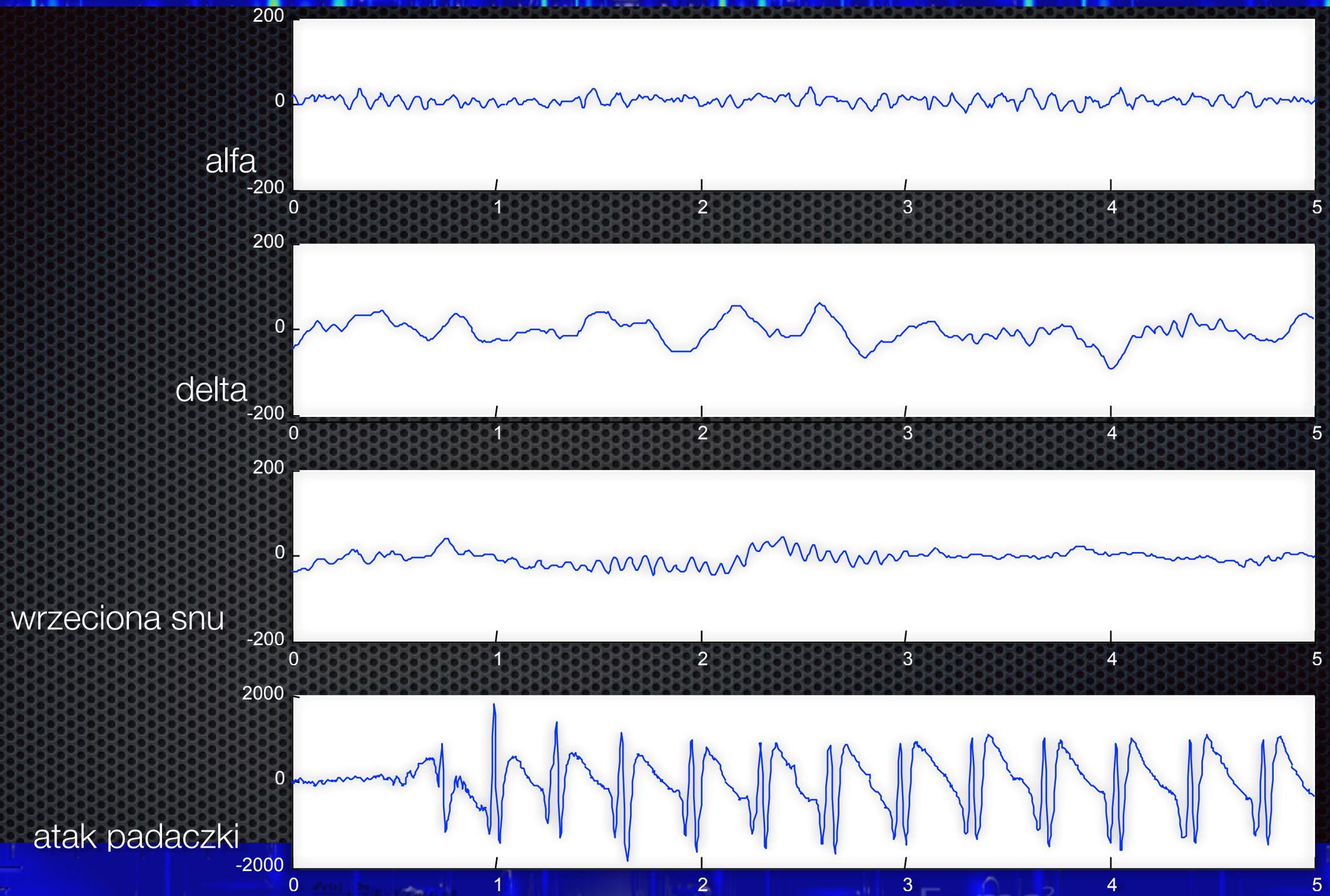
Über das Elektroenkephalogramm des Menschen.

Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, 1929, 87: 527–570

Sygnał EEG, odczytywany z powierzchni głowy, ma amplitudy rzędu kilkunastu-kilkudziesięciu mikrowoltów.

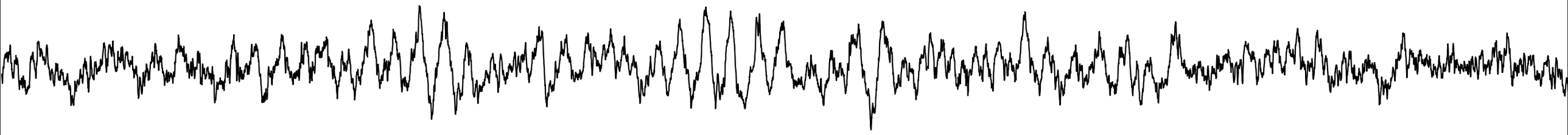
Dużo większe napięcia generują np. mięśnie lub ruchy gałek ocznych.

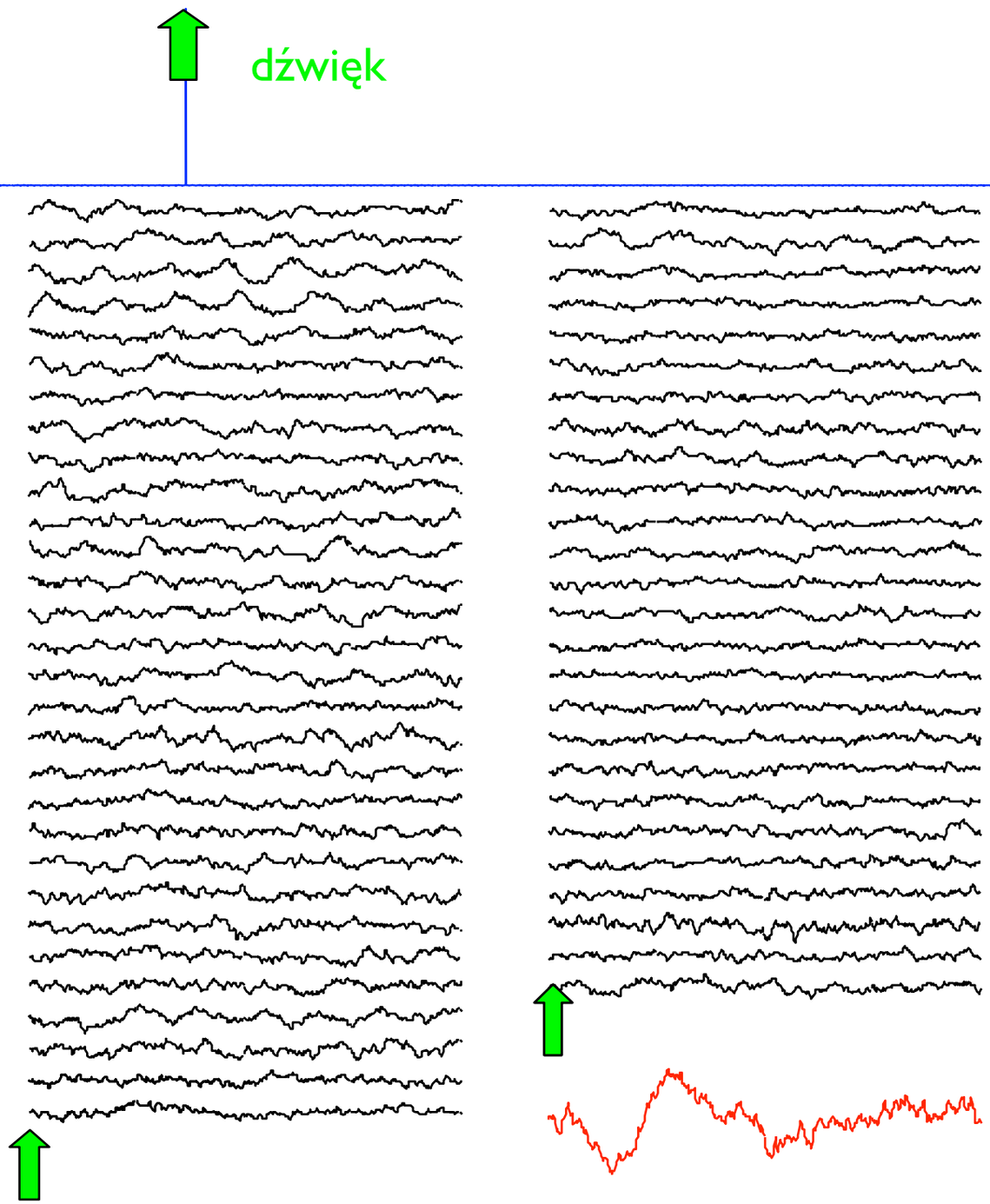
w zapisie EEG nie widać myśli



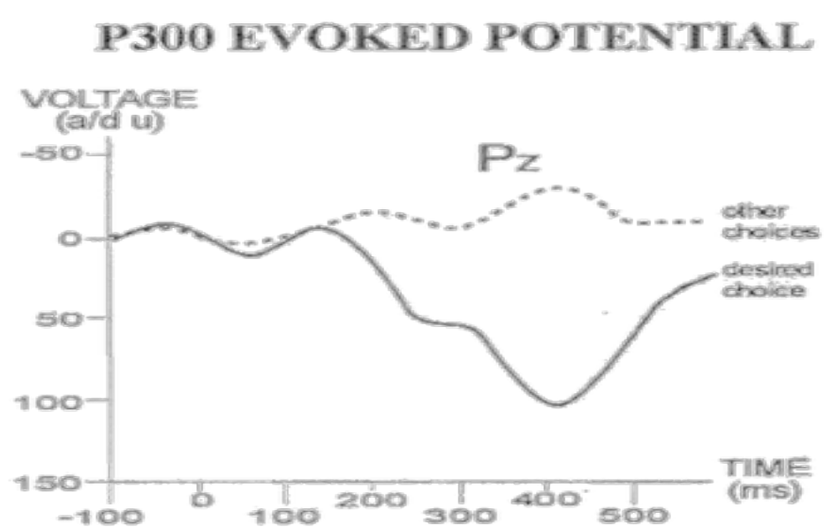
zmiany pola elektrycznego w pobliżu procesora

nie zdradzają jednoznacznie szczegółów wykonywanych obliczeń

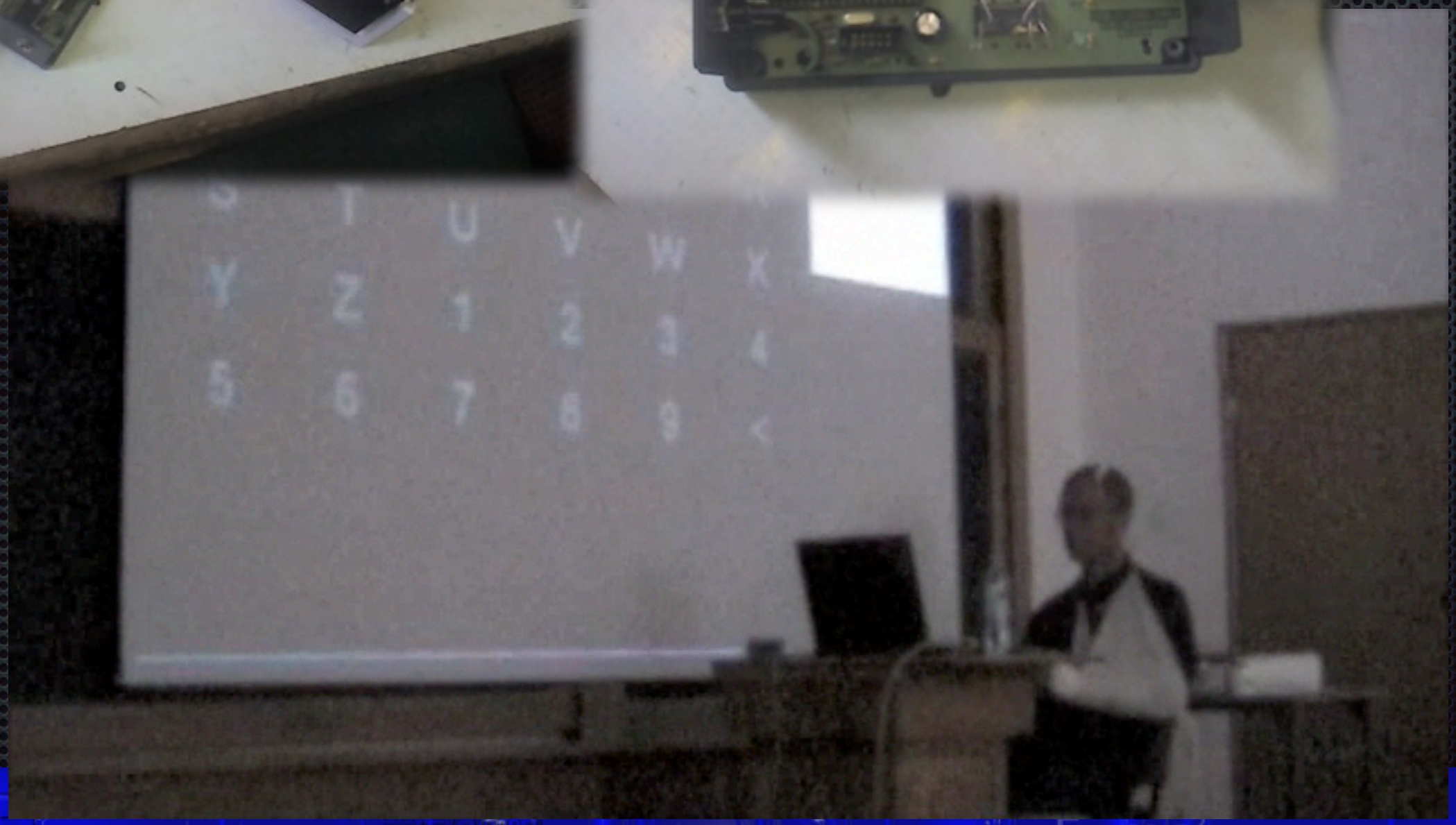



dźwięk

dźwięk
dźwięk
Potencjał wywołany:
średni sygnał
synchronizowany wystąpieniem bodźca
1 second


P300 EVOKED POTENTIAL
VOLTAGE
(a/d u)
-50
0
50
100
150
Pz
other
choices
desired
choice
TIME
(ms)
-100
0
100
200
300
400
500

TAK
NIE
TAK
NIE
średnia z 5
średnia z 10



Pierwszy publiczny pokaz interfejsu mózg-komputer w Polsce.

Wydział Fizyki UW, czerwiec 2008.

http://braintech.pl

BrainTech free as in 'freedom' EEG and BCI systems

braintech.pl

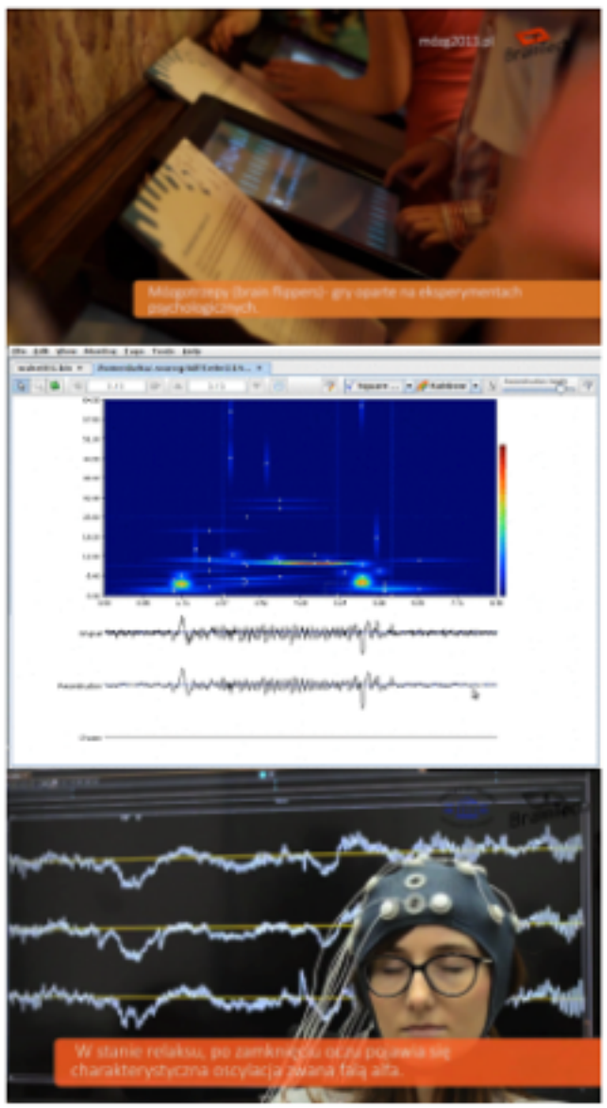
Reader

BrainTech

Free as in *freedom*

Profesjonalne systemy EEG oparte o Wolne Oprogramowanie

Systemy EEG | PISAK | Svarog | Pliki | Wynajem wystawy MÓZG



Dostarczamy profesjonalne systemy rejestracji EEG i innych sygnałów bioelektrycznych (EMG, EOG, GSR), oparte o wzmacniacze i elektrody (wodne i żelowe) firmy TMSI i nowoczesne oprogramowanie do wizualizacji, analizy i projektowania eksperymentów, dostępne z kodem źródłowym.

Stworzyliśmy wystawę MÓZG2013, prezentowaną w Warszawie i Gdańsku. Aktualnie oferujemy możliwość wynajęcia jej całości lub części.

Tworzymy otwarty system komunikacji dla niepełnosprawnych żyjących w piekle zamknięcia. Jesteśmy liderem konsorcjum realizującego projekt PISAK (Polski Integracyjny System Alternatywnej Komunikacji), dofinansowany przez NCBiR, we współpracy z Wydziałem Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, Stowarzyszeniem "Ożarowska" i Stowarzyszeniem "Mówić Bez Słów".

- Piekło zamknięcia i technologie (esej)
- Manifesto (Wolne Oprogramowanie w EEG)
- Najpierw był Wielki Wybuch, a potem... W roku 1980 Richard Stallman z MIT chciał zmodyfikować sterownik drukarki. Kod źródłowy

SVAROG: Signal Viewer, Analyzer and Recorder On GPL

braintech.pl/svarog/ Reader

BrainTech

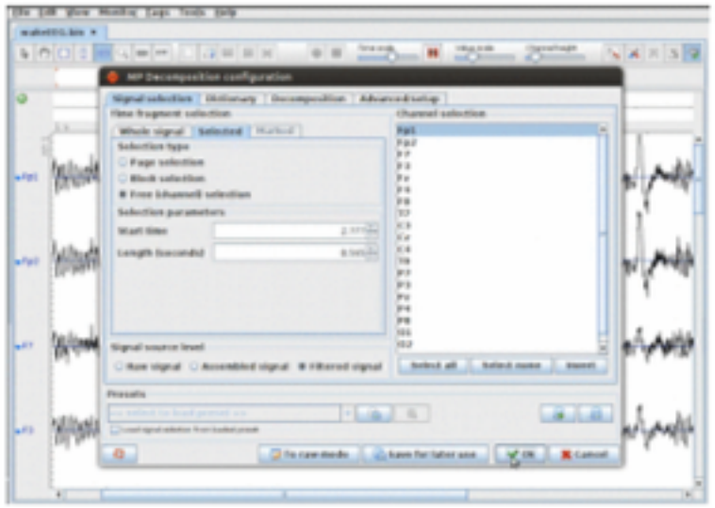
SVAROG

Signal Viewer, Analyzer and Recorder On GPL

Screencast Source code Download Manifesto Systemy EEG

Svarog is at the core of EEG and BCI systems offered by BrainTech. Here we provide it as an offline Viewer/Analyzer, which includes simple access to matching pursuit (MP).

Click here to download svarog-offline.tgz



The above package contains Svarog Java archive (jar) and binaries of the mp5 program for MP decomposition of multivariate EEG/MEG, compiled for GNU/Linux, MacOS X and MS Windows. Svarog can read any data format via SignalML description; precompiled codecs include raw binary/ASCII and EDF.

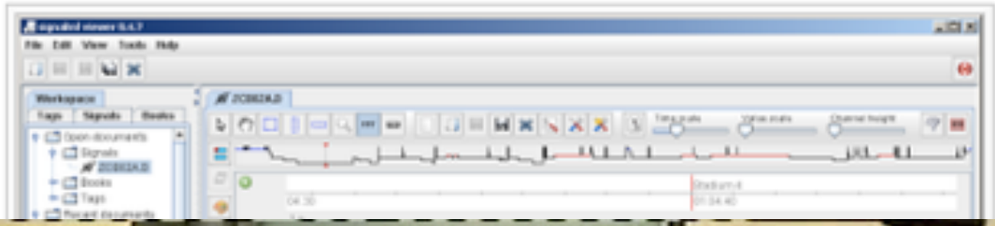
Screencasts below illustrate the way from downloading the package, through configuration and runing MP decomposition of a sample signal, to the interactive map of signal's time-frequency energy density.

Brain-computer interfaces (BCIs) are subject of a multitude of "proof of concept" studies. Our aim is to combine the achievements of science and technology into appliances that can effectively help patients with dramatically limited communication possibilities.

OpenBCI: from lab to bedside

- BCI Appliance pioneers user-centered design of BCI systems: a simple box with on/off button, minimum necessary software, and user-controlled mode switching, connecting wirelessly to domotic and EEG acquisition devices. World's first solution providing dynamic menus for stable SSVEP stimuli.

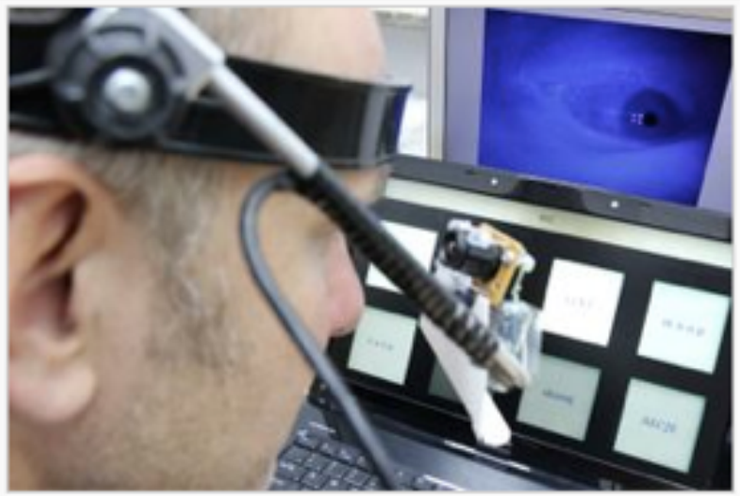
Prototype of the BCI Appliance



- OpenBCI software is a complete framework for brain-computer interfaces. Multisystem, developped in GNU/Linux, allows for JeOS approach to the

ppliance. As a signal display -- running like all the diagnostics on an external

with dramatically
nels still control their
by a simpler
nown and available,
ng purposes:
ystems tend to be
around the world
totypes from off-the-
eyetrackers sufficient
part of the OpenBCI
laboratories and
ormatics BSc.

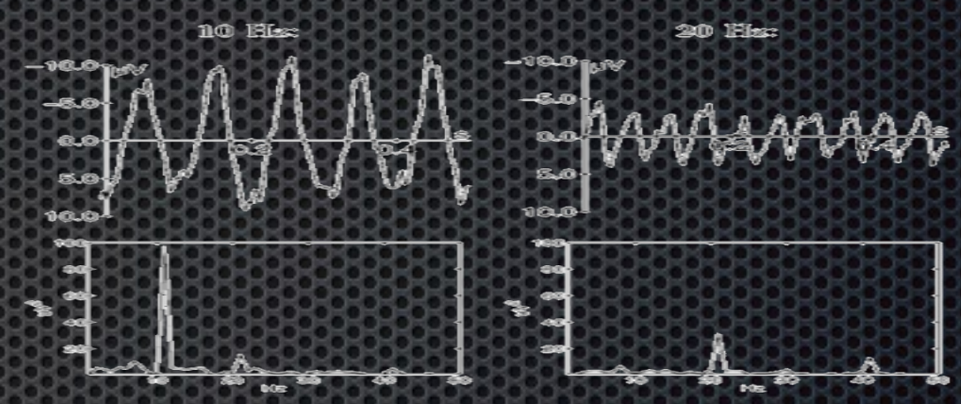


eyetracker@FUW

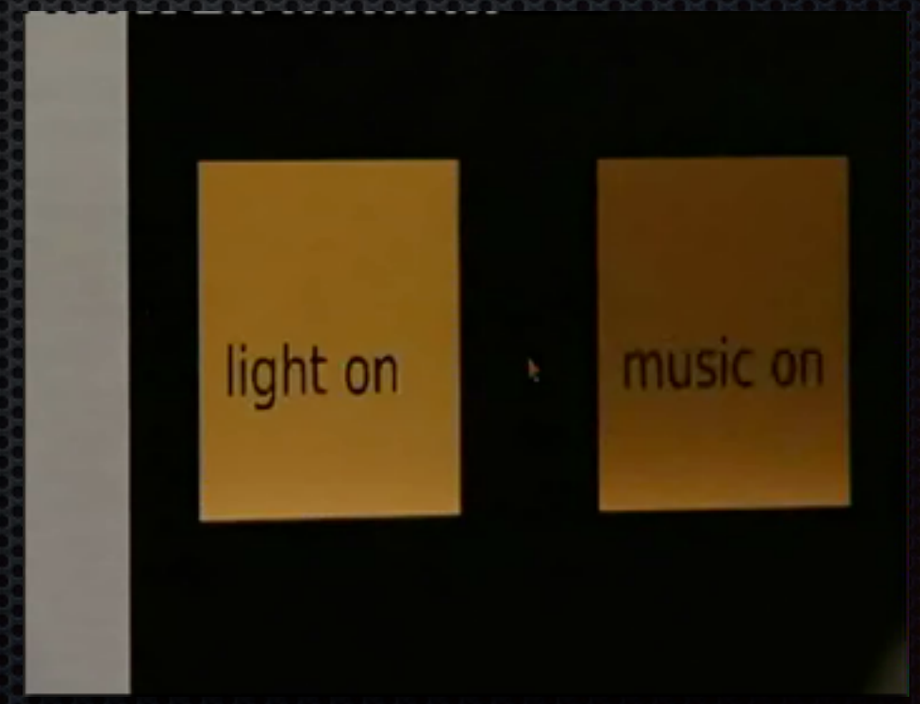
http://openbci.pl

Steady State Visual Evoked Potential

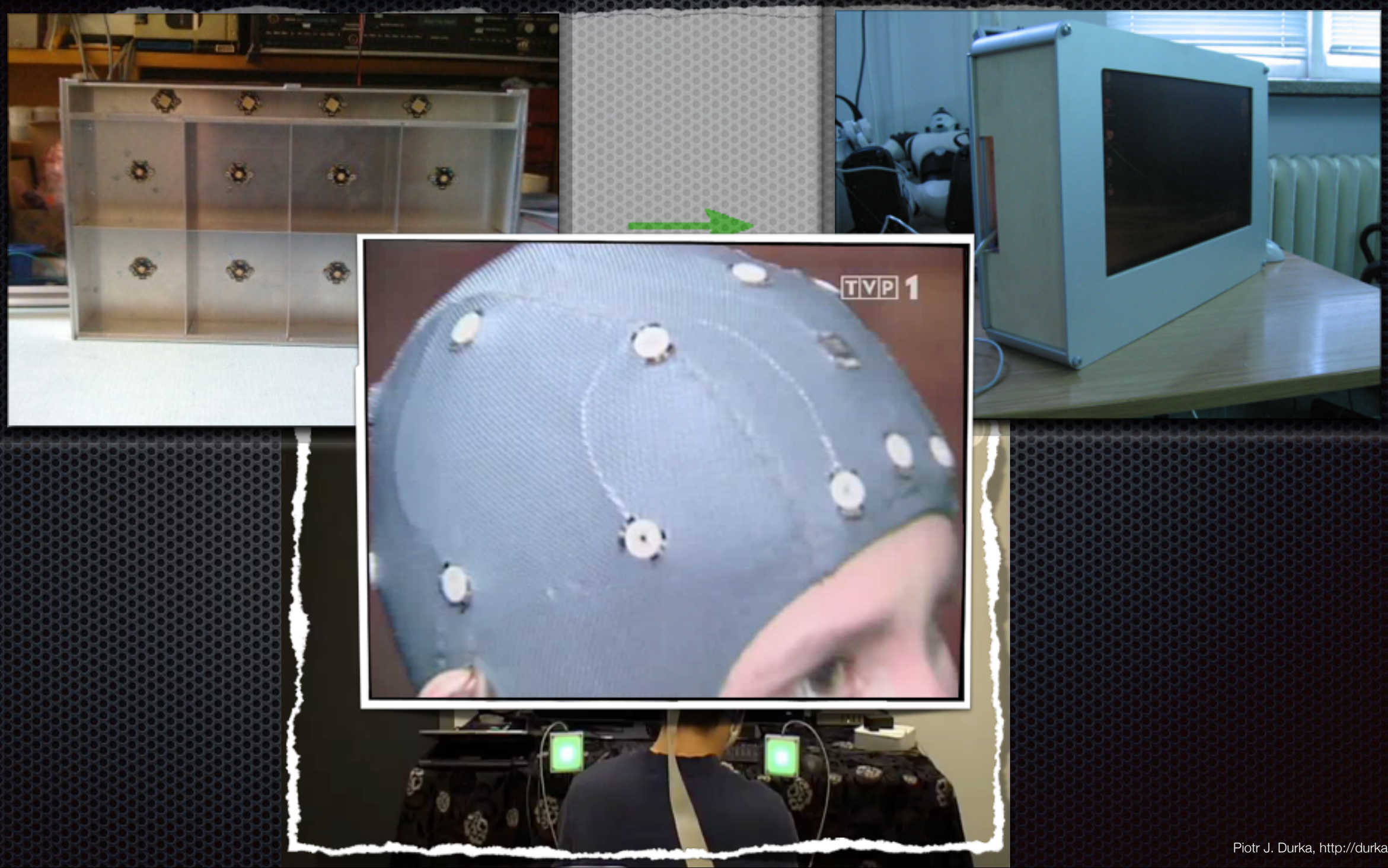
SSVEP



- symbole migają z różnymi częstościami
- z elektroencefalogramu (EEG, czyli potencjałów mierzonych na powierzchni głowy) odczytujemy częstość, na której koncentruje się mózg

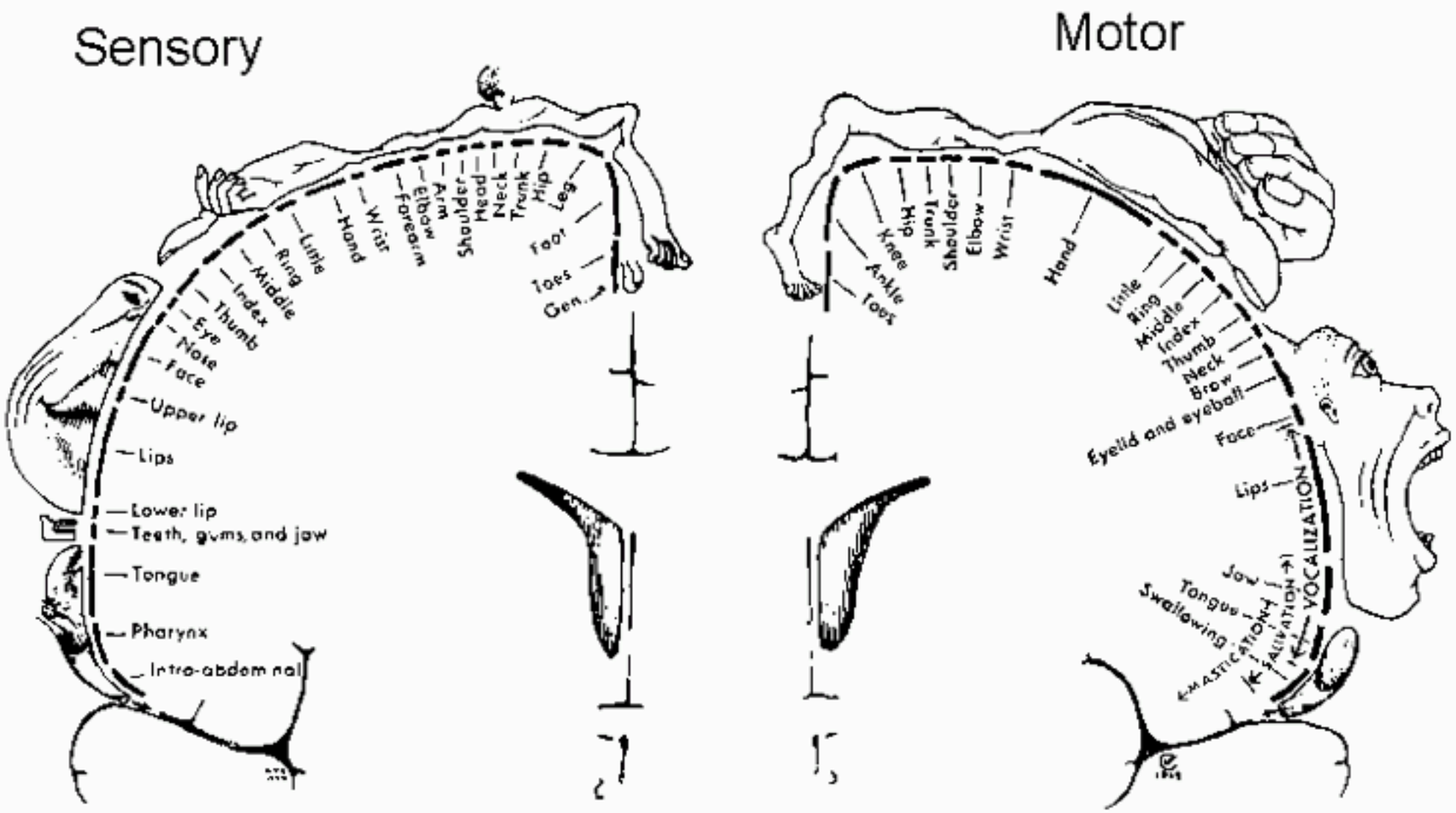


Urządzenie BCI



Przez kolejne lata tworzyliśmy nowe interfejsy i podłączaliśmy do nich kolejne urządzenia.

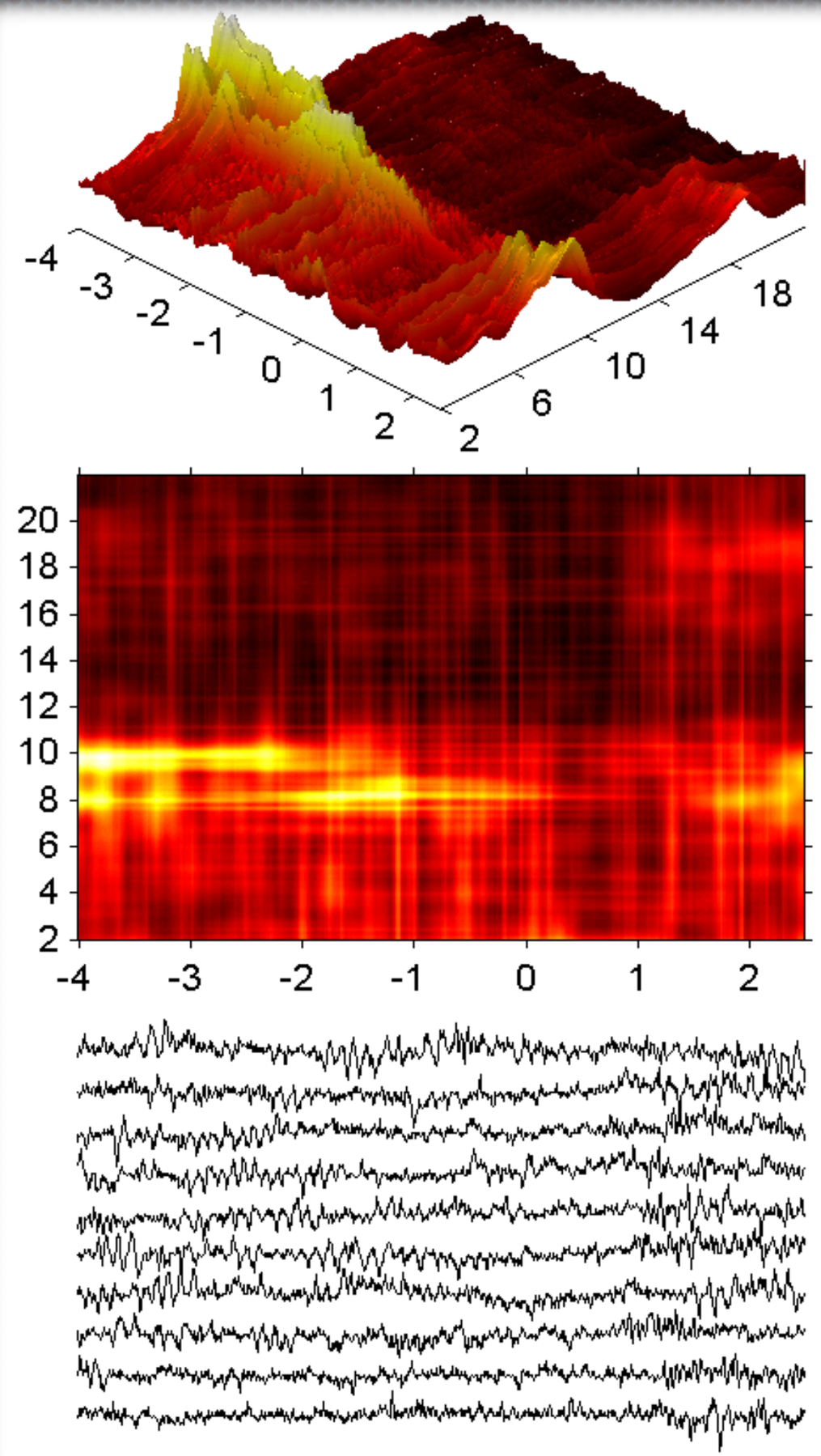
Znamy przybliżoną lokalizację obszarów odpowiedzialnych za przetwarzanie bodźców oraz sterowanie ruchem.



(After W. Penfield and T. Rasmussen, 1950)

Średnie mapy gęstości energii sygnału EEG w przestrzeni czas—częstość (estymowane algorytmem matching pursuit).

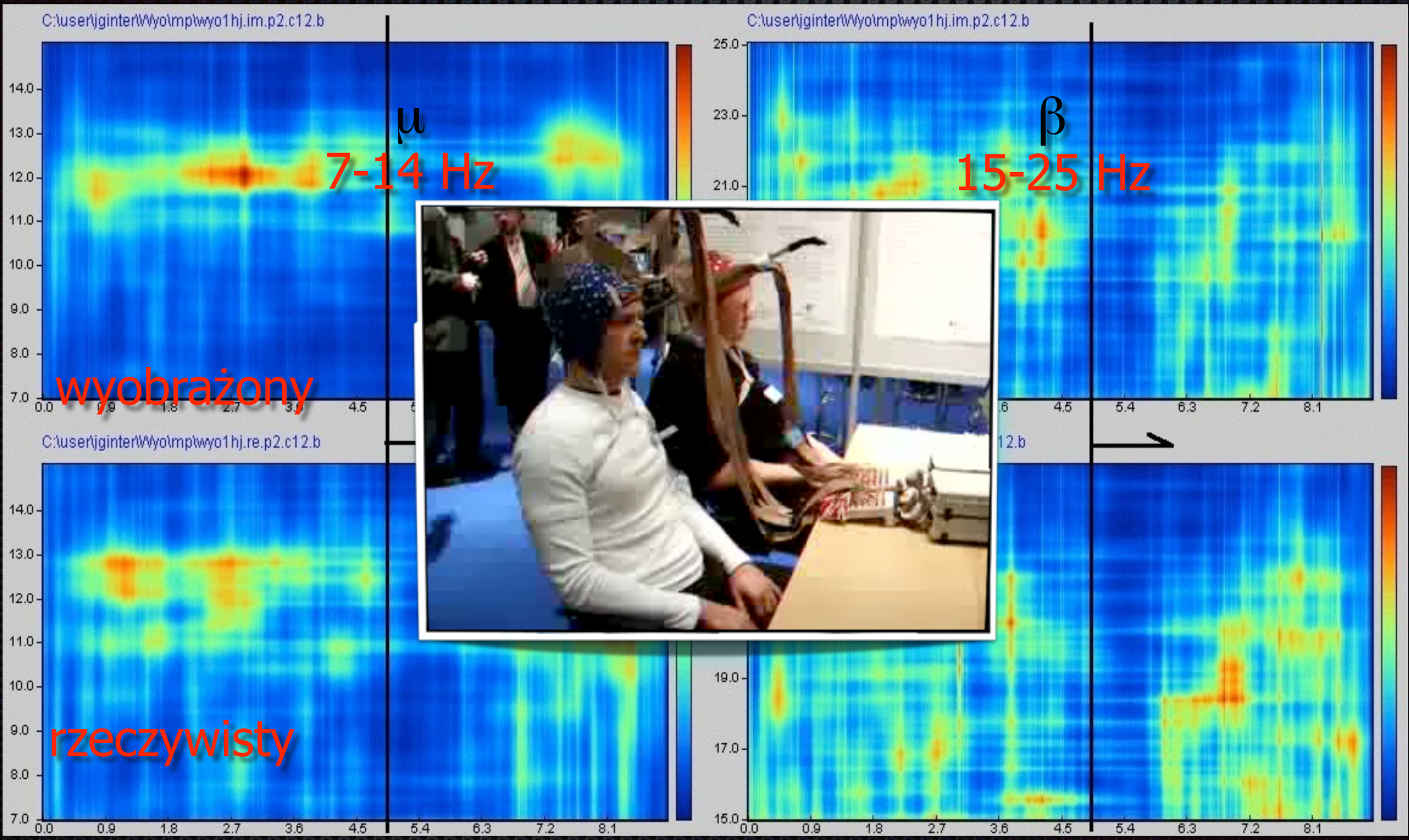
Sygnały EEG ustawione według momentu ruchu palcem (chwila czasu “0”)



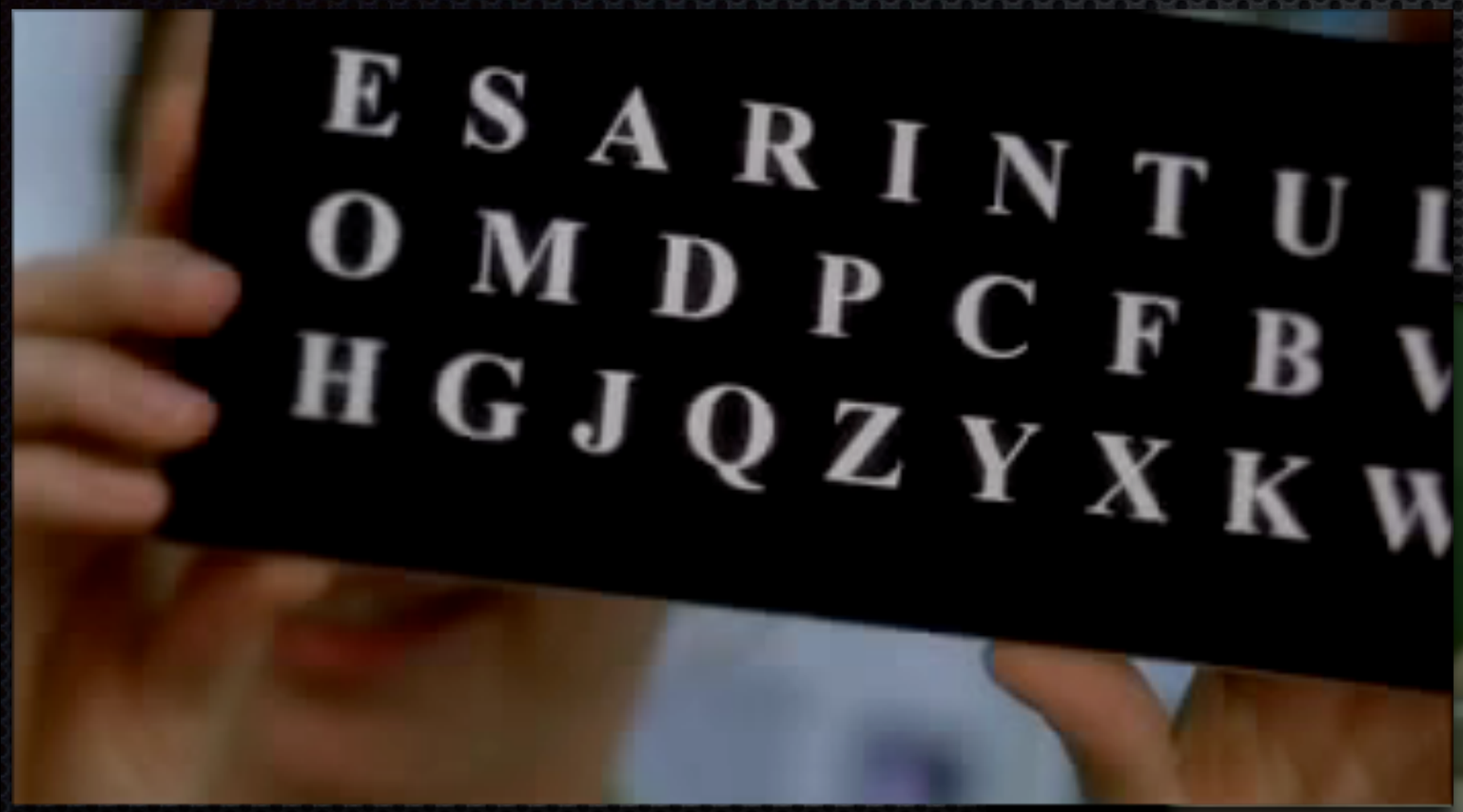
paradygmaty BCI

- P300 (miganie sekwencyjne)
- SSVEP (miganie równoległe z ustalonymi częstościami)
- wyobrażenie ruchu (motor imagery, ERD/ERS)

Rzeczywisty i wyobrażony ruch palcem
(średnie gęstości energii sygnałów w przestrzeni czas-częstość)



kto najbardziej potrzebuje interfejsów mózg-komputer?



z filmu „**Motyl i skafander**”, na podstawie książki Jean-Dominique Bauby. Bauby napisał tę książkę mrugając, gdy osoba odczytująca w kółko alfabet dochodziła do właściwej litery

kto najbardziej potrzebuje interfejsów mózg-komputer?

prof. Steven Hawking, wywiad *z http://ted.com*

kto najbardziej potrzebuje interfejsów mózg-komputer?

kto najbardziej potrzebuje interfejsów mózg-komputer?

Nazywali mnie debilem, kłodą, rośliną. Wyłem w duchu z rozpaczy. Próbowałem oczyma dać znać, że wszystko rozumiem - zwierza się w języku symboli Blissa 21-letni Przemek Chrzanowski.

Rozumny mózg uwięziony w bezwładnym ciele. Przemek przez szesnaście lat nie mógł nawiązać kontaktu z otoczeniem.

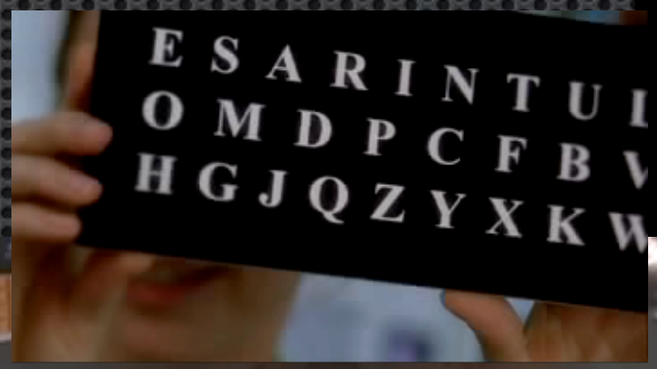
z artykułu „Nie jestem rośliną" Vanessy Nachabé

z filmu dokumentalnego Ewy Pięty "Jak motyl"

BCI jako technologia asystująca w roku 2013

Jeśli u pacjenta pozostaje kontrola jakiejkolwiek aktywności mięśniowej, właściwą technologią asystującą zwykle **nie** będzie interfejs mózg-komputer.

Komunikacja oparta na aktywności mięśni będzie szybsza, łatwiejsza w użyciu i obsłudze, stabilniejsza i tańsza.



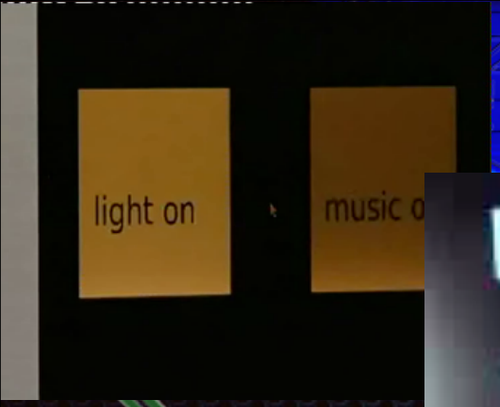
The future is already here, it's just not very evenly distributed (W. Gibson)

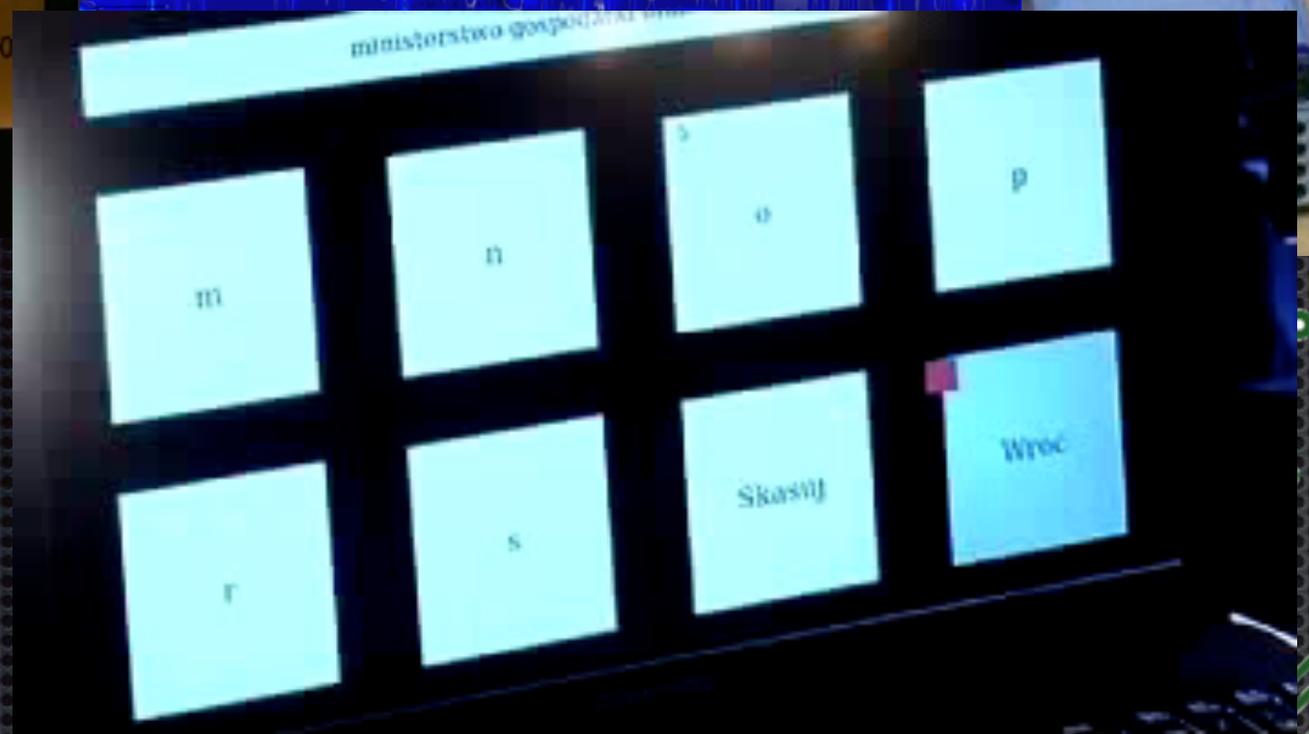
„Technologie przyszłości" są dostępne już dzisiaj, ale nie dla wszystkich. W krajach rozwiniętych urządzenia diagnostyki medycznej jak CT, MRI czy PET kosztują miliony dolarów, podczas gdy dla tysięcy niepełnosprawnych w Afryce niedoścignionym marzeniem jest wózek inwalidzki za $50.

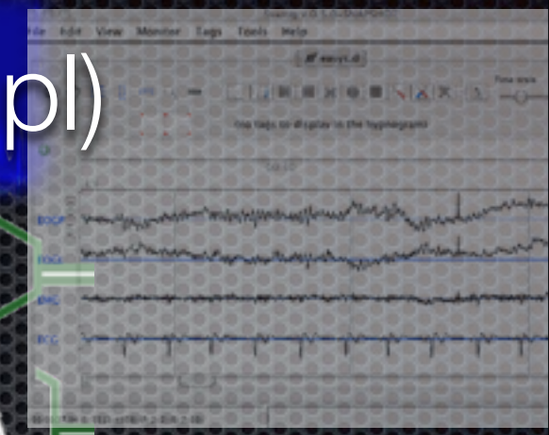
„Współpraca uczelni z biznesem" nakierowana jest na zyski, patenty i nowe odkrycia. Najbardziej potrzebujący nie mieszczą się w żadnej z tych kategorii.

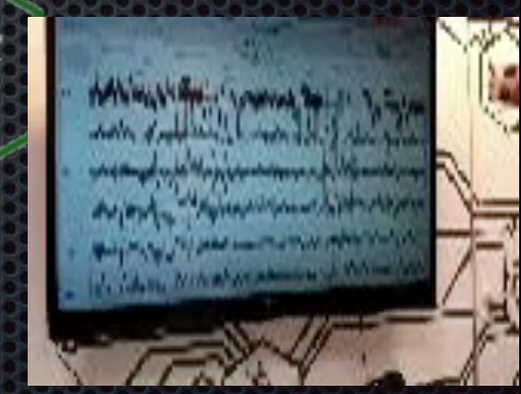
podział społeczeństwa a dostęp do zaawansowanej opieki zdrowotnej w kulturze masowej: fragmenty filmu „Elysium", Neill Blomkamp 2013

OpenBCI (http://braintech.pl)









z postera *Neuroinformatics students helping paralysed and disabled people with self-made interfaces – with case studies* Tadeusz Czerniawski , Michal Czerwinski, Jerzy Grynczewski, Wioleta Kijewska, Natan Napiorkowski, Anja Ries, Karol Siek, Katarzyna Tolubinska, konferencja *Neuroinformatics 2012*, Monachium

Mr Janusz

Mr Janusz, in spite of suffering from the amyotrophic lateral sclerosis, is an incredibly positive person. While working with him we had a great time but we also encountered many problems. Some of these problems were unexpected (like his complete lack of computer skills, partly typical to elderly persons who spent recent years in a relative isolation), while others (like communication problems) should have been expected. Healthy people often forget how difficult it is for a disabled person to communicate even the simplest messages. We were never quite sure if we can properly guess his needs. Our first eyetracker device prototype (picture at the top of the poster) was very bulky, big and uncomfortalbe. Mr Janusz had his head leaned on a headrest, and many detached parts were for him very uncomfortable and hurting. We had to design for him another device, base upon glasses frame (as pictured above). Nowadays Mr Janusz is testing the system and we are looking forward to his opinions and advices.

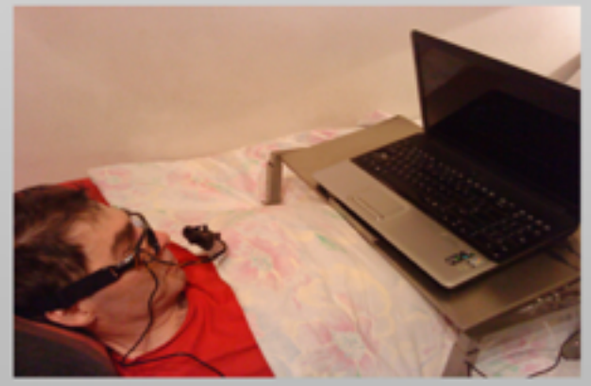
Students: Michał and Karol

Ms Kasia

Kasia suffers from cerebral palsy. She is capable of controlling the movements of hands to some extent, and that is why we decided to work with a switch instead of an eyetracker. Our aim was to personalise the hardware setup and software to her needs. During our work we had to find the best place for the laptop and switch, and also the most effective posture for Kasia. Moreover, after consultation with neurophysiotherapists, the best wheelchair-laptop-switch configuration was found out. We installed also a speech synthesizer to make it possible for Kasia's writing to be read out loud. The prospects for the future are that Kasia practices writing more and more complex phrases and gets used to communicating her thoughts through the OpenBCI interface using properly adapted switch.

Students: Anja, Katarzyna and Tadeusz

Mr Jakub



Mr Jakub was using the very first prototype of the interface made by the student of the Faculty of Physics Dawid Laszuk before the apprenticeships (presented at Demo D01). To improve the usability, we decided to simplify the NESW eyetracker interface, writing our own implementation. We made two horizontal rows: one with the alphabet, and the second with digits, special characters and actions (emails, or reading the text loud). Scrolling a longer part of the list was achieved by keeping the gaze left or right for a longer moment. This was found more intuitive than the previous interface written by Dawid. To avoid the Midas touch problem, common in standard application of eye trackers and devastating in some cases of use by disabled people, we changed the command for selecting a function: it was achieved by closing eyes for a short time. This way, the eyes of Mr Jakub were not getting tired as fast as before. Another reason for changing the interface was that Mr Jakub had some problems with controlling his eyes, that is looking with right eye to the left and with left eye to the right. Those movements were very small, almost unnoticeable for the algorithms.

Students: Wioletta and Natan

Polski Integracyjny System Alternatywnej Komunikacji PISAK

http://pisak.org.pl projekt dofinansowany przez NCBiR, realizowany przez

BrainTech, UW, Stowarzyszenia „Ożarowska” i „Mówić bez słów”

PISAK

pisak.org.pl/PISAK

ENCJE OBSERWOWANE EDYCJE WYLOGUJ

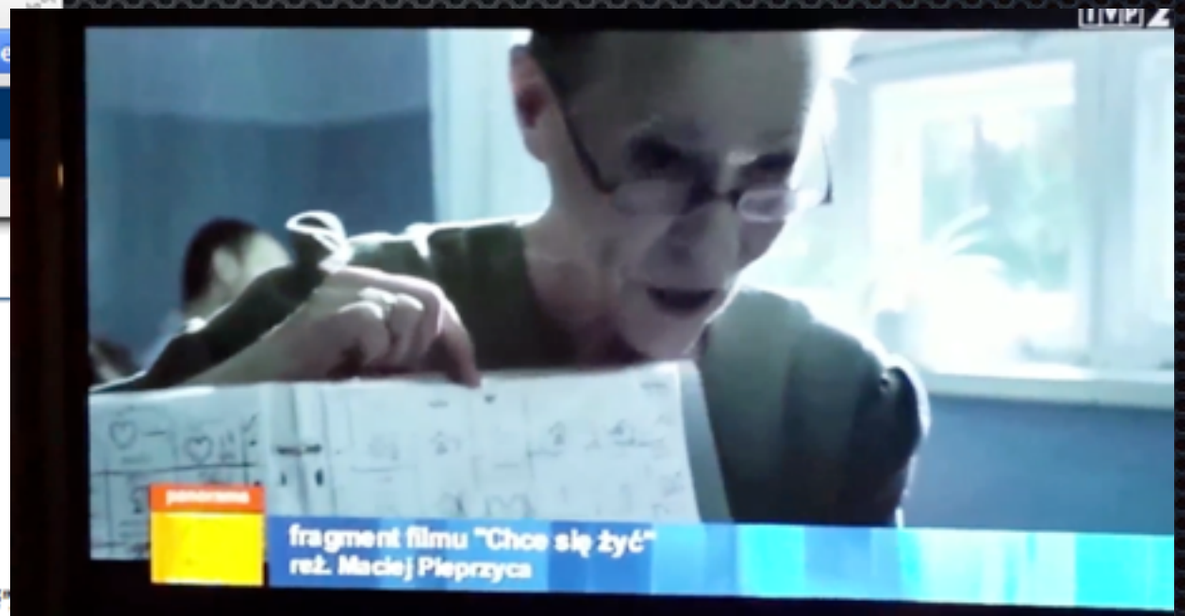
strona dyskusja edytuj historia przenieś obserwuj

PISAK - Polski Integracyjny System Alternatywnej Komunikacji [edytuj]

Projekt realizowany przez konsorcjum składające się z firmy BrainTech, Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, Stowarzyszenia "Ożarowska" oraz Stowarzyszenia "Mówić Bez Słów"; dofinansowany ze środków NCBiR w ramach programu "Innowacje Społeczne".

Nierówny dostęp do najnowszych zdobyczy medycyny zaczyna dominować motywy współczesnych dystopii. W dziecinnie komiksowym wydaniu widać to w filmie "Elysium", który proponuje klasyczne dla gatunku rozwiązanie: wystarczy dokopać Niedobrym i Bogatym, żeby dobrodziejstwa rozlały się na całą ludzkość. Ale jest też prawdziwa i realna droga, trudniejsza i mniej widowiskowa. Prowadzi przez świat oprogramowania wolnego jak w słowie "wolność"

W systemach komunikacji dla niepełnosprawnych najdroższe jest właśnie oprogramowanie. Ale jeśli zbudujemy syste na licencji GPL, to koszt licencji oprogramowania spada do zera. Laptop stanowiący niezbywalny element systemu komunikacji to coraz mniejszy wydatek. Pozostałe elementy, dzięki coraz szerszej dostępności tanich i zaawansowanych elementów elektronicznych oraz taniejącym drukarkom 3D też powoli zaczynają przenikać do równoległego świata, pod hasłem "Open Hardware". Zastąpienie dystopii przez utopię staje się coraz realniejsze.

Nies rozwiązanie prob istniejące elem dstawić doce trzeba to wszy wyników mo wszy

Cent rawnych.