



# Neuroedukacja – gdzie jesteśmy i dokąd idziemy?



Włodzisław Duch

Laboratorium Neurokognitywne,  
Interdyscyplinarne Centrum Nowoczesnych Technologii,  
CD „Neuroinformatyka i Sztuczna Inteligencja”, oraz Katedra  
Informatyki Stosowanej INT WFAIS, Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Google: Wlodzislaw Duch

Czas na umysł 3.0. Dni Mózgu 2021

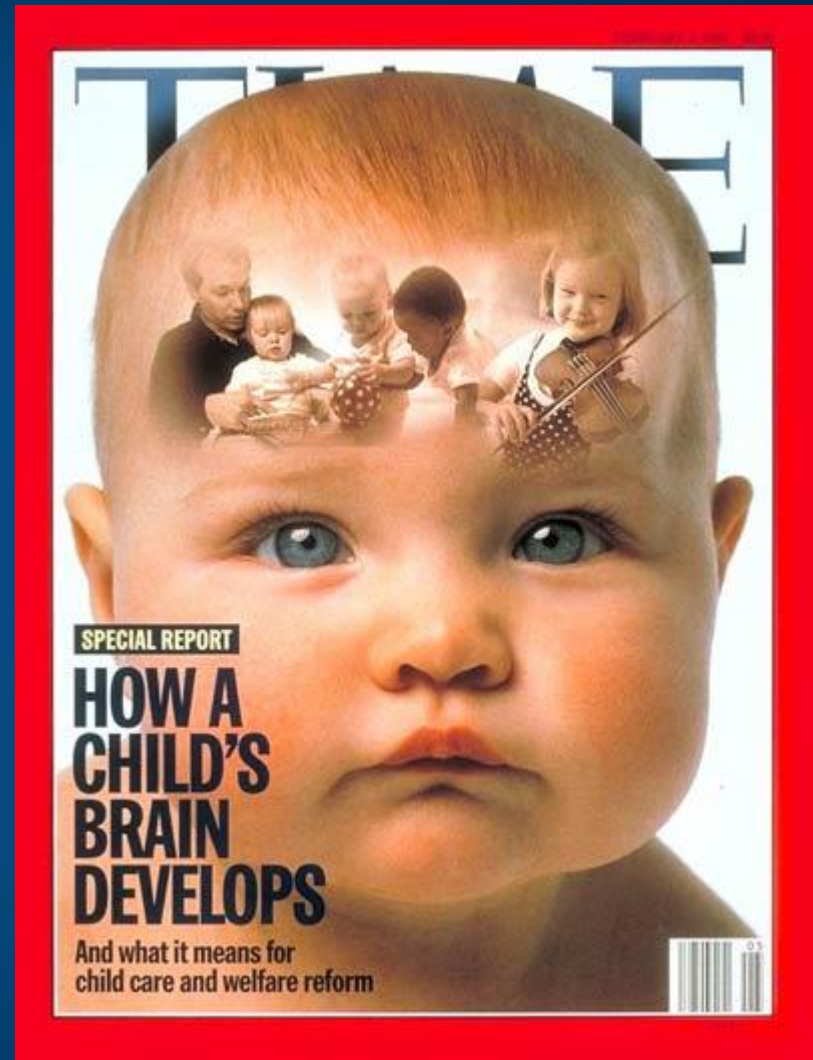
# Mój ulubiony organ!



# Plan

- Neuro-co? Podstawy, neuroplastyczność.
- Learning sciences, nauki o uczeniu.
- Czego się nauczyliśmy badając mózgi?
- Wskazówki praktyczne.

Wykład bardziej praktyczny niż teoretyczny.



Neuro-co?



# (Neuro)edukacja

Pedagogika: metoda prób i błędów, obserwacje i opisy rezultatów, prowadzące do różnych teorii.

Uczenie  $\Leftrightarrow$  zmiany w mózgu,  
więc edukacja to rzeźbienie mózgu!

Tworzymy połączenia w mózgu, ścieżki aktywacji „żłobione” są przez doświadczenie i nauczycieli.

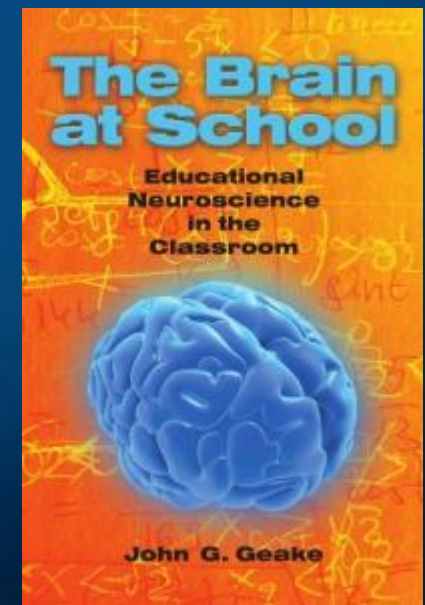
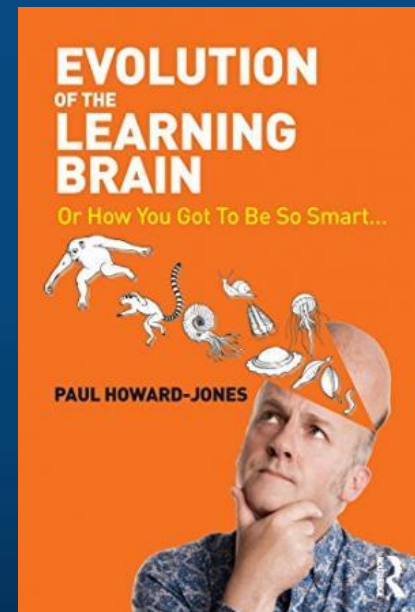
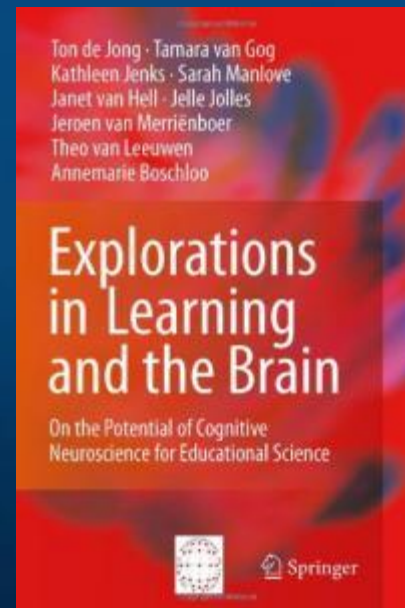
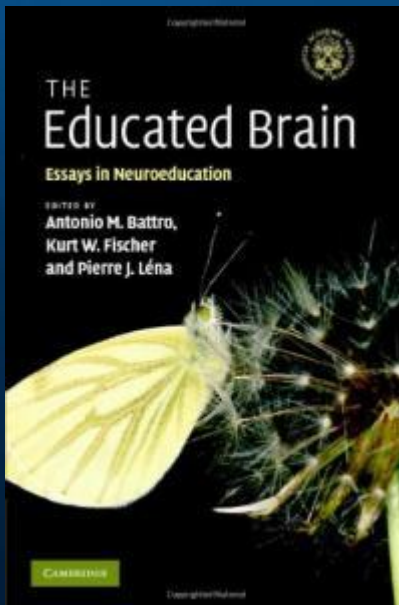
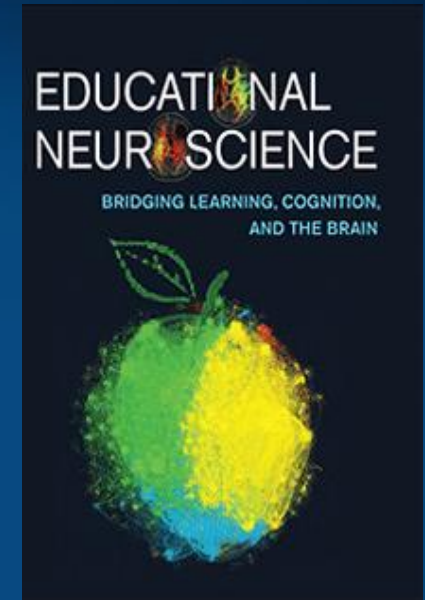
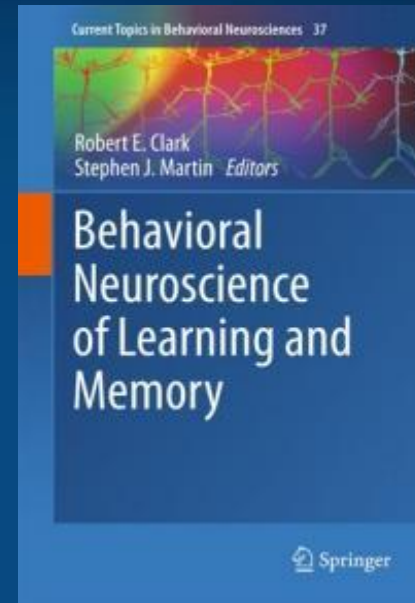
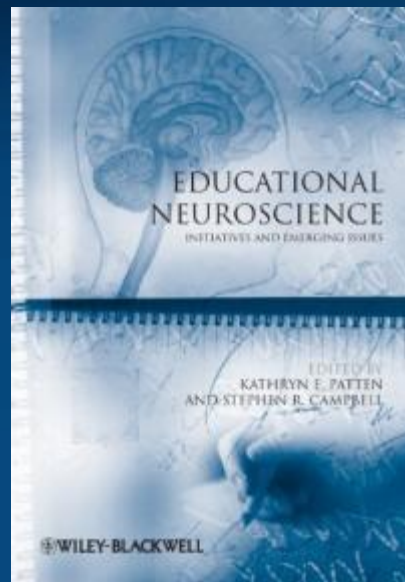
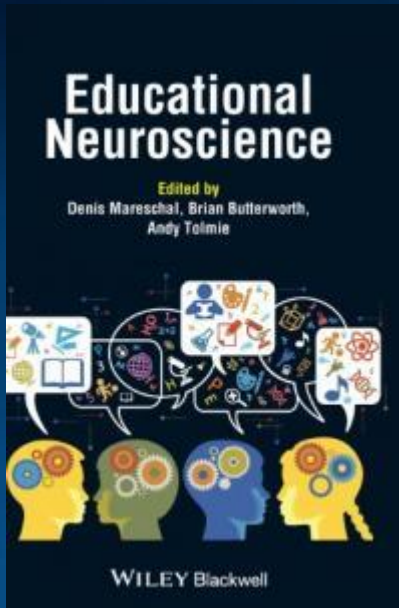
**Neuroedukacja:** interdyscyplinarna dziedzina łącząca wyniki neuronauki, psychologii i pedagogiki w celu opracowania bardziej efektywnych metod nauczania. Nowa?

Neurolog Henry Herbert Donaldson (1857–1938), napisał „The Growth of the Brain: A Study of the Nervous System in Relation to Education” w 1895 roku!

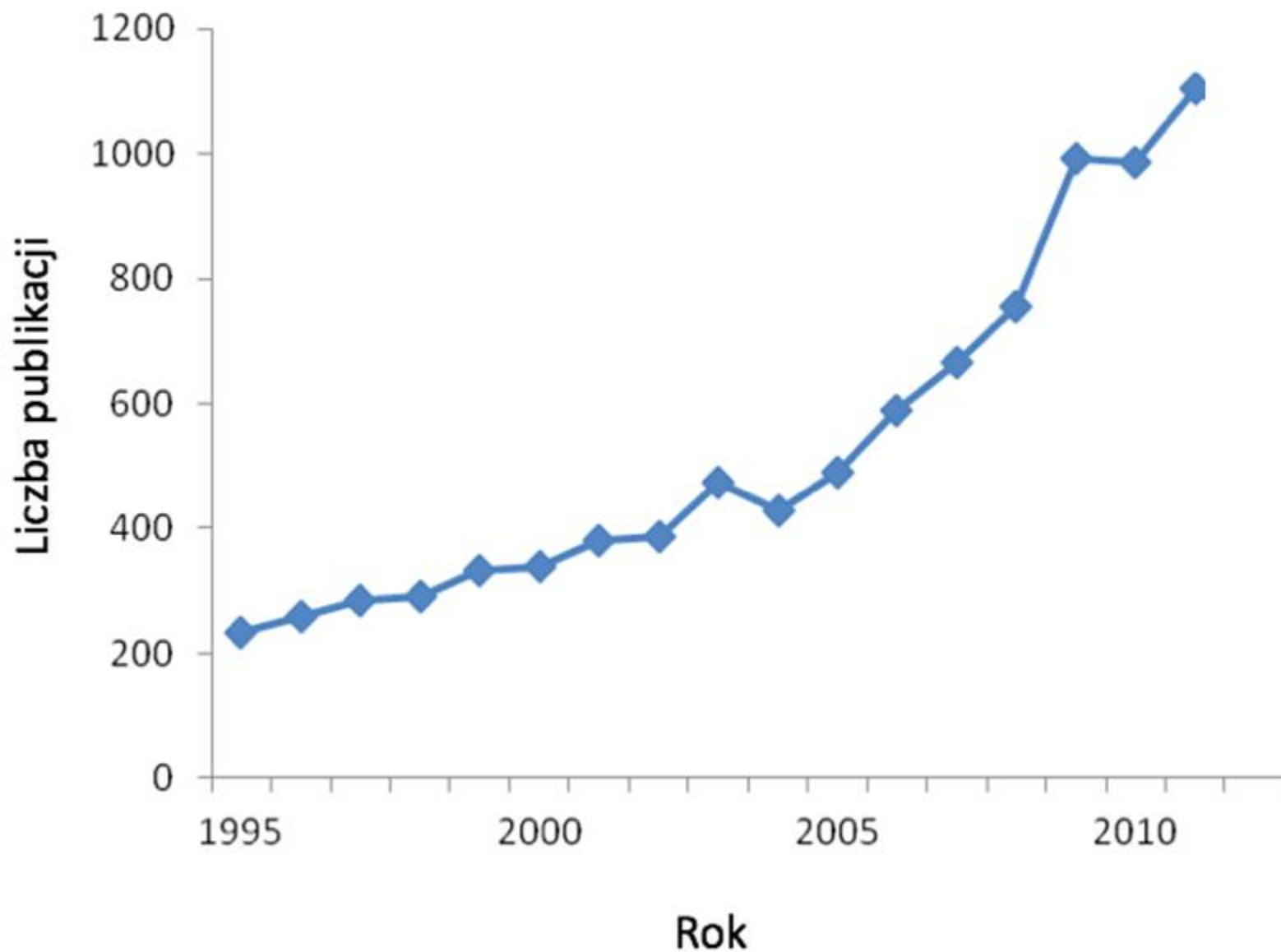
Pedagog Reuben Post Halleck (1859–1936), napisał „The Education of the Central Nervous System: A Study of Foundations, Especially of Sensory and Motor Training” w 1896!



# Neuro-edukacja: książki



# Publikacje o neuro-edukacji



# Geny i mózgi

Genetyka jest w modzie, wszystko przypisujemy genom, ale pomyślmy ...

Nicień



19.000 genów  
302 neurony  
7800 synaps

Człowiek

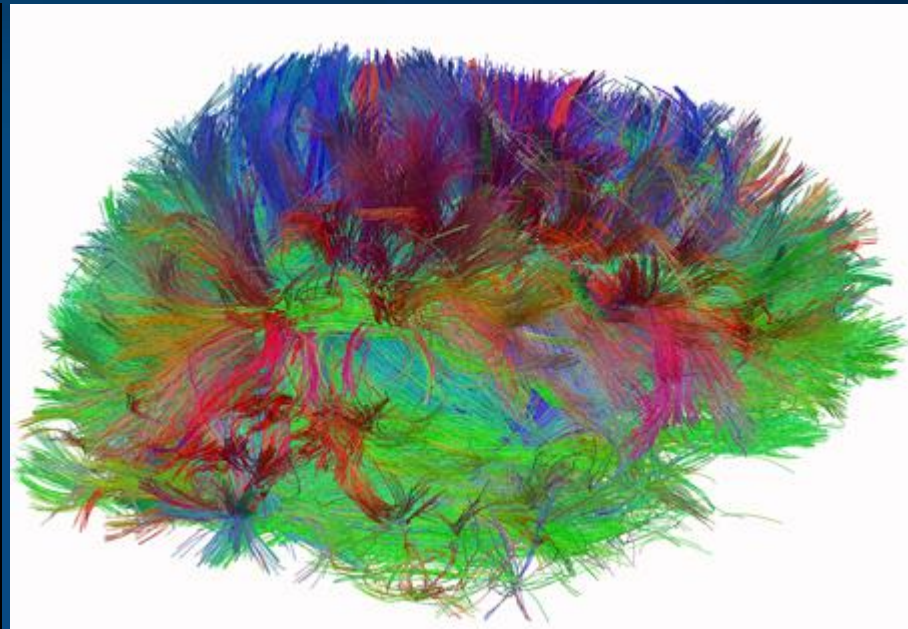


19.000 genów, 30 bln komórek  
100 mld neuronów ( $10^{11}$ )  
 $\sim 10^{14} - 10^{15}$  synaps

Wniosek: Genetyka nie wystarczy by zrozumieć ludzki mózg.  
Nie będzie cudownej pigułki ...  
Ale terapia genetyczna usunie niektóre wady rozwojowe.



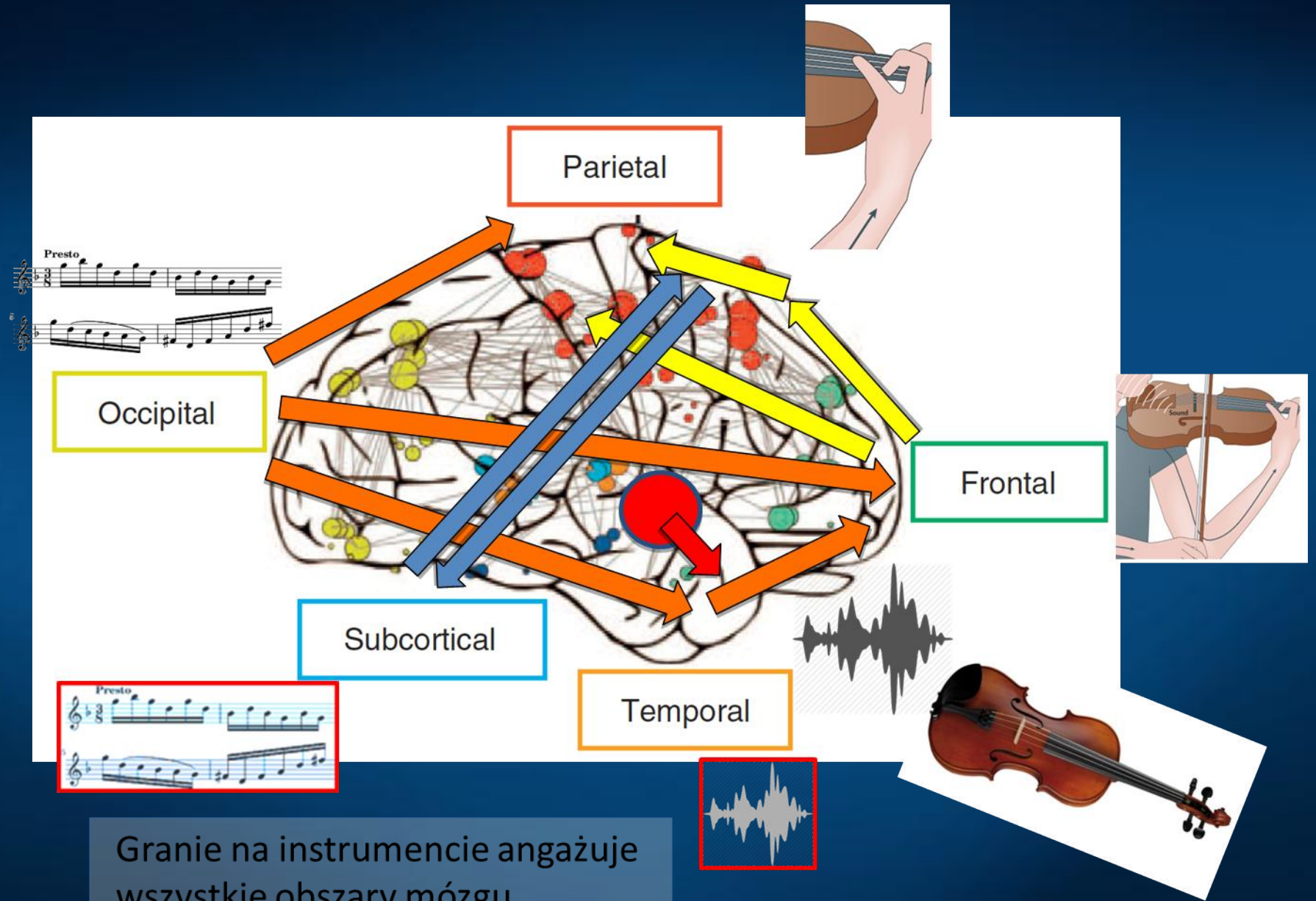
# Neuronalny determinizm



**Genetyczny determinizm** narzuca ogólne ograniczenia na sprawność mózgów, lepiej mieć liczne „zmarszczki” i „włochate” mózgi, niż gładkie i uczesane.

**Neuronalny determinizm:** mózg zmienia się szybciej niż inne organy pod wpływem doświadczeń życiowych, wychowania, edukacji – neuroplastyczność determinuje nasze skojarzenia, myśli, postrzeżenia w kontekście kulturowym. Aktywność neuronalna (neurodynamika) określa co nam przychodzi do głowy.

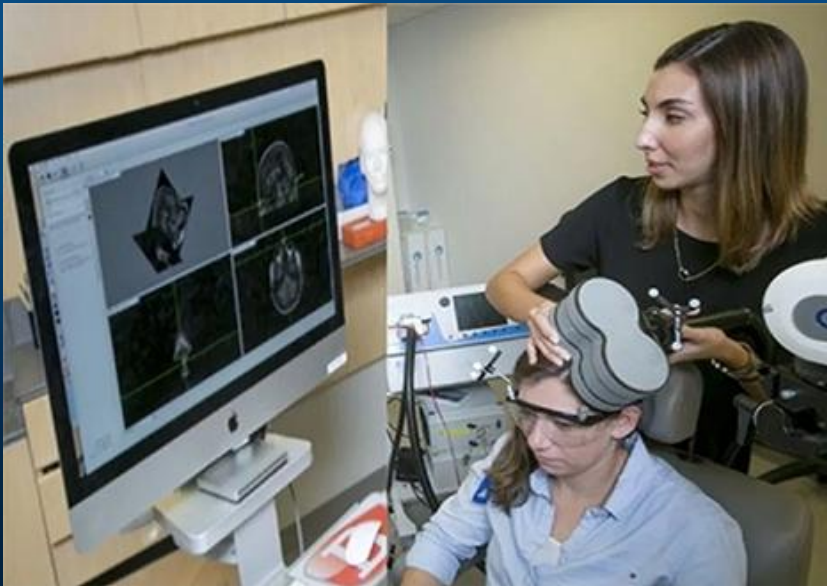
**Metafora: umysł to cień aktywności mózgu.**



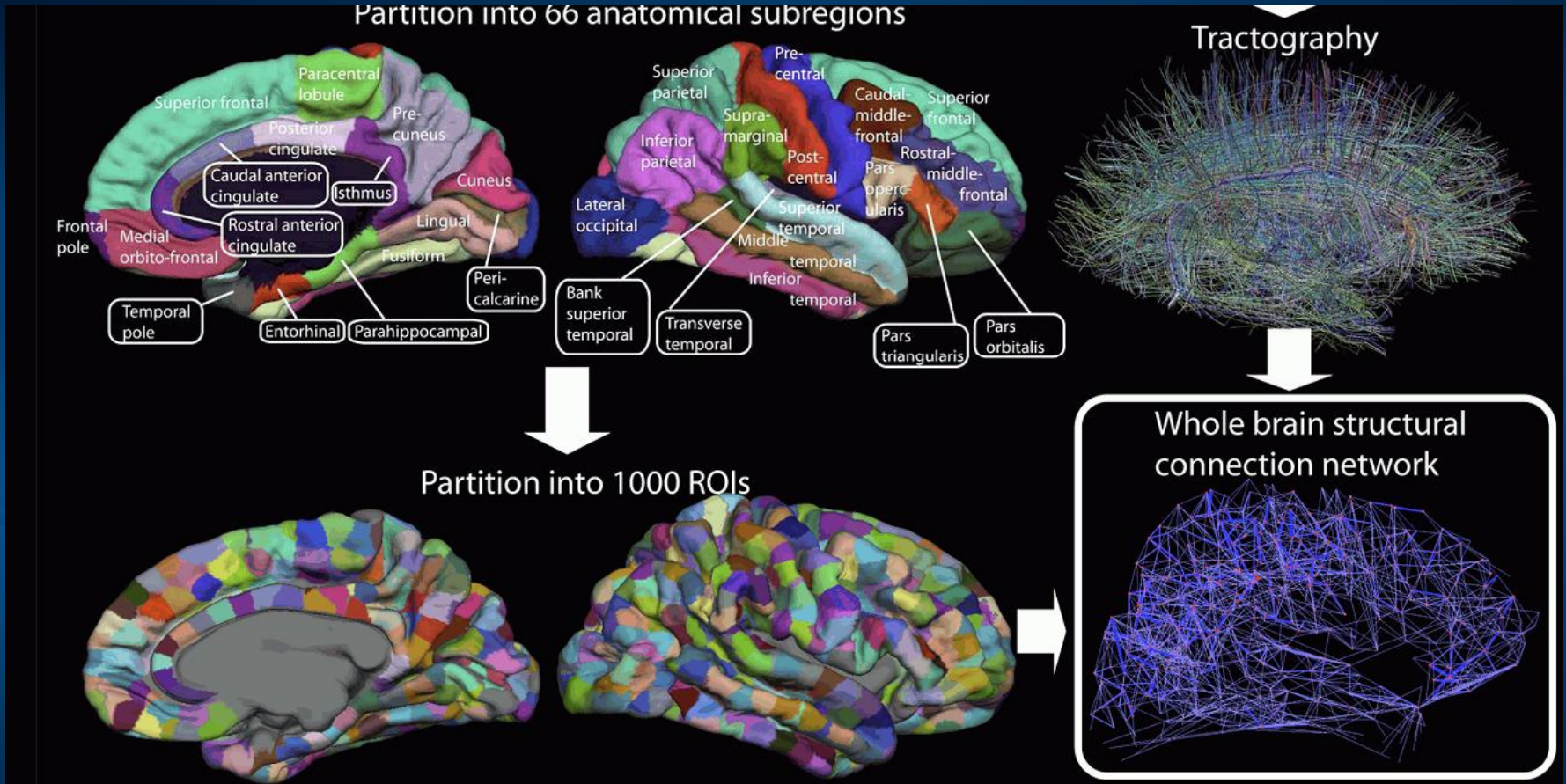
Granie na instrumencie angażuje wszystkie obszary mózgu.



# Zabawki



# Konektom



Atlasy mózgu dzielą korę i wnętrze mózgu na 100-250 obszarów (ROI).  
Cel: 1000 regionów, których aktywacja pozwoli scharakteryzować stan mózgu.  
Słowo, pojęcie  $\Leftrightarrow$  spójny kwazistabilny stan pobudzenia całego mózgu.  
Sens  $\Leftrightarrow$  relacje z innymi pojęciami, synonimami, antonimami.



# Fenomika neurokognitywna

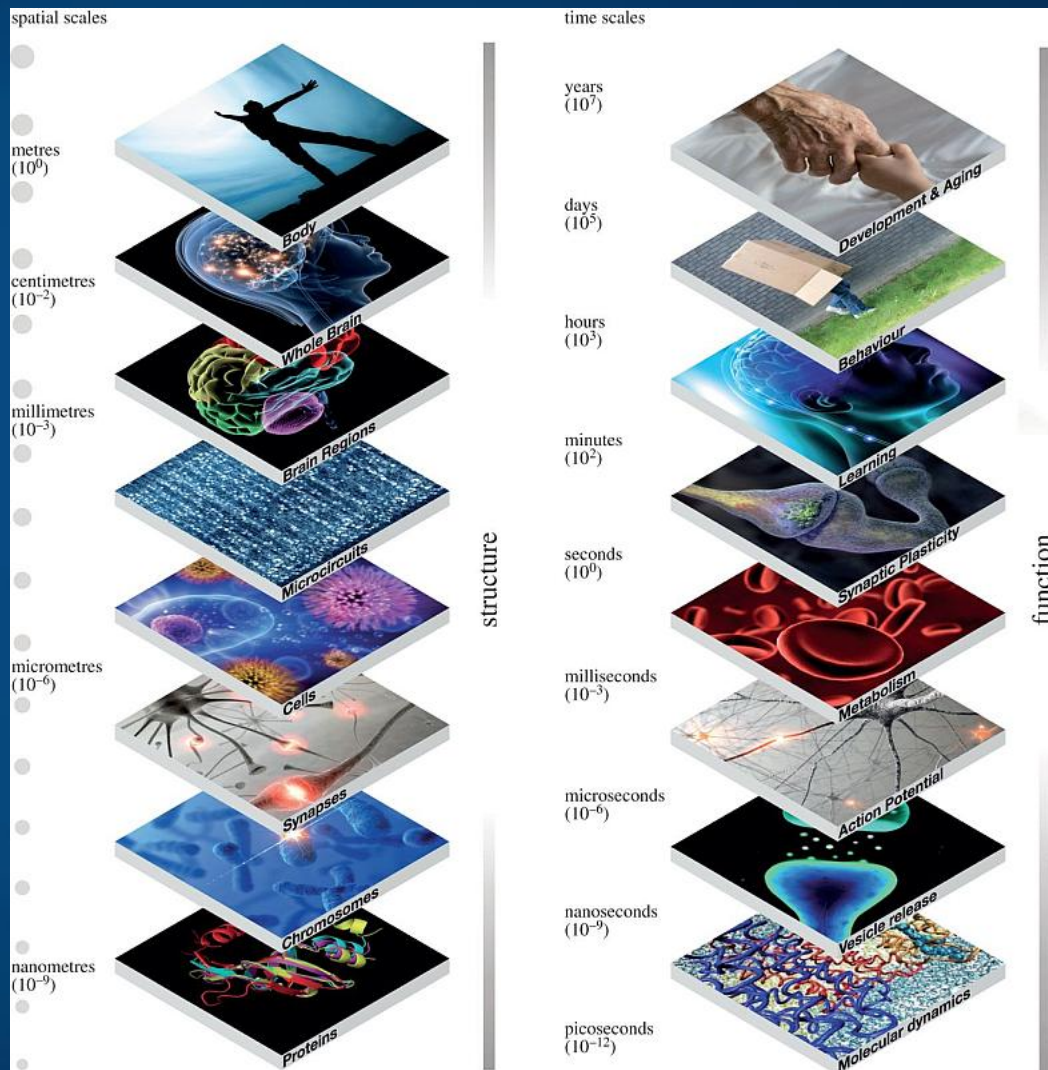
2008: Powstało

Consortium for Neuropsychiatric Phenomics

Od genów do sieci neuronów do mechanizmów poznawczych i do ich zaburzeń, wpływ na uczenie mają procesy na wielu poziomach

Skale czasowe od pikosekund do lat, przestrzenne od nanometrów do metra – RDOC NIMH.

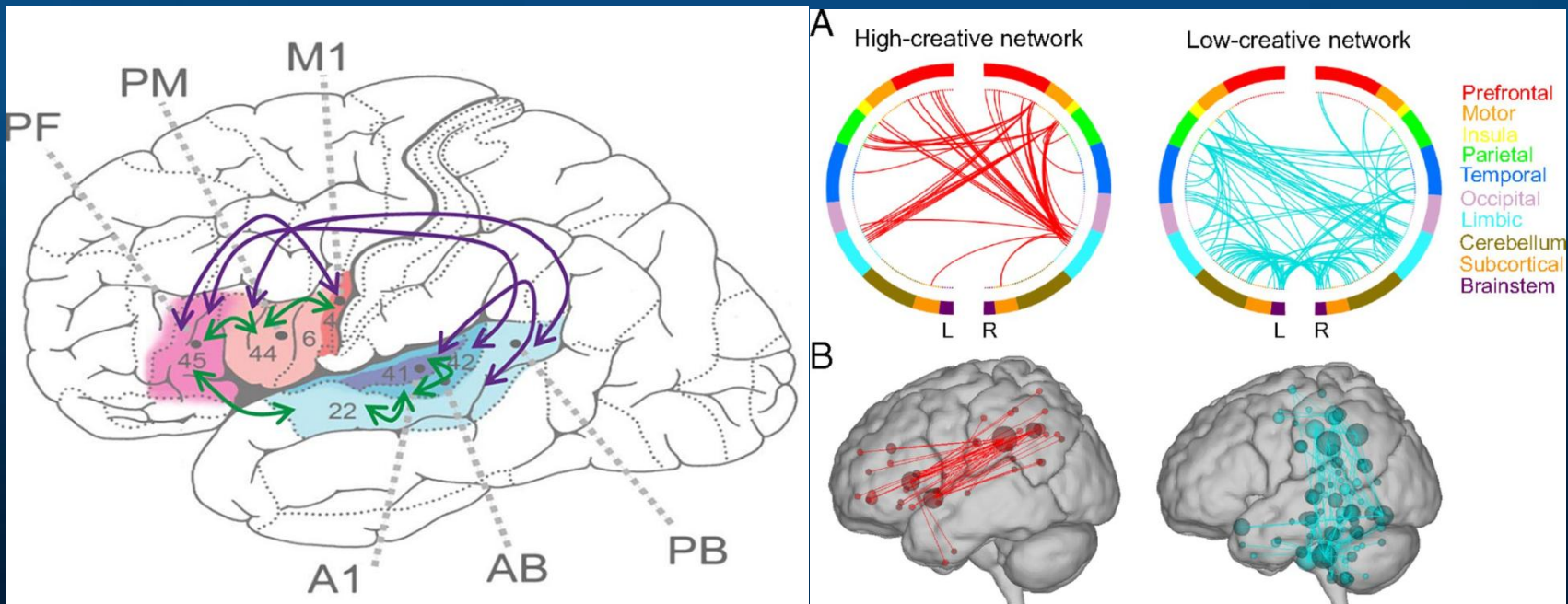
Sieci neuronowe są na poziomie środkowym, można ją badać metodami neuroobrazowania jak i za pomocą symulacji sieci neuronowych.



# Rozwój inteligencji

Rozwój mózgu w okresie niemowlęcym: najpierw ruch i związane z nim wrażenia wpływają na organizację przepływu informacji przez mózg. Zanim dziecko zacznie wymawiać słowa pokazuje swoje intencje gestami.

[The Developing Human Connectome Project](#): jak rozwija się konektom, sieć połączeń w mózgu w okresie pre-natalnym, 20 - 44 tygodnia ciąży? Badania za pomocą neuroobrazowania (fMRI, EEG), obserwacji ruchów i reakcji płodu, genetyce. Neurony wysyłają impulsy dopiero w 24 tygodniu ciąży.



# Nauki o uczeniu się

# Nauki o uczeniu się

Dwa mało nakrywające się kierunki badań:

**Edukacyjne neuronauki (educational neuroscience)**,  
lub neuroedukacja – badanie procesów uczenia się  
analizując zmiany zachodzące w mózgu.

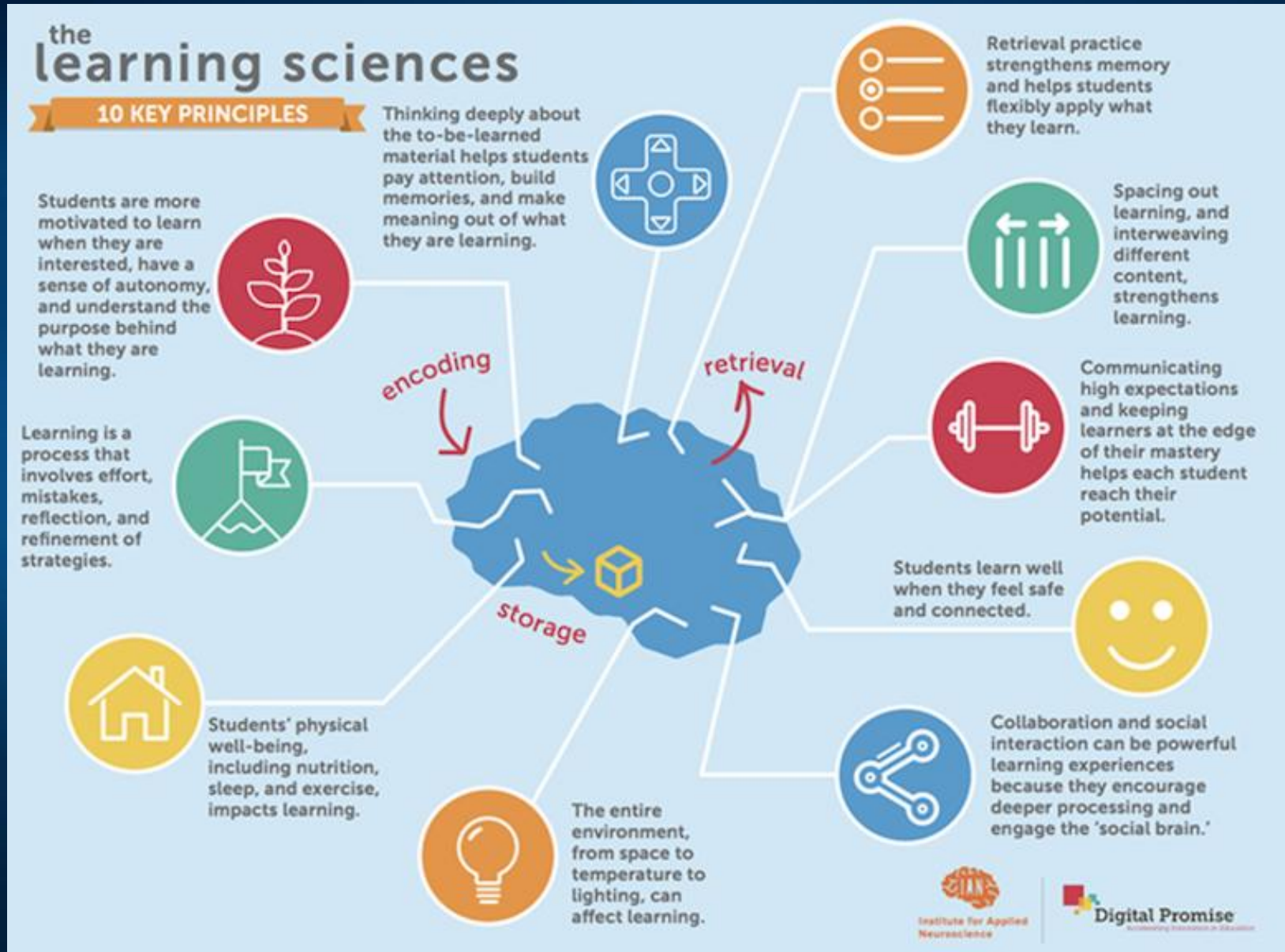
**Nauki o uczeniu się (learning sciences)** bliższe są  
tradycyjnej pedagogice, używając metod psychologii  
kognitywnej, społecznej i kulturowej badają wpływ różnych  
innowacyjnych procedur, nowych metodologii,  
projektowania nowych środowisk uczenia się, ale są też  
łączone z neuronaukami.

**Podstawowe mechanizmy uczenia związane są  
z neuroplastycznością, czyli zdolnością mózgu do  
zmiany swojej struktury.**



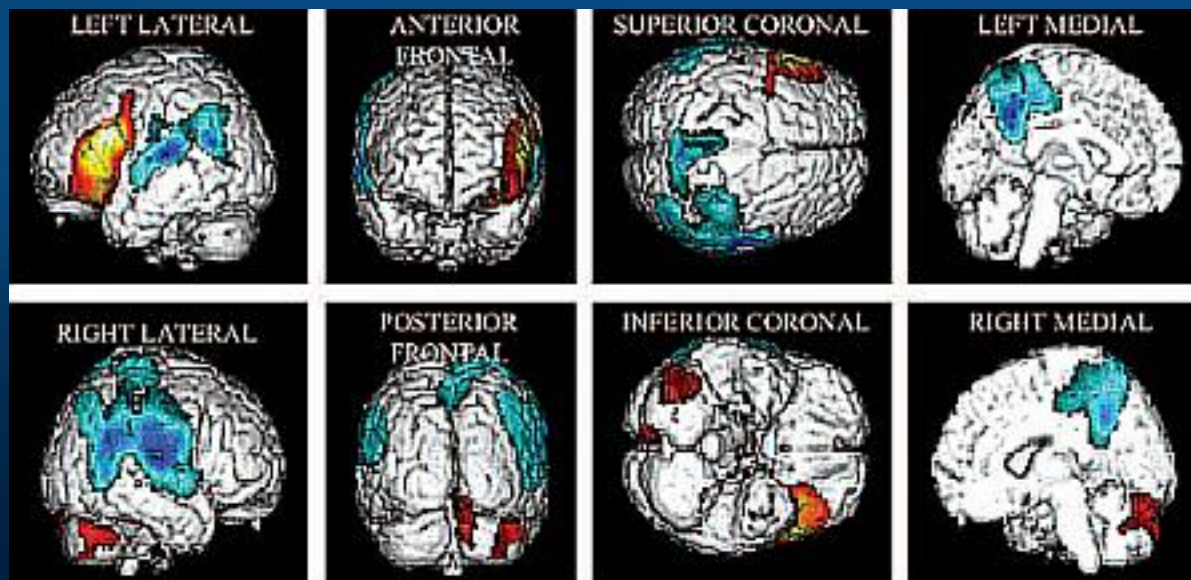


# 10 kluczowych zasad



# Ograniczenia badań

- Badania robione na zwierzętach nie zawsze dają się uogólnić.
- Proste eksperymenty to nie sytuacja w szkole.
- Eksperymenty trwają krótko, edukacja wiele lat
- Brak emocji, środowiska, czynników społecznych.
- Interpretacja wyników fMRI/EEG/MEG/NIRS jest trudna, wariancja duża, uśrednione wyniki zacierają indywidualne różnice.



# Mity i błędne intuicje



Umysł niezależny od mózgu? Astrologia, czary, opętanie?

Referat: [Nadmiar magii, brak rozumu](#).

Neuro/psycho-mity w edukacji (artykuł [Szczygieł/Cipora, Edukacja 2014](#)):

- Używamy 10% swojego mózgu (ok. 25% nauczycieli w Polsce w 2014 roku, w 5 krajach – UK, Holandia, Turcja, Grecja, Chiny to ok 50%).
- Dominacja lewej („inżynierskiej”) lub prawej półkuli mózgu (artystycznej) wyjaśnia różnice uzdolnień uczniów (60-80%).
- „Gimnastyka mózgu” Paula Dennisona, kinezyjologia edukacyjna.
- Dostosowanie się do preferowanego stylu uczenia się – wzrokowego, słuchowego, kinestetycznego – wpływa na skuteczność uczenia (>80%).
- [Programowanie neurolingwistyczne](#) (NLP), struktogramy i wiele innych ...

Lista [błędów poznawczych](#) jest długa, stąd wiara w mity i teorie spiskowe.



# Preferencje

## Learning Styles

### VERBAL

Words are your strongpoint!  
You prefer to use words both  
in speech and in writing!

### VISUAL

You prefer to use pictures,  
diagrams, images and spatial  
understanding to help you  
learn.

### MUSICAL / AUDITORY

You prefer using sounds or  
music or even rhythms to  
help you learn.

### PHYSICAL / KINAESTHETIC

You use your hands, body  
and sense of touch to help  
you learn. You might 'act  
things out'.

## WHAT'S YOUR LEARNING STYLE?

### LOGICAL / MATHEMATICAL

Learning is easier for you if  
you use logic, reasoning,  
systems and sequences.

### SOCIAL

You like to learn new things  
as a part of a group.  
Explaining your  
understanding to a group  
helps you to learn.

### SOLITARY

You like to work alone. You  
use self-study and prefer your  
own company when  
learning.

### COMBINATION

Your learning style is a  
combination of two or more  
of these styles.



# Kursy edukacyjnych neuronauk

Żeby szukać trzeba najpierw znaleźć ... po to właśnie jest edukacja.

Future Learn: Orientation to Educational Neuroscience (Australia)

<https://www.futurelearn.com/courses/educational-neuroscience/>



Zespół IlluminatED Open Educational Resources (konsorcjum Finlandia, Grecja, Hiszpania, Macedonia) opracował darmowy kurs jak też narzędzia wspomagające (slajdy, wideo, artykuły, ankiety, quizy) dla nauczycieli.

<http://www.illuminatedproject.eu/>

<https://www.facebook.com/illuminatedproject/>



Kurs internetowy (MOOC) na temat neuronauki w edukacji

1. Wstęp do nauki o uczeniu się.
2. Badania **empiryczne** i fakty na temat uczenia się.
3. Dobre nawyki wspomagające uczenie się.

# 9 najważniejszych wniosków

Louis Cozolino, *The social neuroscience of education* (2013).

„Bliskie, wspierające relacje stymulują pozytywne emocje, neuroplastyczność i uczenie się”. Najważniejsze wnioski z neuronauk dla nauczania:

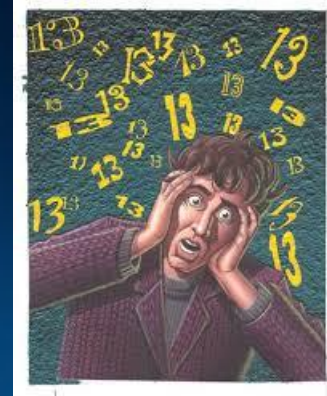
1. Mózg jest organem społecznym.
2. Wczesne uczenie się jest bardzo ważne.
3. Dwa mózgi (lewy-prawy, seryjny-równoległy).
4. Świadome i nieświadome przetwarzanie informacji zachodzi z różnymi prędkościami, często jednocześnie (D. Kahneman, .Pułapki myślenia. O myśleniu szybkim i wolnym).
5. Umysł, mózg i ciało są ze sobą nierozzerwalnie połączone.
6. Mózg potrafi się koncentrować tylko na krótko, potrzebuje powtórzeń i stymulacji wielu zmysłów, aby nastąpiło głębsze uczenie się.
7. Strach i stres utrudniają naukę.
8. Analizujemy innych, ale nie siebie: prymat zewnętrznych projekcji.
9. Uczeniu się pomaga podkreślanie szerszego obrazu, a następnie umożliwienie uczniom samodzielnego odkrywania szczegółów.



Najlepiej przebadane

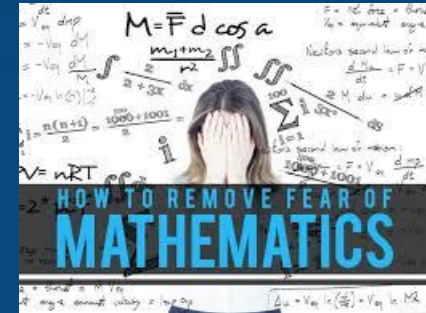


# Matematyka-lęki



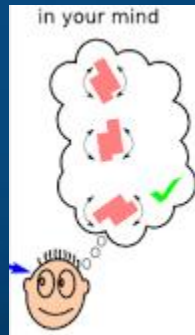
Arytmofobia: liczby wyłączają niektóre mózgi ...

- Używanie liczb może wywołać lęk u dzieci.
- Lęk może niekorzystnie wpływać na pamięć roboczą.
- Lęk może zostać przeniesiony z nauczyciela na ucznia.
- Stres wpływa na procesy uczenia się.
- Opracowano proste interwencje możliwe do zastosowania w szkole.
- Trudności z matematyką można ocenić metodami neuroobrazowania.



# Matematyka-reprezentacja

- Ważna jest niesymboliczna i symboliczna reprezentacja liczb.
- Dzieci uczą się wiązać ze sobą te dwa rodzaje reprezentacji.
- Gry diagnostyczno-terapeutyczne przydatne są dla dzieci, w tym cierpiących na dyskalkulię (np. [MathCognition Lab](#) na UMK).
- Badany jest wpływ treningu na reprezentacje symboliczne i transfer na inne umiejętności związane z posługiwaniem się liczbami.
- Liczenie na palcach jest ważnym przykładem ucieleśnionego poznania.
- Istnieje pozytywny wpływ gier wideo na sprawność rotacji mentalnych, wyobrażeń relacji przestrzennych.



# Logika i język

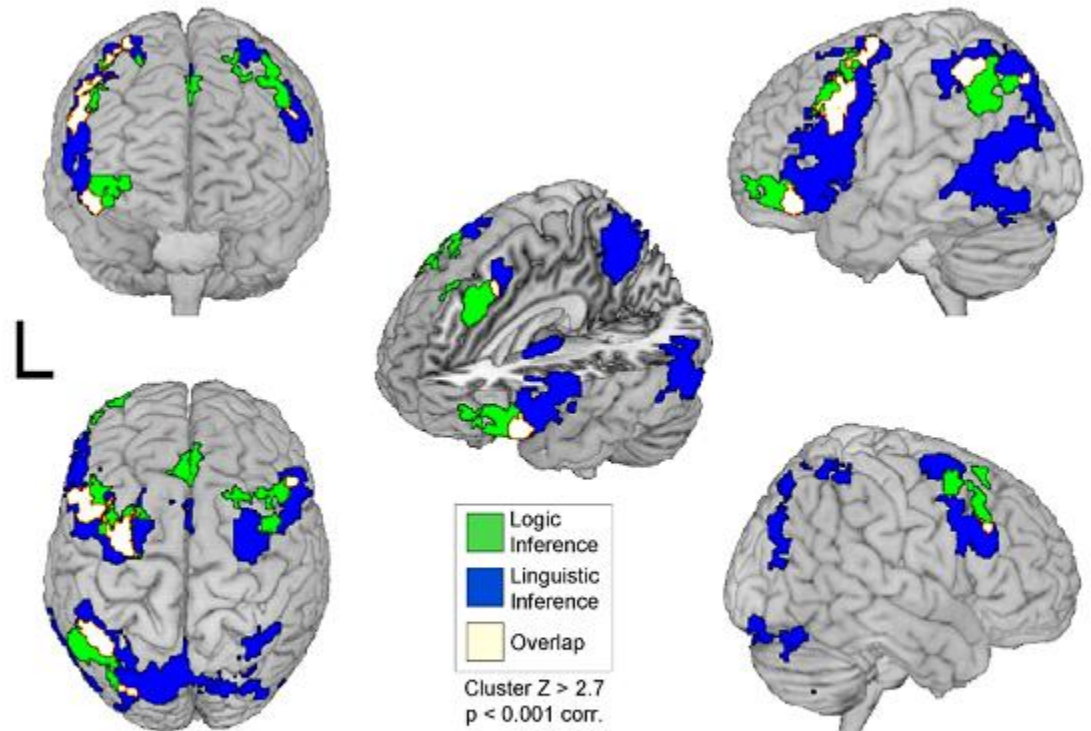
Rozumienie argumentów językowych i logicznych to różne funkcje mózgu, nie ma tu przeniesienia.

**Argumenty logiczne:**

jeśli zarówno X i Z to nie Y, lub jeśli Y to ani nie X ani nie Z.

**Arg. lingwistyczne:**

rzecz X, którą Y widział jak Z brał, lub Z był widziany przez Y biorąc X.



**Fig. 1. Inference minus grammar contrast.** Mean group activity for logic arguments (green/yellow) and linguistic arguments (blue/yellow).

M.M. Monti, L.M. Parsons, D.N. Osherson, The boundaries of language and thought: neural basis of inference making. PNAS 2009



# Nieświadome wybory

Czy racjonalnie podejmowane decyzje są najlepsze?

- Większość myślenia odbywa się nieświadomie;
- kreatywność wymaga nieświadomego myślenia;
- podejmowane decyzje są często bardziej zadowolające, szczególnie w skomplikowanych przypadkach.



Monti, Osherson. Logic, Language and the Brain. *Brain Research* 2011: rola języka w rozumowaniu dedukcyjnym jest ograniczona do początkowego etapu w którym werbalnie prezentowana informacja ulega zakodowaniu w postaci niewerbalnych reprezentacji. Te reprezentacje są wykorzystywane przez operacje mentalne ale nie wykorzystują neuronalnych mechanizmów związanych z językiem. **Kontrowersyjne ...**

Dijksterhuis, Nordgren, Perspectives on Psych. Science

**Nijmegen Unconscious Lab**, Unconscious Thought Theory (UTT, 2006).

# Czytanie

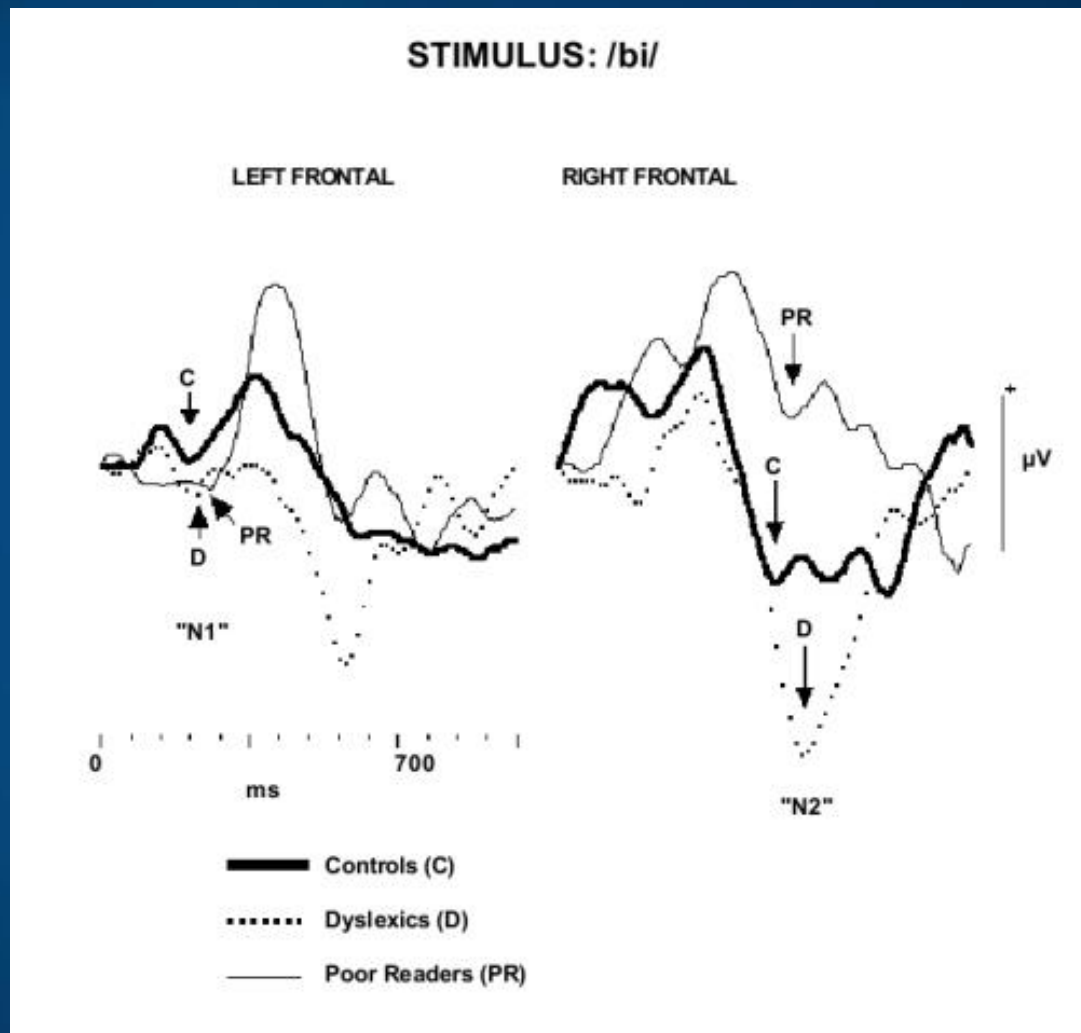
- Na umiejętność płynnego czytania składa się wiele umiejętności cząstkowych.
- Symbole (grafemy, czyli litery, cyfry i inne znaki)  $\Leftrightarrow$  dźwięków.
- **Ciche czytanie rozpowszechniło się w 11-14 wieku!**
- Treningi **umiejętności fonologicznych** ułatwiają naukę czytania.
- Wykazano skuteczność kilku **wielokomponentowych interwencji**.



# ERP i czytanie

Słuchowe potencjały wywołane (ERPs) już w drugim dniu życia pokazują odmienne reakcje na sylaby i inne dźwięki. Z kształtu tych potencjałów udało się przewidzieć, czy 8 lat później dziecko będzie czytało normalnie (19/24), słabo (7/7) lub czy będzie dyslektyczne (13/17).

D. L. Molfese (Center for Research in Early Childhood Education, Uni. Louisville).





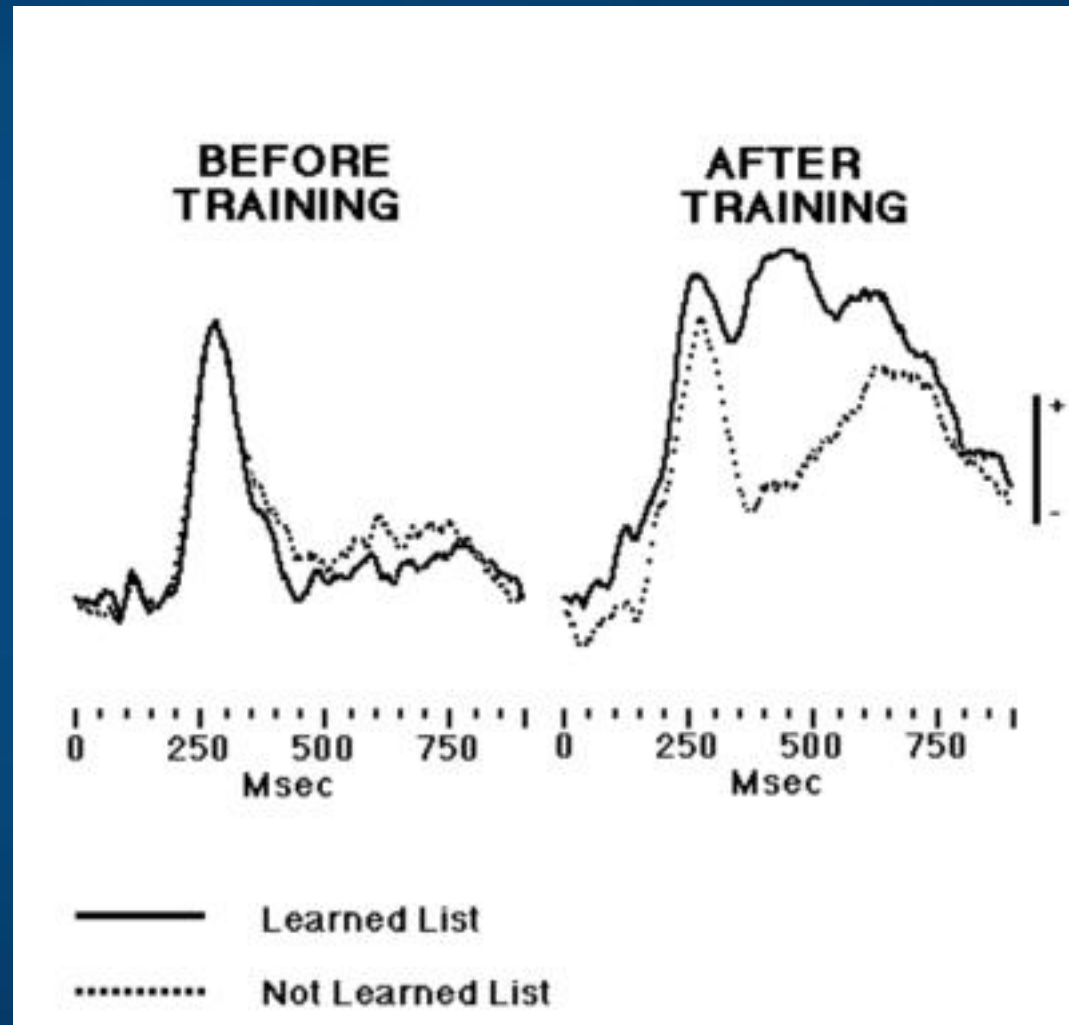
# Wzrokowe ERP i nauka

Uczniowie szkoły średniej uczyli się nazw krajów pokazywanych na mapie politycznej z konturami.

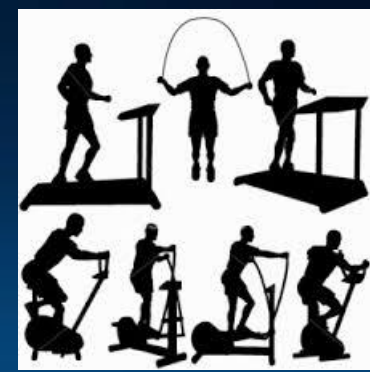
Po 15 minutach sprawdzono skojarzenia pomiędzy nazwami i kształtami, wykorzystując wzrokowe potencjały wywołane (ERP), czyli odpowiedź mózgu na pokazywane kształty/nazwy.

Wyraźnie widać, kto się nauczył a komu się nie udało.

D.L. Molfese (2008)



# Ćwiczenia fizyczne

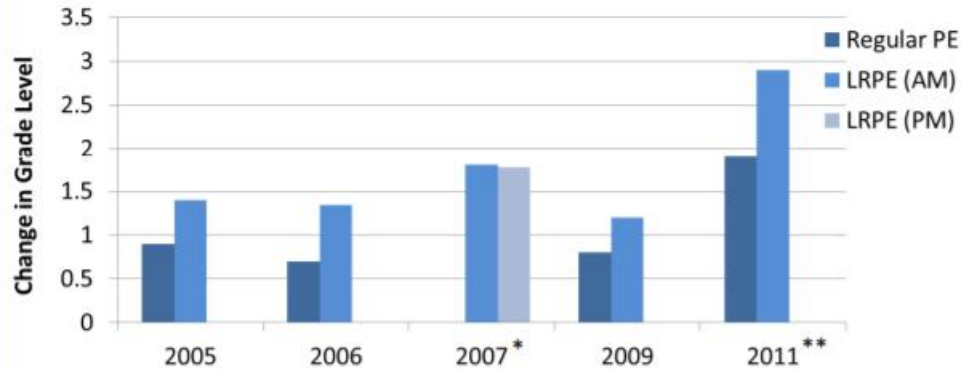


- **Ćwiczenia aerobowe** zwiększają **efektywność działania** sieci neuronalnych, czołowych i ciemieniowych obszarów kory istotnych dla procesów uczenia się, sprawności czołowo-ciemieniowych sieci kontrolujących uwagę.
- Ćwiczenia fizyczne zwiększają **przepływ krwi do mózgu** i wzmacniają połączenia neuronalne w hipokampie, kluczowym obszarze odpowiedzialnym za tworzenie śladów pamięciowych i ich konsolidację.
- **Objętość hipokampa** jest związana ze stopniem **aktywności fizycznej**, poprawą pamięci przestrzennej i zwiększeniem poziomu **BDNF** we krwi.
- U osób dorosłych pokazano, że ćwiczenia fizyczne prowadzą do **wzrostu objętości** różnych obszarów istoty białej i istoty szarej mózgu.

# Biologia => psychologia

## Szkoła w Naperville

Figure 1. P.E. and Literacy Improvement

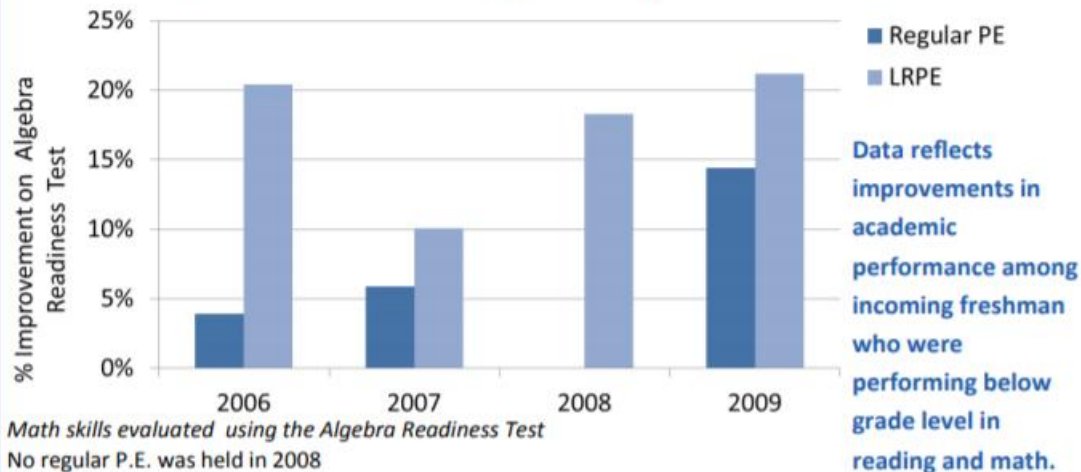


Reading level evaluated using the *Nelson-Denny Reading Test*

\*No students permitted to opt-out of LRPE in 2007

\*\* 2011 data includes students from Naperville North High School

Figure 2. P.E. and Algebra Improvement



Data reflects improvements in academic performance among incoming freshman who were performing below grade level in reading and math.

Math skills evaluated using the *Algebra Readiness Test*

No regular P.E. was held in 2008

Zmiany w jednej ze szkół publicznych w Illinois, USA.

Dodanie ćwiczeń fizycznych 45 minut/dzień, program od 2005 roku realizuje Paul Zientarski.

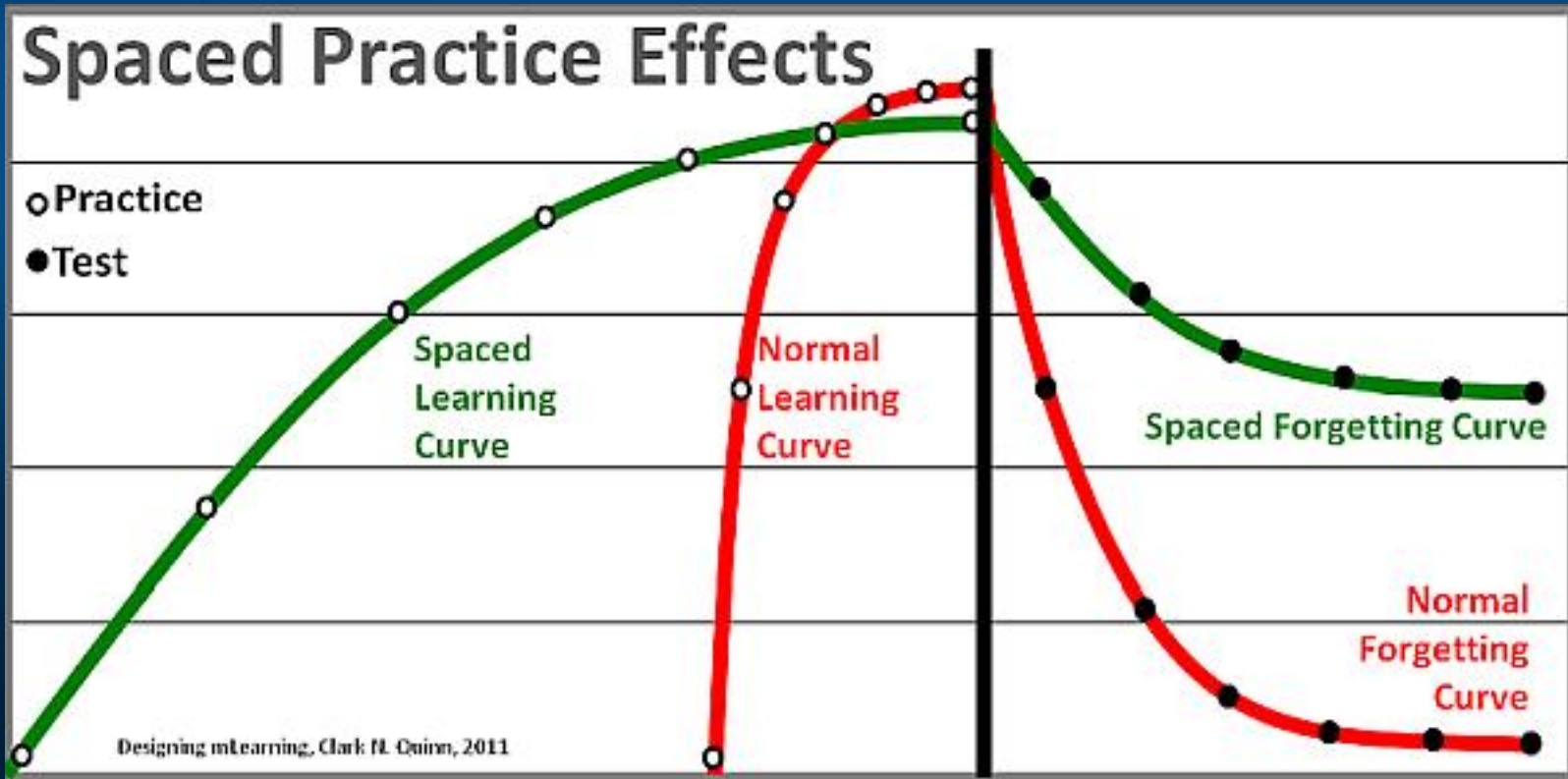
Program PE4LIFE wykorzystał maszyny do ćwiczeń fitness, taniec, rowery do ćwiczeń, zegarki z pomiarem pulsu i zwykłe ćwiczenia gimnastyczne.

Wyniki zarówno w matematyce jak i czytaniu znacznie się poprawiły.

Sprawny mózg = dobre ukrwienie, transport tlenu i glukozy.

# Uczenie się z przerwami i sprawdzanie

- **Robienie przerw** między kolejnymi sesjami uczenia pozwala uzyskać **lepsze efekty** niż uczenie się w formie **skumulowanej**.
- **Efekt przerw** wynika z działania powtarzania podtrzymującego wiedzę,  **dodatkowego myślenia** o materiale.
- Badania dotyczyły głównie pamięci, **składni języka obcego**.
- Sprawdzenie wiedzy pozytywnie wpływa na pamiętanie treści, lepiej niż kolejne czytanie tego samego materiału.





# Fizjologia



Potrzeby fizjologiczne są kluczowe: **sen, odżywianie i nawodnienie.**

Sen: konsolidacja śladów pamięciowych w pamięci długotrwałej, wtórna aktywacja wspomnień w fazie snu wolnofalowego (SWS, ang. slow-wave sleep), aktywność hipokampa odtwarzająca najważniejsze zdarzenia.

Późniejsze rozpoczynanie lekcji w szkołach poprawia poziom zaangażowania.

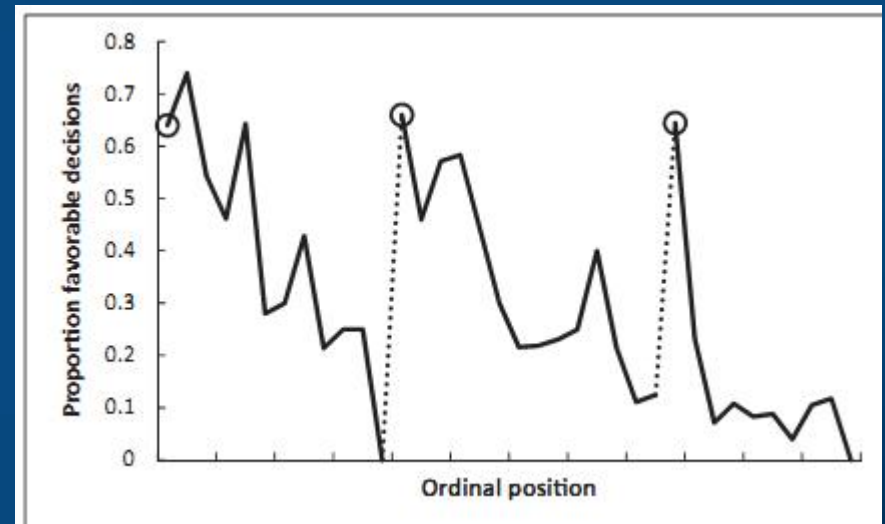
Kofeina, jedyna substancja psychoaktywna, którą mogą spożywać dzieci, może zakłócać cykl snu.

Nawet nieznaczne odwodnienie może powodować obniżenie sprawności poznawczej, ma szkodliwy wpływ na sprawność myślenia.

# Fizjologia: kiedy uczyć?

Na obrazku częstość przyznawania przepustki w zależności od pory dnia dla 1000 decyzji 8 sędziów izraelskich z 20-letnim stażem pracy (S. Danziger 2011).

- Kiedy szansa na przepustkę spada do zera trzeba nakarmić sędziego!



Samoregulacja i podejmowanie decyzji wymaga **energii, tlenu i glukozy**.

Trudno jest myśleć po ciężkim wysiłku umysłowym, pojawiają się stereotypy. Chronobiologia pokazuje, że nie wszyscy potrafią się uczyć o tej samej porze

R.F. Baumeister, Ego Depletion and Self-Regulation Failure. 2003.

Słabiej uzasadnione

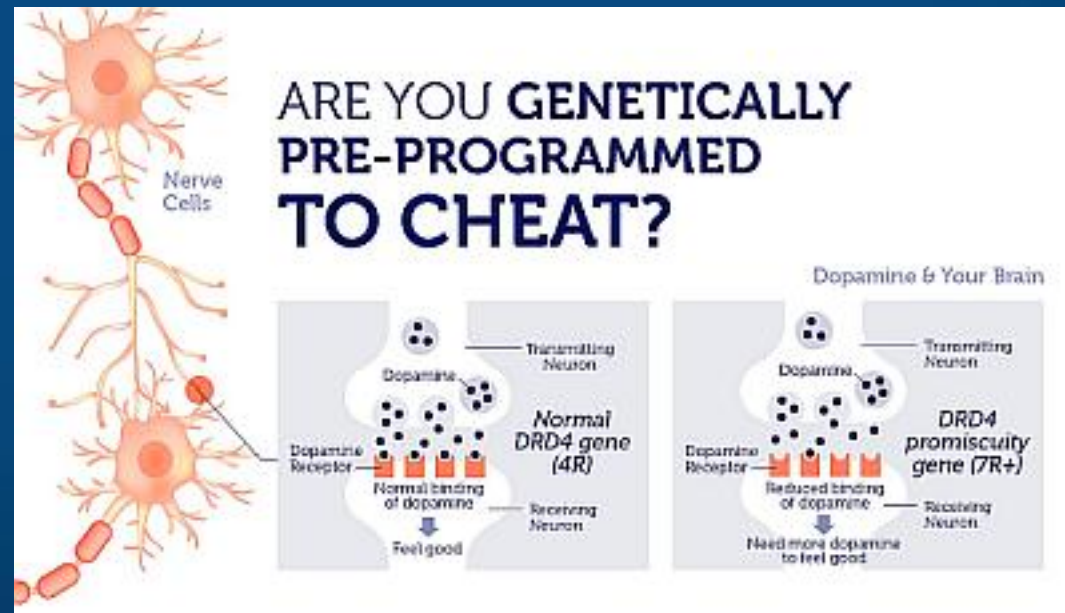
# Geny



Geny mają bardzo duży wpływ na działanie i strukturę mózgu. Genetyka może odgrywać ważną rolę w wyjaśnianiu różnic indywidualnych.

**Nadzieje:** programy nauczania dostosowane do indywidualnego profilu genetycznego? Niektóre **markery genetyczne** już teraz mają wartość praktyczną, dostarczając wiedzy na temat efektów interwencji edukacyjnych.

**Przykład:** gen receptora dopaminowego typu D4 (DRD4 7-repeat) może mieć wpływ na skuteczność oddziaływań edukacyjnych.





# Inne czynniki

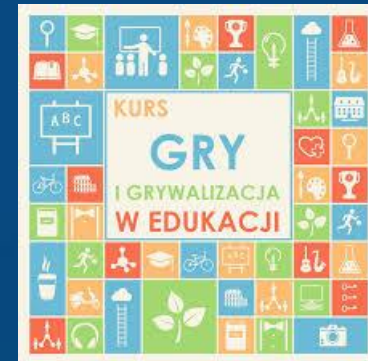
METAFORY  
UCIELEŚNIONE  
IV LETNIA SZKOŁA KOGNITYWISTYKI  
KAZIMIERZ ŚLĄSKI | 11-12 MARZEC 2014  
LSK.KUL.PL



Ciało odgrywa kluczową rolę w rozwoju procesów poznawczych.

Efekt odtworzenia: łatwiej zapamiętać nazwy czynności, kiedy są one wykonywane, niż kiedy je po prostu przeczytamy. Słowa języka obcego nabywane wraz z gestami są łatwiej zapamiętywane.

**Grywalizacja (gamifikacja)** wykorzystuje gry zespołowe by motywować ludzi do podejmowania wspólnych działań, pobudzać do nauki. Wiele gier terapeutycznych przeznaczonych jest dla osób cierpiących na specyficzne zaburzenia rozwojowe.



Warto trenować umiejętności poznawcze pozwalające na kontrolowanie i samoregulację zachowania, kontrolę uwagi, funkcje wykonawcze.

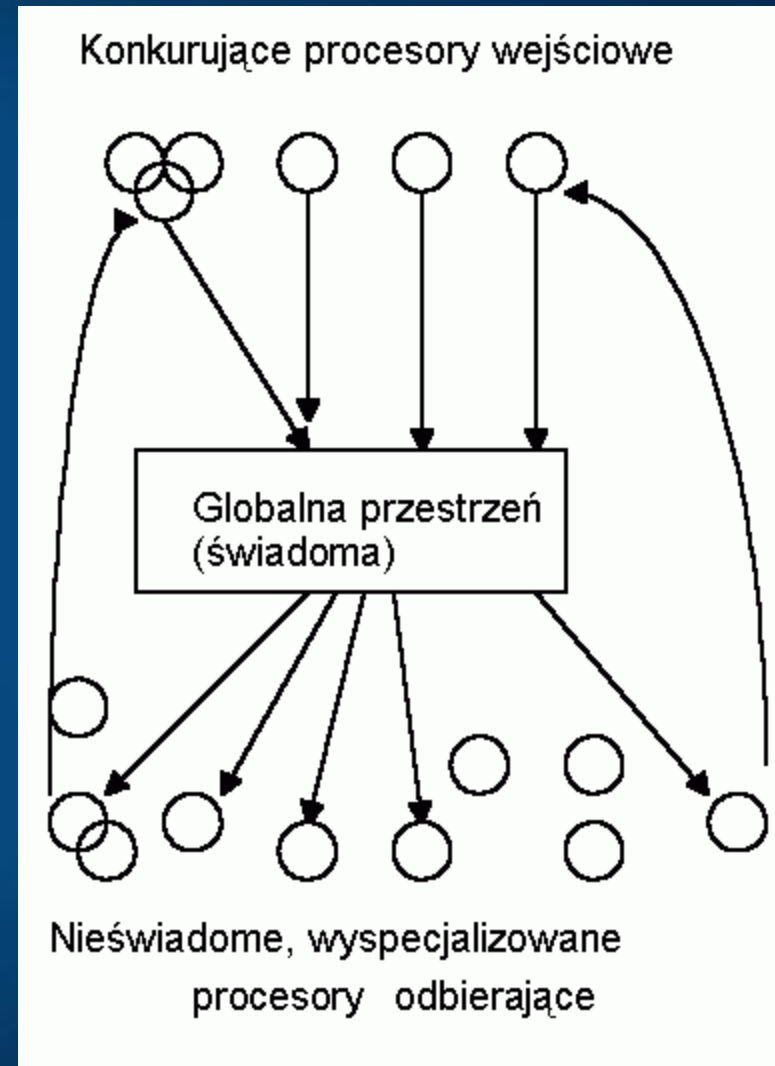
# 3 kroki myślenia

Rozwiązywanie problemu to triada:

- świadome postawienie zadania;
- nieświadome wykonanie obliczeń;
- świadome przedstawienie rozwiązania.

Wystarczy się skupić i oczekiwać na rozwiązanie! Nie musimy się wysilać!  
Takie 3 etapy widać przy:

- rozwiązywaniu problemów;
- spontanicznym, twórczym działaniu;
- szukaniu w pamięci;
- percepcji niejednoznacznych rysunków;
- rozpoznawaniu obiektów;
- planowaniu;
- kontrolowaniu działań: intencja, nieświadome wykonanie i wynik.

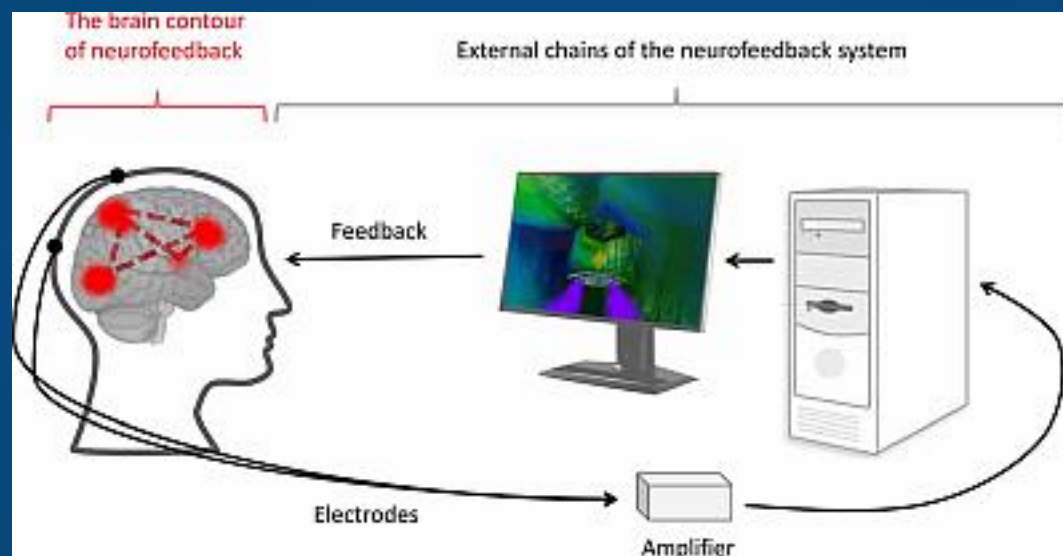


Inżynieria mózgu?

# Neurofeedback i neuromodulacja

**Neurofeedback** pozwala użytkownikowi wpływać na stan swojego mózgu dzięki monitorowaniu jego aktywności. Obecnie ma bardzo wiele zastosowań.

Udowodniono korzystny wpływ tej metody na kreatywność.



**Neuromodulacja**, czyli bezpośrednia stymulacja neuronów zwiększająca neuroplastyczność, za pomocą słabych prądów (przezczaszkowa stymulacja elektryczna, TES) lub silnych impulsów magnetycznych (TMS).



# Neurofeedback i kreatywność

Złożone zadania wymagają współpracy wszystkich obszarów mózgu, jak można wzmocnić ich synchronizację?

John H. Gruzelier (Imperial College), SAN President



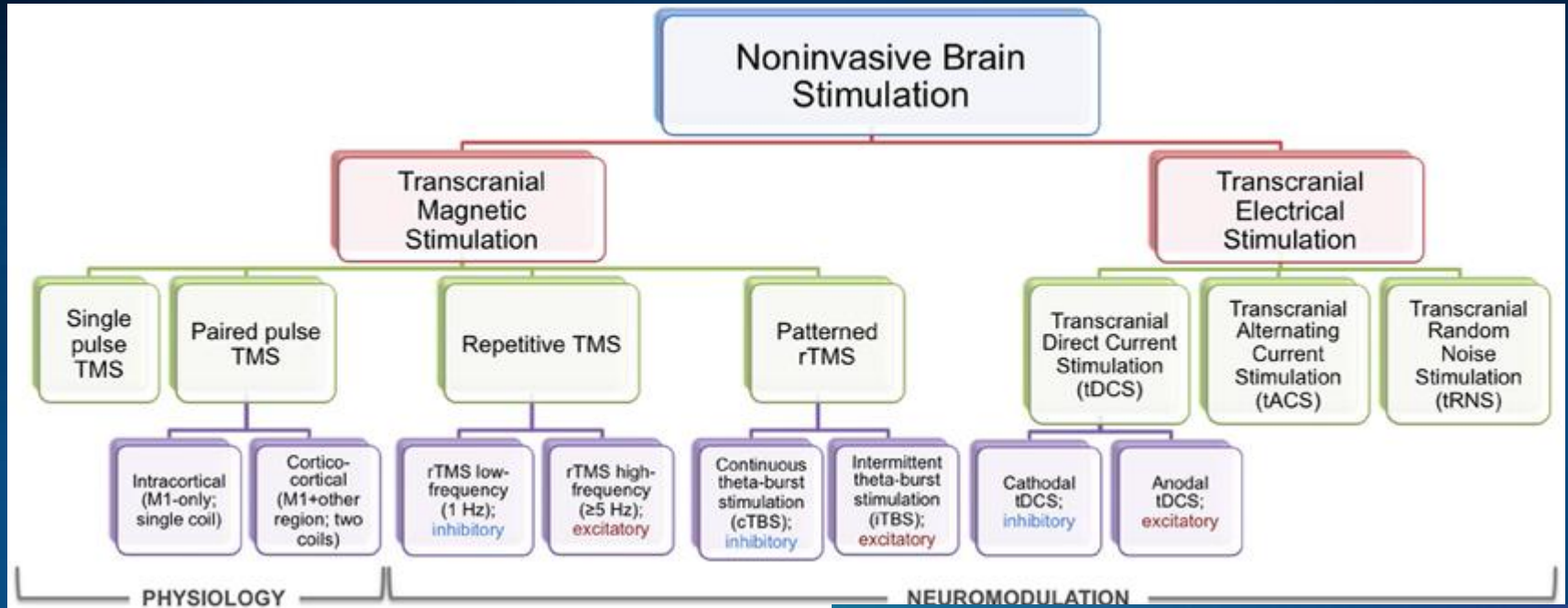
$\alpha$ - $\theta$  neurofeedback dało „znaczącą poprawę poziomu wykonania” przez studentów akademii muzycznej i akademii tańca w Londynie. Neurofeedback i biofeedback oparty na zmienności rytmu serca (HRV) wpływa na poprawę wyników na różne sposoby.

Neurofeedback pomaga synchronizować rytmy i ruchy, HRV ma wpływ na ogólny poziom techniczny wykonania. Zwiększyła się muzykalność śpiewaków i instrumentalistów już po 10 sesjach treningu  $\theta/\alpha$  w ciągu dwóch miesięcy.

Oceniano kreatywność improwizacji – muzyka i taniec wymagają precyzyjnej synchronizacji wszystkich obszarów mózgu.

John Gruzelier, A theory of alpha/theta neurofeedback, creative performance enhancement, long distance functional connectivity and psychological integration. Cognitive Process 2008.

# Stymulacja mózgu



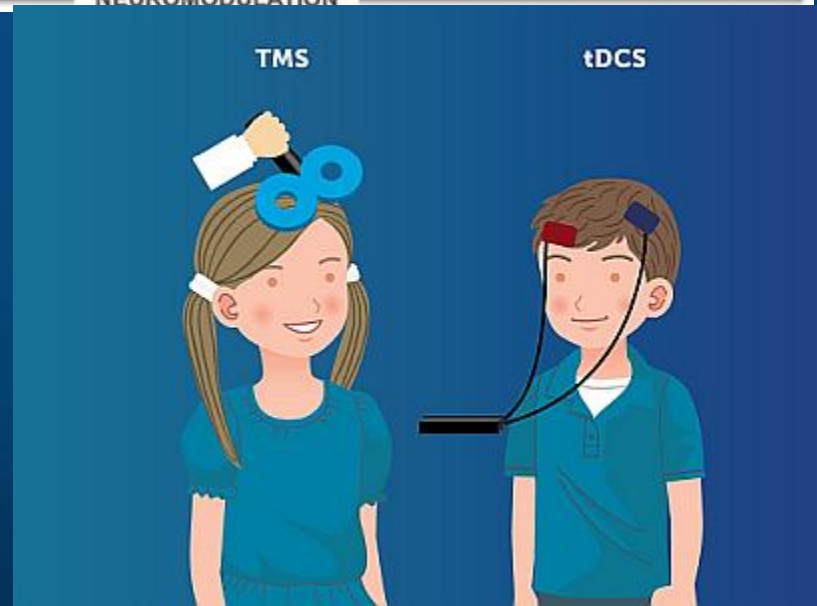
ECT – Electroconvulsive Therapy

VNS – Stymulacja nerwu błędnego

Stymulacja ultradźwiękami i laserem.

Stymulacja impulsami mikrofal.

Pobudzanie kory pomaga utrzymać uwagę bez wysiłku.



# rTMS i zespół savanta

TMS jako stymulacja kreatywności?

Allan W. Snyder et al. (Centre for the Mind, The University of Sydney), Savant-like skills exposed in normal people by suppressing the left fronto-temporal lobe. *Journal of Integrative Neuroscience*, 2003

R.P. Chi, A.W. Snyder, Facilitate Insight by Non-Invasive Brain Stimulation, *PLoS One* 2011

Niektóre upośledzone umysłowo osoby wykazują nadzwyczajne zdolności do zapamiętywania, liczenia, rysowania, czy muzyki – zespół savanta.

Czy można zamienić zdrowego człowieka w Savanta?

Silne pole magnetyczne (3 T) o niskiej częstotliwości

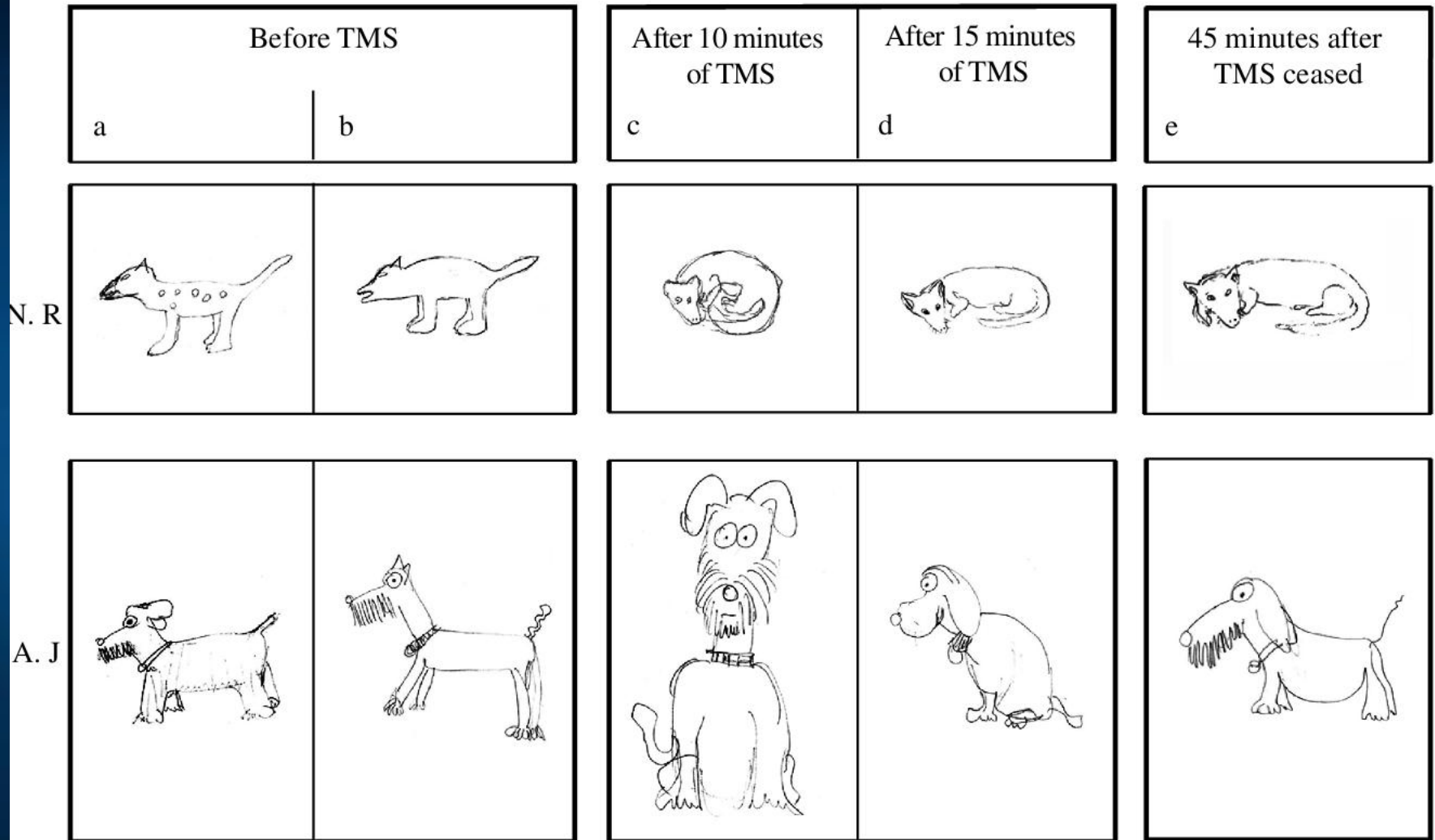
przyłożone do lewego płata skroniowo-czołowego hamuje procesy w części mózgu. Pomogło lepiej rysować 4 z 11 uczestników eksperymentów.

Efekt utrzymuje się przez pewien czas po stymulacji.

Zauważono też wpływ na uwagę wzrokową i inne funkcje.



# rTMS i zespół savanta

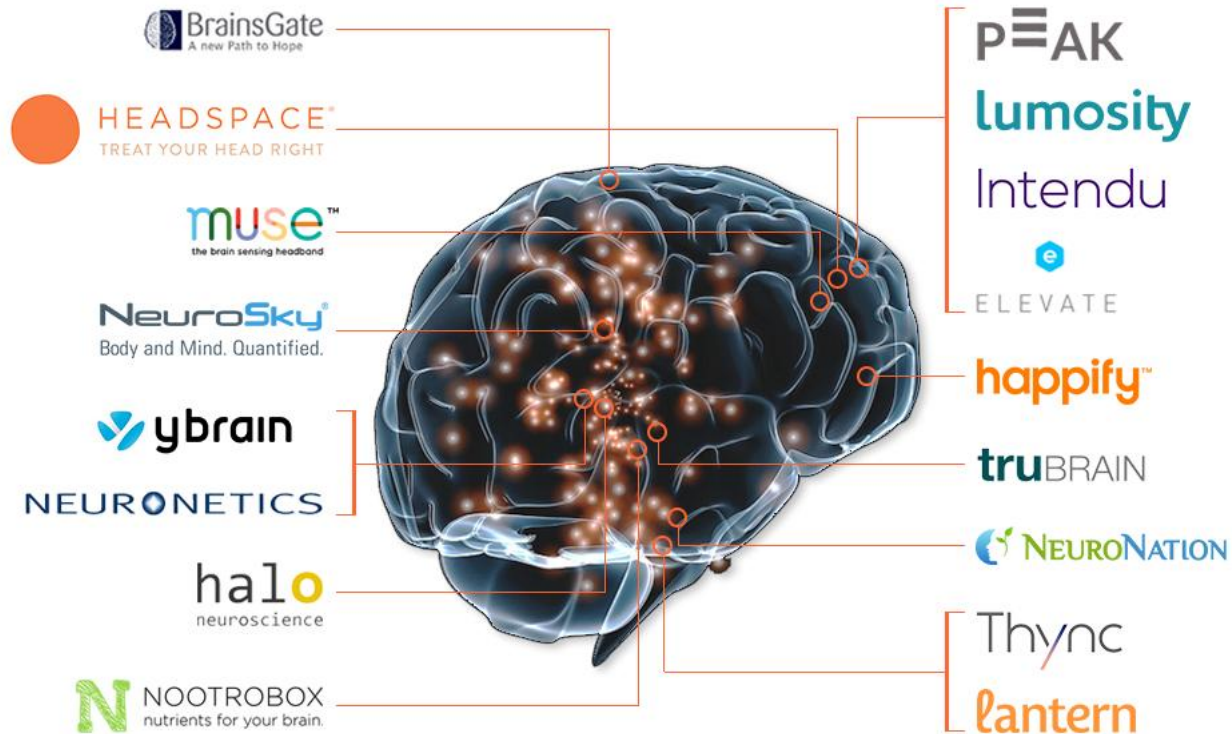


Rysunki po sesji TMS są nieco bardziej interesujące, pobudzenie obszarów zmysłowych lub wyhamowanie aktywacji językowych?

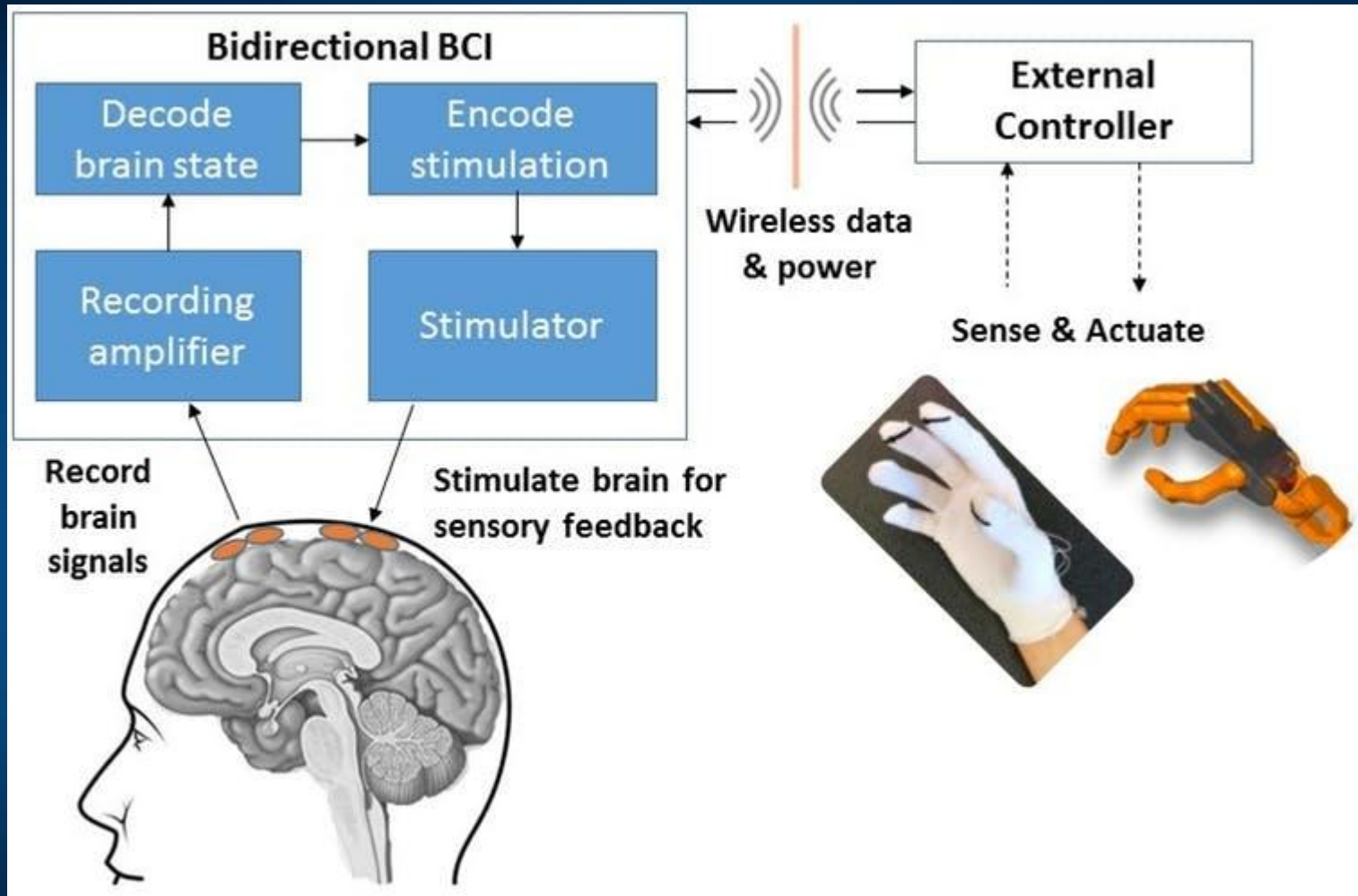


# Poprawianie mózgów

## BOOSTING THE BRAIN: 17 Startups to Watch

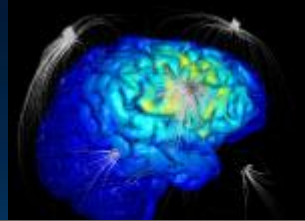


# BCBI: Mózg-Komputer-Mózg



BCI + stymulacja mózgu = BCBI – zamknięta pętla, dzięki której mózg zaczyna się przebudowywać. Ciało można zastąpić sygnałami w Wirtualnej Rzeczywistości.

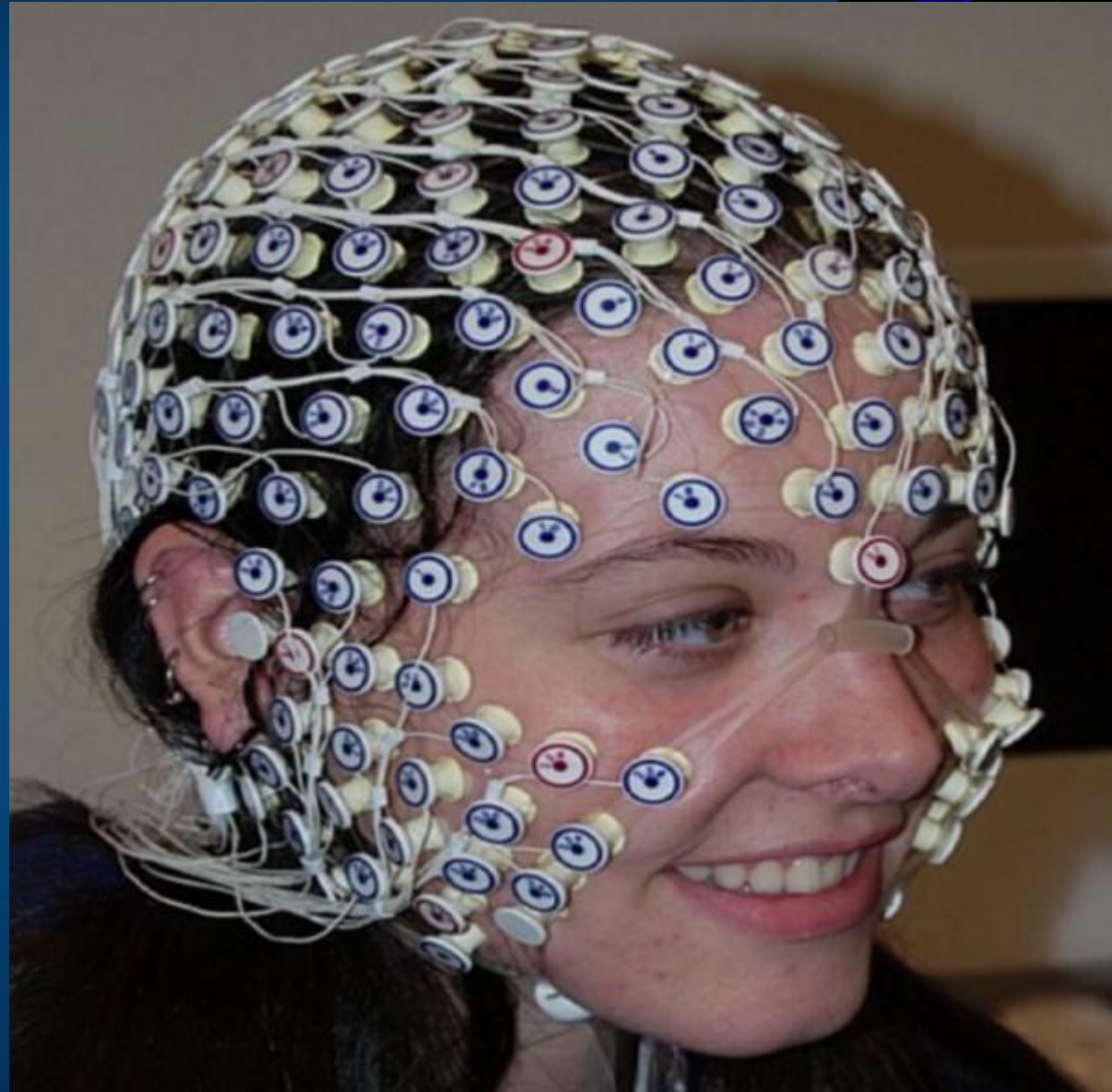
# HD EEG/DCS?



EEG + DCS  
wielokanałowe.

Dzięki temu można  
będzie analizować  
aktywność mózgu i go  
stymulować indukując  
zmiany neuroplastyczne.

Możliwa będzie terapia  
chronicznego bólu,  
psychosomatycznych  
zaburzeń, pamięci,  
poprawa sprawności  
działania mózgu.





# Implanty pamięci !

Obszary mózgu odpowiedzialne za pamięć mogą zostać zastąpione przez elektronikę. Ted Berger, Center for Neural Engineering, University of Southern California, założył firmę **Kernel**, która się tym zajmuje, patent złożony w 2020 r.

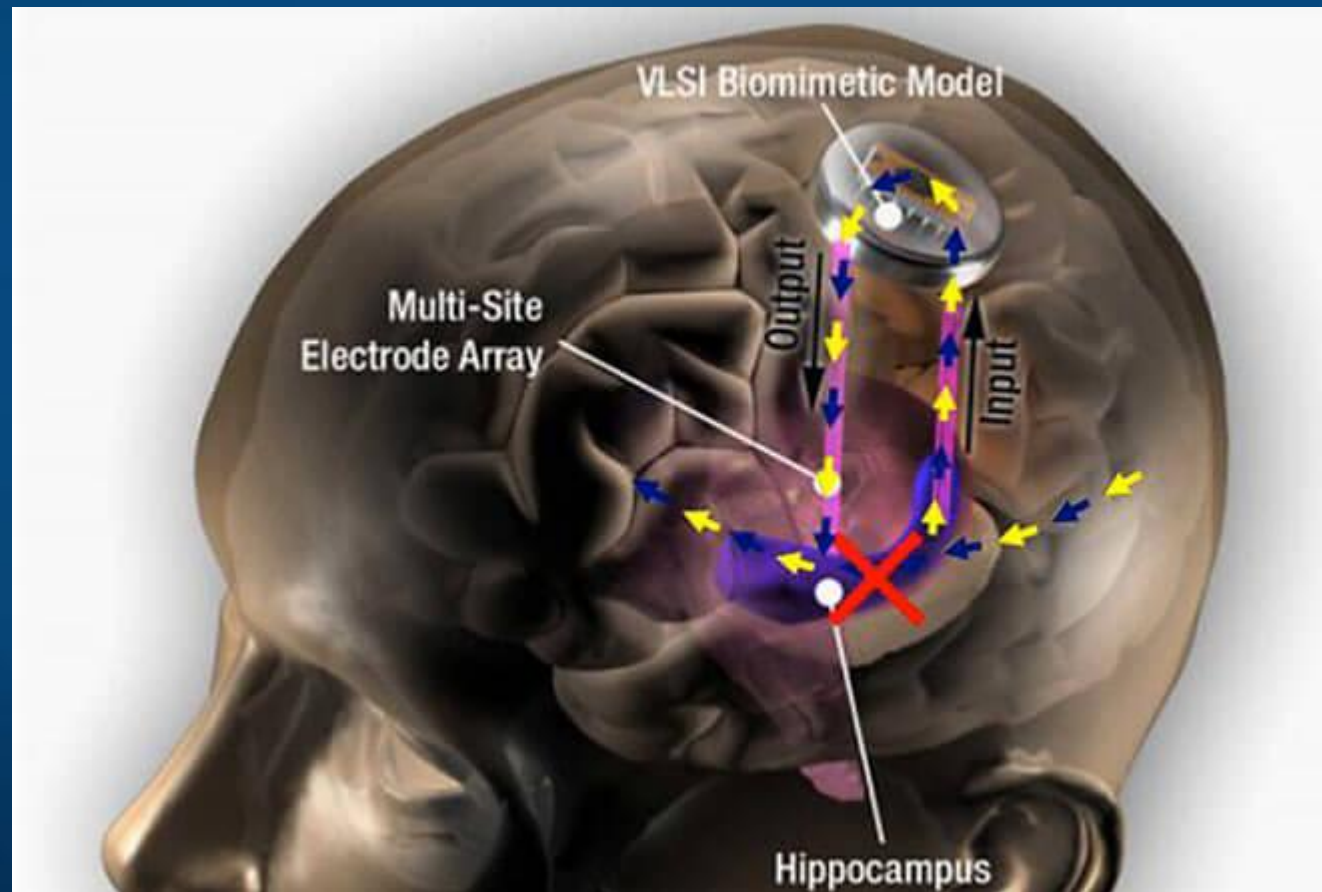




# Implanty pamięci

Testy na szczurach, małpach, a w 2017 roku na 20 ludziach dały poprawę pamięci o 30%. T. Berger: Są dobre przesłanki by wierzyć, że integracja pamięci z elektroniką jest możliwa.

DARPA: program **Restoring Active Memory (RAM)**, dla osób z uszkodzonym mózgiem (TBI), ma być nieinwazyjny. Neurofeedback + neurostymulacja w zamkniętej pętli.



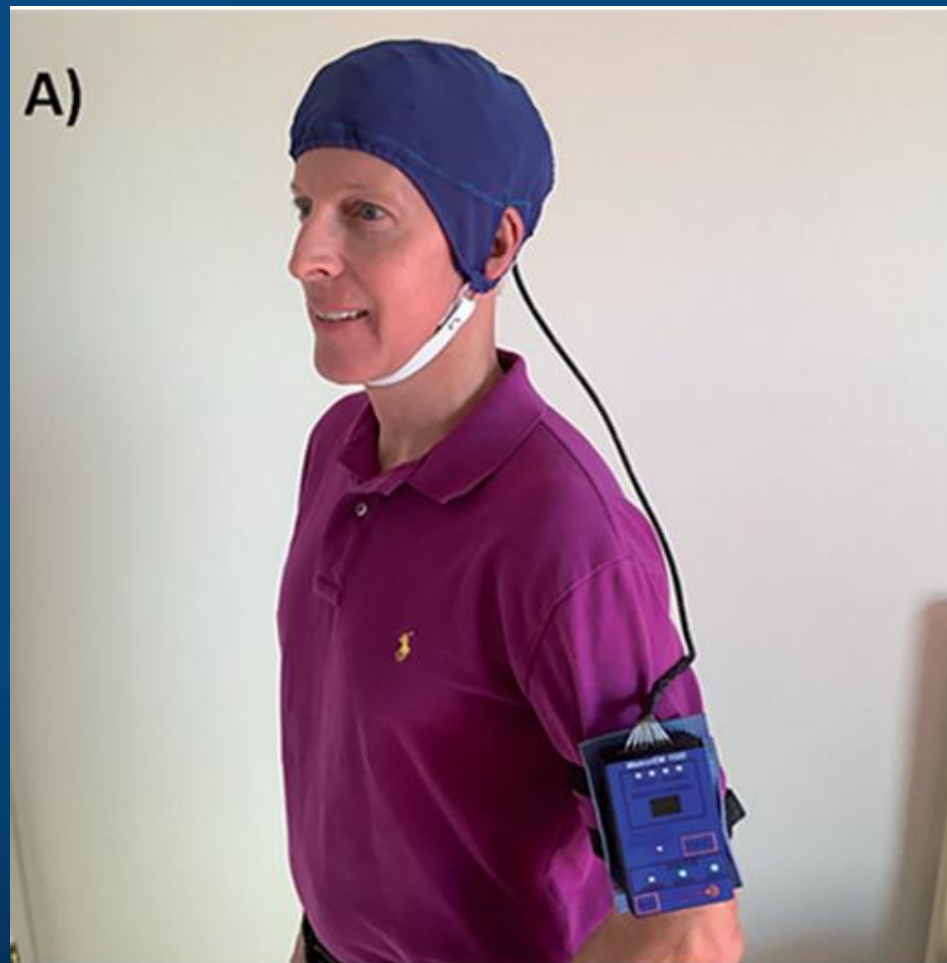
# MemorEM

Transcranial Electromagnetic Treatment (TEMT) składa się z 8 emiterów wysyłających impulsy elektromagnetyczne rozbijające agregaty amyloidu- $\beta$  ( $A\beta$ ) i p-tau. To zapobiega i niweluje zaburzenia pamięci.

Badania prowadzono początkowo na myszach, teraz pilotażowo na 8 osobach we wczesnych lub średnio zaawansowanej fazie choroby Alzheimera.

Po 2 miesiącach 2x dziennie po godzinie stan ich pamięci powrócił do poziomu o rok wcześniejszego.

Trwają badania na większej grupie.



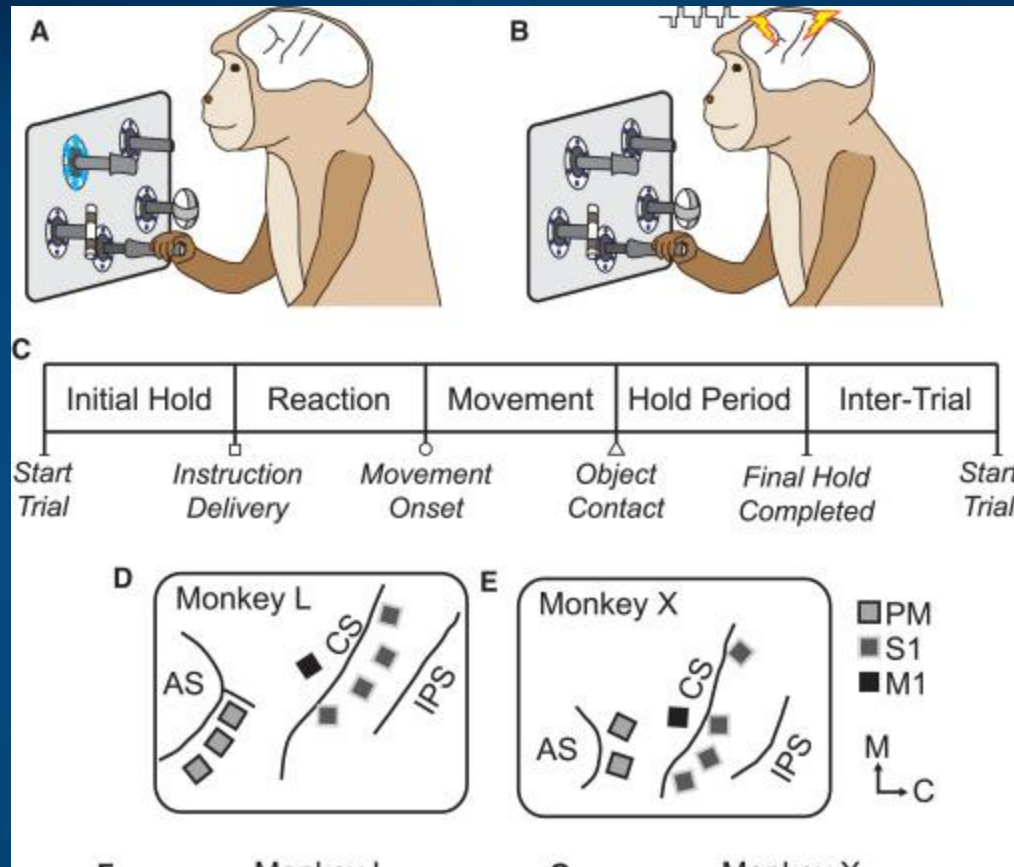
# Trenowanie mózgu

Engagement Skills Trainer (EST) to procedury treningu amerykańskich żołnierzy.

Intific Neuro-EST to technologia wykorzystująca analizę EEG i wielokanałowy stymulator przeczaszkowy (MtCS) do transferu umiejętności pomiędzy mistrzem i uczniem.



# Mikrostymulacje



Instrukcje działania można też „wstrzykiwać” za pomocą impulsów elektrycznych prosto do kory przedruchowej, tak słabych, że nie są odczuwane. Skojarzenia różnych ruchów i miejsca stymulacji w korze PM można się nauczyć.



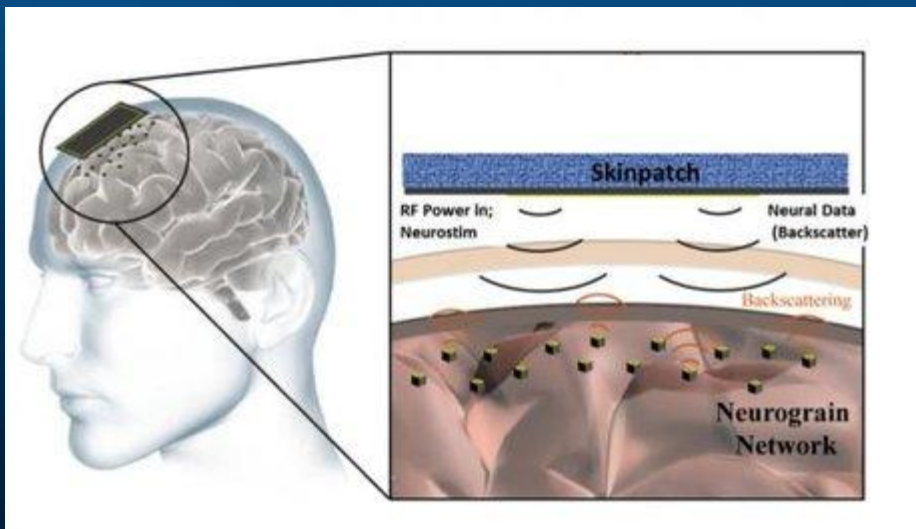
# Milion elektrod w mózgu?

Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA:  
**Neural Engineering System Design (NESD)**, 2016.

Interfejs odczytujący impulsy  $10^6$  neuronów, pobudzający  $10^5$  neuronów,  
jednocześnie czytający i pobudzający  $10^3$  neuronów.

DARPA przyznała granty 7 grupom badawczym na projekty w ramach programu  
*Electrical Prescriptions (ElectRx)*, którego celem jest rozwój systemów BCBI  
modulujących aktywność nerwów peryferyjnych w celach terapeutycznych.

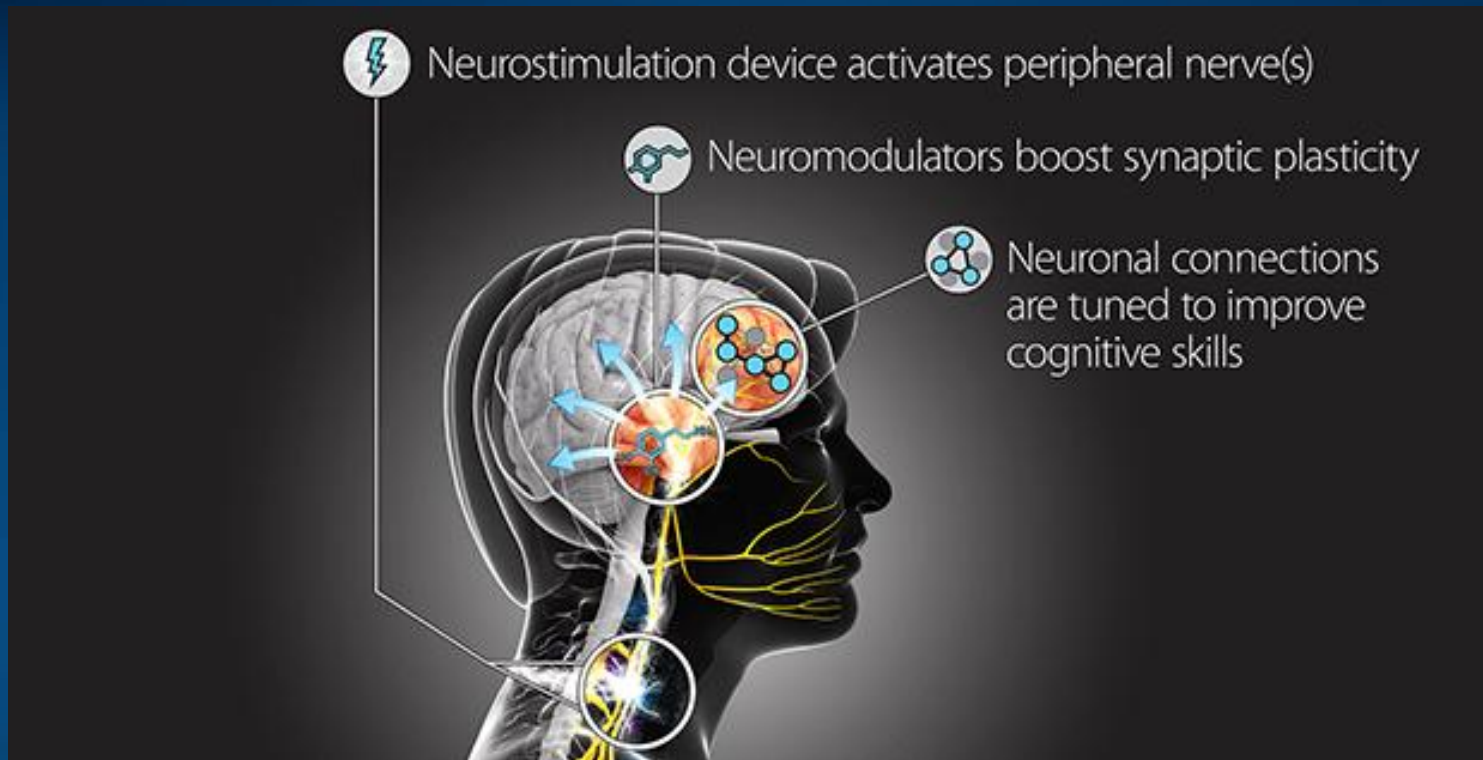
*Neural lace* i *neural dust* Elona Muska, na razie stosowany na zwierzętach.



neural  
lace  
**ultra-thin  
mesh**



# Targeted Neuroplasticity Training



[DARPA \(2017\)](#): Projekt TNT powinien umożliwić naukę wielu kognitywnych umiejętności, zmniejszając koszty i czas trwania treningów prowadzonych przez Ministerstwo Obrony. Oprócz zachowań na polu walki projekt TNT powinien skrócić czas uczenia się obcych języków, przygotowania analityków wywiadu, kryptografów i innych specjalistów.

# Co jest najważniejsze?



- Energia: glukoza, dotlenienie mózgu, nawodnienie.
- Sen, relaks i nauka oczyszczania umysłu, trening uwagi.
- Większe zaangażowanie to większa aktywacja obszarów mózgu i lepiej zapamiętana informacja: liczy się forma przekazu, ciekawość, skupienie.
- Motywacja, rola wyzwań, emocji, grywalizacji i mechanizmów uwagi w neuroplastyczności: prezentacje przed grupą wzmagają motywację.
- Wzrok angażuje prawie połowę mózgu: kolor, ruch, tekst, infografiki.
- Język, ruch angażuje drugą połowę mózgu. Pomaga muzyka i taniec!
- Konsolidacja pamięci: przerwy, ćwiczenia fizyczne połączone z mentalnymi.
- Zmęczenie neuronów: potrzebna jest zmiana aktywnych obszarów mózgu, więc warto przeplatać różne typy aktywności, mieszać znane z nowym.
- Głębokie kodowanie pogłębia zrozumienie, tworzenie różnorodnych skojarzeń.
- Hierarchiczna struktura informacji, od ogólnego szkicu do szczegółów.

# Podsumowanie



- Uczenie się i formowanie długotrwałej pamięci wymaga dobrego zakodowania informacji tak, by była łatwo dostępna dzięki licznym skojarzeniom, schematom poznawczym i szczegółom epizodycznym.
- Trzeba umieścić materiał w jak najszerszym i już znanym kontekście, pobudzać zmysły i wyobraźnię, zarówno na etapie zapamiętywania jak i przypominania. Technika zwana pałacem pamięci wykorzystuje pamięć przestrzenną, aktywizuje hipokamp.
- W procesie konsolidacji pamięci semantycznej w mózgu tworzą się rozbudowane schematy poznawcze. Przerwy i powracanie w kolejne dni do danego materiału pomaga w konsolidacji pamięci i budowaniu schematów.
- Nawiązywanie do już zapamiętanej wiedzy wzmacnia schematy poznawcze, ale mogą się zgubić ważne szczegóły, warto zwracać na to uwagę.
- Należy uważać na fałszywe wnioski i nieporozumienia, które mogą wyniknąć z integracji z wcześniej zapamiętaną, błędną wiedzą, utratą istotnych informacji, co ujawnia się przy regularnym testowaniu.



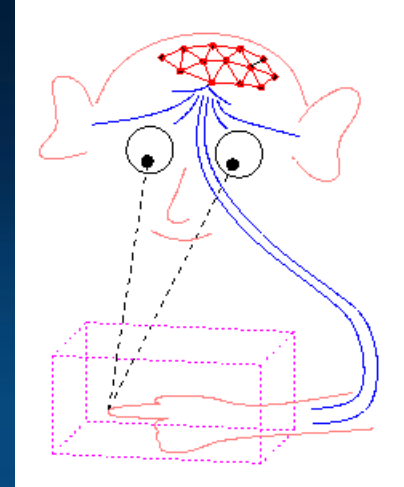
# Perspektywy

Neuronauki dają na razie edukacja ogólne wskazówki, wiele jeszcze nie wiemy.

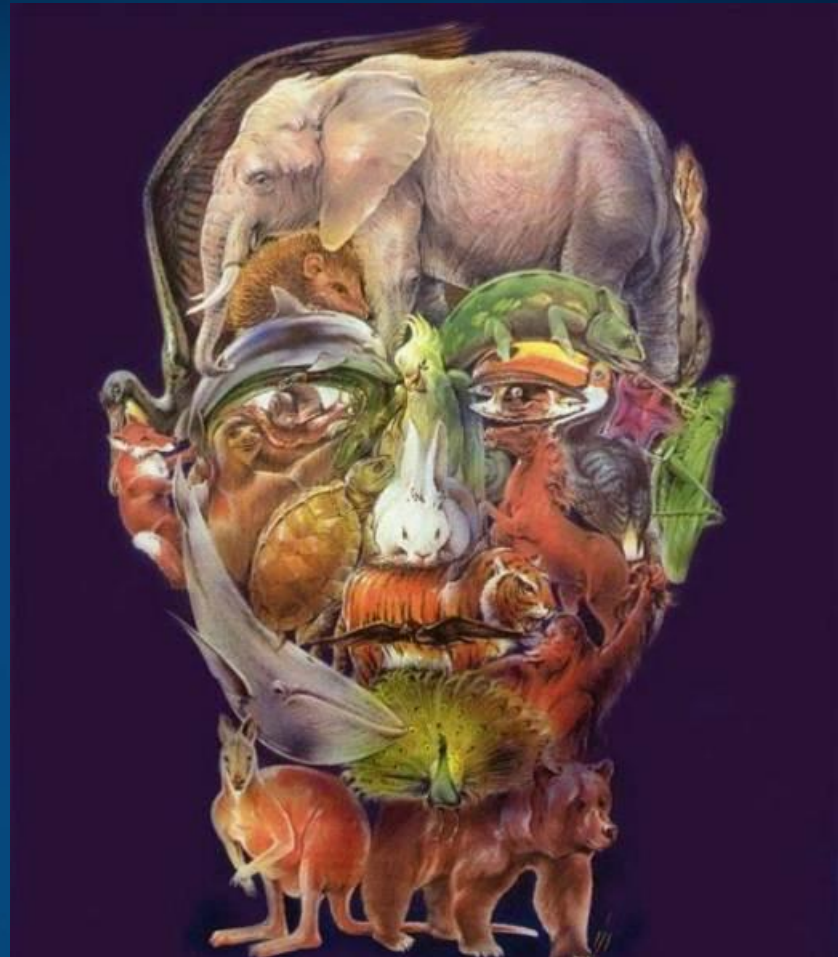
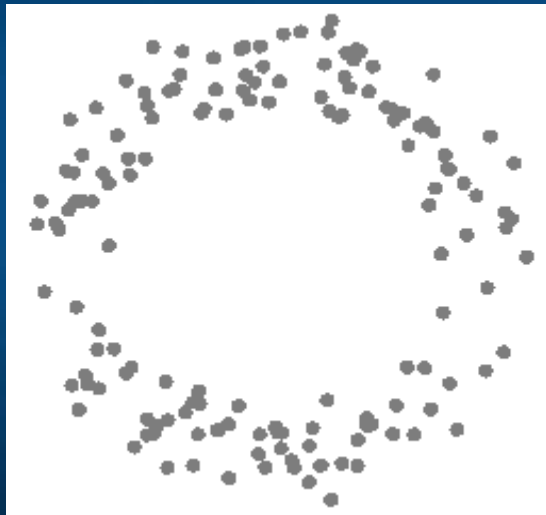
Neuroplastyczność można regulować, przygotowując mózgi do uczenia się i kreatywnego myślenia.

- Okienka plastyczności: stymulacja mózgu DCS, TMS, ale raczej nie prędko w edukacji. Farmakologia jest niezbyt precyzyjna, tylko w zaburzeniach.
- Indywidualne różnice konektomów prowadzą do odmiennej neurodynamiki odpowiedzialnej za wyobraźnię, specyficzne uzdolnienia.
- Markery oparte na EEG/ERP i neuroobrazowaniu przydadzą się do wczesnej diagnostyki problemów (dysleksja, dyskalkulia, pamięć, SLI).
- Neurofeedback, medytacja, relaksacja jako przygotowanie mózgu do uczenia.
- Zaczynać jak najwcześniej: ciekawość, eksploracja, pamięć robocza ...

Pedagogika i socjotechnika będą coraz bardziej związane z neurobiologią i sztuczną inteligencją, monitorującą postępy i zmiany w mózgu.



Dziękuję za  
synchronizację  
neuronów.



Google: Wlodek Duch => wykłady, referaty ++