

# Neuronauka w dydaktyce



Włodzisław Duch

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego  
Katedra Informatyki Stosowanej UMK  
Google: W. Duch

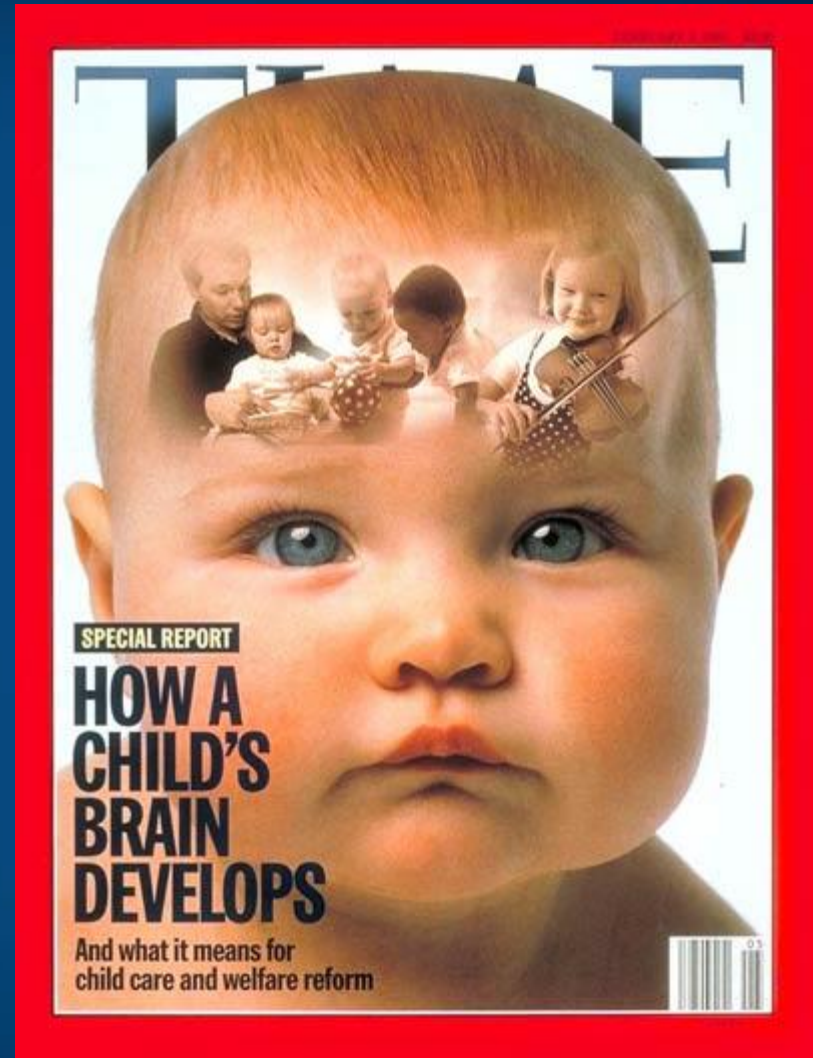
II Kongres Uniwersytetów Dziecięcych, Senat, 26.3.2015

# Mój ulubiony organ!

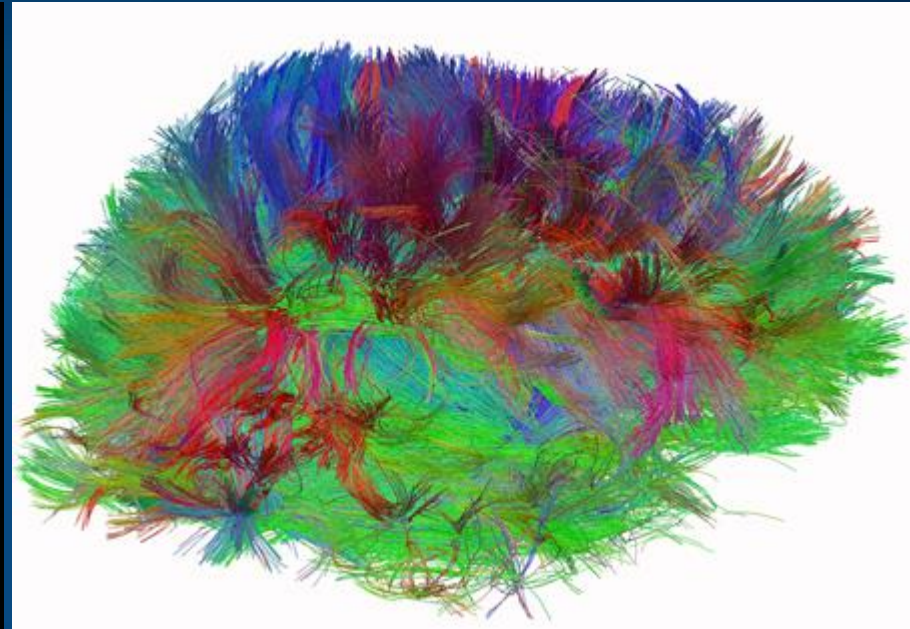
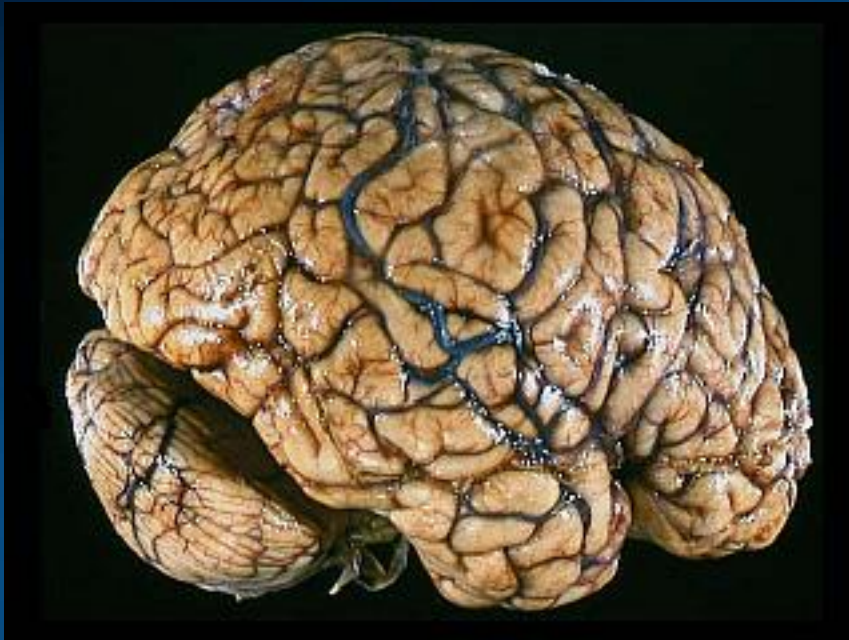


# Plan

- Mózg? Jak to działa?
- Podstawy: neuroplastyczność.
- Neuroedukacja, czyli jak zmieniać mózgi.
- Uwaga, kreatywność, wyobraźnia.
- Wskazówki praktyczne.



# Neuronalny determinizm



**Genetyczny determinizm** narzuca ogólne ograniczenia.

**Neuronalny determinizm:** wynik doświadczeń życiowych, wychowania, prania mózgu, determinuje szczegółowo formę skojarzeń, myśli, odczuć, w kontekście kulturowym.

Nie możemy myśleć inaczej, niż pozwala na to aktywność neuronalna – często konfabulujemy, ale prawdziwa przyczyna to neurodynamika.

Metafora: umysł to cień aktywności mózgu.

# Geny i mózgi

Genetyka jest w modzie, ale pomyślmy ...

Robak



19.000 genów  
302 neurony  
7800 synaps

Człowiek



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

Wniosek:

Genetyka nie wystarczy by zrozumieć ludzki mózg.  
Nie będzie cudownej pigułki ...

# Neuroedukacja

Edukacja to rzeźbienie w mózgu!

Procesy w mózgu przebiegają drogami wyłobionymi przez doświadczenie i nauczyciela.

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

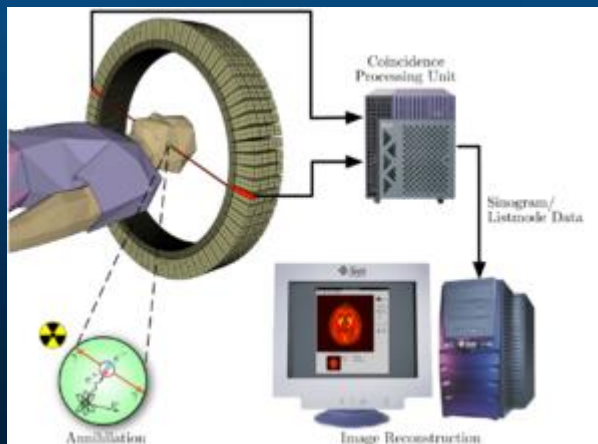
**Neuroedukacja:** interdyscyplinarna dziedzina łącząca wyniki neuronauk, psychologii i pedagogiki w celu opracowania bardziej efektywnych metod nauczania. Nowa?

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!

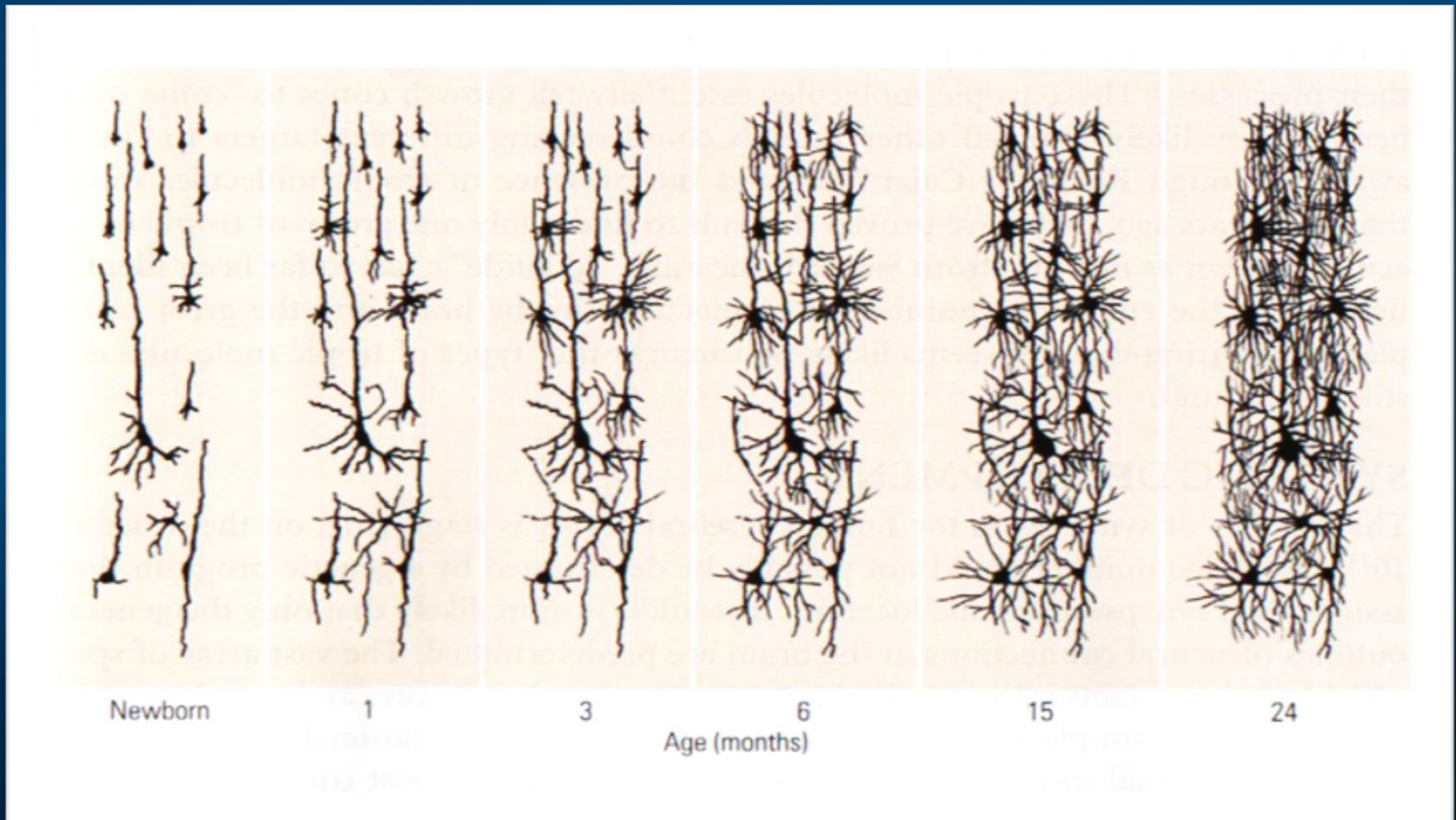


# Zabawki



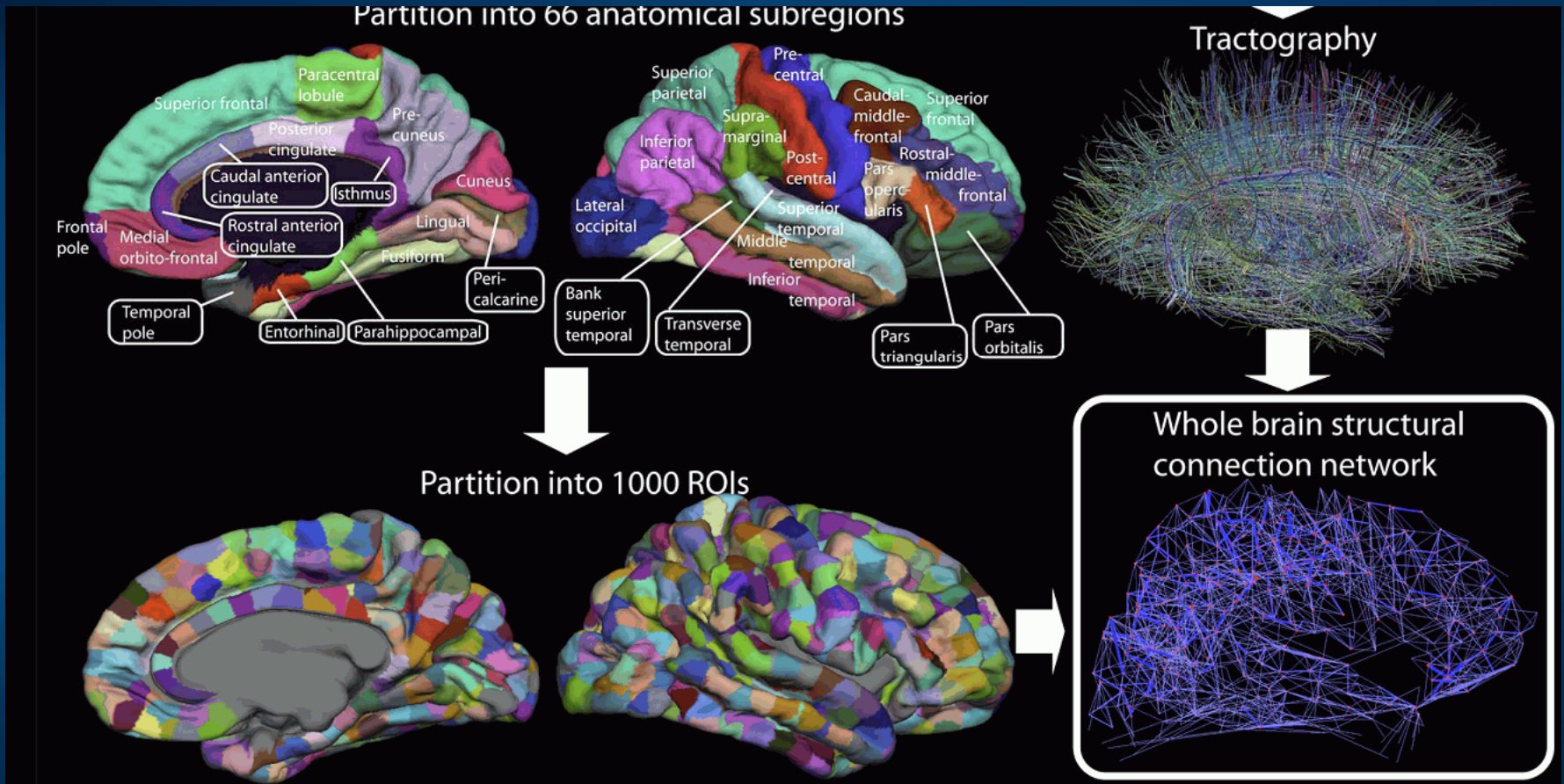
# Od 0 do 24 miesięcy

Mózg po urodzeniu ma tylko  $\frac{1}{4}$  końcowej masy.





# Konektom



Cel: 1000 regionów, których aktywacja pozwoli scharakteryzować stan mózgu.  
Pojęcie = kwazistabilny stan, można częściowo opisać przez jego sąsiedztwo, relacje z innymi pojęciami, synonimami, antonimami.

# Kiedy powst

Konieczna aktywność kory

Strumienie wstępujące i zstępujące

Co dzieje się gdy przepływa

C. Gilbert, M. Sigman, Brain

Neuron 54(5), 677-696, 2000

Przetwarzanie informacji z

"odgórnym", w których zło

Kora funkcjonuje jako syst

uwagi, oczekiwań, zadań z

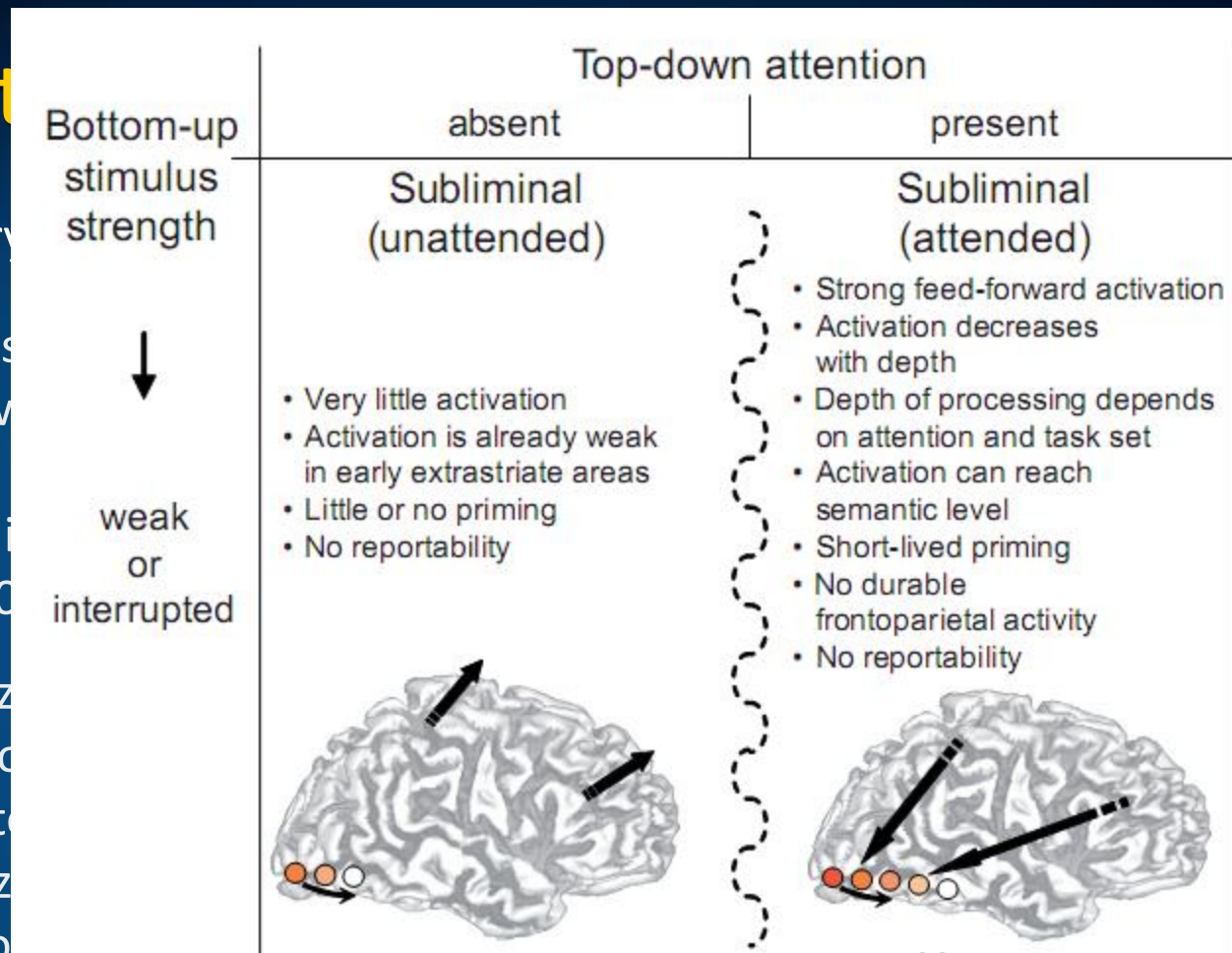
interakcją pomiędzy wieloma obszarami, w tym modulując lokalny i globalny

obwodów przez sprzężenia zwrotne. Zakłócenia tego przepływu informacji mogą prowadzić do zaburzeń behawioralnych.

Dehaene i inn, Conscious, preconscious, and subliminal processing. TCS 2006

Siła wpływu informacji wstępującej i uwaga (informacja zstępująca), dają 4

sytuacje, w których bodźce i uwaga są konieczne do świadomej percepcji.



# Kiedy powstają świadome wrażenia?

Konieczna aktywność kory

Strumienie wstępujące i zstępujące

Co dzieje się gdy przepływa

C. Gilbert, M. Sigman, Brain  
Neuron 54(5), 677-696, 2005

Przetwarzanie informacji z

"odgórnym", w których zło

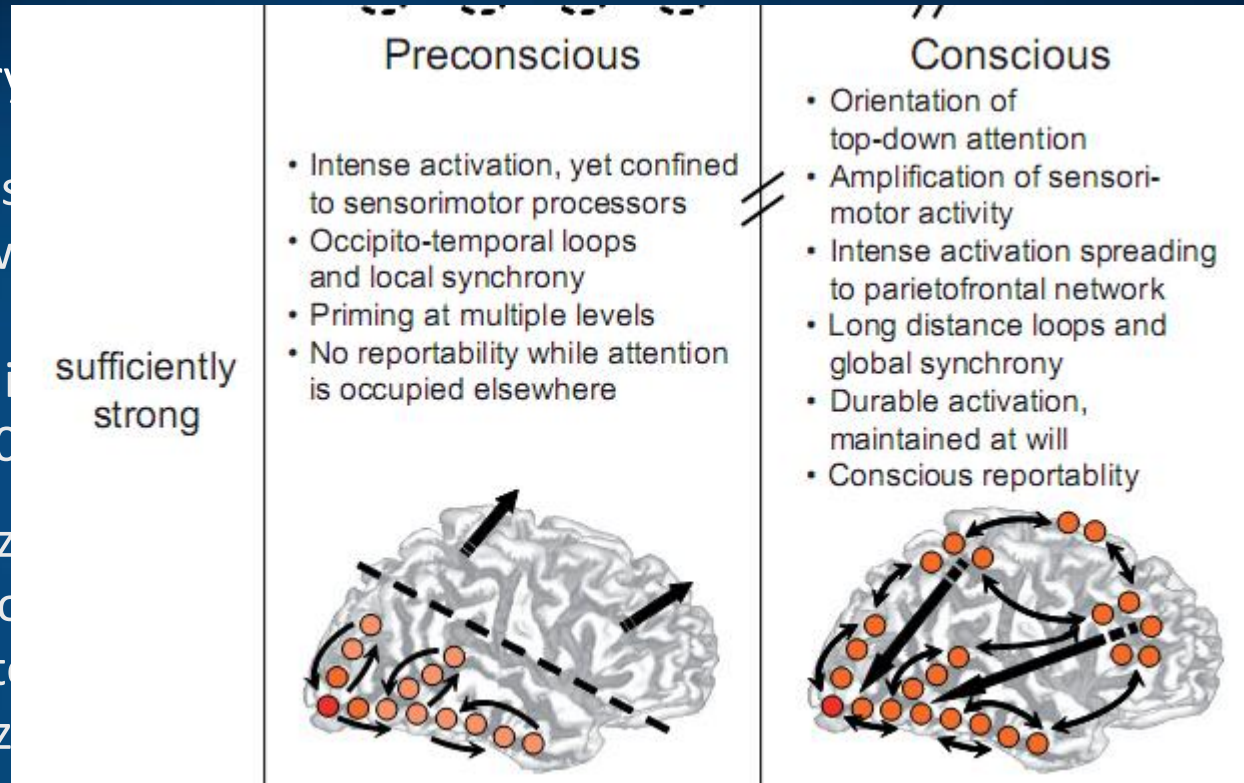
Kora funkcjonuje jako syst

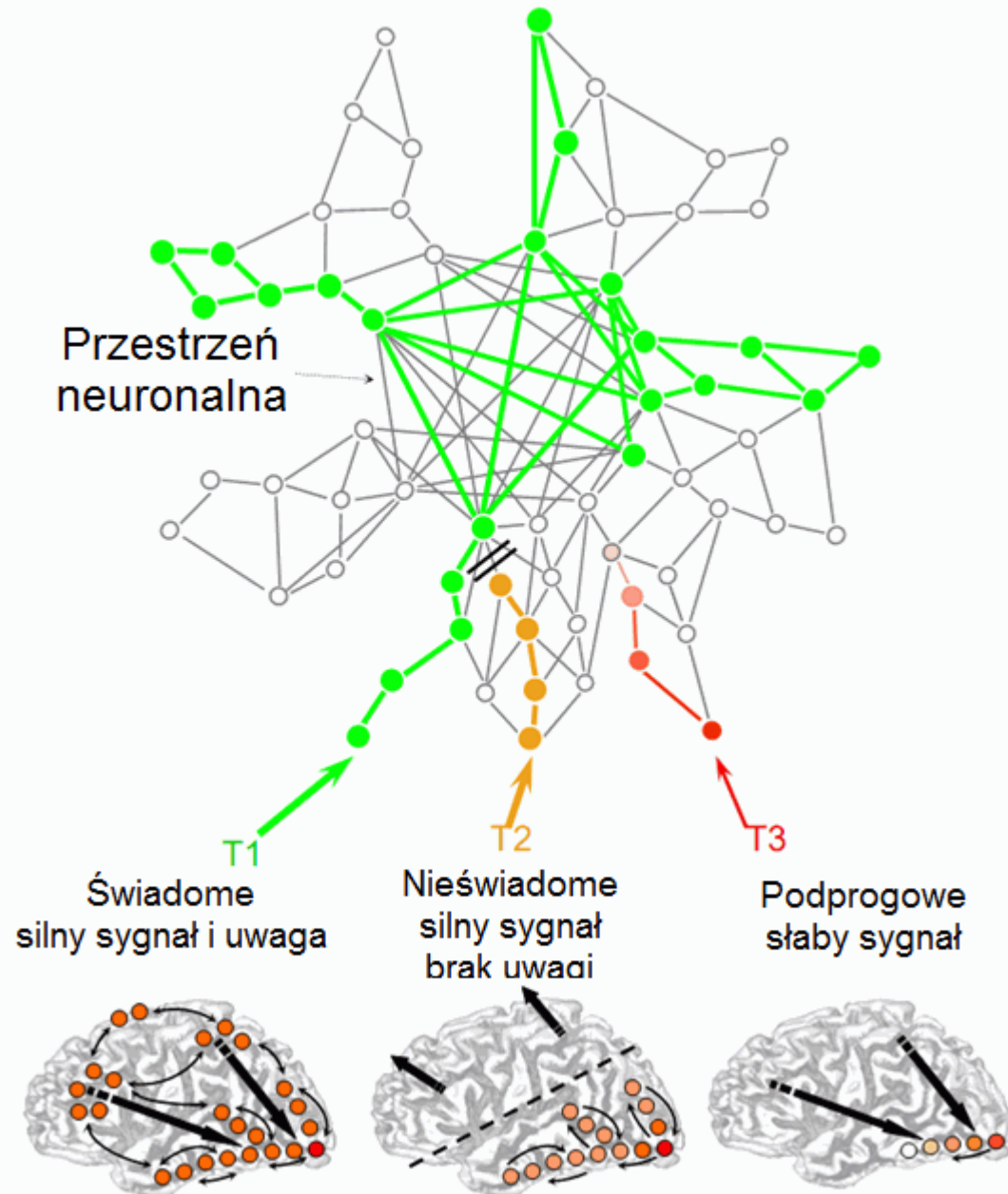
uwagi, oczekiwań, zadań z

interakcją pomiędzy wieloma obszarami, w tym modulację lokalnych mikro-obwodów przez sprzężenia zwrotne. Zakłócenia tego przepływu informacji mogą prowadzić do zaburzeń behawioralnych.

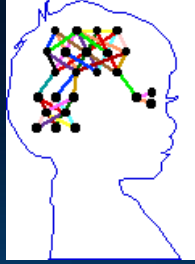
Dehaene i inn, Conscious, preconscious, and subliminal processing. TCS 2006

Siła wpływu informacji wstępującej i uwaga (informacja zstępująca), dają 4 sytuacje, w których bodźce i uwaga są konieczne do świadomej percepcji.

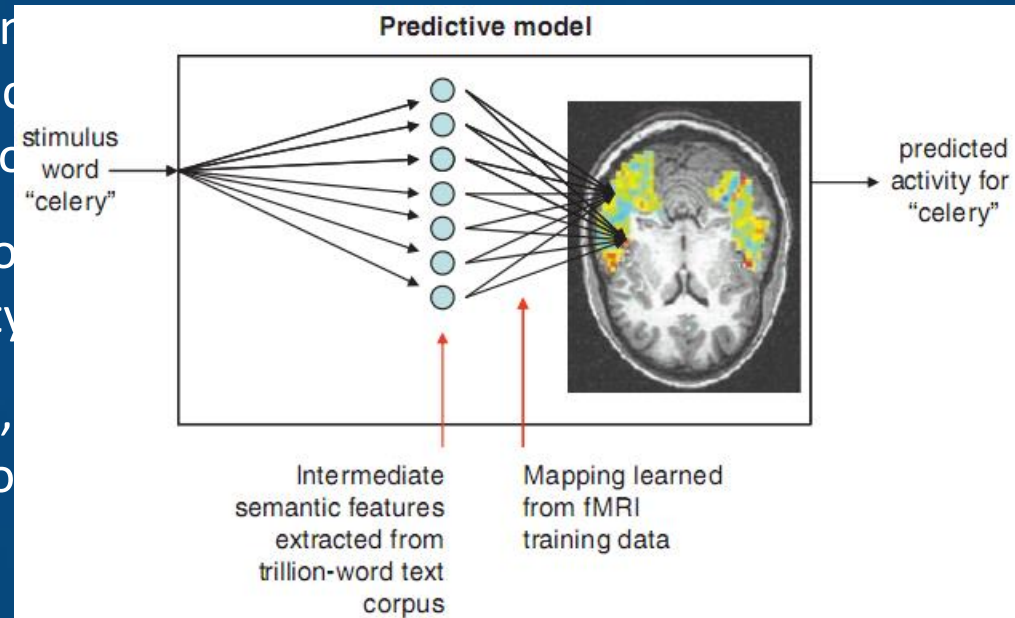




# Neuroobrazowanie słów?



- Predicting Human Brain Activity Associated with the Meanings of Nouns," T. M. Mitchell et al, Science, 320, 1191, 2008
- Czy możemy zobaczyć reprezentację słów w mózgu? Po raz pierwszy udało się zobaczyć aktywność mózgu, która widzą, słyszą lub myślą o celery
- Czytanie słów, jak i oglądanie obiektu, wywołuje podobne aktywności w mózgu
- Indywidualne różnice są spore, ale w skali globalnej są na tyle podobne, że klasyfikatory



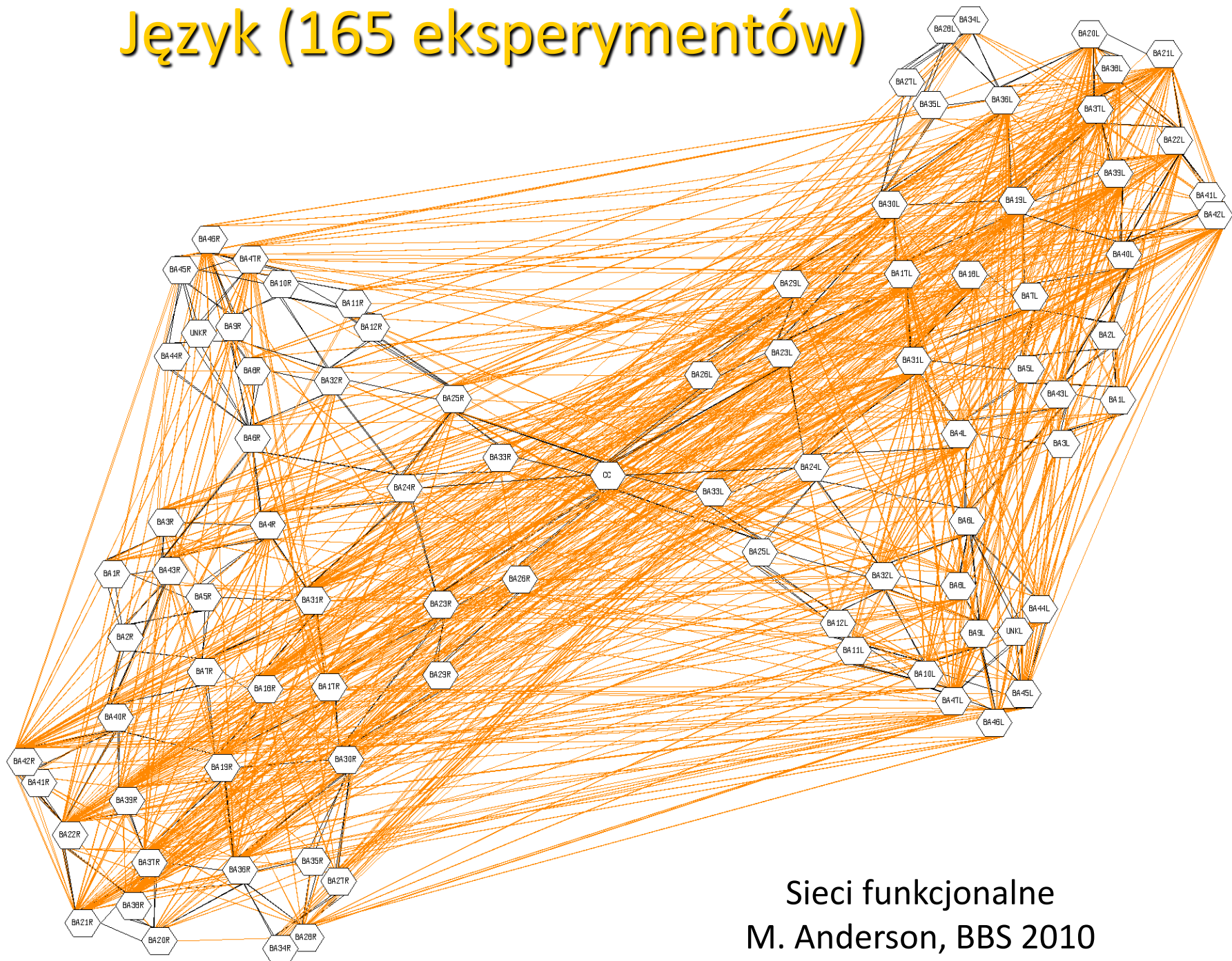
25 cech semantycznych, które odnoszą się do postrzegania/działania.

Sensory: fear, hear, listen, see, smell, taste, touch

Motor: eat, lift, manipulate, move, push, rub, run, say

Abstract: approach, break, clean, drive, enter, fill, near, open, ride, wear

# Język (165 eksperymentów)

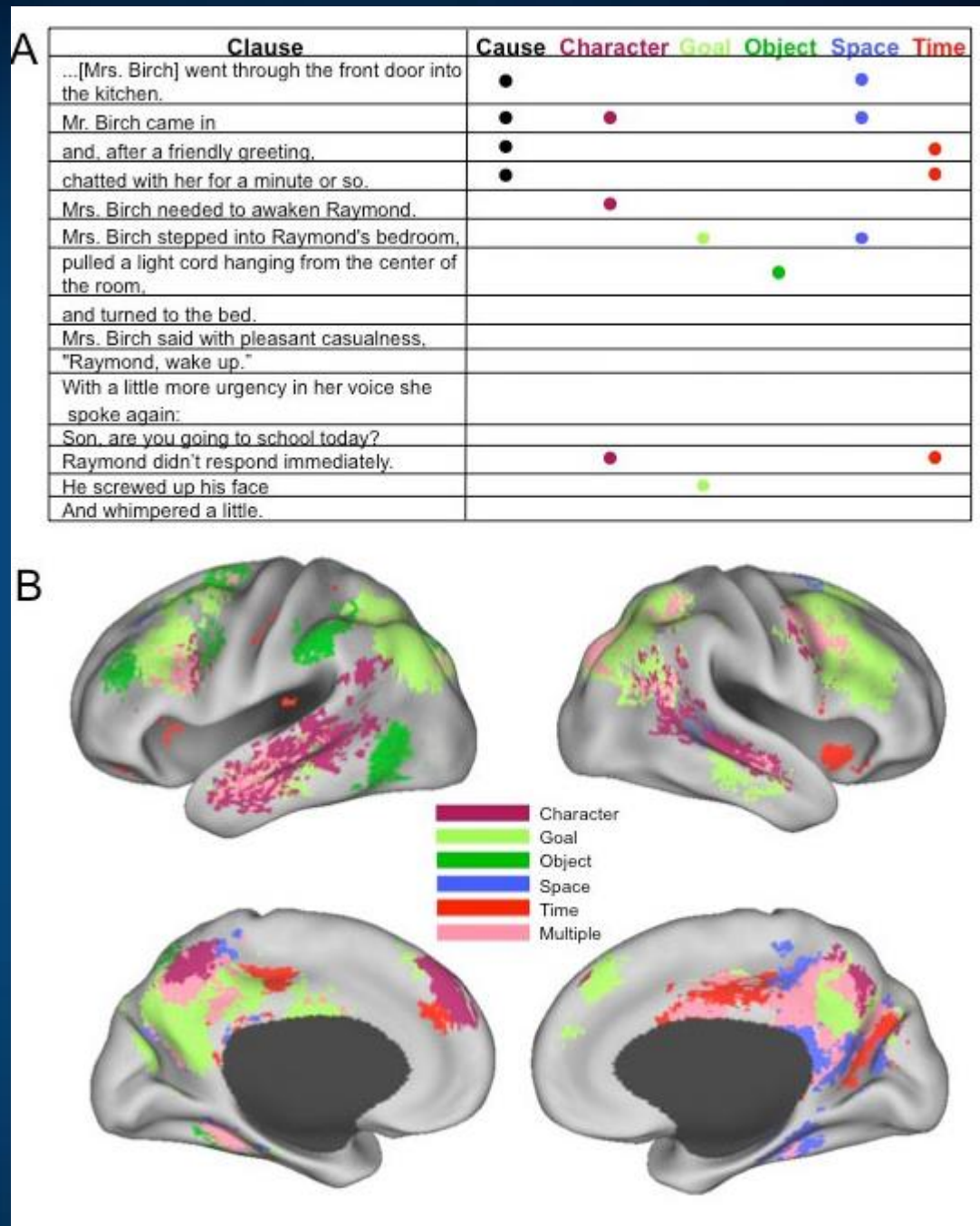


Sieci funkcjonalne  
M. Anderson, BBS 2010

Nicole Speer et al.  
 Reading Stories Activates  
 Neural Representations of  
 Visual and Motor  
 Experiences.

*Psychological Science* 20(8):  
 989, 2009.

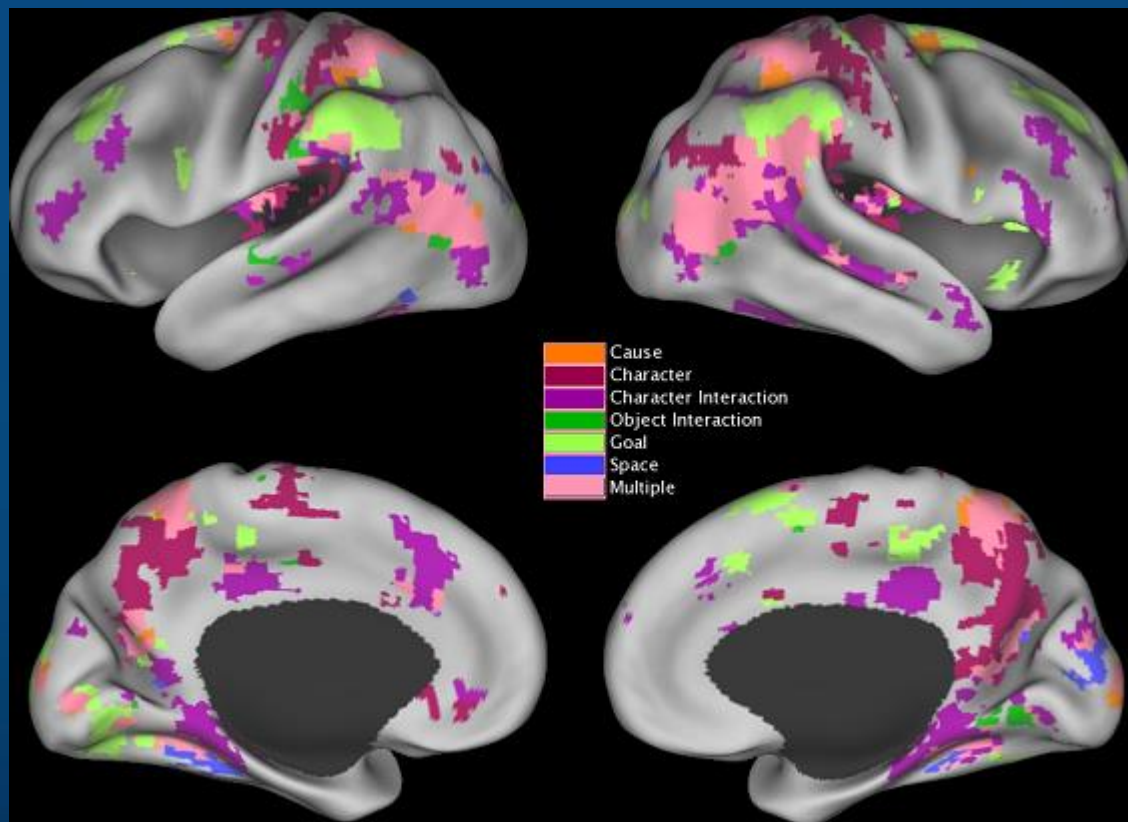
Znaczenie: pomimo różnic  
 szczegółów wynikających z  
 kontekstu daje się wyróżnić  
 prototypowe aktywacje,  
 które reprezentują różny  
 sens pojęć i ich role w  
 zdaniu.



# Segmentacja doświadczenia

Świat naszych przeżyć jest sekwencją scen, stany przejściowe nie są postrzegane (J.M. Zacks, N.K. Speer et al. The brain's cutting-room floor: segmentation of narrative cinema. *Frontiers in human neuroscience*, 2010).

Automatyczna segmentacja doświadczenia to podstawa percepcji, ułatwiająca planowanie, zapamiętywanie, łączenie informacji. Przejścia pomiędzy segmentami wynikają z obserwacji istotnych zmian sytuacji, pojawienia się postaci, ich interakcji, miejsca, celów, jak na filmie.





# Nieświadome wybory

Nijmegen Unconscious Lab,  
<http://www.unconsciouslab.com>

Unconscious Thought Theory (UTT, 2006).

Dijksterhuis, Nordgren, Perspectives on Psych. Science



Czy racjonalnie podejmowane decyzje są najlepsze?

- Większość myślenia odbywa się nieświadomie;
- kreatywność wymaga nieświadomego myślenia;
- podejmowane decyzje są często bardziej zadawalające, 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 ...**

# Logika i język

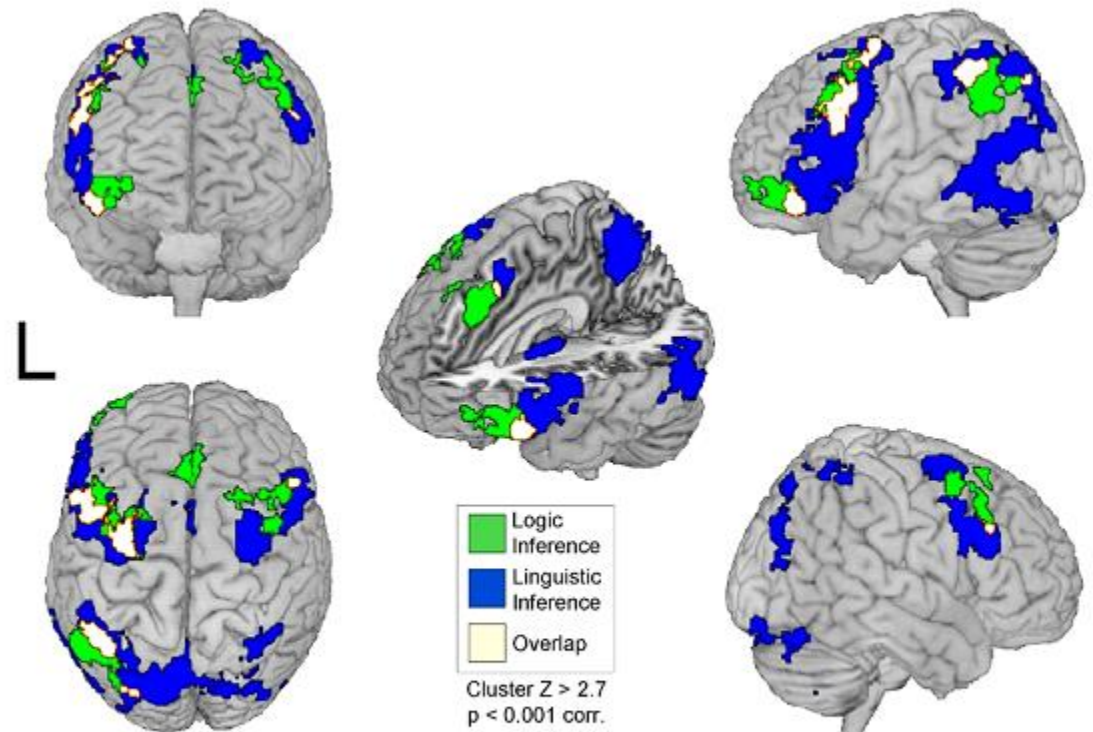
Rozumienie argumentów językowych i logicznych to różne funkcje mózgu.

## Argumenty logiczne:

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

## Arg. lingwistyczne:

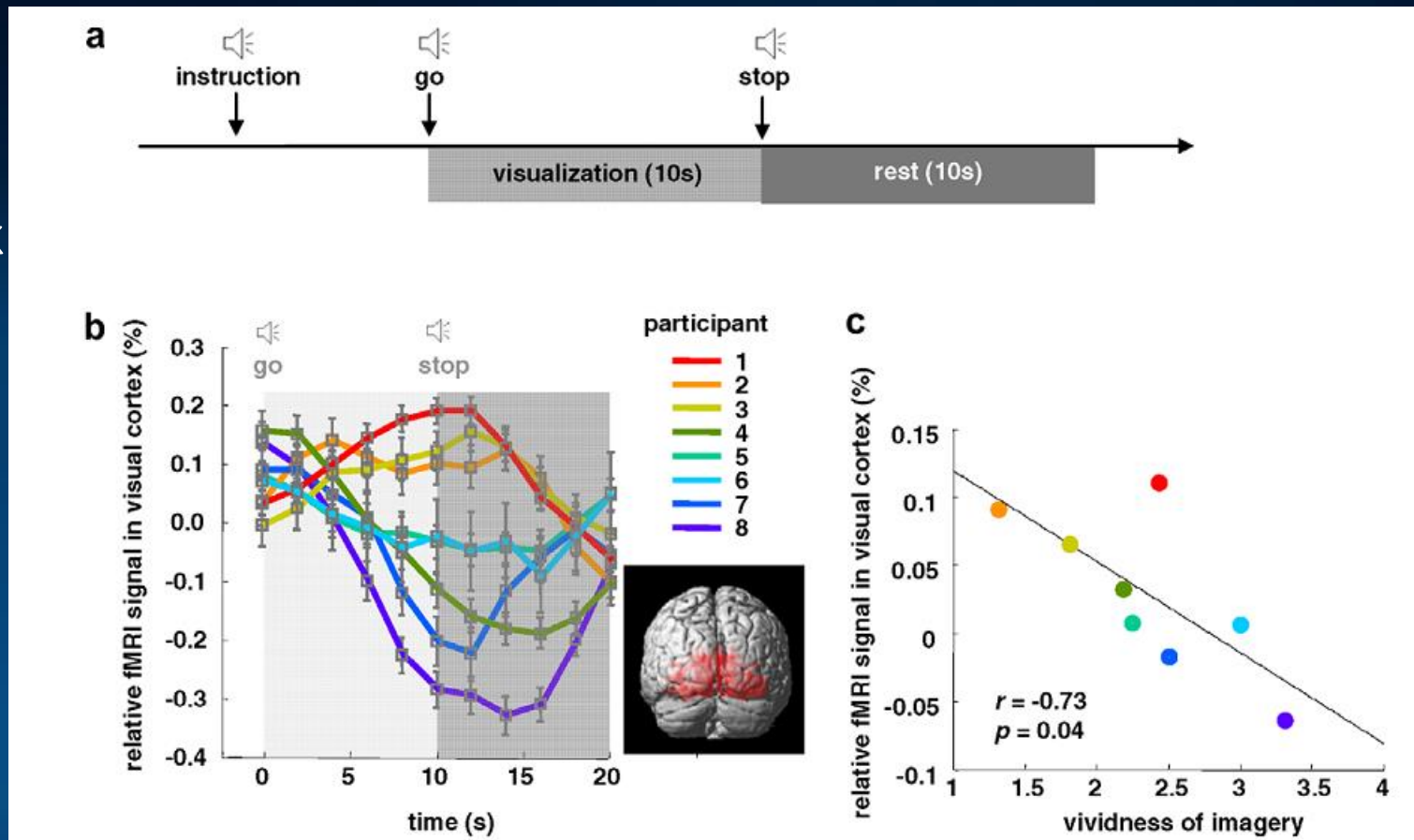
rzecz X, którą Y widział jak Z brał, lub Z był widziany przez Y biorąc X.



**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

Jak



Rezultaty kwestionariuszy Vividness of Visual Imagination (VVIQ) korelują się dobrze z aktywnością pierwotnej kory wzrokowej mierzonej za pomocą fMRI ( $r = -0.73$ ), i z wynikami dla nowych zadań psychofizycznych.

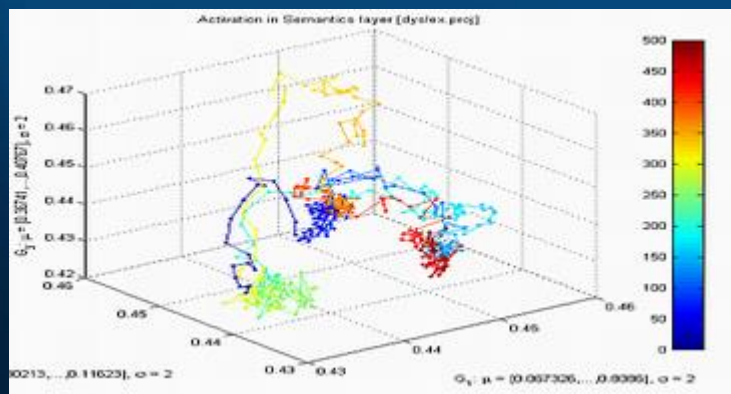
Indywidualne różnice są znaczne, uśrednianie daje mylny obraz.

Niektórzy ludzie mają słabą wyobraźnię wzrokową, być może pobudzenia zstępujące są u nich zbyt słabe by pobudzić wyobrażenia mentalne.

Rekonstrukcja aktywności kory wzrokowej z obrazowania fMRI.

# Mózg jako substrat

- Filozofia i psychologia opisuje naiwne wyobrażenia oparte na pojęciach nie przystających do rzeczywistości.
- W mózgu są tylko elektryczne impulsy, a nie obrazy czy dźwięki. Musimy się wszystkiego nauczyć, nawet tego, jak unikać synestezji, jak odróżniać od siebie modalności zmysłowe.
- Mózg jest substratem, w którym może powstać świat umysłu, labirynt wzajemnych aktywacji. Świadome wrażenia to cień neurodynamiki.
- Czy da się opisać werbalnie stany mózgu z subiektywnego punktu widzenia? Gdybyśmy mieli doskonały model mózgu, czy dałoby się przewidzieć jego działanie w każdym kontekście?



# Modele kognitywne czy neuro?

## Neuronauki:

głównie badania podstawowe,  
molekularne mechanizmy uczenia się,  
neuroplastyczność.

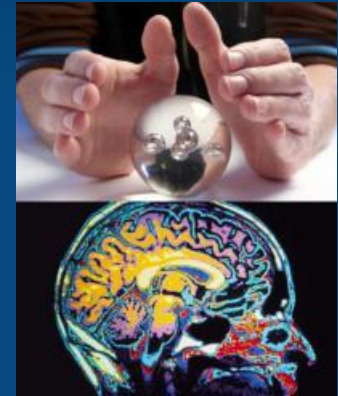
## Psychologia kognitywna:

pomiędzy mózgiem a zachowaniem,  
uproszczone modele przepływu informacji.

## Neuroedukacja:

głównie zastosowania wyników neuronauk i psychologii kognitywnej,  
wystarczają modele kognitywne i badania behawioralne?

Zrozumienie jak informacja przepływa przez mózgi i jak je zmienia.



# Modele kognitywne

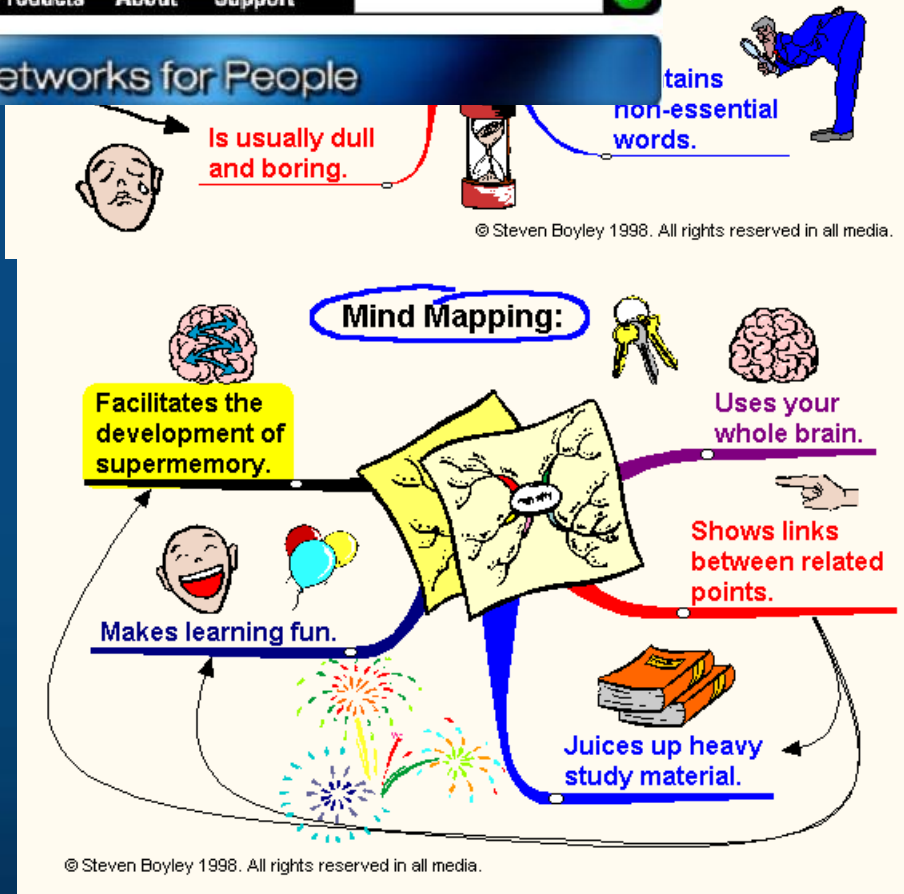




Uses only your left brain.

About TheBrain Visual Knowledge Networks for People

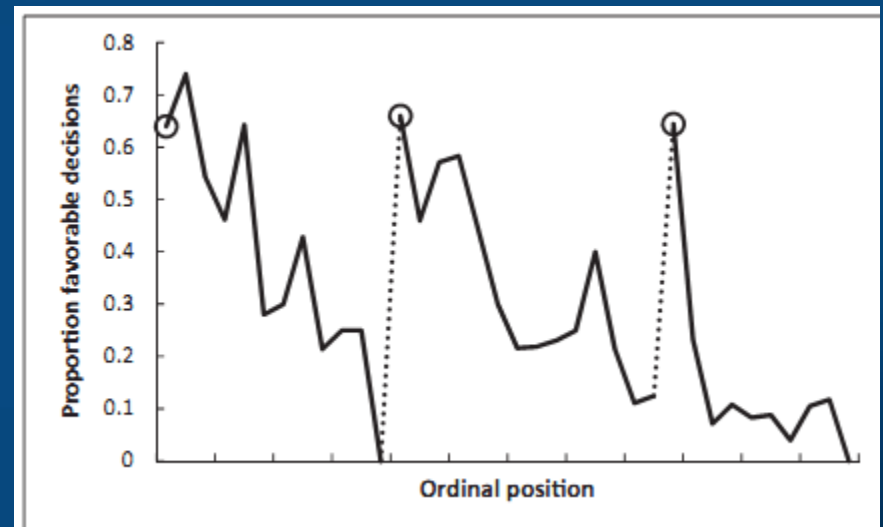
- TheBrain ([www.thebrain.com](http://www.thebrain.com)) interfejs do tworzenia mapy dynamicznych połączeń, eksploracji Internetu.
- Nasza implementacja (Szymanski): Wordnet, Wikipedia, ULMS w postaci grafów wykorzystujących linki i podobieństwo.
- Pojęcie=węzeł, niezbyt elastyczne.



# 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.

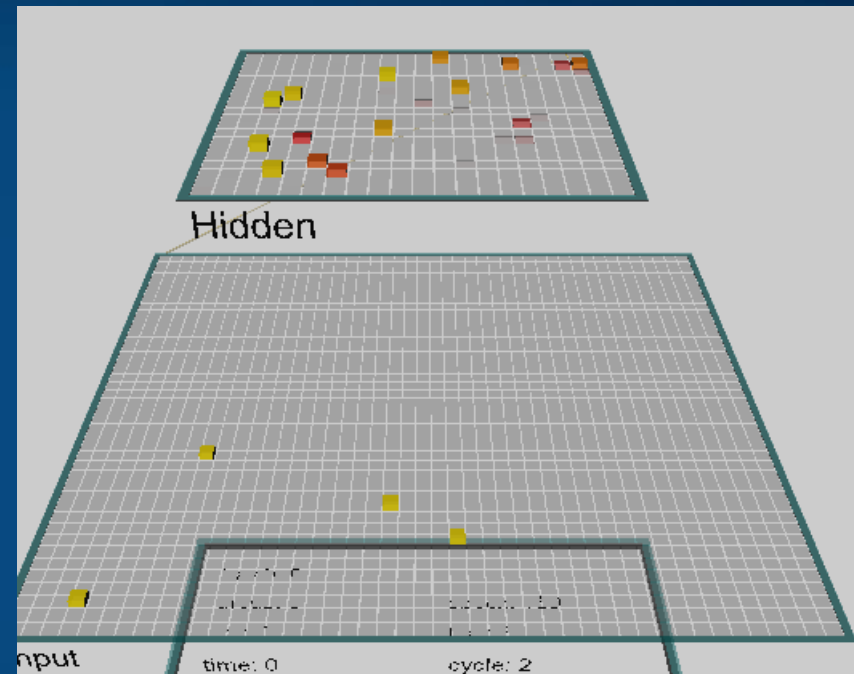
Ważny jest też czas prezentacji – chronobiologia pokazuje, że nie wszyscy potrafią się uczyć o tej samej porze (skowronki i sowy).

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



# Prosta sieć zdaje egzamin

1920 słów wybranych z 500 stron książki (O'Reilly, Munakata, Explorations in computational neuroscience) – zdanie pobudza słowa warstwy wejściowej. 20x20=400 elementów ukrytych, uczą się zgodnie z regułą Hebba wykrywać korelacje pomiędzy słowami, np. element może reagować na synonimy: act, activation, activations. Żadnego rozumienia ...



Wyberzmy sobie dwa słowa reprezentowane przez wektor pobudzeń  $A$ ,  $B$ , w warstwie ukrytej, porównajmy rozkład aktywności  $\cos(A,B) = \frac{A \cdot B}{|A| |B|}$ . Np. aktywacja dla słów:  $A$ ="attention",  $B$ ="competition", daje  $\cos(A,B)=0.37$ , aktywacja dla "binding" oraz "attention" daje  $\cos(A+C,B)=0.49$ , bo te słowa pojawiały się częściej w swoim kontekście. Sieć dokonuje kompresji informacji 1920 el => 400 el.

# Test wielokrotnego wyboru

0. neural activation function A spiking rate code membrane potential pt B interactive bidirectional feedforward C language generalization nonwords	5. attention A competition inhibition selection binding B gradual feature conjunction spatial invariance C spiking rate code membrane potential point
1. transformation A emphasizing distinctions collapsing diffs B error driven hebbian task model based C spiking rate code membrane potential pt	6. weight based priming A long term changes learning B active maintenance short term residual C fast arbitrary details conjunctive
2. bidirectional connectivity A amplification pattern completion B competition inhibition selection binding C language generalization nonwords	7. hippocampus learning A fast arbitrary details conjunctive B slow integration general structure C error driven hebbian task model based
3. cortex learning A error driven task based hebbian model B error driven task based C gradual feature conjunction spatial invar	8. dyslexia A surface deep phonological reading problem B speech output hearing language nonwords C competition inhibition selection binding
4. object recognition A gradual feature conjunction spatial invar B error driven task based hebbian model C amplification pattern completion	9. past tense A overregularization shaped curve B speech output hearing language nonwords C fast arbitrary details conjunctive

Możliwe są 3 odpowiedzi, A, B, C, przypadkowy wybór daje 33% szans.

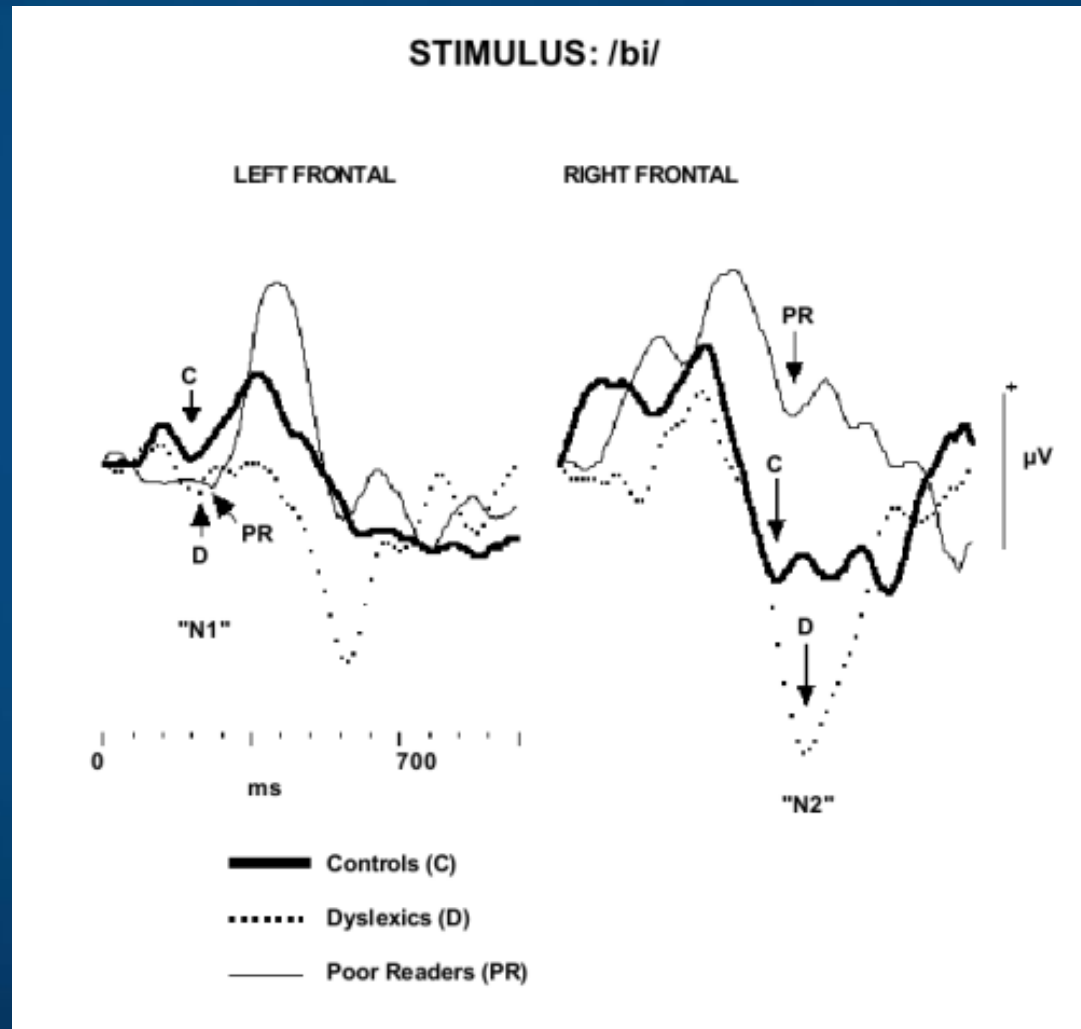
Sieć daje „intuicyjne” odpowiedzi, oparte czysto na powierzchownych skojarzeniach, np.: jaki jest cel “transformacji”? A, B czy C.

Sieć odpowiada prawidłowo na 60-80% takich pytań, lepsze wyniki wymagają głębszego zrozumienia ... czasami sami „ledwo” rozumiemy.

# ERP i czytanie

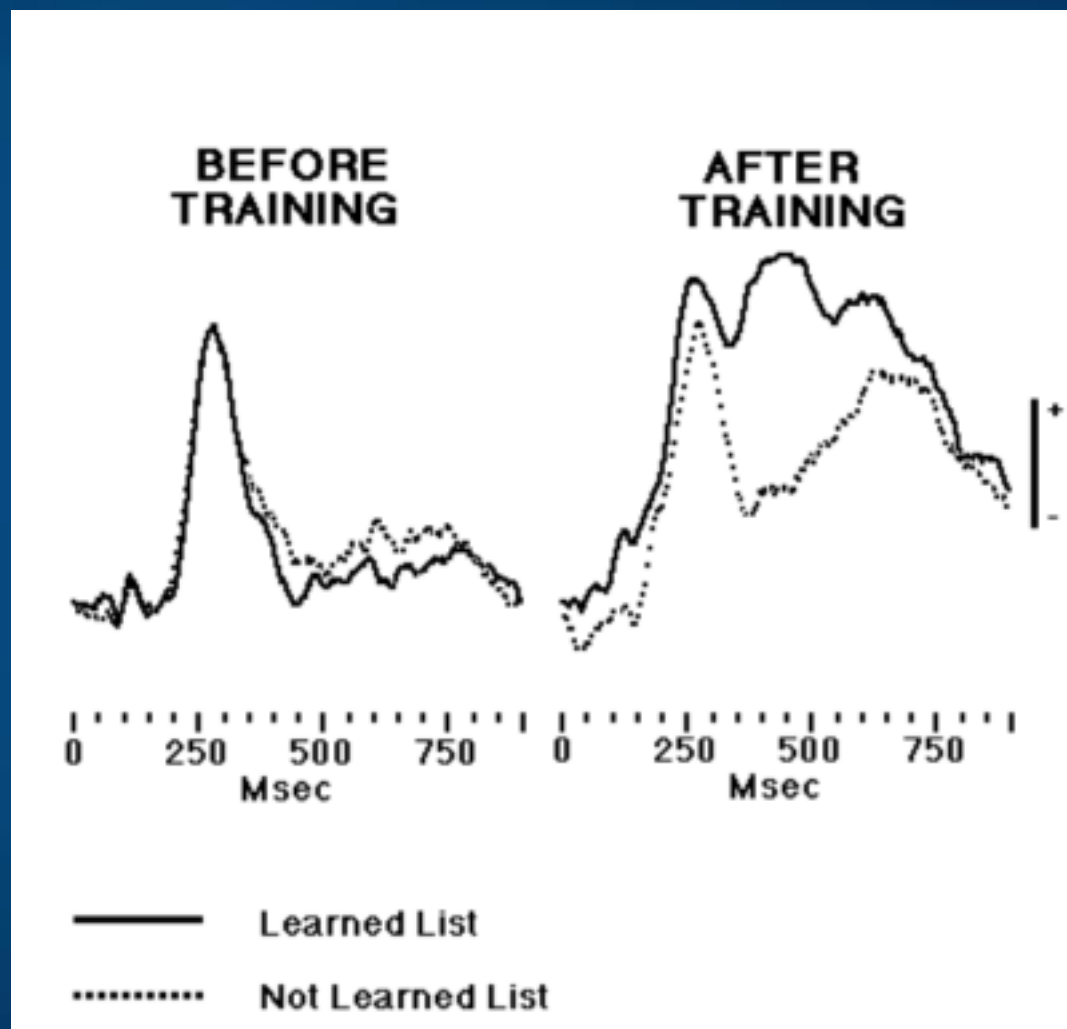
Denise L. Molfese (Center for Research in Early Childhood Education, Uni. Louisville) od wielu lat używa słuchowych potencjałów wywołanych (ERPs) do

W drugim dniu życia widać już rozróżnienia pomiędzy reakcją na sylaby i inne dźwięki a z kształtu tych potencjałów udało się przewidzieć, czy 8 lat później dziecko będzie czytało normalnie (19/24), słabo (7/7) lub będzie dyslektyczne (13/17).



# Wzrokowe ERP i nauka

Uczniowie szkoły średniej uczyli się nazw krajów pokazywanych na mapie politycznej z konturami. Po 15 minutach sprawdzono na ile dobrze utworzyły się w ich mózгах skojarzenia pomiędzy nazwami a kształtami, wykorzystując wzrokowe potencjały wywołane (ERP), czyli odpowiedź mózgu na pokazywane kształty/nazwy. Wyraźnie widać, kto się nauczył.



# Etapy uczenia

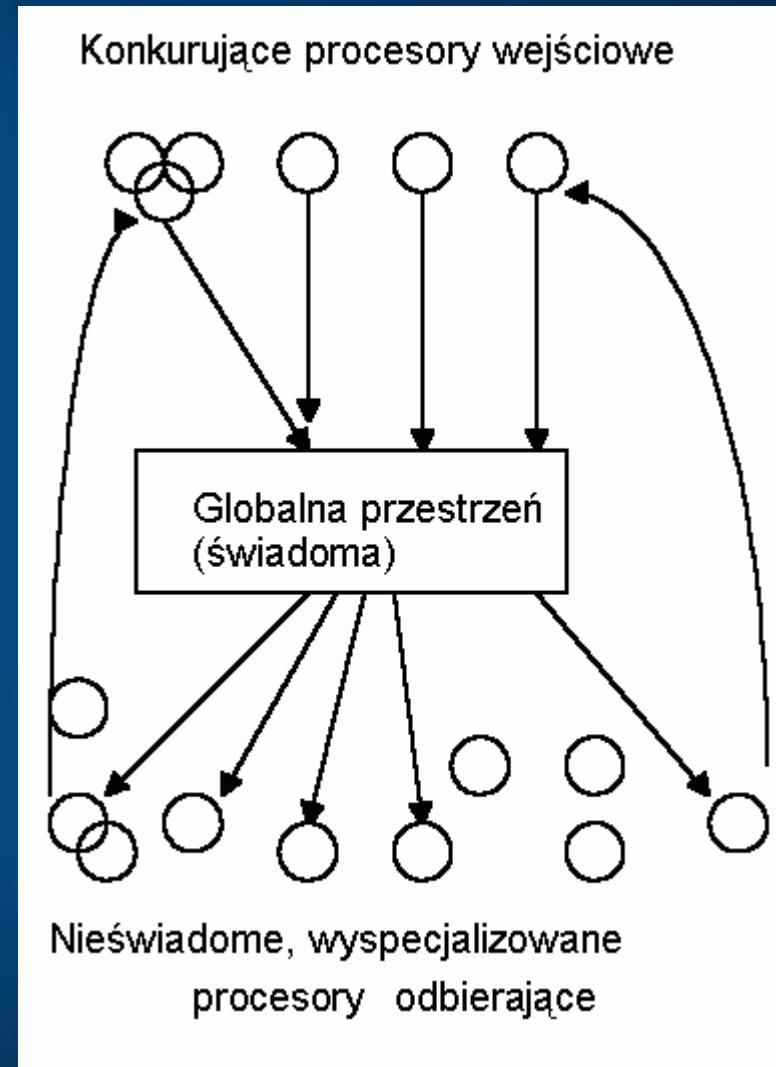
Rozwiązywanie problemu to triada:

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

Nie musimy się szczególnie wysilać przy rozwiązywaniu problemów! **Wystarczy się skupić i oczekiwać na rozwiązanie.**

Sposób działania mózgu można podzielić na takie 3 etapy przy:

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



# Neurofeedback i kreatywność

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

John H. Gruzelier (Imperial College), SAN President

a-q neurofeedback dało “znaczącą poprawę poziomu wykonania” przez studentów akademii muzycznej i akademii tańca w Londynie. Neurofeedback i biofeedback oparty na zmienności rytmu serca 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 q/a w ciągu 2 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. Cogn Process 2008



# 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 sawanta.

Czy można zamienić zdrowego człowieka w takiego Sawanta? Silne pole magnetyczne (3 T) o niskiej częstotliwości przyłożone do lewego płata skroniowo-czołowego 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.

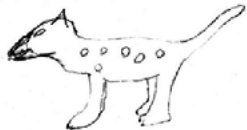


# rTMS i zespół savanta

Before TMS

a

b



After 10 minutes  
of TMS

c



After 15 minutes  
of TMS

d



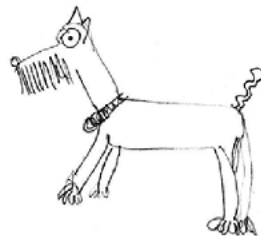
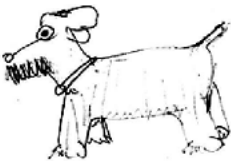
45 minutes after  
TMS ceased

e



N. R.

A. J.



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



# Wskazówki



- Energia: glukoza i dotlenienie mózgu.
- Sen, relaks i nauka oczyszczania umysłu.
- Większe zaangażowanie => większa aktywacja obszarów mózgu => lepiej zapamiętana informacja: liczy się forma, zainteresowanie, emocje.
- Motywacja, rola emocji i mechanizmów uwagi w neuroplastyczności: prezentacje przed grupą wzmagają motywację, stawiać wyzwania.
- Wzrok angażuje prawie połowę mózgu: kolor, ruch, tekst, infografiki.
- Język, ruch angażuje drugą połowę mózgu. Muzyka i taniec!
- Konsolidacja pamięci: przerwy, ćwiczenia fizyczne połączone z mentalnymi.
- Głębokie kodowanie => zrozumienie, tworzenie różnorodnych skojarzeń.
- Od szkicu do szczegółów, potrzebna jest hierarchiczna struktura informacji.
- Zmęczenie neuronów: potrzebna jest zmiana aktywnych obszarów mózgu, więc warto przeplatać różne typy aktywności, mieszać znane z nowym.

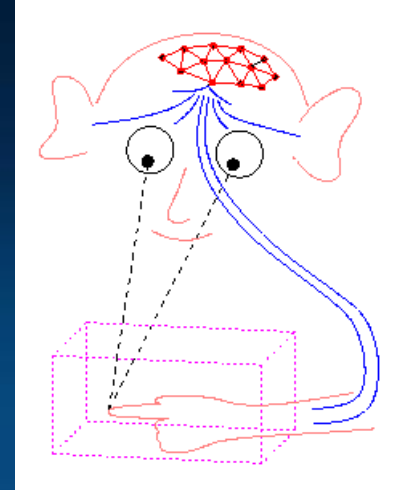
# Perspektywy

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

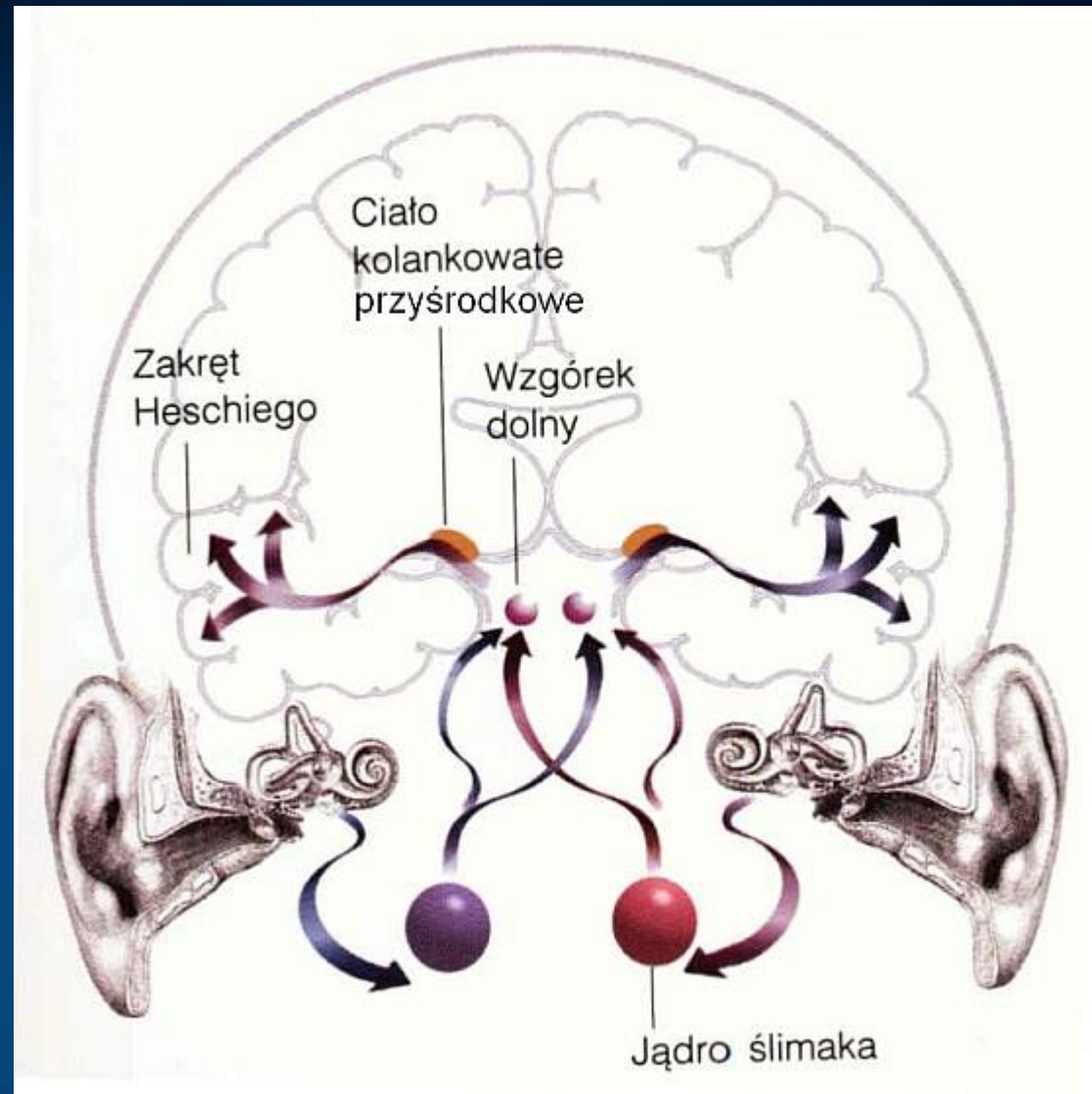
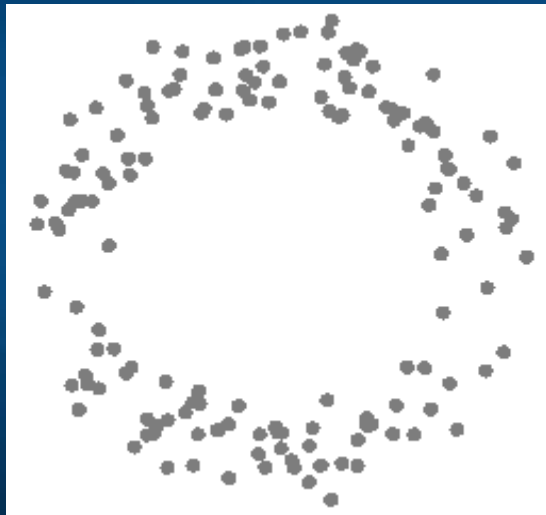
Neuroplastyczność można regulować, przygotowując mózgi do uczenia i kreatywnego myślenia.

- Kreatywność i inteligencja mają różne formy, trzeba szukać właściwej.
- Indywidualne różnice neurodynamiki => wyobraźnia, specyficzny talent.
- Eksperymentalnie: EEG/ERP do wczesnej diagnostyki problemów (dysleksja, dyskalkulia, pamięć).
- Neurofeedback i relaksacja jako przygotowanie mózgu do uczenia.
- Okienka plastyczności: stymulacja mózgu DCS, TMS, raczej nie prędko w edukacji. Farmakologia niezbyt precyzyjna, tylko w zaburzeniach.
- Zaczynać jak najwcześniej: ciekawość, eksploracja, pamięć robocza ...

Pedagogika i socjotechnika będą coraz bardziej związane z neurobiologią.



Dziękuję za  
synchronizację  
neuronów.



Google: W. Duch => Prace, referaty ...