

Filozofia umysłu i kognitywistyka I

wykład 4: Wprowadzenie do neurokognitywistyki i jej metod (1)

dr Mateusz Hohol

Wykład monograficzny, sem. zimowy 2013/2014

Powstanie neuronauki poznawczej (neurokognitywistyki)

- Kryzys „obliczeniowej” kognitywistyki, a zarazem rozwój językoznawstwa kognitywnego i psychologii ewolucyjnej
- Przełom lat 80 i 90:
 - 1989 r. pierwszy numer „Journal of Cognitive Neuroscience”
- Prace Michaela Gazzanigi, V.S. Ramachandrana i innych uczonych, łączące psychologię, kognitywistykę i neuronaukę
 - Np.. M. Gazzaniga, R.B. Ivry, G.R. Mangun współautor „Cognitive Neuroscience. The Biology of the Mind” 1998
- Upowszechnienie się funkcjonalnego rezonansu magnetycznego



- (i) poziom pojedynczych komórek nerwowych
 - (ii) poziom struktur podkorowych
 - (iii) poziom struktur korowych
 - (iv) poziom procesów poznawczych
-
- Jeśli istnieje taka potrzeba wyodrębnić można np. poziom molekuł, a ten z kolei rozpatrywać na czterech pod-poziomach:
 - geometryczno-mechanicznym
 - elektrochemicznym
 - energetycznym
 - elektromagnetycznym



Uteoretyzowanie badań na poziomie procesów poznawczych

„Neuronauka kognitywna (poznawcza – M.L.H.) postrzega poziom zjawisk psychologicznych (skonceptualizowany jako np. „poznanie”, „przetwarzanie informacji”, „reprezentacja”, „obliczenia”) jako poziom wyższy, który należy wyjaśnić, odwołując się do neuronalnych i neuroobliczeniowych mechanizmów należących do niższego poziomu zjawisk. Zgodnie z tym poglądem zjawiska psychologiczne nie są eksplanacyjnie autonomiczne, ale nie są też eliminowane – podobnie cytologia nie jest ani eliminowana, ani autonomiczna względem biochemii i biologii molekularnej. Własności psychologiczne są postrzegane jako należące do wyższego poziomu organizacji niż własności neuronalne, ale też jako ukonstytuowane na *poziomie mikro* (...) w ten sam zasadniczo sposób jak inne specyficzne naukowe własności”.



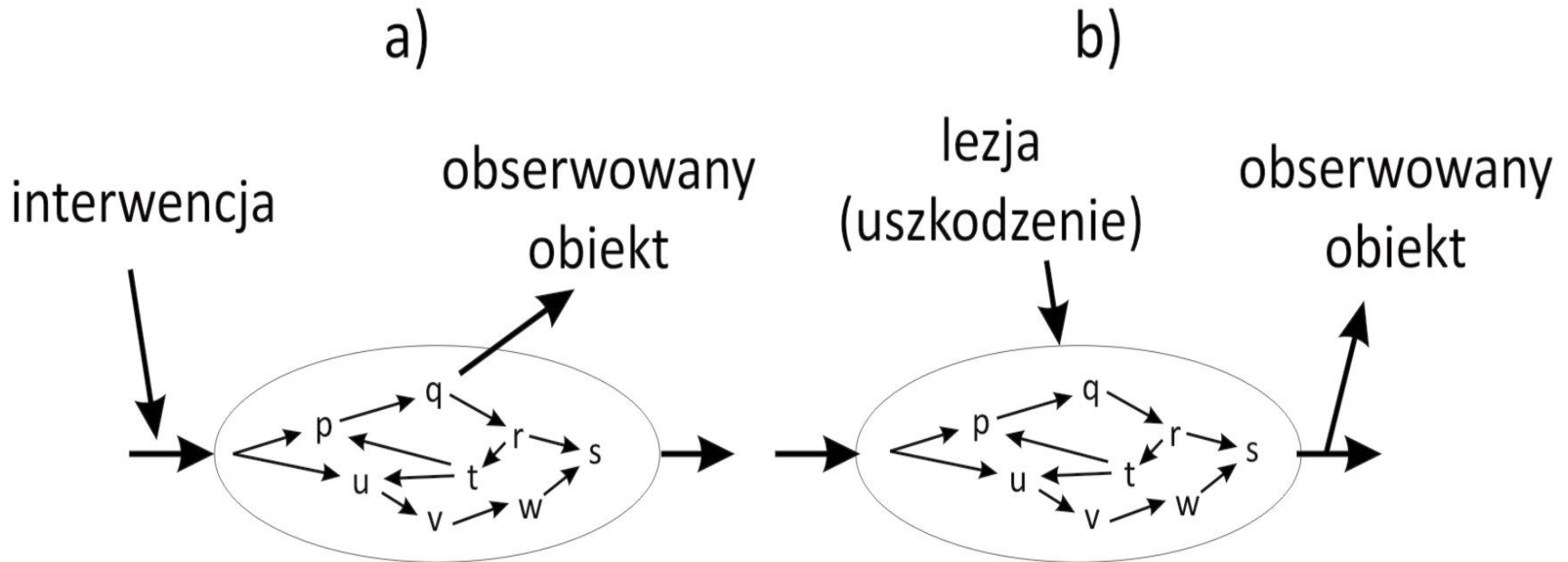
Antii Revonsuo, *O naturze wyjaśniania w neuronaukach*

Źródła danych – neuronauka poznawcza *sensu stricto*

- (1) badania lezji (*lesions studies*)
- (2) obrazowanie pojedynczych komórek (*single-cell recording, SCR*)
- (3) obrazowanie aktywności całego mózgu (*neuroimaging*)
- (4) eksperymenty behawioralne (*behavioural experiments*)



Lezje a neuroobrazowanie



a) neuroobrazowanie b) badania lezji

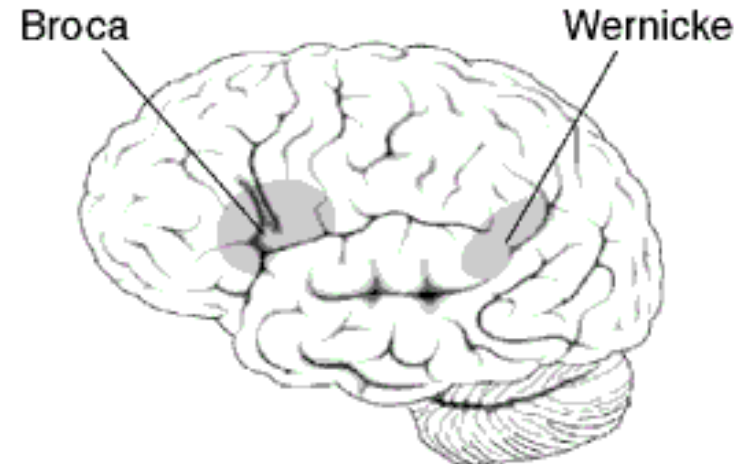
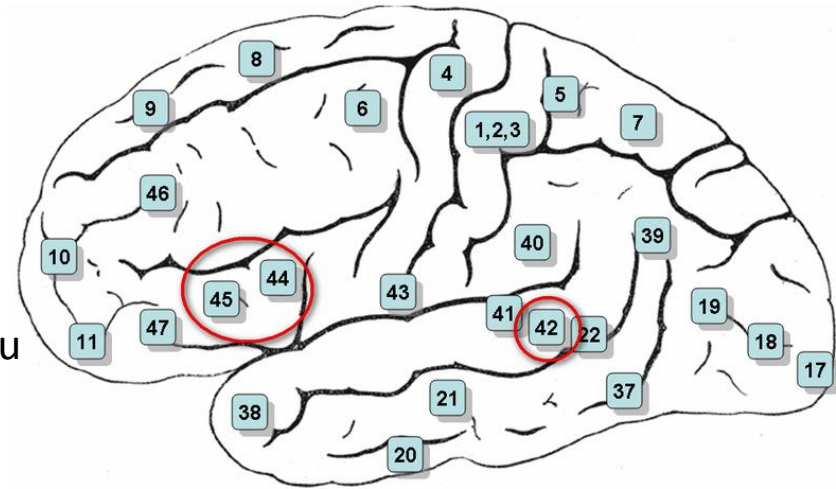


- Kryteria wymieniane przez Williama Bechtela:
 - (i) generowanie przez instrument pomiarowy lub technikę *powtarzalnych* rezultatów, które układają się w określony wzorzec (powtarzalność i unifikacja)
 - (ii) stopień zgodności pomiędzy danymi, uzyskanymi z *różnych* źródeł (konwergencja)
 - (iii) stopień zgodności z wiarygodnymi teoriami (koherencja)
- Co naprawdę mówią nam dane?



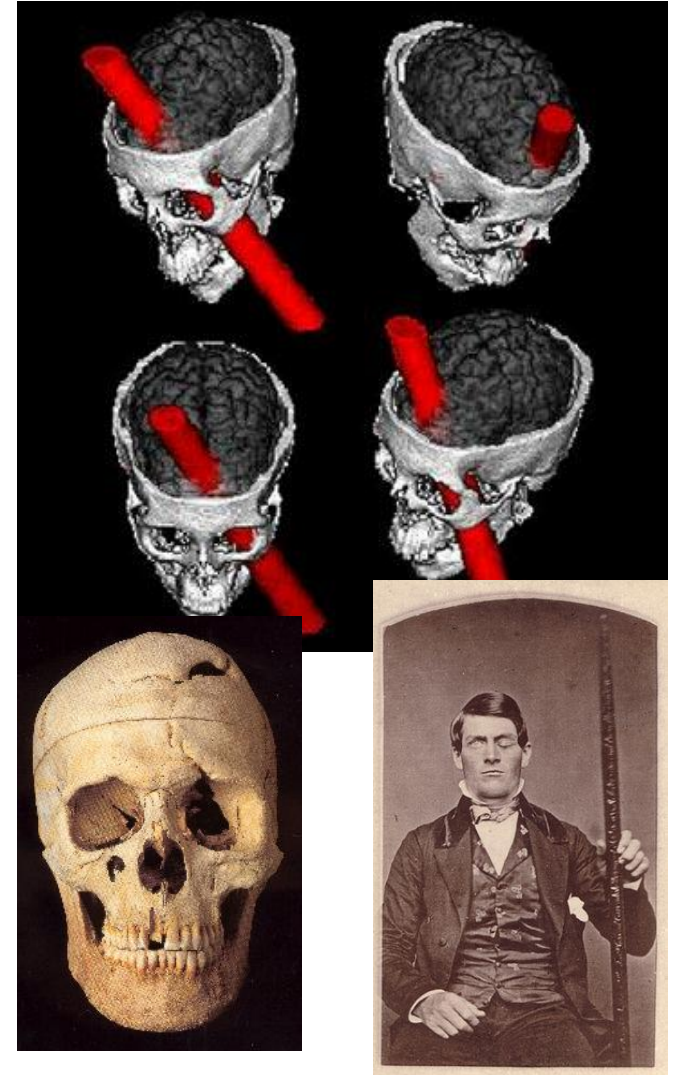
Badania lezji

- Paul Brocka – odkrycie związku lezji okolicy czołowej z zaburzeniami mowy.
 - ośrodek Brocki usytuowany jest w części wieczkowej (*pars opercularis*) i trójkątnej (*pars triangularis*) dolnego zakrętu czołowego (na mapie mózgu Brodmanna znajduje się on w obszarach 44 i 45).
 - w 1861 roku Brocka zaprezentował mózg zmarłego dzień wcześniej pacjenta o przydomku „Tan” (przydomek ten pochodził od jedyne go słowa, jakie potrafił on wypowiedzieć). Lezja w mózgu Tana zlokalizowana była w tylnej części lewego płata czołowego.
 - W 1885 roku Brocka wygłosił swoje słynne zdanie: „*Nous parlons avec l’hémisphère gauche*” („Mówimy lewą półkulą”)
- Carl Wernicke – odkrycie związku zaburzeń rozumienia mowy z lezjami lewego górnego zakrętu skroniowego
 - pole 42 na mapie Brodmanna

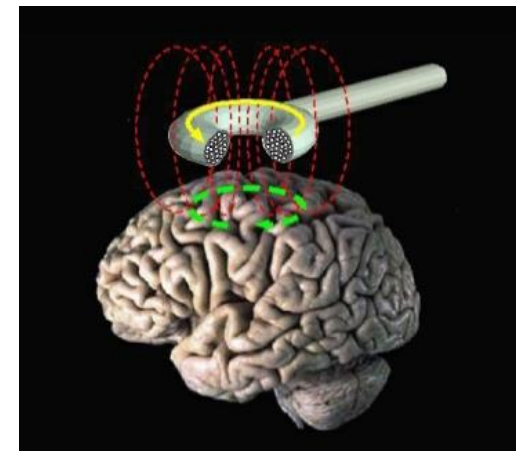


Badania lezji

- Casus Phineasa Gage'a
 - Pręt przeszył lewy pliczek, tylną część lewego oczodołu, okolice czołową mózgu, wewnętrzną powierzchnię lewego (być może także prawego) płata czołowego, wylatując z czaszki uszkodził prawdopodobnie także część grzbietowego, tylnego obszaru płata czołowego.
 - Co istotne dla kwestii związanych z wpływem lezji na zachowanie, poważnemu uszkodzeniu uległa kora przedczołowa.
 - Lekarz Gage'a – dr Harlow napisał, że stał się: „kapryśny, folgujący sobie w największych bezceństwach, czego ongiś nie miał w zwyczaju; wobec swych kompanów przejawiał najwyższą obojętność (...). Często zawzięcie uparty, choć jednocześnie kapryśny i niezdecydowany, tworzył niezliczone plany na przyszłość, które jednak porzuczał, nim zdążyły się w pełni wyklarować. (...) Stał się człowiekiem o zdolnościach intelektualnych dziecka i zwierzęcej zapalczywości silnego mężczyzny”.



- Laboratoryjne wywoływanie lezji
 - przy użyciu zastrzyków z substancjami chemicznymi oraz za pomocą elektrod, umieszczonych bezpośrednio w tkance nerwowej
 - efekty lezji mogą być odwracalne lub nie
 - wyłączenie genów (*gene-knockout*) – celowe wywoływanie mutacji genów, czego efektem fenotypowym jest np. zmiana działania mechanizmów neurotransmisji
 - niestosowane na ludziach – względy etyczne
 - na ludziach stosować można przyczaszkową stymulację magnetyczną (*transcranial magnetic stimulation*, w skrócie TMS)
 - zasięg tej metody ograniczony jest do struktur korowych
 - metodą tą wywołać można m.in. fotyzmy

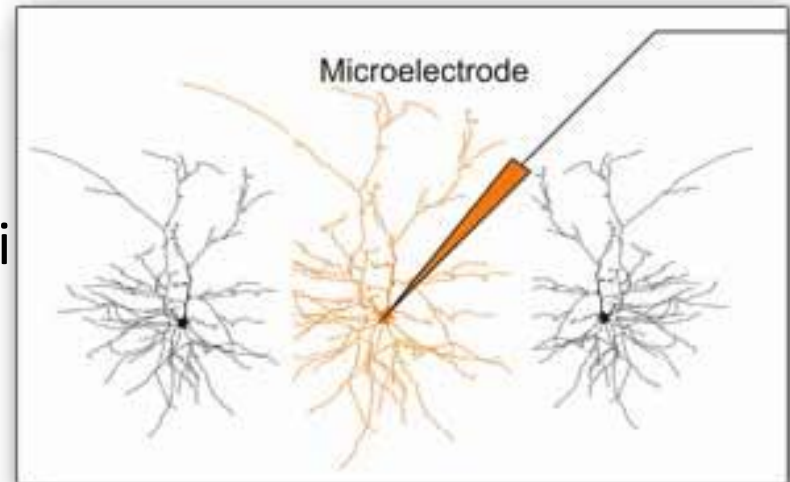
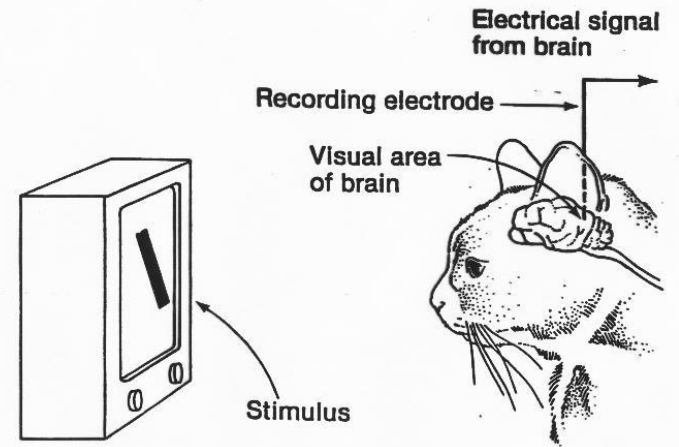


- Poważnym problemem w identyfikacji obszarów funkcjonalnych mózgu jest trudność w ustaleniu jednoznacznego związku między lezją a daną funkcją..
- *Podwójna dysocjacja* jest ważnym warunkiem metodologicznym, który pozwala uprawdopodobnić związek danego uszkodzenia mózgu z określoną funkcją poznawczą
- Teuber: „Podwójna dysocjacja wymaga, by objaw A występował przy uszkodzeniach w obrębie jednej struktury, lecz nie przy lezjach innej struktury, oraz by objaw B występował przy uszkodzeniach tej drugiej struktury, lecz nie przy lezjach w obrębie tej pierwszej. Kiedy takiej dysocjacji nie ma, nie można wykazać specyfiki skutków uszkodzenia”.



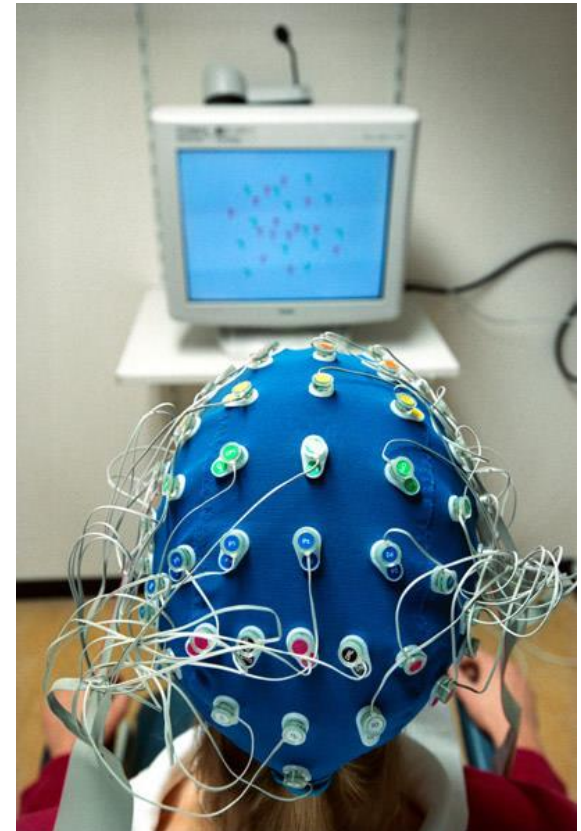
Badanie aktywności elektrycznej pojedynczych neuronów (SCR)

- do badanych komórek (lub tuż obok nich) wprowadzane są precyzyjnie bardzo cienkie elektrody, za pomocą których, możliwe jest śledzenie ich aktywności elektrycznej
- najdokładniejsza i najbardziej bezpośrednia metoda badawcza
- trudność w określeniu reprezentatywności danej komórki dla danej struktury neuronalnej
- ograniczenia etyczne

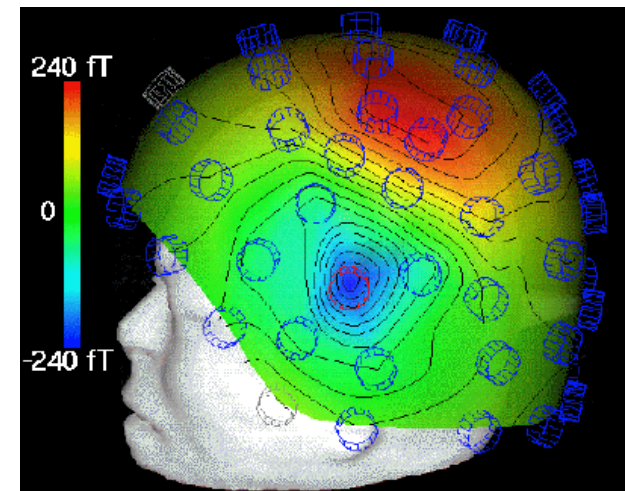
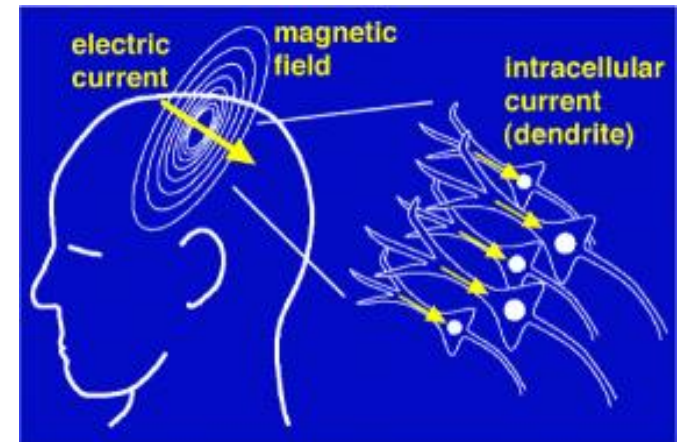


obrazowanie aktywności całego mózgu (neuroobrazowanie)

- EEG – elektroencefalografia
 - rejestracji zmian potencjału elektrycznego na powierzchni skóry głowy
 - zmiany są efektem bioelektrycznej aktywności mózgu
 - źródłem rejestrowanej aktywności są postsynaptyczne potencjały pobudzające i hamujące
 - Elektroencefalogramem – zapis odpowiednio wzmocnionej aktywności elektrycznej



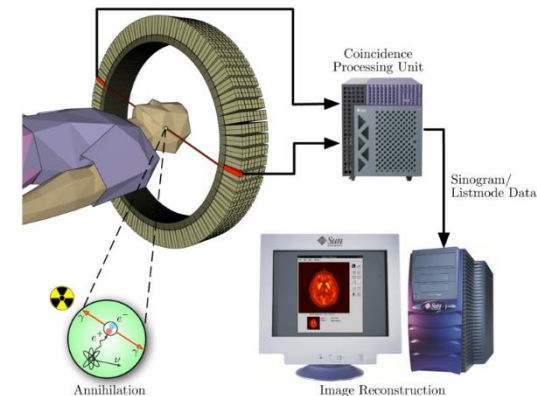
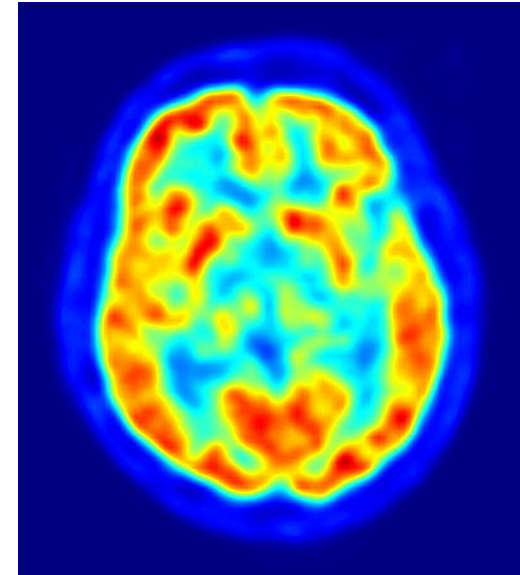
- MEG – magnetoencefalografia
 - rejestracja słabych pól magnetycznych, które skorelowane są z aktywnością neuronalną
 - Pomiar dokonywany jest poprzez czujniki, które umieszcza się na powierzchni głowy.
 - MEG cechuje się lepszą rozdzielczością czasową niż fMRI (zapisywane są zmiany sięgające milisekund)
 - ze względu na to, że dopiero duża populacja aktywnych neuronów (ok. 50 000) generuje mierzalny sygnał, rozdzielczość przestrzenna MEG jest słabsza niż w PET czy fMRI



Neuroobrazowanie

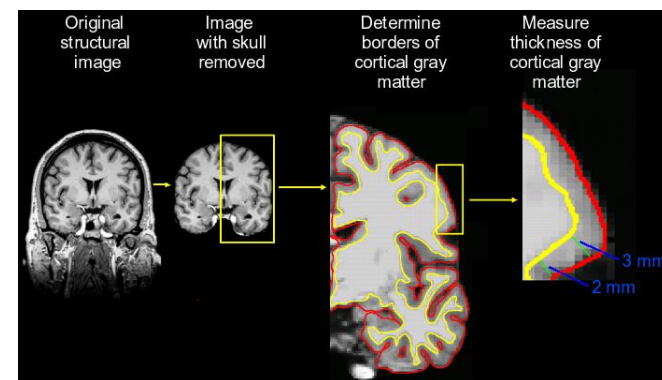
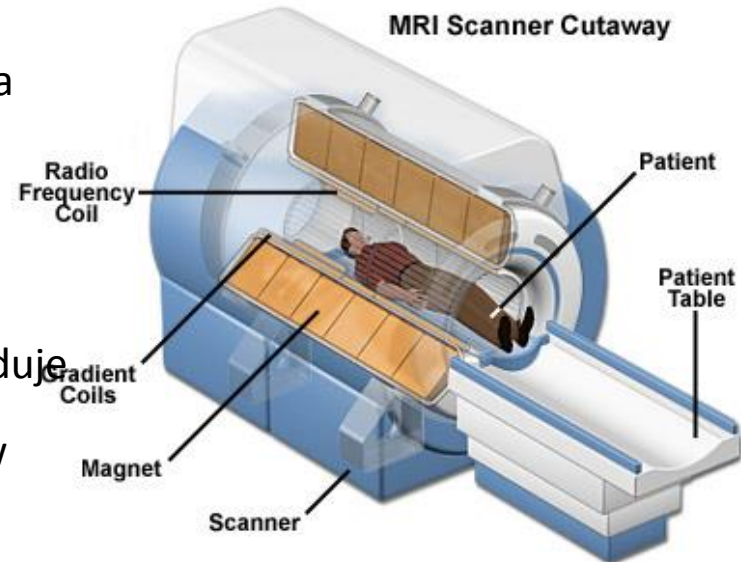
- PET – emisyjna tomografia pozytonowa (*positron-emission tomography*)

- Stosowanie tej metody możliwe jest ze względu na zwiększający się dopływ krwi – związany z potrzebami energetycznymi – do zaangażowanych w rozwiązanie zadania poznawczego części mózgu
- W obrazowaniu aktywności mózgu pośredniczy rejestracja promieniowania jonizującego (promieniowanie to emitowane jest przez znacznik z radioaktywnym izotopem, np. ^{18}F -fluoro-2-deoksyglukozę (^{18}F -FDG), który wprowadzany jest do krwioobiegu.
- Każda cząsteczka oznakowanej radioaktywnym izotopem glukozy podczas rozpadu emituje pozytron.
- Pozytron, który zderza się z elektronem, znajdującym się w bliskim otoczeniu, jest źródłem dwóch podążających w przeciwstawnych kierunkach fotonów promieniowania gamma. Promieniowanie gamma rejestrowane jest przez skaner (pierścień detektorów), umieszczony na głowie badanego.
- Gdy dwa detektory w jednej chwili rejestrują dwa fotony, oznacza to, że ich źródło zlokalizowane jest dokładnie w połowie odległości między nimi.
- Źródła promieniowania gamma pokrywają się z rejonami mózgu, które najbardziej zaangażowane są w rozwiązywanie zadań postawionych przed badaną osobą.
- Ograniczenia metody:
 - zidentyfikować można struktury neuronalne nie mniejsze niż $0,5\text{ cm}^3$ (co w praktyce oznacza skupiska milionów komórek), które pozostają aktywne przez ok. 30 sekund.
 - obraz otrzymywany za pomocą PET jest statyczny – nie ukazuje dynamiki aktywności mózgu.
 - nie jest to metoda całkowicie nieinwazyjna – problem powtarzalności badań na tej samej osobie



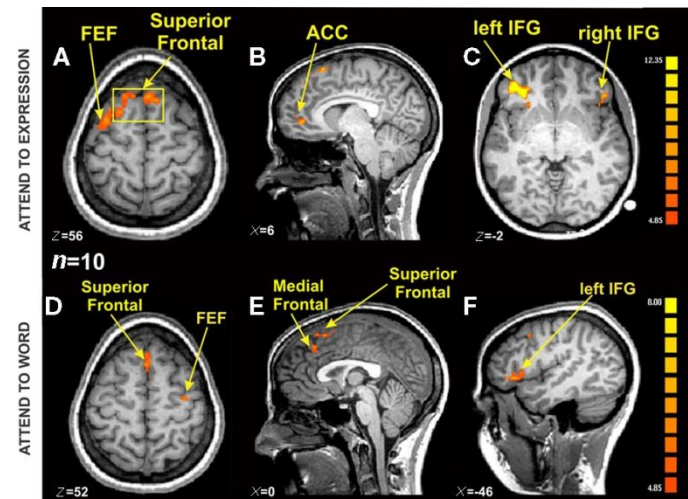
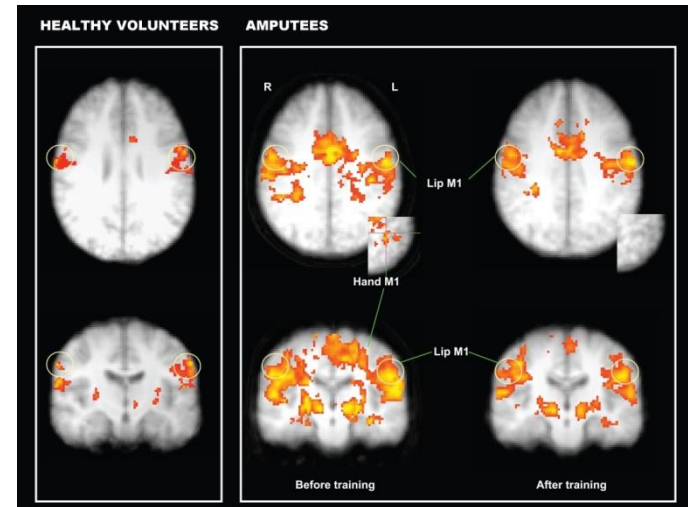
Neuroobrazowanie

- MRI – rezonans magnetyczny (*Magnetic Resonance Imaging*)
 - Zalety w stosunku do PET: znacznie lepszą, sięgającą nawet ułamków milimetra, rozdzielczość i czułość skanów oraz brak konieczności wystawiania mózgu badanego na działanie substancji radioaktywnych
 - Skaner MRI korzysta z działania bardzo silnych elektromagnesów.
 - Pole magnetyczne generowane przez skaner powoduje przyjęcie liniowej konfiguracji, czyli równoległe ułożenie spinów atomów wodoru, które wchodzi w skład cząsteczek wody, znajdujących się w mózgu.
 - W kolejnej fazie emitowany jest krótki impuls elektromagnetyczny o częstotliwości radiowej (tzw. impuls RF, od *radio frequency*), który skutkuje przejściowym odchyleniem spinów od kierunku pola.
 - Po jego wyłączeniu spiny wracają do pozycji wyjściowej, wyzwalając przy tym energię elektromagnetyczną.
 - Neuroobrazowanie możliwe jest dzięki pomiarowi tej energii.
 - Za pomocą MRI otrzymuje się statyczny obraz mózgu – ze względu na brak obiegu wody nie można śledzić zmian aktywności mózgu w czasie.



Neuroobrazowanie

- fMRI – funkcjonalny rezonans magnetyczny (*functional Magnetic Resonance Imaging*)
 - Obrazowanie możliwe jest, gdyż hemoglobina, czyli białko zawarte w erytrocytach, które odpowiedzialne jest za przenoszenie tlenu, reaguje na pole magnetyczne.
 - Podczas wykonywania zadań poznawczych aktywne obszary mózgu zużywają więcej tlenu, niż obszary niezaangażowane bezpośrednio w te zadania.
 - Dynamika aktywności mózgu mierzona jest poprzez odróżnienie hemoglobiny bez tlenu od hemoglobiny niosącej tlen.
 - Najistotniejszym ze względu na własności magnetyczne parametrem jest ilość hemoglobiny niosącej tlen (sygnał BOLD, od *blood-oxygen-level-dependent*).
 - Za pomocą fMRI bezpośrednio otrzymuje się mapę utlenowanej krwi w mózgu.
 - Mapa aktywności neuronalnej tworzona jest w procesie interpretacyjnym.
 - Parametr rozdzielczości czasowej, istotny ze względu na informacje o dynamice pracy mózgu wynosi poniżej jednej sekundy (co oznacza, że co taki odstęp czasu otrzymuje się nowy obraz).



Eksperymenty behawioralne

- celem jest obserwacja zachowania badanej osoby w czasie wykonywania określonego zadania, postawionego przez eksperymentatora
- obserwowane mogą być parametry związane z wykonywanym zadaniem, takie jak np.:
 - poprawność udzielania odpowiedzi na stawiane pytania,
 - poziom uwagi,
 - czas reakcji na określony bodziec wzrokowy lub słuchowy,
 - szybkość podejmowania decyzji,
 - ruchy sakadowe, czyli mimowolne ruchy gałki ocznej

