



Grające mózgi



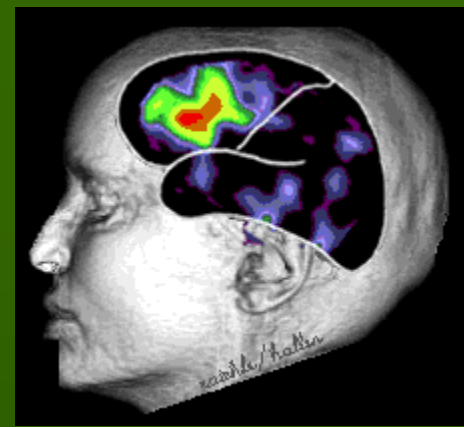
Włodzisław Duch

Katedra Informatyki Stosowanej, INT WFAiS UMK
Neuroinformatyka i Sztuczna Inteligencja, CD DAMSI
Laboratorium Neurokognitywne, ICNT

Google: Włodzisław Duch

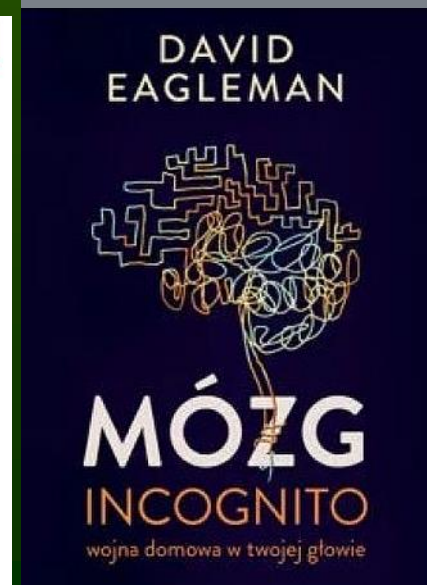
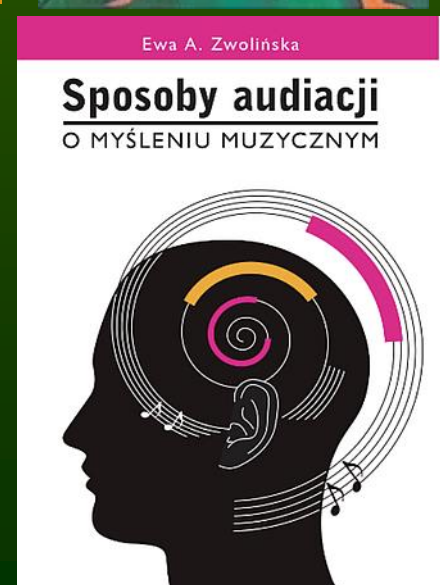
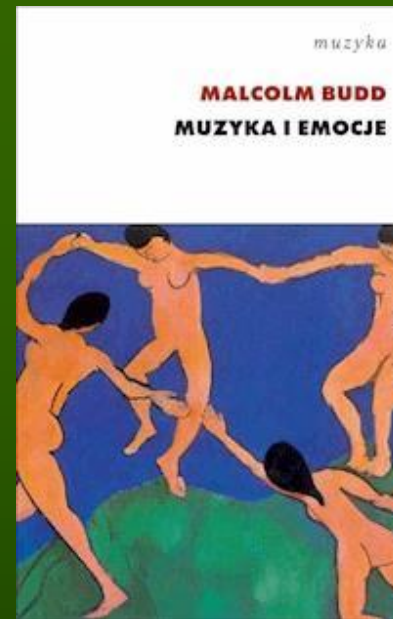
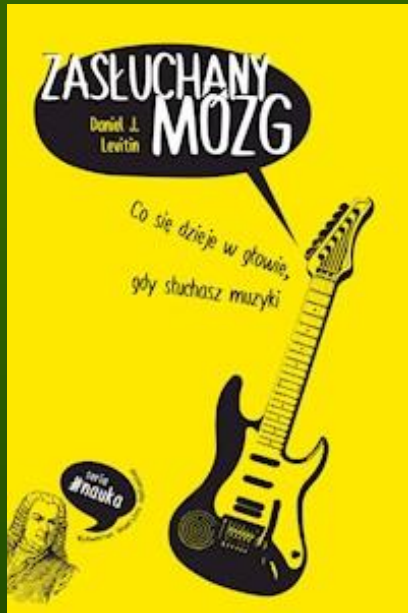
Akademia Muzyczna im. I. Paderewskiego, Poznań 17.10.2022

Plan

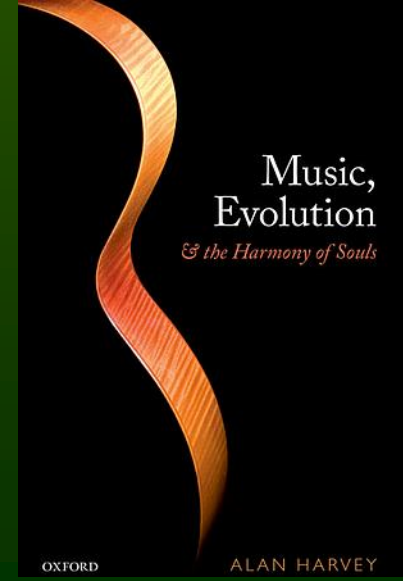
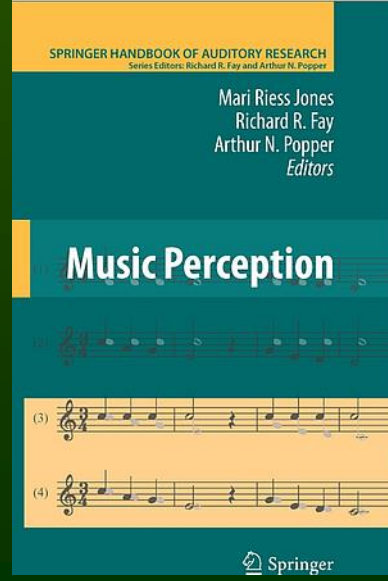
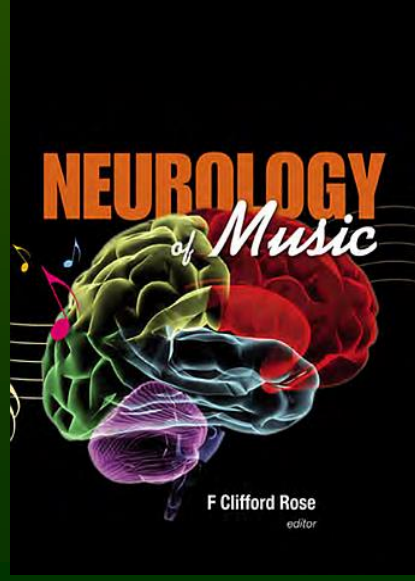
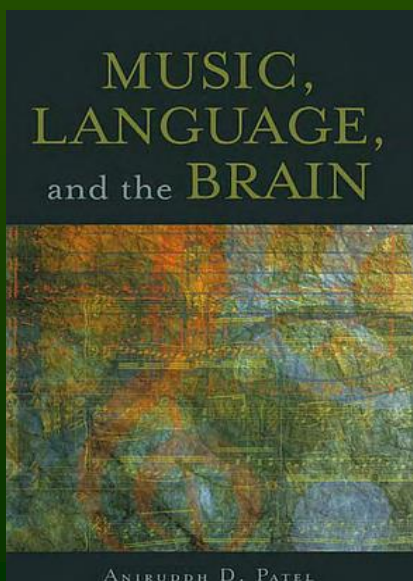
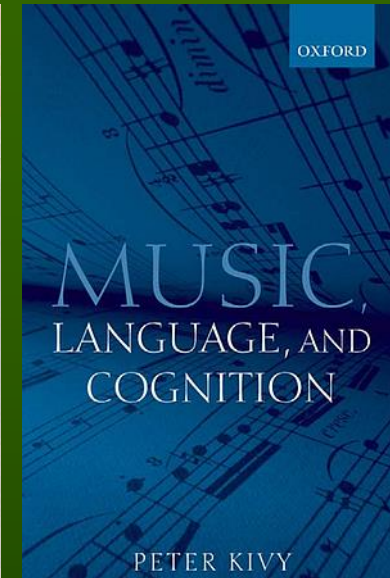
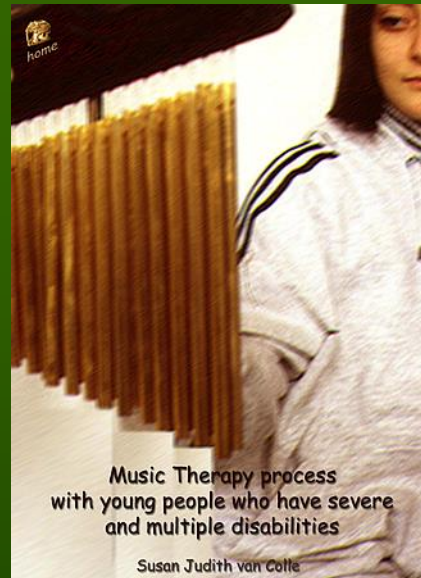
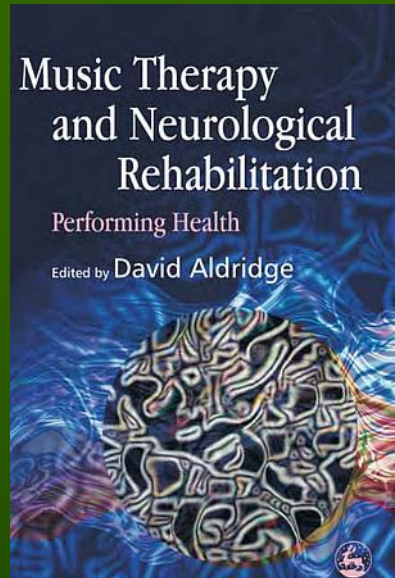
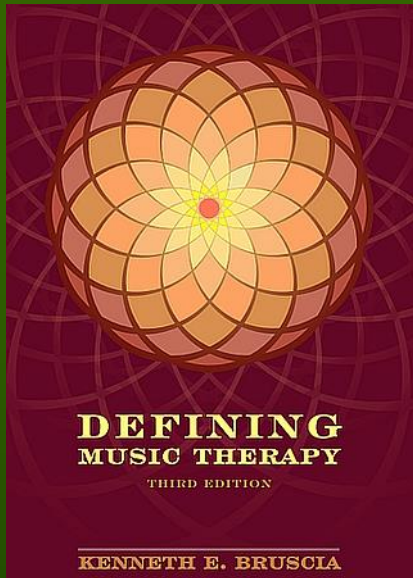


1. Czy potrzebujemy uszu by słyszeć muzykę?
2. Ukryta geometria muzyki.
3. Czy każdy słyszy to samo?
4. Dlaczego i w jaki sposób muzyka nas porusza?
5. Neuronauka muzyki.
6. Amuzja i hedonia.
7. Muzyczna wyobraźnia.
8. Sztuczna inteligencja jako kreatywny pomagier?

Książki



Książki



Czy potrzebujemy uszu by słyszeć muzykę?



Psychofizyka słuchu



Topofon

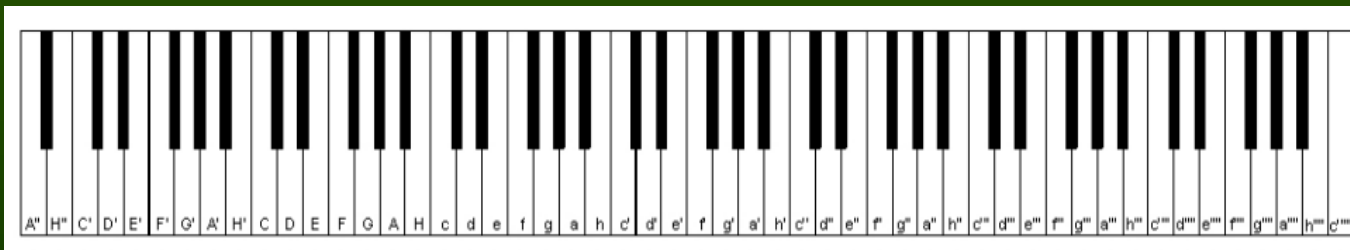
Telecepcja: wzrok i słuch, reakcje na odległe zdarzenia.

Słuch: działa w ciemności, odbiera sygnały z dowolnego kierunku.

Fala dźwiękowa w powietrzu: 343 m/sek, czyli $343 \text{ Hz} = 1 \text{ m}$,
3430 Hz to fala 10 cm, dźwięki o częstotliwościach 10 kHz
mają długość fali 3.4 cm, a 20 kHz około 1.7 cm.

Najwyższy dźwięk fortepianu to C5, ma 4186 Hz, to fala o długości 8.2 cm.

Muzyka: zamieniamy przestrzeń na wibracje i aktywacje mózgu.



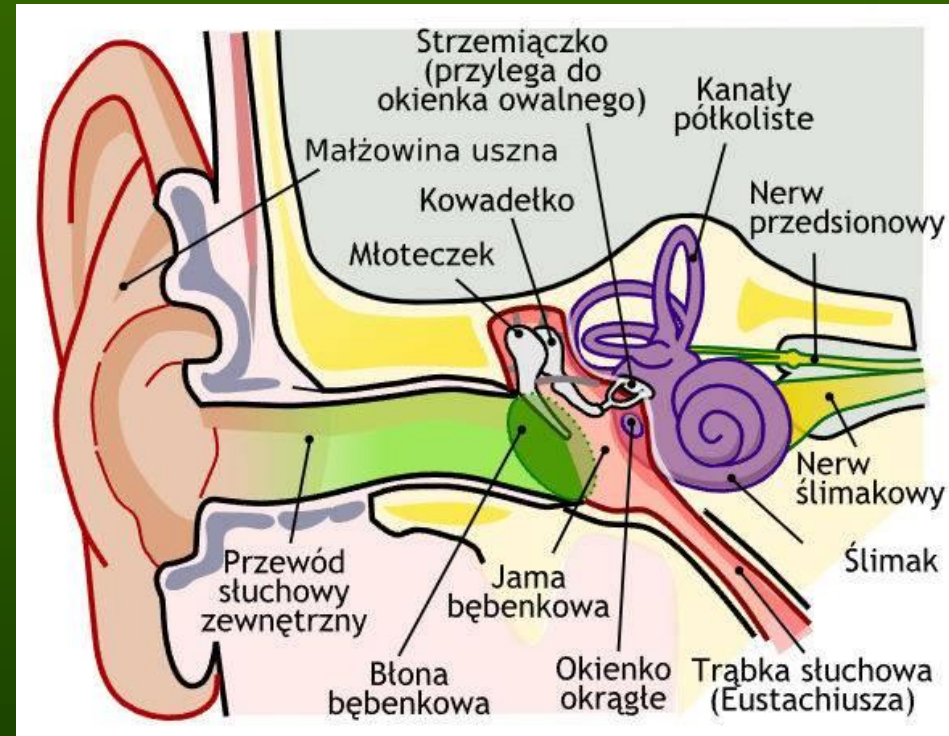
Przy 1000 Hz słyszymy różnice rzędu 1 Hz. Jaka jest precyzja naciśnięcia struny by różnica była niezauważalna?

Duże, ruchome, pomarszczone uszy przydają się do polowania i unikania niebezpieczeństw. Psy słyszą do 65 kHz, nietoperze do 200 kHz (ok. 1.7 mm).

Uszy – dziwny mechanizm

Fale dźwiękowe => błona bębenkowa.
Błona bębena porusza młoteczek.
Młoteczek porusza kowadełko a
strzemiączko okienko owalne.
W uchu środkowym jest do 20 tysięcy
włosek (komórek rzęsatych)
zamieniających vibracje w impulsy
neuronów, wędrujące nerwem
słuchowym do neuronów w pniu i
dalej w korze mózgowej.

Ucho: przekształcona szczeka gadów.
Dźwięki = impulsy elektryczne.

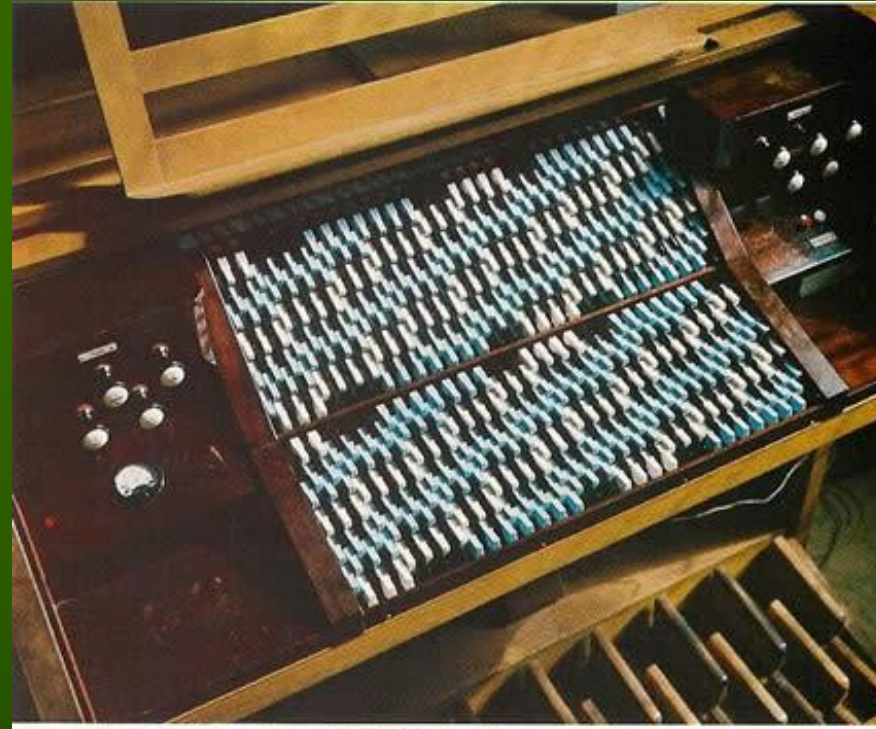
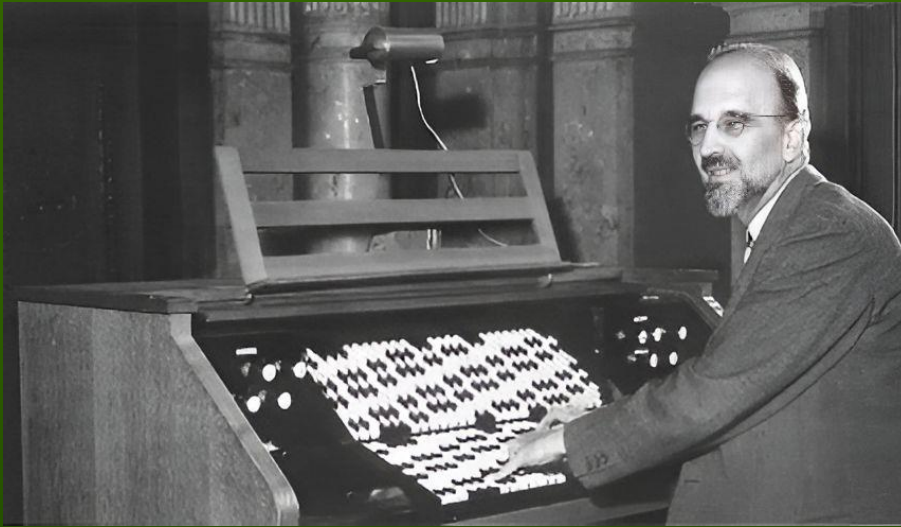


Rozróżniamy ok. 1500 dźwięków. Na klawiaturze fortepianu mamy tylko 88.
Nawet muzyka mikrotonalna wykorzystuje nie więcej niż 300 dźwięków.

Zmysł równowagi: kanały półkoliste informują mózg o położeniu ciała.

Wzrok: 6 mln czopków dla trzech kolorów, 100 mln pręcików bez koloru.

Mikrotonalne organy



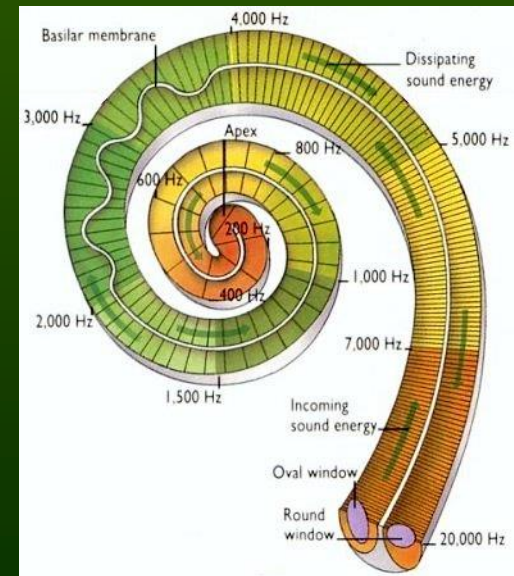
Fizycy uczą się o równaniu Fokkera-Plancka, ale mało kto wie, że Adriaan Fokker skonstruował mikrotonalne organy, mają 31 dźwięków w oktawie.

Na [YouTube](#) można posłuchać koncertów na tych organach.

Słuch bez uszu?

Słyszenie kostne – wibracje pobudzają błonę.

Implanty ślimakowe – pobudzają nerw słuchowy, 8-20, a nawet 120 elektrod, pozwalają na percepcję i naukę muzyki – jak można zobaczyć na festiwalach muzyków z implantami „Ślimakowe rytmy,” organizowanych w Warszawie przez Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu w Kajetanach.



Wibracyjne kamizelki

Sound Shirt, ubranie podłączone do systemu komputerowego odbiera sygnały audio z mikrofonów i przetwarza je na wibracje dostarczane przez małe silniczki umieszczone wokół całej kamizelki. Wysokie dźwięki skrzypiec wibrują w rękawach, niskie dźwięki kontrabasów na wysokości pasa.

Niemiecka orkiestra, Jungen Symphoniker Hamburg, organizuje koncerty dla osób niesłyszących, które "czują" muzykę za pomocą Sound Shirts.

Beethoven miał trąbkę do ucha.



Substytucja zmysłów

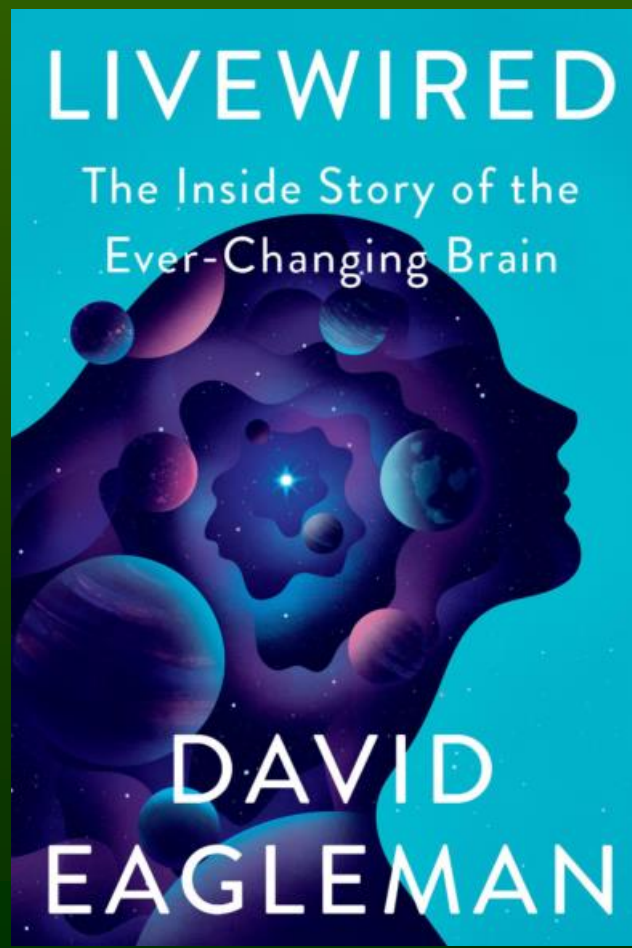
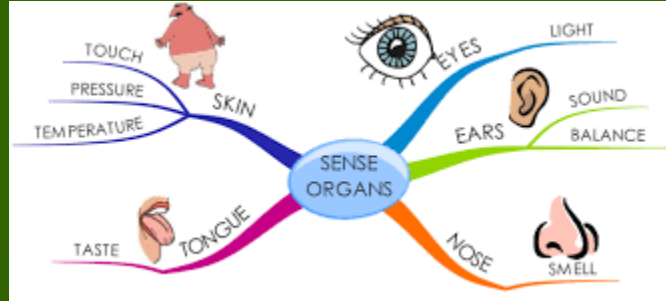
Namiastka synestezji.

Słuchowa => wzrokowa, dotykowa => wzrokowa,
wzrokowa => słuchowa, przedsionkowa.

Stymulacja wibrotaktylna: zmiana dźwięku na wibracje na skórze lub języku.

Patent na syntezytor organów zmysłów.

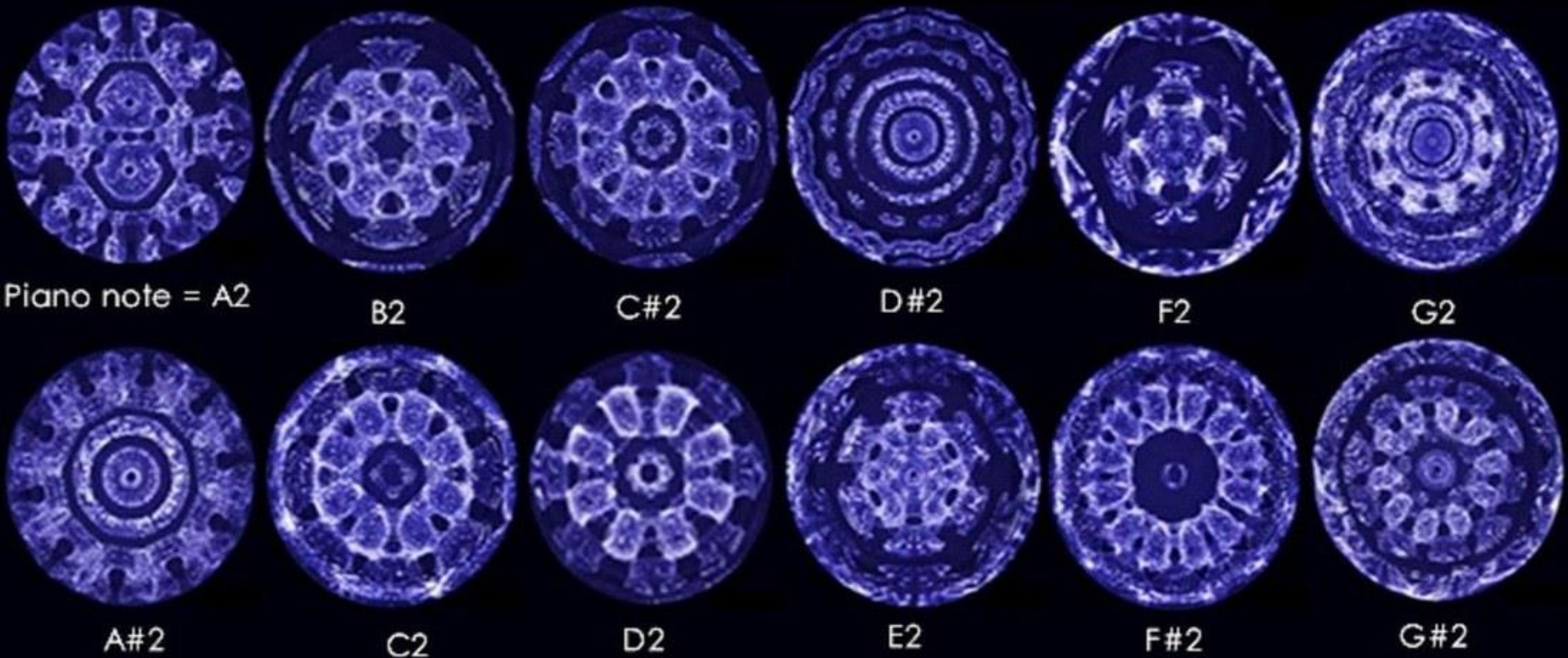
Sygnal magnetyczny=>wibrotaktylny, nowy zmysł.



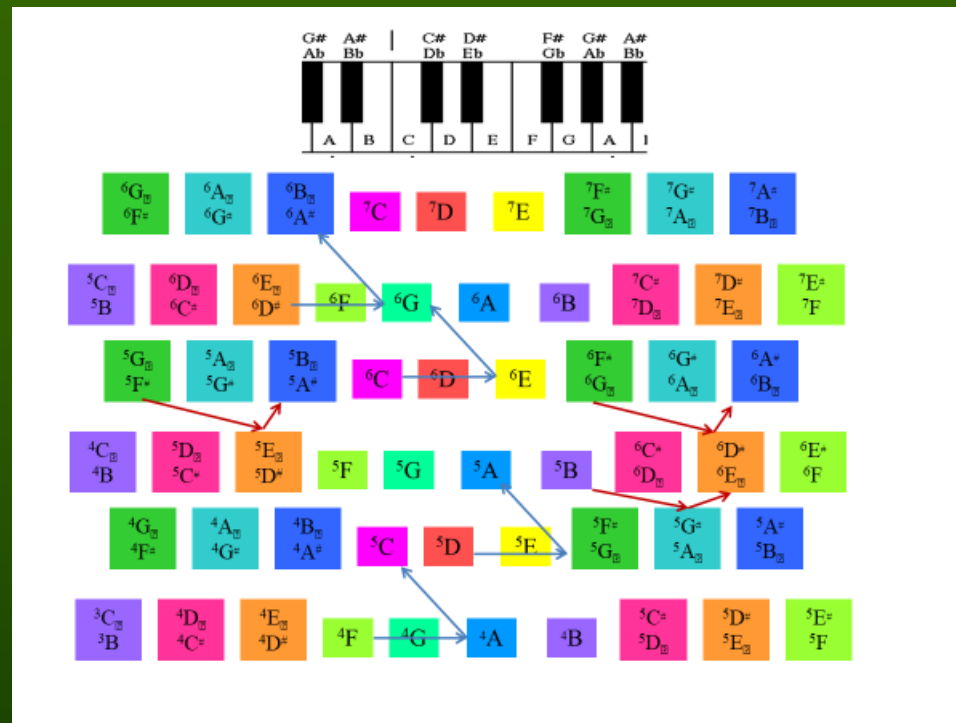
Cymatyka

Geometria dźwięku jest skomplikowana. Jednym ze sposobów by ją ujawnić są krzywe Lissajou, figury Chladniego, oraz Cymatyka. [Przykłady z Cymascope](#).

Wibracje w mózgu są znacznie bardziej skomplikowane, wielowymiarowe.



Geometria muzyki: izomorficzne klawiatury



H. Helmholtz 1863 w książce *On the Sensations of Tone* przedstawił kilka izomorficznych klawiatur. Praktyczne wersje powstają od 19 wieku do teraz.

Bosanquet (1875) ... Fokker (1951), Fernández (2009).

Klawiatury izomorficzne pokazują niezmienniczość transpozycyjną, akordy mają ten sam kształt przy transpozycji do innej tonacji, a niektóre klawiatury nawet niezmienniczość względem temperowanych strojeń.

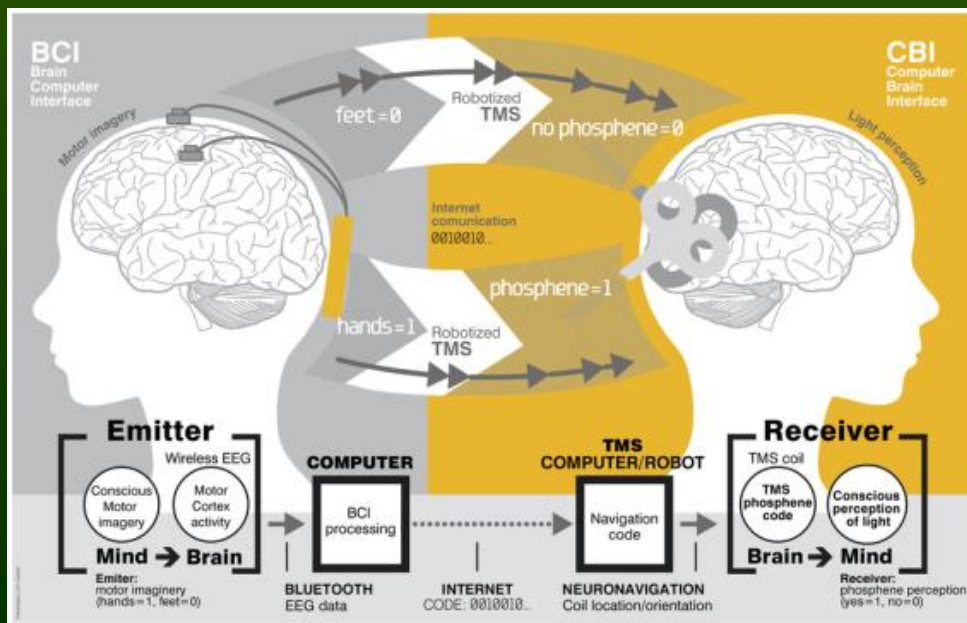
Aktywacja kory

Patent Sony na bezpośrednie przesyłanie multimedialnych sygnałów do mózgu.

Patent USA 6536440 B1: Metoda i system do generowania danych sensorycznych w ludzkiej korze neuronowej.

Powinno to umożliwić „doświadczenia zmysłowe” poprzez wysyłanie impulsów ultradźwiękowych do kory, aby zmodyfikować wzorce pobudzania neuronów w wybranych częściach mózgu. Dzięki temu można by wywołać różne wrażenia zmysłowe, w tym dotyk, smak i dźwięk, omijając zmysły.

Synchronizacja mózg-mózg jest bardziej realistyczna, jeśli mamy dostęp do kory.

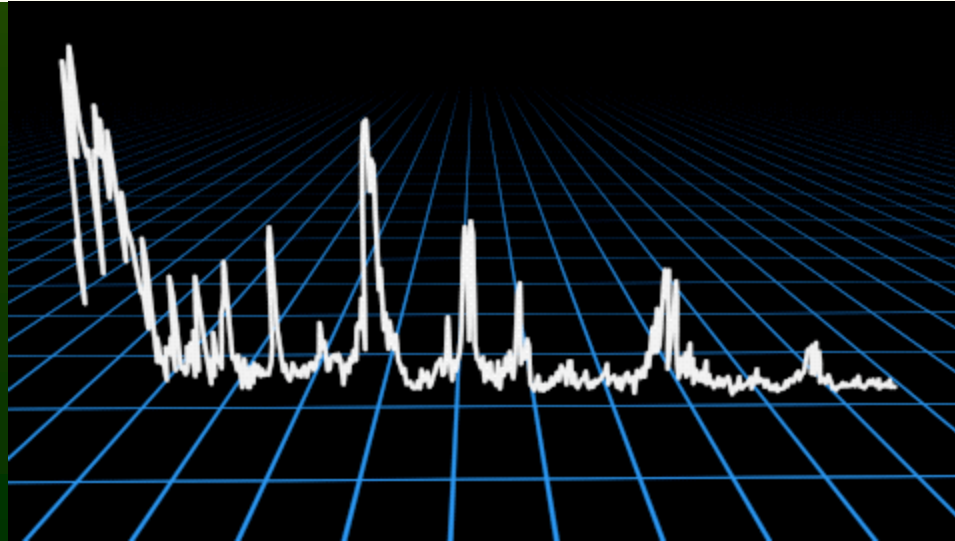
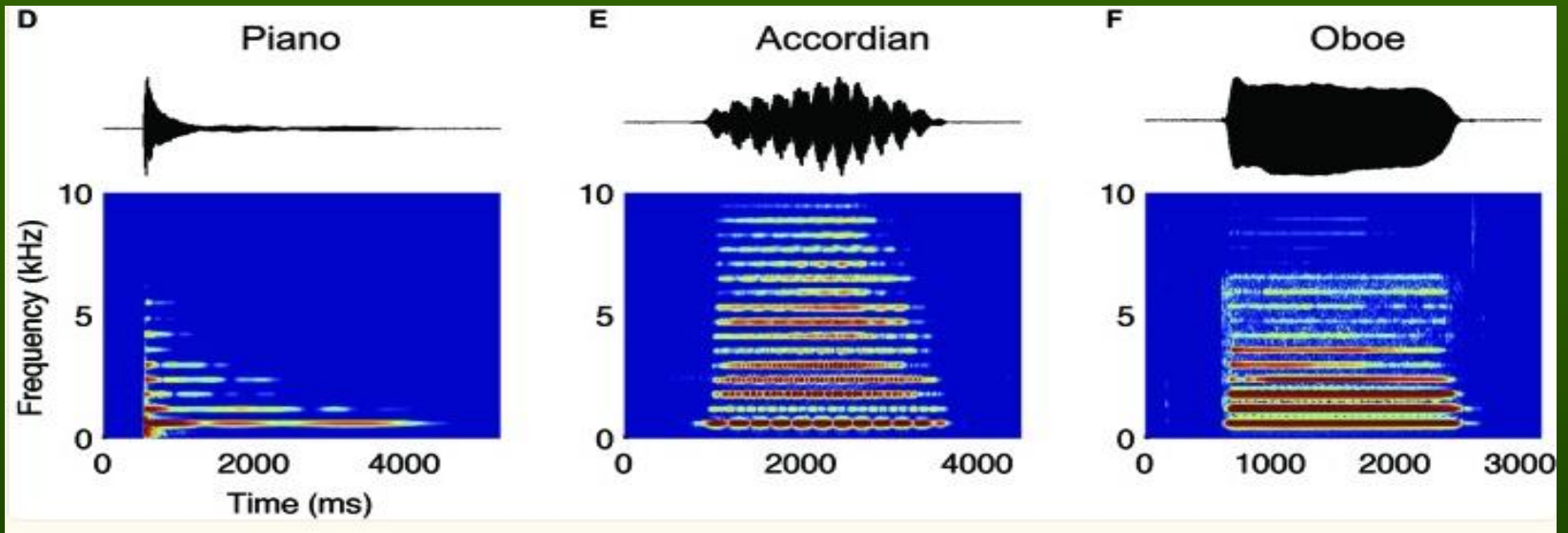


Czy każdy słyszy to samo?



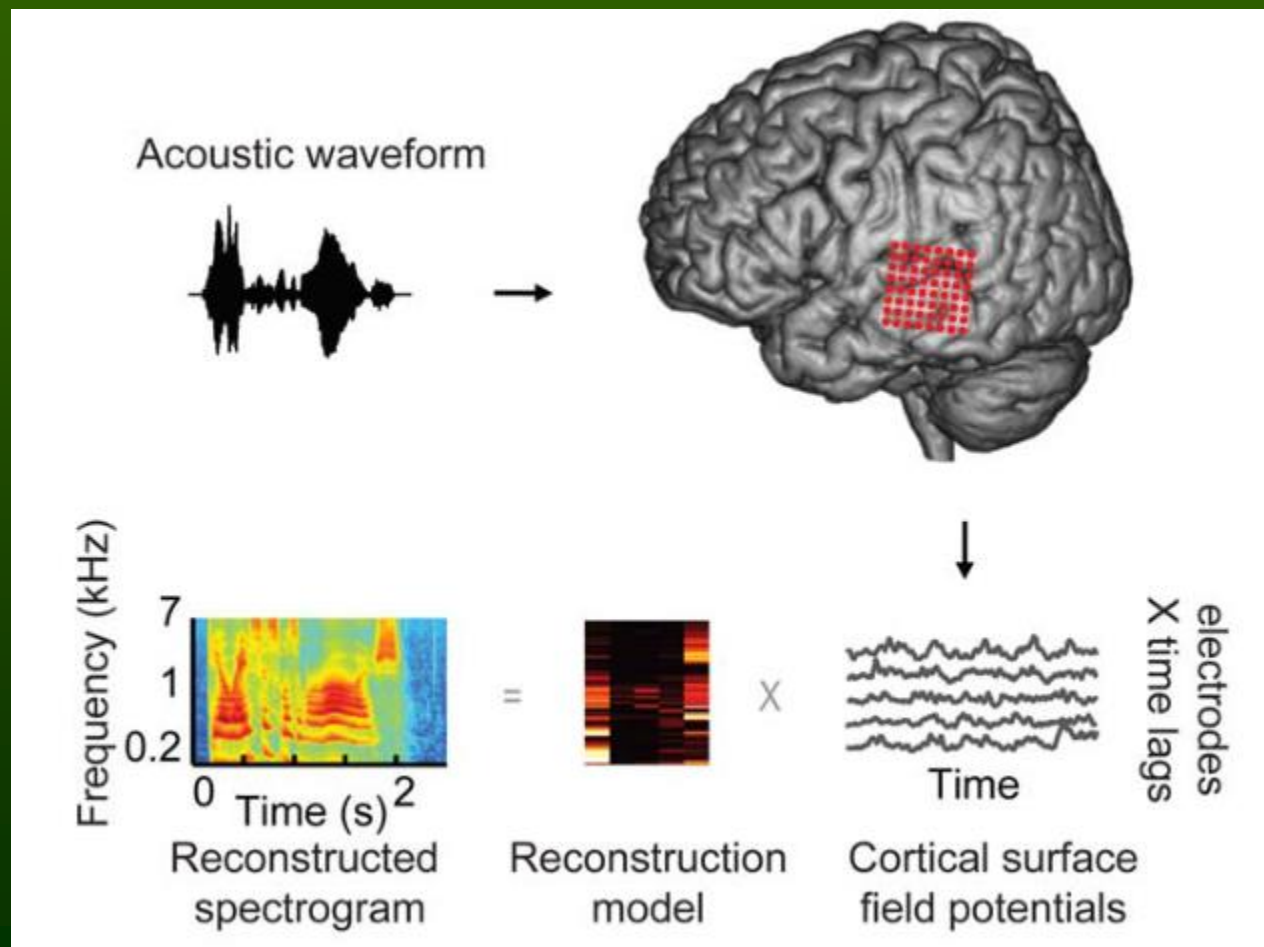
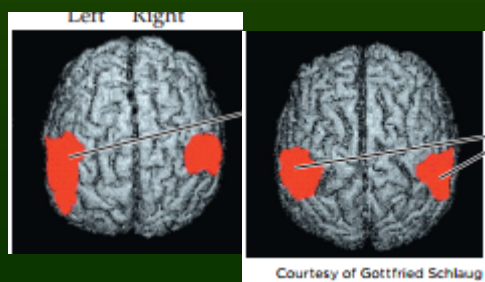
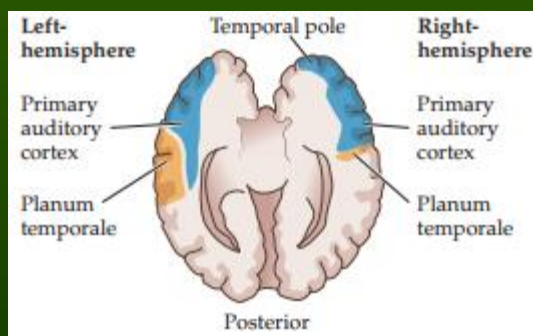
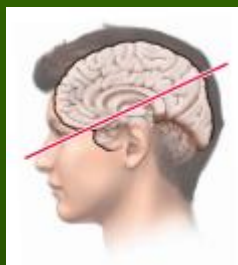
Barwa dźwięku

Ta sama nuta grana na różnych instrumentach ma inną barwę, bo co chwilę zmienia się rozkład częstotliwości harmonicznyc.

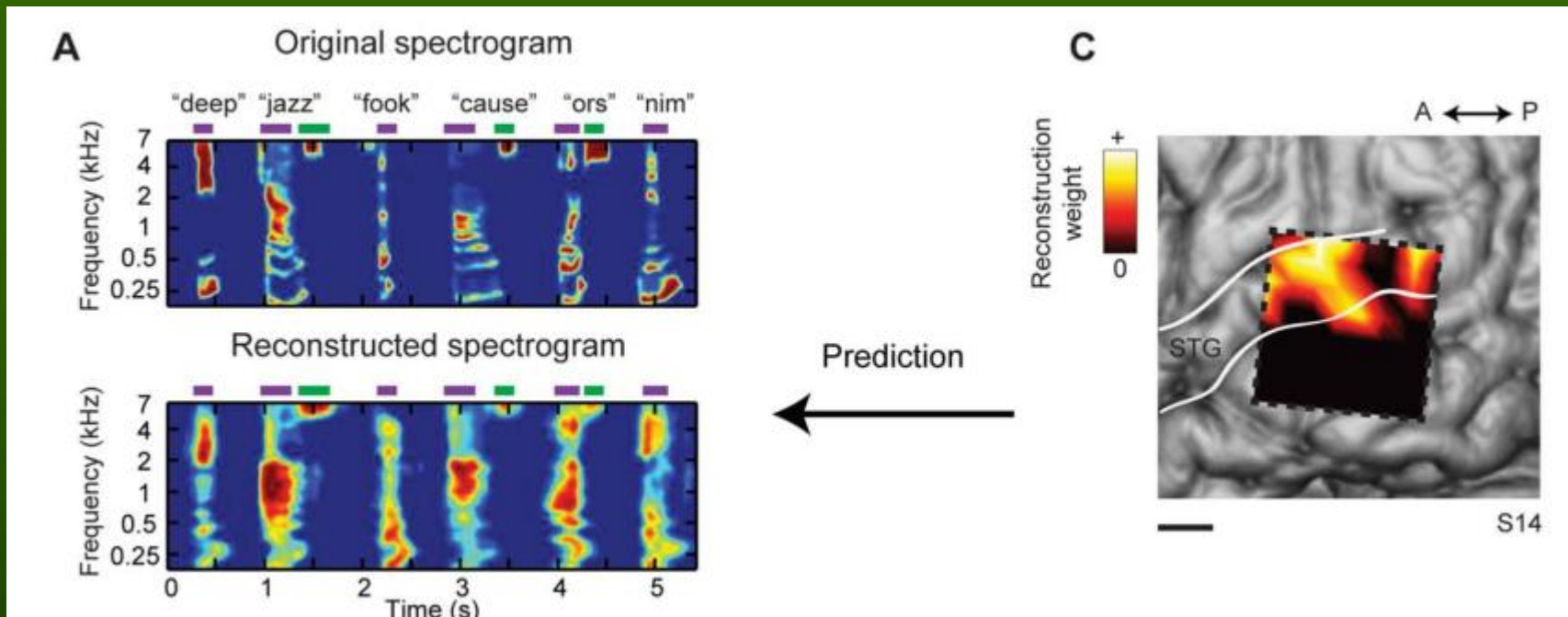


Dźwięki w mózgu

Siatka elektrod mierzących korowe potencjały pola elektrycznego pozwala na rekonstrukcję mowy z mierzonej aktywności mózgu. Możemy zrekonstruować słyszane dźwięki, a nawet wewnętrzny dialog.



Miejsce, czas, częstotliwość, energia



Aktywność mózgu to ciągi impulsów neuronowych i oscylacje mikroobwodów. Neuronowa reprezentacja dźwięku może być analizowana przez 4-wymiarowy spektrogram aktywności kory słuchowej (X, t, f, E).

Różne kombinacje => różne wrażenia.

Audiogram pokazuje jakie częstotliwości są słyszalne, co wpływa na barwę.

Pasley et al. Reconstructing Speech from Human Auditory Cortex. PLOS Biology 2012.

Anomia dźwięków

Anomia koloru jest rzadka: większość z nas potrafi wymienić około 12 kolorów. Anomia wysokości dźwięku jest powszechna: niewielu ma absolutną wysokość dźwięku. Trening słuchu absolutnego nie każdemu się udaje.



Słuch absolutny w populacji studentów muzyki w USA:

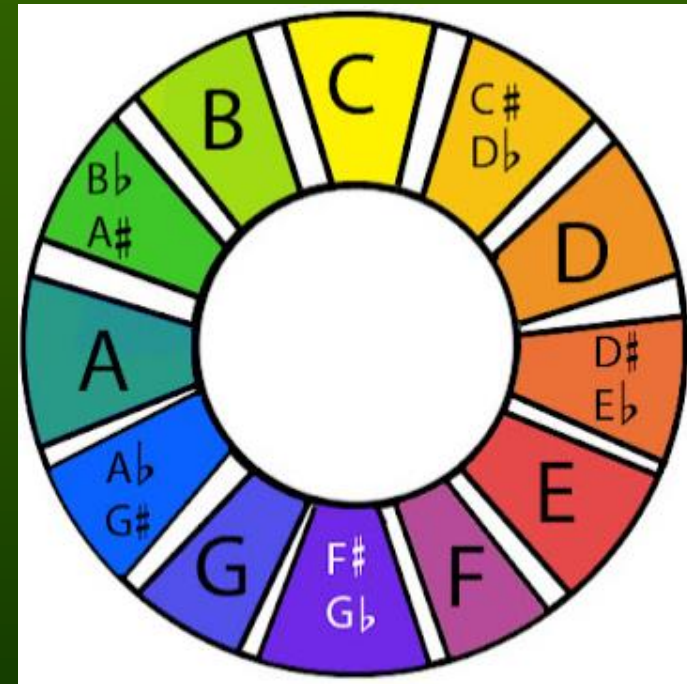
Kaukaska 9%

W całej populacji kaukaskiej < 0.01%.

Japońska 26%

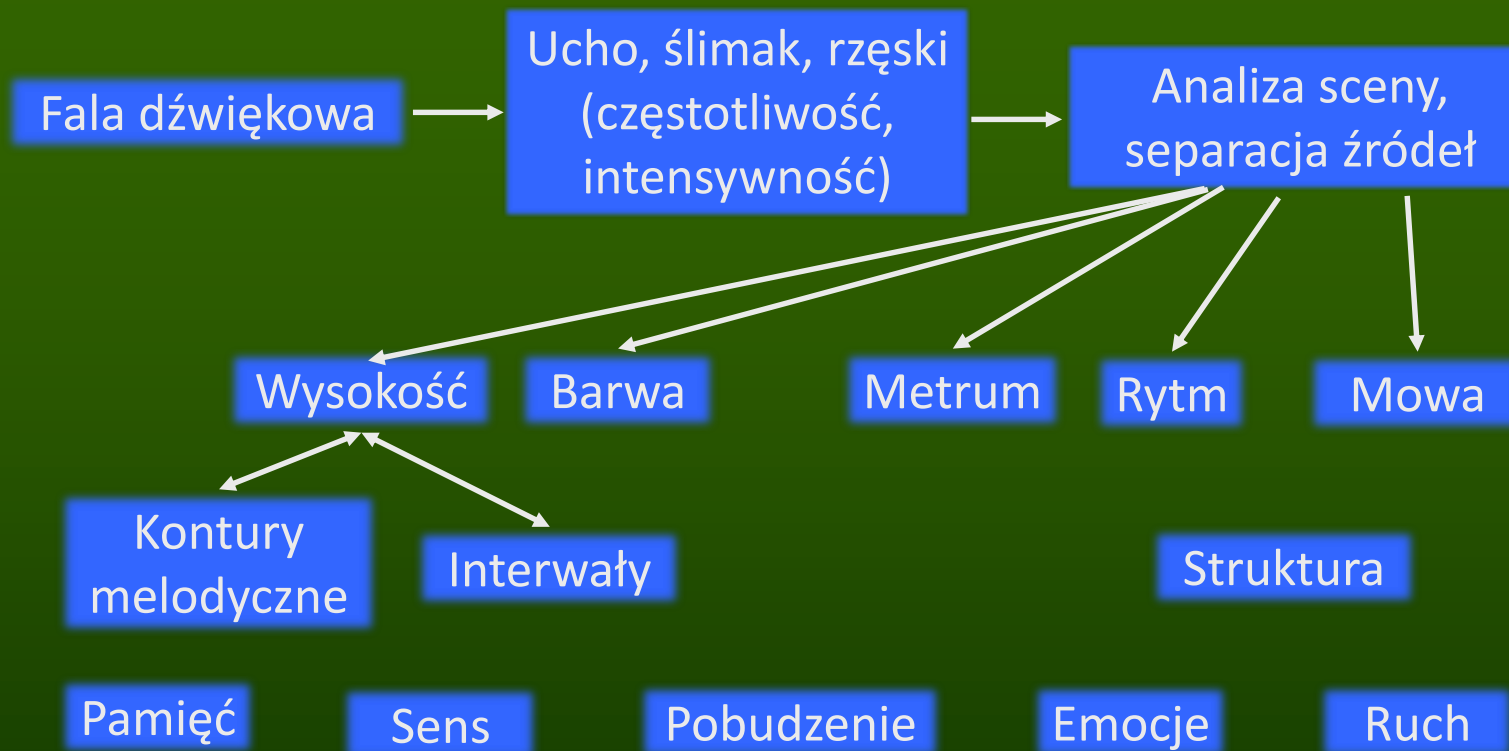
Koreańska 37%

Chińska 65%



Synestezje: zmysły mogą się wzajemnie pobudzać. Dźwięki i kolory stosunkowo często.

Niektóre cechy dźwięków



Pamięć – sekwencje. Sens – skojarzenia, interpretacja.

S. Koelsch, Toward a neural basis of music perception – a review and updated model.
Front. in Psychology 2 (110), 1-20, 2011

Dlaczego i w jaki sposób
muzyka nas porusza?

Dlaczego?

Dlaczego słuchanie muzyki sprawia nam przyjemność?

- Mowa pozwala na komunikację i zwiększa szansę przeżycia. Do czego potrzebna jest/była muzyka?
- Steven Pinker (Jak działa umysł, 1997): „Jeśli chodzi o biologiczne przyczyny i efekty muzyka jest bezużyteczna”. Czyżby muzyka nie miała ewolucyjnego sensu?

Śpiew samców ptaków, wielorybów, czy zawodzenia gibbonów służą przywabianiu samic, odstraszaniu, ostrzeżeniom.

„Smutne wołania gibbonów w trzech kanionach Pa-Tu,
Po trzecim ich koncercie tej nocy,
mokre od łez jest ubranie wędrowca.”

Poemat Chiński z 4 wieku.

Gibbony | Wyjce

Naśladowanie śpiewu ptaków i głosów zwierząt.

Na Wyspach Kanaryjskich porozumiewano się na większe odległości gwizdząc.

Antropolodzy: tańce i śpiewy w czasie nowiu odstraszały w dżungli drapieżniki.



Biomuzykologia

- B. Merker (1999), biomuzykolog:
wokalizacja małp stadnych służy komunikacji
i ostrzeganiu obcych małp: to nasz teren!
Mniej wysiłku niż roznoszenie śladów zapachowych.
- Ksenofobia prowadzi do dziedzicznych chorób;
potrzebne jest mieszanie genów.
Sygnał dźwiękowy pozwala przekroczyć barierę
strachu i przejść do innej grupy – to musi
budzić emocje.

U szympansów (jak i ludów myśliwsko-zbierackich)
samice wabione są głosem chóru samców.

Jest ewolucyjna presja do wspólnej wokalizy!
Śpiewajmy razem!

Miller, G. F. (2002). Evolution of Human Music through
Sexual Selection. W: The Origins of music, MIT Press.



Ewolucyjne źródła muzyki

- Na poziomie psychologicznym: związek śpiewu z miłością, seksem.
- Współpraca samców zwiększa spójność wewnątrz grupy.
- Na poziomie neurofizjologicznym: śpiew pobudza ośrodki przyjemności, wyzwala mechanizm nagrody za przezwyciężenie barier między osobnikami.

Małpy uderzają niezbyt rytmicznie w puste pnie, ale nie potrafią się nauczyć przewidywania, kiedy uderzyć.

Piszczalki i bębny są słyszalne na większe odległości niż głos; najstarsza piszczałka z kości liczy 43.000 lat.

Taniec i muzyka prawdopodobnie rozwijały się razem.

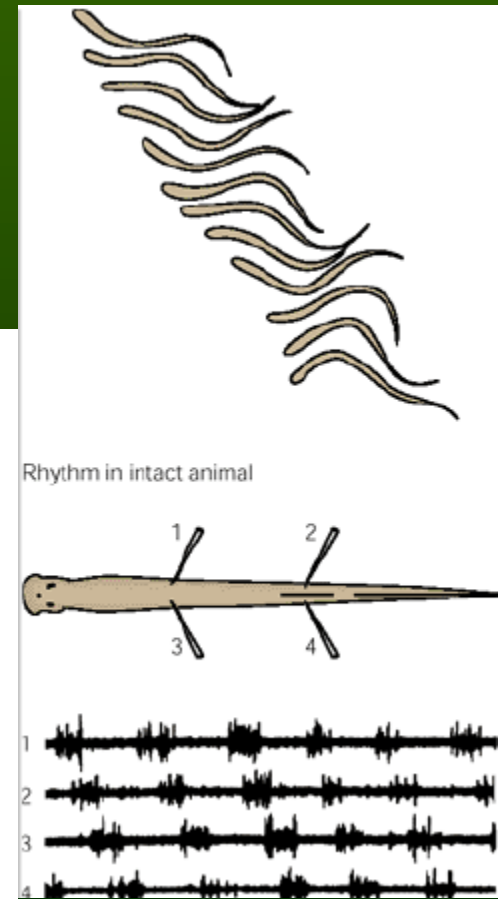
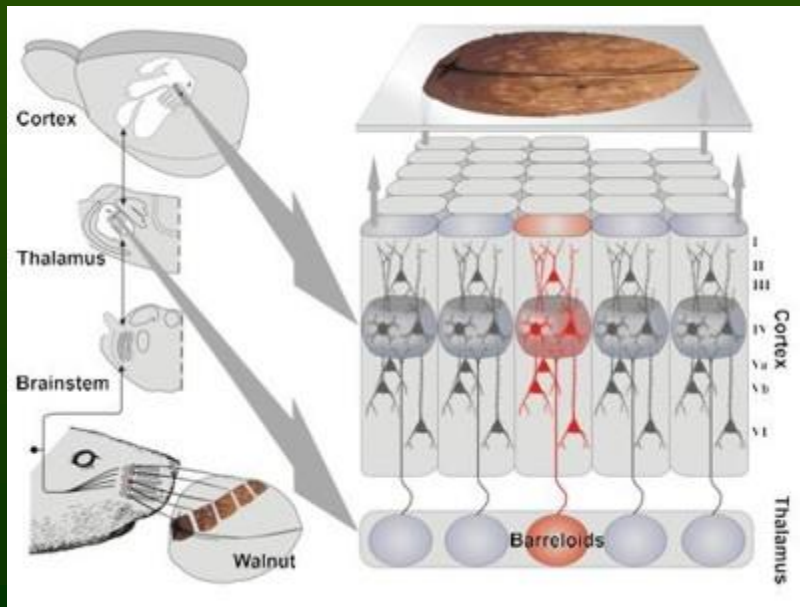


[Break Dance](#) w wykonaniu gibona.

Rytm i ruch

- Ruchy węzowate, minogi, węgorze: centralne generatory rytmu (CGR), pozwalające na wicie, ssaki mają je w rdzeniu kręgowym.
- Ruchy rytmiczne związane są z oddychaniem, biciem serca, połykaniem, poruszaniem czułkami – nie potrzebują ciągłej kontroli.
- Ruchy salamandry czy aligatora: więcej CGR, bardziej skomplikowane ruchy i złożona synchronizacja.
- To jest prawdopodobna podstawa rozwoju pamięci.

Nasze mózgi to zbiór bardzo wielu oscylacji/rytmów!



Niemowlęta

- Słuch działa już ok. 26 tygodnia ciąży.
- Wrażliwość muzyczna cechuje niemowlęta, istnieje już w okresie płodowym.
- Płód słyszy rytm i melodię, częstotliwości powyżej środkowego C są tłumione. Wiele rytmicznych melodii daje się zidentyfikować w środowisku płodowym.



Program badań wpływu muzyki na rozwój układu nerwowego, nazwany „Efektem Mozarta” prowadzony jest na University of California, Irvine.

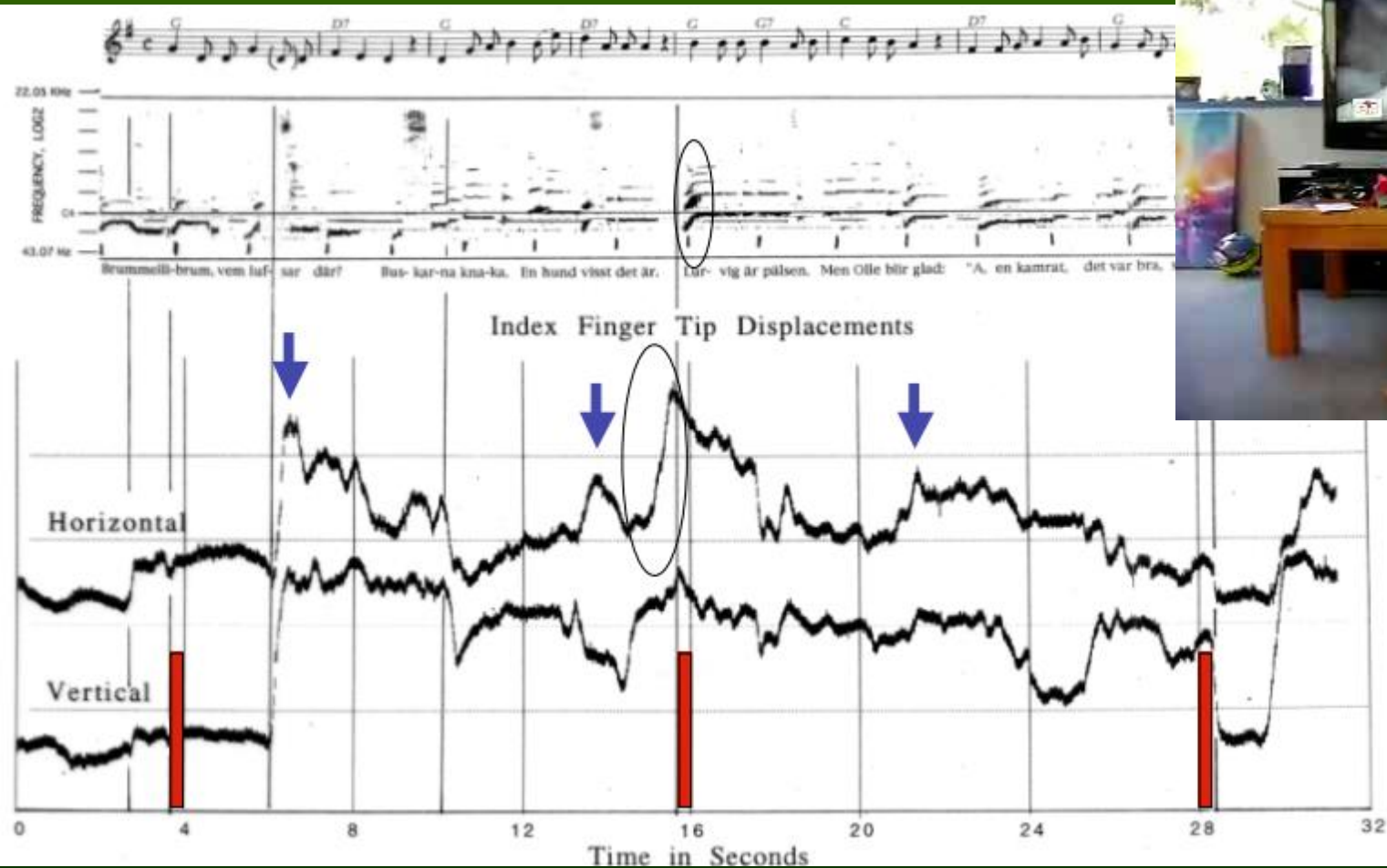
Słuchanie prostej muzyki (akordów kilku dźwięków) w 28-30 tygodniu życia płodowego wpływa na koordynację sensomotoryczną, np. wcześniejsze trzymanie butelki w dwóch rękach, wokalizację, wodzenie wzrokiem, imitację wyrazów twarzy.

Nie zauważono jednak wpływu na rozwój inteligencji w późniejszym wieku.

Dzieci pokazują muzyczne zdolności jeszcze zanim zaczynają mówić!

Niemowleta

Colwyn Trevarthen, Edynburg: dzieci dyrygują!



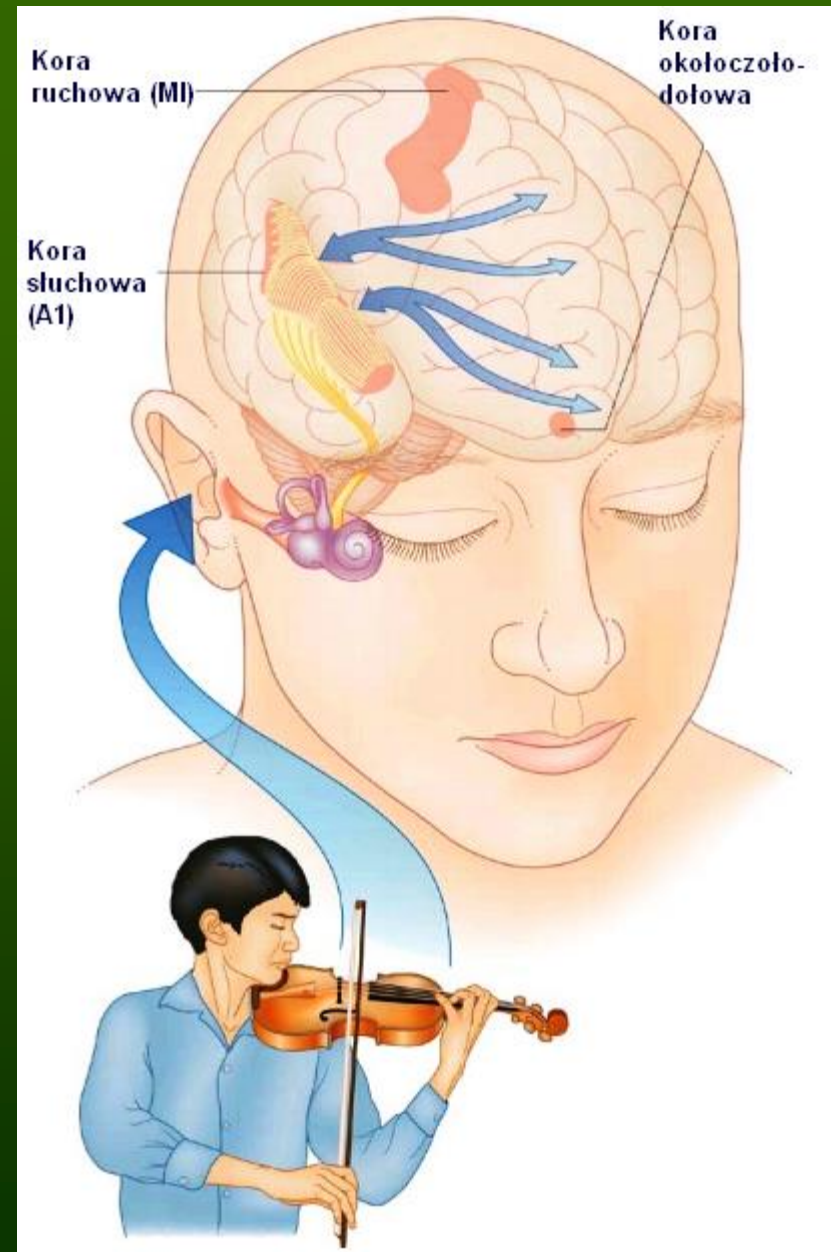
NEUROSCIENCE FOR MUSICIANS



Słuch

Od dźwięku do wrażenia.

- Wibracje powietrza zamieniają się na elektryczne impulsy.
- Impulsy przechodzą przez wzgórze i dochodzą do kory słuchowej w płacie skroniowym.
- W pierwotnej korze słuchowej analizowane są cechy sygnału mowy (lewa półkula) i innych dźwięków (prawa półkula).
- Wtórna kora słuchowa pozwala na rozpoznanie źródła dźwięków, np. rodzaju instrumentów.



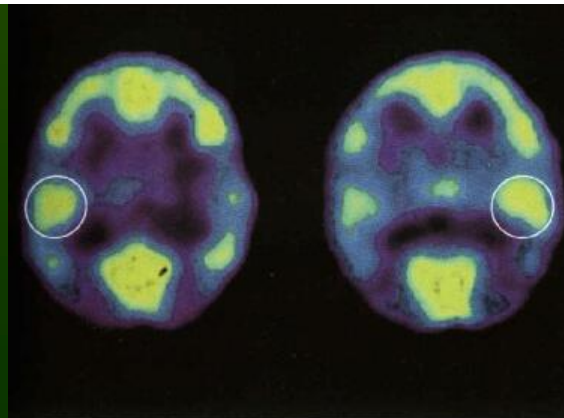
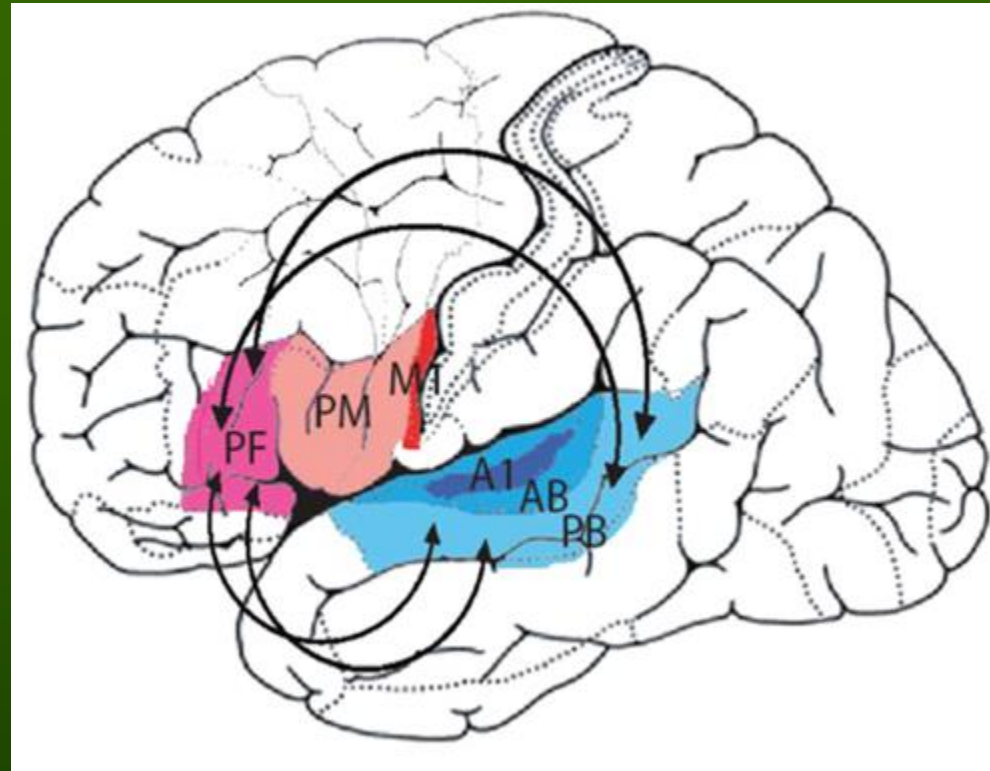
Kora słuchowa

Obszary mózgu związane z przetwarzaniem bodźców akustycznych w płacie skroniowym i czołowym.

Pierwotna kora słuchowa (A1), pas słuchowy (AB), pas rozszerzony (PB, a w nim obszar Wernickiego), boczno-brzuszną korą przedczołową (PF) i korą przedruchową (PM, Broca), korą ruchową (M1).

Prawa półkula analizuje głównie prozodię mowy i różne aspekty muzyki, lewa analizuje głównie mowę. Utwory śpiewane silnie aktywują obydwie półkule.

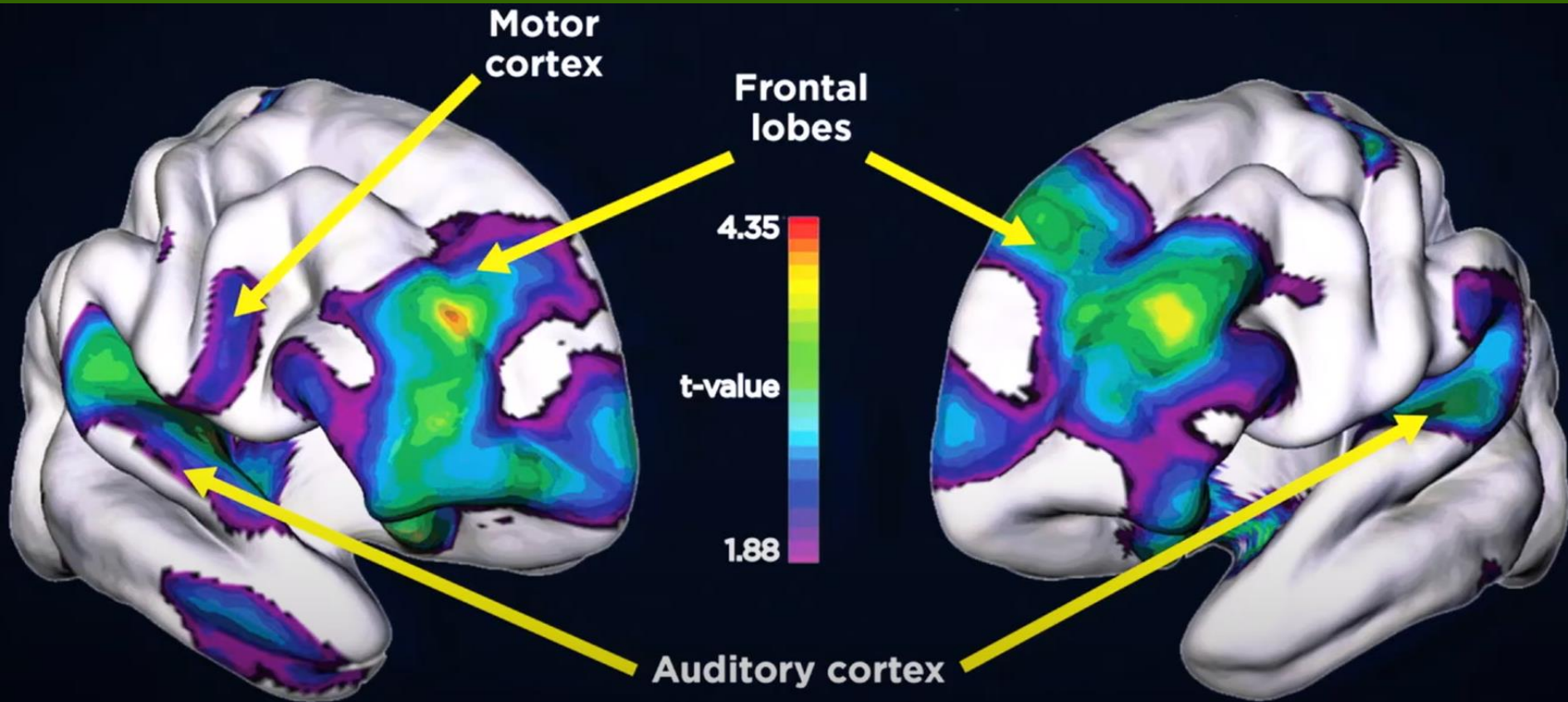
Droga brzuszna: przewidywanie złożonych struktur, regularności struktur muzycznych.



Mowa

Muzyka

Grubość kory muzyków



Sprawne działanie wymaga synchronizacji wielu neuronów, czyli grubszej kory. Genetyka + praktyka => zmian grubości kory mózgu muzyków w obszarach słuchowych (STS), ruchowych i brzuszo-bocznych płatach czołowych (funkcje wykonawcze). Bermudez et al., Neuroanatomical correlates of musicianship as revealed by cortical thickness and voxel-based morphometry, Cerebral Cortex, 2009.

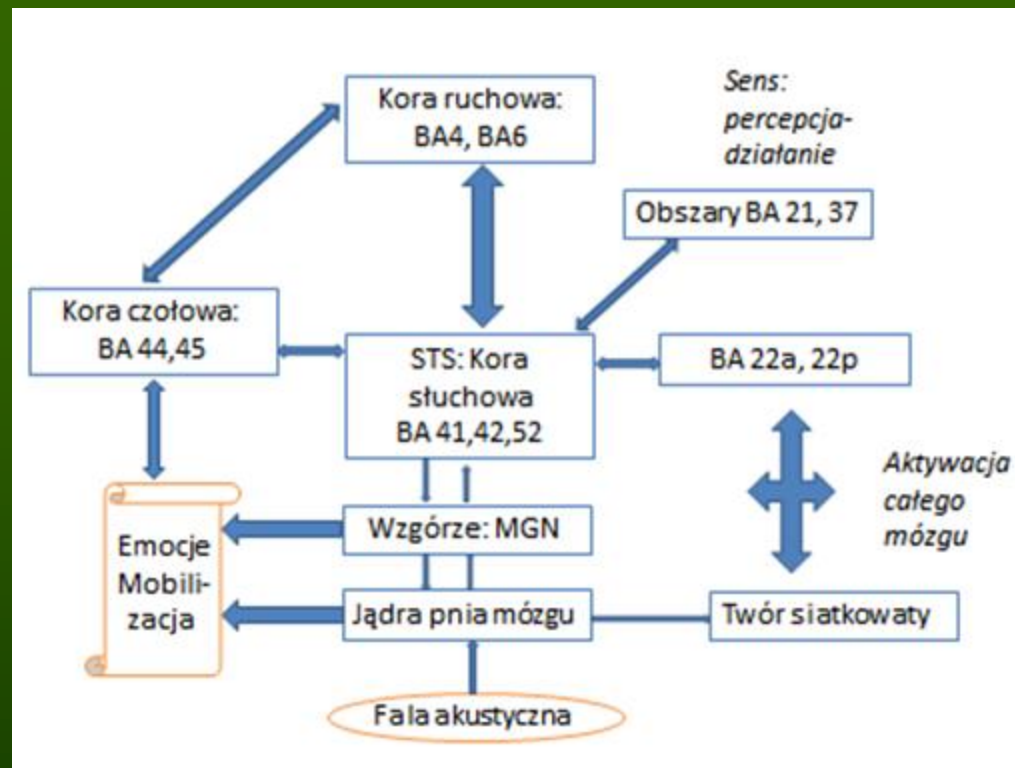
Kora słuchowa - połączenia

Główne obszary mózgu zaangażowane w przetwarzanie dźwięków.

MGN – ciało kolankowate przyśrodkowe (wzgórze),
STS – zakręt skroniowy górny;
BA - pola Brodmanna.

Emocje – struktury podkorowe (prążkowie, jądro półleżące).

Doskonałe współdziałanie
↔ doskonałe granie.



Analiza różnych aspektów dźwięku może być upośledzona na różnych etapach: rozróżniania interwałów muzycznych, barwy instrumentów, rytmu, pamięci melodii, odczuwania emocji wywołanych muzyką.

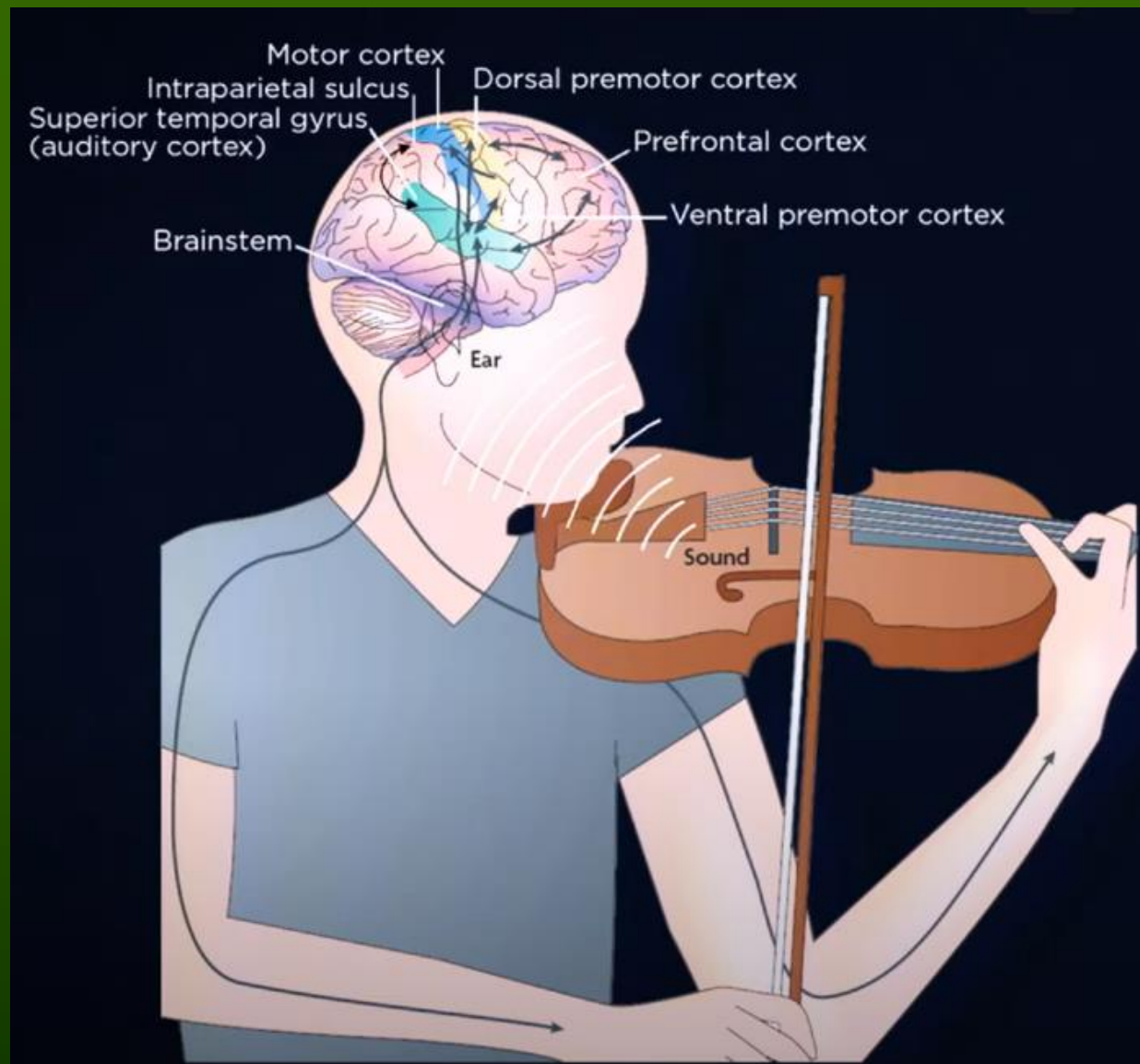
Duch W, [Amuzja Wyobrażeniowa](#), w: Neuroestetyka muzyki, red. P. Podlipniak i P. Przybysz. Wyd. Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk 2013, str. 243-266

Interakcje słuchowo-ruchowe podczas wykonywania muzyki.

Kora ruchowa i przedruchowa kontroluje ruchy rąk z niezwykłą precyzją.

Dźwięk jest przetwarzany przez układ słuchowy i wykorzystywany do regulacji siły nacisku, aby osiągnąć pożądany efekt.

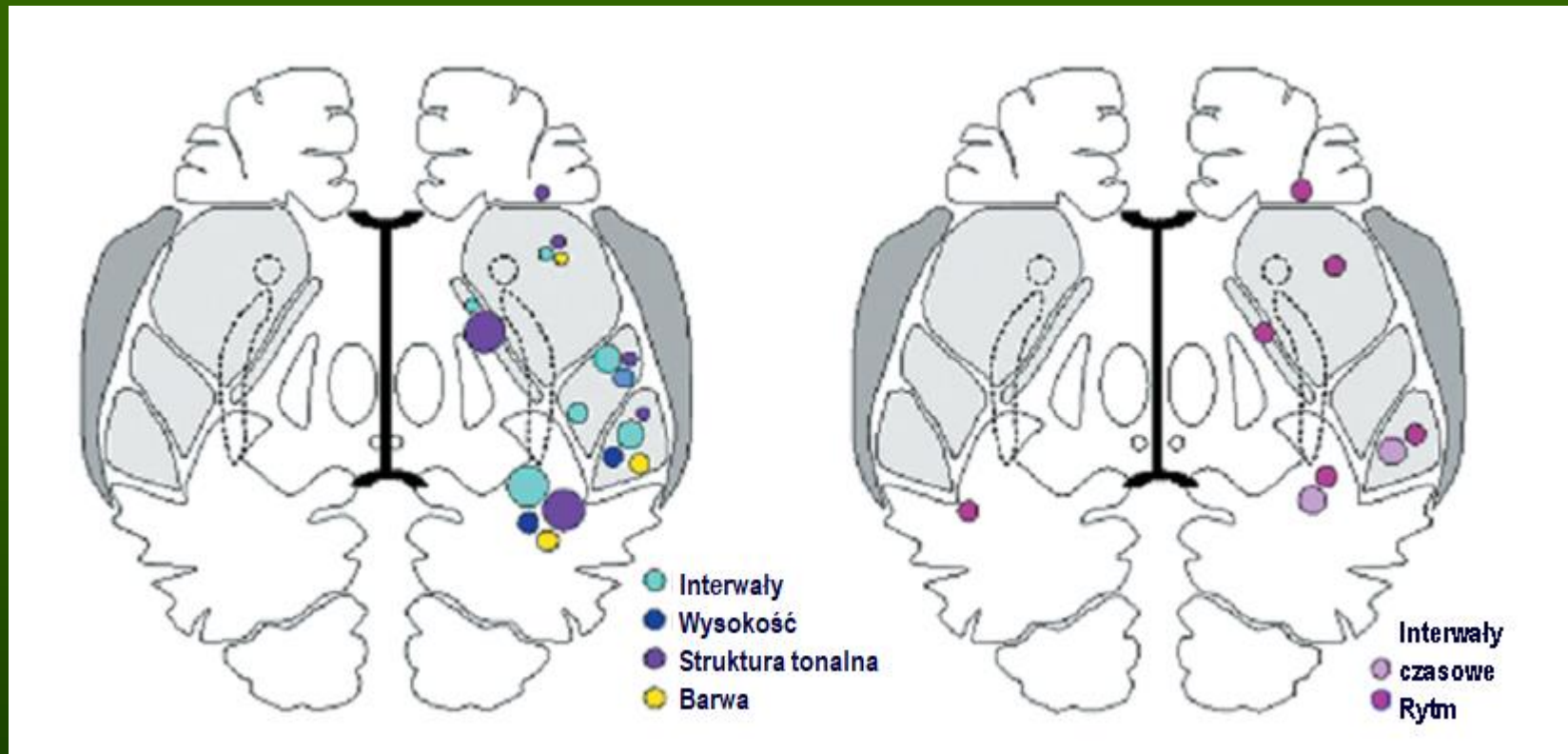
Pętla wewnętrzna:
kora przedruchowa
↔ kora słuchowa,
zanim powstanie dźwięk
lub wykonany ruch.
Ciągła antycypacja!



Zmysły ↔ działanie.

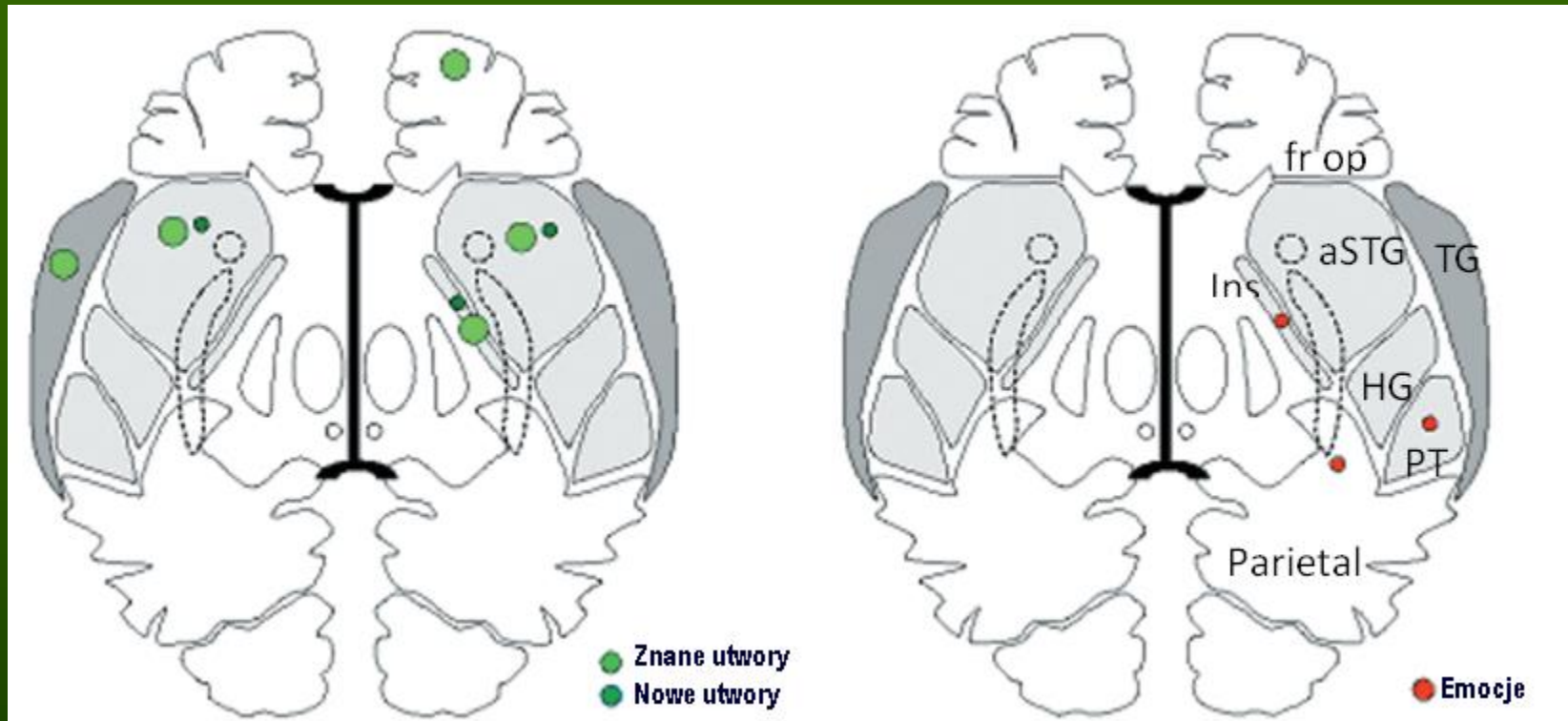
Zatorre, R. J., Chen, J. L., & Penhune, V. B. (2007). When the brain plays music: Auditory-motor interactions in music perception and production. *Nature Reviews Neuroscience*.

Przetwarzanie dźwięku



Poznawczy model przetwarzania muzyki pokazuje szeroko rozproszoną sieć, skoncentrowaną na przetwarzaniu wysokości dźwięku i rytmu: interwały i wysokość dźwięku w bocznym zakręcie Heschla, barwa w płatach nadskroniowych, interwały czasowe i rytm w obszarach motorycznych/mezolimbicznym.

Przetwarzanie dźwięku



Świadome słyszenie wymaga aktywacji kory słuchowej (zakręt skroniowy).

Postrzegamy całościowo, ale każdy z aspektów może być zaburzony.

Amuzja, całkowita niezdolność do percepcji muzyki, jest dość rzadka (ok. 4% populacji), zwykle dotyczy tonów, ale może też dotyczyć rytmu.

Percepcja muzyki

Kognitywny model przetwarzania muzyki skupia się na tonach, rytmie, uwzględnia:

- analizę sceny dźwiękowej – kształt ucha i jądra oliwek w pniu mózgu pomagają lokalizować dźwięki przy różnicy 10 mikrosekund z lewego/prawego ucha;
- separację źródeł (słyszymy poszczególne instrumenty, przynajmniej niektóre).
- częstotliwość dźwięków analizowana jest już w błonie podstawowej w ślimaku ucha, tony są rozpoznawane w zakręcie Heschla;
- barwa dźwięku w tylnej części górnego zakrętu skroniowego (STS);
- analiza rytmu angażuje prążkowie, korę czołową i przedczołową.
- konturów melodycznych, wznoszenia się i opadania fraz;
- interwałów czasowych, wykonywaną przez jądra pnia mózgu, wzgórza i kory;
- budowanie ogólnego obrazu (gestalt) i struktury muzyki to zadanie dla obszarów bliskich analizie mowy w tylnej części STG (w pobliżu obszaru Wernickiego) i w płacie czołowym w okolicach obszaru Broka.

Dostęp świadomy mamy głównie do końcowego etapu tej analizy, która grupuje wszystkie elementy, ale możemy też skupić się na wybranych cechach.

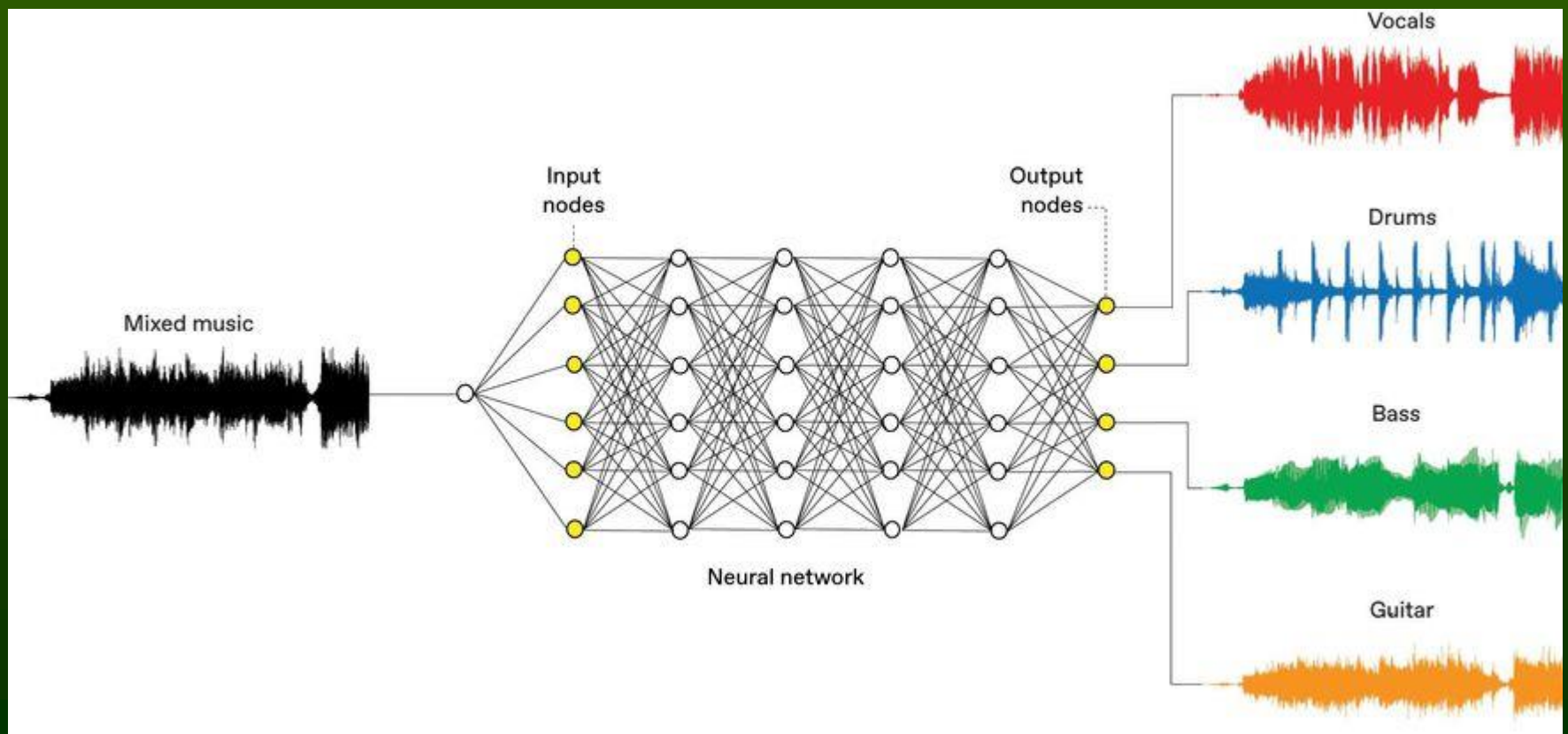
Soundstage

Mózg oddziela różne strumienie dźwięków (koktail-party problem).

Soundstage: po dźwięku wielokanałowym, precyzyjna separacja instrumentów i dowolne rozmieszczanie przestrzenne.

Działa dla kilku instrumentów, ale jeszcze nie z całą orkiestrą?

- <https://spectrum.ieee.org/3d-audio>



Model neurokognitywny

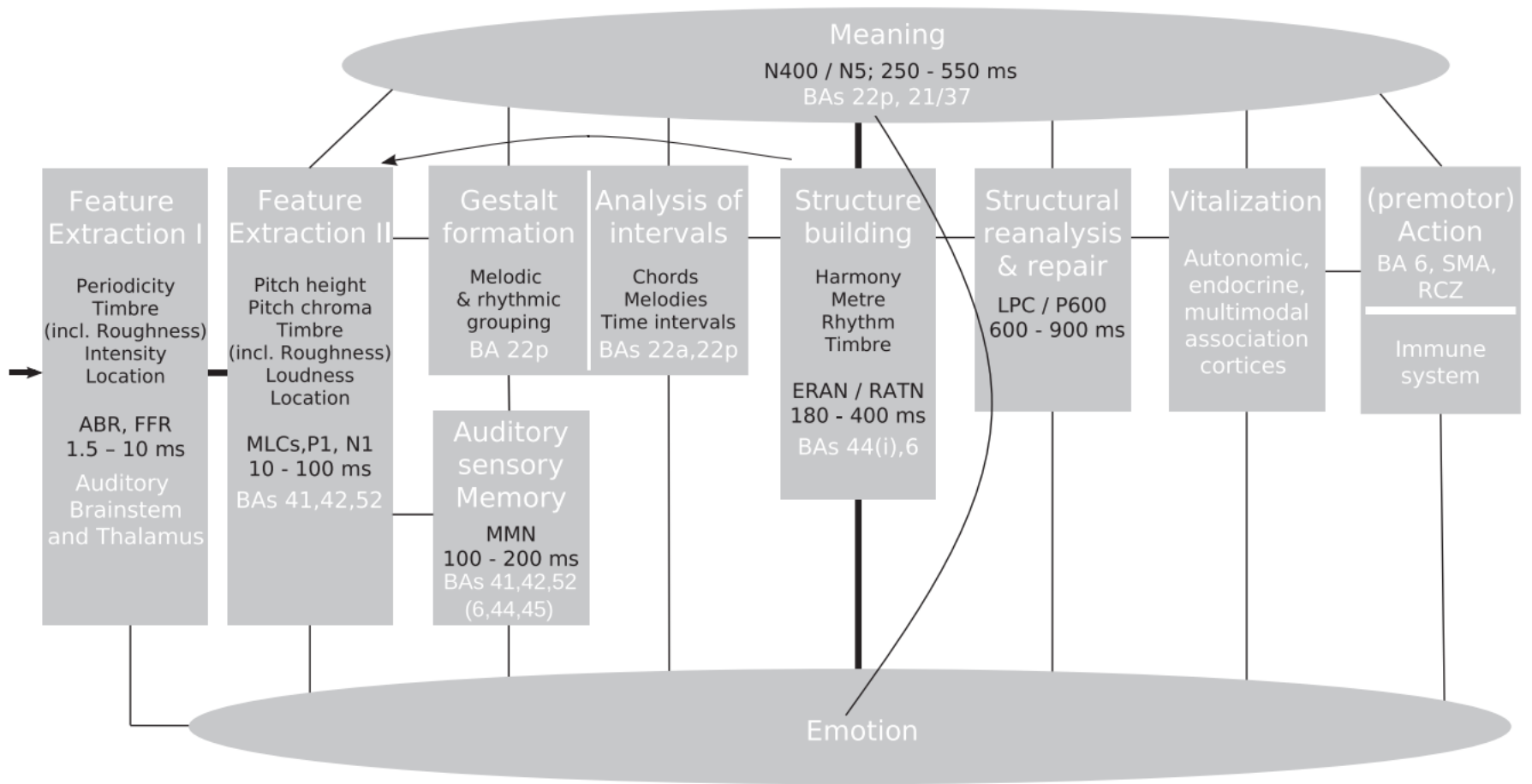
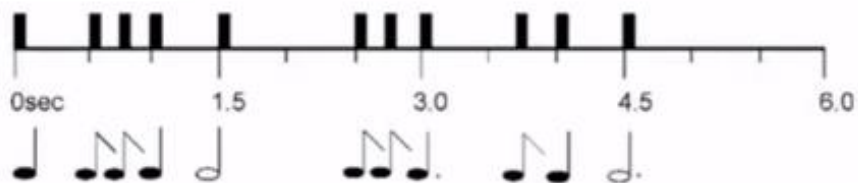


FIGURE 1 | Neurocognitive model of music perception. ABR, auditory brainstem response; BA, Brodmann area; ERAN, early right anterior negativity; FFR, frequency-following response; LPC, late positive component; MLC, mid-latency component; MMN, mismatch negativity; RATN, right anterior-temporal negativity; RCZ, rostral cingulate zone; SMA, supplementary motor area. *Italic font indicates peak latencies of scalp-recorded evoked potentials.*

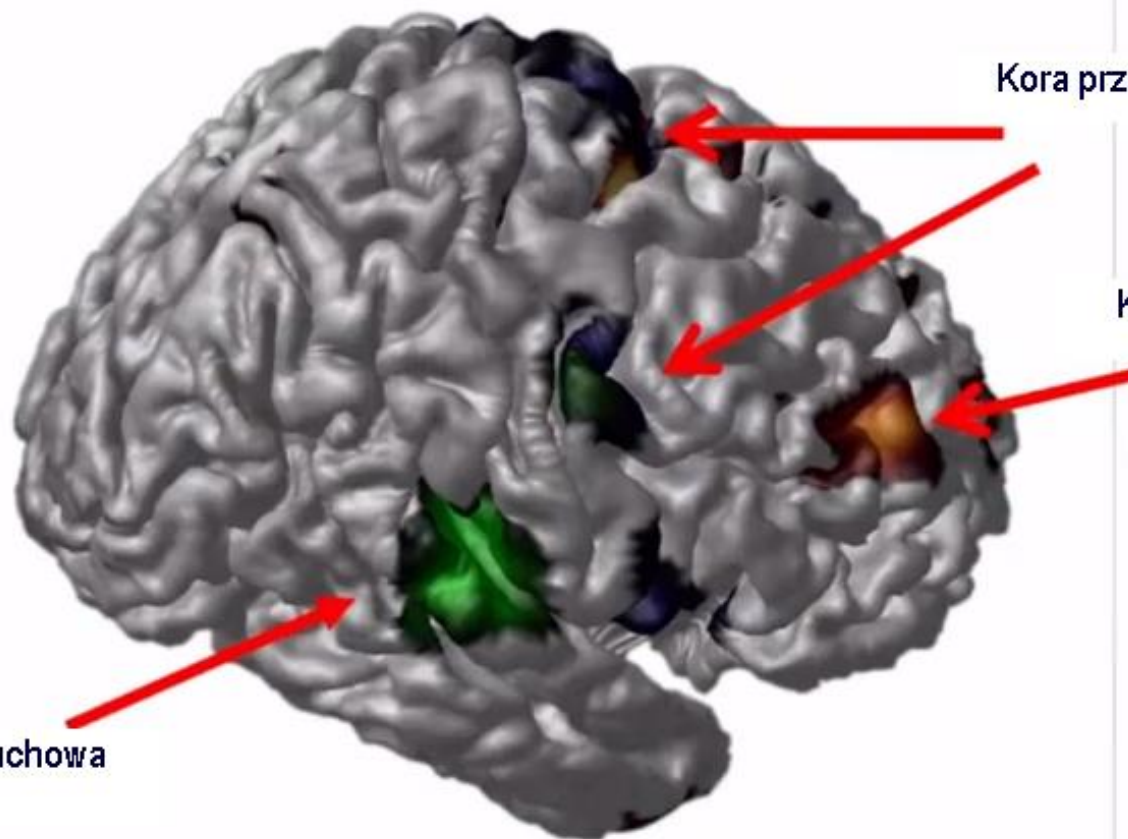
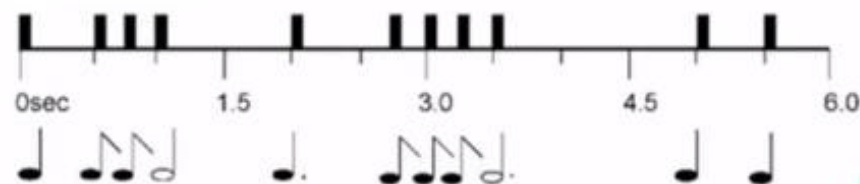
S. Koelsch, Toward a neural basis of music perception – a review and updated model.
 Front. in Psychology 2 (110), 1-20, 2011

Poczucie rytmu

Proste metrum



Złożone metrum



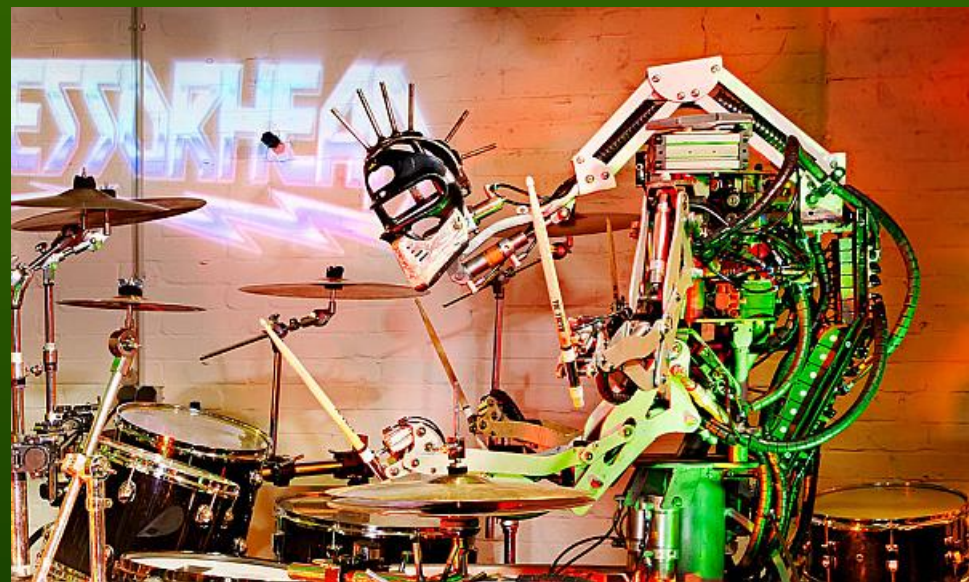
Kora przedruchowa

Kora przedczołowa

Kora słuchowa

Co tu zrobić z dodatkową ręką?

Gdybym był ośmiornicą ... to bym grał na perkusji!



A gdybym był robotem to bym dopiero zagrał ...
Grupa robotów [Compressorhead](#) jeździ na tourne po świecie.

Emocje



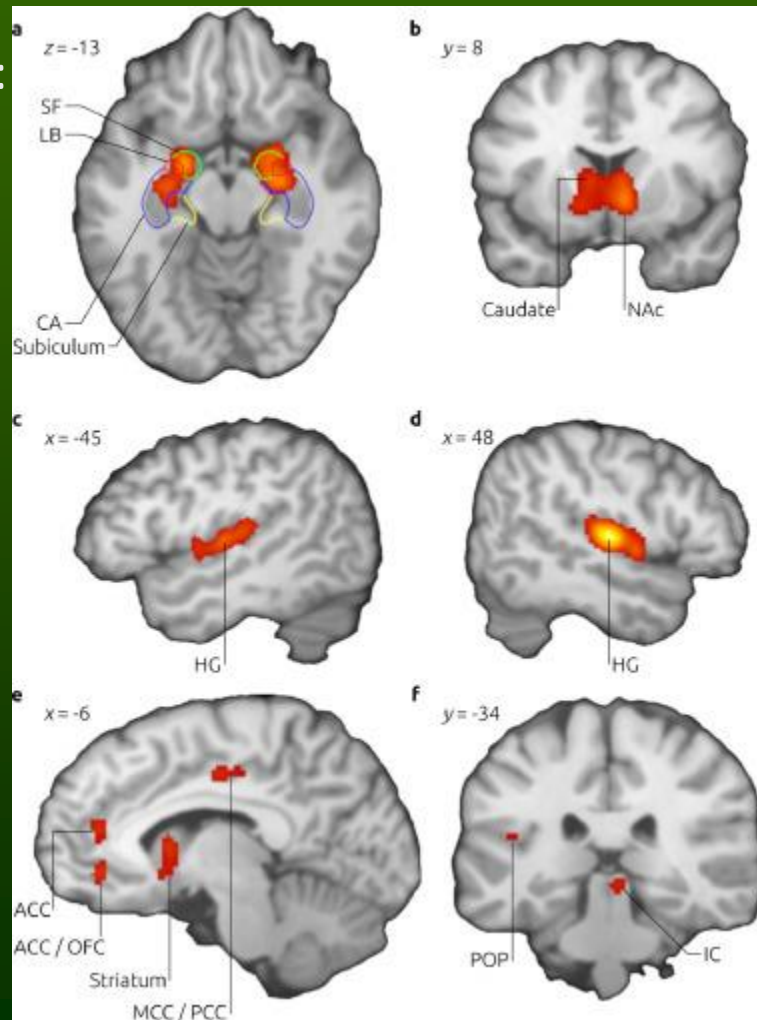
- Słowa wywołują w mózgu precyzyjnie zsynchronizowane ciągi bioelektrycznych pobudzeń kory mózgu.
- Precyzja wymaga wysokich częstości oscylacji >40 Hz, czyli < 25 msek.
- Emocje wynikają ze znacznie wolniejszych pobudzeń, fal biochemicznych modulujących stan kory i wpływających na procesy poznawcze, są więc trudne do precyzyjnego zdefiniowania.
- Emocje pierwotne, takie jak strach, powodują mobilizację, silne pobudzenie, przygotowanie do działania => synchronizacja czynności całego mózgu.
- W mózgu nie ma „centrum muzyki”, znaczna część zaangażowana jest w analizę własności dźwięków, poznawanie świata za pomocą słuchu, analizę zagrożeń/przyjemności i orientację przestrzenną.
- Dźwięki wywołują liczne reakcje emocjonalne, zarówno przyjemne jak i nieprzyjemne, np. brzęczenie komara. Są tu pewne uniwersalne cechy.
Niskie chrapliwe dźwięki, zgrzyty = strach, niebezpieczeństwo.
Opadające tony mowy są wyrazem dobrego samopoczucia, rozległe kontury wznoszących się i opadających dźwięków wyrażają radość i niespodziankę, „szczebiot” kojarzy się z wesołością.

Emocje w mózgu

Emocje wywołane przez muzykę widać w aktywacjach rozległych obszarów podkorowych i korowych, związanych z pamięcią: części hipokampa i ciała migdałowatego.

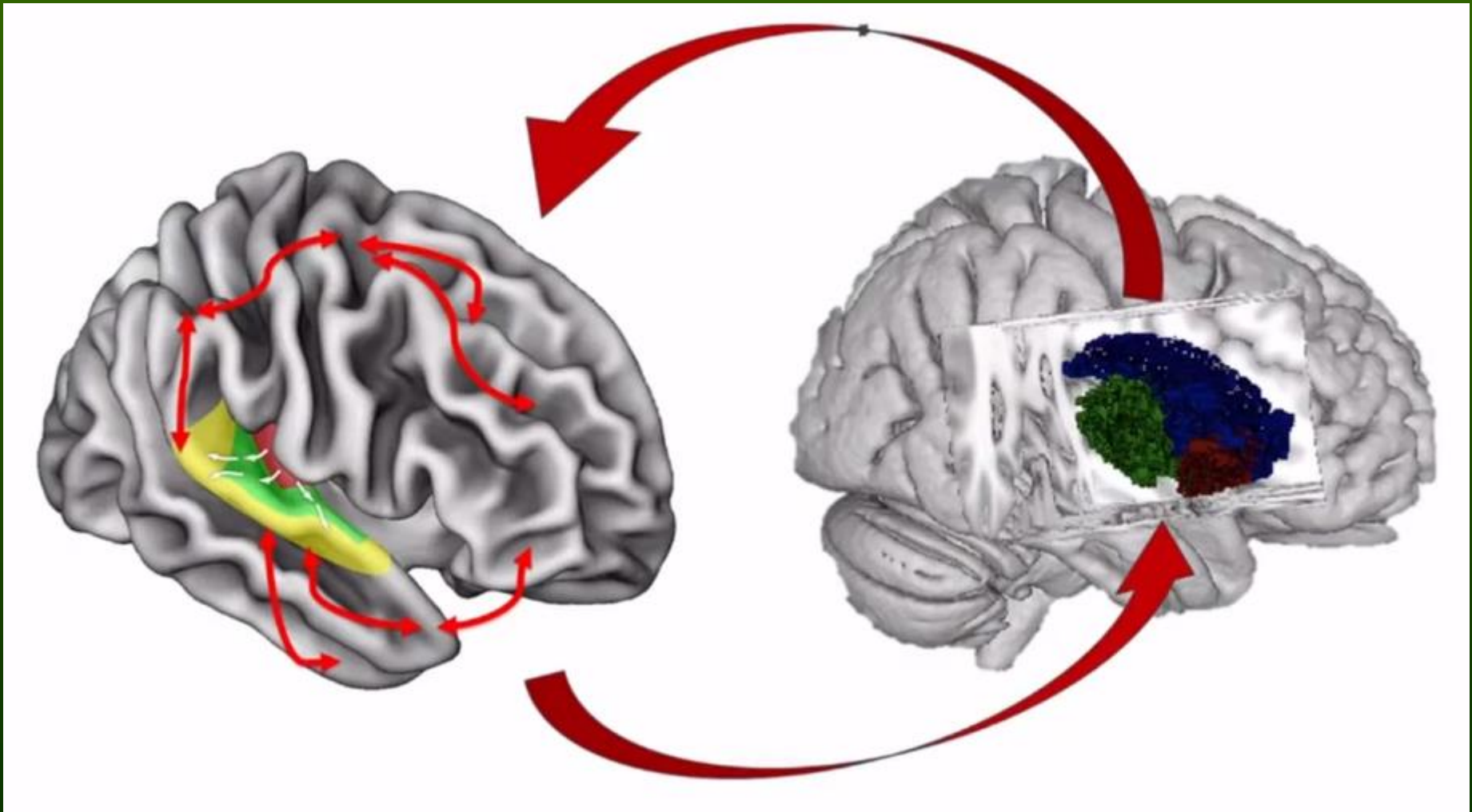
Pobudzają się też liczne struktury układu nagrody: prążkowie brzuszne (z jądrem półleżącym) i grzbietowe (jądro ogoniaste), przedniej części zakrętu kory obręczy (ACC), kory okołoczołodołowej (OFC), wtórnej kory czuciowej (SII), oraz kory słuchowej.

Emocje są związane z wydzielaniem neurotransmiterów, które regulują aktywność w wielu obszarach mózgu, stąd w różnych eksperymentach widać zaangażowanie wielu struktur w różnym stopniu.



Nagroda i nauka

Robert Zatorre: przewidywanie błędów zmysłowych => przewidywanie nagrody
=> przyjemność, pobudzenie emocjonalne, dopamina => uczenie się.



Sens muzyki

- W mózgu nie ma „centrum muzyki”, znaczna część mózgu zaangażowana jest w analizę własności dźwięków, poznawanie świata za pomocą słuchu, analizę zagrożeń/przyjemności i orientację.
- Muzyka uruchamia mechanizm łączący korę nową, precyzyjnie analizującą struktury sygnałów zmysłowych, współpracującą z ośrodkami podkorowymi, związanymi z szybkimi reakcjami emocjonalnymi i regulacją poziomu neurotransmitterów, wpływających na pracę całego mózgu.

Dźwięki wywołują liczne reakcje emocjonalne, zarówno pozytywne jak i negatywne; są tu pewne uniwersalne cechy, np.:

- Niskie chrapliwe dźwięki, zgrzyty, syczenie, werble ... powodują pobudzenie, strach, poczucie zagrożenia. Coś się czai w ciemnościach.
- Opadające tony mowy są wyrazem dobrego samopoczucia, rozległe kontury wznoszących się i opadających dźwięków wyrażają radość i niespodziankę, „szczebiot” kojarzy się z wesołością.



Amuzja i hedonia

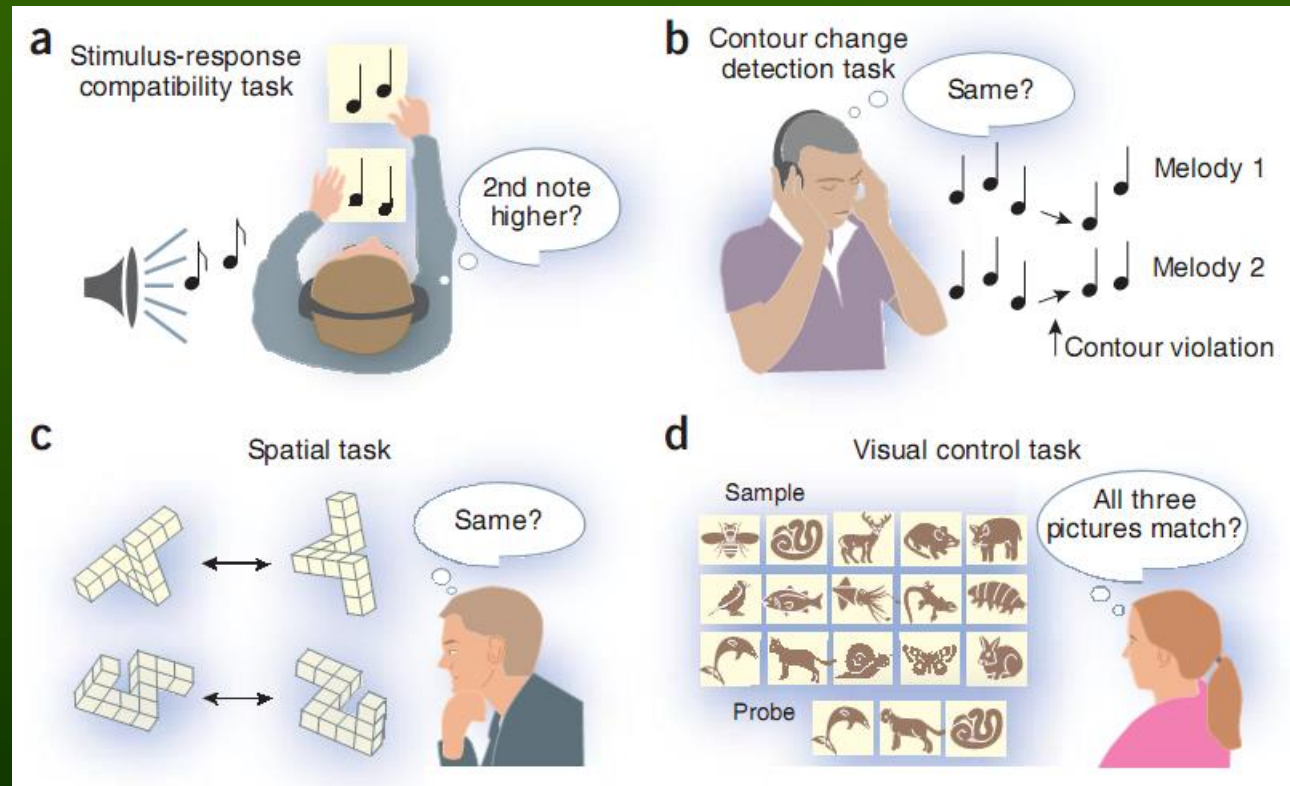


Amuzja i orientacja przestrzenna

Skąd bierze się amuzja? Badania neuroobrazowe/uszkodzeń mózgu pokazują, że obszar górnego zakrętu skroniowego nie reaguje na wysokość dźwięku i linie melodyczne.

Może być znacznie gorzej – muzyka może pobudzać ciało migdałowate.

Douglas, K.M.
& Bilkey, D.K.
Amusia is associated with deficits in spatial processing.
Nature Neuroscience
10, 915-921 (2007)



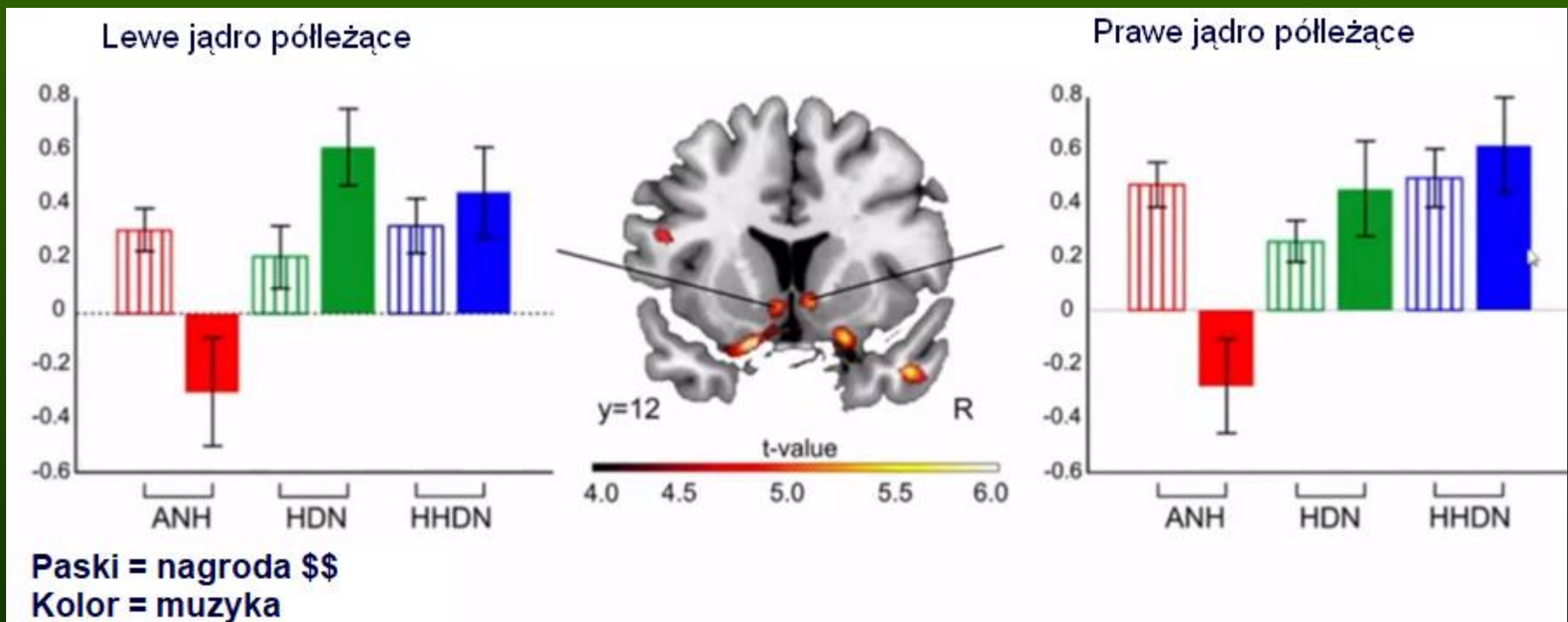
Takie osoby mają też trudności w zadaniach wymagających pamięci i wyobraźni przestrzennej. Nie znaleziono jednak zmian w korze ciemieniowej.

Specyficzna anhedonia muzyczna

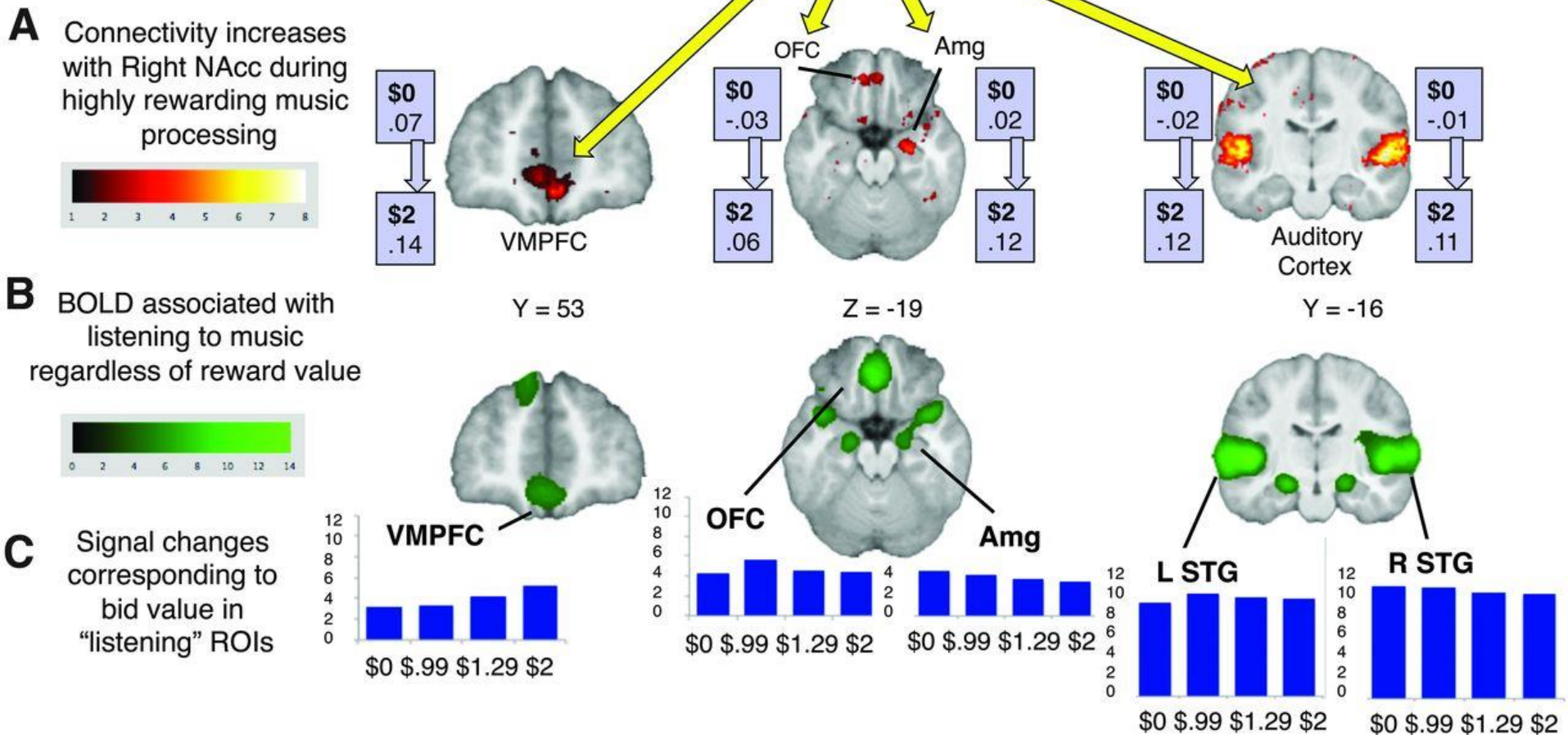
Anhedonia, czyli brak przyjemności, może dotyczyć wszystkiego lub być specyficzna.

Hedoniści (HDN) odczuwają przyjemność.

Hiperhedoniści (HHDN) wykazują najwyższą wrażliwość i mają najwięcej przyjemności.



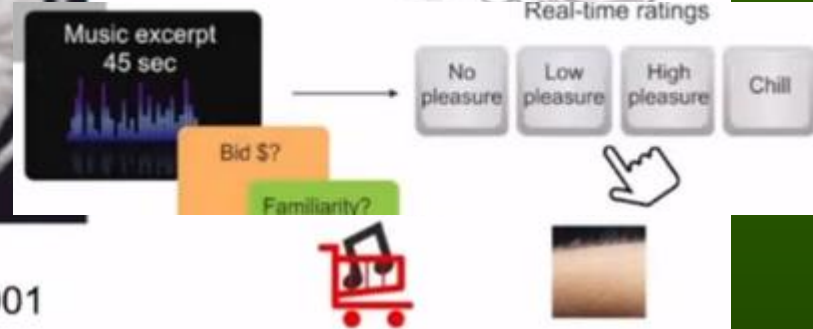
Przyjemność – chęć zakupu



Jeśli się nam podoba i chcemy kupić utwór, pobudza się jądro półleżące (Nacc) i połączenie z korą słuchową oraz brzuszno-boczną korą przedczołową (VMPFC).

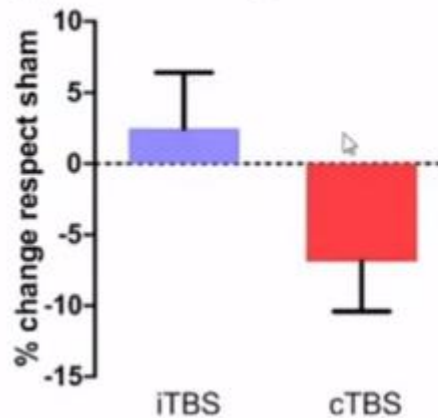
Przyjemność = dopamina

Dopamine release in caudate after TMS

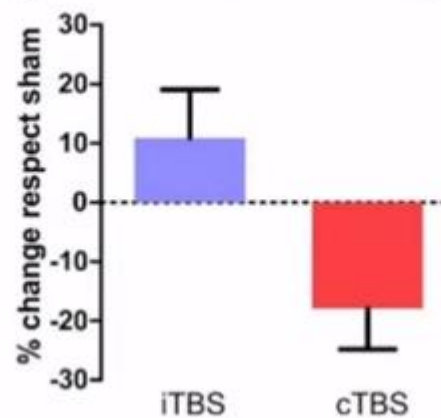


Strafella et al *J Neurosci* 2001

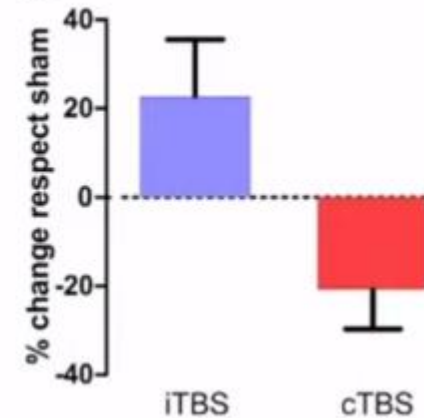
A Liking Rates



B Electrodermal activity



C Bids

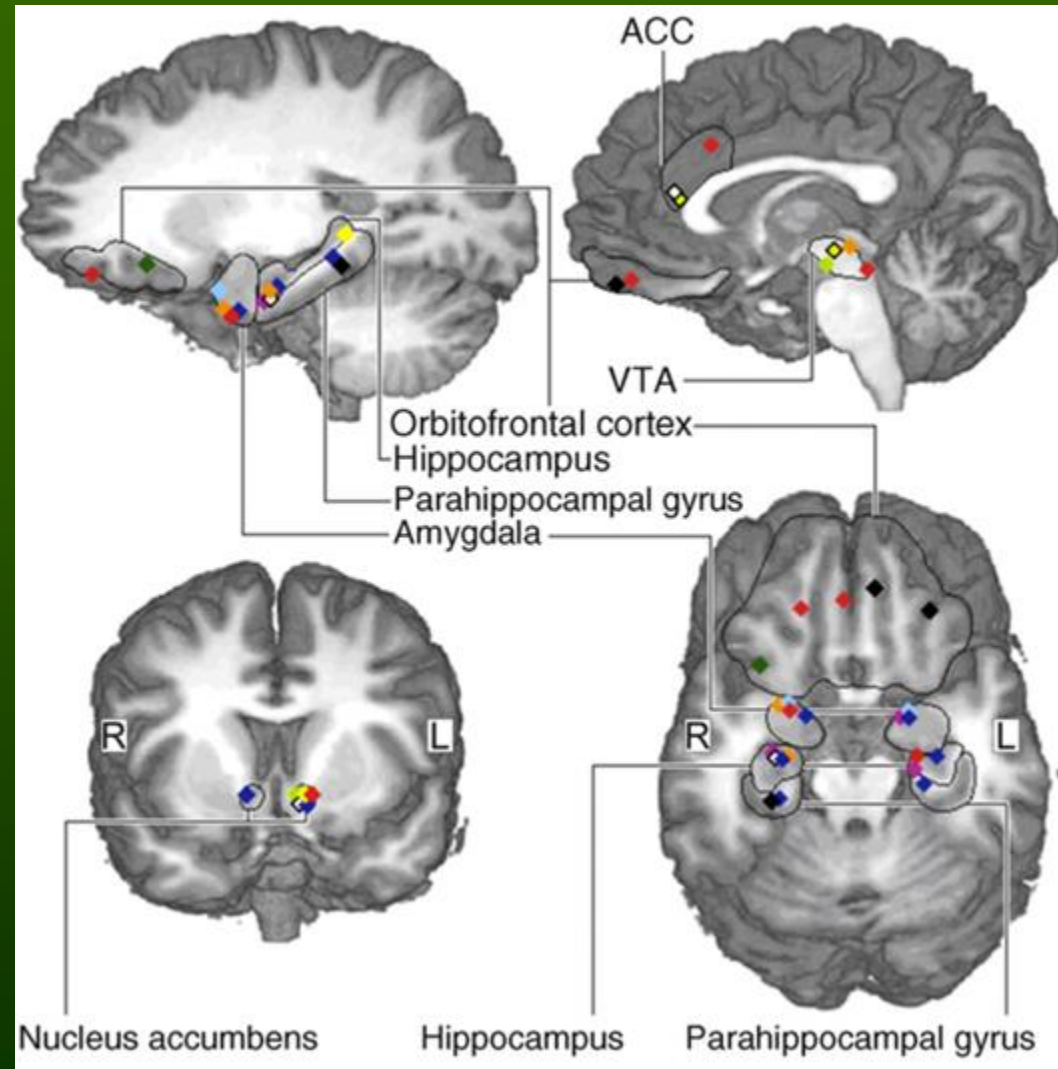


Sieć nagrody

Połączenia anatomiczne struktur podkorowych zaangażowanych w emocje wywoływane przez muzykę.

ACC: przedni zakręt obręczy
ant Ins: przednia kora wyspy;
Am: ciało migdałowe (BL) boczne; (CM) przyśrodkowe,
Hipp: formacja hipokampa;
NAc: jądro półleżące;
OFC: kora orbitofrontalna;
PH: zakręt przyhipokampowy;
Temp P: biegun skroniowy.

S. Koelsch, W stronę neuronalnych podstaw emocji wywołanych muzyką. TICS 2010



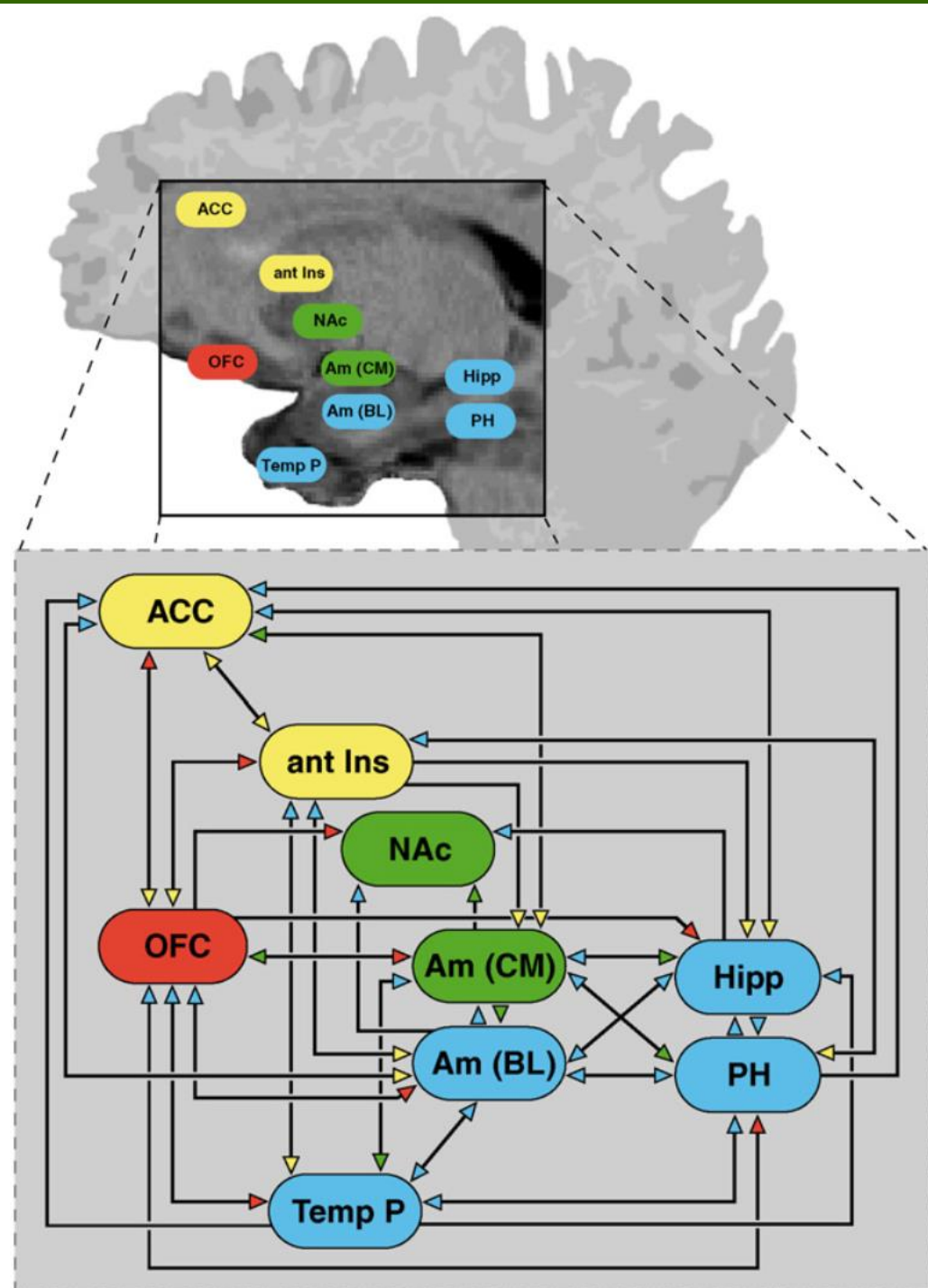
Sieć nagrody

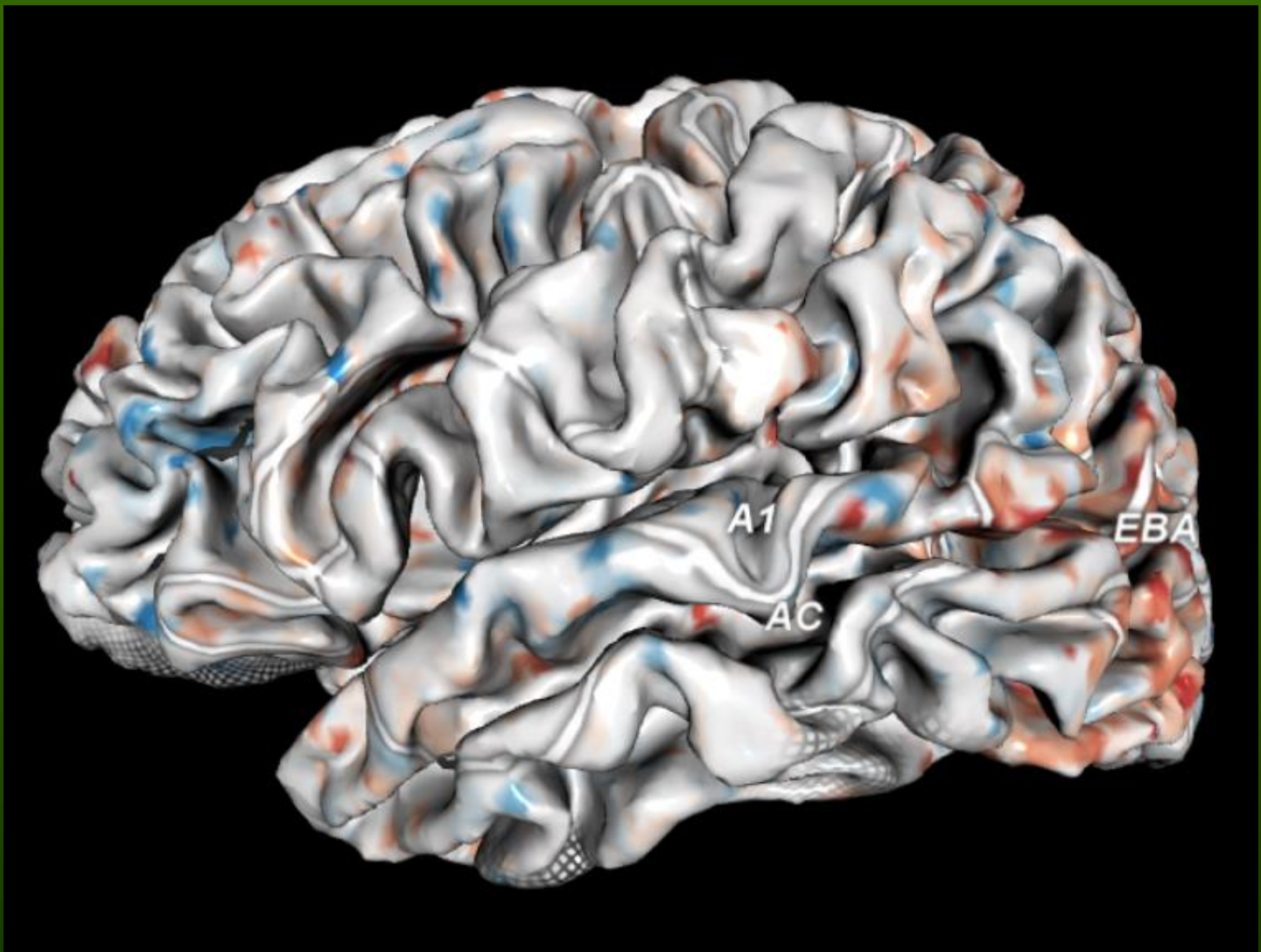
Połączenia anatomiczne struktur podkorowych zaangażowanych w emocje wywoływane przez muzykę.

ACC: przedni zakręt obręczy
ant Ins: przednia kora wyspy;
Am: ciało migdałowe (BL) boczne; (CM) przyśrodkowe,
Hipp: formacja hipokampa.

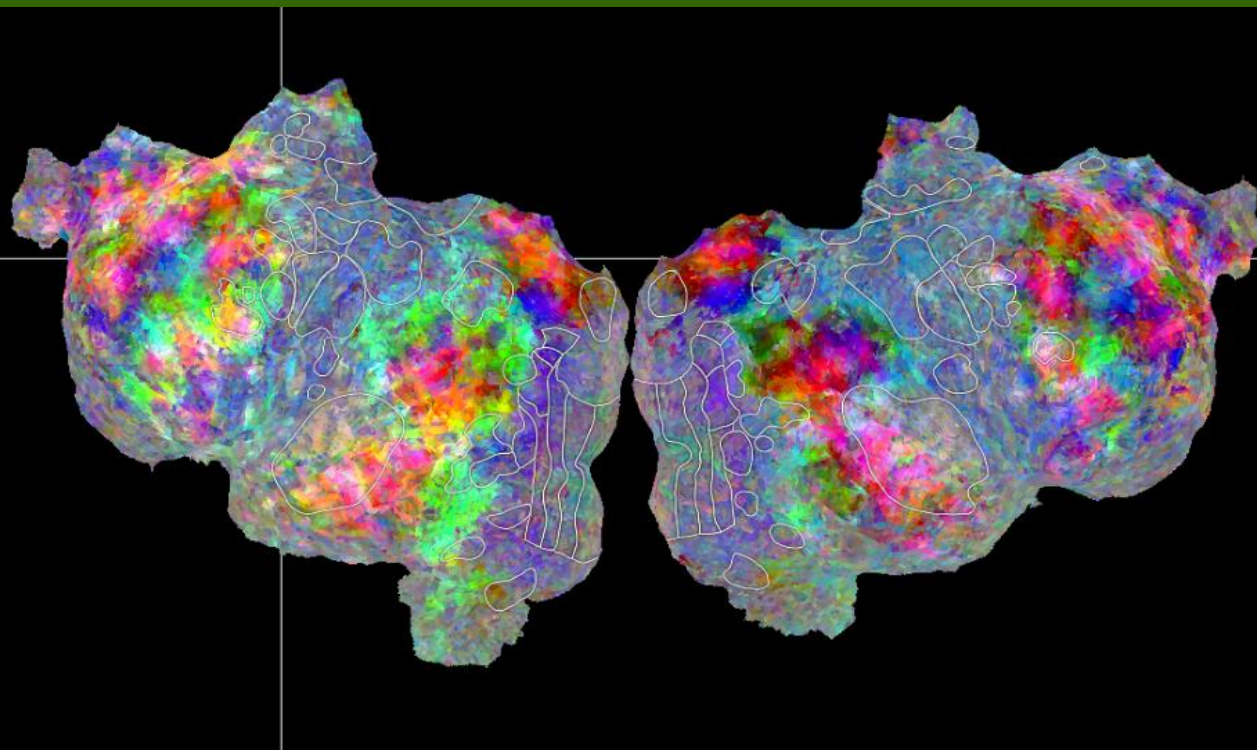
NAc: jądro półleżące;
OFC: kora orbitofrontalna;
PH: zakręt przyhipokampowy;
Temp P: biegun skroniowy.

S. Koelsch, W stronę neuronalnych podstaw emocji wywołanych muzyką. TICS 2010





Aktywacja określonego pojęcia/stanu psychicznego/frazy muzycznej prowadzi do aktywacji sieci określonych struktur w całym mózgu, przyczyniając się do semantycznej interpretacji postrzeganego znaczenia poprzez globalną aktywność mózgu.



voxel [24,51,68] left

model performance: 0.207 (p=0.000)

Not bad, pretty reli



W przypadku mowy stworzono mapy aktywacji kory dla ponad 1700 słów, w czasie oglądania filmów i słuchania radiowych opowiadań.

Aktywacja kory jest rozproszona, można jej nadać pewien sens.

Nie mamy jeszcze niczego takiego dla muzyki ...

Będzie to znacznie trudniejsze, bardziej subiektywne niż w przypadku języka.

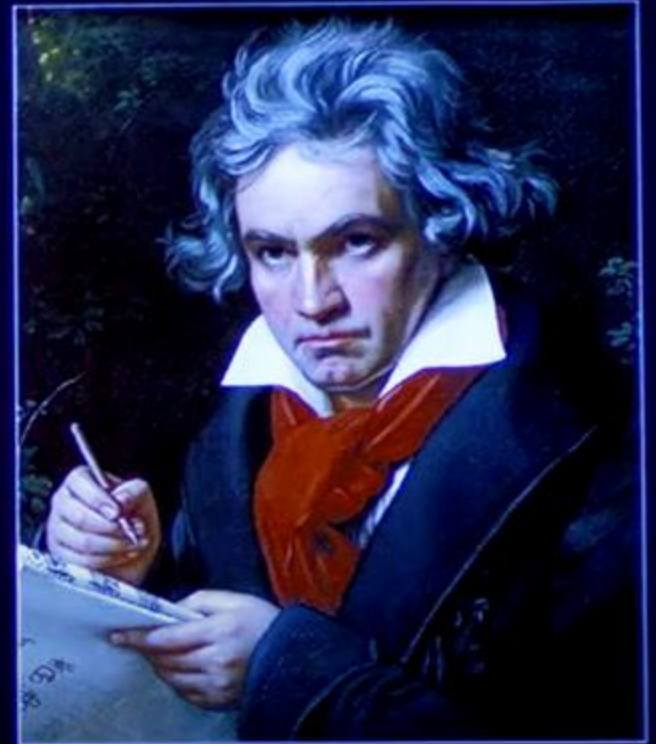
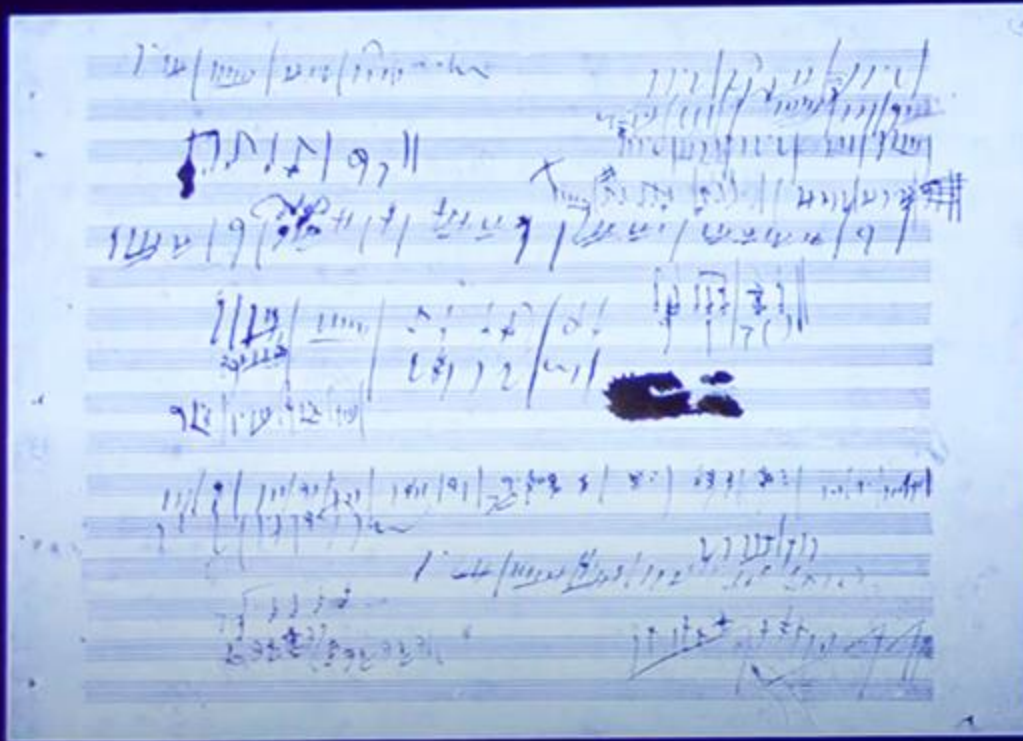
Interakcyjny atlas aktywacji dla słów: <http://gallantlab.org/huth2016/>

Muzyczna wyobraźnia



Wyobrażenia muzyczna

Musical imagery: Ability to evoke music in the mind's ear



Wyobrażenia muzyczna

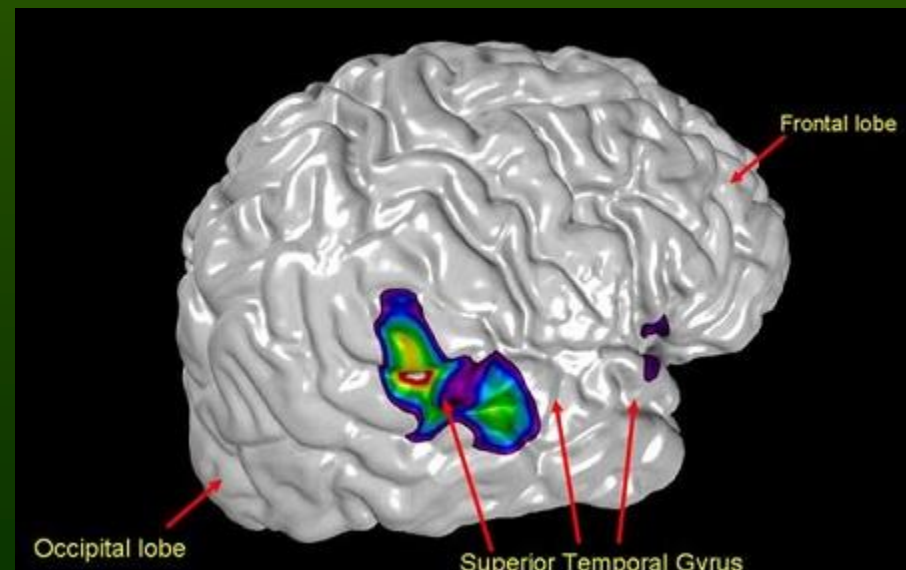
Wyobrażenia słuchowa, lub też „wewnętrzne słyszenie”, uważane jest za ważny aspekt kształcenia muzycznego.

Zadaniem instrumentalisty jest połączenie wyobrazonego dźwięku z „poczuciem działania”, które go wywoła. Celem jest odtworzenie wewnętrznego obrazu dźwięków. Doktorat z muzykologii na temat gry na klawirze (D.R. Allen, 2007).

Oprócz amuzji sensorycznej i konstruktywnej powinno się więc wyróżnić **amuzję wyobrazeniową**, która znacznie utrudnia naukę muzyki.

Zmiany aktywności sygnału z fMRI w zadaniach wyobrażania sobie dźwięków pokazują aktywację tylnej części górnego zakrętu skroniowego (STS).

Zatorre & Halpern, Mental Concerts: Musical Imagery and Auditory Cortex, Neuron 2004.



Afantazja/agnozja wyobrazeniowa

Jak żywo ludzie potrafią sobie wyobrazić różne aspekty muzyki?
Nawet jeśli prawidłowo słyszą melodie, wysokości dźwięków, ich barwę, rytm, przestrzeń muzyczną i instrumenty, jak dokładnie są w stanie przypomnieć sobie wszystkie te aspekty?

Faw (2009) : ~2.5% ludzi nie ma wyobraźni wizualnej.

Zeeman znalazł pacjenta, który nagle stracił zdolność do generowania wizualnych wyobrażeń po angioplastyce wieńcowej. Później znaleziono wiele osób z brakiem wyobraźni; część ma całkowity brak intencjonalnej wyobraźni wizualnej. Część ma podobne przypadki w rodzinie – genetyka? Większość opisywała mimowolne wyobrażenia, „przebłyski” i wrażenia podczas snów.

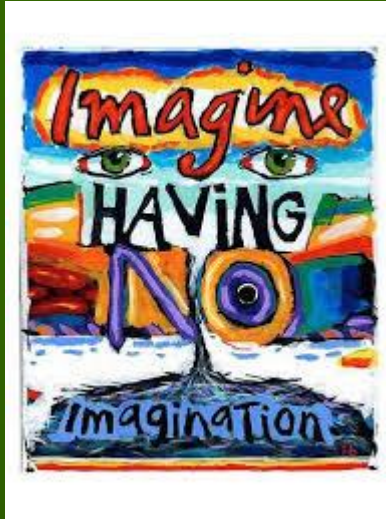
Brak podobnych danych na temat wyobrażeń słuchowych.

Faw B. (2009) J. of Consciousness Studies.

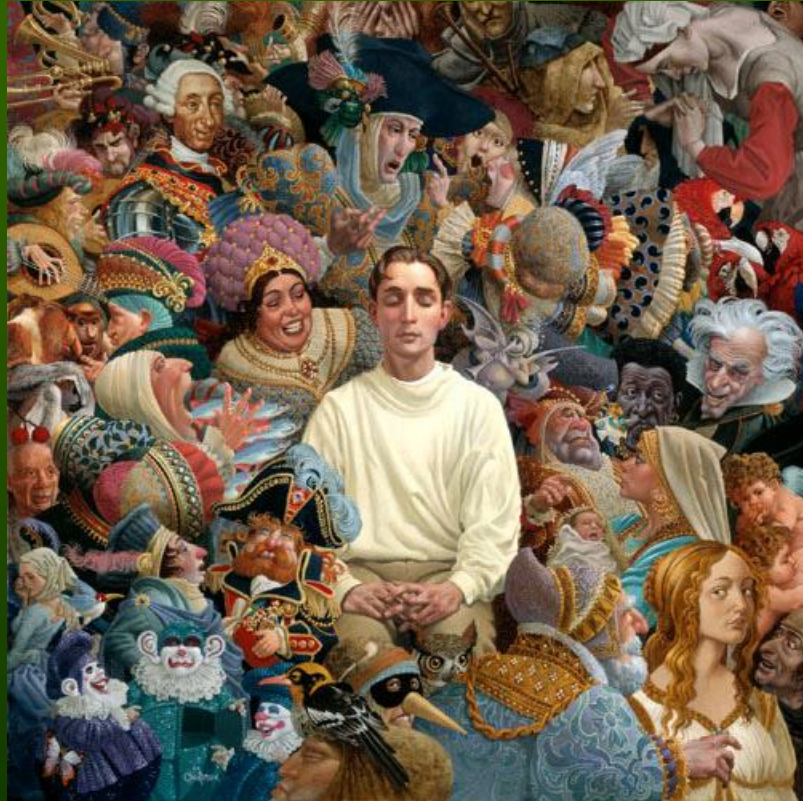
Duch W. (2013) Amuzja Wyobrazeniowa, w książce Neuroestetyka muzyki, wyd. PTPN

Duch W. (2022). Imagery agnosia and its phenomenology. Annals of Psychology

Zeeman A, et al, Lives without imagery. Congenital aphantasia. Cortex 2015



Niechciane melodie

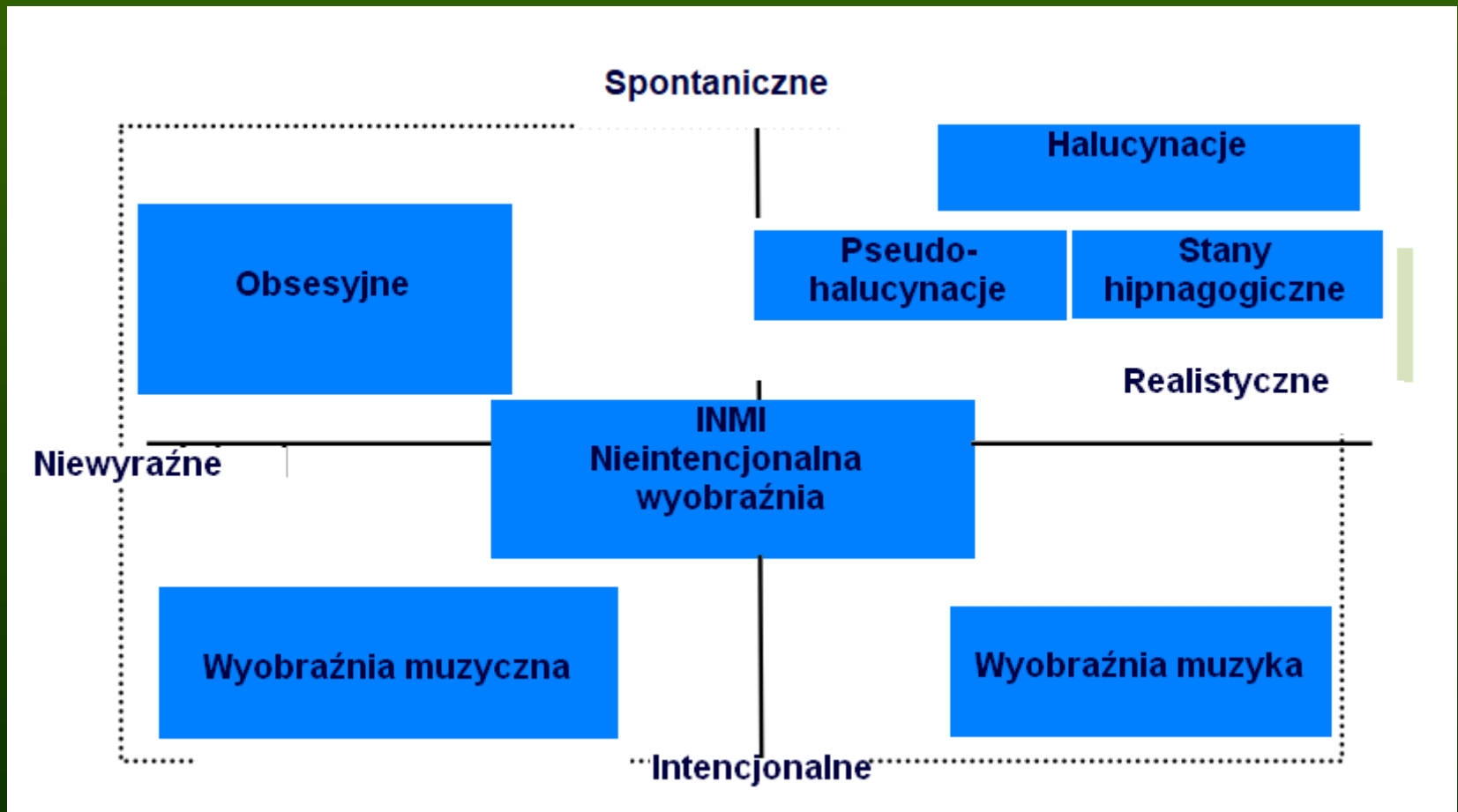


The Listener

James C. Christensen

Rodzaje muzycznej wyobraźni

Spontaniczna (lub natrętna) wyobraźnia (INMI), wewnętrzne postrzeganie spontanicznych melodii, powtarzających się fragmentów muzyki.



Według Liikkanen, 2012.

Nientencjonalna wyobraźnia (INMI)

Nientencjonalna, natrętna wyobraźnia muzyczna (INMI), wewnętrzne postrzeganie spontanicznych melodii, powtarzających się dźwięków muzycznych.

Jak często występuje INMI? Jak ludzie reagują na INMI? Czy mogą to kontrolować? Czy jest to przyjemne?

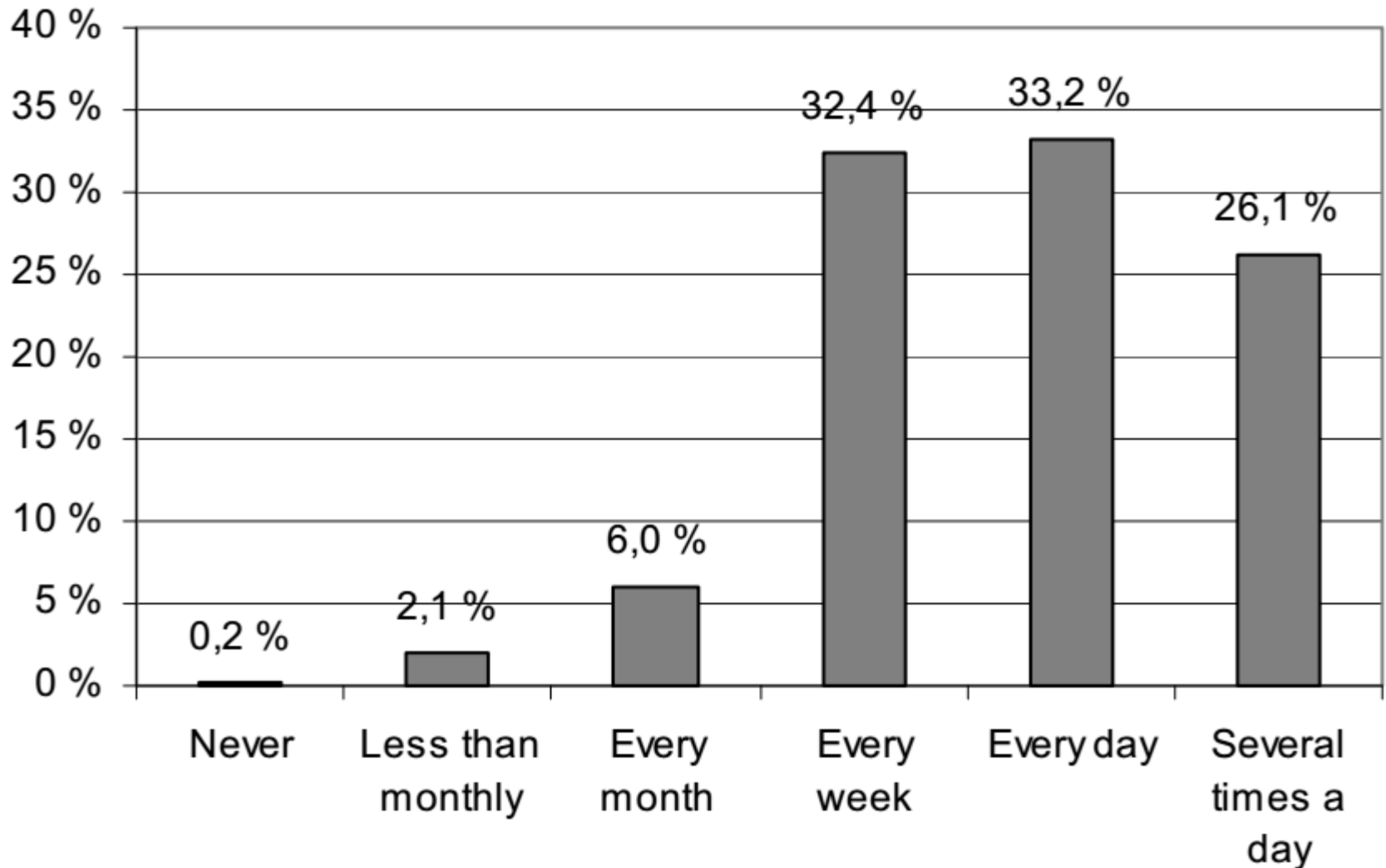
Często biernie akceptujemy i sobie podśpiewujemy, ale znaczna część osób chce powstrzymać niekontrolowane melodie w głowie i wymyśla różne strategie. Dzieje się to o różnych porach dnia, subiektywna ocena doświadczenia INMI zależy od wielu czynników.

INMI jest powszechnym doświadczeniem wewnętrznym rekrutującym sieci mózgowie zaangażowane w percepcję, emocje, pamięć i spontaniczne myśli. Częstość występowania INMI i jego afektywnych aspektów została powiązana z grubością kory w kilku obszarach korowych i limbicznych.

Oliver Sacks, Muzykofilia, prezentuje wiele przykładów INMI.



Częstość INMI



Kwestionariusze Internetowe, 12.500 osób (Liikkanen 2010)

Reakcje na INMI



Odpowiedzi z fińskiego badania z wykorzystaniem kwestionariuszy internetowych, 12 500 osób (Liikkanen 2010).

Czy kiedykolwiek zrobiłeś którąś z poniższych czynności z powodu muzyki, która gra w Twojej głowie?

74,6% Nuciłeś, śpiewałeś lub mówiłeś na głos

60,2% Próboweś odgadnąć tożsamość piosenki

57,3% Próboweś słuchać konkretnej piosenki

50,5% Słuchałeś muzyki, radia lub telewizji, aby wyprzeć melodię z głowy

40,7% Próboweś śpiewać lub grać daną piosenkę

29,5% Starateś się skupić na robieniu czegoś innego

0% Ignorowateś problem, unikając słuchania

INMI zdarza się nawet przy agnozji wyobrazeniowej, ale żeby wiedzieć, że coś nam w głowie gra, trzeba to wyrazić działając: nucić, śpiewać, zagrać.

Sztuczna inteligencja? Kreatywni asystenci



The Listener

James C. Christensen

GAN, Generative Adversarial Networks

Idea (2014): jedna sieć generuje fałszywe przykłady zniekształcając dane treningowe, druga ocenia czy to prawdziwe dane. Zobaczyć i nie uwierzyć!



2014

2015

2016

2017

Text description

This bird is blue with white and has a very short beak

This bird has wings that are brown and has a yellow belly

A white bird with a black crown and yellow beak

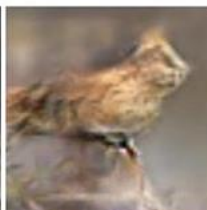
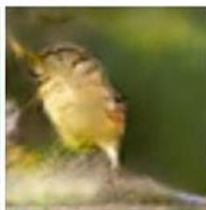
This bird is white, black, and brown in color, with a brown beak

The bird has small beak, with reddish brown crown and gray belly

This is a small, black bird with a white breast and white on the wingbars.

This bird is white black and yellow in color, with a short black beak

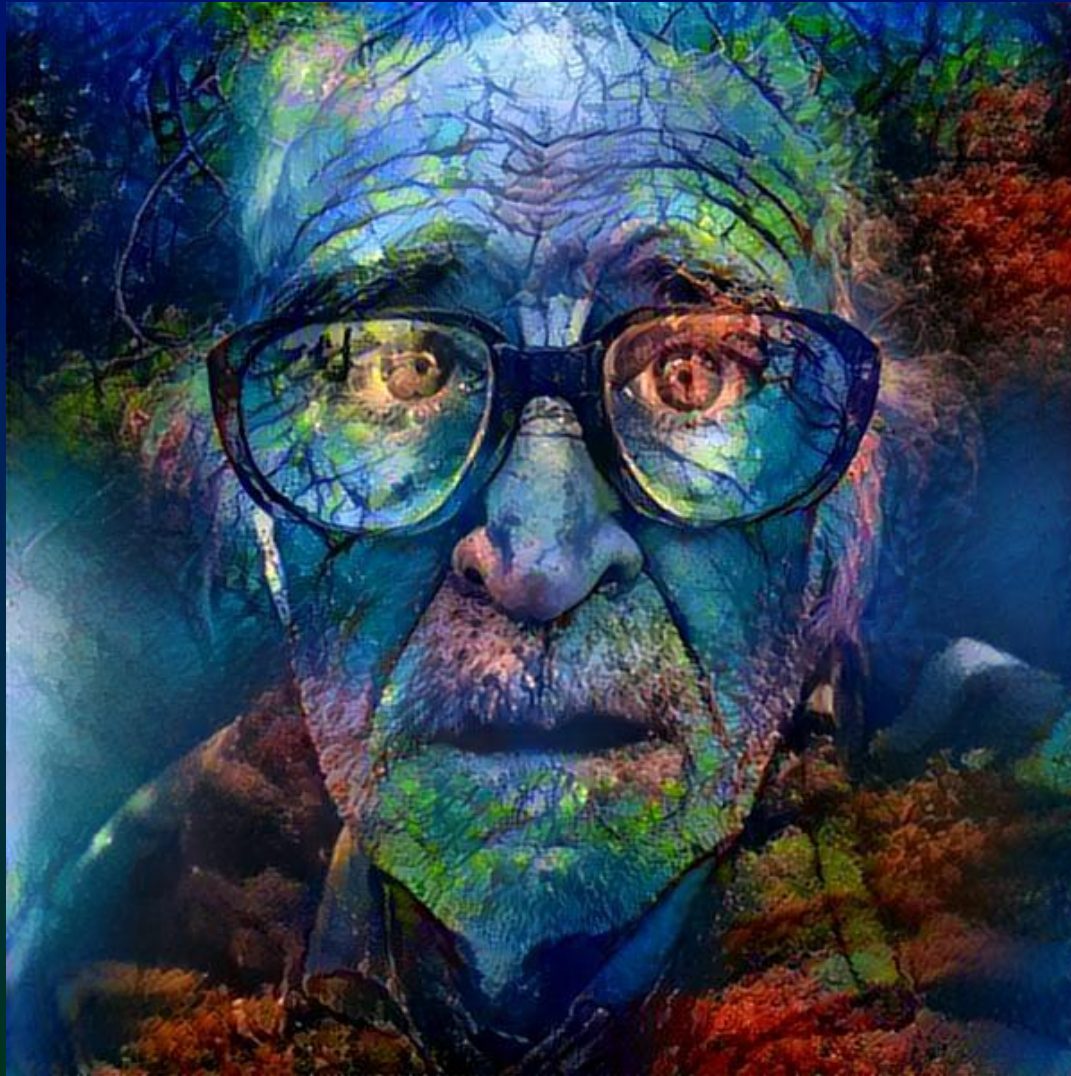
Stage-I images



Stage-II images



Deep Dream



[Google Deep Dream/Deep Style & Generator](#), [Gallery](#) – transformacje obrazów.
LA Gatys, AS Ecker, M Bethge, A Neural Algorithm of Artistic Style (2015)

Deep Dream



[Google Deep Dream/Deep Style & Generator](#), [Gallery](#) – transformacje obrazów.
LA Gatys, AS Ecker, M Bethge, A Neural Algorithm of Artistic Style (2015)

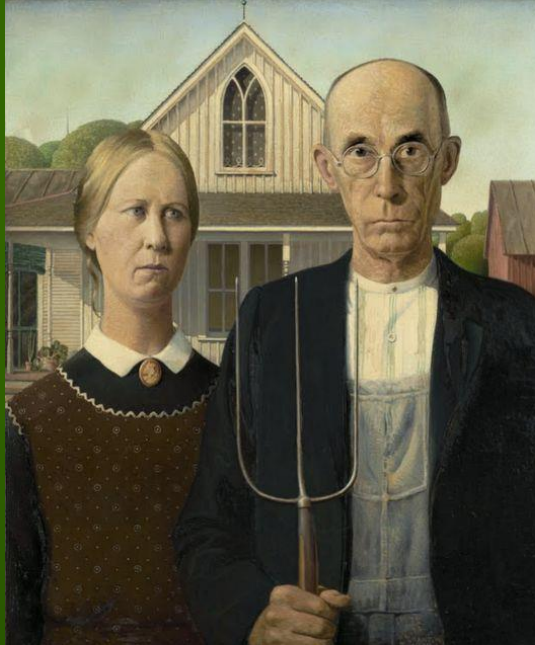
Wyobraźnia AI

Sieć neuronowa ma miliardy parametrów, potrafi połączyć opis tekstowy z obrazami.

Obrazki powstały z opisu:

The painting American Gothic, with two dogs holding pepperoni pizza instead of the farmers holding a pitchfork.

Każde uruchomienie programu tworzy inną wersję.

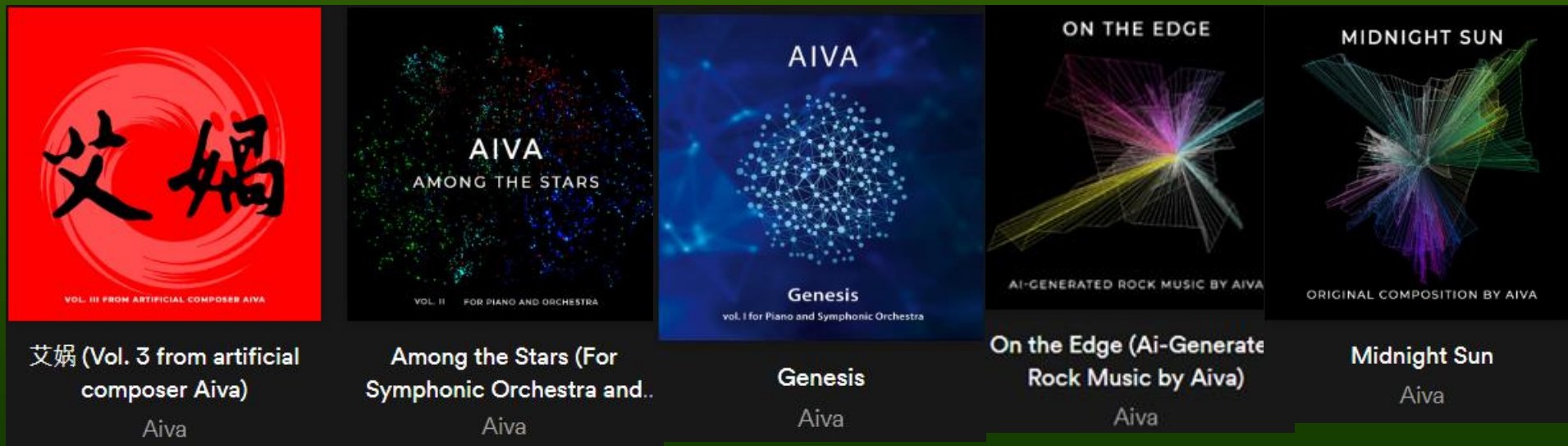


AI Virtual Artist

[AIVA](#) (2016) – AI Virtual Artist, przyjęta do [SACEM](#) (Stowarzyszenie Autorów, Kompozytorów i Wydawców Muzycznych Francji), [1872 utwory](#) (10/2022), specjalizuje się w muzyce symfonicznej.

[AIVA YouTube](#) channel, Youtube „[Letz make it happen](#)”, Op. 23

[SoundCloud channel](#) [Spotify](#) i [Apple](#) channel



Duch W, [Intuition, Insight, Imagination and Creativity](#).

IEEE Computational Intelligence Magazine 2(3), August 2007, pp. 40-52

10 Symfonia Beethovena

Deutsche Telekom, Nvidia i eksperci wykorzystujący sztuczną inteligencję dokończyli w 2021 roku X Symfonię Beethovena.



STREET GIGS
T...
27.10.
20:00

KLASSIK IN DER ELBPHILHARMONIE
BEETHOVEN ORCHESTER BONN - DIRK KAFTAN, DIRIGENT
mit Gabriela Montero & Simon Höfele & Cameron Carpenter

BEETHOVEN X – THE AI PROJECT
BEETHOVENS 10. SINFONIE
vollendet durch künstliche Intelligenz

KONZERT FÜR KLAVIER, TROMPETE UND STREICHORCHESTER NR. 1 C-MOLL
Dmitri Schostakowitsch

SINFONIE NR. 9 E-MOLL
„AUS DER NEUEN WELT“
Antonín Dvořák

PRINCIPAL SPONSOR
ELBPHILHARMONIE
HAMBURG

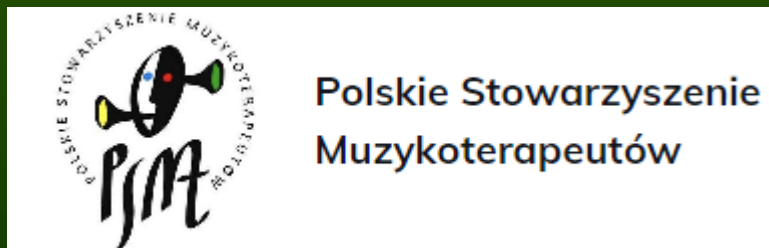
LIVESTREAM kostenlos auf [Magenta-Musik-360.de](https://www.magenta-musik-360.de)
oder auf [#dabeiTV](https://www.magenta-tv.de) bei MagentaTV

Muzykoterapia



Choroba Alzheimera rozpoczyna się dziesiątki lat przed wystąpieniem objawów klinicznych. Interwencje muzyczne mogą być obiecującym sposobem na opóźnienie i spowolnienie neurodegeneracji u osób zagrożonych chorobą Alzheimera, takich jak osoby z ryzykiem genetycznym lub subiektywnym pogorszeniem zdolności poznawczych.

Tworzenie muzyki i zaangażowanie w działania związane z muzyką wykazały korzyści w zdrowych i patologicznych populacjach, sugerując zmniejszenie starzenia się mózgu.

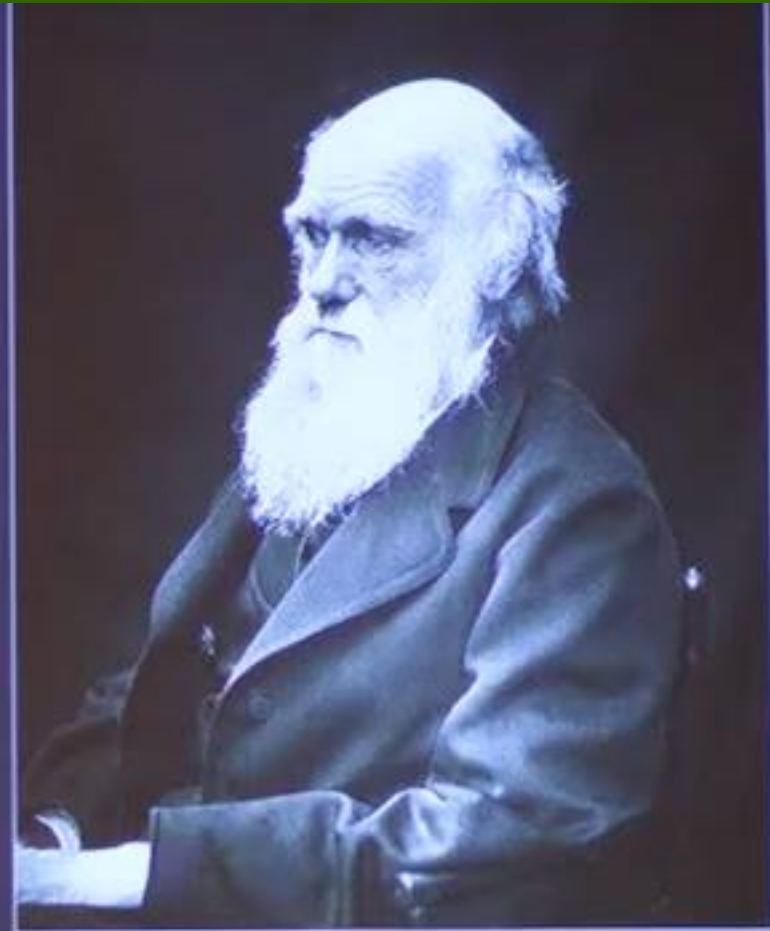


Polskie Stowarzyszenie Muzykoterapeutów (PSMT) istnieje od 2012 roku. Należy do Polskiego Stowarzyszenia Terapii przez Sztukę.

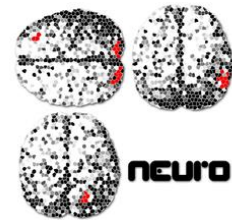
Darwin o muzyce

“...if I had to live my life again, I would have made a rule ...to listen to some music at least once every week; for perhaps the parts of my brain now atrophied would thus have been kept active through use.”

— Charles Darwin, *Autobiography*
(1881)

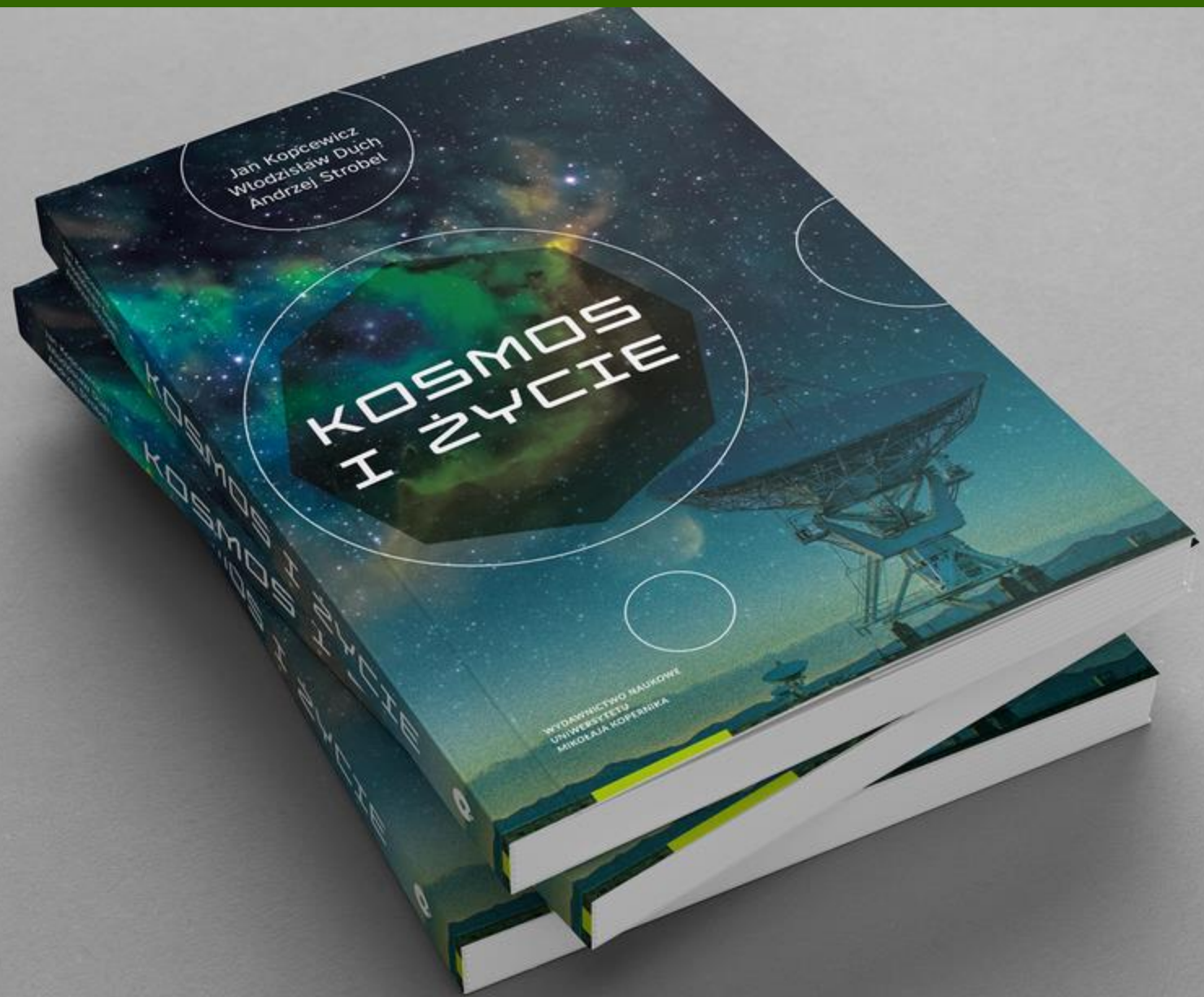


Jak widać, okazja do słuchania muzyki była czymś rzadkim, podobnie jak szansa by oglądać dzieła sztuki. Teraz jesteśmy bombardowani dźwiękami i obrazami na każdym kroku. Jak to wpływa na naszą wrażliwość?



Podsumowanie

- Nauka gry na instrumencie wymaga skupienia, a to w dzisiejszych czasach jest wyjątkowo cenne.
- By powstały wrażenia muzyczne, dźwięki muszą się przekształcić w impulsy elektryczne, a to można zrobić na kilka sposobów.
- Muzyka ma głębokie ewolucyjne korzenie, łączy racjonalne procesy w korze mózgu z emocjonalnymi i instynktownymi procesami głębokich struktur. Nie rozumiemy przyczyn rozwoju różnych gatunków muzyki.
- Struktura geometryczna muzyki jest bardzo złożona, jak pokazuje cymatyka.
- Nie każdy słyszy to samo, większość z nas jest pomiędzy amuzją a hedonią.
- Talent to neuroplastyczność + doskonała synchronizacja wielu obszarów mózgu, zdarza się rzadko, ale beztalencia też mają przyjemność z grania.
- Indywidualne różnice muzycznej wyobraźni są ważnym aspektem talentu.
- Sztuczna inteligencja będzie w coraz większym stopniu kreatywnym pomocnikiem artystów. W niedalekiej przyszłości bezpośrednia integracja mózgow z systemami sztucznymi stanie się stopniowo możliwa.

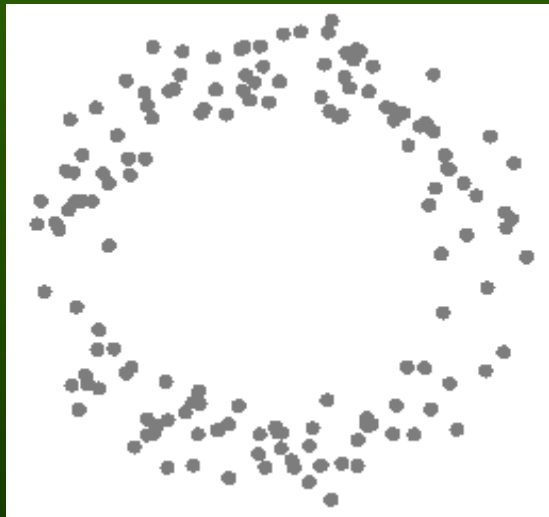


Jan Kopcewicz
Włodzisław Duch
Andrzej Strobel

KOSMOS I ŻYCIE

WYDAWNICTWO NAUKOWE
UNIWERSYTETU
MIKOŁAJA KOPERNIKA

Dziękuję za
synchronizację
neuronów!



Google: Włodzisław Duch
=> wykłady, referaty, publikacje, wideo ...