



Politechnika Łódzka

Instytut Elektroniki

# Biofeedback – biologiczne sprzężenie zwrotne

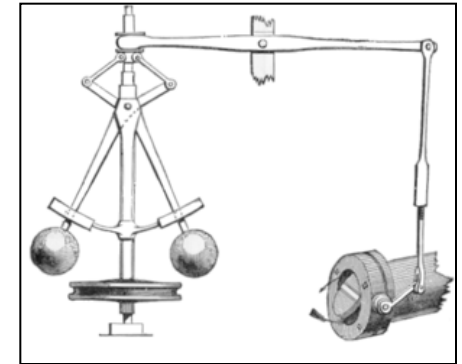
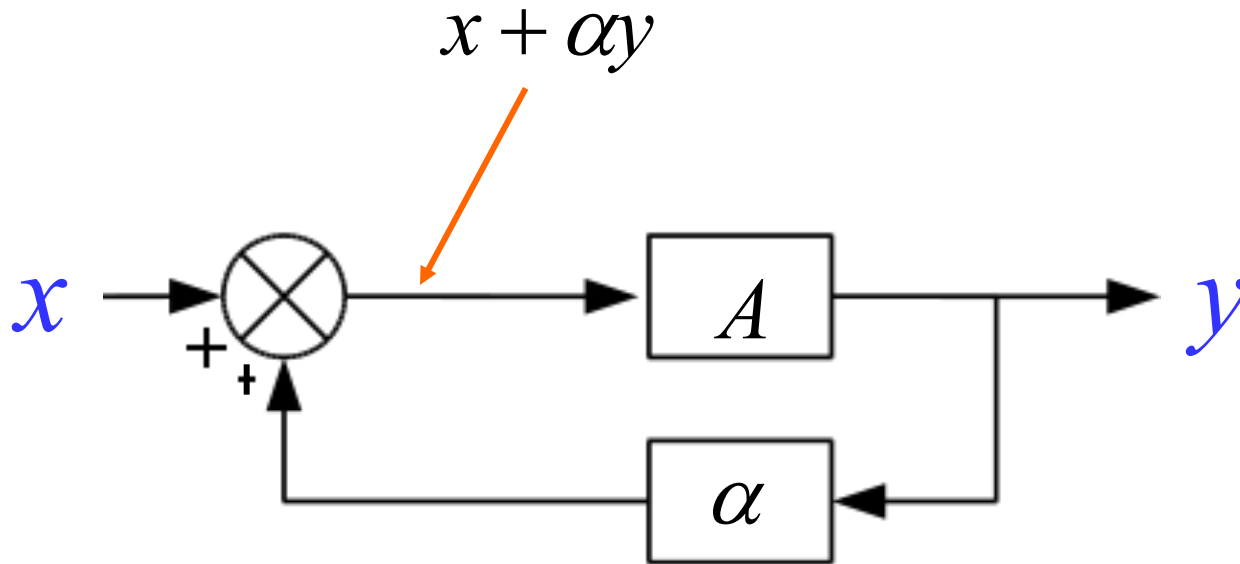
*Paweł Strumiłło*

*Zakład Elektroniki Medycznej\**

*)\* Wykład w części przygotowany na podstawie materiałów studentów przedmiotu Aparatura Medyczna: Jacka Galanciaka i Szymona Rychłowskiego*



# Sprzężenie zwrotne



$$y = (x + \alpha y)A$$

$$y = \frac{Ax}{1 - A\alpha}$$

$$\alpha > 0$$

- dodatnie sprzężenie zwrotne

$$\alpha < 0$$

- ujemne sprzężenie zwrotne



# Sprzężenia zwrotne - przykłady

**Ujemne sprzężenie zwrotne**: mechanizmy samoregulacji (zob. regulator Watta);

w organizmach żywych większość procesów fizjologicznych wykorzystuje mechanizm ujemnego sprzężenia zwrotnego do stabilizacji parametrów życiowych,  
np. wzrost temperatury → pocenie się → obniżenie temperatury

**Dodatnie sprzężenie zwrotne**: samo wzmocnienie sygnału pobudzającego system (np. w elektroakustyce tzw. przydźwięk);  
w elektronice wykorzystywany do generacji drgań (generatory);  
występuje również w organizmach żywych:  
np. proces wytwarzania potencjału czynnościowego w komórce nerwowej przebiega wg mechanizmu dodatniego sprzężenia zwrotnego



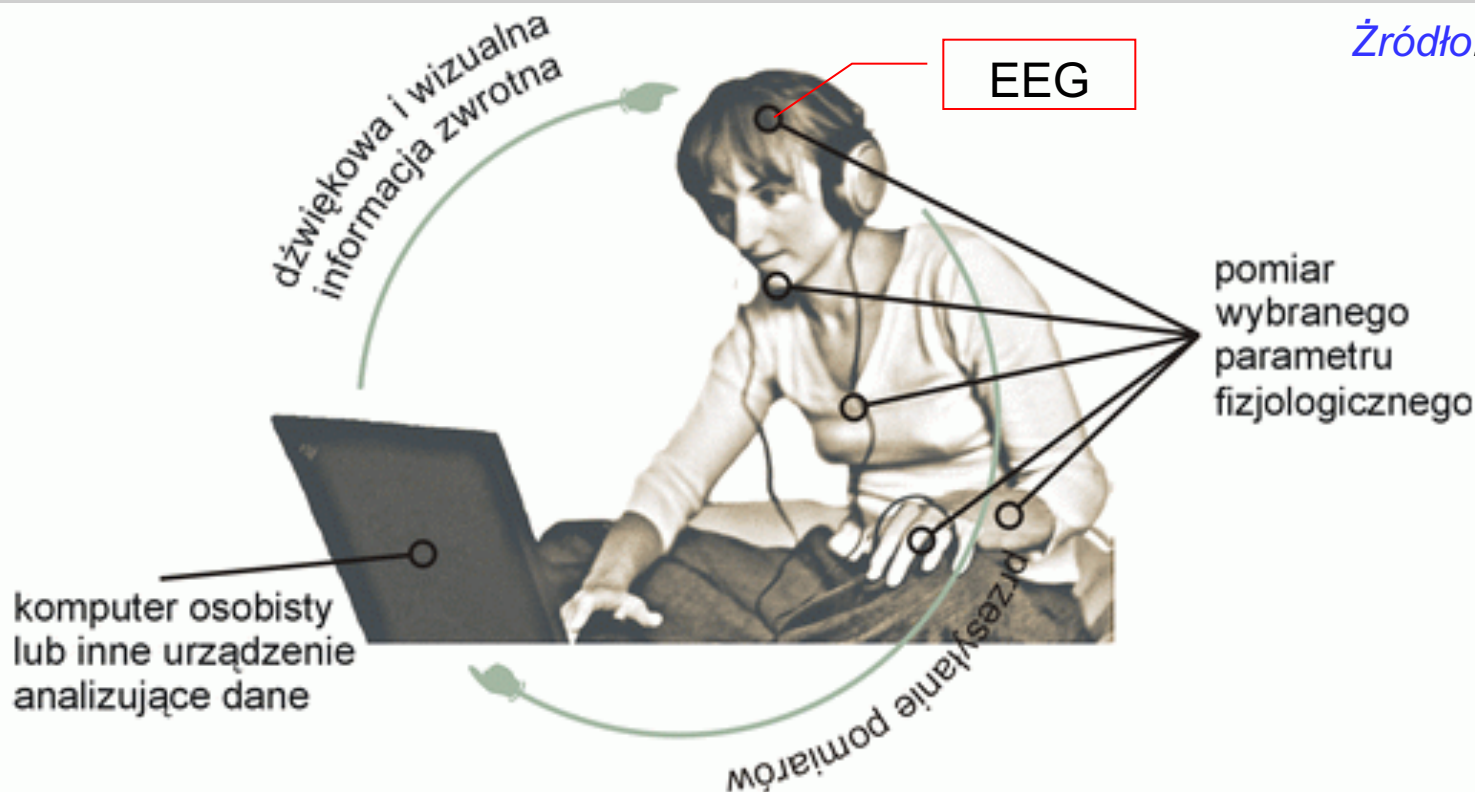
# Biofeedback - historia

- Trening autogenny: pacjent wykonuje instrukcje terapeuty, aby pogłębić stan relaksu (początek XX)
- Relaksacja progresywna: ćwiczenia fizyczne na rozluźnienie mięśni; pacjent dokładnie obserwuje działanie każdego swojego ruchu i jego wpływ na relaks oraz redukcję stresu (lata 30 XX wieku)
- Biofeedback – zastosowano po raz pierwszy w NASA (National Aeronautics and Space Administration) w USA do szkoleń astronautów i pilotów w warunkach stresu

Przykład: Odnotowano głośny przypadek jogina, który zamknął się w uszczelnionym pudle i zredukował swoje zapotrzebowanie na tlen. Dało to jednoznaczny dowód, że człowiek jest w stanie kontrolować swoje ciało i procesy fizjologiczne za pomocą woli.

# Idea biofeedbacku

Źródło: [Wikipedia](#)



Osoba badana uzyskuje zwrotną informację o zmianie swojego stanu psychofizycznego (który jest „mierzony” przez specjalne urządzenie) i świadomie kontroluje te zmiany (np. poziom koncentracji), na podstawie (normalnie niedostępnego dla zmysłów) parametru psychofizycznego, np. mierzonego sygnału EEG.



# Zastosowanie biofeedbacku

- **Psychologia** – leczenie zaburzeń uczenia się, nerwic, ...
- **Sport** – nauka koncentracji, zmniejszenie stresu
- **Medycyna** – terapia tzw. zespołu nadpobudliwości psychoruchowej (ADHD), leczenie nadciśnienia
- **inne** – trening relaksu, pamięci



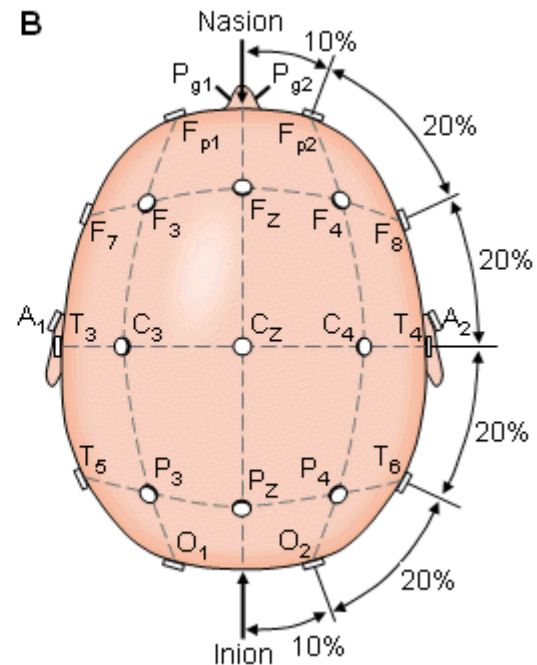


# Rodzaje biofeedbacku

- **Biofeedback (EEG), tzw. neurobiofeedback** – sprzężenie na podstawie analizy fal mózgowych
- **Biofeedback (EMG)** - sprzężenie na podstawie analizy sygnału EMG (elektromiografia)
- **Biofeedback (GSR – Galvanic Skin Response)** – sprzężenia na podstawie pomiaru oporu elektrycznego skóry
- **Oddechowy i HRV** – sprzężenie na podstawie pomiaru rytmu oddechu i rytmu serca
- **Temperaturowy** – sprzężenie na podstawie temperatury ciała
- **Biofeedback HEG (Hemo-encephalo-grafia)** – pomiar temperatury głowy

# Elektroencefalografia

**Elektroencefalografia** – metoda nieinwazyjnego pomiaru bioelektrycznej czynności mózgu za pomocą elektrod umieszczonych na głowie pacjenta



Standardowe punkty położenia elektrod w pomiarze EEG (system 10/20)



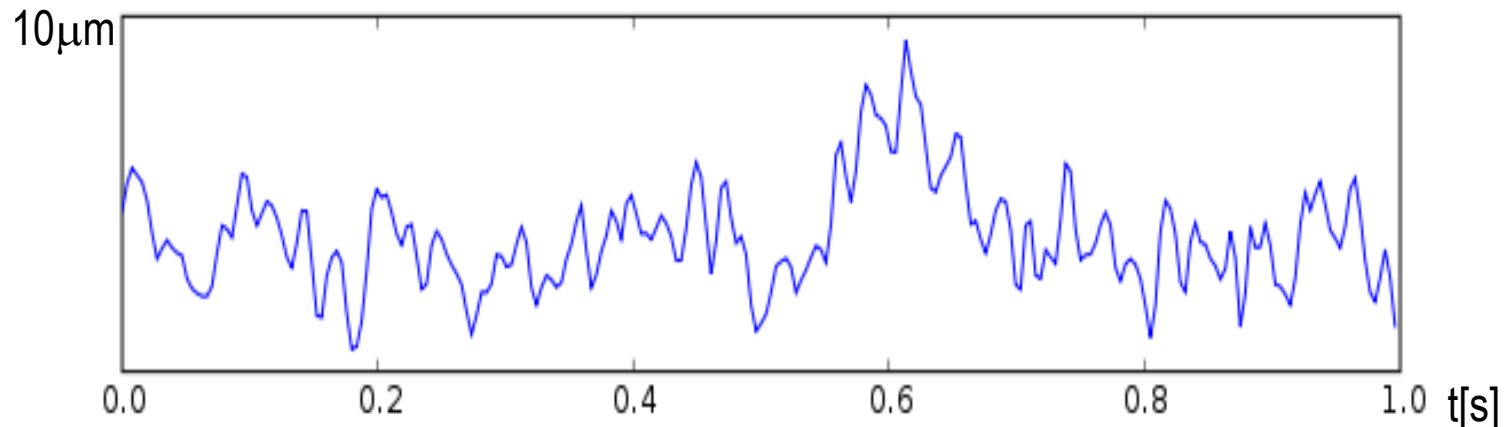


# Elektroencefalografia

W **elektroencefalografii** – przebieg rejestrowanych sygnałów zależy od stanu psychofizycznego pacjenta.

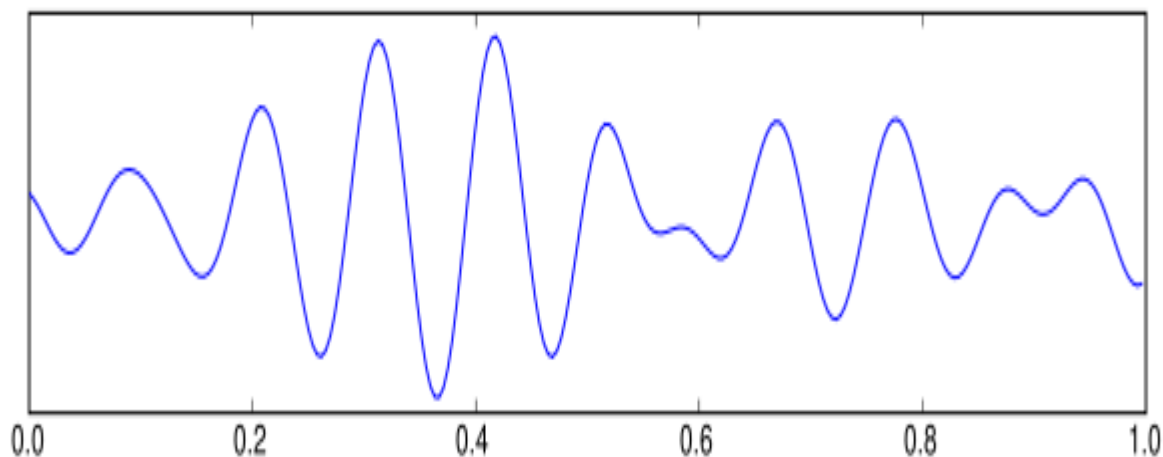
Dominujące rytmy w zapisie sygnału EEG nazywamy falami i oznaczamy literami greckiego alfabetu ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\theta$ ,  $\delta$ ,  $\gamma$ )

Częstotliwość mierzonych sygnałów zmienia się w zakresie 1-100Hz, a ich amplitudy od kilku do kilkudziesięciu  $\mu\text{m}$

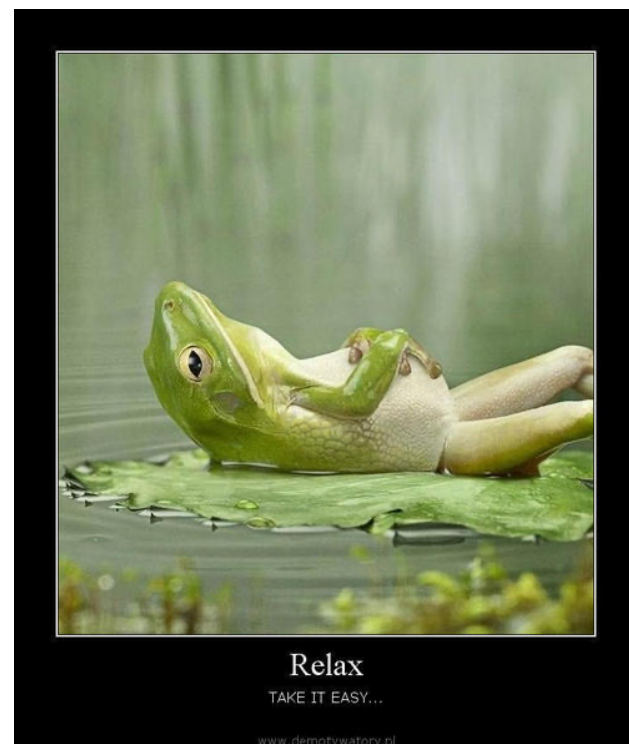


Przykład jednosekundowy zapisu EEG

# Elektroencefalografia

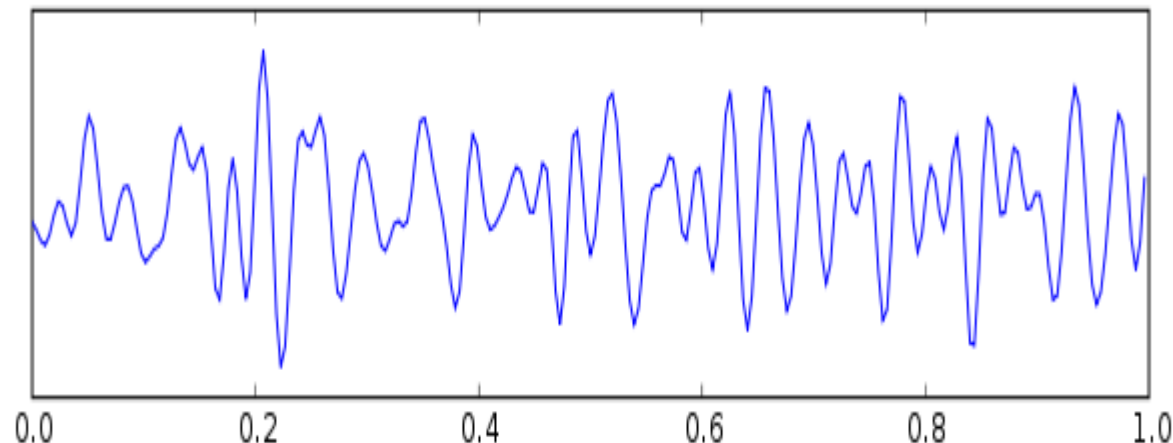


alfa (8 - 13 Hz)



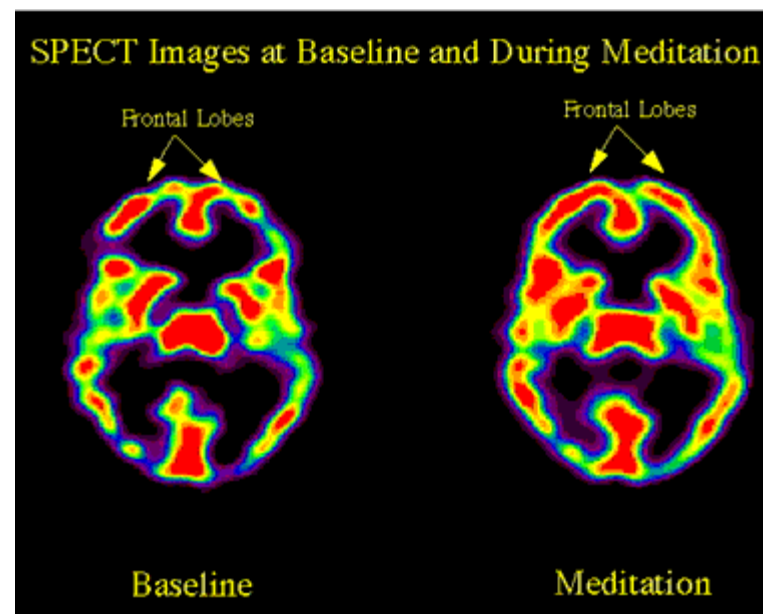
**Fale alfa** – występują w stanie relaksu osoby badanej oraz przy braku bodźców wzrokowych (przy zamkniętych oczach)

# Elektroencefalografia



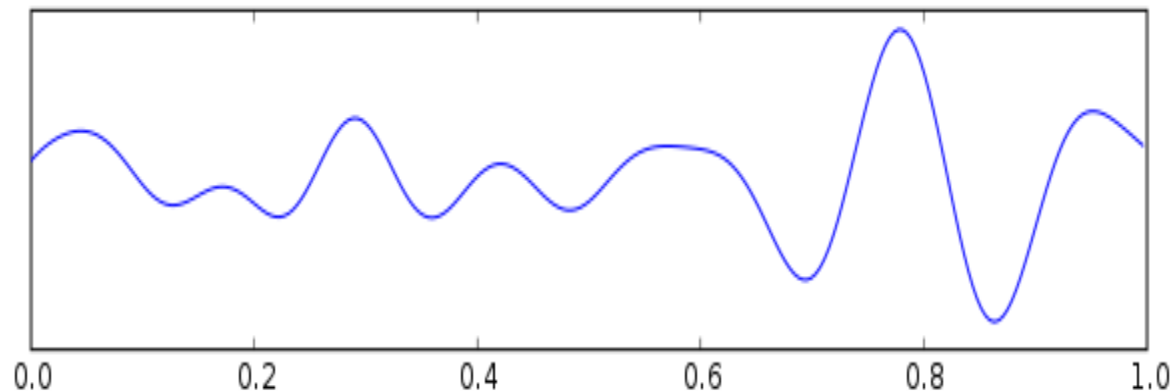
beta (12 - 30 Hz)

**Fale beta** – występują w stanie pobudzenia kory mózgowej oraz w stanie koncentracji uwagi lub aktywności poznawczej



# Elektroencefalografia

theta (4 - 8 Hz)

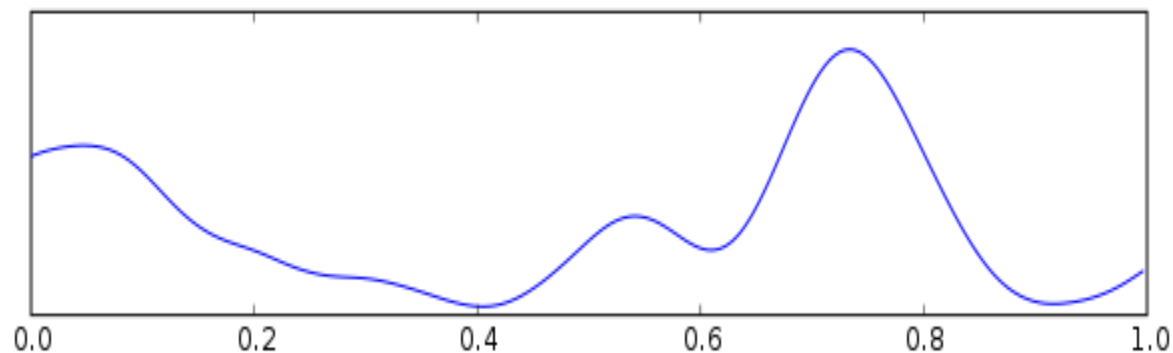


**Fale theta** – występują w stanie transu (marzenia na jawie), hipnozy, lekkiego snu, aktywności poznawczej; obserwowane głównie w przedniej części mózgu



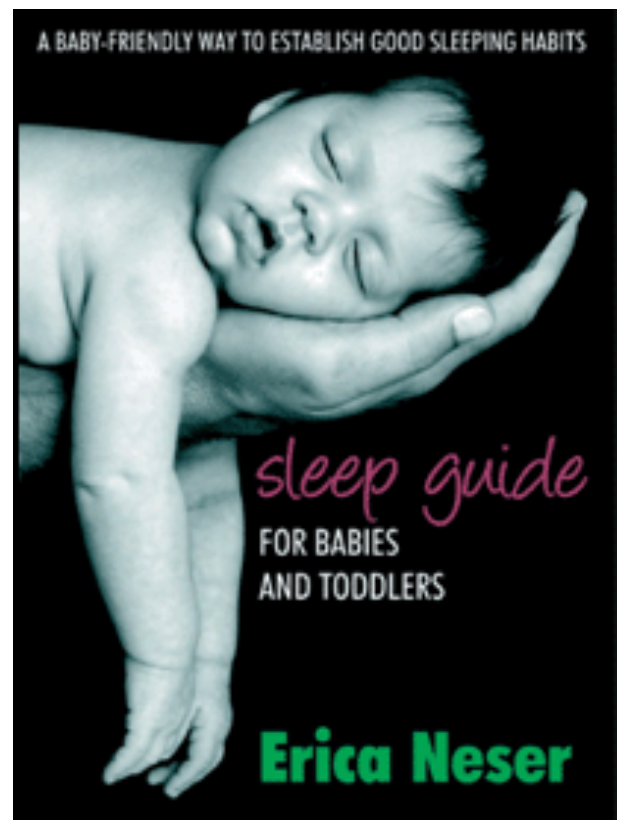


# Elektroencefalografia



delta (do 4 Hz)

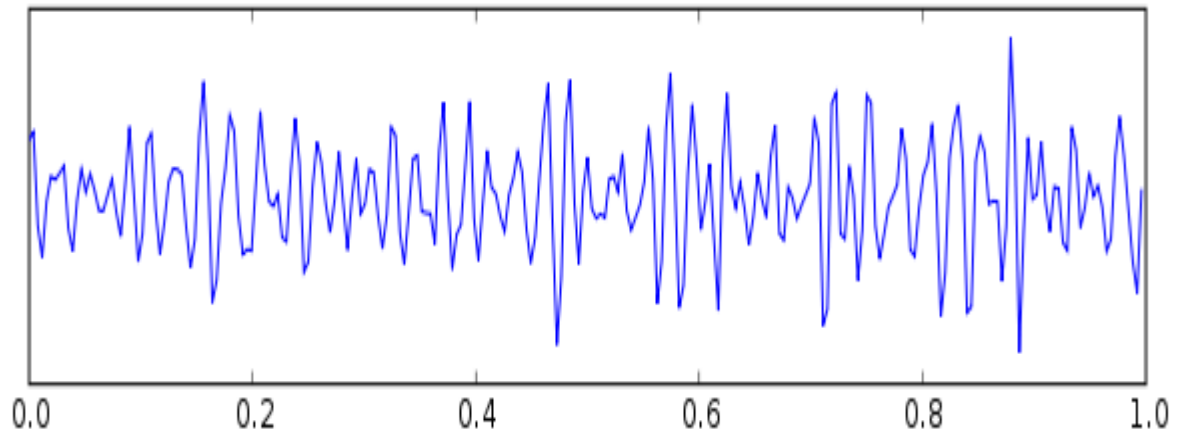
**Fale delta** – występują głównie podczas snu NREM (Non-rapid eye movement), tj. fazy snu, w której występują powolne ruchy gałek ocznych, tzw. głęboki sen



# Elektroencefalografia

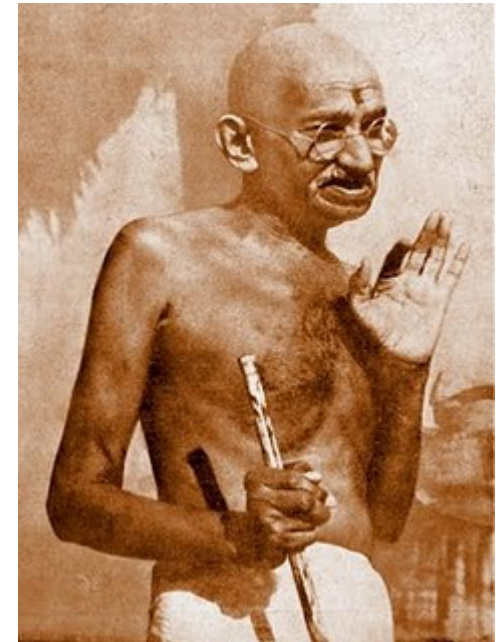
Gamma

(do 30-70 Hz)



**Fale gamma** – występują podczas wykonywania procesów poznawczych: percepcja sensoryczna, zaangażowanie pamięci;

Postuluje się występowanie tego rytmu przy integracji wrażeń zmysłowych w jeden obiekt, np. mówiącą osobę

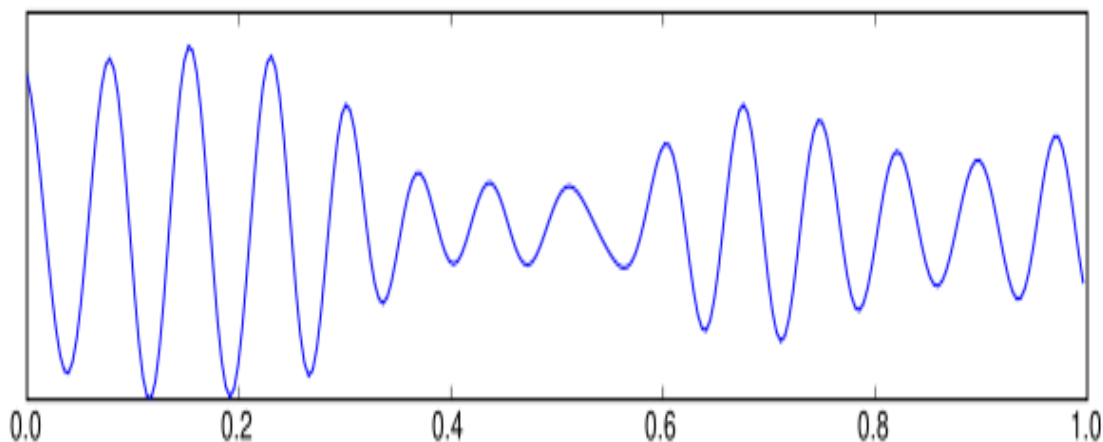




# Elektroencefalografia

**SMR (pasmo „niska beta”)**

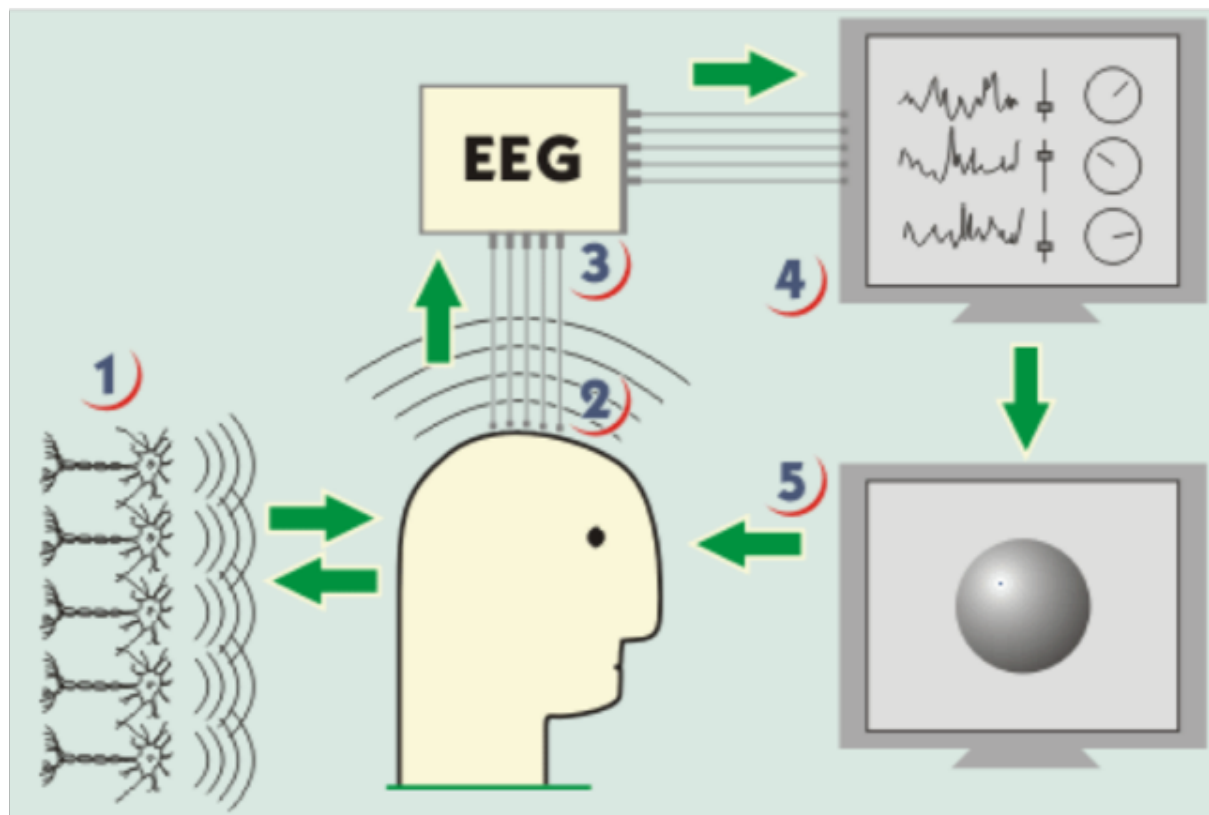
(do 12-15 Hz)



**SMR** – tzw. rytm sensomotoryczny, występują w korze odpowiedzialnej za czucie i ruch (kora sensomotoryczna)

M.B. Sterman (prof. neurobiologii, NASA) wykazał, że trening tzw. rytmu sensomotorycznego (SMR) ok. 14 Hz, jest skuteczny w leczeniu epilepsji w 60% przypadków

# Biofeedback EEG (neurobiofeedback)



W **neurobiofeedbacku** wykorzystuje się z właściwości, mózgu człowieka, który wytwarza fale mózgowie zależne od stanu koncentracji





# Biofeedback EEG (neurobiofeedback)

- tzw. **trening alfa** (fale 8 - 13 Hz) pozwala na osiągnięcie stanu pełnego relaksu
- Wykorzystywany w:
  - leczeniu uzależnień, zaburzeń umysłowych
  - terapii stresu

Zbyt mały udział składowych fal **alfa** wiąże się z nadpobudliwością i stresem



# Biofeedback EEG (neurobiofeedback)

- tzw. **trening fal beta** (fale 8 - 13 Hz) trening prowadzący do poprawy koncentracji
- Wykorzystywany w:
  - biznesie
  - sporcie

Nadmierny udział składowych **alfa** wiąże się z zaburzeniami koncentracji



# Leczenie nadpobudliwości psychoruchowej

**Nadpobudliwość psychoruchowa (Attention Deficit Hyperactivity Disorder - ADHD)** - charakteryzuje się brakiem koncentracji i nadpobudliwością

U dzieci z diagnozą ADHD stwierdzono zbyt niski poziom fal beta (>14Hz) w proporcji do fal theta (4-8Hz). Aby odwrócić te proporcje stosuje się trening biofeedback, który jest ciekawą grą komputerową zmuszającą operatora do odpowiednio „dozowanego” stanu koncentracji i kontroli nad emocjami

<http://www.altmd.com/Videos/NASA-Video-Game-Brain-Training-for-ADHD>

2:40, 4:00

<http://www.smartbraintech.com>



# Biofeedback temperaturowy

- W stanie stresu, organizm „oszczędza zasoby” — podczas walki lub ucieczki trawienie jest wstrzymywane
- Układ krążenia kieruje krew tylko do wybranych fragmentów ciała
- W stanach chronicznego stresu, organizm działa tak jak w przypadku zagrożenia pomimo jego braku
- Biofeedback temperaturowy przywraca krążenie do stanu poprawnego
- Pomiar rezystancji sondy, która silnie zmienia się wraz z temperaturą
- Pacjent obserwuje zmiany temperatury mierzonej na opuszkach swoich palców
- Z czasem pacjent uczy się kontrolować temperaturę ciała, likwidując w ten sposób efekty stresu
- Terapię kończy się, gdy pacjent zostanie „nauczony” poprawnego krążenia



# Biofeedback GSR

## Galvanic Skin Response

- Uważa się, że stres pobudza gruczoł potowy (lepkie i zimne ręce)
- Podłączamy elektrody do palców pacjenta i mierzymy rezystancję; pacjent uczy się zmniejszać potliwość, likwidując przy tym działanie stresu
- Bardzo dokładna metoda, stosowana także w wykrywaczach kłamstw
- Często wykorzystywany do poprawy koncentracji i pamięci



<http://www.labtd.com>



# Biofeedback oddechowy

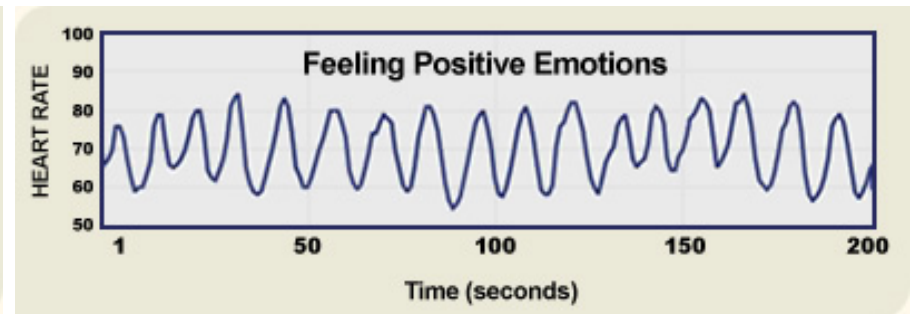
- Człowiek kontroluje oddech lepiej, niż inne organizmy (np. w czasie mowy); → można wykorzystać oddech do celów leczniczych
- W 1975 odkryto, że spowolniona czynność płuc jest w stanie wprowadzać w stan relaksu; w stresie dochodzi natomiast do przyspieszonego oddechu
- W biofeedbacku oddechowym mierzy się poziom  $\text{CO}_2$ , rozszerzanie klatki piersiowej, objętość wdychanego powietrza i dąży do bardzo powolnych i głębokich oddechów



# Biofeedback HRV

## Heart Rate Variability

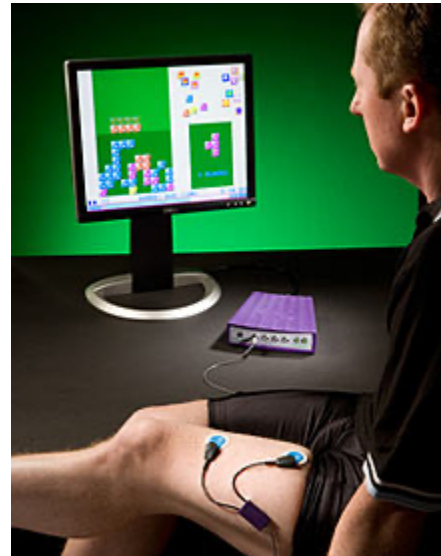
- Choroby lub starzenie zmniejszają zmienność rytmu serca
- Zwiększa się ryzyko wystąpienia chorób układu krążenia
- Podczas badania monitorowany jest oddech i rytm serca pacjenta
- Zadaniem pacjenta jest dostrojenie i wyrównanie swojego oddechu, ponieważ szybkość oddychania wpływa bezpośrednio na rytm serca
- Wykorzystywany w leczeniu astmy, chorób krążenia, nadciśnieniu, napadach lęku, stresu



<http://www.heartmath.org>

# Biofeedback EMG

- Ten rodzaj biofeedbacku związany jest z elektryczną aktywnością mięśni
- Korzysta się z zależności, że im większe napięcie elektryczne w tkance mięśniowej, w tym większym stresie znajduje się pacjent
- Podając pacjentowi informacje o aktywności elektrycznej jego mięśni, z czasem uczy się ją obniżać
- Stosowany także w rehabilitacji neuro-mięśniowej







# Biofeedback HEG

## Hemoencephalography

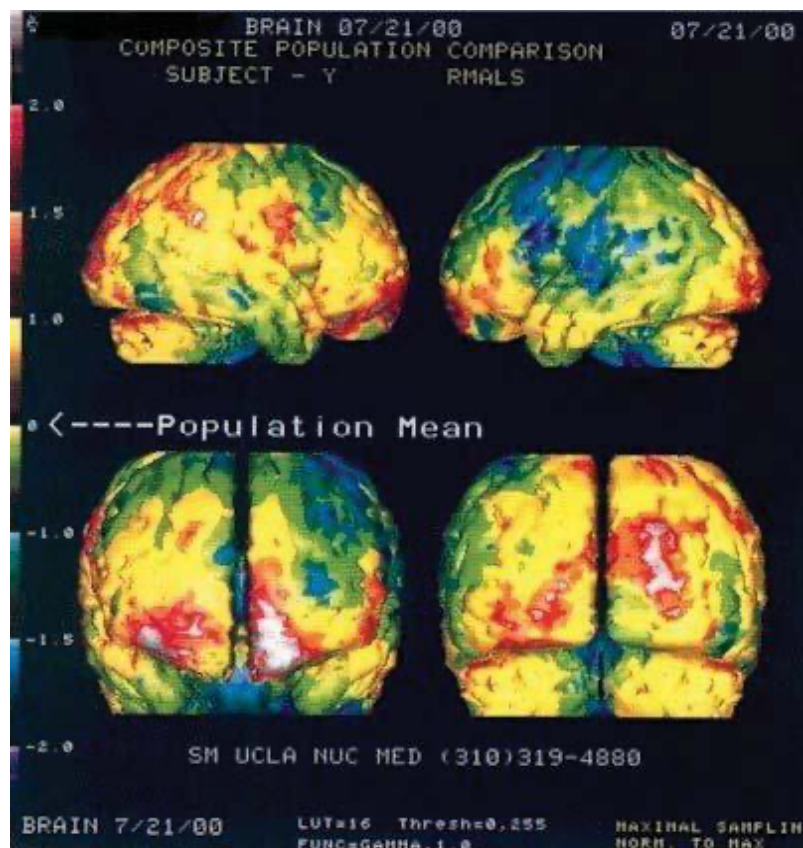
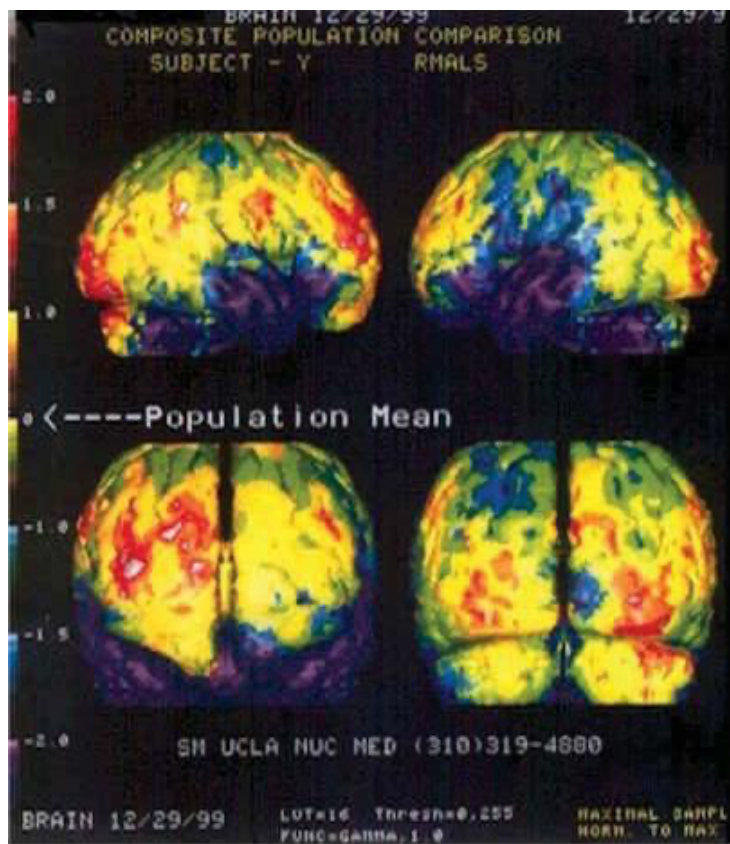
- Wykorzystuje on tzw. bliską podczerwień (nIR) do badania utlenienia przepływającej krwi w wybranych obszarach mózgu
- Poziom ukrwienia jest odzwierciedleniem aktywności tych obszarów mózgu
- Podczas ćwiczeń pacjent uczy się kontrolować poziom przepływu krwi, a nawet stopień jej utlenienia
- W HEG możliwa jest kontrola przepływu krwi w płacie czołowym mózgu
- Leczenie: ADHD, dysleksja, urazy mózgu
- w pIR (passiveIR) stosuje się pomiar temperatury krwi w obszarze kory czołowej  
→ leczenie migreny





# Biofeedback HEG

## Hemoencephalography



Przed treningami i po 23 sesjach treningowych  
(stwierdzono lepsze ukrwienie mózgu w płacie czołowym)

Systemy biofeedback  
zaczynają być szeroko  
oferowane na rynku  
Jakie są zagrożenia  
niekontrolowanego  
stosowania tej technologii?





# Strony internetowe poświęcone tematyce biofeedbacku

1. <http://pl.wikipedia.org/wiki/Biofeedback>
2. <http://en.wikipedia.org/wiki/Biofeedback>
3. <http://www.besweb.com/Articles/Articles/InHouseArticles/UltimateSelf-Help/>
4. <http://www.terapeutica.pl/biofeedback.html>
5. [http://biofeedback-polska.com/index/pytania/materialy\\_informacyjne](http://biofeedback-polska.com/index/pytania/materialy_informacyjne)
6. [http://www.fizjoterapeutom.pl/files/27/Biofeedback - praca mgr Dominika Raudzis.pdf](http://www.fizjoterapeutom.pl/files/27/Biofeedback%20-%20praca%20mgr%20Dominika%20Raudzis.pdf)
7. <http://biofeedback.zam.pl/biofeedback.html>
8. <http://blog.mindplace.pl/2009/12/biofeedback>
9. <http://biofeedback-polska.com/>
10. <http://www.terapeutica.pl/biofeedback.html>
11. <http://www.polmed.radom.pl/biofeedback.pps>
12. <http://www.futurehealth.org/populum/page.php?f=Neurofeedback-using-HEG-by-Hershel-Toomim-090925-240.html>