

Technik EEG – podstawy uzyskiwania zapisu

Piotr WALERJAN
PWSIM MEDISOFT

Plan prezentacji 1

- * Sygnał EEG – co to jest. Historia EEG, powstawanie potencjałów elektrycznych w mózgu.
- * Techniczne podstawy rejestracji, aparatura do EEG
- * Organizacja pracowni, rola skierowania na badanie
- * Międzynarodowy układ rozmieszczenia elektrod – system 10-20.
- * Typy elektrod.
- * Nauka przygotowania skóry, wykonywania pomiarów i rozmieszczania elektrod.

Plan prezentacji 2

- * Kontrola zakażeń
- * Montaż – sposoby łączenia elektrod.
- * Zapis EEG – typowe rytmy, rejony i warunki występowania rytmów, charakterystyka elektryczna.
- * Elementy patologiczne.
- * Artefakty w zapisie EEG.
- * Senność w zapisie EEG.
- * Aktywacje zapisu EEG i testy.
- * Przebieg typowego badania EEG

EEG definicja i historia

- * Elektroencefalografia (EEG) jest metodą rejestracji spontanicznej czynności bioelektrycznej mózgu przy pomocy elektrod umieszczonych na powierzchni głowy. Sam zapis otrzymany przy pomocy tej metody nazywa się elektroencefalogramem (oznacza się go także skrótem EEG). Historia badań EEG zaczyna się w 1875 r., kiedy to Anglik Richard Caton poinformował o zarejestrowaniu prądów mierzonych na powierzchni kory oraz w głębi mózgu zwierząt. Podobne prace, związane z rejestracją prądów mózgowych prowadzili w tym samym czasie polscy uczeni, profesorowie Napoleon Nikodem Cybulski i Adolf Beck.

EEG definicja i historia 2

- * Za odkrywcę elektroencefalogramu u ludzi powszechnie uważany jest niemiecki lekarz i uczyony Hans Berger (1873-1941). Początkowo Berger potwierdził doświadczalnie prace Catona i jego następców. Od 1920 roku, przy użyciu galwanometru strunowego Einthovena, Edelmena, a następnie firmowego urządzenia Siemens'a badał czynność bioelektryczną ludzkiego mózgowia. W 1929 roku opublikował pierwsze zapisy elektroencefalograficzne rejestrowane z powierzchni czaszki, początkowo nad ubytkami kostnymi. W swym pierwszym doniesieniu Berger przedstawił podstawowe rytmy cechujące elektroencefalogram: alfa i niskonapięciowy beta.

EEG definicja i historia 3

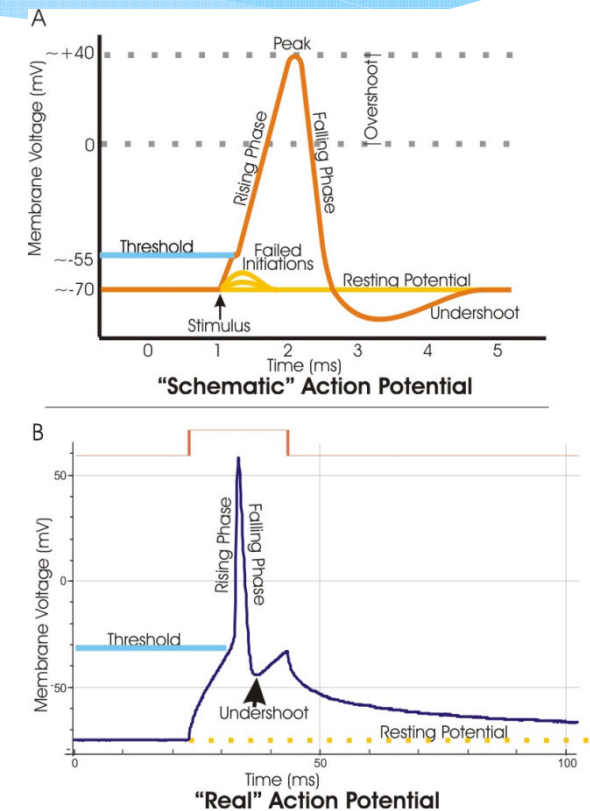
- * Prace Bergera były kontynuowane przez wielu elektrofizjologów na całym świecie, należy tu wymienić nazwiska takie jak: Lord Adrian, Grey Walter, Gibbs, Grass, Lennox, Jasper. Obecnie EEG jest jedną z najbardziej podstawowych metod diagnostycznych w przypadku badania chorób neurologicznych, a w szczególności padaczki, co więcej jest też doskonałym narzędziem badawczym.

EEG generacja potencjału

- * W stanie spoczynku wewnątrz neuronów w mózgu ma ujemny potencjał w stosunku do środowiska zewnątrzkomórkowego. Różnica potencjałów nazywana jest potencjałem spoczynkowym i wynosi ok. 70 mV i wynika z głównie różnicy stężeń jonów sodowych Na^+ . Aktywność neuronu polega na czasowym zwiększeniu przepuszczalności błony komórkowej dla jonów sodu. Powoduje to nagły napływ tych jonów do wnętrza komórki i zwiększenie jej wewnętrznego potencjału.
- * Zwiększenie przepuszczalności błony może nastąpić w dwóch mechanizmach: bądź pod wpływem neurotransmitera wydzielanego przez komórkę presynaptyczną bądź automatycznie, po przekroczeniu określonego progu depolaryzacji (ok. 15 mV powyżej potencjału spoczynkowego, czyli 55 mV).

EEG generacja potencjału 2

- * Potencjał czynnościowy jest wynikiem nagłego i szybkiego (czas trwania ok. 1 ms) zwiększenia strumienia jonów wpływających do wnętrza neuronu w chwili, gdy potencjał jego błony przekracza wartość progową (patrz wyżej). Potencjały czynnościowe mogą być transmitowane wzdłuż aksonu i powodować aktywację następnego neuronu. Częstotliwość wytwarzania potencjałów czynnościowych neuronu jest proporcjonalna do jego średniego pobudzenia, czyli wpływów presynaptycznych.



Rysunek z wikipedia.org

EEG generacja potencjału 3

- * Elektroencefalografia, zgodnie ze współczesnymi podglądami, rejestruje zbiorczą aktywność postsynaptyczną – zarówno pobudzeniową jak i hamulcową. Potencjały czynnościowe są zbyt krótkie i stąd trudno uzyskać ich posumowaną aktywność, do tego są rozmywane i tłumione w procesie transmisji przez układ płynu mózgowo-rdzeniowego, opon, kości czaszki i skóry. Jedynie synchronizacja potencjałów postsynaptycznych na obszarze kory, obejmującym co najmniej kilka centymetrów kwadratowych może zostać zarejestrowana jako zapis EEG. Jego wielkość jest wprost proporcjonalna do obszaru objętego synchronizacją i stopnia tej synchronizacji.

Parametry sygnału EEG

- * Mała amplituda sygnału – kilkanaście – kilkadziesiąt μV
- * Zakres częstotliwości 1 – 70 Hz
- * Oporność elektrod – kilka $\text{k}\Omega$
- * Brak punktu o potencjale 0
- * **Jest to biologiczny sygnał o najniższej amplitudzie rutynowo rejestrowany w czasie badań, który nie jest uśredniany**
- * **Konieczność ograniczenia szumów i wzmocnienia sygnału!**

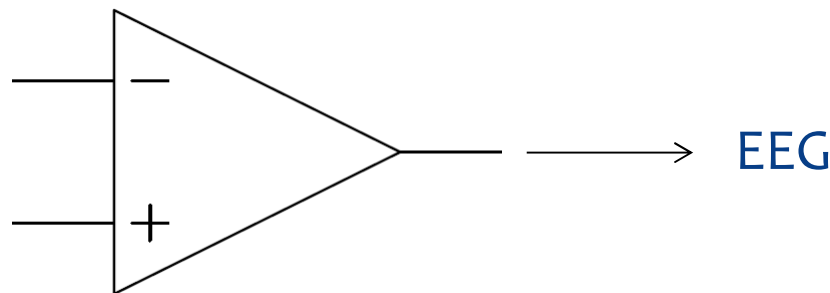
Zasada działania aparatu EEG

- * Odbiór sygnału z elektrod
- * Wzmocnienie sygnału
- * Przejście do postaci cyfrowej – przetwarzanej przez komputer
- * Zapis w pamięci trwałej
- * Prezentacja na monitorze/papierze

Wzmacniacz różnicowy

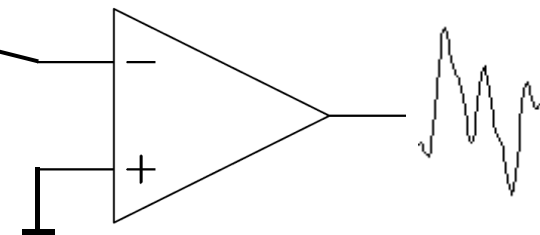
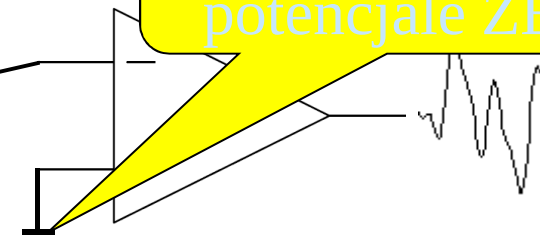
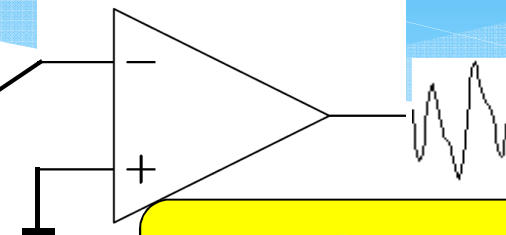
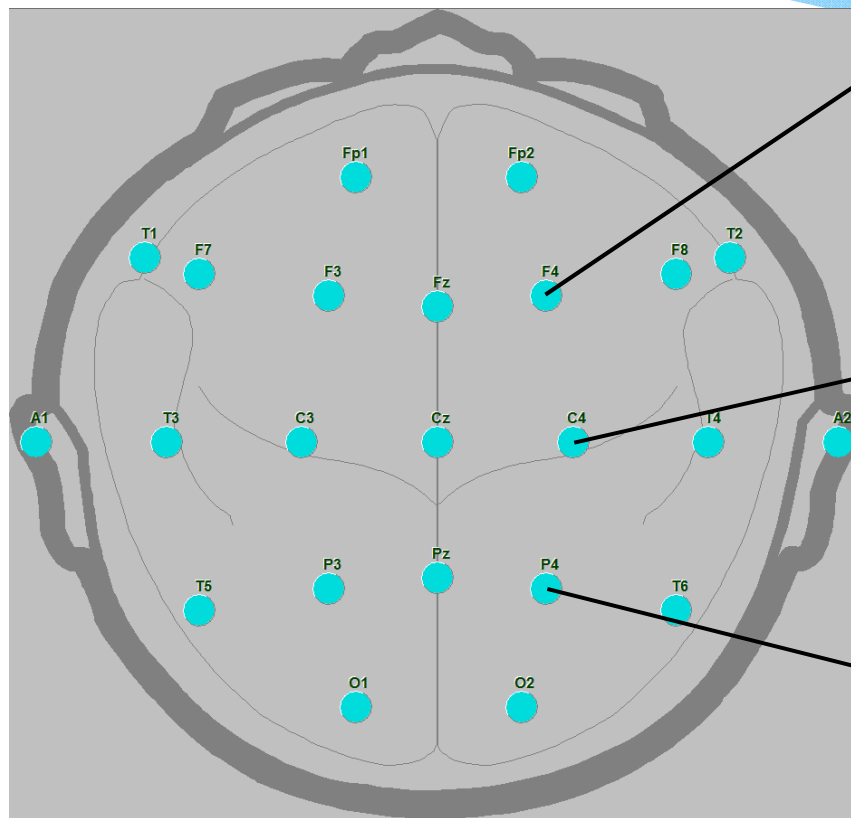
- * teoretycznie nieskończone wzmocnienie
- * teoretycznie nieskończona oporność
- * teoretycznie brak wzmocnienia sygnału wspólnego

$$\text{Sygnał wyjściowy} = (V^+ - V^-) * k = \text{EEG}$$



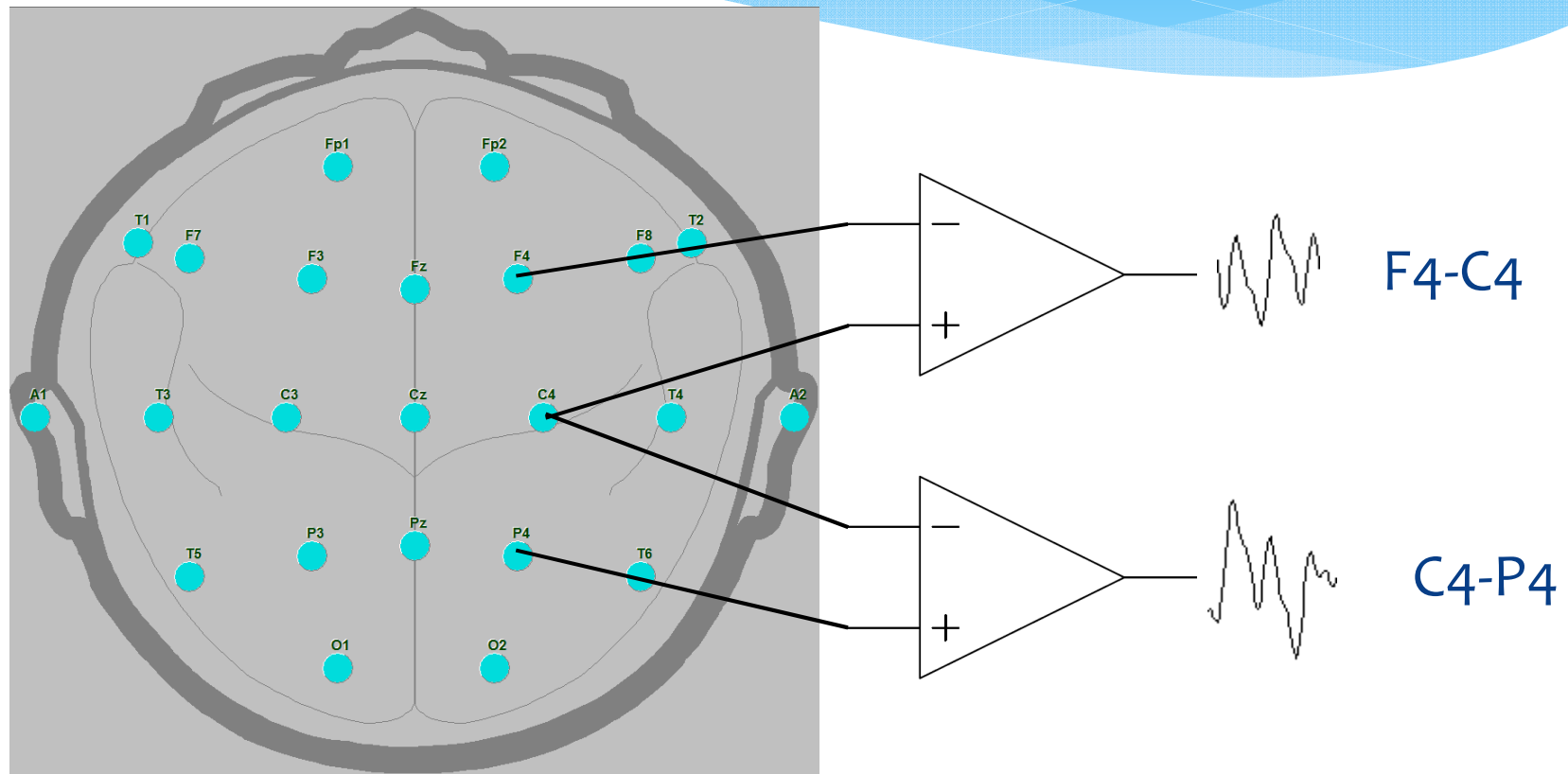
- * co jest na wejściu powyższego wzmacniacza???

Odprowadzenie monopolarne - jednobiegunowe



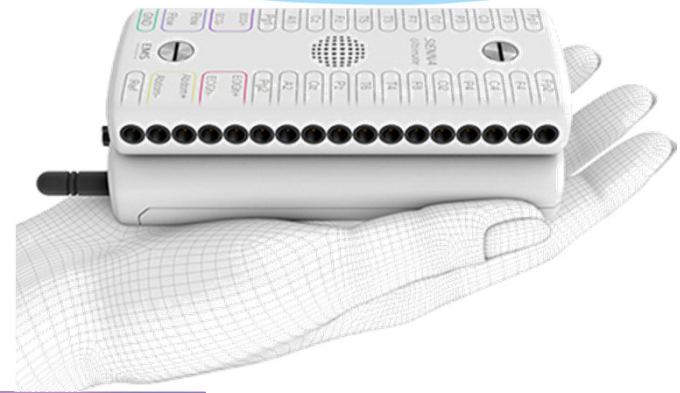
Brak miejsca o
potencjale ZERO!

Odprowadzenie bipolarne - dwubiegunowe



$$U_{F4-C4} = (U_{F4} - U_{REF}) - (U_{C4} - U_{REF}) = U_{F4} - \cancel{U_{REF}} - U_{C4} + \cancel{U_{REF}} = U_{F4} - U_{C4}$$

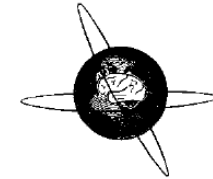
Aparat EEG



STANDARDY EEG



Electroencephalography and clinical Neurophysiology 106 (1998) 259–261



IFCN Standards IFCN standards for digital recording of clinical EEG

Marc R. Nuwer^{a,*}, Giancarlo Comi^b, Ronald Emerson^c, Anders Fuglsang-Frederiksen^d,
Jean-Michel Guérit^e, Hermann Hinrichs^f, Akio Ikeda^g, Fransisco Jose C. Luccas^h,
Peter Rappelsburgerⁱ

^a*University of California, Los Angeles, CA, USA*

^b*University of Milan, Milan, Italy*

^c*Neurological Institute, Columbia University, New York, NY, USA*

^d*Gentofte Hospital, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark*

^e*University Catholique Louvain, Brussels, Belgium*

^f*Otto von Guericke University, Magdeburg, Germany*

^g*Kyoto University, Kyoto, Japan*

^h*Hospital I Albert Einstein, São Paulo, Brazil*

ⁱ*Institute of Neurophysiology, Vienna, Austria*

STANDARDY EEG 2

* ACNS

**Guideline 1: Minimum Technical Requirements
for Performing Clinical
Electroencephalography**

**Guideline 8: Guidelines for Recording Clinical
EEG on Digital Media**

**Technical Standard 1 (ACNS TS1)
Standard for Transferring Digital
Neurophysiological Data Between
Independent Computer Systems**

STANDARDY EEG 3

- * Dane pacjenta i dane o rejestracji
 - * Powiązanie danych pacjenta z zapisem
 - * Zapis daty, czasu badania, identyfikatorów
 - * Zapis kalibracji
 - * Wprowadzanie notatek w trakcie i po rejestracji
 - * Wprowadzanie notatek dowolnych
 - * Automatyczne wprowadzanie notatek o zmianach parametrów zapisu, montażach, itp.

STANDARDY EEG 4

- * Aparat EEG
 - * Liczba kanałów: 24 – 32
 - * Możliwość rejestracji innych sygnałów: **EKG**, EMG, EOG, Resp
 - * Wyposażony w fotostymulator o dużej jasności
 - * Podłączony do uziemionego gniazda zasilającego
 - * Ekranowanie nie jest wymagane

STANDARDY EEG 5

* Elektrody

- * Dobrej jakości, przenoszące sygnały w zakresie 0,5 (1) – 70 Hz, srebrne chlorkowane lub złote, utrzymywane w czystości
- * Nie zalecane stosowanie elektrod igłowych
- * Stosować 21 elektrod z systemu 10-20
- * Rutynowo sprawdzać oporność elektrod, powinna być utrzymywana poniżej 5 k Ω
- * Elektrody referencyjna i uziemiająca– dodatkowa, spoza systemu 10-20, np. pomiędzy Cz a Pz

STANDARDY EEG 6

- * Rejestracja EEG
 - * Rutynową filtracją 1,0 – 70 Hz (100 Hz)
 - * Nie zaleca się stosowania filtrów sieciowych
 - * Prędkość przesuwu papieru 3 cm/s lub 10 s/stronę
 - * Zapis powinien zaczynać fragment w montażu referencyjnym
 - * Czułość 5 – 7 – 10 $\mu\text{V/mm}$

STANDARDY EEG 7

- * Rejestracja EEG cyfrowa
 - * Częstotliwość próbkowania – min. 256 Hz
 - * Przetwornik A/C min. 16 bit – dokładność min. 0,5 μ V
 - * CMRR min. 100 – 110 dB
 - * Filtracja od 0,16 Hz do zapisu na dysku
 - * Szum maks. 1,5 - 2 μ V p-p (zapis śmierci mózgowej)
 - * Skalowanie (cecha) widoczne na ekranie

STANDARDY EEG 8

- * Zapis EEG

- * Czas trwania– min. 20 minut bez artefaktów
- * Zapis przy otwartych i zamkniętych oczach
- * Rutynowa aktywacja zapisu przy pomocy hiperwentylacji – min. 3 minuty i zapis min. 1 minuty po hiperwentylacji
- * Rutynowe stosowanie fotostymulacji
- * Jeśli to możliwe należy zarejestrować sen
- * Użycie standardowych montażu
- * Zaznaczenie stanu świadomości pacjenta

STANDARDY EEG 9

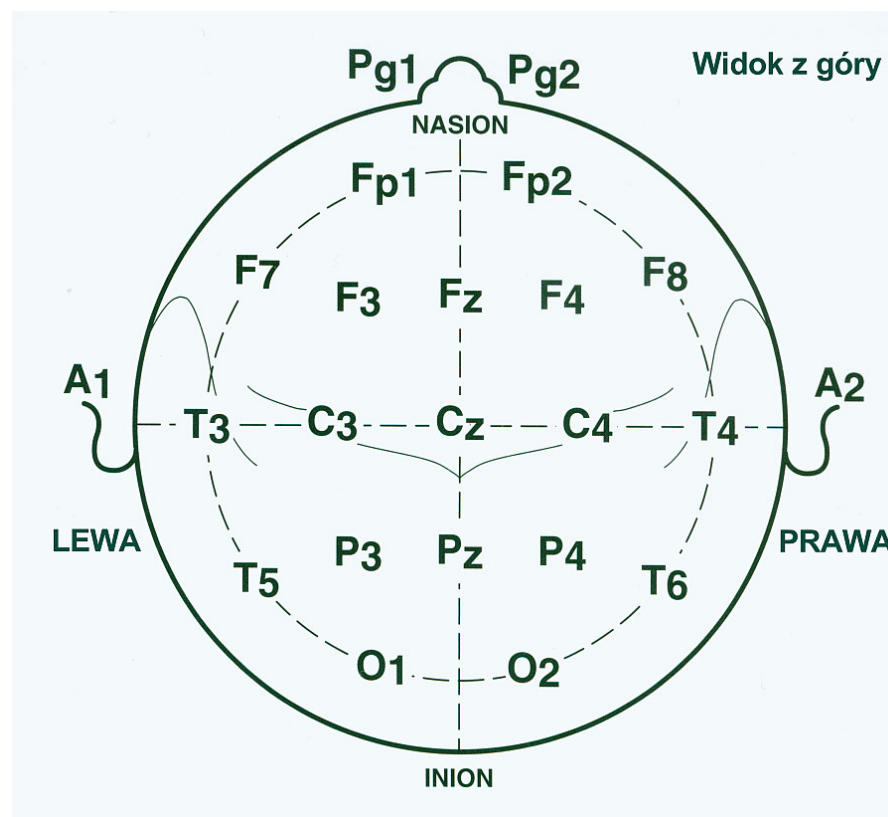
* Monitor EEG

- * Rozdzielczość ekranu min. 100 – 120 pikseli/sekunda
- * Rozdzielczość wydruku min. 200 punktów/sekunda
- * Odstęp w pionie między kanałami min. 10 mm
- * Rozdzielczość w pionie min. 4 piksele/mm
- * Skalowanie powinno być oznaczone na ekranie/papierze
- * Możliwość wyświetlania fragmentów tego samego/różnych badań na ekranie

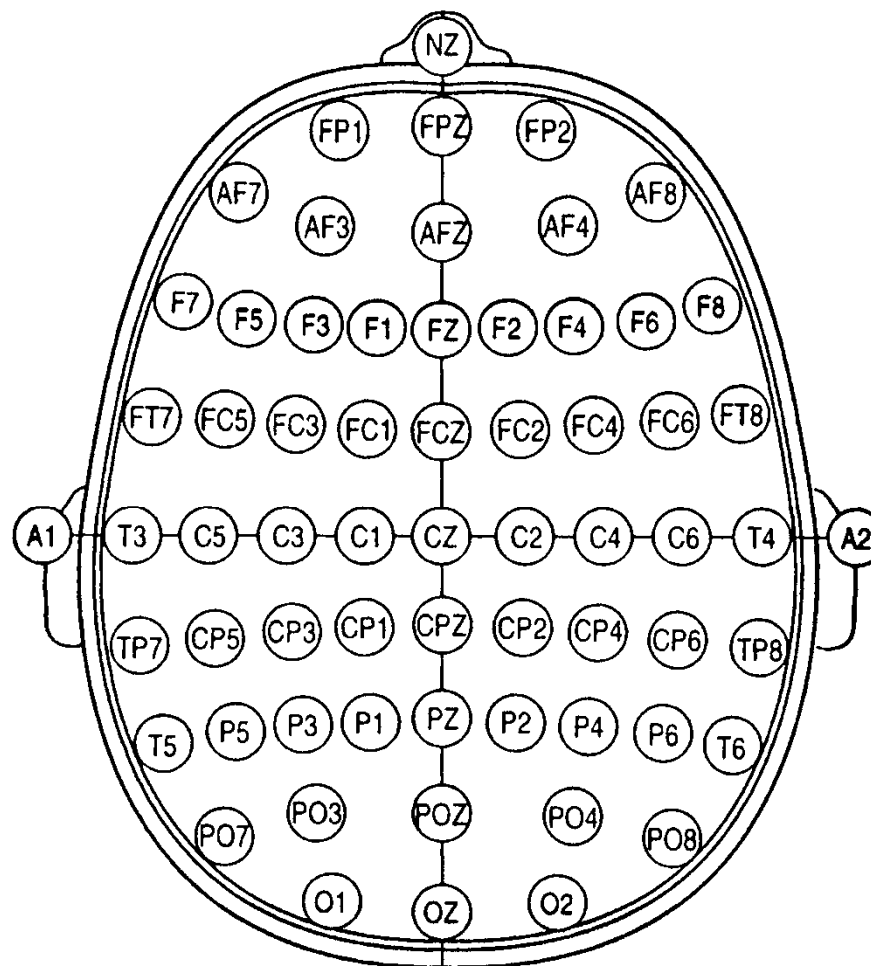
STANDARDY EEG 10

- * Eksport informacji
 - * Standardowy format wymiany danych – EDF
 - * Zapis w formacie ASCII
 - * Możliwość przekazania zapisu EEG do innej pracowni w formie, która umożliwia jego obejrzenie

Międzynarodowy układ elektrod 10-20



Nazewnictwo elektrod układ 10-10



Organizacja pracowni EEG

- * Skierowanie na badanie
- * Lokalizacja
- * Podział na część pacjenta i technika
- * Badania na sali pacjenta ?

Elektrody

- * Miseczkowe
- * Grzybkowe
- * Czepki z elektrodami
 - * Srebrne
 - * Srebrne chlorkowane
 - * Złote

Przygotowanie skóry do badania EEG

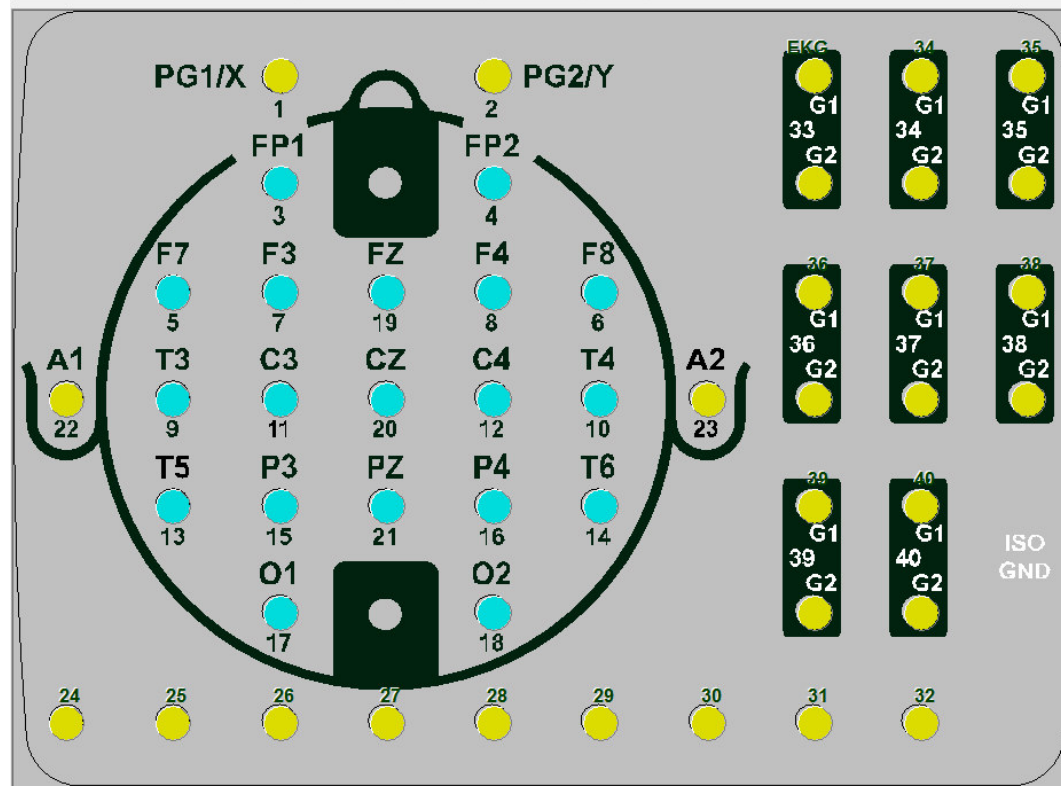
- * Pacjent powinien mieć umytą głowę – jednak nie bezpośrednio przed badaniem. Bez żelu, lakieru, itp.
- * Wyznaczenie pozycji elektrod 10-20, pozycjonowanie czepka
- * Przygotowanie skóry pod elektrodami – żel Nuprep

Kontrola zakażeń

- * Należy przestrzegać ogólnych procedur kontroli zakażeń obowiązujących w szpitalu/przychodni
- * Elektrody i czepki powinny być myte i dezynfekowane zgodnie z procedurą odpowiednią do rodzaju elektrody.

Montaże 1

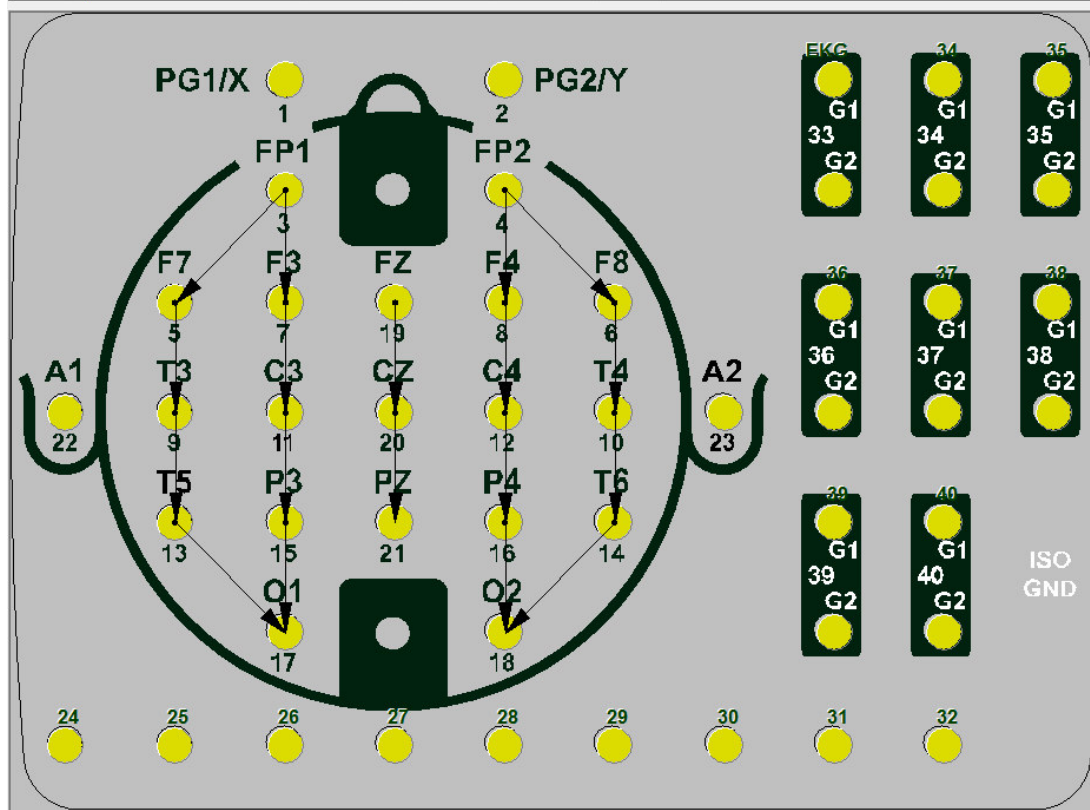
Index	Output name	Sensitivity	Low Filter	High Filter	Width
1	Fp1-REF	200 uVp-p	0.1Hz	70.0Hz	100%
2	Fp2-REF	200 uVp-p	0.1Hz	70.0Hz	100%
3	F7-REF	200 uVp-p	0.1Hz	70.0Hz	100%
4	F8-REF	200 uVp-p	0.1Hz	70.0Hz	100%
5	F3-REF	200 uVp-p	0.1Hz	70.0Hz	100%
6	F4-REF	200 uVp-p	0.1Hz	70.0Hz	100%



Referencyjny

Montaże 2

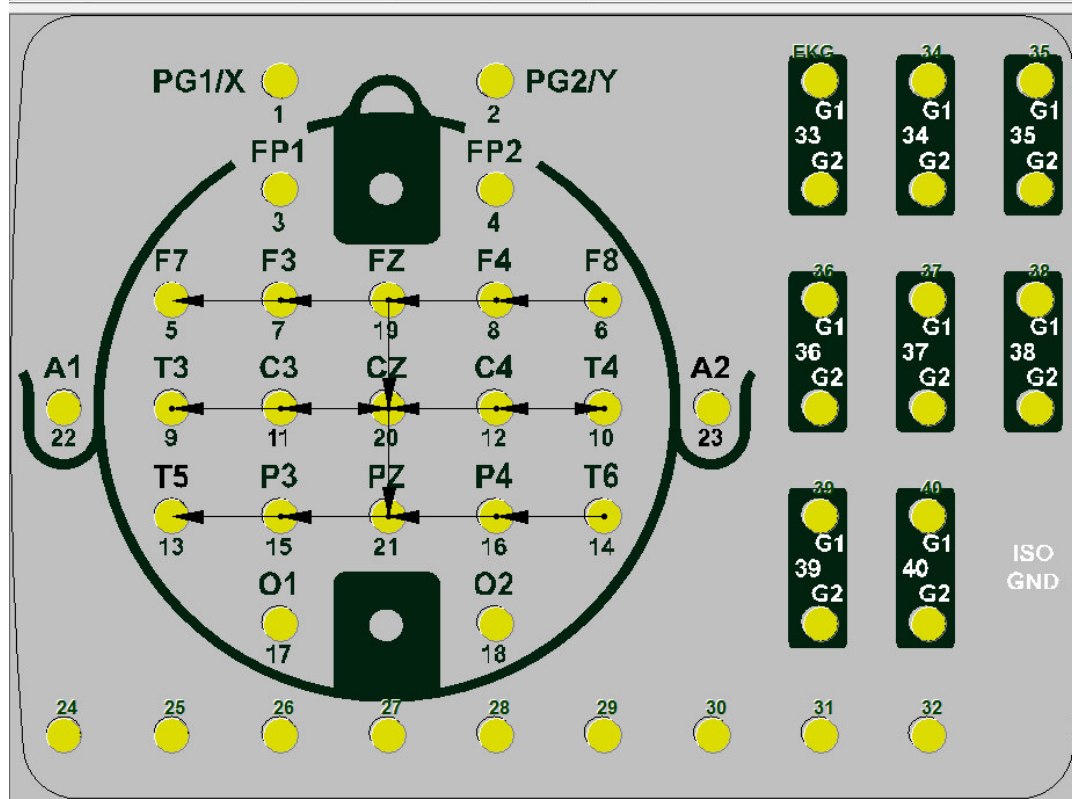
Index	Output name	Sensitivity	Low Filter	High Filter	Width
1	Fp2-F8	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%
2	F8-T4	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%
3	T4-T6	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%
4	T6-O2	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%
5	Fp1-F7	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%
6	F7-T3	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%



Podłużny –
tzw.
podwójny
banan

Montaże 3

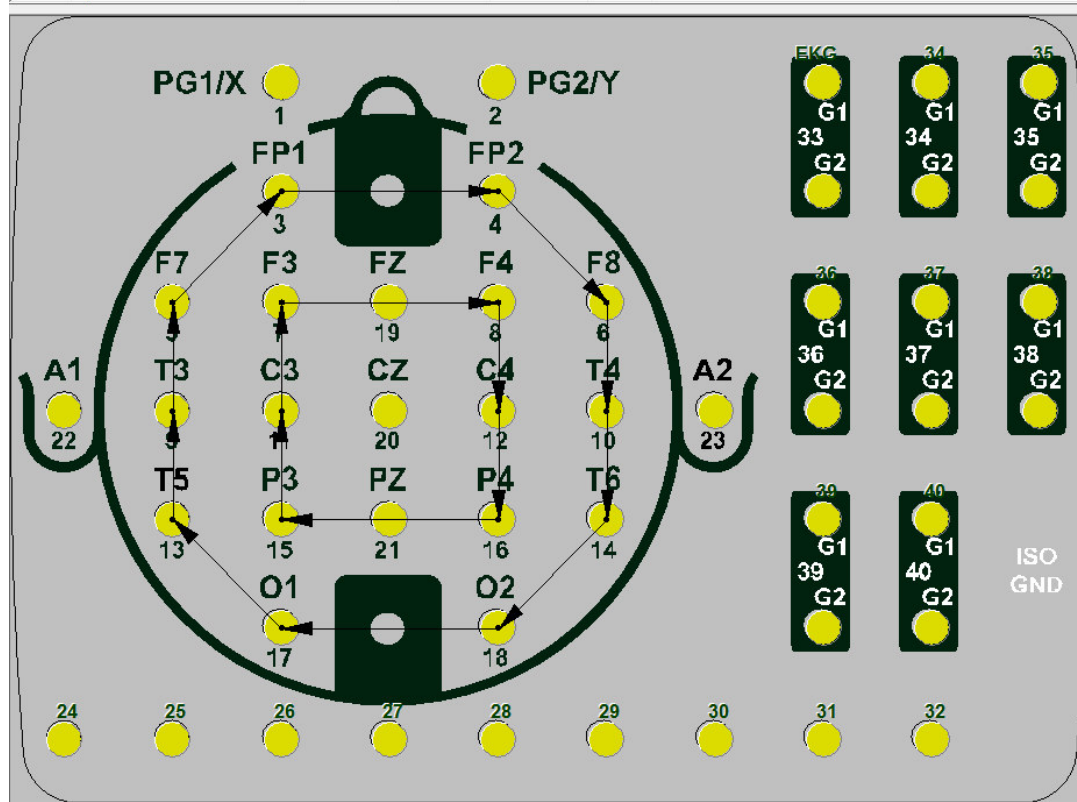
Index	Output name	Sensitivity	Low Filter	High Filter	Width
1	F8-F4	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%
2	F4-FZ	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%
3	FZ-F3	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%
4	F3-F7	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%
5	CZ-T4	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%
6	T4-C4	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%



Poprzeczny

Montaže 4

Index	Output name	Sensitivity	Low Filter	High Filter	Width	
1	Fp2-F8	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%	
2	F8-T4	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%	
3	T4-T6	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%	
4	T6-O2	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%	
5	O2-O1	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%	
6	O1-T5	200 uVp-p	1.0Hz	70.0Hz	100%	



Koła

Prawidłowy zapis EEG

- * Zapis EEG człowieka ulega zasadniczym zmianom w zależności od wieku i od stanu czynnościowego, szczególnie stanu świadomości.
Norma EEG zawsze odnosi się do wieku osoby badanej i jej stanu świadomości.
Stąd też zapis EEG będący normą dla części badanych będzie zapisem patologicznym dla innych osób.

Prawidłowy zapis EEG dla czuwających dorosłych

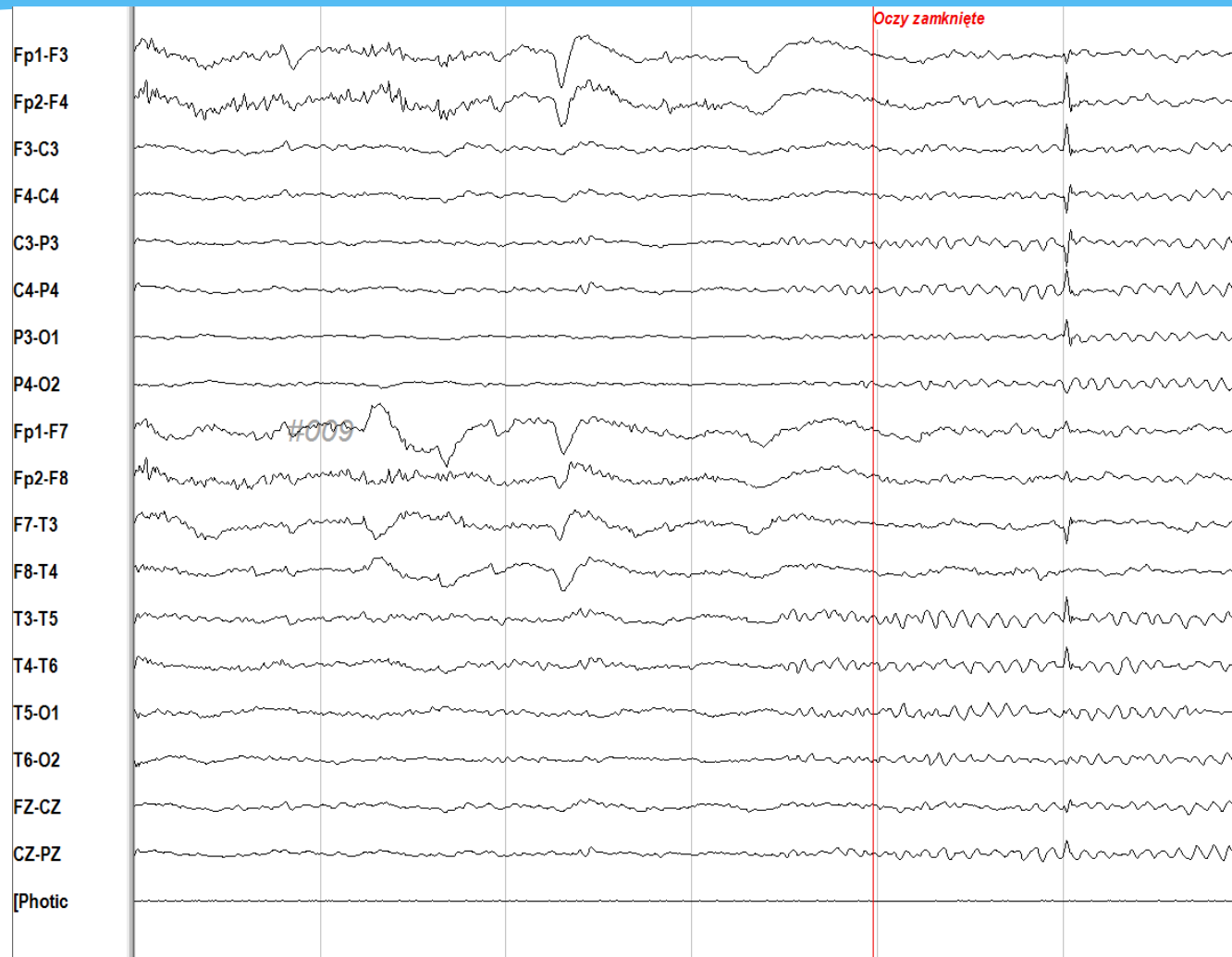
- * Rytm alfa:

- * Częstotliwość 8-13 Hz, amplituda 20 – 100 μ V
- * Lokalizacja – tylne części mózgu
- * Zamknięte oczy, stan odprężenia, relaksu. Blokowany przez otwarcie oczu, bodźce zewnętrzne.

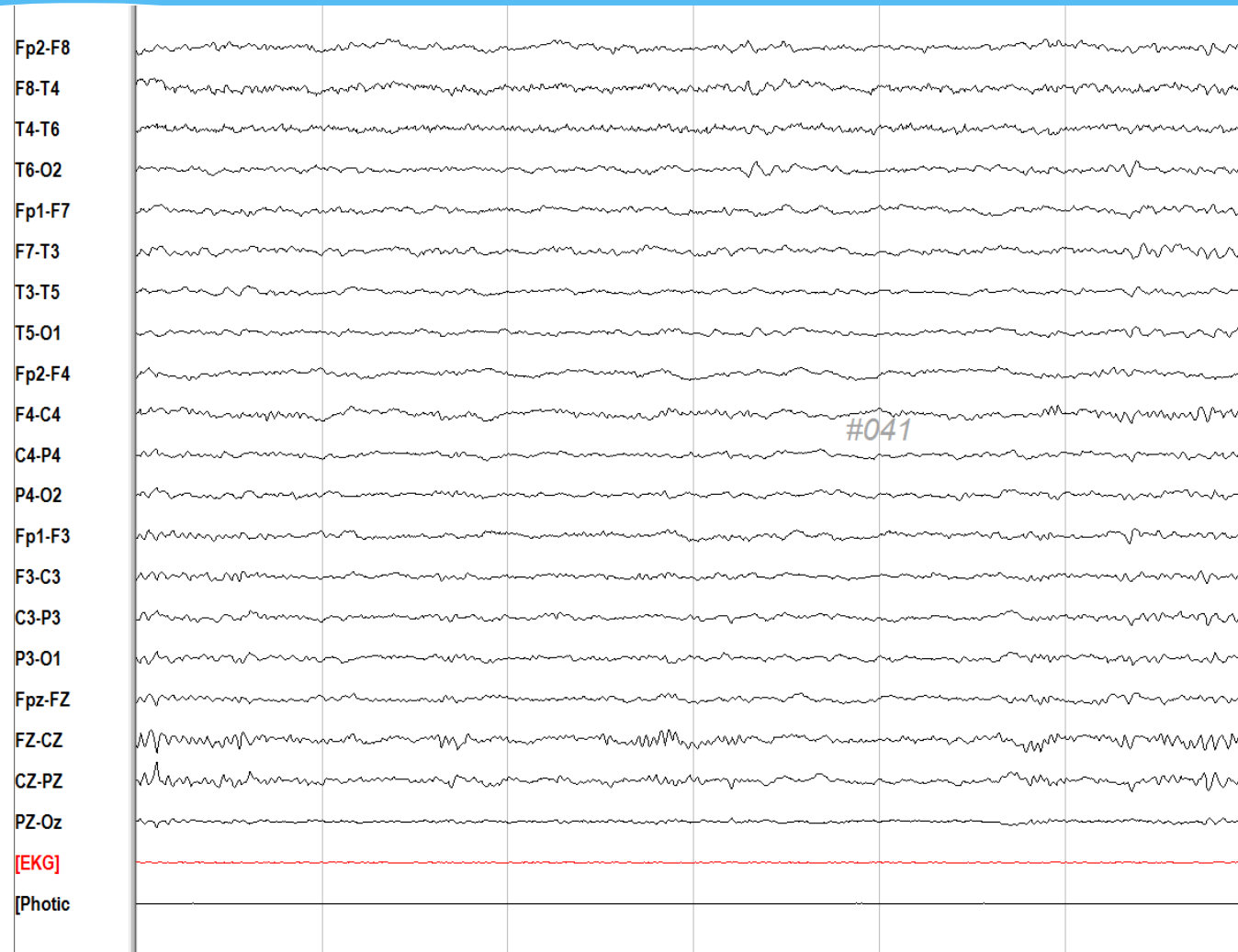
- * Rytm beta:

- * Częstotliwość powyżej 13 Hz, amplituda poniżej 20 μ V
- * Lokalizacja – przednie części mózgu
- * Oczy otwarte, koncentracja uwagi, skupienie, czynności poznawcze

Rytm alfa



Rytm beta



Elementy patologiczne w zapisie EEG dla czuwających dorosłych

- * Fale wolne
 - * Fale delta częstotliwość 1 - 4 Hz
 - * Fale teta częstotliwość 4 - 7 Hz
 - * Ogniskowe lub uogólnione
- * Elementy ostre:
 - * Fale ostre
 - * Iglice
 - * Zespoły fala ostra – fala wolna, iglica – fala wolna

Artefakty w EEG

- * Artefakt to dowolny sygnał, rejestrowany przez aparat EEG, nie będący pochodzenia mózgowego, tzn. nie będący spontaniczną aktywnością bioelektryczną mózgu.
- * Artefakty biologiczne:
 - * Ruchy gałek ocznych, mruganie, zapis mięśni, EKG, pocenie się
- * Artefakty techniczne:
 - * Artefakt sieci 50 Hz, uszkodzone połączenie elektrody, przepięcia sieci, stymulatory, wyładowania elektrostatyczne

Artefakt w EEG – co z nim zrobić

1. Usunąć
wyeliminować
zlikwidować
2. Jeśli nie udał się punkt 1
oznaczyć

Ocena wzorców zapisu i różnicowanie z artefaktami oraz ich usuwanie jest jednym z podstawowych zadań dobrego technika EEG.

Zapis bez artefaktów

- * Utrzymanie aparatury w dobrym stanie technicznym
 - * Sprawne elektrody, o równej warstwie chlorku bez przetarć, złoto na elektrodzie bez pęknięć
 - * Kable nie połamane, bez pęknięć, krokodylki i styki bez śladów rdzy
 - * Czystość elektrod, szczególnie czepków i elektrod miseczkowych

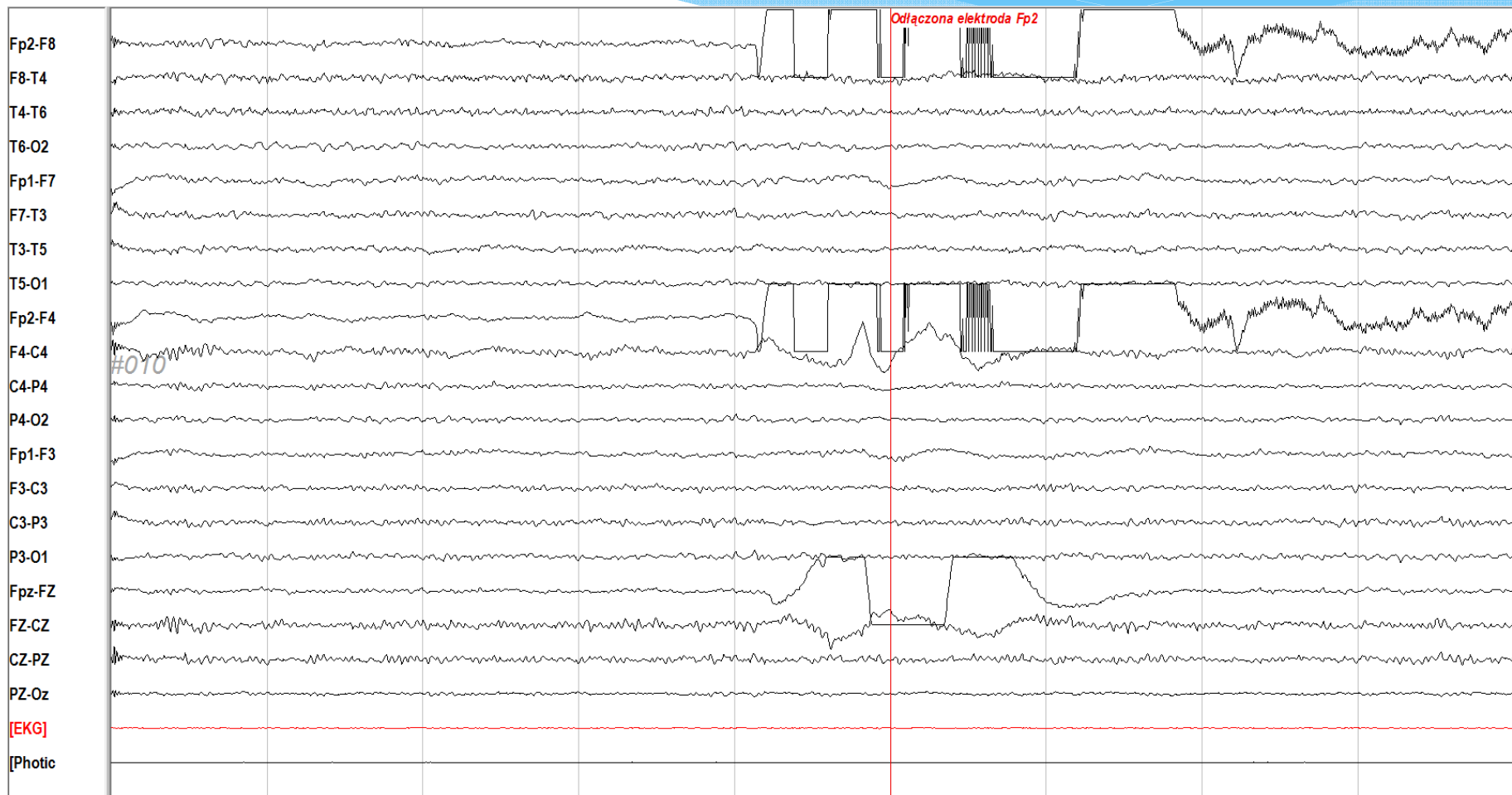
Zapis bez artefaktów 2

- * Dobra jakość stosowanej aparatury
- * Regularne przeglądy
- * Kalibracja
- * Kontrola sieci zasilającej łącznie z uziemieniem i połączeń zasilania 230V w obrębie aparatu
- * Kontrola zakłóceń zewnętrznych

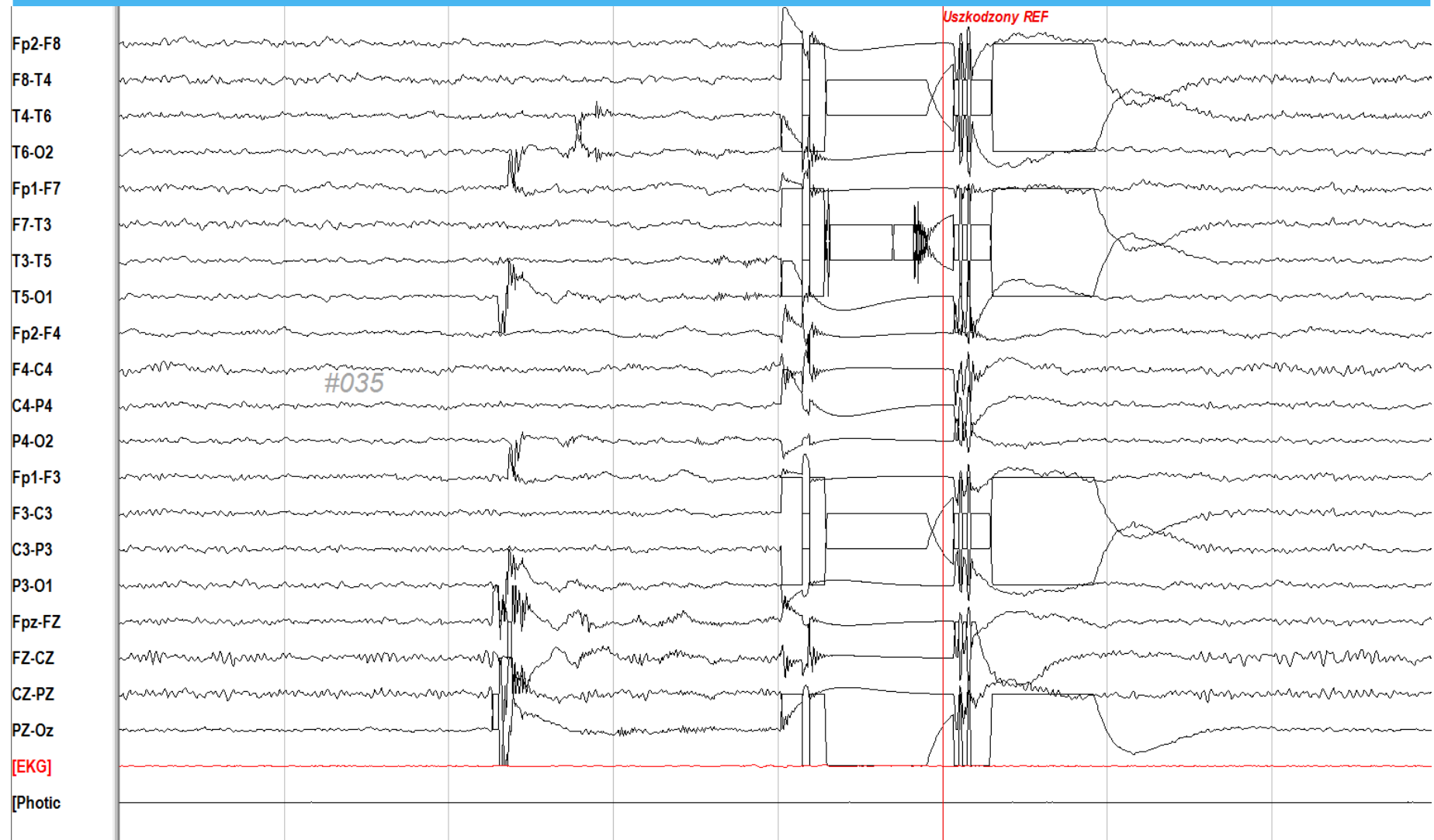
Zapis bez artefaktów 3

- * Utrzymywanie równej, niskiej oporności elektrod poniżej 5 k Ω
- * Wyłączony filtr sieciowy
- * Kontrola poprawności technicznej zapisu w różnych montażach łącznie z odprowadzeniami referencyjnymi
- * Cisza i spokój w pracowni, przyciemnione oświetlenie

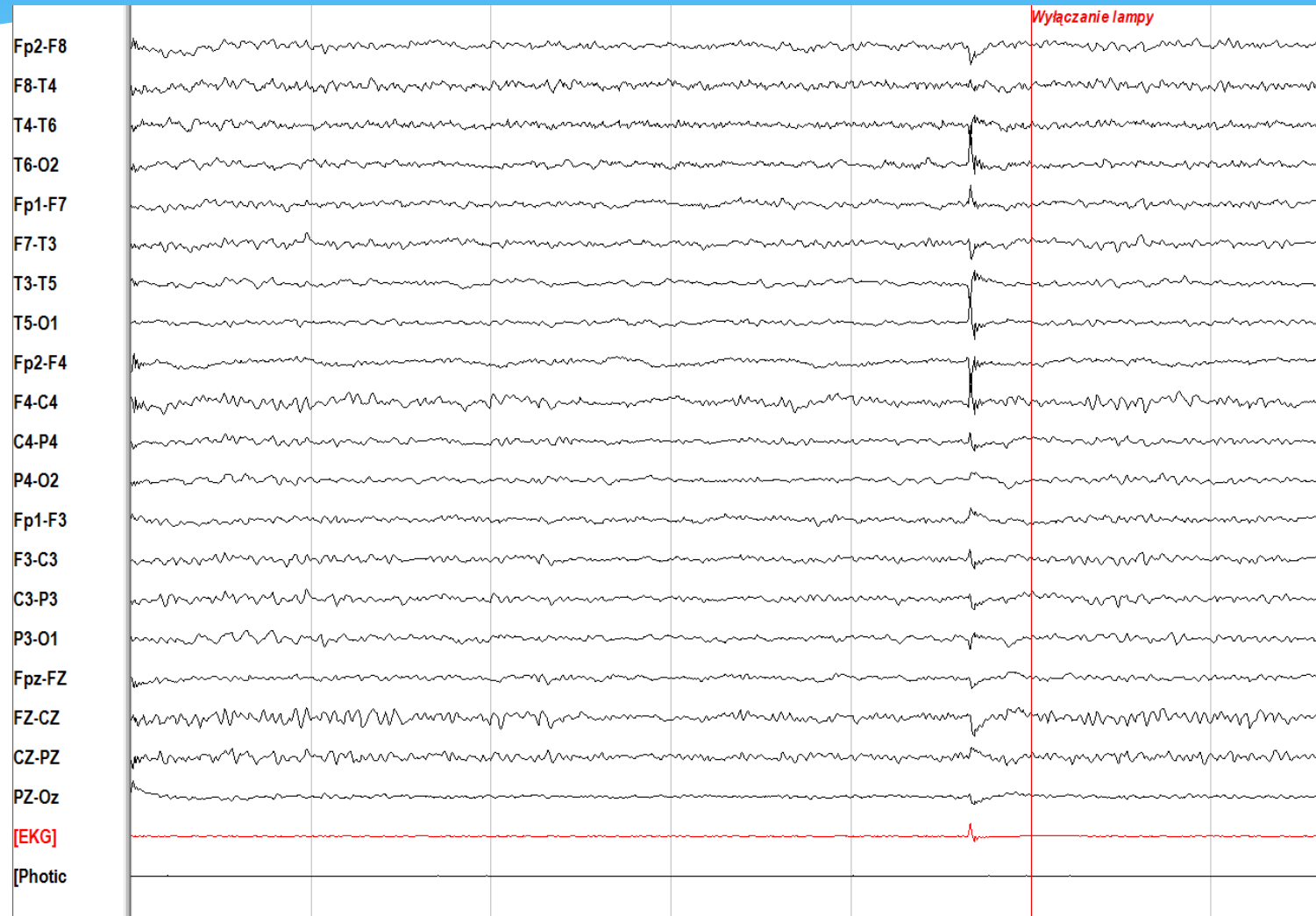
Odłączona elektroda



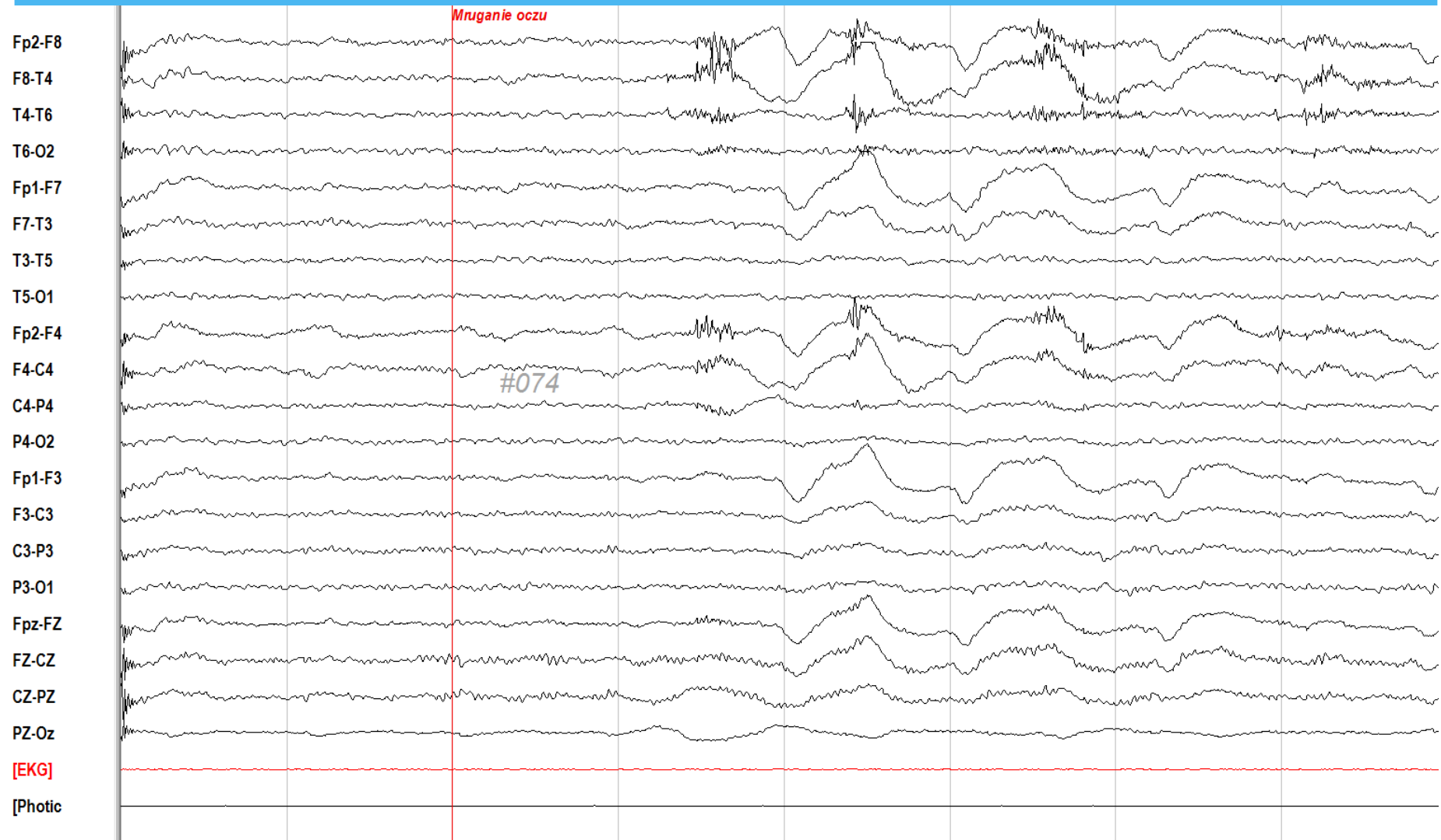
Uszkodzona referencja



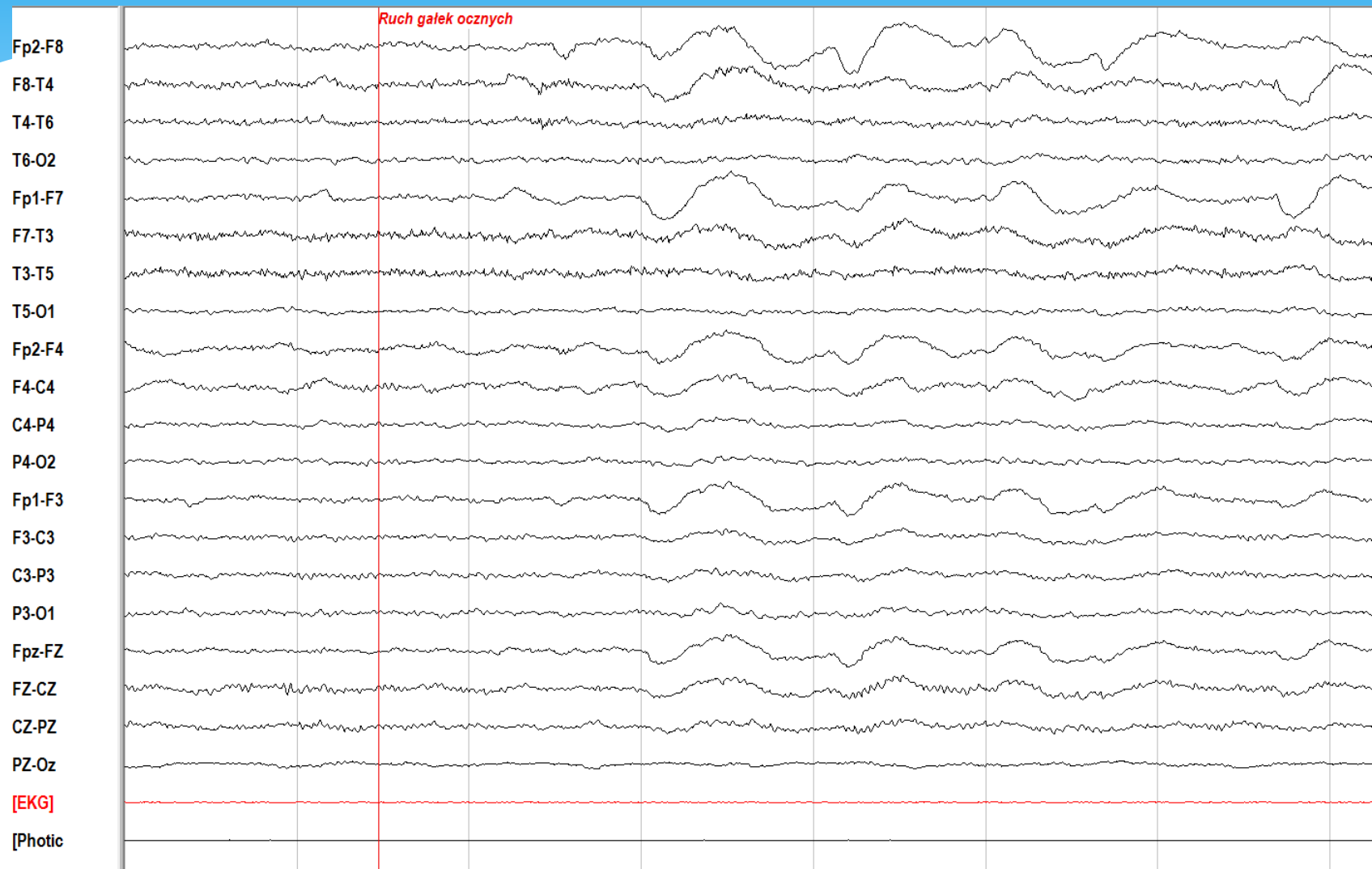
Przełączanie lampy



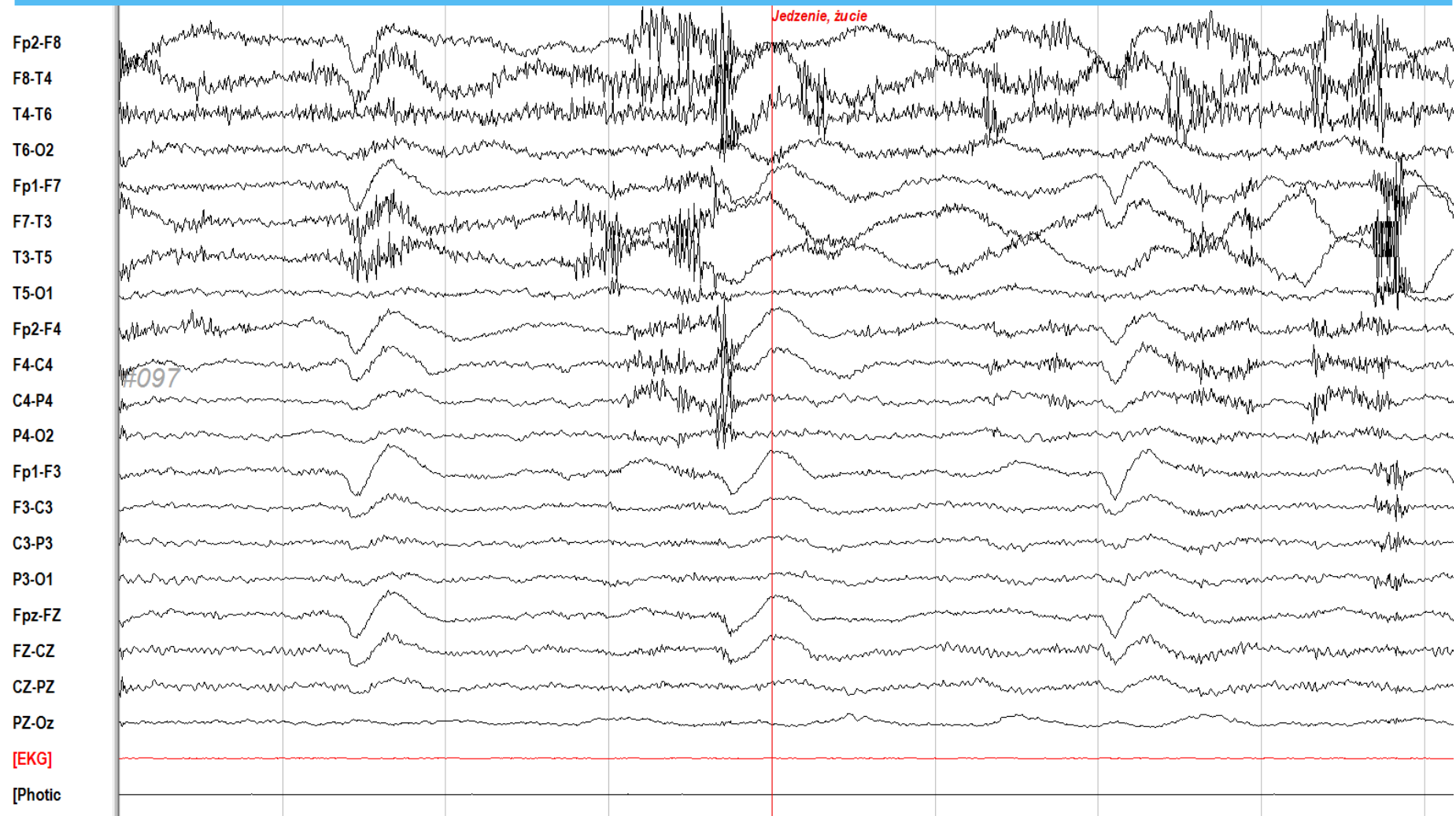
Mruganie oczu



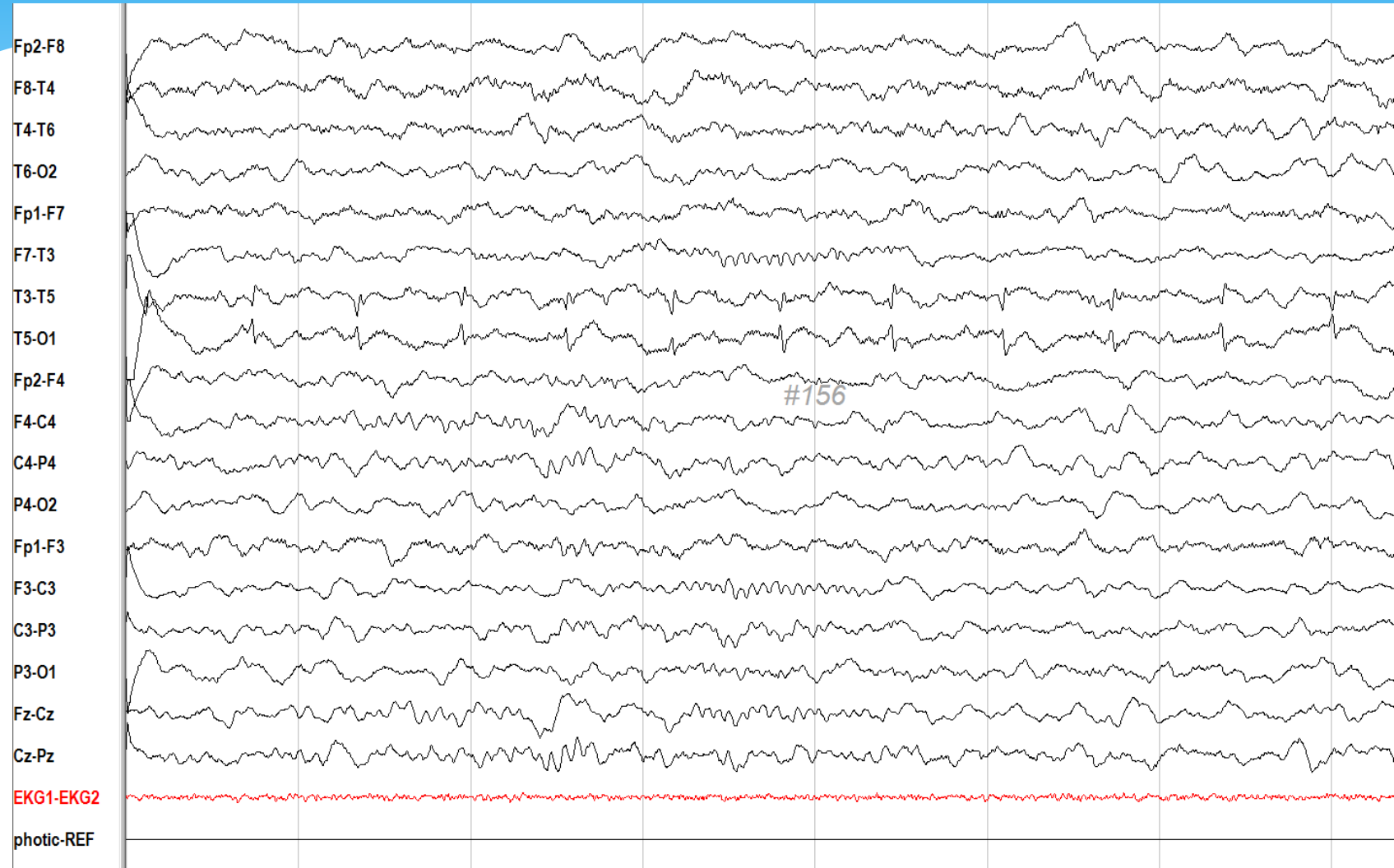
Ruch gałek ocznych



Jedzenie, żucie



Artefakt EKG

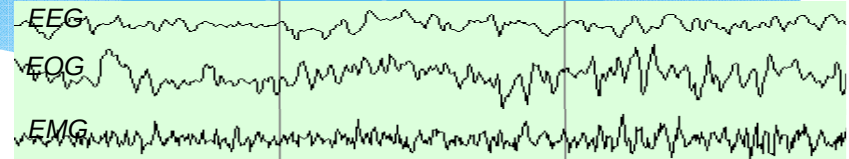


Senność w zapisie EEG u dorosłych

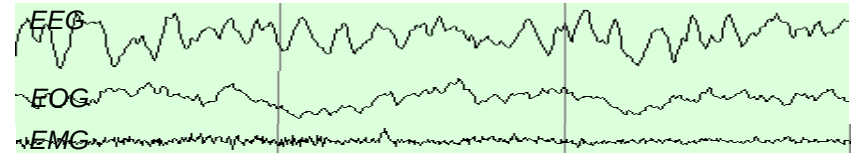
- * Objawem senności w zapisie EEG jest zwolnienie czynności podstawowej.

Fazy snu

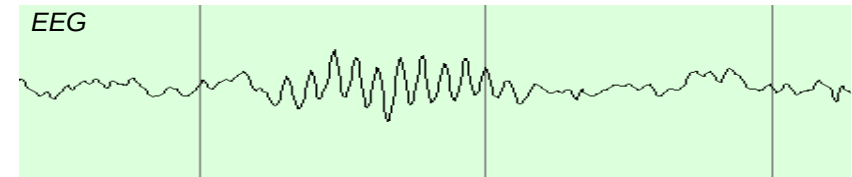
Czuwanie – w EEG widoczne mieszane fale beta (14 – 35 Hz) i alfa (8 – 14 Hz). Częstotliwość zapisu ulega zwolnieniu w miarę narastania senności i zasypiania.



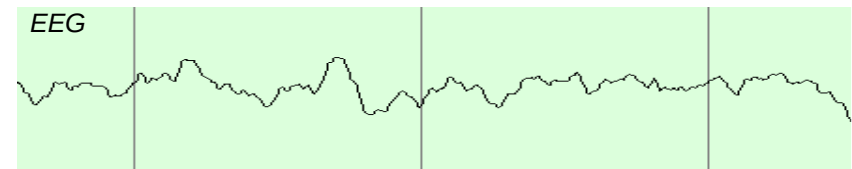
Stadium 1 NREM – spadek zawartości rytmu alfa poniżej 50%, zapis przechodzi do rytmów wolnych theta (4 – 8 Hz), mogą występować fale ostre wierzchołkowe. W EOG mogą być widoczne wolne ruchy gałek ocznych.



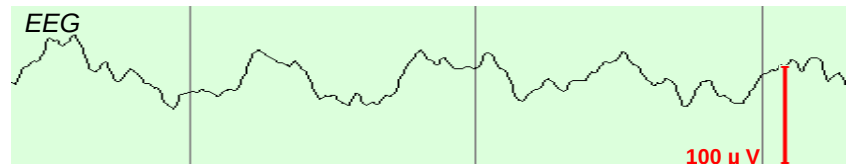
Stadium 2 NREM – widoczny głównie rytm theta; delta (0,5 – 4 Hz) mniej niż 20% składki. Amplituda zapisu może być wyższa niż w stadium 1 NREM. Pojawiają się zespoły K (ujemna fala ostra z następującą dodatnią falą wolną) i wrzeciona snu (oscylacje 12-14 Hz trwające min. 0,5 s).



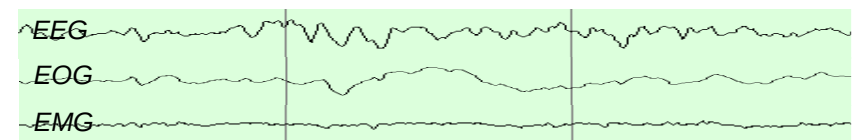
Stadium 3 NREM – zapis EEG poniżej 2 Hz, amplituda p-p powyżej $75 \mu V$ przez 20-50% składki. Mogą występować zespoły K i wrzeciona snu.



Stadium 4 NREM – zapis EEG poniżej 2 Hz, amplituda p-p powyżej $75 \mu V$ powyżej 50% składki. Mogą występować zespoły K i wrzeciona snu. Obecnie stadium 3 i 4 często łącznie nazywa się snem delta.



Stadium REM – zapis EEG podobny do stadium 1 NREM, niskonapięciowy, o zmiennych częstotliwościach. Nie zawiera zespołów K i wrzecion snu. W EOG szybkie ruchy gałek ocznych. W EMG atonia mięśni.



Aktywacje zapisu EEG i testy

- * Rutynowo stosowane aktywacje:
 - * Próba otwarcia/zamknięcia oczu
 - * Fotostymulacja
 - * Hiperwentylacja 3 min.
- * Testowanie stanu świadomości:
 - * Liczenie
 - * Stukanie

Przebieg badania EEG

- * Przyjęcie i rejestracja pacjenta
- * Przygotowanie głowy, założenie elektrod
- * Podłączenie badanego do aparatu, uruchomienie podglądu zapisu
- * Sprawdzenie poprawności technicznej zapisu, pomiar oporności, kalibracja

Przebieg badania EEG 2

- * Wykonanie badania EEG
 - * Badanie wykonywane przy oczach zamkniętych
 - * 3-4 próby otwarcia/zamknięcia oczu
 - * Fotostymulacja wg programu aparatu EEG
 - * Przerwa kilka minut
 - * Hiperwentylacja 3 minuty
 - * Koniec badania po 20 minutach wolnego od artefaktów zapisu
- * W razie potrzeby, w trakcie badania inne aktywacje/testy