



SKRYPT DO LABORATORIUM

ELEKTRONICZNA APARATURA MEDYCZNA

ĆWICZENIE 6: Pomiary elektroencefalograficzne

**dr hab. inż. Jerzy Wtorek
dr inż. Adam Bujnowski**

Gdańsk, 2010



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



1. Opis ćwiczenia

Wymagania wstępne:

Od studentów realizujących ćwiczenie wymaga się znajomości podstawowych zagadnień fizjologii, umiejętności posługiwania się oprogramowaniem Matlab. Wymagana jest umiejętność posługiwania się miernikami i oprogramowaniem umożliwiającym prezentację i zbieranie danych

Cele ćwiczenia:

Zapoznanie studentów z podstawowymi właściwościami elektronicznej aparatury wspomagającej diagnostykę i terapię.

Zestaw przyrządów

Komputer klasy PC z systemem operacyjnym co najmniej MS Windows XP,

Spodziewane efekty kształcenia - umiejętności i kompetencje:

Rozumienie zasad działania wybranych rodzajów aparatury. Student będzie umiał określić rodzaje zakłóceń występujących podczas pomiarów i metody ich eliminacji. Umiejętność oceny i analizy sygnałów. Student dobierze adekwatną metodę analizy w zależności od właściwości analizowanego sygnału.

Metody dydaktyczne:

Samodzielna praca pod nadzorem i bez nadzoru nauczyciela. Studenci samodzielnie realizują pomiary, zestawiają i konfigurują układy pomiarowe. W tych czynnościach są wspomagani przez nauczyciela prowadzącego zajęcia. Następnie samodzielnie opracowują wyniki przeprowadzonych pomiarów, analizują je i przedstawiają wynikające wnioski.

Zasady oceniania/warunek zaliczenia ćwiczenia

Ćwiczenie uważane jest za zrealizowane, gdy wykonane zostały wszystkie zadania opisane w dalszej części. Istotny wpływ na ocenę mają wnioski, które zostaną przedstawione w sprawozdaniu.

Wykaz literatury podstawowej do ćwiczenia:

1.	Skrypt do wykładu Biosygnali
2.	Skrypt do ćwiczenia

2. Przebieg ćwiczenia

L.p.	Zadanie
1.	Zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia 1
2.	Zapoznać się z instrukcją opisującą zestaw KL720.
3.	Zestawić i przygotować stanowisko KL720 do pomiarów.
4.	Przeprowadzić pomiary wg instrukcji KL720
5.	Zestawić stanowisko pomiarowe wg rysunku 1
5.	Przeprowadzić pomiary poziomu zakłóceń i szumów wg protokołu.
6.	Przegrać pliki zawierające dane pomiarowe.

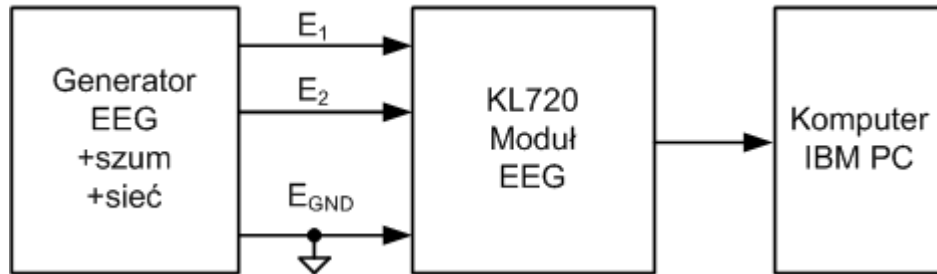
UWAGA!

Każdorazowa zmiana układu pomiarowego wymaga jej zatwierdzenia przez prowadzącego zajęcia jeszcze przed włączeniem zasilania!!! Studenci nieprzestrzegający tej zasady nie będą mogli kontynuować ćwiczenia!!!

3. Wprowadzenie do ćwiczenia

3.1. Stanowisko pomiarowe

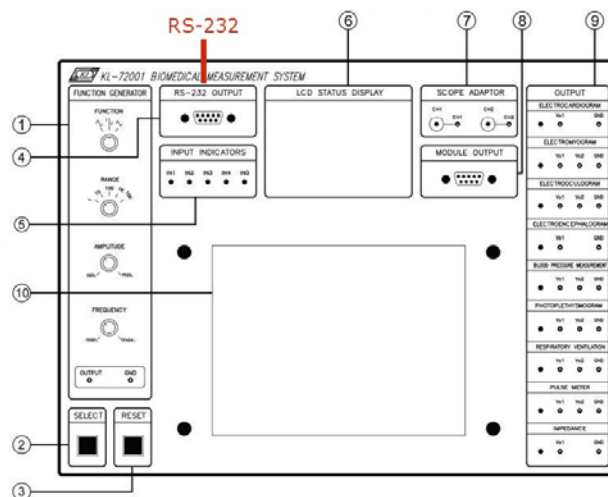
Stanowisko pomiarowe składa się z modułu EEG zestawu KL720 oraz generatora sygnału EEG, szumu i sieciowego (Rys. 1).



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe

Układ bazowy zestawu KL720

Zestaw pomiarowy KL720 jest komercyjnym zestawem umożliwiającym pomiary sygnałów w zależności od użytego modułu pomiarowego. Dla każdego typu pomiarów wykorzystywany jest układ bazowy (Rys. 2) oraz dedykowany moduł pomiarowy. Płyta bazowa zestawu KL720 pokazana jest na rysunku 2.



Rys. 2. Płyta czołowa układu bazowego zestawu KL720

Układ bazowy podzielony jest na szereg podukładów wspólnych i ma możliwość dołączenia modułu pomiarowego. Do układów wspólnych, używanych do rejestracji wszystkich sygnałów należy:

1. GENERATOR FUNKCYJNY

- Przebiegi wyjściowe: sinus, prostokąt, trójkąt.
- Częstotliwość: 0,1Hz ~ 10kHz, 5 zakresów, regulacja ciągła.
- Amplituda: 30mVpp ~ 18Vpp (bez obciążenia).

2. PRZYCIŚK SELECT

Przycisk wyboru modułu.

3. PRZYCIŚK RESET

Przycisk resetowania mikroprocesora (MCU).

4. PORT RS-232

Szybkość transmisji 9600bodów, 2 bity startu, 8 bitów danych, 1 bit stopu.

5. WSKAŹNIKI WEJŚCIOWE

Wskaźniki diodowe LED IN1-IN2-IN3-IN4-IN5 służące do sygnalizacji podłączenia czujników przy pomiarach ECG, EMG, EOG, EEG i impedancji ciała.

6. WYŚWIETLACZ LCD

- Odczyt częstotliwości generatora funkcyjnego.

b. Wyświetlanie modułów pomiarowych: elektrokardiograficznego, elektromiograficznego, elektrookulograficznego, elektroencefalograficznego, fotopletyzmoğraficznego, ciśnienia krwi, pulsu, wentylacji układu oddechowego oraz impedancji ciała ludzkiego.

c. Odczyt częstości akcji serca (KL-75006), rytmu oddechowego (KL-75007) i tętna (KL-75008).

7. ADAPTER BNC

Gniazda BNC i bananowe 2mm.

8. WYJŚCIE MODUŁU

Gniazdo typu DB9.

9. WYJŚCIA MODUŁÓW

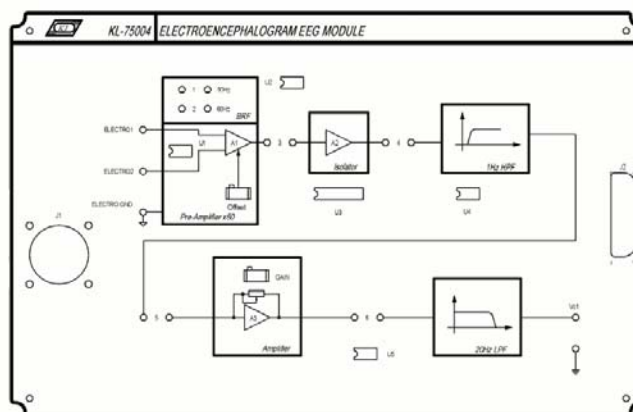
- Elektrokardiograficznego (ECG): 1 gniazdo.
- Elektromiograficznego (EMG): 2 gniazda.
- Elektrookulograficznego (EOG): 2 gniazda.
- Elektroencefalograficznego (EEG): 1 gniazdo.
- Pomiaru ciśnienia tętniczego: 2 gniazda.
- Fotopletyzmoğraficznego: 2 gniazda.
- Wentylacji układu oddechowego: 2 gniazda.
- Miernika tętna: 2 gniazda.
- Impedancyjnego: 1 gniazdo.

10. MODUŁ WYMIENNY

W miejscu przeznaczonym dla modułu wymiennego należy umieścić odpowiedni moduł pomiarowy służący do realizacji ćwiczenia. W przypadku ćwiczenia 1 jest to moduł EKG. Moduł, który należy użyć do pomiarów sygnału elektrokardiograficznego przedstawiono na rysunku 3. Jest to moduł EKG umożliwiający wykonanie tzw. pomiarów kończynowych.

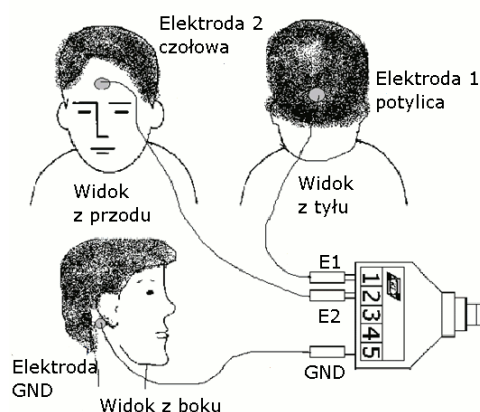
Moduł EEG zestawu KL720

Moduł EEG zestawu KL720 przedstawiono na rysunku 3. Jako układ wejściowy zastosowano wzmacniacz różnicowy charakteryzujący się małą wartością szumu. W dalszej kolejności sygnał podawany jest do wzmacniacza izolującego (elektrycznie) część aplikacyjną od pozostałej części układu pomiarowego.



Rys. 3. Moduł EEG zestawu KL720

W celu redukcji wpływu zjawisk elektrodowych na wyniki pomiaru w układzie znajduje się filtr górnoprzepustowy. W dalszej kolejności sygnał podawany jest na wzmacniacz i filtr dolnoprzepustowy.

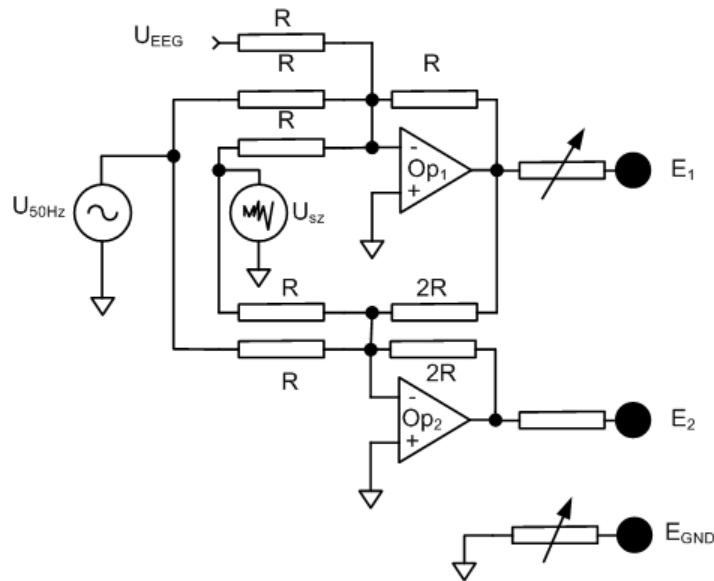


Rys. 4. Rozmieszczenie elektrod podczas pomiaru za pomocą modułu EEG

Rozmieszczenie elektrod podczas pomiarów za pomocą modułu EEG przedstawiono na rysunku 4.

Generator EEG

Układ pomiarowy składa się z trzech generatorów: eeg, szumu i sieci (50Hz). Układ dostosowany jest do współpracy z modułem EEG zestawu KL720.



Rys. 4. Generator sygnału EEG, szumu i sygnału sieciowego

Generator wystawia na wyjścia E_1 i E_2 sygnał szumu oraz sieciowy w postaci sumacyjnej, a sygnał EEG w postaci różnicowej.

3.2. Oprogramowanie

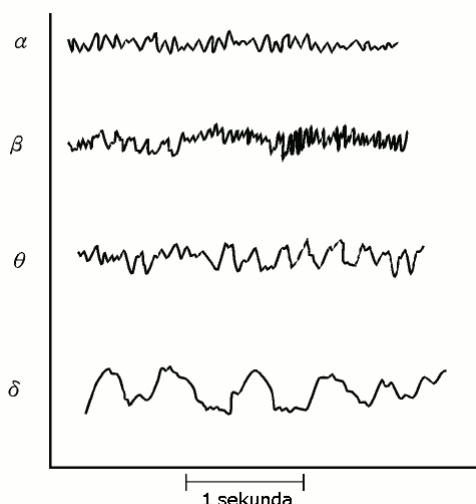
Oprogramowanie pozwala na prezentację i zbieranie danych pomiarowych do plików.

4. Forma i zawartość sprawozdania

Forma sprawozdania adekwatna do zadań pomiarowych.

Dodatki

Typowe fale rejestrowane w EEG przedstawiono na rysunku D1.



Rys. D1. Charakterystyczne fale rejestrowane w EEG

W tabeli D1 przedstawiono dokładniejsze dane opisujące poszczególne fale rejestrowane w EEG.

Tabela D1. Fale mózgowe

Lp.	Rodzaj fali	Częstotliwość [Hz]	Amplituda [V]
1.	Fala α	$8 \div 12$	
2.	Fala β	$12 \div 30$	
	Wolne	$12 \div 15$	
	Właściwe średnie	$15 \div 18$	
	szybkie	>19	
3.	Fala θ	$3 \div 7$	$k \cdot 10 \mu V$
4.	Fala δ	$0 (0,5) \div 4$	$>75 \mu V$
5.	Fale γ	$30 \div 80$ (typ. 40)	
	wysokie	$80 \div 200$	
6.	Ripple	$100 \div 250$	
	fast	$250 \div 600$	

W ciągu dziesięcioleci klinicznych zastosowań EEG sklasyfikowano szereg charakterystycznych rytmów i tzw. grafoelementów, czyli krótkich fragmentów sygnału wykazujących określone cechy i pojawiających się w określonych stanach mózgu. O ile niektóre z nich widać już gołym okiem, to jednak ze względu na ogromną zmienność osobniczą i międzypisową tylko po części możliwe było sklasyfikowanie ich cech w postaci definicji.

Fale alfa są rytmiczną aktywnością kory mózgowej w paśmie 8-12 Hz. Występowanie rytmu alfa przypisuje się stanowi relaksu z zamkniętymi oczami. Fale alfa najlepiej widoczne są w odprowadzeniach tylnych, czyli z okolic części kory odpowiadającej za przetwarzanie informacji wzrokowych. Ta jedna z najwcześniej zaobserwowanych struktur EEG — mimo, że nie występuje podczas właściwego snu — ma fundamentalne znaczenie dla analizy EEG, ponieważ świadczy o „przedsennym” czuwaniu pacjenta, a jej zanik oznacza przejście ze stanu czuwania do płytkiego snu. Fale alfa zanikają także podczas wysiłku umysłowego, np. wykonywaniu działań matematycznych albo przy otwarciu oczu i zadziałaniu na nie światła. Blokowanie rytmu alfa jest wyrazem desynchronizacji aktywności neuronów, zachodzącej pod wpływem koncentracji umysłowej lub stymulacji narządów zmysłów. Rytm o częstości w paśmie alfa rejestrowany w okolicach kory motorycznej nazywany jest też rytmem *mu* (μ). Wykazuje on istotny zanik w momencie wykonywania ruchu przez człowieka lub tylko zamierzenia jego wykonania.

Fale delta są wysokoamplitudową aktywnością o niskiej częstotliwości (0-4 Hz) i czasie trwania co najmniej 1/4 s. Do celów praktycznych przyjęto, że dolną granicą częstotliwości jest 0,5 Hz. Pojawiające się podczas głębokiego snu fale delta o amplitudzie przekraczającej 75 μV nazywa się falami wolnymi (ang. *Slow Wave Activity, SWA*). Występowanie SWA spowodowane jest wysoką synchronizacją neuronów kory (większą synchronizację spotyka się tylko podczas ataku epilepsji). Fale delta rejestruje się także podczas głębokiej medytacji, u małych dzieci i w przypadku pewnego rodzaju uszkodzeń mózgu.

Aktywnością theta nazywamy aktywność w paśmie od 3 do 7 Hz i rozpiętości (ang. *peak-to-peak*) rzędu kilkudziesięciu μV . Charakterystyczne fale theta występują np. w okresie snu płytkiego – przypuszcza się że w tym czasie następuje przyswajanie i utrwalanie uczonych treści. Fale theta są najczęściej występującymi falami mózgowymi podczas medytacji, transu, hipnozy, intensywnego marzenia, intensywnych emocji. Odmienny rodzaj fal theta jest związany z aktywnością poznawczą, kojarzeniem – w szczególności uwagą, a także procesami pamięciowymi (tzw. rytm $\text{FM}\theta$ - *frontal midline theta*). Jest on obserwowany głównie w przyśrodkowej części przedniej części mózgu.

Fale beta lub rytm beta to niskoamplitudowe oscylacje o częstotliwości w przedziale 12-30 Hz. W paśmie beta wyróżnia się następujące przedziały: wolne fale beta (12-15 Hz), właściwe-średnie pasmo beta (15-18 Hz) i szybkie fale beta, o częstotliwości powyżej 19 Hz. Ta mało zsynchronizowana praca neuronów charakteryzuje zwykłą codzienną aktywność kory mózgowej u człowieka, percepcję zmysłową i pracę umysłową. Specyficzna aktywność beta towarzyszy również stanom po zażyciu niektórych leków. Fale beta zazwyczaj występują w okolicy czołowej. Obrazują one zaangażowanie kory mózgowej w aktywność poznawczą. Fale beta o małej amplitudzie występują podczas koncentracji uwagi, gdy mózg nastawiony jest na świadomy odbiór bodźców zewnętrznych za pomocą wszystkich zmysłów.

Fale gamma fale mózgowie o częstotliwości w okolicach 40 Hz (30 - 80 Hz). Aktywność w paśmie 80 - 200 Hz określa się natomiast jako wysokoczęstotliwościowa (*high*) gamma. Rytm gamma towarzyszy aktywności ruchowej i funkcjom motorycznym. Fale gamma związane są też z wyższymi procesami poznawczymi, m.in. percepcją sensoryczną, pamięcią. Przypuszcza się, że rytm gamma o częstotliwości około 40 Hz ma związek z świadomością percepcyjną (dotyczącą wrażeń zmysłowych i ich postrzegania) oraz związany jest z integracją poszczególnych modalności zmysłowych w jeden spostrzegany obiekt. Aktywność high-gamma występuje podczas aktywacji kory mózgowej, zarówno przez bodźce zewnętrzne (np. dotykowe, wzrokowe), jak i wewnętrzne (przygotowanie ruchu, mowa).

Fale o częstotliwościach 100-250 Hz nazywane są **ripples**. Rejestruje się je w sygnale z implantowanych mikroelektrod, a wysokoczęstotliwościową aktywność *fast ripples* (250-600 Hz) w szczególności u pacjentów z epilepsją, w obszarze ogniska epileptycznego.

Wrzeciona snu (ang. *sleep spindles*) to charakterystyczne struktury zaobserwowane już niemal od samych początków historii pomiarów EEG. Występują podczas umiarkowanie głębokiego snu. Wrzecionami snu nazywamy aktywność o częstotliwości 12 - 14 Hz i czasie trwania 0,5 - 1,5 s. Obwiednia tych krótkich salw dość szybkiej aktywności o niewielkiej amplitudzie przypomina kształt wrzeciona. Wrzeciona pojawiają się we wszystkich odprowadzeniach, z tym, że ich amplituda i częstotliwość może się nieznacznie zmieniać przy przejściu od przodu do tyłu głowy (od wrzecion „wolnych” po „szybkie”). Wrzeciona snu mogą występować w parach z kompleksami K.

Kompleksy K (ang. *K-complexes*, w Polsce często nazywane zespołami K), mogą pojawiać się pojedynczo lub też w serii po dwa podczas umiarkowanie głębokiego snu. Definiuje się je jako dwufazową (ostrzy spadek poprzedzony dodatnim maksimum), wysokonapięciową (to największy pik strefy), niskoczęstotliwościową falę związaną z wrzecionami snu, przy czym jej czas trwania powinien przekraczać 0,5 s. Obecnie wymaga się aby struktury te miały częstotliwość 1 - 4 cykli/s, amplitudę co najmniej dwa razy większą od średniej amplitudy tła i czas trwania 0,5 - 2 s. Amplituda kompleksu K jest zazwyczaj największa na czubku głowy. Kompleksy K mogą podczas snu występować spontanicznie lub też w odpowiedzi na bodźce.

Fale piłokształtne (ang. *sawtooth waves*) pojawiają się w EEG w czasie snu paradoksalnego (REM), są to wierzchołkowe, ujemne fale o umiarkowanej częstotliwości i amplitudzie. Z definicji falą piłokształtną nazywa się pojedyncze lub zgrupowane po kilka fale o częstotliwości 6 - 10 Hz, amplitudzie rzędu kilkudziesięciu μV i wyraźnym kształcie zębów piły.

Wierzchołkowe fale ostre (ang. *Vertex sharp waves*) występują pod koniec okresu płytkiego snu. Aktywnością tą określa się ostry potencjał maksymalny w okolicy wierzchołkowej, ujemny w stosunku do innych pól, o amplitudzie zmiennej, często dochodzącej do 250 μV *peak-to-peak*.

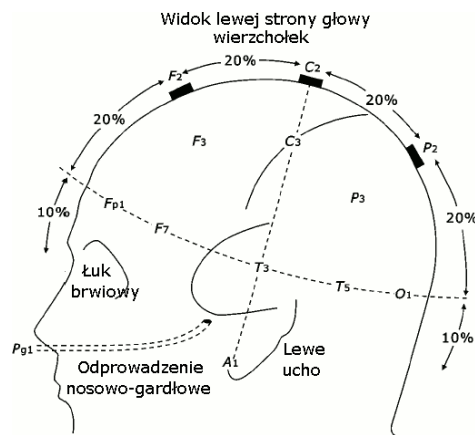
Iglice (ang. *spikes*), nazwa ograniczona do padaczkopodobnych wyładowań, obserwowanych także w zapisie międzynapadowym EEG. Są to grafoelementy wyraźnie wyróżniające się z czynności podstawowej, z ostrym wierzchołkiem

i często następującą po nim falą wolną. Czas trwania iglicy wynosi zazwyczaj od 20 do 70 milisekund, a amplituda co najmniej dwa razy większa o od amplitudy tła w obrębie około 5 sekund.

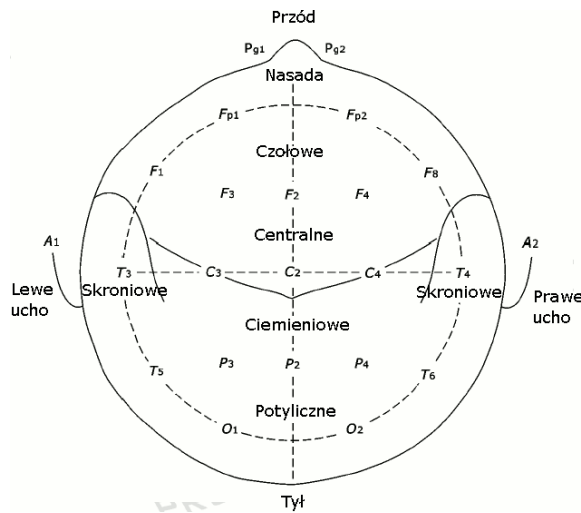
Ponadto, w zapisie EEG pojawiają się w postaci artefaktów ślady **wolnych ruchów gałek ocznych** (ang. *Slow Eye Movement, SEM*), obserwowane w odprowadzeniach EOG (elektrookulogram) zwłaszcza w stanie płytkiego snu oraz **szybkie ruchy gałek ocznych** (ang. *Rapid Eye Movement, REM*), występujące podczas snu paradoksalnego.

80 lat postępu w klinicznej analizie EEG: od wzrokowej analizy zapisów na papierze do wzrokowej analizy zapisów na ekranie komputera.

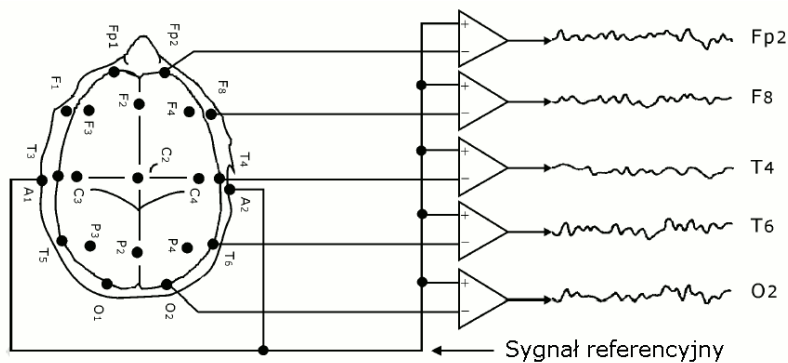
Poniżej na rysunkach przedstawiono sposób rozmieszczania elektrod i rodzaje układów pomiarowych stosowanych podczas badań za pomocą aparatów elektroencefalograficznych w klinikach.



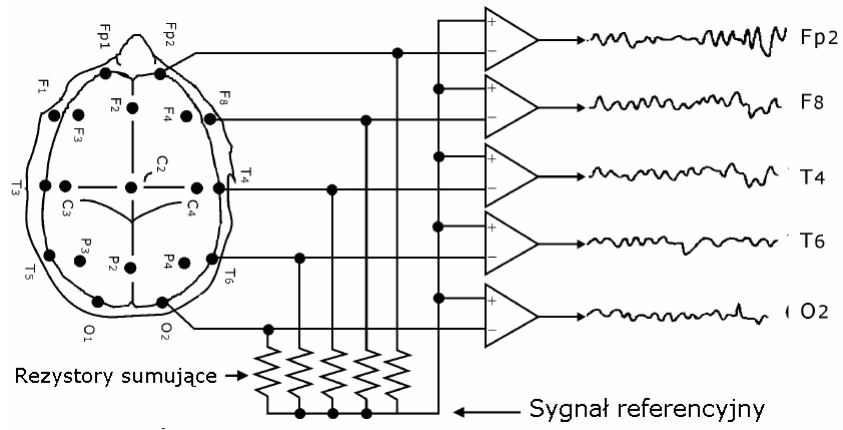
Rys. D2. System 20-10, widok z lewej strony głowy



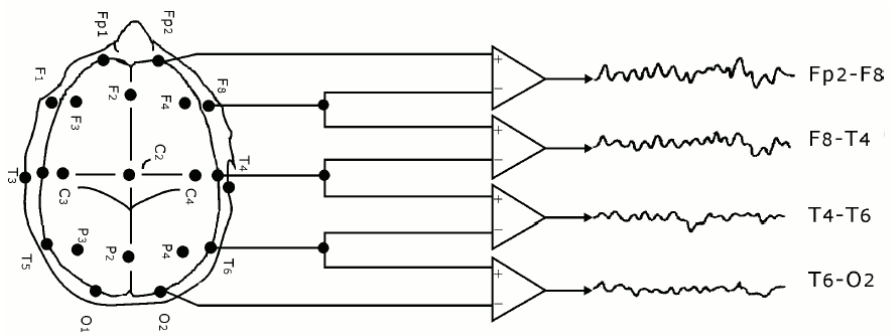
Rys. D3. System 20-10, widok z góry głowy



Rys. D4. Unipolarny system rejestracji EEG



Rys. D5. „Uśredniający” system rejestracji EEG



Rys. D6. Bipolarny system rejestracji EEG

Więcej na temat EEG można znaleźć np. na stronie [Biomedical Engineering Online](#)