

1. Wstęp

Elektroencefalogram (EEG) stanowi rejestrację elektrycznej aktywności kory mózgowej. Większość czynności elektrycznej, rejestrowanej przez elektrody umieszczone na skórze głowy, wynika z sumowania postsynaptycznych potencjałów pobudzających i hamujących; udział potencjałów czynnościowych w generowaniu sygnału EEG jest prawdopodobnie niewielki. Typowy czas trwania potencjału postsynaptycznego wynosi 100 ms i jest podobny do czasu trwania fali alfa, podstawowego składnika prawidłowego zapisu EEG. Do wytworzenia sygnału EEG, możliwego do zarejestrowania z powierzchni skóry głowy, konieczna jest jednoczasowa aktywacja 6–10 cm² kory mózgowej.

Elektrody

Do rejestracji rutynowego zapisu EEG używa się elektrod z metali niereaktywnych (najczęściej srebro/chlorek srebra), przytwierdzonych do skóry głowy za pomocą żelu przewodzącego. Elektrody powinny być rozmieszczone na skórze głowy zgodnie z tzw. międzynarodowym układem 10–20, przedstawionym na rycinie 1. System ten opiera się na pomiarze czaszki z użyciem kilku punktów charakterystycznych: *nasion* (zagłębienie na szczycie nosa), *inion* (wypukłość na podstawie potylicy w linii środkowej oraz *pre-auricular point* (punkt leżący tuż przed skrawkiem ucha). Odległości między tymi punktami (*nasion* i *inion* oraz lewy i prawy *pre-auricular point*) dzieli się i elektrody rozmieszczane są co 10% lub 20% całkowitej odległości między tymi punktami.

Elektrody oznakowane są dwoma znakami – literą lub cyfrą.

Litery oznaczają okolicę mózgu: Fp – czołowa biegunowa (*frontopolar*), F – czołowa (*frontal*), T – skroniowa (*temporal*), P – ciemieniowa (*parietal*), O – potyliczna (*occipital*) oraz C – centralna (*central*).

Cyfry nieparzyste oznaczają półkulę lewą, cyfry parzyste półkulę prawą, litera „Z” linię środkową. Pełne nazwy elektrod i ich lokalizacje przedstawiono na rycinie 2. Podczas zapisu należy używać co najmniej 19 elektrod EEG. Inne wykorzystywane elektrody to między innymi elektrody uszne (A1 – lewa, A2 – prawa), stosowane jako elektrody odniesienia, elektroda uziemiająca (G – *ground electrode*). Dodatkowo można stosować elektrody do monitorowania wskaźników fizjologicznych: elektroda EKG (EKG powinno być rejestrowane podczas każdego zapisu EEG ze względu na często pojawiający się artefakt EKG, a także możliwość zarejestrowania zaburzeń rytmu), elektrody rejestrujące ruchy gałek ocznych, EMG mięśni podbródka.

Montaże

Montaże są to wzorce określonego połączenia elektrod czaszkowych (kanały wyświetlane jednocześnie na monitorze komputera). Kanały EEG mają dwa wejścia i każdy kanał odzwierciedla różnicę potencjałów między dwiema elektrodami.

American Clinical Neurophysiology Society zaleca rejestrowanie co najmniej 16 kanałów oraz stosowanie trzech montażu: montażu dwubiegunowego podłużnego, montażu dwubiegunowego poprzecznego oraz montażu z odniesieniem.

Najczęściej stosowane montaże zostały przedstawione w tabeli 1. Schematy połączenia elektrod w montażach dwubiegunowych przedstawiono na rycinach 3 i 4. Zapis z kanałów przednich i po stronie lewej powinien się znajdować powyżej zapisu z kanałów tylnych i z prawej strony – rycina 5 (w wielu pracowniach w Europie odprowadzenia prawostronne są umieszczane jako pierwsze – rycina 6). Nowoczesne aparaty cyfrowe umożliwiają analizę danego fragmentu EEG w różnych montażach. Różnicę w obrazowaniu ogniskowej fali ostrej w montażu dwubiegunowym podłużnym i montażu z odniesieniem uśrednionym wspólnym przedstawiają ryciny 7 i 8.

Parametry zapisu

Prędkość przesuwu papieru

Standardowa prędkość przesuwu papieru wynosi 30 mm/s, w cyfrowych aparatach EEG oznacza to wyświetlenie 10 s zapisu na monitorze. Mniejsze prędkości przesuwu stosuje się głównie podczas badań polisomnograficznych lub do oceny zjawisk okresowych o niskiej częstotliwości. Większe prędkości przesuwu stosuje się rzadko, na przykład przy określaniu różnic w czasie wystąpienia wyładowań napadowych w różnych lokalizacjach (dokładna ocena początku wyładowania ogniskowego).

Filtry

Filtr wysokiej częstotliwości (dolnoprzepustowy) ustawiany jest standardowo na 70 Hz. Zastosowanie niższych ustawień filtra wysokiej częstotliwości w celu eliminacji artefaktu mięśniowego przedstawiono na rycinach 9 i 10. Jednak obniżenie filtra wysokiej częstotliwości może również eliminować sygnały o wysokiej

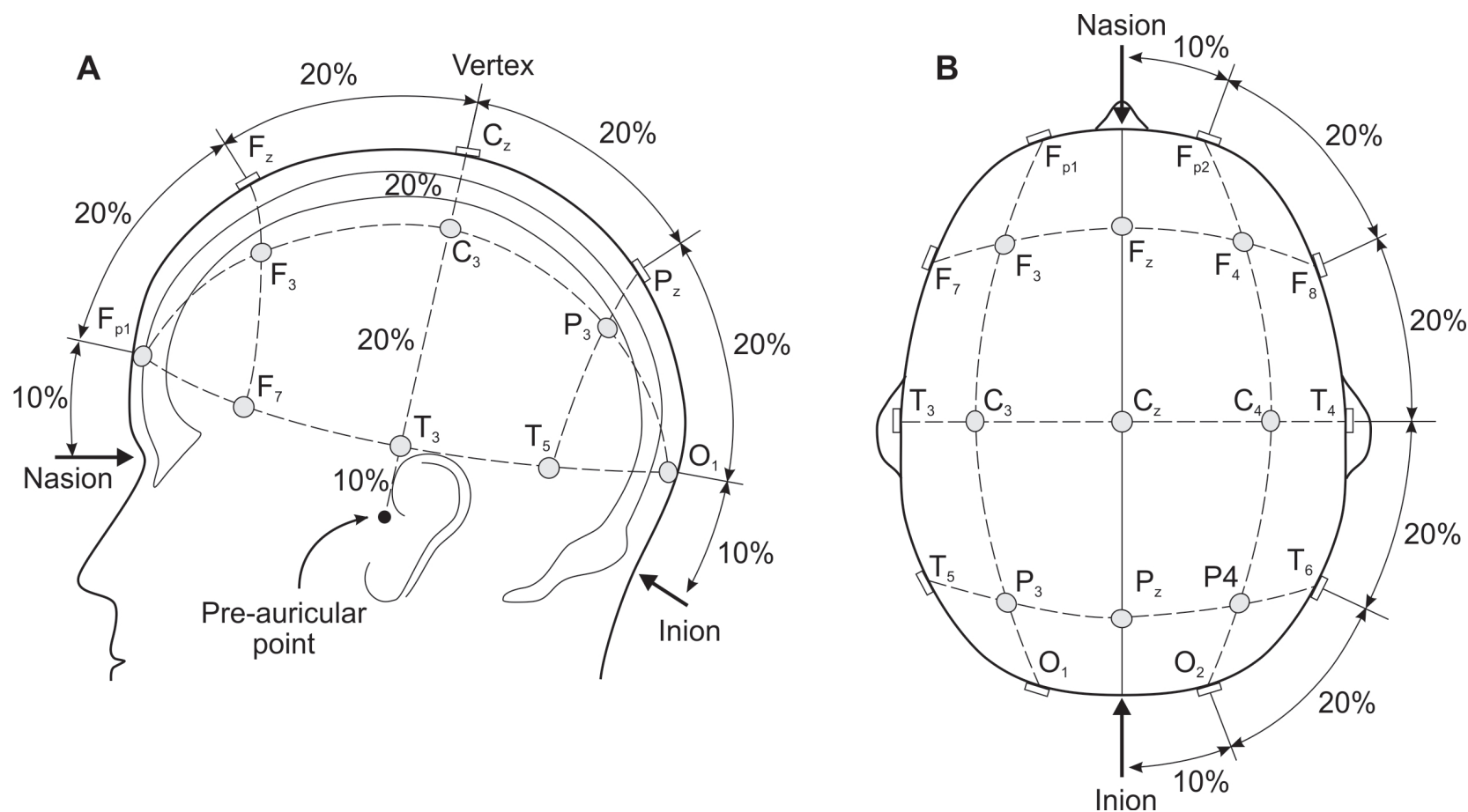
częstotliwości, takie jak iglice padaczkopodobne lub fale beta. Filtr *Notch* zmniejsza swoiście pasmo częstotliwości prądu sieciowego: 50 Hz w Europie i 60 Hz w Stanach Zjednoczonych. Obecność artefaktu sieciowego obejmującego jedną elektrodę świadczy o wzroście jej oporności. W tej sytuacji artefakt powinien być wyeliminowany przez skorygowanie „przylegania” elektrody.

Filtr niskiej częstotliwości (górnoprzepustowy) ustawiony jest zwykle na 1 Hz (stała czasu 0,16 s). Rejestracji zapisu dokonuje się też przy stałej czasu 0,3 lub 1 s. Filtr ten ułatwia analizę zapisu z dużą liczbą artefaktów o niskiej częstotliwości (pocenie się lub ruch ciała). Wyższe ustawienia mogą wyeliminować z zapisu fale wolne pochodzenia mózgowego.

Czułość wzmacniacza

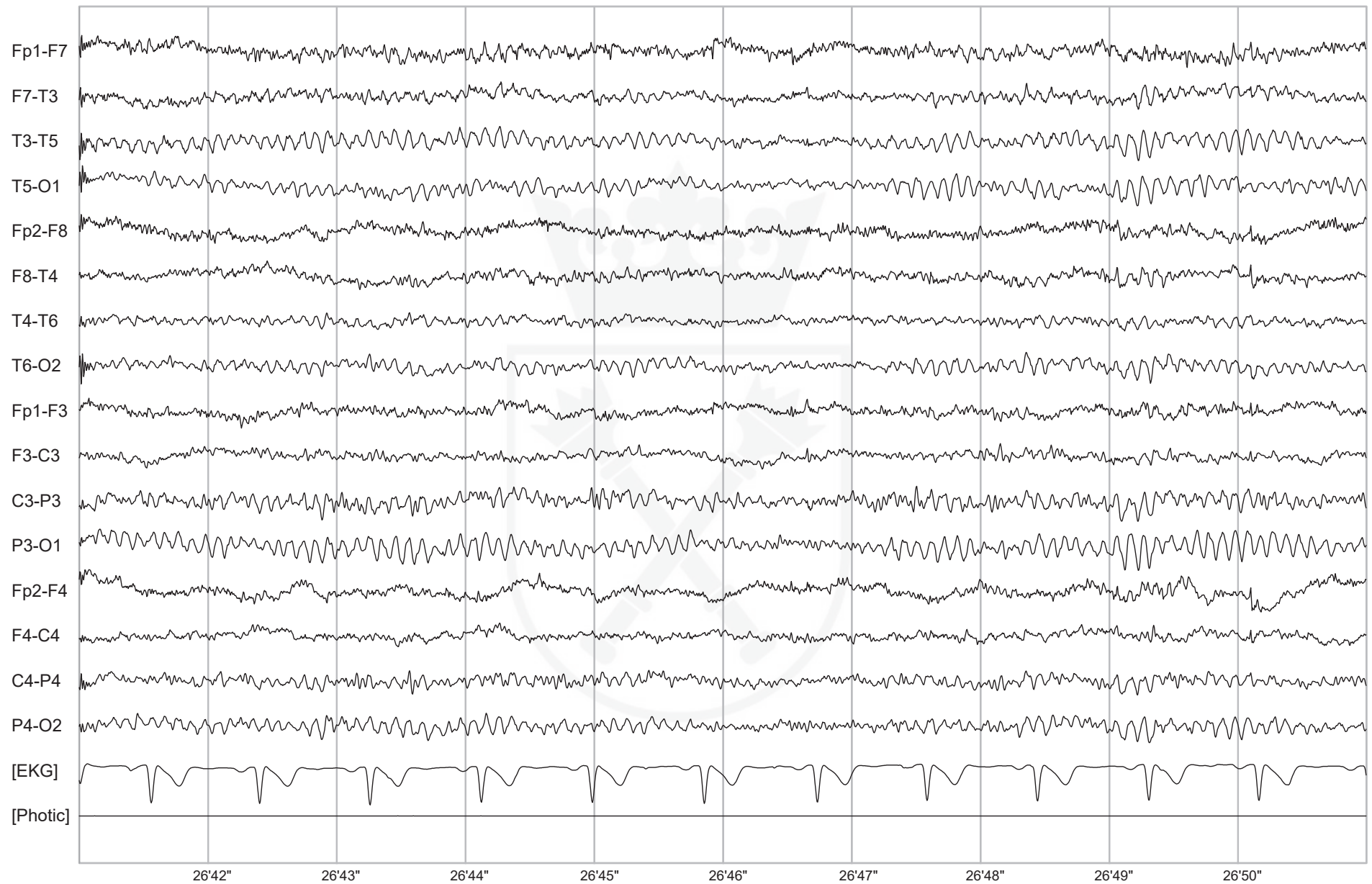
Czułość wzmacniacza jest ustawiana na 7–10 $\mu\text{V/mm}$ (70–100 $\mu\text{V/cm}$). Zmniejszoną czułość stosuje się przy zapisach o wysokiej amplitudzie, na przykład u dzieci lub przy analizie wyładowań napadowych wysokonapięciowych (ryciny 11 i 12). Zwiększenie czułości pomaga przy ocenie zapisów niskonapięciowych, na przykład u osób starszych, przy uogólnionym stłumieniu czynności (ryciny 13 i 14).

Fragmenty EEG w atlasie zostały przedstawione w montażu dwubiegunowym podłużnym, przy następujących parametrach zapisu: filtry 0,30 s + 70 Hz, czułość wzmacniacza 100 $\mu\text{V/cm}$, prędkość przesuwu papieru 30 mm/s (10 s zapisu na stronie). Zmiana montażu lub parametrów zapisu została uwzględniona w opisach.

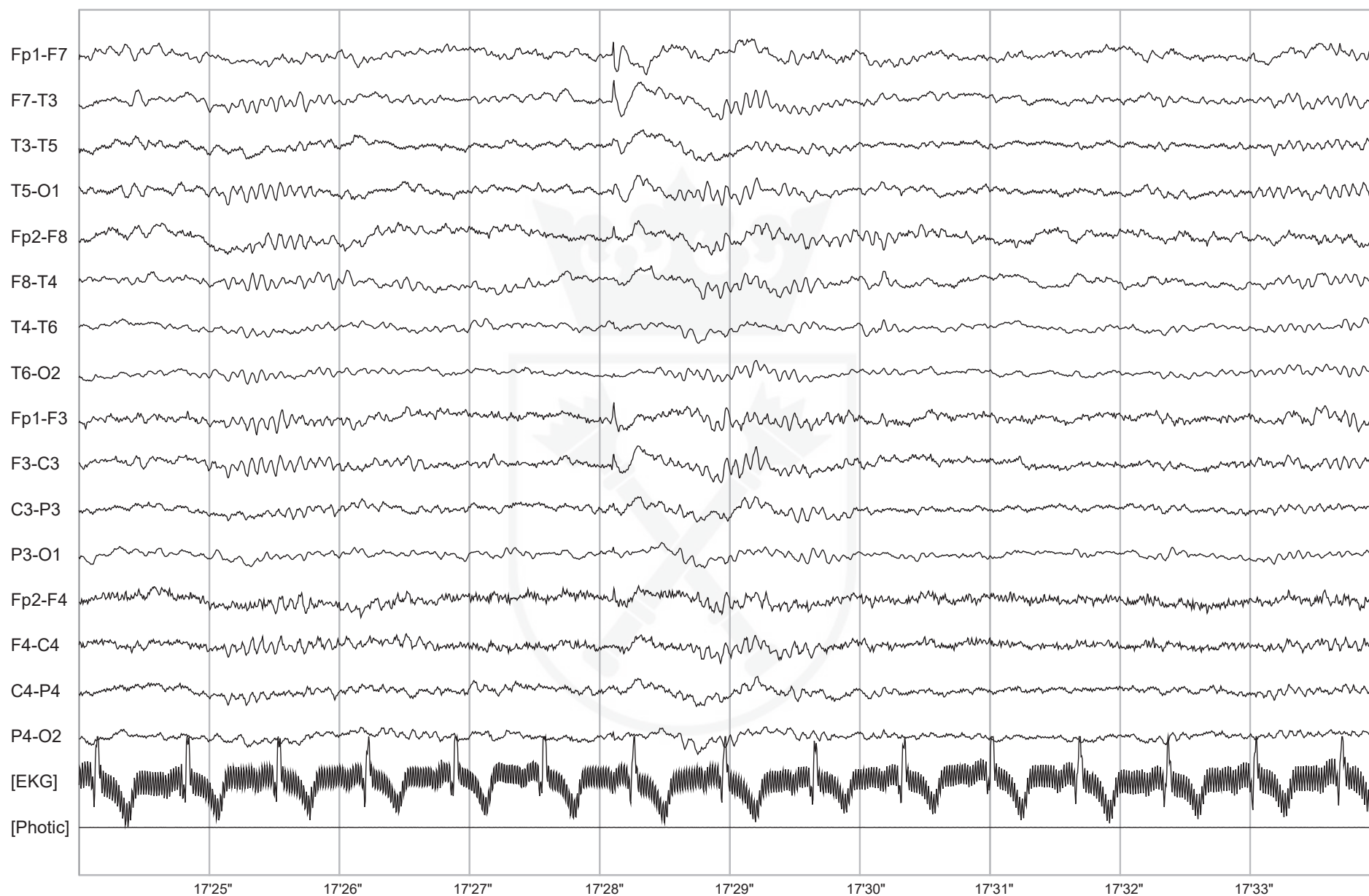


Ryc. 1. Rozmieszczenie elektrod w układzie 10–20. A – widok z boku. B – widok z góry

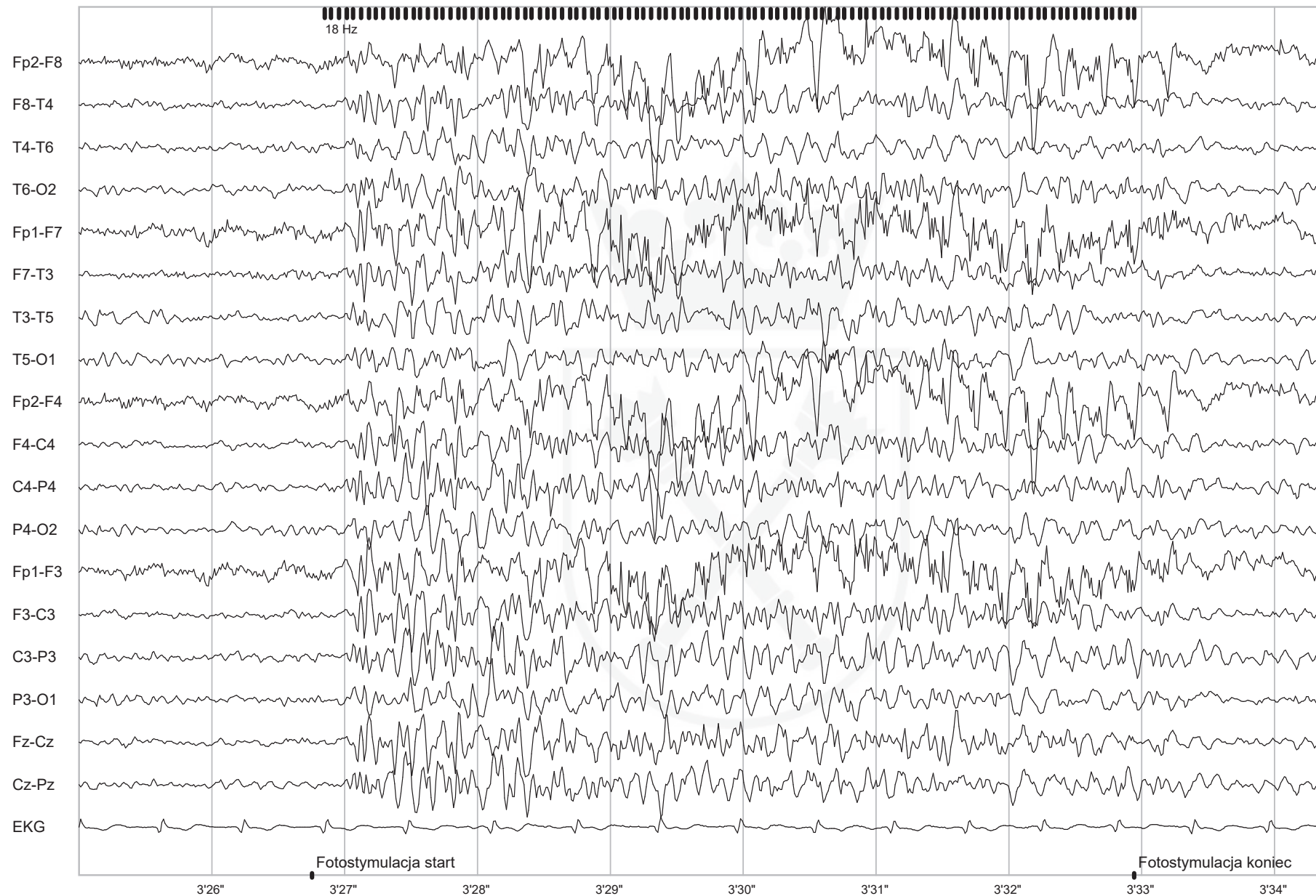
Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Klem G.H., Lüders H.O., Jasper H.H., Elger C. *The ten-twenty electrode system of the International Federation*. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol*, Supplement 1999; 52: 3–6.



Ryc. 5. Prawidłowy rytm alfa. Montaż dwubiegunowy podłużny, rozpoczynający się od odprowadzeń skroniowych lewostronnych. 16 kanałów oraz kanał EKG

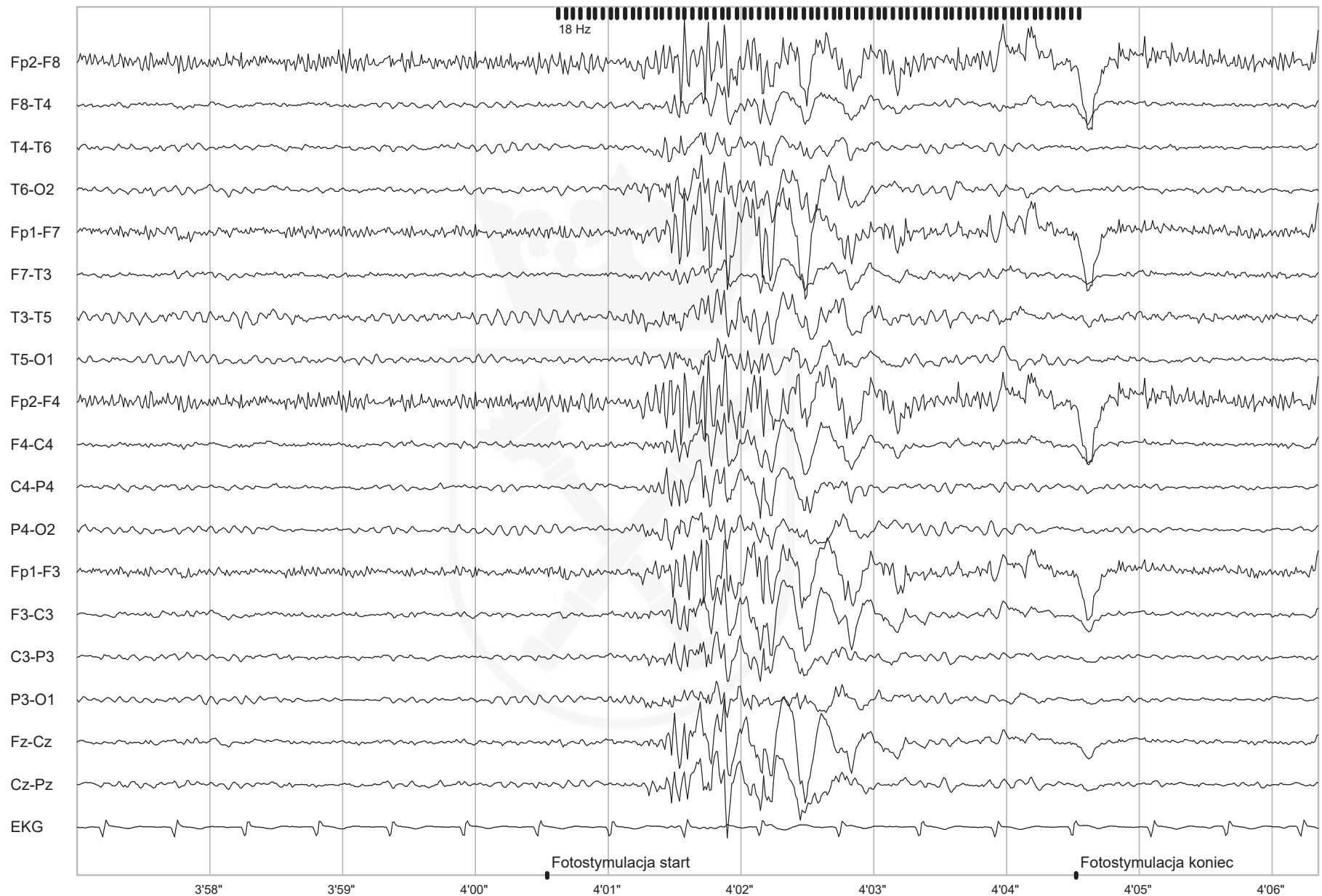


Ryc. 7. Ogniskowe fale ostre. Montaż dwubiegunowy podłużny. Czulość 150 $\mu\text{V}/\text{cm}$



Ryc. 26. Fotowrażliwość typ 4

22-letnia kobieta z padaczką. Podczas fotostymulacji (częstotliwość błysków 18 Hz) we wszystkich odprowadzeniach widoczne są fale ostre, iglice oraz iglice z falą wolną (odpowiedź nieprawidłowa)



Ryc. 27. Fotowrażliwość typ 4

21-letnia kobieta z padaczką uogólnioną. Podczas fotostymulacji, przy częstotliwości błysków 18 Hz, pojawiają się uogólnione wyładowania wysokonapięciowych iglic i zespołów iglica-fala wolna (odpowiedź nieprawidłowa)