



Magdalena Bosak

# Atlas elektroencefalografii

Wydawnictwo  
Uniwersytetu  
Jagiellońskiego



Recenzent

*dr hab. n. med. Iwona Kurkowska-Jastrzębska, prof. Instytutu Psychiatrii i Neurologii w Warszawie*

Projekt okładki

*Jadwiga Burek*

Książka dofinansowana przez Krajowy Naukowy Ośrodek Wiodący

Projekt współfinansowany ze środków  
Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego  
2012-2017



**KNO**

© Copyright by Magdalena Bosak & Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego  
Wydanie I, Kraków 2017  
All rights reserved

Niniejszy utwór ani żaden jego fragment nie może być reprodukowany, przetwarzany i rozpowszechniany w jakikolwiek sposób za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych oraz nie może być przechowywany w żadnym systemie informatycznym bez uprzedniej pisemnej zgody Wydawcy.

ISBN 978-83-233-4311-0



[www.wuj.pl](http://www.wuj.pl)

Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego  
Redakcja: ul. Michałowskiego 9/2, 31-126 Kraków  
tel. 12-663-23-80, tel./fax 12-663-23-83  
Dystrybucja: tel. 12-631-01-97, tel./fax 12-631-01-98  
tel. kom. 506-006-674, e-mail: [sprzedaz@wuj.pl](mailto:sprzedaz@wuj.pl)  
Konto: PEKAO SA, nr 80 1240 4722 1111 0000 4856 3325



# Spis treści

---

Przedmowa	7
Podziękowania	9
1. Wstęp	11
2. Prawidłowe wzory i odmiany zapisu EEG	27
3. Senność i sen	83
4. Artefakty	113
5. Ogniskowa i uogólniona czynność wolna	171
6. Zapis EEG w padaczce	193
Wyładowania międzynapadowe	193
Napady padaczkowe	219
Stan padaczkowy	267
7. Wyładowania okresowe	287
8. Zapis EEG w wybranych jednostkach chorobowych	301
Piśmiennictwo	339
Indeks rzeczowy	342



## Przedmowa

---

W 1924 roku Hans Berger, niemiecki lekarz neurolog i psychiatra, dokonał pierwszego zapisu elektroencefalograficznego u człowieka. Po blisko stu latach i pomimo rozwoju nowoczesnych technik diagnostycznych, przede wszystkim neuroobrazowych, elektroencefalografia odgrywa niezwykle istotną rolę w rozpoznaniu wielu chorób ośrodkowego układu nerwowego. Jest podstawowym badaniem dodatkowym, stosowanym w diagnostyce, monitorowaniu przebiegu i leczeniu padaczki, stanu padaczkowego oraz zaburzeń snu. Nieprawidłowości w zapisie elektroencefalograficznym występują w wielu chorobach ogólnoustrojowych, jak również pod wpływem leków i substancji psychoaktywnych. Niejednokrotnie elektroencefalogram umożliwia rozpoznanie przyczyn i ocenę głębokości zaburzeń świadomości u pacjentów hospitalizowanych na oddziałach intensywnej terapii. Z powodu tak szerokiego zastosowania badania EEG znajomość jego podstaw jest przydatna nie tylko neurologom i lekarzom specjalizującym się w neurologii, lecz także psychiatrom i psychologom oraz lekarzom pracującym na oddziałach intensywnej terapii.

Badanie EEG jest zbyt często oceniane jako patologiczne, dlatego znajomość prawidłowych zapisów i wariantów normy, a także wzorów snu i artefaktów, które są obecne w prawie każdym zapisie, jest konieczna do właściwej jego interpretacji. Tym aspektem EEG poświęcona jest znaczna część niniejszego atlasu.

Rozdział dotyczący padaczki obejmuje zapisy zarówno między-, jak i śródnapadowe w różnych rodzajach napadów i zespołów padaczkowych, a także w stanie padaczkowym. W pozostałych rozdziałach umieszczono zapisy EEG wykonane u pacjentów z innymi chorobami ośrodkowego układu nerwowego i ogólnoustrojowymi.

Badania EEG przedstawione w tym atlasie były wykonywane u pacjentów zarówno w trybie planowym, jak i w sytuacjach zagrożenia życia, u pacjentów leczonych ambulatoryjnie lub hospitalizowanych w wielospecjalistycznym szpitalu klinicznym. Niejednokrotnie były one podstawą rozpoznania choroby i rozpoczęcia prawidłowego leczenia.

Z przyjemnością przekazuję w Państwa ręce ten atlas, będący wynikiem wielu lat mojej pracy w pracowni elektroencefalografii. Mam nadzieję, że ocenią go Państwo jako lekturę przydatną w codziennej praktyce klinicznej.

Na koniec pragnę Państwa zaprosić na stronę [www.atlaseeg.pl](http://www.atlaseeg.pl), na której będę sukcesywnie umieszczała nowe, ciekawe zapisy EEG wraz z opisami przypadków klinicznych.

*Magdalena Bosak*



Szanowni Czytelnicy!

Z przyjemnością pragnę polecić Państwu unikatową pozycję z zakresu neurologii, jaką jest *Atlas elektroencefalografii* autorstwa dr n. med. Magdaleny Bosak. Publikacja zawiera 300 starannie wyselekcjonowanych zapisów EEG wraz z opisami. Badania zostały wykonane techniką cyfrowej rejestracji zapisu według współczesnych standardów diagnostycznych. Atlas jest wynikiem doświadczenia zdobytego w trakcie wielu lat pracy w Pracowni Elektroencefalografii i Poradni Przeciwpadaczkowej Kliniki i Katedry Neurologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego. Doktor Magdalena Bosak łączy praktykę lekarską z udziałem w licznych szkoleniach oraz stażach w kraju i za granicą, między innymi w kursach organizowanych przez Międzynarodową Ligę

Przeciwpadaczkową (EEG in the Diagnosis & Management of Epilepsy Basic and Advanced Course, Dianalund Summer School on EEG and Epilepsy). Odbyła również staż w Strong Epilepsy Center, Medical University of Rochester, ośrodkiem referencyjnym diagnostyki i leczenia padaczki w Stanach Zjednoczonych.

Gorąco polecam Państwu niniejszą publikację. Dzięki jej lekturze będziecie Państwo mogli w przystępny sposób poszerzyć wiedzę przydatną w codziennej praktyce klinicznej.

*Prof. dr hab. n. med. Agnieszka Słowik,  
kierownik Kliniki i Katedry Neurologii Wydziału Lekarskiego  
Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego*



# 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 cm<sup>2</sup> 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 montaży: 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.

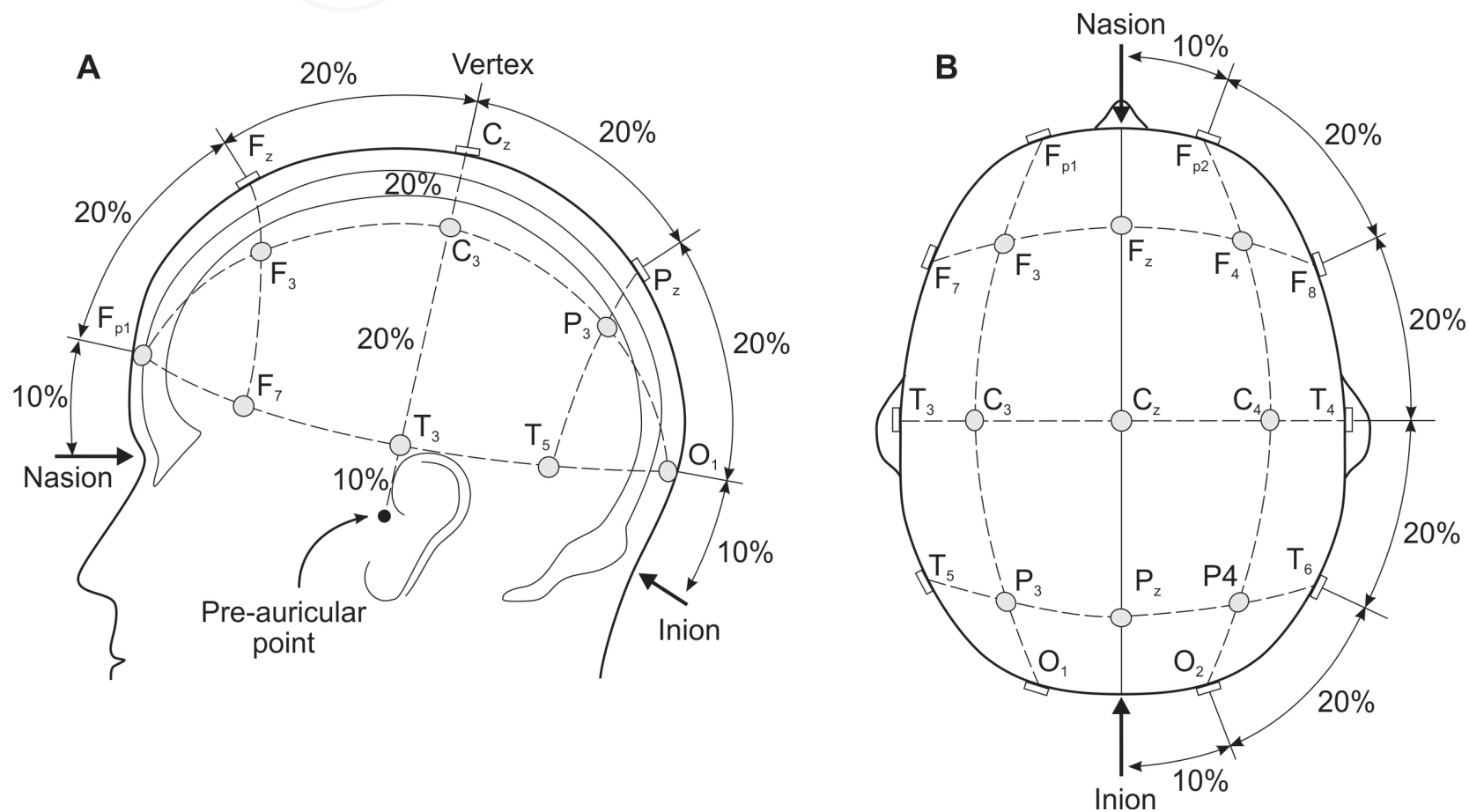
### *Czułość wzmacniacza*

Czułość wzmacniacza jest ustawiana na 7–10  $\mu\text{V}/\text{mm}$  (70–100  $\mu\text{V}/\text{cm}$ ). 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  $\mu\text{V}/\text{cm}$ , prędkość przesuwu papieru 30 mm/s (10 s zapisu na stronie). Zmiana montażu lub parametrów zapisu została uwzględniona w opisach.

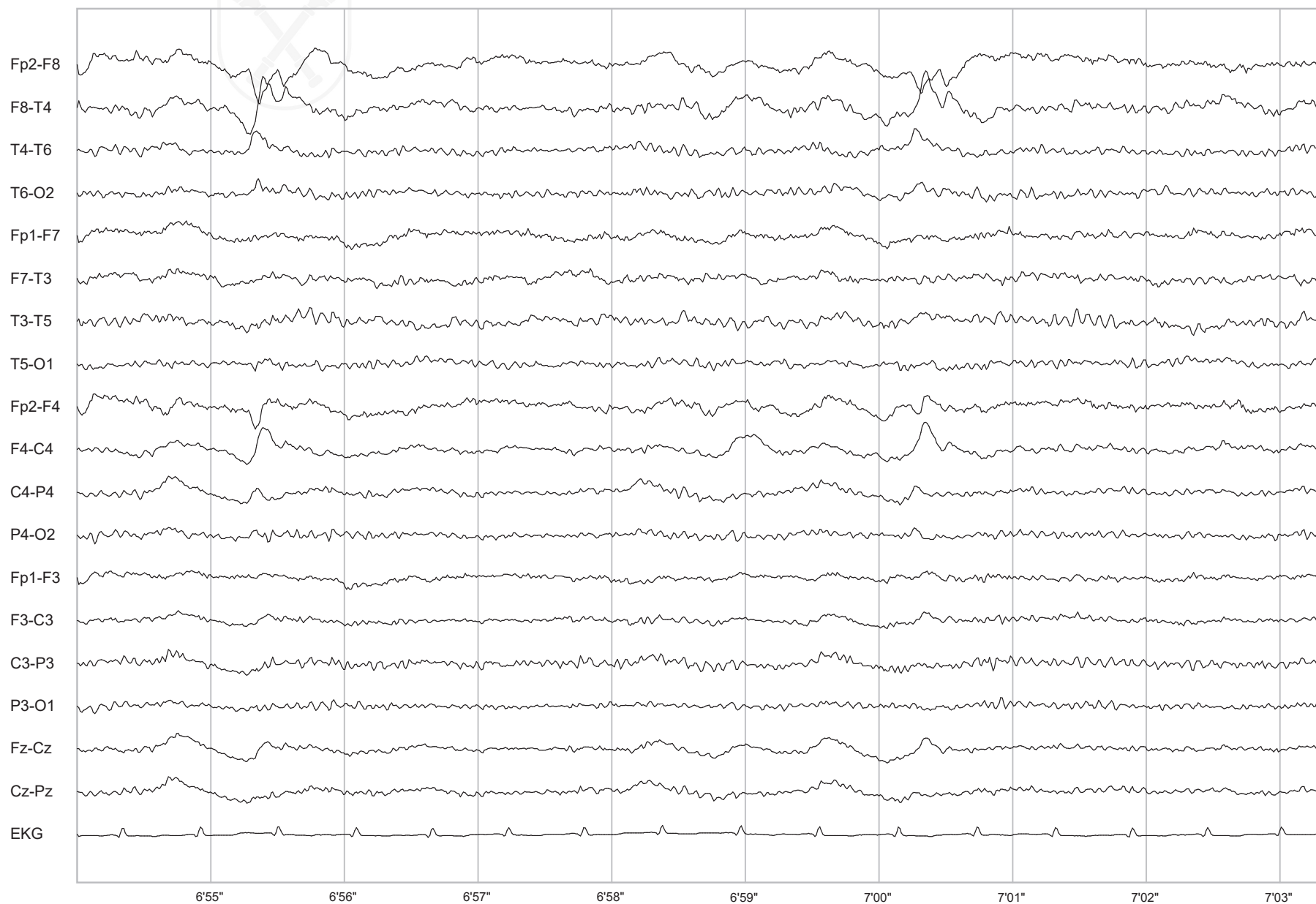
---



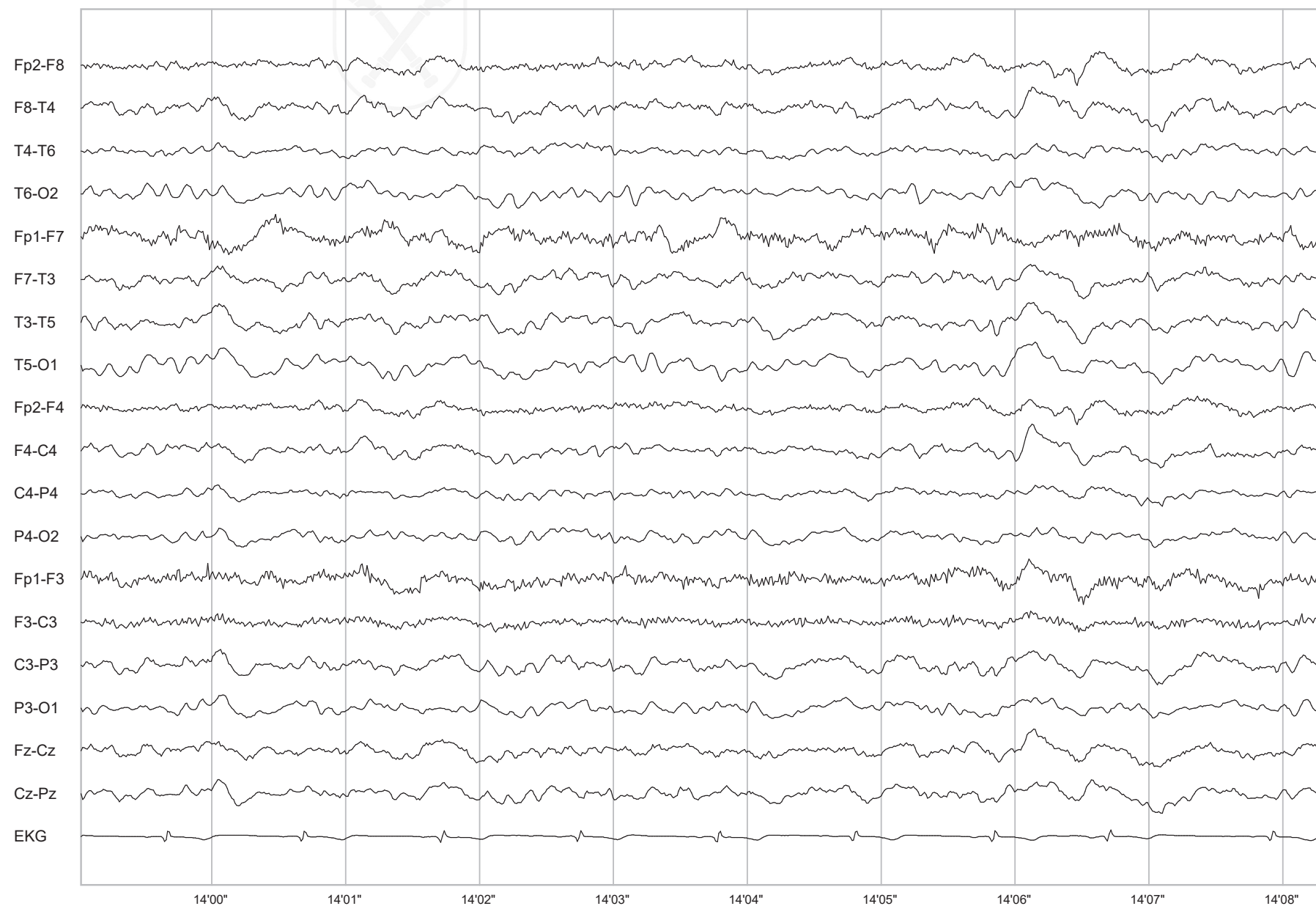
**Ryc. 1. Rozmieszczenie elektrod w układzie 10–20. A – widok z boku. B – widok z góry**

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.



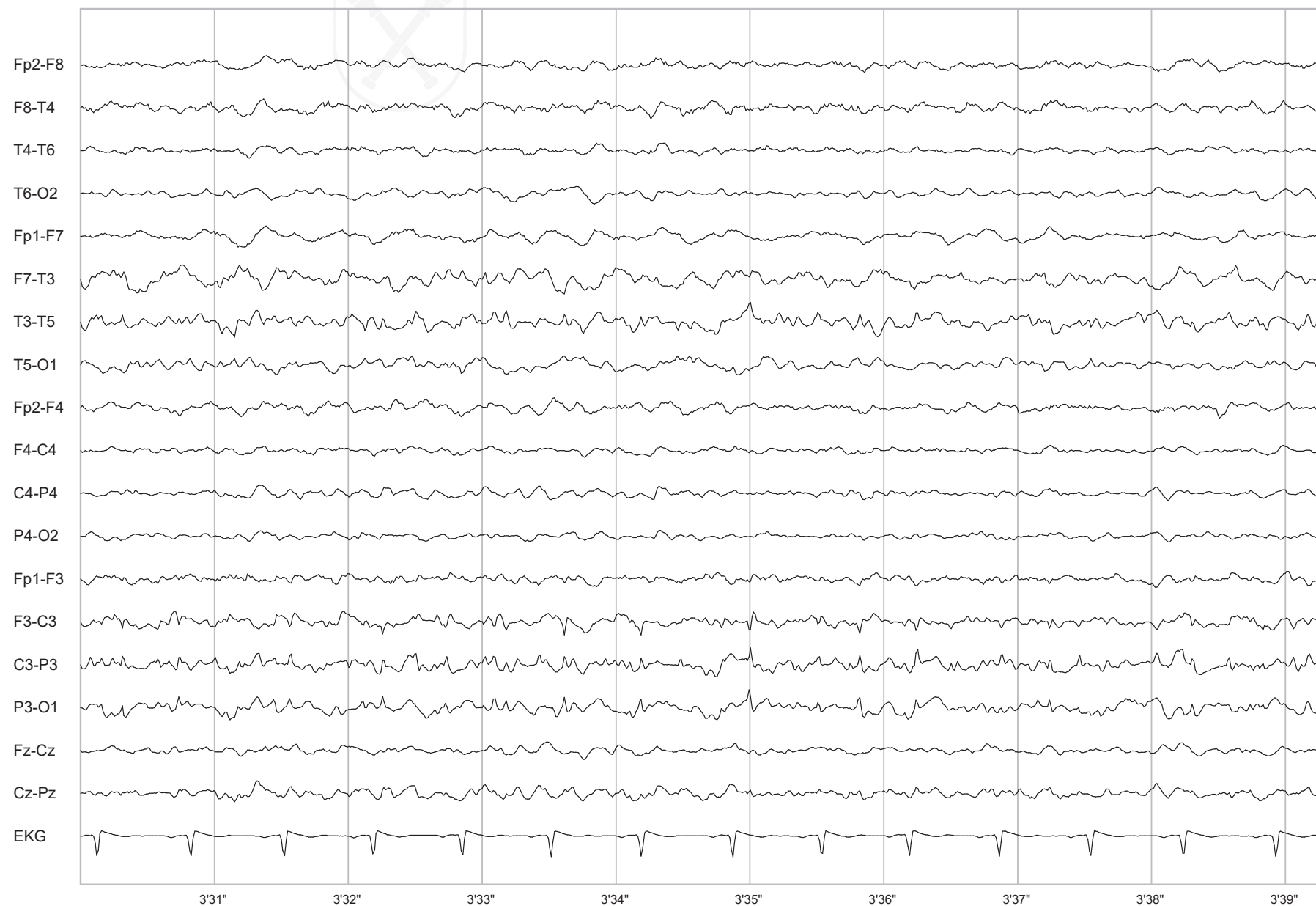
**Ryc. 4. Zmiany ogniskowe**

45-letnia kobieta z guzem prawej półkuli mózgu. Na tle zachowanej czynności podstawowej, w prawej okolicy czołowo-skroniowej, widoczne są ogniskowe fale delta

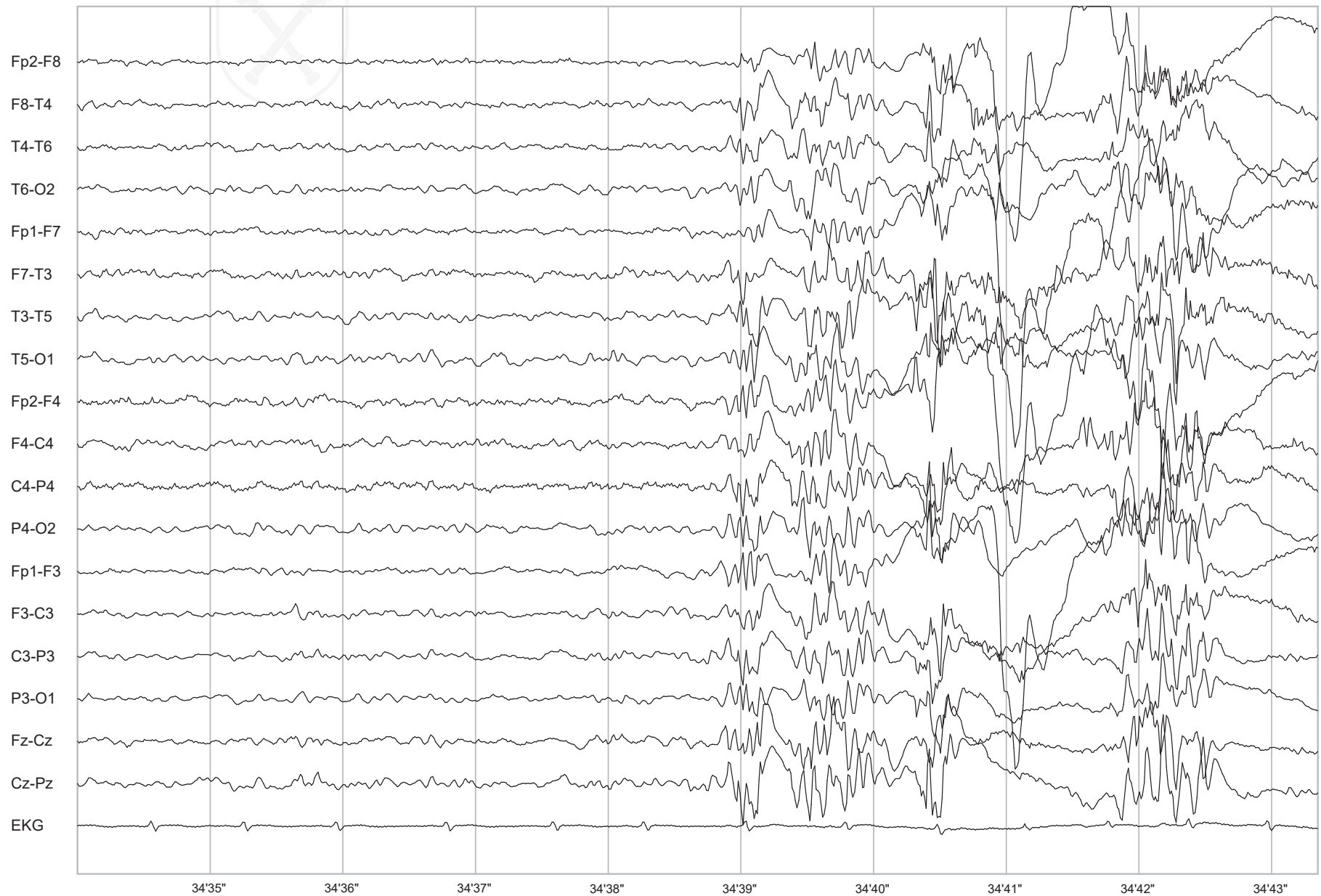


**Ryc. 19. Uogólnione zwolnienie czynności podstawowej**

70-letnia kobieta z otępieniem. Zapis słabo zróżnicowany przestrzennie, widoczne są nieliczne fale alfa, wymieszane z falami theta i pojedynczymi falami delta, bez wyraźnej lateralizacji

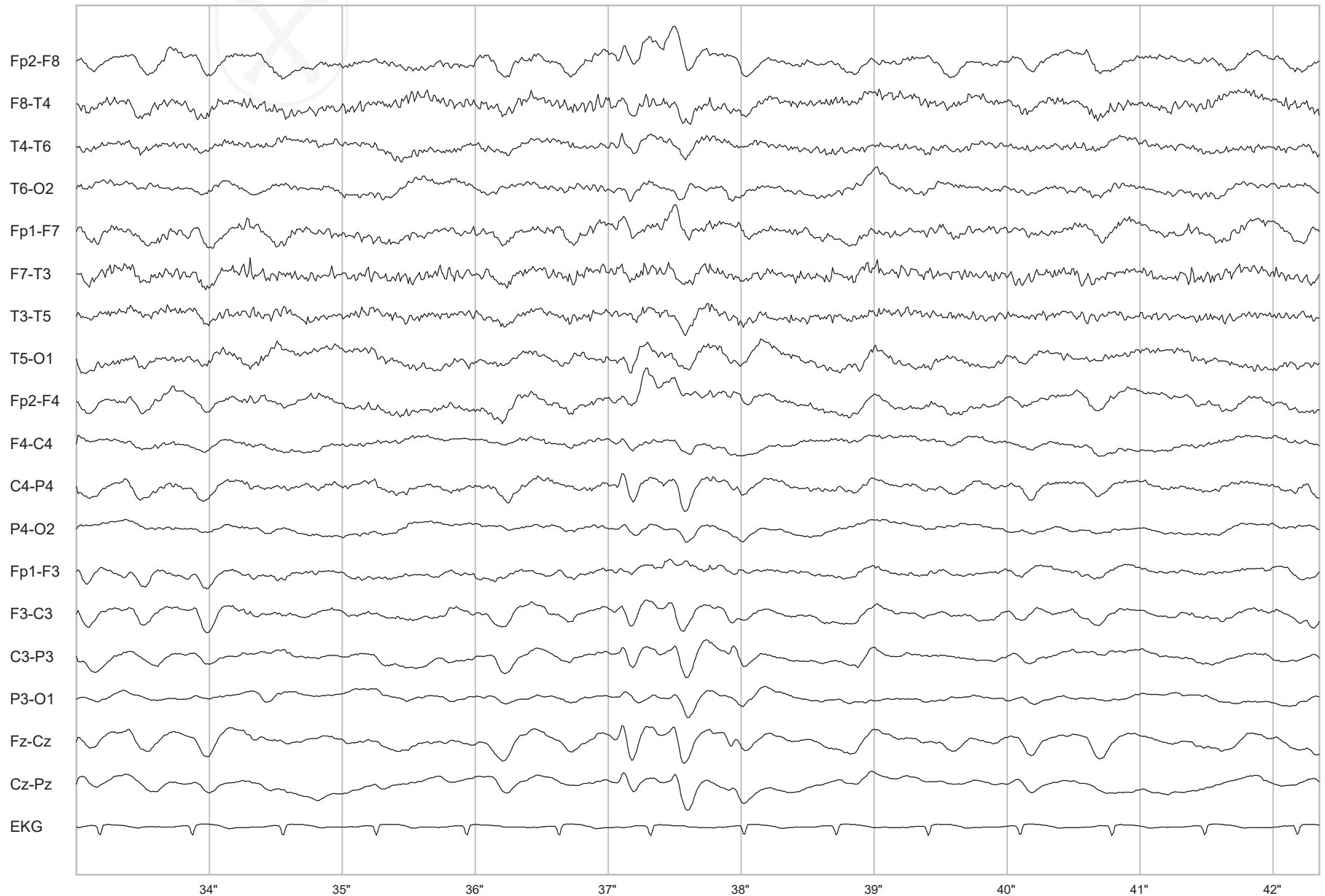


**Ryc. 20. Ogniskowa czynność międzynapadowa**  
27-letni mężczyzna z padaczką lekooporną. Widoczna jest sera iglic z odwrotnością faz pod elektrodą C3



**Ryc. 8. Rejestracja napadu tonicznego**

28-letnia kobieta z zespołem Lennox-Gastauta. W senności, we wszystkich odprowadzeniach, widoczna jest seria iglic



**Ryc. 34. Zapis EEG w encefalopatii nerkowej**

89-letnia kobieta z zaburzeniami świadomości w przebiegu encefalopatii nerkowej. Na tle zwolnionej czynności podstawowej widoczne są synchroniczne trójfazowe fale ostre. Filtr wysokiej częstotliwości 10 Hz w celu eliminacji nasilonego artefaktu mięśniowego



Redakcja i korekta  
*Zespół*

Opracowanie graficzne zapisów EEG  
*Sławomir Połomski*

Skład i łamanie  
*Hanna Wiechecka*

Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego  
Redakcja: ul. Michałowskiego 9/2, 31-126 Kraków  
tel. 12-663-23-80, tel./fax 12-663-23-83