



## Historia odkrycia EEG

### History of EEG discovery

Wojciech Kułak, Wojciech Sobaniec

Klinika Neurologii i Rehabilitacji Dziecięcej Akademii Medycznej w Białymstoku  
Kierownik: prof. dr hab. n. med. W. Sobaniec

#### Streszczenie

Słowa kluczowe: fale mózgowe, EEG, Hans Berger.

#### Abstract

Key words: brain waves, EEG, Hans Berger

Autorzy przedstawili ważniejsze fakty z odkrycia fal mózgowych, ich rejestracji oraz pierwszego aparatu EEG. Zaprezentowano wyniki autorów polskich i rosyjskich poprzedzających rejestrację pierwszego zapisu EEG u człowieka przez Hansa Bergera.

Authors presented more important data on discovery of brain waves their recordings and the first EEG apparatus. Scientific results of polish and russian authors before the first EEG recording in man by Hans's Berger were presented.

Angielski fizyk i wykładowca w szkole medycznej w Liverpoolu Richard Caton (1842–1926) prawdopodobnie jako pierwszy zarejestrował bezpośrednio sygnały elektryczne z powierzchni oraz głębi mózgu zwierząt. Do ich rejestracji użył galwanometru wynalezione go przez Lorda Kelvina w 1858 roku [1]. Wyniki swoich badań Caton opublikował w 1875 roku w *British Medical Journal* [2]. Prace związane z rejestracją prądów mózgowych prowadzili w podobnym czasie polscy naukowcy Napoleon Nikodem Cybulski (1854–1919) i Adolf Beck (1863–1942). Rejestrowali oni czynność bioelektryczną kory mózgu psów i królików. Ówczesna aparatura była prymitywnym prototypem wzmacniacza, potrafiła jednak rejestrować natężenie prądu w mikroamperach [3]. Cybulski był autorem około 100 prac naukowych między innymi z zakresu fizjologii fizycznej, np. studiów: nad szybkością krążenia krwi przy pomocy foto-chemo-tachometru (przrządu własnego pomysłu), nad zjawiskami elektrycznymi w mięśniach, nerwach i w korze mózgowej (ostatnie wspólnie z Beckiem), nad zastosowaniem kondensatora przy badaniu pobudliwości nerwów i mięśni, oraz nad ciepłotą z pomocą mikrokalorymetru własnego pomysłu [4].

W 1887 roku Caton na XIX Międzynarodowym Kongresie Medycznym w Waszyngtonie przedstawił dane o wpływie światła na czynność elektryczną mózgu. Wykazał również większą aktywność mózgu po stronie przeciwnej od oświetlanego oka. Większość fizjologów była wówczas sceptycznie nastawiona, ponieważ wyniki swoich obserwacji Caton opublikował w czasopiśmie medycznych. Dopiero w 1890 roku polski uczyony Adolf Beck powtórzył badania Catona i opublikował wyniki w czasopiśmie fizjologicznym [5].

Dodatkowo wykazał on, że bodźce wzrokowe i słuchowe indukowały odpowiedź w określonym miejscu mózgu i odpowiadały wzorcom fal wolnych. W roku 1890 Beck obronił rozprawę doktorską „Oznaczenie lokalizacji w mózgu i rdzeniu za pomocą zjawisk elektrycznych” [6]. Jednak rozprawa jego stanowiła znacznie głębsze studium problemu lokalizacji funkcji sensorycznych w mózgu oraz samego elektroencefalogramu (odkrył m.in. jego desynchronizację w odpowiedzi na bodźce). Dopiero w 1914 Cybulski i Jeleńska-Maciszyna opublikowali fotograficzną dokumentację napadu padaczkowego wywołanego drażnieniem prądem elektrycznym kory mózgu psa (z powodu wcześniejszego braku funduszy na sprzęt fotograficzny) [7].

W 1913 roku Prawdzicz-Nemiński pracujący w Kijowie (Ukrainiec o polskich korzeniach) używając galwanometru wykazał 7 różnych typów zmian czynności bioelektrycznej mózgu u świnki morskiej i psów w odprowadzeniach z kory ruchowej i wzrokowej. Zarejestrował czynność fal alfa i beta. Zapis ten nazwał elektrocerebrogramem [8, 9]. Na badania te poświęcił 10 lat.

Ogromny wkład w rozwój neurofizjologii wnieśli także rosyjscy badacze. Iwan Sieczenow (1829–1905), uznawany za ojca rosyjskiej fizjologii, wprowadził elektrofizjologię do laboratoriów naukowych w Rosji. Badał sumowanie pobudzeń w ośrodkowym układzie nerwowym, hamowanie odruchów rdzeniowych przez pobudzanie ośrodków mózgowych. Twierdził, że mózg i pozostałe części układu nerwowego działają na podłożu odruchowym, a myślenie też ma charakter odruchowy. Jego uczniem był Pawłow – twórca teorii odruchów bezwarunkowych i warunkowych. Aleksan-

der Danilewski (1852–1939) w 1876 roku wykazał, że pobudzenie kory mózgu powoduje zmiany w czynnościach wegetatywnych organizmu [10]. Werigo badał wpływ prądu stałego na pobudliwość tkanek i zjawiska elektryczne w mózgu. W 1912 roku Kaufmann (1877–1951) zarejestrował zmiany bioelektryczne w mózgu psa w czasie napadu drgawkowego wywołanego drażnieniem prądem elektrycznym kory mózgowej [11].

Szczególne miejsce w tym rodzaju badaniach przypadła Hansowi Bergerowi. Uczony ten urodził się 21 maja 1873 roku w Neuses (Niemcy). Po ukończeniu medycyny w 1897 roku został asystentem w szpitalu psychiatrycznym w Jenie [3] (cyt. za [4]). Kształcił się pod kierunkiem znanego psychiatry Otto Binswängera, a w roku 1897 doktoryzował się. Od początku swojej kariery naukowej fascynowały go wyniki prac Catona. Badania EEG u ludzi podjął w okresie po I wojnie światowej. Początkowo do swoich doświadczeń wykorzystywał proste urządzenie, jakim był galwanometer strunowy Einthovena. We wczesnych latach 20. ubiegłego wieku Berger uzyskał pierwsze zapisy od pacjentów pozbawionych części kości czaszki. W 1924 roku zarejestrował aktywność elektryczną z lewej półkuli u 17 letniego pacjenta przygotowanego do zabiegu operacyjnego



**Ryc. 1.** Hans Berger (1873–1941) (za zgodą Biomaagnetic Center, Friedrich Schiller University, Jena)

usunięcia guza mózgu. Kolejny zapis został wykonany u pacjenta przygotowanego do usunięcia gliosarcoma. Zapisy czynności elektrycznej mózgu zostały dokonane na światłoczułym papierze fotograficznym. Jako pierwsze zapisał regularne fale o częstości 10 cykli na sekundę. Nazwał je falami alpha ponieważ były pierwszymi użytymi w ludzkim EEG.

Pierwsza praca opublikowana przez Bergera w 1929 roku dotyczyła badań własnego syna [3,12]. Zanim to nastąpiło, wykonał 73 rejestracje EEG u ludzi. Stwierdził, że najlepsze zapisy EEG pochodziły z elektrod umieszczonych w okolicy potylicy, podczas gdy elektroda referencyjna była umieszczona w okolicy czołowej. W następnych latach dokonał licznych dalszych badań, w tym również na sobie. Celem wyeliminowania wpływu układu krążenia i ciśnienia tętniczego krwi na zapis EEG wykonywał równoczesną rejestrację EKG i RR. Dokonał również szeregu eksperymentów ze specjalnymi elektrodami, aby wyeliminować wpływ skóry na zapis EEG. W 1929 roku Berger stwierdził [12]: „Widzimy, że electroencefalogram stanowi zjawisko ciągłego procesu nerwów, które ma miejsce w mózgu, dokładnie tak jak electrokardiogram reprezentuje zjawisko skurczów indywidualnych serca”, a także:

„Electroencefalogram reprezentuje ciągłą krzywą ze stałymi oscylacjami, wśród których można wyróżnić większe o przeciętnym czasie trwania wynoszącym 90 milisekund i mniejsze o czasie trwania 35 milisekund”.

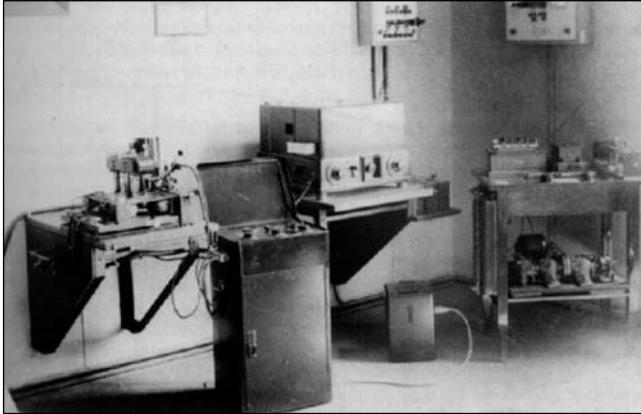
W rok później Berger opracował ponad 1100 zapisów uzyskanych od 76 pacjentów [3] (cyt. [4]). W publikacji z 1930 roku zdefiniował fale alfa i beta oraz zaczął używać skrótów EEG dla określenia ElectroEncephaloGram. Donosił również, że amplituda fal beta była mniejsza niż fal alfa, jak również zauważył związek między falami beta a koncentracją uwagi i czasem reakcji. Dla Bergera EEG było materialnym dowodem obecności czynności psychicznych człowieka.

W 1931 roku Berger wykazał redukcję ilości fal alfa w czasie snu oraz w trakcie znieczulenia ogólnego [13]. Podkreślił również zmniejszenie ilości fal alfa u chorych z zespołem wzmoczonego ciśnienia śródczaszkowego w następstwie urazu głowy. Był jednym z pierwszych, którzy zwrócili uwagę na wysoką amplitudę fal u chorych na padaczkę. U pacjentów z chorobą Alzheimera i stwardnieniem rozsianym wykazał zmieniony zapis EEG. Był zdziwiony również brakiem charakterystycznych zmian w EEG u chorych na schizofrenię, melancholię, zespół maniako-depresyjny, upośledzonych umysłowo lub z afazją.

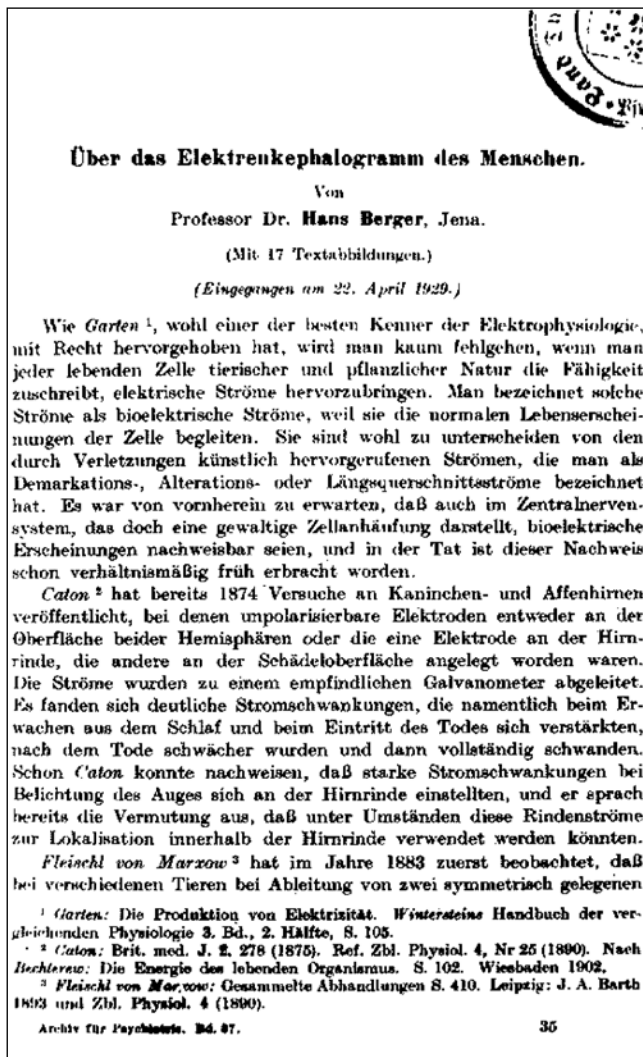
Fundacja Carla Zeissa doceniła znaczące odkrycia Hansa Bergera i użyczyła mu nowego elektronicznego wzmacniacza. Wyposażony w lepszy sprzęt powtórzył swoje wcześniejsze badania. Odkrył u chorych z padaczką spłaszczenie zapisu fal po napadzie drgawko-

wym. Wykonywał także badania EEG u dzieci i niemowląt. Twierdził, że typowe fale mózgowo pojawiają się około drugiego miesiąca życia.

Przez wiele lat badania Bergera były ignorowane w środowisku naukowym. Dopiero w 1934 roku Adrian i Matthews z Laboratorium Fizjologicznego w Camb-



**Ryc. 2.** Aparat EEG Hansa Bergera z 1926 roku (za zgodą Biomaagnetic Center, Friedrich Schiller University, Jena)



**Ryc. 3.** Strona tytułowa pierwszej pracy Hansa Bergera o EEG z 1929 roku (za zgodą Biomaagnetic Center, Friedrich Schiller University, Jena)

ridge potwierdzili wyniki Bergera i opublikowali swoje dane w czasopiśmie *Brain*, w którym także cytowali jego wyniki [4]. Stwierdzili, że rytm alfa ulega zmniejszeniu poprzez otwarcie oczu lub założenie ciemnych okularów. Wykazali również wpływ fotostymulacji na czynność bioelektryczną mózgu. Ponadto odkryli bardzo szybką czynność bioelektryczną mózdzku (150 to 250 cykli na sekundę). Proponowali również nazwać fale alfa rytmem Bergera, na co przez skromność nie wyraził zgody twórca EEG [15]. Ostatecznie w latach trzydziestych XX wieku uczony ten stał się światowym autorytetem w badaniach nad EEG, jednak za wyjątkiem swojej ojczyzny. Reżim Hitlera dyskryminował naukowców z Uniwersytetu w Jenie. Dwukrotnie Berger był nominowany do nagrody Nobla, jednak rządy faszystowskie skutecznie temu zapobiegły. Cierpiał na depresję, zmarł śmiercią samobójczą w 1941 roku.

W 1935 roku we Wrocławiu Foerster i Alteburger dokonali pierwszego zapisu czynności bioelektrycznej mózgu bezpośrednio z kory mózgu człowieka [16]. Był to pierwszy elektrokortykogram (ECoG).

Gray Walter (1910–1977) jako młody człowiek, pozostał pod wpływem znanego rosyjskiego fizjologa Iwana Pawłowa. Odwiedził także laboratorium Hansa Bergera. Zbudował własną, ulepszoną wersję aparatu EEG, dzięki któremu odkrył fale theta, delta oraz szybką czynność fal alfa. Swoich pierwszych odkryć dokonał w 1930 roku. Wykazał znaczenie fal delta w lokalizacji guzów mózgu oraz zmian odpowiedzialnych za padaczkę. Był pionierem mappingu mózgu. Pierwsze urządzenie do topografii fal EEG zbudował w oparciu o monitor przypominający dzisiejszy ekran telewizora [17].

Po II wojnie światowej znaczący wkład w rozwój elektroencefalografii mieli także polscy uczeni. Pierwszy encefaloskop katodowy w Polsce zbudowano z inicjatywy lekarza psychiatry Władysława Semadeniego w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w lutym 1947 roku. Lampy katodowe konieczne do tego urządzenia pochodziły z rozbitych niemieckich łodzi podwodnych. Zapis był filmowany z ekranu encefaloskopu na taśmie filmowej. Pierwsze pracownice badań EEG w Polsce organizowali w 1948 roku Władysław Semadeni w Klinice Psychiatrycznej w Warszawie i małżeństwo Karolina i Andrzej Jusowie w Klinice Psychiatrycznej Uniwersytetu Wrocławskiego. W roku 1950 powstała trzecia w Polsce pracownia EEG w Klinice Neurologii w Warszawie [18]. W roku 1953 Jusowie rozpoczęły szkolenie lekarzy w zakresie EEG w Łodzi. Pierwszymi ich uczniami byli: Jerzy Majkowski i Andrzej Janusz. W następnych latach szkolenia przeniesiono do Instytutu Neuropsychiatrycznego w Tworkach oraz do Instytutu Matki i Dziecka w Warszawie (Anna Koślacz-Folga) [19].



## Pismiennictwo

- [1] Haas L.F.: Hans Berger (1873–1941), Richard Caton (1842–1926), and electroencephalography. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr.*, 2003:74, 9.
- [2] Caton R.: The electric currents of the brain. *Br. Med. J.*, 1875:2, 278.
- [3] Jung R., Berger W.: Fiftieth anniversary of Hans Berger's publication of the electroencephalogram. His first records in 1924–1931. *Archiv. Psychiatr. Nervenkrankheiten.*, 1979:227, 279.
- [4] Karbowski K., Hans Berger (1873–1941). *J. Neurol.*, 2002:249, 1130.
- [5] Beck A.: Die Ströme der Nervencentren. *Centerblatt für Physiologie*, 1890:4, 572.
- [6] Beck A.: Oznaczenie lokalizacji w mózgu i rdzeniu za pomocą zjawisk elektrycznych. [w:] *Rozpr. Wydz. Mat.-Przyr.*, ser. II, 1981:1, 186.
- [7] Cybulski N., Jeleńska-Macieszyna S.: Prądy czynnościowe kory mózgowej. *Bull. Int. Acad. Cracovie*, 1914, 776.
- [8] Kolle K.: 40 years of electroencephalography (EEG). In memoriam Hans Berger (May 21, 1873-June 1, 1941) *Münchener medizinische Wochenschrift*, 1970:10, 712.
- [9] Prawdycz-Neminski W.W.: Zur Kenntnis der elektrischen und der Innervationsvorgänge in den funktionellen Elementen und Geweben des tierischen Organismus. *Electrocerebrogramm der Säugetiere. Pflüger's Archiv*, 1925:209, 362.
- [10] Danilewski W. Ju.: Elektrizeskije jawlenija gławnogo mozga. *Fizj. Sbornik.*, 1891:4, 538.
- [11] Kaufmann P. Ju.: Elektrizeskije jawlenija w korie gławnogo mozga. *Obz. Psikhiatr. Nev. Eksper.*, 1912:7–8, 403.
- [12] Berger H.: Über das menschliche Elektrenkephalogramm [1. Mitteilung]. *Archiv für Psychiatrie*, 1929:87, 527.
- [13] Berger H.: Das Elektrenkephalogramm des Menschen. *Medizinische Welt*, 1930:4, 911.
- [14] Adrian E.D., Methews B.H.C.: Berger rhythm: Potential changes from occipital lobes in man. *Brain*, 1934:57, 355.
- [15] Adrian E.D., Yamagiwa K.: The origin of the Berger rhythm. *Brain*, 1935:58, 323.
- [16] Foerster O., Altenburger H.: Elektrobiologische Vorgänge an der menschlichen Hirnrinde. *Dtch. Zeit. Nervenkr.*, 1935:135, 277.
- [17] Walter W.G.: An automatic low frequency analyser. *Electr. Eng.*, 1943, 9.
- [18] Koślacz-Folga A.: *Elektroencefalografia wieku rozwojowego*. PZWL, Warszawa 1980.
- [19] Majkowski J.: *Atlas elektroencefalografii*. PZWL, Warszawa 1975, 1991.

### Adres autora:

Klinika Neurologii i Rehabilitacji Dziecięcej AM w Białymstoku  
ul. Waszyngtona 17  
15-274 Białystok  
e-mail: kulak@hot.pl