

ANTON COENEN<sup>1</sup>, OKSANA ZAJACZKIWSKA<sup>2</sup> i RYSZARD BILSKI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>NICI, Zakład Psychologii Porównawczej i Fizjologicznej, Uniwersytet w Nijmegen, Nijmegen, Holandia, e-mail: coenen@nici.kun.nl

<sup>2</sup>Zakład Fizjologii, Lwowski Uniwersytet Medyczny, Lwów, Ukraina

<sup>3</sup>Katedra Fizjologii, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński, ul. Grzegorzewska 16, 31-351 Kraków, Polska

## ŚLADAMI ADOLFA BECKA: DESYNCHRONIZACJA ZAPISU ELECTROENCEFALOGRAFICZNEGO

GIUSEPPE MORUZZI, profesor Uniwersytetu w Pizzie (Włochy), wraz z HORACYM MAGOUN (Uniwersytet Northwestern, Chicago, USA) wprowadzili w 1949 roku pojęcie „układu siatkowatego wstępującego pobudzającego” (MORUZZI i MAGOUN 1949). To znaczące odkrycie zakładało, że stymulacja tworzy siatkowatego śródmózgowia aktywuje duże obszary kory mózgowej. Aktywacja ta związana jest z objawami pobudzenia w zachowaniu, co w zapisie elektroencefalograficznym (EEG) obrazowane jest poprzez uogólnioną desynchronizację (FRENCH 1957).

Pierwszy opis takiej desynchronizacji można znaleźć w rozprawie polskiego neurofizjologa ADOLFA BECKA (1863–1942) opublikowanej w Rozprawach Akademii Umiejętności w Krakowie w 1891r. BECK był w tym czasie młodym asystentem w Zakładzie Fizjologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, którego ówczesnym dyrektorem był znany fizjolog NAPOLEON CYBULSKI. Badania BECKA dotyczyły elektrycznej aktywności mózgu i prowadzone były na królikach i psach. Jego praca opublikowana została po polsku (BECK 1891), ale jej krótkie streszczenie, przetłumaczone na język niemiecki, ukazało się rok wcześniej w czasopiśmie „Centralblatt für Physiologie” (BECK 1890a). Również z datą 1890r. ukazała się polska odbitka pracy. Streszczenie opublikowane w języku niemieckim wzbudziło wielkie zainteresowanie neurofizjologów doprowadzając do polemiki na łamach „Centralblatt für Physiologie”. Polemika dotyczyła przede wszystkim samego odkrycia elektrycznej aktywności mózgu.

Dyskusja na łamach „Centralblatt...” niespodziewanie zakończyła się po opublikowaniu listu RICHARDA CATONA ze Szkoły Medycznej w Liverpool (Anglia) (CATON 1891). CATON odwoływał się w nim do swojej publikacji (ok. 10 zdań),

która ukazała się w 1875 roku, a więc 15 lat wcześniej, niż streszczenie pracy BECKA. CATON opisał w niej spontaniczną aktywność elektryczną mózgow królików i małp. Doniesienie to przedstawił podczas zjazdu Brytyjskiego Towarzystwa Medycznego, w lutym 1875. W czasie obrad CATON referował swoje odkrycie: „W każdym mózgu (małpy czy królika) do tej pory przebadanym, galwanometr wykazuje istnienie fal elektrycznych. Zewnętrzna powierzchnia istoty szarej posiada przy tym ładunek dodatni w odniesieniu do powierzchni przekroju przez



Fot. ADOLF BECK, zdjęcie z okresu wczesnej działalności naukowej.

nią. Zarejestrować można słabe prądy o zmiennych kierunkach zarówno w sytuacji, gdy obydwie elektrody umieszczone są na powierzchni zewnętrznej istoty szarej jak też wtedy, gdy jedna z nich znajduje się na powierzchni czasz-

ki. Te zjawiska elektryczne w istocie szarej wydają się być powiązane z jej funkcją”.

Dwa lata później, a więc w 1877 roku, pojawia się następny artykuł CATONA szczegółowo opisujący eksperymenty przeprowadzone tym razem na dużej ilości zwierząt, w których otrzymał identyczne wyniki. Opisane przez CATONA w 1877 roku wyniki były przekonujące, a badania stanowiły replikacje eksperymentów opisanych w 1875 roku (CATON 1877). Obecnie uważa się, że publikacja CATONA z 1875 roku zawiera pierwszy opis zapisu elektroencefalograficznego.

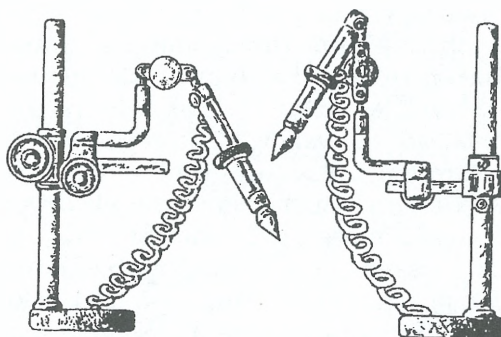
Polemika w „Centralblatt für Physiologie” zwróciła powszechną uwagę neurofizjologów. Jednym z ciekawszych listów przesłanych do redakcji był list ERNSTA FLEISCHLA VON MARXOW (1890) z Wiednia, w którym informował, że już kilka lat temu złożył w Cesarskiej Akademii Nauk w Wiedniu sprawozdanie zawierające opis elektrycznej aktywności mózgu. Rzeczywiście, zalakowany list zawierał wyznaczniki elektrycznej aktywności mózgu. Jednakże opis FLEISCHLA VON MARXOW był mało szczegółowy. BECK (1890b) odpowiada mu raczej lakonicznie: „Przyroda posiadała i posiada olbrzymią ilość tajemnic, których rozwiązania trzyma w sekrecie. Nauce nie zrobi to więc większej różnicy, jeżeli wyjaśnienie jakiegoś zjawiska pozostanie sekretem przyrody lub sekretem Cesarskiej Akademii Nauk w Wiedniu”.

Druga interesująca odpowiedź na artykuł BECKA przysłał od GOTCH’a i HORSLEY’a (1891). Chociaż GOTCH i HORSLEY odwoływali się w swoim liście do artykułów tylko w niewielkim stopniu związanych z tematem polemiki, to jednak co ciekawe, wspominali o istnieniu elektrycznych odpowiedzi mózgu na stymulację sensoryczną jak również o istnieniu fluktuacyjnego potencjału spoczynkowego. W związku z tym, nie da się wykluczyć, że najwcześniejsze odkrycie aktywności mózgu mogło być dokonane przez dwóch niezależnych badaczy: CATONA w 1875 roku i BECKA w 1890 (BRAZIER 1959).

Najciekawszy głos w dyskusji na łamach „Centralblatt für Physiologie” nadszedł jednakże od WASILA DANILEWSKIEGO (1891). DANILEWSKI rozpoczął studia w Rosji na Uniwersytecie w Kazaniu (nota bene wraz z WŁODZIMIERZEM ULJANOWEM później znanym jako Lenin), kończąc je w Uniwersytecie Charkowskim w 1877 roku, gdzie otrzymał propozycję dalszej pracy. Jego praca doktorska nosiła tytuł „Badania fizjologii mózgu” i była napisana po rosyjsku (DANILEWSKY 1877). W liście do „Centralblatt für Physiologie” DANILEWSKI odwołuje się do swojej pracy doktorskiej, w której opisał spontaniczną fluktuację potencjałów mózgowych oraz

wskaźniki desynchronizacji zapisu EEG (badania przeprowadzane były na psach). Streszczenie pracy doktorskiej DANILEWSKIEGO ukazało się niestety po raz pierwszy jako odpowiedź na artykuł BECKA, a więc nie wcześniej niż w 1891 roku. Intensywna polemika na łamach „Centralblatt für Physiologie” wykazała, że zjawiskiem elektrycznej aktywności mózgu zajmowało się wielu różnych badaczy z zachodniej, centralnej i wschodniej Europy, włączając w to Rosję i Ukrainę. Wyraźnie zaznacza się więc tu wkład pracy badaczy ze wschodniej Europy w tę dziedzinę badań. Znacząca rola wschodnioeuropejskich naukowców w neurofizjologii skończyła się raptownie z nadejściem sowieckiego reżimu. Uznano wtedy teorię Pawłowa za najlepiej pasującą do obowiązującego światopoglądu — materialistycznego dialektyzmu. Zamiana ta wpłynęła na ograniczenia zakresu badań w neurofizjologii (NIEDERMEYER 1993).

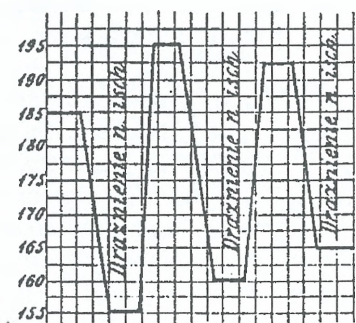
BECK, nie będąc świadomym prac CATONA, badał szczegółowo elektryczną aktywność mózgu dostarczając więcej informacji o jej naturze niż CATON. Wraz z CYBULSKIM, opisał dokładnie lokalizacje modalności sensorycznych w korze mózgowej używając w tym celu stymulacji elektrycznej lub sensorycznej. BECK przeprowadził swoje badania na żabach jak również na porażonych kurarą psach i królikach. Elektryczną aktywność mózgu rejestrował przy pomocy glinianych elektrod i prostego galwanometru (Ryc. 1) (BECK i CYBULSKI 1892). W badaniach



Ryc. 1. Elektrody używane przez BECKA do zapisu elektrycznej aktywności mózgu. Te niepolaryzujące się elektrody zrobione były z gliny nasączonej roztworem chlorku sodu i nałożonej w postaci czopka na szklaną rurkę. W rurce umocowany był drut łączący elektrodę z galwanometrem (BECK 1890, ŻERNICKI 1987).

koncentrował się na tych częściach kory, które reagowały na stymulację elektroujemnością

(Ryc. 2), wykorzystując przy tym różne modalności sensoryczne. Dzięki swoim ekspery-



Ryc. 2. Typowy przykład zapisu EEG wykonanego przez BECKA.

Celem BECKA było zlokalizowanie funkcji mózgu i wyznaczenie miejsc przy pomocy stymulacji elektrycznej i sensorycznej oraz zapisu elektrycznego. Odpowiedzi elektryczne mózgu miały w większości charakter elektryczny. Negatywne odchylenia przedstawione na rycinie związane są z elektryczną stymulacją nerwu kulszowego (BECK 1891). Warto zauważyć, że mało precyzyjny zapis EEG nie posiada skali czasu. Najprawdopodobniej Beck ręcznie zapisywał odchylenia galwanometru.

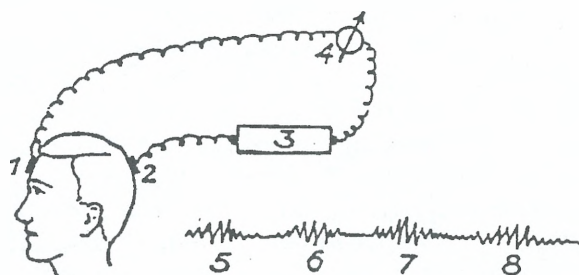
tom, BECK wykazał spontaniczne oscylacje potencjałów mózgowych i udowodnił, że zmienność ta nie jest związana z rytmem serca czy rytmem oddechowym. Co więcej, BECK stwierdził zmniejszenie się amplitudy potencjału pod wpływem stymulacji sensorycznej. Zaobserwował, iż zatrzymanie fluktuacji fal elektrycznych jest konsekwencją działania stymulacji aferentnej zarówno przy drażnieniu nerwu kulszowego jak i przy oddziaływaniu na oko krótkimi bodźcami świetlnymi. BECK był więc pierwszym badaczem, który opisał zjawisko desynchronizacji zapisu EEG. Było to odkrycie wyjątkowe!

Odkryty i opisany przez BECKA „efekt zatamowania” fal mózgowych był zasadniczo zjawiskiem sprzecznym z intuicyjnymi oczekiwaniami: w wyniku stymulacji amplituda fal zmniejszała się zamiast spodziewanego jej zwiększenia. Jak można się było spodziewać BECK miał trudności z interpretacją tego zjawiska. W celu jego wytłumaczenia formułuje zasadę lokalnego

pobudzenia otoczonego przez rozległe hamowanie pisząc (BECK 1891): „Ważnym zjawiskiem, o którym wyżej wspomniałem, a które występowało prawie przy każdym podrażnieniu kory mózgowej za pośrednictwem nerwów dośrodkowych, jakiego bądź były one rodzaju, a najwybitniej przy zadrażnieniu nerwów czuciowych skóry, jest zatrzymanie wahań samoistnych prądu czynnościowego. Wytłumaczenie tego zjawiska, jeżeli nie towarzyszyło mu równocześnie wychylenie, nie jest zbyt łatwym. Tłumacząc je, że się tak wyrażę, dosłownie, musimy powiedzieć, że jest ono wyrazem zatrzymania się stanu czynnego na pewnym punkcie i zniesienia zmian, które w tym stanie czynnym samoistnie występowały. Jednym słowem, możemy je wytłumaczyć z a t a m o w a n i e m. Nie jest dla nas rzeczą nową, że zadrażnienie pewnych ośrodków wywołuje zatamowanie stanu czynnego innych ośrodków. Metoda jednak nasza stwierdza ten fakt, a nawet może się przyczynić do wyjaśnienia procesu powstawania zatamowania”. Chociaż zasada pobudzenia otoczonego hamowaniem jest wciąż podstawową zasadą w nowoczesnej neurofizjologii, w dalszej części artykułu zostanie wyjaśnione, dlaczego bardziej czułe galwanometri z użyciem wzmacniaczy, a nawet rejestracja aktywności pojedynczych neuronów, były niezbędne do wytłumaczenia procesu desynchronizacji w poprawny sposób.

Czterdzieści lat później, HANS BERGER publikuje swój pierwszy artykuł dotyczący rejestracji aktywności elektrycznej mózgu z powierzchni ludzkiej czaszki (BERGER 1929). W 1902r. BERGER rozpoczął swoją pracę badawczą na mózgach psów, a następnie, od 1924 zajmuje się badaniami na ludziach. Jego dzieci, a przede wszystkim syn Klaus, były głównymi posłusznymi, lecz również często zmuszonymi do udziału w eksperymentach, osobami badanymi.

14 października 1927 roku, BERGER stwierdza: „Eureka! Fale Klausa są identyczne z falami rejestrowanymi z powierzchni kory. Jestem w stanie rejestrować fale mózgowie z nienaruszonej powierzchni czaszki”. BERGER był pier-



1 en 2: electrodeën (gewoon tegen den schedel aangelegd); 3. versterker; 4: galvanometer met registreerloeslel (photografisch); 5-8 A en B golven.

Ryc. 3. Zapis elektrycznej aktywności mózgu, opublikowany w 1930 roku w „Haarlemsche Courant” – holenderskim dzienniku.

Prosty wykres EEG pokazuje fale A i B oraz zmianę rytmu  $\alpha$  na  $\beta$ . Wykres ten był wykonany przez BERGERA na podstawie EEG rejestrowanego u swojego syna Klausa (BERGER 1929). W tekście, którego ilustracją jest przedstawiony rysunek („Electrische golven uit de hersenen” – Elektryczne fale mózgu) zarówno CATON, jak i BECK są wymienieni.

wszym naukowcem, który zarejestrował elektryczną aktywność ludzkiego mózgu metodą nieinwazyjną. Co więcej, z jego pierwszej publikacji z 1929 roku wynika, że znał on pojawiające się wcześniej prace dotyczące elektrycznej aktywności mózgu. W interesującym historycznym wstępie do swojego artykułu, podkreśla znaczenie tych wszystkich badaczy, którzy opisali takie zjawiska jak spontaniczne fluktuacje aktywności mózgu, ich blokowanie działaniem stymulacji sensorycznej, jak również istnienie dwóch rodzajów rytmów mózgowych (BERGER 1929). Rytm ten był po raz pierwszy rozpoznany u psów przez WŁADIMIRA PRAWDICZA-NEMINSKIEGO w 1913 roku i początkowo określone jako „fale pierwszej kolejności” i „fale drugiej kolejności”. Później nazwano je falami A i B (Ryc. 3), a obecnie falami alfa i beta. PRAWDICZ-NEMINSKI, pracujący w Ukraińskiej Akademii Nauk w Kijowie, był również tym, który wymyślił niemiecki termin „Elektrocerebrogram” (PRAWDICZ-NEMINSKI 1925). Z językowych przyczyn BERGER zmienił tę nazwę na „Elektrenkephalogramm”, przetłumaczoną następnie na język angielski jako „electroencephalogram” (EEG).

BERGER będąc neuropsychiatrą w szpitalu w Jenie (Niemcy) interesował się również możliwościami klinicznego zastosowania pomiaru elektrycznej aktywności mózgu. Posiadając czulszy galwanometr i wykorzystując nowocześniejsze wzmacniacze niż jego poprzednicy opisał warunki, w których rytmy  $\alpha$  i  $\beta$  pojawiają się u ludzi. BERGER, obserwując pojawianie się wyższej częstotliwości „fal drugiej kolejności”, borykał się, podobnie jak BECK, z faktem, iż jego odkrycie było sprzeczne z intuicyjnymi oczekiwaniami: duże fale mózgowo  $\alpha$  rejestrowane były w stanie spoczynku, z zamkniętymi oczami i przy mało aktywnym mózgu, podczas gdy małe fale  $\beta$  pojawiały się w stanach wyższej aktywności umysłowej. BERGER objaśniał to zjawisko w uproszczony sposób twierdząc, iż zmniejszenie amplitudy fal kompensuje wysiłek intelektualny związany z zadaniem. BERGER nie koncentrował się jedynie na teorii. Opisał on również zmiany EEG podczas snu i narkozy, zarejestrował specyficzną aktywność mózgu podczas epileptycznych ataków u ludzi. Doszedł do wniosku, że odkrycie EEG było nie tylko przełomem w neurofizjologii, ale uważał również, że analiza EEG ma dużą wartość diagnostyczną. EDGAR ADRIAN i BRIAN MATTHEWS (1934), neurofizjologowie z Uniwersytetu w Cambridge (Anglia), postanowili powtórzyć eksperymenty uprzednio przeprowadzone przez BERGERA. Po pozytywnej replice jego wyników znani ówcześni neurofizjologowie stali się mniej sceptyczni w stosunku do prac BERGERA. W ten sposób, BERGER przekonał

jemu współczesnych o wartości nowej metody i jej zaletach w klinicznej neurofizjologii. Stąd też HANS BERGER uważany jest za ojca elektroencefalografii (patrz praca przeglądowa BERGER 1969).

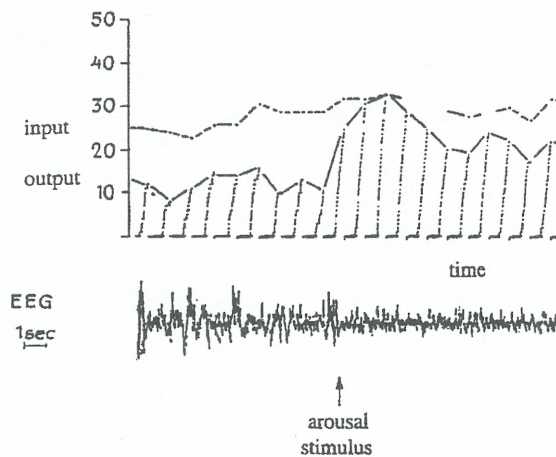
Wielu neurofizjologów nie zwracało uwagi na poprzedzające artykuł BERGERA publikacje dotyczące zagadnień EEG. Dlatego też wydaje się, iż znaczenie EEG było zdecydowanie zbyt słabo doceniane przez badaczy. Ówczesna nauka nie była na tyle zaawansowana, aby docenić znaczenie „dziwnej” elektrycznej aktywności rejestrowanej z mózgow zwierzęcych. Poza tym, doniesienia badawcze publikowane były w językach niedostępnych szerokiemu gronu badaczy. Tylko MARY BRAZIER, specjalizująca się w historii neurofizjologii, będąc świetnie zaznajomioną z historią elektroencefalografii, całkowicie doceniała kluczową pozycję BECKA w jej rozwoju. Podjęła ona inicjatywę przetłumaczenia podstawowej pracy BECKA na język angielski (BECK 1973), a także szczegółowo opisała jego życie i działalność naukową (BRAZIER 1959, 1961, 1988). W 1895 roku BECK opuścił Kraków i przeniósł się do Lwowa. W tym czasie Kraków i Lwów należały do względnie niezależnej części habsburskiego cesarstwa austro-węgierskiego - Galicji. Lwów, do którego przyjechał BECK, zamieszkiwała ludność pochodzenia polskiego, żydowskiego, ukraińskiego oraz niemieckiego.

W wieku 32 lat, BECK został profesorem fizjologii na Uniwersytecie Lwowskim (nazwanym później Uniwersytetem Jana Kazimierza), a obecnie znanym jako Uniwersytet Iwana Franko. BECK zakłada Zakład Fizjologii na Wydziale Medycznym Uniwersytetu zostając równocześnie jego kierownikiem. Wraz ze swoim młodym asystentem, GUSTAWEM BIKELESEM, prowadzi badania nad układem nerwowym (BECK i BIKELES 1910). Zajmuje się również badaniami dotyczącymi fizjologii ogólnej, pisząc wraz z CYBULSKIM podręcznik fizjologii człowieka dla studentów (BECK i CYBULSKI 1915). W roku akademickim 1904/1905 i 1916/1917, BECK pełni funkcję dziekana Wydziału Medycznego, zaś w roku akademickim 1912/1913 zostaje wybrany rektorem, a następnie (1914/15) prorektorem Uniwersytetu (ŚRÓDKA 1994). W czasie I Wojny światowej BECK dostaje się do niewoli rosyjskiej, lecz za wstawiennictwem Pawłowa, zostaje uwolniony. W 1932 roku przechodzi na emeryturę, a ogólną linię jego badań kontynuuje Wiktor Tychowski. W czasie II Wojny światowej Niemcy okupując Lwów rozpoczynają akcję wyłapywania i więzienia żydowskich mieszkańców Lwowa. BECK jest z pochodzenia Żydem uważającym się za Polaka wyznania mołeszowego (HOŁOBUT 1958). Ostatnie słowa,

jakie córka BECKA pisze we wspomnieniach o ojcu są następujące: „Jego śmierć była boleśnie tragiczna: w 1942 roku we Lwowie, ten wspinały i silny 80 letni mężczyzna zażył truciznę w momencie, kiedy Niemcy przyszli po niego, kończąc piękne i pełne poświęcenia życie” (BECK-ZAKRZEWSKA 1973). Urodzony 1 stycznia 1863 roku w Krakowie, BECK umarł nieznanego dnia w sierpniu 1942 roku we Lwowie. W 1937 roku BECKA wybrano na honorowego członka Polskiego Towarzystwa Fizjologicznego, a w 1957 roku osobne spotkanie tego Towarzystwa w Warszawie poświęcone było BECKOWI. W 1995 roku zorganizowano konferencję poświęconą 100-leciu istnienia Zakładu Fizjologii we Lwowie, a w języku ukraińskim wydano księgę jubileuszową (Eksperymentalna ta Kliniczna Fizjologija), zawierającą również rozdziały poświęcone BECKOWI: między innymi w języku niemieckim — autorstwa KARBOWSKIEGO i BILSKIEGO (1995) i angielskim: BILSKIEGO i PAWLIKA (1995).

Obecnie wiadomym jest, iż zgodnie z twierdzeniem BECKA, desynchronizacja zwiększa się

ją aktywność niezależną i niesynchroniczną. W takiej sytuacji elektrody EEG mierzące równocześnie aktywność dużej ilości neuronów, rejestrują fale o dużej częstotliwości lecz małej amplitudzie. Z drugiej strony, w czasie drzemki i snu aktywność neuronów przybiera odpowiednio charakter oscylacji lub wyładowań, co powoduje, że wiele neuronów zachowuje się w synchroniczny sposób, wywołując duże i powolne fale mózgowie. Desynchronizacja związana jest z bodźcami pobudzającymi (Ryc.4), powodującymi szybką zmianę zapisu EEG: z typowego dla drzemki czy snu na zapis EEG aktywacji. Znany jest również wpływ pobudzenia na zapis EEG podczas stanów czuwania i snu. Obecnie wiadomo, że więcej informacji dociera do obszarów kory w czasie czuwania. Do wytłumaczenia tego zjawiska wykorzystuje się pojęcie tak zwanego transfer ratio, czyli stosunku pomiędzy ilością informacji docierającą do obszarów czuciowych kory mózgowej a ilością informacji zarejestrowaną przez narządy zmysłów (Ryc.4). Transfer ratio podlega kontroli „mechanizmu bramkującego” wzgórza. Otwarcie



Ryc. 4. Desynchronizacja zapisu EEG. Odpowiedź neuronu przekąźnikowej części wzrokowej wzgórza u kota. Bodziec świetlny eksponowano co 1s.

Linie pionowe ukazują wielkość aktywności elektrycznej neuronu, zaś przerywana pozioma linia górna odzwierciedla ilość informacji do niego dostarczonej. Mechanizm bramkowania sensorycznego wyraża się we wzroście transfer ratio dotyczącego tego neuronu spowodowanym działaniem bodźca pobudzającego. Ilość informacji dostarczanej jest stała podczas snu i czuwania, zaś aktywność elektryczna neuronu się zwiększa. Związane to jest z desynchronizacją zapisu EEG zobrazowanego w dolnej części rysunku (COENEN i VENDRIK 1972).

wraz ze zwiększającym się pobudzeniem. Jednakże stymulacja nie wywołuje fal o dużej amplitudzie lecz fale o dużej częstotliwości i małej amplitudzie. Brak galwanometrów o wyższych parametrach pomiarowych uniemożliwił zarejestrowanie tego zjawiska badaczom z przełomu wieków. Obecnie naukowcy są w stanie wyjaśnić, dlaczego aktywacja związana jest z małymi falami mózgowymi o dużej częstotliwości, w odróżnieniu od drzemki czy snu (patrz praca przeglądowa: STERIADE 1991 i LOPES DA SILVA, 1991). W czasie czuwania aktywność neuronów ma charakter wyładowań „tonicznych” i związanej z tym nieregularnej aktywności spontanicznej. Ponadto, poszczególne neurony wykazu-

„bramki” dla informacji sensorycznej zależne jest od stanu w jakim znajduje się mózg (patrz praca przeglądowa COENEN 1995, McCORMICK i BAL 1994, SINGER 1977, STERIADE 1991). Układ siatkowaty pnia mózgu pobudza korę i wywołuje desynchronizację zapisu EEG za pośrednictwem grupy jąder przekąźnikowych.

Neuroanatomiczne podłoże zjawiska desynchronizacji jest wciąż przedmiotem badań naukowych. Ogólnie wiadomo, iż pobudzający wpływ tworzy siatkowatego śródmózgowia na korę mózgową jest przekazywany dwojako: poprzez szlak grzbietowy do wzgórza i drogą brzuszna do podstawy przodomózgowia (JONES 1990, SZYMUSIAK 1995). Jednakże dokładna ro-

ła w procesie przekazywania pobudzenia zarówno grzbietowej jak też brzusznej drogi wstępującej nie jest znana. W związku z tym warto podkreślić, iż M. LEWANDOWSKI z Zakładu Fizjologii Zwierząt Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, uprzednio pracujący z SINGEREM (LEWANDOWSKI i współaut., 1993), bada mechanizm związany z funkcją torowania spełnianą przez układ siatkowaty, w szczególności koncentrując się na wstępującej drodze grzbietowej. Jest to tym ciekawsze, że pracuje On w laboratorium

oddalonym zaledwie o paręset metrów od budynku, w którym ponad 100 lat temu ADOLF BECK zajmował się badaniami nad desynchronizacją w zapisie EEG. Bez wątpliwości zatem lata 1890 i 1891 wraz z następującą po nich polemiką na łamach „Centralblatt...” związana z artykułem BECKA (1890a) można uznać za okres najbardziej ekscytujący w badaniach nad elektryczną aktywnością mózgu i zjawiskiem desynchronizacji zapisu elektroencefalograficznego.

## IN THE FOOTSTEPS OF BECK: THE DESYNCHRONIZATION OF THE ELECTROENCEPHALOGRAM

### Summary

This is Polish translation of the original article "In the footsteps of Beck: the desynchronization of the electroencephalogram" published by Coenen A., Zajachkivsky O. and

Bilski R. in *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* (1998) 106, 330–335.

### LITERATURA

- ADRIAN A. D., MATTHEWS B. H. C., 1934. *BERGER rhythm: potential changes from the occipital lobes in man*. *Brain* 57, 355–385.
- BECK A., 1890a. *Die Bestimmung der Localisation der Gehirn- und Rückenmarksfunctionen vermittelt der elektrischen Erscheinungen*. *Centralblatt für Physiologie* 4, 473–476.
- BECK A., 1890b. *Die Ströme der Nervencentren*. *Centralblatt für Physiologie* 4, 572–573.
- BECK A., 1891. *Oznaczenie lokalizacji w mózgu i rdzeniu za pomocą zjawisk elektrycznych*. *Rozprawy Wydziału mat. – przyrodn. Akademii Umiejętności, Ser. II, t. 1, 187–232*, (odbitka polska i streszczenia z roku 1890).
- BECK A., 1973. *The determination of localizations in the brain and spinal cord with the aid of electrical phenomena*. BRAZIER M. A. B. (red.). *Acta Neurobiol. Exp., Suppl.* 3, 1–55.
- BECK A., BIKELES G., 1910. *Zur Lehre Munk's über Beginn und Reihenfolge in der Ausbreitung der Bewegungen bei Rückenmarkreflexen, wie bei Tätigkeit der sogenannten „Prinzipalzentren“*. *Archiv für die gesamte Physiologie* 135, 45–58.
- BECK A., CYBULSKI N., 1892. *Weitere Untersuchungen über die elektrischen Erscheinungen in der Hirnrinde der Affen und Hunde*. *Centralblatt für Physiologie* 6, 1–6.
- BECK A., CYBULSKI N., 1915. *Fizjologia człowieka*. Kraków.
- BECK-ZAKRZEWSKA J., 1973. *A daughter's memories of Adolf Beck*. BRAZIER M. A. B. (red.), *Acta Neurobiol. Exp., Suppl.* 3, 57–59.
- BERGER H., 1929. *Über das Elektrenkephalogramm des Menschen*. *Archiv für Psychiatrie* 87, 527–570.
- BERGER H., 1969. *On the electroencephalogram of man, the fourteen original reports on the human electroencephalogram*. GLOOR P. (red.), *Electroenceph. Clin. Neurophysiol., Suppl.* 28, 1–350.
- BILSKI R., PAWLIK W., 1995. *The investigation of ADOLF BECK on the sensory centres localization in the brain*. [W:] *Eksperymentalna ta Klinikzna Fizjologija*. Zbirknik naukowich pracj od 100-riczija Kafedry Fizjologii 1895–1995, Lwiwskij Medicznij Uniwersitet, Lwiw, str. 22–23.
- BRAZIER M. A. B., 1959. *The historical development of neurophysiology*. [W:] FIELD J., (red.), *Handbook of Physiology, Section 1, Neurophysiology*, t. 1, Washington, American Physiological Society, str. 48–58.
- BRAZIER M. A. B., 1961. *A history of the electrical activity of the brain. The first half-century*. London, Pitman.
- BRAZIER M. A. B., 1988. *The brain yields its electricity*. [W:] *A history of neurophysiology in the 19th century*. New York, Raven Press, str. 185–248.
- CATON R., 1875. *The electric currents of the brain*. *Brit. Med. J.* 2, 278.
- CATON R., 1877. *Interim report on investigations of the electric currents of the brain*. *Brit. Med. J., Suppl.* L, 62–65.
- CATON R., 1891. *Die Ströme des Centralnervensystems*. *Centralblatt für Physiologie* 4, 785–786.
- COENEN A. M. L., 1995. *Neuronal activities underlying the electroencephalogram and evoked potentials of sleeping and waking, implications for information processing*. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 19, 447–463.
- COENEN A. M. L., VENDRIK A. J. H., 1972. *Determination of the transfer ratio of cat's geniculate neurons through quasi-intracellular recordings and the relation with the level of alertness*. *Exp. Brain Res.* 14, 227–242.
- COENEN A. M. L., ZAJACHKIVSKY O., BILSKI R., 1998. *In the footsteps of Beck: the desynchronization of the electroencephalogram*. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 106, 330–335.
- DANILEWSKY W. Y., 1877. *Badania nad fizjologią mózgu (ros.)*. *Rozprawa doktorska, Uniwersytet Charkowski*.
- DANILEWSKY W. Y., 1891. *Zür Frage über die elektromotorischen Vorgänge im Gehirn als Ausdruck seines Thätigkeitszustandes*. *Centralblatt für Physiologie* 4, 473–476.
- FLEISCHL VON MARXOW E., 1890. *Mittheilung, betreffend die Physiologie der Hirnrinde*. *Centralblatt für Physiologie* 4, 537–540.
- FRENCH J. D., 1957. *The reticular formation*. *Scient. Amer.* 196, 54–60.
- GOTCH F., HORSLEY V., 1891. *Über den Gebrauch der Elektrizität für die Lokalisierung der Erregungserscheinungen im Centralnervensystem*. *Centralblatt für Physiologie* 4, 649–651.
- HOLOBUT W., 1958. *Wspomnienie pośmiertne o Adolfie Becku*. *Acta Physiol.* 9, 7–15.
- JONES B. E., 1990. *Influence of the brainstem reticular formation, including intrinsic monoaminergic and cholinergic neurons, on forebrain mechanisms of sleep and waking*. [W:] *The diencephalon and sleep*. MANCIAM., MARINI G. (red.), New York, Raven Press, str. 31–48.

- KARBOWSKI K., BILSKI R., 1995. *Beitrag Polnischer Physiologen A. Beck (1863–1942) und N. Cybulski (1854–1919) zur Erforschung der Hirnelektrischer Aktivität.* [W:] *Eksperymentalna Kliniczna Fizjologija. Zbirnik naukowych pracj do 100-riczija Kafedry Fizjologii 1895–1995.* Lwivskij Medicznij Uniwersitet, Lwiv.
- LEWANDOWSKI M. H., MÜLLER C. M., SINGER W., 1993. *Reticular facilitation of cat visual cortical responses is mediated by nicotinic and muscarinic cholinergic mechanisms.* *Exp. Brain Res.* 96, 1–7.
- LOPES DA SILVA F., 1991. *Neural mechanisms underlying brain waves, from neural membranes to networks.* *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 79, 81–93.
- MCCORMICK D. A., BAL TH., 1994. *Sensory gating mechanisms of the thalamus.* *Curr. Opin. Neurobiol.* 4, 550–556.
- MORUZZI G., MAGOUN H. W., 1949. *Brain stem reticular formation and activation of the EEG.* *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 1, 455–473.
- NIEDERMEYER E., 1993. *Historical aspects.* [W:] *Electroencephalography. Basic principles, clinical applications, and related fields.* NIEDERMEYER E., LOPES DA SILVA F. H. (red.), Third Edition, Baltimore, Williams & Wilkins, str. 1–14.
- PRAWDICZ-NEMINSKI W. W., 1913. *Ein Versuch der Registrierung der elektrischen Gehirnerscheinungen.* *Zentralblatt für Physiologie* 27, 951–960 (Autor Ryc. figuruje jako NIEMINSKI, W. W).
- PRAWDICZ-NEMINSKI W. W., 1925. *Zur Kenntnis der elektrischen und der Innervationsvorgänge in der funktionellen Elementen und Geweben des tierischen Organismus.* *Elektrocerebrogramm der Säugetiere.* *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie* 209, 362–382.
- SINGER W., 1977. *Control of thalamic transmission by corticofugal and ascending reticular pathways in the visual system.* *Physiol. Rev.* 57, 386–420.
- STERIADE M., 1991. *Alertness, quiet sleep, dreaming.* [W:] *Cerebral cortex.* PETERS A. (red.), New York, Plenum Press, 9, 279–357.
- SZYMUSIAK R., 1995. *Magnocellular nuclei of the basal forebrain, substrates of sleep and arousal regulation.* *Sleep* 18, 478–500.
- ŚRÓDKA A., 1994. *Beck Adolf.* [W:] *Uczeni polscy XIX i XX stulecia.* ŚRÓDKA A. (red.), I, A–G, Aries, Warszawa.
- ŻERNICKI B., 1987. *Adolf Beck 1863–1942.* *Acta Physiol. Polon.* 38, 114–122.