

Przecczaszkowa stymulacja stałoprądowa tDCS i inne pokrewne techniki w terapii zaburzeń psychicznych

Transcranial direct current stimulation and related techniques in treatment of psychiatric disorders

Tomasz Zyss

Oddział Kliniczny Kliniki Psychiatrii Dorosłych Szpitala Uniwersyteckiego w Krakowie
Kierownik: prof. dr hab. n. med. A. Zięba

Summary

Transcranial Direct Current Stimulation tDCS is one from many techniques of electrical head stimulation, which were or are subjected to clinical investigations for testing their mainly antidepressive efficacy, and which do not evoke the excessive stimulation of brain neurones with eliciting of the paroxysmal discharge. Despite the proven effectiveness of the convulsive techniques, amongst them electroconvulsive therapy ECT, investigations over sub(non) convulsive methods were continued.

The paper describes and contains a systematisation trial of the sub(non)convulsive techniques applied in the period of past decades in the therapy of psychical disorders. Their clinical effectiveness is low, and investigations over them have mainly a cognitive value.

Słowa klucz: przecczaszkowa stymulacja stałoprądowa, techniki poddrgawkowe, depresja, terapia

Key words: transcranial direct current stimulation, subconvulsive techniques, depression, therapy

Wstęp

Badania eksperymentalne i kliniczne Cerletiego [1] i Biniego [2] udowodniły, iż znaczenie terapeutyczne ma stymulacja elektryczna głowy za pomocą takich parametrów prądu stymulującego, które ostatecznie prowadzą do wyzwolenia czynności napadowej. Mimo to w dalszym ciągu w leczeniu rozmaitych schorzeń psychicznych próbowano wykorzystywać metody poddrgawkowe (subkonwulsyjne, podwstrząsowe, niedrgawkowe) [3]. Były one pewną odpowiedzią na potrzebę zmniejszenia ryzyka wystąpienia głównie chirurgicznych powikłań terapii EW w okresie, gdy nie stosowano jeszcze anestezjologicznych technik znieczulenia ogólnego i zwiotczenia. Część z tych metod ma obecnie jedynie historyczne znaczenie. Wraz z szerokim rozpowszechnieniem stosowania zabiegów EW modyfikowanych farmakologicznie, poddrgawkowe metody stymulacji, w związku z ich mniejszą skutecznością, zostały niemal całkowicie

wyparte. Już w latach 50. większość autorów potwierdzała, iż skuteczność terapeutyczną mają głównie techniki drgawkowe [4, 5]. Mimo to w ostatnim okresie poddrgawkowe techniki stymulacji elektrycznej przeżywają swoisty renesans: ponownie badaniom klinicznym poddawane są rozmaite postacie poddrgawkowej stymulacji elektrycznej. Najbardziej znaną metodą, której poświęcono liczne prace badawcze, opracowania, a nawet międzynarodowe konferencje naukowe, jest przeczaszkowa stymulacja stałoprądowa lub stymulacja prądem stałym (tDCS = transcranial direct current stimulation) [6].

Celem przedkładanej pracy jest zaprezentowanie i usystematyzowanie technik stymulacji elektrycznej stosowanych w terapii psychiatrycznej, które nie są zaliczane ani do zabiegów elektrowstrząsowych, ani też do nowych technik w rodzaju głębokiej stymulacji mózgu DBS czy też stymulacji nerwu błędnego VNS. Te zostały omówione w opracowaniu monograficznym [7].

Elektrosen (elektronarkoza)

Najbardziej znaną dawną metodą stymulacji poddrgawkowej jest elektrosen lub elektronarkoza. Sama technika elektrosnu miała przy tym wiele znaczeń. Z jednej strony polegała ona na wywoływaniu za pomocą odpowiednio długotrwałej stymulacji słabym prądem elektrycznym efektu nasennego (znieczulenia ogólnego, narkozy), z drugiej strony za pomocą tej techniki próbowano uzyskać inne efekty terapeutyczne, np. przeciwdepresyjne czy przeciwłękowe, jednak zasadniczo bez wyzwalania czynności napadowej.

Po raz pierwszy elektronarkozę mieli zastosować Frostig i wsp. [8], wykorzystując prąd zmienny o częstotliwości 60 Hz i natężeniu 250 mA (ok. 3–4 x słabsze natężenie od stosowanego obecnie w technice EW), płynący przez głowę przez 30 sekund. W trakcie stymulacji utrzymywał się toniczny skurcz mięśni wraz z zatrzymaniem oddechu i tętna (raczej chodziło o brak możliwości wycucia tętna niż rzeczywiste zatrzymanie pracy serca). Tym samym elektronarkoza odpowiadałaby zjawisku rażenia (porażania) pacjenta prądem elektrycznym.

Liczni autorzy kontynuowali badania kliniczne nad wykorzystaniem elektronarkozy w terapii schizofrenii i zaburzeń depresyjnych czy zaburzeń psychosomatycznych [9, 10, 11]. Müller [12] opisał uspokajające działanie stymulacji elektrycznej (Elektrotranquillisation), a Philip i wsp. [13] badali działanie przeciwłękowe techniki elektrosnu.

Pojawiły się jednak krytyczne doniesienia, które opisywały częste i ciężkie powikłania związane ze stosowaniem tej metody. Do najpoważniejszych powikłań zaliczano zapaść oraz przedłużające się – nawet do kilku dni – stany zamroczeniowe, które związane były najpewniej z zaburzeniami pracy serca i wtórnym niedotlenieniem mózgu [14]. Dlatego też stosowanie techniki elektronarkozy w leczeniu psychiatrycznym zostało zarzucone z końcem lat 70. ubiegłego wieku [15].

Geddes [16] opisał możliwość uzyskania za pomocą stymulacji elektrycznej stanu elektronarkozy, wywołującej sen i mającej działanie przeciwbólne. W tej postaci elektrosnu stosowano częstotliwości zarówno 50–60 Hz, jak i znacznie wyższe (rzędu

700–1500 Hz). Wykorzystywano tu znacznie mniejsze natężenia prądu niż miało to miejsce w technice EW. Za pomocą techniki elektronarkozy udawało się wywoływać sen i uzyskiwać znieczulenie ogólne – mogące mieć zastosowanie przy krótkotrwałych zabiegach operacyjnych – częściej u zwierząt niż ludzi [17]. Stąd pochodziła inna nazwa tej techniki – elektroanestezja, która dzisiaj praktycznie nie jest wykorzystywana klinicznie. Ten rodzaj stymulacji elektrycznej często wiązany jest także z nazwiskiem Giljarowskiego [18]. Sen pojawiał się po mniej więcej 10–20 minutach stymulacji; same zabiegi wykonywano co drugi dzień, a ich łączna liczba dochodziła do dwudziestu. Badania nad nasennym działaniem stymulacji elektrycznej głowy prowadzili też inni autorzy [19, 20].

Zabiegi elektryczne typu absence

Plattner i Lönis [21] stosowali słabe parametry stymulacji do wywołania „wylęceń elektrycznych”, tj. niedrgawkowego stanu napadowego (zabiegi typu electroabsence lub petit mal). Zabiegi były przeprowadzane dwa razy tygodniowo i składały się z trzech stymulacji dokonywanych w ciągu 5 minut. Miały być one skuteczne w terapii depresji starczych i „arteriosklerotycznych”; słaby efekt wykazywały w psychozach inwolucyjnych i nie wykazywały działania w depresjach endogennych i schizofrenii. Zastosowanie zabiegów doprowadzających jedynie do napadów małych (petit mal) opisywał m.in. Kalinowsky i wsp. [22].

Przeznaczskowa dielektroliza

Z historycznego punktu widzenia wspomnieć można metodę przeznaczskowej di(e)elektrolizy – opisaną w 1948 r. przez Bourgignona [23], która polegała na wprowadzaniu do mózgu jonów magnezu za pomocą stymulacji, zapewne prądem stałym. Autor zalecał stosowanie tej techniki w leczeniu rozmaitych schorzeń psychicznych, zwłaszcza depresji. Również w przypadku zaburzeń otepiennych miało mu się udawać uzyskać okresowe poprawy. Autor oceniał swoją metodę za bardziej skuteczną niż zabiegi elektrowstrząsowe, a działanie jej tłumaczył korzystnym wpływem jonów magnezowych na komórki neurogleju.

Topy elektryczne

Do technik elektrowstrząsopodobnych lub też pokrewnych nie można zaliczyć zabiegów topelektrycznych opisanych m.in. przez Dolmierskiego i Krzyżowskiego [24], i ponownie przez Krzyżowskiego [25], zabiegi te (topy elektryczne) polegały bowiem na wielokrotnym (w serii) aplikowaniu prądu elektrycznego (70 V, 250–300 mA, 0,3 s) nie na głowę pacjenta, lecz na inne części jego ciała: pośladek, podudzie, ramię, dłoń. Autorzy sugerowali, iż metoda ta przypomina sposób leczenia nerwicy wojennych stosowany przez Kaufmana i Kehrera. W mechanizmie jej działania autorzy odwoływali się do pobudzania lub hamowania funkcji komórkowych i tkankowych, z ich rozgrzaniem i przyspieszeniem reakcji biochemicznych. Wyjaśnienia te należy

traktować jako dalece spekulatywne, a sama metoda przypomina bardziej punitywne [26] zabiegi stosowane w *Locie nad kukulczym gniazdem* [27].

Różne modyfikacje metody topowej były jednak stosowane przez licznych autorów jako postać behawioralnej metody awersyjnej w terapii alkoholizmu oraz uzależnienia od innych środków psychoaktywnych, hazardu, w przypadku zachowań autoagresywnych itp. Bolesna stymulacja elektryczna była stosowana równolegle z prezentacją obiektu, przeciwko któremu wytwarzana była reakcja awersyjna [28, 29, 30]. Terapeutyczne wykorzystywanie metod warunkowania pawłowaniańskiego za pomocą nieprzyjemnych metod bólowych rodzi jednak określone wątpliwości natury etycznej [31].

Stymulacja galwaniczna i „drażnienie elektryczne”

Mimo iż badania neurofizjologiczne w XIX i na początku XX wieku wyraźnie pokazały, iż za pomocą prądu stałego nie sposób jest doprowadzić do specyficznego pobudzenia układu nerwowego – próby wykorzystania stymulacji galwanicznej (stymulacji prądem stałym) były podejmowane wielokrotnie przez różnych autorów.

W celu uzyskania stymulacji podwstrząsowej stosowano możliwie najmniejsze parametry prądowe komercyjnych stymulatorów lub też tak modyfikowano ich pracę, aby jeszcze bardziej ograniczyć generowaną dawkę [32]. Według Krzyżowskiego [25] formalnym twórcą techniki elektrostymulacji podwstrząsowej był Hirschfeld [33]. Posługując się bardzo słabymi prądami, przeprowadzał „zabiegi elektrycznego drażnienia” (Elektroreizbehandlung). Technika ta była kontynuacją faradycznych zabiegów szokowych opracowanych przez Berkwita [34]. Sam termin „szokowy” był oczywiście mało poprawny, gdyż stymulacja nie prowadziła do utraty przytomności oraz wyzwolenia napadu drgawkowego [35].

Prace Hirschfelda kontynuował Alexander [36], wykorzystując stymulator generujący stały prąd o natężeniu 1,5–5 mA z iglicami prądowymi dochodzącymi do 60–200 mA. Pacjent był poddany stymulacji przez 0,5–6 minut. Wykorzystując stymulację o opisanych parametrach Alexander opracował technikę przeciwsoków lub antywstrząsów (counter-shock; Gegenschockbehandlung), która polegała na stosowaniu stymulacji niedrgawkowej tuż po adekwatnym wstrząsie z drgawkami. Metoda ta miała zmniejszać uczucie ponapadowego lęku i redukować ponapadowe pobudzenie oraz zaburzenia pamięci.

W literaturze można znaleźć opisy jeszcze jednej techniki, wykorzystującej do terapii zaburzeń psychicznych (w tym również depresji) stymulację słabym prądem stałym, która określana była terminem polaryzacji stałoprądowej (DC polarization) [37].

Przecczaszkowa stymulacja elektryczna (TCS/TES)

W 1980 r. Merton i Morton [38] wprowadzili do praktyki klinicznej kolejną technikę stymulacji elektrycznej, tzw. przecczaszkową stymulację elektryczną (TCS = transcranial stimulation; TES = transcranial electrical stimulation). Metoda ta polegała na stymulowaniu głowy w celach diagnostycznych za pomocą pojedynczych impulsów

elektrycznych o dużym napięciu (350–2000 V) i małym natężeniu (500–900 mA). Tak dobrane parametry stymulacji pozwalały na przezwyciężenie wysokich oporów pojemnościowych, które spowodowane są budową głowy, i dotarcie do okolic pierwszorzędowej kory ruchowej. Stosowane parametry impulsów powodowały jednak, iż sama procedura stymulacji była bolesna i dość nieprzyjemna dla badanej osoby.

Metoda ta była prekursorska w stosunku do zastosowanej pięć lat później techniki przeznaczowej stymulacji magnetycznej mózgu (TMS = transcranial magnetic stimulation) w badaniu motorycznych potencjałów wywołanych (MEP = motor evoked potentials) [39]. Technika stymulacji TCS/TES wykorzystywana była głównie w celach diagnostycznych, a nie terapeutycznych.

Czaszkowa stymulacja elektroterapeutyczna (CES)

Techniki podobne do elektrosnu stosowane są nadal pod nazwami: czaszkowej stymulacji elektroterapeutycznej (CES = cranial electrotherapy stimulation), terapii neuroelektrycznej (NET = neuroelectric therapy) czy przeznaczowej elektroterapii (TET = transcranial electrotherapy) [40]. Elektrody stymulacyjne umieszczane są na wyrostku sutkowatym, na górnej części małżowiny usznej lub płatkuszku usznym. Są podłączane do małych, nabywanych do użytku osobistego stymulatorów generujących modulowany prąd elektryczny o natężeniu od 1,5 do 200 μA i częstotliwości 0,5–100 Hz.

Mimo pewnych wątpliwości co do realnej skuteczności tak słabych prądów (kilka–kilkadziesiąt tysięcy razy słabszych od tych w elektrowstrząsach) – technika CES jest zaakceptowana do stosowania terapeutycznego przez amerykańską Agencję ds. Żywności i Leków (FDA), a wyniki prac badawczych są publikowane w indeksowanych czasopiśmie. Co ciekawe – w USA urządzenia do CES są na receptę, wydawaną przez osobę licencjonowaną. Oprócz lekarza może być nią psycholog kliniczny lub pielęgniarka.

Pewna skuteczność terapeutyczna techniki CES opisywana została w przypadku zaburzeń lękowych [41], rozmaitego rodzaju uzależnień i towarzyszących zaburzeń funkcji psychicznych [42, 43] oraz w somatogennych zespołach bólowych [44]. Podejmowane były również próby wykorzystania CES w terapii pacjentów po urazach głowy [45] w chorobie Alzheimera i innych zaburzeniach funkcji poznawczych [46]. W obu ostatnich wskazaniach jako bardziej efektywną miała być stymulacja elektryczna z wyższymi częstotliwościami generowania impulsów.

Klawansky i wsp. [47] poddali metaanalizie 18 badań klinicznych, w których wykorzystana była technika CES. Analiza wykazała, iż większość prac nie zawierała danych pozwalających na realną ocenę skuteczności terapii. Ponadto większość z nich nie była przeprowadzona w warunkach choćby pojedynczej ślepej próby.

Przeznaczona stymulacja stałoprądowa (tDCS)

Najważniejszą obecnie postacią stymulacji poddrgawkowych jest przeznaczona stymulacja stałoprądowa (prądem stałym) (tDCS = transcranial direct current stimulation) [48, 49] – przypominająca wymienioną powyżej technikę polaryzacji stałoprądowej (DC polarization). Obok techniki przeznaczowej stymulacji magnetycznej

(TMS), stymulacji nerwu błędnego (VNS), terapii magnetowstrząsowej (MST) oraz głębokiej stymulacji mózgu (DBS) – technika tDCS zaliczana jest do jednej z pięciu nowych fizykalnych metod, które w ostatnich latach poddawane są badaniom pod kątem ich skuteczności przeciwdepresyjnej [50].

Metoda tDCS wykorzystuje słaby prąd stały o natężeniu 1–2 (0,2–10) mA (aplikowany za pomocą elektrod skórnych przez 20–30 minut) i właściwie powinna nazywać się nie stymulacją, lecz polaryzacją. Elektrody o dużej powierzchni mogą być umieszczane w dowolnym miejscu, na głowie pacjenta – w zależności od zastosowań. Niektórzy autorzy proponują stosowanie metody stymulacji jednobiegunowej, w której elektroda aktywna umiejscowiona jest na głowie, a pasywna poza nią, np. na karku lub ramionach [51]. W porównaniu z innymi technikami fizykalnego leczenia w psychiatrii, stymulacja tDCS jest metodą najmniej kosztowaną. W literaturze można znaleźć informacje, iż stymulatory stosowane w tej technice kosztują między 100 [52] a 4000 USD [53].

Propagatorzy techniki tDCS przekonują, iż stałe napięcie przyłożone do głowy wytwarza stałe pole elektryczne, które ma modyfikować częstotliwość wyładowania neuronów [54]. Częstotliwość ta ma wzrastać, gdy dodatni biegun lub elektroda (anoda) oddziałuje na ciało komórek nerwowych i dendryty, a zmniejsza się w przypadku przyłożenia w okolicy elektrody ujemnej (katody). Na poziomie neurofizjologicznym efekt ten można tłumaczyć tym, że anoda prowadzi do depolaryzacji położonych w pobliżu neuronów, a tym samym sprzyja powstawaniu potencjału czynnościowego i pobudzeniu komórki. Odwrotny efekt pod postacią hiperpolaryzacji występuje w pobliżu katody [55]. Tym zależnym od polarności stymulacji neuroplastycznym przesunięciem pobudliwości ludzkiego mózgu została poświęcona praca Nitschego i wsp. [56]. Opisywany jest wpływ stymulacji tDCS zarówno na zjawiska długotrwałego wzmocnienia synaptycznego (LTP = long term potentiation), jak i długotrwałego osłabienia synaptycznego (LTD = long term depression) [57].

Krytycy metody twierdzą z kolei, iż prąd rzędu 1–2 mA aplikowany na powierzchnię głowy (co odpowiada kilku voltom przyłożonego napięcia = 1–3 baterii połączonych szeregowo) pozwala na uzyskanie prądu rzędu kilku–kilkudziesięciu mikroamperów na głębokości tkanki nerwowej mózgu, co jest wartością znacznie mniejszą od prądów endogennych generowanych przez same komórki nerwowe. Tym samym nie wydaje się prawdopodobne, aby technika tDCS mogła w jakikolwiek sposób modyfikować funkcje komórek nerwowych, a w ogólności również całego mózgu. Większość autorów – informujących w swych publikacjach o określonych efektach biologicznych czy klinicznych stymulacji tDCS – w żaden sposób nie próbowała wyjaśnić wątpliwości co do niezwykle słabego bodźca stymulującego [58].

Badacze z Narodowego Instytutu Chorób Neurologicznych i Udaru Mózgu (NINDS = National Institute of Neurological Disorders and Stroke) przeprowadzili badania pierwszej fazy nad bezpieczeństwem stymulacji tDCS [59]. U 103 zdrowych ochotników przeprowadzono 20-minutową sesję stymulacyjną, wykorzystując prąd o natężeniu 1–2 mA. Efekty stymulacji tDCS oceniane były na podstawie badania EEG oraz serii badań psychologicznych. Nie udało się wykazać żadnych objawów ubocznych. Również badania neurostrukturalne MRI nie wykazały, aby stymulacja

tDCS prowadziła do jakichkolwiek morfologicznych uszkodzeń w obrębie tkanki mózgowej [60]. Dla tak słabych parametrów stymulacji, jakie stosuje się w technice tDCS, trudno byłoby oczekiwać innych wyników.

Antal i wsp. [61] oraz Poreisz i wsp. [62] opisali wpływ tDCS na procesy przetwarzania informacji w korze wzrokowej. W niektórych pracach wykazano, iż tDCS okolic czołowych powoduje poprawę funkcji pamięciowych [63, 64].

Podjęmowane są próby terapeutycznego wykorzystania techniki tDCS u pacjentów po zawałach mózgu [65], w przypadku zaburzeń mowy typu afazji [66], w migrenie [67] oraz padaczce [68]. Nitsche i wsp. [69] wykazali, iż tDCS może wpływać na zjawiska neuroplastyczności.

Pojawiły się także publikacje wykazujące pewną skuteczność terapeutyczną tDCS w depresji [70, 71, 72], szczególnie przy stymulacji lewej okolicy grzbietowo-bocznej kory przedczołowej (LDLPFC – left dorsolateral prefrontal cortex), która uważana jest za jedną z kluczowych struktur uczestniczących w powstawaniu zaburzeń nastroju [73].

W badaniu z 2008 r. Boggio i wsp. [70] poddali stymulacji tDCS 40 pacjentów z rozpoznaniem depresji. Pacjenci – nie otrzymujący żadnej farmakoterapii – zostali w sposób randomizowany przydzieleni do trzech równoległych grup, w których zastosowano: a) prawdziwą stymulację za pomocą anody w okolicy LDLPFC, b) taką samą stymulację w okolicy kory potylicznej, oraz c) stymulację rzekomą. Pacjentom – w warunkach podwójnie ślepej próby – zaaplikowano 10 sesji terapeutycznych przeprowadzonych w ciągu dwóch tygodni. Nasilenie depresji oceniane było za pomocą standardowych narzędzi badawczych: Skali Depresji Hamiltona oraz Inwentarza Depresji Becka. Największa poprawa (redukcja w Skali Hamiltona o 40,4%) zaobserwowana była w grupie a; średnia (redukcja punktacji w HAMD o 21,3%) w grupie b; a słabszy efekt odnotowany został w grupie c (redukcja punktacji w HAMD o jedynie 10,4%). Efekt terapeutyczny utrzymywał się jeszcze przez miesiąc po zakończeniu stymulacji. Sama procedura tDCS była dobrze tolerowana przez pacjentów z każdej grupy, poza ujawnieniem się łagodnych objawów ubocznych – obecnych w podobnym odsetku we wszystkich grupach. Autorzy stwierdzili, iż wyniki ich badania klinicznego potwierdzają skuteczność przeciwdepresyjną przeznaczoną stymulacji stałoprądowej tDCS przeprowadzanej w lewej okolicy grzbietowo-bocznej kory przedczołowej.

Ze względu na to, iż technika stymulacji tDCS wykorzystuje prąd stały o bardzo niewielkim natężeniu – jego przepływ (urządzenie włączone, ON) jest zwykle niewyczuwalny dla pacjenta. Pozwala to rzeczywiście na przeprowadzanie badań klinicznych w warunkach ślepej próby. Podana w pracy Boggia i wsp. [70] informacja, iż pacjenci pozostawali bez leków, jest bardzo istotna – pozwala uzyskać wyniki przypisać głównie stymulacji tDCS, a nie dodanej stymulacji tDCS. Przeprowadzony eksperyment prezentował jednak tylko wyniki ostrej stymulacji, co jest dalece niewystarczające w zakresie oceny realnej skuteczności długoterminowego stosowania tej metody. Z kolei utrzymanie przez dłuższy czas pacjenta z rozpoznaniem depresji bez standardowej farmakoterapii przeciwdepresyjnej jest nieetyczne i niewskazane z klinicznego punktu widzenia.

Analizując piśmiennictwo związane z metodą stymulacji tDCS stwierdza się wyraźną przewagę prac poglądowych [74, 75] nad oryginalnymi pracami badawczymi. Działanie przeciwdepresyjne udało się potwierdzić w niezbyt licznej grupie pacjentów, ale metoda tych badań budzić może pewne zastrzeżenia.

Według Fregniego i wsp. [76] stymulacja tDCS okolic grzbietowo-bocznych płatów czołowych zmniejsza apetyt, co autorzy tłumaczyli wpływem stymulacji na układy neuronalne związane z podejmowaniem decyzji. Podobne efekty obserwowane były również w przypadku uzależnienia od nikotyny [77].

Obecnie metodę tDCS usiłuje się stosować w badaniach łącznie z technikami funkcjonalnego rezonansu magnetycznego fMRI [78]. Według Paulusa [79] polaryzacja komórek nerwowych pod wpływem tDCS ma zwiększać ich pobudliwość. Z kolei Nietzsche i wsp. [80] stwierdzili, iż efekt zależy od rodzaju elektrody stymulującej. I tak, pod anodą pobudliwość kory ulegała zwiększeniu, a pod katodą (katodami) – zmniejszeniu, co oczywiście można wyjaśnić naturą płynących tam prądów.

Inne postacie stymulacji elektrycznej

Na zakończenie przedstawione zostaną techniki nie wykorzystujące wprawdzie stymulacji powierzchni głowy czy nawet kory mózgowej, lecz które mimo to nie są zaliczane do głębokiej stymulacji mózgu DBS. Już w 1953 r. Negrin [81] zaproponował technikę polegającą na bezpośrednim drażnieniu przez elektrody implantowane do mózgu. Wyszedł z założenia, iż bezpośrednie drażnienie elektryczne mózgu powinno mieć większą wartość terapeutyczną niż pośrednie (tj. z powierzchni głowy) – jak to ma miejsce w konwencjonalnej technice EW. Według Krzyżowskiego [25] Negrin miał swoją metodę zaprezentować na zjeździe Nowojorskiego Towarzystwa Psychiatrycznego w 1953 r. Już podczas samego zjazdu proponowana metoda spotkała się z krytyką i nie znalazła szerokiego zastosowania. Jedynie sam autor kontynuował badania przez kilka kolejnych lat [82]. Miał uważać, iż wskazaniem do zastosowania tak inwazyjnej metody powinna być sytuacja, gdy dotychczasowe leczenie farmakologiczne i klasyczna terapia EW okazały się nieskuteczne (wysoka oporność na leczenie). Za stosowaniem niedrgawkowych metod stymulacji ogniskowych mózgu w terapii różnych zaburzeń psychicznych opowiadali się również Pacella i Impastato [83] oraz Breitner [84], który jako miejsce implantowania elektrod stymulujących proponował struktury międzymózgowia.

W kilku ostatnich latach badacze amerykańscy ponownie zainteresowali się ogniskowymi elektrycznymi stymulacjami mózgu. Ponieważ do stymulacji stosuje się prąd zmienny, Arana i wsp. [85] zaproponowali nazwę: przezczaszkowa zmiennoprądowa stymulacja (tACS = transcranial alternating current stimulation) – w przeciwieństwie do omówionej powyżej stymulacji stałoprądowej (tDCS = transcranial direct current stimulation).

Sackeim wyróżnił przy tym dwie techniki [86]:

- 1) w przypadku stosowania słabszych prądów (brak dokładnych danych) ma się do czynienia ze „zwykłą” (niedrgawkową, nienapadową) miejscową stymulacją okolic mózgu położonych pod elektrodami stymulującymi, która określana jest terminem FEAT (focal electrically-administered therapy; miejscowo przeprowadzana terapia elektryczna);

2) dla nieco silniejszych parametrów prądowych uzyskiwana jest wprawdzie czynność napadowa, ale ograniczona miejscowo – głównie do okolic przedczołowych i/ lub środkowej skroni, która nie rozprzestrzenia się na okolice ruchowe i tym samym nie prowadzi do wywołania uogólnionego napadu drgawkowego; tego rodzaju metoda otrzymała termin FEAST (focal electrically-administered seizure therapy; miejscowo przeprowadzana wstrząsowa terapia elektryczna).

Większość badań nad techniką FEAT/FEAST była przeprowadzona na małpach naczelnych [87]. Bermann w 2007 r. [88] poinformował o pierwszych 10 pacjentach poddanych stymulacji FEAST. Stymulację FEAST przeprowadza się, umieszczając elektrody stymulujące blisko siebie w okolicach przedczołowych (na biegunach czołowych) i wykorzystując bodźce generowane przez komercyjne aparaty do EW, które ustawia się na niskie wartości. U siedmiu z wymienionych 10 pacjentów efektywność stymulacji FEAST nie odbiegała od tej obserwowanej dla zwykłych zabiegów EW, lecz mniejsze było nasilenie objawów ubocznych – głównie z grupy zaburzeń poznawczych.

FEAT/FEAST wydają się przypominać technikę poronnych lub niedrgawkowych zabiegów elektrowstrząsowych EW, których to skuteczność kliniczna oceniana była na dość niskim poziomie. Z dostępnych autorowi źródeł nie wynika, jak wygląda przebieg leczenia, tj. czy przykładowo stymulacja przeprowadzana jest u pacjenta przytomnego czy też uśpionego i zwiotzonego (w znieczuleniu ogólnym jak w przypadku zabiegów EW). Zbyt mało jest badań klinicznych oraz zbyt mała jest grupa przebadanych pacjentów, aby móc się zorientować w realnej sile działania techniki FEAT/FEAST.

Podsumowanie

Oprócz potwierdzonej wysokiej skuteczności terapii elektrowstrząsowej – polegającej na wywołaniu w sieci neuronalnej mózgu czynności napadowej – nadal badaniom poddawane były rozmaite postacie stymulacji poddrgawkowej. Stymulacje te przeprowadzane były za pomocą różnych parametrów bodźca stymulującego. Ich skuteczność kliniczna jest niewielka, a same badania nad tymi technikami stymulacyjnymi miały lub mają znaczenie głównie poznawcze.

Чрезчерепная стимуляция постоянным током и иные сходные техники в терапии психических нарушений

Содержание

Чрезчерепная стимуляция постоянным током является одной из техник электрической стимуляции головы, которые были или же применяются в настоящее время. Эти методы оцениваются с клинической точки зрения и точки зрения их эффективности, особенно как антидепрессивный метод лечения. В этом случае, не отмечается высокого возбуждения в клетках головного мозга с провокацией пароксизмальной активности. Несмотря на доказанную эффективность пароксизмальных стимуляций, к которым причисляется электрошоковая терапия, исследования этих методов, особенно субпараксизмальных, продолжают и сегодня. В настоящей работе представлено описание и проба систематизации субпараксизмальных методов, применяемых в периоде последних десятилетий при лечении психических заболеваний. Их клиническая эффективность невысока, а исследования над этими техниками, скорее всего, носят познавательный характер.

Transkraniale Gleichstromstimulation tDCS und andere verwandte Techniken bei Behandlung der psychischen Störungen

Zusammenfassung

Transkraniale Gleichstromstimulation ist eine der vielen Techniken der Elektrostimulation des Kopfes, die den klinischen Untersuchungen im Hinblick auf ihre Wirksamkeit unterliegen – hauptsächlich der antidepressiven Wirksamkeit, - und die zur übermäßigen Induktion der Hirnzellen mit der Auslösung eines Anfalls nicht führen. Trotz der bewiesenen Wirksamkeit der Krampfstimulationen, zu denen man die Elektroschocktherapie zählt, waren die Studien an den subkonvulsiven Methoden fortgesetzt.

Die Arbeit beschreibt die subkonvulsiven Techniken, die in den vergangenen Jahrzehnten bei der Therapie von psychischen Störungen angewandt wurden, und versucht, sie zu systematisieren. Ihre klinische Wirksamkeit ist nicht groß, und die Studien an diesen Techniken spielen hauptsächlich eine kognitive Rolle.

La stimulation tDCS (Transcranial Direct Current Stimulation) et les autres techniques dans la thérapie des troubles psychiques

Résumé

La stimulation tDCS est une des techniques de la stimulation électrique de la tête qui ont été examinées ou qui sont examinées aux cliniques du point de vue de leur efficacité, avant tout antidépressive, mais qui ne provoquent pas d'excitation du cerveau aboutissant au paroxysme. Bien que leur efficacité soit attestée les recherches concernant les méthodes subconvulsives sont continuées.

Ce travail essaye d'écrire et de systématiser les techniques subconvulsives appliquées durant les dernières décennies dans la thérapie des troubles psychiques. Leur efficacité clinique reste médiocre et ces recherches gardent seulement la valeur cognitive.

Piśmiennictwo

1. Cerletti U. *Old and new information about electroshock*. Am. J. Psychiatry 1950; 107: 87–91.
2. Bini L. *Ricerche sperimentali sull'accesso epilettico da corrente elettrica*. Schweizer Archiv für Neurologie und Psychiatrie 1937; 39 (supl.): 121–122.
3. Lader M., Herrington R. *Biological treatments in psychiatry*. Oxford, New York, Tokyo: Oxford University Press; 1996.
4. Pulver SE, Jacobs EG. *Effect of nonconvulsive electric stimulation upon some side effects of ECT*. Dis. Nerv. Syst. 1961; 22: 382–388.
5. Thompson WA. *Subconvulsive electric shock treatment of the psychosis*. Am. J. Psychiatry 1942; 99: 382.
6. Zyss T. *Przeznaczszkowa stymulacja stałoprądowa*. W: Zyss T, Zięba A, Dudek D, red. *Najnowsze techniki neuromodulacyjne w terapii zaburzeń depresyjnych*. Biblioteka Psychiatrii Polskiej. Kraków: Komitet Redakcyjno-Wydawniczy PTP; 2009, s. 161–181.
7. Zyss T, Zięba A, Dudek D, red. *Najnowsze techniki neuromodulacyjne w terapii zaburzeń depresyjnych*. Biblioteka Psychiatrii Polskiej. Kraków: Komitet Redakcyjno-Wydawniczy PTP; 2009.
8. Frostig JP, von Harrevel A, Reznik S, Tyler DB, Wiersma CAG. *Electronarcosis in animals and in man*. Arch. Neurol. Psychiatr. 1944; 51: 232.
9. Goldman D. *Elektro-narcosis: Results in 125 cases with psychosis or psychoneurosis*. Am. J. M. Sc. 1949; 217: 405.
10. Kugler J, Taaks H. *Elektroschlafbehandlung von depressiven Kranken*. Elektromed. 1967; 14: 21.

11. Rees L. *Electronarcosis in the treatment of schizophrenia*. J. Ment. Sc. 1949; 95: 625.
12. Müller H. *Über Elektroschlaf und Elektrotranquillisation*. Berlin: Mefa-Verlag; 1966.
13. Philip P, Demotes-Mainard J, Bourgeois M, Vincent JD. *Efficiency of transcranial electrostimulation on anxiety and insomnia symptoms during a washout period in depressed patients. A double-blind study*. Biol. Psychiatry 1991; 29 (5): 451–456.
14. Mallett BL. *Cardiac irregularities following electrical treatment in psychiatric practice; with a case report*. Guys Hosp. Rep. 1956; 105 (2): 226–228.
15. Passini FG, Watson CG, Herder J. *The effects of cerebral electric therapy (electrosleep) on anxiety, depression, and hostility in psychiatric patients*. J. Nerv. Ment. Dis. 1976; 163 (4): 263–266.
16. Geddes LA. *Electronarcosis*. Med. Electr. Biol. Engineer. 1965; 3 (1): 11–26.
17. Geddes LA, Hoff HE, McCrady JD. *Electroanaesthesia in the horse*. W: Wageneder FM, Schuy St, red. *Electrotherapeutic sleep and electroanaesthesia*. International Congress Series No. 136. New York: Excerpta Medica Foundation; 1967: s. 73–80.
18. Giljarowski VA, Liwenzew NM, Segal JJ, Kirillowa SA. *Elektroschlaf*. Berlin: Verlag Volk u. Gesundheit; 1956.
19. Edel H, Kempf W. *Elektroheilschlaf – Untersuchungen über die Schlafwirksamkeit*. Asklepios 1965; 6: 312.
20. Glasow WA. *Der Einfluß narkosierender Ströme auf physiologische Reaktionen*. Arch. Biol. Wissenschft. 1936; 41: 103.
21. Plattner P, Lönis H. *Über krampffreie Elektrobehandlung depressiver Zustände*. Monatschr. f. Psychiatr. Neurol. 1943; 108: 209.
22. Kalinowsky LB, Barrera SE, Horwitz WA. *The „petit mal” response in electric shock therapy*. Am. J. Psychiatry 1942; 98: 708.
23. Bourgignon MG. *Résultats de la diélectrolyse en psychiatrie*. Ann. méd.-psychol. 1948; 106: 469.
24. Dolmierski R, Krzyżowski J. *Zabiegi topelektryczne w leczeniu psychiatrycznym*. Neurol. Neurochir. Psychiatr. Pol. 1965; 15 (2): 275–279.
25. Krzyżowski J. *Leczenie elektrowstrząsami*. Warszawa: LogoScript; 1991.
26. Ludwig AM, Marx AJ, Hill PA, Browning RM. *The control of violent behavior through faradic shock*. J. Nerv. Ment. Dis. 1969; 148 (6): 624–637.
27. Kesey K. *Lot nad kukulczym gniazdem*. Warszawa: Da Capo; 1993.
28. Bagadia VN, Mundra VK, Gopalani JH, Dand HK, Mundra AV, Mistry PP, Pradhan PV. *Electrical aversion therapy of chronic alcoholism*. J. Assoc. Physicians India 1979; 27 (11): 1027–1033.
29. Duker PC, Seys DM. *Long-term use of electrical aversion treatment with self-injurious behavior*. Res. Dev. Disabil. 1996; 17 (4): 293–301.
30. Seager CP. *Treatment of compulsive gamblers by electrical aversion*. Brit. J. Psychiatry 1970; 117 (540): 545–553.
31. Davidson WS 2nd. *Studies of aversive conditioning for alcoholics: a critical review of theory and research methodology*. Psychol. Bull. 1974; 81 (9): 571–581.
32. Friedman E, Wilcox PH. *Electroconvulsive doses in intact humans by means of unidirectional currents*. J. Nerv. Ment. Dis. 1942; 96: 56–63.
33. Hirschfeld GR. *Observations with non-convulsive electric-stimulation*. Psychiatr. Quart. Suppl. 1950, suppl. 2.
34. Berkwitz NJ. *Faradic shock treatment fo the ‘functional’ psychoses*. J. Lancet 1939; 59: 351.
35. Kalinowsky LB, Hoch PH. III. *Die Krampfbehandlungen*. W: Kalinowski LB, Hoch PH, red. *Schockbehandlungen, Psychochirurgie und andere somatische Behandlungsverfahren in der Psychiatrie*. Bern, Stuttgart: Medizinischer Verlag Hans Huber; 1951, s. 98–202.

36. Alexander L. *Nonconvulsive electric stimulation therapy*. Am. J. Psychiatr. 1950; 107: 241–250.
37. Lolas F. *Brain polarization: behavioral and therapeutic effects*. Biol. Psychiatry 1977; 12 (1): 37–47.
38. Merton PA, Morton HB. *Stimulation of the cerebral cortex in the intact human subject*. Nature 1980; 285 (5762): 227.
39. Barker AT, Jalinous R, Freeston IL. *Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex*. Lancet 1985; 1 (8437): 1106–1107.
40. Smith RB. *Cranial electrotherapy stimulation: its first fifty years, plus three*. Mustang: Tate Publishing & Enterprises; 2007.
41. Bystritsky A, Kerwin L, Feusner J. *A pilot study of cranial electrotherapy stimulation for generalized anxiety disorder*. J. Clin. Psychiatry 2008; 69 (3): 412–417.
42. Alling FA, Johnson BD, Elmoghazy E. *Cranial electrostimulation (CES) use in the detoxification of opiate-dependent patients*. J. Subst. Abuse Treat. 1990; 7 (3): 173–180.
43. Padjen AL, Dongier M, Malec T. *Effects of cerebral electrical stimulation on alcoholism: a pilot study*. Alcohol Clin. Exp. Res. 1995; 19 (4): 1004–1010.
44. Kirsch DL, Smith RB. *The use of cranial electrotherapy stimulation in the management of chronic pain: A review*. NeuroRehab. 2000; 14 (2): 85–94.
45. Smith RB, Tiberi A, Marshall J. *The use of cranial electrotherapy stimulation in the treatment of closed-head-injured patients*. Brain Inj. 1994; 8 (4): 357–361.
46. Scherder EJ, van Tol MJ, Swaab DF. *High-frequency cranial electrostimulation (CES) in patients with probable Alzheimer's disease*. Am. J. Phys. Med. Rehabil. 2006; 85 (7): 614–618.
47. Klawansky S, Yeung A, Berkey C, Shah N, Phan H, Chalmers TC. *Meta-analysis of randomized controlled trials of cranial electrostimulation. Efficacy in treating selected psychological and physiological conditions*. J. Nerv. Ment. Dis. 1995; 183 (7): 478–484.
48. Nitsche MA, Paulus W. *Transkranielle Gleichstromstimulation*. W: Siebner H, Ziemann U, red. *Das TMS-Buch. Handbuch der transkraniellen Magnetstimulation*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2007, s. 533–542.
49. Paulus W. *Transcranial direct current stimulation (tDCS)*. W: Paulus W, Tergau F, Nitsche MA, Rothwell JC, Ziemann U, Hallett M, red. *Transcranial magnetic stimulation and transcranial Direct Current Stimulation. Proceedings of the 2nd International on Magnetic Stimulation (TMS) and Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) Symposium*, Göttingen, 11–14 June 2003. Elsevier. Amsterdam, Lausanne, New York, Oxford, Shannon, Singapore, Tokyo, 2003. *Clin. Neurophysiol.* 2003; suppl. 56: 249–254.
50. /brak autorów/ *Depression – five new treatments*. Harv. Health Lett. 2000; 25: 2–3.
51. Williams JA, Fregni F. *Transcranial direct current stimulation*. W: Swartz CM, red. *Electroconvulsive and neuromodulation therapies*. New York: Cambridge University Press; 2009, s. 573–582.
52. Fregni F, Boggio PS, Nitsche M, Pascual-Leone A. *Correspondence. Transcranial direct current stimulation*. Brit. J. Psychiatry 2005; 186: 446–447.
53. Siever D. *Transcranial DC stimulation*. Edmonton: Mind Alive Inc.; 2009. http://www.mindalive.com/1_0/article%2010.pdf
54. Eschweiler GW. *Transkranielle Gleichstromstimulation zur Steigerung der kortikalen Erregbarkeit*. W: Eschweiler GW, Wild B, Bartels M, red. *Elektromagnetische Therapien in der Psychiatrie. Elektrokrampftherapie (EKT), transkranielle Magnetstimulation (TMS) und verwandte Verfahren*. Darmstadt: Steinkopff; 2003, s. 247–249.
55. Zyss T, Zięba A, Krawczyk A. *Electricity of electroconvulsive therapy*. J. Techn. Phys. 2002; XLIII, 4: 543–561.

56. Nitsche MA, Doemkes S, Karaköse T, Antal A, Liebetanz D, Lang N, Tergau F, Paulus W. *Shaping the effects of transcranial direct current stimulation of the human motor cortex*. J. Neurophysiol. 2007; 97 (4): 3109–3117.
57. Liebetanz D, Nitsche MA, Tergau F, Paulus W. *Pharmacological approach to the mechanisms of transcranial DC-stimulation-induced after-effects of human motor cortex excitability*. Brain 2002; 125(10): 2238–2247.
58. Higgins ES, George MS, red. *Brain stimulation therapies for clinicians*. Washington, London: American Psychiatric Press Publishing Inc.; 2009.
59. Iyer MB, Mattu U, Grafman J, Lomarev M, Sato S, Wassermann EM. *Safety and cognitive effect of frontal DC brain polarization in healthy individuals*. Neurol. 2005; 64 (5): 872–875.
60. Nitsche MA, Niehaus L, Hoffmann KT, Hengst S, Liebetanz D, Paulus W, Meyer BU. *MRI study of human brain exposed to weak direct current stimulation of the frontal cortex*. Clin. Neurophysiol. 2004; 115 (10): 2419–2423.
61. Antal A, Nitsche MA, Paulus W. *Transcranial direct current stimulation and the visual cortex*. Brain Res. Bull. 2006; 68 (6): 459–463.
62. Poreisz C, Boros K, Antal A, Paulus W. *Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients*. Brain Res. Bull. 2007; 72 (4-6): 208–214.
63. Fregni F, Boggio PS, Nitsche M, Berman F, Antal A, Feredoes E, Marcolin MA, Rigonatti SP, Silva MT, Paulus W, Pascual-Leone A. *Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory*. Exp. Brain Res. 2005; 166 (1): 23–30.
64. Marshall L, Mölle M, Siebner HR, Born J. *Bifrontal transcranial direct current stimulation slows reaction time in a working memory task*. BMC Neurosci. 2005; 6 (1): 23.
65. Alonso-Alonso M, Fregni F, Pascual-Leone A. *Brain stimulation in poststroke rehabilitation*. Cerebrovasc. Dis. 2007; 24, suppl. 1: 157–166.
66. Monti A, Cogiamanian F, Marceglia S, Ferrucci R, Mameli F, Mrakic-Spota S, Vergari M, Zago S, Priori A. *Improved naming after transcranial direct current stimulation in aphasia*. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry 2008; 79 (4): 451–453.
67. Chadaide Z, Arlt S, Antal A, Nitsche MA, Lang N, Paulus W. *Transcranial direct current stimulation reveals inhibitory deficiency in migraine*. Cephal. 2007; 27 (7): 833–839.
68. Theodore WH, Fisher R. *Brain stimulation for epilepsy*. Acta Neurochir. 2007 (supl.); 97 (2): 261–272.
69. Nitsche MA, Antal A, Liebetanz D, Lang N, Tegau F, Paulus W. *Neuroplasticity induced by transcranial direct current stimulation*. W: Wassermann EM, Walsh V, Epstein CM, Paus T, Ziemann U, Lisanby SH. *The Oxford handbook of transcranial stimulation*. Oxford, New York: Oxford University Press; 2008, s. 201–217.
70. Boggio PS, Rigonatti SP, Ribeiro RB, Myczkowski ML, Nitsche MA, Pascual-Leone A, Fregni F. *A randomized, double-blind clinical trial on the efficacy of cortical direct current stimulation for the treatment of major depression*. Int. J. Neuropsychopharmacol. 2008; 11 (2): 249–254.
71. Fregni F, Boggio PS, Nitsche MA, Marcolin MA, Rigonatti SP, Pascual-Leone A. *Treatment of major depression with transcranial direct current stimulation*. Bipolar Disord. 2006; 8 (2): 203–204.
72. Nitsche MA, Boggio PS, Fregni F, Pascual-Leone A. *Treatment of depression with transcranial direct current stimulation (tDCS): a review*. Exp. Neurol. 2009; 219 (1): 14–19.
73. Caetano SC, Fonseca M, Olvera RL, Nicoletti M, Hatch JP, Stanley JA, Hunter K, Lafer B, Pliszka SR, Soares JC. *Proton spectroscopy study of the left dorsolateral prefrontal cortex in pediatric depressed patients*. Neurosc. Lett. 2005; 384 (3): 321–326.
74. Murphy DN, Boggio P, Fregni F. *Transcranial direct current stimulation as a therapeutic tool for the treatment of major depression: insights from past and recent clinical studies*. Curr. Opin. Psychiatry 2009; 22 (3): 306–311.

75. Williams JA, Fregni F. *Transcranial direct current stimulation*. W: Swartz CM, red. *Electroconvulsive and neuromodulation therapies*. New York: Cambridge University Press; 2009, s. 573–582.
76. Fregni F, Orsati F, Pedrosa W, Fecteau S, Tome FA, Nitsche MA, Mecca T, Macedo EC, Pascual-Leone A, Boggio PS. *Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates the desire for specific foods*. *Appetite* 2008; 51(1): 34–41.
77. Fregni F, Liguori P, Fecteau S, Nitsche MA, Pascual-Leone A, Boggio PS. *Cortical stimulation of the prefrontal cortex with transcranial direct current stimulation reduces cue-provoked smoking craving: a randomized, sham-controlled study*. *J. Clin. Psychiatry* 2008; 69 (1): 32–40.
78. Nitsche MA, Niehaus L, Hoffmann KT, Hengst S, Liebetanz D, Paulus W, Meyer BU. *MRI study of human brain exposed to weak direct current stimulation of the frontal cortex*. *Clin. Neurophysiol.* 2004; 115 (10): 2419–2423.
79. Paulus W. *Outlasting excitability shifts induced by direct current stimulation of the human brain*. W: Hallett M, Phillips II LH, Schomer DL, Massey JM, red. *Advances in clinical neurophysiology*. Proceedings of the 27th International Congress of Clinical Neurophysiology, AAEM 50th Anniversary and the 57th Annual Meeting of the ACNS Joint Meeting, San Francisco, 2004. Elsevier. Amsterdam, 2004. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 2004; 57: 708–714.
80. Nitsche MA, Liebetanz D, Antal A, Lang N, Tergau F, Paulus W. *Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation – technical, safety and functional aspects*. W: Paulus W, Tergau F, Nitsche MA, Rothwell JC, Ziemann U, Hallett M, red. *Transcranial magnetic stimulation and transcranial direct current stimulation*. Proceedings of the 2nd International on Magnetic Stimulation (TMS) and Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) Symposium, Göttingen, 11–14 June 2003. Elsevier. Amsterdam, Lausanne, New York, Oxford, Shannon, Singapore, Tokio, 2003. *Clinical Neurophysiology* 2003; supl. 56: 255–276.
81. Negrin J, Jr. *Observations on shock therapy; selected direct cerebral intracranial electroshock therapy*. *Confin. Neurol.* 1953; 13 (5–6): 295–300.
82. Negrin J, Jr. *Reactivity of brain tissue to intracranial and external electrotherapy*. *Confin. Neurol.* 1958; 18 (1): 31–35.
83. Pacella BL, Impastato DJ. *Focal stimulation therapy*. *Am. J. Psychiatry* 1954; 110 (8): 576–578.
84. Breitner C. *Localized electric stimulation of the diencephalon in the treatment of mental disorders*. *Dis. Nerv. Syst.* 1957 (supl.); 18 (7, 2): 14–19.
85. Arana AB, Borckardt JJ, Ricci R. *Focal electrical stimulation as a sham control for rTMS: does it truly mimic the cutaneous sensation and pain of active prefrontal rTMS?* *Brain stimulation: basic, translational and clinical studies in neuromodulation* 2008; 1: 44–51.
86. Sackeim HA. *Convulsant and anticonvulsant properties of electroconvulsive therapy: towards a local form of brain stimulation*. *Clin. Neurosc. Res.* 2004; 4: 39–57.
87. Berman R, Sackeim HT, Lubner B, Schroeder C, Lisanby SH. *Focal electrically-administered seizure therapy (FEAST): nonhuman primate studies of a novel form of focal brain stimulation*. The Association For Convulsive Therapy 2005 Annual Meeting. *J. ECT* 2005; 21 (1): 57.
88. Berman R. *New brain stimulation methods to treat resistant depression, and their mechanisms of action*. NARSAD – The Mental Health Research Association. *Res. Newslett.* 2007; 18 (4): 12–14.

Adres: Klinika Psychiatrii Dorosłych
Szpital Uniwersytecki
31-501 Kraków, ul. Kopernika 21a

Otrzymano: 7.12.2009
Zrecenzowano: 3.03.2010
Otrzymano po poprawie: 16.03.2010
Przyjęto do druku: 30.04.2010