

Przecczaszkowa stymulacja magnetyczna w leczeniu różnych zaburzeń psychicznych – przegląd najważniejszych badań i najnowszych informacji

Transcranial magnetic stimulation in treatment of various psychiatric disorders – review of the most prominent studies and the latest news

Anna Poleszczyk

II Klinika Psychiatryczna IPiN w Warszawie

Summary

The aim of this paper was to present the current use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) in psychiatric disorders with the mode of its application and results of most prominent studies. The most robust data concerns its use in major depressive disorder, while in other psychiatric disorders results are preliminary. TMS with the development of new techniques and new treatment protocols has a potential to become a very useful treatment tool in pharmacoresistant patients or patients intolerant of pharmacotherapy.

Słowa klucze: przecczaszkowa stymulacja magnetyczna, zaburzenia psychiczne, depresja

Key words: transcranial magnetic stimulation, psychiatric disorders, depression

Wstęp

Przecczaszkowa stymulacja magnetyczna (transcranial magnetic stimulation – TMS) opiera się na prawie indukcji elektromagnetycznej Faradaya mówiącego o tym, że zmiana natężenia prądu płynącego w jednej cewce może wywołać za pośrednictwem pola magnetycznego przepływ prądu w drugiej cewce. W przypadku TMS powstaje prąd indukowany w środowisku jonowym, jakim jest tkanka nerwowa. W 1985 r. Barker i wsp. skonstruowali wystarczająco silny stymulator magnetyczny, by móc pobudzić pola ruchowe kory i wywołać skurcz drobnych mięśni rąk [1]. To zapoczątkowało niezwykle dynamiczny rozwój TMS jako narzędzia do badania czynności

mózgu, badań neurofizjologicznych i wykorzystywania jej do celów terapeutycznych. W tym ostatnim przypadku stosuje się TMS w postaci powtarzanych serii impulsów magnetycznych (repetitive transcranial magnetic stimulation – rTMS). Ze względu na częstotliwość serii impulsów wyróżnia się rTMS o wysokiej (> 1 Hz) i niskiej (≤ 1 Hz) częstotliwości odpowiednio zwiększającej i zmniejszającej pobudliwość kory mózgowej [2]. Zastosowanie TMS w postaci powtarzanych impulsów ma wywoływać dłużej utrzymujące się zmiany w czynności mózgu, które wynikają z długotrwałego wzmocnienia lub długotrwałego osłabienia synaptycznego [3]. rTMS jest metodą niedrgawkową, aplikowaną miejscowo i działającą poprzez obwody neuronalne [4].

Początkowo badania nad terapeutycznym zastosowaniem rTMS koncentrowały się na depresji [5–7], a kilka lat później pojawiła się pierwsza praca dotycząca stosowania tej metody w słuchowych omamach słownych [8, 9]. Badania nad stosowaniem rTMS stopniowo rozszerzono na osoby cierpiące na objawy negatywne schizofrenii, zaburzenia obsesyjno-kompulsyjne, uzależnienia, zaburzenia czynności poznawczych i inne. Poniżej zostaną przedstawione najważniejsze informacje dotyczące sposobu stosowania, jak i skuteczności rTMS w wybranych zaburzeniach psychicznych.

Zaburzenia afektywne

Najwięcej badań dotyczy stosowania rTMS u osób z depresją w przebiegu zaburzeń afektywnych nawracających. Typowym miejscem stymulacji jest grzbietowo-boczna kora przedczołowa. Powtarzana stymulacja w tym obszarze ma przywracać prawidłową czynność obszarów przedczołowych i limbicznych zaangażowanych w regulację nastroju [10, 11]. Większość badań opierała się na stwierdzeniu zmniejszonej czynności w obszarze lewej grzbietowo-bocznej kory przedczołowej w depresji i ustaleniu tego miejsca jako standardowego dla stymulacji magnetycznej o wysokiej częstotliwości i odpowiednio prawej grzbietowo-bocznej kory przedczołowej dla stymulacji magnetycznej o niskiej częstotliwości. Ustalenia te aktualnie uważa się za znacznie uproszczone i sądzić można, że u przynajmniej części chorych stymulacja innych obszarów zwiększyłaby skuteczność metody [12, 13].

Wśród wielu badań w grupie chorych na zaburzenia depresyjne nawracające szczególne znaczenie mają dwa wieloośrodkowe badania z grupą kontrolną otrzymującą stymulację pozorowaną [14, 15]. W badaniu przeprowadzonym przez O'Reardona i wsp. wykazano, że istotnie więcej osób uzyskało remisję po zastosowaniu trwającego przez 6 tygodni aktywnego leczenia w porównaniu z osobami w grupie kontrolnej. Wskaźniki remisji i reakcji na leczenie wynosiły odpowiednio 16% i 25%. Wyniki tego badania stały się podstawą do dopuszczenia w październiku 2008 r. przez Amerykańską Agencję ds. Żywności i Leków (Food and Drug Administration – FDA) urzędzenia, które zastosowano do prowadzenia terapii rTMS u osób z depresją w przebiegu zaburzeń afektywnych nawracających, u których zawiodło leczenie jednym lekiem przeciwdepresyjnym stosowanym w odpowiedniej dawce i przez wystarczająco długi czas. W badaniu George'a i wsp. remisja wystąpiła u 14,1% leczonych aktywnie i 5,1% otrzymujących stymulację pozorowaną, a średni czas leczenia wynosił 5,2 tygodnia. W fazie otwartej tego badania remisję uzyskało łącznie 30,5% osób w ciągu średnio

6 tygodni [16]. Wynik ten uznaje się za lepszy niż zastosowanie kolejnego leku przeciwdepresyjnego u osób z podobną liczbą nieudanych kuracji w przebiegu danego epizodu depresji [17]. W interpretacji badań z zastosowaniem stymulacji pozorowanej „sham” w grupie kontrolnej podkreśla się trudności w zapewnieniu warunków placebo przy stosowaniu tej metody [18].

Skuteczność rTMS w populacji osób z depresją przede wszystkim w przebiegu zaburzeń afektywnych nawracających potwierdzono w badaniach otwartych. Carpenter i wsp. oceniali stan psychiczny badanych w Skali Ogólnego Wrażenia Klinicznego (Clinical Global Impressions – CGI) i uzyskali w grupie 307 chorych wskaźniki remisji i reakcji na leczenie wynoszące odpowiednio 37% i 58% [19]. Connolly i wsp. w swoim badaniu uzyskali generalnie podobne rezultaty, dodatkowo brała w nim udział mało liczna grupa pacjentów z depresją w przebiegu zaburzeń afektywnych dwubiegunowych [20]. Wskaźniki remisji i reakcji na leczenie w tej grupie chorych były niższe niż wśród pacjentów z zaburzeniami afektywnymi nawracającymi, co mogło być związane z większą lekoopornością w tej grupie chorych.

Istnieją także doniesienia dotyczące długoterminowej skuteczności rTMS, jak i prowadzenia leczenia podtrzymującego [21, 22].

Depresja w przebiegu zaburzeń depresyjnych nawracających jest jedynym wskazaniami do zastosowania rTMS. W Stanach Zjednoczonych metoda stosowana jest rutynowo, pacjenci mogą liczyć na finansowanie przez system ubezpieczeń 6 tygodni leczenia i kilku sesji kończących terapię, odbywających się w dłuższych odstępach czasu. W krajach Unii Europejskiej dostępność leczenia tą metodą zwiększa się. Korzystanie z niej staje się możliwe poza sektorem prywatnym i pacjenci mogą w pewnym zakresie liczyć na jej finansowanie ze środków publicznych, m.in. w Wielkiej Brytanii (niedawno powstała pierwsza praktyka finansowana przez National Health System – Nottingham Neuromodulation Unit).

Istnieje jedynie kilka badań, w których badano skuteczność rTMS w populacji osób cierpiących na depresję w przebiegu zaburzeń afektywnych dwubiegunowych [23–25]. W najnowszym z nich, autorstwa Dell’Osso, spośród 11 chorych, którzy brali udział w badaniu u 6 zaobserwowano reakcję na leczenie określaną jako zmniejszenie nasilenia objawów depresji w skali Hamiltona o co najmniej 50% [26].

W Polsce dotąd opublikowano jedno badanie dotyczące zastosowania rTMS w depresji w przebiegu zaburzeń depresyjnych nawracających. Zyss i wsp. nie wykazali, by TMS miała istotne działanie przeciwdepresyjne [27]. Szczegółowy opis badań prowadzonych nad techniką TMS w ośrodku krakowskim czytelnik może znaleźć w obszernej monografii [28].

Poszukuje się sposobów na zwiększenie skuteczności TMS. Stosowano stymulację sekwencyjnie obustronną [29] i zwiększano ilość impulsów [30]. Prowadzi się badania z zastosowaniem cewek pozwalających na głębszą stymulację kory mózgowej (deep transcranial magnetic stimulation – dTMS) [31]. W styczniu 2013 r. FDA dopuściła urządzenia stosowane do dTMS do leczenia osób z depresją lekooporną. Nie opublikowano w prasie naukowej wyników wieloośrodkowego badania przeprowadzonego nad tą metodą we wspomnianej populacji, znane są one jedynie z informacji podanych przez producenta urządzenia. Poszukuje się także innych lokalizacji stymulacji, jak na

przykład grzbietowo-przyśrodkowa kora przedczołowa [32]. Ostatnio rozpoczęto także badania nad TMS zsynchronizowaną z indywidualną czynnością alfa (synchronized transcranial magnetic stimulation – sTMS) u osób z depresją w przebiegu zaburzeń afektywnych nawracających [33].

Schizofrenia

Ze względu na zróżnicowany obraz kliniczny schizofrenii, w badaniach nad terapeutycznym zastosowaniem rTMS koncentrowano się oddzielnie na objawach pozytywnych (przede wszystkim słownych omamach słuchowych) i negatywnych.

Stwierdzono, że powstawanie omamów słuchowych wiąże się z nadmierną aktywnością obszaru skroniowo-ciemieniowego kory po lewej stronie [34]. Stymulacja tego obszaru z częstotliwością 1 Hz okazała się skuteczna w zmniejszeniu częstości i nasilenia słuchowych omamów słownych u chorych lekoopornych [8, 9]. Wyniki później prowadzonych badań nie są jednoznaczne. Jednak w najnowszej metaanalizie stwierdzono istotną statystycznie skuteczność rTMS o częstotliwości 1 Hz stosowanej w wyżej opisanej okolicy, również w populacji chorych lekoopornych (którzy stanowili większość w prowadzonych badaniach) [35].

Stwierdzona u osób z objawami negatywnymi schizofrenii zmniejszona czynność obszarów czołowych [36] stała się podstawą do prób zastosowania rTMS o wysokiej częstotliwości w obszarze grzbietowo-bocznej kory przedczołowej. Cohen i wsp. wykazali w swoim pilotażowym badaniu niewielkie zmniejszenie nasilenia objawów negatywnych przy stymulacji o częstotliwości 20 Hz w okolicy C3 i C4 w systemie 10-20 (EEG) u sześciu chorych z przewlekłą schizofrenią [37]. W kolejnych dwóch badaniach z zastosowaniem sekwencyjnej stymulacji obustronnej nie wykazano wyższości stymulacji rzeczywistej nad pozorowaną w redukcji nasilenia objawów negatywnych [38, 39]. Wydaje się, że w świetle dostępnych badań najskuteczniejsza w odniesieniu do negatywnych objawów schizofrenii jest stymulacja o wysokiej częstotliwości kory przedczołowej po lewej stronie [40, 41]. Jednak wielkości efektu uzyskane w przeprowadzonych dotąd metaanalizach wskazują na umiarkowaną lub małą skuteczność tej metody. Jakkolwiek przeprowadzono dotąd niewiele badań, grupy uczestników były mało liczne i stosowano różne parametry stymulacji [41–43].

Zaburzenia obsesyjno-kompulsyjne

Etiologia i patofizjologia zaburzeń obsesyjno-kompulsyjnych (obsessive-compulsive disorder – OCD) nie zostały w pełni poznane, jednak coraz więcej wyników badań wskazuje na zaburzenia czynności w obwodach oczodołowo-czołowo-prążkowiowo-wzgórzowych łącznie z korą przedczołową grzbietowo-boczną, oczodołowo-czołową, przedczołową przyśrodkową, przednią częścią zakrętu obręczy, dodatkowym obszarem ruchowym i jądrami podstawy [44]. Greenberg i wsp. w 1997 r. jako pierwsi zastosowali rTMS w populacji osób cierpiących na OCD. Zastosowali oni stymulację o wysokiej częstotliwości w okolicy kory przedczołowej grzbietowo-bocznej po stronie lewej, prawej i w środkowej okolicy potylicznej. Uzyskano istotne zmniejszenie nasilenia

przymusu wykonywania czynności natrętnych przez osiem godzin po stymulacji prawostronnej [45]. W najnowszej metaanalizie obejmującej dziesięć badań przeprowadzonych z randomizacją, z grupą kontrolną otrzymującą stymulację pozorowaną, nie wykazano skuteczności stymulacji w obszarze kory grzbietowo-bocznej w zakresie poprawy mierzonej nasileniem objawów w skali Yale-Brown Obsessive Compulsive (Y-BOCS) [46]. Obiecujące natomiast są wyniki badań z zastosowaniem stymulacji o niskiej częstotliwości w obszarze kory oczodołowo-czołowej i dodatkowej kory ruchowej [46]. Badania te są jednak nieliczne i obejmują niewielkie grupy chorych (do kilkunastu osób) [46–49].

Choroba Alzheimera

Prowadzono liczne badania nad wpływem rTMS na czynności poznawcze u osób zdrowych i chorych [50]. Ich omówienie przekracza ramy niniejszego opracowania. Jednak w grupie osób z otępieniem w przebiegu choroby Alzheimera przeprowadzono ich niewiele. Cotelli i wsp. u osób z otępieniem o nasileniu umiarkowanym zaobserwowali poprawę w rozumieniu zdań ze słuchu po rTMS o wysokiej częstotliwości stosowanej w obszarze lewej grzbietowo-bocznej kory przedczołowej przez okres dwóch tygodni [51]. Ahmed i wsp. wykazali, że stymulacja sekwencyjna obustronna kory grzbietowo-bocznej z wysoką częstotliwością przez pięć kolejnych dni przyniosła istotną poprawę w porównaniu ze stymulacją o niskiej częstotliwości i stymulacją pozorowaną u osób z otępieniem o nasileniu łagodnym i umiarkowanym [52]. Nasilenie objawów oceniano za pomocą Mini Mental State Examination (MMSE), Instrumental Daily Living Activity Scale (IDLAS) i Geriatric Depression Scale (GDS). W badaniu otwartym Bentwich i wsp. badali synergistyczne działanie rTMS i treningu czynności poznawczych [53]. Stosowali przy tym stymulację o wysokiej częstotliwości sześciu różnych obszarów lokalizowanych za pomocą MRI: pola Broki, pola Wernickego (czynności językowe), prawej i lewej kory przedczołowej grzbietowo-bocznej (ocena, czynności wykonawcze, pamięć długotrwała) i prawej oraz lewej ciemieniowej somatosensorycznej kory asocjacyjnej (orientacja przestrzenna i topograficzna oraz praktyka). Uzyskano istotną poprawę w Alzheimer Disease Assessment Scale-Cognitive (ADAS-Cog) po sześciu tygodniach leczenia i kolejnych czterech i pół miesiąca stosowania sesji podtrzymujących. Może to sugerować, że rTMS pozwala przywrócić czynności mózgu i uruchomić kompensacyjne sieci neuronalne [54]. rTMS w połączeniu z treningiem poznawczym może okazać się obiecującą i bezpieczną metodą pomocy dla osób z otępieniem w przebiegu choroby Alzheimera [55].

Uzależnienia

W badaniach neurobiologicznych stwierdzono związek między przyjmowaniem substancji psychoaktywnych i rozwojem uzależnienia a zwiększeniem przekąźnictwa dopaminergicznego w układzie mezkortykolimbicznym [56]. Przewlekłe ich używanie ma powodować dysregulację w układzie mezolimbicznym [57] i przedczołowo-prądkowiowo-wzgórzowym [58]. W okresie odstawienia substancji psychoaktyw-

nych zmniejsza się przekąźnictwo dopaminergiczne i zwiększa się głód oraz ryzyko ponownego przyjęcia substancji [59]. Wykazano, że stymulacja kory przedczołowej zwiększa stężenie dopaminy w prążkowiu [60]. Takie nawet przejściowe zwiększenie uwalniania dopaminy może zmniejszyć nasilenie głodu [61]. Uważa się także, że stymulacja może wpłynąć na zmiany powstałe w układzie nagrody w wyniku przewlekłego przyjmowania substancji uzależniających, a także poprawić wpływ hamujący kory przedczołowej na ich przyjmowanie [62].

W pilotażowym badaniu przeprowadzonym z randomizacją, z grupą otrzymującą stymulację pozorowaną, Johann i wsp. sprawdzali, czy rTMS stosowana w okolicy kory przedczołowej grzbietowo-bocznej po stronie lewej może wpływać na głód nikotynowy [63, 64]. Jego nasilenie badano we wzrokowej skali analogowej. Uczestnicy otrzymujący stymulację rzeczywistą referowali zmniejszenie nasilenia głodu nikotynowego po pojedynczej sesji, jaką obejmowało badanie. Eichhammer i wsp. wykazali zmniejszenie ilości wypalanych papierosów przez sześć godzin po sesji rTMS [65]. Amiaz i wsp. przeprowadzili badanie obejmujące licznieszą grupę osób, stosowali dziesięć sesji stymulacji i następnie jedną sesję na tydzień przez miesiąc, a także ekspozycję na ilustracje związane z paleniem [66]. Stwierdzono, że rTMS spowodowała zmniejszenie ilości wypalanych papierosów i nasilenia uzależnienia, a także głodu wywołanego ekspozycją na sytuacje związane z paleniem, jednak efekt nie był trwały.

U osób uzależnionych od kokainy, Camprodon i wsp. wykazali zmniejszenie nasilenia głodu po pojedynczej sesji rTMS o wysokiej częstotliwości w obszarze kory przedczołowej grzbietowo-bocznej po stronie prawej, ale nie zauważono takiego efektu po stymulacji po stronie lewej [67]. Z kolei w badaniu obejmującym dziesięć sesji rTMS o wysokiej częstotliwości w obszarze kory przedczołowej grzbietowo-bocznej po stronie lewej zauważono stopniowe zmniejszanie się głodu [68].

Mishra i wsp. wykazali zmniejszenie głodu alkoholowego w wyniku dziesięciu zabiegów rTMS o wysokiej częstotliwości w obszarze kory przedczołowej grzbietowo-bocznej po stronie prawej [69]. Herremans i wsp. badali wpływ pojedynczej sesji rTMS o wysokiej częstotliwości w obszarze kory przedczołowej grzbietowo-bocznej po stronie prawej na głód alkoholowy po sesji (odbyła się w piątek) i w trakcie weekendu następującego bezpośrednio po sesji [70]. Nie wykazano zmniejszenia nasilenia głodu alkoholowego. Być może pojedyncza sesja nie jest w stanie wywołać bardziej długotrwałych zmian [71].

Podsumowanie

Najwięcej danych pochodzących z badań klinicznych, jak i codziennej praktyki klinicznej zgromadzono odnośnie stosowania rTMS w populacji chorych z zaburzeniami depresyjnymi nawracającymi. Dla tej grupy chorych ustalono protokół leczenia i wskazania.

W pozostałych przedstawionych w niniejszym artykule grupach chorych przeprowadzono mniej badań i były one mniej liczebne, a stosowanie rTMS ma nadal charakter jedynie eksperymentalny. W większości przypadków rTMS stosowano jako terapię dodaną do nie w pełni skutecznego leczenia farmakologicznego. Nadal we

wszystkich wspomnianych grupach chorych trwają poszukiwania najlepszych miejsc stymulacji, najskuteczniejszych protokołów leczenia, jak i czynników predykcyjnych reakcji na leczenie. Podejmowane są także próby leczenia osób z innymi zaburzeniami psychicznymi niż przedstawione wyżej (np. zaburzeniami odżywiania się, zespołem stresu pourazowego). Prowadzone są także wieloośrodkowe badania nad głęboką przecczaszkową magnetyczną stymulacją mózgu (dTMS) w różnych zaburzeniach psychicznych. Biorąc to wszystko pod uwagę, TMS może stać się bardzo użytecznym sposobem leczenia dla osób z lekoopornymi zaburzeniami psychicznymi lub dla osób nietolerujących leczenia farmakologicznego, ale zagadnienie to z pewnością wymaga dalszych badań.

Piśmiennictwo

1. Barker AT, Jalinous R, Freeston IL. *Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex*. Lancet 1985; 1(8437): 1106–1107.
2. Fitzgerald PB, Fountain S, Daskalakis ZJ. *A comprehensive review of the effects of rTMS on motor cortical excitability and inhibition*. Clin. Neurophysiol. 2006; 117: 2584–2596.
3. Siebner HR, Rothwell J. *Transcranial magnetic stimulation: new insights into representational cortical plasticity*. Exp. Brain Res. 2003; 148(1): 1–16.
4. George MS, Post RM. *Daily left prefrontal repetitive transcranial magnetic stimulation for acute treatment of medication-resistant depression*. Am. J. Psychiatry 2011; 168(4): 356–364.
5. Höflich G, Kasper S, Hufnagel A, Ruhrmann S, Möller HJ. *Application of transcranial magnetic stimulation in treatment of drug-resistant major depression – a report of two cases*. Hum. Psychopharmacol. 1993; 8: 361–365.
6. George MS, Wassermann EM, Williams WA, Callahan A, Ketter TA, Basser P. i wsp. *Daily repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) improves mood in depression*. Neuroreport 1995; 6(14): 1853–1856.
7. Slotema CW, Blom JD, Hoek HW, Sommer IE. *Should we expand the toolbox of psychiatric treatment methods to include repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS)? A meta-analysis of the efficacy of rTMS in psychiatric disorders*. J. Clin. Psychiatry 2010; 71(7): 873–884.
8. Hoffman RE, Boutros NN, Berman RM, Roessler E, Belger A, Krystal JH. i wsp. *Transcranial magnetic stimulation of left temporoparietal cortex in three patients reporting hallucinated “voices”*. Biol. Psychiatry 1999; 46: 130–132.
9. Hoffman RE, Boutros NN, Hu S, Berman RM, Krystal JH, Charney DS. *Transcranial magnetic stimulation and auditory hallucinations in schizophrenia*. Lancet 2000; 355(9209): 1073–1075.
10. George MS, Ketter TA, Post RM. *Prefrontal cortex dysfunction in clinical depression*. Depression 1994; 2(2): 59–72.
11. George MS, Wassermann EM. *Rapid-rate transcranial magnetic stimulation (rTMS) and ECT*. Convulsive Ther. 1994; 10: 251–253.
12. Zyss T. *Stymulacja TMS w terapii depresji – problem miejsca stymulacji, czyli kilka słów o anatomii zaburzeń depresyjnych*. Psychiatr. Pol. 2013; 47(1): 75–87.
13. Downar J, Daskalakis ZJ. *New targets for rTMS in depression: A review of convergent evidence*. Brain Stimul. 2013; 6(3): 231–240.

14. O'Reardon JP, Solvason Brent H, Janicak PG, Sampson S, Isenberg KE, Nahas Z. i wsp. *Efficacy and safety of transcranial magnetic stimulation in the acute treatment of major depression: a multisite randomized controlled trial*. Biol. Psychiatry 2007; 62: 1208–1216.
15. George MS, Lisanby SH, Avery D, McDonald WM, Durkalski V, Pavlicova M. i wsp. *Daily left prefrontal transcranial magnetic stimulation therapy for major depressive disorder*. Arch. Gen. Psychiatry 2010; 67(5): 507–516.
16. McDonald WM, Durkalski V, Ball ER, Holtzheimer PE, Pavlicova M, Lisanby SH. i wsp. *Improving the antidepressant efficacy of transcranial magnetic stimulation: maximizing the number of stimulations and treatment localization in treatment resistant depression*. Depress. Anxiety 2011; 28: 973–980.
17. Rush AJ, Trivedi MH, Wisniewski SR, Nierenberg AA, Stewart JW, Warden D. i wsp. *Acute and longer-term outcomes in depressed outpatients requiring one or several treatment steps: a STAR*D report*. Am. J. Psychiatry 2006; 163: 1905–1917.
18. Zyss T. *Przeznaczszkowa stymulacja magnetyczna w terapii depresji – zagadnienia placebo i zapewnienie warunków ślepej próby, oraz inne problemy metodologiczne*. Psychiatr. Pol. 2011; 45(1): 117–134.
19. Carpenter LL, Janicak PG, Aaronson ST, Boyadjis T, Brock DG, Cook IA. i wsp. *Transcranial magnetic stimulation (TMS) for major depression: a multisite, naturalistic, observational study of acute treatment outcomes in clinical practice*. Depress. Anxiety 2012; 29: 587–596.
20. Connolly KR, Helmer A, Cristancho MA, Cristancho P, O'Reardon JP. *Effectiveness of transcranial magnetic stimulation in clinical practice post-FDA approval in the United States: results observed with the first 100 consecutive cases of depression at an academic medical center*. J. Clin. Psychiatry 2012; 73(4): e567–e573.
21. Janicak PG, Nahas Z, Lisanby SH, Solvason HB, Sampson SM, McDonald WM. i wsp. *Durability of clinical benefit with transcranial magnetic stimulation (TMS) in the treatment of pharmacoresistant major depression: assessment of relapse during a 6-month, multisite, open-label study*. Brain Stimul. 2010; 3: 187–199.
22. Fitzgerald PB, Grace N, Hoy KE, Bailey M, Daskalakis ZJ. *An open label trial of clustered maintenance rTMS for patients with refractory depression*. Brain Stimul. 2013; 6: 292–297.
23. Dolberg OT, Dannon PN, Schreiber S, Grunhaus L. *Transcranial magnetic stimulation in patients with bipolar depression: a double blind, controlled study*. Bipolar Disord. 2002; 2(supl. 1): 94–95.
24. Nahas Z, Kozel FA, Li X, Anderson B, George MS. *Left prefrontal transcranial magnetic stimulation (TMS) treatment of depression in bipolar affective disorder: a pilot study of acute safety and efficacy*. Bipolar Disord. 2003; 5: 40–47.
25. Tamas RL, Menkes D, El-Mallakh RS. *Stimulating research: a prospective, randomised, double-blind, sham-controlled study of slow transcranial magnetic stimulation in depressed bipolar patients*. J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci. 2007; 19: 198–199.
26. Dell'Osso B, Mundo E, D'Urso N, Pozzoli S, Buoli M, Ciabatti M. i wsp. *Augmentative repetitive navigated transcranial magnetic stimulation (rTMS) in drug-resistant bipolar depression*. Bipolar Disord. 2009; 11: 76–81.
27. Zyss T, Zięba A, Dudek D, Datka W, Siwek M, Wróbel A. i wsp. *Badania drugiej fazy nad skutecznością i bezpieczeństwem długotrwałej powtarzalnej szybkoceściowościowej przeznaczszkowej stymulacji magnetycznej w terapii depresji*. Acta Bio-Opt. Inf. Med. Biomed. Eng. 2011; 17(4).
28. Zyss T, Dudek D, Zięba A, Gorczyca P, Hese RT, Sieroń A. i wsp. *Badania kliniczne nad zastosowaniem stymulacji TMS w terapii depresji*. W: Zyss T. red. *Przeznaczszkowa Stymulacja*

- Magnetyczna: w poszukiwaniu nowej metody leczenia depresji*. Kraków: Wydawnictwo Medyczne Alfa Medica Press; 2012. s. 262–438.
29. Fitzgerald PB, Hoy K, Gunewardene R, Slack C, Ibrahim S, Bailey M. i wsp. *A randomized trial of unilateral and bilateral prefrontal cortex transcranial magnetic stimulation in treatment-resistant major depression*. Psychol. Med. 2010; 7: 1–10.
 30. Holtzheimer PE, McDonald WM, Mufti M, Kelley ME, Quinn S, Corso G. i wsp. *Accelerated repetitive transcranial magnetic stimulation for treatment-resistant depression*. Depress. Anxiety 2010; 27: 960–963.
 31. Bersani FS, Minichino A, Enticott PG, Mazzarini L, Khan N, Antonacci G. i wsp. *Deep transcranial magnetic stimulation as a treatment for psychiatric disorders: A comprehensive review*. Eur. Psychiatry 2013; 28(1): 30–39.
 32. Salomons TV, Dunlop K, Kennedy SH, Flint A, Geraci J, Giacobbe P. i wsp. *Resting-state cortico-thalamic-striatal connectivity predicts response to dorsomedial prefrontal rTMS in major depressive disorder*. Neuropsychopharmacology 2014; 39(2): 488–498.
 33. Jin Y, Phillips B. *A pilot study of the use of EEG-based synchronized Transcranial Magnetic Stimulation (sTMS) for treatment of Major Depression*. BMC Psychiatry 2014; 14: 13.
 34. Silbersweig DA, Stern E, Frith C, Cahill C, Holmes A, Grootoosk S. i wsp. *A functional neuroanatomy of hallucinations in schizophrenia*. Nature 1995; 378: 176–179.
 35. Slotema CW, Blom JD, van Lutterveld R, Hoek HW, Sommer IEC. *Review of the efficacy of transcranial magnetic stimulation for auditory verbal hallucinations*. Biol Psychiatry 2014; 76(2): 101–110.
 36. Hill K, Mann L, Laws KR, Stephenson CM, Nimmo-Smith I, McKenna PJ. *Hypofrontality in schizophrenia: a meta-analysis of functional imaging studies*. Acta Psychiatr. Scand. 2004; 110(4): 243–256.
 37. Cohen E, Bernardo M, Masana J, Arrufat FJ, Navarro V, Valls-Solé. i wsp. *Repetitive transcranial magnetic stimulation in the treatment of chronic negative schizophrenia: a pilot study*. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry 1999; 67: 129–130.
 38. Fitzgerald PB, Herring S, Hoy K, McQueen S, Segrave R, Kulkarni J. i wsp. *A study of the effectiveness of bilateral transcranial magnetic stimulation in the treatment of negative symptoms of schizophrenia*. Brain Stimul. 2008; 1(1): 27–32.
 39. Barr MS, Farzan F, Tran LC, Fitzgerald PB, Daskalakis ZJ. *A randomized controlled trial of sequentially bilateral prefrontal cortex repetitive transcranial magnetic stimulation in the treatment of negative symptoms in schizophrenia*. Brain Stimul. 2012; 5(3): 337–346.
 40. Schneider AL, Schneider TL, Stark H. *Repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) as an augmentation treatment for the negative symptoms of schizophrenia: a 4-week randomized placebo controlled study*. Brain Stimul. 2008; 1(2): 106–111.
 41. Prikryl R, Prikrylova Kucerova H. *Can repetitive transcranial magnetic stimulation be considered effective treatment option for negative symptoms of schizophrenia?* J. ECT 2013; 29: 67–74.
 42. Freitas C, Fregni F, Pascual-Leon A. *Meta-analysis of the effects of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) on negative and positive symptoms in schizophrenia*. Schizophr. Res. 2009; 108: 11–24.
 43. Dlabac-de Lange JJ, Knegtering R, Aleman A. *Repetitive transcranial magnetic stimulation for negative symptoms of schizophrenia: review and meta-analysis*. J. Clin. Psychiatry 2010; 71: 411–419.
 44. Del Casale A, Kotzalidis GD, Rapinesi C, Serata D, Ambrosi E, Simonetti A. i wsp. *Functional neuroimaging in obsessive-compulsive disorder*. Neuropsychobiology 2011; 64: 61–85.

45. Greenberg BD, George MS, Martin JD, Benjamin J, Schlaepfer TE, Altemus M. i wsp. *Effect of prefrontal repetitive transcranial magnetic stimulation in obsessive-compulsive disorder: a preliminary study*. Am. J. Psychiatry 1997; 154: 867–869.
46. Berlim MT, Neufeld NH, Van den Eynde F. *Repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) for obsessive-compulsive disorder (OCD): An exploratory meta-analysis of randomized and sham-controlled trials*. J. Psychiatr. Res. 2013; 47: 999–1006.
47. Ruffini C, Locatelli M, Lucca A, Benedetti F, Insacco C, Smeraldi E. *Augmentation effect of repetitive transcranial magnetic stimulation over the orbitofrontal cortex in drug-resistant obsessive-compulsive disorder patients: a controlled investigation*. Prim. Care Companion J. Clin. Psychiatry 2009; 11: 226–230.
48. Mantovani A, Simpson HB, Fallon BA, Rossi S, Lisanby SH. *Randomised sham-controlled trial of repetitive transcranial magnetic stimulation in treatment-resistant obsessive-compulsive disorder*. Int. J. Neuropsychopharmacol. 2010; 13: 217–227.
49. Gomes PV, Brasil-Neto JP, Allam N, Rodrigues de Souza E. *A randomised, double-blind trial of repetitive transcranial magnetic stimulation in obsessive-compulsive disorder with three-month follow-up*. J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci. 2012; 24: 437–443.
50. Guse B, Falkai P, Wobrock T. *Cognitive effects of high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation: a systematic review*. J. Neural Transm. 2010; 117(1): 105–122.
51. Cotelli M, Calabria M, Manenti R, Rosini S, Zanetti O, Cappa SF. i wsp. *Improved language performance in Alzheimer disease following brain stimulation*. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry 2011; 82: 794–797.
52. Ahmed MA, Darwish ES, Khedr EM, El Serogy YM, Ali YM. *Effects of low versus high frequencies of repetitive transcranial magnetic stimulation on cognitive function and cortical excitability in Alzheimer's dementia*. J. Neurol. 2012; 259: 83–92.
53. Bentwich J, Dobronevsky E, Aichenbaum S, Shorer R, Peretz R, Khaigrekt M. i wsp. *Beneficial effect of repetitive transcranial magnetic stimulation combined with cognitive training for the treatment of Alzheimer's disease: a proof of concept study*. J. Neural. Transm. 2011; 118: 463–471.
54. Rossi S, Rossini PM. *TMS in cognitive plasticity and the potential for rehabilitation*. Trends Cogn. Sci. 2004; 8(6): 273–279.
55. Nardone R, Bergmann J, Christova M, Caleri F, Tezzon F, Ladurner G. i wsp. *Effect of transcranial brain stimulation for the treatment of Alzheimer disease: a review*. Int. J. Alzheimers Dis. 2012; 2012: 687909.
56. Faltenstein M, See R. *A neurocircuitry of addiction: an overview*. Br. J. Pharmacol. 2008; 154(2): 261–274.
57. Di Chiara G, Bassareo V, Fenu S, De Luca MA, Spina L, Cadoni C. i wsp. *Dopamine and drug addiction: the nucleus accumbens shell connection*. Neuropharmacology 2004; 47(supl. 1): 227–241.
58. Goldstein RZ, Volkow ND. *Drug addiction and its underlying neurobiological basis: neuroimaging evidence for the involvement of the frontal cortex*. Am. J. Psychiatry 2002; 159(10): 1642–1652.
59. Diana M, Spiga S, Acquis E. *Persistent and reversible morphine withdrawal-induced morphological changes in the nucleus accumbens*. Ann. N. Y. Acad. Sci. 2006; 1074: 446–457.
60. Strafella AP, Paus T, Barrett J, Dagher A. *Repetitive transcranial magnetic stimulation of the human prefrontal cortex induces dopamine release in the caudate nucleus*. J. Neurosci. 2001; 21(15): RC157.

61. Blum K, Chen A, Chen T, Braverman E, Reinking J, Blum S. i wsp. *Activation instead of blocking mesolimbic dopaminergic reward circuitry is a preferred modality in the long term treatment of reward deficiency treatment syndrome (RDS): a commentary*. Theor. Biol. Med. Model. 2008; 5(1): 24.
62. Feil J, Zangen A. *Brain stimulation in the study and treatment of addiction*. Neurosci. Biobehav. Rev. 2010; 34: 559–574.
63. Johann M, Wiegand R, Kharraz A, Bobbe G, Sommer G, Hajak G. i wsp. *Transcranial magnetic stimulation for nicotine dependence*. Psychiatr. Prax. 2003; 30: S129–S131.
64. Wing VC, Barr MS, Wass CE, Lipsman N, Lozano AM, Daskalakis ZJ. i wsp. *Brain stimulation methods to treat tobacco addiction*. Brain Stimul. 2013; 6: 221–230.
65. Eichhammer P, Johann M, Kharraz A, Binder H, Pittrow D, Wodarz N. i wsp. *High-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation decreases cigarette smoking*. J. Clin. Psychiatry 2003; 64(8): 951–953.
66. Amiaz R, Levy D, Vainiger D, Grunhaus L, Zangen A. *Repeated high-frequency transcranial magnetic stimulation over dorsolateral prefrontal cortex reduces cigarette craving and consumption*. Addiction 2009; 104(4): 653–660.
67. Camprodon JA, Martinez-Raga J, Alonso-Alonso M, Shih MC, Pascual-Leone A. *One session of high frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) to the right prefrontal cortex transiently reduces cocaine craving*. Drug Alcohol Depend. 2007; 86(1): 91–94.
68. Politi E, Fauci E, Santoro A, Smeraldi E. *Daily sessions of transcranial magnetic stimulation to the left prefrontal cortex gradually reduce cocaine craving*. Am. J. Addict. 2008; 17(4): 345–346.
69. Mishra BR, Nizamie SH, Das B, Praharaj SK. *Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation in alcohol dependence: a sham-controlled study*. Addiction 2010; 105(1): 49–55.
70. Herremans SC, Baeken C, Vanderbruggen N, Vanderhasselt MA, Zeeuws D, Santermans L. i wsp. *No influence of one right-sided prefrontal HF-rTMS session on alcohol craving in recently detoxified alcohol-dependent patients: results of naturalistic study*. Drug Alcohol Depend. 2012; 120(1–3): 209–213.
71. Nardone R, Bergmann J, Christova M, Lochner P, Tezzon F, Golaszewski S. i wsp. *Non-invasive brain stimulation in the functional evaluation of alcohol effects and in the treatment of alcohol craving: a review*. Neurosci. Res. 2012; 74: 169–176.

Adres: Anna Poleszczyk
II Klinika Psychiatryczna IPiN
02-957 Warszawa, ul. Sobieskiego 9

Otrzymano: 12.02.2014
Zrecenzowano: 3.05.2014
Otrzymano po poprawie: 25.05.2014
Przyjęto do druku: 25.05.2014