

Zastosowanie aparatu TIPSTIM w celu wzmocnienia procesów plastyczności mózgu i poprawy efektywności leczenia – opis przypadku

Use of TIPSTIM device to strengthen the brain plasticity processes and improve treatment effectiveness
– a case report

Elżbieta Wyszyńska,¹ Sylwia Wiśniewska,¹ Józef Mróz,¹ Andrzej Krawczyk,² Grzegorz Motrycz³

¹ Klinika Rehabilitacji z Pododdziałem Rehabilitacji Neurologicznej CSK MON WIM w Warszawie; kierownik: dr n. med. Józef Mróz

² Oddział Teleinformatyki CSK MON WIM w Warszawie; kierownik: dr inż. Piotr Murawski

³ Katedra Analizy Współczesnych Konfliktów Zbrojnych w Warszawie; kierownik: pptk. dr inż. Grzegorz Motrycz

Streszczenie. Zaburzenia czuciowo-ruchowe kończyny górnej towarzyszące niedowładowi połowiczemu powodują utrudnienia w czynnościach precyzyjnych, zaburzają procesy samoobsługi oraz umiejętność manipulacji i motorykę małą. Mogą rozwinąć się wskutek uszkodzeń OUN, m.in. jako następstwa krwotoków śródmózgowych i powikłań ich leczenia. W artykule przedstawiono opis przypadku 39-letniej kobiety z niedowładem piramidowym lewostronnym w następstwie krwotoku śródmózgowego z pękniętego tętniaka tętnicy łączącej przedniej. Leczenie neurochirurgiczne metodą embolizacji było powikłane wtórnym udarem niedokrwinnym spoidła wielkiego. W artykule opisano kompleksowe usprawnianie pacjentki w Klinice Rehabilitacji z Pododdziałem Rehabilitacji Neurologicznej WIM. W procesie rehabilitacji kompleksowej zastosowano dodatkowo metodę przeszkórnej stymulacji zakończeń czuciowych (rSS) z wykorzystaniem aparatu TIPSTIM w celu wzmocnienia procesów plastyczności mózgu i poprawy efektywności leczenia.

Słowa kluczowe: krwotok śródmózgowy, wtórny udar niedokrwenny mózgu, niedowład połowiczy piramidowy, rehabilitacja kompleksowa, plastyczność mózgu, rSS, TIPSTIM

Abstract. Sensory-motor disorders of the upper limb which accompany hemiparesis lead to difficulties in performing precise operations, disturb self-maintenance and fine motor or manipulating skills. Such disorders can arise due to damages of the central nervous system caused among others by subarachnoid hemorrhages and as a result of complications during its treatment. The article presents the case of 39-year-old female with pyramidal, left-sided hemiparesis resulting from the intracerebral hemorrhage from a rupture of cerebral aneurysms of the connecting anterior artery. Neurosurgical treatment with embolization resulted in secondary disease – ischemic stroke in the callosal commissure. The article focuses on a comprehensive rehabilitation of the patient which took place in the Rehabilitation Hospital with the Sub-Department of Neurological Rehabilitation of the Military Medical Institute. The rehabilitation process was supported by the use of percutaneous stimulation of sensory endings (rSS) method, using TIPSTIM device in order to strengthen the brain plasticity processes and improve treatment effectiveness.

Key words: subarachnoid hemorrhage, secondary ischemic stroke, pyramidal hemiparesis, brain plasticity, comprehensive rehabilitation, rSS, TIPSTIM

Nadesłano: 26.03.2018. Przyjęto do druku: 25.06.2018

Nie zgłoszono sprzeczności interesów.

Lek. Wojsk., 2018; 96 (3): 249–254

Copyright by Wojskowy Instytut Medyczny

Adres do korespondencji

lek. Elżbieta Wyszyńska
Klinika Rehabilitacji z Pododdziałem Rehabilitacji
Neurologicznej CSK MON WIM
ul. Szaserów 128, 04-141 Warszawa
tel. +48 261 818 430
e-mail: ewyszyńska@wim.mil.pl

Wstęp

Dobrze prowadzona i skuteczna neurorehabilitacja to proces, w którym wykorzystuje się zjawisko plastyczności mózgu, dzięki któremu możliwa jest regeneracja i odbudowa uszkodzonych neuronów oraz procesy uczenia się i pamięciowe. Powodzenie terapii zależy od intensywności i ilości dostarczanych bodźców. W celu wzmocnienia i utrwalenia procesów neuroplastyczności w procesie kompleksowej neurorehabilitacji poza metodami kinezyterapeutycznymi wykorzystuje się metody fizykoterapii polegające na stymulacji [1]. Badania prowadzone na zdrowych ochotnikach wykazały, iż kilkugodzinna stymulacja czuciowa zmienia mapy korowe i poziom pobudliwości kory mózgowej w miejscach odpowiadających obszarom stymulowanym [2]. W przypadku tego rodzaju stymulacji dąży się do stworzenia takich parametrów i schematów dawkowania, aby uzyskać indukcję plastyczności na poziomie synaptycznym z wykorzystaniem przeciwstawnych procesów: długotrwałego wzmocnienia synaptycznego (*long-term potentiation* – LTP) oraz długotrwałego osłabienia synaptycznego (*long-term depression* – LTD). Proces LTP polega na modyfikacji połączenia synaptycznego i długotrwałym wzmocnieniu przekazywania sygnałów na poziomie synapsy. Zwiększa się efektywność przekazywania sygnału, a informacja przekazywana z komórki presynaptycznej wywołuje silniejszą reakcję w komórce postsynaptycznej. Mechanizm taki, odkryty początkowo w hipokampie, jest obecny praktycznie w każdym obszarze mózgu i odpowiada za pamięć krótkotrwałą. Aby wywołać i utrwalić procesy pamięci długotrwałej, niezbędne jest zjawisko LTD, polegające na habituacji i przyzwyczajeniu połączenia synaptycznego do bodźca, aż do jego całkowitego zablokowania. Dopiero inny silny bodziec stymulujący uruchamiający interneurony pomocnicze i pośredniczące przełamuje blokadę, a nawet powoduje wytworzenie dodatkowych połączeń synaptycznych i rozgałęzień dendrytów. Zjawisko to, warunkujące prawdopodobnie głównie procesy uczenia się zadań ruchowych, po raz pierwszy odkryto w mózdku, a następnie zaobserwowano w obszarze hipokampa i korze mózgowej. Do wyzwolenia tego procesu konieczne są impulsy długotrwałe o niskiej częstotliwości. Dopiero kiedy dochodzi do zmian strukturalnych z wytworzeniem nowych połączeń synaptycznych z większą ilością receptorów i pęcherzyków synaptycznych, można mówić o procesie uczenia się i pamięci długotrwałej. W ten sposób neurony w pobliżu miejsca uszkodzenia mogą adaptować się i przejmować rolę struktur uszkodzonych, tworząc nowe połączenia i nowe sieci neuronalne. Oba procesy, odkryte i opisane w 2000 roku przez Ericka Kandela, umożliwiają adaptację i modyfikację neuronów w pobliżu miejsca uszkodzenia oraz przejęcie przez nie roli struktur uszkodzonych. Koncepcja rSS wykorzystuje możliwość

zainicjowania powyższych procesów neuroplastyczności, takich jakie zaobserwowano w bezpośredniej mikro-stymulacji przezczaszkowej z zastosowaniem elektrostymulacji i magnetostymulacji. W badaniach Kandela wykazano, że długotrwała stymulacja neuronalna prądami o wysokiej częstotliwości generuje procesy pobudzające potencjały postsynaptyczne oraz modeluje ich wielkość i naturę [3].

Opis przypadku

39-letnia pacjentka, bez dodatkowych obciążeń, dotychczas zdrowa, została przyjęta do Kliniki Rehabilitacji w celu usprawnienia z powodu następstw krwotoku podpajęczynówkowego z przebiegiem do układu komorowego. Leczona metodą embolizacji z powikłaniem w postaci wtórnego udaru niedokrwinnego spoidła wielkiego. Z tego powodu 4 tygodnie wcześniej była hospitalizowana na oddziale neurochirurgii, gdzie została przyjęta w trybie pilnym z powodu utraty przytomności, bólu głowy i sztywności karku na 4 cm. Badania obrazowe wykazały obecność pękniętego tętniaka tętnicy łączącej przedniej z towarzyszącym krwotokiem śródmózgowym. Dokładny czas zachorowania nieznany – ostatni raz widziana była około 24 godzin przed zachorowaniem. W trybie pilnym przeprowadzono diagnostykę i leczenie – arteriografię mózgową oraz zabieg embolizacji tętniaka. W przebiegu pooperacyjnym zaobserwowano zaburzenia pamięci, spowolnienie psychoruchowe, a w kontrolnym badaniu TK stwierdzono ognisko niedokrwienne w obrębie kolana i pnia ciała modelowego. Rozpoznano piramidowy niedowład połowiczny lewostronny z przewagą kończyny górnej z zespołem odruchowym oraz jednoimiennym niedowładem twarzy. Rehabilitację rozpoczęła już na Oddziale Neurochirurgii Mazowieckiego Szpitala Bródnowskiego. W 18. dobie hospitalizacji została wypisana z poprawą.

W 5. dobie po zakończeniu hospitalizacji ponownie wystąpił ból głowy oraz nudności z towarzyszącą sztywnością karku. Konsultowana na SOR, gdzie podczas badania nie stwierdzono zaburzeń przytomności ani odchyłań w badaniu neurologicznym. W TK głowy opisano stan po embolizacji wewnątrznacyniowej tętniaka tętnicy łączącej przedniej. W porównaniu z poprzednim badaniem stwierdzono ślad częściowo zhemolizowanej krwi w bruździe okolicy kolana ciała modelowego, ogniska hipodensyjne odpowiadające wcześniejszej lokalizacji zmian niedokrwiniowych, zhemolizowanego krwaka w okolicy rogu czołowego komory bocznej lewej oraz nieznacznie szerszy niż w badaniu poprzednim układ komorowy w okolicy rogów ciemieniowych i czołowych. Struktury pośredkowe nie były przemieszczone, komora III nie była poszerzona. Nie było wskazań do interwencji neurochirurgicznej. Po kilkugodzinnej obserwacji

i ustąpieniu objawów pacjentkę wypisano do domu z zaleceniem dalszej obserwacji i rehabilitacji ruchowej oraz odstawienia zleconego wcześniej leczenia przeciwrzepliwego – Clexane 0,4 ml raz na dobę. Nie wprowadzono do leczenia innych preparatów przeciwrzepliwych.

Do Kliniki Rehabilitacji została przyjęta 4 tygodnie od wystąpienia pierwszych objawów. W badaniu internistycznym nie stwierdzono odchyień, czynność serca była miarowa, około 78–80/min, ciśnienie krwi prawidłowe 110/80 mm Hg. Pacjentka była przytomna, zorientowana auto- i allopsychicznie z zachowanym kontaktem werbalnym, z niepamięcią wsteczną wydarzeń dotyczących początku choroby. Bez cech afazji – z umiejętnością formułowania wypowiedzi złożonych, z zachowaną funkcją językową. W badaniu neurologicznym z odchyień stwierdzono dysfunkcję kończyny górnej i dolnej lewej pod postacią osłabienia siły mięśniowej, z częściowym ograniczeniem wykonywania ruchów czynnych. Napięcie mięśniowe było nieco wzmożone. Odruchy głębokie były żywe, symetryczne, objaw Babińskiego nieobecny. W kończynie górnej lewej występowały zaburzenia czucia powierzchniowego oraz propriocepcji – próba palec–nos z niedomierzaniem 2 cm. W zakresie oceny psychologicznej nie odnotowano zaburzeń myślenia abstrakcyjnego, deficytów gnozy wzrokowej ani zdolności przyswajania nowych informacji i uczenia się. Nastroj pacjentki był adekwatny, wgląd prawidłowy, zachowana motywacja do rehabilitacji. Zaobserwowano męczliwość uwagi, niewielkie trudności w zakresie przeszukiwania wzrokowego pola widzenia, obniżoną pojemność pamięci operacyjnej i nieco osłabioną koordynację wzrokowo-ruchową. W zakresie manipulacji występowały deficyty w zakresie koordynacji oburęcznej z zachowaną funkcją chwytą kończyny, ale bez chwytu pisarskiego, z całkowitym brakiem umiejętności pisaną ręką lewą. W zakresie kończyny górnej prawej funkcje te były zachowane. Z wywiadu wiadomo, że pacjentka jest praworęczna. Rozpoznano umiarkowany niedowład piramidowy lewostronny, bez zespołu odruchowego, z przewagą kończyny górnej, z jednoimiennym niedowładem mięśni twarzy.

W postępowaniu usprawniającym zastosowano:

- kinezyterapię – ćwiczenia bierne, czynno-bierne, czynne w odciążeniu, czynne wspomagane, czynne wolne, równoważne, naukę i reedukację chodu, elementy PNF,
- terapię logopedyczną – usprawnianie mowy czynnej i biernej,
- terapię zajęciową – usprawnianie czynności manualnych, grafomotoryki, koordynacji okoruchowej, wzrokowo-ruchowej, oburęcznej,
- terapię psychologiczną,
- masaż.

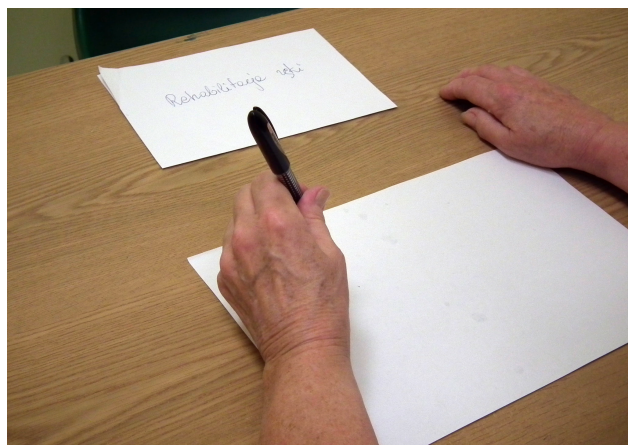
Dodatkowo jako jeden z elementów procesu kompleksowej rehabilitacji zastosowano powtarzaną

stymulację czuciową (*repetitive sensory stimulation* – rSS) za pomocą urządzenia TIPSTIM. rSS wykorzystuje zjawisko neuroplastyczności mózgu, warunkujące procesy uczenia się i rehabilitacji poprzez zastosowanie powtarzanej odpowiednio dawkowanej stymulacji czuciowej. Właściwie dobrane parametry stymulacji receptorów czuciowych indukują i ułatwiają procesy reorganizacji połączeń neuronalnych w obrębie kory czuciowej OUN i prowadzą do poprawy zachowań sensomotorycznych [4].

Omówienie

W opisanym przypadku zespołu piramidowego lewostronnego w następstwie krwotoku śródmózgowego z wtórnym udarem niedokrwiennym w obrębie ciała mózgowatego głównym problemem pacjentki było uszkodzenie funkcji ręki oraz zaburzenia pamięci i kojarzenia oraz koordynacji wzrokowo-ruchowej. Objawy kliniczne zależne od miejsca uszkodzenia w przebiegu krwawienia to osłabienie siły mięśniowej z ograniczeniem czynnych ruchów dowolnych, wzmożenie napięcia mięśniowego o typie kurczowym i wygórowanie odruchów głębokich. Wskutek uszkodzenia spoidła wielkiego zaburzone zostały procesy integracji informacji pochodzących z obu półkul. Proces leczenia rozpoczęto 4 tygodnie po incydencie mózgowym. Zastosowano kompleksową rehabilitację: kinezyterapię, masaż, terapię zajęciową, neurologopedyczną oraz neuropsychologiczną. Dodatkowo u pacjentki wykorzystano metodę rSS. Zabieg stosowano codziennie przez 4 tygodnie, 5 dni w tygodniu, 45 min dziennie na rękę niedowładną. Pacjentka podczas stymulacji mogła zajmować się dowolną aktywnością niezaburzającą pracy urządzenia lub odpoczywać. Stosowano stymulację o następujących parametrach: wyładowania o częstotliwości 20 Hz trwające 1,4 s z przerwą 5 s oraz czasem narastania i zanikania impulsu 0,3 s i 0,2 s. Intensywność stymulacji wahała się w granicach 6,4–14,4 mA dla nerwu pośrodkowego i 3,3–10,4 mA dla łokciowego. Impulsy dostarczane były dwukanalowo: w zakresie unerwienia nerwu pośrodkowego (palce I–III) oraz nerwu łokciowego (palce IV–V) za pomocą elektrod o wymiarach 1 × 4 cm wbudowanych w specjalną rękawicę. Intensywność aplikacji była ustawiana tak, by impulsy nie wywoływały bólu, a pacjentka odczuwała je jako neutralne lub przyjemne [5].

Podczas terapii u pacjentki równolegle do terapii konwencjonalnej zastosowano stymulację neuroplastyczności. W dniu rozpoczęcia, w połowie terapii oraz w dniu jej zakończenia wykonano badania i testy funkcji ręki niedowładnej oraz zdrowej, badanie czucia powierzchniowego i głębokiego, oceniające efekty powtarzania stymulacji czuciowej, oraz badanie siły mięśniowej z zastosowaniem dynamometru. Ocena codziennych czynności



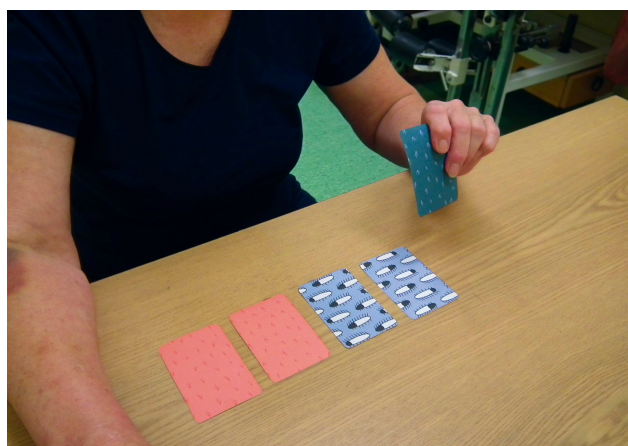
Rycina 1. Odwzorowanie tekstu złożonego z liter pisanych – „rehabilitacja ręki”

Figure 1. Reproducing of text containing script letters – “hand rehabilitation”



Rycina 3. Zebranie pięciu monet różnej wielkości do pojemnika o średnicy 5 cm i wysokości 4 cm

Figure 3. Putting five coins of different dimensions to a container of diameter 5 cm and 4 cm high



Rycina 2. Odwrócenie 5 kart o wymiarach 6 × 9 cm

Figure 2. Turning five 6 × 9 cm cards upside down



Rycina 4. Zebranie pięciu koralików łyżką stołową do pojemnika o średnicy 5 cm i wysokości 4 cm

Figure 4. Picking up five beads with table spoon and putting them to a container of diameter 5 cm and 4 cm high

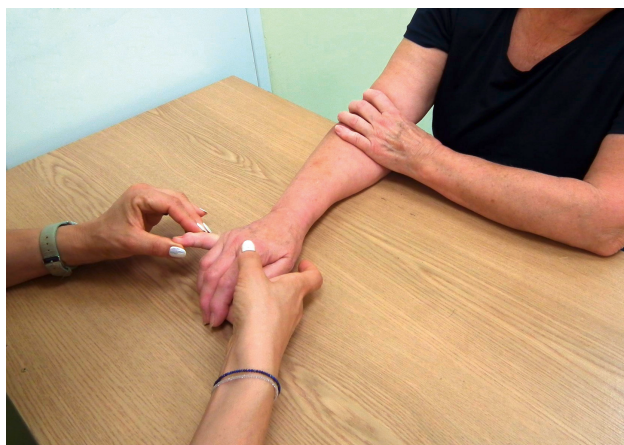
i funkcji ręki polegała na sześciopunktowym teście Jeb-sena-Taylora zmodyfikowanym według własnego projektu. Podczas testu mierzono czas wykonania poszczególnych prób, a także oceniano czucie powierzchniowe i głębokie oraz siłę mięśniową. Każdą próbę pacjentka wykonywała trzykrotnie ręką niedowładną i zdrową. Wynik każdego kolejno wykonanego pomiaru zapisano i uśredniono w arkuszu Excel oraz zobrazowano na zdjęciach (ryc. 1.–8.).

W wyniku terapii po dwóch tygodniach stosowania stymulacji u pacjentki zaobserwowano wyraźną poprawę w zakresie ogólnej sprawności ruchowej oraz czynności manualnych, zwłaszcza w zakresie funkcji chwytnej oraz grafomotoryki. W znaczący sposób wzrosła

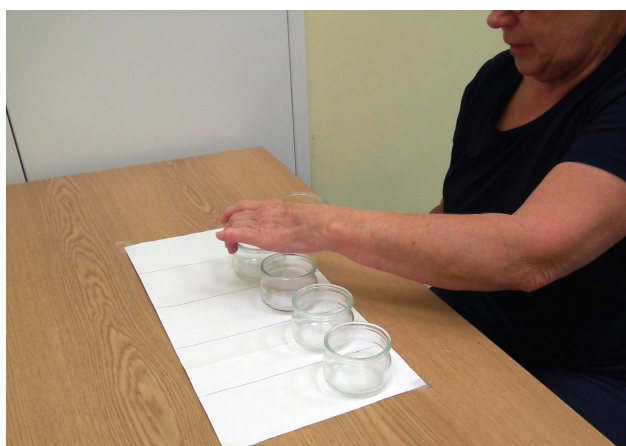
również siła mięśniowa kończyny niedowładnej. Pacjentka przed rozpoczęciem terapii nie utrzymywała narzędzia pisarskiego, miała duże trudności z utrzymaniem i manipulowaniem łyżką oraz z chwytaniem pęsetkowym. Najwyraźniejszej poprawie uległy funkcje chwytne i grafomotoryczne wyrażone znamienym skróceniem czasu wykonywania zadania: odwzorowanie tekstu pisanego, zbieranie fasolek za pomocą łyżki oraz przestawianie pojemników na polach. Poprawę uzyskano również w zakresie chwytu precyzyjnego: zbieranie monet do puszek i ustawianie monet w stos. Niewielka zmiana nastąpiła z zakresu odwracania kart. rSS stosowano przez kolejne



Rycina 5. Ułożenie pięciu monet jednozłotowych w stosik
Figure 5. Putting five 1 złoty coins one upon another



Rycina 7. Badanie czucia głębokiego
Figure 7. Examination of deep feeling



Rycina 6. Przesuwanie pięciu pojemników o wymiarach jak poprzednio z blatu na pola oznaczone na powierzchni 1.5 kartki A4
Figure 6. Moving five containers of dimensions mentioned above from a work surface to surfaces marked on 1.5 × A4 format sheet of paper



Rycina 8. Badanie czucia powierzchniowego
Figure 8. Examination of surface feeling

dwa tygodnie, po upływie których nie zaobserwowano wyraźnych różnic w chwycie pisarskim, precyzyjnym oraz w zakresie przyrostu siły mięśniowej. W obszarze czucia powierzchniowego i głębokiego zaobserwowano również wyraźną poprawę po pierwszych dwóch tygodniach stosowania stymulacji. Po kolejnych dwóch tygodniach stosowania rSS nie wykazano różnic podczas badania czucia w stosunku do strony zdrowej i badania poprzedniego. Zaobserwowano, iż zastosowanie rSS jako metody dodatkowej w złożonym procesie usprawniania daje wyraźną poprawę funkcji ruchowych i czuciowych ręki niedowładnej po 10 dniach jej stosowania

i może stanowić cenne uzupełnienie terapii konwencjonalnej. Przedłużanie okresu stymulacji o kolejne 10 dni nie daje dalszej spektakularnej poprawy. Funkcje ręki prawej zdrowej (w tym przypadku dominującej) uległy umiarkowanej poprawie i mieściły się w granicach fizjologii. Sprawność kończyny górnej lewej i czas wykonywania zadań ręką niedowładną zbliżyły się w zakresie swoich wartości do parametrów uzyskanych przez rękę zdrową – dominującą.

Wnioski

Kompleksowa rehabilitacja neurologiczna wykorzystująca procesy plastyczności mózgu umożliwia powrót do zdrowia pacjentów z uszkodzeniami OUN powstałymi między innymi w przebiegu udarów. Opisywany przypadek dotyczy krwotoku śródmózgowego z pękniętego tętniaka. U pacjentki po krwawieniu śródmózgowym w następstwie zabiegu doszło do udaru niedokrwienego z następowym umiarkowanym niedowładem połowicznym lewostronnym i dysfunkcją głównie kończyny górnej oraz deficytami pamięci i kojarzenia. W procesie leczenia zwrócono uwagę między innymi na przywrócenie funkcji manipulacyjnej kończyny górnej, koordynacji oburęcznej i wzrokowo-ruchowej oraz poprawę samoobsługi. Zastosowanie przezskórnej stymulacji rSS za pomocą urządzenia TIPSTIM po opisanym incydencie mózgowym może być dodatkowym, uzupełniającym elementem procesu rehabilitacji. Wydaje się, że dziesięciodniowy czas aplikacji daje wyraźną poprawę czucia, propriocepcji i funkcji ręki. Przedłużanie stymulacji o kolejne 10 dni nie wywołuje dalszej poprawy sprawności funkcjonalnej kończyny niedowładnej. Metoda wymaga dalszych obserwacji i dalszych badań z udziałem większej grupy pacjentów, najlepiej w warunkach podwójnie zaślepionej próby z zastosowaniem placebo w grupie kontrolnej.

Piśmiennictwo

1. Oujamaa L, Relave I, Froger J, et al. Rehabilitation of arm function after stroke literature review. *Ann Phys Rehabil Med*, 2009; 52: 269–293
2. Pleger B, Foerster AF, Ragert P, et al. Functional imaging of perceptual learning in human primary and secondary somatosensory cortex. *Neuron*, 2003; 40: 643–653
3. Panasiuk J. *Uczenie się a mechanizmy neuroplastyczności*. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Lublin
4. Podemski R, Budrewicz S. *Kompendium neurologii. Podstawowe zespoły neurologiczne*. Via Medica, Gdańsk 2014
5. Kattenstroth JC, Kalisch T, Schesny-Kaiser M, et al. Daily repetitive sensory stimulation of the paretic hand for the treatment of sensorimotor deficits in patients with subacute stroke: RESET, a randomized, sham-controlled trial. *BMC Neurology*, 2018; 18: 2