

Rola neuropsychologii klinicznej w epoce neuroobrazowania

Agnieszka Maryniak

Instytut „Pomnik — Centrum Zdrowia Dziecka” w Warszawie

STRESZCZENIE

Rozwój współczesnych technologii neuroobrazowania ograniczył rolę neuropsychologii w diagnostyce lokalizacyjnej, a równocześnie powstał nowy obszar do badań klinicznych i naukowych. W pracy omówiono zasady planowania i przeprowadzania funkcjonalnych badań neuroobrazowych — dobór zadań z uwzględnieniem celu badania i cech pacjenta (dysfunkcji, szczególnych umiejętności) oraz bieżące monitorowanie przebiegu badania z ewentualną modyfikacją zadań. Omówiono także aktualne wskazania do konsultacji neuropsychologicznej, przede wszystkim na podstawie zaleceń Amerykańskiej Akademii Neurologii.

Polski Przegląd Neurologiczny 2012; 8 (4): 156–160

Słowa kluczowe: neuropsychologia kliniczna, neuroobrazowanie funkcjonalne

Wprowadzenie

Według definicji Kądziaławy [1] „Neuropsychologia jest dziedziną psychologii, rozwijającą się na pograniczu neurologii klinicznej i innych nauk o układzie nerwowym oraz psychologii, ze szczególnym uwzględnieniem psychologii człowieka chorego. Przedmiot neuropsychologii stanowią związki zachowań ze strukturami mózgu”. Tak rozumiana neuropsychologia rozwijała się od XIX wieku. W swych początkach mogła być traktowana jako część neurologii — autorami pierwszych prezentacji „klasycznych przypadków neuropsychologicznych” byli lekarze, przede wszystkim

neurologdy. Koncentrowano się wówczas na opisanu następstw uszkodzenia określonych okolic mózgu dla funkcjonowania pacjenta. Za mistrzostwo uchodziło wskazanie uszkodzonych struktur mózgu (np. lokalizacji procesu rozrostowego) na podstawie objawów. Mogło to stanowić istotną informację dla neurochirurgów.

W drugiej połowie XX wieku wyodrębniła się nowa dziedzina — neuropsychologia poznawcza. Jej celem jest opisanie i zrozumienie związku struktury i funkcji mózgu z konkretnymi procesami poznawczymi na podstawie wyników badań pacjentów z uszkodzeniami mózgu oraz opracowanie z wykorzystaniem tych danych modelu normalnego funkcjonowania poznawczego [2]. Ten nurt badań neuropsychologicznych okazał się bardzo ważny, gdy w wyniku rozwoju nowych technik obrazowania zasadniczo zmieniła się rola neuropsychologii w neurologii i neurochirurgii. Straciły znaczenie analizy lokalizacyjne — miejsce uszkodzeń mózgu precyzyjnie określa się z użyciem tomografii komputerowej i rezonansu magnetycznego. Z tego punktu widzenia badanie neuropsychologiczne jest już bezużyteczne. Nadal jednak jest podstawowym narzędziem oceny, czy i w jakim stopniu stwierdzona choroba ośrodkowego układu nerwowego (OUN), określone uszkodzenie w obrębie mózgowia, zakłóca procesy poznawcze i emocjonalne pacjenta oraz wpływa na jego funkcjonowanie. Czy obserwowane objawy można wiązać z obecnością zmiany strukturalnej w mózgu, czy też raczej są one skutkiem innych mechanizmów? W jaki sposób można pomóc pacjentowi z chorobą neurologiczną w optymalizacji jego możliwości i jak najdłuższym zachowaniu sprawności w codziennym życiu? Rozwój technologii przyniósł też nowe pytania, na przykład: jak wykorzystywać wiedzę pochodzącą z badań neuropsychologii po-

Adres do korespondencji: dr hab. n. med. Agnieszka Maryniak
Instytut „Pomnik — Centrum Zdrowia Dziecka”
Al. Dzieci Polskich 20, 04-730 Warszawa
e-mail: a.maryniak@chello.pl
Polski Przegląd Neurologiczny 2012, tom 8, 4, 156–160
Wydawca: VM Media sp. z o.o. VM Group sp.k.
Copyright © 2012 Via Medica

znawczej w opracowaniu procedur neuroobrazowych badań funkcjonalnych?

Wbrew początkowym obawom obszar działania neuropsychologii klinicznej poszerza się [3]. W dalszej części artykułu omówiono aktualne wskazania do konsultacji neuropsychologicznych oraz szczególne znaczenie neuropsychologii w badaniach neuroobrazowania funkcjonalnego.

Kiedy należy skierować pacjenta do neuropsychologa?

W 1996 roku Amerykańska Akademia Neurologii (AAN, *American Academy of Neurology*) opublikowała wytyczne dotyczące wskazań do konsultacji neuropsychologicznej [4]. Według tego dokumentu badanie neuropsychologiczne jest szczególnie przydatne w poniższych przypadkach.

- 1. U pacjenta występują nieznaczące lub wątpliwe deficyty poznawcze i konieczna jest bardziej precyzyjna ocena, aby stwierdzić, czy mają one charakter patologiczny czy też są na przykład związane z wiekiem.** Na trudności w funkcjonowaniu poznawczym skarżą się często zarówno pacjenci ze stwierdzonymi chorobami układu nerwowego, osoby starsze, jak i pacjenci zgłaszający się do lekarzy z innych, pozaneurologicznych przyczyn. Na podstawie wywiadu i krótkotrwałego kontaktu z pacjentem trudno jest ocenić, na ile doświadczane przez niego problemy są objawem chorobowym, wskazującym na dysfunkcje OUN, lub bezpośrednio związanym ze stwierdzoną patologią, na ile zaś są spowodowane innymi czynnikami. W przypadku takich wątpliwości rozstrzygnąć może badanie neuropsychologiczne, a jego wyniki są pomocne zarówno dla lekarza, jak i pacjenta.
- 2. Okresowe badanie funkcjonowania pacjenta jest konieczne w ocenie postępów choroby, efektów leczenia oraz rokowania.** W wielu zespołach neurologicznych obserwuje się stopniowe pogarszanie sprawności poznawczej. Ocena dynamiki tego procesu bywa istotnym wskaźnikiem nasilenia choroby, niekiedy pomaga w diagnostyce różnicowej, a także pozwala ocenić skuteczność podejmowanego leczenia. Warunkiem diagnostycznej przydatności okresowej oceny neuropsychologicznej jest możliwość porównania wyników z kolejnych badań, zatem muszą być stosowane narzędzia analogiczne lub równoważne, ograniczające zarazem efekt uczenia się. Dobór właściwych metod badania jest szczególnie trudny w przypadku dzieci, gdy na dynamikę związanych z chorobą zmian w funk-

cjonowaniu nakładają się zmiany rozwojowe [5].

- 3. Określenie deficytów i mocnych stron pacjenta jest potrzebne do zaplanowania optymalnego programu rehabilitacyjnego, a także przy ocenie możliwości powrotu do pracy zawodowej, do nauki itp.** Szczegółowa diagnoza neuropsychologiczna powinna umożliwić oszacowanie, w jakim stopniu pacjent będzie sobie radził w codziennym życiu. W tym celu ocenia się zarówno funkcje poznawcze, jak i emocjonalne, a także procesy motywacyjne. Takie ujęcie, uwzględniające różnorodne aspekty funkcjonowania, ułatwia dopasowanie programu rehabilitacyjnego do rzeczywistych możliwości pacjenta — jego gotowości do współpracy, motywacji do wysiłku, reakcji na trudności i niepowodzenia, rozumienia instrukcji przekazywanych z wykorzystaniem różnych modalności itp. Podobnie ocenia się możliwość podjęcia bądź kontynuowania przez chorego pracy zawodowej. Sukcesy w tym zakresie nie wiążą się tylko ze sprawnością poznawczą, ale także ze zdolnością do nawiązywania adekwatnych relacji społecznych, utrzymywania motywacji czy zdolności adaptacji do sytuacji. Pełna diagnoza neuropsychologiczna wykracza więc poza przeprowadzenie testów i ocenę ich wyników, uwzględniając wpływ choroby, jej objawów i związanych z nią deficytów na życie pacjenta i jego otoczenia [6].
- 4. Potrzebna jest specjalistyczna terapia neuropsychologiczna.** Podobnie jak w punkcie 3., rozpoznanie będące podstawą określenia programu terapeutycznego musi być bardzo szerokie. Konieczne są szczegółowe określenie deficytów poznawczych, z uwzględnieniem ich prawdopodobnych mechanizmów, oraz gotowość pacjenta do podejmowania terapii. Należy rozważyć, jakie są cele oddziaływań — w wielu przypadkach nie można zakładać, że zostanie osiągnięta znacząca poprawa w zakresie funkcjonowania poznawczego, natomiast ważne może być spowolnienie narastania objawów i pomoc pacjentowi w codziennym funkcjonowaniu mimo istniejących deficytów [7, 8].
- 5. Szczegółowa ocena poszczególnych aspektów funkcjonowania poznawczego i emocjonalnego jest pomocna w diagnostyce różnicowej.** W wielu neurologicznych jednostkach chorobowych opisuje się charakterystyczny profil poznawczy — zaburzenie jednych i zachowanie innych funkcji poznawczych. Analiza profilu pomaga niekiedy w diagnostyce różnicowej. Na przykład, w ostatnich latach dużo uwagi poświę-

ca się badaniu funkcjonowania poznawczego pacjentów z otępieniem i próbom wyodrębnienia cech charakterystycznych dla jego różnych form, co już na początku choroby pomogłyby w ustaleniu właściwego rozpoznawania (m. in. odmienności profilu poznawczego pacjentów z chorobą Alzheimera i otępieniem czołowo-skroniowym [9, 10]).

6. Istnieją wątpliwości co do funkcjonowania poznawczego pacjenta. Pacjent przychodzący do lekarza może sam nie zgłaszać występowaniu u niego problemów poznawczych lub wręcz je negować, gdy sam kontakt z pacjentem je sugeruje. Niekiedy zwraca uwagę niespójność podawanych przez chorego objawów, trudności w aktualizacji podstawowych informacji o sobie, a czasem wątpliwości budzi rozumienie przez chorego zaleceń. W takich przypadkach konsultacja neuropsychologiczna może pomóc zrozumieć obserwowane u pacjenta trudności, ocenić, w jakim stopniu mogą być one objawem choroby, w jakim zaś są stałą cechą funkcjonowania, niezwiązaną z aktualnym stanem. Informacja taka może pomóc we właściwej komunikacji z chorym, dostosowaniu zaleceń i sposobu ich przekazywania do jego możliwości.

7. Pacjent jest przygotowywany do neurochirurgicznego leczenia padaczki. Choć sytuacja taka dotyczy bardzo niewielkiego odsetka pacjentów neurologicznych, to jednak została wyodrębniona przez AAN, ponieważ właśnie przygotowanie pacjentów do chirurgicznego leczenia padaczki i dalsze ich prowadzenie jest polem ścisłej współpracy neuropsychologów, neurologów i neurochirurgów [11]. Neuropsycholog ocenia przedoperacyjne funkcjonowanie pacjenta, z uwzględnieniem zgodności ewentualnych deficytów z charakterem napadów, lokalizacją ogniska lub uszkodzenia, wcześniejszym leczeniem i dynamiką objawów. Szczególnie istotne jest określenie, na ile obszar objęty planowanym zabiegiem obejmuje tak zwane okolice elokwentne, czyli funkcjonalnie czynne, uczestniczące w istotnych procesach (mowie, pamięci). W celu stwierdzenia dominacji półkulowej dla mowy od końca lat 50. XX wieku wykonywano test Wady, czyli próbę amyntalową. Obecnie zastępuje ją badanie z wykorzystaniem funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI, *functional magnetic resonance imaging*), którego dokładność i wiarygodność jest porównywalna z testem Wady, natomiast oczywistą zaletą jest nieinwazyjność [12]. Ponadto badanie metodą fMRI po-

zwala nie tylko określić półkulową dominację dla mowy, ale także zidentyfikować obszary aktywne podczas innych procesów poznawczych. Właściwe przeprowadzenie badania fMRI wymaga szczegółowego przygotowania neuropsychologicznego, o czym jest mowa w dalszej części pracy. Po zabiegu pacjent jest ponownie badany psychologicznie i, gdy istnieje taka potrzeba, kierowany na terapię neuropsychologiczną. W późniejszym okresie oceniane są także odległe następstwa zabiegu. Także inni pacjenci, u których planuje się neurochirurgiczne zabiegi resekcyjne, przede wszystkim w obrębie kory półkul mózgowych, powinni być badani neuropsychologicznie przed zabiegiem i w okresie popoperacyjnym.

Omówione wyżej wskazania AAN do konsultacji neuropsychologicznej można uzupełnić o pacjentów z chorobami nieneurologicznymi, w przebiegu których mogą wystąpić zaburzenia funkcji poznawczych i emocjonalnych. Dotyczy to na przykład osób ze schorzeniami endokrynologicznymi, układu krążenia czy układu oddechowego. Pacjenci ci, najczęściej bez jawnych deficytów neurologicznych, mogą odczuwać trudności w zakresie pamięci, uwagi, sprawności działania i, jeśli sygnalizują je lekarzowi, to powinni być kierowani na konsultację neuropsychologiczną.

Konsultacji neuropsychologicznej mogą też wymagać osoby, u których w badaniach neuroobrazowych „przypadkiem” wykryto anomalie. Wraz ze zwiększającą się liczbą badań naukowych z wykorzystaniem fMRI zwiększa się grupa zdrowych osób, u których w wykonanym badaniu stwierdzono nieprawidłowości. Według różnych doniesień może to dotyczyć nawet 40% badanych, przy czym u kilku procent znaleziona zmiana jest klinicznie znacząca [13]. Problemem pozostaje postępowanie w przypadku stwierdzenia zmian rozwojowych, bezobjawowych torbieli pajęczynówki, poszerzenia układu komorowego z prawidłowym ciśnieniem itp. Często, mimo braku jakichkolwiek objawów i udzielanych przez lekarzy wyjaśnień, że stwierdzona zmiana nie jest chorobą wymagającą interwencji, osoby z rozpoznaną nieprawidłowością strukturalną doświadczają dużego niepokoju, zaczynają wątpić w swoje możliwości poznawcze. Utrzymujące się napięcie emocjonalne i tendencja do samoobserwacji może powodować dezorganizację aktywności, co potwierdza obawy, że „coś jednak jest nie tak”. W takich przypadkach badanie neuropsychologiczne może rozwiązać wątpliwości pacjenta, jest więc po-

trzebne mimo braku ewidentnych wskazań medycznych.

Udział neuropsychologa w funkcjonalnych badaniach neuroobrazowych

Neuroobrazowanie funkcjonalne, przede wszystkim fMRI, staje się narzędziem coraz częściej wykorzystywanym zarówno w praktyce klinicznej, jak i w badaniach naukowych. Metoda ta ma niewątpliwe zalety — jest nieinwazyjna, stosunkowo łatwo dostępna, a uzyskane wyniki można przedstawiać w sugestywnej postaci „map funkcji umysłowych”. Jednak jej zastosowanie ma też wiele ograniczeń; przeprowadzenie rzetelnych badań nie jest proste, a w interpretacji wyników wskazana jest duża ostrożność.

W neurochirurgii badania funkcjonalne wykorzystuje się przede wszystkim do planowania zabiegów resekcji guzów, zaopatrywania zmian naczyniowych, usuwania obszarów dysplazji oraz w operacyjnym leczeniu padaczki. W czasie badania fMRI dąży się do określenia okolic funkcjonalnie czynnych, aktywizujących się podczas wykonywania danej czynności (np. ruchu kończyny czy mowy) i ich lokalizacji w stosunku do uszkodzenia lub obszaru planowanego zabiegu. Uzyskane dane mogą być zintegrowane z systemem neuronawigacji i nałożone na trójwymiarowy model mózgu konkretnego pacjenta, pozwalając opracować plan operacji, a w trakcie zabiegu, dzięki systemowi stałego śledzenia pola operacyjnego, ułatwiają orientację względem struktur anatomicznych i obszarów funkcjonalnie istotnych. Zwiększa to bezpieczeństwo zabiegu i ogranicza ryzyko powikłań pooperacyjnych [14].

Aby wyniki badania fMRI były naprawdę użyteczne dla neurochirurga, konieczne jest spełnienie podstawowych warunków — aktywowane muszą być pola rzeczywiście związane z badaną funkcją i konieczne jest ograniczenie aktywacji innych okolic. W praktyce uzyskanie tak jednoznacznych wyników nie jest proste. Problemów jest kilka:

- dobór zadań wykonywanych przez pacjenta w toku badania. Zadania muszą być dopasowane do warunków badania (ograniczenie ruchów w skanerze, brak możliwości głośnych wypowiedzi, aby zminimalizować artefakty związane z ruchami głowy, ograniczenie drogi podawania bodźców — słuchowych w słuchawkach, wzrokowych prezentowanych na ekranie lub poprzez gogle). Konieczne jest również jak największe uproszczenie zadania, aby nie uruchamiać złożonych procesów, aktywizujących liczne obszary korowe. Na przykład, gdy celem jest uwi-

docznienie okolic zaangażowanych w odbiór materiału werbalnego, często stosuje się po prostu prezentację w fazie czynnej badania fragmentu tekstu, zaś w fazie biernej — niewerbalnego materiału słuchowego (aby „wyzerować” aktywację z pierwszorzędowych okolic słuchowych). Jeśli aktywowane mają być obszary związane z odbiorem mowy na podstawowym poziomie (okolica Wernickego), to należy unikać bodźców wymagających analizy semantycznej, prezentowanych z bogatą intonacją, zawierających treści niejednoznaczne czy dowcipne, gdyż wówczas aktywacja jest dużo szersza i może nawet obejmować półkulę niedominującą dla mowy. W doborze właściwych zadań pomocne są wyniki badań prowadzonych w ramach psychologii i neuropsychologii poznawczej, ponieważ pozwalają one na analizę modelu danej funkcji z wyodrębnieniem jej podstawowych składowych;

- deficyty występujące u pacjenta, utrudniające wykonywanie zadań podczas badania fMRI. Niewielkiego stopnia afazja może utrudniać odbiór i przetwarzanie materiału werbalnego w specyficznych warunkach badania, gdy jest on podawany przez słuchawki nietylumiące w pełni hałasu wytwarzanego przez skaner. Gdy bodźce docierające do badanego są mało czytelne, użytkowana aktywacja może być nieadekwatna. Nawet tak proste badanie, jak aktywacja związana z ruchem palców lub stopy, może się wiązać z trudnościami. Standardową próbą wykorzystywaną do aktywacji okolic ruchowych dla dłoni jest dotykanie kciuka każdym palcem po kolei. Jednak gdy chory ma apraksję, wykonanie takiego zadania bez kontroli wzroku może być utrudnione. Zdarza się, że można wtedy obserwować bardzo szeroką aktywację, znacznie wykraczającą poza korę ruchową — odzwierciedla to świadome „poszukiwanie” przez pacjenta kolejnych palców, przywoływanie obrazu ręki [15];
- indywidualne cechy pacjenta. Opisuje się różnice w aktywacjach związane ze szczególnym treningiem w zakresie pewnych funkcji. Inna jest, na przykład, aktywacja podczas słuchania muzyki u czynnych zawodowych muzyków, inna zaś u osób bez wykształcenia muzycznego [16]. Czasem uzyskiwane wyniki mogą być zaskakujące, a do ich interpretacji potrzebna jest szersza wiedza na temat badanej osoby. Na przykład (obserwacje pochodzące z własnej praktyki autorki), podczas opisywanego wyżej ruchu ręki u nastoletniej dziewczynki obrazowano

intensywną aktywację w prawym płacie skroniowym — pacjentka była flecistką i wykonywała ruchy w rytm nuconej w myślach melodii, wyobrażając sobie grę na flecie, i ta aktywność dominowała w obrazie. W innym przypadku badaną osobę proszono o generowanie w myślach nazw zwierząt — poza oczekiwaną aktywacją okolic czołowo-skroniowych lewej półkuli pojawiła się także aktywacja przedniej części płatów potylicznych i prawego płata skroniowego. Okazało się, że pacjentka uprzedzona o charakterze zadań przygotowywała się do nich, wypisując na kartce nazwy zwierząt. Podczas badania nie generowała ich, lecz odtwarzała w myślach zapisaną w pamięci wzrokowej stronę. Zmiana zadania (generowanie słów z innej kategorii) pozwoliła na „wygaszenie” dodatkowej aktywności;

- brak kontroli nad rzeczywistą aktywnością pacjenta. Podczas badania komunikacja z pacjentem jest ograniczona. Można obserwować, czy wykonywany jest właściwy ruch; w niektórych próbach pacjent udziela odpowiedzi poprzez naciśnięcie odpowiedniego guzika — wtedy można sprawdzić, czy badany wykonuje zadanie. Jednak w wielu przypadkach (odbiór materiału słuchowego, generowanie mowy w myślach) nie ma żadnej informacji o aktywności pacjenta. Może on wykonywać w myślach obliczenia matematyczne zamiast słuchać tekstu czy nucić melodię zamiast powtarzać zdania, co zniekształci uzyskane wyniki. Jedynie bieżąca analiza obrazów aktywności i kontrola rezultatów bardzo odbiegających od oczekiwanych może być sygnałem, że pacjent nie współpracuje właściwie. W takich przypadkach badanie jest nieużyteczne.

Neuropsycholog uczestniczący w badaniach funkcjonalnych musi najpierw poznać pacjenta, przeprowadzić wstępne badanie w celu wykrycia ewentualnych deficytów, uzyskać informacje dotyczące szczególnych zdolności, treningu itp. Na podstawie tych danych oraz znając cel badania (jaki jest planowany obszar zabiegu, które funkcje mają być aktywowane), neuropsycholog dokonuje wyboru zadań. Należy przy tym pamiętać, że badanie w rezonansie magnetycznym jest dla pacjenta niekomfortowe, wskazane jest więc dążenie do ograniczenia czasu jego przebywania w skanerze. Drugi etap to przygotowanie pacjenta do badania — wyjaśnienie procedury, ewentualnie przećwiczenie zadań. Wskazane jest, aby neuropsycholog uczestniczył w badaniu, śledząc na bieżąco uży-

skiwane wyniki i w razie potrzeby modyfikując zadania.

Badania funkcjonalne można także wykorzystywać w innych sytuacjach klinicznych:

- do planowania procesu rehabilitacji;
- w przypadku stwierdzenia u pacjentów bez strukturalnych zmian w mózgu nasilonych, specyficznych zaburzeń poznawczych;
- do oceny stanu świadomości w sytuacjach wątpliwych, na przykład podejrzenia u chorego zespołu zamknięcia (*locked-in syndrome*) [15]. Oczywiście, także w tych przypadkach użyteczne są omówione wyżej zasady planowania i przeprowadzania badań funkcjonalnych.

Rozwój nauk o układzie nerwowym, zarówno w ich teoretycznym, jak i klinicznym wymiarze, wpłynął także na neuropsychologię. Z jednej strony ograniczono jej rolę w diagnostyce lokalizacyjnej, z drugiej jednak otworzyły się nowe pola do współpracy, w których wykorzystuje się dotychczasowy dorobek w dziedzinie neuropsychologii, osiągnięcia neuropsychologii poznawczej oraz coraz szersze „ekologiczne” spojrzenie na funkcjonowanie osób z chorobami mózgu.

PIŚMIENNICTWO

1. Kądziałowa D. Neuropsychologia kliniczna: charakterystyka dyscypliny. W: Strelau J. (red.) Psychologia. Tom 3. Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2000: 649–662.
2. McCarthy R.A. Cognitive neuropsychology. A clinical introduction. Academic Press Inc., San Diego 1990: 1–21.
3. Ruff R.M. A friendly critique of neuropsychology: facing the challenges of our future. Arch. Clin. Neuropsychol. 2003; 18: 847–864.
4. Hartlage L.C. Neuropsychological testing of adults: further considerations for neurologists. Arch. Clin. Neuropsychol. 2001; 16: 201–213.
5. Maryniak A. Diagnoza w neuropsychologii rozwojowej. Stand. Med. 1999/2000; 1/2: 47–48.
6. Marcotte T.D., Grant I. Neuropsychology of everyday functioning. Guilford Press, New York 2010.
7. Łuczywek E. Sztuka życia z pogarszającą się pamięcią. Terapia dla zapominających. Warszawski Informator Psychologiczny 2007; 21: 6–8.
8. Prigatano G.P. Rehabilitacja neuropsychologiczna. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009: 256–274.
9. Mathias J.L., Morphet K. Neurobehavioral differences between Alzheimer's disease and frontotemporal dementia: a meta-analysis. J. Clin. Exp. Neuropsychol. 2010; 32: 682–698.
10. Harciarek M., Jodzio K. Neuropsychological differences between frontotemporal dementia and Alzheimer's disease: a review. Neuropsychol. Rev. 2005; 15: 131–145.
11. Loring D.W. History of neuropsychology through epilepsy eyes. Arch. Clin. Neuropsychol. 2010; 25: 259–273.
12. Dym R.J., Burns J., Freeman K., Lipton M.L. Is functional MR imaging assessment of hemispheric language dominance as good as the Wada test?: a meta-analysis. Radiology 2011; 261: 446–455.
13. Illes J., Kirschen M.P., Karetzky K. i wsp. Discovery and disclosure of incidental findings in neuroimaging research. J. Magn. Reson. Imaging 2004; 20: 747–747.
14. Roszkowski M. Neuronawigacja — chirurgia wspomagana obrazem, współczesne możliwości zastosowania w neurochirurgii. Probl. Lek. 2006; 45: 17–26.
15. Maryniak A., Ondruch A., Roszkowski M. Neuroobrazowanie funkcjonalne u dzieci w praktyce klinicznej. W: Jodzio K., Szepietowska E.M. (red.). Neuronalne ścieżki poznania i rozwoju. Wydawnictwo UMCS, Lublin 2010: 203–216.
16. Ohnishi T., Matsuda H., Asada T. i wsp. Functional anatomy of musical perception in musicians. Cereb. Cortex 2001; 11: 745–160.