

Zastosowanie spektroskopii protonowej rezonansu magnetycznego ¹HMRS w diagnostyce guzów mózgu u dzieci – doniesienie wstępne

Usefulness of proton magnetic spectroscopy (¹HMRS) in assessment of intracranial tumors in children

¹Bożena Kubas, ²Wojciech Sobaniec, ³Wojciech Kułak, ²Joanna Śmigielska-Kuzia, ¹Eugeniusz Tarasów, ³Jerzy Walecki, ¹Urszula Łebkowska, ²Krzysztof Sendrowski

¹Zakład Radiologii Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku

²Klinika Neurologii Dziecięcej Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku

³Klinika Rehabilitacji Dziecięcej Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku

STRESZCZENIE

Wstęp. Spektroskopia rezonansu magnetycznego ¹HMRS jest metodą nieinwazyjnej oceny metabolizmu tkanki nerwowej, która pozwala na wykrywanie patologii w bardzo wczesnej fazie. Ułatwia różnicowanie zmian morfologicznych, ocenę dynamiki procesu patologicznego oraz monitorowanie terapii. Znajduje też zastosowanie w różnicowaniu guzów pochodzenia glejowego i nerwowego oraz w określaniu stopnia ich złośliwości. Jest też bardzo przydatna w ocenie doszczętności zabiegu chirurgicznego, a także ewentualnej wznowy procesu nowotworowego. Celem naszej pracy była ocena przydatności ¹HMRS w diagnostyce guzów mózgu u dzieci. **Materiał i metody.** Badania MRI oraz ¹HMRS wykonano u ośmiorga dzieci z guzami mózgu (rdzenia płodowego, gwiaździak włóknisty, oponiak). Badania wykonane były aparatem 1.5 T (T1, T1 Gad, T2, PD-zależne) przy użyciu sekwencji FAST, FSE oraz PRESS. **Wyniki.** W pracy przedstawiono charakterystyczne cechy widma uzyskane z obszaru różnych rodzajów guzów. Choć widmo ¹HMRS nie może być traktowane jako podstawa rozpoznania poszczególnych procesów rozrostowych, to jednak badanie to stanowi istotny element w łańcuchu diagnostycznym i może być bardzo przydatne do postawienia ostatecznej diagnozy.

Słowa kluczowe: spektroskopia rezonansu magnetycznego, guzy mózgu

ABSTRACT

Introduction. Proton magnetic spectroscopy (¹HMRS) has been widely applied in characterization and differentiation of brain tumors, staging, recurrence of pathologic process, post radiotherapy changes and other lesions. Aim of our study was to assess usefulness of ¹HMRS in diagnosing brain tumors in children. **Material and methods.** In vivo ¹HMRS was performed in 8 children with intracranial tumors (astrocytoma pilocyticum, medulloblastoma, meningioma). Examinations were performed with 1.5 T system (T1, T1 Gad, T2, PD-WI) using FAST, FSE and PRESS sequences. **Results.** In study we show characteristic spectra obtained from intracranial tumors. Despite ¹HMRS cannot be the only tool in evaluation of type and stage of the tumor, it has diagnostic value and enables accurate diagnosis.

Key words: proton magnetic spectroscopy, brain tumors

Rezonans magnetyczny i tomografia komputerowa są podstawowymi metodami diagnostycznymi, dzięki którym możliwa jest ocena zmian morfologicznych w obrębie tkanki mózgowej zarówno u dzieci, jak i u dorosłych. Jednakże zanim dana patologia będzie widoczna w badaniu obrazowym, wcześniej występują określone zmiany metaboliczne. Wiadomo, że im wcześniej możliwe jest wykrycie nieprawidłowości, tym lepsze można osiągnąć wyniki stosując odpowiednie leczenie. Z tego względu rozwinęły się takie metody, jak biopsja aspiracyjna cienkoigłowa,

biopsja gruboigłowa, pozwalające na analizę cytologiczną czy histopatologiczną pobranych próbek, oraz analityka medyczna umożliwiająca ocenę zmian składu chemicznego płynów ustrojowych. Technika, która może także rozwiązać problem, jest spektroskopia rezonansu magnetycznego (MRS). Jest to metoda określona przez Botomleya jako „okno na metabolizm tkanek” [1]. Daje ona możliwość przyżyciowej analizy składu chemicznego tkanek, poszczególne związki chemiczne cechują się bowiem określonym przesunięciem częstotliwości rezonansowej, co umożliwia

ich identyfikację i ocenę ilościową. Przesunięcie chemiczne umożliwia identyfikację substancji chemicznej, a pole pod krzywą widma odpowiada jej stężeniu. W technice tej sygnały w postaci linii spektralnych (pików), tworzących widmo, dają informacje o właściwościach biochemicznych z wybranej objętości badanego obiektu. W czasie pomiaru rejestrowany jest sygnał swobodnej precesji FID (*free induction decay*), a ten zapamiętany w komputerze i poddany transformacji Fouriera daje widmo MR składające się z szeregu pików, których pozycję podaje się w skali ppm (*parts per million*). Pozycja pików określa rodzaj metabolitu, a jego wysokość, a dokładnie pole powierzchni pod pikiem, jest miarą ilości metabolitu w mierzonej próbce. Pozwala to na ocenę składu chemicznego ściśle określonej próbki tkankowej (VOI – *volume of interest*) w całkowicie bezinwazyjny sposób. Analiza może uwzględniać identyfikację linii widma pojawiających się w stanach patologicznych, ocenę stężeń wybranych metabolitów lub obliczenie stosunków względnych pomiędzy niektórymi z nich. W ten sposób badanie ¹H MRS *in vivo* pozwala na wykrywanie patologii w bardzo wczesnej fazie, ułatwia różnicowanie zmian morfologicznych, umożliwia ocenę dynamiki procesu patologicznego, a wreszcie monitorowanie terapii [2, 3]. Ze względu na nieinwazyjność oraz możliwość oceny stanu ustroju na poziomie metabolicznym MRS *in vivo* określana jest jako „nieinwazyjna biopsja biochemiczna”. W diagnostyce ośrodkowego układu nerwowego główną rolę odgrywa protonowa (jąder wodoru) spektroskopia MR (¹H MRS) [2–5]. Badanie to może być wykonywane jako spektroskopia pojedynczego woksela, gdzie ocena zaburzeń metabolicznych jest możliwa w niewielkiej objętości tkanki, ściśle zdefiniowanej uprzednio na podstawie badania morfologicznego, lub spektroskopia obrazowania chemicznego (CSI – *Chemical Shift Imaging*) 3D, gdzie analiza stanu metabolicznego tkanki możliwa jest jednocześnie w prawie całej objętości mózgu [3, 4]. W widmie ¹H MRS tkanki mózgowej można zidentyfikować różne metabolity. Źródłem najsilniejszych sygnałów rezonansowych są kreatyna (Cr) wraz z fosfokreatyną (PCr), cholina (Cho) oraz N-acetyloasparaginian (NAA). Poza tym widoczne są też mioinozytol (mI), glutaminiany (Glx) oraz w stanach patologicznych lipidy (lip) i mleczany (lac). Cr znajduje się na pozycji 3,03 ppm, jest ona wyznacznikiem przemian metabolicznych mózgu i często jest stosowana jako standard wewnętrzny do oceny stosunków poszczególnych metabolitów. Cho w widmie na pozycji 3,21 ppm uważana jest za wskaźnik produktów rozpadu mieliny, budującej osłonki wypustek komórek nerwowych. Zmiany patologiczne powodujące zmianę pików cholicy są widoczne w postaci względnie dużych wahań jego wysokości. Z kolei NAA uważa się za wskaźnik funkcji neuronów (w widmie 2,02 ppm). Mioinozytol (mI) znajduje się wyłącznie w astrocytach, stąd określany jest jako marker gleju. Odpowiedzialny jest on za osmolizę i utrzymanie prawidłowej objętości komórkowej. W widmie ¹H MRS mózgu obserwuje się jego pik 3,56 ppm [2]. Mleczany rejestrowane są przy 1,39 ppm w postaci dubletu. Sygnał ten nie jest widoczny w widmie prawidłowej tkanki nerwowej. Jego pojawienie się może sugerować występowanie mar-

twicy w obrębie guza. Podwyższony sygnał mleczanów obserwuje się też w mitochondrialnych zaburzeniach metabolicznych oraz w tkance niedokrwionej [2, 6]. W zdrowej tkance również nie obserwuje się sygnału pochodzącego z wolnych lipidów (0,8 ppm). Podwyższenie ich poziomu notuje się w przypadku guzów wewnątrzczaszkowych lub stwardnienia rozsianego [2, 4, 5]. Pozostałe metabolity dają słabsze sygnały rezonansowe w prawidłowym mózgowiu bądź są wykrywane jedynie w stanach patologicznych. Do tych metabolitów należą glutaminiany, GABA, glukoza, alanina i inne.

Celem naszej pracy była prezentacja przypadków guzów mózgu u dzieci w badaniach MR i ¹H MRS.

Grupę badaną stanowiło siedmioro dzieci w wieku 2–14 lat z guzami mózgu, w tym były trzy rdzeniaki płodowe, trzy gwiaździki włosowate i jeden oponiak (Tab. 1). Weryfikacja rozpoznania oparta była na ocenie śródoperacyjnej i histopatologicznej. Grupę kontrolną stanowiło dziesięć osób zdrowych w podobnym wieku. Badania obrazowe MR wykonywano aparatem Eclipse 1,5 T firmy Picker, uzyskując obrazy T1, T2, PD-zależne oraz T1 po wzmocnieniu kontrastowym, w płaszczyznach poprzecznej, strzałkowej i czołowej, przy użyciu sekwencji FSE (*fast spin echo*) i FAST (*gradient echo*). ¹H MRS wykonywano metodą pojedynczego voxela w sekwencji PRESS przy TE – 35 m/sek, TR – 1500 m/sek, NEX – 192, objętość voxela 2x2x2 cm³. Tłumienie sygnału wody wykonywano metodą MOIST. Uzyskane widma poddawano obróbce automatycznej, obejmującej korekcję fazy, linii podstawowej oraz aproksymację pola powierzchni pod krzywą. Oceny widma dokonywano w oparciu o proporcje poszczególnych metabolitów: NAA/Cr, (Cho/NAA), (lac/Cr) i (lip/Cr).

WYNIKI

Wszystkie guzy zlokalizowane były w tylnym dole czaszki, w obrębie pnia mózgu, robaka mózdzku oraz w półkulach mózdzku (ryc. 2, ryc. 3), poza oponiakami, który znajdował się w okolicy zbiornika nadsiodłowego, przy podstawie przedniego dołu czaszki (ryc. 4). Rdzeniaki płodowe, oponiak oraz część lita naczynek płodowych dobrze wzmacniały się po podaniu kontrastu i.v (*Magnevist Schering*), natomiast gwiaździki włosowate praktycznie nie uległy wzmocnieniu kontrastowemu. Zmianom towarzyszyła różnego stopnia strefa obrzęku. Widma uzyskane z gwiaździków pilocytarnych charakteryzowały obniżone poziomy NAA oraz wysokie wartości stężeń lip i lac (ryc. 2). Podobne wyniki uzyskano w przypadku rdzeniaków płodowych, w których obserwowano dodatkowe pasmo przy 3,35 ppm, pochodzące z tauryny (ryc. 3). U chorego z oponiakami obserwowano podwyższenie sygnału cho i lip przy znacznie obniżonym sygnale NAA (ryc. 4). Proporcje poszczególnych metabolitów oraz stan kliniczny chorych przedstawione są w tabeli 2.

DYSKUSJA

Pomimo że MR jest jedną z najnowocześniejszych technik obrazowania stosowanych w badaniach onk., w wielu przy-

padkach obrazu morfologiczne stwierdzane w rutynowych sekwencjach obrazowych MR nie pozwalają na postawienie jednoznacznego rozpoznania. Zastosowanie ¹H MRS wzbogaca możliwości diagnostyczne w rozpoznawaniu guzów mózgu.

Protonowa spektroskopia rezonansu magnetycznego ¹H MRS jest jedyną nieinwazyjną metodą pozwalającą na przyżyciowe ilościowe oznaczenie zawartości metabolitów w tkance mózgowej i dającą wgląd w skład chemiczny mózgu. Możliwość oceny zawartości metabolitów w wybranym, określonym na podstawie obrazów morfologicznych, obszarze (VOI) wnosi wiele wartościowych informacji na temat charakteru zmiany i pozwala na uściślenie rozpoznania. W celu interpretacji danych z obszarów objętych procesem patologicznym należy porównać je z danymi dotyczącymi prawidłowego mózgu. Zalety płynące z zastosowania spektroskopii ¹H MR wynikają z możliwości różnicowania charakteru zmian ogniskowych o różnym pochodzeniu, odróżnienia zmian rozrostowych od innych procesów, różnicowania typów nowotworów i stopnia ich złośliwości [5–7]. Inne zastosowania ¹H MRS polegają na ocenie strefy niepewnej okologuzowej, rozpoznawaniu wznowy oraz w przypadku guzów leczonych zachowawczo ocenie odpowiedzi na chemio- lub radioterapię [5, 8, 9]. Spektroskopię ¹H MR wykorzystywano również do oceny zawartości poszczególnych metabolitów w tkance mózgowej u dzieci z innymi schorzeniami, jak np. MPD (mózgowe porażenie dziecięce) oraz w zespole Downa [10–13].

Generalnie spektra ze zmian rozrostowych wykazują obniżone poziomy NAA i podwyższone ze związków cholinowych w porównaniu z patologiami innego typu. Często dochodzi również do podwyższenia poziomu mleczanów oraz obniżenia ze związków kreatyny [2, 14–16]. Obniżenie poziomu NAA, markera komórek nerwowych, obserwowane w widmach z obszaru guzów, jest wynikiem uszkodzenia neurocytów lub zastępowania ich komórkami nowotworowymi. Z tej przyczyny w obrębie litych części guzów pochodzenia glejowego stwierdza się obniżony stosunek NAA/Cr [15–17]. Bardzo niski lub zerowy poziom NAA z oponiaków jest natomiast wynikiem ich mezenchymalnego pochodzenia [5].

Podwyższona zawartość Cho jest kojarzona z aktywnością proliferacyjną komórek, z tego względu zwiększenie sygnału Cho i obniżenie poziomu NAA wskazuje na obecność procesu rozrostowego [18].

W nowotworach mózgu obserwowano też zmniejszenie poziomu Cr [5, 14], co uważane jest za odzwierciedlenie procesów śmierci komórkowej [2].

Badania ¹H MRS z zastosowaniem krótkich czasów echa wskazują na podwyższenie poziomu mioinozytolu w glejakach [19]. W badaniach Madera [3] jedynie ten fakt pozwalał na różnicowanie pomiędzy tkanką prawidłową, gwiazdździakiem niskiej złośliwości i glejakiem wielopostaciowym. Podwyższenie poziomu związków lipidowych stwierdzane w spektrach glejaków pochodzi najpewniej z obszarów martwicy, w których przepływ krwi przez tkanki jest niski [20]. Kaibara i wsp. [2] obserwowali zwiększone stężenia mleczanów w 12–44% glejaków, co może świad-

czyć o pobudzeniu glikolizy beztlenowej. Tien i wsp. [21] wykazali wyższy poziom mleczanów w gwiazdździakach wielopostaciowych w porównaniu z glejakami o niższej złośliwości, ale nie znaleźli istotnej korelacji pomiędzy poziomem mleczanów a stopniem złośliwości histologicznej.

Pasma tauryny widoczne jest w widmie na pozycji 3,35 ppm. Jest to aminokwas, który odgrywa rolę jako neurotransmitter i posiada właściwości cytoprotekcyjne. Obecność tauryny wykazywana jest jedynie w obrębie guzów o typie PNET (*Primitive Neuroectodermal Tumor*), np. w rdzeniakach płodowych. Sygnału tego aminokwasu nie stwierdza się w prawidłowej tkance nerwowej ani też w innego rodzaju guzach mózgu [22].

Sygnał przypisywany lipidom skorelowany jest z występowaniem pasm martwicy, które są charakterystyczne dla guzów wysokozłośliwych [20].

Wiele badań z zastosowaniem spektroskopii MR poświęconych jest ocenie stopnia złośliwości guzów mózgu [6, 7, 17, 23, 24]. Wiadomo, że w przypadku glejaków wraz ze wzrostem stopnia złośliwości poziom Cho jest coraz wyższy, a NAA coraz mniejszy. Widma w których stosunek NAA/Cho jest niższy niż jeden występują w glejakach wysokiej złośliwości [17]. Natomiast glejaki o niskiej złośliwości, w których dochodzi w krótkim czasie do wznowy, mają znamienne wyższy poziom Cho w porównaniu z glejakami o takim samym stopniu złośliwości, w których nie obserwowano dynamiki wzrostu [14]. W wielu opracowaniach wykazano też, że wzrost poziomu grup metylowych i metylenowych lipidów oraz obecność pasm mleczanów szczególnie często spotykane są w glejakach o wysokim stopniu złośliwości [2, 7, 20].

Pełna ocena procesu rozrostowego, istotna przy podejmowaniu decyzji terapeutycznych, powinna wnosić informacje dotyczące samej zmiany zlokalizowanej jak też objęcia procesem chorobowym tkanek otaczających. Niektórzy autorzy uważają, że glejaki o wysokiej złośliwości są schorzeniami uogólnionymi, dotyczącymi całego mózgu [25]. Przyjmuje się, że złośliwe glejaki nie mają charakteru ściśle ogniskowego, lecz cechują się wewnątrzmożgowym rozsiewem komórek nowotworowych wzdłuż zmielinizowanych aksonów i naczyń krwionośnych lub poprzez przetrzeń podpajęczynówkową [26].

Spektroskopowa charakterystyka ognisk nowotworowych oraz sąsiednich i bardziej odległych obszarów morfologicznie prawidłowych może dostarczyć danych co do zasięgu procesu nowotworowego i jego metabolicznych uwarunkowań. Uważa się, że wzrost poziomu Cho i obniżenie NAA w morfologicznie prawidłowej tkance otaczającej glejaka może świadczyć o obecności gradientu zmian, zanikającego wraz z odległością od litej części guza [27]. Podobnie wzrost poziomu wolnych lipidów w okolicach odległych o wiele centymetrów od usuniętego ogniska nowotworowego sugeruje, że zasięg zmian patologicznych jest znacznie rozleglejszy, niż wynikałoby to z badań obrazowych stanowiących podstawę do planowania leczenia chirurgicznego [27, 28].

Pierwsze doświadczenia zastosowań klinicznych spektroskopii MR wskazywały, że metoda ta pozwoli na pre-

czyjne różnicowanie typu histologicznego guzów oon [6, 8, 22]. Jednak w miarę zdobywania doświadczeń okazało się, że jednoznaczne określenie rodzaju nowotworów jest problemem złożonym [24, 27, 31]. Rozbieżności w wynikach badań nowotworów oon metodami ¹HMRs wynikać mogą z heterogenności guzów, z różnic pomiędzy poszczególnymi przypadkami nowotworów o podobnej budowie histologicznej bądź ze zróżnicowanego sposobu naciekania zdrowej tkanki i zastępowania neuronów przez komórki nowotworowe. Ponadto najczęściej stosowane posługiwanie się stosunkami intensywności pasm rezonansowych metabolitów stwarza trudności interpretacyjne. Trudno bowiem jednoznacznie ustalić, czy obserwowane zmiany są wynikiem zmian stężeń tylko jednego z nich, czy też obu. Z tych przyczyn nie tylko trudne jest dokładne ustalenie histologii guza [29, 30], ale i różnicowanie zmian o charakterze nowotworowym i nienowotworowym, które nie zawsze jest możliwe [7, 31].

Wyniki badań spektroskopowych obserwowanej przez nas grupy chorych były w większości przypadków zgodne z obserwacjami innych autorów. Analiza widm i obec-

ność charakterystycznego pasma tauryny, przy obniżonej zawartości NAA, pozwalała na rozpoznanie guzów z grupy PNET. W widmach oponiaków obserwowano znacznie obniżone wartości NAA/Cr, gwiazdki natomiast cechowały się obniżeniem poziomu NAA oraz wysokimi sygnałami choliny, lipidów i mlecznów. Wysoki stopień złośliwości guzów związany był z wybitnie podwyższonymi stężeniami choliny, przy niskim poziomie NAA.

PODSUMOWANIE

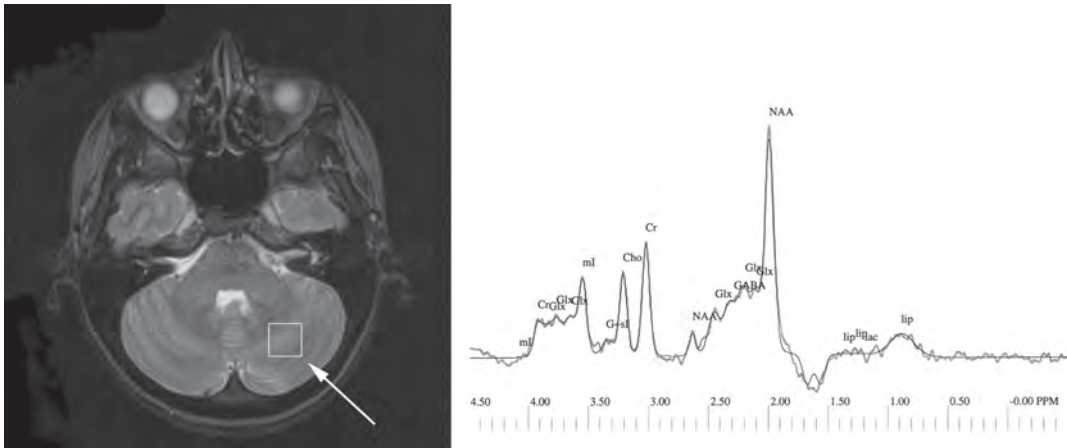
Wyniki naszych badań, ograniczone niewielką liczebnością grupy, nie pozwalają na wysuwanie wiążących wniosków, potwierdzają jednak przydatność metody w trudnych diagnostycznie przypadkach neuroonkologicznych. Chociaż widmo ¹HMRs nie może być traktowane jako podstawa rozpoznania poszczególnych procesów rozrostowych, to jednak badanie to stanowi istotny element w łańcuchu diagnostycznym i może być bardzo przydatne w postawieniu ostatecznej diagnozy.

Tab. 1. Charakterystyka badanej grupy i guzów wewnątrzczaszkowych *Characteristic of study group and intracranial tumors*

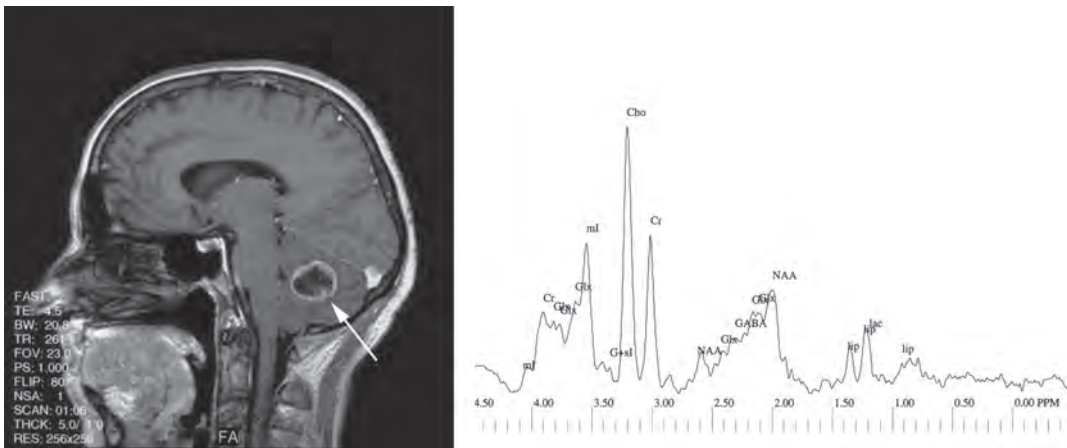
Rodzaj guza	Lokalizacja	Wzmocnienie kontrastowe	Wiek dziecka	Płeć
Medulloblastoma	Prawa półkula mózdku	niejednorodne	11	ż
Medulloblastoma	Robak mózdku	niejednorodne	2	m
Medulloblastoma	Pien mózgu/robak mózdku	niejednorodne	7	m
Astrocytoma pilocyt.	Prawa okolica skroniowa	brak	14	m
Astrocytoma pilocyt	Tyłny dół czaszki	niejednorodne, słabe	5	ż
Astrocytoma pilocyt	Tyłny dół czaszki	słabe	6	ż
Meningioma	Okolice siodła tureckiego	silne, jednorodne	10	m

Tab. 2. Proporcje metabolitów uzyskane z poszczególnych rodzajów guzów oraz objawy kliniczne w badanej grupie *Metabolite ratios obtained from brain tumors and clinical symptoms in study group*

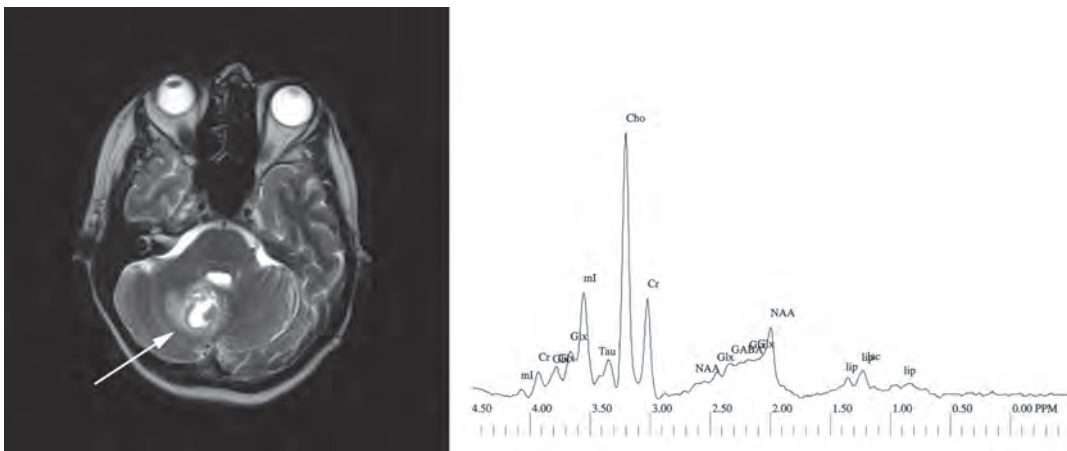
pacjent	Rodzaj guza	NAA/Cr	Cho/Cr	ml/Cr	Lip/Cr	Lac/Cr	Tau/Cr	Objawy kliniczne
G.C.lat11	Medulloblastoma	1,418	1,583	0,806	0,960	0,555	0,541	Bóle głowy, sporadycznie wymioty, zaburzenia równowagi
I.D. lat2	Medulloblastoma	2,927	4,591	4,047	5,541	5,195	1,201	Bóle głowy, utrata przytomności, wymioty
P.R. lat 7	Medulloblastoma	0,818	2,723	1,218	0,428	0,494	0,452	Bóle głowy, oczopląs poziomy i pionowy przy patrzeniu w prawo i w górę
M.S.lat14	Astrocytoma pilocyticum	2,56	1,56	0,478	0,906	0,204	-	Bóle głowy, ataxia mózdkowa
D.P. lat5	Astrocytoma	1,751	1,129	0,323	1,618	0,26	-	Bóle głowy, upośledzona tolerancja wysiłku
B.K.lat6	Astrocytoma	1,931	1,32	0,573	1,22	0,21	-	Bóle głowy, dyskretny niedowład lewostronny, omdlenia
J.S. lat10	Meningioma	0,431	1,568	0,762	1,083	0,424	-	Bóle głowy, omdlenia, zaburzenia widzenia



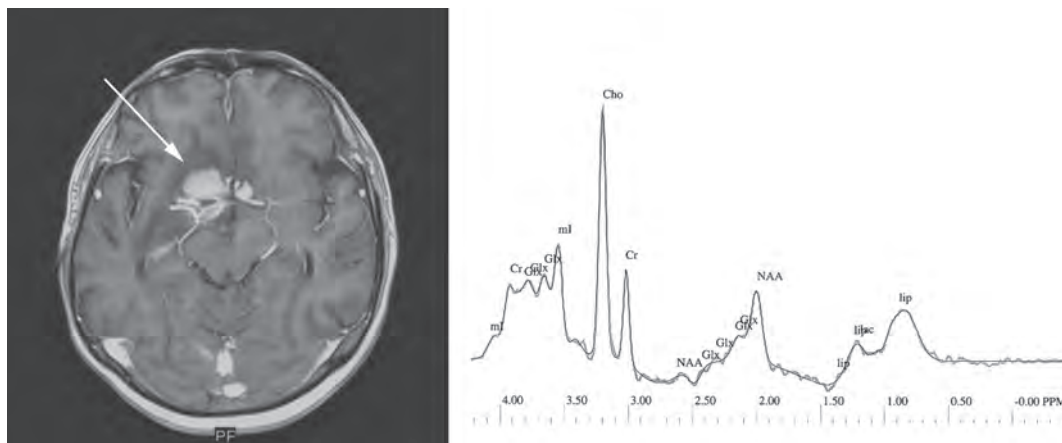
Ryc. 1. Prawidłowy obraz struktur tylnego dołu czaszki oraz spektrum uzyskane z obszaru zaznaczonego strzałką *Normal image of subtentorial structures and spectrum obtained from VOI marked with arrow*



Ryc. 2. Ognisko o niejednorodnej strukturze, z komponentą torbielowatą, brzęcznie wzmacniające się po podaniu kontrastu, zlokalizowane w lewej półkuli mózdzku. Rozpoznanie histopatologiczne *astrocytoma pilocyticum*. Widmo z guza o typie *astrocytoma pilocyticum*, obniżone pasmo NAA, nieznacznie podwyższona Cho oraz Mi *T1 WI post gadolinium shows predominantly cystic mass with rim enhancement located in cerebellar hemisphere in 5-year-old girl. Histologically confirmed astrocytoma pilocyticum. Spectrum of astrocytoma pilocyticum with low level of NAA, mildly increased level of Cho and ml.*



Ryc. 3. Nieprawidłowe ognisko o mieszanym sygnale w obrazach T2-zależnych, zlokalizowane w lewej półkuli mózdzku, z uciskiem komory IV. Rozpoznanie histopatologiczne *medulloblastoma*. Widmo uzyskane z tego guza – nieco obniżony poziom NAA, podwyższone pasmo Cho i lip. Charakterystyczny pik tauryny przy 3,35 ppm *T2 WI show heterogenous mass in right cerebellar hemisphere with IV ventricle compression. Medulloblastoma found in surgery. Spectrum of medulloblastoma, low level of NAA, increased Cho and lip. Typical peak of taurine at 3.35 ppm*



Ryc. 4. Nieregularne ognisko, dobrze wzmacniające się po podaniu kontrastu w obrębie zbiornika nadsiodłowego u chłopca 10, odpowiadające oponiakowi. Widmo uzyskane z obszaru guza- bardzo niskie pasmo NAA, podwyższony poziom lip i lac *Irregular mass located in suprasellar system with very good enhancement post gadolinium in 10-year-old boy. Meningioma diagnosed after resection. Spectrum of meningioma, very low peak of NAA, elevated Cho*

PIŚMIENNICTWO

- [1] Bottomley P.A., Edelstein W., Foster T. et al.: In vivo solvent-suppressed localized hydrogen nuclear magnetic resonance spectroscopy: A window to metabolism? *Proc. Natl. Acad. Sci USA*, 1985; 82, 2148–2152.
- [2] Kaibara T., Tyson R., Sutherland G. et al.: Human cerebral neoplasms studied using MR spectroscopy: a review. *Biochem. Cell. Biol.*, 1998; 76, 477–486.
- [3] Mader L., Roser W., Hagberg G., Scheider M.: Proton Chemical Shift Imaging, metabolic maps, and single voxel spectroscopy of glial tumors. *MAGMA* 1996; 4, 139–150.
- [4] Uysal E., Erturk M., Yildirim H. et al.: Multivoxel magnetic resonance spectroscopy in gliomatosis cerebri. *Acta Radiol.*, 2005; 46(6), 621–624.
- [5] Demaerel P.: In vivo localized single-voxel proton magnetic resonance spectroscopy of intracranial tumors. *Int. J. Neuroradiol.*, 1997; 3, 94–100.
- [6] Usenius J., Kauppinen R., Yainio P. et al.: Quantitative metabolite patterns of human brain tumors: Detection by ¹H NMR spectroscopy in vivo and in vitro. *J. Comp. Assist. Tomogr.*, 1994; 18, 707–713.
- [7] Kubas B., Tarasów E., Dzienis W. et al.: Magnetic resonance proton spectroscopy in neurooncology – preliminary report. *Neurol. Neurochir. Pol.*, 2001; Suppl 5, 90–100.
- [8] Prost R., Haughton V., Li S-Jiang: Brain Tumors: Localized H-1 MR Spectroscopy at 0,5 T. *Radiology* 1997; 204, 235238.
- [9] Stadlbauer A., Gruber S., Nimsky C. et al.: Preoperative grading of gliomas by using metabolite quantification with high-spatial-resolution proton MR spectroscopic imaging. *Neuroradiology*, 2006; 238(3), 958–969.
- [10] Kułak W., Sobaniec W.: Magnetic resonance imaging of the cerebellum and brain stem in children with cerebral palsy. *Adv. Med. Sci.*, 2007; 52 (Suppl. 1), 180–182.
- [11] Kułak W., Sobaniec W., Kubas B. et al.: Spastic cerebral palsy: clinical magnetic resonance imaging correlation of 129 children. *J. Child. Neurol.*, 2007; 22(1), 8–14.
- [12] Kułak W., Sobaniec W., Sołowiej E., Boćkowski L.: Somatosensory and visual evoked potentials in children with cerebral palsy: correlations and discrepancies with MRI findings and clinical picture. *Pediatr. Rehabil.*, 2006; 9(3), 201–209.
- [13] Kułak W., Sobaniec W., Smigielska-Kuzia J. et al.: Metabolite profile in the basal ganglia of children with cerebral palsy: a proton magnetic resonance spectroscopy study. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 2006; 48(4), 285–289.
- [14] Lichy M.P., Plathow C., Schulz-Ertner D. et al.: Follow-up gliomas after radiotherapy: ¹H MR spectroscopic imaging for increasing diagnostic accuracy. *Neuroradiology*, 2005; 47(11), 826–834.
- [15] Lazareff J., Bockhorst K., Curran J.: Pediatric Low-grade Gliomas: Prognosis with Proton Magnetic Resonance Spectroscopic Imaging. *Neurosurg.*, 1998; 43(4), 809–817.
- [16] Galanaud D., Nicoli F., Chinot O. et al.: Noninvasive diagnostic assessment of brain tumors using combined in vivo MR imaging and spectroscopy. *Magn. Reson. Med.*, 2006; 55(6), 1236–1245.
- [17] Panigrahy A., Krieger M.D., Gonzalez-Gomez I. et al.: Quantitative short echo time ¹H-MR spectroscopy of untreated pediatric brain tumors: preoperative diagnosis and characterization. *AJNR Am. J. Neuroradiol.*, 2006; 27(3), 60–72.
- [18] Likavcanová K., Dobrota D., Liptaj T. et al.: In vitro study of astrocytic tumour metabolism by proton magnetic resonance spectroscopy. *Gen. Physiol. Biophys.*, 2005; 24(3), 327–335.
- [19] Guzmán-de-Villoria J.A., Sánchez-González J., Muñoz L. et al.: ¹HMR spectroscopy in the assessment of gliomatosis cerebri. *AJR Am. J. Roentgenol.*, 2007; 188(3), 710–714.
- [20] Bowen B.C.: Glial Neoplasms without Elevated Choline-Creatine Ratios. *Am. J. Neuroradiol.*, 2003; 24, 782–784.
- [21] Remy C., Foulhe N., Barba L., Sam-Lai E.: Evidence that mobile lipids detected in rat brain glioma by ¹H nuclear magnetic resonance correspond to lipid droplets. *Cancer Res.*, 1997; 57, 407–414.
- [22] Tien R., Lai P., Smith J., Lazeyras F.: Single-voxel proton brain spectroscopy exam(PROBE/SY) in patients with primary brain tumors. *AJR*, 1996; 167, 201–209.
- [23] Moreno-Torres A., Martinez-Perez I., Baquero M. et al.: Taurine Detection by Proton Magnetic Resonance Spectroscopy in Medulloblastoma: Contribution to Noninvasive Differential Diagnosis with Cerebellar Astrocytomas. *Neurosurg. Baltimore* 2004; 55(4), 824–829.
- [24] Kim J.H., Chang K.H., Na D.G. et al.: ³T ¹HMR spectroscopy in grading of cerebral gliomas: comparison of short and intermediate echo time sequences. *AJNR Am. J. Neuroradiol.*, 2006; 27(7), 1412–1418.
- [25] Black P.: Management of malignant glioma: role of surgery in relation to multimodality therapy. *J. Neurovirol.*, 1998; 4, 227–236.
- [26] Laws E., Shaffrey M.: The inherent invasiveness of cerebral gliomas: implications for clinical management. *Int. J. Dev. Neurosci.*, 1999; 17, 413–420.

- [27]. Walecki J., Tarasów E., Kubas B.: Hydrogen – ¹HMR spectroscopy of the peritumoral zone in patients with cerebral glioma: assessment of the value of the method. *Acad. Radiol.*, 2003: 10(2), 145–153.
- [28] Kimura T., Ohkubo M., Igarashi H. et al.: Increase in glutamate as a sensitive indicator of extracellular matrix integrity in peritumoral edema: a 3.0-tesla proton magnetic resonance spectroscopy study. *J. Neurosurg.*, 2007: 106(4), 609–613.
- [29] Magalhaes A., Godfrey W., Shen Y. et al.: Proton magnetic resonance spectroscopy of brain tumors correlated with pathology. *Acad Radiol.*, 2005: 12(1), 51–57.
- [30] Morales H., Kwock L., Castillo M.: Magnetic resonance imaging and spectroscopy of pilomyxoid astrocytomas: case reports and comparison with pilocytic astrocytomas. *J. Comput. Assist. Tomogr.*, 2007: 31(5), 682–687.
- [31] Chernov M.F., Hayashi M., Izawa M. et al.: Proton magnetic resonance spectroscopy (MRS) of metastatic brain tumors: variations of metabolic profile. *Int. J. Clin. Oncol.*, 2006 Oct: 11(5), 375–384.

Adres do korespondencji:

Bożena Kubas, Zakład Radiologii Akademii Medycznej w Białymstoku, ul. Skłodowskiej 24A, 15-675 Białystok, bozenakubas@interia.pl