

Otrzymano: 2003.12.29

Zaakceptowano: 2004.11.20

Value of low-field diffusion-weighted MR in acute phase of ischemic stroke

Wartość obrazowania dyfuzyjnego MR za pomocą aparatu niskopolowego w ostrym okresie udaru niedokrwinnego mózgowia

Piotr Pieniążek¹, Piotr Wojtek^{1,2}, Marek Konopka^{1,3}, Roland Rosenberger^{1,2},
Joanna Pilch-Kowalczyk^{1,3}, Marek Sasiadek⁴

¹ Śląskie Centrum Diagnostyki Obrazowej „Helimed” – Katowice, Polska

² Zakład Radiologii ZOZ Kędzierzyn-Koźle, Polska

³ Katedra i Zakład Radiologii CSK Śląskiej Akademii Medycznej, Katowice, Polska

⁴ Zakład Neuroradiologii Katedry Radiologii Akademii Medycznej, Wrocław, Polska

Adres autora: Marek Sasiadek, Zakład Neuroradiologii Katedry Radiologii AM we Wrocławiu; Dział Radiologii, Dolnośląski Szpital Specjalistyczny im. T. Marciniaka, ul. Traugutta 116, 50-420 Wrocław, Poland

Summary

Background:

Early detection of ischemic changes in the brain is significant for prompt initiation of suitable, especially thrombolytic, treatment. Until recently, the essential diagnostic method was computerized tomography (CT), despite its limited value in detecting and assessing ischemic area extent. CT perfusion, magnetic resonance (MR) perfusion, and diffusion MR (DWI, diffusion weighted imaging) are currently considered the most sensitive methods. Until recently, DWI was available only in modern, high-field MR units (1.5–3 Tesla). The aim of our study was to evaluate the usefulness of low-field DWI performed with a modern low-field MR system (with appropriate software) in patients with early ischemic stroke.

Material/Methods:

Forty patients with clinically diagnosed ischemic stroke were examined 1–12 hours after onset of symptoms. In all patients, non-contrast CT followed by DWI was performed. The time between both studies did not exceed 30 minutes. After 2 weeks, follow-up MR (FLAIR, T2 and T1-weighted images) was performed in 36 patients.

Results:

Foci of increased signal intensity, localized in the cerebral hemispheres and posterior fossa, were detected on the DWI images of 30 patients. Follow-up MR studies confirmed ischemic lesions in 24 cases. Among the 10 patients in whom ischemic changes had not been diagnosed in DWI examination, the follow-up MR revealed such in 4 cases. The sensitivity, specificity, and accuracy of DWI were calculated as 87.5%, 50% and 78%, respectively.

Conclusions:

DWI examination with a low-field MR system enables efficient detection of brain lesions in the early stage of ischemic stroke.

Key words:

brain ischemia • low-field MR • MR, diffusion-weighted imaging

PDF file:

http://www.polradiol.com/pub/pjr/vol_70/nr_1/4479.pdf

Wstęp

Udar niedokrwienny mózgu należy do najczęstszych przyczyn hospitalizacji na oddziałach neurologii i jest trzecią przyczyną zgonów w krajach europejskich, Azji i Ameryce Północnej [1]. Wyniki leczenia są uzależnione w dużym stopniu od szybkiego rozpoznania zawału i określenia jego rozległości. Ma to znaczenie tym większe, iż w pierwszych godzinach udaru możliwe jest zastosowanie dożylniej lub dotętnicznej trombolizy, dającej szansę całkowitego ustąpienia objawów neurologicznych [1, 2]. Zasadniczą rolę we wczesnym rozpoznawaniu zmian niedokrwiennych odgrywają badania obrazowe. Do niedawna podstawową metodą obrazową w diagnostyce udarów była tomografia komputerowa (TK). Jednak ze względu na fakt, iż w ciągu pierwszych 12–24 godzin część ognisk niedokrwiennych może być niewidocznych w badaniach TK, bądź nie można dokładnie określić ich rozległości, wartość TK w diagnostyce udaru niedokrwiennego jest ograniczona.

Wśród wprowadzonych w ostatnich latach nowych metod obrazowania, mających na celu szybszą i dokładniejszą diagnostykę udarów, niekwestionowaną pozycję zajmuje obrazowanie dyfuzyjne MR (DWI) [3, 4, 5]. Metoda ta do niedawna była jednak dostępna jedynie w wysokopolowych systemach MR. Postęp technologiczny umożliwił w ostatnim okresie rejestrację obrazów dyfuzyjnych również w systemach niskopolowych. Jak dotąd pojawiło się jednak tylko jedno doniesienie dotyczące DWI w systemach niskopolowych [6]. Stąd w niniejszej pracy podjęto próbę oceny wartości badań DWI z zastosowaniem systemu niskopolowego w praktyce klinicznej.

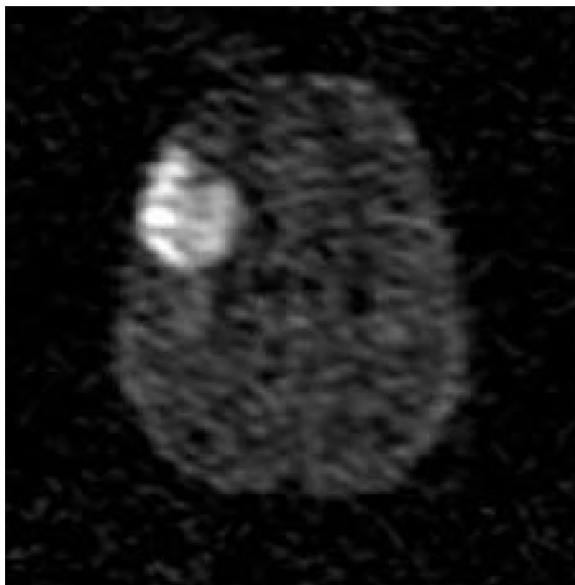


Figure 1. Diffusion MR, b value = 900 s/mm². Hyperintense area in the anterior part of the right middle cerebral artery, consistent with early ischemic lesion.

Rycina 1. Obrazowanie dyfuzyjne, przy wartości b = 900 s/mm². Strefa podwyższonego sygnału w przedniej części obszaru unaczynienia prawej tętnicy środkowej mózgu, przemawiająca za świeżą zmianą niedokrwienną.

Materiał i metody

Badania wykonano u 40 pacjentów z ostrymi neurologicznymi objawami ogniskowymi (niedowłady połowicze kończyn o różnym stopniu nasilenia, afazja sensoryczna i motoryczna). W badanej grupie było 15 kobiet i 25 mężczyzn w wieku 44–84 lat (średnia wieku 64 lata). Pacjenci mieli wykonane badanie TK bez wzmocnienia kontrastowego w celu wykluczenia krwawienia wewnątrzczaszkowego oraz badanie DWI w czasie od 1 do 12 godzin od wystąpienia objawów. Odstęp czasu pomiędzy badaniem TK i MR nie przekraczał 30 minut. Po dwóch tygodniach wykonano kontrolne badania MR w obrazach T2, T1 i FLAIR u 36 pacjentów (4 pacjentów zmarło w okresie do 2 tygodni od pierwszego badania).

Badania TK wykonano aparatem AR Star Spiral (Siemens), techniką sekwencyjną, przy grubości warstw 10 mm w obrębie struktur nadnamiotowych oraz 5 mm w obrębie struktur podnamiotowych.

Badania MR wykonano aparatem Signa Profile (General Electric Medical Systems), z magnesem stałym o indukcji pola B₀ = 0,2 Tesli, z użyciem standardowej cewki do badań głowy. Obrazy dyfuzyjne zarejestrowano w technice echa planarnego przy wartości b (b value) 900 s/mm²; grubości warstw = 8 mm, odstępem między warstwami (gap) 1 mm, liczbie pobudeń 1, czasie TR = 8000 ms, czasie TE = 158 ms.

Kontrolne badanie MR stanowiło metodę referencyjną dla oceny czułości, swoistości i skuteczności diagnostycznej.

Wyniki

W badanej grupie u 30 chorych wykryto ogniska o podwyższonej intensywności sygnałów w obrazach DWI, które zostały zinterpretowane jako obszary niedokrwienia (przykładowe zmiany przedstawiono na ryc. 1–3). Większość zmian zlokalizowanych było w półkulach mózgu (n = 28); u 2 chorych obszary te były umiejscowione w półkulach móżdżku. W badaniach kontrolnych zostały potwierdzone 24 ogniska. U 4 pacjentów wykryte ogniska nie znalazły potwierdzenia w badaniach kontrolnych. Dwóch pacjentów z widocznymi obszarami nieprawidłowymi w badaniu DWI zmarło w trakcie hospitalizacji przed wykonaniem badania kontrolnego. Spośród 10 pacjentów, u których nie stwierdzono zmian niedokrwiennych w pierwszym badaniu DWI, w badaniu kontrolnym zostały one uwidocznione w 4 przypadkach. Dwóch pacjentów z tej grupy zmarło w trakcie hospitalizacji przed badaniem kontrolnym. W sumie 36 pacjentów miało zarówno badanie DWI w fazie wczesnej, jak badanie kontrolne MR w dwa tygodnie od wystąpienia neurologicznych objawów niedokrwienia mózgowia. W 24 przypadkach wyniki badania DWI były prawdziwie dodatnie (PD); w 4 fałszywie dodatnie (FD); w 4 prawdziwie ujemne (PU); w 4 fałszywie ujemne (FU). Obliczona na podstawie tych wyników czułość (100% x [PD / (PD + FU)]) i swoistość (100% x [PU / (PU + FD)]) metody wyniosła odpowiednio 87,5% oraz 50%. Skuteczność diagnostyczna (100% x [PD + PU / (PD + PU + FD + FU)]) wyniosła 78%.

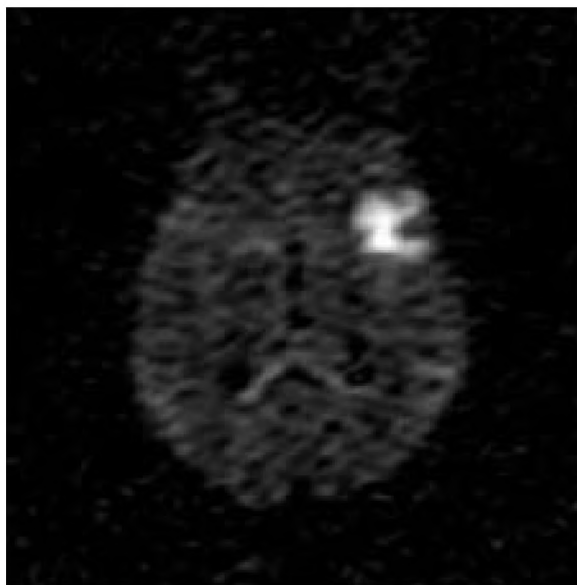


Figure 2. Diffusion MR, b value = 900 s/mm². Small hyperintensive area, consistent with early ischemic lesion, in the region of the left Sylvian fissure.

Rycina 2. Obrazowanie dyfuzyjne, przy wartości b = 900 s/mm². Niewielka strefa podwyższonego sygnału o charakterze świeżej zmiany niedokrwiennej w okolicy lewej szczeliny Sylwiusza.

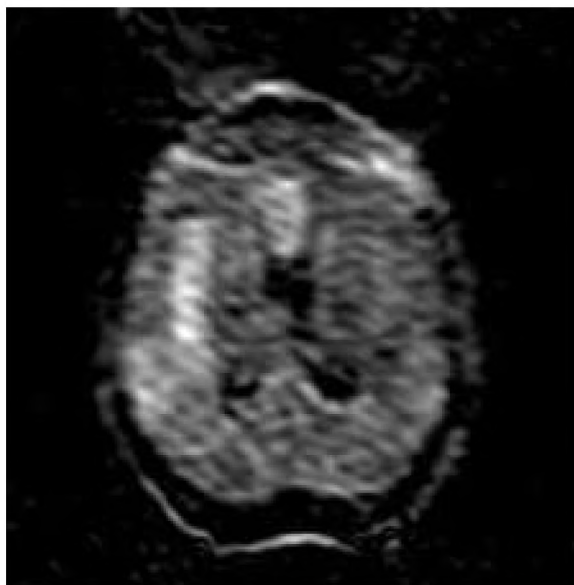


Figure 3. Diffusion MR, b value = 900 s/mm². Inhomogenous hyperintensive areas in the right middle and anterior cerebral arteries, consistent with early ischemic lesions.

Rycina 3. Obrazowanie dyfuzyjne, przy wartości b = 900 s/mm². Niejednorodne strefy podwyższonego sygnału o charakterze świeżych zmian niedokrwiennej, w obszarach unaczynienia prawej tętnicy środkowej mózgu i prawej tętnicy przedniej mózgu.

W badaniach TK wykryto obszary hypodensyjne zinterpretowane jako wczesne niedokrwienie u 20 pacjentów. U 16 pacjentów ogniska udarowe zostały potwierdzone w badaniach kontrolnych (4 pacjentów zmarło); PD=16. U 6 pacjentów nie stwierdzono niedokrwienia w wyjściowym badaniu TK ani w badaniu kontrolnym (PU=6). U 14 pacjentów z ujemnym wynikiem wyjściowego badania TK, stwierdzono zmiany niedokrwienne w badaniu kontrolnym (FU=14). Nie uzyskano wyników fałszywie dodatnich. Obliczona na podstawie tych danych czułość i swoistość wyniosła odpowiednio 53% i 100%. Skuteczność diagnostyczna wyniosła 61%.

Omówienie

Wraz z postępami w neuroobrazowaniu oraz wprowadzaniu dożylniej i dotętnicznej terapii trombolitycznej, wczesna diagnostyka udarów niedokrwiennej jest problemem coraz bardziej aktualnym. Obrazowanie dyfuzyjne zajmuje obecnie niepodważalne miejsce w diagnostyce zmian niedokrwiennej mózgowia. Do tej pory możliwości takie były kojarzone jednak wyłącznie z systemami wyposażonymi w magnesy o wysokiej indukcji pola B₀ (1,5–3 T). We wcześniejszym doniesieniu przedstawiono możliwości systemu niskopoleowego (w porównaniu z wysokopoleowym) w zakresie możliwości uzyskiwania obrazów DWI-zależnych i kalkulacji współczynników widocznej dyfuzji (ADC) [7]. Niniejsza praca ma na celu wstępną ocenę możliwości diagnostycznych obrazowania dyfuzji z zastosowaniem systemu niskopoleowego (0,2T) w praktyce klinicznej.

Pomimo niższej rozdzielczości przestrzennej uzyskiwanych obrazów w porównaniu z systemami wysokopoleowymi,

jakość obrazów okazała się wystarczająca do oceny ewentualnych zaburzeń ukrwienia zarówno w strukturach nad- i podnamiotowych.

W założeniach niniejszej pracy przyjęto za referencyjne do obliczenia czułości i swoistości kontrolne badanie MR. Należy wziąć w związku z tym pod uwagę, iż zakwalifikowanie wyników jako fałszywie dodatnich lub ujemnych może wynikać ze zmian w krążeniu mózgowym i nasileniu niedokrwienia po wykonaniu badania DWI. Jeżeli założymy, iż u 2 pacjentów, którzy zmarli przed badaniem kontrolnym udar niedokrwiennej zostałyby potwierdzone w badaniu kontrolnym, co z uwagi na przebieg kliniczny jest bardzo prawdopodobne, to obliczona czułość wzrosłaby z 87,6% do 92,8%. Podobnie, jeżeli doszło do zaburzeń ukrwienia wykrytych w badaniu DWI, które w wyniku leczenia ustąpiły i nie doszło do powstania martwicy tkanki mózgu (za czym przemawia ujemny wynik kontrolnego badania MR), to swoistość metody wzrosłaby z 50% do 66%.

W piśmiennictwie autorzy znaleźli jak do tej pory tylko jedną pracę dotyczącą diagnostyki udarów za pomocą obrazowania dyfuzji z użyciem systemu niskopoleowego [6]. Autorzy tego doniesienia podkreślają, iż najwcześniej udało im się wykryć udar w 1 godzinę 20 minut od wystąpienia objawów. Wpływ na wykrywalność udarów miała też według nich wielkość zmiany i jej lokalizacja: zmiany małe i zlokalizowane w móście były trudne do rozpoznania. W materiale własnym uwidoczniło udary zlokalizowane zarówno w półkulach mózgu, jak i mózdzku oraz w móście (w tym zmiany małe o średnicy do 10 mm).

Nawet przy uwzględnieniu jedynie wyników potwierdzonych badaniem kontrolnym czułość metody (87,5%) jest podobna do wyników podawanych w literaturze dla aparatów wysokopolewych (88%) [4]. Czulość metody jest więc zadawalająca dla praktyki klinicznej. Dla pełnej charakterystyki obszaru zaburzonego ukrwienia konieczna jest również ocena perfuzji. Ocena w tym badaniu stosunku wielkości faktycznego zawału do otaczającej strefy penumbry w badaniach TK lub MR, pozwala na prognozowanie rozległości zawału, a u pacjentów mieszczących się w oknie terapeutycznym (do 3 godzin od udaru) na kwalifikację do trombolizy [2, 8, 9, 10]. Niestety oprogramowanie takie nie jest dostępne jak na razie w niskopolewych systemach MR. Oprogramowanie tego typu dla systemów wysokopolewych zostało ostatnio wprowadzane i jest już testowane w warunkach klinicznych [11, 12, 13]. Obecnie metodą pozwalającą na bezwzględną ocenę ilościową jest perfuzja TK. Istotnym ograniczeniem tej metody jest możliwość jednoczesowej oceny jedynie 1–4 warstw (z wyjątkiem aparatów wielorzędowych). Wymusza to określanie w przybliżeniu obszaru badanego na podstawie objawów klinicznych (zwykle warstwy lokalizowane są na poziomie jąder podkorowych), o ile udar jest niewidoczny w przeglądowym badaniu TK. Wykonanie badania DWI nawet w systemie niskopolewym pozwoliłoby na sprecyzowanie zakresu ewentualnego badania perfuzji TK. Zastosowanie aparatu niskopolewego ma dodatkową zaletę, jaką jest lepszy dostęp do pacjenta, który często jest w ciężkim stanie klinicznym i wymaga stałego monitorowania.

Zasadne wydaje się więc rozważenie zmiany algorytmu badań u pacjentów z podejrzeniem ultrawczesnego udaru niedokrwiennego i wykonanie najpierw badania MR z opcją DWI, a następnie TK z opcją perfuzji, dla celów kwalifikacji do leczenia trombolitycznego.

Piśmiennictwo

- Higashida RT, Furlan AJ et al: Trial design and reporting standards for intra-arterial cerebral thrombolysis for acute ischemic stroke. *Stroke*, 2003; 34(8): 109–137.
- Walecki J: Wartość dynamicznego TK w ocenie niedostateczności krążenia mózgowego. Rozprawa habilitacyjna. WAM Łódź, Centralny Szpital Kliniczny Warszawa 1988.
- Le Bihan D: Diffusion and Perfusion Magnetic Resonance Imaging. Raven Press, New York 1995
- Lovbald KO, Laubach HJ, Baird AE et al. Clinical Experience with Diffusion-weighted MR in Patients With Acute Stroke. *AJNR*, 1998; 19: 1061–1066.
- Mayer TE, Hamman GE, Baranczyk J et al.: Dynamic CT Perfusion Imaging of Acute Stroke. *AJNR*, 2000; 21: 1821–1829.
- Okuyama T, Sasamori Y, Takahashi H et al.: Diagnosis of acute cerebral infarction using diffusion-weighted imaging by low field (0.2 T) magnetic resonance image. *No Shinkei – Brain & Nerve*, 2000; 52(9): 789–793.
- Pieniążek P, Wójtek P, Konopka M et al.: Nowe wyzwanie dla niskopolewych systemów MR – obrazowanie dyfuzji, doniesienie wstępne. *Pol J Radiol*, 2003; 68 (1): 14–18.
- Meyer JR, Gutierrez A, Mock B et al: High-b-value Diffusion-weighted MR Imaging of Suspected Brain Infarction. *AJNR*, 2000; 21: 1441–1449.
- Pilch-Kowalczyk J, Konopka M, Gibińska J et al: Perfuzja TK – nowa jakość w diagnostyce obrazowej udaru niedokrwiennego *Med Sci Rev* 2002, (1): 62–66.
- Wintermark M, Reichert M, Thiran JP et al: Prognostic Accuracy of Cerebral Blood Flow Measurement by Perfusion Computed Tomography, at the Time of Emergency Room Admission, in Acute Stroke Patients. *Ann Neurol*, 2002; 51: 417–432.
- Butcher K, Parsons M, Baird T. et al.: Perfusion thresholds in acute stroke thrombolysis. *Stroke*, 2003, 34(9): 2159–2164.
- Coutts SB, Simon JE, Tomanek AI et al.: Reliability of assessing percentage of diffusion-perfusion mismatch [comment]. *Stroke*, 2003; 34(7): 1681–1683.
- Parsons MW, Yang Q, Barber PA et al.: Perfusion magnetic resonance imaging maps in hyperacute stroke: relative cerebral blood flow most accurately identifies tissue destined to infarct. *Stroke*, 2001, 32(7): 1581–1587.
- Wardlaw JM, Zoppo G, Yamaguchi T et al: Thrombolysis for acute ischaemic stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2003 (3): CD000213.

Wyniki dotyczące badań TK wskazują na znacznie niższą czulość w porównaniu z DWI. Swoistość TK w analizowanym materiale wyniosła 100%; należy jednak zauważyć, iż tak wysoka swoistość wynika z niewielkiej liczby pacjentów, u których nie stwierdzono udaru. Zmiany niedokrwiennie widoczne w TK są najczęściej widoczne późno (duże ogniska po ok. 3–6 godzinach, mniejsze po ok. 10–12 godzinach). Nie jest możliwe zróżnicowanie w TK strefy zawału od penumbry. Ponadto w TK często nie można zróżnicować pomiędzy jedynie starymi zmianami niedokrwiennymi a nakładającym się na nie świeżym niedokrwieniem, co w znacznym stopniu wpływa na czulość metody.

Na otrzymane wartości zarówno dla badań TK, jak i DWI ma wpływ niewielka liczebność badanej grupy. Pomimo ograniczeń aparatów niskopolewych możliwość uzyskiwania obrazów DWI-zależnych również za pomocą takich systemów, może doprowadzić do upowszechnienia badań DWI, co w połączeniu z perfuzją TK lub MR zapewni szybszą diagnostykę oraz kwalifikację do leczenia trombolitycznego. Czas od wystąpienia objawów do ustalenia ostatecznego rozpoznania jest bowiem czynnikiem krytycznym do zastosowania trombolizy [1, 14].

Wnioski:

- Sekwencje obrazowania dyfuzyjnego w nowoczesnych niskopolewych systemach MR pozwalają na skuteczną diagnostykę wczesnych udarów niedokrwiennych.
- DWI powinno być częścią algorytmu diagnostycznego w udarze niedokrwiennym także w ośrodkach dysponujących niskopolewym systemem MR, zwłaszcza gdy planowane jest leczenie trombolityczne.