



REDAKTOR DZIAŁU
dr n. med.
Magdalena
Zagrodzka

W drugim odcinku naszego cyklu postaramy się przybliżyć w praktyczny sposób możliwości wykorzystania rezonansu magnetycznego w diagnostyce zmian niedokrwiennych, ocenie czynności serca oraz kardiomiopatii. Sądzymy, że możliwość różnicowania zmian niedokrwiennych i zmian powstałych w przebiegu procesów zapalnych może być szczególnie interesująca i przydatna, zwłaszcza że często ci chorzy prezentują zbliżony obraz kliniczny. Liczymy na to, że opisywane przez nas metody będą coraz częściej stosowane w codziennej pracy.

Magdalena Zagrodzka

Rezonans magnetyczny serca dla opornych – część 2

Jacek Brzeziński, Magdalena Zagrodzka

Adres do korespondencji:
j.brzezinski@allenort.com
m.zagrodzka@allenort.com

Wprowadzenie

Druga część cyklu poświęcona jest zastosowaniom klinicznym rezonansu magnetycznego, w których jest on metodą z wyboru lub pełnowartościową metodą alternatywną.

W bieżącym odcinku przedstawione zostaną zastosowania tej metody w:

- ocenie perfuzji i żywotności, wraz z próbami obciążeniowymi (z adenozyzną lub dobutaminą),
- ocenie czynności serca, jego parametrów hemodynamicznych i kurczliwości,
- ocenie zmian struktury tkanek w przebiegu procesów toczących się w obrębie mięśnia sercowego.

W zamykającym cykl odcinku omówione zostaną zastosowania MR w:

- ocenie morfologicznej serca i ewentualnych zmian powstałych w następstwie wad wrodzonych czy pierwotnych lub wtórnych procesów rozrostowych,
- ocenie dużych naczyń klatki piersiowej i ich drożności lub zwężeń,
- ocenie przepływu krwi w jamach serca i dużych naczyniach pod względem prędkości oraz objętości.

Ponadto zostanie przedstawiona przydatność MR w ocenie wad zastawkowych jako metody często stosowanej i przydatnej, ale dostarczającej informacji, które można uzyskać także za pomocą innych metod diagnostycznych.



Ocena perfuzji i żywotności (również po obciążeniu adenozyną lub dobutaminą)

Wśród klinicznych zastosowań rezonansu magnetycznego na pierwszym miejscu plasuje się ocena perfuzji i żywotności mięśnia sercowego.

BADANIE PERFUZJI PIERWSZEGO PRZEJŚCIA

W badaniu perfuzji MR nieinwazyjnie, z niezrównaną dokładnością możliwa jest ocena nawet niewielkich podwiersdziowych obszarów niedokrwienia, jak również określenie zaburzeń przepływu na poziomie mikrokrążenia. Jest to badanie, które wymaga podania paramagnetycznego środka kontrastowego zawierającego gadolin. Mają tu zastosowanie ograniczenia związane ze stosowaniem tych środków, zwłaszcza u chorych z niewydolnością nerek, o czym szerzej była mowa w poprzedniej części niniejszego cyklu. Na szczęście zalecane do stosowania w badaniu perfuzji dawki paramagnetycznych środków kontrastowych zawierających gadolin są mniejsze od stosowanych rutynowo w większości innych obrazowych czy angiograficznych badań MR.

Poza MR nie ma wśród metod diagnostyki obrazowej techniki, która pozwalałaby bez narażenia chorego na promieniowanie jonizujące, z porównywalną rozdzielczością liniową, nieinwazyjnie i powtarzalnie, ocenić perfuzję i żywotność mięśnia sercowego.

Najczęściej oceny perfuzji pierwszego przejścia dokonuje się poprzez porównanie przepływu przez mięsień sercowy w spoczynku i po obciążeniu adenozyną lub dobutaminą, jednak wykonywane są także badania jednofazowe (bez obciążenia). Natężenie sygnału z mięśnia sercowego ulega naturalnemu wzmocnieniu podczas przepływu przez łożysko naczyniowe paramagnetycznych środków kontrastowych zawierających gadolin. Obszary o upośledzonej perfuzji widoczne są jako strefy słabszego wzmocnienia, czyli ciemniejsze. Zwykle zlokalizowane są podwiersdziowo, a w przypadku większego niedokrwienia obejmują coraz bardziej obwodowo położone obszary mięśnia sercowego, aż do zajęcia całej grubości ściany [1].

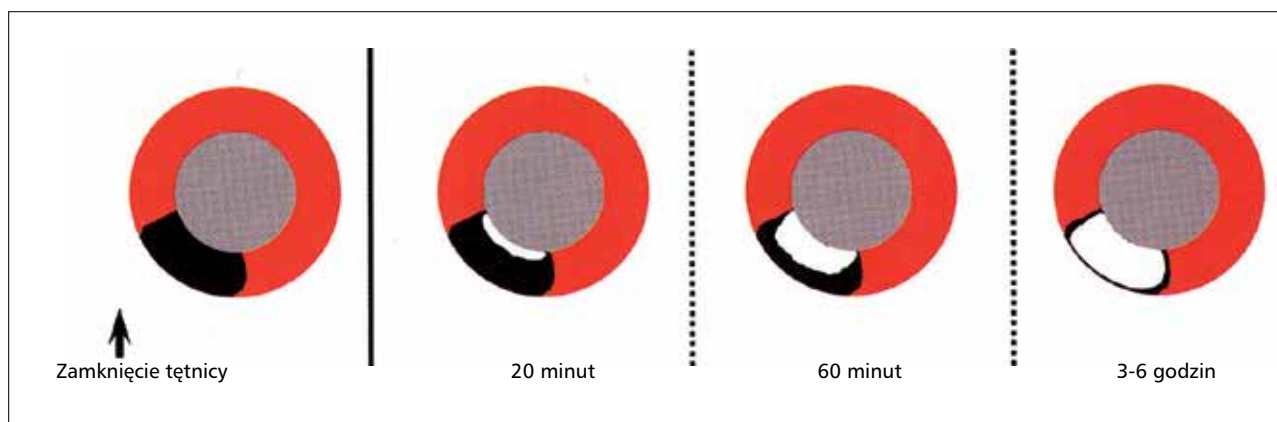
Obecnie badanie perfuzji MR z obciążeniem adenozyną lub dobutaminą stało się powszechnie akceptowaną i stosowaną metodą diagnostyczną. Jest wskazane, gdy:

- istnieje podejrzenie choroby niedokrwiennej serca,
- nie ma możliwości wykonania próby wysiłkowej,
- istnieją wątpliwości diagnostyczne związane z niezadowalającą jakością innych badań inwazyjnych lub nieinwazyjnych,

- wymagana jest ocena przedoperacyjna.

Przeciwwskazaniami do wykonania badania perfuzji MR z obciążeniem adenozyną lub dobutaminą są:

- nadwrażliwość na jakikolwiek z podawanych środków,
- niestabilna choroba wieńcowa,
- zaburzenia rytmu serca,
- istotne zwężenie aorty,
- rozwarstwiające tętniaki aorty piersiowej lub brzusznej,
- ostre lub podostre zapalenie mięśnia sercowego,
- ostre lub podostre zapalenie osierdzia,
- wysokie nadciśnienie (ciśnienie skurczowe > 255 mm Hg, lub rozkurczowe > 120 mm Hg),



RYCINA 1 Powiększanie się obszaru opóźnionego wzmocnienia wraz z czasem trwania niedokrwienia.

Obszar czerwony odpowiada zdrowemu mięśniowi, obszar czarny odpowiada strefie niedokrwienia, obszar biały odpowiada ognisku opóźnionego wzmocnienia. W obrazach MR zdrowy mięsień widoczny jest jako obszar o pośrednim stopniu szarości pomiędzy sygnałem ze strefy niedokrwienia i opóźnionego wzmocnienia.

- reaktywna choroba dróg oddechowych,
- zawał mięśnia sercowego w ciągu ostatnich 72 godzin.

OPÓŹNIONE WZMOCNIENIE

Zjawisko opóźnionego wzmocnienia występuje w obszarach martwicy wywołanej niedokrwieniem około 10-20 minut po podaniu (w czasie badania perfuzji MR albo specjalnie w celu wywołania tego zjawiska) paramagnetycznych środków kontrastowych zawierających gadolin. Pojawienie się silniejszego sygnału, widocznego na obrazach MR jako obszary jaśniejsze od otaczającego miokardium, związane jest z gromadzeniem się większej liczby cząsteczek środka kontrastowego w obszarach dokonane go zawału. Podobnie jak w przypadku perfuzji pierwszego przejścia, w przebiegu niewielkiego niedokrwienia mięśnia sercowego obserwuje się zmiany zlokalizowane podwiersrdziowo. Przy zawałach o większej rozległości zmiany obejmują coraz bardziej obwodowo położone fragmenty mięśnia, aż do zajęcia całej grubości ściany (ryc.1). Zjawisko opóźnionego wzmocnienia obserwuje się zarówno w ogniskach martwicy w ostrym zawałe mięśnia sercowego, jak i w późniejszych fazach organizacji, gdy dochodzi do zwłóknienia, będącego etapem zejściowym zawału. Niemniej, mechanizmy prowadzące do pojawienia się na obrazach MR jasnych obszarów w obu sytuacjach są zasadniczo odmienne.

W warunkach fizjologicznych po podaniu dożylnym paramagnetyczne środki kontrastowe zawierające gadolin występują w mięśniu sercowym praktycznie jedynie w przestrzeni zewnątrzkomórkowej stosunkowo ograniczonej w porównaniu z przestrzenią wewnątrzkomórkową, zachowując się podobnie jak jony sodu. Prawidłowe działanie pompy sodowo-potasowej zapewnia utrzymanie wysokiego stężenia jonów potasu wewnątrz komórek, a sodu na zewnątrz. W przebiegu zawału mięśnia sercowego, gdy dochodzi do zaburzeń działania pompy jonowej i istotnego wzrostu przepuszczalności błony komórkowej cząsteczki paramagnetycznych substancji kontrastowych, tak jak jony sodu wnikają do wnętrza komórki. Prowadzi to do miejscowego zwiększenia stężenia cząsteczek paramagnetyku w uszkodzonych komórkach i pojawienia się na obrazach MR obszarów jasnych.

W przypadku blizn pozawałowych mechanizm występowania opóźnionego wzmocnienia jest odmienny. Tutaj mamy do czynienia z sytuacją, w której wraz z utratą komórek miokardium, włóknieniem i znacznym ograniczeniem objętości przestrzeni wewnątrzkomórkowej dochodzi do względnego powiększenia się przestrzeni zewnątrzkomórkowej. To prowadzi do miejscowego względnego zwiększenia stężenia cząsteczek paramagnetyku w tkance i pojawienia się obszarów jasnych na obrazach MR. Mechanizm ten jest o tyle istotny, że w podobny sposób również inne procesy prowadzące do utraty komórek mięśnia sercowego i włóknienia, mogą doprowadzić do wystąpienia zjawiska opóźnionego wzmocnienia [2].

Połączenie informacji uzyskanych za pomocą opisanych powyżej metod perfuzji pierwszego przejścia i opóźnionego wzmocnienia dostarcza wyjątkowo istotnych klinicznie danych. Na przykład w ocenie niedokrwienia

serca takie łączenie informacji może być przydatne w podejmowaniu decyzji o ewentualnej rewaskularyzacji na podstawie następujących przesłanek:

a. Obszary ciemniejsze na obrazach badania perfuzji pierwszego przejścia odpowiadają strefie niedokrwienia wraz ze strefą dokonanego zawału.

b. Obszary jasne na obrazach badania opóźnionego wzmocnienia odpowiadają strefie dokonanego zawału.

c. Obszar będący różnicą powyższych odpowiada strefie niedokrwienia, zmianom potencjalnie odwracalnym, do uratowania w wyniku rewaskularyzacji.

Czyli że $c = a - b$

Badanie opóźnionego wzmocnienia jest obecnie złotym standardem w ocenie żywotności mięśnia sercowego. Ze względu na wysoką rozdzielczość przestrzenną i kontrastową jest metodą wyjątkowo przydatną w porównaniu z innymi badaniami obrazowymi w ocenie zawałów podwielokomorowych. Technika ta jest także szeroko stosowana w ocenie zmian w obrębie mięśnia sercowego, będących następstwem patologii innych niż zawał mięśnia sercowego (np. kardiomiopatie, o czym będzie mowa na koniec tekstu).

Dzięki stosunkowo krótkiemu czasowi wykonywania badanie opóźnionego wzmocnienia i badanie perfuzji pierwszego przejścia są, wraz z sekwencjami do oceny morfologii oraz czynności (kurczliwości, przebudowy i parametrów hemodynamicznych), istotnymi elementami całościowej oceny serca [3].



Hmm, zapalenie czy zawał?

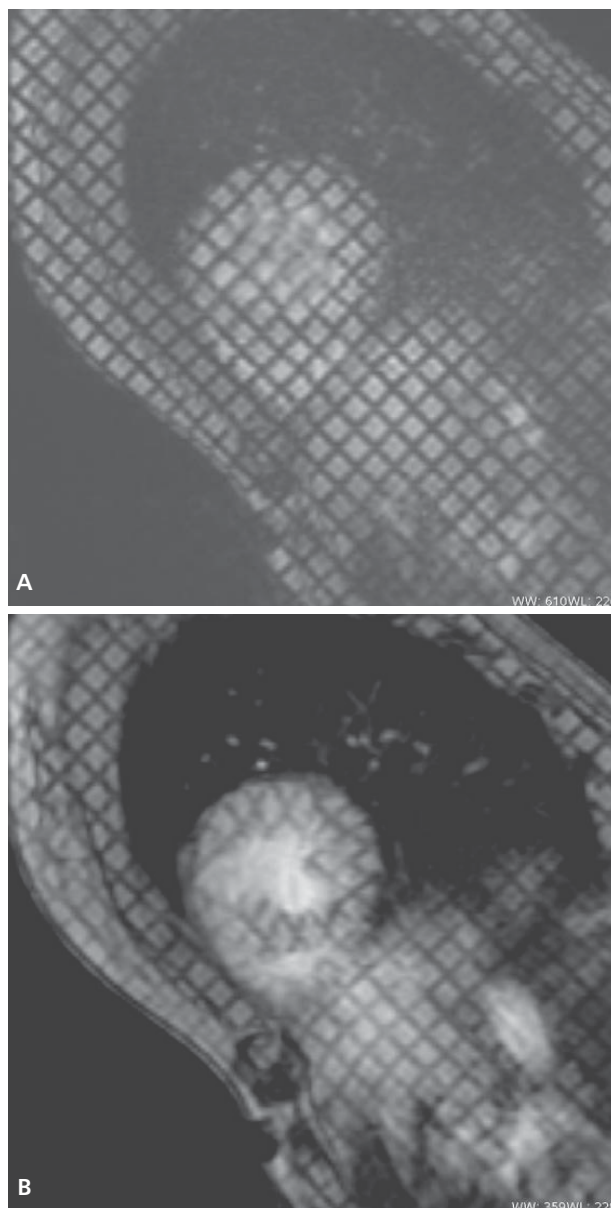
Ocena czynności jam serca, jego parametrów hemodynamicznych i kurczliwości

Rezonans magnetyczny serca od wielu lat uznawany jest za metodę referencyjną w ocenie ilościowej frakcji wyrzutowej lewej komory. Jest wyjątkowo przydatny w ocenie czynności lewej i prawej komory, zarówno ich parametrów hemodynamicznych, jak i kurczliwości. Jego dokładność przewyższa inne metody diagnostyczne dzięki wysokiej rozdzielczości przestrzennej i kontrastowej, ale nie tylko. Istotny jest także fakt, że metoda ta nie opiera się na teoretycznych modelach geometrycznych, w których doko-

nuje się pomiarów dwuwymiarowych. Technika ta bazuje na pomiarach rzeczywistych objętości, wyliczanych z przestrzennych, trójwymiarowych brył, stanowiących niejako odlewy komór serca. Różnice w dokładności w porównaniu z innymi technikami są zauważalne zwłaszcza w odniesieniu do pomiarów prawej komory czy też pomiarów zniekształconej przez tętniak pozawałowy lub inne procesy patologiczne lewej komory. Ponadto, w czasie pomiarów za pomocą rezonansu magnetycznego ryzyko pomyłek zależnych od badającego jest znacznie mniejsze w porównaniu z innymi powszechnie stosowanymi technikami.

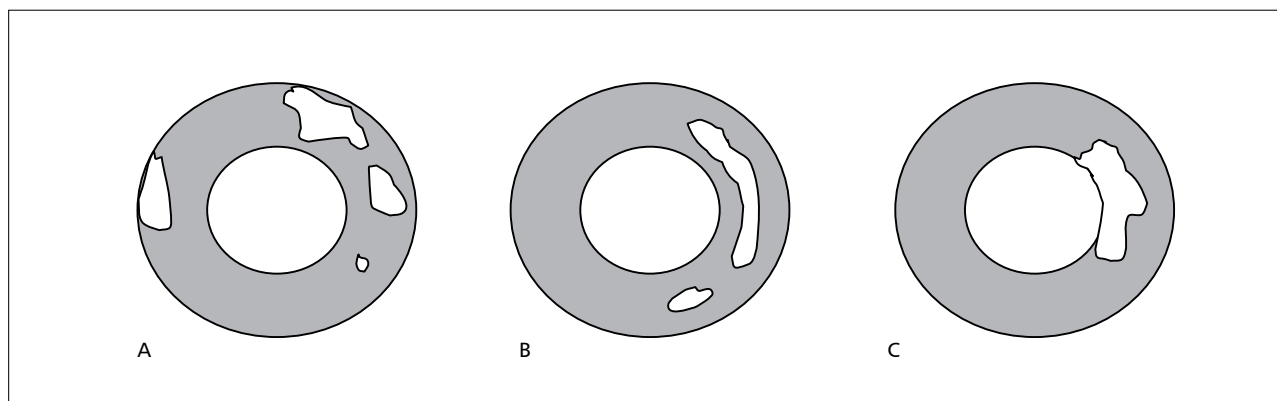
Badanie nie wymaga podania paramagnetycznych środków kontrastowych zawierających gadolin. Wykonywane jest najczęściej w postaci wielofazowych (10-20 faz) serii obrazów animowanych CINE pełnego cyklu pracy serca, pochodzących z przylegających do siebie warstw obejmujących całą komorę. Obrazy te uzyskiwane są zwykle w osi krótkiej, w sekwencjach jasnej krwi echa gradientowego. Czasami sekwencje te uzupełniane są techniką określaną jako tagging – znakowanie. Polega ona na oznakowaniu mięśnia sercowego w fazie rozkurczu pewnym wzorem geometrycznym, zwykle w postaci równoległych ciemnych pasów lub w postaci kratki. W czasie pracy serca ten układ geometryczny ulega zniekształceniu, co pozwala ocenić ruchomość serca, przemieszczanie się, obracanie i kurczenie się poszczególnych jego fragmentów (ryc. 2).

Na podstawie obrazów uzyskanych w ten sposób można dokładnie ocenić parametry hemodynamiczne, takie jak: objętość skurczowa, rozkurczowa, wyrzutowa, frakcja wyrzutowa, szczytowe prędkości napełniania (peak filling rate, PFR) i wyrzutu, (peak ejection rate, PER). Możliwe jest także określenie całkowitej masy mięśnia sercowego. Dzięki temu, że w badaniu mamy do dyspozycji serie obrazów animowanych CINE możliwa jest ponadto analiza ruchomości ścian lewej i prawej komory serca oraz przebudowy. Kolejnym ocenianym ilościowo elementem w badaniu czynności serca w MR jest kurczliwość. Otrzymane w czasie badania dane dostępne w postaci numerycznej mogą być wykorzystane w pełnym zakresie do analizy statystycznej [4].



RYCINA 2 Zastosowanie techniki tagging.

Nałożenie na obrazy ciemnego wzór kratki i obrazowanie serca w rozkurczu (A) oraz w skurczu (B) – widoczna deformacja geometrycznego wzoru.



RYCINA 3 Schematy opóźnionego wzmocnienia obserwowanego w przebiegu kardiomiopatii w porównaniu do ognisk niedokrwiennych.

W przebiegu kardiomiopatii obserwujemy zmiany zwykle wielogniskowe, różnokształtne, zlokalizowane śródściennie, ekscentrycznie i podnasierdziowo (A), zmiany pasmowate śródściennie (B). Dla porównania typowa dla niedokrwienia zmiana podwsierdziowa (C).

Zmiany struktury tkanek w przebiegu procesów toczących się w obrębie mięśnia sercowego

W początkowym okresie zastosowań badań MR przy określaniu charakterystyki tkankowej struktur serca do dyspozycji były jedynie sekwencje T1 i T2 zależne. Wraz z wprowadzeniem paramagnetycznych środków kontrastowych zawierających gadolin wachlarz zastosowań klinicznych uległ poszerzeniu.

Obecnie badania rezonansu magnetycznego coraz powszechniej stosowane są w diagnostyce kardiomiopatii. W badaniu MR wykonywanym w diagnostyce kardiomiopatii podawany jest paramagnetyczny środek kontrastowy zawierający gadolin. Po jego podaniu w przypadku obecności zmian zapalnych czy naciekowych nieswoistych i swoistych dochodzi zwykle do pojawienia się ogniskowego wzmocnienia kontrastowego. Również w tym przypadku występuje zjawisko opóźnionego wzmocnienia. Pewne cechy jednak mogą pomóc w odróżnieniu tych zmian od obserwowanych w przebiegu niedokrwienia. Obszary wzmocnienia występujące w przebiegu kardiomiopatii są zwykle wieloogniskowe, zlokalizowane częściej w centralnych i obwodowych fragmentach mięśnia sercowego (ryc. 3). Ponadto, ponieważ podłożem zmian nie jest proces wywołany przez niedokrwienie, w badaniach perfuzji pierwszego przejścia raczej nie należy spodziewać się istotnych zaburzeń [5,6].

W opisany powyżej sposób możliwe jest różnicowanie zmian niedokrwiennych i zmian w przebiegu procesów zapalnych. Z punktu widzenia klinicysty wydaje się to szczególnie interesujące i przydatne, zwłaszcza w sytuacjach, gdy pacjentów charakteryzuje zbliżony obraz kli-

niczny. Należy mieć nadzieję że opisywane metody będą coraz częściej stosowane w codziennej pracy.



Piśmiennictwo:

1. Sakuma H: Magnetic resonance imaging for ischemic heart disease. *J Magn Reson Imaging* 2007, 1: 3-13.
2. Reddy GP, Pujadas S, Ordovas KG, Higgins CB: MR imaging of ischemic heart disease. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2008, 2: 201-212.
3. Jacquier A, Higgins CB, Saeed M: MR imaging in assessing cardiovascular interventions and myocardial injury. *Contrast Media Mol Imaging* 2007, 1: 1-15.
4. Scott AD, Keegan J, Firmin DN: Motion in cardiovascular MR imaging. *Radiology*. 2009, 2: 331-351.
5. Ordovas KG, Reddy GP, Higgins CB: MRI in nonischemic acquired heart disease. *J Magn Reson Imaging* 2008, 6: 1195-1213.
6. Rodríguez E, Soler R: New MR insights of cardiomyopathy. *Eur J Radiol* 2008, 3: 392-400.

Ciąg dalszy doniesień ze str. 65

Duża skuteczność jednorazowej dawki antybiotyku przed zabiegami wszczepienia lub wymiany stymulatora lub kardiowertera-defibrylatora

Powszechna praktyka stosowania antybiotyku przed zabiegami elektroterapii zyskała kolejne dowody wskazujące na zasadność takiego postępowania. W randomizowanym badaniu z podwójnie ślełą próbą badacze z Brazylii podawali bezpośrednio przed zabiegiem (wszczepienie lub wymiana stymulatora lub kardiowertera-defibrylatora) jedną dawkę antybiotyku dożylnie (cefazolin 1,0 g). Nie podawano antybiotyku po zabiegu. Powikłania infekcyjne

(miejscowe lub ogólnoustrojowe) oceniano 10 dnia oraz 1, 3 i 6 miesięcy po zabiegu.

Pierwotnie planowano włączenie 1000 uczestników, ale badanie zostało przerwane z powodu znaczących korzyści z podawania antybiotyku po zrandomizowaniu blisko 650 osób (liczba powikłań infekcyjnych 0,63 vs 3,28%; $p=0,016$). Czynniki związane z większym ryzykiem powikłań infekcyjnych były: pierwsze wszczepienie układu (mniejsze ryzyko przy wymianie), powstanie krwiaka w loży stymulatora oraz dłuższy czas zabiegu. Wszystkie zakażenia spowodowane były przez gronkowce, z czego 2/3 wywołał gronkowiec złocisty.

Circ Arrhythmia Electrophysiol 2009; 2:29-34