



REDAKTOR DZIAŁU
dr n. med.
Magdalena
Zagrodzka

Nadmiar wiedzy jest równie szkodliwy jak jej brak...

Emil Zola

Z satysfakcją i radością chciałabym Państwa zachęcić do przeczytania cyklu artykułów zatytułowanych „Rezonans magnetyczny serca dla opornych”. Znajomość zasad działania rezonansu magnetycznego, zrozumienie sposobu przeprowadzania konkretnych badań, jak również umiejętne łączenie wiedzy z dziedziny fizyki (jądrowej) i medycyny ogólnie nie należy do powszechnych umiejętności lekarzy. Śmiem twierdzić, iż poza wąską grupą specjalistów z dziedziny diagnostyki obrazowej, reszta świata medycznego wie na temat rezonansu magnetycznego niewiele więcej ponad to, że on istnieje. W związku z tym po jednej stronie mamy lekarzy na początku swojej edukacji rezonansowej, a po drugiej jest stosunkowo niezbyt liczna grupa osób zajmujących się tego rodzaju diagnostyką ściśle związaną z techniką, dysponująca ścisłym umysłem i zaangażowana w poszerzanie swojej wiedzy, ale w pewnym sensie żyjąca we własnym, zamkniętym świecie. Efekt jest taki, iż wśród lekarzy są albo osoby z nadmierną wiedzą o obrazowaniu metodą rezonansu magnetycznego (cytuując francuskiego pisarza Emila Zolę), albo z jej brakiem. Nawiązanie dialogu między tymi dwoma światami jest praktycznie niemożliwe z wielu powodów. Przede wszystkim mówią one odmiennym językiem. Grupie chcącej poszerzyć wiedzę trudno jest czasami nawet sformułować pytanie, a po wykonaniu tak karkołomnego kroku napotyka ona na kolejny problem z odczytaniem informacji zwrotnej zakodowanej w słowach w rodzaju: „wielokanałowa akwizycja równoległa w sekwencji echa planarnego z rekonstrukcją w segmentowanej przestrzeni k...” W związku z powyższym, obserwując kardiologiczną ekspansję w kierunku dziedzin diagnostyki obrazowej, a jednocześnie różnego rodzaju nieporozumienia w komunikacji, postanowiłam wyjść Państwu naprzeciw i postarać się możliwie przystępnie przedstawić taki zakres informacji dotyczący badań serca metodą rezonansu magnetycznego, który bez większego trudu pozwoli zakwalifikować pacjentów na to badanie. Ważne jest również, aby informacje, które Państwo otrzymują po wykonaniu badania, były przydatne klinicznie w toku postępowania. W niniejszym cyklu znajdą się również informacje dotyczące tego, co powinniście Państwo otrzymać w opisie badania MR serca, na podstawie obowiązujących wytycznych. Mam głęboką nadzieję, że cykl przyczyni się do lepszego zrozumienia kluczowych aspektów związanych z badaniami MR serca, a zrozumienie zaowocuje powszechniejszym wykorzystaniem tej cennej i przydatnej metody diagnostycznej w codziennej praktyce klinicznej.

Magdalena Zagrodzka

Rezonans magnetyczny serca dla opornych – część 1

Jacek Brzeziński, Magdalena Zagrodzka

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



Przed badaniem

Rezonans magnetyczny jako metoda wykorzystywana w nieinwazyjnej diagnostyce serca może być obecnie uznany za rutynową technikę w praktyce klinicznej. Aby jednak ta metoda mogła być stosowana z jak najlepszym skutkiem zarówno dla pacjenta, jak i lekarza kierującego na to badanie, niezbędna jest świadomość jej potencjalnych korzyści i ograniczeń.

Rezonans magnetyczny jest klinicznie sprawdzoną, powtarzalną, wiarygodną, nieinwazyjną metodą diagnostyczną stosowaną w ocenie morfologii, czynności (motoryki i hemodynamiki) struktur serca, a także perfuzji oraz żywotności mięśnia sercowego.

Wskazania do wykonania tego badania obejmują: procesy rozrostowe pierwotne i wtórne, zmiany w osierdziu i strukturach przylegających do serca, ocenę przed i pooperacyjną wrodzonych oraz nabytych wad serca, choroby zastawek serca, ocenę zmian niedokrwiennych i żywotności mięśnia sercowego, kardiomiopatie, dysplazję arytmogenną prawej komory i wreszcie choroby dużych naczyń klatki piersiowej.

Podkreślić należy, że ze względu na swą dokładność i powtarzalność MR serca jest uznany za złoty standard w ocenie ilościowej objętości jam serca, jego czynności wraz z kurczliwością, oraz w określaniu masy serca.

Za pomocą MR można także precyzyjnie ilościowo ocenić prędkość i objętość krwi przepływającej przez serce. MR jest uniwersalną metodą diagnostyki chorób serca. W ocenie tętnic wieńcowych, ze względu na gorszą rozdzielczość przestrzenną, z przyczyn wynikających z niezmiennych praw fizyki, MR ustępuje jednak wielorzędowej tomografii komputerowej. Przydatność różnych metod diagnostycznych w ocenie poszczególnych elementów serca i jego czynności przedstawia tabela 1.

Bezwzględny przeciwwskazaniem do wykonania badania MR, ze względu na bezpieczeństwo pacjenta, jest posiadanie implantów stymulacyjnych (kardiostrymulator, kardiowerter, defibrylator, implant ślimakowy, inne stymulatory ośrodkowego układu nerwowego i nerwów czaszkowych). Nawet to przeciwwskazanie już niebawem może stać się częściowo nieaktualne, ponieważ niektórzy producenci sprzętu medycznego wprowadzili w fazę prób klinicznych aparaty stymulujące serce, które zapewniają bezpieczeństwo pacjentowi nawet w podczas badania rezonansu magnetycznego. Tabela 2 przedstawia aktualne przeciwwskazania względne i bezwzględne do wykonania badania MR.

Nadal, pomimo braku stwierdzenia szkodliwego wpływu MR na organizm ludzki w ciągu trzydziestu lat klinicznego stosowania tej metody, bezwzględnym przeciwwskazaniem pozostaje pierwszy trymestr ciąży, a względnym przeciwwskazaniem jej kolejne trymestry.

W przypadku innych implantów metalowych, nawet wykonanych ze stopów, które nie stanowią zagrożenia dla badanego, należy pamiętać, że metalowe elementy zniekształcają pole magnetyczne i uzyskane obrazy mogą być po prostu niediagnostyczne.

TABELA 1 Przydatność różnych metod diagnostycznych w ocenie poszczególnych elementów serca i jego czynności

	MR	WTK	TTE/TEE	Procedury inwazyjne	SPECT/PET	Zdjęcie KLP
Morfologia jam serca, osierdzia	Ia	Ib	Ib	III	III	III
Ocena ilościowa czynności serca	Ia	B	Ib	III	III	IV
Żywotność mięśnia sercowego	Ia	B	III*	III	Ib	IV
Morfologia dużych naczyń	Ia	Ia	III	III	IV	III
Ocena objętości i prędkości przepływu	Ib	IV	Ib	Ia	IV	IV
Perfuzja mięśnia sercowego	Ib	B	B	IV	Ia	IV
Ocena jakościowa czynności serca	Ib	B	Ia	II	III	IV
Zmiany struktury tkanek	Ib	III	IV	Ia**	III***	IV
Ocena jakościowa czynności zastawek	II	B	Ia	II	IV	IV
Ocena ilościowa czynności zastawek	II	B	Ia	III	IV	IV
Morfologia zastawek	II	Ib	Ia	III	IV	IV
Morfologia tętnic wieńcowych	III	Ib	IV	Ia	IV	IV
Zależności ciśnień	III	IV	II	Ia	IV	IV
Metabolizm mięśnia sercowego	B	IV	IV	IV	Ia	IV
Przewodzenie impulsów	B	B	IV	Ia	III	IV

Ia Metoda z wyboru

Ib Alternatywna metoda pierwszego rzutu

II Często stosowana i przydatna, lecz dostarczająca informacji dostępnych też innymi metodami

III Czasami stosowana o ograniczonej przydatności

IV Nieprzydatna

*Stress ECHO

**Biopsja

***Ograniczona przydatność

B – W trakcie prób klinicznych

TABELA 2 Przeciwwskazania do wykonania badania rezonansu magnetycznego

Przeciwwskazania bezwzględne	Przeciwwskazania względne
Układ stymulujący serce	Klaustrofobia
Kardiowerter	Klipsy naczyniowe wewnątrzczaszkowe*
Implanty neurostymulacyjne	Metalowe ciała obce*
Implant ślimakowy	Ciąża (2 i 3 trymestr)
Pierwszy trymestr ciąży	

*Za każdym razem należy upewnić się, że nie zawierają ferromagnetyków i nie stwarzają zagrożenia dla pacjenta.

Badanie MR składa się z kilku do kilkunastu kilkuminutowych sekwencji, podczas których pacjent musi przebywać w bezruchu. Ich podstawowe parametry istotnie zależą od czynności serca. Często znaczna część sekwencji wykonywana jest na zatrzymanym oddechu. Mimo że dąży się, aby badanie MR serca nie trwało dłużej niż 60 minut, na kierującym na badanie lekarzu spoczywa obowiązek oceny, czy dla pacjenta, ze względu na jego stan kliniczny, nie jest ono zbyt obciążające.

Ze względu na swoją specyfikę (odmienne sekwencje do oceny poszczególnych części serca, odmienne do oceny czynności, jeszcze inne do oceny perfuzji, żywotności, przepływu) ocenianie w czasie badania serca wszystkich elementów jest praktycznie niewykonalne,

ponieważ takie badanie mogłoby trwać nawet 4 godziny. Ponadto ze względu na grubość obrazowanych warstw w przypadku większości sekwencji w zakresie 4-8 mm należy mieć świadomość pewnych ograniczeń w rozdzielczości przestrzennej. Może się zdarzyć, że rozmiar zmiany uniemożliwi jej uwidocznienie na danym aparacie. Dlatego po uzyskaniu pewności, że badanie MR jest w stanie odpowiedzieć na konkretne i precyzyjnie sformułowane pytanie kliniczne, które chce się postawić, konieczne jest dostarczenie badającemu jak największej informacji dotyczących stanu pacjenta, przebiegu choroby i co najważniejsze poprzednich badań obrazowych z dokumentacją zdjęciową (RTG, ECHO). Dopiero pełny obraz kliniczny pozwoli na dobranie optymalnego zestawu sekwencji, zwiększając szansę na uzyskanie odpowiedzi na sformułowane pytanie i ograniczając jednocześnie ryzyko konieczności powtórzenia badania.

Gdy cel badania jest już precyzyjnie określony oraz gdy istnieje pewność, że badanie MR jest w stanie dostarczyć przydatnych informacji i nie będzie zbyt obciążające dla pacjenta, należy upewnić się, że ośrodek, do którego kierowany jest pacjent, wykonuje badania serca w odpowiednim zakresie. Nie wszędzie wykonywany jest pełen zestaw dostępnych metod diagnostyki serca. Najczęściej ograniczenia wynikają z możliwości technicznych zainstalowanego aparatu i osprzętu, takich jak:

a) Przeznaczona do badań kardiologicznych fazowana cewka wielokanałowa (4-, 8-, 16- lub 32-kanałowa), która dzięki lepszemu stosunkowi sygnału do szumu oraz zwiększeniu jednorodności sygnału poprawia jakość uzyskiwanych obrazów. W praktyce jest to zwykle dwuelementowa elastyczna plastikowa kratka, której jedną część podkłada się pod plecy pacjenta, a drugą kładzie na klatce piersiowej.

b) Bramkowanie EKG, czyli zsynchronizowanie otrzymywanych w czasie badania obrazów z akcją serca, uzyskuje się dzięki podłączeniu dedykowanego 3- lub 4-odprowadzeniowego zestawu EKG do ciała pacjenta i przekazywaniu w ten sposób zapisu krzywej EKG do aparatu MR.

c) Strzykawka automatyczna do podania środków kontrastowych i pompa infuzyjna do podawania na przykład dobutaminy czy adenozyzny, dostosowane do warunków badania MR.

Ograniczenia te mogą również wynikać z możliwości nawiązania współpracy z lekarzami. O ile ocena morfologii, pracy zastawek, czynności/kurczliwości mięśnia sercowego oraz przepływów przez duże naczynia może być śmiało wykonywana bez udziału kardiologa, to trudno jest sobie wyobrazić ocenę żywności mięśnia w trakcie badania MR, z podaniem obciążających serce dobutaminy czy adenozyzny, bez ścisłej współpracy z kardiologiem, a wręcz jego obecności w trakcie badania.

Po uzyskaniu potwierdzenia, że badanie może być wykonane w pożądanym zakresie w ośrodku, do którego ma być skierowany chory, pozostaje odpowiednie jego przygotowanie.

Jedyny element stanowiący dla pacjenta (zwłaszcza z niewydolnością nerek) potencjalne zagrożenie to podanie w czasie badania MR paramagnetycznych środków kontrastowych i ich nefrotoksyczność.

Dlatego też nie należy zapominać o odpowiednim nawodnieniu pacjenta przed badaniem. Nie należy podawać liniowych niejonowych paramagnetycznych środków kontrastowych zawierających gadolin u chorych ciężką niewydolnością nerek ze względu na ryzyko wystąpienia nerkopochodnego włóknienia układowego/nerkopochodnej dermatii włókniejącej (nephrogenic systemic fibrosis/nephrogenic fibrosing dermatopathy, NSF/NFD). Obecnie dostępne są paramagnetyczne środki kontrastowe zawierające gadolin, o niższej nefrotoksyczności i mniejszym ryzyku wywołania NSF/NFD [1].

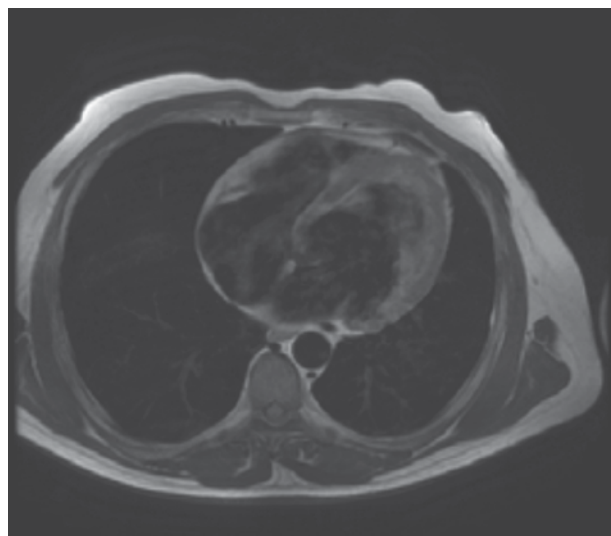


Po badaniu

Po wykonaniu badania wydawany jest wynik. Czego można się spodziewać, oczekiwać, czego wymagać?

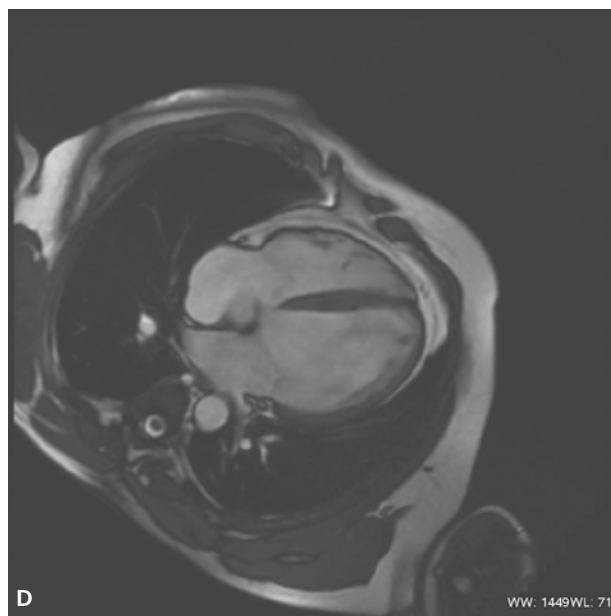
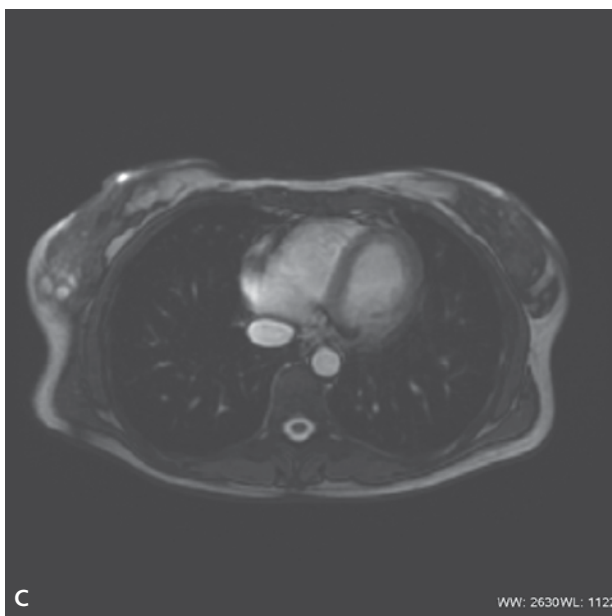
DOKUMENTACJA OBRAZOWA

Obecnie najczęściej dokumentację zapisuje się na elektronicznym nośniku danych. Ma to niezaprzeczalne zalety, gdyż oprócz obrazów statycznych możliwe jest utrwalenie animacji w trybie CINE, dzięki którym można oceniać poszczególne struktury serca w ruchu. Jeśli kluczowe dla rozpoznania obrazy mają znaleźć się



RYCINA 1

Badanie MR serca – obraz „czarnej krwi”, sekwencja FSE obraz T1 zależny w płaszczyźnie poprzecznej.



RYCINA 2

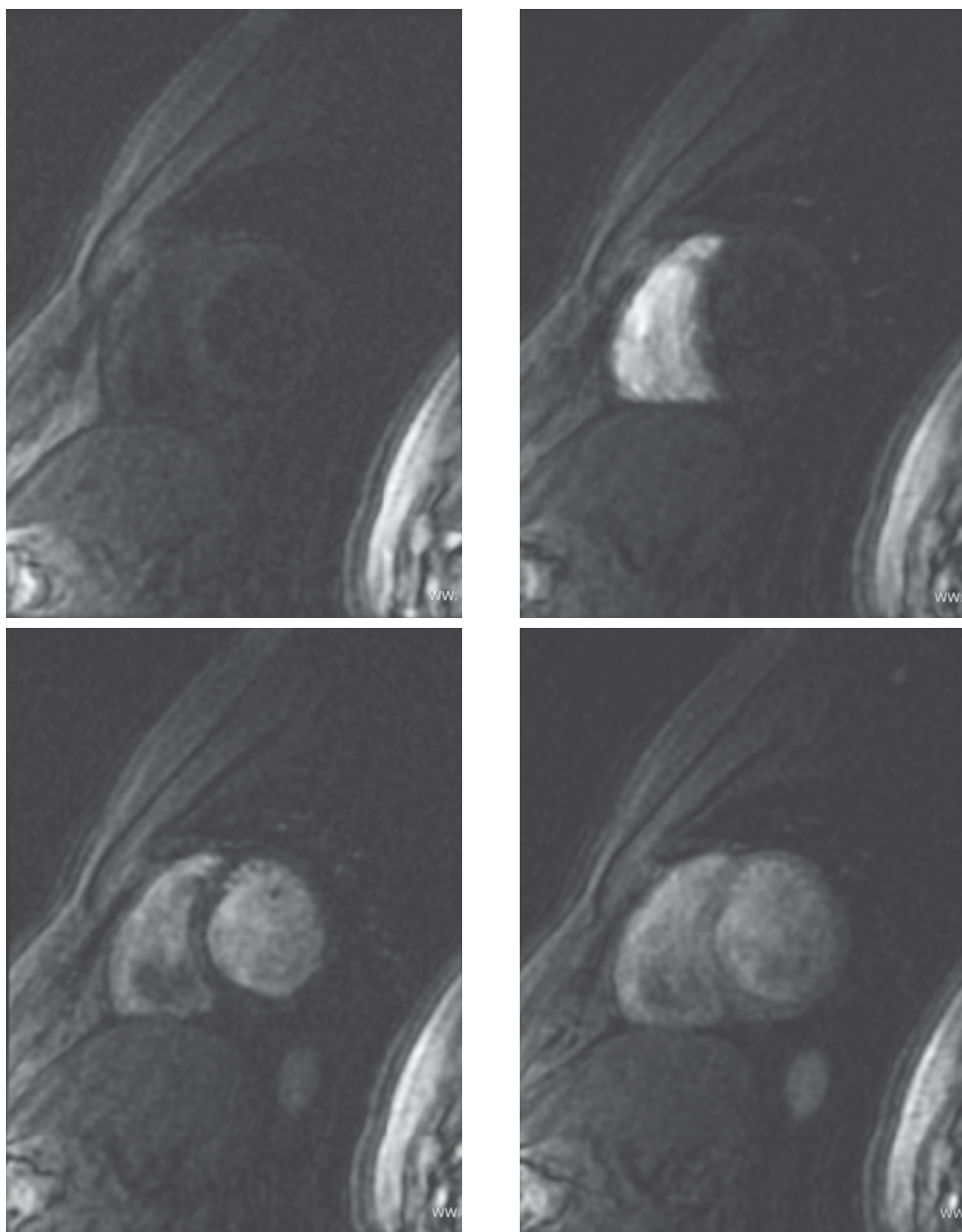
Badanie MR serca – obrazy „jasnej krwi”, sekwencja FIESTA obrazy w osi długiej (A), krótkiej (B), w płaszczyźnie poprzecznej (C) i przekroju 4-jamowym (D).

na kliszy, to należy taką prośbę umieścić w skierowaniu. Nie można jednak oczekiwać, gdyż nie ma to uzasadnienia, aby wszystkie obrazy z badania były utrwalone na kliszach – sekwencje CINE liczą po kilkaset klatek i są przeznaczone do przeglądania jako animacja, a nie pojedyncze, statyczne obrazy. Większość pracowni diagnostyki obrazowej wydaje badania na płytach DVD. Jeśli więc nie ma możliwości odtworzenia obrazów zapisanych na takim nośniku, należy w skierowaniu umieścić prośbę o zapis badania na płytach CDR. Dokumentacja obrazowa powinna zawierać wszystkie wykonane w czasie badania sekwencje. Konkretny zestaw sekwencji zależy oczywiście od celu wykonywanego badania, lecz

w największym uproszczeniu można podzielić je na trzy grupy.

Podstawowe sekwencje stosowane w badaniach MR serca to:

- sekwencje „czarnej krwi” – na obrazach przestrzenie wypełnione krwią widoczne są jako obszary czarne – najczęściej sekwencje echa spinowego (SE), oraz sekwencje odrostu inwersji (IR) wraz z modyfikacjami, jak FSE, podwójnego i potrójnego odrostu inwersji (Double oraz Tripple – IR, DIR, TIR), bez podania paramagnetycznego środka kontrastowego lub z nim. Sekwencje te są szczególnie przydatne w ocenie morfologii serca i jego struktur (ryc. 1),



RYCINA 3

Badanie dynamiczne MR po podaniu paramagnetycznego środka kontrastowego. Widoczna zakontrastowana krew przepływająca przez jamy serca.

- sekwencje „jasnej krwi” – na obrazach przestrzenie wypełnione krwią widoczne są jako obszary jasne – najczęściej sekwencje echa gradientowego, pozwalające na ocenę struktur serca w ruchu, turbulentnego przepływu przez jamy serca; sekwencje „jasnej krwi” obejmują także sekwencje angiograficzne (ryc. 2A-D),

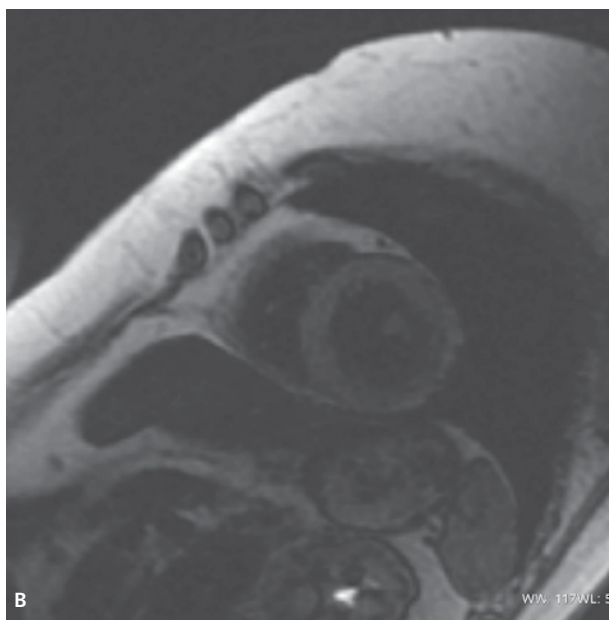
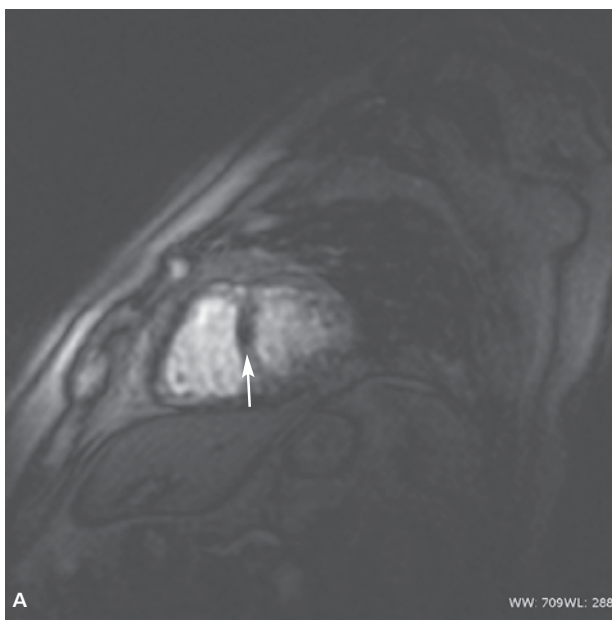
- sekwencje dynamiczne po podaniu paramagnetycznego środka kontrastowego – najczęściej są to szybkie sekwencje echa gradientowego, obejmujące perfuzję pierwszego przejścia i opóźnionego wzmocnienia; sekwencje te są wykorzystywane w ocenie żywotności mięśnia sercowego, w tym w próbach z obciążeniem dobutaminą czy adenozyną (ryc. 3, 4).

OPIS BADANIA

Oprócz dokumentacji obrazowej otrzymuje się także opis badania. Zgodnie z wytycznymi dla badań układu krążenia i obowiązującymi definicjami [2,3] powinien on zawierać:

- dane administracyjne,
- dane demograficzne,
- cel skierowania na badanie,
- historię dotychczasowego przebiegu choroby i czynniki ryzyka,
- opis techniki badania,
- wykryte zmiany, interpretację i wnioski.

W odniesieniu do ostatniego punktu opisujący badanie radiolog powinien, nawiązując do celu wykonania badania, stwierdzić:



RYCINA 4

Badanie MR po podaniu paramagnetycznego środka kontrastowego. (A) Badanie perfuzji pierwszego przejścia, strzałka wskazuje obszar o wolniejszym przepływie w obrębie przegrody. (B) Badanie opóźnionego wzmocnienia – obraz prawidłowy.

- czy badanie jest prawidłowe, nieprawidłowe czy niejednoznaczne;
- czy stwierdza się cechy niedokrwienia mięśnia sercowego lub czy obraz nie jest jednoznaczny;
- czy czynność/kurczliwość LV jest prawidłowa, nieprawidłowa lub czy obraz nie jest jednoznaczny;
- czy w odniesieniu do poprzedniego badania są istotne zmiany, i jeśli tak, to jakie.

Na tym kończymy pierwszą część cyklu, czyli podstawy rezonansu magnetycznego serca dla opornych, zapraszając jednocześnie na kolejną część, w której omówimy, kiedy MR jest badaniem z wyboru lub alternatywną metodą pierwszego wyboru.

Autor rysunków: dr Andrzej Jarząbski

Piśmiennictwo

1. Zagrodzka M, Brzeziński J: Środki kontrastowe w badaniach obrazowych w kardiologii – sprzymierzeniec czy wróg. *Kardiologia po Dyplomie*, 10: 90-94.
2. Hendel RC, Budoff MJ et al.: ACC/AHA/ACR/ASE/ASNC/HRS/NASCI/RSNA/SAIP/SCAI/SCCT/SCMR/SIR 2008 Key Data Elements and Definitions for Cardiac Imaging: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Data Standards (Writing Committee to Develop Clinical Data Standards for Cardiac Imaging) *Circulation* 2009; 119: 154-186; originally published online Dec 8, 2008
3. Douglas PS, Hendel RC, et al.: ACCF/ACR/AHA/ASE/ASNC/HRS/NASCI/RSNA/SAIP/SCAI/SCCT/SCMR 2008 Health Policy Statement on Structured Reporting in Cardiovascular Imaging *Circulation* 2009; 119: 187-200; originally published online Dec 8, 2008;