



## Przydatność angio-KT w diagnostyce kardiologicznej

KATEDRA KARDIOLOGII CM UMK

2014

Od kilku lat obserwujemy szczególnie intensywny rozwój metod diagnostyki i leczenia chorób układu sercowo-naczyniowego.

W związku z tym istotnego znaczenia nabierają metody umożliwiające ocenę morfologii, czynności i żywotności mięśnia sercowego.

W 1998 roku podczas kongresu RSNA (Radiological Society of North America) zaprezentowano pierwsze badania TK serca. Od tego momentu nastąpił szybki rozwój tej techniki: poprzez 16-, 32-, 40-, 64-, 128-rzędowe, po obecnie najnowsze – dwuzródłowe lub wiele energetyczne aparaty TK. Rozwój wielorzędowej tomografii komputerowej pozwolił na skrócenie czasu badania serca (w 64-rzędowym tomografie – ok. 10 s), co umożliwia obrazowanie całej klatki piersiowej w czasie pojedynczego zatrzymanego oddechu, ale również zmniejszenie dawki promieniowania; zastosowanie nowych aplikacji, na przykład: wirtualnej angioskopii naczyń i jam serca, badań czynnościowych.

- ▶ Liczba rzędów w tomografie zwykle jest związana z szybkością jego działania. Jest to niezwykle istotne w badaniu struktur ruchomych - szczególnie serca, naczyń wieńcowych.
- ▶ Współcześnie, do badania serca i naczyń wieńcowych zaleca się stosowanie skanerów posiadających 64 lub więcej rzędów detektorów.
- ▶ Z drugiej strony, jeśli aparat 64- czy nawet 128-rzędowy nie ma odpowiedniego oprogramowania do analizy miększu płuc, jelita grubego lub badania uzębienia, to może się okazać niejednokrotnie mniej przydatny do diagnostyki niż aparat 16-rzędowy.

## Środki kontrastowe stosowane w TK

- ▶ **Wysokoosmolalne środki kontrastowe – jonowe** środki kontrastowe, obciążone większą częstotliwością występowania działań niepożądanych.
- ▶ **Niskoosmolalne środki kontrastowe – niejonowe** środki kontrastowe, preferowane ze względu na swoją niską chemo- i osmotoksyczność oraz znacząco mniejszą częstość wywoływania działań niepożądanych niż środki jonowe
- ▶ **Izoosmolalne środki kontrastowe – niejonowe** środki kontrastowe o osmolalności zbliżonej do parametrów krwi oraz o znacznie większej lepkości w porównaniu do środków niskoosmolalnych.

- ▶ Aktualnie powszechne jest stosowanie nowoczesnych, jodowych, **niejonowych** środków kontrastowych, cechujących się niskim ryzykiem wystąpienia działań niepożądanych.
- ▶ Nowoczesne środki kontrastowe do badań TK powinny odznaczać się dobrze zrównoważonymi właściwościami fizykochemicznymi, takimi jak odpowiednio dobrana **osmolalność, lepkość i stężenie jodu**.
- ▶ **Niska osmolalność** jest cechą odpowiedzialną za dobrą tolerancję środka kontrastowego.
- ▶ **Niska lepkość** umożliwia sprawne podanie kontrastu z odpowiednią prędkością, pozwalającą na uzyskanie wysokiej jakości obrazów.
- ▶ **Wyższe stężenie jodu** w środku kontrastowym pozwala na uzyskanie lepszych obrazów oraz redukcję objętości podawanego środka.

## Działania niepożądane po podaniu środków kontrastowych

Większość z tych działań pojawia się najczęściej w ciągu pierwszych 20 minut po podaniu środka, jednak w rzadkich przypadkach obserwuje się również późne działania niepożądane występujące 24-48 godzin po wstrzyknięciu preparatu.

- ▶ Lekkie – nudności, wymioty, obfite pocenie, pokrzywka, świąd skóry, chrypka, kaszel, kichanie, uczucie ciepła;
- ▶ Umiarkowane – omdlenie, obfite wymioty, rozległa pokrzywka, obrzęk twarzy, obrzęk krtani, skurcz oskrzeli;
- ▶ Ciężkie – drgawki, obrzęk płuc, wstrząs, zatrzymanie oddechu, zatrzymanie krążenia.

## Nefropatia kontrastowa

Definiuje się ją jako pogorszenie funkcji nerek ze wzrostem stężenia kreatyniny w surowicy o 25% lub 44 mmol/l (0.5 mg/dl) w ciągu trzech dni od podania środka kontrastowego przy braku innej przyczyny etiologicznej.

Lista czynników ryzyka sprzyjających występowaniu NP:

- \* podwyższone stężenie poziomu kreatyniny w surowicy
- \* odwodnienie
- \* Choroba Nierodkwienna Serca
- \* wiek >70 lat
- \* stosowanie leków nefrotycznych (np. NLPZ - niesterydowe leki przeciwzapalne).

Pacjenci z grupy zwiększonego ryzyka powinni być specjalnie przygotowani do badania:

- \* pacjentów należy nawodnić, doustnie lub dożylnie, przynajmniej 4 godziny przed i 24 godziny po podaniu środka kontrastowego (100 ml NaCl/h)
- \* leki nefrotoksyczne odstawić 24 godziny przed badaniem.

W ich przypadku należy unikać

- \* wysokoosmolalnych środków kontrastowych; wysokich dawek środków kontrastowych
- \* diuretyków (diuretyków pętlowych), mannitolu
- \* powtórnego stosowania środków kontrastowych w krótkich odstępach czasu

### Główne kierunki diagnostyki kardiologicznej w tomografii komputerowej

- ▶ Ocena anatomii tętnic wieńcowych i morfologii blaszek miażdżycowych
- ▶ Ocena wskaźnika uwapnienia tętnic wieńcowych
- ▶ Ocena naczyń płucnych oraz aorty i jej odgałęzień
- ▶ Ocena morfologii oraz funkcji serca- rzadziej stosowana

### Wskazania do oceny tętnic wieńcowych w wielorzędowej TK

Zakres wskazań do nieinwazyjnej diagnostyki tętnic wieńcowych jest dość wąski. Powodem jest dysproporcja między tempem rozwoju technologicznego a możliwościami aktualizacji wytycznych przez towarzystwa naukowe.

Większość badań poświęconych wykorzystaniu wielorzędowej angiografii TK w diagnostyce patologii tętnic wieńcowych dotyczy pacjentów w stabilnym stanie, z podejrzeniem choroby wieńcowej.

Według większości publikacji ból w klatce piersiowej jest jednym podstawowych wskazań do angiografii kl. piersiowej metodą TK wielorzędowej, zwłaszcza gdy w trybie ostrym trzeba wykluczyć trzy jego podstawowe przyczyny: tętniak rozwarstwiający aorty piersiowej, zatorowość płucną i zwężenie naczyń wieńcowych ( technika potrójnego wykluczenia stosowana na wielu oddz. Ratunkowych w USA).

### Kiedy wykonujemy angio KT w diagnostyce kardiologicznej?

Potwierdzenie albo wykluczenie CHNS u pacjentów:

- ▶ Z niejednoznacznym lub niediagnostycznym wynikiem testów obciążeniowych
- ▶ Z grupy niskiego/średniego ryzyka choroby wieńcowej
- ▶ U których nie można wykonać elektrokardiograficznej próby wysiłkowej
- ▶ Z podejrzeniem anomalii tętnic wieńcowych
- ▶ Z ostrym bólem w kl. piersiowej z grupy średniego ryzyka CHNS i prawidłowymi wartościami markerów martwicy miokardium oraz brakiem zmian w EKG

Obrazowanie Aorty i naczyń płucnych:

- ▶ Diagnostyka zatorowości płucnej
- ▶ Diagnostyka tętniaków i rozwarstwień ścian aorty piersiowej

### Przeciwwskazania do wielorzędowej TK tętnic wieńcowych

- ▶ U pacjentów z OZW będącymi kandydatami do leczenia inwazyjnego
- ▶ U chorych po implantacji stentów wieńcowych- mała wartość predykcyna
- ▶ U pacjentów z grupy wysokiego ryzyka CHNS
- ▶ U chorych z nasilonymi dolegliwościami dławicowymi lub niską rezerwą wieńcową, bo prawdopodobnie konieczna będzie u nich interwencja na naczyniach wieńcowych

### Technika badania angio-KT naczyń wieńcowych

- ▶ Standardowe badanie serca w wielorzędowej TK obrazuje przestrzeń od rozwidlenia tchawicy aż po koniuszek serca. Jeśli wymagane jest uwidocznienie pomostów tętniczych, badaniem obejmuje się całą klatkę piersiową od odejścia tętnic piersiowych od aorty aż po koniuszek serca.
- ▶ W pierwszej kolejności badania ocenia się wskaźnik uwapnienia naczyń bez środka cieniującego. Na tym etapie w wielu ośrodkach decyduje się o wykonaniu właściwego badania tętnic wieńcowych lub odstępuje od niego (jest to związane z trudnościami wiarogodnej oceny światła naczynia przy współistnieniu licznych zwapnień w blaszkach miażdżycowych).
- ▶ Drugą część badania to właściwe badanie tętnic wieńcowych możliwe po podaniu środka cieniującego. W zależności od aparatu i zakresu trwa 5-15 s. Wymaga wstrzymania oddechu.

### Interpretacja badania tętnic wieńcowych

Po badaniu otrzymujemy dane z określonego obszaru, dzięki któremu można rekonstruować obraz serca w pożądanej fazie cyklu pracy. Najczęściej serce obrazuje się w środku rozkurczu, czyli 60-80% cyklu. Większość tomografii jest wyposażona w oprogramowanie ułatwiające niezbędne rekonstrukcje przestrzenne. W praktyce klinicznej używa się następujących rekonstrukcji 2D i 3D.

### Ocena stopnia zwężenia

Jest najtrudniejszym elementem badania. Najczęściej dokonuje się jej na podstawie dokładnych pomiarów średnicy światła naczynia, wykonanych pod kątem prostym do osi długiej naczynia, w miejscu zwężenia oraz w miejscu pomiaru referencyjnego, przed i za zwężeniem. O ile ocena ciasnych zwężeń nie sprawia większych kłopotów, o tyle ocena zwężenia średniego i małego stopnia może być problematyczna. Bardzo ważne jest oszacowanie gęstości blaszki i jej ewentualnej niestabilności.

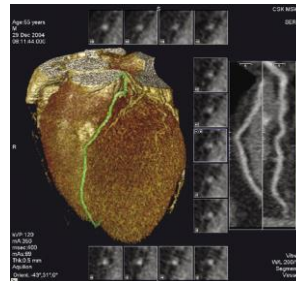
Ujemna i dodatnia wartość predykcja koronarografii metodą wielorzędowej tomografii komputerowej wynoszą odpowiednio 99% i 78%.

Czynniki wpływające na dokładność i możliwość oceny wszystkich segmentów tętnic wieńcowych to:

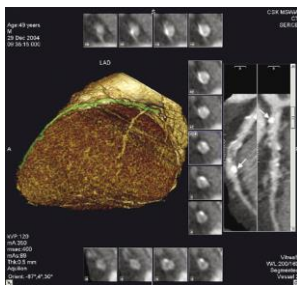
- ▶ Ruch pacjenta
- ▶ Częste pobudzenia dodatkowe lub inne zaburzenia rytmu serca
- ▶ Artefakty oddechowe
- ▶ Liczne zwapnienia w blaszkach miażdżycowych
- ▶ Stenty wieńcowe
- ▶ Elektrody stymulatorów i ICDU

W przeciwieństwie do tętnic wieńcowych, ocena pomostów aortalno- wieńcowych nie powinna sprawiać problemu ze względu na średnicę, mniejszą ruchomość i brak zwapnień w ścianach. Często jednak nie udaje się uwidocznnić miejsca zespolenia pomostu z tętnicą wieńcową, a to z powodu artefaktów spowodowanych licznymi metalowymi klipsami w sąsiedztwie.

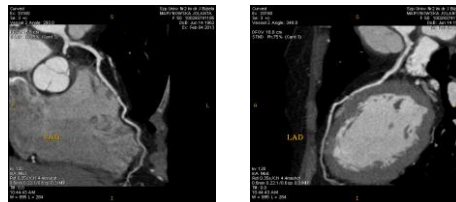
### Obraz TK (aplikacja kardio-TK) prawidłowych naczyń wieńcowych



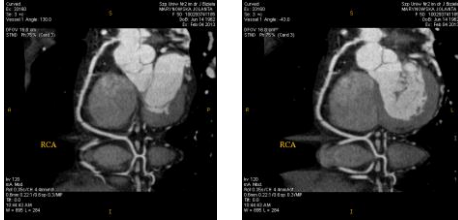
### Zwapnienia lewej tętnicy wieńcowej (strzałki) w obrazie TK (aplikacja kardio-TK)



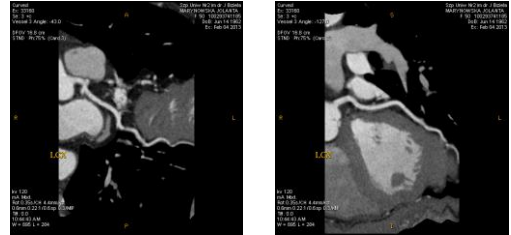
### Ocena anatomii naczyń wieńcowych



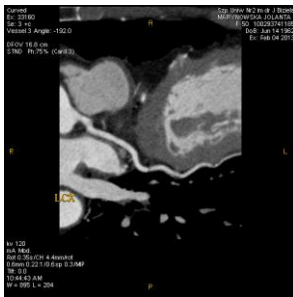
Prawidłowy obraz naczyń wieńcowych.



Prawidłowy obraz naczyń wieńcowych. Dominująca prawa tętnica wieńcowa.

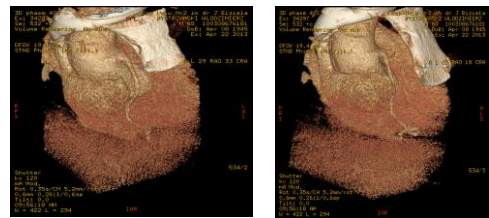


Prawidłowy obraz naczyń wieńcowych. Dominująca prawa tętnica wieńcowa.



Prawidłowy obraz naczyń wieńcowych.

Nietypowe wysokie odejście prawej tętnicy wieńcowej od aorty, z krętym przebiegiem w końcowej części



## Przydatność Angio-KT w diagnostyce zatorowości płucnej

Metoda z wyboru do oceny naczyń płucnych przy podejrzeniu ZP. Wartość predykcyjna dodatnia w rozpoznaniu ZP przy wysokim i pośrednim klinicznym prawdopodobieństwie ZP wynosi odpowiednio 92 i 96%, a przy niskim tylko 58%

▶ wartość predykcyjna ujemna przy niskim i pośrednim klinicznym ryzyku ZP wynosi odpowiednio 96% i 89%, a przy wysokim tylko 60%. Ujemny wynik CT jest wystarczającym kryterium do wykluczenia ZP u osób z niewysokim prawdopodobieństwem klinicznym ZP

▶ stwierdzenie zakrzepu w tętnicach płucnych wystarcza na potwierdzenie rozpoznania u większości chorych

## Przydatność Angio-KT w diagnostyce zatorowości płucnej

- Umożliwia dokładną ocenę tętnic płucnych od pnia płucnego do tętnic segmentowych, a tomografy wielorządowe- także tętnic podsegmentowych; ponadto ujawnia zmiany w mięszu płuc
- Umożliwia uwidocznienie obszar z ubytkiem kontrastu a także lokalizuje umiejscowienie zatoru

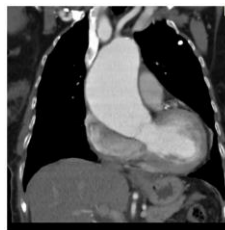
## Ocena aorty i jej rozgałęzień w angio- KT

- ▶ Aby uwidocznic naczylnia krwionośne, musimy podac dożylnie środek cieniujacy. Ze wzgledu na koniecznosc podania duzej jego ilosci (zwykle 1,3 do 1,5 ml/kg masy ciala przy zawartosci 300mg jodu/ml) do badania wskazane jest stosowanie sredkow niejonowych (mniejsze ryzyko powiklan toksycznych).

Można dzięki niej dokładnie określić lokalizację i wielkość tętniaka oraz jego stosunek do przylegających narządów i naczyń.

## Angiografia aorty i jej rozgałęzień

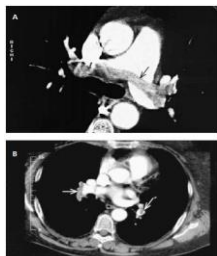
Obraz tętniaka aorty wstępującej w badaniu CT (tomografii komputerowej)



Rekonstrukcja trójwymiarowa tętniaka aorty wstępującej w badaniu angio-CT



Obraz zatorowości płucnej w angio-TK.  
 A – zator typu "jeździec" (strzałka).  
 B – materiał zatorowy w gałęziach obwodowych (strzałki)



### Czy badanie jest bezpieczne dla pacjenta?

Podczas badania metodą tomografii komputerowej dawka promieniowania jonizującego wynosi od ponad 2 do ponad 10 mSv. Niemniej jednak kwestia dawki promieniowania w tomografii komputerowej, uznawana w zasadzie za jedyną wadę metody, znajduje się w sferze zainteresowań producentów tomografów, którzy proponują różne rozwiązania tego problemu.

### Bezpieczeństwo angio KT

Kolejną rzeczą, o której należy pamiętać, jest konieczność podania środka kontrastowego, co może wywołać działania niepożądane u niektórych pacjentów. Skutki uboczne są najbardziej zaznaczone po zastosowaniu jonowych środków kontrastowych, mniejszą toksycznością charakteryzują się zaś niejonowe środki cieniujące. Przed badaniem należy więc zebrać dokładny wywiad z pacjentem w kierunku podwyższonego ryzyka pojawienia się reakcji alergicznych, by wdrożyć odpowiednie postępowanie przed i podczas badania oraz wybrać właściwy środek kontrastowy.

### Przeciwwskazania do wykonania angio KT

Ani wiek, ani stopień zaawansowania choroby jako takie nie stanowią przeciwwskazań do badania TK. Duże znaczenie ma natomiast brak współpracy ze strony pacjenta, czyli niemożność wykonywania poleceń takich jak przyjęcie pozycji leżącej u chorych z ograniczonym kontaktem, czy też niemożność wstrzymania oddechu podczas badania (przez kilkanaście sekund) u chorych z zaawansowaną niewydolnością oddechową.



Poważniejszym z technicznego punktu widzenia przeciwwskazaniem do badania TK układu krążenia są nasilone zaburzenia rytmu serca (np. migotanie przedsionków i tachykardia) ze względu na trudności z uzyskaniem właściwej jakości obrazów i ich późniejszą rekonstrukcją. Poza tym należy pamiętać o ogólnych przeciwwskazaniach do badania radiologicznego takich jak ciąża, uczulenie na kontrast, znaczna niewydolność nerek, masywne zwapnienia w tętnicach wieńcowych oraz znaczna otyłość. O celowości wykonania TK serca i naczyń decyduje lekarz prowadzący chorego, który wydaje skierowanie na badanie.



## Znaczenie MRI w diagnostyce kardiologicznej

KATEDRA KARDIOLOGII CM UMK

2014

### Zasada działania MR

- ▶ Badanie rezonansem magnetycznym polega na umieszczeniu pacjenta
- ▶ w komorze aparatu, w stałym polu magnetycznym o wysokiej energii.
- ▶ Na skutek tego linie pola magnetycznego jąder atomów - w organizmie człowieka - ustawiają się równolegle do kierunku wytworzonego pola magnetycznego. Również sam aparat emituje fale radiowe,
- ▶ które docierając do pacjenta i jego poszczególnych tkanek powodują
- ▶ w nich powstanie podobnych fal radiowych (co nazywamy rezonansem),
- ▶ które z kolei zwrótnie są odbierane przez aparat.
- ▶ W praktyce jako "rezonator" wykorzystuje się jądro atomu wodoru. Liczba jąder wodoru w poszczególnych tkankach jest różna, co umożliwia powstawanie obrazu. Komputer dokonując złożonych obliczeń, na ekranie pokazuje uzyskane dane w formie obrazów struktur anatomicznych. Komputer może też przedstawić obraz anatomiczny w dowolnie wybranej płaszczyźnie. Obrazy badanych struktur u poszczególnych pacjentów zapamiętywane są w pamięci stałej komputera, tj. na dyskach optycznych.

### Środki kontrastowe stosowane w rezonansie magnetycznym (MR)

- ▶ Mechanizm działania **środków cieniujących** podawanych pacjentowi stosowanych w rezonansie magnetycznym polega na kumulacji w badanej tkance w celu wzmocnienia odbieranego sygnału lub osłabienia go. Umożliwia to uzyskanie obrazu o lepszym kontraście między tkankami oraz bardziej szczegółowe uwidocznienie patologii.
- ▶ **Środki kontrastowe pozytywne**, są to związki wzmocniające (staje się jaśniejsza) sygnał pochodzący z narządu lub tkanki, którą wypełniają. Największą popularnością cieszą się środki na bazie gadolinu. Cechują się dobrymi właściwościami fizykochemicznymi: są dobrze rozpuszczalne w wodzie, wchłaniają się łatwo z układu krążenia i przewodu pokarmowego do przestrzeni międzykomórkowych, są szybko wydalane przez nerki. Rzadko pojawiają się przy ich stosowaniu reakcje uboczne i są one zazwyczaj mało nasilone. Należą do nich bóle głowy i uderzenia gorąca.
- ▶ **Środki cieniujące negatywne**- środki te osłabiają sygnał biegnący z tkanki w której się znajdują, oznacza to, że na obrazie będą one ciemniejsze od tkanek otaczających. Należą do nich superparamagnetyki oraz ferromagnetyki, będące związkami na bazie żelaza.

## Obrazowanie serca metodą CMR

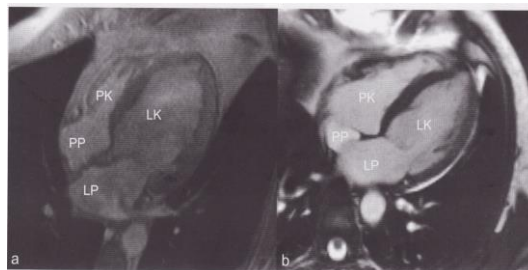
- Podczas jednego badania CMR można uzyskać szczegółowe informacje o morfologii oraz czynności serca, zarówno w spoczynku, jak i w warunkach obciążenia, oraz na temat perfuzji i żywotności mięśnia sercowego.
- Metoda ta jest złotym standardem w ocenie masy, objętości i kurczliwości mięśnia sercowego.

## Płaszczyzny obrazowania

- W badaniu serca metodą CMR główne płaszczyzny obrazowania są skośne w stosunku do siebie oraz w stosunku do aparatu, stąd nazwa: płaszczyzny podwójnie skośne. Obrazy uzyskuje się w osi krótkiej, osi długiej poziomej (w tzw. projekcji czterojamowej) oraz pionowej (w tzw. projekcji dwujamowej).  
Możliwe też są inne projekcje.
- Projekcja obrazująca drogę odpływu lewej komory jest użyteczna w ocenie części wstępującej aorty, a projekcja trzyjamowa uwidacznia zastawkę aortalną i mitralną.



Obraz serca w projekcji trójjamowej



Obraz serca w osi długiej, projekcja czterojamowa

### Zastosowanie kardiologicznego rezonansu magnetycznego

- ▶ Ocena objętości, masy i kurczliwości lewej oraz i prawej komory serca (złoty standard)
- ▶ Ocena żywotności mięśnia sercowego
- ▶ Ocena perfuzji mięśnia sercowego
- ▶ Ocena wrodzonych wad serca i obliczanie wielkości przecieku
- ▶ Ocena nabytych wad serca
- ▶ Diagnostyka chorób osierdzia
- ▶ Ocena mas patologicznych
- ▶ Ocena kardiomiopatii o innej etiologii niż niedokrwienna (arytmogenna kardiomiopatia prawej komory, kardiomiopatia rozstrzeniowa, przerostowa, zapalenie mięśnia sercowego, sarkoidoza)

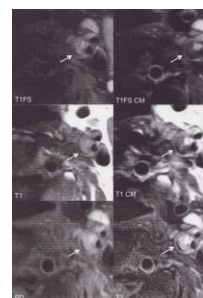
### Ocena tętnic wieńcowych metodą MR

- ▶ Badanie naczyń wieńcowych metodą MR uwidacznia ich przebieg, światło i ścianę oraz umożliwia lokalizację zwężenia tętnic wieńcowych nadal ma niezadawalającą czułość i swoistość.
- ▶ Powodem jest mały kaliber, kręty przebieg, oraz ruch naczyń wieńcowych.
- ▶ W praktyce angiografię wieńcową metodą rezonansu magnetycznego można zastosować do oceny anomalii wieńcowych, choroby Kawaasakiego, oraz pomostów aortalno-wieńcowych.

### Obrazowanie blaszki miażdżycowej

- ▶ Interesującą perspektywą jest obrazowanie i ocena morfologii blaszki miażdżycowej na podstawie różnic w obrazach T1 i T2 zależnych
- ▶ W chwili obecnej w sferze eksperymentów
- ▶ W obrazach T2 zależnych włókna kolagenu, elastyny i proteoglikany są widoczne w postaci jasnych obszarów, a obszary ciemne odpowiadają lipidom

### Obrazowanie blaszki miażdżycowej



Morfologia blaszki miażdżycowej w badaniu MR wysokiej rozdzielczości tętnic szyjnych – zaznaczono strzałkami.

## Badanie czynnościowe serca

- ▶ Ocena czynnościowa obejmuje:
  - ocenę frakcji wyrzutowej,
  - objętości jam serca,
  - objętości wyrzutowej
  - oraz kurczliwości mięśnia sercowego.

## Ocena zastawek

- Zwężenie lub niedomykalność jest przyczyną turbulentnego przepływu krwi, powodując zanik sygnału.
- Stopień niedomykalności ocenia się na podstawie kryteriów echokardiograficznych oraz objętości strumienia krwi (zasięg fali zwrotnej).



Pomiar objętości fali zwrotnej przez zastawkę aortalną.

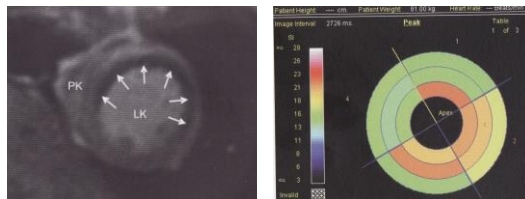
## Badanie perfuzji mięśnia sercowego

Największą zaletą CMR jest doskonała rozdzielczość przestrzenna, umożliwiającą ocenę perfuzji tego samego segmentu mięśnia sercowego w poszczególnych warstwach.

Analiza taka jest szczególnie przydatna u osób z arteriopatią przeszczepu serca, zespołem X lub po zabiegach rewaskularyzacji laserowej.

Intensywność sygnału zależy od stopnia ukrwienia mięśnia sercowego: segmenty prawidłowe są widoczne w postaci jasnych obszarów, a zaburzenia ukrwienia spowodowane zwężeniem naczyń wieńcowych lub upośledzeniem mikrokrążenia zmniejszoną intensywnością sygnału (obszar ciemniejszy).

## Badanie perfuzji mięśnia sercowego



Ocena perfuzji mięśnia serca – obraz w osi krótkiej, widoczne zmiany w obrębie ściany przedniej, bocznej oraz przedniej części przegrody międzykomorowej (obszar znacznie osłabionego sygnału zaznaczony strzałkami).

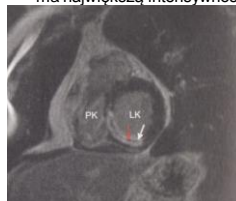
Badanie perfuzji mięśnia sercowego metodą pierwszego przejścia gadolinu.

## Badanie żywotności mięśnia sercowego

- ▶ Podobnie jak w badaniu echokardiograficznym badanie metodą CMR wykonuje się po podaniu dobutaminy w małych dawkach.
- ▶ Podanie środka cieniującego pozwala określić, czy obszary hipokinezy lub akinezy wykazują cechy zbliznowacenia, ogłuszenia czy też hibernacji.
- ▶ Mocną stroną badania CMR techniką późnego wzmocnienia jest również zdolność rozróżnienia tkanki ze zmianami odwracalnymi od tkanki martwej w obrębie tego samego segmentu
- ▶ Jest cennym narzędziem w obrazowaniu strefy zawału i prognozowania powrotu kurczliwości po zabiegu zewaskularyzacji.

## Badanie żywotności mięśnia sercowego

- ▶ W obszarze objętym zawałem obserwuje się większy wychwyty oraz zaleganie środka cieniującego niż w tkance z odwracalnymi zmianami.
- ▶ Prawidłowy mięsień sercowy jest bardzo ciemny, pula krwi w lewej komorze daje obraz pośredni, natomiast w strefie martwicy sygnał ma największą intensywność.



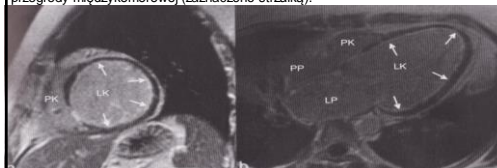
Badanie wykonane 3 dni po zawałe: późne kontrastowanie w ścianie dolnoprzegrodowej (strzałka biała) z widocznym brakiem przepływu (strzałka czerwona).

## Choroba niedokrwienna serca

- ▶ Oceny martwicy mięśnia sercowego dokonuje się po dożylnym podaniu środka kontrastowego.
- ▶ W zdrowym mięśniu środek cieniujący (gadolin) nie wnika do komórek.
- ▶ W przypadku śmierci kardiomiocytów następuje przerwanie ciągłości błony komórkowej, co umożliwia wnikanie środka do uszkodzonych komórek i wzmacnia kontrastowanie.
- ▶ Wzrost wzmocnienia po podaniu środka kontrastującego obejmujący ponad 50% grubości ściany wskazuje na zmniejszone prawdopodobieństwo poprawy kurczliwości mięśnia sercowego po rewaskularyzacji.
- ▶ Obrazowanie opóźnionego kontrastowania wykonuje się w przedziale 10-30 minut po podaniu środka cieniującego.
- ▶ Wzrost wzmocnienia w późnej fazie kontrastowania występuje również w: sarkoidozie serca, kardiomiopatii rozstrzeniowej i przerostowej, w zapaleniu mięśnia sercowego, amyloidozie oraz arytmogenicznej kardiomiopatii prawej komory. W przeciwieństwie do zawału wzmocnienie obserwuje się w środkowej części ściany, w warstwie nasierdziejowej lub całym wsierdziu.



Sekwencja echa spinowego, obraz T1-zależny w osi krótkiej: a) przed dożylnym podaniem gadolinu; b) po podaniu u pacjenta z sarkoidozą – widoczne wzmocnienie kontrastowe w obrębie przegrody międzykomorowej (zaznaczono strzałką).



Późne wzmocnienie kontrastowe: a) obraz w osi krótkiej; b) w osi długiej projekcji czterojamowej; zwłóknienie wsierdzia – zespół Churga – Strauss) zaznaczono strzałkami).



Obraz w osi długiej projekcji dwujamowej, opóźnione wzmocnienie mięśnia sercowego (zaznaczone strzałkami) – widoczne rozlane zwłóknienia pozapalne.

## Masy patologiczne

- ▶ Możliwość uzyskania szczegółowych informacji na temat lokalizacji, ruchomości i relacji masy patologicznej do innych struktur, niezależnie od obecności okna akustycznego, koniecznego do badania echokardiograficznego.
- ▶ Duża czułość i swoistość diagnostyczna, wysoka rozdzielczość przestrzenna, wysoki kontrast oraz możliwość obrazowania wielopłaszczyznowego umożliwia ocenę naciekania mięśnia przez guz, a w szczególności różnicowanie skrzepliny z guzem.

## Zapalenie mięśnia sercowego

- ▶ Badanie przy pomocy rezonansu magnetycznego przed podaniem i po podaniu środka cieniującego umożliwia uwidocznienie zwiększonej przestrzeni śródmiąższowej, oraz identyfikuje obszary martwicy.
- ▶ CMR umożliwia odróżnienie uszkodzenia odwracalnego od nieodwracalnego i w pewnym stopniu pozwala określić ostrość stanu zapalnego.

## Zalety i wady CRM

- ▶ **Zalety :**
  - ▶ Nieinwazyjne
  - ▶ Powtarzalne
  - ▶ Dokładne
  - ▶ Brak promieniowania jonizującego
  - ▶ Brak konieczności stosowania nefrotoksycznych środków cieniujących
- ▶ **Wady**
  - ▶ Wysoki koszt
  - ▶ Mała dostępność

## Przeciwwskazania do CRM

- ▶ Wszczepiony stymulator serca lub kardiowerter stymulator
- ▶ Wszczepiony neurostymulator, implant ślimakowy, klipsy naczyniowe
- ▶ Klaustrofobia
- ▶ Ciąża (zależy od stosunku ryzyka i korzyści)
- ▶ Niektóre sztuczne zastawki serca – przed wykonaniem badania należy dostarczyć pełną dokumentację dotyczącą zastawek w celu sprawdzenia, czy badanie może zostać przeprowadzone,
- ▶ możliwość występowania metalowych odłamków w ciele
- ▶ implanty ortopedyczne – sztuczne stawy, stabilizatory, śruby, druty; są one względnym przeciwwskazaniem do wykonania badania.

## Przeciwwskazaniem do wykonania MR nie są:

- ▶ implanty soczewek,
- ▶ Wkładki domaciczne– należy sprawdzić czy posiadana wkładka nie jest wykonana ze stali.
- ▶ stenty w naczyniach wieńcowych – w tym przypadku badanie można wykonać po upływie 8 tygodni od wszczęcia stentu,
- ▶ klipsy hemostatyczne,
- ▶ implanty dentystyczne, mostki, wypełnienia – implanty te mogą zniekształcić obraz w okolicy występowania.

## Wszczepione elementy metalowe a wykonanie MR

Implanty z metalu, np. zastawki serca, stenty wieńcowe czy druty do zamykania mostka, są przyczyną artefaktów lecz nie stwarzają zagrożenia dla zdrowia w aparatach 1,5 T a nawet 3 T. Za bezwzględne przeciwwskazanie do stosowania MR uważa się wszczęcie kardiostymulatora lub ICD, głównie dlatego że statyczne pole magnetyczne, pole elektromagnetyczne prądu o częstotliwości radiowej oraz zmieniający się gradient pola magnetycznego zakłócają działanie tych urządzeń

Ilustracje (MR serca i MR blaszek miażdżycowych tętnic szyjnych) pochodzą z archiwum Zakładu Radiologii i Diagnostyki Obrazowej Krakowskiego Szpitala Specjalistycznego im. Jana Pawła II.