

dr. Vágó Hajnalka: Cardiovascularis mágneses rezonanciás vizsgálat (CMR)

Bevezetés

A cardiovascularis mágneses rezonanciás vizsgálat az egyik legmodernebb noninvazív kardiológiai képalkotó eljárás, melynek segítségével nagy felbontóképességgel (térbeli felbontás in plane: 1-2 mm, időbeli: < 40 ms) ábrázolható a szív anatómiája, funkciója, a coronariák eredése és lefutása, valamint a szív körüli struktúrák. Különböző MR szekvenciák és MR kontrasztanyag alkalmazásával szövetspecifikus információt is nyerhetünk, segítségével mérhető az intracardialis és intramyocardialis véráramlás, ábrázolható a myocardialis ödéma és a nekrosis, illetve fibrózis. A CMR vizsgálat mára a rutin klinikai kardiológia szerves részévé vált **(1. ábra)**.

Technikai feltételek, módszer

A CMR technika alapelve megegyezik az MR technika általános alapelvével. A Föld mágneses mezeje kb. 0,5 G (Gauss) erősségű, a CMR vizsgálat során 15 000, illetve 30 000 G (1,5, illetve 3 Tesla) erősségű statikus mágneses teret, valamint változó mágneses teret és a protonok gerjesztéséhez rádiófrekvenciás energiát alkalmazunk. A szövetekből származó jelet döntően a T1 (longitudinális) és T2 (transzverzális) relaxációs idő, valamint a protondenzitás és áramlás befolyásolják. A vizsgálat során bármely tetszőleges síkban készíthetünk felvételeket.

A szív a szív ciklus, illetve a légzés során jelentős mozgást végez, leképezéséhez szükség van EKG-szinkronizációra és a mérések többségénél légzésvisszatartásra. Az akvizícióhoz szükséges légzésvisszatartási idő általában 5-20 másodperc, befolyásolja többek között az alkalmazott szekvencia, a tér- és időbeli felbontás, a beteg szívfrekvenciája és a szív mérete. A rekeszizom mozgását monitorozó navigátor technika alkalmazásával a felvételek közel azonos rekeszpozícióban készülnek, így ezen mérések szabadlégzésben végezhetők.

A vizsgálat során szükség lehet MR kontrasztanyag intravénás adására, pl. amennyiben myocardialis nekrotizist/fibrózist azonosítunk (pl. szívizom életképesség vizsgálat), illetve ischaemia megítélésakor stressz szívizom perfúzió során. Cardialis/paracardialis terimék vascularizáltságának megítélésére, illetve kontrasztanyag MR angiographia végzésénél szintén szükség van kontrasztanyag adására. A leggyakrabban használt MR kontrasztanyagfajták a gadolínium alapú kontrasztanyagok, melyek extracelluláris kontrasztanyag révén normál esetben nem jutnak be a szívizomsejtekbe. Acut károsodás során (pl. acut myocardialis infarctus, acut myocarditis) a sejtmembrán károsodásával bekerül a sejtekbe, illetve krónikus esetben a megnövekedett extracelluláris térben (fibrózis/heg) szintén felhalmozódik **(2. ábra)**.

Stressz MR vizsgálat során, illetve altatott, kritikus állapotú vagy nagy rizikójú betegek (pl. abortált hirtelen szívhalált követően) esetén szükség van speciális, MR kondicionális monitorrendszerre, amellyel a vitális paraméterek a vizsgálat során nyomon követhetőek.

A CMR a bal és jobb kamrai végdiastolés, végsystolés volumen, verővolumen, ejekciós frakció és izomtömeg meghatározásának referenciamódszere (**3. ábra**). A rövid tengelyi síkokból történő bal és jobb kamra volumenek és izomtömeg meghatározásához nincs szükség geometriai formulák alkalmazására. A nagy pontosság mellett a módszer előnye a kiváló intra- és interobserver variabilitás.

A CMR során leggyakrabban használt szekvencia (ún. balanced steady state free precession bSSFP) segítségével mind a struktúra, mind a szívfunkció vizsgálható, a teljes szív ciklus során sokfázisos felvételeket készíthetünk (általában 25-30 fázis), az így készült „cine movie” felvételeken megítélhető a globális és regionális bal és jobb kamra funkció, illetve billentyűmozgás. Előnye a kiváló vér-myocardium kontrasztviszony (**4. ábra A, D, G**).

A T1-súlyozott spin echo felvételek segítségével strukturális információ nyerhető a szívizom, billentyűk, a pericardium, illetve az epi-peri-myocardialis terimék morfológiájáról és szöveti sajátosságáról. T1-súlyozott technikával magas jelintenzitással ábrázolódnak többek között a lipid struktúrák (epicardialis lipid, lipoma). T2-súlyozott zsírelnyomós spin echo technikával a nem mozgó folyadékok jól differenciálhatóak (pl. pericardialis cysta fokozott jelintenzitással ábrázolódnak), valamint az acut károsodásra utaló myocardialis ödéma is kimutatható (**4. ábra B, E, H**).

MR kontrasztanyag adásakor lehetőség van nyugalmi perfúziós, illetve leggyakrabban adonozin alkalmazásával stressz „first pass” perfúziós felvételeken ischaemia okozta perfúziós zavar kimutatására. A vizsgálathoz nagy idő- és térbeli felbontású adatgyűjtés szükséges, rutinszerűen szív ciklusonként három szelet gyűjtése történik a szív basalis, középső és csúcsi harmadában rövidtengelyi síkokban (**5. ábra**).

Kontrasztanyag beadását követően 10-25 perc elteltével az ún. késői típusú kontrasztanyag-halmozásos felvételeken ábrázolni tudjuk a myocardialis nekrozist, illetve krónikus esetben a fibrózist/heget, melyek fokozott jelintenzitással, míg a strukturálisan ép szívizomszövet alacsony jelintenzitással ábrázolódnak (**2. ábra**).

Áramlásérzékeny fáziskontraszt mérésekkel a sebesség meghatározása lehet a „síkon keresztüli” azaz a képalkotás síkja az áramlás irányára merőleges és lehet a „síkbán” azaz az áramlás irányában lévő síkbán. A sebességmérést illeszthetjük egy területre is, ilyenkor az áramlás térfogatát határozzuk meg, mérhető pl. az aorta és pulmonalis billentyűkön a pontos regurgitációs frakció (%).

3D MR angiographiát (MRA) lehetőség van kontrasztanyag nélkül is végezni rekeszkövetéses navigátoros technikával, mellyel a mellkasi nagyereket, illetve koszorúér eredési és lefutási anomáliákat vizsgálhatjuk. Vena pulmonalis izoláció előtt végzett kontrasztanyag bal pitvari angiographia az anatómia pontos megismerésével, a felvételek ablációs rendszerekbe történő integrációjával az ablációt segítheti. Ablációs szövödményként esetleges véna pulmonalis stenosis gyanúja esetén a kontrasztanyag MRA-val a pulmonalis vénák pontosan megítélhetőek. Mivel a kontrasztanyag MR angiographiához nem szükséges EKG szinkronizáció a mérés pitvarfibrilláció alatt is kivitelezhető.

A CMR vizsgálat leggyakoribb indikációi

A CMR vizsgálat leggyakoribb indikációs területei: ischaemiás szívbetegség, peri-myocardium betegségei, congenitalis vitiumok, cardialis és paracardialis terimék.

Ischaemiás szívbetegség

Postinfarctusos betegnél a szívizom **életképesség megítélésére** késői típusú kontrasztanyag-halmozásos felvételeket készítünk, melyek segítségével nagy pontossággal megítélhető a hegyszövet transmuralitása. Subendocardialis károsodás mellett az adott myocardium döntően életképes, míg 75% fölötti transmuralitásnál döntően nem viabilis, így revaszkularizációt követően az adott segmentum kontraktilitásának számottevő javulása nem várható. 50% körüli transmuralitás esetén a viabilitás megítélését dobutamin stressz echocardiographia/MR vizsgálat segítheti.

Az MR vizsgálat alkalmas myocardialis infarctus szövődményeként kialakuló **intracardialis thrombus**, illetve **aneurysma/álaneurysma** kimutatására (**6. ábra**). Acut myocardialis infarctusban a nekrozisra utaló késői típusú kontrasztanyag-halmozás mellett **ödémát** és az esetek egy részében **microvascularis obstructióra** (MVO) jellemző MR eltéréseket azonosíthatunk, melyek kedvezőtlen prognosztikai szerepéről egyre több irodalmi adat áll rendelkezésre (**7. ábra**). Ischaemiás szívbetegség gyanúja esetén stressz perfúzió (leggyakrabban adenozin alkalmazásával), illetve dobutamin stressz MR (falmozgászavarok megítélése, esetleg perfúzióval kiegészítve) alkalmas **myocardialis ischaemia** kimutatására. A CMR vizsgálatnak a STEMI-t utánzó kórképek **differenciáldiagnosztikájában** is kiemelt szerepe lehet. A falmozgászavarok pontosabb megítélése és a késői típusú kontrasztanyag-halmozás mintázata/hiánya alapján elkülöníthető a STEMI-t utánzó acut myocarditis, az acut myocardialis infarctus és a Tako-Tsubo cardiomyopathia.

Cardiomyopathiák

Az MR vizsgálat a cardiomyopathiák diagnosztikájában szintén kiemelkedő szerepet játszik, úgymint hypertrophiás (**8. ábra**), arrhythmogén jobb kamrai, dilatatív, noncompact, valamint Tako-Tsubo cardiomyopathia diagnózisának felállításában. Ábrázolhatjuk az esetlegesen jelen lévő kötőszövetes fibrózist, mely kamrai arrhythmiai kialakulásának szubsztrátja lehet. Szisztémás betegségekhez társuló cardialis eltérések MR jelei specifikusak lehetnek (pl. amyloidosis, endomyocardialis fibrosis) segítve a diagnózis felállítását (lásd Szisztémás betegségekhez társuló szívbetegségek, illetve Cardiomyopathiák fejezet).

Congenitalis vitiumok

A CMR congenitalis vitiumok esetén segít a pontos morfológia, a bal, illetve jobb kamra ejekciós frakció és volumenek meghatározásában. Fáziskontraszt áramlásméréssel az aorta és pulmonalis regurgitációs frakció mérhető nagy pontossággal (**9. ábra**). A CMR vizsgálat a Qp/Qs méréssel a pontos shuntfrakció meghatározásában nyújt segítséget. Lehetőségünk van szelektív pulmonalis (bal és jobb oldali a. pulmonalis) áramlásmérésre is. Angiographia

végzésére kontrasztanyag alkalmazásával vagy natív rekeszkövetéses technikával is lehetőségünk van (**10. ábra**).

Szívtumorok

Megítélhető a tumor pontos lokalizációja, üregekhez, myocardiumhoz/pericardiumhoz való viszonya, perfúziós felvételeken vascularizáltsága, illetve korai és késői fázisban kontrasztanyag-halmozása. T1-és T2-súlyozott felvételek segítségével adott tumorokra típusos szövetspecifikus információt nyerhetünk. Differenciáldiagnosztikai szempontból a bal kamrai thrombustól, illetve epicardialis zsírtól történő elkülönítése a leggyakoribb klinikai indikáció.

A CMR vizsgálat leggyakoribb kontraindikációi, nehézségei

A CMR vizsgálat nem kivitelezhető amennyiben a kb. fél-egy órás vizsgálat során a beteg nem képes mozdulatlanul fekvődni és légzésvisszatartásokat végezni (kontraindikáció lehet pl. súlyos mozgásszervi eltérés, dyspnoe).

A leggyakoribb kontraindikációk közé tartoznak a **nem MR biztonságos vagy kondicionális implantátumok**. Intracranialis aneurysma clipek vagy coilok, fülbe vagy szembe ültetett implantátumok, egyéb lágyszövetben elhelyezkedő fém idegentestek, pacemakerek vagy ICD-k esetén az MR vizsgálatot csak akkor szabad megkezdeni, ha meggyőződünk róla, hogy a vizsgálat veszélytelen. Napjainkban a technikai fejlődésnek köszönhetően nemcsak MR kondicionális/MR biztonságos protézisek és implantátumok, hanem MR kondicionális pacemakerek és implantálható cardioverter defibrillátorok (ICD) is rendelkezésünkre állnak. Utóbbiakat az MR vizsgálat előtt át kell állítani MR biztonságos üzemmódba, a vizsgálat során monitorozni kell a beteget, majd a vizsgálatot követően ellenőrizni kell a működésüket és a készüléket vissza kell programozni. Az **1. táblázatban** a mágneses mezőben alkalmazható tárgyakra vonatkozó biztonsági kategóriák láthatóak.

Az **irreguláris szívritmus** (leggyakrabban pitvarfibrilláció, gyakori kamrai extrasystolia) EKG-szinkronizációs nehézséget okozhat és megghiúsíthatja a vizsgálatot. Problémát jelenthet a **claustrophobia**, illetve amennyiben a beteg **alkati sajátosságai** miatt nem fér be a berendezésbe. Jelentősen **csökkent vesefunkció** (GFR<30 ml/min/m²) esetén MR kontrasztanyag adása kontraindikált.