

# НЕИНВАЗИВНА ОБРАЗНА ДИАГНОСТИКА НА ЗАБОЛЯВАНИЯТА НА ГОЛЕМИТЕ СЪДОВЕ И СЪРЦЕТО

Д-р Галина Кирова  
„Токуда” болница, София

Новите магнитно-резонансни и компютър-томографски техники на изследване в последно време промениха обсега и възможностите на образните диагностични. Анатомично сърцето вече е обект на детайлен анализ, като е възможна и функционална оценка. Образното изследване на сърдечните заболявания става не само на базата на индиректни белези – промени в белите дробове, черния дроб, перикарда и др., а на директното визуализиране на сърдечните кухини, миокарда, перикарда и клапния апарат.

Същевременно двете техники покриват редица от основните изисквания за диагностика, а именно - висока чувствителност и специфичност, **възпроизводимост, минимална инвазивност. Все още недостатък е високата им себестойност.**

## **ОБЩИ ПРИНЦИПИ НА МУЛТИДЕТЕКТОРНА КОМПЮТЪР-ТОМОГРАФСКА (МДКТ) АНГИОГРАФИЯ И МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНА (МР) АНГИОГРАФИЯ. ПРЕДИМСТВА И НЕДОСТАТЪЦИ.**

МДКТ е метод, позволяващ получаване на образа за изключително кратко време, което е предимство при прилагането му при тежко болни пациенти и малки деца. Физичният принцип се базира на използването на рентгенови лъчи и е необходимо аплициране на йодни контрастни материци, които могат да се разглеждат като основни недостатъци.

МРТ е скъп метод, имащ известни противопоказания, свързани с наличието на пейсмейкър, несъвместими с магнитното поле метални и кохлеарни импланти в тялото на пациента, както и тежка клаустрофобия. Продължителността на изследването и условията на провеждането му затрудняват непрекъснатото мониториране на тежко болни пациенти. Същевременно МРТ е метод, не базиран на йонизиращи лъчи, което позволява прилагането му при бременни и малки деца. Гадолиневите хелати като контрастна материя не са нефротоксични, което разрешава аплицирането им и при бъбречноболни пациенти.

За разлика от компютър-томографското изследване, при магнитния резонанс съществуват т. нар. безконтрастни и контрастни техники на изследване. В последните години въведените в клиничната практика бързи секвенции имат все висока пространствена и времева разделителна способност, което позволява провеждане на изследването в близко до реалното време, преодолявайки различните артефакти в образа. Полученият образ, анализиран в **сine mode, оценява движението** на стената на сърцето, венстрикулната функция, клапната функция, кръвотока. Видът на прилаганата техника се преценява от изследващия в зависимост от търсения клиничен резултат. Докато МДКТ все още е основен морфологичен метод (структура, дебелина на стената, отношение на сърдечните кухини), то МРТ дава възможност и за тъканна характеристика, за оценка на регионалната и глобалната функция на сърцето и на миокардната перфузия.

### Контрастни материји и начин на разпределение

За получаване на качествено изображение на съдовете и сърцето основно изискване е оптималното им контрастиране. В ежедневната практика и при двете техники се използват т. нар. интерстициален тип контрасти – йодните контрасти при МДКТ и гадолиниевите хелати при МРТ. Принципът на разпределение е еднакъв и се базира на постепенното преминаване на инжектирания контраст от периферната вена през дясната половина на сърцето, белодробното кръвообращение, лявата половина на сърцето, аортата, интерстициума и, завършвайки цикъла, изпълва венозните съдове и се връща в дясната половина на сърцето. Първата поява на контрастната материя в артериалната мрежа се обозначава с термина “first pass”, като времето, необходимо за изминаване на това разстояние, се нарича “transit time”. Това транзитно време е относително константна величина, като разликата в стойността му при отделните пациенти зависи от възрастта, кръвното налягане и сърдечната функция.

Благодарение на бързите техники на изследване и при двата вида машини е възможно проследяване на всички фази от разпределението на контрастната материя, т.е. при подходящо избран протокол на изследване в рамките на едно изследване при един и същи пациент е възможно да се проследи артериалната, венозната циркулация и интерстициалната фаза на акумулация на контрастната материя. Именно този ефект стои в основата на т. нар. протоколи «всичко в едно». Основно при прилагането им е познанието на хемодинамиката и правилното преценяване на времето на закъснение на скенирането с оглед получаване на образ по време на тахикардия изпълване на съда.

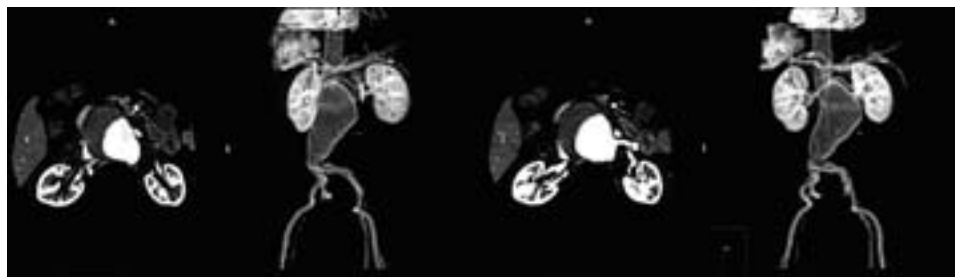
Съвременните МР апарати, благодарение на високата си пространствена, тъканна и темпорална разделителна способност, позволяват да се направи оценка на редица динамични процеси, като степента на ранната перфузия и късното натрупване на контраста. Качествената и количествената оценка на регионалния миокарден кръвоток и миокардната перфузия се базират на оценка на кривите на поглъщане на контраста и получените комплексни кинетични модели. За интрацелуларния тип контрастни материји се оценяват видове криви, даващи информация за различните състояния – нормално перфузиран, исхемичен, некротичен и реперфузиран миокард.

### ПРИЛОЖЕНИЕ НА ДВАТА МЕТОДА ПРИ ДИАГНОСТИКАТА НА СЪРДЕЧНО-СЪДОВИТЕ ЗАБОЛЯВАНИЯ

#### 1. Аорта и периферни съдове

*Вродени малформации на аортата и периферните съдове*

Като неинвазивни методи, МДКТ и МРТ са изключително подходящи при доказване на различните видове вродени аномалии на големите съдове.



Фиг. 1. Аксиални и триизмерни реконструирани образи при пациент с абдоминална аневризма.

### *Аневризми*

Неинвазивните методи за диагностика позволяват оценка на разположението, размерите на аневризмалния сак, както и отношението му към съдовите разклонения и околните структури. Не маловажно е предимството при визуализиране на стената на аневризмата, наличието или не на интрааневризмален (пристенен) тромб, както и евентуалните перивазални изменения. Чувствителността на двата метода е 100% (фиг. 1).

### *Оценка на наложени протези*

Оценката на проходимостта на протезата става възможна при прилагане на субтракционната техника на магнитно-резонансната ангиография. Анастомозата между графта и артерията се представя като мрежовидна стеноза. Подобна е нахотката и при МДКТ-ангиография, при която промяната на прозореца при анализ на образа позволява екзактната оценка (фиг. 2).

### *Интрамурален хематом. Пенетрираща разязвена плака. Дисекации.*

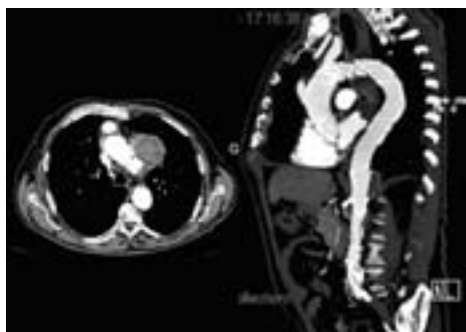
Едномоментното контрастиране на всички съдове в изследваната област позволява оценка на вида на дисекцията, на протежението на разслояване на аортата, на състоянието на големите съдове, на интималния флеш, на нивото на входното и изходното отворстие, както и на състоянието на останалите органи в гръдния кош. Преимущество на МДКТ е бързината на изследването при пациенти в критично състояние, както и възможността за оценка на паренхима на белите дробове, плеврите и перикарда. МРА е по-подходяща при провеждане на контролните прегледи, при необходимост от едновременна оценка на състоянието на аортната клапа и сърдечните кухини. Наложените протези на аортата не са противопоказание за провеждане на изследването (фиг. 3).

### *Артериити*

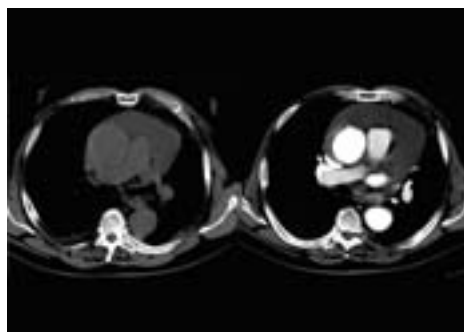
С възможността си да визуализира едномоментно всички съдове, съвременната неинвазивна ангиография може да оцени не само броя и степента на облитерация на стената на засегнатите съдове при различните видове артериити, но и да определи активността на процеса (фиг. 4).

### *Заболяване на реналните артерии*

Ангажирането на реналните съдове от различни болестни процеси (стенози, оклузии, аневризмални изменения) заслужава отделно внимание с оглед на това, че този тип промени водят до реновазална хипертония и/или влошаване на реналната



Фиг. 2а, б. МДКТ при оценка на поставена протеза в хода на лечение на аортна аневризма.



Фиг. 3а, б. МДКТ изследване при пациент с интрамурален хематом по предната стена на асцендентната аорта непосредствено над нивото на синуса на Валсалва.

функция. МРА е предпочитан метод поради това, че не използва нефротоксичните йодни контрастни материци, както и поради липсата на йонизиращо лъчение, което позволява многофазовото провеждане на скенирането при необходимост от функционална оценка на реналната функция (фиг. 5).

#### *Артериална недостатъчност*

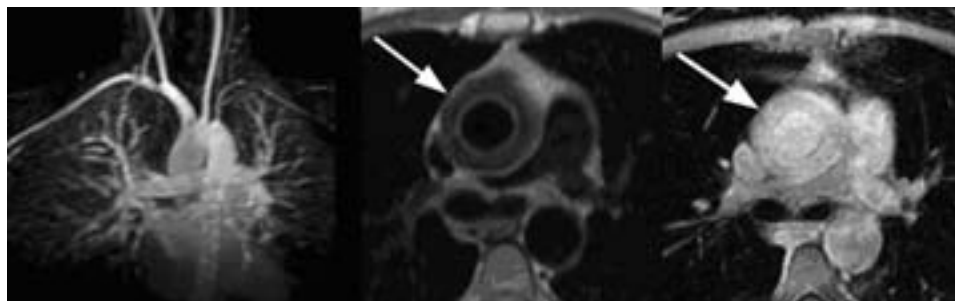
МДКТ и МРТ позволяват оценка на стенотичните сегменти, гължината на зоните на оклузия, колатералната мрежа и евентуалните аневризмални разширения на засегнатите съдове. В зависимост от използваната техника и степента на стенозата, чувствителността и специфичността на двата метода възлизат съответно на 89-91% и 95-99% (фиг. 6).

#### *Травматични изменения*

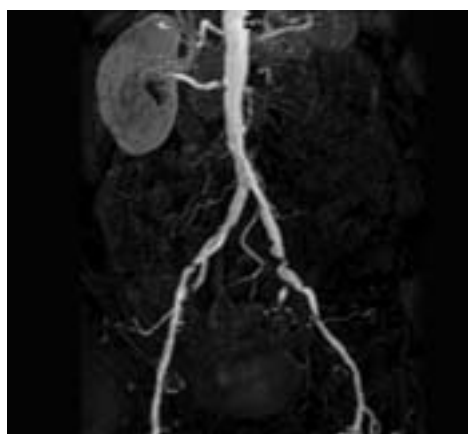
МДКТ е метод на избор при изследване на политравматични пациенти. Бързината, с която се получават образите, и възможността за оценка на цялото тяло, едновременно с провеждане на ангиографското изследване, е предпоставка за широкото използване на метода в спешната диагностика. МДКТ и МРА са метод на избор при проследяване на терапевтичния резултат или на евентуалните възникнали усложнения.

#### *Ангажиране от туморни процеси*

Оценката на съдовата инвазия от страна на туморни процеси е класическа ин-



Фиг. 4а, б, в. Класически пример на активен артериит на Такаyasу.



Фиг. 5. МРА при пациент с тотална оклузия на лявата ренална артерия на фона на дисеминиран атероматозен процес.



Фиг. 6. МРТ при пациент с артериална недостатъчност.

дикация за назначаване на МДКТ или МР ангиография. С възможността си да изследват едновременно не само съдовете, но и околните тъкани, както и с техническата възможност за провеждане на изследването в отделни фази на контрастиране, двата метода се незаменими.

## 2. Вена кава, артерия пулмоналис и периферни вени

При провеждане на изследването във венозната фаза на разпределение на контраста и двата метода позволяват анатомична и функционална оценка на венозната система, диагностицирането на **налична венозна тромбоза, мониториране на посттромботичните промени, установяването на налични венозни малформации**. В последно време двете техники се прилагат и за **неинвазивна преоперативна оценка** при стрипинг на вена сафена. Двете техники позволяват диференцирането на прясна от хронична венозна тромбоза, оценката на съседните тъкани и структури не зависи от качествата на оператора, както и едновременното визуализиране на вените на двата крака.

### *Белодробна тромбемболия*

Съвременната медицина разглежда белодробната тромбемболия и тромбозата на периферните венозни съдове като различна изява на един и същ процес. Краткото време на провеждане на изследването разрешава последователно визуализиране на системата на артерия пулмоналис и на периферните вени на долните крайници и вена кава в рамките на едно изследване и в условията на еднократно инжектиране на контрастна материя (фиг. 7).

## ОЦЕНКА НА ЗАБОЛЯВАНИЯТА НА СЪРЦЕТО

Изследването на сърцето с МДКТ и МРТ се извършва в условията на ЕКГ-синхро-



Фиг. 7а, б. Едновременно изследване при пациент с БТЕ и тромбоза на периферни вени.

<b>морфологична оценка</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• на миокарда</li> <li>• на клапния апарат</li> <li>• планиметрия на клапния отвор</li> <li>• оценка на систоличния трансвалвуларен градиент</li> <li>• на коронарните артерии</li> <li>• на перикарда</li> <li>• качествена оценка на атероматозните плаки</li> </ul>
<b>функционална оценка</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• количествена и качествена оценка на вентрикулната функция</li> <li>• сегментарна кинетика</li> <li>• хемодинамични параметри</li> </ul>
<b>приложение</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• болести на клапния апарат</li> <li>• миокардити</li> <li>• кардиомиопатии</li> <li>• ИБС</li> <li>• аневризми на лява камера</li> <li>• перикардити</li> <li>• вродени малформации</li> <li>• тумори на сърцето</li> <li>• интракавитарни тромби</li> </ul>

Табл. 1

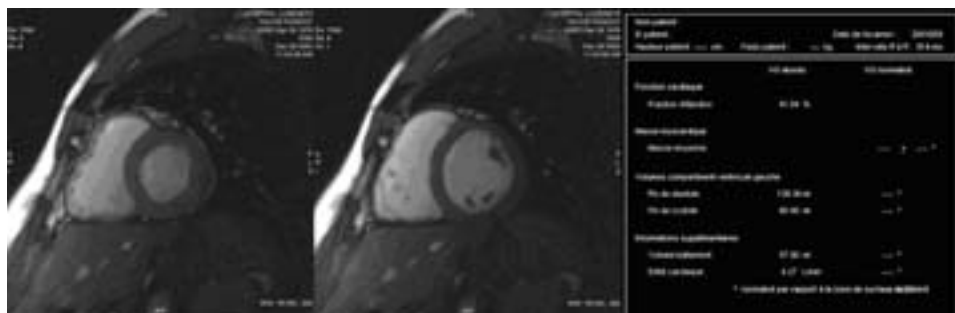
низация, което позволява добиване на информация от различните фази на сърдечния цикъл. И в двата случая техниката предоставя възможност не само за анатомична, но и за функционална оценка и допълнително изчисление на систоличния и диастоличния обем на сърдечните кухини и фракцията на изтласкване (фиг. 8, табл.1).

Анатомично сърцето заема косо положение в гръдния кош, което определя и различни основни равнини на изследване. Принципно те са аналогични или близки до тези, използвани при ултразвуковото изследване – оценка на кухините по гългата, по късата ос, четирикухинен срез, по хода на изходния тракт на лявата и дясната камера и др. Докато получаването на образ в отделните равнини при МР изследване е директно, то при МДКТ е необходимо ретроспективно реконструиране (фиг. 9).

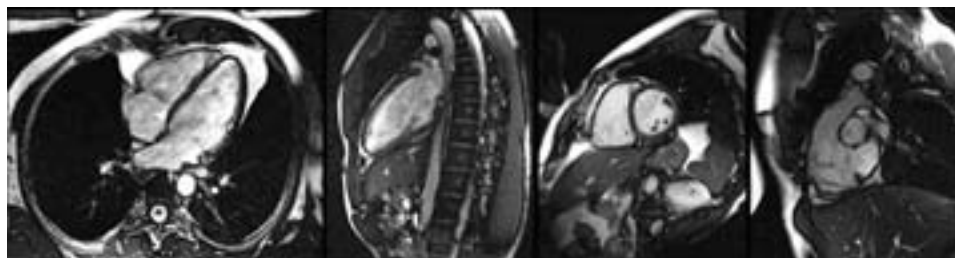
### Ишемична болест на сърцето

Основни фактори, определящи качествения образ на коронарните съдове, са темпораната и пространствената разделителна способност на диагностичния метод. При съвременното развитие на технологиите МДКТ и МРТ са близки по качество при визуализиране на проксималните части на коронарните артерии, докато чувствителността на образа при КТ е по-добра за дисталните сегменти на коронарните съдове поради по-високата пространствена резолюция на образа. Други предимства на КТ са по-краткото време и по-лесното техническо провеждане на изследването. Недостатък на метода е изискването от продължително задържане на въздуха с оглед покриването на цялото сърце с тънки срезове. Така например при сърчена честота 70 удара/мин и ефективна дебелина на среза 2 мм се изисква време на задържане на въздуха от около 34 секунди.

При МР изследването, използвайки ретроспективен ЕКГ-гейтинг, времетраенето на изследването е по-голямо, но за сметка на това пациентът диша спокойно през цялото време. При него се получава голямо количество информация, като



Фиг. 8а, б, в. МРТ на сърцето. Представен е срез по късата ос на сърцето в систола и диастола, както и софтуерът за изчисление на основните функционални параметри.



Фиг. 9а, б, в, г. Техника на получаване на отделните равнини. Четирикухинен срез (а). Двучухинен срез през левите сърдечни кухини (б). Сърдечни кухини по късата ос на сърцето(в). Десни кухини и изходящ тракт на дясната камера (г)

ефективна е не повече от 35%, необходима за качествената реконструкция на обр-аза. Останалите данни са получени в неадекватна фаза на респирация.

### Оценка на калциевите плаки

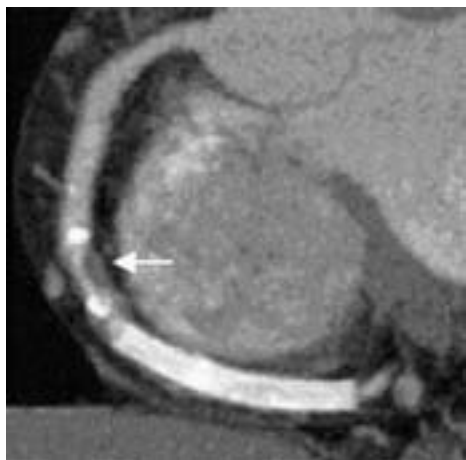
Вкалциванията в стените на коронарните артерии са израз на атеросклеротични промени и според съвременните схващания могат да служат като предиктор на кардиоваскуларни инциденти. Съвременното разбиране за атеросклерозата като болест на съдовата стена налага становището, че руптурирането на т. нар. вулнерабилни или “меки”, богати на липиди плаки с последващо формиране на тромби стои в основата на острите съдови инциденти. Именно установяването на тези ранни промени се приема за важно в борбата с атеросклерозата. Надеждите в новите методи – МДКТ и МРА, се базират именно на способността на двата метода да правят оценка на стената на съдовете в ранните фази на болестта и да конкурират интракоронарното УЗ изследване, приемано за “златен стандарт” (фиг. 10).

### Оценка на миокардната перфузия (виталност на миокарга)

Оценката на миокардната перфузия е съвременното изследване, което реализира комплексна оценка в сравнително кратко време. Това е единственият метод, който позволява да се получи информация за регионалния миокарден контрактилитет, резерва на регионалната перфузия и детайлна анатомия на коронарните артерии. Същевременно се получава и функционална оценка на базата на стрес-гобутаминовия тест и др.

### Кардиомиопатии

Магнитно-резонансната томография е метод на избор при съмнение за кардиомиопатия. Методът позволява в много случаи диференциране на отделните подтипове кардиомиопатии, както и диференцирането им от други заболявания, протичащи с подобна клинична картина като миокардна хипертрофия, констриктивен перикардит, някои миокардити. МРТ дава възможност за оценка на глобалната и регионалната вентрикуларна и клапна функция, за оценка на степента на промяна на дебелината на стената на камерите, както и за изключване на



Фиг. 10. МДКТ коронарография след стентирание. Вижда се ясно наложеният стент, както и смесената по характер атеросклеротична плака, разположена проксимално от стента.



Фиг. 11. Миксом, ангажиращ лявото предсърдие, представен на аксиален срез при КТ изследване.

евентуални придружаващи промени като наличието на интракавитарни тромби, перикардиални или плеврални изливи, промени в перикарда.

### Насочващ метод при провеждане на електрофизиологични процедури

МРТ и МДКТ служат като неинвазивни методи, насочващи електрофизиологичните процедури, както и при проследяване на евентуално настъпващи усложнения.

### Тумори на сърцето

С възможността си да представят всички структури, изграждащи сърцето, двата метода са незаменими при визуализиране на доброкачествените и злокачествените тумори на сърцето. Ясно се представят отношенията между туморната формация и сърдечните кухини, строежа на тумора, както и степента на ангажиране на съседните структури. МРТ дава възможност за оценка и на настъпилите функционални промени (фиг. 11).

### Заболявания на перикарда

МДКТ и МРТ могат да визуализират всички сегменти на перикарда, а динамичните МР-изследвания позволяват да се направи преценка и на кинетиката на сърцето. Двата метода имат висока чувствителност и специфичност при определяне на вродените аномалии на перикарда, на перикардните или свързаните с перикарда тумори, вкалцяванията (МДКТ), диференцирането на перикарден излив от кръв (МРТ). Не бива да се забравя възможността за оценка на съседните структури, което е от полза при изключване на други заболявания, довеждащи до вторично ангажиране на перикарда.

### КНИГОПИС

1. JN Dacher, G Gahide, E Gerbaud et al; Plans de coupe en IRM cardiaque; J Radiol 2001;85:11-16
2. S Ruehm et al; Pelvic and lower extremity veins: contrast-enhanced three-dimensional MR venography with a dedicated vascular coil-initial experience; Radiology 2000;215:421-427
3. B Ohnesorge, T Flohr, R Fischbach et al; Reproducibility of coronary calcium quantification in repeat examinations with retrospectively ECG-gated MSCT; Eur Radiol 2002;12:1532-1540
4. Yeon HC et al; AJR 000;175:505-11 Cantu C et al; Stroke 2000;31:2197 Nastro MV et al; Radiographics 2004;24:773-786
5. PJ Arpasi et al; MRA of the thoracic aorta with an ECG triggered breath-hold contrast-enhanced sequence; Radiographics 2000;20:107-120
6. M Dewey, AC Borges, D Kivelitz et al; Coronary artery disease: new insights and their implications for radiology; Eur Radiol 2004;14:1048-1054
7. NH Bunce, DJ Pennell; MRI of coronary arteries; Eur Radiol 2001;11:721-731
8. AM Taylor, S Thorne, MB Rubens et al; Coronary imaging in congenital heart disease: complementary role of MRI and X-ray coronary angiography; Circulation 2000;101:1670-1678
9. B Mesurralle, SD Quanadli, M Merad et al; Anomalous origin of the left coronary artery arising from the pulmonary trunk: report of an adult case with long-term follow-up after surgery; Eur Radiol 1999;9:1570-1573
10. AF Knopp, A Kuttner, M Heuschmid et al; MSCT cardiac imaging with 4 and 16 slices for coronary CTA and imaging of atherosclerotic plaques; Eur Radiol 2002;12:S17-S24
11. AJ Taylor, AP Burke, PG O'Malley et al; A comparison of the Framingham Risk Index, Coronary Artery Calcification, and Culprit Plaque Morphology in Sudden Cardiac Death; Circulation 2000;101:1243
12. RA O'Rourke, BH Brundage, VF Froelicher et al; American College of Cardiology/American Heart Association Expert Consensus Document on EBCT for the diagnosis and prognosis of coronary artery disease; Circulation 2000;102:126
13. LF Bielak, JA Rumberger, PF Sheedy et al; Probability model for prediction of angiographi-

- cally defined obstructive coronary artery disease using EBCT calcium score strata; *Circulation* 2000;102:380
14. K Nikolaou, A Huber, A Knez et al; Intraindividual comparison of contrast-enhanced EBCT and navigator-echo-based MRI for noninvasive coronary artery angiography; *Eur Radiol* 2002;12:1663-1671
  15. S Sandste, C Lipke, M Beer et al; Age- and gender specific differences in left and right ventricular cardiac function and mass determined by cine MRI; *Eur Radiol* 2000;10:438-442
  16. CB Henk, S Grampp, J Koller et al; Elimination of errors caused by first-order aliasing in velocity encoded cine-MR measurements of postoperative jets after aortic coarctations: on vitro and in vivo validation; *Eur Radiol* 2002;12:1523-1531
  17. European Society of Cardiac Radiology, Berlin 29-30 oct. 2004 – abstracts; *Eur Radiol* 2004;14:R1-R33
  18. M Dewey, AC Borges, D Kivelitz et al; Coronary artery disease: new insights and their implications for radiology; *Eur Radiol* 2004;14:1048-1054
  19. Ch Reynier, JM Garcier, B Legault et al; Imagerie en coupes et abcès myocardiques paravalvulaires sur mitrale native au decours d'endocardites infectieuses: 4 cas; *J Radiol* 2001;82:665-669
  20. BJ Wintersperger, CR becker, H Gulbins et al; Tumors of the cardiac valves: imaging findings in MRI, EBCT and echocardiography; *Eur Radiol* 2000;10:443-449
  21. Y Ni, C Pilaru, H Bosmans et al; Intracoronary delivery of Gd-DTPA and Gadophrin-2 for determination of myocardial viability with MRI; JH Launders, AR Cowen, RF Bury et al; Towards image quality, beam energy and effective dose optimization in digital thoracic radiography; *Eur Radiol* 2001;11:876-883
  22. JK Willmann, D Weishaupt, R Kobza et al; Coronary artery bypass grafts: ECG-gated MDCT angiography – influence of image reconstruction interval on graft visibility; *Radiology* 2004;232:568-577
  23. HS Choi, BW Choi, KOChose et al; Pitfalls, Artifacts, and remedies in MDCT coronary angiography; *Radiographics* 2004;24:787-800G
  24. Assmann, P Cullen, F Jossa et al; Coronary heart disease: reducing the risk; *Arteriosclerosis, Thrombosis, and vascular Biology*; 1999;19:1819-1824
  25. L.Eiswmbud et al; Synthetic interposition frafts of the thoracic aorta: postoperative appearance on serial CT studies; *Vasc and Interv Radiol* 1999;211:317-324
  26. J Gorich et al; Leakages after endovascular repair of aortic aneurysms: classification based on findings at CT, angiography, and radiography; *Radiology* 1999;213:767-772
  27. K Lauerma, P Niemi, H Hanninen et al; Multimodality MRI assessment of myocardial viability: combination of first pass and late contrast enhancement to wall motion dynamics and comparison with FDG PET-initial experience; *Radiology* 2000;217:729-736
  28. M Cosottini et al; Contrast-enhanced three-dimensional MRA in the assessment of subclavian artery disease; *Eur Radiol* 2000;10:1737-1744
  29. E Squillaci et al; MSCT evaluates upper abdominal vessels; *Diagn Im Europe* 2004;11:23-28
  - J Schwitter, JF Debatin; MRI contrast in the assessment of myocardial perfusion; *Advances in MRI contrast*; 1995;3:34-47
  30. AF Kopp, S Schroeder, A Baumbach et al; Non-invasive characterization of coronary lesion morphology and composition by multislice CT: first results in comparison with intracoronary US; *Eur Radiol* 2001;11:1607-1611
  31. A Meguro et al; Preoperative MRI evaluation of the aortic annular diameter in aortic valvular stenosis; *Kyobu Geka* 2003;56:107-110
  32. AS John et al; MRI in assessing the aortic valve area in aortic stenosis: how does it compare to current diagnostic standards; *J Am Coll Cardiol* 2003;42:519-526
  33. MG Frederich et al; Quantification of valvular aortic stenosis by MRI; *Am Heart J* 2002;144:329-334
  34. JK Willmann et al; EKG-gated MDCT for assessment of mitral valve disease: initial experience; *Eur Radiol* 2002;12:2662-2669