

Vasküler Stentli Hastalarda Manyetik Rezonans Görüntüleme Güvenliği

Hasan KORKMAZ^{a1}, Mehmet AKBULUT²

¹Elazığ Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kardiyoloji Bölümü, ELAZIĞ, Türkiye

²Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim dalı, ELAZIĞ, Türkiye

ÖZET

Son yıllarda perkütan vasküler işlemlerde gözlenen gelişmeler ve bu işlemi yapan operatör ve merkez sayısında gözlenen hızlı artışlar, perkütan vasküler işlemlerle yapılan tedaviyi yaygınlaştırmış ve stent uygulanarak tedavi gören hasta sayısı oldukça arttırmıştır. Bu sebeple stent takılan hastalara manyetik rezonans görüntüleme uygulamasının güvenli olup olamayacağı çok sık karşılaşılan bir soru haline gelmiştir. Bu derlemedeki amacımız son literatür verileri ışığında stentli hastalarda manyetik rezonans görüntüleme güvenliğini irdelemektir.

Anahtar Sözcükler: Manyetik rezonans görüntüleme, stent, güvenlik

ABSTRACT

Safety of Magnetic Resonance Imaging in Patients with Vascular Stents

In recent years, developments observed in percutaneous vascular procedures and rapid increase observed in the number of operators and centers that perform this procedure has promoted the treatment of percutaneous vascular interventions, and the number of patients treated by stent implantation has considerably increased. For this reason, it has been a question met very often whether the application of magnetic resonance imaging in patients with stent placement will be safe or not. The aim of this review is to investigate safety of magnetic resonance imaging in patients with vascular stent placement in the light of recent literature data.

Key words: Magnetic resonance imaging, stent, safety

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) çoğu klinik branşlarda, hastalıkların tanısını koymada çok sık başvuru alan bir görüntüleme yöntemidir. Manyetik rezonans görüntüleme; statik ve gradient manyetik sahada dokuya gönderilen radyo dalgalarının uyardığı hücrelerdeki hidrojen atomlarının ürettiği enerjinin, özel ara birimler sayesinde bilgisayar ortamına aktararak görüntüye dönüştürüldüğü, noninvaziv bir görüntüleme yöntemidir. Alınan sinyallerin yoğunluğunun doku tipine göre değişmesi görüntülemenin esasını oluşturmaktadır. Manyetik rezonans görüntüleme sırasında en sık hidrojen kullanılmasının nedeni, tek proton içermesi ve insan dokularında en fazla bulunan elementlerden olmasıdır. Radyo dalgaları varlığında hidrojen atomları manyetizmanın etkisiyle düzgün şekilde sıralanırlar. Bu dizilim sırasında elde edilen yoğunluğa göre bilgisayar ortamında görüntü yöntemleri ile karşılaştırıldığında iyonizan radyasyon içermemesi en önemli avantajıdır (1).

MRG GÜVENLİĞİNDE FERROMANYETİK ÖZELLİK

Ferromanyetik terimi Manyetik alan varlığında çekim kuvvetine maruz kalan tüm maddeler için kullanılmaktadır. Manyetik rezonans sistemindeki statik manyetik alan arttıkça, zayıf ya da bariz ferromanyetik maddelerin maruz kaldığı ferromanyetik güçler artmaktadır. Görüntüleme için zorunlu olan kuvvetli manyetik alan ferromanyetik cisimlerin kuvvetle çekilmesine

neden olur. Ferromanyetik elementlerden en iyi bilineni demirdir. Kobalt (Co), disporosyum (Dy), nikel (Ni) ve gadolinyum (Ga) güçlü ferromanyetik elementlerdir. Bazı materyallerin ise ferromanyetik özelliği ya zayıftır ya da hiç yoktur. Çelik demirden üretilmesine karşın ferromanyetik özelliği güçlü değildir. Üretimi sırasında içerisine konulan katkı maddeleriyle gücünün artması, paslanmaması ve manyetik alandan hiç etkilenmemesi sağlanmıştır. Bu yüzden biyolojik implantlarda genellikle çelik kullanılır (2).

Günümüzde kullanılan MRG cihazlarının birçoğu 1.5 ve 3 Tesla cihazlardır. Bir teslanın 10.000 gaus olduğu ve dünya yeryüzeyinin manyetik çekim gücünün 0.5 gaus olduğu düşünülürse bu cihazlar dünyadaki manyetik alandan 30 bin ile 60 bin kat daha güçlü bir manyetik alana sahiptir (3). Ancak İki - dört Tesla (T) gücündeki bu manyetik sahanın insan hücreleri üzerine zararlı etkisi gözlenmemiş ve Amerikan Food and Drug Administration (FDA) derneği risk açısından MRG cihazlarını sınıf II olarak tanımlamıştır (4). Bununla birlikte manyetik alanın oluşturduğu birtakım komplikasyonlar görülebilir. MRG sırasında yaşanan komplikasyonlar genellikle ferromanyetik objelerle ilgilidir (5-6). Ana manyetik alandaki en büyük risk, ferromanyetik nesnelere üzerinde yarattığı çekim kuvvetidir. Kazaya potansiyel etken, hareket etme olasılığı olan implante edilmiş aletlerdir. Bu durumda özellikle translasyonel çekim önem kazanır. Bunu belirleyen faktörler manyetik alanın kuvveti,

objenin ferromanyetizm derecesi, kütlesi, yeri, fibroz doku, deri, dikiş veya kemik gibi objeyi yerinde tutan dokunun varlığıdır. Kardiyovasküler cihazların birçoğunun ferromanyetik özelliği zayıftır ya da yoktur. Ancak hangi hastalarda güvenli bir şekilde MRG yapılabileceği konusunda kesin bir görüş birliğine henüz ulaşılamamıştır. Ferromanyetik etkileşimler sonucunda cihaz hareket edebilir, kendi etrafında dönebilir, yerinden oynatabilir. Ayrıca implante edilen cihazda ısı artışı nedeniyle de bazı komplikasyonlar görülebilir. Görüntüleme sırasında radyo frekans enerjisi, MR görüntüsü elde etmek amacıyla vücuda aralıklı olarak uygulanır. Bu enerjinin bir kısmı vücut tarafından emilir ve bir miktar ısı artışı ortaya çıkar ve bu ısı artışı genellikle 1 °C'den azdır. Radyofrekans ısınma sorunu etkileşim kuvvetiyle orantılıdır ve 3 Tesla MR görüntülemesinde 1.5 Tesla MRG'ye göre daha sorunlu olma olasılığı yüksektir (7). İnvasküler stentler gibi damar duvarı ve komşu dokuya sıkıca tutunan cihazlar, MRG sırasında kalp atımı ve kan akımı gibi hemodinamik güçlerin yer değiştirme kuvvetine kıyasla daha yüksek oranda çekim kuvvetine maruz kalırlar. Cihaz takıldıktan sonra birkaç hafta süren doku iyileşmesinin, bu cihazların stabilitesini ve tutunmasını arttırdığına inanılmaktadır. Bu yüzden, bu tip cihazlarda MR çekimi öncesi yaklaşık altı hafta beklenmesi önerilmektedir.

Manyetik rezonans görüntülemenin risk belirlenmesinde cihazın yerleşiminin çekim yapılacak bölgeye olan uzaklığı önemlidir. Ayrıca, MR cihazının güçlü manyetik alanı, elektriksel olarak iletken kan akımını artırarak düşük voltaj değişiklikleri oluşturur ve bu da ST-segment ve T dalga değişikliği gibi EKG anormallikleri ve hatta aritmilere neden olabilir. Yine hasta ya da çalışanların vücudunda ferromanyetik cisimlerin varlığı dikkat edilmediğinde bir faciayla sonuçlanabilir. Bu nedenle pacemaker, prostetik kalp kapakçıkları, kemik implantları, retina ya da beyin damarlarında bulunan metalik klipsler, implante infüzyon pompaları, koklear implant, saçma parçacıkları olup olmadığı dikkatle sorgulanmalıdır. Görüntüleme sırasında oluşabilecek risklerin daha iyi anlaşılabilmesi için MRG fiziği konusunda bilgili bir uzmana ihtiyaç vardır. Örneğin, bazı beyin görüntülemeleri teorik olarak, torakstaki kalp pili ve leadler üzerinde oldukça yüksek gradiyent oluşturabilir. Bu yüzden, özellikle cihaz ve yerleşimi nedeniyle göreceli olarak kontrendikasyon oluşturan ve cihaz yerleşiminin çekim bölgesinden farklı olduğu durumlarda MR fiziği ve MR güvenliği konularında tecrübeli bir uzmana danışılması önerilmektedir.

GÜVENLİK TERMOLOJİSİ

Manyetik rezonans kullanımına bağlı olgu sunumu şeklinde yayımlanan yaralanmalar ve bunların birkaçının ölümle sonuçlanması, MRG güvenliği kılavuzlarının takip edilmemesi ve güncel olmayan bilgilerin kullanımı nedeniyle olmaktadır. Kardiyovasküler cihazları olan hastalarda MRG güvenliği konusundaki sorunları aydınlatmak ve özetlemek amacıyla raporlar hazırlanmıştır. Kardiyovasküler cihazlarda MRG güvenliği ile ilgili olarak internet kaynaklarında da konu ile ilgili ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Terminolojiye açıklık getirmek ve daha önemlisi yanlış kullanımların hastalarda ciddi kazalara yol açmasını önlemek için ASTM International (American Society for Testing and Materials) tarafından MR ortamının güvenliği için bir terminoloji geliştirmiştir (8). Bu terminolojiye göre, implante edilen cihazlar ve hasta üzerinde bulunabilecek diğer tıbbi cihazlar;

- MR güvenli,
- MR şartlı (koşullu),
- MR güvenli olmayan şekilde sınıflandırılmıştır.

KORONER STENTLERDE MRG GÜVENLİĞİ

Son yıllarda perkütan koroner işlemlerde gözlenen gelişmeler ve bu işlemi yapan operatör ve merkez sayısında gözlenen hızlı artışlar, perkütan koroner işlemlerle yapılan tedaviyi oldukça yaygınlaştırmıştır. İlaç kaplı stentlerin üretilmesi ve bu stentlerde görülen sürekli iyileştirmeler stentlerin kullanımını daha da yaygınlaştırmıştır. İlaç kaplı stentlerin kullanılması ile birlikte daha uzun ve ince lezyonlara müdahale etme olanağı doğmuştur. Tüm bu sebeplerle stent uygulanarak tedavi gören hasta sayısı oldukça artmıştır. Bundan dolayı stent takılan hastalara MRG uygulamasının güvenli olup olmayacağı çok sık karşılaşılan bir soru haline gelmiştir.

Birçok koroner ve periferik vasküler stent 316L paslanmaz çelik, nitinol, platin, kobalt alaşımı, altın, tantalum, MP35N ve diğer materyalleri içermektedir. Çoğu koroner stentin ferromanyetik özelliği yoktur ya da zayıftır. Bir ex vivo çalışmada, 1.5 teslada, 19 farklı koroner stentten ikisinin ferromanyetik özellik taşımadığı, 17'sinin de düşük derecede ferromanyetik olduğu gösterilmiştir (9). Farklı koroner stentlerle yapılan diğer ex vivo çalışmalar da MRG'nin koroner stentlerde güvenli olabileceğini göstermiştir (10-12). Yapılan bir invitro çalışmada ise çelik, nitinol, kobalt alaşım, 18-58 mm uzunluğunda 18 farklı stent taşıyan hastalarda 3 tesla MRG'nin güvenli olup olmadığı araştırılmıştır. Sonuç olarak bu hastalarda MRG'nin güvenli olduğu ancak görüntünün yorumlanmasında artefaktların olabileceği belirtilmiştir (13). Yine paslanmaz çelik ve nikel titanyum alaşım stentlerin MRG'ye uygunluğunun karşılaştırıldığı bir çalışmada, paslanmaz çeliğin lümen görüntülenmesinde anlamlı sinyal kaybına yol açtığı; buna karşın, nikel titanyum alaşım stentin sadece küçük artefaktlara neden olduğu, lümen görüntülenmesinde soruna yol açmadığı görülmüştür (14).

MRG, teorik olarak koroner stentlerde ısınmaya ve yer değiştirmeye yol açar. Yapılan çalışmalar ısınma etkisinin çok az önemi olduğunu ve klinik olarak etkisinin olmadığını ortaya koymuştur. Hug j ve arkadaşları (9) tarafından yapılan çalışmada 8 ile 25 mm uzunluk aralığında 19 farklı grup stent üzerinde ısı artışı olup olmadığı araştırılmıştır. Otuz dakikalık MRG ile ısı artışının 0.1 °C olduğu saptanmıştır. Amerikan kalp birliği, klinik radyoloji konseyi ve kardiyovasküler radyoloji konseyinin ortak bildirisinde, stent ısınması konusunda, sadece hafif ya da orta derecede ısınmanın olduğu, tek stentlerde 1 °C'den daha az, iki uzun ve üst üste gelen stentlerde 2 °C'den daha az ısı artışı olduğu belirtilmiştir (3). Yinede üst üste gelen stent bölgeleri ile kırık stent bölgelerinde ki ısı artışını araştıran, bu konu için tasarlanmış çalışmalara ihtiyaç vardır.

Stentlerde pozisyon değişikliği, teorik olarak metalik koroner stentleri trombositlerle karşı karşıya getirir ve tromboza yatkınlığı artırır. Bunun sonucunda miyokard infarktüsü ve kardiyak olaylar gelişebilir. Ancak hayvan çalışmalarında, yeni stentlerde ferromanyetisitenin ve stent yer değiştirmelerinin çok az veya hiç olmadığı gösterilmiştir (15). Koroner stent işlemi sonrasında erken dönemde MRG yapılan hastalarda 30 gün içinde gelişen yan etkileri araştıran bir çalışmada, MRG'nin güvenilir olduğu, stent trombozuna bağlı miyokard infarktüsü ve kardiyak ölümün çok nadir olduğu gösterilmiştir (9). Bu çalışma, stent işleminden sonra MRG'yi ertelemek gerekeceğini göstermiştir. Stent işlemi sonrası üçüncü günde MRG yapılan hastalarda, yedi aylık takip sonucunda kontrol grubuna göre yan etki sıklığında herhangi bir artış izlenmemiştir (16). Yine insanlar üzerinde yapılmış çok sayıda çalışmada

MR incelemesi sonrası subakut ya da geç stent trombozu izlenmemiştir (16-19).

Doğru bir şekilde yerleştirilen stentlerin yer değiştirme olasılıkları düşüktür. Stent takıldıktan sonra damara hemen tutunur. Genel olarak 6-8 hafta süren stent endotelizasyonu sonrası damara tutunmasının daha da güçlendiği düşünülmektedir. Bazı klinisyenler, koroner stentli hastalarda MRG'nin endotelizasyondan sonra güvenli olacağını düşünmektedir (20). Çünkü endotelizasyon stentlerin yerinden oynamasını belirgin şekilde engeller. Bu olaya bağlı olarak, hastalara stent takılmasını takiben 6-8 hafta sonra MRG yapılabileceği görüşü oluşmuştur. Ancak bu süreyi destekleyen yeterli klinik veri yoktur. Yaygın olan genel görüş, MRG'nin stent takılmasından sonra herhangi bir zamanda yapılabileceğidir. Şu ana kadar yapılan çalışmalardan elde edilen veriler bunu desteklemektedir. Manyetik rezonansla koroner stent yerleşim yerinde küçük bir artefakt olabilirse de, bu stent yerleşimini göstermede faydalı olabilir. MRG güvenliği konusunda bilimsel kurulların denetiminde internet sitesi oluşturulmuştur. Bu sitede sürekli bir güncelleme mevcuttur ve çoğu marka stent ile ilgili, MRG güvenliği konusunda ayrı ayrı bilgiler verilmiştir (21). Birçok koroner ve periferik vasküler stent "MR güvenli", geri kalanlar ise "MR koşullu" olarak etiketlenmiştir.

İLAÇ KAPLI STENTLERDE MRG GÜVENLİĞİ

İlaç kaplı stentlerde endotelizasyon çıplak stentlere göre çok daha geç olduğundan MRG sırasında farklı bir risk oluşturabileceği düşünülebilir. İlaç kaplı stentlerde kullanılan ilacın özelliğine göre endotelizasyon 1 yıl yada daha uzun sürebilir. Yaygın olarak kullanılan ilaç kaplı stentlerle yapılan çalışmalarda, çıplak stentlere benzer şekilde, MRG'nin erken dönemde (1-3 gün içerisinde) güvenle yapılabileceği gösterilmiştir (18). Sık olarak kullanılan ilaç salınımlı stentlerden Cypher, Taxus Express, Taxus Liberte, Endeavor ile yapılan ex vivo çalışmalarda ferromanyetik özellik izlenmediğinden, stent takılması sonrası MR çekimi için beklemeye gerek olmadığı belirtilmiştir (22-24). Yine Sirolimus salınımlı Cypher (Johnson and Johnson) Stent gibi bazı marka koroner stentler MRG taraması için FDA onayı almıştır. Yakın zamanda Jehl J ve arkadaşları (25) tarafından yapılan bir çalışmada 3 tesla MRG'nin stent takılı hastalarda güvenliği ölçülmüştür. Bu çalışmada akut miyokard infarktüsü sonrası ilaç kaplı ve çıplak metal stent takılan 72 hastaya, işlem sonrası ilk 14 günlük erken dönemde MRG uygulanmış ve hastalar 6 ay boyunca takip edilmiştir. Hastalarda akut stent trombozu, ölüm ya da miyokard infarktüsü tekrarlamasında artış olmadığı saptanmış ve 3 tesla MRG'nin stent sonrası erken dönemden itibaren güvenilir olduğunu belirtmişlerdir. Patel MR ve arkadaşların (26) yaptığı bir çalışmada ise akut miyokard infarktüsü geçiren ve koroner stent implantasyonu uygulanan hastalarda, 14 günlük erken dönemde MRG güvenliği araştırılmıştır. İlaç kaplı (Cypher ve taxus) ve çıplak metal stent (zayıf ferromanyetik stentlerin) takılı hastaların dahil

edildiği bu çalışmada, ortalama 3 gün içinde uygulanan MRG'nin 30 günlük ve 6 aylık takiplerinde hastalarda ölüm, ölümcül olmayan miyokard infarktüsü veya revaskülarizasyon gereksinimi açısından fark yoktu. MRG'nin ilaç ya da polimer kaplama üzerine etkisi ise bilinmemektedir. Ancak 6 ay takip süreli bu son çalışmalardan bu konuda olumsuz bir etkisi olmadığı sonucu çıkarılabilir. İlaç kaplı stent taşıyan hastalarda MRG sırasındaki ısı artışı konusunda Shellock FG ve arkadaşları (22) tarafından yapılan bir çalışmada, stent ısı artışının 0.5 °C'nin altında olduğu ve stent takılmasından hemen sonra MRG'nin güvenli olacağını belirtilmiştir.

DİĞER VASKÜLER STENTLERDE MRG GÜVENLİĞİ

Endovasküler aortik stentlerin çoğu ferromanyetik ya da zayıf ferromanyetik materyallerden yapılmıştır. Bir ex vivo çalışmada, bazı EndoFit stentler dışındaki aortik stentler 3.0 teslada ferromanyetik bulunmamış ya da zayıf ferromanyetik özellik sergilemiştir (27). Endovasküler stentlerin MR incelemesindeki pratik yaklaşım, stent greftlerinin metabolik komponentlerinin indüklediği manyetik duyarlılık etkileri yani artefaktlar ile ilgilidir. Nonkoroner vasküler stentler, eğer nonferromanyetik materyal içeriyorsa herhangi bir zamanda MRG yapılabilir. Titanyum, titanyum alaşım, phinox, elgiby, MP35N 316 paslanmaz çelik veya nitinolden yapılan nonferromanyetik metaller 1.5 Tesla altında yapılan MRG prosedürlerinde güvenilirdir ve takıldıktan sonra hemen MRG yapılabilir (28). Hafif derecede ferromanyetik stentlerde ise 3T ve altındaki MR cihazlarında yapılacak çekimler için hastanın kliniğine göre karar verilmelidir. Zayıf ferromanyetik materyalden yapılan paslanmaz çelik tiplerinin bazılarında ise, doku büyümesi ve materyalin pozisyonda kalması için gereken mekanizmaların oluşmasını beklemek amacıyla 6-8 haftalık bir aralık tavsiye edilir. Bazı üretici firmalar bu materyallerin ferromanyetik olup olmadığını ürünlerinde belirtmezler. Bu da MRG'nin erken veya 6-8 haftalık bekleme sonrasında yapılabilirliği konusunda güven sorunu yaratır.

Çoğu stentin oluşturduğu artefakt düşük derecedir; bu durum stent içi lümeni ve stent içi sızıntı bulgularını görüntülemeye imkan tanır. Birçok aortik stent grefti "MR güvenli" olarak etiketlenmiştir. Exvivo çalışmalarda 3 tesla'da ferromanyetik özellikler gösteren paslanmaz çelik Zenith/Cook iliyak stent (Cook) dışındaki periferik vasküler stentlerde MRG güvenli olduğu elde edilmiştir (24, 29-30). Sadece "Zenith AAA endovasküler greft stenti "MR güvenli değil" olarak etiketlenmiştir (24, 31).

Günümüzde karotis arter için kullanılan stentler ise nitinolden yapılmıştır ve ferromanyetik özelliği yoktur ya da zayıftır. Karotise stent takılan hastalarda farklı amaçlarla çok sayıda çalışma yapılarak bu hastalara diffüzyon MR çekilmiştir. Bu çalışmalarda erken dönemde MRG uygulanmış ve güvenlik sorunu yaşandığı belirtilmemiştir (32-33).

KAYNAKLAR

1. Shellock FG, Crues 3rd JV. MR safety and the American College of Radiology White Paper. AJR Am J Roentgenol 2002; 178: 1349-1352.
2. Formica D, Silvestri S. Biological effects of exposure to magnetic resonance imaging: an overview. Biomed Eng Online 2004; 3: 11.

3. Levine GN, Gomes AS, Arai AE, Bluemke DA, Flamm SD, Kanal E, et al. Safety of magnetic resonance imaging in patients with cardiovascular devices: an American Heart Association scientific statement from the Committee on Diagnostic and Interventional Cardiac Catheterization, Council on Clinical Cardiology, and the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention: endorsed by the American College of Cardiology Foundation, the North American Society for Cardiac Imaging, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. Circulation 2007; 116: 2878-2891.

4. Magnetic resonance diagnostic device; panel recommendation and report on petitions for magnetic resonance reclassification and codification of reclassification-FDA. Final rule. Fed Regist 1989;54:5077-8.
5. Colletti PM. Size "H" oxygen cylinder: accidental MR projectile at 1.5 Tesla. J Magn Reson Imaging 2004; 19: 141-143.
6. Shellock FG, Crues JV. MR procedures: biologic effects, safety, and patient care. Radiology 2004; 232: 635-652.
7. Takahashi M, Uematsu H, Hatabu H. MR imaging at high magnetic fields. Eur J Radiol 2003; 46: 45-52.
8. American Society for Testing and Materials (ASTM) International. ASTM F2503-05 standard practice for marking medical devices and other items for safety in the magnetic resonance environment. Available from: <http://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/F2503-05> Accessed: June 22, 2010.
9. Hug J, Nagel E, Bornstedt A, Schnackenburg B, Oswald H, Fleck E. Coronary arterial stents: safety and artifacts during MR imaging. Radiology 2000; 216: 781-787.
10. Syed MA, Carlson K, Murphy M, Ingkanisorn WP, Rhoads KL, Arai AE. Long-term safety of cardiac magnetic resonance imaging performed in the first few days after bare-metal stent implantation. J Magn Reson Imaging 2006; 24: 1056-1061.
11. Friedrich MG, Strohm O, Kivelitz D, Gross W, Wagner A, Schulz-Menger J, et al. Behaviour of implantable coronary stents during magnetic resonance imaging. Int J Cardiovasc Intervent 1999; 2: 217-222.
12. Shellock FG, Shellock VJ. Metallic stents: evaluation of MR imaging safety. AJR Am J Roentgenol 1999; 173: 543-547.
13. Reinhardt J, Nguyen-Trong TH, Hähnel S, Bellemann ME, Heiland S. Magnetic resonance imaging of stents: quantitative in vitro examination at 3 Tesla. Z Med Phys 2009; 19: 278-287.
14. Holton A, Walsh E, Anayiotos A, Pohost G, Venugopalan R. Comparative MRI compatibility of 316 L stainless steel alloy and nickel-titanium alloy stents. J Cardiovasc Magn Reson 2002; 4: 423-430.
15. Strohm O, Kivelitz D, Gross W, Schulz-Menger J, Liu X, Hamm B, et al. Safety of implantable coronary stents during 1H-magnetic resonance imaging at 1.0 and 1.5 T. J Cardiovasc Magn Reson 1999; 1: 239-245.
16. Gerber TC, Fasseas P, Lennon RJ, Valeti VU, Wood CP, Breen JF, et al. Clinical safety of magnetic resonance imaging early after coronary artery stent placement. J Am Coll Cardiol 2003; 42: 1295-1298.
17. Syed MA, Carlson K, Murphy M, Ingkanisorn WP, Rhoads KL, Arai AE. Long-term safety of cardiac magnetic resonance imaging performed in the first few days after bare-metal stent implantation. J Magn Reson Imaging 2006; 24: 1056-1061.
18. Porto I, Selvanayagam J, Ashar V, Neubauer S, Banning AP. Safety of magnetic resonance imaging one to three days after bare metal and drug-eluting stent implantation. Am J Cardiol 2005; 96: 366-368.
19. Rutledge JM, Vick GW 3rd, Mullins CE, Grifka RG. Safety of magnetic resonance imaging immediately following Palmaz stent implant: a report of three cases. Catheter Cardiovasc Interv 2001; 53: 519-523.
20. Roubin GS, Robinson KA, King SB 3rd, Gianturco C, Black AJ, Brown JE, et al. Early and late results of intracoronary arterial stenting after coronary angioplasty in dogs. Circulation 1987; 76: 891-897.
21. MRI safety. Institute for Magnetic Resonance Safety, Education, and Research. Available from: <http://www.MRIsafety.com>. Accessed: June 19, 2010.
22. Shellock FG, Forder JR. Drug eluting coronary stent: in vitro evaluation of magnet resonance safety at 3 Tesla. J Cardiovasc Magn Reson 2005; 7: 415-419.
23. Shellock FG. MR safety at 3T: bare metal and drug eluting coronary artery stents. SIGNALS 2005; 53: 26-27.
24. Shellock FG. Reference manual for magnetic resonance safety, implants, and devices: 2006 edition. Los Angeles, CA: Biomedical Research Publishing Group; 2006.
25. Jehl J, Comte A, Aubry S, Meneveau N, Schiele F, Kastler B. Clinical safety of cardiac magnetic resonance imaging at 3 T early after stent placement for acute myocardial infarction. Eur Radiol 2009 Jul 9.
26. Patel MR, Albert TS, Kandzari DE, Honeycutt EF, Shaw LK, Sketch MH Jr, Elliott MD, Judd RM, Kim RJ. Acute myocardial infarction: safety of cardiac MR imaging after percutaneous revascularization with stents. Radiology 2006 Sep; 240: 674-680.
27. Shellock FG. Biomedical implants and devices: assessment of magnetic field interactions with a 3.0- Tesla MR system. J Magn Reson Imaging 2002; 16: 721-32.
28. Engellau L, Olsrud J, Brockstedt S, Albrechtsson U, Norgren L, Stahlberg F, et al. MR evaluation ex vivo and in vivo of a covered stent-graft for abdominal aortic aneurysms: ferromagnetism, heating, artifacts, and velocity mapping. J Magn Reson Imaging 2000; 12: 112-121.
29. Sommer T, Maintz D, Schmiedel A, Hackenbroch M, Hofer U, Urbach H, et al. High field MR imaging: magnetic field interactions of aneurysm clips, coronary artery stents and iliac artery stents with a 3.0 Tesla MR system. Rofo 2004; 176: 731-8.
30. Nehra A, Moran CJ, Cross DT 3rd, Derdeyn CP. MR safety and imaging of neuroform stents at 3T. AJNR Am J Neuroradiol 2004; 25: 1476-1478.
31. van der Laan MJ, Bartels LW, Bakker CJ, Viergever MA, Blankensteijn JD. Suitability of 7 aortic stent-graft models for MRI-based surveillance. J Endovasc Ther 2004; 11: 366-371.
32. Bonati LH, Jongen LM, Haller S, Flach HZ, Dobson J, Nederkoorn PJ, et al. New ischaemic brain lesions on MRI after stenting or endarterectomy for symptomatic carotid stenosis: a substudy of the International Carotid Stenting Study (ICSS; ICSS-MRI study group). Lancet Neurol 2010; 9: 353-362.
33. Macdonald S, Evans DH, Griffiths PD, McKeivitt FM, Venables GS, Cleveland TJ, Gaines PA. Filter-protected versus unprotected carotid artery stenting: a randomised trial. Cerebrovasc Dis 2010; 29: 282-289.

Kabul Tarihi: 21.10.2010