

Alt Ekstremitte Periferik Tıkayıcı Arter Hastalıklarında Renkli Doppler Ultrasonografi ve Üç Boyutlu MR Anjiyografi ile Dijital Subtraksiyon Anjiyografi Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Comparison of Color Doppler Ultrasound Imaging, Three-Dimensional MR Angiography with Digital Subtraction Angiography in Lower Extremity Peripheral Arterial Occlusive Disease

Dr. Evren ÜSTÜNER,^a
Dr. Ebru DÜŞÜNCELİ ATMAN,^a
Dr. Çağlar UZUN,^a
Dr. Hasan ÖZCAN,^a
Dr. İlhan ERDEN,^a
Dr. Tanzer SANCAK^b

^aRadyoloji AD,
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi,
^bRadyoloji AD,
Özel TOBB ETÜ Hastanesi,
Ankara

Geliş Tarihi/Received: 12.08.2012
Kabul Tarihi/Accepted: 27.09.2012

Yazışma Adresi/Correspondence:
Dr. Evren ÜSTÜNER
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Radyoloji AD, Ankara,
TÜRKİYE/TURKEY
evrenustuner@hotmail.com

ÖZET Amaç: Alt ekstremitte periferik tıkayıcı arter hastalıklarında renkli Doppler ultrasonografi (RDUS), üç boyutlu MR anjiyografi (MRA) ve dijital subtraksiyon anjiyografi (DSA) incelemelerinin tanısal etkinliklerinin karşılaştırılması. **Gereç ve Yöntemler:** İntermittan klodikasyon ile DSA ünitesine başvuran ortalama yaşları 61,5±10,7 olan 21 (18 erkek, 3 bayan) ardışık olguya sırası ile DSA, RDUS ve kontrastlı MRA incelemeleri yapılmıştır ve karşılaştırılmıştır. Toplam 21 hasta, 40 bacak ve 270 arter segmenti incelenmiştir. İki olgu dışında tüm incelemeler bilateraldir. Arterler her bir ekstremitte, infra ve suprapopliteal bölgelerin yanı sıra ana iliak, eksternal iliak, ana femoral, femoral, popliteal, tibial anterior- posterior proksimal ve distal kesimleri olarak segmentlere bölünerek incelenmiştir. Stenoz derecelerine göre olgular 3'e ayrılmıştır. Birinci grup %0-49 stenoz, ikinci grup %50-99 arası stenoz, üçüncü grup ise tam tıkanıklık grubudur. DSA altın standart test olarak kabul edildi ve kappa ve Mc Nemar istatistik testleri kullanıldı. **Bulgular:** Alt ekstremitte için RDUS'nin anlamlı stenoz saptama duyarlılığı %87, özgüllüğü %97, DSA ile kappa uyumu 0,82'dir. Tek başına tıkanıklık saptama duyarlılığı ve özgüllüğü ise sırası ile %81 ile %99'dur. Üç boyutlu MRA'da ise stenoz açısından duyarlılık ve özgüllük sırası ile %98 ve %98, kappa uyum katsayısı ise 0,93 idi. Tek başına tıkanıklık saptama duyarlılığı ise %93 ile %98 olarak belirlendi. **Sonuç:** Genel olarak tüm alt ekstremitte arteriyel sistemde kontrastlı MRA inceleme DSA yerine kullanılabilir. RDUS inceleme ise sadece suprapopliteal düzeyde DSA yerine kullanılabilirse de, infrapopliteal düzeyde ancak DSA'dan farklılık göstermektedir. RDUS yüksek özgüllüğü nedeniyle ile tarama testi olarak uygundur.

Anahtar Kelimeler: Alt ekstremitte tıkayıcı arter hastalığı; renkli doppler ultrason; üç boyutlu manyetik rezonans anjiyografi; dijital subtraksiyon anjiyografi

ABSTRACT Objective: Comparison of diagnostic efficiency of color Doppler ultrasound imaging (CDUS), 3-D MR angiography with digital subtraction angiography in lower extremity peripheral arterial occlusive disease. **Material and Methods:** The study encompassed 21 (18 males and 3 females) consecutive patients who were admitted to the DSA unit with the complaint of intermittent claudication and to whom DSA, CDUS and 3-D MRA studies were conducted and compared. A total of 21 patients, including 40 extremities and 270 arterial segments were assessed. All the studies were bilateral except 2 cases. Every extremity, including the main iliac, external iliac, femoral, popliteal, anterior tibial and posterior tibial proximal and distal segments were examined. Subjects were divided into three groups according to the stenosis levels which were 0-49%, 50-99% and total occlusion. DSA was considered as the gold standard and kappa and Mc Nemar statistical tests were employed. **Results:** For the lower extremity the sensitivity and specificity of CDUS to diagnose significant stenosis were 87% and 97% respectively. Kappa correlation with DSA was 0.82. For occlusion the sensitivity and specificity were 81% and 99% respectively. Regarding stenosis the sensitivity and specificity of 3-D MRA were 98% and 98% and kappa coefficient was 0.93. For occlusion the sensitivity and specificity were %93 and 98%. **Conclusion:** For general examination of the lower extremity, 3-D contrast MRA imaging can be used as an alternative to DSA. CDUS can be used instead of DSA in the suprapopliteal region but differs from DSA in the infrapopliteal region. Due to its high specificity CDUS is suitable as screening test.

Key Words: Lower extremity peripheral arterial occlusive disease; color doppler ultrasound; three-dimensional magnetic resonance angiography; digital subtraction angiography

doi: 10.9739/uvcd.2012-31619

Copyright © 2012 by
Ulusal Vasküler Cerrahi Derneği

Damar Cer Derg 2012;21(3):230-43

Tıkayıcı arter hastalıkları beslenme biçimi ve yaşam koşullarının değişmesi ile giderek daha sık gözlenmekte ve yaşam kalitesini ciddi biçimde düşürmektedir. Sigara içenler, diabetik ve hipertansif hastalar özellikle risk altındadır. Kalp ve beyin gibi organları etkileyen arter hastalıklarının gelişim riski de artmıştır. Sıklığı ırklar arasında değişmektedir. Örneğin prevalans Amerikada 40 yaş altında %4,3, 70 yaş üstünde ise %14,5 olarak rapor edilmiştir.¹ Genel popülasyonda oranın 60 yaş altında %2, 70 yaş üzerinde %5 olduğu öne sürülmektedir.² Erkeklerde kadınlara göre daha erken yaşta ve yüksek orandadır. En sık nedeni aterosklerozdur. Stenoz, oklüzyon ve akut tromboemboli gibi patolojileri kapsamaktadır. Hastalık çoğu kez asemptomatik olmakla birlikte süreç klodikasyo intermittandan ekstremite amputasyonuna kadar gidebilmekte ve bu durum hastanın sosyal ve fiziksel yaşamında ağır komplikasyonlar yaratmaktadır. Bu nedenlerden dolayı arter hastalığının varlığını ortaya koyulması ve yaygınlığının gösterilmesi önemlidir.¹

Arteriyel testlerin amacı bacağıın majör arterlerinde tedavi gerektiren tıkanıklık veya anlamlı darlık olup olmadığının belirlenmesidir. Hastalığın yerleşiminin, varlığının ve yaygınlığının gösterilmesi ile uygun tedavi planı oluşturulmaktadır. Anjiyografi geçmişte tııkayıcı arter hastalıklarının tanı ve tedavi süreçlerinde kullanılan tek inceleme yöntemi iken, renkli Doppler ultrasonografi (RDUS) ile magnetik rezonans anjiyografi (MRA) gibi tanı yöntemlerinin klinik kullanıma girmesi ile birlikte anjiyografinin tedaviye yönelik kılavuzluk fonksiyonu daha ön plana çıkmıştır. Pahalı ve invazif olması ve belirli riskler taşıması anjiyografinin kullanım alanlarını daraltmış, diğer tanı yöntemlerinin kullanılması ile tanı ve tarama daha ekonomik ve düşük riskli hale gelmiştir.³

MRA ve RDUS incelemelerinin tanısal test olarak başarıları dikkat çekicidir. Alt ekstremite stenoz ve tıkanıklarının tanısında bu iki test sık olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı alt ekstremite tııkayıcı arter hastalıklarında (aortoiliak, femoropopliteal ve infrapopliteal düzeylerde) RDUS ve üç boyutlu MRA (3D-MRA) incelemelerinin tanısal etkinliğinin dijital substraksiyon anjiyografi (DSA) incelemesi ile karşılaştırılmasıdır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Klodikasyo intermittan tanımlayan ve tııkayıcı arter hastalığı şüphesi ile DSA ünitesine başvuran 21 farklı ardışık olgunun DSA, RDUS ve 3D-MRA incelemeleri prospektif olarak incelendi. Bu hastalar başvuru günü farklı radyologlar tarafından intraarteriyel DSA, 1 gün sonra ise RDUS ve kontrastlı 3D-MRA incelemeleri yapıldı. İnceleme öncesinde tüm olgular ayrıntılı olarak bilgilendirildi ve onamları alındı. Tüm incelemeler ve uygulamaların Helsinki 2008 deklarasyonuna uygunluğu gözetildi.

Olgulara ilk olarak intraarteriyel dijital DSA incelemeleri uygulandı (Multistar T.O.P. Siemens Medical Systems, Erlangen, Germany). Olguların 14'ünde DSA incelemeleri için intraarteriyel giriş transfemoral yolla, 7 hastada aksiller yolla gerçekleştirildi. Kateterizasyon 5F ve 4F kateterler kullanılarak gerçekleştirildi. Kateter ucu distal aortaya yerleştirildi. Tüm hastalarda alt ekstremite arterlerinin görüntüleri AP pozisyonda alındı. Hastalarda yaklaşık 70-120 cc noniyonik kontrast madde (iohexol 350 mg/ml) kullanıldı. Enjeksiyon başına ortalama 15 ml kontrast madde 5-8 ml/sn hızında verildi. İncelemeler ortalama 4-6 enjeksiyon ile bitirildi. Anjiyogramlar standart radyografi tekniği ile kaydırma yöntemi kullanılarak alındı.

İnceleme yapılacak olan olguların tümünde renal fonksiyonların işlemler öncesinde normal olup olmadığı kanda üre ve kreatin düzeyleri ile kontrol edildi. Normal renal fonksiyonu olan olgular incelemeye dahil edildi. İşlem sonrasında olguların tümüne oral hidrasyon önerildi.

RDUS incelemeleri Toshiba SSA 270-A ve Toshiba SSA 380 A, Power vision (Toshiba Cooperation, Tokyo, Japonya) cihazları kullanılarak gerçekleştirildi. Aortailiak segmentlerin incelenmesi supin konumda 3,5 MHz konveks renkli Doppler probu kullanılarak gerçekleştirildi. Femoropopliteal arterler ve infrapopliteal arterler ise 7,5 MHz frekanslarda lineer renkli Doppler problemleri kullanılarak incelendi. Cihaz filtre ve kazanç ayarları artefakt oluşturmayacak ve en ayrıntılı bilgiyi verecek şekilde ayarlandı. Hız ölçümleri sırasında Doppler açılarının 30-60 de-

rece arasında tutulmasına özen gösterildi. Her ölçüm öncesinde cihazın açılı düzenleyici fonksiyonundan yararlanıldı.

İncelemeler anjiyografi sonuçlarından habersiz tek bir radyolog tarafından arteriyel haritalama yöntemi kullanılarak gerçekleştirildi. Popliteal arter incelemesi hasta pron pozisyonda iken diğer arterlerin incelemesi ise hasta supin pozisyonda iken yapıldı. İnfrapopliteal arterler incelenirken arterlerin en net şekilde görüntülenmesine izin verecek şekilde dize fleksiyon, addüksiyon ve abdüksiyon hareketleri yaptırıldı. İnceleme arter proksimalinden distaline doğru gidilerek gerçekleştirildi. İnceleme süresi her iki bacak için ortalama 30-40 dakika olarak belirlendi.

RDUS incelemesinde haritalama yöntemi kullanıldı. İşleme önce arterin gri skalada incelenmesi ile başlandı, ardından renk modunda incelemeye devam edildi. Renk modunda homojenite kaybı ve renkte "aliasing" gelişmesi arteriyel stenoz varlığını düşündürdü. Normal trifazik akım deseninin erken diastolik komponentinin kaybolması ve monofazik akım desenine dönüşmesi, stenoz düzeyinden yapılan pik sistolik akım hız ölçümünün prestenotik alandan yapılan ölçüm ile karşılaştırıldığında iki katı veya daha fazla düzeye çıkması %50 veya daha üzerinde hemodinamik açıdan anlamlı stenoz olarak değerlendirildi. RDUS incelemede renk modunda ve spektral incelemede akım gösterilemez ise damar tıkalı olarak değerlendirildi.

MR anjiyografik inceleme 1,5 Tesla Horizon görüntüleme sisteminde (GE Medical Systems, Milwaukee, Wisconsin, USA) 3D-FSPGR (three dimensional fast spoiled gradient recalled) sekans kullanılarak, diğer incelemelerin sonuçlarından habersiz tek radyolog tarafından gerçekleştirildi. Masa kaydırma ve bolus izleme yöntemi kullanıldı. Her hastaya sağ antekübital venden 0,2 mmol/kg yaklaşık 40 cc intravenöz paramanyetik kontrast ajan gadopentat dimeglumine (Magnevist, Schering) uygulandı. Tüm imajlar standart vücut sargısında alındı. Kontrast madde otomatik power enjektörle (Medrad, Spectris) verildi. Antekübital venden abdominal aortaya kontrast ajanın geçiş süresi her hasta için ayrı ayrı 5 ml test dozları ile he-

saplanarak kontrastın periferik venöz sistemden arteriyel sisteme geçiş süresi ölçülmeye çalışıldı. Bu süre 15 ile 25 sn arasında değişmekte idi. MR inceleme parametreleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Enjeksiyon süresi her hasta için 40-45 sn olup, sonrasında 10 ml salin solüsyonu enjekte edildi. Bir olguda venöz dönüş nedeni ile iki anterior tibial ve 2 posterior tibial arter distal segmentleri inceleme dışı bırakıldı. Sadece aortoiliak segment çekimleri sırasında nefes tutturuldu.

MRA ve DSA incelemelerde stenoz proksimalindeki normal arteriyel çap ile stenotik segmentin en dar çapı oranlandı. Oran 2 ve üzerinde ise anlamlı stenoz olarak değerlendirildi. Damar trasesinde doluş olmaması veya akım sinyalinin gözlenmemesi tıkanıklık olarak değerlendirildi. Tıkanıklık derecelerine göre olgular 3 gruba ayrıldı (Tablo 2). Birinci grup %0-49 arasındaki stenozu, ikinci grup %50-99 arasında stenozu ve üçüncü grup %100 stenoz-tam tıkanıklığı temsil etmekte idi. Ana iliak arter, eksternal iliak arter, ana femoral arter, femoral arter, popliteal arter, anterior ve posterior tibial arterler çalışmaya dâhil edildi. Anterior ve posterior tibial arterler kendi içlerinde proksimal ve distal olarak ikiye ayrıldılar. Anterior, posterior tibial arter distal ve proksimal segmentleri, infrapopliteal arter grubuna, diğer arter segmen-

TABLO 1: Kontrastlı periferik arter MRA incelemesinde kullanılan parametreler.

Puls sekansı	3D-FSPGR
Görüntüleme düzlemi	Koronal
Sargı tipi	Vücut sargısı
TR (msn)	5.2-6.2
TE (msn)	2.1
Sapma açısı	30 derece
FOV	44x33
Kesit kalınlığı (mm)	4
Görüntüleme hacmi (slab)	Optimize
Matriks	256 x 128
Kesit sayısı	67
NEX	0.50
Süre (sn)	12-16
Kontrast miktarı (ml)	40
Enjeksiyon hızı (ml/dk)	2.5

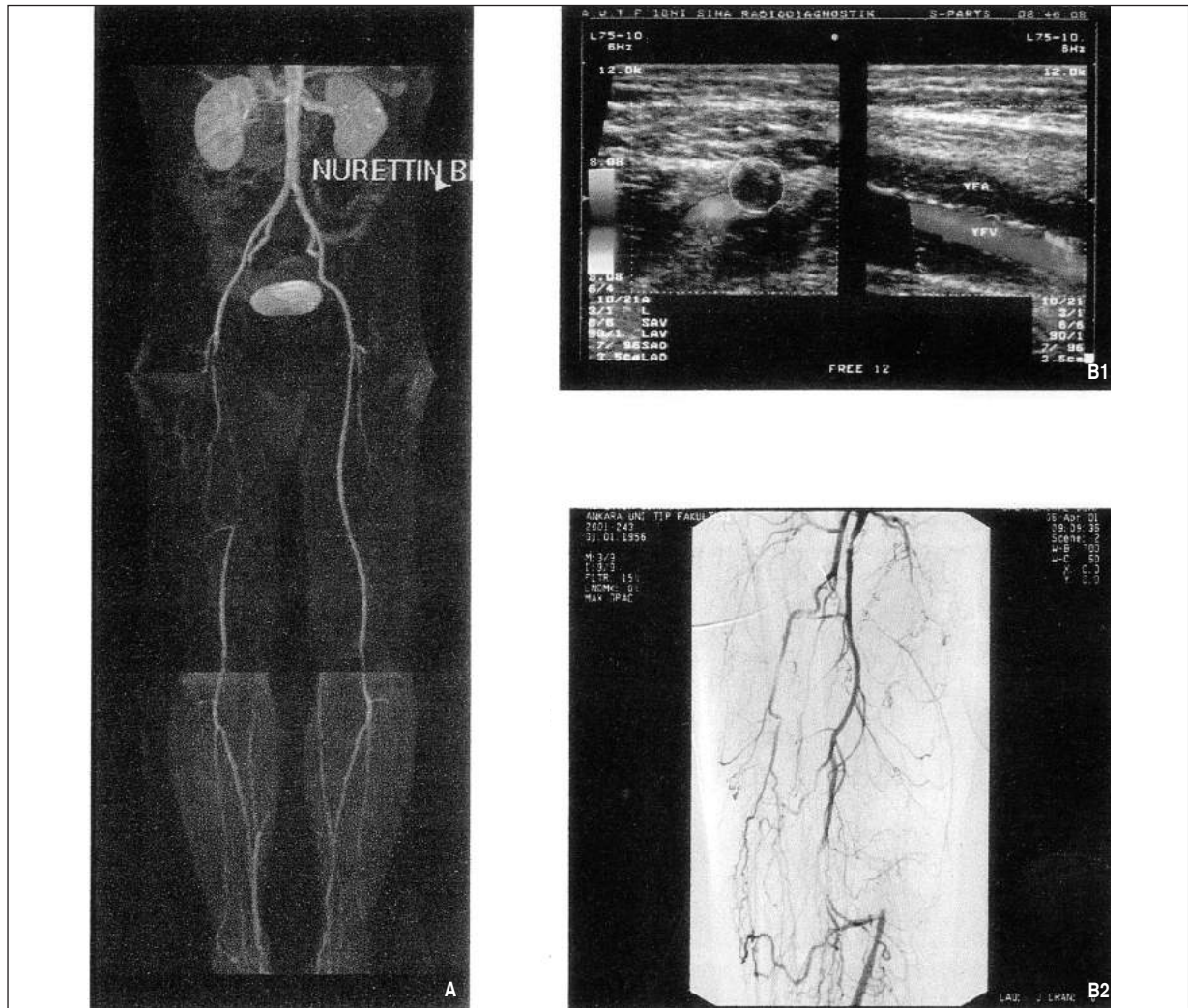
TR: Tekrar süresi; TE: Eko süresi; FOV: İnceleme alanı; NEX: Eksitasyon sayısı.

TABLO 2: Arteriyel lezyonların DSA, MRA ve RDUS tetkiklerde sınıflandırma kriterleri.

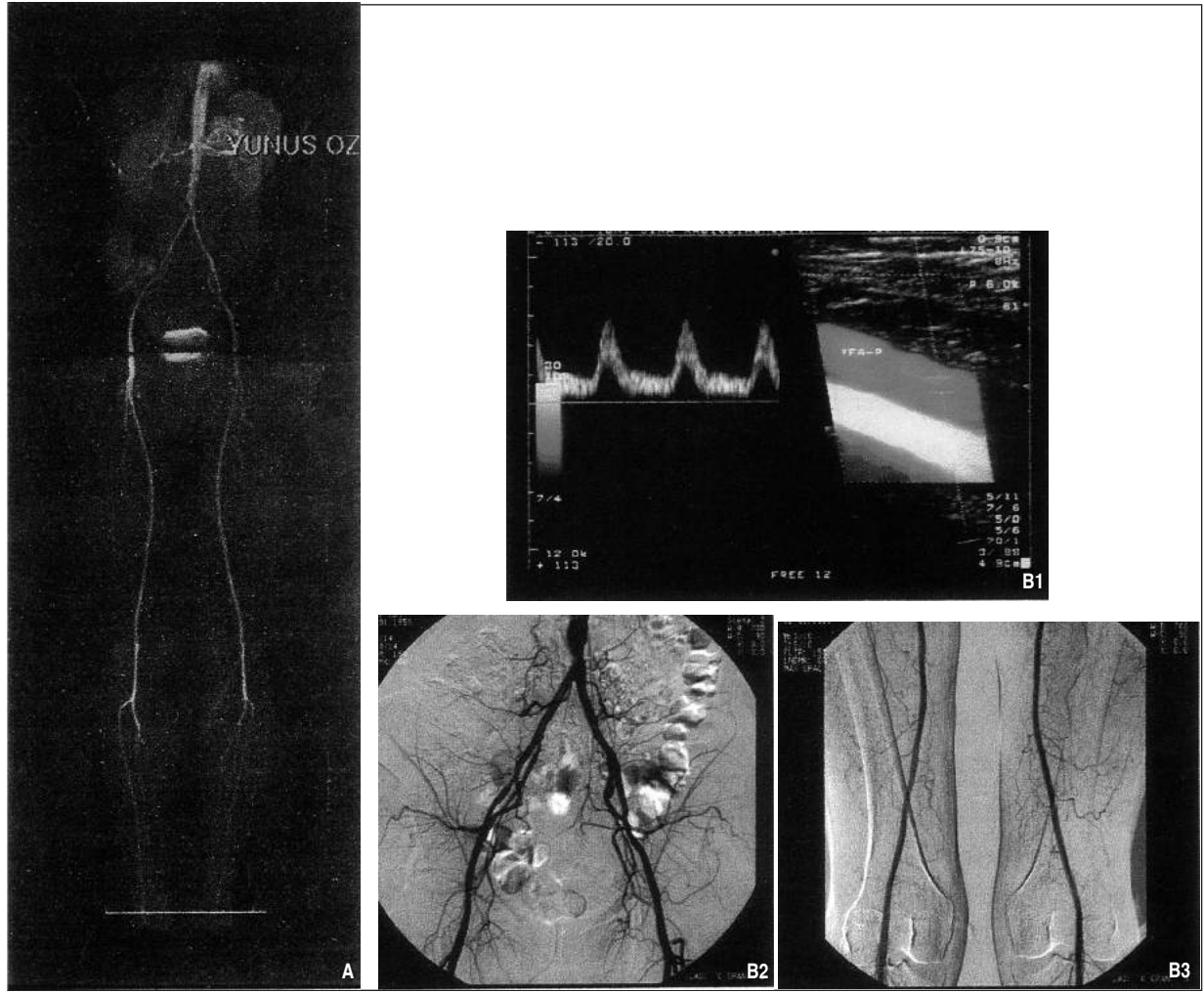
Evre	Stenoz oranı	DSA	MRA	RDUS
0	%0-49	Düzdün damar duvarları, duvar plak yapısının lümenin %50'sini aşmaması (stenotik segment proksimalindeki normal arter çapı /stenotik segment çap oranının 2 veya altında olması)	Düzdün damar duvarları, duvar plak yapısının lümenin %50'sini aşmaması (stenotik segment proksimalindeki normal arter çapı /stenotik segment çap oranının 2 veya altında olması)	Trifazik veya bifazik akım deseni, proksimal ve distal segment arasında oranın 2'den küçük pik sistolik hız oranları
1	%50-99	Stenotik segment proksimalindeki normal arter çapı/stenotik segment çap oranının 2 veya üzerinde olması	Stenotik segment proksimalindeki normal arter çapı/stenotik segment çap oranının 2 ve üstünde olması	Monofazik akım deseni, proksimal ve distal stenotik segment pik sistolik hız oranlarının 2 veya üzerinde olması
2	%100	İlgili damar segmentinin opak madde ile dolmaması	Akım sinyalinin alınmaması	Renk ve spektral analizde akım yokluğu

teri ise suprapopliteal arter grubuna dâhil edildi. En son olarak da arterler toplu olarak değerlendirildi.

Aynı damar segmenti üzerinde birden fazla patoloji varlığında en şiddetli olanı esas alındı (Resim 1,2).



RESİM 1: A) 3D-kontrastlı MRA incelemede sağ femoral arterde tıkanıklık ve popliteal arteri distalde besleyen kollaterallerin geliştiği gözlenmiştir. Her iki anterior tibial arter proksimalinde tıkanıklık mevcuttur. **B1)** RDUS incelemede femoral arter lümeninde akım yoktur ve arter tıkalı görünümündedir. **B2)** DSA incelemede femoral arterde tıkanıklık ve kollateral gelişimi izlenmektedir.



RESİM 2: A) 3D-kontrastlı MRA incelemede aortanın distalinde ana iliak arter bifürkasyonunun hemen öncesinde stenoz izlenmektedir. Distalde arteriyel ağaç açıktır. **B1)** Stenoz distalindeki femoral arterde RDUS incelemede poststenotik monofazik akımlar kaydedilmiştir. **B2)** DSA incelemede ana iliak arter bifürkasyonu öncesi stenoz gözlenmektedir. **B3)** DSA incelemede distal femoropopliteal segment açık izlenmektedir.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Çalışmamızda DSA inceleme altın standart olarak kabul edildi. RDUS ve 3D-MRA sonuçları ile DSA inceleme sonuçları karşılaştırıldı. Verilerin değerlendirilmesinde kapa ve Mc Nemar istatistiksel analizleri kullanıldı. Kappa analizi ile iki tanısal test arasındaki uyum derecesinin belirlenmesi amaçlandı. Kappa istatistiksel analizinde 0,81-1,00 arasındaki katsayı değerleri mükemmel uyuma, 0,61-0,80 yüksek uyuma, 0,41-0,60 orta derecede uyuma ve 0,21-0,40 az uyuma işaret etmekte idi. %50 ve üzerinde stenozlar ve tıkanıklıklar tedavi gerektiren anlamlı lezyonlar olarak kabul edildiğinden, %50 daralma kesim noktası kabul edilerek MRA ve

RDUS incelemelerin önce anlamlı stenoz sonra oklüzyon oranlarını saptamadaki duyarlılık ve özgüllük değerleri 2'li tablolarda DSA altın standart alınarak karşılaştırıldı (Tablo 2).

BULGULAR

Toplam 21 hasta, 40 bacak, 270 arter segmenti incelendi. İki olgu dışında incelemeler bilateral olarak yapıldı. Olguların 18'i erkek ve 3'ü bayandı. Yaş ortalamaları $61,5 \pm 10,7$ idi. Bir hastada MRA incelemede aşırı venöz dönüş nedeni ile her iki bacağın anterior ve posterior tibial arter distal segmentleri olmak üzere toplam 4 segment inceleme dışı bırakıldı.

DSA, MRA ve RDUS incelemelerin sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. DSA ile 237 segmentin açık veya %50 altında stenoz olduğu, 39 segmentte %50-99 stenoz olduğu, 84 segmentte ise tam tıkanıklık olduğu gözlemlendi.

RDUS incelemede ise 247 segmentte %0-49 stenoz, 41 segmentte %50-99 stenoz, 72 segmentte ise tam tıkanıklık izlendi. DSA'da açık veya %50'nin altında stenoz olarak değerlendirilen 3 segment RDUS incelemede %50-99 stenoz, diğer bir 3 segment ise tam tıkalı olarak değerlendirildi. DSA'da %50-99 stenoz olarak raporlanan 9 segment, RDUS'de %0-49 stenoz, 1 segment ise tam tıkalı olarak değerlendirildi. DSA'da tam tıkalı olan 7 segment RDUS incelemede %0-49 stenoz, 9 segment ise %50-99 stenoz olarak tanımlandı.

Üç boyutlu MRA incelemede ise bir hastada venöz dönüş olması nedeni ile iki anterior ve 2 posterior tibial arter distal segmentleri inceleme dışı bırakıldı. MRA incelemede DSA'da açık olan 5 segmentten biri %50-99 stenoz, 4'ü ise tam tıkalı olarak değerlendirildi. DSA'da %50-99 stenoz gösteren 2 olgu MRA'da tam tıkalı olarak yorumlandı. DSA'da tam tıkalı olarak izlenen 6 segmentin 2'si MRA incelemede açık veya %50 altında stenoz, 4'ü ise %50-99 stenoz olarak değerlendirildi.

Tüm damar segmentlerinde her DSA, MRA ve RDUS'ye göre lezyon dağılımları Tablo 3'te gösterilmiştir. Tüm damar segmentlerinde RDUS ve MRA incelemelerin %50 veya üzerinde stenoz veya tek başına tıkanıklık saptamadaki sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir. İnfrapopliteal ve suprapopliteal düzeylerde ve arter segmentlerinde MRA ve RDUS incelemelerin anlamlı stenoz ve tıkanıklıkları belirlemede duyarlılık, özgüllük ve kapa uyum değerleri Tablo 5 ve 6'da verilmiştir.

Tüm damar segmentleri göz önüne alındığında RDUS inceleme %50 ve üzeri stenozu saptamada %87 duyarlılık, %97 özgüllük ve 0.82 kapa uyum katsayısı gösterdi. Tek başına tıkanıklık saptamadaki duyarlılık ve özgüllük sırası ile %81 ile %99'du (Tablo 4). Suprapopliteal bölgede RDUS'nin %50 ve üzerinde stenozları tespit etmedeki duyarlılığı %89, özgüllüğü %100, kapa uyum değeri 0,92 idi. Tıkanıklıkları tespit etme duyarlılık ve özgüllüğü ise sırası ile %100 ve %99'du. İnfrapopliteal düzeyde ise RDUS'nin anlamlı stenozları tespit etme duyarlılığı %86, özgüllüğü %93, kapa değeri ise 0,71'e inmekte idi. Tıkanıklıklar için ise bu düzey sırası ile %74 ve %97 olmakta idi (Tablo 5).

Üç boyutlu MRA inceleme ise %50 ve üzeri stenoz saptamada %98 duyarlılık ve %98 özgül-

TABLO 3: DSA, RDUS ve MRA incelemelerde izlenen stenotik ve tıkalı lezyonların dağılımları.

	Stenoz oranları	DSA			Toplam
		%0-49 stenoz	%50-99 stenoz	%100 stenoz (tam tıkalı)	
RDUS	%0-49 stenoz	231	9	7	247
	%50-99 stenoz	3	29	9	41
	%100 tıkanıklık	3	1	68	72
	Toplam	237	39	84	360
MRA	%0-49 stenoz	228	0	2	230
	%50-99 stenoz	1	37	4	42
	%100 tıkanıklık	4	2	78	84
	Toplam	233	39	84	356

TABLO 4: Tüm damar segmentlerinde RDUS ve MRA incelemelerin %50 ve üzeri stenoz ve tıkanıklık saptamadaki sonuçları.

İnceleme	Kappa Katsayısı	Duyarlılık	Duyarlılık	Özgüllük	Özgüllük	p
		≥%50 stenoz	Tıkanıklık	≥%50 stenoz	Tıkanıklık	
RDUS	0,82	%87	%81	%97	%99	<0,001
MRA	0,93	%98	%93	%98	%98	<0,001

TABLO 5: Alt ekstremite arterlerinde suprapopliteal ve infrapopliteal düzeylerde MRA ve RDUS incelemelerin anlamlı stenozları ve tıkanıklıkları belirlemedeki duyarlılık ve özgüllük ile kappa uyum katsayısı değerlerinin dağılımı.

Damar segmentleri	Kappa katsayısı	Duyarlılık	Duyarlılık	Özgüllük	Özgüllük	p
		≥%50 stenoz	Tıkanıklık	≥%50 stenoz	Tıkanıklık	
RDUS Suprapopliteal	0,92	%89	%100	%100	%99	<0,001
RDUS İnfraopopliteal	0,71	%86	%74	%93	%97	<0,001
MRA Suprapopliteal	0,99	%100	%100	%99	%100	<0,001
MRA İnfraopopliteal	0,86	%97	%90	%95	%94	<0,001

lük gösterdi. Kappa uyum katsayısı 0,93'dü. Tıkanıklıkları saptamada duyarlılığı %93, özgüllüğü %98 olarak belirlendi (Tablo 4). Suprapopliteal düzeyde anlamlı stenozları tespit etmedeki duyarlılığı %100, özgüllüğü ise %99, kappa değeri 0,99'dü. Tıkanıklıkları tespit etmedeki duyarlılık ve özgüllüğü ise %100 olarak belirlendi. İnfraopopliteal düzeyde ise anlamlı stenoz tespit etmede duyarlılığı %97, özgüllüğü %95, kappa uyum katsayısı, 0,86, tıkanıklıkları tespit etmedeki başarısı ise sırası ile %90 ve %94'dü (Tablo 5, 6).

TARTIŞMA

Alt ekstremite tıkanıcı arter hastalıklarının tanısında anjiyografi halen altın standart inceleme yöntemi olma özelliğini korumaktadır.⁴⁻⁶ Anjiyografiye alternatif noninvazif bir yöntem arayışı günümüze dek süregelmiştir. Bu bağlamda RDUS ve MRA incelemeler son yıllarda öne çıkan non-invazif inceleme yöntemleridir.

Anjiyografinin tanının doğrulanması, patolojinin gerçek seviyesinin ve derecesinin ortaya konması, girişimsel radyolojik işlemlere kılavuzluk ve

TABLO 6: RDUS ve MRA incelemeleri DSA ile karşılaştırıldığında %50 ve üzerindeki stenoz ve tam tıkanıklıkları göstermede duyarlılık ve özgüllük değerlerinin, kappa katsayılarının ve p değerlerinin damar segmentleri üzerindeki dağılımı.

Damar segmenti	İnceleme yöntemi	Kappa katsayısı	Duyarlılık	Duyarlılık	Özgüllük	Özgüllük	p
			≥%50 stenoz	Tıkanıklık	≥%50 stenoz	Tıkanıklık	
Ana iliak arter	RDUS	0,83	%77	%100	%100	%100	<0,001
	MRA	1	%100	%100	%100	%100	<0,001
Eksternal iliak arter	RDUS	0,94	%91	%100	%100	%100	<0,001
	MRA	1	%100	%100	%100	%100	<0,001
Ana femoral arter	RDUS	1	%100	%100	%100	%100	<0,001
	MRA	1	%100	%100	%100	%100	<0,001
Femoral arter	RDUS	0,91	%88	%100	%100	%100	<0,001
	MRA	0,96	%100	%100	%96	%100	<0,001
Popliteal arter	RDUS	0,92	%100	%100	%100	%97	<0,001
	MRA	1	%100	%100	%100	%100	<0,001
Anterior tibial arter proksimali	RDUS	0,78	%88	%75	%83	%88	<0,001
	MRA	0,81	%94	%88	%96	%96	<0,001
Anterior tibial arter distali	RDUS	0,74	%86	%78	%95	%100	<0,001
	MRA	0,82	%100	%94	%88	%85	<0,001
Posterior tibial arter proksimali	RDUS	0,80	%93	%77	%96	%100	<0,001
	MRA	0,84	%100	%92	%96	%93	<0,001
Posterior tibial arter distali	RDUS	0,68	%78	%67	%100	%100	<0,001
	MRA	0,91	%94	%87	%100	%100	<0,001

cerrahi tedavinin planlanması gibi önemli endikasyonları olmakla birlikte, tuzakları ve sınırlamaları da bulunmaktadır. İnvazif olması, kontrast madde ve arteriyel girişime bağlı riskler içermesi nedeni ile yaygın bir tanı ve izlem testi olarak kullanımı sınırlıdır.⁵ Tamamen anatomik bilgi vermektedir bu nedenle lezyonların hemodinamik önemleri göz ardı edilebilmektedir.² Tek planda (AP) görüntüler alındığından, aortoiliak ve derin femoral segment başlangıç düzeyindeki lezyonlarda stenozu olduğundan az gösterebilir. Kateter distal aortaya yerleştirildiğinden kontrast madde dilüsyonu ve kemik yapılarla interpozisyon nedeni ile bypass cerrahisinde önemli yer tutan krural arterlerin değerlendirilmesi zor olmaktadır. Proksimal segmentlerde daralma ve tıkanma yanı sıra kollateral damarlarda varsa özellikle tibial arterin distali ve derin yerleşimli peroneal arterin değerlendirilmesi kontrastın giderek dilue olması nedeni ile güçleşmektedir.⁵ Damar çapındaki ufak değişiklikler akımda büyük farklılıklar oluşturduğundan, sınırda (%50) veya ardışık lezyonların varlığında DSA gibi morfolojik yöntemlerin başarısı düşebilmektedir.³

RDUS periferik arterlerin non-invazif değerlendirilmesinde sık kullanılan alternatif bir yöntemdir.⁷ RDUS'nin DSA'ya olan avantajları düşük maliyeti, invazif olmaması, istenilen sıklıkta tekrar edilebilmesi, kontrast maddeye gerek olmaması, anatomik bilgi yanı sıra hemodinamik bilgi de elde edilebilmesi, incelemenin gerçekleşmesi için gerekli kalifiye eleman sayısının az olması, mobil ve hasta başında gerçekleştirilebilmesidir. En önemli dezavantajı ise özellikle arteriyel haritalama yöntemi seçilmiş ise, inceleme süresinin uzun olması ve inceleme sonuçlarının uygulayıcının deneyimine bağlı olması nedeni ile nispeten subjektif olmasıdır.⁸ Haritalama yöntemi kullanıldığında inceleme süresinin 2 saate dek uzayabileceğini bildiren çalışmalar vardır ancak kullanıcının deneyiminin artması bu süreyi kısaltabilmektedir.^{6,7} Bizim çalışmamızda bu süre 30-40 dakika olarak belirlendi.

Çalışmamızda RDUS incelemenin periferik arteriyel sistem incelemesinde %50 ve üzerinde stenozları belirleme duyarlılığı %87, özgüllüğü ise %97'dir. Tıkanıklık söz konusu olduğunda ise bu

oran sırası ile %81 ve %99 olmuştur ve istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,001$). Bu sonuçlara dayanarak RDUS'nin anlamlı stenoz saptamada özgüllüğü yüksek bir test olduğundan alt ekstremitede tıkanıklık arter hastalığının dışlanmasında, izleminde ve taramasında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

RDUS için literatürde anlamlı stenozları (≥ 50 stenoz) saptamada %77-92 arasında duyarlılık ve %92-98 arasında özgüllük oranları verilmektedir.⁹ Moneta ve ark. serisinde duyarlılık %77, özgüllük %98, Whelan ve ark. serisinde ise tıkanıklık açısından %95 duyarlılık ve %97 özgüllük, anlamlı stenozlarda ise %92 duyarlılık ve %97 özgüllük oranları rapor edilmiştir.^{10,11} Bulgularımız literatür sonuçları ile uyumluluk göstermektedir. Özgüllük oranlarının yüksek olması tüm renkli Doppler stenoz tanı parametrelerinin kullanılması ve incelemenin segmenter metod yerine haritalama metodu ile gerçekleştirilmesine bağlanabilir.

RDUS farklı anatomik bölgelerde farklı başarı oranları göstermektedir. Proba yakın yerleşimi, çapı ve düz seyir göstermesi nedeni ile en çok başarı femoropopliteal bölgede iken bunu sırası ile aortoiliak ve infrapopliteal düzey izlemektedir.^{12,13} Çalışmamızda suprapopliteal bölgede anlamlı stenozları tespit etme duyarlılığı ve özgüllüğü %89 ile %100 iken tıkanıklık varlığında bu oran sırası ile %100 ve %99 olmaktadır. Whelan ve ark. suprapopliteal düzey için %95 duyarlılık ve %97 özgüllük, tıkanıklık varlığında ise %100 doğruluk oranları rapor etmiştir.¹¹ Koelemay ve ark. metaanalizlerinde aortoiliak segmentler için anlamlı stenoz varlığında RDUS duyarlılığını ortalama %80 (%61-93), özgüllüğünü ise %95 (%91-98) arasında belirlemiştir. Tıkanıklık durumunda ise bu oran sırası ile %94 (%64-100) ve %99 (%98-100) olmaktadır. Aortoiliak yerleşimli herhangi bir lezyon için RDUS'nin duyarlılığı %86 (%80-91), özgüllüğü ise %97 (%95-99) olarak verilmektedir. Femoropopliteal düzeyde ise duyarlılık %80 (%80-91), özgüllük ise %97 (%95-99) olarak bildirilmektedir.¹⁴

Çalışmamızda suprapopliteal düzeyde en düşük duyarlılık oranı ana iliak arterde (%77) En düşük özgüllük ise popliteal arterde (%97) gözlenmiştir. Ana iliak arterin derin yerleşimli olması ve ba-

tın içi gazın yarattığı akustik gölgelenme yanı sıra uygun açı verilmesindeki güçlük bu düşük duyarlılık oranlarını açıklayabilir.² İnceleme öncesinde çalışma grubuna barsak temizleyici tedavi veya incelemeden önce aç kalmaları önerilmemiştir. Yüzeysel bir seyir izleyen ve bu nedenle incelemesi daha kolay olan eksternal iliak, ana ve femoral arter ile popliteal arterde ise başarı oranları daha yüksektir ve %100 doğruluk oranları elde edilmiştir. Femoral ve eksternal iliak arterde ise anlamlı stenoz saptamada duyarlılık sırası ile %88 ve %91 olup ana femoral ve popliteal arter duyarlılık oranlarından düşüktür. Bunun nedeni arterin adduktör kanal düzeyine doğru giderek derinleşmesi ve arter kalsifikasyonlarının bu düzeyde damar lümeninin görüntülenmesini engellemesi olabilir. Femoral arter için bir segment ayrımı yapılacak olursa, proksimal kesiminde başarı oranı daha yüksek olacaktır.

Çalışmamızda infrapopliteal düzeyde anlamlı stenozları saptamadaki duyarlılık %86, özgüllük %93, tıkanıklık için ise sırası ile %74 ve %97 bulunmuştur. Koelemay ve ark'larının metaanalizlerinde infrapopliteal arter için RDUS duyarlılığı %83 (%59-96), özgüllüğü ise %84 (%69-93) olarak belirlenmiştir.¹⁴ Bu sonuçlara göre tibioperoneal düzeyde RDUS'nin lezyonu tanımlama ve sınıflamadaki başarısı üst segmentlere göre düşüktür, duyarlılığı azalmakta ancak özgüllüğü nispeten artmaktadır.^{4,7} Buna ardışık ve çok sayıda stenoz varlığında pik sistolik oran kullanılarak stenozun tespitinin zorlaşmasının neden olduğu düşünülmüştür.^{2,6,15,16} Ayrıca damar çaplarında belirgin inceleme olması, yoğun kalsifikasyonun lümen görüntülenmesini engellemesi, kollateral akım varlığı yanı sıra ödemli bacak ve açık yara varlığı da stenoz ve oklüzyonun tespitini zorlaştırmaktadır.^{2,15} İnfra popliteal düzeyde RDUS duyarlılığının nispeten düşüktür ancak yüksek özgüllüğü nedeni ile tarama testi olarak kullanılması uygundur.

Çalışmalar arasındaki oran farklarının stenoz ve oklüzyon seçim kriterlerindeki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bizim çalışmamızda pik sistolik hızda 2 kat artış olmasının da kriterlere dahil edilmesinin incelemenin başarısını arttırdığını düşünmekteyiz. Anlamlı stenoz tespitindeki başarı oranımızda bunu desteklemektedir. Pik sis-

tolik hızda 2 kat artış anjiyografide %50 ve üzeri lümen çap daralmasına denk gelmektedir.² Nispeten daha yüksek olan özgüllük değerlerimizin arteriyel patolojiyi saptama kriterlerimizin daha kapsamlı olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

RDUS ve DSA'nın kappa uyum katsayıları 0,82 gibi iyi bir uyuma işaret etmektedir. Suprapopliteal düzeyde uyum oranı 0,92 iken, infrapopliteal düzeyde 0,71 oranına düşmektedir. Bundan şu sonuç çıkarılabilir: RDUS suprapopliteal düzeyde DSA yerine kullanılabilir ancak infrapopliteal düzeyde iki test birbirinden farklılık göstermektedir, uyum oranları ve RDUS'nin duyarlılığı düşmektedir. İnfra popliteal düzeyde RDUS, DSA yerine kullanılmamalıdır. Bizim çalışmamıza benzer şekilde, RDUS, kontrastlı MRA ve DSA yöntemlerini birbiri ile karşılaştıran bir çalışma olan ve sadece aortoiliak bölgenin çalışıldığı Lundin ve ark.nın serilerinde anlamlı stenozlarda RDUS için %72 duyarlılık ve %97 özgüllük, oklüzyonlarda ise %93 duyarlılık ve %100 özgüllük oranları verilmiştir ancak RDUS ve DSA uyum katsayısı 0,72 olduğundan Lundin ve ark. RDUS'nin DSA yerine kullanılmayacağını düşünmektedirler. Ancak bu çalışmadaki oranlar hem bizim, hem de literatürde bulunan diğer çalışmalardan oldukça düşüktür ve bunun çalışmanın kendisi içindeki sınırlamalardan kaynaklandığı düşünülmüştür. Çalışma aortoiliak bölgede sınırlı olup, tek bir inceleme parametresi ile değerlendirme yapılmış ve ayrıca çalışmacılar RDUS incelemeyi gerçekleştirenlerin tecrübesiz olduklarını ve iliak bölge incelemesi sırasında zorluk çektiklerini belirtmişlerdir.¹⁷

Literatürde DSA incelemenin altın standart olmadığını, aksine RDUS ile DSA incelemelerin birbirlerini dışlamaktan çok tamamladıklarını çünkü RDUS incelemenin hemodinamik durum hakkında bilgi verdiğini ve özellikle infrapopliteal arterler için özellikle RDUS'nin altın standart konumunda olduğunu savunan bazı araştırmacılar da vardır.^{7,12,13,18-22} Bazı seçilmiş basit lezyonlarda perkütan anjioplasti (PTA) gibi işlemler RDUS rehberliğinde yapılabilmektedir ancak kompleks olgularda radyografik rehberliğe ihtiyaç duyulmaktadır.¹² Eiberg ve ark'nın çalışmalarında RDUS'nin distal krural arterler için başarısını DSA'ya göre yüksek

bulmuşlardır. Proksimal krural arterler için ise DSA'yı önermektedirler.²¹ RDUS'nin DSA ile tespit edilemeyen tibial arterleri ortaya koymakta başarılı olduklarını bu nedenle cerrahi bypass greft veya endoluminal terapi uygulanacak hastalarda DSA'ya ek olarak MRA veya RDUS gibi ek bir çalışmanın yapılarak tibial arterlerin durumuna dair bilgilerin maksimize edilmesi önerilmektedir.^{7,22}

Üç boyutlu MRA klinik uygulamalarda DSA'nın yerini alabilecek, önemi giderek artan, başarısı yüksek alternatif bir inceleme yöntemidir.²³⁻²⁵ İnceleme intravenöz verilen kontrast maddenin kanın T1 relaksasyon süresini kısaltarak, üç boyutlu gradiyent eko sekanslar ve kısa TR süreleri kullanılarak, kan damarlarında yüksek sinyal intensitesi oluşturulması prensibine dayanmaktadır. İntravenöz kontrast madde kullanımı inceleme süresini konvansiyonel MRA incelemelere göre belirgin oranda kısaltmaktadır.²³ Anjiyografi ile karşılaştırıldığında en önemli avantajları radyasyon olmaması, kullanılan kontrast maddenin iyotlu kontrast ajanlara göre alerjik yan etkilerinin daha az olmasıdır. DSA intraarteriyel girişim gerektirdiğinden ancak bu konuda deneyimi ve bilgisi olan kişilerce belli başlı merkezlerde gerçekleştirilmektedir. MRA incelemelerde kontrast madde periferik intravenöz verilmekte ve girişimsel riskler bu sayede ciddi oranda azalmaktadır.²⁶ Maliyet açısından değerlendirildiğinde ise, MRA, DSA'ya göre daha hesaplı olmakla birlikte, kontrast ajan kullanımı maliyeti arttırmaktadır. Çünkü MR anjiyografik incelemelerde kullanılan kontrast ajan miktarı normal incelemelere göre nispeten yüksektir.²⁶ Bu açıdan en hesaplı inceleme RDUS olarak görünmektedir. Olgu yaklaşık 70-120 ml iyotlu kontrast ajan ve 40 mm gadolinium bazlı MR kontrast ajanı birer gün ara ile almakla birlikte inceleme öncesinde normal olan renal fonksiyonlarında işlemler sonrasında herhangi bir bozulma gözlenmemiştir. İşlem sonrası tüm hastalara oral bol hidrasyon önerilmiştir. Renal yüklenmenin azaltılması amacı ile incelemeler birer gün ara ile yapılmıştır. İyotlu kontrast ajanların nefrotoksik etkilerinin ve nefropati risklerinin gadolinium bazlı ajanlara göre daha yüksek olduğu bilinmektedir. Herhangi bir komplikas-

yon gelişmemesinin incelemeye girecek olan olgularda kesin normal renal fonksiyon parametrelerinin aranmasının da rol oynadığını düşünmekteyiz.

Kontrastlı MRA tek nefes tutma süresinde büyük hacimlerin hızlı ve kısa sürede incelenmesine olanak tanımaktadır.^{23,27} TOF inceleme ile 45 cm uzunluğunda bir segment 20 dakikada taranırken, kontrastlı MRA ile bu inceleme süresi 20-50 saniyeye düşürülebilmektedir.²⁶ Çalışmamızda inceleme süresi hastanın mıknaısına yerleştirilmesi ve inceleme için gerekli parametre ayarlamalarının yapılması için geçen süre de dahil olmak üzere 20-30 dakika sürmüştür. Solunumdan kaynaklanan artefaktların önlenmesi pelvik arteriyel sistem incelemesinde önemlidir. Femoropopliteal ve tibioperoneal düzeyde nefes tutulmasına gerek yoktur.^{28,29} Çoğu olgu incelemenin tamamlanması için gerekli olan nefes tutma ve zamanlama süresine uyum sağlamıştır ancak hasta popülasyonunun yaşlı olması nedeni ile nefes tutma ve hareket artefaktı oluşması gibi sorunlarla karşılaşmıştır. Aterosklerotik hastalıkların yaşlı popülasyonda daha sık görüldüğü bilinmektedir.³⁰ Ayrıca klostrofobi nedeni ile MRA incelemesi tamamlanamayan hastalarda olmaktadır.²⁵ Bu durum DSA ve MRA gibi harekete hassas incelemelerde problem arz etmektedir.

Daha hızlı sekansların ve yüksek performanslı mıknaısların geliştirilmesi sayesinde daha az kontrast madde ile daha kısa sürede daha kaliteli görüntülerin elde edileceği muhakkaktır. İnceleme süresinin kısaltılması ayrıca hasta hareketi ve venöz dönüşten kaynaklanan artefaktları da ciddi oranda azaltacaktır.^{25,26} Kontrastlı MRA akım etkilerine bağlı bir inceleme değildir. Görüntüler koronal planda elde edilebilmektedir. Üç boyutlu olması ve MIP imajların alınabilmesi nedeni ile arter ne kadar büküntülü olursa olsun arterler çok net şekilde incelenebilmektedir ve uzaysal rezolüsyon oldukça yüksektir. Stent artefaktları da konvansiyonel MRA incelemelere göre daha az sorun oluşturmaktadır.²⁶⁻²⁸ Kontrastlı MRA'nın dezavantajları ise hareket artefaktları, alt ekstremite yavaş ve pulsatil akım olması, venöz opaklaşmanın arterler ile interpozisyon yaratması gibi incelemenin doğru yorumlanmasını engelleyen sorunların ol-

masıdır.^{25,29} Çalışmamızda bir hastada alt ekstremitte infrapopliteal arter distal kesimlerinin doğru değerlendirilmesini engelleyecek düzeyde venöz opaklaşma gelişmiştir.

Rofsky ve ark. aortadan tibial arterlere kadar olan segmentlerde kontrastlı MRA inceleme ile DSA'yı karşılaştırmışlar ve MRA incelemelerin %50 ve üzerindeki stenozları saptamadaki duyarlılığını %97, özgüllüğünü ise %96 olarak rapor etmişlerdir. Kontrastlı MRA incelemenin doğruluk oranlarını ise %97 olarak vermişlerdir.²⁶ Ho ve ark. tüm damar segmentlerinde MRA incelemenin anlamlı stenozlarda duyarlılığını %93, özgüllüğünü ise %98 olarak tanımlamışlardır.³¹ Meaney ve ark. anlamlı stenoz için tüm damar segmentlerinde %85 duyarlılık ve %93 özgüllük bildirmişlerdir.³² Ruehm ve ark. ise aynı damar segmentleri üzerinde yaptıkları çalışmalarında %50 ve üzerinde stenozlarda kontrastlı MRA incelemeler için %92 duyarlılık ve %98 özgüllük değerleri vermişlerdir.³³ Snidow ve ark'ları ise %100 duyarlılık ve %95 özgüllük bildirmişlerdir.³⁴ Koelemay ve ark. Metaanalizlerinde kontrastlı MRA için %94 duyarlılık ve özgüllük düzeyi belirtmişlerdir.³⁵ Bizim çalışmamızda bu oran stenoz varlığında %98 düzeyinde duyarlılık ve özgüllük olarak bulunmuştur. Oklüzyon varlığında ise, duyarlılık %93, özgüllük ise %98 düzeyindedir. DSA ile kappa uyum sayısı 0,93'tür. Bu yüksek başarı oranı hem MIP, hem reformat imajların incelenmesi hem de kontrast geçişinin uygun ve optimal düzeyde yapılmış olmasına bağlanabilir. Sinyaller kontrastın ilk geçişinde en yüksek düzeyde olmaktadır. Optimal inceleme için intravenöz kontrast madde bolusunun damar içinde en yüksek düzeyde olduğu anda çekim yapılması ve venöz dönüşün engellenmesi gereklidir. Kontrast madde geçiş süresi ampirik olarak hesaplanabilir, test bolus ajan kullanılarak geçiş tespiti hesaplanabilir, bu amaçla MR floroskopik veya otomatik tetikleyici sekanslar kullanılabilir.^{27,28} Çalışmamızda kontrast maddenin test bolus yöntemi ile zamanlama ayarlanarak verilmesi ve uygun masa kaydırılması ile senkronizasyon sağlanması başarıyı arttıran faktörlerdir.

Suprapopliteal düzeyde MRA incelemenin başarısı %100 oranlarına yaklaşmaktadır.^{36,37} Sueyoshi ve ark. bu düzeyde %100 duyarlılık ve %99

özgüllük, Winterer ve ark. ise %100 duyarlılık ve %98 özgüllük bildirmiştir.^{38,39} Aortoiliak bölge için ise duyarlılık %83 ile 100 arasında, özgüllük ise %92-98 arasındadır.^{17,39,40} Suprapopliteal düzeyde sonuçlarımız Sueyoshi, Winterer, Lehnart ve Snidow başta olmak üzere diğer araştırmacıların sonuçları ile benzerlik göstermektedir.^{34,38,39,41} Bu bölge için MRA yüksek doğruluğu olan bir testtir.

Çalışmamızda femoral arter dışında tüm damar segmentlerinde MRA incelemenin başarısı %100 düzeyinde idi. Femoral arterde özgüllük oranlarında hafif düşüş (%96) görülmüştür. MRA incelemelerde stenozlar olduklarından daha abartılı görülmektedirler. Özgüllükteki bu kısmı düşüş uzun bir arter segmenti olan femoral arterde bazı stenozların %50 üzerinde anlamlı stenoz gibi görünmesinden kaynaklanmıştır.

İnfrapopliteal düzey için kontrastlı MRA incelemelerin başarıları konusunda bilgi sınırlıdır.²⁸ Ho ve ark. bu düzey için MRA'nın stenozları ortaya koymadaki duyarlılığını %92, özgüllüğünü %100, Rofsky ve ark. ise %94 ile %100, Winterer ve ark %93 ile %100, Lehnart ve ark ise %94 ile %64 olarak bildirmişlerdir.^{26,31,39,41}

Çalışmamızda infrapopliteal düzeyde MRA incelemenin duyarlılık ve özgüllüğünün suprapopliteal düzeye göre düştüğü gözlenmiştir. Anlamlı stenoz durumunda duyarlılık %97, özgüllük ise %95 olarak bulunmuştur. Tam tıkanıklık durumunda ise bu oran %90 ile %94 düzeyine inmektedir. En ciddi düşüş anterior tibial arter proksimal ve posterior tibial arter distal kesiminde gerçekleşmiştir. Tibial arterlerin başlangıç kesimleri yatay uzandıklarından MRA incelemelerde görüntülenmeleri güç olmaktadır. Diğer incelemelere göre duyarlılık değerlerimiz yüksek, özgüllük değerlerimiz ise daha düşük bulunmuştur. Tıkanıklık saptama açısından ise, duyarlılık değerleri diğer çalışmalar ile benzerlik göstermekte, özgüllük ise daha düşük gözlenmektedir. Duyarlılıktaki yükseklik kontrast maddenin geçiş zamanlamasındaki doğruluktan kaynaklanmış olabilir. Özgüllükteki düşüş ise vücut sargısı ve masa kaydırma tekniğinin kullanılmasının sinyal/gürültü oranlarında artışa neden olması ile açıklanabilir. MRA incelemelerde başarı kısmen

kullanılan sargı tipine de bağlıdır. Vücut sargısı kullanılan masa kaydırma tekniklerinde aortoiliak ve femoral bölgeler rahatlıkla izlenirken, popliteal ve infrapopliteal arterlerin görüntülenmesi için masanın hareketli olması veya mıknatıs içine kaydırılması gerekmektedir. Sadece periferik vasküler sisteme yönelik tüm alt ekstremitayı içine alabilecek sargılar daha kaliteli görüntülerin elde edilmesi ve incelemenin başarısının artırılması için kullanılmaktadır.²⁹ Ayrıca kontrastlı incelemelerde distal infrapopliteal arterlerin incelenmesi de problemlidir.²⁷ Kontrast maddenin geliş zamanı DSA incelemelere benzer özellikte proksimal segmentlerde hastalık varsa uzamaktadır ve konsantrasyonda kollateral varlığının da etkisi ile distalde azalmaktadır. Ayrıca kollateralizasyon nedeni ile venöz opaklaşma da gerçekleşebilmektedir.²⁶ Her ne kadar çalışmamızda bu damarlara kontrast maddenin geliş süresi test dozları ile ayarlanmaya, optimal hale getirilmeye çalışılmış ise de, birkaç hastada venöz dönüş olması engellenemmiştir. İnfrapopliteal düzeyde kan akımına daha duyarlı olan TOF (Time of Flight) yöntemi ile MRA yapılmasını savunanlar vardır. Ancak TOF incelemelerin süresi daha uzun olmakta ve kontrastlı MRA gibi çok yönlü incelemelere izin vermemektedir.²⁶

MRA incelemelerin anjiyografi ile karşılaştırıldığında infrapopliteal düzeyde daha fazla açık segment gösterdiği birçok çalışmada özellikle 2D-TOF MRA incelemelerde daha sık gözlendiği bildirilmiştir.^{35,42} By-pass cerrahisi gereken olgularda distal anastomoz hattında açık arter varlığının gösterilmesi cerrahinin prognozu ve başarısı açısından önem arz etmektedir. Hatta bu durumda DSA yerine intraoperatif anjiyografiyi tercih eden cerrahlar vardır. Değişik merkezlerden yapılan çalışmalarda açık arter oranları arasında farklılıklar gözlenmektedir. Arteriografi ve MRA'yı infraoperatif anjiog-

rafi ve PTA sonrası anjiyografi ile karşılaştıran çok merkezli bir çalışmada MRA ve arteriografi doğruluk oranlarının benzer olduğu belirtilmiştir. Bir kısım çalışma ise arteriografinin MRA'ya üstünlüğünü savunmaktadır. MRA ve arteriografi rehberliklerinde yapılan distal by-pass cerrahi sonuçlarını karşılaştıran randomize çalışmalar yaygın değildir. Bu konu hala tartışmalıdır.³⁵

Kappa uyum katsayıları açısından değerlendirildiğinde MRA'nın DSA ile olan uyumunun RDUS'ye göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. MRA, DSA ile 0,93 düzeyinde uyum gösterirken bu uyum RDUS-DSA arasında 0,82'dir. Suprapopliteal düzeyde bu katsayı MRA için 0,99, RDUS için 0,92, infrapopliteal düzeyde ise, MRA için 0,86, RDUS için 0,71'dir. Bu bulguların ışığında MRA ile DSA incelemeler birbirlerinin yerine kullanılabilir görünümündedir ancak infrapopliteal düzeyde ise RDUS'nin, DSA yerine kullanılabilir bir test olmadığı kanısı uyanmaktadır.

SONUÇ

RDUS alt ekstremita arter hastalığının populasyon taramasında başarı ile kullanılacak invazif olmayan, istenilen sıklıkla tekrar edilebilen, düşük maliyetli ve yüksek özgüllüğe sahip bir tanı yöntemidir. MRA, yüksek duyarlılık ve özgüllük oranları nedeni ile DSA yerine alternatif bir tanı yöntemi olarak kullanılabilir. İnfrapopliteal düzeyde hem RDUS, hem MRA için tanı başarısı suprapopliteal düzeye göre düşmektedir ancak suprapopliteal düzeyde hem MRA hem RDUS, DSA yerinde alternatif olarak kullanılabilir. MRA incelemelerin tanısal başarısı ve DSA ile uyumu RDUS incelemelere göre daha yüksek olmaktadır. Kontrast alerjisi olan ve herhangi bir nedenle DSA veya MRA incelemelere alınamayan olgularda RDUS başarılı alternatif bir inceleme yöntemi olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Selvin E, Erlinger TP. Prevalence of and risk factors for peripheral arterial disease in the United States: results from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999-2000. *Circulation* 2004;110(6):738-43.
- Rabbia C. Colour Doppler sonography of limb arteries. *Eur Radiol* 2001;11(9):1535-56.
- Wilkström J, Holmberg A, Johansson L, Löfberg AM, Smedby O, Karacagil S, et al. Gadolinium-enhanced magnetic resonance angiography, digital subtraction angiography and duplex of the iliac arteries compared with intra-arterial pressure gradient measurements. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2000;19(5):516-23.
- Moneta GL, Yeager R, Lee RW, Porter JM. Noninvasive localization of arterial occlusive disease: a comparison of segmental Doppler pressures and arterial duplex mapping. *J Vasc Surg* 1993;17(3):578-82.
- Guo Z, Durand LG, Allard L, Cloutier G, Lee HC. Classification of lower limb arterial stenoses from Doppler blood flow signal analysis with time frequency representation and pattern recognition techniques. *Ultrasound Med Biol* 1994;20(4):335-46.
- Larch E, Minar E, Ahmadi R, Schnürer G, Schneider B, Strümpfen A, et al. Value of color duplex sonography for evaluation of tibio-peroneal arteries in patients with femoropopliteal obstruction: A prospective comparison with antegrade intraarterial digital subtraction angiography. *J Vasc Surg* 1997;25(4):629-36.
- Kakkos SK, Tsolakis IA. Is duplex ultrasound scanning for peripheral arterial disease of the lower limb a non-invasive alternative or an adjunct to angiography? *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2010;40(4):513-4.
- Özcan H, Aytaç S. Alt ekstremitte arteriyel sistem patolojilerinde renkli Doppler US uygulamaları. Tanısal ve Girişimsel Radyoloji 1998;4(4):425-42.
- Katz M. Peripheral arterial evaluation. Doppler sonography imaging. 1st ed. USA: Lippincott, 1998. p.515-29.
- Moneta GL, Strandness DE Jr. Peripheral arterial duplex scanning. *J Clin Ultrasound* 1987;15(9):645-51.
- Whelan JF, Barry MH, Moir JD. Color flow Doppler ultrasonography: comparison with peripheral arteriography for the investigation of peripheral vascular disease. *J Clin Ultrasound* 1992;20(6):369-74.
- London NJ, Nydahl S, Hartshorne T, Fishwick G. Use of color duplex imaging to diagnose and guide angioplasty of lower limb arterial lesions. *Br J Surg* 1999;86(7):911-5.
- Pemberton M, Nydahl S, Hartshorne T, Naylor AR, Bell PR, London NJ. Color coded duplex imaging can safely replace diagnostic arteriography in patients with lower-limb arterial disease. *Br J Surg* 1996;83(12):1725-8.
- Koelmay MJ, den Hartog D, Prins MH, Kromhout JG, Legemate DA, Jacobs MJ. Diagnosis of arterial disease of the lower extremities with duplex sonography. *Br J Surg* 1996;83(3):404-9.
- Allard L, Cloutier G, Durand LG, Roederer GO, Langlois YE. Limitations of ultrasonic duplex scanning for diagnosing lower limb arterial stenoses in the presence of adjacent segment disease. *J Vasc Surg* 1994;19(4):650-7.
- Kröger K, Massalha K, Buss C, Rudofsky G. Effect of hemodynamic conditions on sonographic measurements of peak systolic velocity and arterial diameter in patients with peripheral arterial stenosis. *J Clin Ultrasound* 2000;28(3):109-14.
- Lundin P, Svensson A, Henriksen E, Jonason T, Forssell C, Backbro B, et al. Imaging of aortoiliac disease. Duplex ultrasound and MR angiography versus digital subtraction angiography. *Acta Radiol* 2000;41(2):125-32.
- Collier P, Wilcox G, Brooks D, Laffey S, Dalton T. Improved patient selection for angioplasty utilizing color Doppler imaging. *Am J Surg* 1990;160(2):171-4.
- Edwards JM, Coldwell DM, Goldman ML, Strandness DE Jr. The role of duplex scanning in the selection of patients for transluminal angioplasty. *J Vasc Surg* 1991;13(1):69-74.
- Hoffman WJ, Forstner R, Kofler B, Binder K, Uguroglu A, Magometschnigg H. Pedal artery imaging- a comparison of selective digital subtraction angiography, contrast enhanced magnetic resonance angiography and duplex ultrasound. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2002;24(4):287-92.
- Eiberg JP, Gronvall Rasmussen JB, Hansen MA, Schroeder TV. Duplex ultrasound scanning of peripheral arterial disease of the lower limb. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2010;40(4):507-12.
- Hoffman WJ, Walter J, Uğurluoğlu A, Czerny M, Fortsner R, Magometschnigg H. Preoperative high-frequency duplex scanning of potential pedal target vessels. *J Vasc Surg* 2004;39(1):169-75.
- Link J, Steffens JC, Brossman J, Graessner J, Hackethal S, Heller M. Iliofemoral arterial occlusive disease: Contrast-enhanced MR angiography for preinterventional evaluation and follow-up after stent placement. *Radiology* 1999;212(2):371-7.
- Schuermann K, Vorwerk D, Buecker A, Upenkamp R, Grosskortenhaas R, Guenther RW. Monitoring the patency of iliac artery endoluminal prostheses: Comparison of angiography and MR-angiography in an experimental study. *Cardiovasc Intervent Radiol* 1997;20:59-62.
- Hingorani A, Ascher E, Markevich N, Kallakuri S, Shutzer R, Yorkovich W, et al. A comparison of magnetic resonance angiography, contrast arteriography and Duplex arteriography for patients undergoing lower extremity revascularization. *Ann Vasc Surg* 2004;18(3):294-301.
- Rofsky NM, Johnson G, Adelman MA, Rosen RJ, Krinsky GA, Weinreb JC. Peripheral vascular disease evaluated with reduced-dose gadolinium enhanced MR angiography. *Radiology* 1997;205(1):163-9.
- Hany TF, Debatin JF, Leung DA, Pfanmutter T. Evaluation of the aortoiliac and renal arteries: comparison of breath-hold, contrast-enhanced, three-dimensional MR angiography with conventional catheter angiography. *Radiology* 1997;204(2):357-62.
- Prince MR. 3-D Contrast MR Angiography. 2nd ed. chap. 8. Germany: Springer; 1999. p.135-62.
- Joarder R, Gedroyc WM. Magnetic resonance angiography: the state of the art. *Eur Radiol* 2001;11(3):446-53.
- Vogt MT, Wolfson SK, Kuller LH. Lower extremity arterial disease and the aging process: a review. *J Clin Epidemiol* 1992;45(5):529-42.
- Ho KY, Leiner T, De Haan MW, Kessels AG, Kitslaar PJ, Van Engelshoven JM. Peripheral vascular tree stenoses: evaluation with moving bed infusion tracking MR angiography. *Radiology* 1998;206(3):683-92.
- Meaney JF, Ridgway JP, Chakraverty S, Robertson I, Kessel D, Radjenovic A, et al. Stepping-table gadolinium-enhanced digital subtraction MR angiography of the aorta and lower extremity arteries: preliminary experience. *Radiology* 1999;211(1):59-67.
- Ruehm SG, Hany TF, Pfammatter T, Schneider E, Ladd M, Debatin JF. Pelvic and lower extremity arterial imaging diagnostic performance of three dimensional contrast-enhanced MR angiography. *AJR Am J Roentgenol* 2000;174(4):1127-35.
- Snidow JJ, Johnson MS, Harris VJ, Margosi-an PM, Aisen AM, Lalka SG, et al. Three dimensional gadolinium-enhanced MR angiography for aortoiliac inflow assesment plus renal artery screening in a single breath hold. *Radiology* 1996;198(3):725-32.
- Koelmay MJ, Lijmer JG, Stroker J, Legemate DA, Bossuyt PM. Magnetic resonance angiography for the evaluation of lower extremity arterial disease. *JAMA* 2001;285(10):1338-45.

36. Gjønaess E, Morken B, Sandbaek G, Stranden E, Slagsvold CE, Jørgensen JJ, et al. Gadolinium-enhanced magnetic resonance angiography color duplex and digital subtraction angiography of the lower limb arteries from the aorta to the tibio-peroneal trunk in patients with intermittent claudication. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006;31(1):53-8.
37. Tatli S, Lipton MJ, Davison BD, Skorstad RB, Yucel EK. MR imaging of aortic and peripheral vascular disease. *Radiographics* 2003;23 Spec No:S59-78.
38. Sueyoshi E, Sakamoto I, Matsuoka Y, Ogawa Y, Hayashi H, Hashmi R, et al. Aortoiliac and lower extremity arteries: comparison of three dimensional dynamic contrast-enhanced subtraction MR angiography and conventional angiography. *Radiology* 1999;210(3):683-8.
39. Winterer JT, Laubenberger J, Scheffler K, Neumann K, Bayraktarlı YR, Allmann KH, et al. Contrast enhanced subtraction MR angiography in occlusive disease of the pelvic and lower limb arteries. Results of a prospective intraindividual comparative study with digital subtraction angiography in 76 patients. *J Comput Assist Tomogr* 1999;23(4):583-9.
40. Poon E, Yucel EK, Pagan-Marin H, Kayne H. Iliac artery stenosis measurements: comparison of two dimensional time of flight and three dimensional dynamic gadolinium enhanced MR angiography. *AJR Am J Roentgenol* 1997;169(4):1139-44.
41. Lenhart M, Djavidani B, Völk M, Strotzer M, Manke C, Requardt M, et al. [Contrast medium-enhanced MR angiography of the pelvic and leg vessels with an automated table-feed technique]. *Rofo* 1999;171(6):442-9.
42. Owen RS, Carpenter JP, Baum RA, Perloff LJ, Cope C. Magnetic resonance imaging of angiographically occult runoff vessels in peripheral arterial occlusive disease. *N Eng J Med* 1992;326(24):1577-81.