

Klinik Olarak Anlamlı Karotis Arter Stenozlarının Değerlendirilmesinde Renkli Doppler Görüntüleme, Manyetik Rezonans Anjiyografi ve Dijital Subtraksiyon Anjiyografi Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Comparison of Color Doppler Ultrasound Imaging and Magnetic Resonance Angiography with Digital Subtraction Angiography in Clinically Significant Carotid Artery Stenosis

Ebru Düşünceli Atman¹, Evren Üstüner¹, Çağlar Uzun¹, Hasan Özcan², İlhan Erden¹, Tanzer Sancak³, Umman Sanlıdilek¹

¹ Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara

² Özel Ultrasonografi ve Renkli Doppler Görüntüleme Merkezi, Ankara

³ Özel TOBB ETÜ Hastanesi, Radyoloji Bölümü, Ankara

Amaç: Bu çalışmada renkli Doppler ultrasonografi (RDUS) ve kontrastlı 3 boyutlu manyetik rezonans anjiyografisinin (MRA) karotis arter stenozu tanısında referans inceleme yöntemi olan dijital subtraksiyon anjiyografisi (DSA) ile karşılaştırılması ve tanılabilirliklerinin araştırılması amaçlandı.

Gereç-Yöntem: Klinik ve laboratuvar bulguları ile karotis arter stenozu ön tanısı olan, yaşları 33-80 arasında değişen (ortalama 55.85), 15'i erkek, 5'i kadın toplam 20 olgu çalışmaya dahil edildi. Her olguda ana, eksternal ve internal karotis arterler olmak üzere 6 arter segmenti incelendi. Olguların tümüne RDUS, 18 olguya DSA ve 16 olguya MRA yapıldı. Ondört olguda ise her üç inceleme de gerçekleştirildi. Stenoz derecelerine göre olgular %0-39, %40-59, %60-79, %80-99 ve oklüzyon olmak üzere 5 gruba ayrıldı. Ayrıca NASCET'e göre kritik stenoz değeri olan %70'e göre olgular, %70 ve üzeri ile %70'in altı olmak üzere 2 gruba ayrıldı. RDUS ve MRA sonuçları altın standart yöntem olan DSA sonuçları karşılaştırılarak her iki incelemenin karotis arter stenozunu saptamadaki duyarlılık, özgüllük ve uyumları McNemar, kappa ve Spearman's korelasyon testleri ile belirlendi.

Bulgular: Çeşitli stenoz derecelerinde RDUS'nin duyarlılığı %100, özgüllüğü %95.3-99.1, MRA'nın duyarlılığı %100, özgüllüğü ise %98.6-100; oklüzyonda ise RDUS'nin duyarlılığı %100, özgüllüğü %99.1, MRA'nın duyarlılığı %100, özgüllüğü %100 olarak saptandı. Her iki inceleme ile DSA arasında mükemmel uyum (RDUS için $\kappa=0.86-0.92$, MRA için $\kappa=0.95-1$) ve kuvvetli pozitif korelasyon (RDUS için $r=0.92$, MRA için $r=1$) saptandı. Kritik stenoz değeri olan %70 ve üzerine göre yapılan sınıflandırmaya göre RDUS'nin duyarlılığı %100, özgüllüğü %94.8 olarak bulundu. Ayrıca RDUS ile DSA arasında yüksek uyum saptandı ($\kappa=0.80$). MRA'nın ise duyarlılığı %100, özgüllüğü ise %97.3 olarak bulunurken DSA ile arasındaki uyum derecesi mükemmel olarak saptandı ($\kappa=0.89$).

Sonuç: Noninvazif, iyonize radyasyon ve arteriyel kateterizasyona bağlı riskler taşımayan RDUS ve MRA, karotis arter stenozu şüphesi olan olgularda, yüksek duyarlılık ve özgüllük değerleri ile DSA'ya alternatif olarak güvenle kullanılabilir.

Anahtar Sözcükler: *Karotis Stenozu, Doppler Ultrasonografi, MR Anjiyografi, Kateter Anjiyografi*

Aim: In this study, we aimed to compare the color Doppler ultrasonography (CDUS) and three-dimensional contrast-enhanced magnetic resonance angiography (MRA) with digital subtraction angiography (DSA) which is the reference method in diagnosis of carotid artery stenosis and to compare the diagnostic efficiency of these two non-invasive methods.

Materials and Methods: The study encompassed 20 (15 males and 5 females) consecutive patients with a mean age of 55.85, who were admitted to Radiology Department with the symptoms of carotid artery stenosis. In each patient, 6 arterial segments were examined separately (left and right common, external and internal carotid arteries). While RDUS was conducted in all patients, 18 patients underwent DSA, and 16 patients underwent MRA. In 14 patients, all three methods were performed. According to stenosis levels, patients were divided into 5 groups which were 0-39%, 40-59%, 60-79%, 80-99% and total occlusion. Additionally, patients were categorized into two groups according to critical stenosis value of 70% (70% and above, and below 70%). DSA was considered as the gold standard method. McNemar, kappa, and Spearman's statistical tests were employed to calculate the sensitivity and specificity of CDUS and MRA, and correlation of those with DSA.

Results: In different stenosis levels, the sensitivity and specificity of RDUS were 100% and 95.3-99.1% where, the sensitivity and specificity of MRA were 100% and 98.6-100% respectively. For occlusion the sensitivity and specificity for RDUS were 100% and 99.1 and the sensitivity and specificity of MRA were 100% and 100% respectively. There was a perfect correlation (for RDUS $\kappa=0.86-0.92$, for MRA $\kappa=0.95-1$) and significant positive correlation (for RDUS $r=0.92$, for MRA $r=1$). between DSA and other to methods. Reporting the critical stenosis value of 70%, the sensitivity of RDUS were 100% and 94.8. Also there was a high correlation ($\kappa=0.80$) between RDUS and DSA, the sensitivity and specificity of MRA were 100% and %97.3 respectively in diagnosing clinically significant stenosis (70% and above), and also kappa correlation with DSA was perfect ($\kappa=0.89$).

Conclusion: The noninvasive methods of RDUS and MRA, with their high sensitivity and specificity values and lack of risks related to ionizing radiation and arterial catheterization, can be used effectively in detecting and grading the carotid artery stenosis as an alternative to DSA.

Key Words: *Carotid Stenosis, Doppler Ultrasonography, MR Angiography, Catheter Angiography*

Geliş tarihi: 11.11.2014 • Kabul tarihi: 12.12.2014

İletişim

Uz. Dr. Ebru Düşünceli Atman
Tel: 0 312 508 21 63
GSM: 0532 511 78 08
E-posta: ebrumd2001@yahoo.com
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı

Ateroskleroza bağlı serebrovasküler patolojiler dünyada ölüm nedenleri arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Akut inme olgularının yaklaşık %20'si fatal olup %55'i ise uzamış ya da geri dönüşü olmayan sekellerle karşı karşıya kalmaktadır (1,2). Tedavi görmemiş transient iskemik atak (TİA) ya da persistan nörolojik defisiti olan inme olguları yeni bir serebrovasküler olay gelişimi açısından asemptomatik popülasyona göre 15-20 kat daha fazla risk taşımaktadır. Transient ya da kalıcı serebral iskemisinin ancak 1/5'inden kalp kaynaklı tromboemboliler sorumlu olup 4/5'i ise ateroskleroza bağlıdır (3). Kalıcı fonksiyon kaybına yol açan serebrovasküler iskemik olayların %25'inin ekstrakraniyal karotis arterlerde gelişmiş aterosklerotik plakların komplikasyonu olarak karşımıza çıkması, bu aterosklerotik lezyonların cerrahi tedavisini mümkün kılmaktadır (2,3). Tedavi seçenekleri arasında cerrahi (venöz veya sentetik greftin kullanılabilirdiği tromboendarterektomi) yanı sıra girişimsel radyolojik tedavi yöntemleri (perkütan translüminal anjiyoplasti (PTA) ve stent uygulaması) sayılabilir (3).

Hastaya en fazla yarar sağlayacak tedavinin planlanabilmesi için öncelikle patolojinin doğru bir şekilde ortaya konması gerekmektedir. Karotis endarterektomi kararının verilmesinde en önemli faktörler hastanın klinik semptomatolojisi ve karotis arterdeki stenozun derecesidir. Bu nedenle stenoz derecesinin doğru bir şekilde ölçülmesi büyük önem taşımaktadır. İki geniş kapsamlı randomize çalışma olan "the North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial" (NASCET) ve "the European Carotid Surgery Trial" (ECST) çalışmaları ile %70'in üstünde ciddi stenozu olan olgularda karotis endarterektominin yarar sağladığı, inme ve ölüm riskini azalttığı kanıtlanmıştır (4-7). Kateter anjiyografi ya da dijital subtraksiyon anjiyografi (DSA), karotis arter stenoz ve oklüzyonlarının tanısında,

"altın standart" yöntem olmakla birlikte invazif olması, rölatif olarak yüksek mortalite-morbiditesi (%1-4) ve yüksek maliyeti nedeniyle tarama yöntemi olmaktan uzaktır. İnme ve TİA riskinin DSA sonrası %0.4-2 oranında olduğu bildirilmektedir (8-13). Hatta DSA'dan sonra belirgin bir nörolojik komplikasyonu olmayan hastalarda bile mikroembolilere bağlı minör asemptomatik infarktlar geliştiği gösterilmiştir (14). DSA ile ilişkili bu problemler son yıllarda renkli Doppler ultrasonografi (RDUS) ve manyetik rezonans anjiyografi (MRA) gibi alternatif görüntüleme yöntemlerinin daha çok tercih edilmesine neden olmuştur. MRA ve RDUS noninvazif ve radyasyon içermeyen yöntemler olup teknolojik gelişmeler sayesinde tarama testi olarak kullanılabilir hale gelmiştir. Bu noninvazif teknikler gerek tek başlarına gerekse birbirlerini tamamlayıcı olarak kullanıldıklarında karotis arter stenozlarının tespitinde radyologa ve cerraha yararlı bilgiler vermekte olup gereksiz anjiyografilerin büyük bir kısmını önleyebilmektedir. Ancak kateter anjiyografi, bilinen üstünlükleri dolayısı ile günümüzde halen referans inceleme yöntemi olmayı sürdürmektedir. Ayrıca seçilmiş olgularda DSA kılavuzluğunda yapılan girişimsel radyolojik işlemlerle (PTA ya da stent uygulaması gibi) cerrahiye gerek kalmaksızın tedavi sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada semptomatik hastalarda RDUS ve kontrastlı 3 boyutlu MRA teknikleri ile elde edilen karotis arter stenoz oranlarının, DSA sonuçları ile karşılaştırılması ve bu iki noninvazif yöntemin tanılabilirliği ve doğruluğunun araştırılması amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Baş ağrısı, TİA öyküsü, hemipleji, hemiparezi, hemihipoestezi, geçici görme kaybı, dengebozukluk, vertigo tanımlayan ve klinik olarak karotis arter stenozu şüphesi ile başvurarak Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı'na refere

edilen 20 ardışık olgunun DSA, RDUS ve 3 boyutlu MRA incelemeleri prospektif olarak incelendi. Her bir olguda sağ ve sol ana karotis arter (AKA), sağ ve sol internal karotis arter (İKA) ve sağ ve sol eksternal karotis arter (EKA) olmak üzere toplam 6 arter segmenti incelendi. Olguların tümü RDUS ile incelenirken 2 olguya böbrek fonksiyonlarının yüksek olması nedeniyle DSA, 4 olguya ise klastrofobi nedeniyle MRA yapılamadı. Dolayısıyla RDUS ile 120 karotis arter (n=20 olgu), DSA ile 108 karotis arter (n=18 olgu) ve MRA ile 96 karotis arter (n=16 olgu) incelendi. On dört olguda (84 karotis arter) ise her üç görüntüleme metodu ile inceleme yapıldı. İncelemelerin hepsi optimal kalitede olup değerlendirmeyi güçleştirebilecek teknik ya da hasta kaynaklı artefakt kaydedilmedi. Tüm olgular her bir tetkik öncesinde ayrıntılı olarak değerlendirildi ve onamları alındı. Her üç inceleme sonuçları da, 3 ayrı radyolog tarafından birbirinden bağımsız ve diğer incelemelerin sonuçlarından habersiz (kör) olarak değerlendirildi.

Sonografik inceleme Toshiba SSA 270A ve 380A, Power vision (Toshiba Cooperation, Tokyo, Japan) RDUS cihazları ile 7.5 MHz'lik lineer prob kullanılarak yapıldı. Cihaz filtre ve kazanç ayarları artefakt oluşturmayacak ve en ayrıntılı bilgiyi elde edecek şekilde ayarlandı. Spektrum modunda hız ölçümlerinde Doppler açıları 30°-60° arasında olacak şekilde ayarlandı. İncelemeye sağda trunkus brakioyosefalikus, solda klavikula düzeyinden başlanarak kranyale doğru sırayla AKA, ayrışım düzeyi, İKA ve EKA'lar incelendi.

Renk modunda damarda akımın lümeni doldurma paterni, plak saptanan bölgelerde jet veya türbülans akım varlığı ve darlık bölgesinde rezidüel lümen çapının o bölgedeki total damar çapına oranlanması ile stenoz dereceleri belirlendi. Spektral incelemede uygun Doppler açısı ayarlanarak stenotik alanda pik sistolik hız, diyastol sonu hız değerleri ölçüldü ve İKA/AKA pik sistolik ve

diyastol sonu hız oranları hesaplandı. Yapılan spektral stenoz değerlendirmeleri Moneta ve ark.'nın literatürde sunduğu değerlendirme parametrelerine göre düzenlendi (15).

Oklüzyon tanısı ise; gri skalada lümen ekojenitesinde artış, renkli ve Power Doppler'de renk modu ve spektral incelemede akım saptanmaması, tıkanıklığın proksimalindeki İKA

bölümü ve AKA'da karşı tarafla kıyaslandığında yüksek dirençli, düşük hızlı hatta diyastolik komponenti negatif yönde akım örnekleri alınması esasına dayanarak konuldu.

MRA, 1.5 Tesla Signa Horizon görüntüleme sisteminde (GE Medical Systems, Milwaukee, Wisconsin, USA), "three-dimensional fast spoiled gradient recalled echo" (3D-

FSPGR) puls sekansı kullanılarak, arkus aortadan karotis sifonuna kadar koronal planda elde edildi. Kontrast madde otomatik power enjektör (Medrad, Spectris) yardımı ile antekubital venden belirli hız ve dozda verildi. Kullanılan parametreleri içeren görüntüleme protokolü Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1: Kontrastlı karotis arter 3 boyutlu MRA incelemesinde kullanılan parametreler

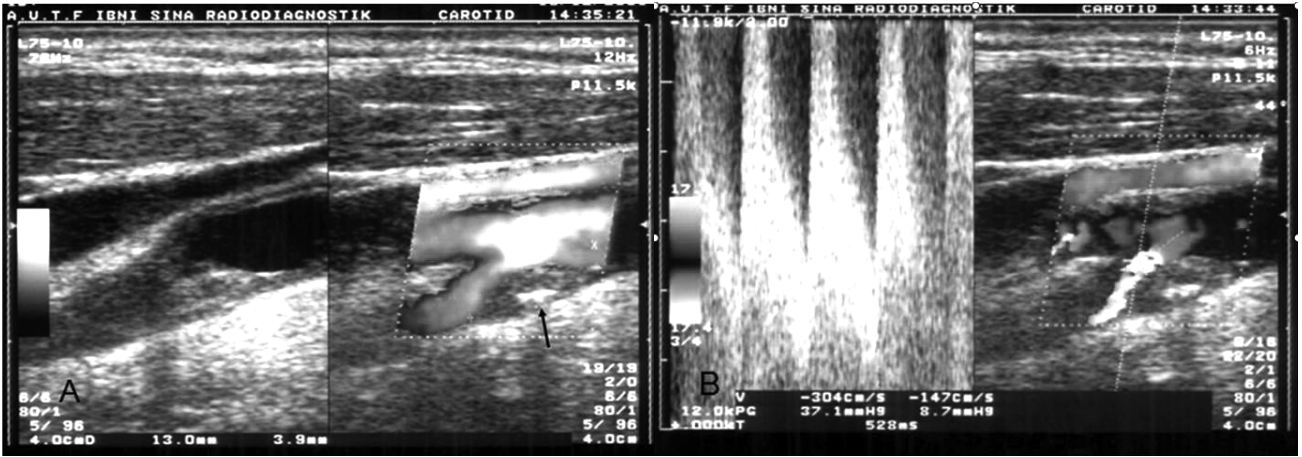
Puls sekansı	3D-FSPGR
Görüntüleme düzlemi	Koronal
Koil tipi	"NVARRAY" (nörovasküler array)
TR (time to repeat) (ms)	4
TE (time to echo) (ms)	1.6-2
Flip angle (sapma açısı)	30°
FOV (cm)	32x19
Kesit kalınlığı (mm)	2.4-3
Slab (görüntüleme) hacmi	Optimize
Matriks	256x128
Kesit sayısı	76
NEX (eksitasyon sayısı)	0.75
Süre (s)	9-11
Kontrast miktarı (mL)	20
Enjeksiyon hızı (mL/s)	2.5

Bolus test uygulamasına gerek kalmadan sistem yazılımında mevcut olan "smart prep" otomatik tetikleme fonksiyonu ile AKA ayrışım yeri düzeyinde intralümenal işaretleme yapılarak kontrast maddenin karotis arterlerde optimal düzeyde yakalanması sağlandı. İnceleme esnasında hastalara nefes tuturulmadı. Toplam 40 saniye süren sekansta, 9-11 saniye içinde elde edilen ham görüntülerden multiplanar reformasyon ile maksimum intensite projeksiyon (MİP) görüntüler oluşturuldu. Değerlendirmeyi güçleştirecek derecede venöz dönüş kaydedilmedi.

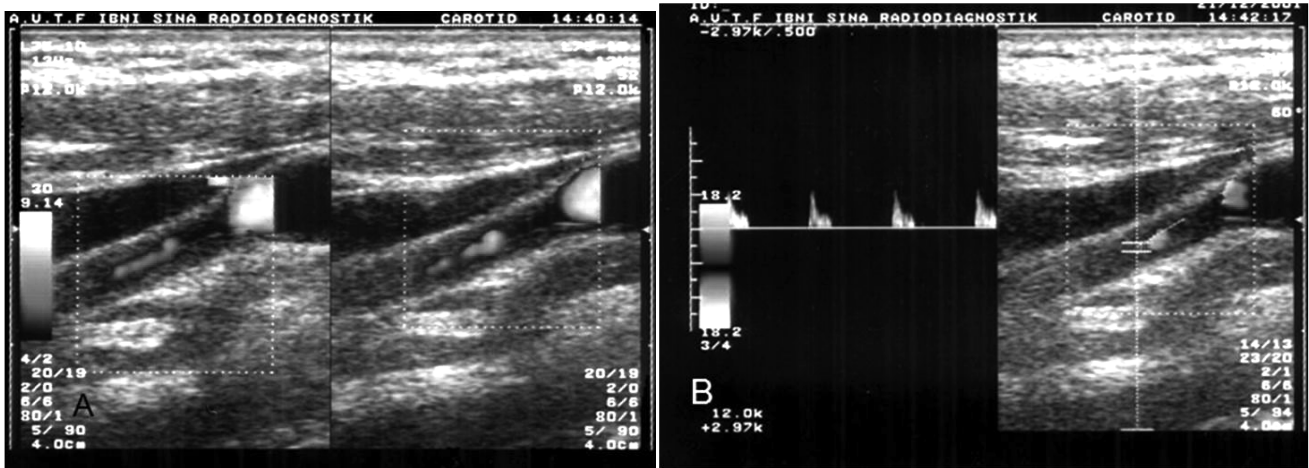
Kateter anjiyografi tetkiki DSA ünitesinde (Multistar T.O.P. Siemens Medical Systems, Erlangen, Germany) gerçekleştirildi. Olgularda femoral arter yolu kullanılarak öncelikle arkus aortografi

gerçekleştirildi. Sol anterior oblik ve sağ anterior oblik projeksiyonlarla supraaortik ana arterlerin çıkış düzeyleri değerlendirildi. Daha sonra Simmons serebral kateter (SIM 1, Torcon NB Advantage, Williamcook, EuropeA/S, Bjaeverskov) ile bilateral karotis arterler selektif olarak kateterize edilip saniyede 2 görüntü alarak, lateral ve oblik olmak üzere en az iki projeksiyonda imaj elde edildi. İncelemelerde non-iyonik iyotlu kontrast madde kiloya uygun dozda (maksimum doz 100 mL) otomatik enjeksiyon cihazı ile verildi. Stenoz derecesi kateter ve MR anjiyogramlarda NASCET yöntemine göre, yani maksimum stenotik alandaki rezidüel lümen çapının bu düzeyin distalinde damar duvarlarının paralel duruma geldiği normal damar çapına oranı şeklinde hesaplandı (4,5,16).

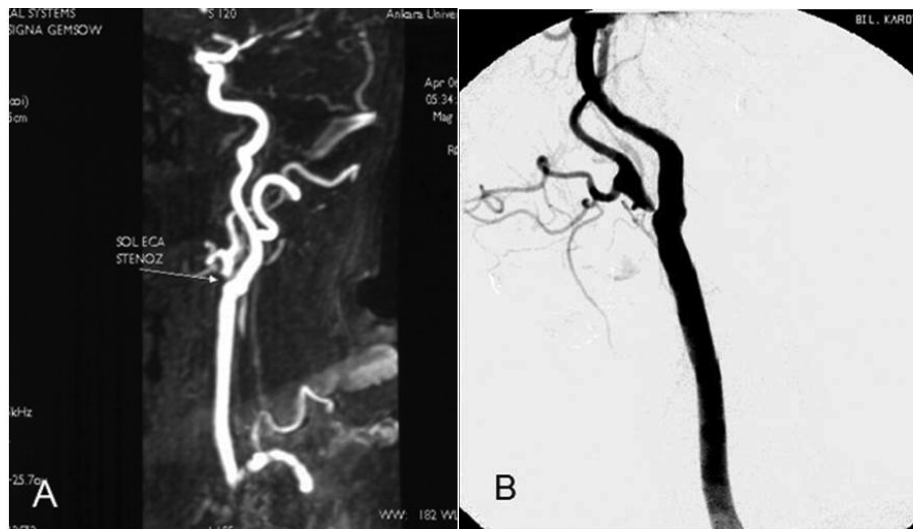
Saptanan patolojiler stenoz ve oklüzyon olarak 2 ana gruba ayrıldı. Stenoz grubu da %0-39, %40-59, %60-79 ve %80-99 olmak üzere 4 alt gruba ayrılarak değerlendirildi. RDUS'de darlığa neden olmadığı saptanan plaklar, intimal kalınlaşmalar ile anjiyografide saptanan, darlığa neden olmayan duvar düzensizlikleri ve normal olarak değerlendirilen arterler %0-39 grubuna dahil edildi. Diğer patolojiler her bir incelemede ayrı ayrı ölçülerek neden oldukları darlık derecesine göre sınıflandırıldı. Ayrıca NASCET'e göre kritik stenoz değeri olarak kabul edilen %70 ve üzeri darlıklar ile %70 altı darlıklara göre de ayrı bir sınıflandırma yapıldı (Şekil 1-4).



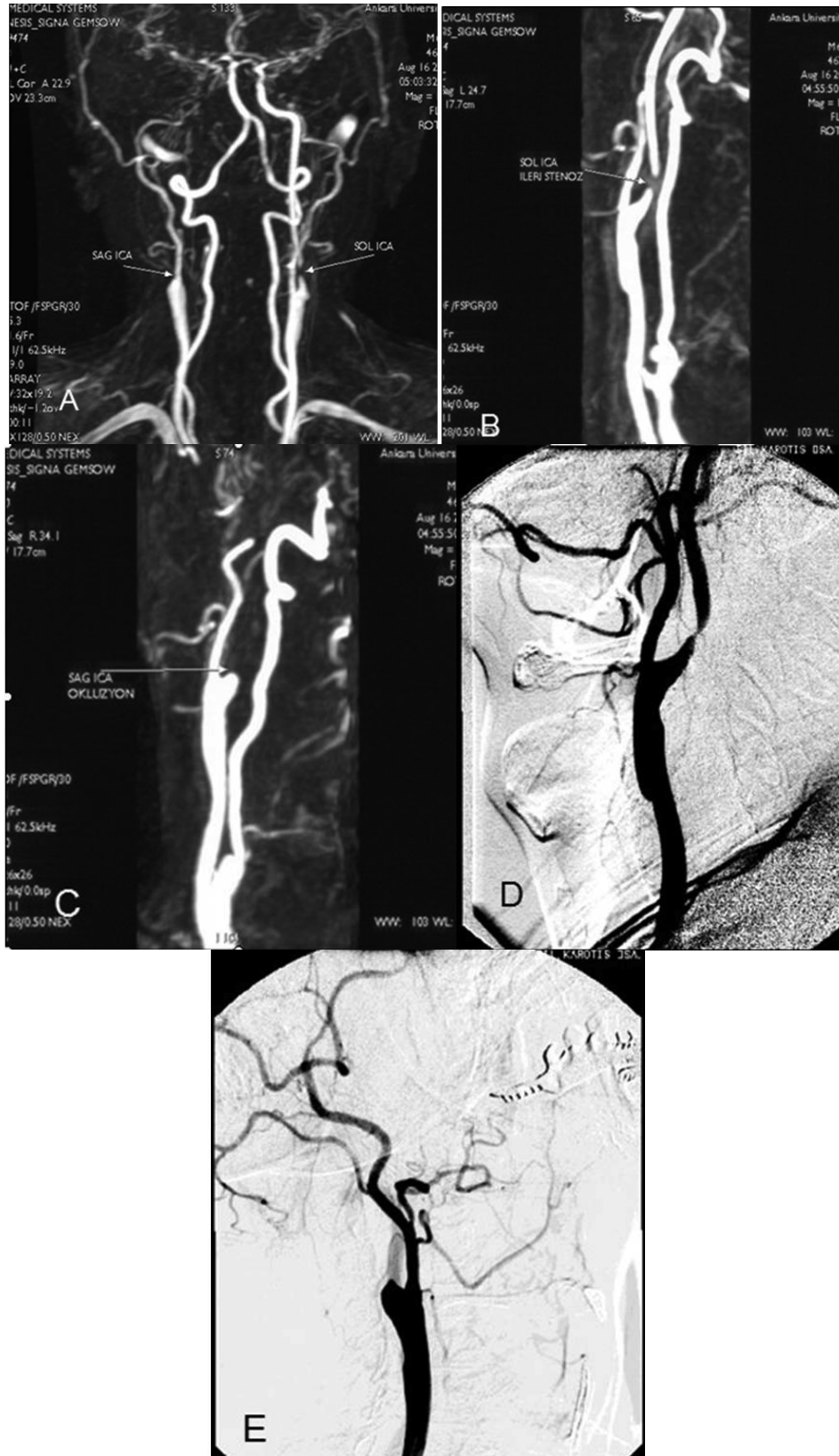
Şekil 1: Karotis bifurkasyon düzeyinde posterior duvarda, internal karotis artere uzanım gösteren, kısmen kalsifik aterosklerotik plak (ok) izlenmektedir (A). Spektral analizde plağın internal karotis arterde %80'in üzerinde lümen daralmasına yol açtığı (şiddetli stenoz) görülüyor (sistolik akım hızı 304 cm/sn, diastolik akım hızı 147 cm/sn).



Şekil 2: İnternal karotis arterde power Doppler'de (A) arter lümeninde çok zayıf akım ve spektral analizde (B) ise oldukça düşük hızlarda, basıklaşmış akım deseni görülmektedir (preoklüziv stenoz).



Şekil 3: Üç boyutlu MRA sagittal MİP görüntüsünde (A) ve aynı olguya ait kateter anjiyogramda (B) eksternal karotis arterde ileri derecede stenoz izlenmektedir.



Şekil 4: Koronal (A) ve sagittal (B, C) MİP MR anjiyogramlarda sağ internal karotis arterin ayrışım düzeyinden kısa bir segment sonra tam olarak tıkanıldığı izlenmektedir. Ayrıca sol internal karotis arter proksimal kesiminde ileri derecede stenoza işaret eden sinyal kaybı mevcuttur. Aynı olguya ait DSA görüntülerinde (D,E) MRA bulguları konfirme edilmektedir

İstatistiksel Analiz

Çalışmamızda DSA incelemesi altın standart yöntem kabul edildi. Çeşitli stenoz derecelerindeki RDUS ve MRA sonuçları, referans yöntem DSA ile karşılaştırılarak her iki incelemenin karotis arter stenozunu saptamadaki duyarlılık, özgüllük ve uyumları McNemar, kapa ve Spearman's korelasyon testleri ile belirlendi. 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 düşük uyuma işaret etmekte idi. Ayrıca kritik stenoz değeri olan %70'e göre yapılan sınıflandırmaya göre de DSA ile RDUS ve MRA sonuçları karşılaştırılarak duyarlılık ve özgüllükleri belirlendi.

BULGULAR

Çalışmaya toplam 20 olgu dahil edildi. Olguların 15'i erkek, 5'i kadın olup yaşları 33-80 arasında değişmekteydi (yaş ortalaması 55.85). Olguların hiçbirinde görüntüleme sırasında veya sonrasında herhangi bir komplikasyon gelişmemiştir.

DSA ile incelenen 18 olgudaki 108 karotis arterin 86'sı (%79.7) normal olarak değerlendirilirken, 22'si (%20.3) patolojik bulundu. Patoloji saptanan arterlerin 16'sında (%72.7) stenoz, 6'sında (%27.3) oklüzyon söz konusu idi. Stenozların 13'ü İKA'da, 3'ü EKA'da belirlendi. AKA'da hemodinamik bozukluğa yol açan stenoz saptanmadı. Stenoz oranları göz önüne alındığında, patolojilerin 6'sı (%27.2) %40-59 grubunda, 5'i (%22.7) %60-79 grubunda ve 5'i de (%22.7) %80-99 grubunda belirlendi. Oklüzyonların hepsi İKA'da idi (5'i sağda, 1'i solda).

RDUS ile incelenen 120 arterin (n=20 olgu) 92'si (%76.7) normal olarak

değerlendirilirken, 28'inde (%23.3) patoloji saptandı. Patolojik arterlerin 7'sinde (%25) oklüzyon, 21'inde (%75) stenoz belirlendi. Stenozlardan 3'ü AKA'da, 3'ü EKA'da, 15'i ise İKA'da idi. Stenoz oranları göz önüne alındığında, patolojilerin 6'sı (%21.4) %40-59 grubunda, 6'sı (%21.4) %60-79 grubunda ve 9'u da (%32.1) %80-99 grubunda belirlendi.

MRA ile incelenen 16 olguya ait 96 arterin 76'sı (%79.2) normal, 20'si (%20.8) patolojik olarak değerlendirildi. Stenozların 3'ü EKA'da, 12'si ise İKA'da idi. Stenotik arterlerin 5'i (%25) %40-59 grubunda, 4'ü (%20) %60-79 grubunda, 6'sı (%30) %80-99 grubunda saptanırken, 5'i ise (%25) oklüzif olarak değerlendirildi.

Bu bulguların ışığında, iki non-invazif metodun (RDUS ve MRA) saptadığı sonuçların DSA'ya göre dağılım ve uyumlulukları Tablo 2 ve 3'te, birbirleri ile dağılım ve uyumlulukları ise Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 2: Karotis arter patolojilerinin RDUS ve DSA'ya göre dağılım ve uyumlulukları

RDUS'de saptanan stenoz dereceleri (%)	DSA'da saptanan stenoz dereceleri (%)				
	0-39	40-59	60-79	80-99	100
0-39	82	-	-	-	-
40-59	4	2	-	-	-
60-79	-	3	3	-	-
80-99	-	1	2	4	-
100	-	-	-	1	6

Tablo 3: Karotis arter patolojilerinin MRA ve DSA'ya göre dağılım ve uyumlulukları

MRA'da saptanan stenoz dereceleri (%)	DSA'da saptanan stenoz dereceleri (%)				
	0-39	40-59	60-79	80-99	100
0-39	66	-	-	-	-
40-59	-	5	-	-	-
60-79	-	1	3	-	-
80-99	-	-	-	5	-
100	-	-	-	-	4

Tablo 4: Karotis arter patolojilerinin MRA ve RDUS'ye göre dağılım ve uyumlulukları

RDUS'de saptanan stenoz dereceleri (%)	MRA'da saptanan stenoz dereceleri (%)				
	1-39	40-59	60-79	80-99	100
1-39	72	-	-	-	-
40-59	4	2	-	-	-
60-79	-	2	2	-	-
80-99	-	1	2	5	1
100	-	-	-	1	4

DSA ve RDUS ile incelenen 108 arterin 97'sinde (%89.8) RDUS sonuçları DSA ile uyumlu bulunurken, 11'inde (%10.2) farklı sonuç vermiştir.

DSA ve MRA ile incelenen 84 arterin 83'ünde (%98.8) MRA sonuçları DSA ile uyumlu bulunurken 1'inde (%1.2) farklı sonuç saptanmıştır.

Üç yöntemin de kullanıldığı 14 olguya (84 arter) ait sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, 84 arterin 73'ünde (%86.9) her 3 yöntemle aynı sonuçlar belirlenirken, 11'inde (%13.1) farklı sonuca ulaşılmıştır. Buna göre; lezyonları saptamada DSA ile RDUS %89.8, DSA ile MRA %98.8, MRA ile RDUS %88.5 uyumlu bulunmuştur.

Bu değerlerden yola çıkarak McNemar ve kappa testleri ile her bir stenoz derecesi için duyarlılık ve özgüllük hesaplandı. Buna göre RDUS için hesaplanan değerler Tablo 5'te, MRA için hesaplanan değerler ise Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 5: RDUS için hesaplanan duyarlılık, özgüllük, pozitif prediktif değer (PPD), negatif prediktif değer (NPD), κ ve p değerleri

Stenoz Oranları (%)	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	PPD	NPD	κ	P
0-39	100	95.3	84.6	100	0.89	<0.001
40-59	100	95.7	80	100	0.87	<0.001
60-79	100	96.9	78.6	100	0.86	<0.001
80-99	100	99	85.7	100	0.92	<0.001
Oklüzyon	100	99.1	85.7	100	0.91	<0.001

Tablo 6: MRA için hesaplanan duyarlılık, özgüllük, pozitif prediktif değer (PPD), negatif prediktif değer (NPD), κ ve p değerleri

Stenoz Oranları (%)	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	PPD	NPD	κ	P
0-39	100	100	100	100	1	<0.001
40-59	100	98.6	92.3	100	0.95	<0.001
60-79	100	100	100	100	1	<0.001
80-99	100	100	100	100	1	<0.001
Oklüzyon	100	100	100	100	1	<0.001

Farklı stenoz derecelerinde RDUS'nin ve MRA'nın duyarlılığının %100; RDUS'nin özgüllüğünün %95.3-%99.1, MRA'nın özgüllüğünün ise %98.6-%100 arasında değişmekte olduğu saptandı. Ayrıca her bir stenoz ve oklüzyon grubunda RDUS ile DSA arasındaki uyum derecesi kappa istatistiksel analizi ile hesaplandığında mükemmel olarak belirlendi ($\kappa=0.86-0.92$). Aynı şekilde kappa istatistiksel analizi ile MRA ve DSA arasında da mükemmel uyum saptandı ($\kappa=1$).

Spearman's korelasyon testinde her bir inceleme için birbirleri ile karşılaştırıldıklarında kuvvetli pozitif korelasyon belirlendi ($p < 0.001$). En güçlü korelasyon DSA ile MRA arasında saptandı ($r=1, p < 0.001$).

NASCET'e göre kabul edilen kritik stenoz değeri olan %70' göre tüm sonuçlar %70 ve üzeri ile %70'in altı

olarak tekrar sınıflandırıldığında ise, %70 ve üzeri için RDUS'nin duyarlılığı %100, özgüllüğü %94.8 olarak bulundu. Ayrıca iki test arasında yani RDUS ile DSA arasında yüksek uyum saptandı ($\kappa=0.80, p<0.001$). MRA'nın ise duyarlılığı %100, özgüllüğü ise %97.3 olarak bulunurken DSA ile arasındaki uyum derecesi mükemmel olarak saptandı ($\kappa=0.89, p<0.001$).

TARTIŞMA

Karotis endarterektomi öncesi preoperatif olarak karotis arter stenozlarının ve serebrovasküler dolaşımın değerlendirilmesinde DSA, halen "altın standart" görüntüleme yöntemi olma özelliğini korumaktadır. Ancak invazif bir yöntem olmasının yanı sıra, maliyetinin ve tecrübeli kişilerce yapılmadığı takdirde komplikasyon oranının nispeten yüksek olması,

noninvazif ve tarama testi olarak kullanılabilecek yeni görüntüleme yöntemlerine ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Direkt ya da indirekt yöntemler olarak sınıflandırılacak bu yöntemler arasında günümüzde en çok kullanılanları RDUS ve MRA'dır. RDUS ve MRA tekniklerinde son yıllarda kaydedilen gelişmeler karotis arter patolojilerinin tanımlanmasında söz konusu incelemelerin de önemli katkısı olabileceğini göstermektedir. DSA artık günümüzde bir tarama yöntemi olmaktan çok, noninvazif görüntüleme yöntemleri ile incelenmiş olguların tedavi planlanmasında ve/veya girişimsel tedavi işlemlerine rehberlik amacıyla kullanılmaktadır.

RDUS, ekstrakraniyal karotis arter hastalığının değerlendirilmesinde semptomatik hastalarda ilk tanı testi, asemptomatik hastalarda ise tarama testi olarak kullanılan noninvazif bir

görüntüleme yöntemidir (17-23). Birçok çalışmada, çeşitli Doppler kriterleri esas alınmasına rağmen, RDUS'nin doğruluk oranının %90'ın üzerinde olduğu bildirilmektedir (21,22). RDUS, aterosklerozun tüm aşamalarını, preklinal intimal-medial kalınlaşmadan total oklüzyona kadar çok başarılı ve doğru bir şekilde ortaya koymaktadır (19,22,24). Alerji, böbrek yetmezliği gibi nedenlerle kontrast verilemeyen hastalarda güvenli bir şekilde kullanılabilir. Nispeten ucuz, tecrübeli kişilerce yapıldığında güvenilir, duyarlılığı ve özgüllüğü yüksek bir inceleme olup plak karakterizasyonu ve akım değişikliklerinin incelenmesinde anjiyografiye üstündür (1,19,24). Çalışmalarda stenozun derecesi karotis endarterektomiye seçilecek hastaların belirlenmesinde tek başına ayırtıcı bir faktör kabul edilmesine rağmen, artuk plak morfolojisinin de bu açıdan önemli bir faktör olduğu ileri sürülmektedir (1,19). Hemodinamik olarak anlamlı stenoza yol açması da, heterojen plaklar emboliye ve akut trombozise yol açabilmektedir. Plak içi kanama, fissür ve ülserasyon, plağın rüptürüne yol açarak hastaların semptomatik hale gelmesine neden olmaktadır. Bu tip hastaların da karotis endarterektomiden yarar sağlayabileceği öngörülmekte olup, plak karakterizasyonunu en iyi şekilde gösteren RDUS'nin de önemini arttırmaktadır (1,19). Ayrıca aterosklerotik plak volümünün 3 boyutlu olarak gösterildiği US çalışmaları da mevcuttur (25,26).

Tortüyoze damarlarda uygun açı verme sorunu, küçük ülserasyonların gözden kaçması ya da geniş ülserasyonların normal lümen gibi değerlendirilmesi nedeniyle stenoz derecesinin olduğundan düşük ölçülmesi, yüksek dereceli stenozların oklüzyon gibi değerlendirilmesi, kalsifik plağın oluşturduğu akustik gölgelenme, parametre seçimlerinde farklılıklar, operatöre bağımlılık, cihaza bağlı teknik farklar yöntemin sınırlamalarını oluşturmaktadır (1,17,18-24, 27-29). Çalışmamızda DSA'da kritik stenozu (%80-99) olan

1 arter, RDUS'de akım saptanmaması nedeniyle oklüzyon olarak yorumlanmıştır (yanlış pozitif). Ayrıca 10 arter segmentinde ise RDUS'de saptanan stenoz oranları DSA'ya göre daha yüksek bulunmuştur. Buna göre farklı stenoz derecelerinde duyarlılık %100, özgüllük ise %95.3-99.1 olarak saptanmış olup istatistiksel olarak anlamlıdır. Kappa analizinde ise RDUS ile DSA arasında mükemmel uyum kaydedilmiştir ($\kappa=0.86-0.92$). Yine RDUS'de oklüzyon ya da yüksek dereceli stenozun kontralateralindeki lezyonun olduğundan daha abartılı ölçülmesi olarak tanımlanan "overestimation fenomeni" de bilinmediği takdirde yanlış pozitif sonuçlara yol açabilecek bir sınırlamadır (21,24). Bu fenomen, yüksek stenoz ya da oklüzyonun karşı tarafında, damar çapı değişmeden kompensatuar akım artışının hız yükselmesine neden olması şeklinde açıklanmaktadır (21). Çalışmamızdaki 6 oklüziv lezyonun 2'sinde kontralateral lezyon saptanmış olup biri kritik stenoz diğeri ise orta derecede stenoza işaret etmekteydi. Bu olgularda sonografik olarak İKA/AKA hız oranlamasının kullanımı doğru ölçümü sağlamış olup sonuçlar DSA ile korele idi. Buradan çıkartılması gereken sonuç, RDUS incelemesi sırasında, stenotik bir plak ile karşılaşıldığında pik sistolik hız ve diyastol sonu hızın yanı sıra, İKA/AKA oranının gözardı edilmemesidir. Çünkü bu oran akımı kısıtlayan kritik stenozların belirlenmesinde yardımcıdır ve difüz olarak tüm karotis arterlerinde yüksek hız değerleri ölçülen hastalarda yanlışlıkla stenoz tanısının konulmasını önler (21).

Ülkemizde henüz kullanılmamakla birlikte literatürde karotis arter stenozlarında kontrastlı US ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Kontrastlı US'nin vasküler çalışmalarda 2 önemli avantajı mevcuttur. Birincisi, AKA'nın adventisya tabakasında neovaskülarizasyon olup olmadığını saptayabilmesidir ki, bu bulgu erken dönem aterosklerozun bulgusu olan intima-media kalınlaşmasını göstermektedir. İkincisi, kontrastlı

US'nin, plak içi neovaskülarizasyonu tespit ederek plak morfolojisini kantifiye etmek için kullanılabilirliği. Plak içi neovaskülarizasyonla kardiyovasküler patolojiler (miyokard infarktüsü, TIA, inme) arasında direkt korelasyon mevcuttur (24,30,31). Ciddi stenoz ve oklüzyonda kontrastlı US'nin, konvansiyonel US'ye göre daha başarılı olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur (32,33). Bizim çalışmamızdaki 6 oklüziv lezyonun tümü de US ile doğru olarak değerlendirilmiş, sadece bir hastada sonografik olarak oklüzyon olarak yorumlanan lezyon, DSA'da ileri stenoz olarak belirtilmiştir.

RDUS'nin teknik olarak ekstrakraniyal damarlara sınırlı olması yöntemin başka bir dezavantajını oluşturmaktadır (17-19,28). Ateroskleroz yaygın bir hastalık olması nedeniyle birden çok damarı ya da bir damarda birçok bölgeyi tutabilmektedir. US'nin ise serebral sirkülasyonu, arkus aorta ve brakioyosefalik trunkusun proksimal kısmını direkt olarak değerlendirememesi nedeniyle tandem lezyonlar atlanabilmektedir ki, bu da tedavi seçimini değiştirebilecek bir etkidir (17). Worthy ve ark. yaptıkları bir çalışmada, ekstrakraniyal karotis stenozu ile birlikte olgularının %7'sinde eşlik eden ciddi intrakraniyal tandem lezyon saptamışlardır (17).

MRA, birçok vasküler sistemin görüntülenmesinde kullanılan noninvazif bir metod olup kateter anjiyografi gibi lüminal bir tekniktir. İki ve 3 boyutlu time-of-flight (TOF), faz kontrast (PC) tekniklerinin yerini son zamanlarda gradyent ve sekanslarda görülen gelişmeler, görüntülenilen volüm içindeki kanın sinyal intensitesini arttırmak amacı ile gadolinium kullanımı ve yüksek duyarlılık ve özgüllük oranları ile 3 boyutlu kontrastlı MRA almıştır. Üç boyutlu kontrastlı MRA'nın PC ve TOF tekniklerine göre en önemli farkı akıma veya faz şifti etkisine bağımlı bir teknik olmamasıdır. İntravenöz olarak verilen gadolinium kanın T1 relaksasyon zamanını

kısaltarak, istenilen vasküler bölgeden ilk geçişi sırasında görüntü alınması esasına dayanır. Böylece yavaş akıma ve türbülansa bağlı sinyal kaybı yaşanmaz ve bu düzeydeki darlıklarda abartılı ölçüm engellenmiş olur (32,34).

MRA'nın majör avantajlarından biri karotis bifurkasyo anatomisini DSA'ya benzer bir formatla göstermesidir, bu nedenle de cerrahlar tarafından kabul görmektedir. Çünkü bifurkasyo ve stenoz bölgesinin yerinin operasyon öncesi kesin tayini gerekir. Ayrıca US'nin eksikliklerinden biri olan intrakranyal dolaşım ve arkus aorta demonstrasyonu sorunu MRA ile aşılmıştır (18). Yine kontrastlı MRA'nın üç boyutlu bir teknik olması, değişik açılardan birçok görüntü elde edilmesine ve maksimum çap daralmasının olduğu bölgenin kolaylıkla tanınmasına imkan verir, lümen açıklığı sayısal değerlerle ölçülebilir, hatta sanal anjiyoskopik görüntülerle intralüminal değerlendirme yapılabilir. İki boyutlu olan kateter anjiyografide ise selektif inceleme ve multipl projeksiyonlara rağmen ekzantrik stenozların atlanması sözkonusu olabilir (34-36).

Tüm MR anjiyografik metodlarda olduğu gibi, daha az derecelerde de olsa, kontrastlı MRA da, stenoz bölgesindeki türbülant akımın oluşturduğu faz kaybı ve parsiyel volüm etkileri nedeniyle stenoz oranını olduğundan daha yüksek ölçme eğilimindedir (37). Bu nedenle imaj analizleri, kaynak görüntüler ve MİP görüntüler birbiri ile korele edilerek yapılmalıdır (37). Çalışmamızda, olguların MR anjiyogramlardaki lümen açıklığının kantitatif ölçümleri, ham görüntülerde aksiyel planda çap daralmasının maksimum olduğu bölgenin ve alanının tayini, daha sonra da bu sonucun normal damar çapının izlendiği distal İKA alanına oranı şeklinde yapılmıştır. Buna göre sadece bir arter segmentinde DSA'da hafif derecede (%40-59) olan stenoz derecesi, MRA'da orta derecede stenoz (%60-79) olarak

değerlendirilmiştir. Diğer olgularda ise sonuçlar DSA sonuçları ile uyumlu bulunmuştur. Kappa uyum analizinde sadece %40-59 stenoz derecesinde $\kappa=0.95$, diğer stenoz derecelerinde ise $\kappa=1$ olup MRA ve DSA arasında mükemmel uyum mevcuttur.

İntravenöz paramagnetik kontrast ajanın görüntülenmesi istenen vasküler yapılarda arteriyel fazda yakalanması için enjeksiyon zamanlamasının doğru ayarlanması yüksek görüntü kalitesi için zorunludur (38). Ancak tüm optimal koşulların sağlanmasına karşın, yine de çalışmamızda olduğu gibi en sık görülen artefakt zamanlama hatasına bağlı venöz dönüş olmasıdır. Özellikle dolaşımın hızlı olduğu genç hastalarda daha sık gördüğümüz bu artefakt, çalışmamızdaki olguların hiçbirinde yorumlamayı güçleştirecek düzeyde olmamıştır. Hafif düzeyde venöz opasifikasyon durumunda, ham ve reformat görüntüler birlikte değerlendirilmiştir. Yine 3 boyutlu MRA'larda sık görülen bir artefakt olan respiratuar artefakt, olgularımızda nefes tutturulmadığı için kooperasyon zorluğuna yol açmamış ve inceleme için bir sınırlama getirmemiştir.

BT anjiyografi (BTA) da karotis arter stenozunun saptanmasında ve karakterizasyonunda yüksek duyarlılık ve özgüllüğe sahip bir inceleme yöntemidir. Multiplanar rekonstrüksiyon ile vasküler anatomi ve darlık yüzdesi çok iyi bir şekilde değerlendirilebilmektedir. Aterom plakları içindeki lipid, fibröz komponenti ve kalsiyumu ayırt edebilmektedir. Aynı seansta intrakranyal anatomi de ortaya konabilmekte ve böylece bu düzeyde eşlik eden patolojiler (darlık, anevrizma, vb) noninvazif olarak saptanabilmektedir. Ancak iyonizan radyasyon içermesi ve nefrotoksik kontrast madde kullanma zorunluluğu nedeniyle tedaviye cevabın takibi için uygun değildir (1,24).

Son yıllarda pek çok çalışma grubu, RDUS ve MRA'nın tek başına veya

birlikte uygulandıklarında alınan sonuçları DSA ile karşılaştırmış ve her birinin karotis stenoz tanısındaki duyarlılık ve özgüllüğünü araştırmıştır. Pan ve ark. in vivo olarak RDUS, DSA ve MRA ile elde ettikleri stenoz oranlarını, operasyon sonrası ex vivo olarak MRG ile ölçülen plak stenoz oranı ile karşılaştırmışlar ve sonuç olarak, tüm modalitelerin ex vivo stenoz ile korele olduğunu ancak, RDUS'nin en iyi uyumu gösterdiğini bildirmişlerdir (35). Ayrıca aynı çalışmada anjiyografinin stenoz oranlarını olduğundan daha düşük ölçtüğü ileri sürülmüştür (35). Ancak arteriyel basıncın olmaması nedeni ile ölçümlerin modifiye olması ve bulbusun 1 cm distalinden İKA ölçümlerinin yapılamaması nedeni ile bu yöntem referans olarak alınamaz (27,35). Yine postoperatif spesimenlerden yapılan histolojik stenoz ölçümleri ile DSA, MRA ve RDUS ölçümlerinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada da DSA'nın orta ve hafif dereceli stenoz oranlarını daha düşük gösterdiği, yüksek dereceli stenozlarda ise doğruluk oranlarının yüksek olduğu belirlenmiştir (39). Aynı çalışmada RDUS'nin ise özellikle yüksek dereceli stenozlarda oranları olduğundan daha yüksek ölçtüğü gösterilmiştir (39). Şahin ve ark'nın yaptığı çalışmada, çeşitli stenoz derecelerinde duyarlılık oranları RDUS için %80-100, spektral inceleme için %77.7-100, özgüllük oranları RDUS için %98.6-100, spektral inceleme için %97.9-100 olarak bulunmuştur. Ayrıca stenoz derecesi arttıkça duyarlılık ve özgüllüğün arttığı, %80-99 stenoz ve oklüzyonlarda ise bu oranların %100'e ulaştığı saptanmıştır (40). Bizim bulgularımız da literatür sonuçları ile uyumludur. Polak ve ark'nın çalışmasında %50 ve üzerinde stenozlarda, RDUS duyarlılığı %96, özgüllüğü %71; MRA duyarlılığı %96, özgüllüğü %64 olarak bulunmuştur (28). Yine aynı yazarlar daha sonra yaptıkları bir çalışmada ise MRA ve RDUS'nin birbirlerini tamamlayıcı incelemeler olduğunu, kendi çalışma olgularından karotis endarterektomi

adayı olanların %79'unda anjiyografiye gerek kalmaksızın preoperatif değerlendirilmenin yapıldığını belirtmişler ve anjiyografiye bu iki inceleme sonuçlarının uyumsuz olduğu, İKA'nın subtotal oklüzyonu veya tandem lezyonlardan şüphelenildiğinde başvurulabileceğini belirtmişlerdir (18). Bizim çalışmamızda da RDUS ve MRA ile değerlendirilen 96 arterin 10'u dışında sonuçlar birbirileri ile uyumlu bulunmuştur. Uyumsuzluğun olduğu 10 arterde RDUS'nin stenoz derecelerini MRA'ya göre daha yüksek ölçtüğü kaydedilmiştir. Buna göre her iki inceleme arasındaki korelasyon 0.80 olarak saptanmıştır (kuvvetli pozitif korelasyon). Ancak en güçlü korelasyon DSA ile MRA arasında bulunmuştur ($r=1$). DSA ile RDUS arasında da kuvvetli korelasyon saptanmıştır ($r=0.92$). Serfaty ve ark'nın çalışmasında %70 ve üzerindeki stenoz oranlarında 3 boyutlu MRA duyarlılığının %94, özgüllüğünün %85 olduğu, RDUS duyarlılığının %64, özgüllüğünün %97, MRA ve RDUS kombine edildiğinde ise duyarlılık ve özgüllüğün %100'e çıktığını ve gereksiz konvansiyonel anjiyografik incelemelerin %61'ini önlediğini göstermişlerdir (27). Bizim çalışmamızda ise %70 ve üzeri stenozlarda gerek MRA gerekse RDUS'nin duyarlılık değerleri %100, özgüllük değerleri RDUS için %94.8, MRA için %97.3 bulunmuş olup RDUS ile DSA arasında yüksek uyum ($\alpha=0.80$), MRA ile DSA arasında ise mükemmel uyum ($\alpha=0.89$) saptanmıştır.

Kateter anjiyografinin hemodinamik değişiklikler hakkında bilgi

vermemesi, damar duvarını net olarak değerlendirememesi, tecrübeli kişilerce yapılmadığı takdirde komplikasyon oranının nispeten yüksek olması, iyonize radyasyon ve nefrotoksik ajan kullanımı gibi dezavantajları mevcuttur (7,8,40,41). Ayrıca ölçüm yaparken distalindeki normal segment ile karşılaştırılan stenotik segmentin, bu bölgede de konsantrik yaygın plaklar olması durumunda darlık derecesi daha düşük ölçülebilir (40). Yine eksantrik plaklar lümenin oval görünümü ve radyogramların optimal X-ışını açısı ile alınmamasına neden olur ki, bu durumda açı lümen açıklığının sınırları ile teğet olamayacağı için stenoz oranı olduğundan düşük ölçülecektir (27,35). Ancak son yıllarda kateter tekniklerindeki gelişmeler, non-iyonizan düşük osmolariteli kontrast madde kullanımı, böbrek yetmezlikli olgularda kontrast maddenin dilüe edilerek kullanılması ya da gadolinium gibi paramagnetik ajanların kontrast ajan olarak kullanımı yöntemin dezavantajlarını sınırlamaktadır (42).

Referans bir teknik olarak kateter anjiyografinin, RDUS ve MRA'ya göre üstünlükleri mevcuttur. Karotis endarterektomi öncesi mevcut anatomik varyasyonların ve bifurkasyonun tam lokalizasyonunu tespit etmek, kollateral varlığını ve yeterli olup olmadığını ortaya koymak cerrahi açıdan önemli olduğundan kateter anjiyografiye başvurmak kaçınılmazdır. Ayrıca tedavi modalitesini değiştirebilen, aterosklerotik plakların sık yerleştiği bölgeler olan karotis sifonu ve arkus aortadan ayrışım düzeylerindeki tandem lezyonların tespitinde;

RDUS'de hemodinamik olarak belirgin stenoz saptanan ya da semptomlarla sonografik bulguların korele olmadığı ya da incelemenin suboptimal olduğu durumlarda; RDUS ile MRA bulgularının korele olmadığı durumlarda; total oklüzyondan kuşkulaniyorsa; fibromusküler displazi ya da spontan diseksiyon gibi az görülen vasküler patolojiler mevcutsa olgular anjiyografiye refere edilmelidir (18,19,21,40).

Çalışmamızda DSA ile karşılaştırıldığında karotis arter stenozlarında MRA ve RDUS'nin tanılma değeri çok yüksek olarak bulunmuştur. Her iki noninvazif incelemenin birbirleri ile ve DSA ile karşılaştırılmaları sonucunda aralarında, MRA ile DSA arasında daha yüksek olmak üzere, kuvvetli pozitif korelasyon bulunmuştur. RDUS karotis arter stenozundan şüphelenilen olgularda ilk tanı testi ve asemptomatik olgularda tarama amacı ile kullanılacak, noninvazif, istenilen sıklıkla tekrar edilebilen, düşük maliyetli, komplikasyonu olmayan güvenilir bir tanı yöntemidir. Kontrastlı 3 boyutlu MRA, kateter anjiyografiye benzer formatı ile cerraha ve girişimsel radyologa objektif, yol gösterici görüntüler sunmaktadır. Ayrıca nefrotoksik ajan kullanımını gerektiren kateter anjiyografiye de alternatif bir yöntemdir. Sonuç olarak, gerek RDUS gerekse kontrastlı 3 boyutlu MRA, çeşitli stenoz derecelerinde tespit edilen yüksek duyarlılık ve özgüllük değerleri ile, tek başlarına veya birlikte kullanıldıklarında karotis arter stenozu tanısında güvenle kullanılacak tarama yöntemleridir.

KAYNAKLAR

- 1- Anzidei M, Napoli A, Zaccagna F, et al. Diagnostic accuracy of colour Doppler ultrasonography, CT angiography and blood-pool-enhanced MR angiography in assessing carotid stenosis: a comparative study with DSA in 170 patients. *Radiol Med* 2012;117:54-71.
- 2- Rothwell PM, Coull AJ, Silver LE, et al. Population-based study of event-rate, incidence, case fatality, and mortality for all acute vascular events in all arterial territories. *Lancet* 2005;366:1773-1783.
- 3- Landwehr P. Carotid and vertebral arteries. In: Wolf KJ, Fobbe F, editors. *Color Duplex Sonography: Principles and Clinical Applications*. 1st ed. Germany: Georg Thieme Verlag; 1995; 45-66.
- 4- North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Eng J Med* 1991;325:445-453.
- 5- Barnett HJ, Taylor DW, Eliasziw M, et al. Benefit of carotid endarterectomy in patients with symptomatic moderate or severe stenosis: North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. *N Eng J Med* 1998;339:1415-1425.
- 6- European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet* 1998;351:1379-1387.
- 7- Rothwell PM, Eliasziw M, Fox AJ, et al, for the carotid endarterectomy trialists' collaboration. Analysis of pooled data from the randomised controlled trials of endarterectomy for symptomatic carotid stenosis. *Lancet* 2003;361:107-116.
- 8- Nederkoorn PJ, van der Graaf Y, Hunink M. Duplex ultrasound and magnetic resonance angiography compared with digital subtraction angiography in carotid artery stenosis: a systematic review. *Stroke* 2003;34:1324-1332.
- 9- Modaresi KB, Cox TCS, Summers PE, et al. Comparison of intra-arterial digital subtraction angiography, magnetic resonance angiography and duplex ultrasonography for measuring carotid artery stenosis. *Br J Surg* 1999;86:1422-1426.
- 10- Leffers AM, Wagner A. Neurologic complications of cerebral angiography. A retrospective study of complication rate and patient risk factors. *Acta Radiologica* 2000;41:204-210.
- 11- Davies KN, Humphrey PR. Complications of cerebral angiography in patients with symptomatic carotid territory ischaemia screened by carotid ultrasound. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1993;56:967-972.
- 12- Johnston DC, Goldstein LB. Clinical carotid endarterectomy decision making: noninvasive vascular imaging versus angiography. *Neurology* 2001;56:1009-1015.
- 13- Heiserman JE, Dean BL, Hodak JA, et al. Neurologic complications of cerebral angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994;15:1401-1407.
- 14- Bendszus M, Koltzenburg M, Burger R, et al. Silent embolism in diagnostic cerebral angiography and neurointerventional procedures: a prospective study. *Lancet* 1999;354:1594-1597.
- 15- Moneta GL, Edwards JM, Chitwood RW, et al. Correlation of North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) angiographic definition of 70 % to 99 % internal carotid artery stenosis with duplex scanning. *J Vasc Surg* 1993;17:152-159.
- 16- Osborn AG. *Diagnostic Cerebral Angiography*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins; 1999; p. 3-70, p. 359-378, p. 421-440.
- 17- Worthy SA, Henderson J, Griffiths PD, et al. The role of duplex sonography and angiography in the investigation of carotid artery disease. *Neuroradiology* 1997;39:122-126.
- 18- Polak JF, Kalina P, Donaldson MC, et al. Carotid endarterectomy: Preoperative evaluation of candidates with combined Doppler sonography and MR angiography. *Radiology* 1993;186:333-338.
- 19- Khaw KT. Does carotid duplex imaging render angiography redundant before carotid endarterectomy? *Br J Radiol* 1997;70:235-238.
- 20- Urwin RW, Higashida RT, Halbach VV, et al. Endovascular therapy for the carotid artery. *Neuroimag Clin North Am* 1996;6:957-973.
- 21- Horrow MM, Stassi J, Shurman A, et al. The limitations of carotid sonography: Interpretive and technology-related errors. *AJR Am J Roentgenol* 2000;174:189-194.
- 22- Grant EG, Duerinckx AJ, El Saden SM, et al. Ability to use Duplex US to quantify internal carotid arterial stenoses: Fact or fiction? *Radiology* 2000;214:247-252.
- 23- Perkins JMT, Galland RB, Simmons MJ, et al. Carotid duplex imaging: variation and validation. *Br J Surg* 2000;87:320-322.
- 24- Byrnes KR, Ross CB. The current role of carotid duplex ultrasonography in the management of carotid atherosclerosis: foundations and advances. *Int J Vasc Med* 2012;2012:187872. doi: 10.1155/2012/187872.
- 25- Landry A, Ainsworth C, Blake C, et al. Manual planimetric measurement of carotid plaque volume using three-dimensional ultrasound imaging. *Med Phys* 2007;34:1496-1505.
- 26- Ludwig M, Zielinski T, Schremmer D, et al. Reproducibility of 3-dimensional ultrasound readings of volume of carotid atherosclerotic plaque. *Cardiovasc Ultrasound* 2008;6:42. doi: 10.1186/1476-7120-6-42.
- 27- Serfaty JM, Chirossel P, Chevallier JM, et al. Accuracy of three-dimensional gadolinium-enhanced MR angiography in the assessment of extracranial carotid artery disease. *AJR Am J Roentgenol* 2000;175:455-463.
- 28- Polak JF, Bajakian RL, O'Leary DH, et al. Detection of internal carotid artery stenosis: comparison of MR angiography, color doppler sonography, and arteriography. *Radiology* 1992;182:35-40.
- 29- Dix J, Skrocki J. Evaluation of carotid stenosis by angiography: potential bias toward overestimated measurements introduced by prior interpretation of doppler sonograms. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000;21:639-642.
- 30- Feinstein SB. Contrast ultrasound imaging of the carotid artery vasa vasorum and atherosclerotic plaque neovascularization. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:236-243.

- 31- Cope C, Baum S. Catheters, methods, and injectors for superselective catheterization. In: Baum S, ed. *Abram's Angiography*. 4th ed. Vol 1. USA: Little Brown and Company; 1997; 155-173.
- 32- Hammond CJ, McPherson SJ, Patel JV, et al. Assessment of apparent internal carotid occlusion on ultrasound: prospective comparison of contrast-enhanced ultrasound, magnetic resonance angiography and digital subtraction angiography. *Eur J Endovasc Surg* 2008;35:405-412.
- 33- Ohm C, Bendick PJ, Monash J, et al. Diagnosis of total internal carotid occlusions with duplex ultrasound and ultrasound contrast. *Vasc Endovascular Surg* 2005;39:237-243.
- 34- Prince MR. *3D Contrast MR Angiography*. 2nd ed. Germany: Springer; 1999. p. 3-41, p. 151-162.
- 35- Pan XM, Saloner D, Reilly LM, et al. Assessment of carotid artery stenosis by ultrasonography, conventional angiography, and magnetic resonance angiography: Correlation with ex vivo measurement of plaque stenosis. *J Vasc Surg* 1995;21:82-89.
- 36- Hany TF, Schmidt M, Davis CP, et al. Diagnostic impact of four postprocessing techniques in evaluating contrast-enhanced three-dimensional MR angiography. *AJR Am J Roentgenol* 1998;170:907-912.
- 37- Lee VS, Martin DJ, Krinsky GA, et al. Gadolinium-enhanced MR angiography: artifacts and pitfalls. *AJR Am J Roentgenol* 2000;175:197-205.
- 38- Hany TF, Debatin JF, Leung DA, et al. Evaluation of the aortoiliac and renal arteries: Comparison of breath-hold contrast-enhanced 3D MRA with conventional catheter angiography. *Radiology* 1997;204:357-362.
- 39- Netuka D, Ostry S, Belsan T, et al. Magnetic resonance angiography, digital subtraction angiography and Doppler ultrasonography in detection of carotid artery stenosis: a comparison with findings from histological specimens. *Acta Neurochir* 2010;152:1215-1221.
- 40- Şahin S, Tüney D, Gülsoy M, ve ark. Ekstrakranial karotis-vertebral arter patolojilerinde renkli Doppler ultrasonografi ve anjiyografi bulgularının karşılaştırılması. *Bilgisayarlı Tomografi Bülteni* 1998;5:66-71.
- 41- Hankey GJ, Warlow CP, Molyneux AJ. Complications of cerebral angiography for patients with mild carotid territory ischaemia being considered for carotid endarterectomy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1990;53:542-548.
- 42- Matchett WJ, McFarland DR, Russell DK, et al. Azotemia: Gadopentetate dimeglumine as contrast agent at digital subtraction angiography. *Radiology* 1996;201:569-57