



**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
RADYODİAGNOSTİK ANABİLİM DALI**

**SUPRAAORTİK DAMAR DARLIKLARINDA
KONTRASTLI BOYUN MRA ÇIKARMA
GÖRÜNTÜLERİ, KORONAL VE AKSİYEL MIP
REKONSTRÜKSİYON GÖRÜNTÜLERİNİN
KONVANSİYONEL ANJİOGRAFİ İLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

**Dr. Hale MUSAPAŞAOĞLU
UZMANLIK TEZİ**

**Tez Danışmanı
Doç.Dr.A.Muhteşem AĞILDERE**

**ANKARA
2003**

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
RADYODİAGNOSTİK ANABİLİM DALI**

**SUPRAAORTİK DAMAR DARLIKLARINDA
KONTRASTLI BOYUN MRA ÇIKARMA
GÖRÜNTÜLERİ, AKSİYEL MPR VE KORONAL MIP
REKONSTRÜKSİYON GÖRÜNTÜLERİNİN
KONVANSİYONEL ANJİOGRAFİ İLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

Dr. Hale MUSAPAŞAOĞLU

UZMANLIK TEZİ

Tez Danışmanı

Doç.Dr.A.Muhteşem AĞILDERE

**ANKARA
2003**

ÖZET

Supraaortik damar darlığı tanısında sıklıkla kullanılan kontrastlı boyun manyetik rezonans anjiyografi (MRA) tetkiki farklı rekonstrüksiyon yöntemleri uygulanarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmanın amacı supraaortik arterlerin (her iki subklavian arter, ana karotid arter, internal ve eksternal karotid arterler ile vertebral arterler) değerlendirilmesinde kontrastlı boyun MRA tetkikinin aksiyel multiplanar rekonstrüksiyon (MPR) ve koronal maximum intensity projection (MIP) rekonstrüksiyon yöntemleri ile çıkarma görüntülerinin doğruluklarını konvansiyonel dijital subtraksiyon anjiyografi tetkiki ile karşılaştırarak araştırmaktır.

Supraaortik damar darlığı şüphesi olan, yaşları 48 ile 83 arasında değişen, 3'ü kadın, 18'i erkek toplam 21 hasta çalışmaya dahil edildi. Hastaların tamamında önce kontrastlı boyun MRA tetkiki çıkarma görüntüleri, koronal MIP rekonstrüksiyon ve aksiyel MPR yöntemleri ile daha sonra konvansiyonel dijital subtraksiyon anjiyografi tetkiki ile her iki subklavian arter, ana karotid arter, internal ve eksternal karotid arterler ile vertebral arterlerde toplam 333 segment değerlendirildi. Darlık saptanan segmentlerde stenoz derecesi NASCET kriterlerine göre $(1-N/D) \times 100$ formülü ile hesaplandı ve dar segmentler oklüzyon (%100), ciddi stenoz (%70-%99 arası), orta derecede stenoz (%30-%69 arası) ve hafif stenoz (%1-%29 arası) şeklinde derecelendirildi. Tüm hastalarda 1,5-T MRG cihazında faz dizilimli CP boyun sargısı ile entegre edilmiş CP vertebra sargısı kullanılarak IV kontrast madde verilmesinden sonra, care bolus tekniği uygulanarak fisp 3D sekansı (TR:4.47 ms, TE:1.54 ms, matrix: 192x512, acq:1, FA:25°) ile kaynak görüntüler alındı. MPR tekniği ile (slice gap:1.6, slice thickness:1.6 mm) aksiyel planda ve MIP tekniği ile koronal planlarda

rekonstrüksiyonlar yapıldı. Hastaların tümünde, kontrast madde otomatik enjektör ile intravenöz yoldan 2 ml/sn hızla, 0.2 ml/kg dozunda verildi.

Kontrastlı MRA tetkiki koronal MIP rekonstrüksiyon yöntemi ile 2'si ana karotid arterde, 3'ü internal karotid arterde, 2'si eksternal karotid arterde ve 2'si vertebral arterde olmak üzere 9 arterde total oklüzyon; 2'si ana karotid arterde, 8'i internal karotid arterde, 2'si eksternal karotid arterde, 1'i subklavian arterde ve 12'si vertebral arterde olmak üzere 25 arterde ciddi stenoz; 8'i ana karotid arterde, 23'ü internal karotid arterde, 15'i eksternal karotid arterde, 6'sı subklavian arterde ve 26'sı vertebral arterde olmak üzere toplam 78 arterde orta derecede stenoz; 28'i ana karotid arterde, 26'sı internal karotid arterde, 11'i eksternal karotid arterde, 23'ü subklavian arterde ve 4'ü vertebral arterde olmak üzere toplam 92 arterde hafif stenoz saptandı ve 129 segment normal olarak değerlendirildi. Aksiyel MPR yöntemi ile 2'si ana karotid arterde, 3'ü internal karotid arterde, 2'si eksternal karotid arterde ve 2'si vertebral arterde olmak üzere toplam 9 arterde total oklüzyon saptandı. Ana karotid arterlerde 1, internal karotid arterlerde 3, eksternal karotid arterlerde 1 ve vertebral arterlerde 3 adet olmak üzere 8 ciddi stenoz; ana karotid arterlerde 5, internal karotid arterlerde 13, eksternal karotid arterlerde 3, subklavian arterlerde 3 ve vertebral arterlerde 15 adet olmak üzere 39 orta derecede; ana karotid arterlerde 37, internal karotid arterlerde 31, eksternal karotid arterlerde 18, subklavian arterlerde 23 ve vertebral arterlerde 8 adet olmak üzere 117 hafif stenoz ve toplam 160 stenoz izlenmeyen segment saptandı. Çıkarma görüntülerinde ise 2'si ana karotid arterde, 3'ü internal karotid arterde, 2'si eksternal karotid arterde ve 6'sı vertebral arterde olmak üzere 13 arterde total oklüzyon; 5'i internal karotid arterde, 2'si eksternal karotid arterde, 1'i subklavian arterde ve 2'si vertebral arterde olmak üzere 10 arterde ciddi stenoz; 7'si ana karotid arterde, 13'ü internal karotid arterde, 9'u eksternal karotid arterde, 7'si subklavian arterde ve 22'si vertebral arterde olmak üzere toplam 58 arterde orta derecede stenoz; 31'i ana karotid arterde, 29'u internal karotid arterde, 13'ü eksternal karotid arterde, 20'si subklavian arterde ve 7'si vertebral arterde olmak üzere toplam 100 arterde hafif stenoz saptandı ve 152 segment normal olarak değerlendirildi. Bu değerler konvansiyonel DSA yöntemi ile

karşılaştırıldığında kontrastlı boyun MRA tetkiki koronal MIP rekonstrüksiyon yönteminin sensitivitesi % 85, spesifitesi %75.6, doğruluğu % 81; aksiyel MPR yönteminin sensitivitesi % 68, spesifitesi % 92.4, doğruluğu % 76.6; çıkarma yönteminin sensitivitesi % 72, spesifitesi %82.6, doğruluğu % 75.9 olarak hesaplandı. Elde edilen değerler parametrik test varsayımlarını sağlayabildiği için kappa korelasyon analizi kullanıldı. Ölçümlerden elde edilen değişkenlerin kappa sayısına uygunluğu araştırıldı. İstatistiksel hesaplamalar sonucunda kappa değerleri koronal MIP rekonstrüksiyon yöntemi için 0.722; aksiyel MPR rekonstrüksiyon yöntemi için 0.653; subtraction görüntüleri için 0.653 olarak hesaplandı. Her 3 yöntem de konvansiyonel DSA yöntemi ile iyi korelasyon göstermekle birlikte, koronal MIP rekonstrüksiyon yönteminin diğer yöntemlere göre daha yüksek korelasyona sahip olduğu saptandı.

Supraaortik damarlarda aterosklerotik darlığın değerlendirilmesinde kontrastlı MRA tetkiki günümüzde sık olarak kullanılmaktadır ve yapılan rekonstrüksiyon yöntemi tetkikin sensitivitesi ve doğruluğunu yüksek oranda etkilemektedir. Koronal MIP rekonstrüksiyon yöntemi, subtraction görüntüleri ve aksiyel MIP rekonstrüksiyon yöntemleri ile karşılaştırıldığında konvansiyonel DSA yöntemi ile daha iyi bir korelasyon göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimimi tamamladığım Başkent Üniversitesi Rektörü

Sayın Prof. Dr. Mehmet Haberal'a,

Eğitimim boyunca deneyim ve bilgilerinden faydalandığım değerli hocalarım

Başta Başkent Üniversitesi Radyoloji Anabilim Dalı BaŐkanı

Sayın Prof. Dr. Emin Alp Niron

ve tez danışmanım

Sayın Doç. Dr. Ahmet Muhteşem Ağıldere olmak üzere

Sayın Doç. Dr. Mehmet CoŐkun'a

Sayın Doç. Dr. Fatih Boyvat'a

Sayın Doç. Dr. İclal IŐıklar'a,

Bu çalışmanın gerçekteŐmesine ve geliştirilmesinde katkılarından dolayı

Sayın Uzm. Dr. Mehmet TekŐam'a ve

Sayın Yrd.Doç.Dr.Cüneyt Aytekin'e,

Dostlukları ile uzmanlık eğitiminin zorluklarını hafifleten

Uzman ve asistan arkadaşlarıma,

Ve bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde emeği geçen MR Görüntüleme
nitesi ve Periferik Anjiografi nitesi çalışanlarına içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖZET	ii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Supraaortik Arterler ve Normal Anatomi	1
1.1.1. Arkus Aorta ve Ana Dalları	1
1.1.2. Ana Karotid Arter	1
1.1.3. Eksternal Karotid Arter	1
1.1.4. İnternal Karotid Arter	3
1.1.5. Vertebral Arter	4
1.1.6. Subklavian Arter	5
1.2. Supraaortik Arterlerin Değerlendirilmesinde Radyolojik Yöntemler	7
1.2.1. Kontrastlı MR Anjiyografi	9
1.2.2. Kontrastlı MR Anjiyografi Rekonstrüksiyon Yöntemleri	13
1.2.3. Konvansiyonel Anjiyografi	15
1.2.4. Supraaortik Damarların Radyolojik Görüntülemesinde Kullanılan Kontrast Ajanlar	16

	SAYFA
2. AMAÇ	18
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER	19
3.1. Çalışma Grubu	19
3.2. Kontrastlı 3D MRA Görüntüleme Parametreleri	20
3.3. Konvansiyonel Anjiyografi	21
3.4. Görüntü Analizi	21
3.5. İstatistiksel Değerlendirme	22
4. SONUÇLAR	23
4.1. Koronal MIP Rekonstrüksiyon Yöntemi	28
4.2. Aksiyel MPR Yöntemi	39
4.3. Çıkarma Görüntüleri	50
5. TARTIŞMA	61
6. SONUÇ	66
7. KAYNAKLAR	68

SİMGELER VE KISALTMALAR

MRA	Manyetik Rezonans Anjiografi
DSA	Dijital Subtraksiyon Anjiografi
NASCET	North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial
2D TOF	İki Boyutlu Time-Of-Flight
3D TOF	Üç Boyutlu Time-Of-Flight
PC	Phase-Contrast
3D MRA	Üç Boyutlu Manyetik Rezonans Anjiografi
BT	Bilgisayarlı Tomografi
FOV	Field of view
MIP	Maximum intensity projection
MPR	Multiplanar Rekonstrüksiyon
AKA	Ana Karotid Arter
IKA	İnternal Karotid Arter
EKA	Eksternal Karotid Arter
VA	Vertebral Arter
SA	Subklavian Arter
PÖD	Pozitif Öngörü Değeri
NÖD	Negatif Öngörü Değeri

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL	SAYFA
1.1. Arkus aorta ve dalları.	2
1.2. Arkus aorta ve dallarının şematik görünümü.	2
1.3. Boyun sağ tarafının yüzeysel diseksiyonunda karotid ve subklavian arterler izleniyor. Ana karotid arter, internal juguler ven ve N. Vagus ile birlikte, derin servikal fasiadan köken alan bir kılıf içinde seyrediyor. İnternal juguler ven, ana karotid arterin lateralinde; N. Vagus ise her ikisinin arasında ve posterior kesimde seyrediyor.	3
1.4. İnternal karotid arterin servikal, petröz ve kavernöz parçaları ile vertebral arter.	6
3.1.1. NASCET kriterlerine göre stenoz derecesinin ölçülmesi. N: maksimum darlık düzeyindeki patent lümen çapı, D: poststenotik dilatasyondan hemen sonraki normal lümen çapı.	20
4.1.1. Sol ana karotid arterde koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüde (A) ve konvansiyonel DSA görüntüde (B) total oklüzyon (ok).	29
4.1.2. Sağ internal karotid arterde kontrastlı 3D MRA koronal magnifiye MIP görüntüde % 98 (A), konvansiyonel DSA'da % 95 (B) ölçülen stenoz.	29
4.1.3. Sol internal karotid arter orjininde kontrastlı 3D MRA koronal magnifiye MIP görüntüde % 40 (A), konvansiyonel DSA'da % 50 (B) stenoz.	30
4.1.4. Sağ subklavian arterde kontrastlı 3D MRA koronal MIP (A) ciddi stenoz. Stenoz derecesi kontrastlı 3D MRA koronal magnifiye MIP (B) görüntüde % 83, konvansiyonel DSA görüntüde (C) % 90 olarak ölçülüyor.	31
4.1.5. Sol internal karotid arterde kontrastlı 3D MRA koronal magnifiye MIP görüntüde % 17 (A), konvansiyonel DSA'da % 22 (B) darlık yapan ülsere plak.	32

4.2.1. Kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR yönteminde sol internal karotid arter orjin (A) ve petröz segment (B) düzeyinde izlenmemesi oklüzyonu düşündürüyor. Konvansiyonel DSA sol anterior oblik görüntüde (C) sol internal karotid arter orjin düzeyinde oklüzyon doğrulanıyor.	41
4.2.2. Kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR yönteminde sağ vertebral arterin orjin (A) ve distal servikal (B) düzeyde izlenmemesi oklüzyonu düşündürüyor. Konvansiyonel DSA sol anterior oblik görüntüde (C) sağ vertebral arter orjin düzeyinden itibaren oklüde olarak izleniyor.	42
4.2.3. Kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR yönteminde sağ internal karotid arter orjin düzeyinde (A) ciddi stenoz düşündüren kalibrasyonda belirgin incelve izleniyor. Daha distal (B) düzeyde ise kalibrasyon normal olarak izleniyor. Konvansiyonel DSA lateral görüntüde (C) sağ internal karotid arter orjin düzeyinde posterior duvardaki plak formasyonuna bağlı ciddi stenoz doğrulanıyor.	43
4.3.1. Sol internal karotid arter orjininde (A ve B) kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntülerinde % 56, (C) konvansiyonel DSA'da % 48 olarak ölçülen darlık	52
4.3.2. Sol internal karotid arter orjininde (A) kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntülerinde ve (B) konvansiyonel DSA'da oklüzyon	53
4.3.3. Sağ internal karotid arter orjininde (A) kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntülerinde % 83, ve (B) konvansiyonel DSA'da % 70 ölçülen darlık.	53
4.3.4. Sağ internal karotid arter orjininde kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntülerinde % 22, ve konvansiyonel DSA'da % 29 ölçülen darlık. (A), kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntülerinde darlık düzeyinden (ok) ve (B) daha distalden normal kalibrasyon izlenen düzeyden alınan görüntüler. (C) konvansiyonel DSA görüntüleri.	54

TABLÖLAR DİZİNİ

TABLO	SAYFA
4.1. Konvansiyonel DSA yönteminde darlık oranlarının dağılımı. AKA: Ana karotid arter, İKA: İnternal karotid arter, EKA: Eksternal karotid arter, SA: Subklavian arter, VA: Vertebral arte	24
4.2. Supraaortik arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri ile k katsayıları.	25
4.3 Arter segmentlerinin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin k katsayıları.	25
4.4. Ana karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri ile k katsayıları.	26
4.5. İnternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri ile k katsayıları.	26
4.6. Eksternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri ile k katsayıları.	27
4.7. Subklavian arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri ile k katsayıları.	27
4.8. Vertebral arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri ile k katsayıları.	27
4.1.1. Kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon yönteminde darlık oranlarının dağılımı.	28

TABLO**SAYFA**

4.1.2. Supraaortik arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	33
4.1.3. Ana karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması	34
4.1.4. İnternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	35
4.1.5. Eksternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	36
4.1.6. Subklavian arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	37
4.1.7. Vertebral arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	38
4.2.1. Kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR yönteminde darlık oranlarının dağılımı.	40
4.2.2. Supraaortik arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	44
4.2.3. Ana karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	45
4.2.4. İnternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	46
4.2.5. Eksternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	47
4.2.6. Subklavian arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	48

TABLO	SAYFA
4.2.7. Vertebral arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	49
4.3.1. Kontrastlı 3D MRA tetkiki çıkarma yönteminde darlık oranlarının dağılımı.	51
4.3.2. Supraaortik arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	55
4.3.3. Ana karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	56
4.3.4. İnternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	57
4.3.5. Eksternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	58
4.3.6. Subklavian arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	59
4.3.7. Vertebral arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.	60

1. GENEL BİLGİLER

1.1. SUPRAAORTİK ARTERLER VE NORMAL ANATOMİ

1.1.1. Arkus Aorta ve Dalları

Aorta sol ventrikülün üst kesiminden, 3. kosta kıkırdağının alt kenarı hizasından başlar ve yaklaşık 5 cm sonra arkus aortayı oluşturarak sola ve aşağı doğru döner (Şekil 1.1). Toraks içinde vertebral kolonun solundan aşağı doğru iner ve diaframda hiatus aortikustan geçerek abdominal kaviteye girer.

Arkus aorta, sağ 2. sternokostal eklemin üst kenarı hizasından başlayarak 4. torakal vertebra korpusunun alt kenarı düzeyine kadar uzanır ve seyri sırasında 3 dal verir. İlk dalı a. brakiosefalika olarak da bilinen ve arkus aortanın en kalın dalı olan innominate arterdir. Oblik olarak yukarı ve arkaya doğru uzanır ve sağ sternoklavikular eklemin üst kenarı hizasında sağ ana karotid arter ve sağ subklavian arter olarak ikiye ayrılır. İnnominate arter genellikle dal vermez; fakat bazan a. tiroidea ima, timik ve bronşial dallar innominate arterden ayrılabilir. Arkus aorta innominate arterden hemen sonra sol ana karotid arter ve sol subklavian arter dallarını vererek 4. torakal vertebra korpusunun alt kenarı düzeyine kadar devam eder (Şekil 1.2).

1.1.2. Ana Karotid Arter (A. Carotis Communis)

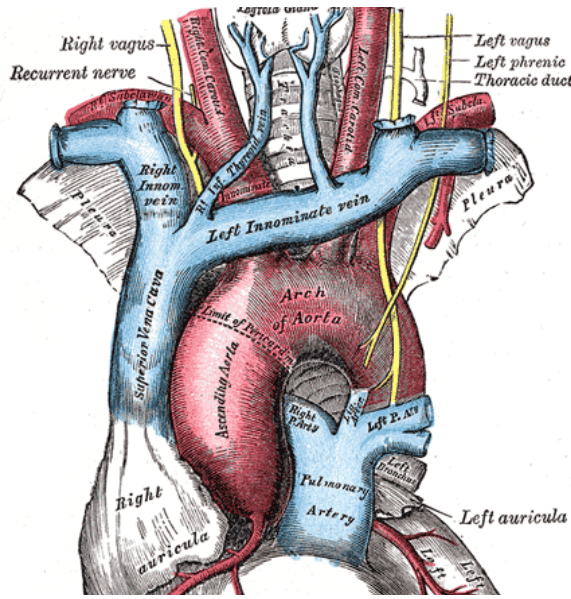
A. Karotis komunis olarak da adlandırılan ana karotid arter baş ve boyun bölgesini besleyen primer arterdir. Sağ ana karotid arter, innominate arter bifurkasyo düzeyinden başlarken, sol ana karotid arter aortadan orjin alır ve kısa bir segmenti toraks içinde superior mediastende seyredir. Ana karotid arter genellikle dal vermez fakat bazan superior tiroideal arter veya laringeal dalları, asendan faringeal arter, inferior tiroideal arter veya nadiren vertebral arter ana karotid arterden köken alabilir. Ana karotid arter, internal juguler ven ve N. Vagus ile birlikte, derin servikal fasiadan köken alan bir kılıf içinde seyredir. İnternal juguler ven, ana karotid arterin lateralinde; N. Vagus ise her ikisinin arasında ve posterior kesimde seyredir (Şekil 1.3).

1.1.3. Eksternal Karotid Arter (A. Carotis Externa)

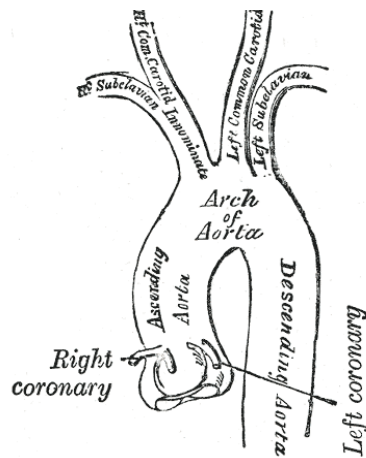
Eksternal karotid arter, tiroid kıkırdağın üst kenarı hizasında başlayarak yukarı ve öne doğru hafif kavisli bir rota izler. Daha sonra mandibula boynunun arkasına doğru uzanır ve burada superficial temporal arter ve internal maksiller arter olarak ikiye

ayrılır. Eksternal karotid arter çapı, seyri sırasında geniş çaplı dallar vermesi nedeniyle, hızla azalır. Çocuklarda internal karotid arterden oldukça küçük olmasına karşın, yetişkinlerde iki arterin çapı hemen hemen eşittir. Orijin kesiminde, eksternal karotid arter daha yüzeysel yerleşimlidir. İnternal karotid artere göre orta hatta daha yakındır ve karotid üçgenin içinde yer alır.

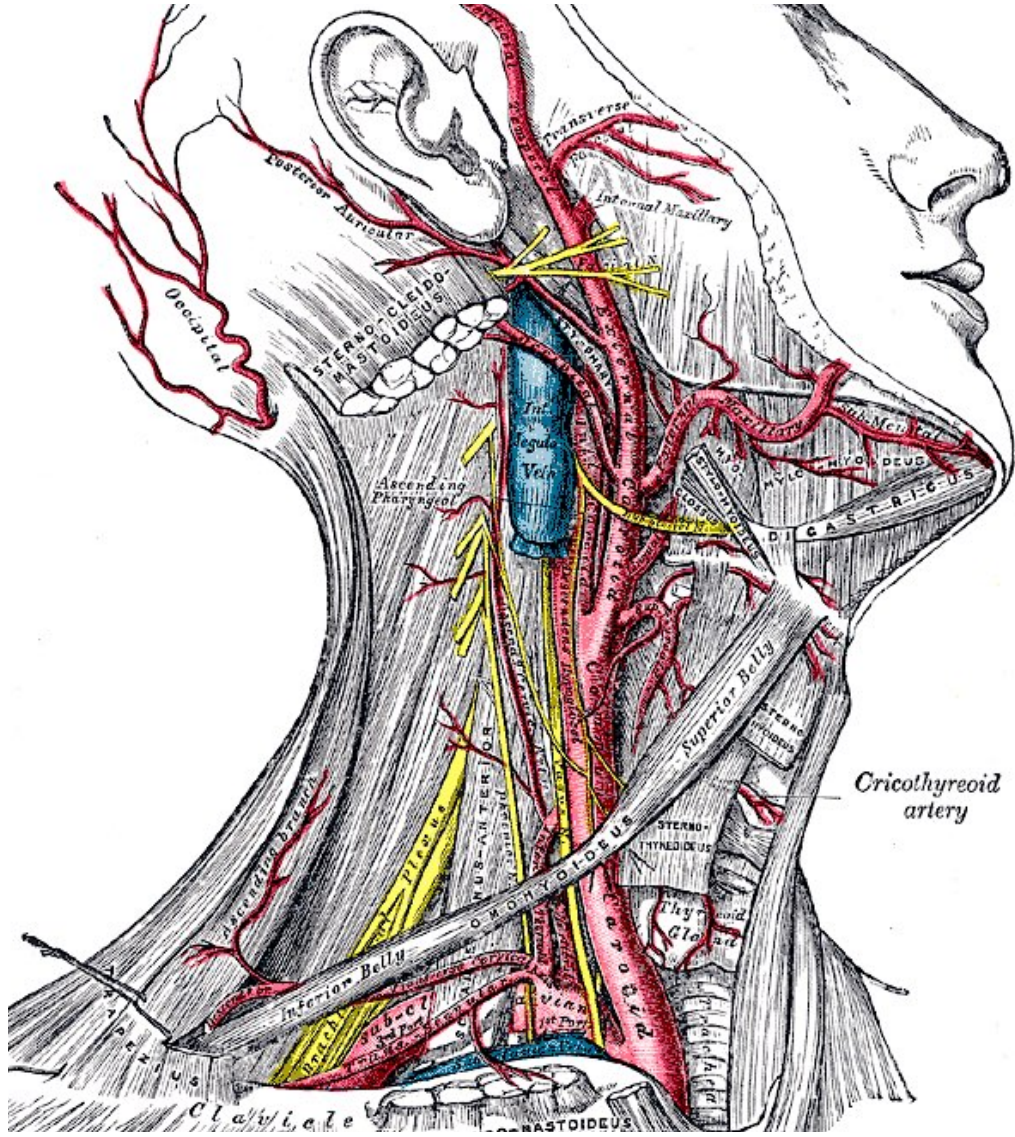
Eksternal karotid arterin dalları, uzandıkları bölgelere göre anterior dallar, posterior dallar, asenden dallar ve terminal dallar olmak üzere 4 grupta incelenmektedir (Şekil 1.3).



Şekil 1.1. Arkus aorta ve dalları



Şekil 1.2. Arkus aorta ve dallarının şematik görünümü



Şekil 1.3. Boyun sağ tarafının yüzeysel diseksiyonunda karotid ve subclavian arterler izleniyor. Ana karotid arter, internal juguler ven ve N. Vagus ile birlikte, derin servikal fasiadan köken alan bir kılıf içinde seyrediyor. İnternal juguler ven, ana karotid arterin lateralinde; N. Vagus ise her ikisinin arasında ve posterior kesimde seyrediyor.

1.1.4. İnternal Karotid Arter (A. Carotis Interna)

İnternal karotid arter, beynin ön bölümlerini besler ve göz, alın ve buruna dallar gönderir. Yetişkinlerde çapı eksternal karotid arter ile hemen hemen eşittir. Seyri sırasında, farklı bölümlerinde önemli dönüşleri vardır. Bazan karotid kanaldan

geçerek sfenoid kemik korpusu yanında seyrederken, kafa tabanı yakınında, 'S' harfi şeklinde iki dönüş yapar.

İnternal karotid arter seyri ve komşuluklarına göre 4 bölüme ayrılabilir:

- a. **Servikal parçası:** İnternal karotid arterin bu bölümü, ana karotid arter bifurkasyo düzeyinden başlar, ilk 3 servikal vertebra transvers prosesi önünden dik olarak, temporal kemik petröz parçasındaki karotid kanala doğru uzanır. Karotid üçgen içerisinde, derin servikal fasiaya sarılı olarak, eksternal karotid arterin lateral ve posteriorunda seyreder ve daha sonra parotid glandın altına geçer. Kafa tabanında internal juguler ven ile yakın komşuluktadır ve bu bölgede iki damar arasında N. glossofaringeus, N. vagus, N. aksesorius ve N. hipoglossus seyreder (Şekil 1.4). İnternal karotid arterin servikal parçası dal vermez.
- b. **Petröz parçası:** İnternal karotid arterin, temporal kemik petröz parçası içindeki bölümüdür. İnternal karotid arter, karotid kanala girdiğinde önce kısa bir segment yukarı doğru uzanır, sonra öne ve mediale döner. Daha sonra tekrar yukarı döner ve karotid kanaldan çıkarak intrakranial mesafeye girer (Şekil 1.4). İnternal karotid arterin petröz parçası, seyri sırasında 2 dal verir: karotikotimpanik dal (ramus karotikotimpanikus) ve pterigoid kanal arteri (a. kanalis pterigoidei [Vidii], Vidian arter).
- c. **Kavernöz parçası:** Bu parçanın seyri sırasında internal karotid arter, dura materin kavernöz sinüsü oluşturan iki yaprağı arasında yerleşiktir ve sinüsün membranı ile örtülüdür. İlk önce yukarı, posterior klinoid prosese doğru ilerler, sonra sfenoid kemik korpusunun yanından anteriora geçer ve daha sonra da anterior klinoid prosesin medialinde tekrar yukarı dönerek sinüsün çatısını oluşturan dura materi deler. Arterin bu kesiminden; oftalmik arter (a. oftalmika), anterior meningeal dal (a. meningea anterior), ayrıca kavernöz, hipofizial ve semilunar dallar ayrılır.
- d. **Serebral parçası:** İnternal karotid arterin, anterior klinoid prosesin medialinde dura materi deldikten sonraki bölümüdür. Optik ve okülomotor sinirlerin arasından geçerek terminal veya serebral dallarına ayrılır. İnternal karotid arterin bu segmentinden 4 terminal arter ayrılır: anterior serebral arter (a. serebri anterior), orta serebral arter (a. serebri media), posterior kommunikan arter (a. kommunikans posterior), anterior koroidal arter (a. koroidea).

1.1.5. Vertabral Arter (a. vertebralis)

Vertebral arter, subklavian arterin ilk dalıdır ve üst-arka kesiminden köken alır. Inferior servikal gangliondan ayrılan bir sempatik sinir pleksusu ile sarılıdır ve üst 6

servikal vertebra transvers prosesindeki foramenler boyunca yukarı doğru uzanır. Daha sonra birinci servikal vertebra düzeyinde vertebral kanala ve daha sonra foramen magnumdan kafa içerisine girer (Şekil 1.4). Vertebral arter 4 bölüme ayrılabilir:

1. bölümü; orjinden 6. servikal vertebra transvers prosesindeki foramenine kadar uzanır ve longus colli ve scalenius anterior kasları arasında yukarı ve arkaya doğru ilerler.

2. bölümü; üst 6 servikal vertebra transvers prosesindeki foramenler boyunca yukarı doğru uzanan bölümdür.

3. bölümü; rektus kapitis lateralis kasının medialinde sonuncu foramenden başlar ve atlasın superior articular prosesinin arkasında posteriora doğru döner. Daha sonra atlasın posterior arkının üst yüzündeki olukta uzanır ve posterior atlantookspital membranın altından geçerek vertebral kanala girer.

4. bölümü; dura materi deler ve medulla oblongata'nın önünde mediale doğru eğim yaparak ponsun alt kenarında, karşı taraf vertebral arterle birleşerek basilar arteri oluşturur.

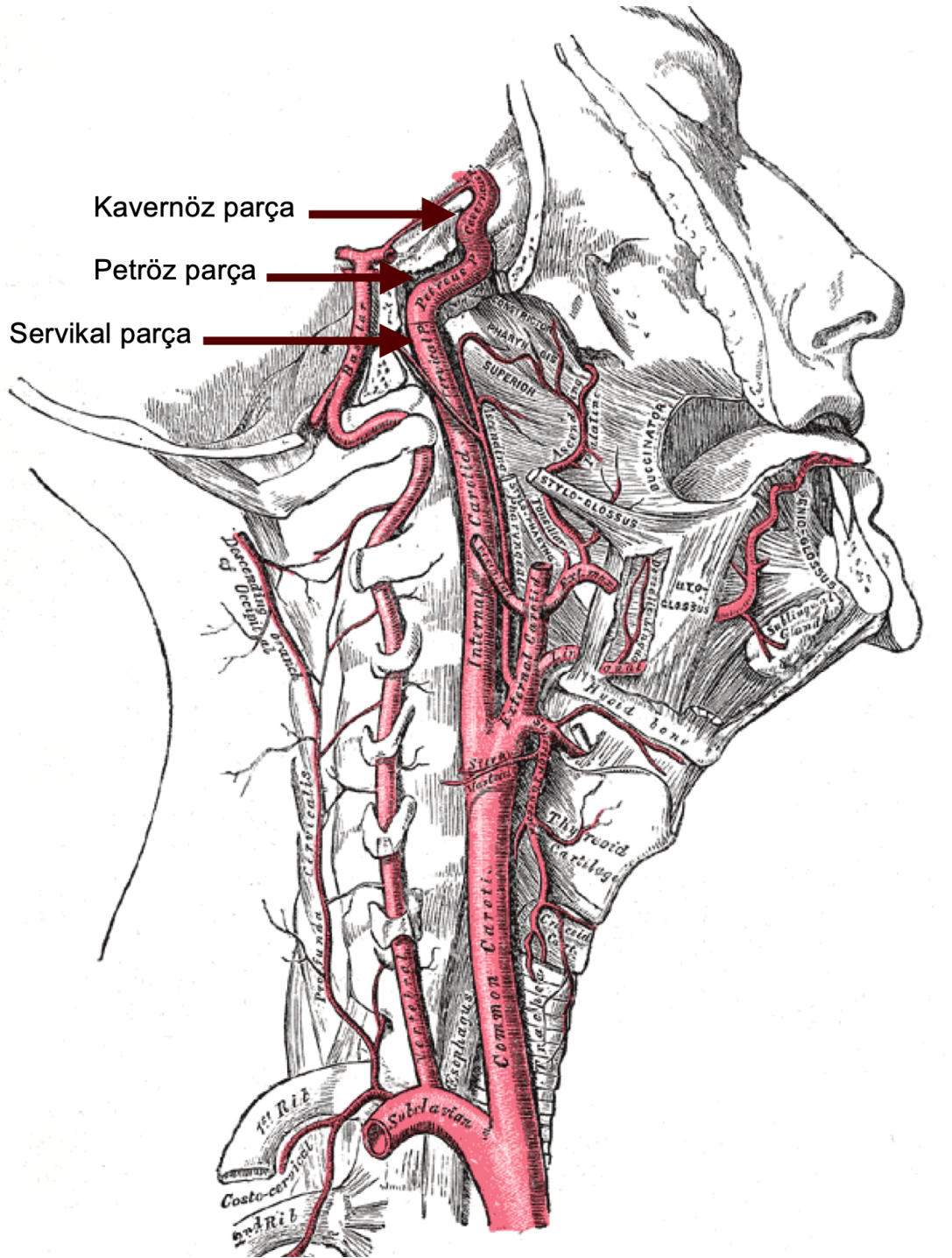
Vertebral arterin verdiği dallar 2 bölümde gruplanabilir:

Servikal dalları; spinal dallar, muskuler dallar

Kranial dalları; meningeal dallar, posterior spinal arter (a. spinalis posterior), anterior spinal arter (a. spinalis anterior), posterior inferior serebellar arter (a. serebelli posterior inferior), meduller arterler.

1.1.6. Subklavian Arter

A. subklavia olarak da bilinen subklavian arter, sağda sternoklaviküler eklemin arkasında innominate arterden, solda ise arkus aortadan köken alır. Seyri sırasında her iki tarafta 4 dal verirler: vertebral arter (a. vertebralis), tiroservikal kök (tr. tiroservikalis), internal mammarian arter (a. mamma interna), kostoservikal kök (tr. kostoservikalis).



Şekil 1.4. İnternal karotid arterin servikal, petröz ve kavernöz parçaları ile vertebral arter

1.2. SUPRAAORTİK ARTERLERİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE RADYOLOJİK YÖNTEMLER

Supraaortik arterlerin görüntülenmesinde en sık karşılaşılan endikasyon steno-okluziv hastalıkların, özellikle de ateroskleroza bağlı karotid arter stenozunun değerlendirilmesidir [1]. Konvansiyonal DSA günümüzde hala supraaortik arterlerin aterosklerotik lezyonlarının saptanmasında altın standart olarak kabul edilmektedir [2,3,4,5]. Ancak bu teknik tromboembolik olay, allerjik reaksiyonlar ve nefrotoksisite gibi riskler taşımanın yanı sıra pahalı bir yöntemdir [6]. Bu nedenle, son yıllarda, konvansiyonal DSA yönteminin yerini alacak non-invaziv veya minimal invaziv, doğruluğu yüksek tekniklerin gelişiminin önemi vurgulanmaktadır.

Dublex sonografi ve renkli Doppler tekniği, aterosklerotik hastalık şüphesi olan hastalarda, özellikle karotid arterlerin değerlendirilmesinde geniş bir kullanım alanı kazanmıştır. Dublex sonografide darlık oranı çap veya alan ölçülerek hesaplanabilir. Doppler ultrasonografi tekniğinde ise hız ölçümleri ile darlık oranları değerlendirilmektedir. İnternal karotid arterlerdeki darlığın değerlendirilmesinde darlık bölgesindeki hızların ana karotid arterdeki hızlara oranı kullanılmaktadır. Dar segmentlerin değerlendirilmesinde pik sistolik hız, spektral genişleme ve end diastolik hız parametreleri kullanılmaktadır. Pik sistolik hız, dar segmentin tesbitinde en önemli ve ilk etkilenen parametredir. Darlık arttıkça pik sistolik hız da artar. Ancak % 95'in üzerindeki darlıklarda, açık kalan lümen çapı 1 mm'ye indiğinde pik sistolik hız düşmeye başlar. Spektral genişleme, spektral pencerenin darlık şiddeti ile doğru orantılı olarak dolmasıdır. Darlık bölgesinde eritrositler farklı hızlarda hareket edeceğinden akım trasesinin altındaki alan sıfır hattına kadar Doppler sinyali ile dolar, ciddi stenozda ise tamamen kapanır. Ancak örnek alanı geniş alınmışsa veya damar duvarına yakın yerleştirilmişse yanlış pozitif sonuç elde edilebilir. End diastolik hız parametresi ise, darlık oranı % 60'ı geçince yükselmeye başladığından sadece yüksek derecedeki stenozların değerlendirilmesinde faydalıdır. Stenotik segment varlığında izlenen bir diğer bulgu ise dar segment distalinde sistolik akselerasyonun yavaşlaması ile sistolik ve diastolik hızların düşmesidir. Bu akım formuna bastırılmış akım adı verilir. Ancak myokard disfonksiyonu ve aort kapak stenozu da aynı akım formunu verebileceğinden spesifik bir bulgu değildir. Darlık varlığında izlenen bir başka Doppler ultrasonografi bulgusu ise dar segmentin proksimalinde, distaldeki direnç artışına bağlı olarak izlenen yüksek rezistanslı akım formlarıdır. Ancak bu bulgular % 50'nin altındaki darlıklarda veya iyi kollateral gelişimi durumunda görülmeyebilirler. Ayrıca eksternal karotid arter ve ana karotid arterler için belirlenmiş hız kriterleri henüz saptanmamıştır. Bununla birlikte pratikte ana karotid arterlerde darlığın 2 cm proksimali ve distali görüntülenebiliyor ise darlık bölgesinin 2 cm proksimalindeki pik sistolik hızın darlık bölgesindeki pik sistolik hızına oranı kullanılabilir. Karotid arterler dışındaki diğer supraaortik arterlerin optimal görüntülenmesi kemik yapılar (servikal vertebraların transvers prosesleri ve klavikula gibi) ile olan ilişkileri nedeniyle her zaman mümkün olmamaktadır.

Yapılan çalışmalar, dublex sonografi ve renkli Doppler tekniğinin, karotid arter hastalığındaki doğruluğunu göstermekle birlikte [7], kullanıcı bağımlılığı, parametre seçeneklerindeki farklılıklar, kalsifiye plaklara bağlı artefaktlar, totale yakın darlıkların ayırt edilmesindeki zorluklar ve arkus aorta ile Willis poligonunun değerlendirilememesi gibi sınırlamalarından da bahsedilmektedir [8,9,10].

Manyetik rezonans anjiografi (MRA), supraaortik damarların değerlendirilmesinde, değerlik teknikler kullanılarak yapılan, kullanışlı ve non-invaziv bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Başlıca MRA teknikleri iki boyutlu time-of-flight (2D TOF), üç boyutlu time-of-flight (3D TOF), 2D ve 3D phase-contrast (PC) ve kontrastlı 3D MRA görüntülemedir.

TOF MRA metodu ekstravasküler sinyal ile intravaskler sinyal (hareketli kan) arasındaki farka dayanan bir yöntemdir. Durağan dokuların sinyal intensitesi progresif olarak baskılanırken, araştırılan segmentteki akım içi kontrast artışı anjiografik etkiyi oluşturur. Damar içindeki sinyali oluşturmak için kesite yeni gelen satüre olmamış protonlar içeren kandan yararlanılmaktadır. Bu teknikte, TR kısa tutularak çok sayıda RF puls uygulanır ve kesit içindeki tüm protonların satüre olması sağlanır. Ancak akan kan ile birlikte kesite yeni gelen protonlar satüre olmayacaklarından, sabit dokulardan düşük sinyal alınmasına karşın, vasküler yapılardan yüksek sinyal elde edilir [1,2].

TOF MRA yöntemi iki boyutlu veya üç boyutlu olarak yapılabilir. 2D TOF MRA tekniğinde, ardışık olarak tercihan arterlerde satürasyon etkisini azaltmak için aksiyel planda damar yönüne dik, tek ince bir kesit serisi alınır [1]. Kesitler alındıktan sonra rekonstrsiyon görüntüleri oluşturulur. Bu tekniğin avantajı kan protonlarının satüre olma probleminin az olmasıdır. Ayrıca yavaş kan akımı olan vasküler yapıların görüntülenmesinde de başarılıdır. Dezavantajları ise, elde edilecek kesit kalınlığının magnet ve gradient gücü ile sınırlı olmasıdır. Ayrıca TE göreceli olarak daha uzundur ve akım çok yönlü olduğunda sinyal yokluğuna neden olmaktadır.

3D TOF MRA yönteminde, kesit belirleme gradienti kullanılmaz ve RF pulse'ı incelenmesi istenen tüm dokuya uygulanır. Kesit belirleme gradienti yerine faz kodlama gradienti kullanılır. Bu yöntemde, belli bir doku volümü uyarılır ve faz kodlama gradienti ile ince kesitlere ayrılır [1]. Bu tekniğin avantajları sinyal-gürültü oranının yüksek olması nedeniyle ince kesit kalınlığına imkan vermesi, rezolüsyonun yüksek olması, ve hareket artefaktlarına daha az duyarlı olmasıdır. Bununla birlikte, inceleme süresi uzundur ve belli bir doku hacmi uyarıldığından hacim içine giren kan protonlarının evre dokulara benzer şekilde satüre olma problemi vardır [1,11,12]. Bu da vasküler yapılar ile sabit dokular arasındaki kontrast farkının azalmasına neden olur. Bu yüzden iyi kontrast elde edilebilmesi için akımın hızlı olması gerekir. Yani satürasyon etkisine bağlı olarak yavaş akım olan yerlerde sinyal kaybı olabilir [2]. 3D TOF MRA tekniğinde turbulen akım ve intravoksel spin defaz oluşumu patolojinin gösterilmesini engelleyebilir [2,12].

TOF MRA tekniği, ister iki boyutlu ister üç boyutlu teknikle yapılsın, bu yöntemler her bir sekans için 5-10 dakika gerektirir ve bu nedenle hareket artefaktlarından çok etkilenir [2,3,13]. TOF tekniğinde anatomik kapsam sınırlıdır ve arkus aorta ile willis poligonunun tamamını değerlendirmeye izin vermez [2,3]. Ek olarak, karotid bifurkasyo düzeyinde intravoksel spin defazı oluşumuna bağlı olduğu düşünölen sinyal intensite kaybı olabilir [3]. TOF MRA tekniği, yavaş veya türbölán akıma bağlı sinyal kaybı nedeniyle, stenoz ciddiyetini olduğundan fazla gösterebilmekte ve bu nedenle ciddi stenoz ve oklüzyon ayırımını zorlaştırmaktadır [11, 12, 14].

Faz kontrast tekniği, kullanılabilen bir diğer MRA yöntemidir. Bipolar gradient pulse çifti uygulanması ile gradient boyunca akan kan protonları arasında hız komponentine bağlı olarak meydana gelen faz şifti bu tekniğin temelini oluşturur [1,12]. Faz kontrast tekniğinde yavaş akımlı vasköler yapılar TOF' tan daha iyi göröntölenir. TOF'ta olduğu gibi 2D veya 3D olarak yapılabilir. Ayrıca bu teknik ile akım yönü ve hızı gibi fonksiyonel bilgiler elde edilebilmektedir [15]. Metod teknik olarak TOF yönteminden daha uzun bir süre gerektirmektedir. Bundan başka karotid arterde oluşacak bir hız değişikliği, velocity–encoding gradient'in doğru seçimini güçleştirebilmektedir [1]. Bu sonuçlarla, metod karotid arter stenozunun saptanmasında TOF tekniği kadar yaygın olarak kullanılmamaktadır [1,12].

Supraaortik arterlerin değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer MRA yöntemi ise son yıllarda geliştirilen ve giderek daha geniş kullanım alanları kazanan kontrastlı 3D MRA tekniğidir. Ancak, bu yöntemin bilinen pek çok avantajlarına rağmen konvansiyonel DSA yöntemi, hala altın standart olarak yerini korumaktadır.

1.2.1. Kontrastlı MR Anjiografi

Son yıllarda kontrast ajanların, MRA ile birlikte kullanımı giderek artmaktadır. TOF MRA ve PC MRA yöntemlerinde intravasköler kontrastın akıma bağımlı olması nedeniyle, bu tekniklerde, laminar kan akımının yavaşladığı veya bozulduğu yerlerde sinyal kaybı ile sonuçlanan spin saturasyon ve spin defazı sorunları ortaya çıkmaktadır. Kanın T1 değerini kısaltan bir paramanyetik ajan kullanımı göröntünün oluşturulması için akıma olan bağımlılığı belirgin olarak azaltır [4,6,16]. Kontrastlı MRA iki ayrı yöntemle yapılabilir: ilki hızlı 3D gradient eko sekansı, ikincisi ise daha yavaş olan 2D veya 3D TOF sekansı. Yapılan çalışmalar, kontrastlı 3D gradient eko sekansının diğerlerine pek çok üstönlükler sağladığını göstermiştir [16].

Kontrastlı MRA tekniğinde, saturasyon etkisine bağlı sinyal kaybının neredeyse tamamını ortadan kaldıran kontrast ajan kanın T1 zamanını kısaltarak etki göstermektedir [6,17]. Paramanyetik ajan kullanımı ile, intravasköler sinyal, akım içi etkilerden çok T1 kontrastına dayanarak üretilmektedir ve bu yöntem göröntü kontrastı için kan akımına olan bağımlılığı ortadan kaldırmaktadır. Bu teknik, TOF

ve PC MRA yöntemlerine göre, daha kısa bir sürede daha uzun bir damar segmentinin görüntülenmesine izin verir [6,18].

Temel prensip, kısa tekrarlama zamanlı, hızlı bir 3D gradient eko puls sekansı kullanmak ve kontrast madde infüzyonunu, ilgilenilen bölgedeki pik arteriyel konsantrasyon ile k-space merkezindeki bilginin alınmasını aynı zamana denk getirmektir. Bilginin alınmasını enjeksiyona göre zamanlamak yöntemin başarısı için kritik bir noktadır. En yüksek kontrast-gürültü oranı için, ideal olarak, arteriel gadolinium konsantrasyonu çok yüksek iken arka planda herhangi bir kontrast artışı olmamalıdır. Bunu sağlamak 2 nedenle çok kolay değildir. Birincisi, arteriyel ve venöz fazlar arasındaki optimum zaman diliminin çok kısa olmasıdır. Beyinde dolaşım zamanı kısadır ve karotid arterden juguler vene yaklaşık 7-10 saniye sürer [19]. İkinci neden ise, kontrast maddenin beyin parenkimine geçmesini engelleyen intakt kan-beyin bariyeri nedeniyle venöz kontrast artışının yüksek olmasıdır. Kranial dolaşımın bu özellikleri supraaortik arterlerin görüntülenmesinde zamanlamayı daha kritik hale getirmektedir. Optimal kontrast rezolüsyonu için, k-space merkezindeki bilgi ideal olarak pik arteriyel kontrastlanma sırasında toplanmalıdır. Santral k-space kesiminin sinyal amplitüdü yüksek fakat uzaysal rezolüsyonu düşük bilgi, periferal kesiminin ise sinyal amplitüdü düşük fakat uzaysal rezolüsyonu yüksek bilgi içerdiği bilinmektedir. Yani görüntü kontrastı k-space merkezi ile saptanmakta, ancak görüntü rezolüsyonunu k-space'in daha periferal kesimleri tanımlamaktadır. Eğer k-space merkezi pik arteriyel kontrastlanmadan önce toplanırsa kandan alınacak olan sinyal azalacak ve görüntü kalitesi düşecektir. Arteriel pikten önce k-space merkezinin elde edilmesi sinyal-gürültü oranının azalmasına neden olur ve artefaktlar oluşur. Aksine k-space merkezinin pik arteriyel kontrastlanmadan sonra toplanması ise, sinyal-gürültü oranının azalmasına ek olarak venöz kontrastlanmaya neden olur ve görüntünün yorumlanmasını zorlaştırır [4].

Kontrast madde konsantrasyonunun, T1 kısalma derecesini saptaması nedeniyle, enjeksiyon hacim ve hızının optimum oranda artırılması daha iyi sonuç verir. Ancak, bilgi toplanması sırasında kontrast madde konsantrasyonunun azalması veya dalgalanması artefaktlara neden olur. Bu artefaktların natürü ve ciddiyeti, konsantrasyon değişimi periodunun doldurduğu k-space bölümünün hangisi olduğuna bağlıdır. Kontrast madde konsantrasyonundaki bu değişim, k-space merkezinin doldurulması sırasında meydana gelirse hayalet artefaktı veya damar kenarlarında izlenen replikasyon artefaktına; periferal kesimin doldurulması sırasında ise bulanıklaşma artefaktlarına neden olacaktır. Artefaktlar, k-space merkezi arteriel kontrast pikinden önce doldurulduğunda en fazladır [20].

Kontrastlı 3D-MRA'de farklı k-space örnekleme teknikleri kullanılmaktadır. En basit yaklaşım, incelemenin başında k-space'in aşağıdan yukarı doğru doldurulduğu ve görüntüleme periyodu boyunca kontrast infüzyonunun devam ettiği ardışık faz-kodlama düzenidir. Bu teknik, k-space merkezi doldurulmadan önce, görüntüleme süresinin yaklaşık olarak ilk yarısında kontrast maddenin incelenen damarlara ulaşması nedeniyle venöz kontrastlanmaya neden olmaktadır. Kontrastlı 3D-MRA'de

diğer iki önemli faz-kodlama yöntemleri lineer asimetrik faz-kodlama düzeni ve merkezi eliptik faz-kodlama düzenidir. Lineer asimetrik faz-kodlamada k-space, sol üst kesimden başlanarak doldurulur ve her kolon bir sonraki elde edilmeden önce tamamlanır. Bu teknikte k-space merkezi toplam görüntüleme süresinin ilk yarısından önce elde edilir ve bu venöz doluş olmaksızın iyi arteriyel kontrastlanma sağlar. Merkezi eliptik faz-kodlama düzeninde bilginin toplanması k-space merkezinden başlar ve spiral tarzda periferde doğru devam eder [2,21].

Arteriyel kontrast miktarının yüksek ve göreceli olarak sabit olduğu sırada k-space merkezinin elde edilmesini sağlayan pek çok teknik geliştirilmiştir. Bu tekniklerin ana noktası, gadolinium'un ilk geçişini, 3D MRA sekansının başında düzenleyerek yakalamaktır. Arteriyel kontrastın ilk geçişini yakalamak için, kontrast maddenin arteriyel fazdan venöz faza ve enjeksiyon bölgesinden boyuna geçiş zamanı bilinmelidir ve venöz sinyal kontaminasyon olasılığını arttıran bu pencere kısaltılmalıdır. Geçiş zamanı, hastanın kardiovasküler durumuna bağlı olarak hastadan hastaya belirgin değişiklikler gösterir. Bazı araştırmacılar, daha önceki çalışmalar ve klinik hikayeye dayanarak dolaşım zamanını tahmin etmektedir (en iyi tahmin) [22]. "En iyi tahmin" yaklaşımı her ne kadar potansiyel zamanlama hatalarını kompanse etmek için, uzun bir süre gereğinden fazla miktarda kontrast dozu gerektirse de, genel olarak kabul edilebilir görüntüler sağlar. Bazı araştırmacılar ise hastaların geçiş zamanını bilmenin zorunlu olduğunu bulmuşlar [23,24].

Geçiş zamanını saptamak için farklı stratejiler geliştirilmiştir. Test bolus tekniğinde, öncelikle kontrast maddenin incelenen bölgeye varış süresi (arrival time) belirlenir. Kontrast maddenin test bolusunun saptanması, vücudun diğer bölümleri için bilgisayarlı tomografi (BT) ve MRA da kullanılan etkili ve basit bir yöntemdir [23]. Bu, toplam kontrast dozunun %5 ile %10'unun enjeksiyonunu gerektirir. Hastaya intravenöz yoldan 1-2 cc test dozu verilerek kontrast maddenin görüntülenen bölgeye ulaşması hızlı ve tekrarlanan 2D görüntülerle monitorize edilir. Elde edilen bu görüntüler gözden geçirilir ve geçiş zamanı yani kontrast maddenin incelenen bölgeye kaç saniyede ulaştığı saptanır [24]. Bu yöntem ile, kontrast maddeyi vermeye başlama zamanı ile sekansın başlangıcı arasındaki süre (scan delay time) hesaplanır. Bu teknik basittir, hastadan hastaya olan değişikliklere göre ayarlanabilir ve özel teknik araçlar gerektirmez. Ancak kontrast madde verilmesi ile sekansın başlatılmasının eş zamanlı olması operatör bağımlıdır. 2D görüntülerin elde edilmesi ve yeniden gözden geçirilmesi ek bir zaman gerektirir. Buna ek olarak, test bolus arka plan sinyalini arttırırken kullanılacak total bolus dozunu azaltabilir.

Bazı araştırmacılar, kontrast madde bolusunun kesin zamanlaması ihtiyacını ortadan kaldıran "time-resolved" 2D veya 3D sekansını kullanmışlardır [25]. Bu teknikler, bolus pasajı sırasında hızlı ve tekrarlayan anjiogramların elde edilmesini ve takiben k-space'in retrospektif olarak sıralanmasını kapsar. Genel olarak, tarama enjeksiyonla aynı anda başlar ve her imaj için 1 saniyelik bir temporal rezolüsyonla 40-60 imaj elde edilir. Daha sonra arterlerden alınan sinyal, geçici sinyal intensite değişikliklerine dayanan postprocessing ile arka plandan ayrılır. Eğer bir 3D sekansı

kullanıldıysa (örneğin: time resolved imaging of contrast kinetics-TRICKS) en iyi gösterilen arterlerin reformat görüntüleri yapılabilir. Bu tekniklerin bir avantajı kullanıcıya bağlı hataları azaltmasıdır.

MR floroskopik veya otomatik tetikleme yöntemlerinde ise görüntülenmek istenen arterleri içerecek şekilde, 2D gradient-echo pulse sekansı ile aynı lokalizasyondan kalın ve tek bir kesit alınır. İntravenöz kontrast madde bolus enjeksiyonu sekans ile aynı anda başlatılır. Care bolus (Siemens) veya smart bolus (General Electric) olarak da bilinen bu yöntemde tekrarlayan 60 kesit alınması sırasında eş zamanlı olarak görüntüler değerlendirilir ve kontrast maddenin ilgili alanda belli bir konsantrasyona ulaşması ile birlikte MRA sekansı başlatılır.

Kontrastlı 3D MRA ile ilk denemeler sırasında, yüksek dozda kontrast maddenin (0.4 mmol/kg), tanısal bir görüntü sağlamak için zorunlu olduğu düşünülüyordu. Daha iyi bolus zamanlama teknikleri ve faz dizilim sargılarının geliştirilmesi ile 0.1-0.2 mmol/kg kontrast madde ile iyi kalitede görüntü elde edilmesi mümkün hale geldi [18,22,26]. MR floroskopik veya otomatik tetikleme yöntemlerinde, test bolus tekniğine göre daha az miktarda kontrast madde gerekmektedir. Her ne kadar standart doz ile verilen gadolinium yeterli olsa da, daha yüksek dozlar genellikle daha iyi görüntü kalitesi sağlamaktadır [21]. El ile enjeksiyon yerine otomatik enjektör kullanımı, hız ve süre gibi enjeksiyon parametrelerinin daha iyi kontrolünü sağlar. Bu da, intravasküler kontrast madde konsantrasyonunun değişmesinden kaynaklanan görüntü artefaktlarını azaltacaktır. Kontrastlı MRA'da otomatik enjektör kullanımı sinyal-gürültü ve kontrast gürültü oranlarında iyileşme sağlayacaktır [23]. Kullanılan enjeksiyon hızı bir merkezden diğerine farklılıklar göstermekle birlikte kontrast maddenin 2-3 ml/sn hızla verilmesi iyi sonuçlar sağlamaktadır. Kontrast madde enjeksiyonunu takiben puşe tarzında 20-30 ml izotonik NaCl verilmesi daha yoğun bir bolus elde etmek için zorunludur [4].

Hastaya nefes tutturmak, görüntünün kalitesini arttırmaktadır. Nefes tutturmadan yapılan kontrastlı MRA görüntülerinde, solunum hareketlerine bağlı olarak, her ne kadar karotid bifurkasyon düzeyleri etkilenmese de, arkus aorta ve ana dallarının orijinlerinde bulanıklaşmaya neden olan hareket artefaktları gelişmektedir. Hastaya nefes tutturularak yapılan kontrastlı MRA ile arkus aortadan intraserebral dolaşıma kadar yüksek kalitede, artefaktsız görüntüler elde etmek mümkündür. Ancak hasta uyum sorunu nedeniyle bunu rutin olarak uygulamak kolay değildir [3,4,7].

Sargı seçimi sinyal-gürültü oranını ve görüntünün anatomik kapsamını etkileyen çok önemli bir parametredir. Karotid bifurkasyona ek olarak, aortik ark ve büyük damar orijinlerinin optimal olarak izlenebilmesi, istenen bir durumdur. Bazı araştırmacılar rutin baş ve nörovasküler sargıları ile aortik ark düzeyinde önemli bir sinyal kaybı olduğunu rapor etmişlerdir [2,22,26]. Vücut sargısının kullanılması aortik ark ve büyük damar orijinlerinin daha iyi görüntülenmesini sağlarken karotid bifurkasyonlar için uzaysal rezolüsyonda azalmaya neden olmaktadır. Bu nedenle, pek çok merkezde, rutin olarak kullanılan sargılar, baş ve boyun sargılarıdır. Birden fazla

sayıda sargı kullanımı ile, kesit kalınlığının arttırılmasına rağmen görüntü rezolüsyonunda beklenen azalma engellenebilmektedir.

1.2.2. Kontrastlı MR Anjiografi Rekonstrüksiyon Yöntemleri

MRA'da, görüntülerin uzaysal rezolüsyonunu matriks ve field of view (FOV) belirlemektedir. Ancak yine de, "Zero-filling interpolation" olarak adlandırılan bir yöntem kullanılarak, matriksin her bir noktası arasındaki intensitelerin enterpolasyonu ile uzaysal rezolüsyonda artış sağlamak ve görüntü kalitesini arttırmak mümkündür [2].

Kontrastlı 3D MRA'da rezolüsyonu geliştirmek için pek çok postprocessing yöntemi önerilmiştir [25,26]. Popüler ve basit bir yöntem olan çıkarma yöntemi, kontrastlı görüntülerden kontrastsız görüntülerin çıkarılmasıdır ve kontrast öncesi ve sonrası her bir vokseldeki sinyal karşılaştırılarak yapılır. Bu çıkarma işlemi ile sabit dokulardan gelen sinyal silinerek, damarların daha net görünmesi sağlanır [2,4]. Bu işlem birkaç data seti gerektirir ve çok hızlı sekanslar kullanıldığında, iyi görüntü kalitesi sağlamak veya wrap-around artefaktlarını en aza indirerek yüksek rezolüsyonlu görüntüler oluşturmak için kullanışlı gibi görünmektedir [2].

Clemens Bos ve arkadaşları, hayvanlar üzerinde yaptıkları bir çalışmada, "magnetization preparation" yöntemi ile arka plan baskılaması yapılabileceğini ve bu yöntem ile çıkarma işlemine olan ihtiyacın ortadan kaldırılacağını belirtmişlerdir [28]. Bu yöntemde, selektif olmayan bir prepulse uygulaması ile görüntü kontrastının T1 ağırlığı arttırılarak, kesit içindeki arka plan dokusu satüre edilmektedir. Kalan arka plan sinyalini ortadan kaldırmak için de bir slice dephaser kullanılmaktadır. Bu yöntemde, kontrast öncesi görüntülere ve çıkarma işlemine gerek duyulmamaktadır. Magnetization preparation yöntemi, damar-arka plan sinyal oranını arttırarak arka plandan gelen sinyali etkili olarak baskılıyor gibi görünmektedir. Bununla birlikte, görüntüleme süresi bir miktar uzamaktadır. Ayrıca, bu yöntemde, özgül bir problem, arka plan ve damarların ciddi parsiyel hacim etkisidir.

Kontrastlı 3D MRA, çok sayıda ince kesitler halindeki kaynak görüntülerden oluşmaktadır. Bu görüntülerin her birini ayrı ayrı değerlendirmek mümkün olmakla birlikte oldukça zordur. Bu nedenle, görüntü rezolüsyonunu düşürmeden incelemeyi daha pratik hale getirebilecek algoritmalar geliştirilmiştir.

Maksimum intensity projection (MIP) algoritması, MRA kaynak görüntülerinin sergilenmesi için popüler olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu teknikte, koronal plandaki kaynak görüntülerde ilgilenilen damarların tümü veya belli bir segment seçilip büyütülerek, belirli rotasyon açıları ile bir planda rekonstrüksiyon görüntüleri oluşturulur. Supraaortik damarların değerlendirilmesinde, koronal planda oluşturulan görüntüler tercih edilmektedir. MIP algoritmasında, en yüksek sinyal intensiteli piksellerden faydalanılır ve bu pikseller iki boyutlu olarak sergilenir. Her ne kadar

MIP, büyük damarlar için tatmin edici bilgi verse de, parsiyel hacim etkisi nedeniyle göreceli olarak daha düşük sinyal intensitesine sahip olan küçük damarları göstermede yetersiz kalabilmektedir [29,30]. Ayrıca, bu teknik kaynak görüntüleriyle karşılaştırıldığında bilgi kaybına neden olabilir ve stenoz derecesini olduğundan fazla gösterebilir [1,2].

MIP algoritmasının iki boyutlu olması nedeniyle, damarların superpozisyonu değerlendirmeyi güçleştirebilmektedir. Bu sorun, MIP görüntülerin, görüntü bilgi setinin sınırlı bir bölümünden elde edilmesiyle aşılabilmektedir. Bu şekilde elde edilen MIP algoritması “targeted” veya “subvolume MIP” olarak da bilinmektedir. Sık kullanılan bu çözüm yolu, kaynak görüntülerin ayrı ayrı gözden geçirilmesini gerektirir. Bu iş oldukça zaman alıcıdır ve vasküler ağacın parça parça gösterilmesi gerekebilir [29].

MIP algoritmasına alternatif olabilecek birkaç yöntem daha vardır. Bunlardan multiplanar rekonstrüksiyon (MPR) yöntemi, MIP artefaktlarından kaçınmaya ve darlık derecesini tanımlamaya yardımcı olabilecek bir tekniktir [2]. Bu teknik damarların herhangi bir planda kesitsel olarak değerlendirilmesini sağlar. MPR yönteminde, venöz kontrastlanma nedeniyle değerlendirmede karşılaşılan güçlük etkili bir şekilde azaltılabilir ve tortioz damarların seyri kolayca değerlendirilebilir. MPR algoritması, vertebral arter orjinleri gibi küçük damar patolojilerinin gösterilmesinde, aortik ark ateromunun saptanmasında ve multiple anatomik planlarda kompleks patolojilerin ayrılmasında çok değerli bir yöntemdir [7].

MIP algoritmasına alternatif olabilecek bir diğer yöntem, önceden belirlenen bir treshold değerini esas alarak üç boyutlu bir yüzey görünümü şeklinde oluşturulan “isosurface” tekniğidir [29]. Bu teknik, MIP algoritmasından farklı olarak görüntüye üç boyutlu bir perspektif kazandırmaktadır. Üç boyutlu rekonstrüksiyon yöntemleri (volume rendering, surface rendering veya surface shading display), tanısal güvenilirliği ve altta yatan bir lezyonun özelliklerinin sergilenmesindeki doğruluğu arttırmaktadırlar [17]. Yapılan çalışmalarda, MIP algoritmasının vasküler lezyonların saptanmasında yüksek bir tanısal doğruluğa sahip olmakla birlikte lezyonların ayrıntılı patolojik karakteristiklerinin tanımlanmasında optimal yararı sağlayamadığı gösterilmiştir. Volume rendering tekniği, üç boyutlu bir görüntüde bütün bilgi setini içine alır ve böylece uzaysal ilişkilerin korunmasını sağlar. Bundan başka, volume rendering tekniği, voksel iki veya daha fazla materyalden oluştuğunda, materyallerin miktarının doğru olarak saptanmasını sağlar. Bu nedenle, volume rendering tekniği damarsal yapılarda özellikle de ince kalibrasyonlu damarlarda ve lobüle anevrizmal yüzeylerde daha iyi bir görünüm sağlamak ve vasküler lezyonların karakteristiklerinin daha net olarak değerlendirilmesine katkıda bulunmaktadır [31]. Biz bu çalışmada, vasküler lezyonların karakteristiklerinin değerlendirilmesinden çok stenotik vasküler lezyonların saptanmasındaki tanısal doğruluğu araştırdığımız için volume rendering tekniğini tercih etmedik.

1.2.3. Konvansiyonel Anjiografi

Serebral vasküler anjiografi ilk olarak 1927 yılında, karotid arterlere kontrast madde enjekte ederek beyin tümörlerini lokalize eden Moniz tarafından yapılmıştır. Modern vasküler anjiografi ise 1953 yılında Seldinger'in kateteri kullanması ile başlamıştır [32]. Serebral anjiografinin endikasyonları ilk gelişiminden beri değişiklikler göstermiştir. Başlangıçta, anjiografi sadece serebral vasküler sistemin değerlendirilmesi için değil aynı zamanda santral sinir sistemi lezyonlarının indirekt olarak değerlendirilmesi için de kullanılmıştır. Ancak bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme yöntemlerinin gelişimi ile serebral anjiografinin santral sinir sistemi lezyonlarının değerlendirilmesi amacıyla kullanımı terk edilmiştir.

Günümüzde serebral anjiografi yöntemi ile ekstrakranial karotid ve vertebral arterler görüntülenerek aterosklerotik hastalık varlığı, arteritis, travmaya bağlı intimal yırtıklar, diseksiyonlar ve baş-boyun tümörlerinin vaskülaritesi değerlendirilebilmektedir.

Karotid ve vertebral arteriografi için, aortik ark ve ana dalları pigtail tip bir kateter ile alınan iki plan DSA görüntüleri kullanılmaktadır. Bu işlem için öncelikle, kateter bir guidewire üzerinden ilerletilerek arkus aortaya yerleştirilmekte ve daha sonra büyük damar orjinleri ayrı ayrı kateterize edilmektedir. İşlem boyunca, yaklaşık 20 ml/sn hızla, toplam 25 ml kontrast madde kullanılmaktadır.

Innominate ve subklavien arterlerin görüntülenmesi için önce arterlerin selektif kateterizasyonunu takiben test enjeksiyonu ile kateterin pozisyonu kontrol edilmekte daha sonra frontal oblik pozisyonlarda DSA görüntüleri alınmaktadır. DSA görüntüleri için 5 ml/sn hızla, toplam 10 ml kontrast madde enjekte edilmesi önerilmektedir.

Vertebral arterin görüntülenmesi için önce kateterin ucu subklavien arterde vertebral arter orjininin proksimaline yerleştirilerek test enjeksiyonu yapılır. Eğer arter normal görünüyorsa, kateter bir guidewire üzerinden vertebral arterde istenilen lokalizasyona ilerletilebilir. Kateter bir kez yerleştirildikten sonra, arterin akım karakterini saptamak için ikinci bir test enjeksiyonu yapılmalıdır. Eğer vertebral arter dominant olarak baziler arteri besliyorsa, 10 ml kontrast madde 7 ml/sn hızla enjekte edilebilir. Bu enjeksiyon hızı genellikle karşı taraf vertebral artere kontrast madde reflüsüne ve posterior inferior serebellar arter (PICA) dalının dolmasına neden olur. Eğer kontralateral PICA'da yeterli doluş sağlanamıyorsa karşı taraf vertebral arterin kateterizasyonu da gerekebilir. Görüntüler Towne ve lateral projeksiyonlarda alınmaktadır. Eğer baziler arter de görüntülenecekse anteroposterior ve hatta Water projeksiyon alınabilir. PICA orjinlerinin, anterior inferior serebellar arterlerin (AICA) ve superior serebellar arterlerin değerlendirilmesinde 45 derece oblik görüntüler faydalı olmaktadır.

Karotid arterlerin görüntülenmesi için kateterin ucu ana karotid arterde bifurkasyonun proksimaline yerleştirilir. Kateterin pozisyonu ve akımı değerlendirmek için kontrast madde enjekte edilir. Kateterin ucu artere paralel olmalıdır. Toplam 7 ml kontrast madde 5 ml/sn hızla verilerek frontal ve lateral planlarda görüntüler alınır. Gerekli olursa oblik görüntüler de alınabilir. Daha sonra frontal ve lateral projeksiyonlarda görüntüler alınarak intrakranial dolaşım değerlendirilir. Frontal görüntüler orbita tavanı ve petroz kemik üzerine superimpoze olarak alınır.

1.2.4. Supraaortik Damarların Radyolojik Görüntülemesinde Kullanılan Kontrast Ajanlar

Supraaortik damarların değerlendirilmesinde kullanılacak olan radyolojik yöntemin saptanmasında, kontrast maddeler önemli bir belirleyici faktördür. İster non-iyonik ister iyonik olsun, konvasiyonel DSA'da kullanılan kontrast maddelerin nefrotoksisite, allerjik reaksiyonlar ve nöronal toksisite gibi yan etkileri kullanımı sınırlayabilmektedir.

Konvasiyonel DSA için non-iyonik (düşük-osmolar) kontrast madde mi yoksa iyonik (yüksek- osmolar) kontrast madde mi kullanılması gerektiğine karar vermek önemlidir. Bunun bir nedeni non-iyonik ajanların, iyonik ajanlardan 10 kat daha pahalı olmasıdır. Katayama ve arkadaşları, bulantı, kusma, sıcaklık hissi, kaşıntı, ürtiker, kızarıklık gibi yan etkilerin insidansının iyonik kontrast maddelerin intravenöz enjeksiyonu sonrası %12.7 oranında olduğunu ve non-iyonik kontrast maddelerde ise bu oranın %3.1 olduğunu göstermişlerdir [33]. Ayrıca, yapılan çalışmalara göre, dispne, kan basıncı değişiklikleri, kardiyak arrest ve bilinç kaybı gibi tedavi gerektiren ciddi reaksiyon gelişme insidansı iyonik ajanlarla %0.22, non-iyonik ajanlarla ise %0.04 gibi bir orana sahiptir. Hastanede acil tedavi gerektiren çok ciddi reaksiyon insidanslarının ise her iki ajan için de aynı (%0.04) olduğu bildirilmektedir [34]. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda noniyonik kontrast ajanların iyonik ajanlara göre beyinde daha az nöronal toksisite yaptığı gösterilmiştir. Ancak insanlarla yapılan çalışmalarda serebral anjiyografide iyonik ve noniyonik ajanlar arasında nörolojik etkileri yönünden istatistik olarak anlamlı fark saptanmamıştır [34]. Non-iyonik kontrast maddelerin, kompanse renal yetmezliği olan hastalarda daha az nefrotoksisiteye yol açtığı bildirilmektedir. Normal renal fonksiyona sahip hastalarda ise, her iki grupta benzer nefrotoksisite riski vardır [36]. Kontrast maddeye bağlı nefropati insidansını arttıran risk faktörleri kompanse renal hastalık, dehidratasyon, diabetes mellitus, ileri yaş ve verilen kontrast madde miktarının yüksek olmasıdır.

Kontrastlı MRA tetkiki için kullanılan paramanyetik kontrast ajanlar nefrotoksik değildirler ve düşük bir allerjik reaksiyon insidansına sahiptirler. Bu nedenle, iyotlu kontrast maddelere karşı allerjik reaksiyon öyküsü veya renal yetmezliği olan hastalarda güvenle kullanılabilirler. Kontrastlı MRA tetkiki için kullanılan

gadoliniumlu kontrast madde enjeksiyonu damar içerisindeki kanın T1 süresini kısaltarak etki göstermektedir. Kanın T1 süresinin kısaltılması damar içerisinde sinyal artışına neden olurken, zemindeki dokularda sinyal artışı izlenmez. Gadolinium tek başına toksik bir yapıya sahip olduğundan, kontrastlı MRA tetkikinde ekstrasellüler gadolinium şelatları kullanılmaktadır. Gd-DTPA (Gadopentetat dimeglumin, Magnevist), dietilen triamin pentaasetik asit (DTPA) ile gadolinium birleştirilerek oluşturulmuş bir metaldir. Gd-DTPA, dimeglumin ile nötralizasyonu sonucunda stabil hale gelmektedir. Gd-DTPA dimeglumin, iyonize karboksil gruplarının çokluğu sayesinde olağanüstü hidrofil bir madde özelliği kazanmakta ve proteinler ile arasındaki etkileşim çok daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Bu da Gd-DTPA'nın diğer iyotlu radyolojik kontrast ilaçlara göre çok daha güvenli olmasını sağlamaktadır. Ayrıca bir kontrast maddenin intravenöz yolla uygulanması için viskozite ve osmolalitesinin de düşük olması gerekir ki Gd-DTPA, bu faktörler yönünden de kullanıma son derece elverişlidir [21].

Gd-DTPA oldukça emniyetli olup nefrotoksik özellikleri yoktur ve allerjik reaksiyon insidansı oldukça düşüktür. Ancak hemolitik anemisi olan hastalarda Gd-DTPA'nın serum demir ve bilirubin seviyelerinde geçici artışa neden olduğu gözlenmiştir.

Gd-DTPA-BMA (Gadodiamid, Omniscan), diğer bir gadoliniumlu kontrast maddedir. DTPA-BMA, DTPA'nın bir derivasyonudur. Gadodiamid verilen hastalarda serum çinko düzeyinde belirgin düşüş saptandığı bildirilmiştir. Gd-HP-DO3A (Gadoteridol) makrosiklik yapıda olduğu için daha stabil bir gadolinium şelatıdır. Gadoteridol'un daha az toksik olduğu ispatlanmıştır. Bu yüzden daha yüksek konsantrasyonlarda kullanılabilir. Gd-DOTA (Gadoterat meglumin, Dotarem) ise yine makrosiklik yapıda olan bir diğer gadoliniumlu kontrast maddedir. Yapılan çalışmalarda, etkinlik ve yan etkilerin sıklığı bakımından Gd-DTPA ile arasında farklılık saptanmamıştır.

Gadolinium şelatlarının fetus üzerindeki etkisi bilinmemektedir. Ancak Gd-DTPA'nın plasentayı geçtiği ve anne sütünde saptandığı bildirilmiştir. Gadolinium şelatları için tek kontrendikasyon gebelik ve gadolinium'lu kontrast maddelere karşı yaşamı tehdit eden reaksiyon öyküsüdür [21].

2. AMAÇ

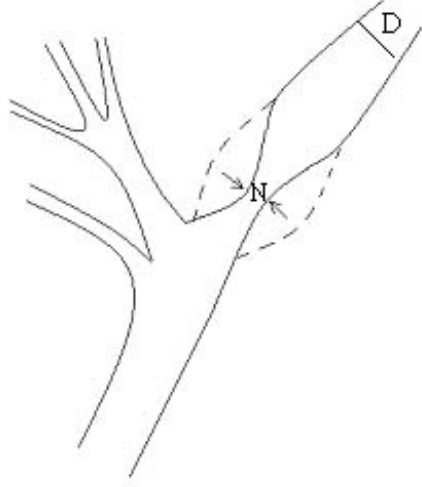
Kontrastlı boyun MRA tetkiki, supraaortik damar darlığı tanısında giderek daha fazla kullanılmaktadır. Konvansiyonal DSA günümüzde hala supraaortik arterlerin aterosklerotik lezyonlarının saptanmasında altın standart olarak kabul edilmektedir [2,3,4,5]. Ancak bu teknik tromboembolik olay, allerjik reaksiyonlar ve nefrotoksisite gibi riskler taşımanın yanı sıra pahalı bir yöntemdir [6]. Bu nedenle, son yıllarda, konvansiyonal DSA yönteminin yerini alacak non-invaziv veya minimal invaziv, doğruluğu yüksek tekniklerin gelişiminin önemi vurgulanmaktadır. Yapılan çalışmalar, kontrastlı MRA tetkikinin, Dublex sonografi, renkli Doppler sonografi ve BT anjiyografi gibi diğer non-invaziv veya minimal invaziv yöntemlere göre üstün olduğunu göstermiştir [2,3,40,41].

Kontrastlı boyun MRA tetkiki ile elde edilen kaynak görüntüler farklı rekonstrüksiyon yöntemleri ile değerlendirilebilmektedir. Uygulanan post-processing ve rekonstrüksiyon işlemleri görüntü kalitesini direkt olarak etkileyebilmektedir [2,24,25]. Daha önce, kontrastlı MRA tetkikinin doğruluğunu konvansiyonel DSA ile karşılaştıran çalışmalar yapılmıştır. Ancak supraaortik arterlerin değerlendirilmesinde, kontrastlı boyun MRA tetkikinde kaynak görüntüler elde edildikten sonra uygulanan post-processing ve farklı rekonstrüksiyon işlemlerini konvansiyonel DSA ile karşılaştıran bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmanın amacı kontrastlı boyun MRA tetkikinin koronal MIP rekonstrüksiyon ve aksiyel MPR yöntemleri ile çıkarma görüntülerini konvansiyonel DSA tetkiki ile karşılaştırarak değerlendirmektir.

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1. ÇALIŞMA GRUBU

Ocak 2002 ve Eylül 2002 tarihleri arasında, nöroloji veya nöroşirürji uzmanı tarafından değerlendirilen ve klinik veya ultrasonografik bulgularına göre MRG ünitemize gönderilerek kontrastlı 3D MRA ve sonrasında konvansiyonel DSA yapılan 21 semptomatik hasta retrospektif olarak değerlendirildi. Çalışma grubu yaşları 48 ile 83 arasında (ortalama: 71) 3 kadın, 18 erkek toplam 21 hastadan oluşturuldu. Tüm hastalara, ortalama 2 haftalık bir süre içinde kontrastlı 3D MRA ve konvansiyonel DSA tetkikleri yapıldı. Bu 21 hastada toplam 42 subklavian arter, 42 ana karotid arter, 42 internal karotid arter, 42 eksternal karotid arter ve 42 vertebral arter gözden geçirildi. Dar segmentleri daha iyi lokalize edebilmek amacıyla ana karotid arter, internal karotid arter ve vertebral arterlerin ½ distal ve ½ proksimal segmentleri ayrı ayrı değerlendirildi. Konvansiyonel DSA yönteminde, hastaların bir kısmında vertebral arterlerin selektif olarak kateterize edilmemesi nedeniyle, optimal görüntü elde edilemediğinden değerlendirme yapılamadı ve bu segmentler çalışma dışı bırakıldı. Bazı damar segmentlerinde birden fazla darlık olması nedeniyle bu darlık düzeyleri ayrı segmentler gibi kabul edildi. Sonuç olarak toplam 333 damar segmenti çalışmaya alındı. Darlık saptanan segmentlerde stenoz derecesi NASCET kriterlerine [36,37] göre $(1-N/D) \times 100$ formülü ile hesaplandı [38] ve dar segmentler oklüzyon (%100), ciddi stenoz (%70-%99 arası), orta derecede stenoz (%30-%69 arası) ve hafif stenoz (%1-%29 arası) şeklinde derecelendirildi (Şekil 3.1.1).



Şekil 3.1.1: NASCET kriterlerine göre stenoz derecesinin ölçülmesi. N: maksimum darlık düzeyindeki patent lümen çapı, D: poststenotik dilatasyondan hemen sonraki normal lümen çapı.

3.2. KONTRASTLI 3D MRA GÖRÜNTÜLEME PARAMETRELERİ

Üç boyutlu kontrastlı MRA görüntüleri, 1,5-T manyetik alanda (Magnetom Symphony; Siemens Medical Systems) faz dizilimli CP boyun sargısı ile entegre edilmiş CP vertebra sargısı kullanılarak elde edildi. Tüm hastalarda koronal planda fisp 3D (fast imaging steady-state precession) sekansı kullanıldı ve hastaya nefes tutturulmadan sternal çentikten kafa tabanına kadar tüm supraaortik arterler görüntüledi. İlk aşamada prekontrast görüntülerin alınmasından sonra care bolus tekniği uygulanarak otomatik enjektör (Spectris; Medrad; Pittsburgh, PA) ile antekubital venden 22-gauge venöz kateter ile 2 ml/sn hızla, 0.2 ml/kg dozunda kontrast madde (Gadodiamid, Omniscan; Nycomed, Ireland; 0.5 mmol/mL) verildi. Her bolusu takiben 20 ml %0.9 NaCl (serum fizyolojik) puşe tarzında infuze edildi. Care bolus tekniği için kullanılan sekansın parametreleri; TR:500 ms, TE: 1.8 ms, flip angle:20°, FOV:360 mm, matrix:256x128, NEX:2, acquisition time:60 sn, kesit sayısı:60 olarak belirlendi. Her imaj için tarama zamanı 1 sn idi. Her hastanın kardiovasküler durumuna göre değişmekle birlikte ortalama 8 ile 10 kesit sonra kontrast maddenin arkus aortada belli bir konsantrasyona ulaşmasını takiben koronal planda fisp 3D sekansı başlatılarak ard arda 3 kez görüntüler alındı. Sekans parametreleri; TR / TE: 4.47 ms/ 1.54 ms, NEX: 1, FA: 25°, kesit sayısı: 52-56, kesit kalınlığı: 1.6-1.8 mm, distance: 0.2 mm, FOV: 35x35 cm, matrix: 512 x 193, imaging time:18 sn, Voxel hacmi: 1.6 x 0.7 x 1.7 mm olarak ayarlandı. Hastalara nefes tutturulmadı. İlk alınan arteriyel faz görüntüler kullanılarak reformat görüntüler hazırlandı.

İlk olarak, dijital subtraction yöntemi ile kontrastsız görüntülerin bilgisayar ortamında kontrastlı görüntülerden çıkarıldı. Bu şekilde durağan dokular vasküler yapılardan çıkarıldı ve çıkarma görüntüleri elde edildi.

Bir sonraki aşamada, çıkarma görüntüleri kullanılarak MIP tekniği ile koronal planda tüm supraaortik arterleri kapsayan rekonstrüksiyon görüntüleri hazırlandı. Daha sonra, damar süperpozisyonlarından kurtulmak amacıyla, supraaortik damarlar, çıkarma görüntülerinden yararlanılarak 6 segmente ayrıldı (sağ ve sol ana karotid arter ve vertebral arterlerin ½ proksimal kesimleri ile subklavian arterler; sağ ve sol ana karotid arter ½ distal ve internal karotid arterlerin ½ proksimal kesimleri; bilateral internal karotid arterlerin ½ distal kesimleri ve intrakranial segmentleri; bilateral vertebral arterlerin ½ distal kesimleri) ve koronal planda subvolum MIP rekonstrüksiyonları yapıldı. Koronal MIP rekonstrüksiyon görüntülerinin değerlendirilmesinde bu görüntüler esas alındı.

Daha sonra, yine çıkarma görüntüleri kullanılarak MPR tekniği ile aksiyel planda rekonstrüksiyon görüntüleri alındı. Aksiyel MPR görüntüleri, koronal plandaki çıkarma görüntülerinden oluşturuldu ve kesit kalınlığı 1.6 mm, iki kesit arası mesafe 0.016 mm olarak ayarlandı. Her hastada farklı olmakla birlikte yaklaşık olarak 130 ile 155 arasında kesit oluşturuldu.

Çıkarma görüntüleri ve rekonstrüksiyon görüntüleri oluşturulduktan sonra tüm görüntüler değerlendirme için workstation (Leonardo, Siemens Medical Systems) ortamına aktarıldı.

3.3. KONVANSİYONEL ANJİOGRAFİ

Konvansiyonel DSA, femoral kateterizasyon ile, dijital subtraction tekniği (Multistar Top, Siemens Medical Systems) kullanılarak yapıldı. Arkus aorta görüntülerinin alınmasını takiben kateter bir guidewire üzerinden ilerletilerek arkus aortaya yerleştirildi ve daha sonra ana karotid arter orjinleri selektif olarak kateterize edildi. Arterlerin selektif kateterizasyonunu takiben test enjeksiyonu ile kateterin pozisyonu kontrol edildi ve daha sonra her bir kateterizasyon için anteroposterior, lateral and bilateral oblik planlarda (+45° ve -45°) görüntüler alındı. Her enjeksiyon için 8 ml nonionik kontrast madde (iohexol, Omnipaque 300; Nycomed, Ireland) verildi. Konvansiyonel DSA 33 cm FOV ve 1.024x1.024 matrix ile yapıldı. Uzaysal rezolüsyonu 0.32x0.32 mm idi.

3.4. GÖRÜNTÜ ANALİZİ

Stenoz derecesini değerlendirmek için, tüm hastaların kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri, aksiyel MPR ve koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüleri bilgisayar ortamına taşındı (Leonardo, Siemens Medical Systems). Bütün hastaların

isimleri gizlendi ve hastalar rastgele bir sıralama ile incelendi. İki ayrı radyolog birbirinden bağımsız olarak, konvansiyonel DSA sonucunu bilmeden, her iki subklavian arteri, ½ distal ve ½ proksimal ana karotid arterleri, ½ distal ve ½ proksimal internal karotid arterleri, her iki eksternal karotid arteri ve ½ distal ve ½ proksimal vertebral arterleri değerlendirdi. Konvansiyonel DSA altın standart olarak kabul edildi.

Darlık saptanan segmentlerde stenoz derecesi NASCET kriterlerine göre $(1-N/D) \times 100$ formülü ile hesaplandı [37,38,39]. Formülde “N” ile temsil edilen değer, maksimum darlık düzeyindeki patent lümen çapını; “D” ile temsil edilen değer ise poststenotik dilatasyondan hemen sonraki normal lümen çapını göstermektedir. Stenoz derecesi değerlendirilirken, maksimum darlık düzeyi en yüksek büyütmeye ölçüldü. Dar segmentler normal (% 0); hafif stenoz (% 1-29); orta derecede stenoz (% 30-69); ciddi stenoz (% 70-99) ve oklüzyon (% 100) şeklinde derecelendirildi. Herhangi bir darlık saptanmayan arter segmentleri normal (% 0) olarak kaydedildi. Stenoz düzeyinde sinyal kaybı izlenirken distalinde akıma ait sinyal saptanan segmentler % 99 darlık olarak kabul edildi. Arter seyri boyunca sinyal kaybı izlenen segmentler ise oklüde (%100) olarak değerlendirildi. Stenozlar, konvansiyonel DSA görüntüleri ve kontrastlı 3D MRA görüntülerinde aynı düzeylerde ölçüldü.

Stenoz derecelerinin değerlendirilmesinde, iki ayrı radyolog birbirinden bağımsız olarak ve hastaların isimlerini bilmeden çalıştı. Radyologlardan biri, tüm hastaların kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri ve aksiyel MPR görüntülerini incelerken, diğeri koronal MIP rekonstrüksiyon görüntülerini değerlendirdi ve konvansiyonel DSA sonuçlarını gözden geçirdi.

3.5. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME

Tüm görüntülerin değerlendirilmesi sonucu elde edilen bilgiler kappa korelasyon analizi kullanılarak istatistiksel olarak analiz edildi. Toplam 333 arteriyel segmentin 4 farklı görüntüleme yöntemindeki ölçüm değerlerinin, yöntemlerden biri olan konvansiyonel DSA yöntemine göre uygunluğu araştırıldı. Bütün dar segmentlerin saptanması ve stenoz derecelerinin hesaplanmasını takiben, uygunluğu araştırılan yöntemin doğruluk derecesini saptamak için önce tüm damar segmentleri toplu olarak karşılaştırıldı. Daha sonra, subklavian arterler, ana karotid arterler, internal karotid arterler, eksternal karotid arterler ve vertebral arterlerin sonuçları ayrı ayrı karşılaştırıldı. Böylece uygunluğu araştırılan yöntemin, bu arterlerin her biri için doğruluk derecesi ayrı ayrı hesaplandı.

Ölçülen veriler sürekli bir değişken yapısına sahip olduğu için, darlık düzeylerine göre 5 sınıfa ayrıldı (sınıf 1: %0, sınıf 2: %1-29, sınıf 3: %30-69, sınıf 4: %70-99, sınıf 5: %100). Bu sınıflar, sınıf aralıklarına göre kodlanma şeklinde oluşturuldu.

Ölçümlerden elde edilen değişkenlerin kappa sayısına uygunluğu araştırıldı. Yöntemler arasındaki doğruluk derecesi Landis ve Koch skalasına [42] göre saptandı: <0.00: kötü; 0.00-0.20: zayıf; 0.21-0.40: vasat; 0.41-0.60: orta; 0.61-0.80: güçlü; 0.81-1.0: mükemmel. Yani; konvansiyonel DSA yöntemi altın standart kabul edilerek yapılan bu araştırmaya göre; kappa değerinin (κ katsayısı) 1.0 çıkması iki değişken arasında doğrusal bir ilişki olduğunu, uygunluğu araştırılan yöntemin konvansiyonel DSA yöntemi ile bire bir uygunluk sağladığını gösterir. Kappa değerinin 0.61-0.80 arasında olması, ilişkinin doğrusal olmamakla birlikte, iki değişken arasında güçlü bir ilişki olduğunu; 0.41-0.60 arasında olması ise orta derecede bir ilişki olduğunu gösterir. Elde edilen crosstab'da (çapraz tablo) izlenen değerlere göre 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5 kodlarına karşılık gelen sıklıkların diğer satır ve sütunlara oranla daha yüksek çıkması beklenmektedir.

Kappa korelasyon katsayılarının saptanmasına ek olarak, konvansiyonel DSA yöntemi referans yöntem kabul edilerek, kontrastlı 3D MRA tetkiki koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin sensitivite, spesifite, pozitif öngörü değeri, negatif öngörü değeri ve doğrulukları her bir segment için değerlendirildi.

4. SONUÇLAR

Çalışmaya alınan 21 hastanın tamamında, hem kontrastlı 3D MRA hem de konvansiyonel DSA görüntülerinin kalitesi tanı için yeterli düzeydeydi. Kontrastlı 3D MRA görüntülerinin kalitesini düşürecek hareket artefaktları yoktu. Kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon yöntemi, aksiyel MPR yöntemi ve çıkarma görüntülerinin sonuçları konvansiyonel DSA yöntemi ile karşılaştırılarak ayrı ayrı değerlendirildi.

Konvansiyonel DSA yöntemi ile 9 arterde total oklüzyon, 16 arterde ciddi stenoz, 90 orta derece stenoz, 105 hafif stenoz saptandı ve 113 arter normal olarak değerlendirildi. Konvansiyonel DSA yönteminde darlık oranlarının arterlere göre dağılımı Tablo 4.1'de ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

	AKA	IKA	EKA	SA	VA	Toplam
% 0	35	20	15	10	33	113
% 1-29	33	27	16	22	7	105
% 30-69	15	30	8	9	28	90
% 70-99	1	7	1	1	6	16
% 100	2	3	2	0	2	9
Toplam	86	87	42	42	76	333

Tablo 4.1: Konvansiyonel DSA yönteminde darlık oranlarının dağılımı. AKA: Ana karotid arter, IKA: İnternal karotid arter, EKA: Eksternal karotid arter, SA: Subklavian arter, VA: Vertebral arter.

Kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon yöntemi, aksiyel MPR yöntemi ve çıkarma görüntüleri konvansiyonel DSA yöntemi ile karşılaştırılarak her 3 yöntemin ayrı ayrı sensitivitesi, spesifitesi, doğruluğu, pozitif öngörü değeri (PÖD), negatif öngörü değeri (NÖD), yanlış pozitiflik oranı, yanlış negatiflik oranı ve darlık prevalansı hesaplandı. Ayrıca bu 3 yöntemin ana karotid arterler, internal karotid arterler, eksternal karotid arterler, subklavian arterler ve vertebral arterler için sensitivitesi, spesifitesi, doğruluğu, PÖD ve NÖD ayrı ayrı saptandı. Daha sonra, bu 3 yöntemin tüm arterler için κ katsayıları hesaplandı ve yöntemlerin her birinin konvansiyonel DSA yöntemi ile uygunluğu saptandı. Ayrıca κ katsayıları ana karotid arterler, internal karotid arterler, eksternal karotid arterler, subklavian arterler ve vertebral arterler için de hesaplandı ve doğruluğu araştırılan bu 3 yöntemin arterlerin her biri için konvansiyonel DSA yöntemi ile uygunluğu değerlendirildi. Ancak kapa istatistiğinin hesaplanabilmesi için, birinci değişkenler ile ikinci değişkenlerin birbirini çaprazladığı simetrik bir tablo gerekli olduğundan ve kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR yönteminde subklavian arterlerde, kontrastlı 3D MRA tetkiki çıkarma yönteminde ise ana karotid arterlerde bu şart sağlanamadığından κ katsayıları hesaplanamadı.

Kappa korelasyon analizi, koronal MIP rekonstrüksiyon yönteminin diğer iki yönteme göre daha iyi sonuçlar ortaya koyduğunu gösterdi. Her üç yöntemin de κ katsayıları, konvansiyonel DSA ile güçlü bir korelasyon gösterdiklerini ortaya koymakla birlikte, koronal MIP rekonstrüksiyon yönteminin κ katsayısı, sensitivitesi ve doğruluğu daha yüksek bulundu (Tablo 4.2). Arter segmentlerinin ayrı ayrı değerlendirilmesinde, internal karotid arterler, subklavian arterler ve vertebral arterlerde koronal MIP rekonstrüksiyon yönteminin κ katsayısı en yüksek iken (sırasıyla 0.735, 0.729 ve 0.765); ana karotid arter ve eksternal karotid arterlerde ise aksiyel MPR yönteminin κ katsayısı daha yüksekti (sırasıyla 0.705 ve 0.786).

Çıkarma görüntülerinin, diğer yöntemlerden daha üstün sonuçlar vermediği gözlemlendi (Tablo 4.3). Arterlerin ayrı ayrı değerlendirilmesinde koronal MIP rekonstrüksiyon yöntemi, aksiyel MPR yöntemi ve çıkarma görüntülerinin sensitivite, spesifite, doğruluk ve κ katsayıları Tablo 4.4, Tablo 4.5, Tablo 4.6, Tablo 4.7 ve Tablo 4.8’de ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

	Sensitivite	Spesifite	Doğruluk	κ katsayısı
Koronal MIP rekonstrüksiyon	% 85	%75.6	% 81	0.722
Aksiyel MPR	% 68	% 92.4	% 76.6	0.653
Çıkarma görüntüleri	% 72	%82.6	% 75.9	0.653

Tablo 4.2: Supraaortik arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri ile κ katsayıları.

	κ katsayıları		
	Koronal MIP rekonstrüksiyon	Aksiyel MPR	Çıkarma görüntüleri
Ana Karotid Arter	0.637	0.705	—
İnternal Karotid Arter	0.735	0.578	0.597
Eksternal Karotid Arter	0.672	0.786	0.661
Subklavian Arter	0.729	—	0.588
Vertebral Arter	0.765	0.527	0.620

Tablo 4.3: Arter segmentlerinin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin κ katsayıları.

	Sensitivite	Spesifite	Doğruluk	k katsayısı
Koronal MIP rekonstrüksiyon	% 74	% 85	% 79	0.637
Aksiyel MPR	% 78	% 91.6	% 83.7	0.705
Çıkarma görüntüleri	% 75	%91.8	% 82.5	–

Tablo 4.4: Ana karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri ile k katsayıları.

	Sensitivite	Spesifite	Doğruluk	k katsayısı
Koronal MIP rekonstrüksiyon	% 82.5	% 75	% 80	0.735
Aksiyel MPR	% 62	% 90.5	% 68.9	0.578
Çıkarma görüntüleri	% 65	% 86.4	% 88.4	0.597

Tablo 4.5: İnternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri ile k katsayıları.

	Sensitivite	Spesifite	Doğruluk	k katsayısı
Koronal MIP rekonstrüksiyon	% 100	% 57	% 78	0.672
Aksiyel MPR	% 80.7	% 93.7	% 52.3	0.786
Çıkarma görüntüleri	% 83.3	% 66.6	% 76.1	0.661

Tablo 4.6: Eksternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri ile k katsayıları.

	Sensitivite	Spesifite	Doğruluk	k katsayısı
Koronal MIP rekonstrüksiyon	% 84.3	% 80	% 83.3	0.729
Aksiyel MPR	% 75	% 100	% 80.9	–
Çıkarma görüntüleri	% 76.6	% 75	% 76.1	0.588

Tablo 4.7: Subklavian arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri ile k katsayıları.

	Sensitivite	Spesifite	Doğruluk	k katsayısı
Koronal MIP rekonstrüksiyon	% 94.4	% 75	% 84	0.765
Aksiyel MPR	% 50	% 94.1	% 69.7	0.527
Çıkarma görüntüleri	% 84.3	% 81.6	% 75	0.620

Tablo 4.8: Vertebral arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri ile k katsayıları.

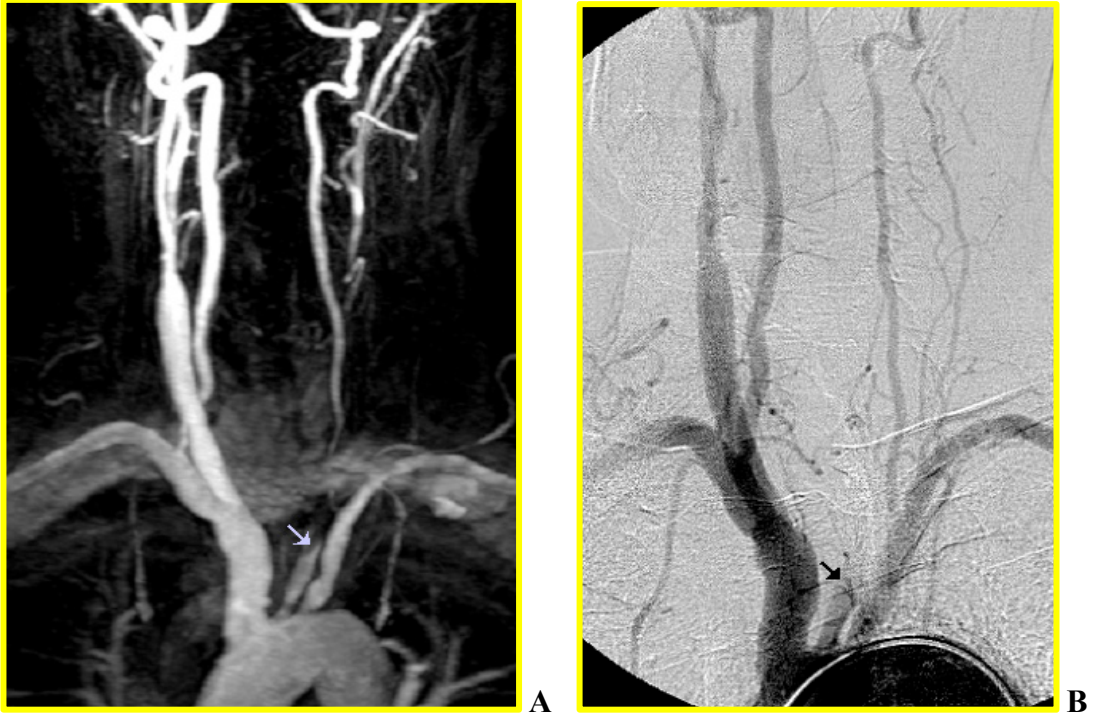
4.1. KORONAL MIP REKONSTRÜKSİYON YÖNTEMİ

Kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon yöntemi ile 9 arterde total oklüzyon (Şekil 4.1.1), 25 arterde ciddi stenoz (Şekil 4.1.2 ve Şekil 4.1.3), 78 orta derece stenoz (Şekil 4.1.4), 92 hafif stenoz saptandı (Şekil 4.1.5) ve 129 arter normal olarak değerlendirildi (Tablo 4.1.1). Elde edilen tüm değerler karşılaştırıldığında kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon yönteminin sensitivitesi % 85, spesifitesi %75.6, doğruluğu % 81, PÖD % 84, NÖD % 76.7, yanlış pozitiflik oranı % 26.4, yanlış negatiflik oranı % 15, darlık prevalansı % 59 olarak bulundu (Tablo 4.1.2).

Tüm arter segmentlerinin ayrı ayrı değerlendirilmesi sonucu elde edilen değerler ve kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon yönteminin her arter için sensitivite, spesifite, doğruluk, PÖD, NÖD ve κ katsayıları sırasıyla Tablo 4.1.3, Tablo 4.1.4, Tablo 4.1.5, Tablo 4.1.6, Tablo 4.1.7’de gösterilmiştir. Kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon yönteminin κ katsayıları tüm arterler değerlendirildiğinde 0.722, ana karotid arterler için 0.637, internal karotid arterler için 0.735, eksternal karotid arterler için 0.672, subklavian arterler için 0.729, vertebral arterler için 0.765 olarak hesaplandı. Landis ve Koch skalasına [42] göre kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon yönteminin konvansiyonel DSA yöntemine göre doğruluk derecesi araştırıldığında, hem arterlerin ayrı ayrı olarak hem de tamamının birlikte değerlendirilmesinde κ katsayısı oldukça yüksek bulundu ve iki yöntem arasında güçlü bir ilişki olduğu gösterildi.

	AKA	IKA	EKA	SA	VA	Toplam
% 0	46	27	12	12	32	129
% 1-29	28	26	11	23	4	92
% 30-69	8	23	15	6	26	78
% 70-99	2	8	2	1	12	25
% 100	2	3	2	0	2	9
Toplam	86	87	42	42	76	333

Tablo 4.1.1: Kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon yönteminde darlık oranlarının dağılımı.



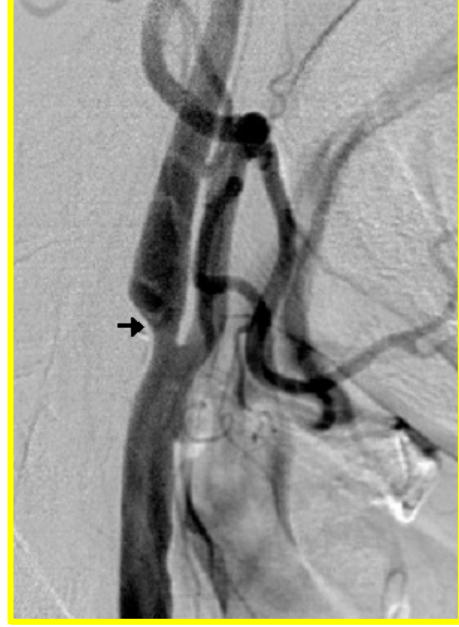
Şekil 4.1.1: Sol ana karotid arterde koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüde (A) ve konvansiyonel DSA görüntüde (B) total oklüzyon (ok).



Şekil 4.1.2: Sağ internal karotid arterde kontrastlı 3D MRA koronal magnifiye MIP görüntüde % 98 (A), konvansiyonel DSA'da % 95 (B) ölçülen stenoz.



A



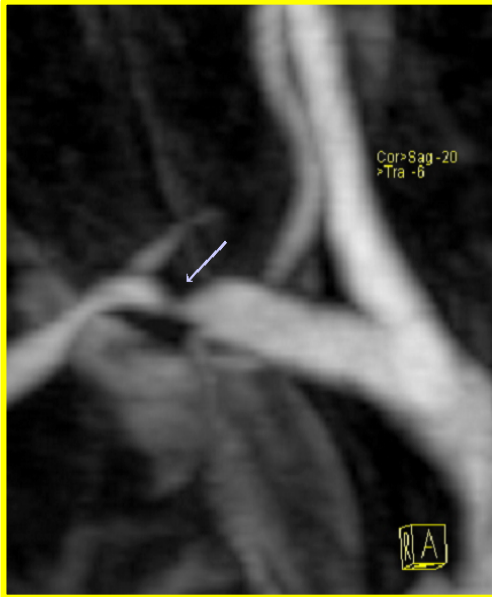
B

Şekil 4.1.3: Sol internal karotid arter orjininde kontrastlı 3D MRA koronal magnifiye MIP görüntüde % 40 (A), konvansiyonel DSA'da % 50 (B) stenoz.



A

Şekil 4.1.4: Sağ subklavian arterde kontrastlı 3D MRA koronal MIP (A) ciddi stenoz. Stenoz derecesi kontrastlı 3D MRA koronal magnifiye MIP (B) görüntüde % 83, konvansiyonel DSA görüntüde (C) % 90 olarak ölçülüyor.



B



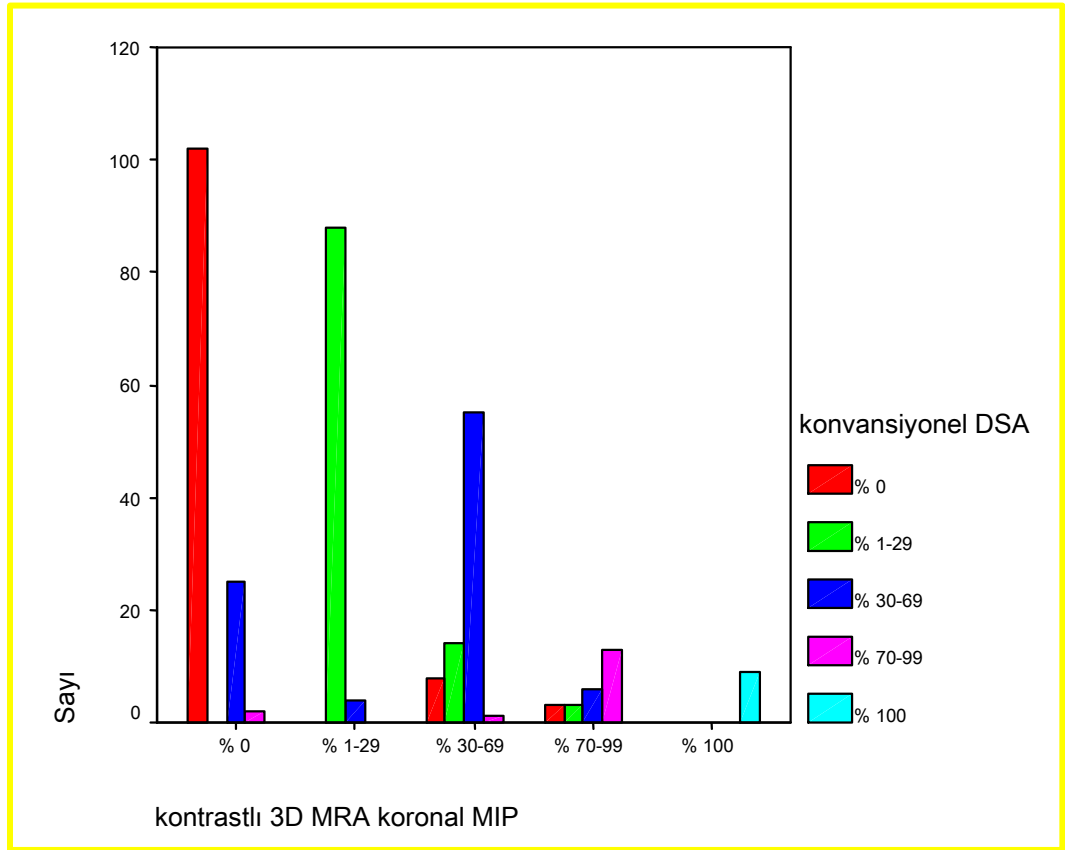
C



Şekil 4.1.5: Sol internal karotid arterde kontrastlı 3D MRA koronal magnifiye MIP görüntüde % 17 (A), konvansiyonel DSA'da % 22 (B) darlık yapan ülsere plak.

		konvansiyonel DSA					Toplam
		% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	% 100	
kontrastlı	% 0	102		25	2		129
3D MRA	% 1-29		88	4			92
koronal	% 30-69	8	14	55	1		78
MIP	% 70-99	3	3	6	13		25
	% 100					9	9
Toplam		113	105	90	16	9	333

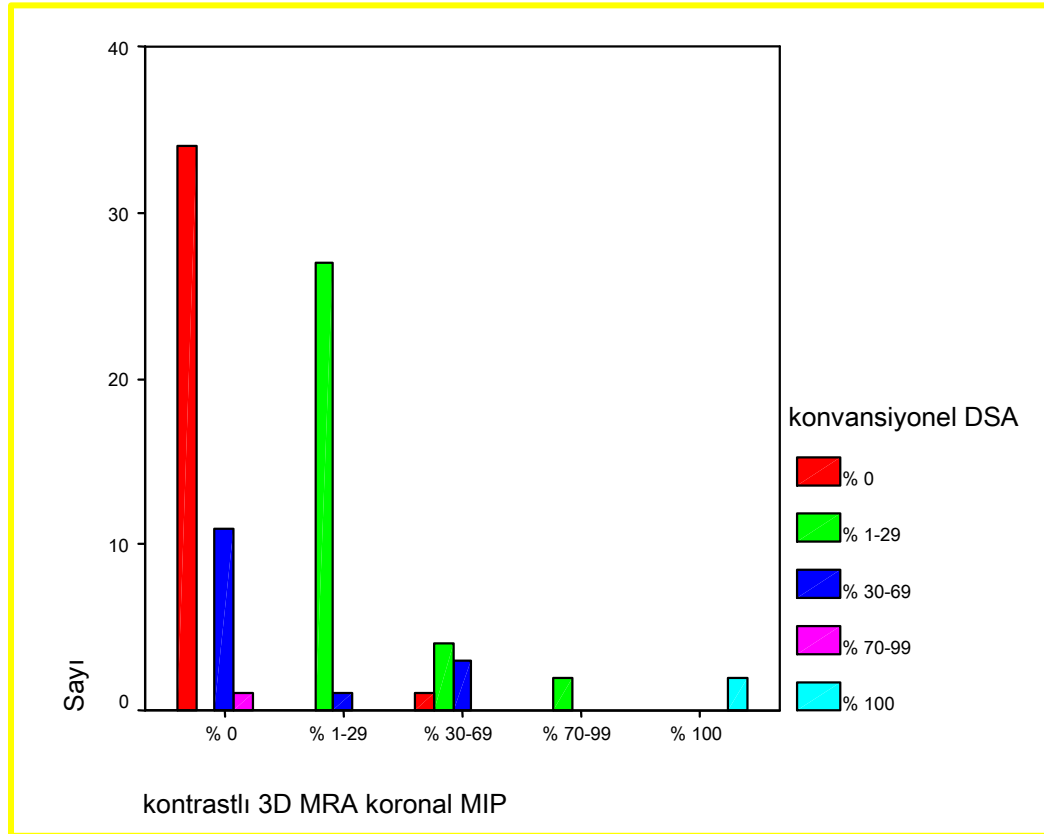
Sensitivite: % 85, spesifite: %75.6, doğruluk: % 81, PÖD: %84, NÖD: %76.7
k katsayısı: 0.722 (Landis ve Koch skalasına göre güçlü korelasyon)



Tablo 4.1.2: Supraaortik arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

		konvansiyonel DSA					Toplam
		% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	% 100	
kontrastlı	% 0	34		11	1		46
3D MRA	% 1-29		27	1			28
koronal	% 30-69	1	4	3			8
MIP	% 70-99		2				2
	% 100					2	2
Toplam		35	33	15	1	2	86

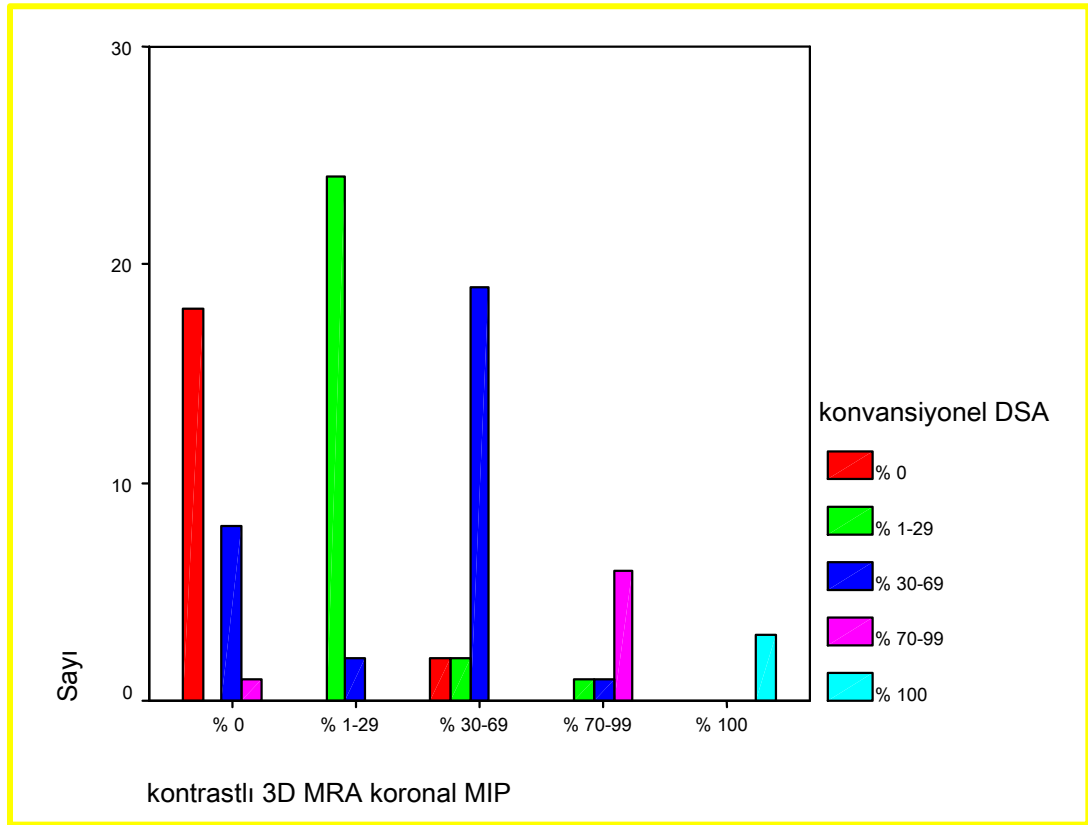
Sensitivite: % 74, spesifite: %85, doğruluk: % 79, PÖD: % 85, NÖD: % 74
k katsayısı: 0.637 (Landis ve Koch skalasına göre güçlü korelasyon)



Tablo 4.1.3: Ana karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

	konvansiyonel DSA					Toplam
	% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	% 100	
kontrastlı % 0	18		8	1		27
3D MRA % 1-29		24	2			26
koronal % 30-69	2	2	19			23
MIP % 70-99		1	1	6		8
% 100					3	3
Toplam	20	27	30	7	3	87

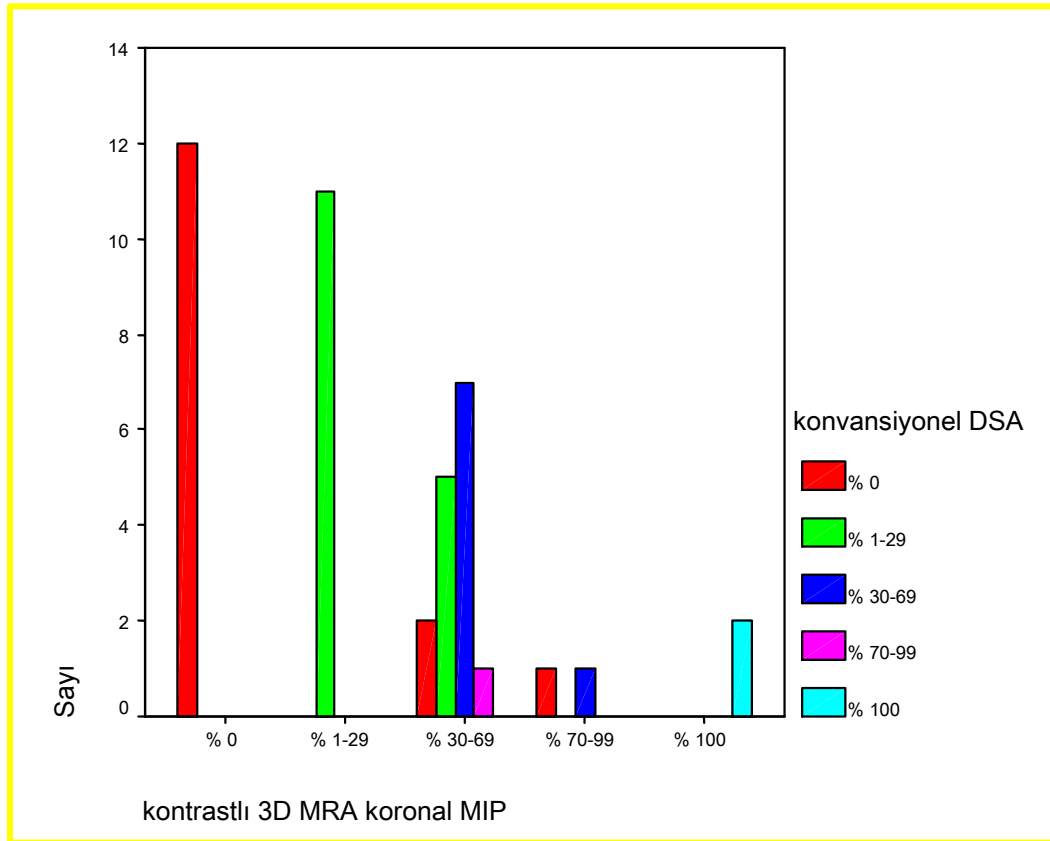
Sensitivite: % 82.5, spesifite: % 75, doğruluk: % 80, PÖD: % 89, NÖD: % 62
 κ katsayısı: 0.735 (Landis ve Koch skalasına göre güçlü korelasyon)



Tablo 4.1.4: İnternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

	konvansiyonel DSA					Toplam
	% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	% 100	
kontrastlı % 0	12					12
3D MRA % 1-29		11				11
koronal % 30-69	2	5	7	1		15
MIP % 70-99	1		1			2
% 100					2	2
Toplam	15	16	8	1	2	42

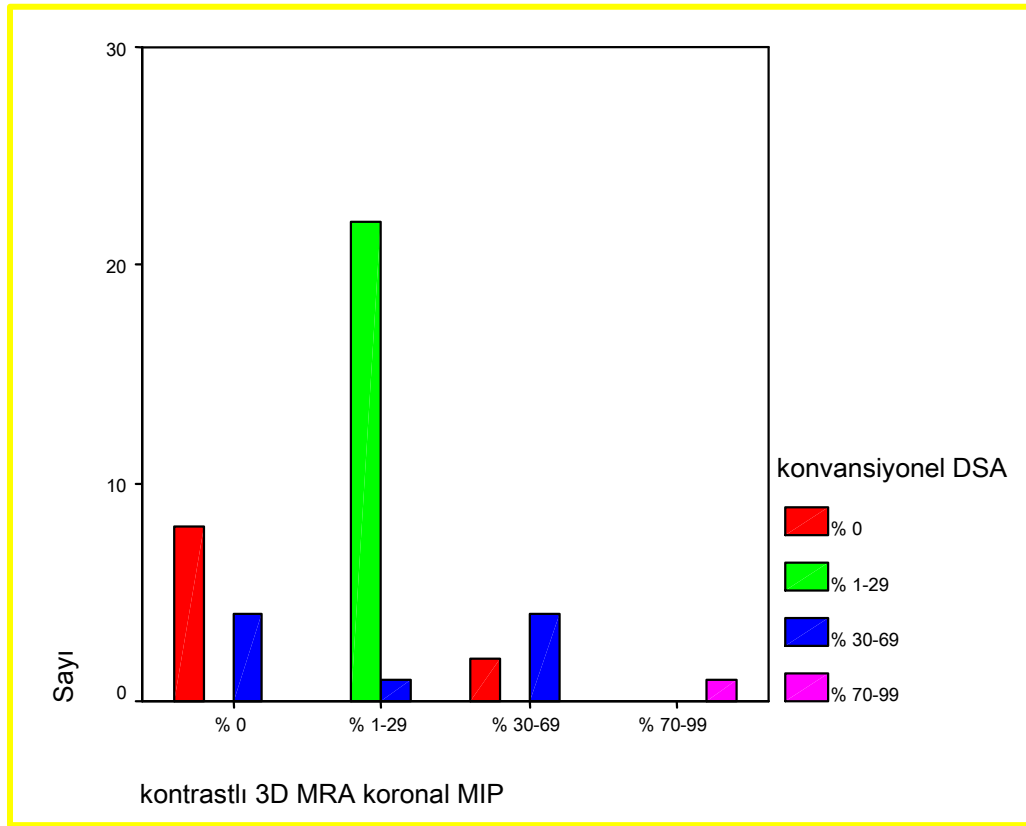
Sensitivite: % 100, spesifite: % 57, doğruluk: % 78, PÖD: % 70, NÖD: % 100
κ katsayısı: 0.672 (Landis ve Koch skalasına göre güçlü korelasyon)



Tablo 4.1.5: Eksternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

		konvansiyonel DSA				Toplam
		% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	
kontrastlı	% 0	8		4		12
3D MRA	% 1-29		22	1		23
koronal	% 30-69	2		4		6
MIP	% 70-99				1	1
Toplam		10	22	9	1	42

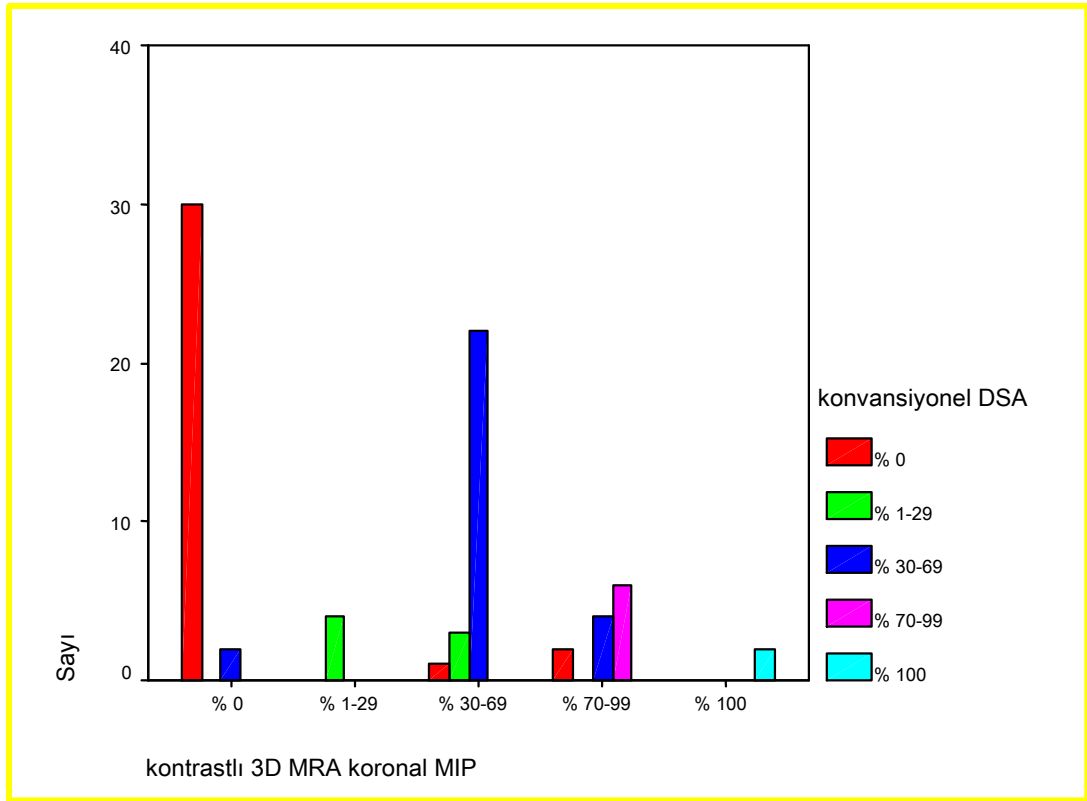
Sensitivite: % 84.3, spesifite: % 80, doğruluk: % 83.3, PÖD: % 93, NÖD: % 61.5
κ katsayısı: 0.729 (Landis ve Koch skalasına göre güçlü korelasyon)



Tablo 4.1.6: Subklavian arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

		konvansiyonel DSA					Toplam
		% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	% 100	
kontrastlı	% 0	30		2			32
3D MRA	% 1-29		4				4
koronal	% 30-69	1	3	22			26
MIP	% 70-99	2		4	6		12
	% 100					2	2
Toplam		33	7	28	6	2	76

Sensitivite: % 94.4, spesifite: % 75, doğruluk: % 84, PÖD: % 77, NÖD: % 93.7
κ katsayısı: 0.765 (Landis ve Koch skalasına göre güçlü korelasyon)



Tablo 4.1.7: Vertebral arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

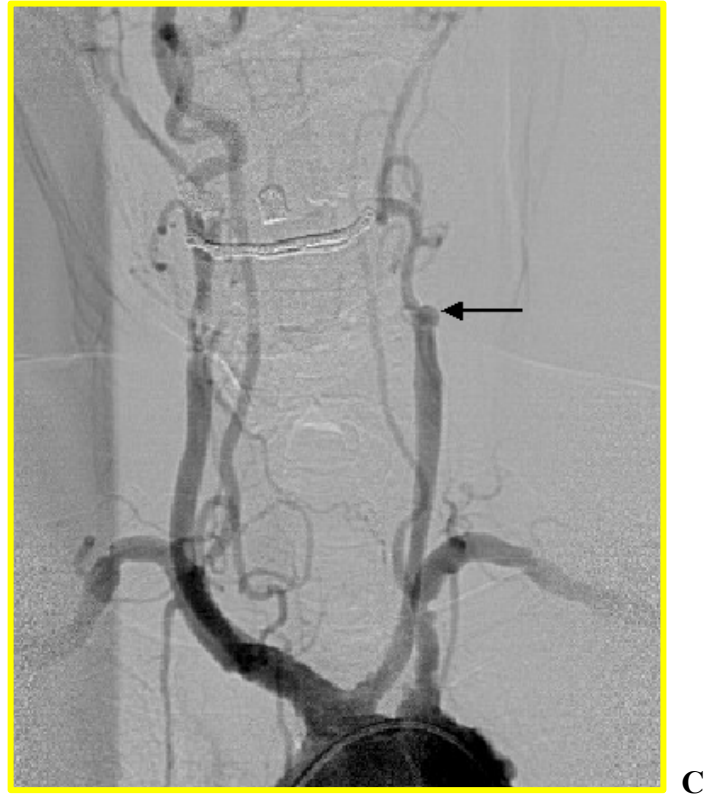
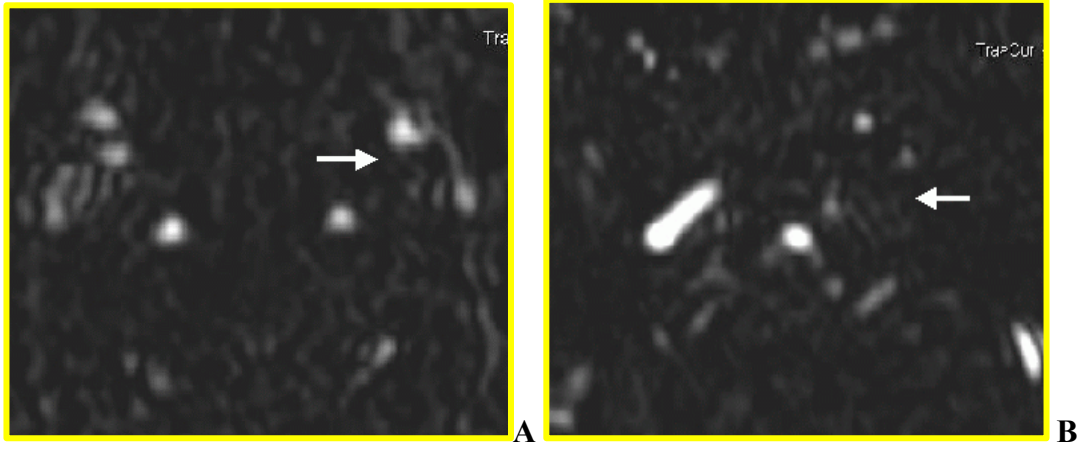
4.2. AKSİYEL MPR REKONSTRÜKSİYON YÖNTEMİ

Kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR yöntemi ile 9 arterde total oklüzyon (Şekil 4.2.1 ve Şekil 4.2.2), 8 arterde ciddi stenoz (Şekil 4.2.3), 39 orta derece stenoz, 117 hafif stenoz saptandı ve 160 arter normal olarak değerlendirildi (Tablo 4.2.1). Elde edilen tüm değerler karşılaştırıldığında kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR yönteminin sensitivitesi % 68, spesifitesi % 92.4, doğruluğu % 76.6, PÖD % 95, NÖD % 60.5, yanlış pozitiflik oranı % 6, yanlış negatiflik oranı % 33, darlık prevalansı % 64.8 olarak bulundu (Tablo 4.2.2).

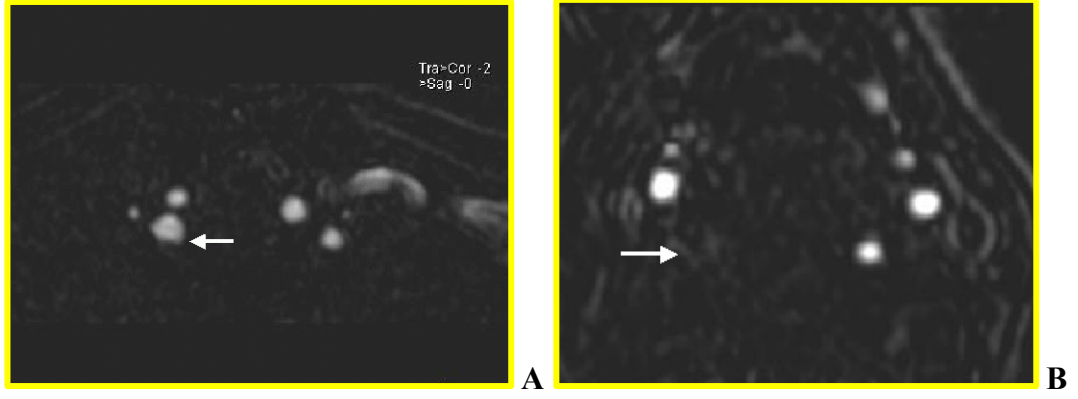
Tüm arter segmentlerinin ayrı ayrı değerlendirilmesi sonucu elde edilen sensitivite, spesifite, doğruluk, PÖD, NÖD ve κ katsayıları sırasıyla Tablo 4.2.3, Tablo 4.2.4, Tablo 4.2.5, Tablo 4.2.6, Tablo 4.2.7'de gösterilmiştir. Kappa korelasyon analizi kullanılarak yapılan istatistiksel analizde kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR yönteminin κ katsayısı tüm arterler değerlendirildiğinde 0.653, ana karotid arterler için 0.705, internal karotid arterler için 0.578, eksternal karotid arterler için 0.786, vertebral arterler için 0.527 olarak hesaplandı. Subklavian arterlerde, konvansiyonel DSA yöntemi ile ciddi stenoz saptanmasına karşın kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR yönteminde saptanmaması ve simetrik bir çapraz tablo elde edilememesi nedeniyle, subklavian arterler için κ katsayısı hesaplanamadı. Landis ve Koch skalasına [42] göre kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR yönteminin konvansiyonel DSA yöntemine göre doğruluk derecesi araştırıldığında arterlerin tamamının birlikte değerlendirilmesinde κ katsayısı oldukça yüksek bulundu ve iki yöntem arasında güçlü bir ilişki olduğu gösterildi. Ayrıca ana karotid arterler ve eksternal karotid arterler için de κ katsayısı oldukça yüksekti ve bu arterlerin değerlendirilmesinde iki yöntem arasında güçlü bir korelasyon olduğu gösterildi. Ancak κ katsayısı internal karotid arterler için 0.578, vertebral arterler için 0.527 olarak bulundu ve Landis ve Koch skalasına [42] göre kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR yöntemi ile konvansiyonel DSA yöntemi arasında bu arterler için orta derecede bir ilişki olduğu saptandı.

	AKA	IKA	EKA	SA	VA	Toplam
% 0	41	37	18	16	48	160
% 1-29	37	31	18	23	8	117
% 30-69	5	13	3	3	15	39
% 70-99	1	3	1	0	3	8
% 100	2	3	2	0	2	9
Toplam	86	87	42	42	76	333

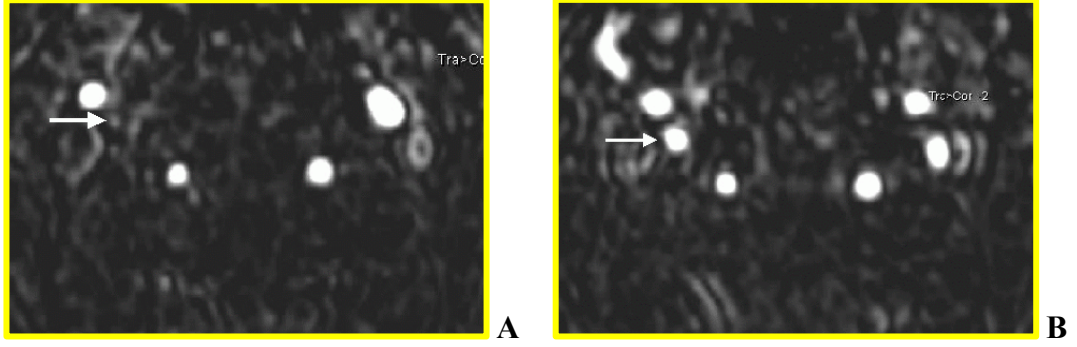
Tablo 4.2.1: Kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR yönteminde darlık oranlarının dağılımı.



Şekil 4.2.1: Kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR yönteminde sol internal karotid arter orjin (A) ve petröz segment (B) düzeyinde izlenmemesi oklüzyonu düşündürüyor. Konvansiyonel DSA sol anterior oblik görüntüde (C) sol internal karotid arter orjin düzeyinde oklüzyon doğrulanıyor.



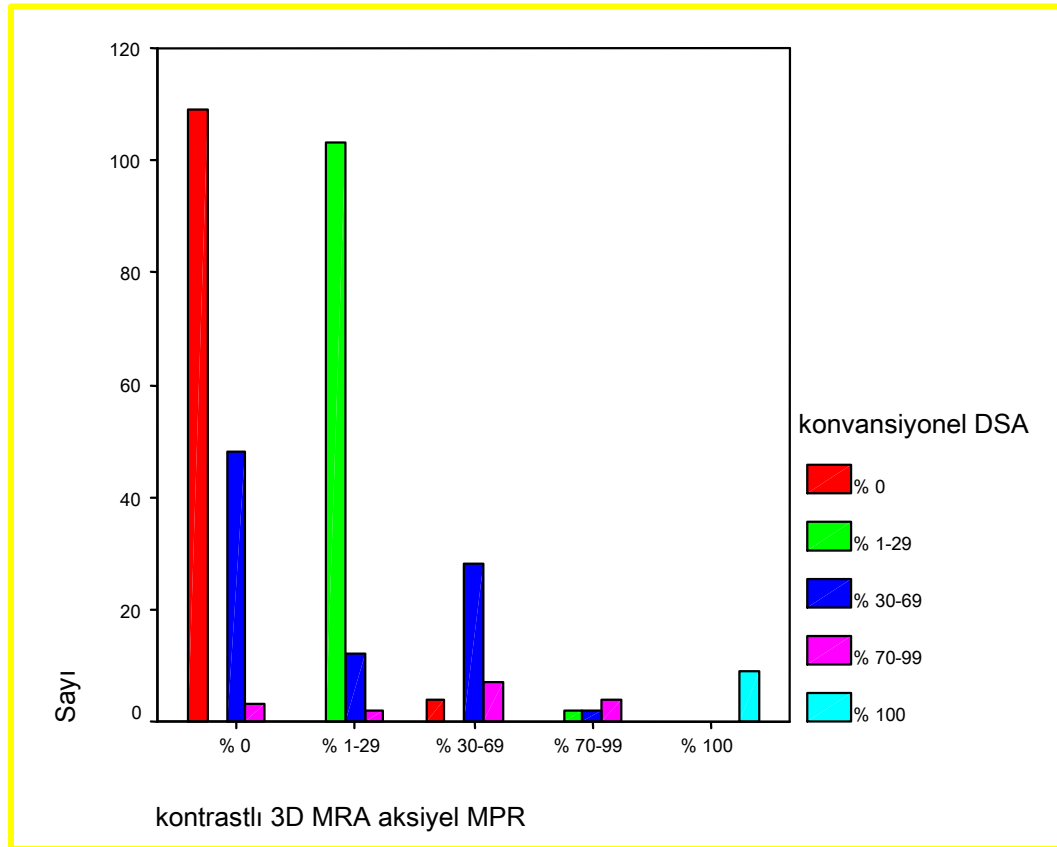
Şekil 4.2.2: Kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR yönteminde sağ vertebral arterin orjin (A) ve distal servikal (B) düzeyde izlenmemesi oklüzyonu düşündürüyor. Konvansiyonel DSA sol anterior oblik görüntüde (C) sağ vertebral arter orjin düzeyinden itibaren oklüde olarak izleniyor.



Şekil 4.2.3: Kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR yönteminde sağ internal karotid arter orjin düzeyinde (A) ciddi stenoz düşündüren kalibrasyonda belirgin incelmeye izleniyor. Daha distal (B) düzeyde ise kalibrasyon normal olarak izleniyor. Konvansiyonel DSA lateral görüntüde (C) sağ internal karotid arter orjin düzeyinde posterior duvardaki plak formasyonuna bağlı ciddi stenoz doğrulanıyor.

	konvansiyonel DSA					Toplam
	% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	% 100	
kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR	109	103	48	3		160
	4		12	2		117
		2	28	7		39
			2	4		8
					9	9
Toplam	113	105	90	16	9	333

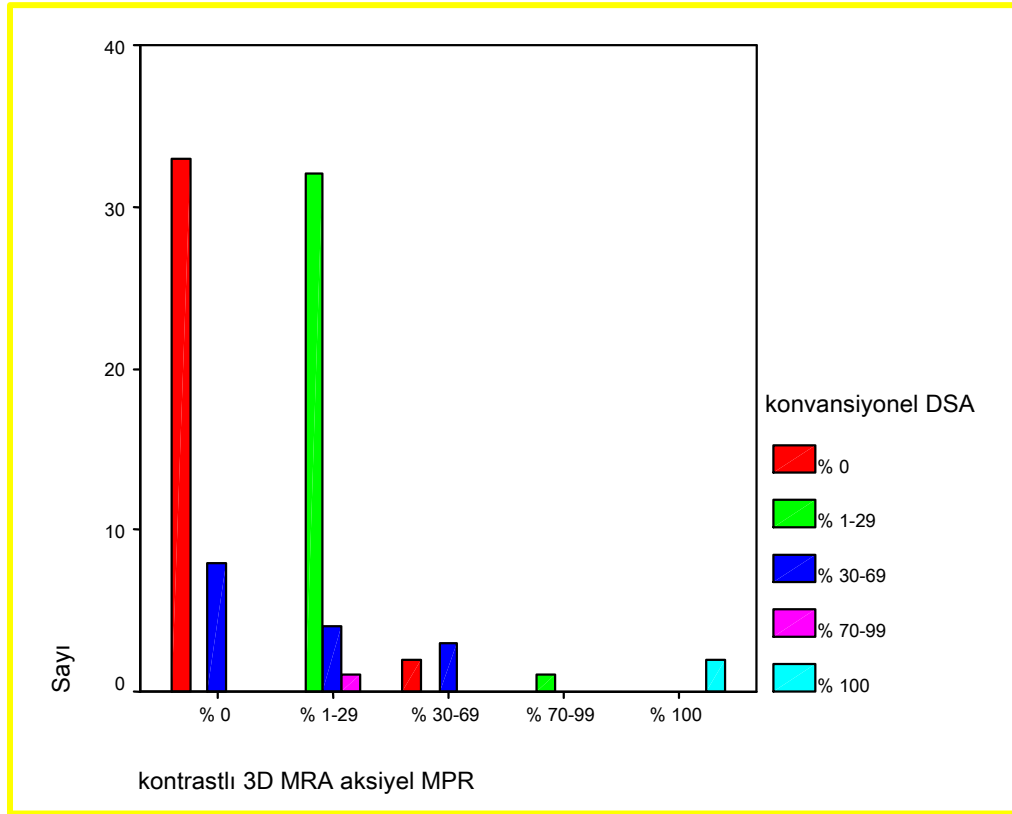
Sensitivite: % 68, spesifite: % 92.4, doğruluk: % 76.6, PÖD: % 95, NÖD: % 60.5
k katsayısı: 0.653 (Landis ve Koch skalasına göre güçlü korelasyon)



Tablo 4.2.2: Supraaortik arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

	konvansiyonel DSA					Toplam
	% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	% 100	
kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR	33	32	8	1		41
	2	1	4	3		5
					2	1
					2	2
Toplam	35	33	15	1	2	86

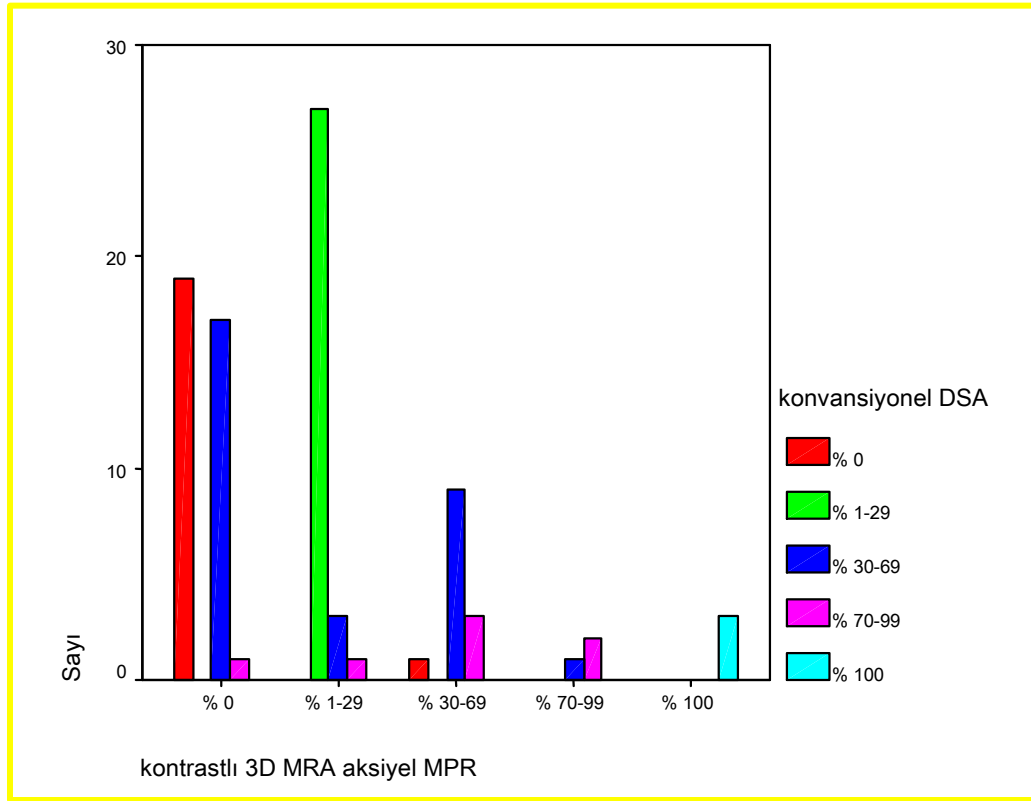
Sensitivite: % 78, spesifite: % 91.6, doğruluk: % 83.7, PÖD: % 93, NÖD: % 75
k katsayısı 0.705 (Landis ve Koch skalasına göre güçlü korelasyon)



Tablo 4.2.3: Ana karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

		konvansiyonel DSA					Toplam
		% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	% 100	
kontrastlı	% 0	19		17	1		37
3D MRA	% 1-29		27	3	1		31
aksiyel	% 30-69	1		9	3		13
MPR	% 70-99			1	2		3
	% 100					3	3
Toplam		20	27	30	7	3	87

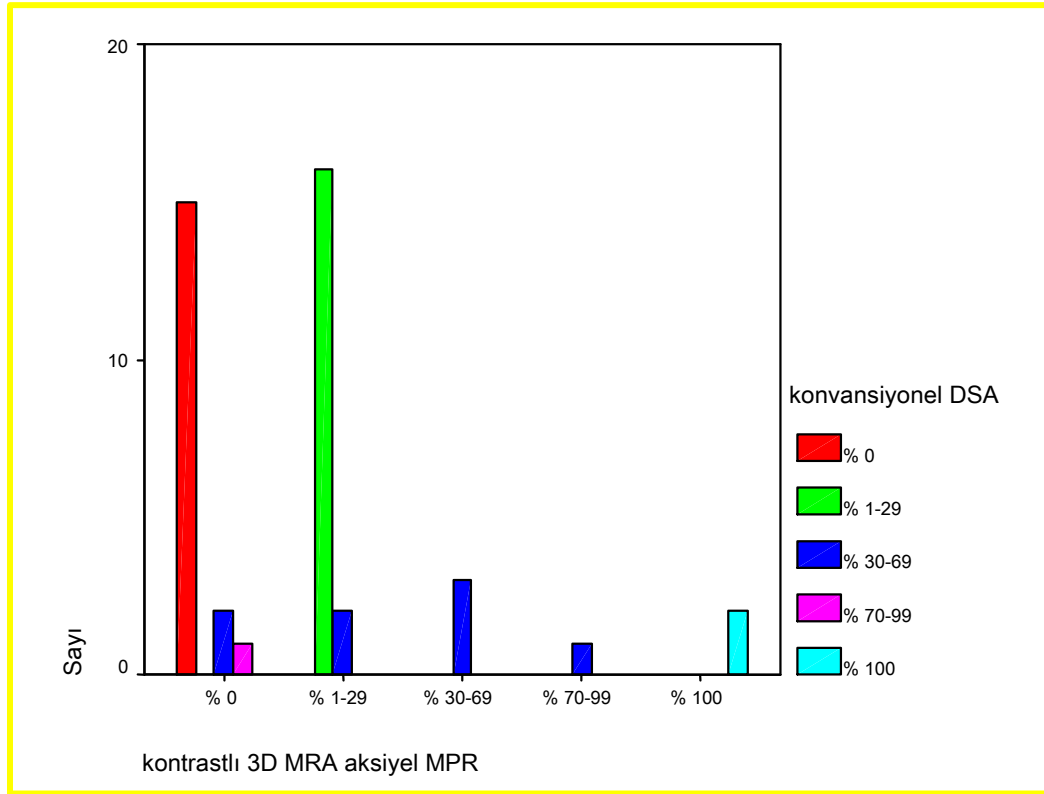
Sensitivite: % 62, spesifitesi % 90.5, doğruluğu % 68.9, PÖD: % 95, NÖD: % 43.1
k katsayısı: 0.578 (Landis ve Koch skalasına göre orta derecede korelasyon)



Tablo 4.2.4: İnternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

		konvansiyonel DSA					Toplam
		% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	% 100	
kontrastlı	% 0	15		2	1		18
3D MRA	% 1-29		16	2			18
aksiyel	% 30-69			3			3
MPR	% 70-99			1			1
	% 100					2	2
Toplam		15	16	8	1	2	42

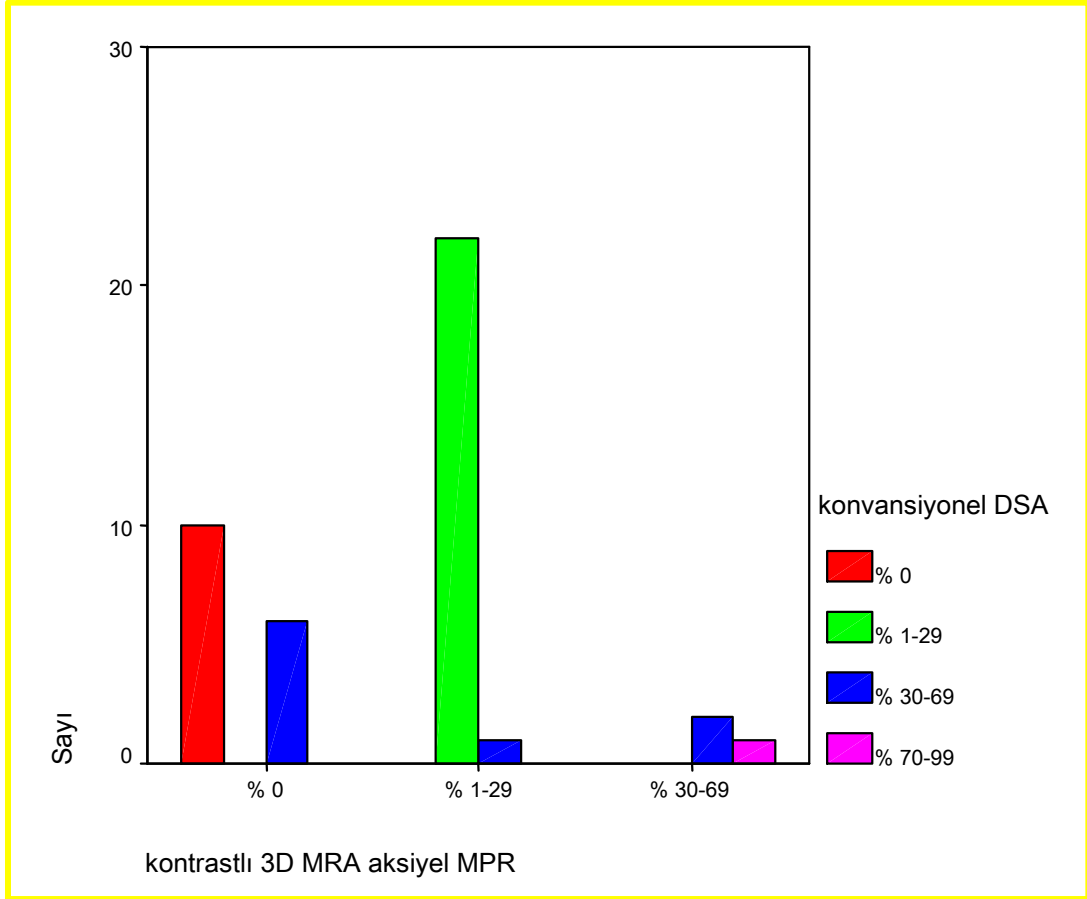
Sensitivite: % 80.7, spesifite: % 93.7, doğruluk: % 52.3, PÖD: % 95.4, NÖD: % 75
k katsayısı: 0.786 (Landis ve Koch skalasına göre güçlü korelasyon)



Tablo 4.2.5: Eksternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

		konvansiyonel DSA				Toplam
		% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	
kontrastlı 3D	% 0	10		6		16
MRA aksiyel	% 1-29		22	1		23
MPR	% 30-69			2	1	3
Toplam		10	22	9	1	42

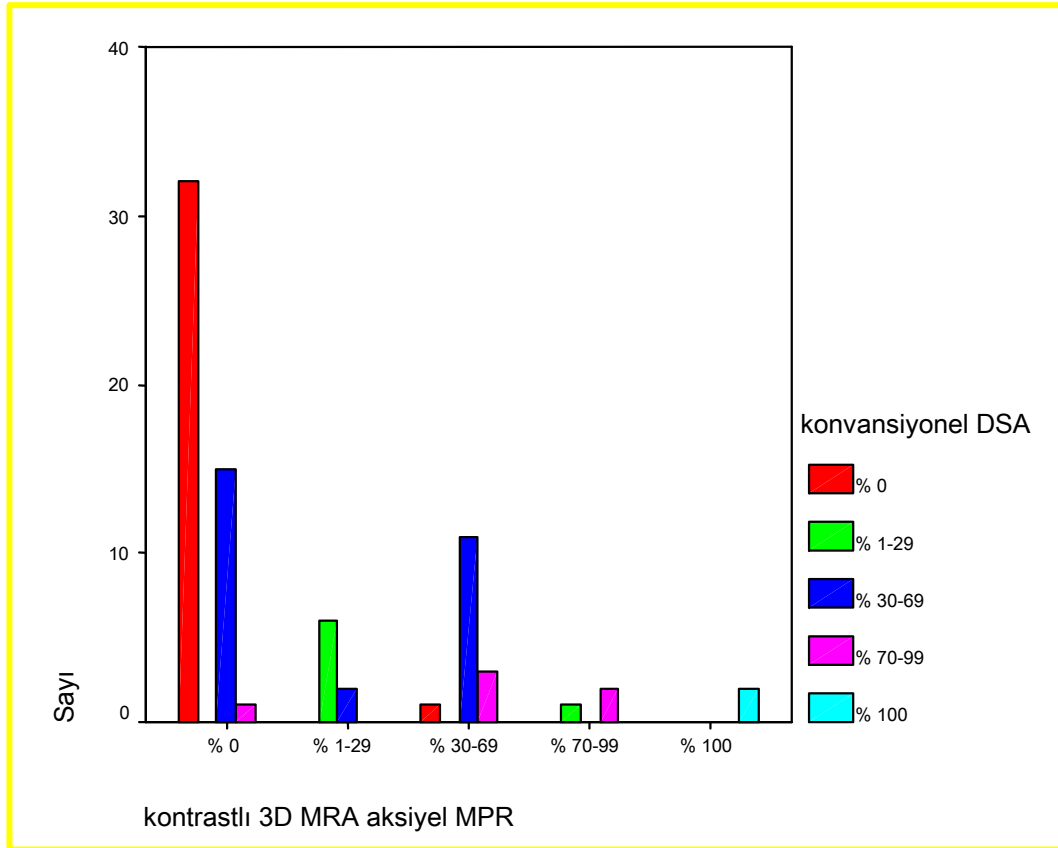
Sensitivite: % 75, spesifite: % 100, doğruluk: % 80.9, PÖD: % 100, NÖD: % 55
k katsayısı: Simetrik bir çapraz tablo oluşturulamadığından k katsayısı hesaplanamadı.



Tablo 4.2.6: Subklavian arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

		konvansiyonel DSA					Toplam
		% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	% 100	
kontrastlı	% 0	32		15	1		48
3D MRA	% 1-29		6	2			8
aksiyel	% 30-69	1		11	3		15
MPR	% 70-99		1		2		3
	% 100					2	2
Toplam		33	7	28	6	2	76

Sensitivite: % 50, spesifite: % 94.1, doğruluk: % 69.7, PÖD: % 91, NÖD: % 60.4
k katsayısı: 0.527 (Landis ve Koch skalasına göre orta derecede korelasyon)



Tablo 4.2.7: Vertebral arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

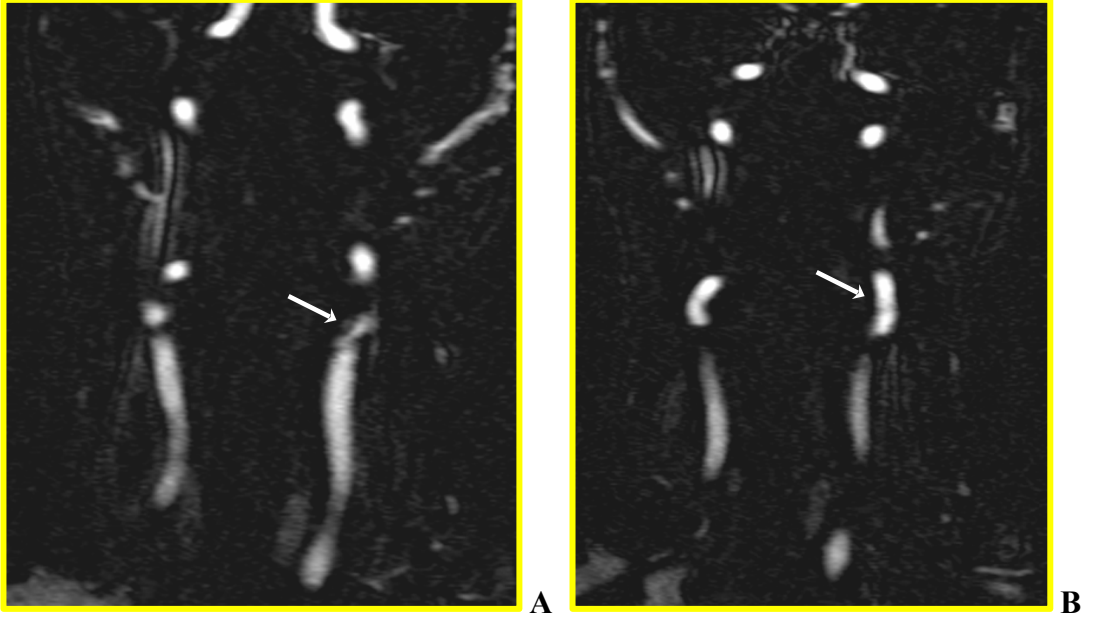
4.3. ÇIKARMA GÖRÜNTÜLERİ

Kontrastlı 3D MRA tetkiki çıkarma görüntülerinin değerlendirilmesi ile 13 arterde total oklüzyon, 10 arterde ciddi stenoz, 58 orta derece stenoz, 100 hafif stenoz saptandı ve 152 arter normal olarak değerlendirildi (Tablo 4.3.1). Elde edilen tüm değerler karşılaştırıldığında kontrastlı 3D MRA tetkiki çıkarma yönteminin sensitivitesi % 72, spesifitesi %82.6, doğruluğu % 75.9, pozitif öngörü değeri (PÖD) % 87, negatif öngörü değeri (NÖD) % 64.4, yanlış pozitiflik oranı % 17, yanlış negatiflik oranı % 28, darlık prevalansı % 61.8 olarak bulundu (Tablo 4.3.2).

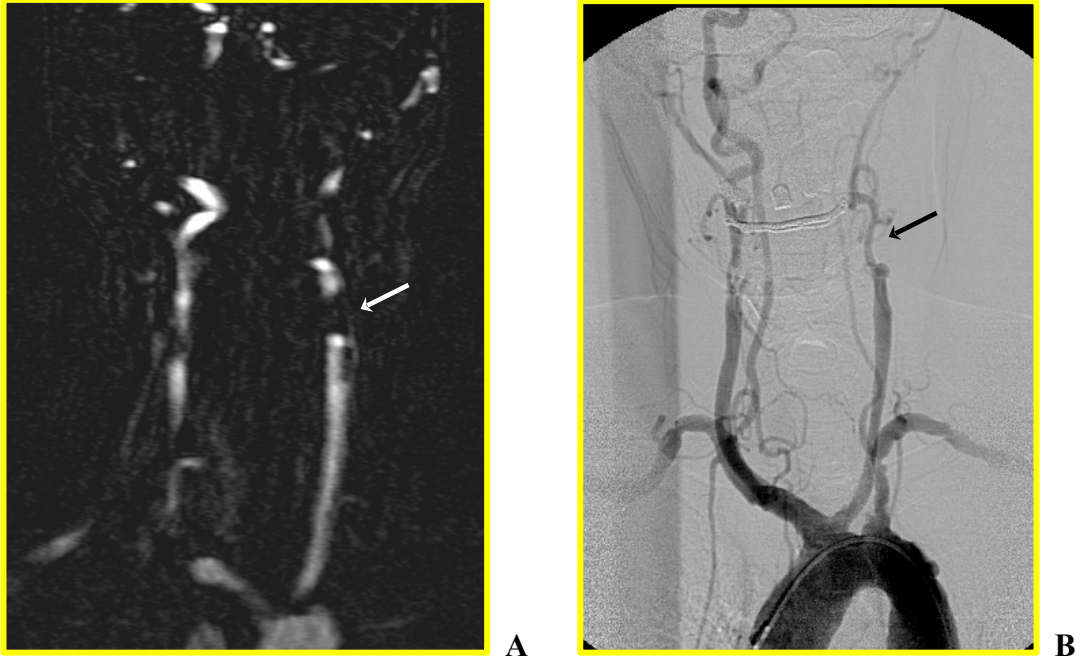
Tüm arter segmentlerinin ayrı ayrı değerlendirilmesi sonucu elde edilen sensitivite, spesifite, doğruluk, PÖD, NÖD ve κ katsayıları sırasıyla Tablo 4.3.3, Tablo 4.3.4, Tablo 4.3.5, Tablo 4.3.6, Tablo 4.3.7'de gösterilmiştir. Kappa korelasyon analizi kullanılarak yapılan istatistiksel analizde kontrastlı 3D MRA tetkiki çıkarma yönteminin κ katsayısı tüm arterler değerlendirildiğinde 0.653, internal karotid arterler için 0.597, eksternal karotid arterler için 0.661, subklavian arterler için 0.588, vertebral arterler için 0.620 olarak hesaplandı. Ana karotid arterler için konvansiyonel DSA yöntemi ile ciddi stenoz saptanmasına karşın kontrastlı 3D MRA çıkarma yönteminde saptanmaması ve simetrik bir çapraz tablo elde edilememesi nedeniyle ana karotid arterler için κ katsayısı hesaplanamadı. Landis ve Koch skalasına [42] göre kontrastlı 3D MRA tetkiki çıkarma yönteminin konvansiyonel DSA yöntemine göre doğruluk derecesi araştırıldığında, arterlerin tamamının birlikte değerlendirilmesinde κ katsayısı oldukça yüksek bulundu ve iki yöntem arasında güçlü bir ilişki olduğu gösterildi. Ayrıca eksternal karotid arterler ve vertebral arterler için de κ katsayısı oldukça yüksekti ve bu arterlerin değerlendirilmesinde iki yöntem arasında güçlü bir korelasyon olduğu gösterildi. Ancak κ katsayısı internal karotid arterler için 0.597, subklavian arterler için 0.588 olarak bulundu ve Landis ve Koch skalasına [42] göre kontrastlı 3D MRA çıkarma yöntemi ile konvansiyonel DSA yöntemi arasında bu arterler için orta derecede bir ilişki olduğu saptandı.

	AKA	IKA	EKA	SA	VA	Toplam
% 0	46	37	16	14	39	152
% 1-29	31	29	13	20	7	100
% 30-69	7	13	9	7	22	58
% 70-99	0	5	2	1	2	10
% 100	2	3	2	0	6	13
Toplam	86	87	42	42	76	333

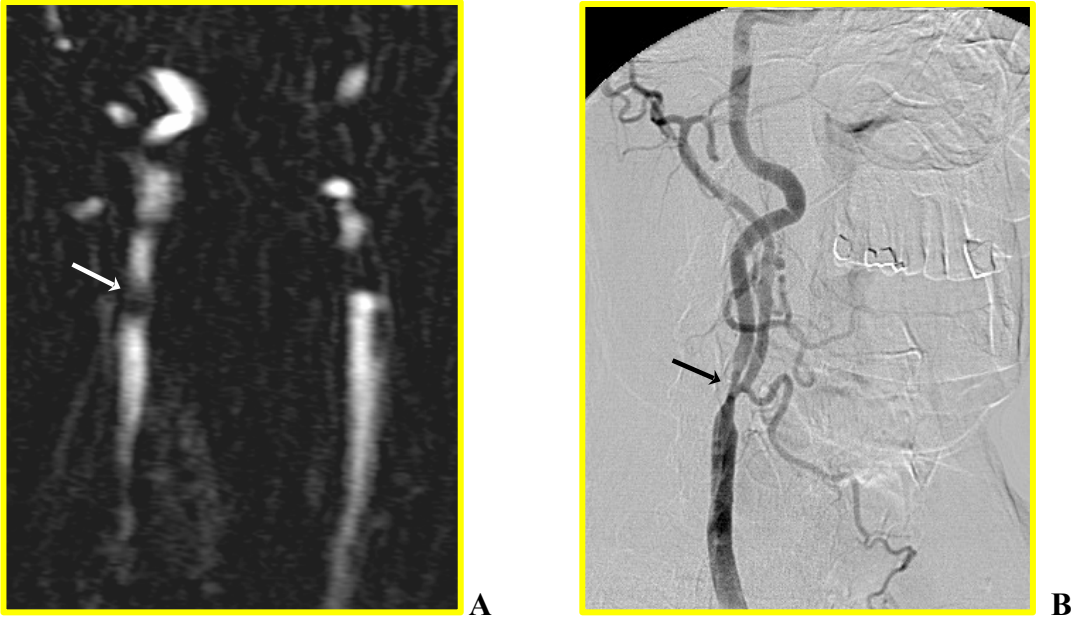
Tablo 4.3.1: Kontrastlı 3D MRA tetkiki çıkarma yönteminde darlık oranlarının dağılımı.



Şekil 4.3.1: Sol internal karotid arter orjininde (A ve B) kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntülerinde % 56, (C) konvansiyonel DSA'da % 48 olarak ölçülen darlık.



Şekil 4.3.2: Sol internal karotid arter orjininde (A) kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntülerinde ve (B) konvansiyonel DSA'da oklüzyon.



Şekil 4.3.3: Sağ internal karotid arter orjininde (A) kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntülerinde % 83, ve (B) konvansiyonel DSA'da % 70 ölçülen darlık.



A



B

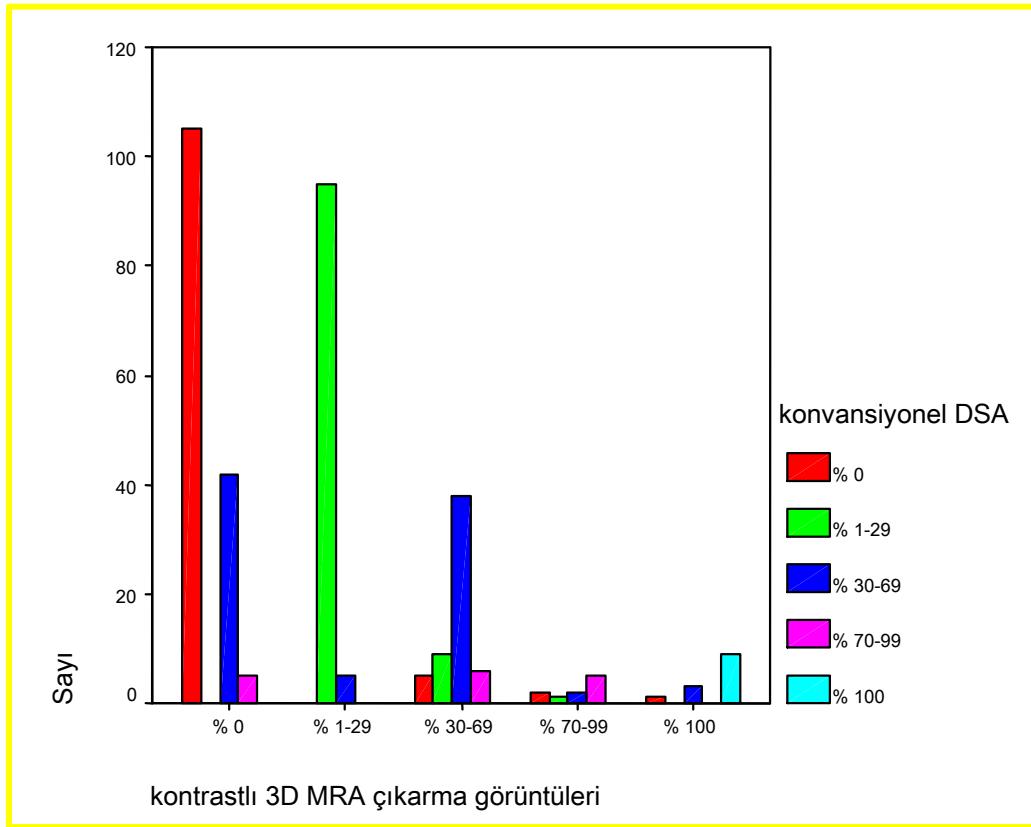


C

Şekil 4.3.4: Sağ internal karotid arter orjininde kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntülerinde % 22, ve konvansiyonel DSA'da % 29 ölçülen darlık. (A), kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntülerinde darlık düzeyinden (ok) ve (B) daha distalden normal kalibrasyon izlenen düzeyden alınan görüntüler. (C) konvansiyonel DSA görüntüleri.

		konvansiyonel DSA					Toplam
		% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	% 100	
kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri	% 0	105		42	5		152
	% 1-29		95	5			100
	% 30-69	5	9	38	6		58
	% 70-99	2	1	2	5		10
	% 100	1		3		9	13
Toplam		113	105	90	16	9	333

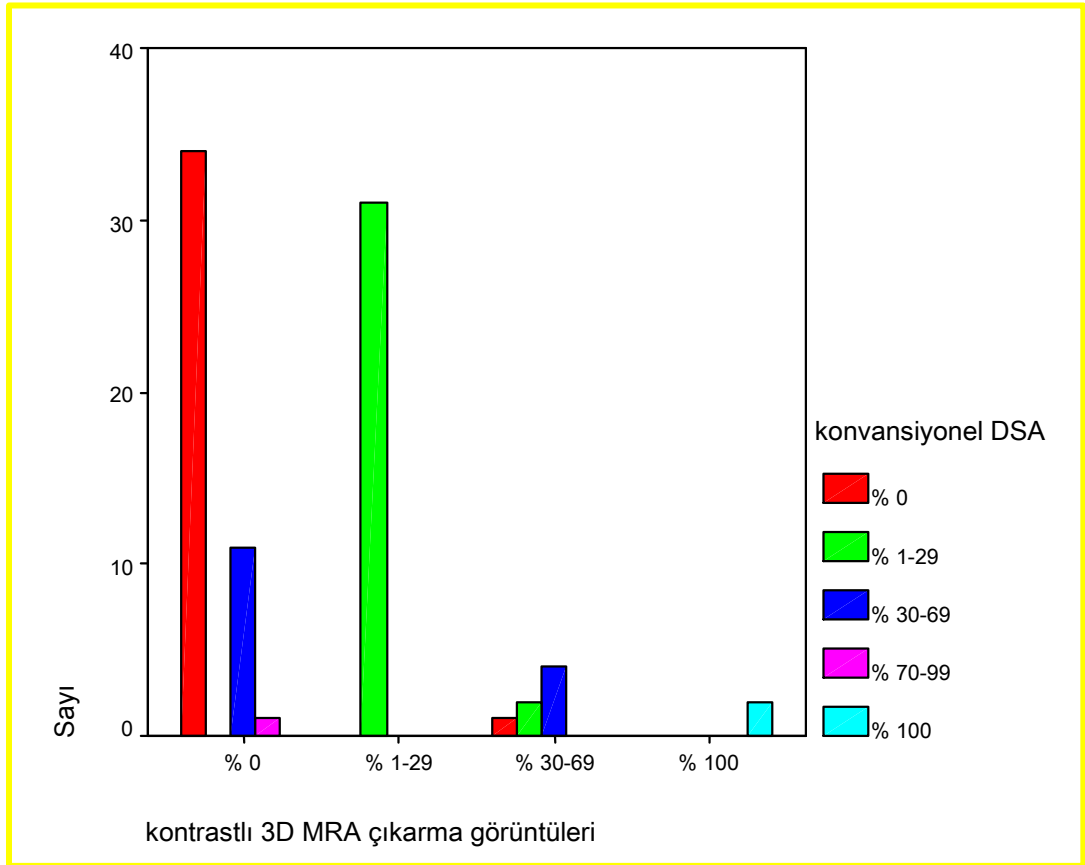
Sensitivite: % 72, spesifite: %82.6, doğruluk: % 75.9, PÖD: % 87, NÖD: % 64.4
k katsayısı: 0.653 (Landis ve Koch skalasına göre güçlü korelasyon)



Tablo 4.3.2: Supraaortik arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

		konvansiyonel DSA					Toplam
		% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	% 100	
kontrastlı 3D	% 0	34		11	1		46
MRA çıkarma	% 1-29		31				31
görüntüleri	% 30-69	1	2	4			7
	% 100					2	2
Toplam		35	33	15	1	2	86

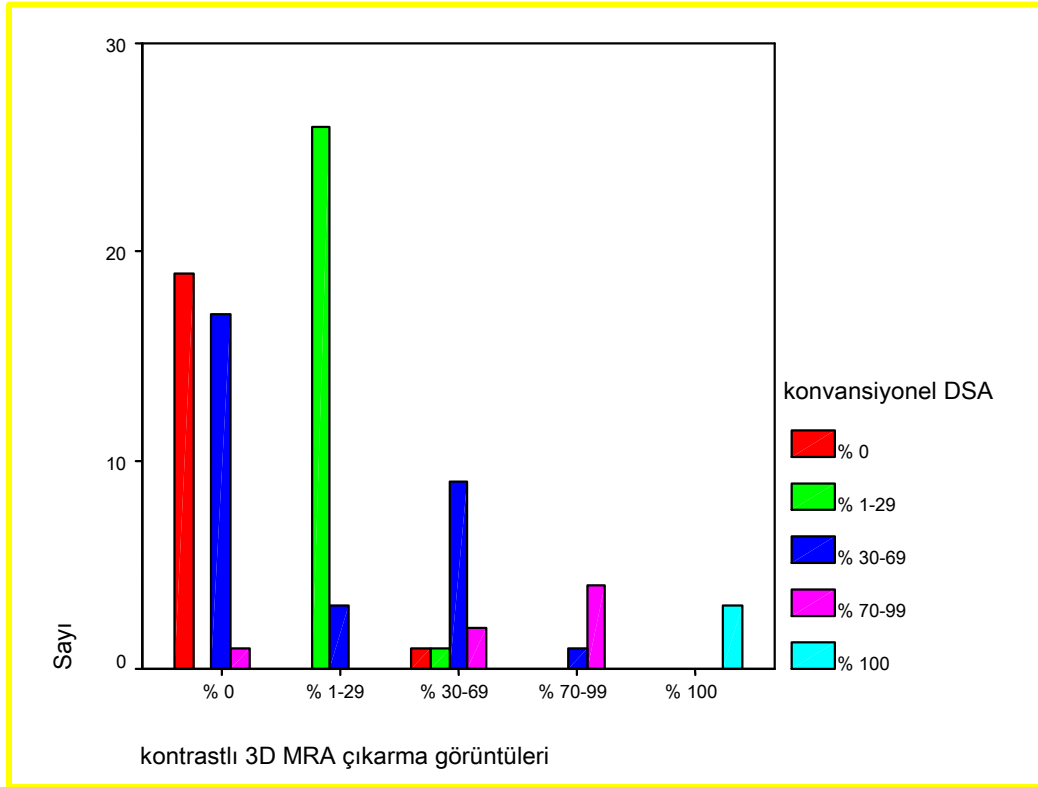
Sensitivite: % 75, spesifite: %91.8, doğruluk: % 82.5, PÖD: % 92.5, NÖD: % 73.9
k katsayısı: Simetrik bir çapraz tablo oluşturulamadığı için k katsayısı hesaplanamadı.



Tablo 4.3.3: Ana karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

		konvansiyonel DSA					Toplam
		% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	% 100	
kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri	% 0	19		17	1		37
	% 1-29		26	3			29
	% 30-69	1	1	9	2		13
	% 70-99			1	4		5
	% 100					3	3
Toplam		20	27	30	7	3	87

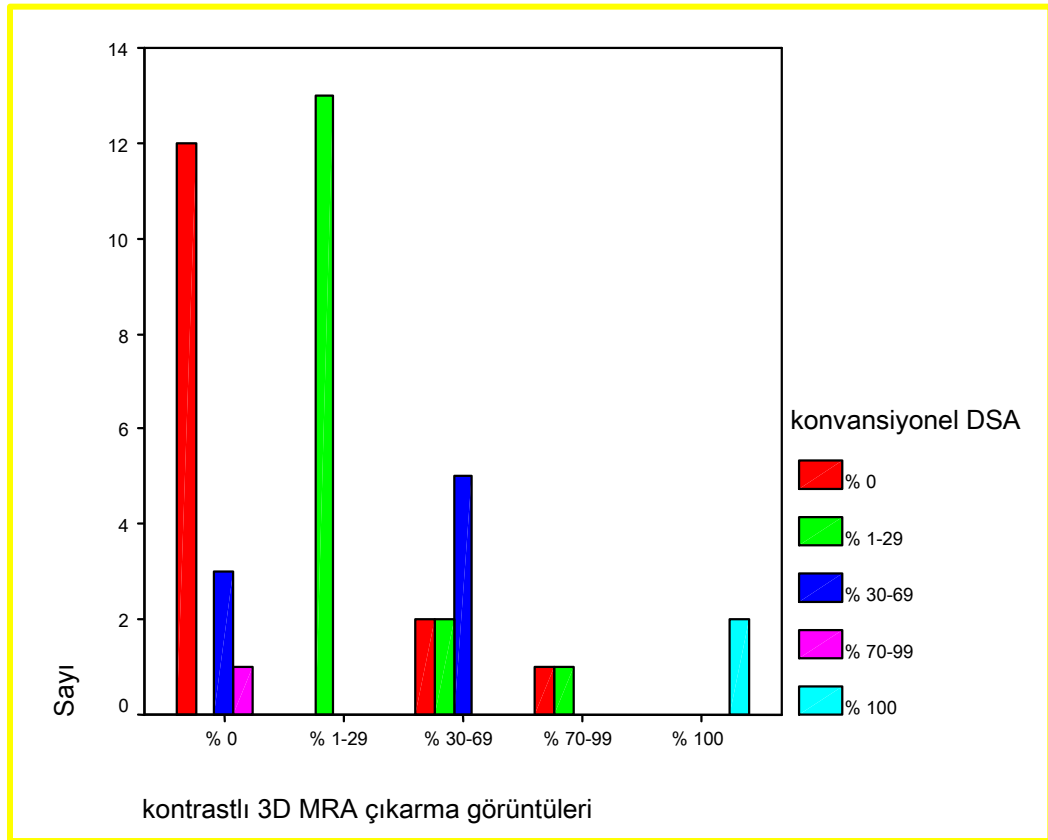
Sensitivite: % 65, spesifite: % 86.4, doğruluk: % 88.4, PÖD: % 93, NÖD: % 45.2
k katsayısı: 0.597 (Landis ve Koch skalasına göre orta derecede korelasyon)



Tablo 4.3.4: İnternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

		konvansiyonel DSA					Toplam
		% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	% 100	
kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri	% 0	12		3	1		16
	% 1-29		13				13
	% 30-69	2	2	5			9
	% 70-99	1	1				2
	% 100					2	2
Toplam		15	16	8	1	2	42

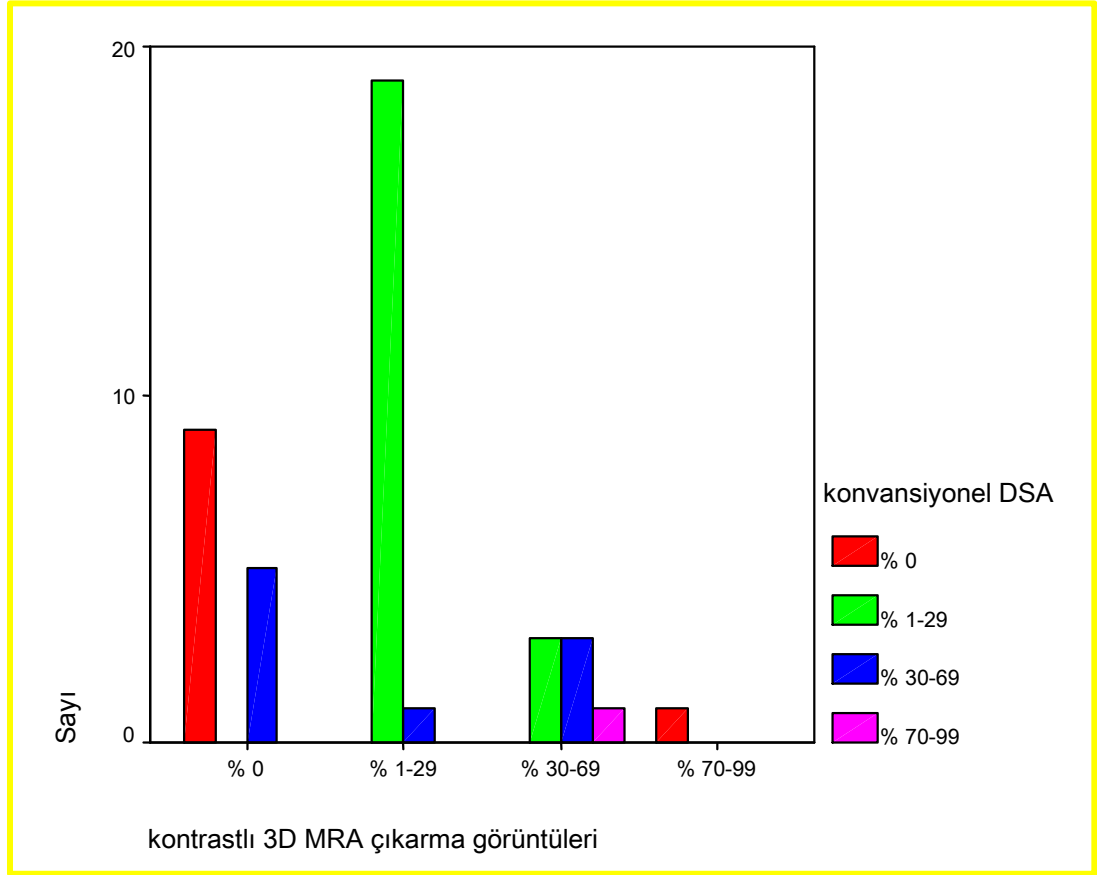
Sensitivite: % 83.3, spesifite: % 66.6, doğruluk: % 76.1, PÖD: % 76.9, NÖD: % 75
k katsayısı: 0.661 (Landis ve Koch skalasına göre güçlü korelasyon)



Tablo 4.3.5: Eksternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

		konvansiyonel DSA				Toplam
		% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	
kontrastlı 3D	% 0	9		5		14
MRA çıkarma	% 1-29		19	1		20
görüntüleri	% 30-69		3	3	1	7
	% 70-99	1				1
Toplam		10	22	9	1	42

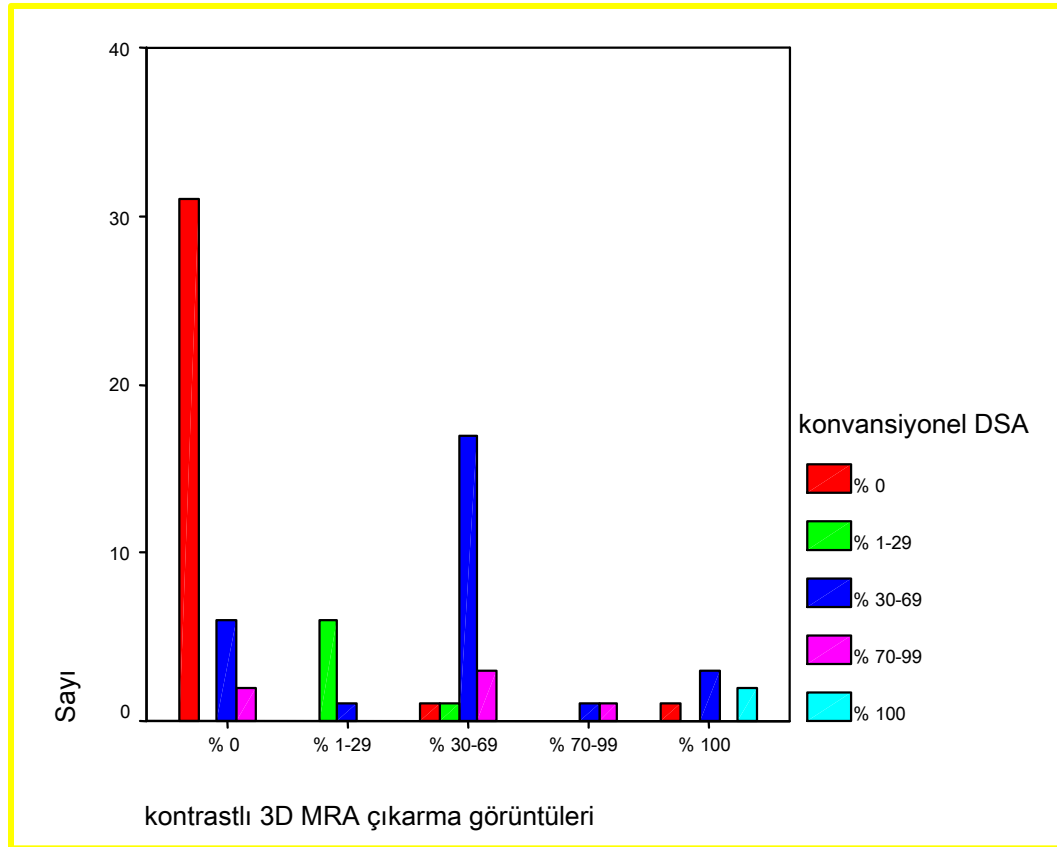
Sensitivite: % 76.6, spesifite: % 75, doğruluk: % 76.1, PÖD: % 88.4, NÖD: % 56
k katsayısı: 0.588 (Landis ve Koch skalasına göre orta derecede korelasyon)



Tablo 4.3.6: Subklavian arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

		konvansiyonel DSA					Toplam
		% 0	% 1-29	% 30-69	% 70-99	% 100	
kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri	% 0	31		6		2	39
	% 1-29		6	1			7
	% 30-69	1	1	17	3		22
	% 70-99			1	1		2
	% 100	1		3		2	6
Toplam		33	7	28	6	2	76

Sensitivite: % 84.3, spesifite: % 81.6, doğruluk: % 75, PÖD: % 78.8, NÖD: % 72
k katsayısı: 0.620 (Landis ve Koch skalasına göre güçlü korelasyon)



Tablo 4.3.7: Vertebral arterlerin değerlendirilmesinde kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri ile konvansiyonel DSA görüntülerinin karşılaştırılması.

5. TARTIŞMA

Serebral enfarkt, gelişmiş ülkelerde ölümlerin üçüncü sıradaki nedenidir ve serebral iskemik olaylar hastaların yaşam kalitesini son derece olumsuz etkilemektedir. NASCET çalışması, internal karotid arterde en az % 70 stenozu olan hastaların endarterektomiden önemli oranda faydalandığını göstermiştir [37,43]. 1995'ten sonra, ACAS (Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study) 'da belirtildiği şekilde, asemptomatik karotid arter stenozu (% 60 ve üzeri) olan hastalar için de karotid endarterektomi endikasyonu olduğu kanıtlanmıştır [43]. NASCET sonuçlarına göre % 50-69 arası stenozlarda karotid endarterektomi orta derecede fayda göstermektedir [44].

Konvansiyonel DSA, supraaortik arterlerin aterosklerotik lezyonlarının saptanmasında referans yöntem olarak kabul edilmekle birlikte [2,3,4,5], bazı riskleri ve sınırlamaları olduğu bilinmektedir. Tekniğin kendisine bağlı nörolojik tromboembolik komplikasyonlar dışında, kullanılan kontrast maddeye sekonder allerjik reaksiyonlar ve nefrotoksisite gibi riskler taşımaktadır. Bunların yanı sıra pahalı bir yöntem olması nedeniyle, konvansiyonel DSA yönteminin yerini alacak non-invaziv veya minimal invaziv, doğruluğu yüksek tekniklerin gelişimi önem kazanmaktadır [6].

Dublex sonografi ve renkli Doppler tekniği, aterosklerotik hastalık şüphesi olan hastalarda, özellikle karotid arterlerin değerlendirilmesinde geniş bir kullanım alanı kazanmıştır. Tekniğin başlıca avantajları kolay uygulanabilir ve ucuz olmasıdır. Borish ve arkadaşları, yakın zamanda dublex sonografinin % 70 ve daha üzerindeki karotid arter stenozunun saptanmasındaki sensitivite ve spesifitesini sırasıyla % 92.9 ve % 81.9 olarak bulmuşlardır [40]. Halbuki sonografinin bazı teknik sınırlamaları vardır. Karotid arterler dışındaki diğer supraaortik arterlerin optimal görüntülenememesi, tekniğin kullanıcı bağımlı olması, parametre seçeneklerindeki farklılıklar, kalsifiye plaklara bağlı artefaktlar, totale yakın darlıkların ayırt edilmesindeki zorluklar ve arkus aorta ile Willis poligonunun değerlendirilememesi gibi sorunlar nedeniyle kullanımı sınırlı kalmaktadır [8,9,10]. Bu nedenlerle, supraaortik arter stenozunun saptanmasında ultrasonografi tek başına yeterli bir yöntem değildir. Kontrastlı 3D MRA, şu anda Doppler ultrasonografi ile birlikte yaygın olarak kullanılmaktadır [45,46]. Borish ve arkadaşları kontrastlı 3D MRA ile dublex sonografinin birlikte kullanımı ile tanısal sensitivitenin % 100'e ulaştığını göstermişlerdir [40].

Manyetik rezonans anjiyografi (MRA), supraaortik damarların değerlendirilmesinde, değişik teknikler kullanılarak yapılan, kullanışlı ve non-invaziv bir yöntemdir. Başlıca MRA teknikleri iki boyutlu time-of-flight (2D TOF), üç boyutlu time-of-flight (3D TOF), phase-contrast (PC) ve kontrastlı 3D MRA görüntülemesidir. 2D TOF MRA tekniği yavaş kan akımı olan vasküler yapıların görüntülenmesinde başarılıdır. Ancak elde edilecek kesit kalınlığı magnet ve gradient

gücü ile sınırlıdır. Ayrıca TE göreceli olarak daha uzundur ve akım çok yönlü olduğunda sinyal yokluğuna neden olmaktadır. 3D TOF MRA yöntemi, sinyal-gürültü oranının yüksek olması nedeniyle ince kesit kalınlığına imkan verir, rezolüsyonu yüksektir ve hareket artefaktlarına daha az duyarlıdır. Bununla birlikte, inceleme süresi uzundur ve iyi kontrast elde edilebilmesi için akımın hızlı olması gerekir. Yani saturasyon etkisine bağlı olarak yavaş akım olan yerlerde sinyal kaybı olabilir [2]. 3D TOF MRA tekniğinde türbülant akım ve intravoksel spin defaz oluşumu patolojinin gösterilmesini engelleyebilir [2,12]. TOF MRA tekniği, ister iki boyutlu ister üç boyutlu tekniklerle yapılsın, bu yöntemler her bir sekans için 5-10 dakika gerektirir ve bu nedenle hareket artefaktlarından çok etkilenirler [2,3,13]. TOF tekniğinde anatomik kapsam sınırlıdır ve arkus aorta ile willis poligonunun tamamını değerlendirmeye izin vermez [2,3]. Ayrıca TOF MRA tekniği, stenoz ciddiyetini olduğundan fazla gösterebilmekte ve bu nedenle ciddi stenoz ve oklüzyon ayrımını zorlaştırmaktadır [11, 12, 14]. Faz kontrast tekniği, kullanılabilen bir diğer MRA yöntemidir. Faz kontrast tekniğinde yavaş akımlı vasküler yapılar TOF' tan daha iyi görüntülenir. Ayrıca bu teknik ile akım yönü ve hızı gibi fonksiyonel bilgiler elde edilebilmektedir [15]. Ancak metod, teknik olarak TOF yönteminden daha uzun bir süre gerektirmektedir ve karotid arter stenozunun saptanmasında TOF tekniği kadar yaygın olarak kullanılmamaktadır [1,12].

Supraaortik arterlerin değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer MRA yöntemi ise son yıllarda geliştirilen ve giderek daha geniş kullanım alanları kazanan kontrastlı 3D MRA tekniğidir. Kontrastlı 3D MRA, çok sayıda ince kesitler halindeki kaynak görüntülerden oluşmaktadır. Bu görüntülerin her birini ayrı ayrı değerlendirmek mümkün olmakla birlikte oldukça zor ve zaman alıcı bir işlemdir. Bu nedenle, görüntü rezolüsyonunu düşürmeden incelemeyi daha pratik hale getirebilecek algoritmalar geliştirilmiştir. Kontrastlı 3D MRA tetkikinin değerlendirilmesinde yapılan rekonstrüksiyon yöntemi tetkikin sensitivitesi ve doğruluğunu yüksek oranda etkilemektedir.

Koronal MIP rekonstrüksiyon yöntemi, kontrastlı 3D MRA tetkikinin değerlendirilmesinde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Bu çalışmada subvolume MIP rekonstrüksiyon olarak bilinen, damar segmentinin belli bir bölümünden elde edilen görüntüler kullanıldı. Kaynak görüntülerin daha küçük segmentlere ayrılarak rekonstrükte edilmesi, arterin iç yüzeyinin daha iyi sergilenmesini sağlamak ve stenotik lezyonların doğru analizini engelleyen damar süperpozisyonlarını engellemektedir [2].

Bu çalışmada, kontrastlı 3D MRA koronal MIP görüntüler, nefes tutmaksızın yapılmasına rağmen, solunum hareketlerine bağlı artefaktlardan en fazla etkilenmesi beklenen subklavian arterler ve vertebral arterlerde elde ettiğimiz doğruluk oranının, diğer arterlere göre daha yüksek olduğunu saptadık. Ayrıca kappa korelasyon analizinde, bu damarlardan elde ettiğimiz sonuçların k katsayıları diğer yöntemlerden daha yüksek bulundu.

İnternal karotid arterler ve karotid bifurkasyo düzeyleri, serebrovasküler olay riski nedeniyle, diğer supraaortik arterler içerisinde ayrı bir öneme sahiptir. İnternal

karotid arterler ve karotid bifurkasyoda izlenen stenozun derecesi tedavi planını etkileyeceğinden stenoz derecesinin doğru ölçümü kritik bir önem taşımaktadır. Bizim sonuçlarımıza göre koronal subvolume MIP rekonstrüksiyon görüntüleri, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerine göre çok daha başarılı sonuçlar vermiştir. İnternal karotid arterler için yaptığımız kappa korelasyon analizinde koronal MIP görüntülerinin k katsayısı 0.735 iken, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin k katsayıları sırasıyla 0.578, 0.597 olarak hesaplandı. Koronal MIP rekonstrüksiyon yönteminin konvansiyonel DSA ile, diğer yöntemlere göre daha yüksek bir korelasyon göstermesinin bir nedeni, ölçümlerin subvolume MIP rekonstrüksiyon görüntülerinin esas alınarak yapılmış olması olabilir. Biz bu çalışmada, kaynak görüntüleri altı subsegmente ayırarak subvolume MIP rekonstrüksiyon görüntüleri elde ettik ve değerlendirmeyi bu görüntülerden yaptık. Bu yöntemin, koronal MIP algoritmasında değerlendirmeyi güçleştirebilen damarlar superpozisyonlarını ortadan kaldırdığı için yöntemin sensitivitesini ve doğruluğunu arttırdığı bilinmektedir. Ancak, kaynak görüntülerin ayrı ayrı gözden geçirilmesini gerektirir. Bu nedenle oldukça zaman alıcıdır ve pratikte uygulanması zordur [29].

Kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntülerinde, konvansiyonel DSA tetkikinde normal olarak değerlendirilen 113 segmentin 8'i orta derecede, 3'ü ciddi stenoz şeklinde değerlendirildi. Ayrıca 105 hafif stenozun 14'ü orta derecede, 3'ü ciddi stenoz; 90 orta derecede stenozun 6'sı ciddi stenoz şeklinde değerlendirildi. Bu durum, MIP tekniğinin kaynak görüntülerle karşılaştırıldığında bilgi kaybına neden olması ve dolayısıyla stenoz derecesini olduğundan fazla göstermesine bağlı olabilir [1,2]. MIP algoritmasında, en yüksek sinyal intensiteli piksellerden faydalanıldığı için, parsiyel hacim etkisi nedeniyle, stenotik segmentlerde olduğu gibi, göreceli olarak daha düşük sinyal intensitesine sahip olan ince kalibrasyonlu damar segmentlerini göstermede yetersiz kalabilmektedir [29,30].

İnternal karotid arterin stenoz ve oklüzyonlarının doğru olarak saptanmasında, kontrastlı 3D MRA yüksek bir sensitivite ve spesifiteye sahip olduğu saptanmıştır [47,48,49]. Halbuki kontrastlı 3D MRA'nın bazı sınırlamaları vardır. En önemli sınırlayıcı faktörlerinden bir tanesi, süperpozisyonlara neden olarak incelemeyi güçleştiren juguler venlerin kontrast doluşudur [13]. Bazı yazarlar, inceleme zamanının kısaltılması ile venöz kontrast madde doluşunun önlenebileceğini düşünmektedirler [16,24]. Ancak, inceleme zamanının kısaltılması uzaysal rezolüsyonun düşmesine neden olur. Juguler ven süperpozisyonu dışında, supraaortik damarları tortiozitesi de koronal MIP görüntülerin değerlendirilmesini zorlaştıran bir diğer sorundur. Belirgin supraaortik damarları tortiozitesi olduğunda, kimi zaman arterlerin orjinlerini bulmak ve takip etmek çok zor olabilmektedir. Bu sorunlar, supraaortik arter stenozunun ölçülmesinde sensitivite, spesifite ve doğruluğu azaltabilir. Aksiyel MPR görüntüler, belirgin tortiozite ve juguler ven süperpozisyonuna bağlı bu zorlukların üstesinden gelmek için kullanılabilir.

Bu çalışmada, kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR görüntülerde büyük çaplı arterlerin (ana karotid arter için % 83.7, subklavian arter için % 80.9) stenoz ölçümlerinin doğruluğunun küçük çaplı arterlere (internal karotid arterler için %

68.9, eksternal karotid arter için % 52.3, vertebral arter için % 69.7) göre daha yüksek olduğunu saptadık. Aksiyel MPR görüntülerde, internal karotid arter için, 27 hafif stenozun tamamı, 30 orta derecede stenozun 9'u, 7 ciddi stenozun 3'ü doğru olarak ölçüldü. Otuz orta derecede stenozun 20'si hafif derece stenoz veya normal olarak değerlendirilirken, 1 tanesi ciddi stenoz olarak değerlendirildi. Tüm damarların değerlendirilmesinde, 113 normal segmentin 4'ü orta derece stenoz, 105 hafif stenozun 2'si ciddi stenoz, 90 orta derece stenozun 2'si ciddi stenoz olarak değerlendirildi. Bu sonuçlara göre, stenoz derecesinin olduğundan fazla ölçülmesi, aksiyel MPR görüntülerde, koronal MIP görüntülere göre daha az karşılaşılan bir sorun gibi görünmektedir.

Çıkarma görüntülerinde, tüm damarların değerlendirilmesinde, 113 normal segmentin 8'i stenoz olarak değerlendirildi. Ayrıca 105 hafif stenozun 10'unda, 90 orta derece stenozun ise 5'inde stenoz derecesi daha yüksek ölçüldü. Bu sonuçlara göre, çıkarma görüntülerinde de stenoz derecesinin olduğundan fazla ölçülmesi, koronal MIP rekonstrüksiyon görüntülere göre daha az karşılaşılan bir sorun olduğu izlenmektedir. Stenoz derecesinin olduğundan fazla ölçülmesinin koronal MIP rekonstrüksiyon görüntülerde daha büyük bir sorun olarak karşımıza çıkması, MIP tekniğinin kaynak görüntülerle karşılaştırıldığında bilgi kaybına neden olmasına bağlanabilir [1,2].

Konvansiyonel DSA görüntülerinde orta derecede stenoz saptanan 90 supraaortik arter segmentinin, kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntülerinde 29'u, aksiyel MPR görüntülerinde 60'ı ve çıkarma görüntülerinde 47'si hafif stenoz veya normal olarak değerlendirildi. Orta derecede stenozda, stenoz derecesinin olduğundan daha az ölçümü, aksiyel MPR görüntülerde diğer yöntemlere göre çok daha yüksek bir oranda izlendi. Bunun bir nedeni, koronal MIP görüntüler olmaksızın aksiyel MPR ölçümlerinde, NASCET yönteminde kullanılan stenoz düzeyinin distalindeki normal arter çapı lokalizasyonunun optimal değerlendirilememesi olabilir. Ciddi stenoz izlenen segmentlerde ise stenoz derecesinin olduğundan daha az ölçümü, her üç yöntemde de oldukça düşük bir orandaydı.

Kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntülerinde normal olarak değerlendirilen 12'si ana karotid arter, 9'u internal karotid arter, 4'ü subklavian arter ve 2'si vertebral arter olmak üzere toplam 27 arter segmenti konvansiyonel DSA tetkikinde orta derecede veya ciddi stenoz olarak değerlendirildi. Kontrastlı 3D MRA aksiyel MPR görüntülerinde normal olarak değerlendirilen 8'i ana karotid arter, 18'i internal karotid arter, 3'ü eksternal karotid arter, 6'sı subklavian arter ve 16'sı vertebral arter olmak üzere toplam 51 arter segmenti; çıkarma görüntülerinde normal olarak değerlendirilen 12'si ana karotid arter, 18'i internal karotid arter, 4'ü eksternal karotid arter, 5'i subklavian arter ve 8'i vertebral arter olmak üzere toplam 47 arter segmenti konvansiyonel DSA tetkikinde orta derecede veya ciddi stenoz olarak değerlendirildi.

Konvansiyonel DSA tetkikinde stenoz saptandığı halde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntülerinde normal olarak değerlendirilen 9 İKA segmentinin 7'si; aksiyel MPR görüntülerinde normal olarak değerlendirilen 18 İKA segmentinin 14'ü ve çıkarma görüntülerinde normal olarak değerlendirilen 18 İKA segmentinin 14'ü internal karotid arterin intrakranial kesimindeydi. Ayrıca vertebral arterlerde konvansiyonel DSA'da darlık saptandığı halde koronal MIP rekonstrüksiyon görüntülerinde normal olarak değerlendirilen 2 arter segmenti ve çıkarma görüntülerinde normal olarak değerlendirilen 8 arter segmentinin 5'i yine intrakranial yerleşimli idi. İKA ve VA'lerin intrakranial segmentlerinde darlık oluşturan bu lezyonların her üç yöntemde de saptanamaması, intrakranial kesimlerde kalibrasyonun göreceli olarak daha ince olmasına bağlı olabilir. Kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntülerinde normal olarak değerlendirildiği halde konvansiyonel DSA tetkikinde stenoz varlığı saptanan 4 subklavian arter segmenti de distal kesimde yer almaktaydı. Retrospektif olarak değerlendirildiğinde, bu segmentlerde kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon yönteminde yanlış negatif sonuç alınmasının, rekonstrüksiyon işlemi sırasında bu kesimlerin kesilerek uzaklaştırılmasına bağlı olduğu anlaşıldı.

Aksiyel MPR görüntülerde, internal karotid arter ve vertebral arterlerdeki doğruluk değerlerinin düşük olması, ana karotid arter ve subklavian arterler ile karşılaştırıldığında daha küçük çaplı olan bu arterlerdeki çap farkını saptamanın daha zor olmasına bağlı olabilir. Çünkü, bilgisayar ortamında 150'den fazla görüntüyü, seri olarak değerlendirirken geniş çaplı arterlerdeki çap farkını saptamak, küçük çaplı arterlere göre daha kolaydır. Ek olarak, orta derecedeki stenozlarda olduğu gibi, arter çapındaki değişikliğin çok belirgin olmaması da, stenotik segment çapı ile normal çap arasındaki farkı saptamayı zorlaştırmaktadır.

Dublex sonografi kullanıldığında, kalsifiye plaklar nedeniyle sorun olarak karşımıza çıkabilen oklüzyon ve psödo-oklüzyonun kesin ayrımı tedavi yaklaşımı için kritik bir önem taşır. Konvansiyonel DSA tetkikinde oklüde olduğu saptanan 9 segmentin (2 AKA, 3 İKA, 2 ECA, 2 VA) tamamı, kontrastlı 3D MRA koronal MIP rekonstrüksiyon görüntüleri, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin her üçünde de doğru olarak teşhis edildi.

Kontrastlı 3D MRA tetkikinin başta gelen avantajları yavaş veya türbülant akıma bağlı sinyal kaybının ve hastaya bağlı hareket artefaktlarının olmaması, iyi uzaysal rezolüsyon ve incelenen bölgenin anatomik kapsamının arkus aortadan Willis poligonuna kadar geniş olabilmesidir. Bu, klinik yaklaşım açısından çok önemli olan, stenoz derecesinin daha doğru ölçümünü sağlar [50]. Kontrastlı 3D MRA tetkikinin güvenilirliği, dublex sonografi ile karşılaştırıldığında, kontrastlı 3D MRA'nın diğer bir avantajıdır. Dublex sonografiden farklı olarak, kontrastlı 3D MRA standart bir protokol oluşturulmasından sonra kullanıcı bağımlı değildir.

Bu çalışmada elde ettiğimiz sonuçlara göre, supraaortik arter stenozu ön tanısı olan hastalarda, k katsayısı diğer yöntemlere göre daha yüksek bulunan (k:0.722) koronal MIP rekonstrüksiyon yöntemi, darlık derecesinin saptanmasında ilk basamak

olarak tercih edilmelidir. Orta derecede ve ciddi stenozların saptanmasında koronal MIP rekonstrüksiyon yöntemi diğer iki yöntemle göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte, hafif stenozların saptanmasında aksiyel MPR yöntemi konvansiyonel DSA yöntemi ile daha iyi korelasyon göstermektedir. Ancak, hafif stenozların klinik olarak çok ciddi bir sorun yaratmaması nedeniyle, aksiyel MPR görüntülerinin de tetkike eklenmesi anlamlı bir kazanç sağlamayacaktır. Darlık derecesinden bağımsız olmakla birlikte, ana karotid arter ve eksternal karotid arterlerin değerlendirilmesinde aksiyel MPR görüntüleri, diğer iki yöntemle göre konvansiyonel DSA yöntemi ile daha iyi korelasyon göstermektedir. Bu arterlerde izlenen darlık derecelerinin optimal değerlendirilmesinde koronal MIP rekonstrüksiyon yöntemine, aksiyel MPR görüntülerinin de eklenmesi faydalı olabilir ancak hastanın durumuna ve beklenen klinik yararlılığa göre karar verilmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Kontrastlı 3D MRA tetkikinde görüntülerin değerlendirilmesini zorlaştıran, venöz kontrast madde doluşuna bağlı juguler ven süperpozisyonu ve supraaortik damar tortiozitesi kimi zaman tanıda önemli sorunlara neden olabilmektedir. Böyle bir sorun ile karşılaşılması durumunda koronal MIP rekonstrüksiyon görüntülerin, aksiyel MPR görüntüleri ile birlikte değerlendirilmesi daha iyi sonuçlar verebilir. Bizim çalışmamıza göre kontrastlı 3D MRA çıkarma görüntüleri konvansiyonel DSA yöntemi ile güçlü bir korelasyon göstermekle birlikte, k katsayısı diğer iki yöntemle göre daha düşük bulunmuştur. Koronal MIP rekonstrüksiyon görüntülerinin çıkarma görüntüleri ile birlikte değerlendirilmesi yöntemin tanısal doğruluğunu ve sensitivitesini arttırabilir ancak bizim sonuçlarımız koronal MIP rekonstrüksiyon görüntülerinin tek başına yeterli olabileceğini düşündürmektedir.

6. SONUÇ

Konvansiyonel DSA günümüzde hala supraaortik arterlerin aterosklerotik lezyonlarının saptanmasında referans yöntem olarak kabul edilmektedir [2,3,4,5]. Ancak tekniğin iyi bilinen riskleri, araştırmacıları, kontrastlı 3D MRA gibi non-invaziv veya minimal invaziv, doğruluğu yüksek tekniklerin gelişimine yönlendirmiştir [6]. Yapılan pek çok klinik çalışma, supraaortik damar darlığı şüphesi olan hastalarda, kontrastlı 3D MRA tetkikinin doğruluğu yüksek, hızlı ve minimal invaziv bir tanısal alternatif haline geldiğini vurgulamaktadır. Biz bu çalışmada kontrastlı 3D MRA tetkikinin değerlendirilmesinde kullanılan postprocessing ve rekonstrüksiyon yöntemlerinden koronal MIP rekonstrüksiyon, aksiyel MPR ve çıkarma görüntülerinin, tetkikin duyarlılığı ve doğruluğuna olan

etkilerini araştırdık. Elde ettiğimiz sonuçlara göre her  yöntem de konvansiyonel DSA yöntemi ile yüksek oranda uyum göstermektedir. Ancak koronal MIP rekonstrüksiyon yöntemi, subtraction görüntüleri ve aksiyel MIP rekonstrüksiyon yöntemleri ile karşılaştırıldığında konvansiyonel DSA yöntemi ile daha iyi bir korelasyon ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

1. Wetzel, S. Bongartz G. MR Angiography: Supra-Aortic Vessels. *Eur. Radiol.* 1999; 9, 1277-1284.
2. Leclerc, X. Gauvrit, J.Y. Nicol, L. Pruvo, J.P. Contrast-Enhanced MR Angiography of the Craniocervical Vessels: a Review. *Neuroradiology* 1999; 41:867-874.
3. Randoux, B. Marro, B. Koskas, F. Duyme, M. Sahel, M. Zouaoui, A. Marsault, C. Carotid Artery Stenosis: Prospective Comparison of CT, Three-dimensional Gadolinium-enhanced MR, and Conventional Angiography. *Radiology* 2001; 220:179-185
4. Scott W. Atlas, M.D. (2002) MR Angiography: Techniques and Clinical Applications. In: Nafi Aygün and Thomas J. Masaryk. *Magnetic Resonance Imaging of the Brain and Spine, Third Edition*, edited by Scott W. Atlas. Lippincott Williams&Wilkins, Philadelphia.
5. Krinsky, G. Rofsky, N. Flyer, M. Giangola, G. Maya, M. DeCoroto, D. Earls, J. Gadolinium-Enhanced Three-Dimensional MR Angiography of Acquired Arch Vessel Disease. *AJR Am J Roentgenol* 1996; 167:981-987.
6. Heiserman, J.E. Dean, B.L. Hodak, J.A. et al. Neurologic Complications of Cerebral Angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994; 15:1401-1407.
7. Eliasziw, M. Rankin, R.N. Fox, A.J. et al. Accuracy and Prognostic Consequences of Ultrasonography in Identifying Severe Carotid Artery Stenosis. *Stroke* 1995; 26:1747-1752.
8. Mikkonen, R.H. Kreula, J.M. Virkkunen, P.J. Reproducibility of Doppler Ultrasound Measurements. *Acta Radiol* 1996; 37:545-550.
9. Serfaty, J.M. Chirossel, P. Chevallier, J.M. 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.
10. Carr, J.C. Ma, J. Desphande, V. Pereles, S. Laub, G. Finn, J.P. High-Resolution Breath-Hold Contrast-Enhanced MR Angiography of the Entire Carotid Circulation. *AJR Am J Roentgenol* 2002; 178:543-549.
11. Frangi, A.F. Niessen, W.J. Nederkoorn, P.J. et al. Quantitative analysis of vascular morphology from 3D MR angiograms: in vitro and in vivo results. *Magnetic Resonance in Medicine* 2001; 45:311-322.
12. Oelerich, M. Lentschig, M.G. Zunker, P. et al. Intracranial vascular stenosis and occlusion: comparison of 3D time-of-flight and 3D phase-contrast MR angiography. *Neuroradiology* 1998; 40: 567-573.
13. Sundgren, P.C. Sunden, P. Lindgren, A. et al. Carotid artery stenosis: contrast-enhanced MR angiography with two different scan times compared with digital subtraction angiography. *Neuroradiology* 2002; 44: 592-599
14. Kallmes, D.F. Omary, R.A. Dix, J.E. et al. Specificity of MR angiography as a confirmatory test of carotid artery stenosis. *AJNR Am J Neuroradiol* 1996; 17: 1501-1506.

15. Ho, S.S.Y. Chan, Y.L. Yeung, D.K.W. et al. Blood flow volume quantification of cerebral ischemia: Comparison of three noninvasive imaging techniques of carotid and vertebral arteries. *AJR Am J Roentgenol* 2002; 178:551-556.
16. Jäger, H.R. Moore, E.A. Bynevelt, M. et al. Contrast-enhanced MR angiography in patients with carotid artery stenosis: comparison of two different techniques with an unenhanced 2D time-of-flight sequence. *Neuroradiology* 2000; 42:240-248.
17. Goyen, M. Ruehm, S.G. Debatin, J.F. MR-angiography: the role of contrast agents. *EJR Eur J Radiol* 2000; 34:247-256.
18. Levy, R.A. Prince, M.R. Arterial-phase three-dimensional contrast-enhanced MR angiography of the carotid arteries. *AJR Am J Roentgenol* 1996; 167:211-215.
19. Huston, III. J. Fain, S.B. Reiderer, S.J. et al. Carotid arteries: maximizing arterial to venous contrast in fluoroscopically triggered contrast-enhanced MR angiography with elliptic centric view ordering. *Radiology* 1999; 211:265-273.
20. Maki, J.H. Prince, M.R. Londy, F.J. et al. The effects of time varying intravascular signal intensity and k-space acquisition order on three-dimensional MR angiography image quality. *J Magn Reson Imaging* 1996; 6:642-651.
21. Prince MR. Contrast-enhanced MR angiography: theory and optimization. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 1998;6:257-67.
22. Remonda, L. Heid, O. Schroth, O. First-pass three-dimensional MRA-preliminary study. *Radiology* 1998; 95:95-102.
23. Earls, J. Rofsky, N. DeCorato, D. et al. Breath-hold single-dose gadolinium-enhanced three-dimensional aortography: usefulness of a timing examination and MR power injector. *Radiology* 1996; 201:705-710.
24. Kim, K. Farb, I. Wright, G. Test bolus examination in the carotid artery at dynamic gadolinium-enhanced MRA. *Radiology* 1998; 206:283-289.
25. Korosec, F.R. Frayne, R. Grist, T.M. et al. Time-resolved contrast-enhanced 3D MR angiography. *Magn Reson Med* 1996; 36:345-351.
26. Carroll, T.J. Korosec, F.R. Petermann, G.M. Carotid bifurcation: Evaluation of time-resolved contrast-enhanced MR angiography. *Radiology* 2001; 220:525-532.
27. Huston, J. Fain, S.B. Riederer, S.J. et al. Carotid arteries: maximizing arterial to venous contrast in fluoroscopically triggered contrast-enhanced MR angiography with elliptic centric view ordering. *Radiology* 1999; 211:265-273.
28. Bos, C. Bakker, C.J.G. Viergever, M.A. Background suppression using magnetization preparation for contrast-enhanced MR projection angiography. *Magn Reson Med* 2001; 46:78-87.
29. Choyke, P.L. Yim, P. Marcos, H. et al. Hepatic MR angiography: A multiobserver comparison of visualisation methods. *AJR Am J Roentgenol* 2001; 176:465-470.
30. Anderson, C.M. Saloner, D. Tsuruda, J.S. et al. Artifacts in maximum-intensity-projection display of MR angiograms. *AJR Am J Roentgenol* 1990; 154:423-429.
31. Mallouhi, A. Chemelli, A. Judmaier, W. et al. Investigation of cerebrovascular disease with MR angiography: comparison of volume rendering and maximum

- intensity projection algorithms-initial assessment. *Neuroradiology* (2002) 44:961-967.
32. Seldinger SI. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography. *Acta Radiol (Stockh)* 1953;39:368-376.
 33. Katayama H, Yamaguchi K, Kozuka T, et al. Adverse reactions to ionic and nonionic contrast media. *Radiology* 1990; 175:621-628.
 34. Barrett BJ, Parfrey PS, McDonald JR, et al. Nonionic low-osmolality versus ionic high-osmolality contrast material for intravenous use in patients perceived to be at high risk: randomized trial. *Radiology* 1992;183:105-110.
 35. Latchaw RE. The use of nonionic contrast agents in neuroangiography: a review of the literature and recommendations for clinical use. *Invest Radiol* 1993;28 (Suppl 5):S55-S59.
 36. Goldfarb S, Spinler S, Berns JS, et al. Low-osmolality contrast media and the risk of contrast associated nephrotoxicity. *Invest Radiol* 1993;28(Suppl 5):S7-S10.
 37. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators (1991) Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high grade carotid stenosis. *N Eng J Med* 1991; 325:445-453.
 38. Staikov, I.N. Arnold, M. Mattle, H.P. Comparison of the ECST, CC, and NASCET grading methods and ultrasound for assessing carotid stenosis. *J Neurol* (2000) 147:681-686.
 39. Allan J. Fox. How to measure carotid stenosis. *Radiology* 1993; 186:316-318.
 40. Borisch, I. Horn, M. Butz, B. et al. Preoperative evaluation of carotid artery stenosis: comparison of contrast-enhanced MR angiography and duplex sonography with digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2003; 24:1117-1122.
 41. Friese, S. Krapf, H. Fetter, M. et al. Ultrasonography and contrast-enhanced MRA in ICA-stenosis: is conventional angiography obsolete? *J Neurol* 2001; 248:506-513.
 42. Landis JR. Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977;33:159-174.
 43. Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis: Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study. *JAMA* 1995; 273:1421-1428.
 44. 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 Engl J Med* 1998; 339:1415-1425
 45. Qureshi AI, Suri MFK, Ali Z, et al. Role of conventional angiography in evaluation of patients with carotid artery stenosis demonstrated by doppler ultrasound in general practice. *Stroke* 2001; 32:2287-229.
 46. Mattle HP, Kent KC, Edelman RR, Atkinson DJ, Skillman JJ. Evaluation of the extracranial carotid arteries: correlation of magnetic resonance angiography, duplex ultrasonography, and conventional angiography. *J Vasc Surg* 1991; 13:838-845.

47. Leclerc X, Martinat P, Godefroy O, et al. Contrast-enhanced three-dimensional fast imaging with steady-state precession (FISP) MR angiography of supraaortic vessels: preliminary results. *AJNR* 1998; 19:1405-1413.
48. Slosman F, Stolpen AH, Lexa FJ, et al. Extracranial atherosclerotic carotid artery disease: evaluation of non-breath hold three-dimensional gadolinium-enhanced MR angiography. *AJR* 1998; 170:489-495.
49. Scarabino T, Carriero A, Magarelli N, et al. MR angiography in carotid stenosis: a comparison of three techniques. *Eur J Radiol* 1998; 28:117-125.
50. Remonda L, Senn P, Barth A, et al. Contrast-enhanced 3D MR angiography of the carotid artery: Comparison with conventional digital subtraction angiography. *AJNR* 2002; 23:213-219.