

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ**

**KAROTİS ARTERLERİN GÖRÜNTÜLENMESİNDE
DSA VE KONTRASTSIZ MRA BULGULARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

Dr. Kemal Buğra MEMİŞ

**RADYOLOJİ ANABİLİM DALI
TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Umman SANLIDİLEK**

ANKARA - 2018

KABUL VE ONAY

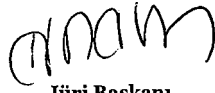
ANKARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ TEZ SINAVI TUTANAĞI

I. UZMANLIK ÖĞRENCİSİNİN	
Adı, Soyadı : Dr. Kemal Buğra Memiş	Sınav tarihi: 10.12.2018
Anabilim/Bilim Dalı : Radyoloji Anabilim Dalı	
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Umman Sanlıdilek	

II. TEZ İLE İLGİLİ BİLGİLER	
Tezin Başlığı: Karotis Arterlerin Görüntülenmesinde DSA ve Kontrastsız MRA Bulgularının Karşılaştırılması.	
Tezin Niteliği:	<input checked="" type="checkbox"/> Ana Dal Uzmanlık Tezi <input type="checkbox"/> Yan Dal Uzmanlık Tezi
Kaçıncı tez sınavı olduğu:	<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3

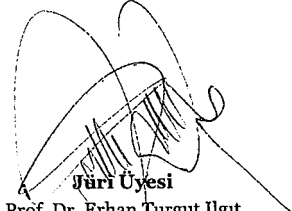
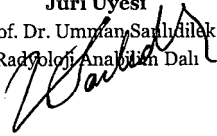
III. KARAR	
Yapılan tez sınavı sonucunda yukarıda belirtilen tezin "Tıpta Uzmanlık Tezi" olarak	
<input checked="" type="checkbox"/> Kabulüne	
<input type="checkbox"/> Reddine	
<input type="checkbox"/> Düzeltmeler yapıldıktan sonra tekrar değerlendirilmesine	
<input checked="" type="checkbox"/> Oy birliği <input type="checkbox"/> Oy çokluğu ile karar verilmiştir.	

IV. AÇIKLAMALAR	
Lütfen, tezin reddi veya düzeltme istenmesi durumunda gereçli açıklamalarınızı buraya yazınız	



Jüri Başkanı
Prof. Dr. Serdar Akyar
Radyoloji Anabilim Dalı

Jüri Üyesi
Prof. Dr. Umman Sanlıdilek
Radyoloji Anabilim Dalı



Jüri Üyesi
Prof. Dr. Erhan Turgut Ilgıt
Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi
Radyoloji Anabilim Dalı

ÖNSÖZ

Radyoloji uzmanlık eğitimim boyunca bana her türlü desteği sağlayan, bilgi ve deneyimlerinden faydalanma fırsatı bulduğum başta sayın hocam Prof. Dr. Umman N. Sanlıdilek'e,

Eğitimim süresince bilgi ve tecrübeleri ile yetişmemde katkıları bulunan sayın hocalarım Prof. Dr. Y. Serdar Akyar'a, Prof. Dr. M. İlhan Erden'e, Prof. Dr. M.Sadık Bilgiç'e, Prof. Dr. Gülden Şahin'e, Prof. Dr. Cemil Yağcı'ya, Prof. Dr. Gül Ayşe Erden'e, Prof. Dr. Ö. Suat Fitoz'a, Prof. Dr. Kıvılcım Yavuz'a, Prof. Dr. Nuray Ünsal Haliloğlu'na, Prof. Dr. Esra Özkavukcu Ünlü'ye, Doç. Dr. Evren Üstüner'e, Doç. Dr. Ebru Düşünceli Atman'a, Doç. Dr. Çağlar Uzun'a ve uzmanlık eğitimim boyunca beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum Uzm. Dr. Elif Peker'e, Uzm. Dr. Başak Gülpınar'a, Uzm. Dr. Zehra Akkaya'ya, Uzm. Dr. N. Kemal Altınbaş'a, Uzm. Dr. Ayşegül Gürsoy Çoruh'a, Uzm. Dr. Seray Akçalar'a, Uzm. Dr. Melahat Kul'a, Uzm. Dr. Diğdem Kuru Öz'e, Uzm. Dr. Mustafa Fatih Arslan'a, Çocuk Radyolojisi Bilim Dalı'ndan Uzm. Dr. Berna Uçar'a, Uzm. Dr. Derya Bako Keskin'e, Uzm. Dr. Seda Kaynak Şahap'a, Uzm. Dr. Eda Almus'a, Uzm. Dr. Ercüment Altıntaş'a,

Eğitimim süresince beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum ve güzel günler paylaştığım tüm asistan arkadaşlarıma,

Tüm Ankara Tıp Radyoloji Anabilim Dalı teknisyen, hemşire ve personeline,

Bugünlere gelmemde büyük emeğe sahip, hayatım boyunca desteklerini ve sevgilerini esirgemeyen canım annem, babam ve kardeşime,

Özellikle tez yazım sürecinde sıkça zamanlarından çalmak durumunda kaldığım ancak destekleriyle yanımdan bir an olsun ayrılmayan canım eşim Fulya'ya ve minik sürprizine saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Kemal Buğra MEMİŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

KABUL VE ONAY	i
ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
TABLOLAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. EMBRİYOLOJİ	3
2.2. KAROTİS ARTERLERİN ANATOMİSİ	4
2.2.1 Ana Karotis Arter (AKA)	4
2.2.2 Eksternal Karotis Arter (EKA)	5
2.2.3 İnternal Karotis Arter (İKA)	6
2.2.4 Karotis Arterlerin Varyasyonları	7
2.3. KAROTİS ARTERLERİN PATOLOJİLERİ	8
2.3.1 Ateroskleroz	9
2.3.1.1. Ateroskleroz Patogenezi	10
2.3.1.2. Karotis Ateroskleroza	12
2.3.2 Fibromusküler Displazi	13
2.3.3 Diseksiyon	14
2.3.4 Vaskülitler	14
2.4. ATEROSKLEROTİK KAROTİS ARTER STENOZUNUN GÖRÜNTÜLENMESİ	15

2.4.1 Renkli Doppler Ultrasonografi (RDUS)	15
2.4.2 Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA)	18
2.4.3. Manyetik Rezonans Anjiyografi (MRA).....	20
2.4.3.1. TOF MR Anjiyografi	25
2.4.3.2. Faz Kontrast MR Anjiyografi	26
2.4.3.3. Kontrastlı MR Anjiyografi	27
2.4.4. Dijital Subtraksiyon Anjiyografi (DSA)	29
2.5. KAROTİS ARTER STENOZUNUN ÖLÇÜLMESİ	33
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	35
4. BULGULAR.....	37
4.1. OLGU ÖRNEKLERİ	44
5. TARTIŞMA.....	48
6. SONUÇ	52
ÖZET	54
SUMMARY	55
7. KAYNAKLAR	56

KISALTMALAR

2B / 3B	:	2 boyutlu / 3 boyutlu
AKA	:	Ana karotis arter
ASVH	:	Aterosklerotik vasküler hastalık
BOS	:	Beyin omurilik sıvısı
BTA	:	Bilgisayarlı tomografi anjiyografi
ÇKBTA	:	Çok kesitli bilgisayarlı tomografi anjiyografi
DS	:	Diyastol sonu
DSA	:	Dijital subtraksiyon anjiyografi
EKA	:	Eksternal karotis arter
FK	:	Faz kontrast
FMD	:	Fibromusküler displazi
GİA	:	Geçici iskemik atak
GRE	:	Gradyent Eko
IR	:	“Inversion recovery”
İKA	:	İnternal karotis arter
KAD	:	Karotis arter diseksiyonu
MİP	:	“Maximum intensity projection” (maksimum intensite projeksiyonu)
NPD	:	Negatif prediktif değer
PPD	:	Pozitif prediktif değer
PS	:	Pik sistolik
RA	:	Rotasyonel anjiyografi
RF	:	Radyofrekans
SE	:	Spin Eko
T1AG	:	T1 ağırlıklı görüntüler
T2AG	:	T2 ağırlıklı görüntüler
TE	:	“Time to echo” (sinyalin kaydedildiği an)
TID	:	“Time interval difference”
TOF	:	“Time of flight”
TR	:	“Time to repeat”

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Karotis arter stenoz oranı ölçüm yöntemleri: Kuzey Amerika Semptomatik Karotis Endarterektomi Çalışması (NASCET), Avrupa Karotis Cerrahisi Çalışması (ESCT) ve ana karotis (CC) yöntemi (32).	34
Şekil 2. 64 yaşında erkek hasta boyun TOF MRA ve karotis DSA incelemeleri	44
Şekil 3. 84 yaşında erkek hastanın TOF MRA koronal-oblik MIP görüntüsü ve DSA incelemesi	45
Şekil 4. 70 yaşında erkek hastanın TOF MRA sagittal-oblik MIP görüntüleri ve DSA incelemesi.....	46
Şekil 5. 70 yaşında erkek hastanın TOF MRA koronal-oblik MIP görüntüleri ve DSA incelemesi.....	47

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	İKA stenozu tanısında gri skala US ve RDUS kriterleri	17
Tablo 3.	Karotis stenozunun, plak morfolojisi - kompozisyonunun değerlendirilmesinde ÇKBTA'nın tanı performansı, avantajları, sınırlamaları ve tuzaklar.....	20
Tablo 4.	MRG sekanslarında karotis aterosklerotik plak komponentlerinin sinyal intensitesi.....	24
Tablo 5:	Karotis stenozunun, plak morfolojisi - kompozisyonunun değerlendirilmesinde MRA'nın tanı performansı, avantajları, sınırlamaları ve tuzaklar.....	28
Tablo 6:	Karotis arterlerde stenoz değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması.....	32
Tablo 7.	1. Ölçümde sağ ve sol AKA, İKA, EKA stenoz oranları (%)	37
Tablo 8:	2. ölçümde sağ ve sol AKA, İKA, EKA stenoz oranları (%)	39
Tablo 9.	Sağ İKA'da MRA ve DSA incelemelerinde anlamlı darlık olan ve olmayan olgular.....	41
Tablo 10.	Sol İKA'da MRA ve DSA incelemelerinde anlamlı darlık olan ve olmayan olgular.....	41
Tablo 11	Sağ İKA'da MRA ve DSA incelemelerinde kritik darlık olan ve olmayan olgular	42
Tablo 12.	Sol İKA'da MRA ve DSA incelemelerinde kritik darlık olan ve olmayan olgular	42
Tablo 13.	Kappa analizine göre karotis arterlerin 1. ve 2. değerlendirme sonuçları arasında uyum ve Kappa değerleri.....	43

1. GİRİŞ

Serebrovasküler olaylar gelişmiş ülkelerde en sık ölüm nedenlerinden biridir. Vakaların % 15-20'sinde karotis bifurkasyonundaki aterosklerotik lezyonların neden olduğu hemodinamik veya daha sık olarak ateroembolik mekanizmalar yoluyla ortaya çıkar (1). Kalıcı nörolojik defisitlere yol açan iskemik serebrovasküler olayların %25'inde kaynak ekstrakraniyal karotis arterlerdeki aterosklerotik plaklar olduğundan bu lezyonların tedavisi önemlidir (2). Tedavi seçenekleri arasında cerrahi endarterektomi; girişimsel radyolojik işlem olan perkütan translüminal karotis anjiyoplasti ve stent uygulaması; risk faktörleri için medikal tedaviler yer alır. Uygun tedavi seçiminde stenoz derecesinin kesin ve doğru ölçümü çok önemlidir (3).

Dijital subtraksiyon anjiyografinin (DSA) karotis arterlerin görüntülenmesinde hali hazırda altın standart olarak görülmesinin yanı sıra manyetik rezonans anjiyografi (MRA), bilgisayarlı tomografik anjiyografi (BTA) ve renkli Doppler ultrasonografi gibi noninvaziv görüntüleme yöntemleri de karotis arterlerin değerlendirilmesinde yadsınamaz bir rol oynamaktadır (4).

Kolay ulaşılabilir ve non-invaziv olan renkli Doppler ultrasonografi genellikle karotis arter stenozunun taramasında kullanılan ilk tanısal görüntüleme aracıdır. Ancak kullanıcının deneyimine ve becerisine büyük ölçüde bağlıdır. Darlık derecesini ve plak morfolojisini tanımlamada altın standart olan DSA ise riskleri ve maliyeti nedeniyle her hastada uygulanamaz. Bu noktada non-invaziv yöntemler olan BTA ve MRA karotis arter stenozu tanısında DSA'nın yerini alarak kullanımı giderek artmaktadır (3). BTA akut inmede vasküler görüntüleme için en yaygın kullanılan ilk basamak tanı yöntemidir (5). Ancak iyonizan radyasyon içermektedir ve kullanılan iv kontrast maddenin alerji ve nefrotoksisite etkisi bulunmaktadır.

Noninvaziv olmasının yanı sıra MRA iyonizan radyasyon içermez. Günümüzde ekstrakraniyal karotis arterlerin MRA görüntülenmesi çoğunlukla gadolinyum bazlı kontrast ajanlarının intravenöz enjeksiyonu sonrası kontrastlı

anjiyografi olarak gerçekleştirilmektedir. MR kontrast ajanların yan etkileri çok azdır ancak böbrek yetmezliği olan hastalarda nefrojenik sistemik fibrozise neden olabilirler. Bu olası yan etkinin artık biliniyor olması ve diğer nedenlerle kontrast alamayan hastaların varlığı son yıllarda kontrastsız MRA'ya olan ilginin artmasına neden olmuştur. En yaygın kullanılan kontrastsız MRA tekniği “time-of-flight” (TOF) anjiyografidir (4). MRA'nın sınırlılıklarından başta geleni akut inmeli hastalarda kooperasyon eksikliği ve tolere edememeye bağlı oluşan hareket artefaktlarıdır. Ayrıca kalp pili kullanan hastalarda ve bazı manyetik cihazlarda da uygulanamaz (5).

Bu çalışmada ekstrakranial karotis arterlerin görüntülenmesinde merkezimizdeki kontrastsız MRA ile altın standart olan DSA bulgularını karşılaştırmayı ve kontrastsız MRA yönteminin tanısal etkinliği ve doğruluğunun araştırılmasını amaçladık.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. EMBRİYOLOJİ

Gelişimin dördüncü ve beşinci haftalarında faringeal arkuslar oluşurken her bir arkus kendi kranial sinirini ve arterini alır. Bu arterlere aortik arkuslar adı verilir ve trunkus arteriozusun en distal parçası olan aort kesesinden köken alırlar. Aortik arkuslar faringeal arkusların mezenşimine gömülüdür ve sağ ile sol dorsal aortada sonlanır. Faringeal arkuslar ve damarları kranial-kaudal dizilim gösterirler.

Aort kesesi her arkusa birer çift dal vererek toplam beş çift arter oluşturur. (Beşinci arkus ya hiç oluşmaz ya da oluşumunu tamamlayamaz ve regrese olur. Sonuçta oluşan beş arkus I, II, III, IV ve VI olarak numaralandırılır). Gelişimin ileri safhalarında, bu arter modeli modifiye olur ve bazı damarlar tamamen regrese olur.

Aortikopulmoner septum ile trunkus arteriozusun bölünmesi sonucu kalp çıkışı ventral aorta ve pulmoner arter olarak ikiye ayrılır. Sonra aort kesesi sırasıyla brakiosefalik trunkus ve arkus aortanın proksimal segmentini oluşturacak sağ ve sol boynuzları meydana getirir.

27. güne kadar birinci aortik arkın çoğu regrese olarak maksiller arteri oluşturacak küçük bir kısım kalır. İkinci aortik arkus da çok geçmeden benzer şekilde kaybolur ve kalan kısımları hiyoid ve stapediaal arterleri oluşturur. Üçüncü, dördüncü ve altıncı arkuslar büyüktür.

Üçüncü aortik arkus, ana karotis arteri ve internal karotis arterin ilk bölümünü oluşturur. İnternal karotisin geri kalanı ise dorsal aortanın kranial bölümü tarafından oluşturulur. Eksternal karotis arter, üçüncü aortik arkusun bir dalıdır.

Dördüncü aortik arkus her iki tarafta da devam eder ancak nihai kaderi sağ ve sol tarafta farklıdır. Solda, sol ana karotis ve sol subklavyen arterler arasında kalan arkus aorta parçasını oluşturur. Sağda, sağ subklavyen arterin en proksimal-ilk segmentini oluşturur.

Pulmoner arkus olarak da bilinen altıncı aortik arkus, gelişmekte olan akciğer tomurcuğuna doğru büyüyen önemli bir dal verir (6).

2.2 KAROTİS ARTERLERİN ANATOMİSİ

Baş ve boynu başlıca sağ ve sol ana karotis arterler (AKA) besler. Bunlar tiroid kartilaj üst kenarı hizasında eksternal karotis arter (EKA) ve internal karotis arterler (İKA) olmak üzere iki uç dalına ayrılır. EKA başın dış bölümünü, yüzü ve boynun büyük bölümünü besler. İKA ise intrakranial ve orbitadaki yapıların büyük bölümünü besler (7).

2.2.1 Ana Karotis Arter (AKA)

Sağ ve sol AKA'lar uzunluk ve orijin bakımından farklıdır (7). Bu farkı oluşturan embriyolojik 4. brankial arkusun asimetrik gelişimidir (8). Sağ AKA, brakiosefalik trunkusun dalıdır ve sağ sternoklaviküler eklemin arkasında başlar ve sadece boyunda uzanır. Sol AKA ise arkus aortanın ikinci dalıdır ve en yüksek kısmından ayrılarak önce göğüs boşluğunda, daha sonra da boyunda uzanır (7,8). AKA'lar boyunda benzer seyir gösterirler. Sağ AKA'nın uzunluğu ortalama 9.4 cm, solun ise 13.4 ile 14.4 cm'dir. Genelde yan dalları bulunmadığından çapları sabit kalmaktadır, anjiyografi ile belirlenen ortalama çapları 8 mm'dir. Ultrason ölçümleri de benzer sonuçlar verir ve yaşla birlikte kademeli artış gösterir (8).

Boynun alt kısmında birbirine yakın olan her iki tarafın arteri, yukarı doğru çıktıkça birbirinden uzaklaşır. İki arter arasında aşağıda trakea, yukarıda tiroid bezi, larinks ve farinks bulunur. AKA'nın lateralinde internal jugular ven, ikisi arasında ve arka tarafta oluşan olukta da vagus siniri bulunur. Bu üç yapı boynun derin fasiasından ayrılan ve "vagina carotica" denilen bir kılıfla sarılmıştır. Bu kılıf içindeki üç yapı da ayrı kompartmanlar içinde bulunur. Bu yapıların tümüne birden boynun damar-sinir paketi denir. Servikal sempatik zincir kılıfın posteromedial duvarına yerleşmiştir (7).

AKA'ların alt kısmı derinde bulunur. Ön tarafında yüzeyelden derine doğru deri, yüzeyel fascia, platisma kası, derin fascia ile sternokleidomastoid, sternohyoid ve sternotiroid kaslar ile omohyoid kasın üst karnı bulunur. AKA'ların üst kısmı yüzeyel yerleşimlidir ve sadece deri, yüzeyel fascia, platisma, derin fascia ve sternokleidomastoid kasın medial kenarı tarafından örtülmüştür. Sternokleidomastoid kas biraz arka tarafa çekildiğinde AKA, "trigonum caroticum" denilen karotis üçgeni içinde görülebilir. Karotis üçgenini posteriordan sternokleidomastoid kas, süperiordan stilohyoid kas ve digastrik kasın posterior karnı, inferiordan da omohyoid kasın süperior karnı sınırlar (7).

Her iki tarafta sternoklaviküler eklemın arka tarafından tiroid kartilajın üst kenarına kadar boynun yan tarafında uzanan AKA'lar tiroid kartilajın üst kenarı hizasında terminal dalları olan EKA ve İKA'ya ayrılırlar (7). AKA distali ile İKA proksimali arasında yaklaşık 1 cm uzunluğunda şişlik bulunur. Bu yapıya sinüs karotikus adı verilir ve kan basıncının ayarlanmasında önemli rol oynar (7,8).

AKA terminal dalları dışında genellikle boyunda yan dal vermez. Fakat bazen süperior tiroideal arter veya süperior tiroideal arterin larengeal dalı, asendan farengeal arter, inferior tiroideal arter ve çok nadir olarak da vertebral arterler AKA'dan ayrılabilir (7).

Kollateral dolaşım: AKA'nın bağlanması durumunda her iki tarafın EKA ve İKA'sının kafa içinde ve dışındaki anastomozları sayesinde kollateral dolaşım sağlanabilir. Ayrıca bağlanan arterin yukarıda kalan dalları ile subklaviyan arterin dalları arasındaki anastomozlar da bu kollateral dolaşıma katkıda bulunur. Kafa dışındaki önemli anastomoz süperior ve inferior tiroideal arterler arasında ve ayrıca derin servikal arter ile oksipital arterin desendan dalı arasında oluşur. Vertebral arterlerin dalları kafa içinde İKA'nın dalları ile anastomoz yapar (7).

2.2.2 Eksternal Karotis Arter (EKA)

EKA, tiroid kartilaj üst kenarı hizasında başlar ve yukarı çıkarken biraz öne ve sonra da arkaya uzanarak mandibula boynunun arkasındaki retromandibuler

fossaya gelir. Burada iki uç dalı olan maksiller arter ve süperfisial temporal arterlere ayrılır. Boyunda verdiği her daldan sonra kalınlığı giderek azalır. Çocuklarda yüz iskeletinin küçük olması nedeniyle EKA, İKA'dan daha incedir, fakat erişkinlerde yüz iskeletinin gelişmesiyle çapları hemen hemen birbirine eşittir. EKA'nın başlangıç kısmı, karotis üçgeni içinde oldukça yüzeysel yer alır ve İKA'nın medialinde bulunur (7).

EKA'in dalları: Süperior tiroideal arter, asendan farengeal arter, lingual arter, fasial arter, oksipital arter, posterior aurikuler arter, süperfisial temporal arter ve maksiller arterdir (7).

2.2.3 İnternal Karotis Arter (İKA)

Aynı taraf beyin hemisferinin büyük bir kısmını, göz ve yardımcı oluşumlarını, alnın ön kısmını ve burun boşluğunun da bir bölümünü besler. Tiroid kartilajın üst kenarı hizasında başlangıç yerinde EKA'nın lateralinde bulunur ve yukarı doğru çıktıkça önce arkasında daha sonra da iç tarafında yer alır. İnternal juguler ven ve vagus siniri ile birlikte karotis kılıfı içinde uzanır. İlk üç servikal vertebra transvers proseslerinin anteriorunda vertikal olarak kafa tabanına gelir. Burada karotis kanalından girdikten sonra 90 derecelik bir açı ile anteriora ve mediale doğru yön değiştirir. Kanaldan çıkar çıkmaz foramen laserumun üst yüzünde yukarı doğru yönelerek orta kranial fossaya ulaşır. Kafa boşluğundaki ilk bölümü kavernöz sinüs içerisinde bulunur. Buradan yukarı doğru kıvrılarak klinoid prosesin posterioruna gelir ve bu noktada anterior klinoid prosesin medialinde kavernöz sinüs tavanını oluşturan durayı delmeden önce S şeklinde kıvrım yapar. Buradan sonra okülomotor ve optik sinirler arasından geçerek ön ve orta serebral arterleri oluşturur (7).

İKA'lar Bouthillier ve arkadaşlarının sınıflandırmasına göre numaralandırılmış segmentlere ayrılır. Bu sınıflandırma daha öncekilerde dışarıda bırakılan ekstrakranial İKA'yı da dahil etmiş ve anatomiyi tam olarak kapsamıştır. Ayrıca segmentler kan akış yönünde sıralanmıştır. İKA'yı komşu yapılara ve içinde

seyrettiği kompartımanlara göre ayrıntılı bir şekilde 7 segmente ayırır. C1:servikal, C2: petröz, C3: laserum, C4:kavernöz, C5: klinoid; C6:oftalmik ve C7:kommunikan olarak isimlendirilirler (9). Bu sınıflandırmanın çalışmamızı ilgilendiren kısmı C1 segmentidir.

İKA Servikal Segmenti (C1): Servikal İKA tümüyle ekstrakraniyaldir. AKA'dan C3-C4 veya C4-C5 vertebra düzeylerinde ayrılırlar. Olguların %90'ında servikal İKA eksternal karotis arterin posteromedialinde AKA'dan ayrılır. İKA C1 segmentinin karotid bulbus ve asendan segment olmak üzere iki kısmı vardır. Bulbus en proksimal kesimidir, kesitsel görüntülemeye İKA distalinin genişliğinin iki katı genişliğinde belirgin bir fokal dilatasyon şeklinde görülür. Asendan İKA segmenti derin servikal fasianın üç tabakasını da içeren tübüler bir kılıf olan karotis kılıfı içinde sefalik olarak seyrederek. AKA'dan gelen kan akımının %30'u EKA'ya geçerken %70'i İKA'ya devam eder (10). Karotis üçgeninde bulunan başlangıç kısmı çok yüzeyledir. Burada sternokleidomastoid kas ile biraz örtülmüş olarak EKA'nın posterolateral tarafında yer alır. Deri, yüzeysel fascia, platisma ve derin fascia tarafından örtülmüştür. Yukarıda ise parotis bezinin derininde yer alır ve lateralden hipoglossus siniri, digastrik kasın posterior karnı, stilohyoid kas, oksipital arter ve posterior aurikuler arter tarafından çaprazlanır. Daha yukarıda EKA ile aralarında stiloglossus ve stilofaringeus kasları, stiloid prosesin uç kısmı, stilohyoid ligament, glossofaringeal sinir ile vagus sinirinin faringeal dalı bulunur. Posteriorunda longus kolli kası, süperior servikal ganglion ile bu gangliyondan karotis pleksusuna giden dallar ve süperior laringeal sinir bulunur. Lateralde internal juguler ven ve posterolateralde vagus siniri bulunur. Medialde farenks, süperior laringeal sinir ve asendan faringeal arter bulunur (7).

2.2.4 Karotis Arterlerin Varyasyonları

Olguların %80'inde arkus aorta ayrı ayrı çıkan üç büyük damarın görüldüğü klasik arkus şeklindedir. Ancak %10-25 olguda sol AKA ile brakiosefalik trunkus V şeklinde tek bir orijini paylaşırlar (Bovine ark konfigürasyonu). Bu olguların %5-7'si sol AKA brakiosefalik trunkus proksimalinden çıkar. %1-2 olguda ise sol AKA ile

subklaviyan arter aynı orijini paylaşır ve “sol brakiosefalik trunkus” adını alarak bilateral brakiosefalik trunkus görünümüne neden olur. Sağda ise AKA ve subklaviyan arter arkustan ayrı ayrı köken alabilir (10).

Sağ AKA sternoklavikuler eklem hizasında başlaması gerekirken, %12 oranında daha yukarı bir seviyeden başlayabilir. Arkus aortadan ayrı bir dal olarak veya sol AKA ile birlikte çıkabilir. Sol AKA'nın başlama yeri, sağ tarafın arterinden daha fazla varyasyon gösterdiğinden uç dallarına ayrılma yeri de normalden daha yukarıda hyoid kemik seviyesinde bulunur. Nadiren de larenksin ortasında veya krikoid kartilajın alt kenarı seviyesinde uç dallarına ayrılır. Oldukça nadir olarak da uç dallarına ayrılmadan uzanır veya uç dalları doğrudan arkus aortadan çıkabilir (7).

AKA ve karotis bifürkasyonlarının seyri ile pozisyonu da varyasyonlar gösterir. AKA ve İKA'ların elongasyonu tortüyoze ve bükülmelere (kink) neden olur. Anjiyografik çalışmalarda %10-43 oranında tortüyoze ve % 4-16 oranında bükülmelerin görüldüğünü ortaya koymuştur. Sıklıkla yaşlanmanın bir parçası olduğu düşünülse de 50 yaşın altındaki hastalar değerlendirildiğinde % 27'si kadarında tortüyoze veya % 3,5'luk kesiminde büküntülü seyir gözlenmiştir. Nadir de olsa karotislerin büküntülü seyri kaynaklı iskemik semptomlar bildirilmiştir (8).

AKA'nın normal bifurkasyonu C3-C4 ya da C4-C5 vertebral seviyesinde tiroid kartilaj hizasındadır (7,10). Bifurkasyon seviyesi C2 vertebra düzeyi kadar yukarıda olabileceği gibi toraks içerisinde de T3 vertebra düzeyi kadar aşağı konumlu da olabilir (8).

2.3 KAROTİS ARTERLERİN PATOLOJİLERİ

Ekstrakraniyal karotis arter hastalığı, beyni besleyen arterleri etkileyen ve inme ile geçici serebral iskemik atakların önemli bir sebebi olan çeşitli patolojileri kapsar. En sık görülen neden aterosklerozdur. Diğer nedenler ise fibromusküler displazi, kistik medial nekroz, arterit ve diseksiyondur. Ateroskleroz, sistemik bir hastalıktır ve karotis arter tutulumu olan hastalarda; miyokard enfarktüsü, periferik

arter hastalıkları ve ölüm de dahil olmak üzere, diğer olumsuz kardiyovasküler olayların riskinde artış söz konusudur (11).

Diğer kardiyovasküler hastalıklardan ayrı olarak düşünüldüğünde inme, gelişmiş ülkelerde mortalitenin en sık üçüncü nedeni ve maluliyetin en sık nedenidir. Tüm inmelerin ise % 87'si iskemik, %10'u hemorajik ve %3'ü subaraknoid kanama nedeniyledir (12).

Ekstrakranial karotis ateroskleroza iskemik inmenin yaklaşık %20'sinden sorumludur (13).

2.3.1 Ateroskleroz

Ateroskleroz terimi köken olarak kan damarlarının duvarında progresif sertleşme ya da sklerozu tanımlamak için türetilmiştir. Aterom terimi damar duvarı üzerinde ya da içinde biriken materyali tanımlar. Plak ise fokal aterom ile birlikte bunun yan etkileri olan ülserasyon, trombosit agregasyonu ve kanamayı tanımlamak için kullanılır (10).

Ateroskleroz günümüzde en önemli sağlık problemlerinden biridir. Hastalık sistemik olarak tüm vücut damarlarını etkileyebilmekte, yaşam kalitesini düşürmesinin yanında kalp krizi, inme gibi klinik tablolarla da mortal olabilmektedir. Bu nedenle hastalığın özellikle karotis arter gibi tedavi edilebilir lokalizasyonlarda tespiti, takibi ve endikasyon oluştuğunda tedavisi toplum sağlığı için oldukça değerlidir (14).

Ateroskleroz büyük elastik arterleri (örneğin: aorta) ve orta boy musküler arterleri (örneğin: karotis ve vertebral arterler) etkileyen en sık patolojik süreçtir. Aterosklerotik vasküler hastalık (ASVH) ise vücudun herhangi bir yerinde, herhangi bir boydaki arterin aterosklerozunu tanımlayan genel bir terimdir (10).

Aterosklerotik lezyonların neden olduğu stenoz potansiyel olarak mortal distal iskemilere neden olabilir ya da kalp, beyin, bacaklar ve diğer organlara giden ana arterlerinin trombotik oklüzyonunu tetikleyebilir. Lezyonlar arterlerin en iç

tabakasında - intima - başlar ve daha sonra media ve adventisya da dahil olmak üzere tüm arter duvarını etkiler (15).

Aterosklerotik lezyonlar arterlerin dallanma noktaları olan bifurkasyonlarda, kan akımının yönlendirildiği bölgelerde meydana gelme eğilimindedir. Örneğin koroner dolaşımında proksimal sol ön inen koroner arteri, renal arterlerin proksimal bölümünü ve karotis arterlerin bifurkasyonunu tutma eğilimindedir (16). Ekstrakranial damar sisteminde en sık görüldüğü yerler proksimal internal karotis arter ve ana karotis arter bifurkasyonudur ve bunları arkus aorta ile büyük damar orijinleri takip eder (10).

2.3.1.1. Ateroskleroz Patogenezi

Ateroskleroz erken gençlik yıllarında başlayan, yavaş gelişen, kompleks bir süreçtir. Tipik etkileri uzun yıllar sonunda ileri dekatlarda ortaya çıkar. Nedenleri multifaktöriyeldir ancak kronik inflamasyonu tetikleyen lipid birikimi, oksidasyon ve modifikasyonun bir kombinasyonu olduğu düşünülür. Plazma lipidleri, bağ doku lifleri ve inflamatuvar hücreler arter duvarındaki duyarlı bölgelerde birikerek aterosklerotik plakları oluştururlar. Oksidasyon ile modifiye olmuş düşük dansiteli lipoproteinlere (LDL) kronik maruziyet endotel hücreleri aktive eder ve bu da adezyon molekülleri, matris metalloproteinazları ve inflamatuvar genlerin salınımını tetikler. Monosit birikimi ve makrofaj diferansiasyonu da inflamatuvar sürecin bir parçası olarak meydana gelir (10).

Aterosklerozun ilk lezyonu yağlı çizgilenmelerdir ve en erken çocukluk ve ergenlik döneminde başlar. Bu lezyonların oluşumu sıklıkla intima içinde bölgesel lipoprotein içeriğinin artması ile oluşmaktadır. Lipoproteinlerin sıklıkla arter duvarı içindeki ekstraselüler matrisle tutunarak lipidden zengin yapılar oluşturup arterlerin intiması içinde birikmesine bağlı intima kalınlaşmaya başlar. İkinci aşamada lökositler devreye girerek çeşitli adezyon molekülleri salgırlar ve monosit-makrofajlar ekstraselüler aralığa geçerler. Lipid birikimi ve akabinde aterom oluşumu arteryel duvar içerisine giren lipid miktarı mononükleer makrofajlarca lipid

temizlenmesini aştığında gerçekleşir. Lipoprotein moleküllerini fagosite eden makrofajlar köpük hücrelerini oluşturarak yağlı çizgilenmenin temelini oluşturur. Genişleyen intimal lezyonda bazı lipid yüklü köpük hücreleri apoptoza uğrayarak yok olabilir ve lipitten zengin nekrotik çekirdek denilen merkezde yerleşimli oluşum ortaya çıkar. Daha sonra lezyona düz kas hücrelerinin gelmesi ve ekstraselüler matriks sentezinin başlaması lipid yüklü makrofajlardan oluşan basit aterosklerotik lezyonlardan fibröz komponenti de olan lezyonların oluşumuna neden olur. Artan fibröz doku, lipitten zengin nekrotik çekirdekler üzerinde ve kan ara yüzündeki endotelin hemen altında bir fibröz başlık oluşturur. Böylece aterosklerozun dominant lezyonu olan fibröz plak meydana gelir (15,16,17). ASVH plak gelişim süreci ırk, cinsiyet veya coğrafi yerleşimden bağımsız olarak benzerdir. Ancak genetik yatkınlık ve hipertansiyon, sigara kullanımı, tip 2 diyabet, obezite, hiperkolesterolemi gibi kazanılmış risk faktörleri olan hastalarda plak gelişimi daha hızlıdır (10).

Çoğu aterosklerotik plak semptom oluşturmaz ve klinik bulguya neden olmaz. Lezyon gelişiminde klinik olarak önemli olmakla birlikte çoğu zaman gözden kaçan aterosklerotik plağının oluşumu sırasındaki arteriyel yeniden şekillenme bundan sorumlu olabilir. Vasküler yeniden şekillenmenin bir türü olan ve kompanzatriks genişleme olarak da bilinen tip 2 ateroskleroz etkilediği damar çapını artırmaya eğilimlidir. Aterosklerotik plak yükü %40'ı aşınca kadar büyüyen aterosklerotik plak lümen daralmaya neden olmaz. Dolayısıyla doku perfüzyonunu bozacak şekilde darlığa neden olmaz. Ancak kritik darlığa neden olmayan bu stabil plakların kararsız hale gelmesiyle semptomlar oluşmaya başlar (16).

Komplike olmayan stabil plaklar aterosklerozun temel lezyonlarıdır. Hücre materyali (düz kas hücreleri, monosit ve makrofajlar), lipid ve üzerini örten fibröz şapka (kollajen, elastin lifler ve proteoglikan) içerirler. Stabil bir plak çevreleyen intima kalınlaşır fakat dış yüzeyi ülserasyon olmaksızın intakt kalır. Plak içi kanama görülmez. Lipid yüklü köpük hücrelerinden oluşan nekrotik çekirdek, hücre debris ve kolesterolün eleme olmuş fibröz şapka altında kademeli olarak birikmesiyle şapka incilir ve rüptüre yatkın hale gelir (hassas plak). Ayrıca nekrotik kor periferinde gelişen küçük kan damarları (neovaskülarizasyon) hızlı genişleme sonucu subintimal hemorajiye neden olabilir. Bu durum da plak içi basıncı ve lipid birikimi artırarak

fibröz şapkayı daha da zayıflatır. Fibröz şapka oldukça zayıflayıp intimaya doğru rüptüre olarak nekrotik debri salınımı gerçekleştiğinde ülsere plak oluşur. Burada oluşan endotel hasarı sonucunda platelet ve fibrin agregasyonu tetiklenir. Oluşan trombüs geçici ise veya oklüziv değilse plak rüptürü semptomlara neden olmayabilir. Ancak distal intrakranial damarlarda arteriyoarteriyel embolizasyona neden olabilir. Aterosklerotik plak rüptürü dünyadaki en mortal iki patolojiden sorumlu primer mekanizmadır: miyokard enfarktüsü ve inme (10,18,19).

2.3.1.2. Karotis Ateroskleroza

Karotis aterosklerotik plakları diğer arterlerde bulunanlara benzerdir. Karotis bulbus denilen proksimal İKA aterosklerotik stenozda önemli bir yer tutmaktadır. Anatomik olarak bifurkasyon sonrasında fokal genişleme bulbusta hem akımın ayrılmasına hem de resirkülasyona/ staza neden olur. Bu özgün geometri sonucu oluşan türbülant akım paterni bu lokalizasyonda aterom plağının sık görülmesinin nedenidir (10,19).

Ultrasonografinin kullanımının yaygınlaşması ve ulaşımın kolaylaşması karotis plaklarının erken saptanması ve değerlendirilmesini oldukça kolaylaştırmıştır. Aterosklerotik plağın sonografide ilk bulgusu intima-media tabakalarının kalınlığında artış ve daha sonra arteriyel lümeneye uzanan ekojenik materyaldir. Homma ve arkadaşları, AKA'da normal intima-media kalınlığının aterom plaksız alanlarda yapılan ölçümlerde; $(0,009 \times \text{yaş}) + 0,116$ formülüne uyduğunu ve 40 yaşında ortalama 0,48'den, 100 yaşında ortalama 1,02'ye doğru lineer olarak yaşla arttığını göstermişlerdir. Yaş ile orantılı değişime ek olarak intima-media kalınlığı erken aterosklerotik plak oluşumuna cevap olarak da artış gösterebilir. Bu nedenle ölçüm kardiyovasküler risk işareti olarak da kullanılır. Bununla birlikte intima-media kalınlığının 0,9 mm veya daha fazla olması anormal bir bulgudur ve genellikle bir plak eşlik etmektedir. Ölçümde en önemli nokta görülür plakların dahil edilmemesi, plaksız alandan ölçüm yapılması gerektiğidir (20,21).

Karotis aterosklerozu olan hastalar iskemi semptomlarıyla ortaya çıkabilir veya sadece görüntüleme ile rastgele tanı alabilir. Karotis aterosklerozu, ipsilateral tarafta son 6 ay içerisinde geçici iskemik atak (GİA) veya inme geçirilmiş ise semptomatik kabul edilir. Ayrıca fizik muayene bulgusu olarak oskültasyonda karotis üfürümü de duyulabilir. Serebral iskemi semptomları ile gelen hastalarda ipsilateral amorozis “fugax”, retinal enfarktüs (monoküler görme alanını etkileyebilen-dal tıkanıklığı veya tüm retinayı etkileyebilen-santral oklüzyon), kontrateral vücut yarısında GİA veya inme gibi patolojiler görülebilir. Tipik olarak, ipsilateral anterior serebral dolaşım etkilenir ve kontrateral homonim hemianopsiye neden olur; görsel uzaysal ihmal; yüz, kol veya bacakta güçsüzlük, parestezi görülür. Sol taraflı karotis aterosklerozunda görülen disfazi, tipik olarak sol serebral hemisferde bulunan konuşma merkezlerinin tutulumu sonucu ortaya çıkar. Görsel uzaysal ihmal fenomeni tipik olarak sağ temporoparietal korteksin etkilendiği ve görme alanları sağlam hastalarda ortaya çıkar. “Kreşendo” olarak adlandırılan bir durumda üst üste hızlıca tekrarlayan geçici hemisferik veya oküler semptomlar; karotis aterosklerozunun varlığında, stabil olmayan bir aterom plağından devam eden distal embolizasyona işaret etmektedir. Hastanın bir hafta içerisinde üçten fazla GİA geçirmesi durumunda çoğu klinisyen bu terimi kullanır. İnme, vasküler bir nedene bağlı olarak, >24 saat süren fokal (bazen global) serebral fonksiyon kaybı olarak tanımlanır. GİA benzer bir tanıma sahiptir ancak defisit < 24 saat sürmektedir (22,23). GİA tanısı alan hastalar takiben oluşacak inme için risk altındadırlar. GİA sonrası inme riski ilk 90 gün içinde % 2 ile % 17 arasındadır (13, 24). Bu nedenle erken tanı ve tedavisi önem arz etmektedir.

2.3.2 Fibromusküler Displazi

Fibromusküler displazi (FMD) orta ve büyük çaplı arterleri segmental etkileyen, idiopatik, nonaterosklerotik ve noninflamatuvar bir patolojidir. Vücutta herhangi bir arteriyel yatağı etkileyebilmesine rağmen olguların %75’inde renal arterler tutulur ve bunların üçte biri iki taraflıdır. İkinci sıklıkta %70 oranında servikosefalik damarlar tutulur. Genellikle ya her iki İKA ya da bir İKA ve vertebral arter tutulmuştur. İskemik nörolojik semptomlar nedeniyle tarama yapılan hastaların

%0.5'inde saptanmaktadır. FMD'de 9/1 oranında kadın cinsiyet baskınlığı bulunmaktadır. Renal FMD genç kadınlarda sık görülürken karotis ve vertebral arterlerin FMD'si 5. dekat civarında ortaya çıkar ve GİA, üfürüm inme ya da diseksiyon bulguları görülebilir (10,25,26).

2.3.3 Diseksiyon

Karotis arter diseksiyonu (KAD) genç erişkinlerde iskemik inmenin nadir ancak ciddi bir nedenidir. Erken tanı ve tedavi ile inme riski ve uzun dönem sekel olasılığı azalır. Bu noktada görüntüleme oldukça önemli yer almaktadır. KAD travmatik veya spontan olabilir. Travmatik diseksiyon, şiddetli künt baş ve boyun travmasının bir komplikasyonudur. Spontan diseksiyon ise genellikle altta yatan FMD, Marfan sendromu gibi vaskülopatileri bulunan duyarlı bireylerde önemsiz travmaların (örn. öksürük, kusma, spor, servikal manipülasyon) tetikleyici rol oynaması sonucu gelişir. KAD intimada oluşan bir yırtık yoluyla kanın arter duvarına girmesiyle duvar tabakalarında ayrılma sonucu gelişen bir patolojidir. İntimal yaralanma bölgesinden giren kan media tabakasında birikir ve diseksiyon genellikle kranial yönde kan akımı ile aynı yönde uzanır. Diseksiyon adventisya tabakasına doğru uzandığında psödoanevrizma oluşturabilir. Zamanla oluşan yalancı lümen gerçek lümeni basılayarak iskemi semptomlarına neden olur. Klinik bulgular genelde sessiz olduğundan KAD tanısı zordur. Hastaların üçte biri tek taraflı baş, yüz veya boyun ağrısına eşlik eden Horner sendromu (pitozis, miyozis, enoftalmi, anhidrozis) da dahil olmak üzere kranial sinir bulguları ile serebral veya retinal iskemi triadı ile başvurmaktadır. Ancak bu klinik bulgular ile başvuran hastaların yarısından fazlasında spontan KAD tanısı akla gelmeyebilir. Ayrıca yaklaşık %5 olguda KAD asemptomatiktir (27,28).

2.3.4 Vaskülitler

Vaskülit arter, ven ya da her ikisini etkileyen kan damarlarının inflamasyonunu tanımlar. Etyolojisinde enfeksiyon, kollaje doku hastalıkları,

immünkompleks birikimi, ilaç istismarı ve nadiren neoplazmlar yer almaktadır. Patolojik olarak kan damarlarının duvarında nekroz ve inflamasyon ile karakterizedir. Tanıda klinik bulgular nonspesifiktir. Çoğu hastada varolan serebral infarkt olsun ya da olmasın nörolojik bulguların başlangıcından itibaren 6 ay içinde hastaların % 75'i almaktadır. Ataksi, nöbet ve intraserebral kanama gibi diğer bulgular daha nadir görülür. Diğer sistemik vaskülitlerin aksine, ateş ve kilo kaybı gibi belirtiler nadirdir (10,29,30).

2.4 ATEROSKLEROTİK KAROTİS ARTER STENOZUNUN GÖRÜNTÜLENMESİ

Plakların görüntülenmesi aterosklerotik hastalığın doğal seyri için anlaşılmasını kolaylaştırır. Günümüzde aterosklerotik karotis arter stenozunu incelemek için bir dizi noninvaziv ve invaziv görüntüleme yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar arasında renkli Doppler ultrasonografi, MRA, BTA ve DSA sayılabilir.

2.4.1 Renkli Doppler Ultrasonografi (RDUS)

Karotis arter stenozu değerlendirmesinde tercih edilen ilk görüntüleme yöntemidir (19). İyi eğitilmiş, deneyimli bir uzman tarafından yapıldığında sonuçlar kesin ve nispeten diğer yöntemlerden daha ucuza elde edilir. Noninvaziv, ven enjeksiyonu gerektirmeyen, hastaların kontrast madde veya radyasyona maruz kalmadığı bir incelemedir. Asemptomatik hastalarda; hipertansiyon, hiperlipidemi, ailede 60 yaşından önce ateroskleroz veya iskemik inme öyküsü ve sigara kullanımı gibi risk faktörlerinin iki veya daha fazlası varlığında karotis RDUS incelemesi yapılmalıdır (12).

Temel prensibi Doppler etkisi fenomenine dayanır. İlk olarak Avusturyalı fizikçi Christian Doppler tarafından 1842'de tanımlanmıştır. Doppler hareket eden enerji kaynaklarının algılayıcı sisteme doğru hareket ederken ürettikleri enerjinin frekansında bir artma, algılayıcı sistemden uzaklaşırken frekansta bir azalma

olduğunu tespit etmiştir. Ses frekansının harekete bağlı gösterdiği bu değişime Doppler etkisi ya da Doppler şifti adı verilir (31).

Gri skala ve RDUS, karotis arterlerin ekstrakraniyal segmentlerinin görüntülenmesinde birlikte kullanılırlar. Bu iki yönteminin kombinasyonuna Dupleks Doppler US adı verilir.

Gri skala US damar duvarında morfolojinin ve aterosklerotik değişikliklerin değerlendirilmesini sağlar. Aterosklerotik plakların kalsifik (hiperekoik) ve nonkalsifik (hipoekoik) kısımları ayırt edilebilir. Hipoekoik plaklar inme için bağımsız bir risk faktörüdür. Ayrıca, prelinik aterosklerozun tespit edilmesine ve risk değerlendirilmesine yardımcı olan intima-media kalınlığının ölçülümünde de gri skala US kullanılır (32).

Karotis RDUS, arter veya stenotik segmentin lümenal çapını doğrudan ölçmez. İki yöntem kullanılabilir: 1) morfolojik, 2) pik sistolik (PS) hız değerleri kullanılarak karotis arter darlığının derecesi ölçülür. Morfolojik analiz, stenoz derecesinin ölçülmesi için yüzde oranındaki metotlara dayanmaktadır. Öte yandan, PS hız etkilenen segmentteki maksimum sistolik hız tepe noktasına karşılık gelir. Hemodinamik olarak anlamlı stenoz, esas olarak İKA lümeninin daralmış segmentinde belirgin şekilde artmış PS akım hızlarının ölçülmesiyle saptanır. Hızdaki artış, stenozun şiddetiyle doğru orantılı olduğundan karotis stenozunun şiddetini değerlendirmek ve sonuçta tanısız ve terapötik yaklaşımı planlamak için akım hızı yaygın olarak kullanılmaktadır (33,34).

Stenozu ölçmek için kullanılan sekonder parametreler arasında, diastol sonu (DS) hız, ipsilateral İKA/AKA pik sistolik hız oranı, spektral genişleme derecesi ve B-mod görüntülerde plak varlığı yer alır. Ölçümleri yorumlarken göz önünde bulundurulması gerekenler arasında kalsifik plakların varlığı (akustik gölgelenmeye neden olarak vizualizasyonu sınırlayabilir), kontrateral yüksek dereceli stenozun, damarda bükülmelerin varlığı (hızların olduğundan yüksek ölçülmesine neden olur) yer almaktadır. Ayrıca kadınlarda erkeklere göre hızlar yüksek ölçülebilir (12,33).

Subtotal arteriyel oklüzyon bazen total oklüzyondan ayırt edilemez ve bu iki durumun ayırımı izlenecek tedavi planında önem arz eder. Karotis RDUS'taki ölçümlerin doğruluğu azaltabilen diğer faktörler arasında güvenilirliğinin operatöre oldukça bağlı olması, obezite, yüksek yerleşimli karotis bifurkasyonu, ciddi arteriyel tortüozite, yoğun kalsifikasyonlar ve karotis stent varlığı sayılabilir (12).

Grant ve ark. tarafından önerilen hız ve oran parametreleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (35) (**Tablo 1**).

Tablo 1. İKA stenozu tanısında gri skala US ve RDUS kriterleri

Stenoz (%)	Parametreler
Normal	İKA PS hızı < 125 cm/s ve görünür plak yok, ek olarak İKA/AKA PS hız oranı < 2.0 ve İKA DS hızı < 40 cm/s
< 50	İKA PS hızı < 125 cm/s ve plak oranı < %50, ek olarak İKA/AKA PS hız oranı < 2.0 ve İKA DS hızı < 40 cm/s
50-69	İKA PS hızı 125-230 cm/s ve plak oranı %50'den fazla, ek olarak İKA/AKA PS hız oranı 2.0-4.0 ve İKA DS hızı 40-100 cm/s
≥70 ancak totale yakın oklüzyondan daha az	İKA PS hızı > 230 cm/s ve plak oranı %50'den fazla, ek olarak İKA/AKA PS hız oranı > 4.0 ve İKA DS hızı > 100 cm/s
Totale yakın oklüzyon	İKA PS hızı yüksek, düşük veya tespit edilemez, ek olarak değişken İKA/AKA PS hız oranı ve İKA DS hızı
Total oklüzyon	Akım tespit edilemez, görünür plak vardır, lümen seçilemez

Aterosklerotik karotis arter stenozu tanısında kullanılan RDUS ile ilgili özellikler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (34) (**Tablo 2**).

Tablo 2. Karotis stenozunun, plak morfolojisi - kompozisyonunun değerlendirilmesinde RDUS'un tanı performansı, avantajları, sınırlamaları ve tuzaklar

RDUS	Stenoz (> %70)	Plak morfolojisi	Plak kompozisyonu
Tanı performansı	Sensitivite %89 Spesifisite %84	Sensitivite %89 Spesifisite %84	Histopatoloji ile orta düzeyde korelasyon
Avantajları	Hızlı ve ucuz	Plağın detaylı görüntülemesi	BTA ve MRA'ya göre daha hızlı
Sınırlamaları	Operatör bağımlı	Kalsiyuma bağlı akustik gölgelenme	Ağır kalsifik plaklar (diğer plak bileşenlerini göstermez)
Tuzaklar	Tekrarlanabilirliği kötü	Kalsiyum ince yüzey değişikliklerini gizler	Amorf kalsifikasyon ve hemoraji benzerdir

2.4.2 Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA)

Bilgisayarlı tomografi (BT), vücudun ve özellikle vasküler sistemin hassas, hızlı ve yüksek çözünürlüklü görüntülemesini sağlayabilir. Çok kesitli BT anjiyografi (ÇKBTA) teknolojisinin ortaya çıkması, temporal ve spasyal rezolüsyondaki sürekli gelişmeler ile görüntü rekonstrüksiyonunda gelişmiş yazılımlar BTA'yı arteriyel patolojilerin değerlendirilmesinde güvenilirliğini ve özellikle karotis aterosklerozunun saptanmasında ve karakterizasyonundaki başarısını artırmıştır (34).

BT ilk olarak 1963 yılında Allan McLeod Cormack tarafından teorize edilmiştir. Ancak klinikte ilk başarılı uygulamalar 1967 yılında Godfrey Newbold Hounsfield tarafından gerçekleştirilmiş ve 1971 yılında hastane şartlarında uygulamaya başlanmıştır. BT üç boyutlu vücut bölümlerinden iki boyutlu görüntü oluşturan bir sistemdir. Bunu yapmak için rekonstrüksiyon adı verilen matematiksel teknikler kullanılır. Primer amacı vücut iç yapılarının iki boyutlu kesitsel görüntüsünü oluşturmak olan BT'nin dokular arasındaki süperpozisyonu ortadan kaldırma ve doku kontrastları arasındaki ufak farklılıkları göstermedeki yeteneği sayesinde bu amaca ulaşılmaktadır. 1990'lı yılların başında spiral BT yapıldıktan kısa bir süre sonra BTA uygulanmaya başlamıştır. Spiral BT gantriye eklenen "slip-ring"

teknolojisiyle X-ışını kaynağı ve dedektörlerin sürekli rotasyonu esnasında hastanın eş zamanlı olarak sabit bir hızda gantri içerisine hareketi sağlanmıştır. Böylece gerçek hacimsel tarama yapılarak üç boyutlu görüntüler elde edilmiş olur. IV kontrast maddenin bolus enjeksiyonu sonrasında görüntüler elde edilir. Üç boyutlu rekonstrüksiyonlar yapılabilir (31,36).

ÇKBTA'da dedektör sayısında yaşanan gelişmelerle yalnızca karotis stenozunun saptanması için değil, aynı zamanda karotis plaklarının yüzey düzensizliklerinin değerlendirilmesi için de kullanılmaya başlandılar. Karotis arterlerdeki düşük dereceli stenozun bile serebrovasküler olayların gelişmesine yol açma olasılığı bulunduğundan stenoz derecesinin ötesine bakmak ve plak morfolojisini belirlemeye çalışmak önemlidir (34). Özellikle de Weert ve ark. ÇKBTA ile düzgün yüzeyli, irregüler ve ülsere yüzeyli farklı plak morfolojilerinin değerlendirebileceğini göstermiştir (37). Schroder ve ark. koroner plakları yağlı (yumuşak), mikst ve kalsifik olmak üzere üç kategoriye ayırmışlardır. Ayrıca daha yeni çalışmalar ÇKBTA'nın karotis arter duvar kalınlığını kolayca ölçebildiğini ve eşik değer olarak 1 mm kullanıldığında; 1 mm'den daha büyük karotis arter duvar kalınlığı ile inme arasında, normal (<1mm) olanlara göre anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir (38).

En önemli dezavantajı iyonizan radyasyon varlığıdır. Ayrıca verilen İV kontrast maddeye karşı alerji ve böbrek yetmezliği varlığında da inceleme gerçekleştirilemez. Ek olarak kontrast maddedeki iyota bağlı altta yatan hipertiroidisi olan hastalarda tirotoksikozu neden olur (34).

Aterosklerotik karotis arter stenozu tanısında kullanılan BTA ile ilgili özellikler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (34) (**Tablo 3**).

Tablo 3. Karotis stenozunun, plak morfolojisi - kompozisyonunun değerlendirilmesinde ÇKBTA'nın tanı performansı, avantajları, sınırlamaları ve tuzaklar

ÇKBTA	Stenoz (> %70)	Plak morfolojisi	Plak kompozisyonu
Tanı performansı	Sensitivite %77 Spesifisite %95	Sensitivite %100 Spesifisite %100	Histopatoloji ile orta düzeyde korelasyon
Avantajları	MRA'ya göre daha yüksek uzaysal çözünürlük	MRA'ya göre daha yüksek uzaysal çözünürlük	Kalsiyumun direkt görülmesi
Sınırlamaları	Duvar kalsifikasyonları engel oluşturabilir, daha uzun post-prosesing süresi	Duvar kalsifikasyonu engel oluşturabilir, daha uzun post-prosesing süresi	MRA'ya göre diğer bileşenlerin ayırt edilmesinde azalmış duyarlılık
Tuzaklar	Ağır kalsifik plakların oluşturduğu ışın sertleştirme artefaktları	Ağır kalsifik plağın oluşturduğu ışın sertleştirme artefaktı	Hemorajiyi tespit edememesi

2.4.3. Manyetik Rezonans Anjiyografi (MRA)

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) dokudaki protonların manyetik özelliklerini manyetik alanlar uygulayıp belirginleştirerek ve radyofrekans pulslarıyla protonları uyararak görüntü elde eder (39).

Manyetik rezonans olayı ilk kez 1946 yılında birbirinden ayrı olarak çalışan Bloch ve Purcell tarafından tanımlanmıştır. Manyetik rezonans olayı görüntüleme yöntemi olarak ilk defa 1973 yılında Paul Lauterbur tarafından kullanılmıştır. 1980 yılında ise Hawkens MRG'nin multiplanar görüntüleme özelliğini ortaya çıkarmış ve bu yöntemle ilk lezyonu saptamıştır (31,40).

Normal şartlar altında vücuttaki protonlar rastgele dizilim gösterir, bu nedenle vücudun net bir manyetizması yoktur, yani sıfırdır. Doku güçlü bir manyetik alan içine konulduğunda protonlar dış manyetik alan vektörüne paralel ve antiparalel konuma geçerler. Paralel konum daha az enerji gerektirdiğinden bu konumda

bulunan proton sayısı, yüksek enerji konumundaki antiparalel dizilimdekilerden çok az olmak üzere daha fazladır. Bu fark dokuda denge manyetizasyonunu (M_0) denilen net manyetizasyonu oluşturur ve dış manyetik alanın (B_0) gücüne paraleldir. MR görüntüleri oluştururken kullanılan ana kaynak bu denge manyetizasyonudur. Protonlar manyetik alanda paralel ve antiparalel konum alırken aynı zamanda kendi çevrelerinde de dönerler. Bu dönüşe presesyon adı verilir. Manyetik alan ne kadar güçlü ise presesyon frekansı da o kadar yüksektir. Presesyon hareketi rezonans olayının temelidir. İncelenecek bölgedeki hidrojen çekirdekleri ancak kendi frekanslarındaki radyofrekans (RF) pulsu ile uyarılabilir. Manyetik alan gücü ile presesyon frekansı arasındaki bu ilişkiye Larmor kuralı ve bir protonun presesyon frekansına da Larmor frekansı adı verilir. Larmor frekansı şu formülle gösterilir:

$$\omega = \gamma \cdot B_0$$

ω = Presesyon frekansı (MHz)

B_0 = Manyetik alan gücü

γ = Sabite (gyromanyetik katsayı; her çekirdek için ayrı bir değerdir. Örneğin hidrojen için 42.6 MHz/Tesla iken karbon-13 için 10.7 MHz/Tesla'dır.)

Manyetik alan (B_0) içerisine giren dokuda birkaç saniye içerisinde net manyetizasyon denge konumuna (M_0) gelir. Bu vektörlerin gösterdiği longitudinal yön +z aksı olarak isimlendirilir. Ana manyetik alan gücü oldukça yüksek olduğundan bu yönde iken net manyetizasyon ölçülemez. Dokunun manyetizasyonu ancak B_0 yönüne dik bir düzlemde (x-y düzlemi) ölçülebilir. Paralel ve antiparalel spin sayısını eşitleyecek güç ve sürede RF pulsu gönderildiğinde z aksı boyunca var olan manyetizasyon miktarı her iki yönde eşit olacağından M_0 ortadan kalkar. Her iki yöndeki spinler aynı fazda olacağından bunların x-y düzlemlerindeki izdüşümleri bir vektör oluşturur ve buna transvers manyetizasyon (M_{x-y}) adı verilir. Bu vektör M_0 vektörüne dik olduğundan bunu sağlayan güç ve süredeki radyo dalgası atımına 90 derecelik RF pulsu adı verilir. RF pulsu kesildiğinde iki olay meydana gelir:

- 1) Antiparalel konuma geçen spinler aldıkları enerjii çevrelerine aktararak daha düşük enerji seviyesindeki paralel konumlarına dönmeye başlar ve M_0 kademeli olarak tekrar kazanılır.

- 2) 90 derecelik RF pulsu ile x-y düzlemine aktarılan M_0 vektörü (M_{x-y}), puls kesildikten sonra transvers planda Larmor frekansında presesyona devam eder. Faradayın indüksiyon yasasına gereğince dönen bir manyetik çubuk elektrik akımı oluşturur. Uygun yere yerleştirilen bir sargı ile bu elektrik akımı, Larmor frekansında alternasyon yapan bir akım şeklinde ölçülebilir. x-y düzleminde başka bir manyetizasyonun olmaması bu ölçümü kolaylaştıran en önemli etkidir. Ölçülen bu alternatif akım MR sinyalidir.

90 derecelik RF pulsu kesildikten sonra longitudinal manyetizasyonun yeniden kazanım hızı longitudinal (“spin-lattice”) relaksasyon süresi, T1 olarak adlandırılır. T1 bu sürecin tümü değil longitudinal manyetizasyonun yaklaşık 2/3’ünün (%63) yeniden kazanımı için geçmesi gereken süredir. Farklı dokuların T1 değerleri farklıdır. 90 derecelik RF pulsu kesildikten sonra transvers manyetizasyon sinyalinde kayıp hızı T2 relaksasyon süresi (spin-spin relaksasyon süresi) olarak tanımlanır. Bu süre transvers manyetizasyonun tamamen bitmesi değil de orijinal değerinin %37’sine inmesi için gereken süredir. Dokuların T2 değerlerinin farklılıkları başlıca makromoleküler yapılarındaki farklılıklardan kaynaklanır. Birçok dokuda transvers manyetizasyonun kaybı longitudinal manyetizasyonun kazanılmasından daha hızlıdır. Yani T2 değerleri T1 değerlerinden kısadır. T2/T1 oranı bire yakınsa incelenen örnek sıvıya, çok küçükse katıya benzer yapıdadır.

T1 longitudinal manyetizasyonun denge konumuna gelme süresidir. Bir görüntüleme sekansında RF pulsları ardışık olarak birden çok sayıda uygulanır. Pulslar arasındaki süre T1 değerinden kısa seçilirse, ikinci RF pulsu gönderileceği zaman kısa T1 değerine sahip dokuda, uzun T1 değerine sahip dokuya göre daha fazla longitudinal manyetizasyon bulunur. Bu da daha fazla transvers manyetizasyon ve daha fazla sinyal demektir. 90 derecelik pulstan hemen sonra (spinlerin defaze olarak T2 farklılığı oluşturmasına izin vermeden) ölçüm yapılırsa T1 değeri kısa olan dokuda daha fazla sinyal ölçülür. Bu sinyal farklılığını oluşturan T1 değerleri arasındaki farklılıklardır. Bu fark ancak RF pulsları arasındaki süre (“time to repetition-TR”) kısa tutularak ortaya çıkarılmıştır. TR uzun tutulursa tüm dokularda yeniden kazanım tamamlanacağı için T1 farklılıkları ortadan kalkacaktır. T2

relaksasyonu, longitudinal manyetizasyon transvers düzleme aktarıldıktan hemen sonra başlar. Kısa T2 değerine sahip dokular uzunlara göre daha hızlı defaze olur ve sinyali daha önce biter. Sinyalin kaydedildiği an (TE süresi) kritiktir. Bu noktada bazı dokuların sinyali sonlanmış, hiç sinyal alınamaz; hızlı defaze olan dokulardan yavaş defaze olan (T2 değeri daha uzun) dokulara göre daha az sinyal alınır (40,41).

MRG'de görüntü kontrastı, dokuların proton yoğunluk farkıyla birlikte RF pulsunun enerjisi ve gönderilme aralıkları ile sinyalin kaydedildiği ana bağlıdır. Bu faktörlerin kombinasyonu ile görüntü elde etmede kullanılan temel puls sekansları oluşturulur. Bunlar Spin Eko (SE), "Inversion Recovery" (IR) ve Gradyent Eko (GRE) isimleri verilen 3 temel sekansdır. IR temelde bir SE sekansıdır.

SE sekansı MR görüntülemenin ana sekansıdır. Önce 90 derecelik RF pulsu ile longitudinal manyetizasyon transvers düzleme aktarılır. Bundan kısa bir süre sonra yavaş yavaş defaze olmaya başlayan spinleri refaze etmek için 180 derecelik RF pulsu gönderilerek elde edilecek sinyal şiddetlendirilir. İki RF pulsu arasında geçen süre (TE/2) kadar sonra da spinler refaze olarak bir sinyal (eko) oluşturur. Bu ekolar toplanarak görüntüye aktarılır. SE sekansında bilinmesi gereken iki parametre uygulanan RF pulsları arasındaki tekrar zamanı (TR) ve sinyal salınımı ile saptanması arasında geçen eko zamanıdır (TE). SE T1 ağırlıklı görüntüler (T1AG) görece daha kısa TR ve daha kısa TE değerlerine sahipken; SE T2AG uzun TR ve TE'ye sahiptir. Yağ, proteinöz materyal, methemoglobin, melanin, kalsiyum ve paramanyetik kontrast ajanlar kısa T1 relaksasyon zamanına sahip olduğundan T1AG'de parlak görünürken; kist, ödem, BOS gibi sıvıdan zengin yapılar T2AG'de parlaktır. Konvansiyonel SE sekanslar görece yavaş olma dezavantajına sahiptir ve klinik pratikte yerini hızlı SE sekanslar ve GRE sekanslar almıştır.

IR sekansları belirli bir dokudan gelen sinyali baskılamak için kullanılır. Doku manyetizasyonu önce 180 derecelik RF pulsu ile tersine çevrilir. Bir süre sonra 90 derecelik puls gönderilerek önceden kazanılan longitudinal manyetizasyon transvers düzleme aktarılır. Daha sonra SE sekansında olduğu gibi x-y düzleminde 180 derecelik puls uygulanarak sinyal ölçülür.

GRE sekansları hızlı görüntü elde etmek amacıyla geliştirilmiştir. Burada transvers manyetizasyonu refaze etmek için 180 derecelik RF pulsları yerine çok sayıda gradiyent çevirici kullanılır. Gradiyent çeviriciler lokal manyetik alanı gradiyentin uygulandığı yönde hafifçe artırır veya azaltır. Buna bağlı alandaki protonlar daha hızlı defaze olur. Bu gradiyentin süre ve güç bakımından eşdeğeri ters yönde uygulanırsa defaze protonlar refaze olarak sinyal üretirler. GRE sekanslar dokular arası manyetik duyarlılık farklılıklarına bağlı olarak manyetik alan inhomojenitesine duyarlıdır. Bu özelliği sayesinde hemorajinin saptanması için kullanılır. Bu teknik kan elemanlarının, demir birikiminin ve kalsifikasyon saptanmasında duyarlıdır (39-42).

Tablo 4. MRG sekanslarında karotis aterosklerotik plak komponentlerinin sinyal intensitesi

	Fibröz başlık (rüptüre olmayan)	Akut hemoraji	Kronik hemoraji	Kalsiyum	Lipidden zengin çekirdek
T1AG	İzointens	Hiperintens	Hiperintens	Hipointens	Hiperintens
T2AG	İzointens	Hipointens	Hiperintens	Hipointens	Hiperintens
TOF	Hipointens	Hiperintens	Hiperintens	Hipointens	Hipointens

MRG hareketlere oldukça duyarlı bir yöntemdir. Bu sorunu çözebilmek için hızlı sinyal toplayan sekanslar geliştirilmiştir. Ancak MRG’de harekete karşı olan bu duyarlılıktan akımın değerlendirilmesinde yararlanır. Akıma bağlı gelişen sinyal farklılıklarından MR-anjiyografi görüntüleri elde edilir. MRG’de akım uygulanan sekansa bağlı düşük ya da yüksek sinyal intensitesinde görülür. Standart SE sekansında önce 90 derece sonra da 180 derece olan iki RF pulsu uygulandıktan sonra sinyal ölçülür. Eksite edilen kesitte yer alan damarlardaki kan, sinyal kaydedilme sürecinde akıma bağlı kesit dışına çıkmış olacağından damar lümeninden alınan sinyal zayıflar (“washout effect”); akım çok hızlı ise hiç sinyal alınamaz (“flow void”). Bu olay SE görüntülerde akımın hipointens görülmesinin bir nedenidir. Diğer nedeni ise akan kandaki spinlerin aynı faza getirilemeyip eko elde edilememesidir (faz etkisi). GRE sekanslarda eksite edilen kesitte yer alan spinlerin refaze olmaları için yeteri kadar beklenmez, dokuda baskılanma olur ve sinyal şiddeti düşer. Bu kesite dışarıdan giren kandaki spinler baskılanamayacağından yüksek

sinyal verirler. Bu olay GRE görüntülerde vasküler sistemin parlak görüntülenmesinin temel mekanizmasını oluşturur (40,41).

MRA'nın temeli akıma bağlı sinyal artımını belirginleştirmeye dayanır. En sık kullanılan kontrastsız MRA teknikleri "Time-of-Flight" (TOF) MR anjiyografi ve faz kontrast (FK) MR anjiyografidir. Ayrıca konvansiyonel anjiyografide olduğu gibi iv kontrast madde verilerek kontrastlı MRA'da yapılır.

2.4.3.1. TOF MR Anjiyografi

TOF MRA hareketsiz dokulardaki spinleri satüre etmek için kısa TR değerlerinde çok sayıda RF pulsunu kullanır ve böylece hareketsiz dokulardan gelen sinyal baskılanır. Akış halindeki kan görüntüleme hacmine ya da kesitine girdiğinde sinyalini korur ve hiperintens görülür. Yani yöntemin temel fizik prensibi kesite giren kanın yüksek sinyal vermesidir ("inflow enhancement", "flow related enhancement"). Böylece bir arterin lümeni görülebilir hale gelir. Longitudinal manyetizasyondaki akıma bağlı ortaya çıkan değişiklikler üzerine kurulu bir gradient eko tekniğidir (39,40,43). İki boyutlu (2B) veya üç boyutlu (3B) örnekleme kullanılarak görüntüler elde olunabilir. 2B TOF MRA'da görüntüleme volümü olarak çok ince ardışık kesitler kullanılır. Kanın sinyal intensitesinin yüksek olması bu tekniğin oklüzyonu yavaş akımdan ayırt etmede hassas olmasını sağlar. 3B TOF MRA'da görüntülenen hacim daha büyüktür. 2B TOF MRA ile karşılaştırıldığında, 3B teknikler daha yüksek uzaysal çözünürlüğe ve sinyal-gürültü oranına sahiptir; ancak daha küçük vokseller ve daha kısa eko zamanları nedeniyle sinyal kayıplarını göstermede sensitivitesi daha düşüktür. Kuzey Amerika Semptomatik Karotis Endarterektomi Çalışması (NASCET) kriterlerine göre karotis arter bifurkasyonunun görüntülenmesinde elde edilen verilerin maksimum intensite projeksiyon (MIP) algoritmi ile işlenerek oluşturulan 3B TOF MRA görüntüleri kullanılarak stenoz derecesi ölçülebilir (40,43). Bu yöntemde incelenen hacimdeki kesitler rekonstrükte edilir ve değişik projeksiyonlardan üç boyutlu görüntüler oluşturulur. Vasküler yapının kesite göre optimal konumda olmamasına bağlı damarın intensitesinde değişiklikler görülür (40).

Hacim görüntülemeye sinyal-gürültü oranının yüksekliği küçük damarların daha iyi görülmesine yardımcıdır fakat distale gidildikçe saturasyonun artması ve kontrastın düşmesi sorunu nedeniyle ancak hızlı akım en iyi kalitede görüntülenebilir, yavaş akımı görüntülemek sorun teşkil eder. Bu nedenle saturasyonun en az olduğu 2B görüntüler yavaş akımlarda daha duyarlıdır. Görüntü oluşturma süresi de daha kısa olduğundan hareket artefaktlarından etkilenmemesi gereken torakal ve abdominal damarlarda tercih edilebilir. Hacim görüntüleri ise başlıca intrakranial ve alt ekstremitte arterlerinin incelenmesinde kullanılır.

Karotis arter görüntülemeye TOF MRA görüntülerinde istenmeyen bir durum olan sinyal kaybı, damar içinde normal laminar akımın bozulmasına bağlı gelişen faz kayması nedeniyle ortaya çıkar. Laminar akımın kaybı darlık yakınlarında ya da bifurkasyon noktalarında izlenir. 2B ve 3B TOF MRA'da ortak olan bu önemli problemde, sinyal yoğunluğunda fokal olarak azalma hatta yüksek dereceli stenozların distalindeki kompleks türbülant akım paternlerinin neden olduğu spin "dephasing" olayına bağlı total sinyal kaybıdır. Ayrıca daha hafif darlık bölgesinde kan akımının türbülant hale gelmesi sonucu yavaş hareket eden protonların "dephasing" etkisi öngörülemeyen sinyal kaybına neden olarak stenozu olduğundan fazla gösterir. Bunu ortadan kaldırmak için sinyal kompanzasyon tekniklerinden yararlanılır (34,43).

2.4.3.2. Faz Kontrast MR Anjiyografi

FK MRA, RF pulsu ile oluşan transvers manyetizasyondaki akıma bağlı değişiklikler üzerine kuruludur. Yöntemin dayandığı temel fizik kural, akımın hareketsiz dokuya göre daha hızlı defaze olmasıdır. Hareketsiz doku ile akım arasındaki faz farkı ile görüntüler oluşturulur. Faz değişikliğini saptamak için biri pozitif diğeri negatif olan bipolar gradiyent belirli bir ara ile uygulanır. Hemen arkasından gradiyentler tersine çevrilerek sekans tekrarlanır. Hareketsiz spinlerde faz değişikliği görülmezken hareket eden spinlerde faz kaybı ortaya çıkar. İkinci sekans ile ilk sekans verileri birbirinden çıkarıldığında hareketsiz spinlerden gelen sinyaller kaybolurken, hareketli spinlerden gelenler belirginleşir. Faz şiftinin derecesi hız

kodlama süresine ve eksite hacim içerisindeki spinlerin hızına bağlıdır. Hız ne kadar fazla ise defaze olma o kadar fazla ve kodlanan akım o kadar parlak olur. Akımın oluşturduğu faz değişikliğinin yönü akım yönünü, miktarı (“magnitude”) ise akım hızını gösterir. Ters yönde akımlar siyah renkte kodlanır. “Magnitude” görüntüleri akıma duyarlıdır ancak yönünü göstermez. Faz görüntüleri ise yön ve hız bilgilerini birlikte taşır. Faz kontrast görüntüleri 2B veya 3B olabilir (40,42,44).

TOF’tan farklı olarak FK MRA kantitatif bir yöntemdir ve düzgün kalibre edildiğinde akımın hızını ve yönü kesin olarak belirlenebilir. Yöntem yavaş akımı oldukça iyi bir şekilde görüntüleyebilir. Pratikte FK MRA’nın görüntüleme süresi TOF’tan uzun ve uygulaması sorunludur. Akımın hızı görüntülemeye kritik belirleyici olduğundan damarları kıvrımlı ve düzensiz olan olgularda kaliteli görüntü elde etmek zordur. Her iki yöntemde de türbülans akım sinyali kaybına neden olabilir. Stenozlar olduğundan uzun ve daha dar görülebilir (40,45).

2.4.3.3. Kontrastlı MR Anjiyografi

Kontrastlı MRA’da gadolinyum bazlı intravenöz kontrast madde kullanılır. Bu tür maddeler tipik olarak kanın T1 relaksasyon zamanını kısaltırlar (yani longitudinal manyetizasyonun geri kazanımını hızlandırır), böylece T1 AG’lerde yüksek sinyal intensitesi oluşur. Kontrastsız MRA yöntemlerinden en büyük farkı akıma ya da faz şifine bağlı olmayıp morfolojiyi görüntülemesidir. Sinyal artımı ve görüntü kalitesi damar içerisindeki kontrast maddenin konsantrasyonuna bağlıdır. Kontrastın en yüksek konsantrasyonda olduğu zaman verilerin toplanması en iyi görüntüyü elde etmenin temel şartıdır. Uygulanmasında hızlı görüntüleme teknikleri ve yüksek gradiyent performanslı sistem gerekir. İnceleme en düşük TR, TE değerleriyle ve sinyal-gürültü oranını artırmak için 35-40 derecelik sapma açısıyla uygulanır. 2B ve 3B yöntemler uygulanabilir. Saturasyon sorunu olmasından geniş görüntüleme alanı ile çalışılabilir. Sinyalin kaynağı kanın kısalmış T1 değeri olduğundan kontrastsız yöntemlerde sorun oluşturan kıvrımlı damarlar ya da stenotik bölgelerin değerlendirilmesinde sorun olmaz. Görüntüleme düzlemi seçilirken

damarın görüntüleme planına dik gelmesi gibi bir zorunluluk yoktur. İnceleme süresi kontrastsız MRA'lara göre oldukça kısadır. (40,42).

MRA karotis arter darlıklarında tarama testi olarak denenmektedir. Ancak türbülant akıma bağlı darlıklar olduğundan daha fazla görülürler. Ciddi stenoz total oklüzyon şeklinde görülebilir. Pratikte kalsifik plak varlığı veya yüksek bifurkasyon gibi RDUS'nin teknik olarak yetersiz kaldığı vakalarda veya ciddi stenoz/total oklüzyon ayrımının yapılamadığı olgularda faydalıdır (40).

Aterosklerotik karotis arter stenozu tanısında kullanılan MRA ile ilgili özellikler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (34) (**Tablo 5**).

Tablo 5: Karotis stenozunun, plak morfolojisi - kompozisyonunun değerlendirilmesinde MRA'nın tanı performansı, avantajları, sınırlamaları ve tuzaklar

MRA	Stenoz (> %70)	Plak morfolojisi	Plak kompozisyonu
Tanı performansı	Sensitivite %88-94 Spesifisite %84-93	Sensitivite %96 Spesifisite %97	Histopatoloji ile orta düzeyde korelasyon
Avantajları	Lümen görüntülemeye duvar kalsifikasyonları engel oluşturmaz	Hafif ülserleri gösterebilir, duvar kalsifikasyonları engel oluşturmaz	Farklı plak komponentlerini ayırt edebilir
Sınırlamaları	BTA'ya göre daha düşük uzaysal rezolüsyon	BTA'ya göre daha düşük uzaysal rezolüsyon	Uzun sürede elde edilir, özel donanım gerekir
Tuzaklar	Ciddi stenozların komşuluğunda sinyal kaybı	Ağır kalsifik plağın oluşturduğu duyarlılık artefaktları	Fibröz çekirdek ve hemoraji arasında sinyal çakışması

MRA'da karşılaşılan bazı artefaktlar;

- Darlık oranının olduğundan fazla ölçülmesi: Stenoz bölgesinde oluşan türbülant akıma bağlı spin "dephasing" etkisi nedeniyle darlık oranı olduğundan fazla ölçülür.

- b) Mural veya ektramural patolojiler MRA ile değerlendirilemez. Örneğin diseksiyon, intramural hematolar ya da vaskülit bulguları gözden kaçabilir. Ek MRG sekansları ile bu sorun aşılabılır.
- c) Metalik artefaktlar: Duyarlılık artefaktları stenoz veya oklüzyonu taklit eden sinyal kayıplarına neden olur.
- d) Venöz duyarlılık artefaktları: Ön koldan verilen paramanyetik intravenöz kontrast madde aynı taraftaki boyun venlerinde yüksek konsantrasyonlarda kalırsa komşu arterlerden alınacak sinyallerin baskılanmasına neden olur. Yanlış stenoz ya da oklüzyon tanısının konmasına neden olur. Bunu önlemek için kontrast madde sonrasında aynı venden salin enjeksiyonu yapılmalıdır.
- e) Psödofibromusküler Displazi: Görüntülecek damar boyutuna göre geniş piksel boyutuna ve düşük görüntü çözünürlüğüne sahip incelemeler damar kalibresinin yanlış değerlendirilmesine neden olur. Özellikle fibromusküler displazinin tespiti görünümünü taklit eden bir basamaklanma artefaktı ortaya çıkar (46,47).

2.4.4. Dijital Subtraksiyon Anjiyografi (DSA)

DSA tanısal ve girişimsel radyolojide oldukça önemli bir görüntüleme yöntemidir. DSA karotis stenozu ve plak morfolojisinin değerlendirilmesi için altın standart yöntem olmaya devam etmektedir. Bununla birlikte, son zamanlarda, stenoz derecelendirme konusundaki doğruluğu tartışmalı hale gelmiştir ve sınırlı sayıda görüntüleme planı (ön-arka, yan ve oblik), maliyet ve küçük fakat kesin komplikasyon riski nedeniyle tanısal rolü büyük ölçüde tartışılmaktadır. Bu nedenle yeterli BT ve/veya MRG teknolojisinin olduğu merkezlerin çoğunda DSA'nın tanısal kullanımı, iki veya daha fazla noninvaziv test arasında uyumsuzluğun olduğu az sayıda vaka ile sınırlıdır. Ancak karotis arter stentleme gibi endovasküler tedaviye ihtiyaç olduğunda çok sayıda DSA prosedürü kullanılır. DSA tekniği, hem tanısal hem de girişimsel amaçlı kullanıldığında hemen hemen aynıdır: karotislerin selektif

görüntülenmesi, hastanın arteriyel anatomisine bağlı olarak femoral, aksiler, brakial ve radyal giriş olmak üzere farklı arterlerden yapılabilir. 18 Gauge iğne ile tek duvar ya da çift duvar tekniğiyle sıklıkla femoral arter ponksiyonu ve damar kılıfı yerleştirilmesini takiben kılavuz tel ile kateterler kullanılarak intraarteriyel kontrast madde enjeksiyonuyla selektif olarak vasküler yapıların görüntülenmesi sağlanır. Karotis aterosklerozu tanısından uzaysal rezolüsyonu yüksek görüntüler elde edilmekle birlikte yavaş ve gecikmiş akım paternleri görülerek akım dinamikleri hakkında da fikir sahibi olunabilir (34,48,49).

İlk defa 1924 yılında Brooks'un yaptığı çalışma ile intraarteriyel görüntüleme serüveni başlamıştır. 1927 yılında Moniz ise ilk defa karotis arterlere kontrast enjeksiyonu ile beyin tümörlerini görüntülemiştir. Modern vasküler anjiyografi ise 1953 yılında Seldinger öncülüğünde başlayıp günden güne gelişerek günümüze ulaşmıştır (31, 50). Bu yeniliklere rağmen BTA ve MRA'ya göre daha invaziv ve pahalı bir tetkik olması, işlem sonrasında yatak istirahati gerektirmesi ve uzun uygulama zamanı DSA'nın sınırlılıklarını oluşturmaktadır. Ancak geliştirilen oldukça yumuşak kateterler sayesinde işlem minimal invaziv olarak yapılabilen ve gerekli durumlarda ponksiyon yapılan arteri kapatmak için kullanılan cihazlar uzun süreli yatak istirahati süresini ortadan kaldırabilmektedir (48).

DSA dijital floroskopi sistemi kullanılarak dijitalize edilen verilerden görüntüler elde edildikten sonra subtraksiyon işlemi uygulanarak oluşturulan imajlar sadece incelenecek bölgedeki damarın görüntüsünden ibarettir. Subtraksiyon kelime anlamı olarak çıkarmak demektir. İncelenecek bölgede görüntülenecek damar dışında, başta kemik olmak üzere tüm süperpozisyonları ortadan kaldırmak için uygulanan çıkarma yöntemidir. Bu çıkarma fotoğrafik ve elektronik olmak üzere iki teknikte gerçekleştirilir. Fotoğrafik çıkarma tekniği 5 aşamada gerçekleşir. Birinci basamakta incelenecek olan bölgenin direkt röntgenogramı çekilir. Daha sonra çekilmiş bu radyogram fotoğraf tekniği ile pozitif röntgenograma çevrilir. Üçüncü aşamada vasküler yapı içine kontrast madde verilerek incelenen bölgenin tekrar bir röntgenogramı çekilir. Dördüncü basamakta kontrastlı çekilen röntgenogram ile ikinci basamakta pozitif dönüşürülmüş röntgenogram üst üste gelecek şekilde yerleştirilerek tekrar bir film çekilir. Bu işlem sonucunda üzerinde sadece damarın

kontrastlı görüntüsünün bulunduğu, aynı anatomik yapıların, negatif-pozitif fotoğraf tekniği ile birbirinin imajını sildiği bir grafi elde edilmiş olur. Görüntülerin analog olarak değil de dijitalize edildikten sonra birbirinden çıkarıldığı tekniğe elektronik çıkarma denir. Geçici, enerji ve hibrit subtraksiyon başlıkları altında toplanabilir. Geçici (temporal) subtraksiyon, tek kV kullanımı ile gerçekleştirilmesi, normal x ışını demeti filtrasyonunun yeterli oluşu yönleriyle enerji subtraksiyon yönteminden farklılık gösterir. Temporal subtraksiyon, hareket artefaktlarının görüntülere olumsuz etkisi ve imaj sayısının sınırlılığı açısından dezavantajlar içermesi yanında basit aritmetik görüntü subtraksiyon teknikleri ile çalışabilmesi ve kemik gibi oluşumların tamamen çıkarılmasına imkan verebilmesi bakımından avantajlar taşır. En yaygın kullanılan geçici elektronik çıkarma teknikleri “mask” mod ve “time interval difference” (TID) olarak isimlendirilen başlıca iki şekilde uygulanmaktadır. “Mask” mod yönteminde damar içine kontrast madde verilmeden önce, incelenecek olan bölgenin görüntüsü elde olunarak bilgisayara kaydedilir. Buna “mask” görüntü adı verilir. Daha sonra incelenecek damar içine belirli bir hızda kontrast madde gönderilirken ilgili bölgenin çok kısa zaman aralıklarında görüntüleri alınarak bilgisayara toplanır. Daha sonra yine bilgisayar aracılığıyla arka arkaya toplanan görüntülerden her biri (frame) ilk olarak kaydedilen “mask” görüntüden çıkarılır. Böylece imajlarda sadece, içi değişik derecelerde kontrast ile dolu damar görüntüleri kalır. “Mask” imajdan sonra elde edilmeye başlanan imajlar sırasında hasta hareketlerinden kaynaklanan artefaktlar oluşabilmektedir. Bu artefaktlara hatalı kayıt yani “misregistration” artefaktları adı verilmektedir. Bu artefaktlar, görüntülerde aynı yapıların birbirleri üzerine çakışmamasına ve istenilen çıkarmanın gerçekleştirilememesine neden olmaktadır. Geçici çıkarma metodunun “mask” mod tekniğinde daha sık karşılaşılan bu problem, damar içine kontrast madde verilmesi bittikten sonra tekrarı ile aşılmaya çalışılmaktadır. TID ise kontrast madde verilmesi esnasında çok kısa zaman aralığında çok sayıda imajın elde olunmasına imkan veren bir tekniktir. Kısa sürede elde edilen çok sayıda imajın her bir “frame”i ayrı bir hafıza adresine kaydedilir. Kaydedilen imajlar tek tek veya 2-4’lü gruplar halinde bir önceki imajlardan çıkarılarak görüntüler oluşturulur. Bu yönlemler hareket artefaktlarının önüne geçilebilmiştir. (31).

Son on yılda üç boyutlu rotasyonel anjiyografi (3B-RA) geliştirilmiş ve intrakraniyal anevrizma, diseksiyon ya da arteriyovenöz malformasyonun tedavisini planlamak için nöro-girişimsel alanda tanısal yöntem olarak kullanılmaya başlanmış ve daha sonra endovasküler aort onarımları ile karaciğer kemoembolizasyonu gibi periferik uygulamalarda da başarıyla kullanılmıştır. Daha yakın zamanda 3B-RA, karotis patolojilerinin değerlendirilmesinde başarılı şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Lateral pozisyonda görüntülemeye başlar ve daha sonra 44 projeksiyon elde etmek için 5 sn'de karotis bifürkasyon çevresinde 220 derece dönüş gerçekleştirir. Bu protokol teşhis için maksimum bilgi sağlayan doğru projeksiyonları tanımlar ve hastanın fazla doz almasına neden olan 2B görüntü serisi sayısını azaltarak hastanın aldığı radyasyon dozunu önemli ölçüde azaltabilir (34).

DSA komplikasyonlarından en önemlisi genellikle aterosklerotik plaktan kopan emboliler kaynaklı gelişen inme ya da GİA'dır. Girişim yeri komplikasyonları kanama, arteriyel obstrüksiyon, psödoanevrizma, arteriyovenöz fistül sayılabilir. Özellikle aksiller yaklaşımda brakial pleksus hasarı gelişebilir. Ayrıca enfeksiyon da potansiyel riskler arasındadır.

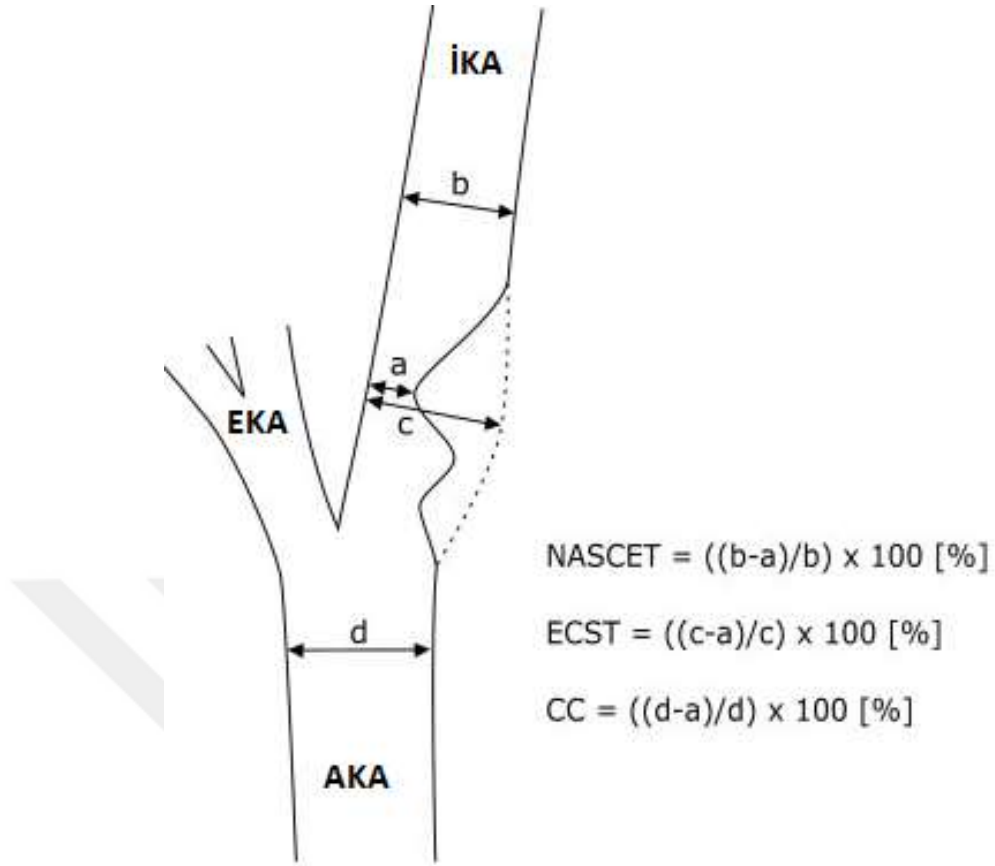
Aterosklerotik karotis arter hastalığı tanısından kullanılan görüntüleme yöntemlerinin karşılaştırılması aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (**Tablo 6**) (32).

Tablo 6: Karotis arterlerde stenoz değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması

	DSA	MRA	BTA	RDUS
Stenoz değerlendirme doğruluğu	Altın standart	Sensitivite %94 Spesifisite %93	Sensitivite %77 Spesifisite %94	Sensitivite %89 Spesifisite %84
Stenoz morfolojisi	Mükemmel	İyi	İyi	Sınırlı
Plak içeriği	Sınırlı	Ek sekanslar gerekli	İyi	İyi
Aort arkusunu değerlendirme	İyi	İyi	İyi	Sınırlı
İntrakranial dolaşımı değerlendirme	İyi	İyi	İyi	Ek olarak transkraniyal RDUS gerekir
İnvazivlik	Evet	Minimal / Hayır	Minimal	Hayır
Radyasyon	Var	Yok	Var	Yok
Kontrast kullanımı	Var	Var / yok	Var	Yok

2.5. KAROTİS ARTER STENOZUNUN ÖLÇÜLMESİ

BTA, MRA ve DSA görüntülerine dayalı karotis stenozu oranını ölçmek için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bugün halen üç yöntem kullanılmaktadır (**Şekil 1**). Kuzey Amerika Semptomatik Karotis Endarterektomi Çalışması (NASCET) yöntemi; damarın en stenotik kısmında kalan lümen çapını, distal normal poststenotik İKA çapıyla karşılaştırmaktadır. Avrupa Karotis Cerrahisi Çalışması (ECST) yöntemi; damarın en stenotik kısmında kalan lümen çapını, karotis bulbusunun tahmini (subjektif) normal çapıyla karşılaştırır. Ana karotis (CC) yöntemi ise damarın en stenotik kısmında kalan lümen çapını ölçer ve bunu proksimal AKA'daki lümen çapıyla karşılaştırır. Farklı ölçüm teknikleri, stenoz oranının farklı tahmin edilmesine yol açmaktadır. (32,51,52). NASCET; darlık derecesi farklı, semptomatik karotis darlığı olan ve yakın zamanda iskemik olay öyküsü olan hastalarda endarterektomi+medikal tedavi kombinasyonunu sadece medikal tedavi ile kıyaslayan ilk çalışmadır. Çalışmanın erken döneminde (operasyonun ilk 30 günü) inme (%5.8 ve %6.7) ve ölüm riski (%2.5 ve %3.3) endarterektomi+medikal tedavi kombinasyonu aleyhine artmış olsa da bu dezavantajlı durum operasyondan 3-6 ay sonra olumlu yönde değişerek çalışma süresi boyunca kombine tedavinin lehinde sonuçlar ortaya çıkmıştır. Ayrıca darlık derecesi %70-99 olan hastalarda sadece medikal tedavi grubu endarterektomi+medikal tedavi kombinasyonu ile kıyaslandığında iki yıllık ipsilateral inme riskinin endarterektomi ile %26'dan %9'a indiği ($p<0.001$) görülmüştür. Orta dereceli darlık grubunda (%50-69) ise endarterektomi uygulanan grupta inme riskinde azalma oranı daha düşük olmasına rağmen istatistiksel anlamlığa erişmiştir (%22.2 ve %15.7, $p=0.045$). Darlık derecesi %50'den daha az olan grupta ise iki tedavi yöntemi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (51,53).



Şekil 1. Karotis arter stenoz oranı ölçüm yöntemleri: Kuzey Amerika Semptomatik Karotis Endarterektomi Çalışması (NASCET), Avrupa Karotis Cerrahisi Çalışması (ESCT) ve ana karotis (CC) yöntemi (32).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji anabilim dalında Ocak 2012 – Nisan 2018 tarihleri arasında boyunda karotis arterlerine yönelik DSA ve kontrastsız MR anjiyografi incelemelerinin her ikisi de yapılmış olan 25 hasta retrospektif olarak incelendi. Bir hasta inceleme sırasında koopere olamadığından kontrastsız MRA’da ortaya çıkan hareket artefaktları nedeniyle; bir hasta da karotis arterlerinde önceden yerleştirilmiş stentin kontrastsız MRA’da neden olduğu artefaktlara bağlı optimal görüntü kalitesi elde edilemediğinden çalışmadan çıkarılmıştır. Ayrıca en başta 4 hasta iki tetkik arasında 1 yıldan fazla zaman geçmiş olması nedeniyle çalışma dışında bırakılmıştır. Kalan 23 olgunun her birinde boyunda ekstrakranial karotis arterleri sağda ve solda AKA, İKA ile EKA olarak ayrılarak her iki yöntem ile ayrı ayrı PACS arşivinden değerlendirildi. Mevcut görüntüler hastaların klinik verilerinden habersiz deneyimli bir radyolog tarafından öncelikle kontrastsız MRA görüntüleri değerlendirildikten 4 hafta sonra ilk değerlendirmeden bağımsız olarak DSA görüntüleri değerlendirildi. Daha sonra 4’er hafta arayla bu değerlendirme işlemi bir kez daha tekrar edildi. Darlık oranları NASCET kriterlerine göre hesaplanarak “normal”, “< % 50 darlık”, “% 50-69 arası darlık”, “≥ % 70 darlık” ve total oklüzyon olarak derecelendirildi.

Kontrastsız MRA tetkiklerinin tamamı TOF tekniği ile gerçekleştirilmiş. Bunların 15 tanesi 3.0 T MRG cihazı (Siemens Magnetom Verio, Erlangen, Almanya) ile, 8 tanesi ise 1.5 T MRG cihazı (Siemens Magnetom Aera, Erlangen, Germany) ile gerçekleştirilmiştir. 3.0T cihaz ile gerçekleştirilen aksiyel 3B TOF MRA tetkikindeki çekim parametreleri TR 21 msn, TE 3.6 ms, sapma açısı 25 derece, kesit kalınlığı 1 mm, matriks 384x312, FOV 20x16 cm olarak belirlenmiştir. 1.5T cihaz ile gerçekleştirilen aksiyel 3B TOF MRA tetkikindeki çekim parametreleri TR 24 ms, TE 7.2 ms, sapma açısı 20 derece, kesit kalınlığı 0.8-1 mm, matriks 512x512, FOV 20x16 cm olarak belirlenmiştir.

DSA teknikleri “Siemens artis zee” anjiyografi cihazıyla (Erlangen, Almanya) gerçekleştirilmiştir. İşlem sırasında hastalara sedasyon uygulanmamıştır.

Giriş yolu olarak povidon iyot solüsyonu ile lokal saha sterilizasyonu uygulandıktan sonra steril örtünmeyi ve lokal anestezi sağlanmasını takiben femoral arter kullanılmıştır. Seldinger yöntemi ile ponksiyonu takiben femoral artere 5 french genişliğinde kılıf yerleştirilmiştir. Kılıf içerisinden pigtail anjiyografi kateteri ilerletilerek önce arkus aorta ve dalları görüntülenmiştir. Bu görüntülerden karotis arter çıkışları belirlenerek kateter değişimini takiben karotis arterlerin Simmons tip II kateter ile selektif kateterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Daha sonra sağ ve sol taraf için karotis arterlerin ön-arka, yan ve oblik pozisyonlarda standart görüntüleri elde edilmiştir. İncelemede noniyonik kontrast madde hasta kilosuna uygun dozda (en fazla 100 ml) otomatik pompa enjektör ile verilmiştir.

DSA, altın standart olarak kabul edilerek kontrastsız MRA incelemesi için karotis arter darlıklarını saptamadaki sensitivite, spesifisite, pozitif prediktif değer (PPD), negatif prediktif değer (NPD) hesaplandı. Ayrıca gözlemci uyumu Kappa korelasyon testi ile hesaplandı. Araştırma verileri SPSS (Statistical Package For Social Sciences) 18.0 programı aracılığıyla bilgisayar ortamına yüklenerek istatistiksel analizler gerçekleştirildi.

4. BULGULAR

Çalışma kapsamına alınan 23 hastanın 13'ü (%56.5) kadın, 10'u (%43.5) erkek idi. Hastaların ortalama yaşı 58.5 (29-84 aralığında, median değeri 60) olarak hesaplandı.

Olgularda incelenen karotis arterlerin her iki inceleme metodunda, 1. ve 2. değerlendirmede saptanan stenoz oranları sırasıyla **Tablo 7** ve **Tablo 8**'de gösterilmektedir.

Tablo 7.1. Ölçümde sağ ve sol AKA, İKA, EKA stenoz oranları (%)

Hasta No	Yaş/ Cinsiyet	Sağ AKA		Sağ İKA		Sağ EKA		Sol AKA		Sol İKA		Sol EKA	
		MRA	DSA	MRA	DSA	MRA	DSA	MRA	DSA	MRA	DSA	MRA	DSA
1	29/ K	N	N	N	N	N	N	100	100	100	100	100	100
2	77/ E	N	N	< 50	< 50	N	N	N	N	> 70	> 70	N	N
3	47/ E	N	N	< 50	N	N	N	N	N	< 50	N	N	N
4	60/ K	N	N	< 50	50-69	< 50	< 50	N	N	100	100	< 50	< 50
5	80/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
6	34/ E	N	N	< 50	< 50	N	N	N	N	< 50	< 50	N	N
7	70/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	< 50	< 50	N	N
8	66/ E	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	50-69	< 50	N	N
9	43/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
10	72/ K	< 50	< 50	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
11	64/ E	N	N	N	N	< 50	< 50	N	N	> 70	> 70	N	N
12	50/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
13	60/ E	< 50	< 50	< 50	50-69	N	N	< 50	< 50	N	N	N	N
14	70/ E	N	N	< 50	< 50	N	N	N	N	> 70	> 70	N	N
15	44/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
16	50/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
17	84/ E	N	N	> 70	> 70	N	N	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	N
18	62/ K	N	N	N	N	< 50	< 50	N	N	N	N	N	N
19	78/ K	N	N	N	N	< 50	50-69	< 50	< 50	N	N	N	N
20	52/ E	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
21	50/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
22	34/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
23	70/ E	N	N	50-69	> 70	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50

1. değerlendirme sonuçlarına göre incelenen 23 hastanın kontrastsız MRA'da;

- Sağ AKA'da 20'sinde (%87) normal, 3'ünde (%13) %50'nin altında darlık;
- Sağ İKA'da 14'ünde (%60.9) normal, 7'sinde (%30.4) %50'nin altında darlık, 1'inde (%4.3) %50-69 arası darlık, 1'inde (%4.3) %70 üzeri darlık;
- Sağ EKA'da 17'sinde (%73.9) normal, 6'sında (%26.1) %50 altında darlık;
- Sol AKA'da 17'sinde (%73.9) normal, 5'inde (%21.7) %50 altında darlık, 1'inde (%4.3) %100 darlık;
- Sol İKA'da 12'sinde (%52.2) normal, 5'inde (%21.7) %50 altında darlık, 1'inde (%4.3) %50-69 arası darlık, 3'ünde (%13) %70 üzeri darlık, 2'sinde (%8.7) %100 darlık;
- Sol EKA'da 19'unda (%82.6) normal, 3'ünde (%13) %50 altında darlık ve 1'inde (%4.3) %100 darlık saptanmıştır.

DSA'da ise;

- Sağ AKA'da 20'sinde (%87) normal, 3'ünde (%13) %50'nin altında darlık;
- Sağ İKA'da 15'inde (%65.2) normal, 4'ünde (%17.4) %50'nin altında darlık, 2'sinde (%8.7) %50-69 arası darlık, 2'sinde (%8.7) %70 üzeri darlık;
- Sağ EKA'da 17'sinde (%73.9) normal, 5'inde (%21.7) %50 altında darlık, 1'inde (%4.3) %50-69 arası darlık;
- Sol AKA'da 17'sinde (%73.9) normal, 5'inde (%21.7) %50 altında darlık, 1'inde (%4.3) %100 darlık;
- Sol İKA'da 13'ünde (%56.5) normal, 5'inde (%21.7) %50 altında darlık, 3'ünde (%13) %70 üzeri darlık, 2'sinde (%8.7) %100 darlık;
- Sol EKA'da 20'sinde (%87) normal, 2'sinde (%8.7) %50 altında darlık ve 1'i (%4.3) %100 darlık saptanmıştır.

Tablo 8: 2. ölçümde sağ ve sol AKA, İKA, EKA stenoz oranları (%)

Hasta No	Yaş/ Cinsiyet	Sağ AKA		Sağ İKA		Sağ EKA		Sol AKA		Sol İKA		Sol EKA	
		MRA	DSA	MRA	DSA	MRA	DSA	MRA	DSA	MRA	DSA	MRA	DSA
1	29/ K	N	N	N	N	N	N	100	100	100	100	100	100
2	77/ E	N	N	< 50	< 50	N	N	N	N	> 70	> 70	N	N
3	47/ E	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
4	60/ K	N	N	< 50	50-69	< 50	< 50	N	N	100	100	< 50	< 50
5	80/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
6	34/ E	N	N	< 50	< 50	N	N	N	N	< 50	< 50	N	N
7	70/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	< 50	< 50	N	N
8	66/ E	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	50-69	< 50	N	N
9	43/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
10	72/ K	< 50	< 50	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
11	64/ E	N	N	N	N	< 50	< 50	N	N	> 70	> 70	N	N
12	50/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
13	60/ E	< 50	< 50	< 50	50-69	N	N	< 50	< 50	N	N	N	N
14	70/ E	N	N	< 50	< 50	N	N	N	N	> 70	> 70	N	N
15	44/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
16	50/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
17	84/ E	N	N	> 70	> 70	N	N	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	N
18	62/ K	N	N	N	N	< 50	< 50	N	N	N	N	N	N
19	78/ K	N	N	N	N	< 50	50-69	< 50	< 50	N	N	N	N
20	52/ E	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
21	50/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
22	34/ K	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
23	70/ E	N	N	50-69	> 70	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50

2. değerlendirme sonuçlarına göre incelenen 23 hastanın kontrastsız MRA’da;

- Sağ AKA’da 20’sinde (%87) normal, 3’ünde (%13) %50’nin altında darlık;
- Sağ İKA’da 15’inde (%65.2) normal, 6’sinde (%26.1) %50’nin altında darlık, 1’inde (%4.3) %50-69 arası darlık, 1’inde (%4.3) %70 üzeri darlık;
- Sağ EKA’da 17’sinde (%73.9) normal, 6’sında (%26.1) %50 altında darlık;
- Sol AKA’da 17’sinde (%73.9) normal, 5’inde (%21.7) %50 altında darlık, 1’inde (%4.3) %100 darlık;

- Sol İKA'da 13'ünde (%56.5) normal, 4'ünde (%17.4) %50 altında darlık, 1'inde (%4.3) %50-69 arası darlık, 3'ünde (%13) %70 üzeri darlık, 2'sinde (%8.7) %100 darlık;
- Sol EKA'da 19'unda (%82.6) normal, 3'ünde (%13) %50 altında darlık ve 1'inde (%4.3) %100 darlık saptanmıştır.

DSA'da ise;

- Sağ AKA'da 20'sinde (%87) normal, 3'ünde (%13) %50'nin altında darlık;
- Sağ İKA'da 15'inde (%65.2) normal, 4'ünde (%17.4) %50'nin altında darlık, 2'sinde (%8.7) %50-69 arası darlık, 2'sinde (%48.7) %70 üzeri darlık;
- Sağ EKA'da 17'sinde (%73.9) normal, 5'inde (%21.7) %50 altında darlık, 1'inde (%4.3) %50-69 arası darlık;
- Sol AKA'da 17'sinde (%73.9) normal, 5'inde (%21.7) %50 altında darlık, 1'inde (%4.3) %100 darlık;
- Sol İKA'da 13'ünde (%56.5) normal, 5'inde (%21.7) %50 altında darlık, 3'ünde (%13) %70 üzeri darlık, 2'sinde (%8.7) %100 darlık;
- Sol EKA'da 20'sinde (%87) normal, 2'sinde (%8.7) %50 altında darlık ve 1'i (%4.3) %100 darlık saptanmıştır.

Kontrastsız MRA ve DSA incelemelerinde her iki İKA'da NASCET'e göre anlamlı darlık (%50 üzeri) saptanan ve saptanmayan olgular değerlendirildiğinde bulgular aşağıdaki tablolarda (**Tablo 9**, **Tablo 10**) gösterilmektedir. 1. ve 2. ölçümlerde İKA için sonuçlar ortak olduğundan tek tabloda gösterilmiştir. Sağ AKA ve EKA'da anlamlı darlık saptanmadığından ve sol AKA ve EKA'da anlamlı darlık saptanan bir olgu olduğundan tabloda gösterilmemiştir.

Tablo 9. Sağ İKA’da MRA ve DSA incelemelerinde anlamlı darlık olan ve olmayan olgular

		DSA		Toplam
		Anlamlı darlık var	Anlamlı darlık yok	
MRA	Anlamlı darlık var	2	0	2
	Anlamlı darlık yok	2	19	21
Toplam		4	19	23

Tablo 10. Sol İKA’da MRA ve DSA incelemelerinde anlamlı darlık olan ve olmayan olgular

		DSA		Toplam
		Anlamlı darlık var	Anlamlı darlık yok	
MRA	Anlamlı darlık var	5	1	6
	Anlamlı darlık yok	0	17	17
Toplam		5	18	23

Tablo 9 ve tablo 10’a göre DSA altın standart kabul edilerek kontrastsız MRA incelemesi için İKA anlamlı darlıklarını (>%50) saptamada sensitivite %78, spesifisite %97, PPD %88, NPD %95 ve tanısal doğruluk oranı %93 olarak hesaplanmıştır.

Kontrastsız MRA ve DSA incelemelerinde her iki İKA’da NASCET’e göre kritik darlık (%70 üzeri) saptanan ve saptanmayan olgular değerlendirildiğinde bulgular aşağıdaki tablolarda (**Tablo 11, Tablo 12**) gösterilmektedir. 1. ve 2. ölçümlerde İKA için sonuçlar ortak olduğundan tek tabloda gösterilmiştir. Sağ AKA ve EKA’da anlamlı darlık saptanmadığından ve sol AKA ve EKA’da anlamlı darlık saptanan bir olgu olduğundan tabloda gösterilmemiştir.

Tablo 11 Sağ İKA'da MRA ve DSA incelemelerinde kritik darlık olan ve olmayan olgular

		DSA		Toplam
		Kritik darlık var	Kritik darlık yok	
MRA	Kritik darlık var	1	0	1
	Kritik darlık yok	1	21	22
Toplam		2	21	23

Tablo 12. Sol İKA'da MRA ve DSA incelemelerinde kritik darlık olan ve olmayan olgular

		DSA		Toplam
		Kritik darlık var	Kritik darlık yok	
MRA	Kritik darlık var	5	0	5
	Kritik darlık yok	0	18	18
Toplam		5	18	23

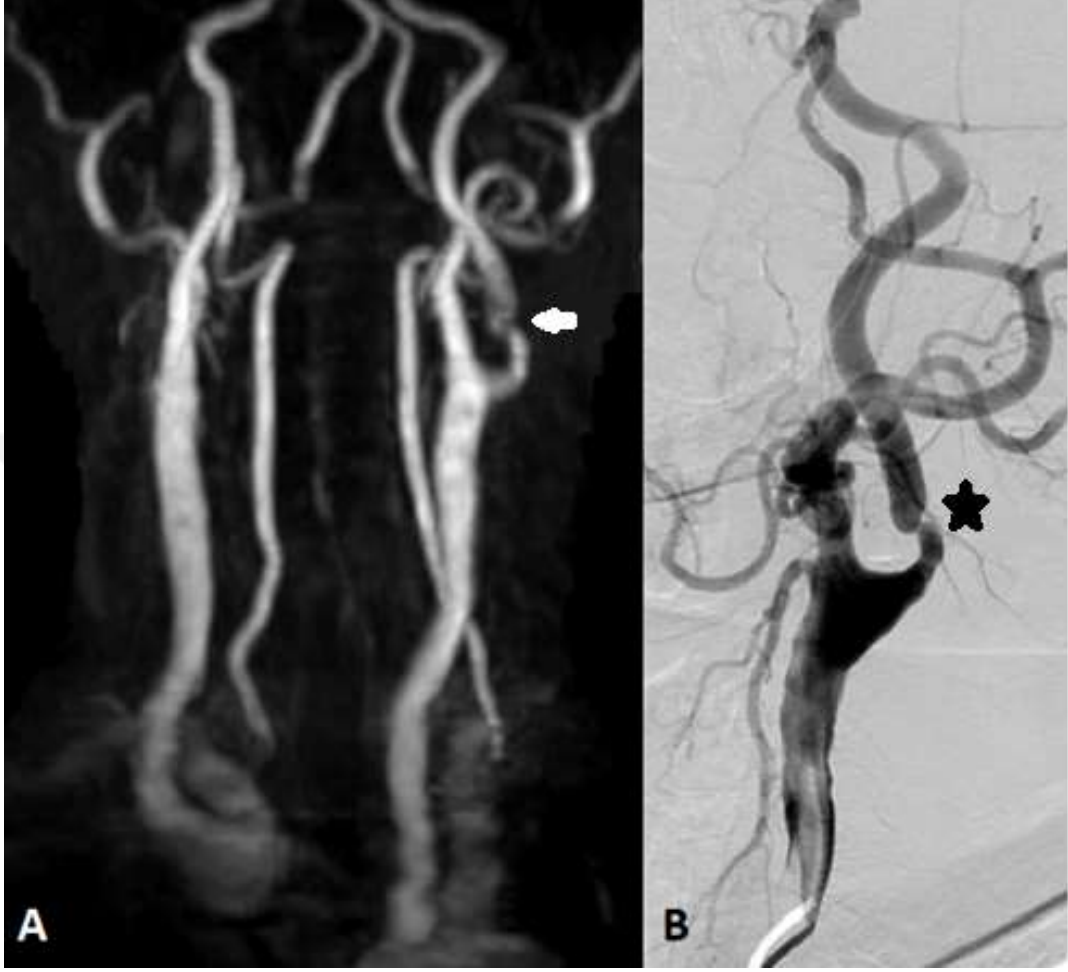
Tablo 11 ve tablo 12'ye göre DSA altın standart kabul edilerek kontrastsız MRA incelemesi için İKA kritik darlıklarını (>%70) saptamada sensitivite %86, spesifisite %100, PPD %100, NPD %98 ve tanısal doğruluk oranı %98 olarak hesaplanmıştır.

Kappa uyum analizine göre karotis arterlerin 1. ve 2. değerlendirme sonuçları arasında uyum ve Kappa değerleri aşağıdaki tabloda görülmektedir (**Tablo 13**). Buna göre iki ölçüm seti arasında uyumun anlamlı olduğu saptanmıştır.

Tablo 13. Kappa analizine göre karotis arterlerin 1. ve 2. değerlendirme sonuçları arasında uyum ve Kappa değerleri

Karotis Arter	Kappa değeri	p
Sağ AKA	1,000	< 0,001
Sağ İKA	0,916	< 0,001
Sağ AKA	1,000	< 0,001
Sol AKA	1,000	< 0,001
Sol İKA	0,916	< 0,001
Sol EKA	1,000	< 0,001

4.1. OLGU ÖRNEKLERİ



Şekil 2. 64 yaşında erkek hasta boyun TOF MRA ve karotis DSA incelemeleri

64 yaşında erkek hasta, 3 ay önce aniden başlayan sağ üst ve alt ekstremitelerde güçsüzlüğü şikayetiyle hastanemize başvurmuştur. Hipertansiyon, diyabet ve nefrolitiazis nedeniyle operasyon hikayesi bulunmakta, laboratuvar testlerinde kreatinin değeri 1.4 saptanmıştır. Hastaya ünitemizde karotis ve vertebral arter RDUS, boyun TOF MRA ve karotis DSA işlemleri yapılmıştır daha sonra hastanın endovasküler yolla tedavisi gerçekleştirilmiştir (Olgu 11), **A)** TOF MRA koronal MIP görüntüsünde sol İKA'da %70 üzerinde kritik darlık görülmektedir (**beyaz ok**), **B)** DSA incelemesinde sol İKA proksimalinde %70 üzerinde kritik darlık izlenmektedir (**siyah yıldız**).



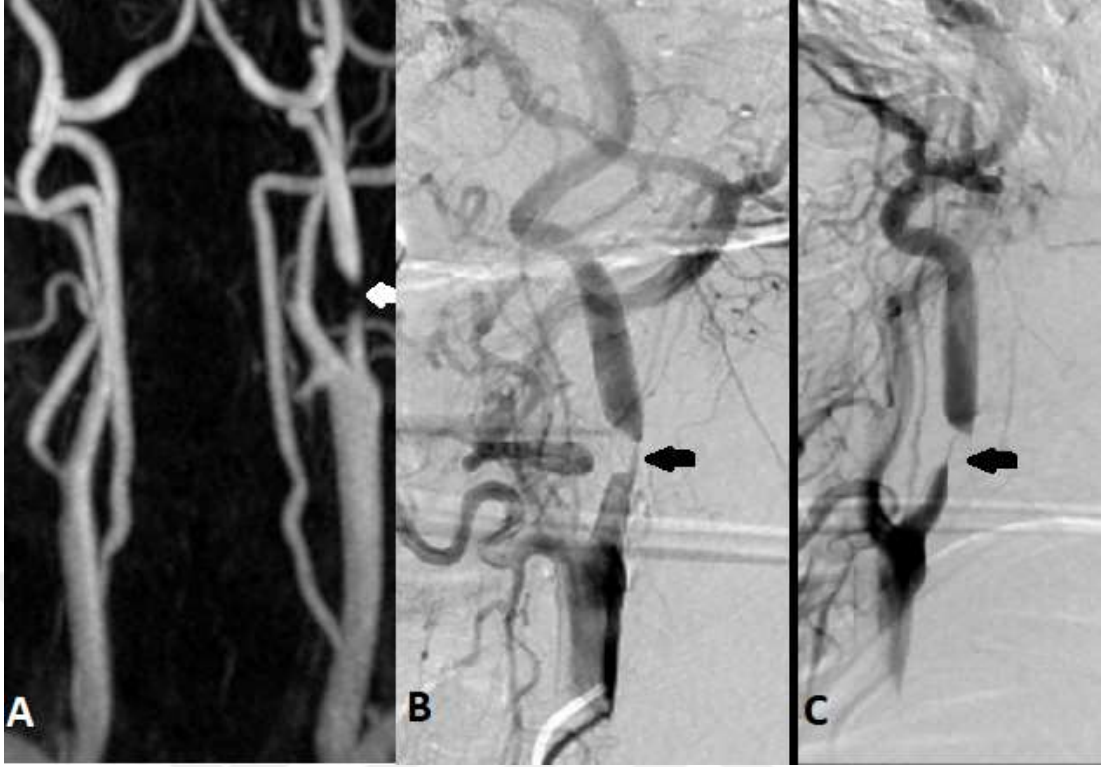
Şekil 3. 84 yaşında erkek hastanın TOF MRA koronal-oblik MIP görüntüsü ve DSA incelemesi

84 yaşında erkek hasta, 1 hafta önce gelişen sol üst ekstremitelerde güçsüzlük şikayetiyle hastanemize başvurmuştur. Hipertansiyon, sigara öyküsü ve benign prostat hiperplazisi nedeniyle operasyon hikayesi bulunmakta, laboratuvar testlerinde kreatinin değeri 1.2 saptanmıştır. Hastaya ünitemizde boyun TOF MRA ve karotis DSA işlemleri yapılmıştır (Olgu 17), **A**) TOF MRA koronal-oblik MIP görüntüsünde sağ İKA'da %70 üzerinde kritik darlık (**beyaz ok**) ve sol İKA'da % 50'den az darlık (**beyaz yıldız**) görülmektedir, **B**) DSA incelemesinde sağ İKA proksimalinde %70 üzerinde kritik darlık izlenmektedir (**siyah ok**), **C**) DSA incelemesinde sol İKA proksimalinde % 50'den az darlık görülmektedir (**siyah yıldız**).



Şekil 4. 70 yaşında erkek hastanın TOF MRA sagittal-oblik MIP görüntüleri ve DSA incelemesi

70 yaşında erkek hasta baş dönmesi şikayetiyle hastanemize başvurmuş. Vertigo etiyojisi araştırılırken RDUS'de karotis stenozu saptanmış. Laboratuvar testlerinde kreatinin değerinin 1.2 olduğu görülmüş. Hastaya ünitemizde boyun TOF MRA ve karotis DSA işlemleri yapılmış (Olgu 23), **A-B**) TOF MRA sagittal-oblik MIP görüntülerinde sağ İKA proksimal bölümde %50-69 darlık (**beyaz oklar**) ve sol İKA proksimalinde % 50'den az darlık (**beyaz yıldızlar**) görülmektedir, **C**) DSA incelemesinde sağ İKA proksimalinde %70 üzerinde kritik darlık dikkati çekmektedir (**siyah ok**), **D**) DSA incelemesinde sol İKA proksimalinde % 50'den az darlık seçilmektedir (**siyah yıldız**).



Şekil 5. 70 yaşında erkek hastanın TOF MRA koronal-oblik MIP görüntüleri ve DSA incelemesi

70 yaşında erkek hasta sağ hemiparezi nedeniyle hastanemizde tetkik edilmiştir. Hipertansiyon ve diyabet hikayesi bulunmakta, laboratuvar testlerinde kreatinin değeri 1.3 saptanmıştır. Hastaya ünitemizde boyun TOF MRA ve karotis DSA işlemleri yapılmıştır (Olgu 14), **A**) TOF MRA koronal-oblik MIP görüntülerinde sol İKA proksimal bölümde totale yakın kritik darlık görülmektedir (**beyaz ok**), **B-C**) DSA incelemesinde ön-arka ve lateral görüntülerde sol İKA proksimalinde totale yakın kritik darlık dikkati çekmektedir (**siyah oklar**).

5. TARTIŞMA

Serebrovasküler olaylar gelişmiş ülkelerde en sık ölüm nedenlerinden biridir. İnmenin yaklaşık %85'i iskemik kökenlidir. Bu vakaların % 20'sinde ekstrakranial karotis aterosklerozu sorumludur (13,54). Kalıcı nörolojik defisitlere yol açan iskemik serebrovasküler olayların %25'inde kaynak ekstrakraniyal karotis arterlerdeki aterosklerotik plaklar olduğundan bu lezyonların tedavisi önemlidir (2). Framingham kalp çalışması verilerine göre 66-93 yaşları arasındaki kadınların % 7'si, erkeklerin %9'unda karotis darlık derecesi %50'nin üzerinde bulunmuştur. Yapılan başka bir çalışmada 45-64 yaş arası kişilerde subklinik ve hemodinamik olarak stabil karotis plaklarının dahi gelecekte yaşanabilecek serebrovasküler olayların belirtici olduğu görülmüştür. NASCET çalışmasına göre semptomatik hastalarda darlık derecesi ve inme gelişme riski arasında korelasyon gözlenmiştir. Karotis stenozu %50-69 oranında olan ve konservatif tedavi edilen olgularda yıllık ipsilateral inme riski %4.4 iken, stenoz %70 üzeri olanlarda bu oran %13'e çıkmaktadır. Asemptomatiklerde ise stenoz oranı %50'nin üzerinde olan olgularda yoğun medikal tedavi ile yıllık inme riski %1'den azdır (13). Bahsedilen bu çalışmalara göre asemptomatik aterosklerotik karotis hastalığı olgularında dahi tedavi ile inme riskini azaltmak mümkün olduğundan, risk faktörü bulunan hastaların taranmasında kullanılacak tanı yöntemleri gerekmektedir. Böylece erken tanı ve tedavi ile hastanın yıllık inme riskinde azalma sağlanabilir. Tedavi seçenekleri arasında cerrahi endarterektomi; girişimsel radyolojik işlem olan perkütan translüminal karotis anjiyoplasti ve stent uygulaması; risk faktörleri için medikal tedaviler yer almaktadır. Ek olarak uygun tedavi seçiminde stenoz derecesinin kesin ve doğru ölçümü oldukça önemlidir (3). Çünkü %50'nin altındaki darlıklarda medikal tedavi yeterliyken; %50-69 arası darlıklarda medikal tedavi ve 6 ay aralıklarla takip önerilmektedir. %70 ve üzeri darlıklar ile semptomatik olgularda cerrahi endarterektomi ya da perkütan translüminal karotis anjiyoplasti ve stent uygulaması yapılır. Ancak oklüzyon durumunda cerrahi tedavinin yeri yoktur (55).

Literatürde aterosklerotik karotis arter darlıklarını doğru saptamada RDUS, BTA ve MRA ile DSA'yı karşılaştıran çok sayıda çalışma yer almaktadır. Tüm bu

çalışmalarda altın standart yöntem DSA olarak seçilmiştir (48). DSA karotis arterlerin görüntülenmesinde günümüzde de altın standart olarak görülmektedir. Ancak invaziv bir yöntem olan DSA'nın iyonizan radyasyon içermesi, nefrotoksik ajan kullanımı, sınırlı görüntüleme projeksiyonu olması ve ehil kişiler tarafından yapılmadığında komplikasyon oranının nispeten yüksek olması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Potansiyel olarak serebrovasküler olaylara neden olan bir plaktan kaynaklanan emboli oluşumu iyi kanıtlanmış komplikasyonlarındandır. ACAS alışmasında DSA sonrası %1.2 nörolojik defisit veya ölüm riski bildirilirken, NASCET çalışmasında ise selektif anjiyografi ile ilişkili %0.7 kalıcı nörolojik defisit veya ölüm riski bildirilmiştir. Komplikasyon oranının yüksek oluşu tarama testi olarak kullanımını sınırlamaktadır. Aksine, ne MRA ne de RDUS bu oranlarda komplikasyon riski taşımaz. Ek olarak noninvaziv olmalarının yanı sıra iyonizan radyasyon da içermezler. Günümüzde ekstrakraniyal karotis arterlerin MRA görüntülemesi çoğunlukla gadolinyum bazlı kontrast ajanlarının intravenöz enjeksiyonu sonrası kontrastlı anjiyografi olarak gerçekleştirilmektedir. MR kontrast ajanların yan etkileri çok azdır ancak böbrek yetmezliği olan hastalarda nefrojenik sistemik fibrozise neden olabilirler. Bu olası yan etkinin artık daha iyi biliniyor olması ve diğer nedenlerle kontrast alamayan hastaların varlığı son yıllarda kontrastsız MRA'ya olan ilginin artmasına neden olmuştur (4,51,56). Kontrastsız MRA'nın, daha ucuz ve kolay ulaşılabilir noninvaziv yöntem olan RDUS'den en önemli farkı kullanıcı bağımlı olmamasıdır. Ancak günümüzde karotis arter görüntülemede en yaygın kullanılan kontrastsız MRA yöntemi olan TOF MRA'nın en önemli dezavantajı sinyal kayıplarıdır. Sinyal kaybı, damar içinde normal laminar akımın bozulmasına bağlı (darlık yapan plak yakınında türbülan akım paterni olur) gelişen faz kayması nedeniyle ortaya çıkar ve mevcut stenozu olduğundan fazla gösterir (34,43). Bu durum hastaya yanlış tedavi uygulanmasına neden olabilir. Bu çalışmadaki hastalarımızdan birinde TOF MRA ile sol İKA'da darlık olduğundan fazla değerlendirilmiş ve %50'den az olan darlık oranı %50-69 arası lmlmştir. Ayrıca 3 hastamızda TOF MRA ile sağ İKA darlığı olduğundan az lmlmştir. Bunların ikisinde %50-69 arası darlık varken %50'den az olarak lmlmş, birinde ise %70 üzerinde gerçek darlık oranı %50-69 arasında lmlmştir. Son olguda

hastaya DSA incelemesi yapılmamış olsaydı aslında endikasyonu olan cerrahi ya da girişimsel radyolojik tedavisinde geç kalınacaktı.

Kontrastsız MRA'nın taramada kullanılabilir tanı testi olabilmesi için patolojiyi saptamadaki sensitivite, spesifisite oranları ile pozitif ve negatif prediktif değerlerinin bilinmesi ve kabul edilebilir düzeyde olması gerekmektedir.

Chappell ve ark. tarafından yayınlanan 12 araştırmadan elde edilen bir metaanalizde, noninvaziv testlerin kombinasyonlarının sensitivite ve spesifisiteyi artırmadığı, ancak maliyeti artırdığı belirtilmiştir. Tüm modalitelerin % 50-69 arasındaki stenozları saptamada sensitivite değerleri, %70-99 arasındaki stenozu saptamadaki sensitivite değerlerinden oldukça düşük bulunmuştur. Dolayısıyla orta dereceli (% 50-69) stenozların saptanmasının zor olduğunu (tüm modalitelerin sensitivite değerleri düşük olduğundan) fakat tanısının önemli olduğunu (çünkü bu gruptaki bazı hastalar karotis endarterektomisinden fayda görürler) vurgulamışlardır. Bizim çalışmamızda da %70 üzeri darlıklarda daha yüksek saptanan sensitivite ve spesifisite değerlerinin literatür verileri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca bu metaanalizde %70 ve üzerindeki kritik darlıklarda kontrastsız MRA sensitivitesi %79 (% 95 GA: %57-%91), spesifisitesi %70 (% 95 GA: %57-%81) iken; %50-69 arası darlıklarda kontrastsız MRA sensitivitesi %34 (% 95 GA: %17-%57), spesifisitesi %82 (% 95 GA: %70-%90) olarak belirtilmiştir (57). Wardlaw ve ark. tarafından yayınlanan 47 araştırmadan elde edilen bir metaanalizde %70 ve üzerindeki kritik darlıklarda kontrastsız MRA sensitivitesi %88 (% 95 GA: %82-%92), spesifisitesi %84 (% 95 GA: %76-%97) iken; %50-69 arası darlıklarda kontrastsız MRA sensitivitesi %37 (% 95 GA: %26-%49), spesifisitesi %91 (% 95 GA: %78-%97) olarak belirtilmiştir (58). Bizim çalışmamızda kontrastsız MRA incelemesi için İKA kritik darlıklarını (>%70) saptamada sensitivite %86, spesifisitesi %100 olarak bulunmuştur. Bu noktada sensitivite değerlerimiz Chappell ve ark. ile Wardlaw ve ark. tarafından yapılan metaanalizlerde bildirilmiş değerler ile benzer iken spesifisite değerlerimiz bir miktar yüksek çıkmıştır. Ayrıca çalışmamızda %50 üzeri (anlamli) İKA darlıkları saptamada kontrastsız MRA incelemesi için anlamlı sensitivite %78, spesifisite %97 olarak bulunmuştur. Burada ise spesifisite değerlerimiz

metaanalizlerde bildirilen değerler ile uyumlu iken sensitivite değerimiz literatürde bildirilene göre yüksek çıkmıştır.

Bu uyumsuzlukların en büyük nedeni retrospektif çalışmamızın en önemli sınırlamalarından olan hasta sayısının ve anlamlı darlığı bulunan hasta oranının düşük olmasıdır. Bu da istatistiksel anlamlılığı düşürmekte ve “selection” BIAS’a neden olmaktadır. Ayrıca AKA ve EKA’da kritik darlığı olan yeterli sayıda hasta olmadığından bu arterlerin görüntülenmesinde kontrastsız MRA’nın etkinliğini saptayamadık. Bir diğer sınırlama kontrastsız MRA bulgularının 3B rotasyonel DSA görüntüleri ile karşılaştırmamış olmamızdır.

Jaff ve ark. tarafından yayınlanan çalışmada bahsedilen algorithmada aterosklerotik karotis arter hastalığı düşünülen, GİA hikayesi olan hastalarda ilk değerlendirme yöntemi olarak RDUS görüntüleme belirtilmiştir. RDUS görüntülemesinde %50 üzeri darlık saptanan hastaların BTA veya MRA ile değerlendirilmesi önerilmiştir. Bunların sonuçlarına göre %70 üzeri darlık saptanan olguların cerrahi ya da girişimsel radyolojik tedavilere yönlendirilmesi, sonuçlarda uyumsuzluk olması halinde ise bu hastaların DSA ile değerlendirilmesi gerektiği bildirilmiştir (59). Ancak girişimsel radyolojik endovasküler tedavinin etkinliği cerrahi ile benzer düzeyde olduğundan, DSA hem noninvaziv tetkiklerin doğrulanmasında hem de tedavide kullanılabilir (48). Noninvaziv tanı yöntemleri arasında kontrastsız MRA’nın tercih edilmesi gereken durumlar arasında ön planda iyonizan radyasyondan çekinilen genç erişkin hastalar ve böbrek fonksiyonlarında bozukluk nedeniyle nefrotoksik kontrast maddelerin kullanılmayacağı hastalar yer almaktadır. Çalışmamızın aterosklerotik karotis arter hastalıklarında seçilecek tedavi ve prognozu belirlemede kullanılan görüntüleme yöntemleri olarak kullanılan kontrastsız MRA ve DSA arasındaki karşılaştırmalar konusunda yapılacak diğer araştırmalara katkıda bulunmasını umuyoruz.

6. SONUÇ

Aterosklerotik karotis arter hastalığı, en sık mortalite nedenlerinden olan serebrovasküler hastalıkların etiolojisinde rol alan önemli nedenlerinden biridir ve arteriyel görüntüleme altın standart olan DSA bu hastalığın tanısında da altın standarttır. Ancak tanıda invaziv yöntem olan DSA yerine noninvaziv bir yöntem olan kontrastsız MRA kullanılabilir. Karotis arterlerin görüntülenmesinde kontrastsız MRA'nın altın standart DSA ile karşılaştırılarak etkinliğini belirlemeyi amaçladığımız çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre;

- Kontrastsız MRA incelemesi için İKA anlamlı darlıklarını (>%50) saptamada sensitivite %78, spesifisite %97, PPD %88, NPD %95 ve tanısal doğruluk oranı %93 olarak hesaplanmıştır.
- Kontrastsız MRA'nın İKA kritik darlıklarını (>%70) saptamada sensitivite %86, spesifisite %100, PPD %100, NPD %98 ve tanısal doğruluk oranı %98 bulunmuştur.
- Diğer noninvaziv tanı testleri gibi kontrastsız MRA'da da %70 üzeri darlıkları saptamada sensitivite ve spesifisite değerleri, %50 üzeri darlıkları saptamadaki sensitivite ve spesifisite değerlerinden yüksektir.
- Retrospektif planı nedeniyle AKA ve EKA'da kritik darlığı olan yeterli hasta sayısına ulaşamadığından bu arterlerin görüntülenmesinde kontrastsız MRA'nın etkinliği saptanamamıştır.

Kontrastsız MRA bulunan yüksek sensitivite ve spesifisite değerleri ile aterosklerotik karotis arter hastalığı görüntülenmesinde güvenle kullanılacak tarama yöntemidir. Ancak invaziv olmasına rağmen birçok yönden üstünlüğü bulunan ve endikasyonu olan olgularda işlem sırasında tedavi uygulanabilmesi DSA'nın altın standart olmasında önem arz etmektedir.

Sonuç olarak iyonizan radyasyon içermeyen ve böbrek fonksiyonlarında bozukluk olan hastalarda nefrotoksik ajanlar gerektirmeyen kontrastsız MRA, karotis

arterlerin görüntülenmesinde RDUS'nin yetersiz kaldığı durumlarda ek görüntüleme yöntemi olarak, bazen de RDUS ile kombine edilerek tanıda doğruluk oranını artırmak amacıyla güvenle kullanılabilir.



ÖZET

Karotis Arterlerin Görüntülenmesinde DSA ve Kontrastsız MRA Bulgularının Karşılaştırılması

Amaç: Bu çalışmanın amacı, ekstrakranial karotis arterlerin görüntülenmesinde kontrastsız MRA ile altın standart olan DSA bulgularını karşılaştırarak kontrastsız MRA'nın tanısal etkinliğini ve doğruluğunu araştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Çalışma kapsamında Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji anabilim dalında Ocak 2012 – Nisan 2018 tarihleri arasında boyunda karotis arterlerine yönelik DSA ve kontrastsız MR anjiyografi incelemelerinin her ikisi de yapılmış olan 23 hastanın görüntüleri PACS arşivinden retrospektif olarak değerlendirildi. Darlık oranları NASCET kriterlerine göre hesaplanarak “normal”, “< % 50 darlık”, “% 50-69 arası darlık”, “≥ % 70 darlık” ve total oklüzyon olarak derecelendirildi.

Bulgular: Çalışma kapsamına alınan 23 hastanın 13'ü (%56.5) kadın, 10'u (%43.5) erkek idi. Hastaların ortalama yaşı 58.5 (29-84 aralığında, median değeri 60) olarak hesaplandı. Altın standart DSA'ya göre kontrastsız MRA incelemesi için İKA anlamlı darlıklarını (>%50) saptamada sensitivite %78, spesifisite %97, PPD %88, NPD %95 ve tanısal doğruluk oranı %93 olarak hesaplanmıştır. İKA kritik darlıklarını (>%70) saptamada kontrastsız MRA'nın sensitivitesi %86, spesifisitesi %100, PPD %100, NPD %98 ve tanısal doğruluk oranı %98 olarak hesaplanmıştır.

Sonuç: Kontrastsız MRA, bulunan yüksek sensitivite ve spesifisite değerleri ile aterosklerotik karotis arter hastalığı görüntülenmesinde güvenle kullanılabilir tarama yöntemidir.

Anahtar kelimeler: Ekstrakranial karotis arterler, kontrastsız MR anjiyografi, dijital subtraksiyon anjiyografi

SUMMARY

Comparison of DSA and Non-enhanced MRA Findings in Carotid Artery Imaging

Purpose: The purpose of this study was to investigate the diagnostic efficacy and accuracy of non-enhanced MRA by comparing the non-enhanced MRA imaging with the gold standard DSA findings in imaging of extracranial carotid arteries.

Materials and Methods: Between January 2012 and April 2018, the images of 23 patients who underwent DSA and non-enhanced MR angiography for the carotid arteries in the neck were evaluated retrospectively from the PACS archive system. Stenosis rates were calculated according to the NASCET criteria, and were rated as normal, <50% stenosis, 50-69% stenosis, \geq 70% stenosis and total occlusion.

Results: Of the 23 patients included in the study, 13 (56.5%) were female and 10 (43.5%) were male. The mean age of the patients was 58.5 (range: 29-84, median value: 60). The sensitivity was 78%, specificity 97%, positive predictive value 88%, negative predictive value 95% and diagnostic accuracy 93% for detecting ICA significant stenosis (> 50%) for non-enhanced MRA examination according to the gold standard DSA. The sensitivity of the non-enhanced MRA was 86%, specificity was 100%, positive predictive value 100%, negative predictive value 98% and diagnostic accuracy rate was 98%.

Conclusion: Non-enhanced MRA imaging is a safe method for the detection of atherosclerotic carotid artery disease with high sensitivity and specificity.

Keywords: Extracranial carotid arteries, non-enhanced MR angiography, digital subtraction angiography

7. KAYNAKLAR

- 1- Fabritiis A, Conti E, Coccheri S. Management of patients with carotid stenosis. *Pathophysiology of Haemostasis and Thrombosis*, vol. 32, no. 5-6, pp. 381–385, 2002
- 2- Atman ED, Üstüner E, Uzun Ç, Özcan H, Erden İ, Sancak T, Sanlıdilek U. Klinik Olarak Anlamlı Karotis Arter Stenozlarının Değerlendirilmesinde Renkli Doppler Görüntüleme, Manyetik Rezonans Anjiyografi ve Dijital Subtraksiyon Anjiyografi Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası* 2014, 67,1.
- 3- Lanzino G, Rabinstein AA, Brown RD. Treatment of Carotid Artery Stenosis: Medical Therapy, Surgery, or Stenting? *Mayo Clinic Proceedings*. 2009;84 (4):362-368.
- 4- Platzek I, Sieron D, Wiggermann P, Laniado M. Carotid Artery Stenosis: Comparison of 3D Time-of-Flight MR Angiography and Contrast-Enhanced MR Angiography at 3T. *Radiology Research and Practice*. 2014;2014:508715. doi:10.1155/2014/508715.
- 5- Barlinn K, Alexandrov AV. Vascular Imaging in Stroke: Comparative Analysis. *Neurotherapeutics*. 2011;8 (3):340-348.
- 6- Sadler TW. Langmans Medical Embryology. Twelfth Edition. Lippincott Williams&Wilkins, 2012; 185-188
- 7- Arıncı K, Elhan A. Anatomi. Dördüncü baskı. Ankara: Güneş Kitabevi, 2006, 22-38.
- 8- Dungan DH, Heiserman JE. The carotid artery: Embryology, normal anatomy, and physiology. *Neuroimaging Clinics of North America*, 1996, 789-799.

- 9- Bouthillier A, Loveren HR, Keller JT; Segments of the Internal Carotid Artery: A New Classification, *Neurosurgery*, Volume 38, Issue 3, 1996, 425–433.
- 10- Osborn AG. (çeviri: Tekşam M, Çakır B.) Osborn's Beyin Görüntüleme, Patoloji ve Anatomi. 1.Baskı Dünya Tıp Kitabevi 2015, 243-290
- 11- Brott T.G., et al. 2011 ASA/ ACCF/ AHA/ AANN/ AANS/ ACR/ ASNR/ CNS/SAIP/SCAI/SIR/SNIS/SVM/SS guideline on the management of patients with extracranial carotid and vertebral artery disease: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on practice guidelines, and the American Stroke Association, American Association of Neuroscience Nurses, American Association of Neurological Surgeons, American College of Radiology, American Society of Neuroradiology, Congress of Neurological... *Journal of the American College of Cardiology*, 2011, 57.8: 16-94.
- 12- Ooi YC, Gonzalez NR. Management of extracranial carotid artery disease. *Cardiology Clinics*. 2015;33 (1):1-35.
- 13- Coşkun F.Y., Yüce M., Özer H.O. İnme Nedeni Olarak Aterosklerotik Karotis Arter Hastalığı: Risk Faktörlerinin Kontrolünde Medikal Yaklaşım. *Türkiye Klinikleri J Radiol-Special Topics* 2014;7 (3):6-11
- 14- Şirikçi A., Andiç Ç. Karotis Ateroskerozu: Genel Yaklaşım, Patofizyoloji, Doğal Seyir ve Radyolojik Değerlendirme. *Türkiye Klinikleri J Radiol-Special Topics* 2014;7 (3):1-5
- 15- Insull W., The Pathology of Atherosclerosis: Plaque Development and Plaque Responses to Medical Treatment. *The American Journal of Medicine*, Volume 122, Issue 1, S3-S14
- 16- Fauci A.S., Braunwald E. (çeviri: Biberoglu K. ed). Harrison's Principles of Internal Medicine Nobel Tıp Kitabevleri 2013; 1501-1509
- 17- Bergheanu, S C et al. Pathophysiology and treatment of atherosclerosis: Current view and future perspective on lipoprotein modification treatment

Netherlands heart journal: monthly journal of the Netherlands Society of Cardiology and the Netherlands Heart Foundation vol. 25,4 (2017): 231-242.

- 18- Andrews, Jack P.M. et al. New methods to image unstable atherosclerotic plaques *Atherosclerosis*, Volume 272, 118 – 128
- 19- Mughal M. M., Khan M. K., DeMarco J. K., Majid A., Shamoun F., & Abela G. S. Symptomatic and asymptomatic carotid artery plaque. *Expert review of cardiovascular therapy* 2011. 9 (10), 1315-30.
- 20- Zwiebel W.J., Pellerito J.S. (çeviri: İsmail Mihmanlı ed.) Vasküler Ultrasona Giriş. Elsevier Saunders. İstanbul Medikal Yayıncılık, 2006;107-187.
- 21- Homma S., Hirose N., Ishida H., Ishii T., Araki G. Carotid plaque and intima-media thickness assessed by b-mode ultrasonography in subjects ranging from young adults to centenarians. *Stroke*. 2001;32 (4):830-5
- 22- Thapar A. et al. Diagnosis and management of carotid atherosclerosis. *British Medical Journal*. 2013; 346
- 23- Naylor A.R., Carotid artery disease: clinical features and management, *Surgery (Oxford)* Volume 33, Issue 7, 2015, 340-344
- 24- Hill M.D., Coutts S.B. Preventing stroke after transient ischemic attack. *Canadian Medical Association Journal*. 2011, 183 (10), 1127-1128.
- 25- Touzé, E. et al. Fibromuscular Dysplasia of Cervical and Intracranial Arteries, *International Journal of Stroke*, 2010, 5 (4), pp. 296–305.
- 26- Varennes L, Tahon F, Kastler A, et al. Fibromuscular dysplasia: what the radiologist should know: a pictorial review. *Insights Imaging*. 2015;6 (3):295-307.
- 27- Rodallec MH, Marteau V, Gerber S, Desmottes L, Zins M. Craniocervical Arterial Dissection: Spectrum of Imaging Findings and Differential Diagnosis. *RadioGraphics* 2008 28:6, 1711-1728.

- 28- Patel RR, Adam R, Maldjian C, Lincoln CM, Yuen A, Arneja A. Cervical Carotid Artery Dissection: Current Review of Diagnosis and Treatment. *Cardiology in Review*. 20 (3):145–152.
- 29- Mandell DM. et al. Vessel Wall MRI to Differentiate Between Reversible Cerebral Vasoconstriction Syndrome and Central Nervous System Vasculitis. *Stroke*. 2011. 43:860–862
- 30- Salvarani C., Brown R.D., Hunder G.G. Adult primary central nervous system vasculitis. *The Lancet*. 2012. 380 (9843), 767–777
- 31- Oyar O, Gülsoy U.K. ed. Tıbbi Görüntüleme Fiziği. 2003. 197-219, 281-291,328-338, 419-423
- 32- Adla, T., Adlova, R. Multimodality Imaging of Carotid Stenosis. *The International journal of angiology: official publication of the International College of Angiology, Inc.* 2015. 24 (3), 179-84.
- 33- Byrnes KR, Ross CB. The current role of carotid duplex ultrasonography in the management of carotid atherosclerosis: foundations and advances. *International journal of vascular medicine*. 2012.187872.
- 34- Saba L. et al. Imaging of the carotid artery. *Atherosclerosis*, Volume 220, Issue 2, 294 – 309.
- 35- Grant E.G, Benson C.B, Moneta G.L. et al. Carotid artery stenosis: grayscale and Doppler ultrasound diagnosis-Society of Radiologists in Ultrasound consensus conference. *Ultrasound Q*. 2003;19 (4):190–198.
- 36- Fleischmann D et al. Computed Tomography Angiography. *Radiologic Clinics*. 2016; 54,1,1-12
- 37- de Weert TT, Cretier S, Groen HC, et al. Atherosclerotic carotid plaque surface morphology in the carotid bifurcation assessed with multi-detector computed tomography. *Stroke* 2009; 40: 1334–40.

- 38- Saba L, Sanfilippo R, Pascalis L, et al. Carotid artery wall thickness and ischemic symptoms evaluation using Multi-Detector Row CT. *Angiography Eur Radiol* 2008;18:1962–71.
- 39- Sanelli PC, Schaefer PW, Loevner LA et al. (çeviri: Oğuz KK. Ed.) *Nörogörüntüleme Esaslar* 2017. Dünya Tıp Kitabevi. 4-10
- 40- Tuncel E. *Klinik Radyoloji. Genişletilmiş 2. baskı.* 2012. Nöberl Tıp Kitabevleri. 106-140
- 41- Bushong SC. *Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology, and Protection.* 10th Edition. Elsevier. 2014.
- 42- Bitar R. et al. MR Pulse Sequences: What every radiologist wants to know but is afraid to ask. *RadioGraphics* 2006 26:2, 513-537
- 43- Nederkoorn PJ. et al. Time-of-Flight MR Angiography of Carotid Artery Stenosis: Does a Flow Void Represent Severe Stenosis? *American Journal of Neuroradiology.* 2002, 23 (10) 1779-1784.
- 44- Korosec FR. *Basic Principles of Phase-contrast, Time-of-flight, and Contrastenhanced MR Angiography*
- 45- Huston J. Et al. Comparison of time-of-flight and phase-contrast MR neuroangiographic techniques. *RadioGraphics* 1993 13:1, 5-19
- 46- Patel M.R, Klufas R.A, Kim D, Edelman R.R, Kent K.C. MR angiography of the carotid bifurcation: artifacts and limitations. *American Journal of Roentgenology* 1994 162:6, 1431-1437
- 47- Lee VS, Martin DJ, Krinsky GA, Rofsky NM. Gadolinium-Enhanced MR Angiography Artifacts and Pitfalls. *American Journal of Roentgenology* 2000 175:1, 197-205
- 48- Temizöz O, Nayman A, Koç O. Aterosklerotik Karotis Arter Hastalığı: Tanıda Dijital Çıkartma Anjiyografisi. *Türkiye Klinikleri J Radiol-Special Topics* 2014;7 (3):45-9

- 49- Okamoto K, Ito J, Sakai K, Yoshimura S. The principle of digital subtraction angiography and radiological protection. *Interv Neuroradiol.* 2001;6 Suppl 1:25-31
- 50- Crummy AB. et al. The History of Digital Subtraction Angiography. *Journal of Vascular and Interventional Radiology.* Volume 29, Issue 8, 1138 – 1141
- 51- North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *New England Journal of Medicine* 1991;325 (7):445–453
- 52- ECST Collaborative Group. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet* 1998;351 (9113): 1379–1387
- 53- Boztosun B, Can MM, Kocabay G. Karotis arter endarterektomisine karşı karotis artere stent: Bugün nerede duruyoruz? *Türk Kardiyol Dern Ars.* 2012; 40 (7): 642-649 | DOI: 10.5543/tkda.2012.44969
- 54- Petrea RE, Beiser AS, Seshadri S, Kelly-Hayes M, Kase CS, Wolf PA. Gender differences in stroke incidence and poststroke disability in the Framingham heart study. *Stroke.* 2009;40 (4):1032-7.
- 55- Dikici AS, Bakan S, Kantarcı F. Aterosklerotik Karotis Arter Hastalığı: Tanıda Doppler Ultrasonografi. *Türkiye Klinikleri J Radiol-Special Topics.* 2014;7 (3):28-32
- 56- Gluf WM, O'Neill B, Couldwell WT. False-negative magnetic resonance angiography with extracranial internal carotid artery stenosis. A report of two cases and review of the literature. *Neurosurg Rev.* 2005.28: 154–158
- 57- Chappell FM, Wardlaw JM, Young GR, Gillard JH, Roditi GH, Yip B, Pell JP, Rothwell PM, Brown MM, Gough MJ, Randall MS. Carotid Artery Stenosis: Accuracy of Noninvasive Tests—Individual Patient Data Meta-Analysis. *Radiology* 2009 251:2, 493-502

58- Wardlaw JM, Chappell FM, Best JJK, Wartolowska K, Berry E. Non-invasive imaging compared with intra-arterial angiography in the diagnosis of symptomatic carotid stenosis: a meta-analysis. *The Lancet*. 2006. 367, 9521, 1503-1512.

59- Jaff MR, Goldmakher GV, Lev MH, Romero JM. Imaging of the carotid arteries: the role of duplex ultrasonography, magnetic resonance arteriography, and computerized tomographic arteriography. *Vascular Medicine*. 2008. 13 (4), 281–292.

