

163301

T.C.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ

RADİODİAGNOSTİK ANABİLİM DALI

KAROTİS ARTERLERİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE GADOBUTROL
İLE YAPILAN BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİK ANJİOGRAFİNİN
DİJİTAL SUBSTRAKSİYON ANJİYOGRAFİSİ BULGULARI İLE
KARŞILAŞTIRILMASI

UZMANLIK TEZİ

Dr. Adem UÇAR

İstanbul - 2005

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve deneyimleri ile yetişmemde emekleri bulunan, değerli hocalarım Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Bülent Acunaş'a, öğretim üyelerimiz Prof. Dr. Gülden Acunaş, Prof. Dr. İzzet Rozanes, Prof. Dr. Özenç Minareci, Prof. Dr. Atadan Tunacı, Doç. Dr. Mehtap Tunacı, Doç. Dr. Gülgün Engin, Doç. Dr. Serra Sencer ve Doç. Dr. Arzu Poyanlı'ya,

Tez çalışmamda ve uzmanlık eğitimim sırasında bilimsel katkı, destek ve ilgisini esirgemeyen hocam Doç. Dr. Serra Sencer'e,

Tecrübelerini içtenlikle bize aktaran, birlikte çalışmaktan her zaman mutluluk duyduğum, Uzm. Dr. Kubilay Aydın, Uzm. Dr. Ensar Yekeler, Uzm. Dr. Memduh Dursun ve Uzm. Dr. Koray Güven, Uzm. Dr. Ege Terzibaşoğlu ve Uzm. Dr. Barış Bakır'a,

Uzmanlık eğitimim süresince birlikte çalıştığım tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma,

Bugüne kadar özveri ile maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman benden esirgemeyen, varlıkları ile her zaman bana güven veren aileme ve sevgili nişanım Funda'ya sonsuz teşekkürler.

Dr. Adem UÇAR

KISALTMALAR

ACAS	:	Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study
BT	:	Bilgisayarlı tomografi
BTA	:	Bilgisayarlı tomografik anjiyografi
DAS	:	Data acquisition system (Veri elde etme düzeni)
DSA	:	Dijital substraksiyon anjiyografisi
ECST	:	The European Carotid Surgery Trial
EKA	:	Eksternal karotis arteri
GİA	:	Geçici iskemik atak
İKA	:	İnternal karotis arteri
KKA	:	Karotis Komünis arteri
kV	:	Kilovolt
mA	:	Miliamper
mAs	:	Miliamper saniye
MRA	:	Manyetik rezonans anjiyografi
MSBT	:	Multislice bilgisayarlı tomografi
NASCET	:	The North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial
RDUS	:	Renkli doppler ultrasonografi
TOF	:	Time of flight

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	5
2. GENEL BİLGİLER.....	8
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	27
4. BULGULAR.....	31
Olgu Örnekleri.....	39
5. TARTIŞMA.....	45
6. SONUÇ.....	55
7. ÖZET.....	56
8. KAYNAKLAR.....	58

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Ateroskleroza bağlı ölümlerde iskemik serebrovasküler hastalık, koroner arter hastalıklarının ardından ikinci sırada yer alır (1). Serebral infarktların çoğu karotis arterlerin sulama alanı içinde ortaya çıkar. Ön sistemi ilgilendiren geçici iskemik atakların yaklaşık üçte birinde ipsilateral karotis komünis arterinde (KKA) veya internal karotis arterde (İKA), genellikle de bifurkasyonda anjiyografide saptanmış stenoz-ülserasyon veya ileri stenoz (% 70'den fazla) vardır (2). Halen dijital substraksiyon anjiyografisi (DSA), karotis arter stenozunun tanımlanmasında ve stenozun derecesinin belirlenmesinde altın standarttır. DSA invazif bir yöntem olup maliyeti yüksektir. Bu prosedürde % 0.5 oranında kalıcı ve ağır, % 4 oranında ise geçici nörolojik hasar riski bildirilmiştir (3). Ciddi komplikasyonları bulunmayan görüntüleme yöntemleri cerrahi tedavinin kazanımlarını belirgin olarak arttırabilir. Bu nedenle bilgisayarlı tomografik anjiyografi (BTA), manyetik rezonans anjiyografi (MRA) ve renkli doppler ultrasonografi (RDUS) gibi noninvazif görüntüleme yöntemleri geliştirilmiştir.

RDUS ucuz, tekrarlanabilir, yaygın, noninvazif ve kolay uygulanan bir tetkiktir ve bu özellikleri nedeniyle tarama testi olarak kullanılabilir. Morfolojik ve hemodinamik bilgi vermesi ise tetkikin diğer avantajlarıdır (4). RDUS bu avantajlı yönlerine karşın operatöre bağımlı bir yöntemdir ve stenozun derecesi, hastaya ait anatomik özellikler, kullanılan cihazın teknik donanımı ve uygulayıcının deneyimine göre tanı değeri değişebilir. Karotis stenozunda kullanılan noninvazif tanı yöntemlerinde daha yüksek duyarlılık ve özgünlük elde edilmesi için RDUS'un, MRA veya BTA tetkiklerden birisi

ile birlikte uygulanması ve iki noninvazif tetkik sonuçları arasında uyumsuzluk olduğu takdirde DSA'ya başvurmadan kaçınılması gerektiği kabul edilmektedir (5).

MRA, boyun damarlarının değerlendirilmesinde sık kullanılan bir yöntem olup durağan dokunun baskılanarak hareket eden kanın sinyalinin algılanması temeline dayanmaktadır. Üç temel MRA yöntemi; 'time of flight' (TOF), 'phase contrast' (PC) ve kontrastlı 3D teknik olup bunlar arasında TOF çoğu merkezde boyun damarlarını değerlendirmek için en sık kullanılanıdır. Karotis stenozunda MRA'nın sensitivitesi %75 ile %100 arasında değişirken, spesifitesi %59 ile %99 arasında bildirilmiştir (6,7,8,9,10).

Bu teknik ile ülsere plak içerisinde ve karotis bulbusunda yavaş akım varlığından dolayı, sinyal kaybı izlenebilir. Yüksek dereceli stenoz mevcudiyetinde yüksek veya kompleks akıma sekonder 'intravoksel defasing' olayı nedeniyle sinyal kaybı izlenebilir. Sonuç olarak TOF tekniğiyle yapılan MRA darlıkları olduğundan fazla gösterebilir (11).

BTA hızlı, noninvazif ve nisbi olarak ucuz bir tetkiktir. Bu teknik, yüksek hız ve basınçla iyodlu kontrast madde enjeksiyonu yapılarak vasküler yapılar içerisinde yüksek kontrast seviyesi oluşturulduğu sırada damarların ince kesitler kullanılarak incelenmesi temeline dayanır. Özellikle spiral BT ve daha sonraki yıllarda multislice bilgisayarlı tomografinin (MSBT) ticari kullanıma girmesi sonrasında ekstra ve intrakranyal damarların görüntülenmesinde başarıyla kullanılmaya başlanmıştır. BTA günümüzde intrakranyal anevrizmaların ve karotis stenozunun araştırılmasında DSA'ya ek olarak veya diğer noninvazif yöntemlerle birleştirilerek DSA'ya alternatif

olarak kullanılmaktadır. MSBT'nin kullanıma girmiş olması BTA'nın tanı doğruluğunu belirgin biçimde arttırmıştır (12,13,14).

İyod bazlı kontrast madde kontrendikasyonu olan hastalarda (renal fonksiyon bozukluğu ve iyot allerjisi) DSA ve BTA tetkikleri mümkün olamamaktadır. Radiografik kontrast ajan olarak gadolinyumun kullanımı, iyodlu kontrast maddelere göre daha güvenli profili nedeniyle iyotlu kontrast maddelerin kontrendike olduğu durumlarda denenmiş ve bu konuda hayvan çalışmalarında edinilen deneyim gadolinyumlu BTA'nın başarılı sonuçlar verdiği yönündedir (15,16,17). Gadolinyumlu kontrast maddeler aynı zamanda DSA'da da kullanılmıştır (18,19,20). Gadolinyumlu kontrast madde; magnetik rezonans görüntüleme de kullanılan, iyodlu kontrast ajanlara göre daha düşük yan etki potansiyeli taşıdığı iyi bilinen bir kontrast maddedir (21,22,23,24,25). Gadolinyum, x-ışını attenüasyon kapasitesinden dolayı BT için alternatif kontrast madde olarak kullanılabilir (26,27,28). Ticari olarak mevcut gadolinyum içeren kontrast maddeler, BT için yetersiz parankimal boyanma gösterdiği bildirilmiştir (17,29). Ancak hızlı BT tarama teknikleri ve optimum bolus zamanlaması kullanıldığında yeterli vasküler kontrastlanma sağlanabilir. MSBT daha hızlı taramaya olanak sağlamaktadır. Bundan dolayı kontrast madde miktarı azaltılarak, yeterli vasküler görüntüleme sağlanabilir. Böylece potansiyel olarak gadolinyumun BTA tetkiklerinde etkinliği artmaktadır.

Yukarıda tanımlanan özellikleri ile gadolinyum yalnız MR için değil BTA için de uygun bir kontrast madde olarak düşünülebilir. Kullanılması gereken kontrast madde miktarının fazla ve kontrastın vasküler yapı içindeki zamanlamasının güç olması sorunları MSBT'nin sağladığı hız üstünlüğü sayesinde aşılabilmektedir. Gadolinyumlu BTA, böbrek fonksiyonları yetersiz veya iyod allerjisi bulunan hastaların noninvazif vasküler incelemesinde etkin

ve güvenli bir alternatif oluşturabilir. Bu çalışmada gadolinyum (gadobutrol) kontrastlı BTA'nın karotis komünis arter bifurkasyonunda stenoz derecesi ve plak içeriklerinin değerlendirilmesindeki tanı değeri, altın standart olan DSA ile karşılaştırılarak araştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

KAROTİS SİSTEM EMBRİYOLOJİSİ

Gelişimin başlangıç aşamasında, dorsal aort ile ventral aort arasında kranyokaudal yönde, birden dörde kadar numaralandırılan dört adet arter vasıtasıyla anastomozlar kurulur ve bunlar aortik arkusları oluştururlar. Bu dönemde diğer embriyolojik yapılar; primitif maksiller arter, dorsal oftalmik arter, ventral oftalmik arter, anterior serebral arter ve longitudinal nöral sistemdir.

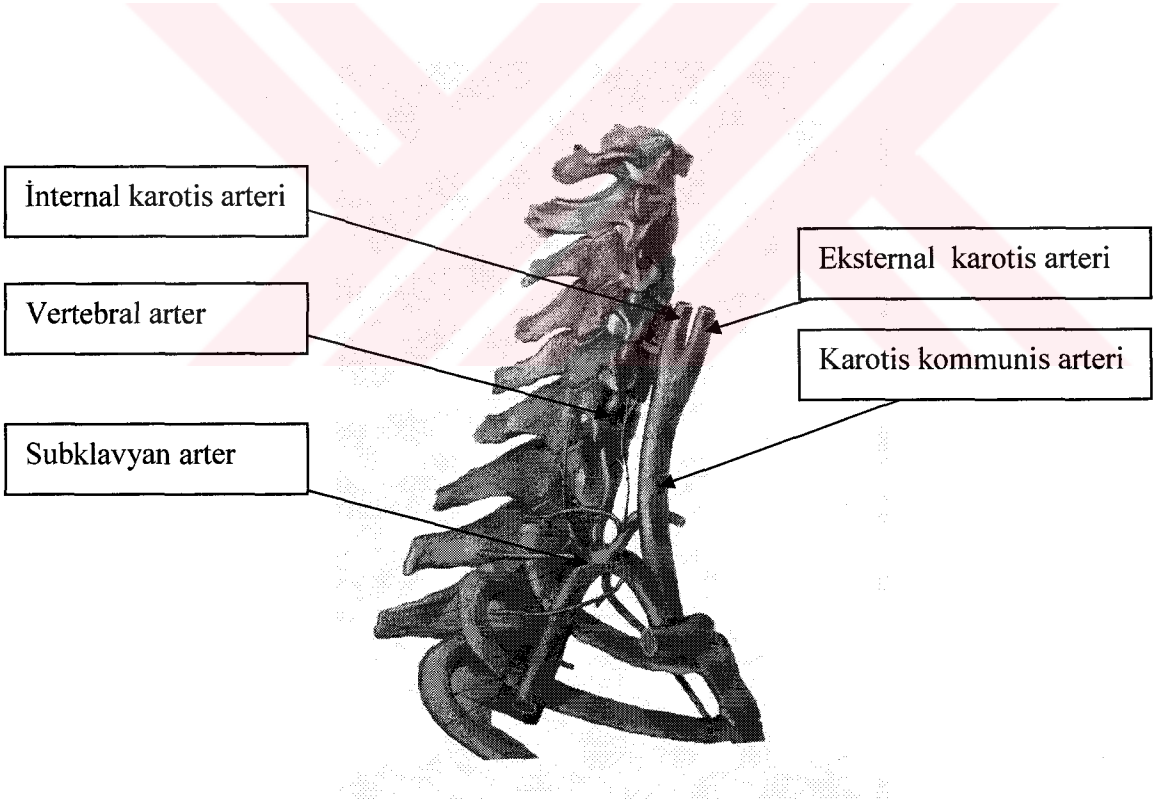
Gelişimin ilk aşamasıyla bunu izleyen aşamalar arasında, ventral oftalmik arter, dorsal aort ve ilk iki aortik arkusun ventral bölümlerinde regresyon olur.

Karotis sisteminin gelişmesinde bundan sonraki aşamada, ilerde eksternal karotis arteri (EKA) oluşturacak olan, dorsal aortun üçüncü arkusu ile ventral faringeal arterin remnantı birleşir.

Ventral sefalik aort, KKA'yı oluşturur. KKA ikiye ayrılır, İKA ve EKA oluşur. Ventral faringeal sistemden, fasiolingual sistem gelişirken, stapediale sistem internal maksiller arter ve middle meningeal arteri verir (30).

ANATOMİ

Karotis komünis arteri sağda brakiosefalik trunkus, solda ise doğrudan arkus aortadan köken alır. Brakiosefalik trunkus yaklaşık 4-5cm uzunlukta olup, arkus aortadan köken alan ilk ve en geniş daldır. Brakiosefalik arter sağ KKA ve sağ subklaviyan arter dallarına ayrılır. Sol KKA, arkus aortadan çıkan ikinci büyük arterdir. Sık görülen bir varyasyon brakiosefalik trunkus ile sol KKA'nın ortak trunkustan çıkmasıdır. Sol KKA direkt olarak brakiosefalik trunkustan da çıkabilir. Sol KKA hipoplazik veya aplazik olabilir. Nadir bir varyasyon olarak KKA aplazik olduğunda İKA ve EKA aortik arkustan çıkar.



Resim 1: Karotis arter anatomisi (31).

Karotis arterler baş ve boyun bölgesinin kan dolaşımını sağlayan temel arterlerdir. Her iki KKA, juguler ven mediali ve sternokleidomastoid kas posteriorunda ilerleyerek, 3-5. servikal vertebra düzeyinde İKA ve EKA dallarına ayrılır. Bifurkasyon düzeyinde KKA ve İKA arter lümeni daha geniş olup, bu bölge aterosklerotik patoloji gelişimini kolaylaştıran bir zemin hazırlamaktadır.

EKA, İKA'dan daha ince kalibrasyonda olup, genellikle onun anteromedialinde ilerler. Populasyonun %10'unda İKA orijini daha medialde izlenir. EKA seyri boyunca boyunca sırasıyla süperior tiroidal arter, asendan faringeal arter, lingual arter, fasiyal arter, oksipital arter, posterior aurikuler arter, süperfisiyel temporal arter ve internal maksiller arter dallarını verir.

İKA beş segmentten (bulbus, servikal, petroz, kavernöz ve supraklinoid) oluşur. İlk iki segment ekstrakraniyaldır. Kafa kaidesine kadar olan servikal bölüm, varyasyonlar dışında dal vermez ve çapı incelmez (32).

KAROTİS ARTER HASTALIKLARI

Karotis arter sisteminin en sık görülen patolojisi aterosklerotik hastalıktır. Bunun dışında fibromusküler displazi ve Takayasu hastalığında karotis arter tutulumu görülebilmektedir. Karotis arterlerde konjenital anevrizma veya travmaya bağlı psödoanevrizmalar görülebilir. En sık görülen neoplastik hastalığı, hipervasküler özellikte olan ve radyolojik incelemede karakteristik bulguları mevcut olan karotis cisim (glomus karotikum) tümörleridir.

Serebrovasküler iskemik hastalığa bağlı gelişebilecek nörolojik fonksiyon bozukluklarını 5 ana grupta toplamak mümkündür:

1.TIA (GİA; Geçici iskemik atak; transient ischemic attack): Ani ortaya çıkan ve 24 saatten daha kısa bir süre içerisinde tümüyle kaybolan nörolojik semptomları (duyu, motor, mental bozukluklar) tanımlar. Nörolojik semptomlar, genellikle 1-30 dakika gibi çok kısa süre devam eder. GİA'nın tanınması büyük önem taşır. Zira GİA geçiren hastaların %33'ünde ciddi inme gelişir. Özellikle GİA öyküsünden sonraki ilk iki haftada risk oldukça yüksektir.

2.RIND (Geri dönüşümlü iskemik nörolojik defisit; reversible ischaemic neurological deficit): Nörolojik semptomlar 24 saatten daha uzun sürer, ancak tümüyle kaybolur.

3.SIE (Gelişim sürecinde inme; stroke in evolution): Belirli bir gözlem periyodu boyunca giderek belirginleşen iskemik nörolojik kayıpları tanımlar.

4.Komplet inme: Ani olarak ortaya çıkan, 3 haftadan daha uzun süre kalan ve çoğu zaman kalıcı sekeller bırakan, stabil nörolojik tabloyu tanımlar.

5.Akut beyin ölümü: Serebral nörolojik işlevlerin tam ve geri dönüşümsüz olarak kaybıdır.

'Amorosis fugax' (geçici monoküler körlük), retinal arter ve dallarının geçici embolik tıkanıklıklarıyla ortaya çıkar. GİA ve RIND eşdeğeri olarak kabul edildiğinden bu hastaların da inme gelişimi açısından izlenmesi gerekir.

Tanımlanan bu nörolojik fonksiyon bozuklukları, klinik pratikte kolaylık sağlanması bakımından temel olarak GİA ve inme olmak üzere iki ana grupta değerlendirilebilir.

Karotis arterlerde bir plak veya darlık saptandığında, tedavi planlanması ve plağın oluşturacağı riskin ortaya konulması için, plağın lokalizasyonu, uzanımı, boyutları ve kompozisyonu belirlenmelidir (33).

Karotisin aterosklerotik hastalığı

Karotis arterin en önemli patolojisini; aterosklerotik süreçse bağı gelişen aterom plaklarının oluşturduğu stenoz/tromboz ve bu plaklardan kopan parçacıkların neden olduğu tromboemboliler oluşturmaktadır (34,35). İlerlemiş yaş, hipertansiyon, sigara, kalp hastalıkları, oral kontraseptif kullanımı, diyabet, fiziksel aktivite eksikliği, obezite, hiperlipidemi ve hiperkolesterolemi ateroskleroz gelişimini hızlandıran faktörler arasında yer alır.

Kırkbeş yaş üzerindeki erkeklerde inme nedenleri arasında, ateroskleroz ilk sırada gelmektedir. Aterosklerotik süreç, intima veya medya tabakalarında fokal yağ birikimi, hemoraji, fibröz doku gelişimi ve damar duvarına kalsiyum çökmesi ile ortaya çıkar. En erken görünüm medyadaki yağlı çizgilenmeler biçiminde lipid birikimidir. Daha sonraki aşamada gelişen fibröz plak, merkezdeki yağ içeriğinin elastik ve kollajenöz doku ile çevrelenmesi ile oluşur. Aterosklerotik plak üzerinde nekroz, ülserasyon, ve kanama gibi komplikasyon gelişimi sıktır.

Aterosklerotik süreç damarların en çok bifurkasyonlarında görülmektedir. Serebrovasküler sistemde aterosklerozdan sıklık sırasına göre karotis bifurkasyonu, vertebrobasiller bileşke, orta serebral arter ve anterior serebral arter etkilenir.

Hipertansiyonlu hastalarda ateroskleroz gelişim riski ve tromboembolik iskemik lezyon görülme oranı yüksektir. Embolizm, damar duvarındaki trombüsten kopan küçük pıhtıların dolaşıma girmesi ve küçük çaplı distal damarları tıkaması olayıdır. Serebral emboliler en sık kalpten kaynak alırlar. Diğer önemli bir bölümünde ise kaynak karotis arter bifurkasyonu ve vertebrobaziler bileşkedir. GİA geçiren hastalarda karotis arter stenozundan çok, emboliler sorumlu tutulmaktadır.

Fibromusküler Displazi

Etyolojisi bilinmeyen nonaterosklerotik vasküler patolojidir. Olguların 2/3'ü 50 yaşın altında olup, kadın erkek oranı 9/1'dir. Medyal fibroplazi (fibromusküler displazi), intimal fibroplazi ve subadventisiyel fibroplazi olmak üzere 3 temel patoloji tipi bulunmaktadır. Fibromusküler displazi tipleri içerisinde fibromusküler hiperplazi görülme sıklığı %80 olup, bu grupta karakteristik boncuk dizisi şeklinde daralmalar mevcuttur.

Serebral anjiyografilerin %1'inde fibromusküler displaziye ait bulgulara rastlamak mümkündür. En sık olarak (%80) internal karotis arterin servikal ve intrakraniyal bölümlerinde tutulum olur.

Takayasu hastalığı

Baş, boyun ve üst ekstremitte arterlerinin tutulumu ile karakterize otoimmün bir hastalıktır. Subklaviyan arter (solda daha fazla), KKA distal bölümü (solda daha fazla) ve brakiosefalik arter tutulumu sık görülür. İKA ve EKA proksimal bölümlerinde tutulum olabilir.

Anevrizma ve psödoanevrizma

Ekstrakraniyal arterlerde anevrizma ve psödoanevrizma gelişimi oldukça az görülür. Aterosklerotik, travmatik, mikotik etyolojiye bağlı veya da karotis arterlere uygulanan cerrahi girişimlerin sonrasında görülebilir. Anevrizmalar fuziform veya sakküler biçimli olur. Fuziform tipler daha çok bifurkasyon düzeyinde, sakküler tipli anevrizmalar ise KKA distalinde veya İKA seyirinde gelişir. Psödoanevrizmalar ya endarterektomi gibi cerrahi işlemler sonrasında ya da travmatik olarak ortaya çıkar.

Karotis arter anevrizma ve psödoanevrizmalarını, vücudun diğer bölgelerinde görülenlerden ayıran, morfolojik veya hemodinamik bulgu yoktur. En önemli komplikasyonları rüptür ve tromboembolidir.

Disseksiyon

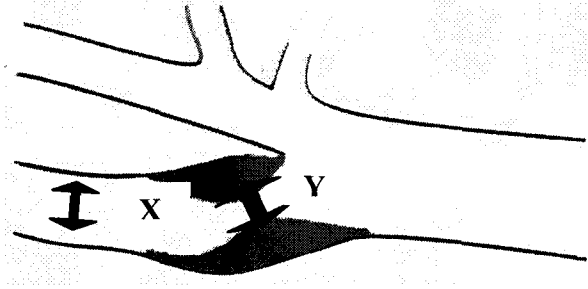
Karotis arter disseksiyonu genellikle spontan olarak gelişir, çoğunlukla tek taraflıdır. Olguların çoğu genç bireylerde travmaya bağlı ortaya çıkar. Kistik medyal nekroz veya fibromusküler displazi ile birlikte olabilir. İntimadaki bir hasarın medya tabakasında hemorajiye yol açması, damar duvar kalınlığının artması ve gerçek lümen çapının azalması ile karakterizedir. Gerçek ve yalancı lümen görünümleri ve bunları birbirinden ayıran membran ya da serbestleşmiş intima tabakasının (intimal flep) görünümü tipiktir. Hastalar inme, baş ağrısı ya da GİA bulguları ile kliniğe başvurabilir.

Karotis cisim tümörü

Glomus karotikum tümörü olarak da bilinir. Karotis bifurkasyonundaki kemoreseptör hücrelerden köken alırlar. Lezyonların %95'i benign özelliktedir. Yaşamın 4. ve 6. dekadlarında daha sık olmakla birlikte, her yaşta görülebilir. Yavaş gelişim gösteren bu tümörler, boyun üst bölümü lateralinde ağrısız, pulsatil kitle olarak ele gelirler.

Karotis arter stenozu kriterleri

NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) çalışmasında, % 70'in üzerinde karotis arter stenozu olan semptomatik hastalarda, endarterektomi tedavisi sonrası 2 yıldan daha uzun bir sürede inme riskinin %16,5 oranında azaldığı bildirilmektedir (36). Aynı çalışmada, %50-69 arasındaki stenozlarda, cerrahi tedavi sonrası 5 yılda inme riskinin %10,1 oranında azaldığını bildirmektedir. %50'nin altındaki stenozlarda endarterektominin yarar sağlamadığına işaret edilmektedir (37,38). ECST (European Carotid Surgery Trial) çalışmasında da benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır; %60 ve üzerinde stenozu olan semptomatik hastalarda 3 yıl içerisinde inme riski %11,6 azalmaktadır (39). ACAS (Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study) çalışmasında %60'ın üzerinde stenozu olan semptomsuz hastalarda, cerrahi sonrasında inme, ölüm ve 5 yıllık süre içerisinde aynı tarafta inme gelişimi oranında %5,9 oranında azalma olduğu bildirilmektedir (40).



Resim 2: NASCET'e göre % stenoz ölçümü : $(X-Y)/X \cdot 100$ (37).

Hemodinamik olarak anlamlı stenozu olan hastaların endarterektomiden belirgin yarar sağlaması bakımından genel bir görüş birliği olmasına karşı stenoz derecelendirmesinde oldukça farklı yaklaşım mevcuttur.

ECST, stenoz derecelendirmesinde klasik anjiyografik yöntemi tercih etmektedir; burada rezidüel lümen çapı stenoz düzeyindeki arter çapına oranlanmaktadır. NASCET ve ACAS çalışmalarında bunun bir modifikasyonu şekli kullanılmaktadır. Burada stenoz derecelendirmesi rezidüel lümen çapının, hemen stenoz sonrasındaki arter çapına oranlanmasıyla bulunmaktadır (resim 2).

İki farklı yaklaşım ile elde edilen stenoz dereceleri birbirleriyle karşılaştırıldığında; ECST yöntemindeki %80 lümen daralması, NASCET ve ACAS yöntemindeki %60 lümen daralmasına karşılık gelmektedir. (NASCET yöntemindeki %30,40,50,60,70,80 ve 90 oranındaki bir daralma, ECST yönteminde sırasıyla %65,70,75,80,85,91 ve 97 'lik bir stenoza uymaktadır) (36,37,38,39,40).

KAROTİS ENDARTEREKTOMİ ve STENTLEME

Karotis endarterektomisi, boyun damarlarının aterosklerotik hastalığında uygulanan ve yaygın kabul görmüş olan cerrahi tedavi yöntemidir. NASCET raporlarına göre karotis bifurkasyonundaki ciddi stenozların ortaya konulup, endarterektomi yapılması inme gelişim riskini önemli ölçüde azaltmaktadır (36,41,42). Yine aynı gruba göre ciddi stenozun derecesindeki artışa paralel olarak, iskemik olayların gelişim oranında artış kaydedilmiştir. Endarterektomi stenotik ya da ülseratif plağın bütünüyle çıkarılması ve işlem sonrası stenoz ve tromboz gelişimini önleyecek şekilde arteriotomi yapılmasını kapsamaktadır. Yama anjioplasti sentetik materyal veya safen ven kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Yama anjioplastisi; İKA'nın 3,5 mm'den daha ince olması, arteriotomi yapılacak İKA segmentinin 3,5 cm'den uzun olması veya geçirilmiş endarterektomi durumlarında uygulanmaktadır (43). Anevrizma ve arteri çok geniş segmentlerde tutan yaygın hastalıklar ile radyoterapi sonrası gelişen diseksiyon durumlarında da greft uygulamalarından yararlanılmaktadır. Erken dönem komplikasyonları hematoma, tromboz, stenoz ve inmedir. Geç dönemde yama anjioplastisi sonrası anevrizma, psödoanevrizma ve re-stenoz gelişimi görülebilir.

Ekstrakraniyal karotis arter stenozlarında endovasküler tedavi, on yıldan uzun bir süredir kullanılmaktadır. Bu yöntemler başlıca perkütan transluminal anjioplasti ve intravasküler stentlemedir. Potansiyel avantajları, kranial sinir felçleri ve büyük hematomlar gibi karotid endarterektomiye bağlı komplikasyonlar ve cerrahi insizyon skarının bulunmayışıdır. Endarterektomiyi takiben gelişen re-stenozlarda, radyoterapi sonrası gelişen vaskülopatilerde, cerrahi olarak ulaşılamayan lezyonlar gibi

endarterektominin teknik olarak zor olduğu hastalarda birçok merkezde kullanılmaktadır. Bunlar klasik endovasküler tedavi endikasyonları olup, kullanılan malzeme ve anjiyografik donanımın teknik olarak gelişmesi nedeniyle endovasküler tedavi endikasyonları giderek genişlemekte ve bu tedaviler yaygınlaşmaktadır (33).

Çok merkezli yapılan 'Carotid and vertebral artery transluminal angioplasty study (CAVATAS)' çalışmasında, geçmiş 6 ay içerisinde semptomları olan (%90) ve olmayan toplam 504 hastadan, 253'üne endarterektomi, 251'ne endovasküler girişim (translüminal anjioplasti ve stentleme) uygulanmıştır. İşlem sırasında ve ilk 30 gün içerisinde inme ve ölüm hızları endarterektomiye (%9,9) benzer fakat hafifçe yüksek (%10) bulunmuştur. Endovasküler tedavi endarterektomi ile karşılaştırıldığında belirgin olarak daha az kranial sinir felcine (sırasıyla %0 ve %8,7), daha az kasık veya boyun hematomuna (sırasıyla %1,2 ve %6,7) neden olmuştur. Ancak endovasküler girişim sonucunda bir yıl içerisinde gelişmiş ileri restenoz oranı daha fazladır (sırasıyla %14 ve %4) (44).

Multislice Bilgisayarlı Tomografi

Tarihçe

Bilgisayarlı tomografi pratiğinde çığır açan bir gelişme olan MSBT'nin bugünkü durumuna ulaşması BT teknolojisinde bazı öncü gelişmelerle gerçekleşmiştir. Helikal taramanın geliştirildiği 1989 yılından sonra 1991'de 1 mm'nin altında kesit alabilen cihazlar üretilmiştir. Aynı yıl bugünkü MSBT teknolojisinin öncüsü ikiz detektörlü helikal BT de geliştirilmiştir. 1993'te gerçek zamanlı BT'nin kullanıma sokulmasıyla BT floroskopi altında biyopsi

işlemlerinin yapılabilmesi, damar yapıları ya da organlar içindeki kontrastlanmanın monitörizasyonu (otomatik bolus yakalama programları) mümkün hale gelmiştir. Gantri rotasyon zamanının 1 sn'nin altına inmesi 1995'te mümkün olmuş, 1998'de bu süre şu an hala geçerli minimum süre olan 0.42 sn'ye indirilmiştir. 1998 yılında da ilk multislice sistemleri kullanıma girmiştir (45).

Fizik Özellikler

Gantri rotasyon süresi

Saniyenin altında tarama yapabilmeyi başaran ilk BT tarayıcıları elektron beam tomografi (EBT) cihazları olmuştur. Kısa zaman içinde helikal cihazlarda da rotasyon süreleri 1 sn'nin altına indirilmiştir. Bu bağlamda bugün itibarıyla ulaşılmış olan en ileri nokta 0.42 sn'dir (46). Gantri rotasyon süresinin bu denli kısılması hareket artefaktlarını belirgin olarak azalttığı gibi aynı süre içinde daha geniş anatomik bölgelerin taranabilmesi olanağını doğurmuş ve longitudinal (z eksen) eksen çözünürlüğünü de artırmıştır.

Tarama zamanının 1 sn'nin altına indirilmesi için gantri çiziminde (design), gantri motorunda, veri ileti düzeninde (data transmission system-DAS) ve X-ışını tüpünde bazı değişikliklerin yapılması gerekmiştir. Tarama zamanı 1 sn'den 0,5 sn'ye indiğinde gantriye uygulanan merkezkaç kuvvette 4 kat artış oluşmaktadır. Gantrinin bu kuvvet artışını karşılamak üzere yeniden biçimlendirilmesi gerekmektedir. Yine, tarama zamanı kısaldıkça birim zamanında ölçülen veri miktarı artmaktadır. Bu miktardaki verinin iletimi düşük voltajlı slip-ring yönteminden farklı, daha yüksek hacimli ve hızlı veri iletim sistemlerine ihtiyaç doğurmuştur. Tarama zamanının kısılması tüpe

uygulanan merkezkaç kuvvetini arttırdığı gibi tüpün ürettiği x ışını miktarının artmasını ve dolayısıyla tüpün soğutma yeteneğinin iyileştirilmesini de gerektirmiştir (45).

Kesit kalınlığı

MSBT cihazları, olağanüstü hızları sayesinde, konvansiyonel helikal cihazlardan farklı olarak, klasik kesit taramasından çok, bir anlamda "hacim taraması" yapmaktadır. Yüksek kalitede hacim bilgisi için longitudinal düzlemdeki çözünürlüğün yeterli olması gerekmektedir. Z eksen çözünürlüğünü belirleyen başlıca etken kesit kalınlığıdır. Detektör teknolojisindeki iyileştirmelerle minimum kesit kalınlığı giderek düşürülmektedir. Böylece ulaşılan anizotropik voksel geometrisi sayesinde multiplanar reformasyonlar ve üç boyutlu görüntüleme optimal görsel keskinlikle yapılabilmektedir (47).

Multislice detektör

MSBT teknolojisinin belkemiği detektör yapısıdır. Konvansiyonel helikal BT cihazlarında detektör tek sıra halinde dizilmiş detektör elemanlarından oluşan tek boyutlu bir yapıdır. MSBT cihazlarında ise detektör, çok sayıda detektör sırasından oluşan iki boyutlu bir matriks yapısındadır. Örneğin Toshiba Aquillon'da ortada 0,5 mm kalınlığında detektör elemanları içeren 4 adet sıra, bu dördünün her iki tarafında da 1 mm kalınlığında detektör elemanları içeren 15'er adet sıra bulunur. Yani ortadaki dörtlü 0.5 mm kalınlığında, diğerleri 1 mm kalınlığında olmak üzere toplam 32 detektör sırası vardır. Bu şekilde farklı kalınlıkta detektör elemanları içeren asimetrik detektör düzenlemelerinin yanı sıra bazı sistemlerde detektör

matriksi simetrik yapıdadır. Örneğin General Electric firmasınınca üretilmiş Light Speed Plus'ta hepsi 1 mm kalınlıkta detektör elemanları içeren 16 detektör sırası bulunur. Bu detektör sıralarının farklı kombinasyonlarının seçilmesiyle değişik kesit kalınlıklarında multislice incelemeler yapılmaktadır. Örneğin Toshiba Aquillon'da 0.5x4, 1x4, 2x4, 3x4, 4x4, 5x4 ve 8x4 şeklinde tarama modları mevcuttur (47). Sistemin minimum kesit kalınlığını belirleyen unsur en küçük detektör elemanının Z eksenindeki genişliğidir. Bu değer bazı sistemlerde 0.5 mm, bazı sistemlerde 0.625 mm'dir.

DAS (data acquisition system: veri elde etme düzeni)

Detektör sıralarından veya bunların kombinasyonlarından alınan kesit bilgileri daha sonra DAS'lara aktarılmaktadır. Örneğin 4 segmentli bir sistemde 4 detektör kanal kombinasyonundan alınan veriler 4 adet DAS aracılığıyla işlenmekte, yani DAS'lara gelen analog veriler dijital verilere dönüştürülmektedir. DAS sayısının artması elektronik devre gereksiniminin de artması sonucunu doğurmuştur. Fazla miktardaki elektronik devrenin yer ihtiyacı bunların yüksek yoğunlukta monte edilmesiyle çözümlenmiştir .

Görüntü rekonstrüksiyonu

1- Çok noktalı rekonstrüksiyon algoritması ve optimal veri örnekleme: Detektör sisteminden başka, MSBT cihazlarında, konvansiyonel helikal cihazlardan farklı görüntü rekonstrüksiyon algoritmaları kullanılmaktadır. MSBT cihazlarında detektör iki boyutlu olduğundan tüpten çıkan X-ışını hüzmesi de iki boyutludur, yani koni şeklindedir. Konvansiyonel rekonstrüksiyon yöntemlerinin kullanılması durumunda, koni içinde belli bir açıyla detektör elemanlarına gelen X ışınları artefaktlara yol açabilir. Bu

artefaktların giderilebilmesi için, MSBT cihazlarında, konvansiyonel helikal cihazlarda kullanılan 180 derece lineer interpolasyon algoritması değil, çok noktalı (multipoint) interpolasyon ile görüntüler rekonstrükte edilmektedir (48,49). Bu şekilde konvansiyonel helikal tekniğe göre daha yüksek kalitede görüntü kalitesi elde edilebilmektedir. Multipoint rekonstrüksiyon algoritmasında verilerin örnekleme de optimize edilmiştir. Optimize edilmiş örnekleme adı verilen bu yöntemin amacı longitudinal yönde veri örnekleme miktarını arttırmak, yani daha fazla ölçüm bilgisi elde etmek ve böylece sinyal/gürültü (S/G) oranını arttırmaktır. Dört segmentli bir cihazda helikal pitch 4 olduğunda helikslerin direkt verileri (direct data) ile tamamlayıcı veriler (complementary data) çakışmaktadır (48). Bu nedenle tamamlayıcı verilerin görüntü kalitesine bir katkısı olamamaktadır. Dolayısıyla böyle bir sistemde helikal pitch faktörü 3.5, 4.5 gibi kesirli sayılardan seçilmektedir. Böylece ortaya paradoksal bir sonuç çıkmaktadır. Konvansiyonel helikal BT cihazlarında pitch faktörü arttıkça S/G oranı azalırken, 4 segmentli multislice bir cihazda 4.5 pitch faktörü daha verimli veri örnekleme sağladığından 4 pitch faktörüne oranla S/G oranı bakımından daha kaliteli bir görüntü elde edilmesini sağlayabilmektedir. Konvansiyonel yöntemle göre daha fazla ölçüm verisi kullanılmasına olanak veren optimal örnekleme yöntemi sayesinde MSBT cihazlarında aynı dozun kullanılması durumunda S/G oranı konvansiyonel BT cihazlarına göre % 20 nispetinde artmaktadır.

2- Z filtre rekonstrüksiyonu: MSBT'de görüntü rekonstrüksiyonunda çok noktalı interpolasyon algoritması dışında Z filtre rekonstrüksiyon algoritması adı verilen bir teknik de kullanılmaktadır. Z filtre rekonstrüksiyonunda uygun Z kernelleri seçilerek, tek bir helikal veri kümesinden farklı kesit kalınlıklarında çok sayıda görüntü serisi oluşturulabilmektedir (49). Buradaki ilke standart veya akciğer kernelleri ile

yapılan görüntü rekonstrüksiyonuna benzemektedir. Nasıl bu kernelerde düzlem içi (in-plane) frekans yanıtı değiştirilerek standart veya akciğer algoritmasında görüntüler oluşturuluyorsa, Z kernelleriyle de kabaca benzer bir biçimde Z eksenindeki frekans yanıtı değiştirilmekte ve bu şekilde farklı kesit kalınlıklarında görüntüler oluşturulabilmektedir (49).

MSBT'deki Yeniliklerin Görüntü ve Tarama Parametrelerine Etkisi

Tarama hızında artış

MSBT sistemlerinde hızın artması esas olarak iki nedene bağlıdır: Gantri rotasyon süresinin kısalması (0.42 sn'ye inmesi) ve pitch faktörünün artması. Bu iki etki birleştirildiğinde, örneğin 4 segmentli bir cihaz konvansiyonel helikal cihaza göre 8 kat, 8 segmentli bir cihaz 16 kat hızlı tarama yapabilmektedir. Burada bilinmesi gereken bir nokta daha vardır. Tarama hızındaki bu 8 ya da 16 kat artış her kesit kalınlığı için geçerli değildir. Firmaların ürettiği değişik detektörlerin yapısına bağlı olarak her sistem farklı tarama modu seçenekler sunmaktaysa da genel olarak şu ifade edilebilir: Düşük kesit kalınlıklarında maksimum hız (yani 4 ya da 8 segment tarama) mümkün olmakta, ancak kesit kalınlığı arttıkça bu şans azalmaktadır.

MSBT cihazlarının kullanıma girmesiyle pitch kavramı iki farklı şekilde tanımlanır olmuştur. Pitch 360 derece rotasyon süresince olan masa hareket miktarının tek kesit kalınlığına oranı olarak hesaplanabileceği gibi, 360 derece rotasyon süresince olan masa hareket miktarının toplam ışın demeti genişliğine (total beam width) oranı şeklinde de hesaplanabilir (50). İkinci yöntemde, örneğin 3 ve 6 gibi pitch değerleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerde pitchin 3 olarak kullanıldığı tarama modları yüksek kalite, pitchin

6 olarak kullanıldığı tarama modları hızlı olarak tanımlanmaktadır. Uzaysal çözünürlüğün önemli olduğu klinik durumlarda 3 pitchin, yüksek hacimlerin kısa zamanda taranmasının gerekli olduğu durumlarda 6 pitchin kullanılması önerilmektedir. Bazı üreticiler konvansiyonel helikal cihazlarda kullanılan pitch kavramıyla örtüşmesi amacıyla pitchi yukarıda belirtilen ikinci formülle, yani rotasyon süresince olan masa hareketini toplam ışın demeti genişliğine bölerek hesaplamakta ve beam pitch olarak adlandırmaktadırlar. Bu şekilde örneğin 4 segmentli bir cihazda ikinci yöntemin 3 olarak verdiği pitch değeri birinci yöntemde 0.75'dir. Her iki hesaplama yönteminde de varılan sonuç aynı olmakla birlikte hesaplama yöntemlerinin ne olduğunun bilinmesi karşılaştırmalar açısından yararlı olacaktır.

Tarama hızının konvansiyonel helikal cihazlara göre sisteme göre 8 ya da 16 kata varan miktarlarda artması daha geniş hacimlerin daha kısa sürelerde taranması olanağını getirmiştir. Buna bağlı avantajlar şöyle sıralanabilir:

1- Rutin incelemelerin daha kısa sürelerde (nefes tutma süresinde) bitirilmesi solunum denetimsizliğinden kaynaklanan artefaktları gidermiştir. Örneğin 30 cm genişliğindeki toraks incelemesi konvansiyonel helikal bir cihazda 30 sn sürerken multislice cihazlarda daha ince kesit kalınlıkları ile 5-9 sn arasında tamamlanabilmektedir.

2- Hızlı tarama yeteneği travma hastalarının incelenmesinde vazgeçilmez bir avantajdır. Bu hastalarda çok kısa sürelerde tüm vücut taraması yapılabilmektedir.

3- Benzer şekilde çocuk yaş grubunda ve kooperasyon gösteremeyen

hastalarda MSBT son derece hızlı bir biçimde incelemenin tamamlanabilmesini sağlamaktadır.

4- Multislice teknolojisinin gelişmesi BT anjiyografi uygulamalarında çığır açmıştır. Pulmoner emboli hastalarında önceleri mümkün olmayan subsegmental düzeydeki embolilerin değerlendirilmesi MSBT cihazlarıyla mümkün olabilecektir. Aort diseksiyonu ve anevrizması, ekstremitelerinin aterosklerotik lezyonları, renal arter patolojileri, mezenter iskemisi, pankreas, safra yolları, karaciğer ve böbrek tümörlerinde arteriyel/venöz tutulumun araştırılması, karaciğer transplantasyonlarında hepatik arteriyel, portal ve hepatik venöz anatomisinin preoperatif değerlendirilmesi gibi birçok uygulama multislice cihazlarla daha yüksek longitudinal rezolüsyonla yapılabilmekte, longitudinal çözünürlüğün artmasıyla daha kaliteli 3 boyutlu uygulamalar mümkün olmaktadır. Yüksek tarama hızının ince kesit kalınlıklarıyla birleştirilmesi sayesinde Willis poligonu damar yapıları BT anjiyografi ile de değerlendirilebilir hale gelmiştir (50).

5- MSBT sistemleri çok fazla kontrastlı çalışmalara olanak sağlamaktadır. Örneğin karaciğerde üst üste iki kere arteriyel faz taraması yapılabilmektedir. Bu şekilde siroz hastalarında daha çok sayıda erken evre karaciğer kanseri yakalandığını gösteren çalışmalar mevcuttur (51).

6- Tarama hızının artması özellikle BT anjiyografi uygulamalarında kontrast madde dozundan tasarruf edilmesine imkan vermektedir. Örneğin pulmoner arter BT anjiyografide daha önceleri 140-160 ml arasında değişen doz gereksinimi yeni cihazlarla 100 ml'nin altına indirilmiştir.

Gantri rotasyon süresinin kısalması

Günümüzde MSBT cihazlarında gantri rotasyon süreleri 0.5-0.8 sn arasındadır. 0.5 sn'lik rotasyon süresi yarım rekonsrüksiyon tekniği de kullanıldığında 250 msn'ye inen temporal çözünürlük sağlamaktadır. 250 msn'lik temporal çözünürlük de kalbin diastolik fazında göreceli olarak hareketsiz görüntülerin alınmasına izin vermektedir. Bu gelişme, prospektif ve retrospektif elektrokardiyografik tetikleme ile birlikte, koroner arter kalsiyum skorlama ve koroner arter BT anjiyografi gibi kardiak uygulamaların yapılabilmesine olanak sağlamıştır. Artık MSBT cihazlarında EBT cihazlarıyla karşılaştırılabilir düzeyde kalsiyum skorlama yapılabilmektedir (52). Kalp hızı ve ritmi uygun hastalarda da koroner arterlerin özellikle proksimal kesimlerinin BT anjiyografi ile değerlendirilmesi mümkündür (53).

Kesit kalınlığında azalma

MSBT teknolojisindeki gelişim minimum kesit kalınlığında azalmayla paralel seyretmiştir. Günümüzde MSBT cihazlarında minimum kesit kalınlığı 0.5-0.62 mm arasında değişmektedir. Daha ince kesit kalınlıkları uzaysal çözünürlüğü arttırmakta ve kısmi hacim etkisini azaltmaktadır. Multislice detektörler sayesinde bu denli ince kesit kalınlıkları ile birçok anatomik bölge taranabilmekte, elde olunan izotropik görüntülerle yüksek kalitede reformat, multiprojeksiyon, volüm reformat ve 3 boyutlu rekonstrüksiyonlar yapılabilmektedir.

X-ışınından yararlanma faktöründe (X-ray utilization factor) artış

MSBT sistemlerinde X ışını daha ekonomik olarak kullanılmaktadır; bir başka ifadeyle bu sistemlerin X-ışını istifade faktörü konvansiyonel helikal

cihazlara göre daha yüksektir. Bunun nedeni yalın olarak şöyle açıklanabilir: MSBT’de X-ışını demetinin longitudinal yöndeki toplam kalınlığı konvansiyonel helikal cihazlara göre daha fazladır. Böylece konvansiyonel helikal cihazlarda kullanılmayan, bir anlamda ziyan edilen X ışınları multislice sistemlerde veri eldesi amacıyla kullanılmaktadır. X-ışını istifade faktöründeki bu artış tüp yüklenmesini azaltmakta, helikal taramanın tüp soğuması için bekleme süresi olmaksızın daha uzun süreler devam edebilmesine olanak tanımaktadır. X ışını yararlanma faktörünün artması nedeniyle tüp ömrü de belirgin olarak uzamaktadır (48).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Radiodiagnostik Anabilim Dalı, dijital substraksiyon anjiyografisi ve bilgisayarlı tomografi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya, Temmuz 2004 ve Mart 2005 tarihleri arasında, fakültemiz Nöroloji, Kalp ve Damar Cerrahisi, Genel Cerrahi Damar Cerrahisi bölümlerine GİA veya iskemik inme semptom ve bulguları ile başvuran 7 kadın, 8 erkek 15 hasta ve Kulak Boğaz Burun Anabilim dalında araştırılarak karotis anjiyografi ve test oklüzyonu yapılmasına karar verilen, boyun kitlesi mevcut iki erkek olmak üzere toplam 17 hasta (32-84 yaş, ortalama: 58) dahil edilmiştir. İki hasta BTA’nın suboptimal kalitede olması nedeniyle daha sonra çalışma dışı bırakılmıştır. DSA incelemesi yapılan 14 hastadan birinde tek, diğer 13’ünde ise her iki karotis bifurkasyonu değerlendirilmiştir. Toplam 27 KKA bifurkasyonun stenoz derecesi ve plak yapısı, DSA ve gadolinyumlu BTA tetkikleri ile değerlendirilmiş ve bulgular karşılaştırılmıştır.

14 hastaya bölümümüz DSA laboratuvarında (Philips Integris, Hollanda) karotis anjiyografi yapılmıştır. Bir hasta anjiyografi yapılmasını kabul etmemiştir. DSA işleminde, sağ ana femoral artere ponksiyon yapılarak 5 Fr. introducer yerleştirilmiş ve uygun kateter- klavuz tel yardımı ile, selektif olarak her iki KKA kateterize edilmiştir. Her bir damarda 8 ml/sn hızla, projeksiyon başına toplam 12 ml (300mg/ml) iyodlu kontrast madde kullanılarak (iopromid, *Ultravist*, Schering, Almanya) verilerek, anteroposterior, 45 derece oblik ve lateral görüntüler alındı. İnceleme KKA injeksiyonu sırasında intrakranyal (yukarıda tanımlanan projeksiyonlarda) incelemeler ve sol vertebral arter injeksiyonu sırasında her üç projeksiyonda görüntü alınması ile tamamlandı.

Hastalara tetkik hakkında gerekli ön bilgiler verilmesi ve onaylarının alınmasının ardından, DSA'dan en erken bir, en fazla yedi gün sonra karotis BTA tetkiki yapıldı. Tüm tetkikler Somatom Sensation 4 (Siemens Medical Systems, Forchheim, Germany) sisteminde gerçekleştirildi. Hastalar gantriye supin pozisyonda yerleştirildi, lateral topogram alınarak C2-7 vertebra aralığı işaretlendi. Bu aralık, hastaya yutkunmaması ve nefes tutması söylenerek kaudokranyal yönde spiral olarak tarandı. Kontrast madde injeksiyonu, sağ kol antekubital venden 20 G anjiocat ile 30ml (Gadobutrol, *Gadovist*, Schering, Germany) (0,3-0,4 ml/kg) kontrast madde, 4 ml/s hızla otomatik pompa yardımıyla verildi. BTA çekiminin başlatılması 'bolus tracking' yöntemiyle gerçekleştirildi. Bu teknikle arkus aortada dansite 70 HU olduğunda çekim başlatıldı. Kesit kalınlığı: 1,25x1 mm, 80 kV, 160 mA ışın dozunda çekim yapıldı ve 1.25 mm kalınlığında 0.5 mm aralıklı olarak 150-200 arasında aksiyel imaj elde edildi.

Tüm hastalarda 1 mm kesit kalınlığı, 0.5 mm masa ilerleme hızı, Bf30 medium-smooth kernel, 'CT anjio' penceresi kullanılarak (Navigator,

Siemens Medical Systems) kaynak kesitler elde edilmiştir. Bu kaynak kesitler 'network' aracılığı ile ayrı bir 'workstation'a yollandı (Leonardo, Siemens Medical Systems, Erlangen, Germany). Bu kaynak kesitler üzerinden aksiyel değerlendirme, ayrıca 'multiplanare reformation' (MPR), 'maximum intensity projection' (MIP), 'volume-rendering technique' (VRT) yöntemleriyle değişik düzlemlerde değerlendirmeler yapılmıştır.

BTA'da stenoz değerlendirilmesi

Her olguda stenozun en belirgin olduğu projeksiyon kullanılmıştır. Ovoid biçimli darlıklarda arterin kısa çapı esas alındı. NASCET çalışması temel alınarak, stenozun en fazla olduğu yerden ölçülen rezidüel lümen genişliği, aynı tarafta bulbus distalindeki servikal İKA'nın çapına bölündü. Bu değer, birden çıkarılıp 100 ile çarpıldı ve darlığın yüzdesi elde edildi. Stenoz derecesi NASCET'e göre gruplandırıldı (37). Buna göre; I (normal), II (hafif derecede darlık, %1-29), III (hafif-orta derecede darlık, %30-49), IV (orta derecede darlık %50-69), V (ciddi derecede darlık, %70-99) ve VI (oklüzyon, %100) şeklinde değerlendirme yapılmıştır.

Bütün KKA bifurkasyonlarında, darlığı oluşturan plakların stenoz yüzdelerinin yanında plak içerikleri de değerlendirilmiştir. Değerlendirme subjektif olarak yapıldı. KKA etrafındaki dokulardan dansite olarak ayırt edilebilen plaklar değerlendirmeye alınmıştır. Damar duvarına göre hipodens izlenen plaklar yumuşak, belirgin yüksek dansite gösteren plaklar kalsifik, hipodens alanlar ve kalsifikasyon içeren plaklar mikst ve lümen dışına uzanan kontrast dolmuş fazlalığı durumlarında ülsere plak şeklinde gruplara ayrılmıştır. Hasta sayısının kısıtlı olması, ve plak karakterizasyonu ile ilgili bulguların azlığı nedeniyle istatistiksel değerlendirme yapılmamıştır.

BTA'da ayrıca aksiyel kaynak kesitler ve MIP görüntüler değerlendirilerek plakların içeriği (kalsifik, soft, fibröz, mikst plak) ve ülserasyon varlığı araştırılmıştır. Ayrıca, darlık izlenmeyen ancak, BTA'da intimal kalınlaşması (çeper kalınlaşması) bulunan olgular da kaydedildi.

DSA'da stenoz değerlendirilmesi

KKA bifurkasyonlarına ait üç projeksiyondan darlığın en belirgin izlendiği projeksiyon seçildi ve subjektif olarak yukarıda tanımlanan darlık derecelerine uyacak biçimde darlık yüzdesi belirlendi. Ayrıca, dijital ve nondijital görüntüler kullanılarak plak içeriği ve ülserasyon varlığı değerlendirildi.

İstatistik Değerlendirme

BTA ve DSA bulgularının karşılaştırılmasında Spearman'ın korelasyon testi kullanıldı. Sensivite ve spesifite değerleri hesaplandı.

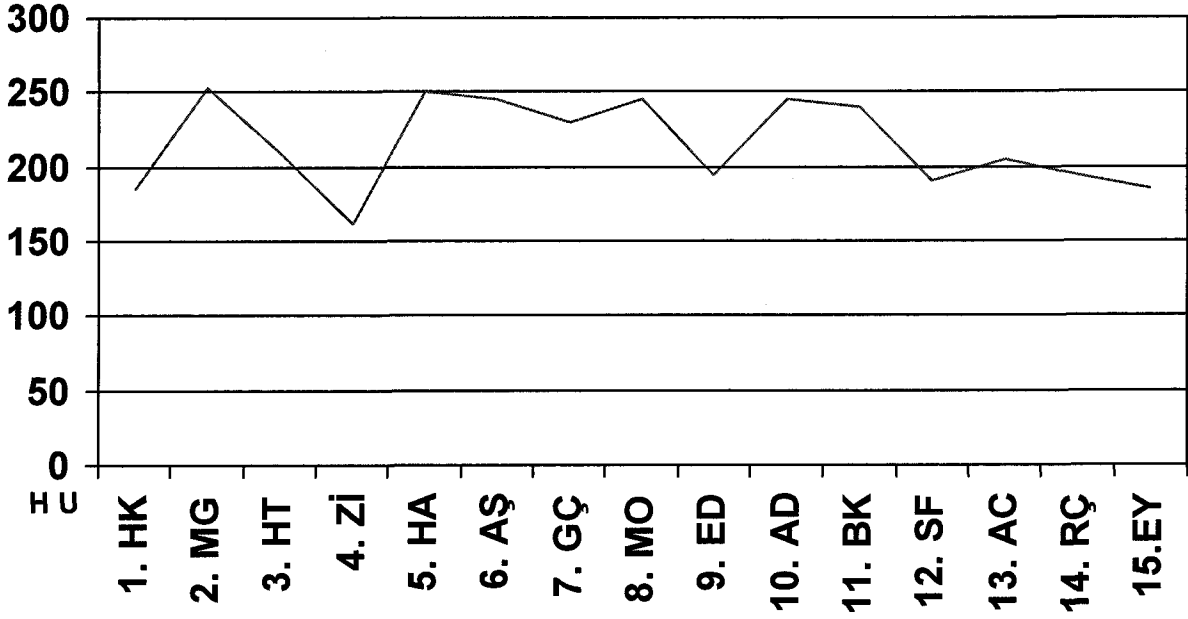
r değeri	Korelasyon ilişkisi
0-0,200	İlişki yok
0,200-0,400	Hafif derece ilişki
0,400-0,600	Orta derecede ilişki
0,600-0,800	İyi derecede ilişki
0,800-1,000	İleri derecede ilişki

Tablo 1: Spearman'ın korelasyon testine göre iki test arasındaki korelasyon ilişkisi.

4.BULGULAR

Temmuz 2004 ile Mart 2005 tarihleri arasında İstanbul Tıp Fakültesi, Radiodiagnostik Anabilim Dalı BT ve DSA birimlerinde on erkek, yedi kadın 32-84 yaşları arasında (ortalama 58) toplam 17 hastaya gadolinyumlu BTA tetkiki yapılmıştır. 16 hastaya karotislere yönelik DSA tetkiki yapılmıştır. Ayrıca 6 hastanın MRA (TOF yöntemiyle), 3 hastanın RDUS tetkiki ve bir hastanın konvansiyonel (iyotlu) BTA tetkiki mevcuttu. İstatistiksel değerlendirmeye alınmamakla beraber, karşılaştırma amacıyla bu tetkiklerin sonuçları da tablo 5 ve 6'da belirtilmiştir. Çalışmaya alınan hastalardan ikisinde kontrast zamanlaması tam olarak yapılamadığı için, optimum kontrast yoğunluğu elde edilemedi. Bu nedenle değerlendirmeler yeterli kabul edilmedi ve bu hastalar çalışma dışı bırakıldı. Diğer bütün tetkiklerin kontrast ve görüntü kalitesi tanı için yeterli bulundu.

Çalışmaya dahil edilen hastaların KKA'da hemen bifurkasyon öncesi lokalizasyona, 1x1 mm boyutlarında 'region of interest' (ROI) yerleştirilerek kontrast yoğunluğu ölçümü yapıldı. Sonuç, 162 HU ile 253 HU arasında olup ortalama 202 HU olarak bulundu (tablo 2).



Tablo 2: Hastaların KKA’de kontrast dansite ölçümü.

DSA incelemesinde, bir hastada orta serebral arter bifurkasyonunda anevrizma saptandı. Ancak BTA tetkiki servikal bölgeye yönelik olduğu için anevrizma değerlendirilmedi.

DSA ve BTA incelemeleri komplikasyonsuz olarak sonlandırılmıştır. Gadolinyum bolus enjeksiyonunu hastalar iyi tolere etmişlerdir. Ekstravazasyon oluşmamıştır

Çalışma grubumuzda inceleme alanı olan KKA bifurkasyonunda varyasyonu olan hasta mevcut değildir.

Toplam 30 KKA bikurkasyonu (EKA, İKA ve KKA) değerlendirilmiş, DSA tetkiki olmayan üç bifurkasyon istatistik incelemeye dahil edilmemiştir.

27 İKA'nın 6'sı (%22) normal, 7'sinde (%26) hafif derecede darlık, 3'ünde (%11) hafif-orta derecede darlık, 2'sinde (%7) orta derecede darlık, 7'sinde (%26) ileri derecede darlık, 2'sinde (%7) oklüzyon saptandı. 27 KKA'nın 21'i (%78) normal, 2'sinde (%19) hafif derecede darlık ve 1'inde (%4) oklüzyon izlenmektedir. İncelenen EKA'ların 18'i (%67) normal, 7'sinde (%26) hafif derecede darlık, 1'inde (%4) ileri derecede darlık ve 1'inde (%4) de oklüzyon izlenmektedir.

DSA'da incelenen 27 KKA'nın 21'i (%78) normal ve 6'sında (%22) hafif derecede darlık saptandı. 27 İKA'nın 6'sı (%22) normal, 6'sında (%22) hafif derecede darlık, 3'ünde (%11) hafif-orta derecede darlık, 3'ünde (%11) orta derecede darlık, 7'sinde (%26) ileri derecede darlık, 2'sinde (%7) de oklüzyon saptanmıştır. 27 EKA'nın 18'i (%70) normal, 6'sında (%22) hafif derecede darlık ve 2'sinde (%72) ileri derecede darlık izlenmiştir.

Gadolinyumlu BTA ile incelenen 27 bifurkasyonda; 6'sı (%30) kalsifik, 2'si (%10) yumuşak, 6'sı (%30) kalsifikasyonlar içeren büyük oranda yumuşak, 6'sı (%30) ülsere plak olmak üzere toplam 20 adet plak saptanmıştır. 8 olguda intimal hiperplazi ile uyumlu duvar kalınlaşması izlenmektedir. DSA incelemesinde; 3'ü (%43) kalsifik, 4'ü (%57) ülsere olmak üzere toplam 7 plak izlenmiştir.

HASTALAR		BTA		DSA		BTA/ PLAK		DSA/ PLAK	
		Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1.HK K,71	CCA	N	N	N	N				
	ICA	%70	%80	%80	>%95	M	M	K	
	ECA	N	N	N	N				
2.MG K, 75	CCA	<%10	<%10	N	%10				
	ICA	%40	%80	%40	%95	M/Ü	M/Ü	M/Ü	M/Ü
	ECA	%25	%25	%20	%20				
3.HT E, 52	CCA	N	N	-	%10	-		-	
	ICA	N	%40	-	%50	-	Y	-	
	ECA	N	N	-	N	-		-	
4.Zİ (TO) E,49	CCA	(İK)	N	N	N				
	ICA	%40	%10	%35	%20				
	ECA	N	N	N	N				Ü
5.HA (TO) E, 56	CCA	%100	N	N	N				
	ICA	%100	%20	%100	%50				
	ECA	%100	N	%80	N		Ü		
6.AŞ E,73	CCA	N(İK)	%15	N	%10		Ü		
	ICA	N	%20	%10	%20	K	K		
	ECA	N	%80	N	>%95				
7.GÇ K,47	CCA	N	N	N	N				
	ICA	N	%75	N	%80		M		
	ECA	N	N	N	N				
8.MO E,52	CCA	N	N	N	N				
	ICA	%15	%80	N	>%95				
	ECA	N	N	N	N				
9.ED K,40	CCA	%20	<%10	%20	%30				
	ICA	%50	%20	%40	%25				
	ECA	%20	%20	N	%20		K		
10.AD E, 32	CCA	N(İK)	N	N	N				
	ICA	N	N	N	N				
	ECA	N	N	N	N				
11.BK K, 41	CCA	N	N	N	N				
	ICA	N	N	N	N				
	ECA	N	N	N	N				
12.SF K,62	CCA	N	N(İK)	N	N				
	ICA	%14	%10	<%10	%10	K	K		
	ECA	%25	N	%20	N				
13.ACF E, 84	CCA	N	N	N	N				
	ICA	%80	%100	>%95	%100	Y	Ü		Ü
	ECA	%20	N	%20	N				
14.E Y E, 61	CCA	N	N	N	N				
	ICA	%75	%50	>%80	%60	K	K		
	ECA	N	%20	N	%20				
15.RÇ, E, 56	CCA	N	N	-	-			-	-
	ICA	%10	%10	-	-	K	K/Ü	-	-
	ECA	N	N	-	-			-	-

Tablo 3: Değerlendirmeye dahil edilen hastaların BTA ve DSA tetkiklerine göre stenoz dereceleri, plak yapıları, yaş ve cinsiyet bilgileri. Tabloda kullanılan kısaltmalar: İK (intimal kalınlaşma), N (normal), K (kalsifik plak), Ü (ülsere plak), M (çoğunluğu yumuşak, kalsifikasyon içeren mikst plak), Y (yumuşak plak), TO (test oklüzyonu), (-) değerlendirme dışı.

	Kalsifik plak	Yumuşak plak	Mikst	Ülsere plak	İntimal hiperplazi
BTA	6	2	6	6	8
DSA	3	-	-	4	-

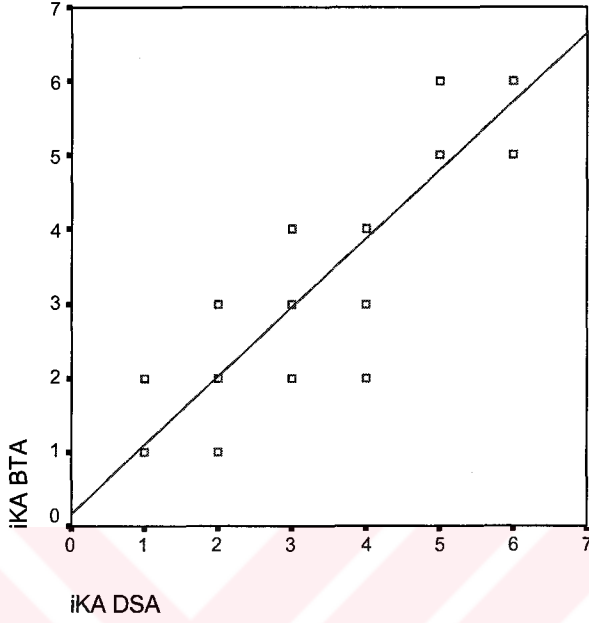
Tablo 4: DSA ve BTA’de izlenen plak içerikleri.

HASTA NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
GADOLİNYUMLU BTA'DA STENOZUN DERECESİ	% 70	% 40	% 40	N	% 100	N	N	% 15	% 50	N	N	% 14	% 80	% 75	% 10
DSA'DA STENOZUN DERECESİ	% 80	% 40	% 50	-	% 100	% 10	N	N	% 40	N	N	% 10	>% 95	% 80	-
MRA' STENOZUN DERECESİ	>% 95	-	-	-	-	-	N	-	-	N	N	-	>% 95	-	N
KONVANSİYONEL BTA'DA STENOZUN DERECESİ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	>% 80	-	-
RDUS'DE STENOZUN DERECESİ	-	>% 30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	% 95	-	> % 60

Tablo 5: Sağ İKA'ların var olan bütün tetkiklerde darlık yüzdeleri .

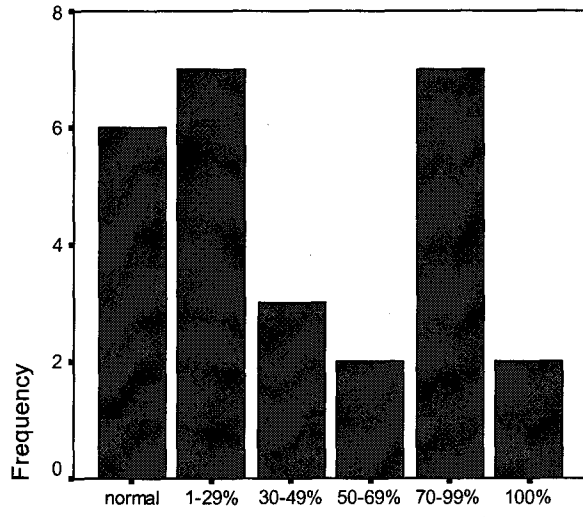
HASTA NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
GADOLİNYUMLU BTA'DA STENOZUN DERECESİ	% 80	% 80	% 40	% 10	% 20	% 20	% 75	% 80	% 20	N	N	% 10	% 100	% 50	% 10
DSA'DA STENOZUN DERECESİ	> % 95	% 95	% 50	% 20	% 50	% 20	% 80	% 95	% 25	N	N	% 10	% 100	% 60	-
MRA' STENOZUN DERECESİ	> % 95	-	-	-	-	-	>% 95	-	-	N	N	-	% 100	-	N
KONVANSİYONEL BTA'DA STENOZUN DERECESİ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	% 100	-	-
RDUS'DE STENOZUN DERECESİ	-	>% 70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	% 100	-	% 20

Tablo 6: Sol İKA'ların var olan bütün tetkiklerde darlık yüzdeleri.



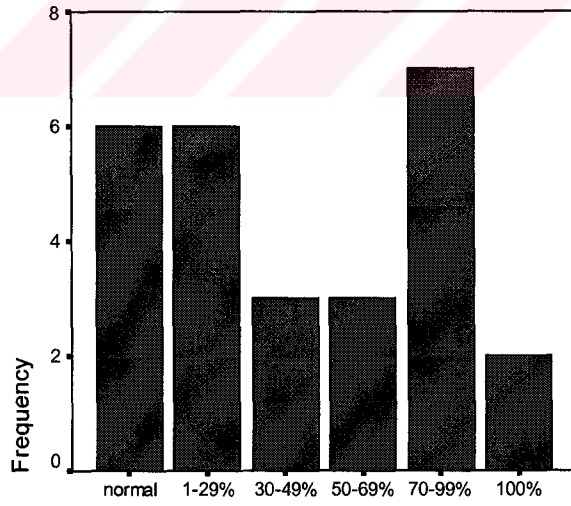
Tablo 7:İncelenen 27 İKA'nin BTA ve DSA bulgularının korelasyonu.

Spearman 'ın korelasyon testine göre BTA ve DSA tetkikleri arasında stenoz derecesi belirlemede ileri derecede anlamlı ilişki mevcuttur ($r=0,931$ ve $p<0,001$). İki tetkik arasında doğrusal bir ilişki izlenmektedir (tablo 7). İKA'ların stenoz karşılaştırılmasında, %50 değeri eşik değer ('cut-off') olarak kabul edilerek %88 sensitivite ve %91 spesifisite bulunmuştur.



iKA BTA

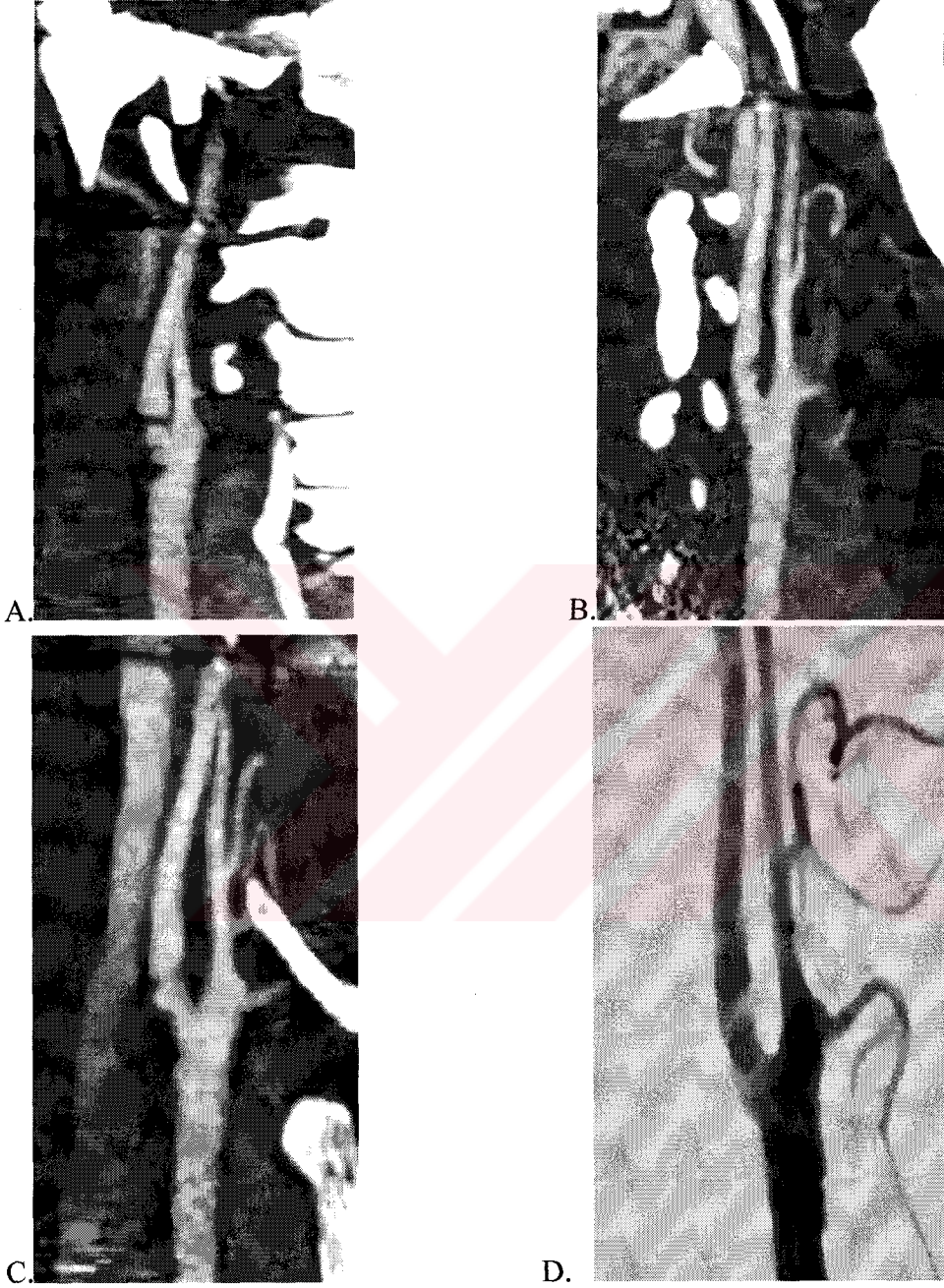
Tablo 8: BTA'da İKA'ların stenoz dereceleri.



iKA DSA

Tablo 9: DSA tetkikinde İKA'ların stenoz dereceleri.

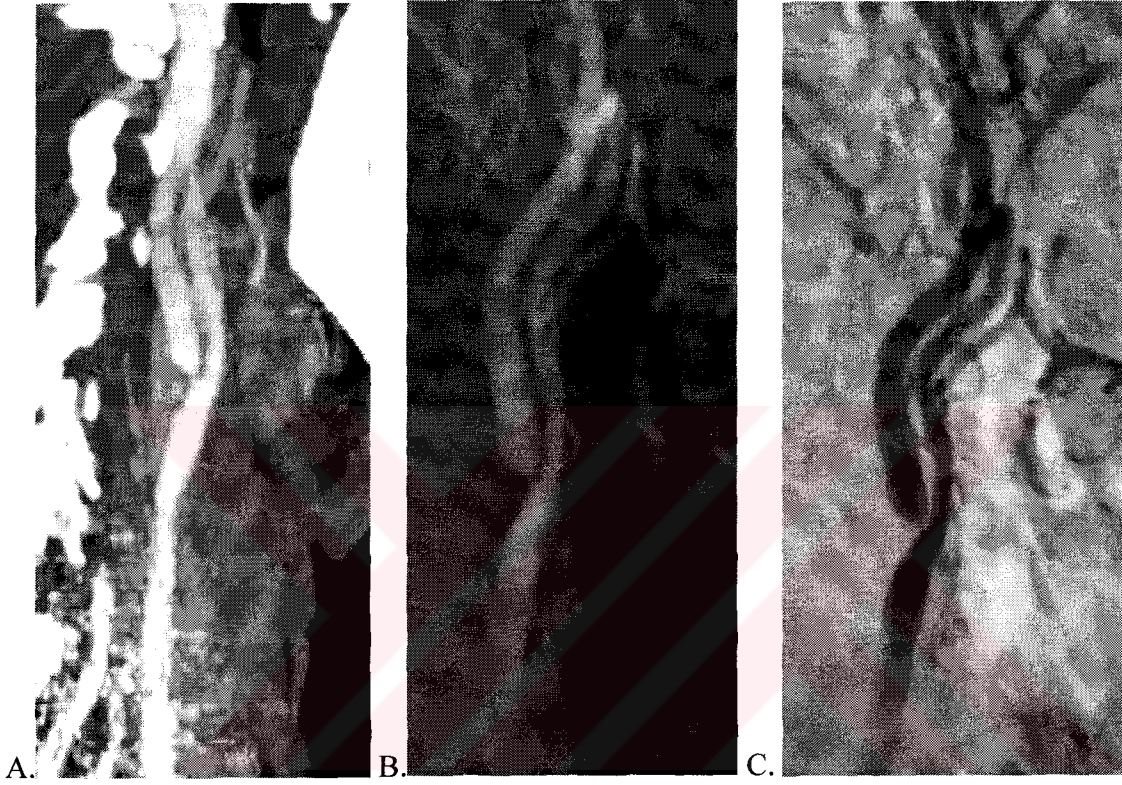
OLGU ÖRNEKLERİ



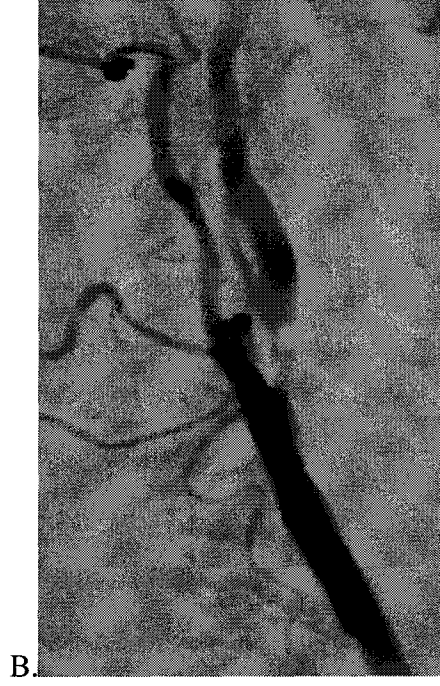
1. (olgu 3): Sağ KKA posteriorundan İKA proksimaline uzanan lümende orta derecede stenoza yol açmış yumuşak plağın koronal (A), sagittal (B) ve parasagittal (C) MIP BTA ve sağ anterior oblik DSA (D) görüntüleri



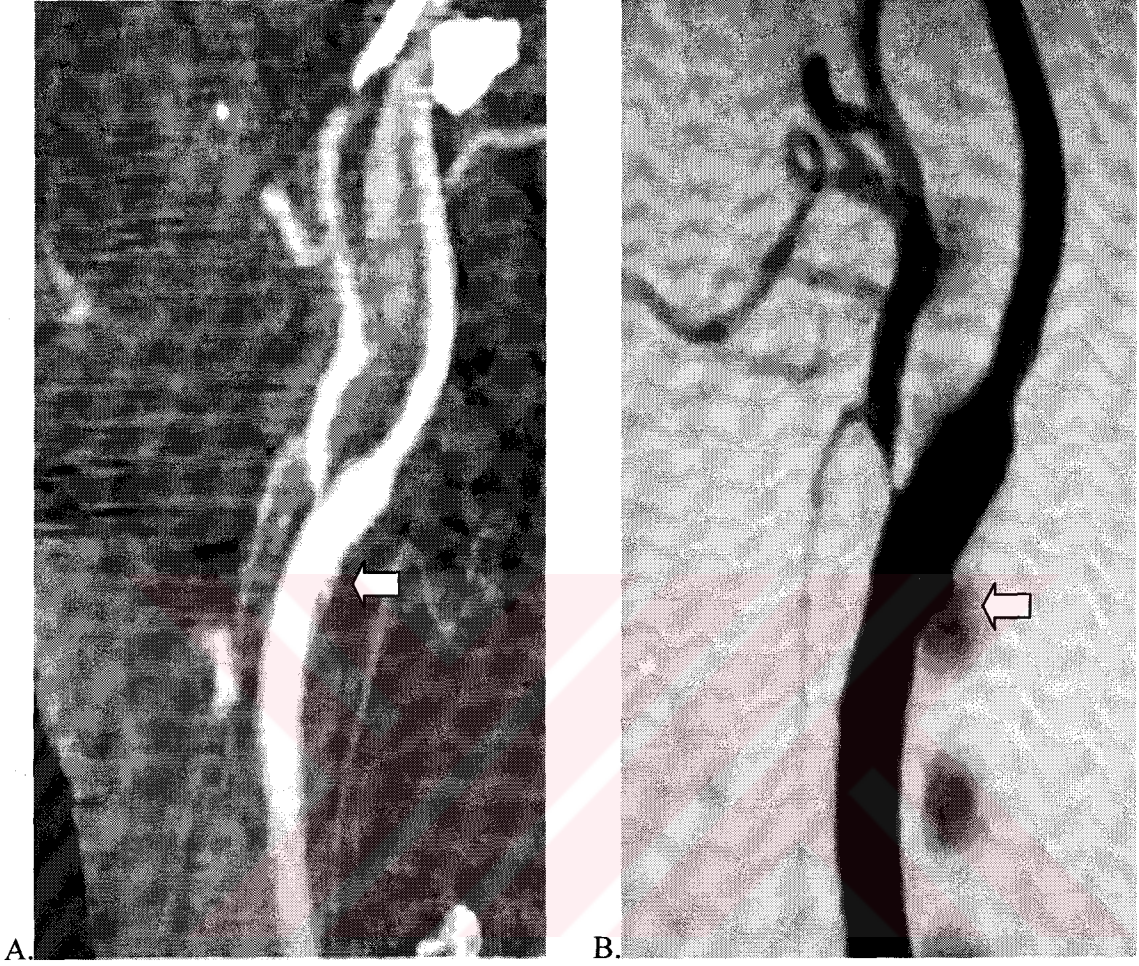
2. (olgu 13): Sol İKA, KKA bifurkasyonda itibaren total olarak tıkalı ve bu düzeyde ülsere plak (siyah ok). Gadolinyumlu BTA koronal MIP (A) ve A-P projeksiyonda DSA (B) görüntüleri.



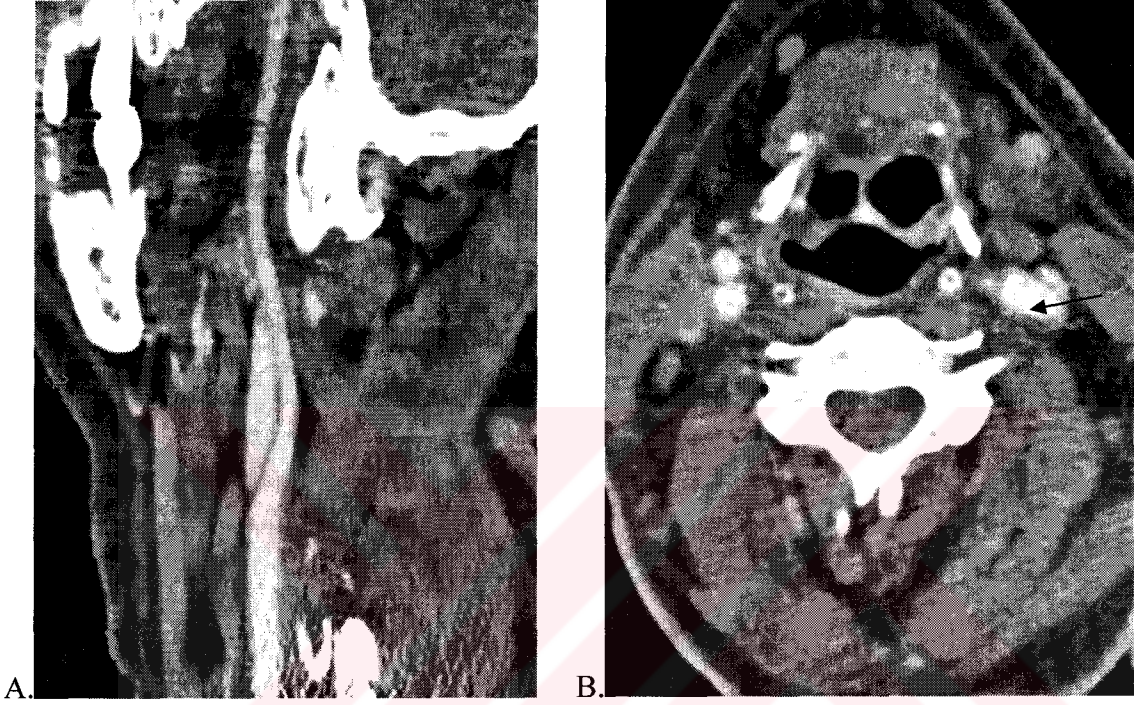
3. (olgu 13): Sağ İKA'da ileri darlık. Sagital MIP (A) gadolinyumlu BTA, lateral projeksiyonda negatif (B) ve pozitif (C) DSA görüntüleri.



4. (olgu 2): Sol İKA lümeni posteriordan ileri derecede daraltmış miskt plak izlenmektedir. Sagittal MIP BTA (A), sol anterior oblik DSA (B), sagittal MPR (C) ve 'curved' MIP (D) görüntüleri. Kalsifik plak DSA'da da seçilebilmektedir.



5. (olgu 6): Sol KKA distalinde lümeni posteriordan daraltan ülsere soft plak. Sagital MIP Gadolinyumlu BTA (A) ve sol anterior oblik DSA (B) görüntüleri. BTA'da iki adet ülser izleniyor iken DSA'da tek üser izlenmektedir (beyaz oklar). Her iki tetkikte sol EKA'da ileri derecede darlık izlenmektedir.



6. (olgu 4): Sol KKA ve İKA lümende darlık oluşturmeyan intimal kalınlaşması. 'curved' MIP (A) ve aksiyel kaynak (B) BT görüntülerde intimal kalınlaşma (siyah ok).

5.TARTIŞMA

İskemik inme dünyada ve ülkemizde kalıcı sakatlık ve ölüm nedenleri içinde önde gelen bir sebeptir. Karotis arterlerinin ateroskleroza ise önemli bir inme ve geçici iskemik atak nedenidir. İleri karotis stenozu (%70-99) mevcut olan hastalarda endarterektominin faydalı olduğu iki önemli randomize çalışmada (NASCET ve ECST) kanıtlanmıştır (39,40). Aynı çalışmalarda % 50-69 arasında darlığı olan hastaların da tedaviden yarar gördüğü ve artan darlık derecesi ile beraber tedavinin yararının arttığı ortaya koyulmuştur. NASCET ve ECST’de karotis stenozu belirlenmesinde kullanılan tanı yöntemi DSA olup daha sonra bu yöntem karotis stenozu tanısında altın standart olarak kabul edilmiştir. Öte yandan, DSA’nın, az da olsa, bildirilen kalıcı sakatlık ve ölüm riski endarterektominin yararını azaltmış ve yeni noninvazif testler arayışına yol açmıştır. Bu testler başlıca RDUS, MRA ve BTA olup, geçtiğimiz 10 yıl içinde bu testlerin karotis stenozundaki tanı değerini araştıran birçok çalışma yapılmıştır. 1990-1999 yılları arasında yapılan çalışmaları değerlendiren bir derlemede noninvazif testlerden MRA’nın ameliyat öncesi değerlendirmede DSA’nın yerini alabileceği tartışılmıştır (54). Günümüzde ülkemizde ve dünyada birçok merkez karotis stenozunun ameliyat öncesi değerlendirmesinde noninvazif testlerden yararlanmaktadır. Sık rastlanan bir uygulama doppler ve MRA’yı birlikte uygulamak ve bu test sonuçları arasında uyumsuzluk olduğu takdirde DSA’ya başvurmaktır. Son yıllarda, özellikle kontrastlı üç boyutlu MRA ve multislice BTA, karotis stenozunun noninvazif tanısına büyük katkılarda bulunmuştur. Kontrastlı MRA’nın cerrahi endikasyonu bulunan karotis stenozunu (%70 ve üzeri) saptamadaki sensitivite ve spesifitesi çeşitli çalışmalarda sırasıyla, % 93-100 ve % 85-100 arasında bulunmuştur (54,55,56,57). MSBTA ile ilgili

yayınlar daha yeni ve az sayıdadır. Tüm bu gelişmelere karşın noninvazif testlerdeki devinimler sürmektedir.

Bilgisayarlı tomografik anjiyografi (BTA) yüksek hız ve basınçla iyodlu kontrast madde enjeksiyonu yapılarak vasküler yapılar içerisinde yüksek kontrast seviyesi oluşturulduğu sırada damarların ince kesitler kullanılarak incelenmesi ve edinilen bilginin daha sonra rekonstrüksiyonu temeline dayanır (58). Spiral BT'nin kullanıma girdiği yıllardan itibaren giderek daha sık kullanılır hale gelmiş ve son yıllarda MSBT'nin kullanılmaya başlanması nedeniyle tanı doğruluğu, uygulanım kolaylığı ve etkinliği artmış olan bir yöntemdir (12,13,14,58,59,60). Hızlıdır, kolay uygulanır ve noninvaziftir. Buna karşılık, iyonizan radyasyon içerir ve kullanılan iyodlu kontrast maddelere karşı allerjik reaksiyon gelişebilir.

Gadolinium, MR incelemelerde yaygın olarak kullanılan paramanyetik bir metalik elementtir. T1A incelemelerde relaksasyon zamanını kısaltarak kontrast artışına yol açar. Aynı ajan MRA incelemelerde de vasküler görüntüleme süresini kısaltır ve klasik TOF görüntülemeye imaj kalitesini artırır. Gadoliniumlu kontrast maddelerin aynı zamanda kateter anjiyografisinde de intrarteryel olarak kullanılabilirdiği bildirilmiştir (18,19,61,62). Ayrıca, gadoliniumlu BTA göğüs boşluğu ve batındaki büyük damarların incelenmesinde de kullanılmıştır (15,63,64). İyotlu kontrast maddeler ile karşılaştırıldığında, gadoliniumlu kontrast maddelerin başta nefrotoksisite olmak üzere ciddi yan etki insidansları oldukça düşüktür, bununla beraber gadoliniumlu kontrast maddelerin de hücrel toksisite ve idrar konsantrasyonu üzerinden nefrotoksisiteye yol açabileceği bilinmektedir. Buraya kadar iyodlu kontrast maddeler ile benzer etki gösteren gadolinium, ekstraselüler alanda dağıldıktan sonra glomeruler filtrasyonla değişmeden,

doza bağımlı olarak idrara salgılanır ve yoğun biçimde hidrofildir. Bu nedenle idrara ekskresyonu sırasında temel olarak inert bir madde gibi davranır. Böbrek yetersizliği olan bireylerde gadolinyumun plazma yarı ömrünün uzadığı bildirilse de gadolinyum şelatının toksik dejenerasyonu gösterilmemiştir (19).

Gadolinyumun, x-ışını atenüasyon kabiliyeti nedeniyle BT incelemelerinde de vasküler ve parankimal boyanma özelliği gösterilmiştir (26,27,28). Ticari kullanımda bulunan gadolinyum preparatlarının BT'de parankimal kontrast yaratma özellikleri yeterli olmasa da yeni gelişen hızlı multidetektör görüntüleme ve optimal bolus zamanlaması sayesinde vasküler görüntüleme için kullanılabilmesine dair bazı çalışmalar mevcuttur (16,17). Bunlar, kısıtlı sayıda ve hayvanlarla gerçekleştirilen çalışmalar olup, ortak sonuçları gadolinyumun optimal vasküler kontrast yoğunluğu sağlayarak BTA'ya uygun bir ajan olabileceği yönündedir.

Boyun ve intrakranyal damarların BTA incelemesi kolay, noninvazif ve yararlı bir vasküler görüntüleme yöntemidir ve bugüne dek intrakranyal anevrizmaların tesbiti, büyük damar oklüzyon ve darlıklarının değerlendirilmesi, iskemik inme hastalarının tromboliz için değerlendirilmesi gibi çeşitli endikasyonlarla başarıyla kullanılmıştır. Buna karşılık iyodlu kontrast ajanlarının kontrendikasyonu bu tetkikin kullanımını engelleyebilir. Gadolinyumlu BTA, iyodlu kontrast maddelerin kontrendike olduğu hasta grubunda (iyod hipersensitivitesi, böbrek yetersizliği) kullanılacak bir yöntemdir. Tetkik sırasında verilen kontrast madde volümünün iyotlu kontrast maddeler ile karşılaştırıldığında 4-5 kat az olmasından dolayı iyi bir zamanlama ve hızlı çekim süresi gerekmektedir. Son zamanlarda kullanıma giren MSBT sayesinde uzaysal rezolüsyon artmıştır ve spiral BT ile

karşılaştırıldığında tetkik süresi 3-4 kat kısalmıştır. İngilizce literatürde, İntrakranyal ya da boyun damarlarının gadolinyumlu BTA ile incelendiği insanlarla yapılan tek çalışma, üç hastayı içeren bir olgu serisidir. Bu çalışmada, Henson ve arkadaşları, 16 detektörlü MSBT sisteminde gadolinyumun intrakranyal damarlarda iyi bir kontrast yoğunluğu yaratabildiğini ve komplikasyon ile karşılaşmadıklarını bildirmektedirler. Bizim çalışmamızda, bir hasta hariç (bu hasta ilk hastalarımızdan olup teknik standardizasyonu sürecimizin başlangıcında incelenmiştir) tüm hastalarımızda teknik başarımız % 100 olup vasküler kontrast yoğunluğumuz son derece iyidir. Gadolinyumun K-edge değeri çalışmamızda ve diğer BTA çalışmalarında kullanılan 80-140 kVp değerindeki filtre edilmiş ışın dozunun enerji profiline iyoddan daha uygun olup, gadolinyum preparatlarının birim hacim başına daha az gadolinyum atomu içermesi, kullanılması gereken dozun fazla olmasına yol açmaktadır.

Literatürde gadolinyum ekstravazasyonunun ciddi cilt ve yumuşak doku nekrozuna yol açtığı bildirilmektedir. Bu komplikasyonu önlemek için distal üst ekstremité damar yollarından kaçınılması ve mümkün olan en geniş intravenöz kateterin kullanılması önerilmektedir. Bizim çalışmamızda genellikle antekubital ven ve 20 G intravenöz kateter kullanılmış ve hiçbir hastada ekstravazasyon komplikasyonu ile karşılaşılmamıştır.

Gadolinyum genel olarak iyi tolere edilen bir kontrast ajanıdır. Henson ve arkadaşları, üç hastalarından birinde hafif bir flushing ve bulantıyla karşılaşmışlardır. Biz, çalışmamızda hiçbir hastamızda objektif veya subjektif intolerans bulgusuyla karşılaşmadık.

Henson ve arkadaşları, gadolinyumlu BTA çalışmalarında toplam 60 ml (0.4 mmol/kg) gadopentetat dimeglumini 4 ml/sn bolus olarak injekte etmişler ve aynı hızda toplam 20 ml saline ile injeksiyona devam etmişlerdir. Bizim çalışmamızda, bolus hızı ve salin uygulaması benzerdir. Buna karşılık, kontrast ajanı gadobutrol (*Gadovist*, Schering, Almanya) olup, toplam doz 30 ml (0,3mmol/kg) dir.

Kullandığımız kontrast maddenin birim hacim başına diğerlerinden daha yüksek gadolinyum konsantrasyonu içermesi nedeniyle, kullanılan doz Henson ve arkadaşlarınınkinin yarısıdır. Bizim kullandığımız preparat kliniğimizde, MR perfüzyon görüntüleme ve periferik MRA tetkiklerinde bizim kullandığımız dozda rutin olarak kullanılmaktadır (0,3-0,4ml/kg). Bu nedenle bu uygulama gadolinyumun deneysel bir uygulaması kabul edilmemelidir. İntravasküler kontrastın sağlanması önemli bir diğer faktör olan bolus zamanlamasında, BTA ile yapılan çalışmalarda çeşitli yöntemler başarıyla kullanılmaktadır. Bunlar, hastanın yaş ve dolaşım özelliklerine göre tahmini dolaşım süresi kullanılması, küçük test dozu ile dolaşım süresinin hesaplanması veya vasküler yapı içinde belli kontrast elde edildiğinde bolusun otomatik olarak cihaz tarafından başlatılması yöntemleridir. Henson ve arkadaşları, hastaların yaş ve damar özelliklerine göre 25-40 saniye arasında değişen bir gecikme süresi kullanmışlardır. Biz çalışmamızda, 'automatic bolus tracking' yöntemini kullandık, bu sayede damar içinde gadolium tarafından uygun miktarda kontrast oluştuktan sonra çekimin başladığından emin olduk.

Aterosklerotik karotis darlığı mevcut olan hasta grupları ile yapılan çalışmalarda RDUS, MRA (TOF ve kontrastlı 3D) ve BTA (spiral BT ve MSBT ile yapılan)'nın tanı değerleri araştırılmıştır. % 70 ve üzerinde stenozu

olan hastalarda eliptik sentrik kontrastlı MRA'nın sensitivite ve spesifitesinin, sırasıyla % 93-100 ve % 85-100 arasında olduğu gösterilmiştir. Aynı hasta grubunda, özellikle multislice BTA'nın tanı değerinin benzer olduğu bildirilmektedir. Bizim çalışma grubumuzda gadobutrol ile yapılan BTA'nın sensitivite ve spesifite değeri, % 50 stenozu 'cut-off' değeri olarak kullandığımızda, sırasıyla % 88 ve %91 olarak bulunmuştur. Çalışma grubumuz küçük olmakla beraber iyi randomize edilmiştir ve literatürde iyodlu kontrast maddelerle yapılan çalışmalarla karşılaştırılabilir derecede iyi sensitivite ve spesifite elde edilmiştir. Hastalarımızda elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirmesinde karotis stenozunun tanısında altın standart kabul edilen DSA ile de ileri derecede anlamlı korelasyon bulunmuştur.

Gadoliyumun, iyi tolere edilen, toksisitesi düşük ve düşük hacimlerde iyi vasküler kontrast yaratan bir ajan olması ve gadolinyumlu BTA ile çalışmamızda elde edilen yüksek tanı değeri göz önüne alındığında, iyodlu kontrast madde kontrendikasyonu olan hastalar yanında, maliyet engeli aşıldığında, bu tetkikin daha geniş endikasyonlarla farklı hasta gruplarına da hizmet verebileceği görüşündeyiz. Gadoliyumlu BTA'nın boyundaki karotis arter bifurkasyonunun değerlendirildiği yegane çalışma bildiğimiz kadarıyla bizim çalışmamızdır. Hasta grubumuzun küçük olması nedeniyle, bu konuda literatürde yeni, daha geniş kapsamlı ve diğer modaliteler ile karşılaştırmaları kapsayan çalışmaların gerekli olduğuna inanmaktayız. Ayrıca, yalnız karotis arterleri değil intrakranyal damarlar ve özellikle intrakranyal anevrizmaların da bu yöntemle incelenmesinin tetkikin tanı değerini daha iyi ortaya koyacağını düşünüyoruz.

Karotis BTA'larında tetkikin teknik başarısını kısıtlayan bazı faktörler bildirilmektedir. Bunlar arasında dental dolgu materyalleri, yutkunma veya solunum artefaktları yer almaktadır. Tomandı ve arkadaşlarının karotis bifurkasyonlarını değerlendirdikleri BTA çalışmasında yer alan 85 hastadan ikisi dental artefaktlar nedeniyle değerlendirme dışı bırakılmıştı (58). Bizim hastalarımızda bifurkasyon değerlendirmesine engel olacak artefakt mevcut değildi.

Daha önce de belirtildiği gibi literatürde gadolinyumun BTA kontrast maddesi olarak kullanımı konusunda az sayıda deneysel hayvan çalışması mevcuttur (16,17). Deneysel olmayan çalışmaların büyük kısmı olgu sunumu veya olgu serisi şeklindedir (15,59,64). Literatürde bu kadar büyük seri ve karşılaştırmalı çalışma bulunmamaktadır. Çalışmamız bu alandaki eksikliğı gidermeyi amaçlamaktadır.

Çalışmamızda kullanılan gadobutrol, son dönemlerde kullanıma giren MR kontrast ajandır. Diğer gadolinyum içeren kontrast maddeler içerisinde, mililitrede 1 mmol'lük konsantrasyon yoğunluğu ile öne çıkmaktadır. MR perfüzyon, periferik MRA gibi yüksek volüm ve yoğunluk gerektiren tetkiklerde kullanılmaktadır. Literatürdeki yayınlarla karşılaştırıldığında, yüksek yoğunluklu gadolinyum preparatı ile yapılan BTA tetkikinde daha yüksek dansite elde edilmektedir. Noniyonik iyotlu kontrast madde kullanarak yapılan BTA ile karşılaştırıldığında; subjektif görüntü kalitesi daha az olmasına rağmen tanı için yeterli görülmüştür.

Çalışmamız gadolinyumlu BTA'nin teknik yeterlilik ve noninvazif vasküler görüntüleme yöntemi olarak tanı değerini sınamak amacıyla yapılmış ve

iskemik serebrovasküler hastalık bulguları mevcut hastaları konu almıştır. Seçilen hasta grubunun özellikleri nedeniyle gadolinyumun böbrek hastalarındaki güvenliği ve toksisite konusu tartışılmamıştır.

William ve arkadaşları 43 çalışmayı kapsayan meta-analizinde; BTA için yüksek sensitivite ve spesifite bildirmişlerdir. BTA, %70'in üzerindeki darlıklarda %95(%91-97) sensitivite, %98(%96-99) spesifiteye sahiptir. %30'üzerindeki darlıklarda ise iyi bir sensitivite değerine sahiptir(%95 ;93-97) (66,67,68). Literatürde dört dedektörlü cihazlarla yapılan MSBTA çalışmalarında ileri darlıklarda ve oklüzyonlarda DSA ile %100 korelasyon izlenmektedir (68). Literatürde gadolinyumlu BTA tetkiki ile ilgili sensitivite ve spesifite değerleri mevcut değildir. Çalışmamızda İKA darlıklarında gadolinyumlu BTA ve DSA tetkikleri arasında ileri derecede korelasyon olduğu gözlenmiştir ($r=0,931$ $p< 0,001$).

Karotis stenozlarında, şimdiye kadar gerçekleştirilen araştırmalar özellikle komplike yapıda, ülser plakların emboli ve iskemik inme insidansını arttırdığını göstermektedir. Bu nedenle karotisin aterosklerotik tutulumunda, stenoz oranı yanında plak karakterizasyonunun da önemli olduğu ortaya konmuş ve bu alanda hangi tetkikin başarılı olduğu araştırılmıştır. RDUS, plak karakterizasyonunda başarılı bir tetkik olarak öne çıkmakla beraber kalsifik içerikli plaklarda hem stenoz derecesinin değerlendirilmesinin zorlaştığı hem de komplike plaklarda kalsifik olmayan komponentin algılanmasının güçleştiği bilinmektedir. TOF ve kontrastlı MRA plak karakterizasyonu konusunda başarılı sonuçlar vermemekle beraber, yüzey sargıları ve özel sekanslar kullanılarak yapılan MR incelemelerde iyi sonuçlar elde edilebileceği gösterilmiştir. Plak karakterizasyonunda BTA daha başarılıdır. Spiral BT ile şimdiye dek yapılan çalışmalarda BTA'nın kalsifik,

yağlı veya komplike yapıda plakları göstermede son derece başarılı olduğu ve küçük ülserasyonları bile ortaya koyabildiği saptanmıştır. DSA ülserasyona duyarlı bir tetkik olmakla beraber plak karakterizasyonunda başarılı değildir. Çalışmamızda BTA'nın plak içeriğini saptamada DSA'ya üstün olduğu gösterilmiştir. Ancak tanıda altın standardın bu konuda belli olmaması ve cerrahi bulguların mevcut olmaması nedeniyle istatistiksel çalışma yapılamamıştır.

Çalışmamızda dokuz hastada mevcut olan diğer noninvazif tetkiler (RDUS, daha önceki tarihe ait iyodlu kontrast madde ile yapılan BTA ve MRA) gadolinyumlu BTA ve DSA ile karşılaştırılabilir sonuçlar vermişlerdir ancak çalışmanın metodu nedeniyle istatistiksel karşılaştırılma yapılması hedeflenmemiştir.

Parafaringeal kitle nedeniyle, vasküler inceleme ve karotis test oklüzyonu için birimize refere edilen bir hastada DSA tekikinde EKA'da ileri darlık, İKA'da oklüzyon izlenmiştir. Gadolinyumlu BTA tetkiki, KKA, İKA ve EKA'yı oklüde göstermiştir. İKA oklüzyonu sonucu KKA distalinde ve EKA'da akım ileri derecede yavaşlamış olup gadolinyum yeterli intravasküler dansiteyi oluşturamamıştır. Bu sonuç oklüde karotis arterler proksimalinde kontrastın yeterli dansite oluşturamaması nedeniyle tanı zorluklarına yol açabilir.

Düşük enerjili ışın kullanımı (80kV), K yörünge değeri 50 keV olan gadolinyumun tanı için yeterli intravasküler atenüasyon göstermesine neden olmuştur. Henson ve arkadaşları 0,5 mmolar gadolinyum kullandıklarında iyodun $1/2$ ile $1/3$ 'ü kadar atenüasyon oluşturduğunu bildirmişlerdir (59). Bizim kullandığımız 1 mmol gadolinyum ve 80 kV'luk ışın enejisi ile

bifurkasyon öncesi KKA'nde 162-253 HU aralığında (ortalama 202 HU) dansiteye ulaşılmasına neden olmuştur.

Gadolinyumlu BTA, iyodlu tetkike göre daha kısıtlı alanı incelemeye izin verdiğinden tandem stenozları tanımadaki başarısı DSA'ya göre düşüktür. DSA incelemesinde bir hastamızda, orta serebral arter bifurkasyonunda rastlantısal sakküler anevrizma tespit edildi, ancak bizim incelememizde karotis bifurkasyonuna yönelik olduğu için anevrizma BTA'da görüntülenemedi. DSA stenoz yüzdesi tespitinde altın standart olduğu gibi tandem lezyonları saptamada BTA'ya belirgin şekilde üstündür.

Üç boyutlu görüntüleri oluşturduğumuz ve tüm görüntüleri değerlendirdiğimiz 'workstation'larda darlık ölçümlerinde birim değer 1mm idi. Bu durum 12 hastada DSA'da tespit edilen değerden daha az ölçülmesine yol açmıştır (örneğin; %95'e karşılık %80 ölçülmesi gibi), 5 hastada ise ölçüm gerçeğe göre yüksek bir değer vermiştir. Bu sorunların kullanılan bilgisayar yazılımının geliştirilmesi ile çözüleceği görüşündeyiz. Öte yandan, bizim çalışmamızda ölçümlerde bu nedenle oluşan sapmanın NASCET'e göre yapılan darlık alt gruplarına göre anlamlı farklılık oluşturmadığı görüşündeyiz.

Çalışmamızda kullanılan gadolinyumlu kontrast maddenin maliyeti yüksektir. Kullanılan preparat, BTA'da kullanılan eşdeğer dozda iyodlu kontrast maddelerin ülkemiz şartlarında yaklaşık dört katı maliyete sahiptir. Çeşitli nedenlerle, başka ülkelerde durum daha farklı olabilir. Bununla beraber, konuyla ilgili tüm çalışmalarda gadolinyumun yüksek maliyetinin önemli bir handikap olduğu bildirilmektedir. BTA'da kullanımın yaygınlaşması, ticari preparatların fiyatlandırılmasında değişikliklere yol açabilir.

6.SONUÇ

BTA gerek boyun gerekse intrakranyal damarların değerlendirilmesinde başarılı bir yöntemdir ancak DSA özellikle karotis stenozu tanısında altın standart olmaya devam etmektedir. Gadolinyumlu BTA sınırlı sayıda hastada kullanışlı bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu tetkikin sensitivitesi ve spesifisitesi çalışmamızda sırasıyla % 88 ve % 91 olarak bulunmuş olup klasik uygulama olan iyodlu kontrast maddelerin kullanıldığı BTA ile karşılaştırılabilir sonuç olarak kabul edilebilir. Çalışmamızda gadolinyumlu BTA'nın teknik başarısı çok iyi olup hastalar tarafından iyi tolere edilmiş ve komplikasyonla karşılaşmamıştır. Tanının altın standardı olan DSA ile yapılan karşılaştırmada ileri derecede korelasyon saptanmıştır ($r=0,931$ ve $p<0,001$). Bu sonuçlar gadolinyumlu BTA uygulamasının etkin ve güvenli bir yöntem olduğunu düşündürmektedir. Bu tetkikin özellikle yüksek maliyet nedeniyle standart bir uygulama olmaması gerçeği ileride maliyet dezavantajının aşılması ve bu konunun etkinlik ve güvenliğini sınavan daha kapsamlı çalışmaların yapılması sayesinde değişebilir.

7.ÖZET

Ateroskleroza bağlı ölümlerde iskemik serebrovasküler hastalık, koroner arter hastalıklarının ardından ikinci sırada yer alır. Serebral infarktların çoğu karotis arterlerin sulama alanı içinde ortaya çıkar. Halen dijital substraksiyon anjiyografisi, karotis arter stenozunun tanımlanmasında ve stenozun derecesinin belirlenmesinde altın standarttır. İyod bazlı kontrast madde kontrendikasyonu olan hastalarda (renal fonksiyon bozukluğu ve iyot allerjisi) dijital substraksiyon anjiyografisi ve bilgisayarlı tomografi anjiografi tetkikleri mümkün olamamaktadır. Gadolinyumlu bilgisayarlı tomografik anjiografi, böbrek fonksiyonları yetersiz veya iyod allerjisi bulunan hastaların noninvazif vasküler incelemesinde etkin ve güvenli bir alternatif oluşturabilir. Bu çalışmada gadolinyum (gadobutrol) kontrastlı bilgisayarlı tomografi anjiografinin karotis komünis arter bifurkasyonunda stenoz derecesi ve plak içeriklerinin değerlendirilmesindeki tanı değeri, altın standart olan dijital substraksiyon anjiyografisi ile karşılaştırılarak araştırılmıştır.

İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Radiodiagnostik Anabilim Dalı, dijital substraksiyon anjiyografisi ve bilgisayarlı tomografi laboratuvarlarında, Temmuz 2004 ve Mart 2005 tarihleri arasında geçici iskemik atak ve iskemik inme semptom ve bulguları nedeniyle incelenen 15 ve parafaringeal kitle nedeniyle değerlendirilen iki hasta olmak üzere, toplam 17 hastaya gadolinyumlu bilgisayarlı tomografik anjiografi tetkiki yapılmıştır. Bir hasta dışında hepsine dijital substraksiyon anjiyografisi tetkiki yapılmıştır. İki hasta yeterli kontrast dansitesi elde edilememesi nedeniyle inceleme dışı bırakılmıştır.

Değerlendirilen 30 bifurkasyondan (EKA, İKA ve KKA), DSA tetkiki olmayan üç tanesi istatistik incelemeye dahil edilmemiştir. 27 İKA'nın 6'sı (%22) normal, 7'sinde (%26) hafif derecede darlık, 3 'ünde (%11) hafif-orta derecede darlık, 2'sinde (%7) orta derecede darlık, 7'sinde (%26) ileri derecede darlık, 2'sinde (%7) oklüzyon saptandı. 27 KKA'nın 21'i (%78) normal, 2'sinde (%19) hafif derecede darlık ve 1'inde (%4) oklüzyon izlenmektedir. İncelenen EKA'ların 18'i (%67) normal, 7'sinde (%26) hafif derecede darlık, 1'inde (%4) ileri derecede darlık ve 1'inde (%4) de oklüzyon izlenmektedir. Gadolinyumlu bilgisayarlı tomografik anjiografinin kateter anjiografisi ile karşılaştırılması Spearman'ın korelasyon testine göre yapıldı. İki tetkik arasında ileri derecede korelasyon mevcuttur ($r=0,931$ ve $P<0,001$). Spesifite %88, sensitivite %91 olarak bulunmuştur.

Gadolinyumlu BTA, çalışmamızda tanı değeri yüksek, etkin ve güvenli bir yöntem olarak değerlendirilmiştir. Çalışmamız literatürde insanlarda karotis arterlerinin gadolinyumlu BTA ile değerlendirildiği tek çalışmadır. Tetkikin değerinin daha iyi anlaşılması için bu konuda daha kapsamlı başka çalışmalar yapılması gerekmektedir.

8. KAYNAKLAR

1. Beuchamp NJ, Brayn RN. *Acute cerebral ischemic infarction: A pathophysiologic review and radiologic perspective. AJR 1998; 171:73-83.*
2. Andreoli TE, Bennett JC, Carpenter CJ, Plum F, Smith LH. *Neurological disease. Plum F, Bosner JB. Cecil Essentials of Medicine. W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA. 1993; 826-827.*
3. Kuntz KM, Skillman JJ, Whittemore AD, Kent KC. *Carotid endarterectomy in asymptomatic patients: is contrast angiography necessary? A morbidity analysis. J Vasc Surg 1995; 22:706-717.*
4. Erickson SJ, Mewissen MW, Foley WD, et al. *Stenosis of the internal carotid artery: assessment using color Doppler imaging compared with angiography. AJR 1989; 152:1299-1305.*
5. Patel SG, Collie DA, Wardlaw JM, Lewis SC, Wright AR, Gibson RJ, Sellar RJ. *Outcome, observer reliability, and patient preferences if CTA, MRA, or Doppler ultrasound were used, individually or together, instead of digital subtraction angiography before carotid endarterectomy. J Neurol Neurosurg Psychiatry 2002; 73: 21-28.*
6. Heiserman JE, Drayer B, Fram E, et al. *Carotid artery stenosis: Clinical efficacy of two dimensional time of flight MR angiography. Radiology 1992; 182:761-768.*
7. Litt AW, Eidelman EM, Pinto RS. *Diagnosis of carotid artery stenosis: comparison of 2D FT time of flight MR angiography with contrast angiography in 50 patients. AJNR 1991; 12:149-154.*
8. DeMarco JK, Huston J 3rd, Bernstein MA. *Evaluation of classic 2D time-of-flight MR angiography in the depiction of severe carotid stenosis. AJR 2004; 183:787-793.*

9. Goyal M, Nicol J, Gandhi D. Evaluation of carotid artery stenosis: contrast-enhanced magnetic resonance angiography compared with conventional digital subtraction angiography. *Can Assoc Radiol J* 2004; 1955:111-119.
10. U-King-Im JM, Trivedi RA, Graves MJ, Higgins NJ, Cross JJ, Tom BD, Hollingworth W, Eales H, Warburton EA, Kirkpatrick PJ, Antoun NM, Gillard JH. Contrast-enhanced MR angiography for carotid disease: diagnostic and potential clinical impact. *Neurology* 2004; 62:1282-1290.
11. Jewells V, Castillo M. MR angiography of the extracranial circulation. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2003;11:585-597.
12. Kouskouras C, Charitanti A, Giavroglou C, Foroglou N, Selviaridis P, Kontopoulos V, Dimitriadis AS. Intracranial aneurysms: evaluation using CTA and MRA. Correlation with DSA and intraoperative findings. *Neuroradiology* 2004; 46: 842 - 850.
13. Hoh BL, Cheung AC, Rabinov JD, Pryor JC, Carter BS, Ogilvy CS. Results of a prospective protocol of computed tomographic angiography in place of catheter angiography as the only diagnostic and pretreatment planning study for cerebral aneurysms by a combined neurovascular team. *Neurosurgery* 2004; 54:1329-1340.
14. Josephson SA, Bryant SO, Mak HK, Johnston SC, Dillon WP, Smith WS. Evaluation of carotid stenosis using CT angiography in the initial evaluation of stroke and TIA. *Neurology* 2004; 63:457-460.
15. Chryssidis S, Davies RP, Tie ML. Gadolinium-enhanced computed tomographic aortography. *Australas Radiol* 2002; 46:97-100.
16. Kyongtae T B, Ronan M D, David S G, Jay P H, Mark A N, Naoki T, Cheng H. Gadolinium-Enhanced Computed Tomography Angiography in Multi-Detector Row Computed Tomography: Initial Observations. *Acad Radiol* 2004; 11:61-68.

17. Gierada DS, Bae KT. Gadolinium as a CT contrast agent: assessment in a porcine model. *Radiology* 1999; 210:829-834.
18. Spinosa DJ, Matsumoto AH, Angle JF, Hagspiel KD, Cage D, Bissonette EA, Koenig KG, Ayers CR, McConnell K. Safety of CO₂-and Gadodiamide-Enhanced Angiography for the Evaluation and Percutaneous Treatment of Renal Artery Stenosis in Patients with Chronic Renal Insufficiency. *AJR* 2001; 176:1305-1311.
19. Sam AD, Morasch MD, Collins J, Song G, Chen R, Pereles FS. Safety of gadolinium contrast angiography in patients with chronic renal insufficiency. *J Vasc Surg* 2003;38:313-318.
20. Kaufman JA, Geller SC, Bazari H, Waltman AC. Gadolinium-based contrast agents as an alternative at vena cavography in patients with renal insufficiency: early experience. *Radiology* 1999; 212:280–284.
21. Spring DB, Bettmann MA, Barkan HE. Nonfatal adverse reactions to iodinated contrast media: spontaneous reporting to the U.S. Food and Drug Administration, 1978–1994. *Radiology* 1997; 204: 325–332.
22. Spring DB, Bettmann MA, Barkan HE. Deaths related to iodinated contrast media reported spontaneously to the U.S. Food and Drug Administration, 1978–1994: effect of the availability of low-osmolality contrast media. *Radiology* 1997; 204:333–337.
23. Goldstein H, Kashanian F, Blumetti R, Holyoak W, Hugo F, Blumenfeld D. Safety assessment of gadopentetate dimeglumine in US clinical trials. *Radiology* 1990; 174:17–23.
24. Niendorf HP, Haustein J, Louton T, Beck W, Laniado M. Safety and tolerance after intravenous administration of 0.3 mmol/kg Gd-DTPA: Results of a randomized, controlled clinical trial. *Invest Radiol* 1991; 26:221–223.

25. Prince MR, Arnoldus C, Frisoli JK. Nephrotoxicity of high-dose gadolinium compared with iodinated contrast. *J Magn Reson Imaging* 1996; 6:162-166.
26. Bloem JL, Wondergem J. Gd-DTPA as a contrast agent in CT. *Radiology* 1989; 171:578-579.
27. O'Hare NJ. Contrast agent CT imaging in variable sized organs using single energy synchrotron radiation. *Phys Med Biol* 1992; 37:1519-1530.
28. Quinn AD, O'Hare NJ, Wallis FJ, Wilson GF. Gd-DTPA: an alternative contrast medium for CT. *J Comput Assist Tomogr* 1994; 18:634-636.
29. Luboldt W, De Santis M, von Smekal A, Reiser M. Attenuation characteristics and application of gadolinium-DTPA in fast helical computed tomography. *Invest Radiol* 1997; 32:690-695.
30. Gardner JN. *Medical Embriology*, William&Wilkins, Baltimore, USA. 1990; 208-210.
31. Pabts R, Putz R. Sobotta İnsan Anatomi Atlası, (Çeviren; Arıncı K). 4. Türkçe basım, Cilt 1, Beta, Münih, Almanya. 1994; 151.
32. Davis WL, Jacops J. *Cerebral vasculature: normal anatomy and pathology*. Osborn AG, *Diagnostic neuroradiology*. Mosby, St. Louis, USA. 1994:119-22.
33. Goldstein LB. Extracranial Carotid Artery Stenosis. *Stroke* 2003; 34:2767.
34. Bluth EI, Stavros AT, Marich KW, Wetzner SM, Aufrichtig D, Baker JD. Carotid duplex sonography: a multicenter recommendation for standardized imaging and Doppler criteria. *Radiographics* 1988; 8: 487-506.

35. Steinke W, Kloetzsch C, Hennerici M. Carotid artery disease assessed by color Doppler flow imaging: correlation with standard Doppler sonography and angiography. *AJNR* 1990; 11: 259-266.

36. Furst H, Hartl WH, Jansen I, Liepsch D, Lauterjung L, Schildberg FW. Color-flow Doppler sonography in the identification of ulcerative plaques in patients with high-grade carotid artery stenosis. *AJNR* 1992; 13:1581-1587.

37. Barnett HJM. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with moderate or severe stenosis. *N Engl J Med* 1991; 325:445-453.

38. Barnett HJ, Taylor DW, Eliasziw M, Fox AJ, Ferguson GG, Haynes RB, Rankin RN, Clagett GP, Hachinski VC, Sackett DL, Thorpe KE, Meldrum HE, Spence JD. Benefit of carotid endarterectomy in patients with symptomatic moderate or severe stenosis. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. *N Engl J Med* 1998; 339:1415-25.

39. The European Carotid Surgery Trialists Collaborative Group. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet* 1998; 351: 1379-87.

40. Executive committee for Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study. Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. *JAMA* 1995; 273:1421-1428.

41. Stahl JA, Middleton WD. Pseudoulceration of the carotid artery. *J Ultrasound Med* 1992; 11:355-358.

42. Görtter M, Niethammer R, Widder B. Differentiating subtotal carotid artery stenosis from occlusions by colour-coded duplex sonography. *J Neurol* 1994; 241:301-305.
43. Barnett HJ, Warlow CP. Carotid endarterectomy and measurement of stenosis. *Stroke* 1993; 24:1281-1284.
44. CAVATAS Investigators. Endovascular versus surgical treatment in patients with carotid stenosis in the Carotid and Vertebral Artery Transluminal Angioplasty Study (CAVATAS): a randomised trial. *Lancet* 2001; 357:1729-1737
45. Katada K. Half-second, half millimeter real time multislice helical CT: CT diagnosis using Aquillon. *Medical Review* 1998;68:1-8.
46. Flohr T, Bruder H, Stierstorfer K, Simon J, Schaller S, Ohnesorge B. New technical developments in multislice CT, part 2: Submillimeter 16-slice scanning and increased gantry rotation speed for cardiac imaging. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 2002; 174:1022-1027 (abstract).
47. Grenier PA, Beigelman Aubry C, Fetita C, et al. New frontiers in CT imaging of airway disease. *Eur Radiol* 2002; 12:1022-1044.
48. Saito Y. Multislice CT scanner. *Medical Review* 1998; 66:1-8.
49. Hu H, He HD, Foley WD, Fox SH. Four multidetector-row helical CT: image quality and volume coverage speed. *Radiology* 2000; 215:55-62.
50. Mahesh M. Search for isotropic resolution in CT from conventional through multiple-row detector. *Radiographics* 2002; 22:949-962.
51. Murakami T, Kim T, Takamura M, et al. Hypervascular hepatocellular carcinoma: detection with double arterial phase multi-detector row helical CT. *Radiology* 2001; 218:763-767.

52. Horiguchi J, Nakanishi T, Ito K, et al. *Quantification of coronary artery calcium using multidetector CT and a retrospective ECG-gating reconstruction algorithm. AJR 2001; 177:1429-1435.*

53. Nieman K, Rensing BJ, van Geuns RJ, et al. *Usefulness of multislice computed tomography for detecting obstructive coronary artery disease. Am J Cardiol 2002 15; 89:913-908.*

54. Cosottini M, Pingitore A, Puglioli M, Michelassi MC, Lupi G, Abbruzzese A, Calabrese R, Lombardi M, Parenti G, Bartolozzi C. *Contrast-Enhanced Three-Dimensional Magnetic Resonance Angiography of Atherosclerotic Internal Carotid Stenosis as the Noninvasive Imaging Modality in Revascularization Decision Making. Stroke 2003; 34:660-664.*

55. Alvarez-Linera J, Benito-Leo'n J, Escribano J, Campollo J, and Gesto R. *Prospective Evaluation of Carotid Artery Stenosis: Elliptic Centric Contrast-Enhanced MR Angiography and Spiral CT Angiography Compared with Digital Subtraction Angiography. AJNR 2003; 24:1012-1019.*

56. Scarabino T, Carriero A, Giannatempo GM et al. *Contrast-enhanced MR angiography (CE MRA) in the study of the carotid stenosis: comparison with digital subtraction angiography (DSA). Neuroradiology 1999; 26:87-91.*

57. Serfaty JM, Chirossel P, Chevallier JM, Ecochard R, Froment JC, Douek PC. *Accuracy of three-dimensional gadolinium-enhanced MR angiography in the assessment of extracranial carotid artery disease. AJR 2000; 175:455-463.*

58. Tomandl BF, Klotz E, Handschu R, Stemper B, Reinhardt F, Huk WJ, Eberhardt KE, Fateh-Moghadam S. *Comprehensive Imaging of Ischemic Stroke with Multisection CT. Radiographics 2003; 23:565-592.*

59. Henson JW, Nogueira RG, Covarrubias DJ, Gonzalez RG, Lev MH. Gadolinium-Enhanced CT Angiography of the Circle of Willis and Neck. *AJNR* 2004; 25:969–972.

60. Hollingworth W, Nathens AB, Kanne JP, Crandall ML, Crummy TA, Hallam DK, Wang MC, Jarvik JG. The diagnostic accuracy of computed tomography angiography for traumatic or atherosclerotic lesions of the carotid and vertebral arteries: a systematic review. *Eur J Radiol* 2003; 48:88-102.

61. Spinosa DJ, Kaufmann JA, Hartwell GD. Gadolinium chelates in angiography and interventional radiology: a useful alternative to iodinated contrast media for angiography. *Radiology* 2002; 223:319–325.

62. Kaufman JA, Geller SC, Waltman AC. Renal insufficiency: gadopentetate dimeglumine as a radiographic contrast agent during peripheral vascular interventional procedures. *Radiology* 1996; 198:579–581.

63. Wicky S, Greenfield A, Fan CM, Geller SC, Hamberg LM, Hoffmann U, Waltman AC. Aortoiliac Gadolinium-enhanced CT Angiography: Improved Results with a 16-Detector Row Scanner Compared with a Four-Detector Row Scanner. *J Vasc Interv Radiol* 2004; 15:947-954.

64. Karcaaltincaba M, Foley WD. Gadolinium-enhanced multidetector CT angiography of the thoracoabdominal aorta. *J Comput Assist Tomogr* 2002; 26:875-878.

65. Cumming MJ, Morrow IM. Carotid artery stenosis: a prospective comparison of CT angiography and conventional angiography. *AJR* 1994; 163: 517–523.

66. Link J, Brossmann J, Penselin V, Gluer CC, Heller M. Common carotid artery bifurcation: preliminary results of CT angiography and color-

coded duplex sonography compared with digital subtraction angiography. AJR 1997; 168:361–365.

67. Marks MP, Napel S, Jordan JE, Enzmann DR. *Diagnosis of carotid artery disease: preliminary experience with maximum-intensity-projection spiral CT angiography. AJR 1993; 160:1267–1271.*

68. Cosottini M, Pingitore A, Puglioli M, Michelassi MC, Lupi G, Abbruzzese A, Calabrese R, Lombardi M, Parenti G, Bartolozzi C. *Contrast-Enhanced Three-Dimensional Magnetic Resonance Angiography of Atherosclerotic Internal Carotid Stenosis as the Noninvasive Imaging Modality in Revascularization Decision Making. Stroke 2004; 35:83.*

