

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
RADYODİAGNOSTİK ANABİLİM DALI



**İNTRAKRANİAL ANA ARTERİYEL YAPILARIN
STENOOKLÜZİF PATOLOJİLERİNDE EKSTRAKRANİAL
SEGMENT KAROTİS-VERTEBRAL ARTER RENKLİ
DOPPLER ULTRASONOGRAFİ BULGULARI**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Burçin KİBAR ÖZTÜRK

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Sadık TAMSEL

İZMİR - 2014

ÖNSÖZ

Uzun ve zorlu uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Nevra ELMAS'a ve Anabilim Dalımız öğretim üyesi ve aynı zamanda tez danışmanım Prof. Dr.Sadık TAMSEL'e, ayrıca rotasyonlarımda bana emeği geçen kliniğimizin diğer bölümlerindeki değerli hocalarıma teşekkür etmeyi bir borç bilirim. Eğitimim boyunca beraber pek çok şey paylaştığımız, beraberce uzmanlık eğitimi yapmaktan mutluluk duyduğum sevgili asistan arkadaşlarıma, bölümümüzde çalışan personelimize teşekkürlerimi sunarım. Tüm eğitim ve öğrenim hayatımda desteklerini yanımda hissettiğim aileme ve sevgili eşime sonsuz minnet ve sevgilerimi sunarım.

Burçin KİBAR ÖZTÜRK

İZMİR/2014

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
RESİMLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
I. Giriş ve Amaç	1
1.1. Genel Bilgiler	1
1.1.1 Anatomi	1
1.1.1.1. A. Vertebralis	1
1.1.1.2. A. Basillaris.....	4
1.1.1.3. Circulus Arteriosus (Willis Poligonu).....	6
1.1.1.4. Ana Karotis Arter	6
1.1.1.5. Eksternal Karotis Arter.....	9
1.1.1.6. İnternal Karotis Arter	11
1.1.2. Serebrovasküler Hastalıklar	16
1.1.2.1. İnme.....	17
1.1.2.1.1. Tanım	17
1.1.2.1.2. Epidemiyoloji	17
1.1.2.1.3. Risk Faktörleri.....	18
1.1.2.1.4. Etiyolojik Değerlendirme	20
1.1.2.1.5. Prognoz.....	21
1.1.2.2. Karotis Sistemi ve Vertebrobaziler Sistem Klinik Özellikleri	22
1.1.2.3. İnmede Risk Faktörü Olarak Asemptomatik Karotis ve Vertebral Arter Stenozu.....	23
1.1.2.3.1. Karotis Arter Stenozu.....	23
1.1.2.3.2. Vertebral Arter Stenozu	25
1.1.2.4. Serebrovasküler Hastalıkların Diğer Nedenleri	25
1.1.2.4.1. Arteriyel Elongasyon, Tortuozite, Kink Oluşumu	25
1.1.2.4.2. Fibromuskuler Displazi	25
1.1.2.4.3. Dıştan Bası	26
1.1.2.4.4. Radyasyonla İlişkili Karotis Arter Stenozu.....	26
1.1.2.4.5. Travmatik Oklüzyon ve Spontan İntimal Diseksiyon	26
1.1.2.4.6. İnflamatuvar Arteriyopatiler	26

1.1.2.4.7. Kraniyoservikal Arteriyel Diseksiyon.....	27
1.1.3. Tanı Yöntemleri	27
1.1.3.1. Doppler Ultrasonografi	27
1.1.3.1.1. İnceleme Yöntemleri	30
1.1.3.1.1.1. Devamlı Dalga (Continuous Wave- CW) Doppler	30
1.1.3.1.1.2. Spektral Doppler	30
1.1.3.1.1.3. Renkli Doppler	31
1.1.3.1.1.4. Power Doppler (Enerji Mod Görüntüleme)	32
1.1.3.1.2. İnceleme Ölçütleri	33
1.1.3.1.3. Kan Damarlarındaki Hemodinami	35
1.1.3.1.4. Akım Değerlendirilmesi	36
1.1.3.1.5. Endikasyonları ve Kullanım Alanları.....	38
1.1.3.2. Manyetik Rezonans Anjiyografi	38
1.1.3.2.1. Time of Flight (TOF) MR Anjiyografi	39
1.1.3.2.2. Faz Kontrast Anjiyografi.....	39
1.1.3.2.3. Kontrastlı MR Anjiyografi	39
1.1.3.2.4. Black- Blood Görüntüleme	40
1.1.3.3. Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi	40
1.1.3.3.1. DAS (Data Acquisition System-Veri Elde Etme Düzeni).....	41
1.1.3.3.2. Görüntü Rekonstruksiyonu	41
1.1.3.3.3. Z Filtre Rekonstruksiyonu.....	42
1.1.3.3.4. Multi-Dedektör BT Teknolojisinde Fizik Gelişmelerin Pratiğe Etkileri.....	42
1.1.3.3.5. Klinik Uygulamalar.....	44
1.1.3.3.6. BTA’da Üç Boyutlu Görüntüleme Teknikleri	45
II. Gereç ve Yöntem	47
III. Bulgular	52
Olgu Örnekleri.....	68
IV. Tartışma.....	77
V. Sonuç.....	89
VI. Özet.....	90
VII. Summary	92
VIII. Kaynaklar	94

KISALTMALAR

A.	:	Arter
AcoA	:	Anterior communican arter
AİCA	:	Arteria İnferior Cerebelli Anterior
AKA	:	Ana Karotis Arter
ASA	:	Anterior serebral arter
BA	:	Arteria Basillaris
BTA	:	Bilgisayarlı Tomografi Anjiografi
DALY	:	Disability Adjusted Life Years
EDV	:	Diastol Sonu Hız
EKA	:	Eksternal Karotis Arter
For	:	Foramen
İAA	:	İntraarteryel Anjiografi
İKA	:	İnternal Karotis Arter
İR	:	İnversion Recovery
MCA	:	Orta Serebral Arter
MH	:	Ortalama Hız
MİP	:	Maximum Intensity Projection
MPR	:	Multiplanar Reconstruction
MRA	:	Manyetik Rezonans Anjiografi
NTD	:	Negatif tahmini değer
PCA	:	Posterior serebral arter
PcoA	:	Posterior communican arter
Pİ	:	Pulsatilite İndeks
PİCA	:	Posterior inferior serebellar arter
PRF	:	Pulse Repetition Frequency
PSH	:	Pik Sistolik Hız
PTD	:	Pozitif tahmini değer
RDUS	:	Renkli Doppler Ultrasonografi
Rİ	:	Rezistivite İndeksi
SA	:	Subklaviyan arter
SCA	:	Arteria Superior cerebelli

SD	:	Standart Deviasyon
SSD	:	Shaded Surface Display
TAMAX	:	Maksimum Hız
TCD	:	Transkranial Doppler Ultrasonografi
TİA	:	Transiyent İskemik Atak
TOF	:	Time of flight
VA	:	Vertebral Arter
VB	:	Vertebrobaziler
VBS	:	Vertebrobaziler Sistem
VRT	:	Volume Rendering Technique
WHO	:	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1.** Vertebral arter segmentlerinin anatomik görüntüsü
- Şekil 2.** Willis poligonu ve karotidobaziller sistem arteriyel dalların görünümü
- Şekil 3.** Boyundan çıkan ana damarların anjiyografik görünümü
- Şekil 4.** Arkus aorta ve dalları
- Şekil 5.** İnternal ve eksternal karotid arter, boyunda verdiği dallar ve uzanımları
- Şekil 6.** Boynun sağ tarafında Eksternal Karotis Arteri ve dalları
- Şekil 7.** A. karotis interna ile ilgili tanımlanan seyir varyasyonları
- Şekil 8.** Doppler kayması
- Şekil 9.** Rezistif İndeks
- Şekil 10.** Pulsatilité İndeks

RESİMLER LİSTESİ

- Resim 1.** Olgu-1, Multidedektör BT MPR koronal ve sagittal imajlar
- Resim 2.** Olgu-1, Bilateral İKA spektral RDUS’de indeksler
- Resim 3.** Olgu-2, 3D-TOF görüntüsü koronal reformat imaj
- Resim 4.** Olgu-2, Bilateral İKA orifis ilk 2 cm’lik kısımdan yapılan çap ölçümleri.
- Resim 5.** Olgu-3, Bilateral İKA spektral RDUS’de indeksler
- Resim 6.** Olgu-3, Sol İKA multidedektör BT MPR koronal ve sagittal imajlar
- Resim 7.** Olgu-3, Bilateral İKA spektral RDUS’de indeksler
- Resim 8.** Olgu-4, Multidedektör anjio BT aksial imajları
- Resim 9.** Olgu-4, Bilateral İKA spektral RDUS’de indeksler
- Resim 10.** Olgu-5, Multidedektör BT anjiografi volume rendered ve aksial plan BT anjiografi imajları
- Resim 11.** Olgu-5, Bilateral VA spektral RDUS’de indeksler
- Resim 12.** Olgu-6, Sağ VA multidedektör BT MİP koronal imajlar
- Resim 13.** Olgu-6, Bilateral VA spektral RDUS’de indeksler
- Resim 14.** Olgu-7, MRA MİP ve Difüzyon ağırlıklı b-1000 imajlar
- Resim 15.** Olgu-7, Bilateral VA spektral RDUS’de indeksler
- Resim 16.** Olgu-8, MR anjiografi 3D-TOF aksial ve koronal MİP imajlar
- Resim 17.** Olgu-8, Bilateral VA spektral RDUS’de indeksler ve bilateral çap ölçümleri.

TABLÖLAR LİSTESİ

- Tablo 1.** MRA/BTA Sonucunda Patoloji Saptanan ve Patoloji Saptanmayan Gruplara Göre Olguların Demografik Özellikleri
- Tablo 2.** Dolaylı RDUS Bulguları ile İKA'nın İntrakraniyal Segmentinde Stenooklüziv Patoloji Düşünülen Olguların Patolojik ve Karşı Taraf İKA'daki RDUS Bulguları
- Tablo 3.** Vertebral Arter Sisteminde Stenooklüziv Patoloji veya VA Hipoplazisi Saptanan Olguların Patolojik ve Karşı Taraf VA ekstrakraniyal segment RDUS Bulguları
- Tablo 4.** Vertebral Arter Hipoplazisi Saptanan Olguların Patolojik ve Karşı Taraf VA RDUS Bulguları
- Tablo 5.** MRA ve/veya BTA ile İKA'da Patoloji Saptanan ve Saptanmayan Gruplara Göre Olguların İKA RDUS Bulguları
- Tablo 6.** MRA ve/veya BTA ile Patoloji Saptanan ve Saptanmayan Grupları Ayırt Etmede İKA RDUS Ölçümlerine Ait ROC Eğrisi Altında Kalan Alan, En İyi Kesim Noktaları ve Tanısal Performans Göstergeleri
- Tablo 7.** MRA ve/veya BTA ile VA sisteminde stenooklüzif patoloji veya VA hipoplazisi Saptanan ve Saptanmayan Grupta VA RDUS Ölçümleri
- Tablo 8.** MRA ve/veya BTA ile VA Sisteminde Stenooklüzif Patoloji veya VA hipoplazisi Saptanan ve Saptanmayan Grupları Ayırt Etmede VA RDUS Ölçümlerine Ait ROC Eğrisi Altında Kalan Alan, En İyi Kesim Noktaları ve Tanısal Performans Göstergeleri
- Tablo 9.** Vertebral Arter Sisteminde Stenooklüziv Patoloji (VASP) Saptanan Grup ile VA Hipoplazisi tanısı Alan Grupta proksimal segmentteki VA RDUS Ölçümleri
- Tablo 10.** İKA'nın intrakraniyal segmentinde Stenooklüzif Patoloji tanısında değişik kesim noktalarında RDUS tanısal performansı
- Tablo 11.** Vertebral Arterde stenooklüzif patoloji veya VA hipoplazisi tanısında değişik kesim noktalarında RDUS tanısal performansı

BÖLÜM 1

GİRİŞ ve AMAÇ

1. 1. Genel Bilgiler

1.1.1. Anatomi

Beyin ve ilgili yapıların arteriyel beslenmesi; kökenlerini arkus aorta'dan alan, iki a. karotis interna (İKA) ve iki a. vertebralis (VA) olmak üzere başlıca dört arteriyel kök tarafından sağlanır. Bu arterler beynin ön kısmında, anterior sirkülasyon adı verilen "karotis sistemini", arka kısmında ise posterior sirkülasyon denilen "vertebrobaziler sistemi" (VBS) oluştururlar (1, 2) (Şekil 1 ve 2) .

1.1.1.1. A.Vertebalis

A.subclavia'nın ilk ve en kalın dalı olup, boyun kökünün derininden ve arterin arka üst tarafından çıkar. Her bir VA, C7. hariç olmak üzere tüm boyun omurlarının C1-6 vertebraların for. transversarium'larından ilerleyerek yukarıya doğru çıkar. Daha sonra atlas'ın massa lateralis'inin etrafından dolanarak "S" şeklinde sifon oluşturur ve dura mater ile arachnoidea mater'i delerek for. magnum'dan kranial boşluğa girer. Dura mater'i deldikten sonra VA'nın intrakranial parçası başlar. Burada kısa bir seyirden sonra karşı tarafın vertebral arteri ile orta hatta genellikle pontomeduller seviyede birleşerek a.basillaris'i oluşturur (3). İKA'lar ile birlikte circulus arteriosus cerebri'yi (Willis poligonu) şekillendirerek beynin arteriyel beslenmesini sağlarlar. VA'lar (intrakranial bölümleri), BA ve dalları hepsi birlikte VBS'yi oluştururlar. VBS; medulla spinalis, beyin sapı, serebellum ile serebrumun temporal lobun alt, oksipital lobun dış ve medial yüzünün beslenmesini sağlayan bir yapıdır. Bu sistemin derine giden dalları ise talamus'un arka kısmı ve radiatio optica'nın bir bölümünü besler (3). BA, pons önündeki sulcus basilaris'te ilerler ve üst seviyede terminal dalları olan a. cerebri posterior'ları (PCA) vererek sonlanır (3,4).VA'nın intrakranial parçası meningeal yapıları (aa. meningei) medulla spinalis'in büyük bir kısmını (a. spinalis anterior ve aa. spinales posteriores) beyin sapı ile serebellumun alt bölümlerinin (a. inferior posterior cerebelli - PICA ve rr. medullares anteriores ve posteriores) beslenmesine katkıda bulunur (4).VA'nın başlangıç kısmından itibaren for. transversiumlar'a kadar olan V1 (pars prevertebralis), for. transversium'lar içinde yer alan servikal parça V 2 (pars transversaria-cervicalis), segmenti olarak adlandırılır. Atlas'ın for. transversarium'unun çıkışından foramen

magnum'un anterolateral bölümünde dura mater'i delerek subaraknoid aralığa girene kadar olan parçası V3 (pars atlantica) segmenti adını alır. Subaraknoid aralığa girdikten sonra V4 (pars intracranialis) segmenti öne-yukarı yönelerek bulbus ön yüzünde karşı taraftan gelen VA ile birleşerek BA'yı oluşturur. Beyine, VA'nın sadece pars intrakranialis'in den dallar gider (5,6). Kısaca özetleyecek olursak;

VA'in geçtiği kompartmanlara göre 4 ayrı anatomik segmenti tanımlanmıştır:

V1: Subklavian arterden çıkıp C6 vertebra transvers proçesine girene kadar olan segment,

V2: Servikal transvers proçesler içindeki segment (C6-C2),

V3: C2 transvers proçesi ile kafa tabanı arasındaki ekstrakranyal segment,

V4: İntrakranyal segment.



Şekil 1. Vertebral arter segmentlerinin anatomik görünümü

A. Vertebralis'in İntrakranial Bölümünden Ayrılan Dallar

Rami Meningei

For. magnum seviyesinde VA' dan ayrılan ince dallar olup, fossa cranii posterior'da kemik ve periosteum arasında dallarına ayrılır. (4).

A. Spinalis Posterior

Medulla oblongata'nın yan taraflarında VA veya PİCA'dan ayrılır. Radix posterior'un ön tarafında olmak üzere sağlı-sollu bir çift arter olarak aşağı inerken for. intervertebrale'lerden vertebral kanal'a giren spinal dalların katılmasıyla takviye edilir ve medulla spinalis'in sonuna kadar uzanır. Bunlar süreklilik gösteren damarlar değildir. Ancak içlerinde kanın ters yöne de akabildiği küçük arterlerin anastomoz zincirlerini oluştururlar. A. spinalis posterior aracılığıyla beslenen ana yapılar; funiculus posterior'lar ve cornu posterior'lardır (4).

A. Spinalis Anterior

VA'nın sonlanma yeri yakınından ayrılan ince sağlı sollu iki daldır. İki tarafın damarları medulla oblongata'nın ön tarafında aşağı inerken olive hizasında (foramen magnum seviyesinde) birbirleriyle birleşerek tek damar şekline dönüşür. Medulla spinalis'in ön tarafında aşağı inerken for. intervertebrale'lerden vertebral kanal'a giren spinal dalların katılmasıyla kalınlaşır. Fissura mediana anterior boyunca pia mater spinalis içinde ilerleyen A. Spinalis Anterior, filum terminale boyunca da uzanır. Medulla spinalis'in lumbosakral segmentleri seviyesinde arkaya dönerek a. spinalis posterior ile birleşir (4,5,6).

A. Inferior Posterior Cerebelli (PİCA)

VA'nın en kalın dalıdır. Medulla oblongata'nın arka tarafından geçerek n.vagus ile n. accessorius'un kökleri arasına girer. Pedunculus cerebellaris inferior'un ön tarafından geçerek serebellumun alt yüzüne gelir. Burada dallarına ayrılarak serebellumun alt yüzü ile çekirdeklerini besler. Ayrıca bulbus ile dördüncü ventriküldeki plexus choroideus'a dallar gönderir. Nadiren PİCA'lar, a. spinalis posterior'un orjini olabilirler (4).

R. Choroideus Ventriculi Quarti

Dördüncü ventriküldeki plexus choroideus'a giden ince bir daldır.□

R. Tonsillae Cerebelli

Serebellar tonsile giden ince daldır.

Rami Medulares Anteriores / Posteriores

Birçok küçük dalcık şeklinde bulbusu besler (4). VA çapları genelde farklılıklar göstermekte, geniş olan arter dominant vertebral arter olarak adlandırılmaktadır. Populasyonun %42'sinde sol vertebral arter, %32'sinde sağ vertebral arter simetriğinden geniştir (6).

1.1.1.2. Arteria Basillaris (BA)

BA, her iki taraf VA'ların bulbus'un üst sınırında pontomeduller bileşke hizasında birleşmesiyle oluşur ve pons'un ön tarafındaki sulcus basilaris içinde uzanır. BA, pons'un üst kenar seviyesinde terminal dalları olan a. cerebri posterior'ları (PCA) vererek sonlanır (5,6). BA, beyin sapı boyunca beyin sapının ön orta bölümünü sulayan kısa perforan dallar ile beyin sapını çevreleyen kısa ve uzun sirkumferansiyel dallar verir. BA'dan ayrılan uzun sirkumferansiyel arterler; AICA ve SCA adını alır (5).

A. Basillaris'in Dalları;

A. Inferior Anterior Cerebelli (AICA)

Arkaya ,dış tarafa doğru uzanarak serebellumun ön ve alt kısmını besler. Bir kısım dalları da bulbus ve pons'a gider (5).

A. Labyrinthi

BA'nın ortalarından ayrılan ve iç kulağı besleyen ince uzun bir arterdir. Sıklıkla (%85) AICA'dan da ayrılabilir. N. facialis ve n. vestibulocochlearis ile birlikte meatus acusticus internus'a girer. Burada dallanarak a. cochlearis communis ve a. vestibularis anterior'u verir (4,7).

Aa. Pontis

VA'nın her iki tarafından dik açı ile ayrılan birçok ince dal olup, pons ve komşu beyin bölümlerini besler. BA, ponsun iki tarafına paramedian ve uzun sirkumferansiyel dallar verir. BA'nın rostral kısmından çıkan paramedian dallar fossa interpeduncularis'in tabanına girer ve hem pons bazisinin en üst kısmında orta hattın iki yanını besler, hem de fossa interpeduncularis' in bitiminde rostral for. caecum'dan aşağı inerek pons tegmentumunun üst yarısının paramedian kısımlarını besler. Buna benzer tarzda, BA'nın VA'ların birleştiği kaudal kısmından çıkan

paramedian dallar da kaudal ponsun bazisinin etrafını dolanır ve for. caecum'a, yani piramislerin arasındaki fissura medialis longitudinalis'in rostraldeki ucuna girer (4,7).

A. Superior Cerebelli (SCA)

SCA, terminal dallarına ayrılmadan hemen önce BA'dan çıkar. N. trigeminus ile n. oculomotorius arasından geçen SCA, pedunculus cerebri etrafından dönerek serebellumun üst yüzeyini besler. Ayrıca pons, colliculus inferior, pons'un üst bölümünün tegmentumu, epifiz ve velum medullare superior'u besler (5).

SCA, dört segmente bölünerek incelenir:

- 1-Anterior ponto mezensefalik segment,
- 2-Lateral ponto mezensefalik segment,
- 3- Serebellomezensefalik segment ve □
- 4-Kortikal segment (27).

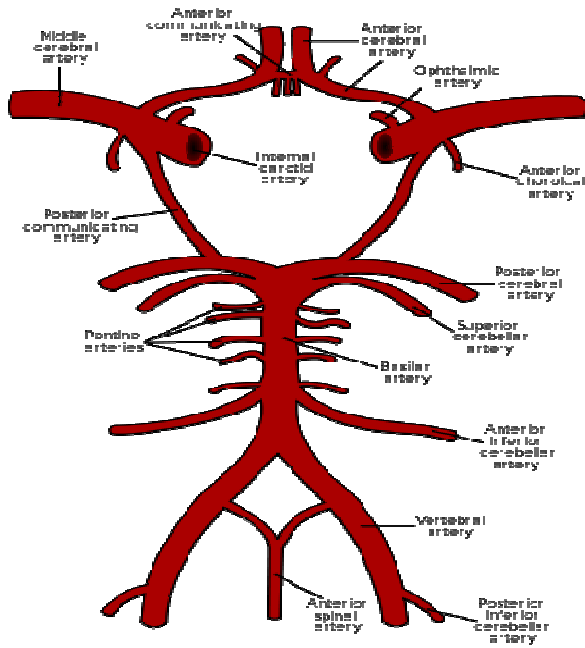
A. Cerebri Posterior (PCA)

PCA, pons'un üst kenarı düzeyinde (veya dorsum sellae'nin tepesi yanında) BA'nın bifurkasyonundan çıkan terminal dallardır. Bifurkasyondan 1cm sonra PcoA (posterior communican arter) ile birleşir. Yolu boyunca 3 bölüme ayrılır. Bu bölümler anatomik olarak pars precommunicalis, pars postcommunicalis ve pars terminalis (corticalis) şeklindedir. Klinik olarak ise pedunkuler (P1), ambient (P2) ve quadrigeminal (P3) segment olarak incelenir (5). BA'nın son dalı olan bu arter, SCA'dan daha kalındır ve ikisi arasından n. oculomotorius geçer. SCA'ya paralel olarak dışa doğru uzanırken, İKA'dan gelen AcoP (a.communicans posterior) ile birleşir.

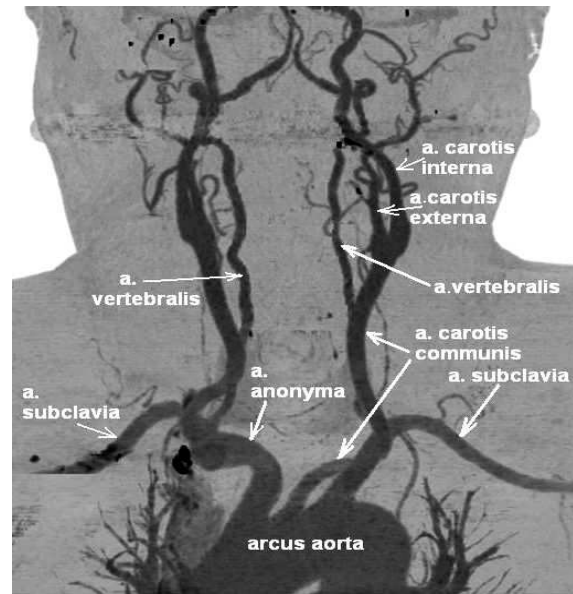
Mezensefalon etrafında dolanarak oksipital lobun alt yüzüne gelir. Burada verdiği rr. corticalis'leri, temporal lobun alt- dış ve iç yüzlerini, ayrıca oksipital lobun dış ve iç yüzlerini besler. R.centralis adı verilen dalları, beyin dokusuna girerek talamusun bir kısmı ile nuc. lentiformis, mezensefalon, pineal bez ve corpus geniculatum mediale'yi besler. R. choroidea'lar lateral ventrikülün cornu temporale'sine girer ve buradaki plexus choroideus'da dağılır. Aynı zamanda üçüncü ventriküldeki plexus choroideus'da dağılır (4). Mezensefalon yanında kortikal dalları temporal lobun alt yüzü ile oksipital lobu (vizual korteks) besler. (5,6).

1.1.1.3. Circulus Arteriosus (Willus Poligonu)

Beynin tabanında (fossa interpeduncularis) infundibulum ile chiasma opticum etrafında oluşan bir damar halkasıdır. Bu halka internal karotid arter ile vertebrobaziler sistem arasındaki anastomozlarla oluşur. Bu halkayı a. communicans anterior, a. cerebri anterior, İKA, AcoP, PCA ve tam arka orta kısımda da BA oluşturur. Bu damar halkası İKA veya VA'dan gelen kanın beyin çeşitli bölümlerine eşit basınç ile dağılmasını sağlar. Circulus arteriosus'dan ayrılarak beyne giden kortikal ve santral dallar da vardır (5,9) (Şekil 2)



ŞEKİL 2: Willis poligonu ve karotidobasiller sistem arteriyel dalların görünümü



ŞEKİL 3: Boyundan çıkan ana damarların anjiyografik görünümü

1.1.1.4. Ana Karotis Arter

Beynin kanlanmasından sorumlu olan serebral arterler, sempatik sinirlerden çok az; kandaki kimyasal değişimlerden ise belirgin şekilde etkilenmeleri ile farklılık yaratırlar (14). Beynin beslenmesini sağlayan serebral arterlerin kaynağı olan arkus aorta, manubrium sterni'nin sağ yarısının arkasında, sağ ikinci sternokostal eklemin üst kenarı seviyesinden başlar, arkaya ve sola doğru uzanarak; dördüncü göğüs omurunun alt kenarı hizasında ve sol ikinci kıkırdak kaburganın sternum'a tutunduğu yerde sonlanır (14,15).

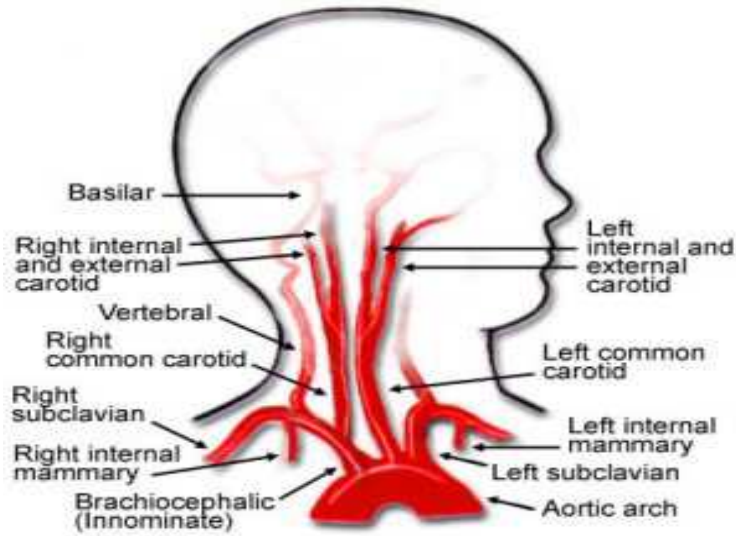
Sağ ve sol tarafın AKA' ları uzunluk ve orijin bakımından farklıdır. Embriyolojik olarak 4. Aortik arkların farklı gelişimi asimetrik karotis arter orijinlerinden sorumludur (16). Sağ AKA, brakiosefalik trunkusun dalı olup, sağ sternoklaviküler eklemin arkasında başlar ve sadece boyunda uzanır. Sol AKA ise arkus aortanın ikinci dalı olup arkusun en yüksek kısmından ayrılır ve önce göğüs boşluğunda, daha sonra da boyunda uzanır. Sol tarafın arteri arkustan direkt olarak ayrıldığından sağ tarafın arterinden daha uzundur ve göğüsteki bölümü brakiosefalik trunkusun arka ve biraz da sol tarafında yer alır (16). Sağ AKA uzunluğu ortalama 9.4 cm, sol AKA uzunluğu ortalama 13.4-14.4 cm' dir (15,16).

Her iki tarafta AKA, sternoklaviküler eklemin arka tarafından tiroid kartilajının üst kenarına kadar boynun yan tarafında uzanır. Tiroid kartilajının üst kenarı seviyesinde terminal dalları olan eksternal karotis arter (EKA) ve internal karotis arter (İKA)'e ayrılırlar. Boynun alt kısmında birbirine yakın olan her iki tarafın arteri, yukarı doğru çıktıkça birbirinden uzaklaşır. İki arter arasında aşağıda trakea, yukarıda ise tiroid bezi, larinks ve farinks bulunur. AKA 'nın lateralinde internal jugular ven, ikisi arasında ve arka tarafta oluşan olukta da vagus siniri (10. sinir) bulunur. Bu üç yapı boynun derin fasyasından ayrılan ve "vagina carotica" karotis kılıfı denilen bir kılıfla sarılmıştır. Bu yapıların tümüne birden boynun damar-sinir paketi denir (16). Kılıf içinde AKA, internal juguler venin medialinde, vagus sinirinin anteromedialindedir. Servikal sempatik zincir kılıfın posteromedial duvarına yerleşmiştir. Boyun tabanında AKA; sternokleidomastoid, sternohyoid ve sternotiroid kasların derininde, 4-6. servikal vertebra transvers proseslerinin önündedir. AKA'ların üst kısmı yüzeysel olarak bulunur ve sadece deri, yüzeysel fasya, platisma, derin fasya ve sternokleidomastoid kasın medial kenarı tarafından örtülmüştür. Sternokleidomastoid kası biraz arka tarafa çekildiğinde AKA, "trigonum caroticum" denilen üçgen içinde görülebilir. Karotis üçgenini posteriorden sternokleidomastoid kası, superiorden stylohyoid kas ve digastrik kasın posterior karnı, inferiordan da omohyoid kasın superior kısmı sınırlar. AKA genellikle boyunda dal vermez. Fakat bazen superior tiroidal arter veya superior tiroidal arterin larengeal dalı, assendan farengeal arter, inferior tiroidal arter ve çok seyrek olarak da vertebral arterler AKA'dan ayrılabilir (16,17).

AKA'nın bağlanması durumunda her iki tarafın EKA ve İKA'nın kafa içinde ve dışındaki anastomozları sayesinde kollateral dolaşım sağlanabilir. Ayrıca bağlanan arterin yukarıda kalan dalları ile subklavian arterin dalları arasındaki anastomozlar da katkıda bulunur. Kafa dışındaki önemli anastomoz superior tiroidal arter ile inferior tiroidal arter arasında, ayrıca derin servikal arter ile oksipital arterin desenden dalı arasında oluşur. Kafa içindeki önemli bir

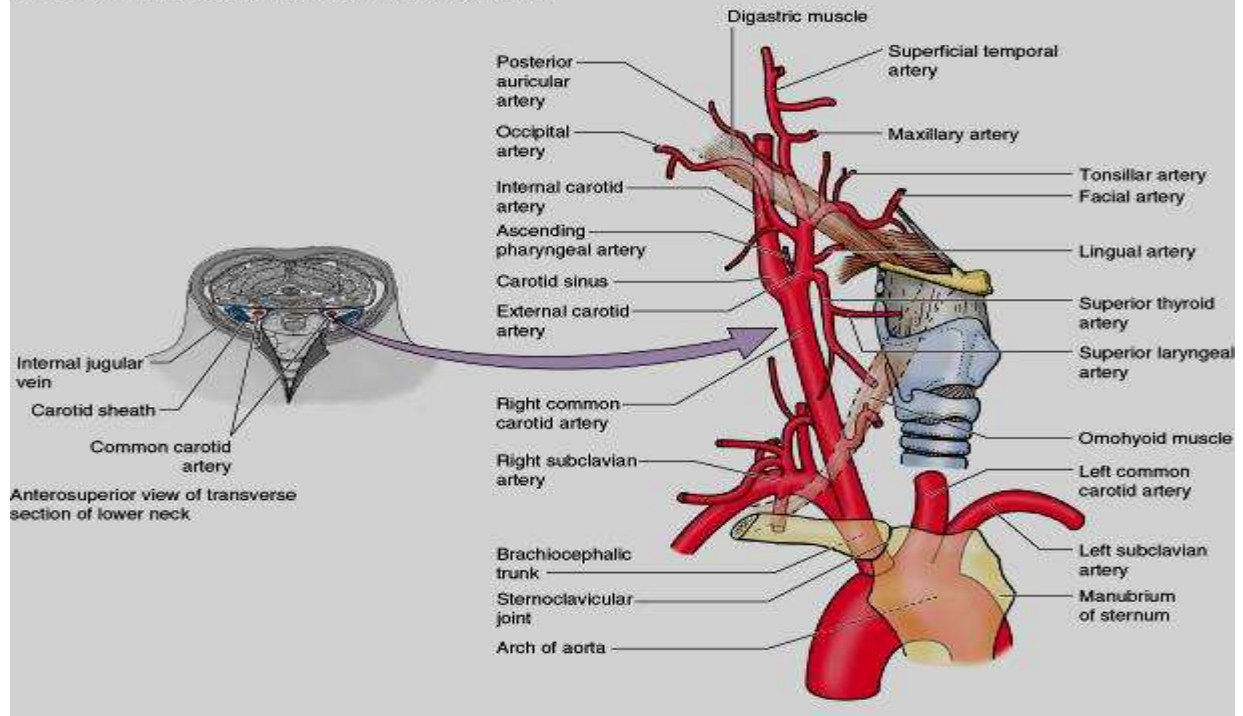
anastomoz da oftalmik arterin (İKA'nın dalı) ile fasial arter ve maksiller arter (EKA'nın dalları) arasında periorbital ve anguler arterler aracılığı ile oluşan anastomozdur. Vertebral arterlerin dalları kafa içinde İKA'nın dalları ile anastomoz yapar (16).

İnsanların %70-83.3'ünde arkus aorta'dan ilk ayrılan damar, truncus brachiocephalicus'dur (17,18). Daha sonra a. carotis communis sinistra ve a. subclavia sinistra ayrılır. Bu ana görünümün dışında tespit edilen farklı durumlar görülme sıklıklarına göre; truncus brachiocephalicus ve a. Carotis communis sinistra'nın ortak kökle çıkması (% 10.9-13), a. Carotis communis sinistra'nın truncus brachiocephalicus dextra'dan ayrılması (% 9), a. vertebralis sinistra'nın, a. carotis communis sinistra ve a. subclavia sinistra arasında olmak üzere doğrudan arkus aorta'dan ayrılması (% 3-4.3), truncus brachiocephalicus ile a. carotis communis sinistra'nın çıkışlarının birbirine yakın ve a. vertebralis sinistra çıkışının ayrı olması (% 0.6), bifurcatio carotici'nin daha aşağı seviyede, çıkışa yakın pozisyonda olması (% 0.2), a. A. subklavia dextra'nın aberran olarak aorta'dan çıkmasıdır (% 0.2).



Şekil-4 : Arkus aorta ve dalları

8.15. Subclavian and carotid arteries and their branches.



Şekil-5: İnternal ve eksternal karotis arter boyunda verdiği dallar ve uzanımları

1.1.1.5. Eksternal Karotis Arter

Eksternal karotis arter, tiroid kartilajının üst kenarı seviyesinde başlar ve yukarı çıkarken biraz öne ve sonra da arkaya uzanarak mandibula boynunun arkasındaki retromandibuler fossaya gelir. Burada maksiller arter ve superfisial temporal arter olmak üzere iki uç dalına ayrılır. Boyunda her verdiği daldan sonra kalınlığı azalır. Başlangıç kısmı a. carotis interna'nın anteromedialinde olmak üzere, trigonum caroticum'da yüzeysel olarak bulunur; daha sonra a. carotis interna' yı dıştan çaprazlar. A. carotis externa, trigonum caroticum' da deri, yüzeysel fascia, platysma, n. facialis' in r. colli'si plexus cervicalis'in n. transversus colli'si arasında oluşan sinir kavsı, derin fascia ve m. sternocleidomastoideus'un ön kenarı tarafından örtülür ve İKA'nın de medial ve anteriorunda yer alır. İKA yaklaşık %90 oranında EKA' nın posteriorunda yer alır (17,18).

EKA'nın dalları:

1. a. thyroidea superior,
2. a. pharyngea ascendens,
3. a. lingualis,

4. a. facialis,
5. a. occipitalis,
6. a. auricularis posterior,
7. a. temporalis superficialis,
8. a. Maxillaris.

Damarın topografik özelliklerine göre yapılan bir başka sınıflamada ise ayrılan damarın yüzeysel ya da derin olması ön planda tutulmuştur.

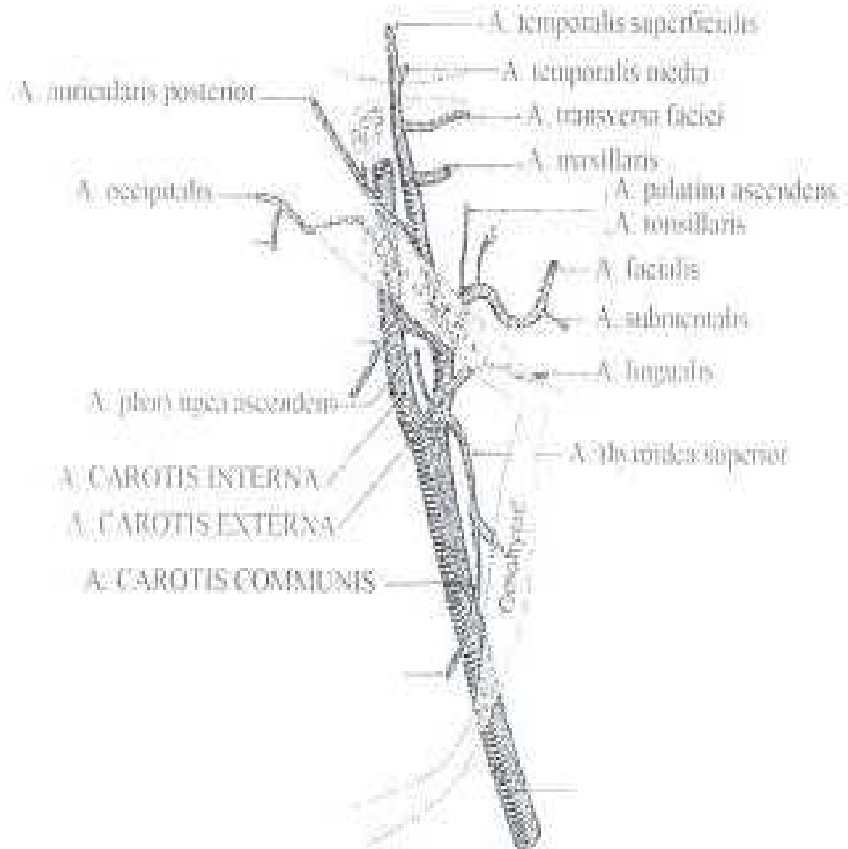
1. Anterior dallar

- a. Thyroidea superior, a. lingualis, a. facialis,, a. maxillaris.

2. Posterior dallar

- a. Pharyngea ascendens, a. auricularis posterior, a. occipitalis.

3. A. Temporalis superficialis; anterior ve posterior dalları.



Şekil 6: Boynun sağ tarafında A. Carotis Eksterna ve dalları (7)

1.1.1.6. İnternal Karotis Arter

İnternal karotis arter, aynı taraf beyin hemisferinin büyük bir kısmını, göz ve yardımcı oluşumlarını, alnın ön kısmını ve burun boşluğunun da bir bölümünü besler. Başlangıç yerinde EKA'nın lateralinde bulunur. Superiora çıktıkça önce posteriorunda, daha sonra da medialinde yer alır. Tiroid kartilajın üst kenarı hizasında AKA'nın uç dalı olarak başlar. İlk üç servikal vertebranın transvers proseslerinin anterioründe vertikal olarak başlar. İlk üç servikal vertebranın transvers proseslerinin anteriorunda vertikal olarak kafa tabanına gelir. Burada karotis kanalına girdikten sonra 90 derecelik bir açı ile anteriora ve mediale doğru yön değiştirir (16) .

Kafa boşluğu içerisindeki ilk bölümü sinus cavernosus içinde bulunur ve sinus cavernosus'un tavanını yapan duramater yaprağını delmeden önce tipik S harfi şeklindeki kıvrılmasını yapar.

Substantia perforata anterior'un altında iki uç dalı olan a. cerebri anterior ve a. cerebri media'yı verir. Damarın seyri kısaca, boyunda vertikal olarak yukarıya, canalis caroticus içerisinde öne ve mediale doğru horizontal yönde kıvrımlaşma, foramen lacerum 'un üst yüzünde yukarı doğru yön değiştirme, sinus cavernosus içerisinde horizontal planda öne, processus clinoideus anterior'un medialinde olacak şekilde vertikal olarak üste uzanma ve son kısmında arkaya ve yukarı doğru dirsek yapar şeklindedir.

İKA segmentlerinin sınıflaması için birçok sistem önerilmiştir. Bu konu üzerinde henüz bir konsensus olmamasına rağmen Bouthillier ve ark.'nın sınıflandırması pratik olması, yeni anatomik bilgileri kapsaması ve kan akım yönüne göre bir skala içermesi nedeni ile önerilmektedir (19). Bu yeni sınıflandırma İKA segmentlerini komşu oldukları yapılara ve geçtikleri kompartmanlara göre ayırır.

Buna göre 7 ayrı anatomik segment tanımlanmıştır: C1 -servikal, C2-petröz, C3-laserum, C4-kavernöz, C-5-klinoid, C6-ofthalmik, C7-kommunikan (19).

- Pars cervicalis, bifurcatio carotici' den itibaren ilk üç boyun omurunun transvers çıkıntısının önünde olmak üzere canalis caroticus'a kadar uzanan parçadır. Trigonum caroticum içerisinde bulunan başlangıç kısmı, son derece yüzeysel olup; kısmen m. sternocleidomastoideus tarafından örtülmüş olarak, a. carotis externa'nın arka dış tarafında bulunur. C1 segmenti primer olarak fetal 3. aortik arkten kaynaklanmaktadır.

- Pars petrosa, os temporale'nin pars petrosa parçasında, canalis caroticus içerisinde bulunan kısımdır. Damar canalis caroticus'da, kanalın seyrine uygun olarak önce kısa bir mesafe yukarıya, daha sonra da öne ve içe doğru uzanır. Kanaldan çıkarken tekrar yukarıya doğru yön değiştirir ve lingula sphenoidalis ile corpus ossis sphenoidalis arasından geçerek kafa boşluğuna girer. Damarın bu bölümü ile orta kulak boşluğu arasında sadece ince bir kemik lamel bulunur.
- Pars cavernosa, sinüs cavernosus içerisinde bulunur ve üzerini sinüs cavernosus'u döşeyen beyin zarları sarar. Endotelium ile sarılı olan arter, önce processus clinoideus posterior'a doğru uzanır, daha sonra os sphenoidale'nin gövdesinin yan tarafında öne doğru ilerler. Processus clinoideus anterior'un medialine kıvrılır. Sinüs cavernosus'un dorsal tavanı boyunca yukarıya doğru uzanarak tavanı oluşturan duramater'i deler ve spatium subarachnoideum'a girer. Lateralinde kranial sinirlerden n. oculomotorius, n. trochlearis, n. maxillaris, n. ophtalmicus ve n. abducens bulunur.
- Pars cerebralis, arterin duramater'i geçen bölümüdür. N. opticus ile n. oculomotorius arasında seyrederek beynin alt yüzündeki substantia perforata anterior'a gelir. Burada terminal dalları olan a. cerebri anterior ile a. cerebri media'yı verir (14,15).

Kısaca özetlemek gerekirse;

- Pars cervikalis, dal vermez.
- Pars petrosa;
 1. Aa.caroticotympanicae,
 2. A.canalis pterygoidei(vidii).
- Pars cavernosa;
 1. Rr. sinus cavernosi ,
 2. A. hypophysialis,
 3. R. ganglionis trigeminalis,
 4. R. meningeus anterior,
 5. A. ophtalmica.
- Pars cerebralis;
 1. A. cerebri anterior,
 2. A. cerebri media,
 3. R. communicans posterior,
 4. A. choroidea anterior.

İKA, normalde AKA'dan C3-C4 veya C4-C5 düzeylerinde ayrılır. AKA'nın ilk terminal dalından kalın olanıdır. Bu segment ikiye ayrılarak incelenir: carotid bulbus ve asendan servikal segment (19). Servikal İKA'nın proksimal kısmı bulbus (sinüs) olup %40 oranında bulunur. Bulbus, İKA'nın AKA'dan ayrışım yerinde hafif bir açıyla belirgin bir fokal dilatasyon oluşturur. Normal bulbus çapı yaklaşık 7.5mm, uzunluğu 1cm olup, AKA çapı 7mm, bulbus distalindeki İKA çapı ise 4.7 mm'dir (16,17). Bu yapı kan basıncının ayarlanmasında önemli rol oynar (16).

İKA/EKA kan akım oranı ortalama 70/30'dur. Bifurkasyon düzeyindeki ve bulbus içindeki akım dinamikleri karmaşıktır. Fonksiyonel olarak, bulbusta 2 kompartman bulunur; posteriora yavaş retrograd akım, anteriorda sistolle birlikte hız kazanan akım bulbusun gerisindeki kan akımı laminar akıma dönüşmeden önce helikal pattern izler (16).

Bulbustan itibaren servikal İKA, karotis kılıfı içinde kranyuma doğru uzanır. Karotis kılıfı içinde İKA, internal juguler ven, lenf nodları (jugulodigastrik), postganglionik sempatik sinirler ve alt kranyal sinirler bulunur. Nazofarinksin superiorunda glossofarengeal sinir (9.sinir) ve hypoglossal sinir (12. sinir) karotis kılıfında yer alırken, vagus siniri tüm uzunluğu boyunca bu kılıfta yer alır. C1 segmenti, İKA'nın temporal kemiğin petröz parçasındaki karotis kanalına girmesi ile son bulur. Bulbus ve servikal segmentte İKA dal vermez (%98) (18,19). Servikal bölümde karotis üçgeni içinde bulunan başlangıç kısmı çok yüzeyseldir. Burada sternokleidomastoid kası ile biraz örtülmüş olarak EKA'nın arka-dış tarafında bulunur. Burada deri, yüzeysel fasya, platisma ve derin fasya tarafından örtülmüştür. Arter superiorda parotis bezinin derininde yer alır ve dıştan hypoglossal sinir, digastrik kasın posterior karnı, stylohyoid kas, oksipital arter ve posterior aurikuler arter tarafından çaprazlanır. Daha yukarıda EKA ile aralannda styloglossus ve stylopharyngeus kasları, styloid prosesin uç kısmı, stylohyoid ligament, glossofarengeal sinir ile vagus sinirinin farengeal dalı bulunur (16) . Bu bölgede birçok varyasyon görülebilir. Arkus aortadan orijin alan büyük damar sayısı 2-6 arasında değişir (17-19).

Sağ AKA, sternoklaviküler 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 gösterir (16). Arkus aorta varyasyonlarından en sık görüleni brakiosefalik trunkus ve sol AKA'nın ortak orijini (16-19). Bovine konfigürasyonu (Bovine ark.) adı da verilen bu varyasyona %27 oranında (%25-30) rastlanmaktadır. Bu olguların %7'sinde sol AKA ve

arkus aorta yerine brakiosefalik trunkusun proksimal bölümünden çıkar (19). Bu gibi durumlarda uç dallarına ayrılma yeri de normal yerinin daha superiorunda, hyoid kemik seviyesinde bulunur. (19).

Sağ AKA ve sağ subklavian arter arkus aortadan ayrı çıkabilir (16,19). Çok nadir durumlarda, EKA ve İKA arkus aortadan birbirinden bağımsız olarak ayrılabilir, böyle durumlarda anormal seyirli petröz İKA gibi anomaliler sıktır (19).

Normal AKA bifurkasyonu tiroid kartilaj hizasındadır (C3-C4 ya da C4-C5, orta C4 seviyesi) (17,19). Bifurkasyon düzeyi C1 vertebra düzeyi kadar yüksek olabildiği gibi Th2 vertebra düzeyi kadar düşük konumlu da olabilir. Bifurkasyon kısa boyunlu kişilerde daha yüksek konumlu iken uzun boyunlu kişiler ve çocuklarda daha düşük konumludur (16). Bifurkasyonsuz karotis arter nadir fakat önemli bir anomali olup diğer vasküler anomalilerle birlikte görülür (19).

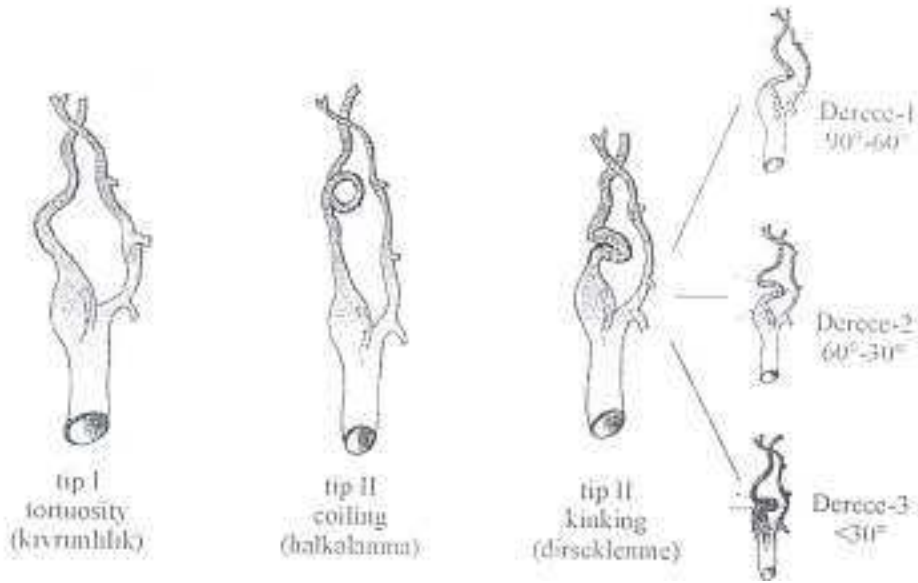
Proksimal İKA genellikle EKA'nın lateralindedir. Medial orijinli İKA sık görülen bir varyasyon olup normal karotis anjiogramlarında %8-15 oranında rastlanır. Bu varyasyon sağ tarafta sola göre 3 kat fazla görülür (19). Bu olgularda İKA ve EKA lateral projeksiyonda birbirleri üzerine süperpoze olurlar, bu durumda oblik veya anteroposterior projeksiyonla bifurkasyon görüntülenebilir. Tortuoze, medial çıkışlı İKA klinik olarak retrofarengeal pulsatil bir kitle gibi prezente olabilir (19).

Servikal İKA'nın tortuoz seyirli olması veya "kinking" göstermesi hem gençlerde hem de ileri yaş grubunda sık görülmektedir, ancak genellikle servikal segment düzgün bir seyir izler. "Coiling" veya İKA'da tam "loop" anjiografik serilerde %5-15 oranında görülür. Bu görünümün kısmen gelişimsel olduğu, yaş veya hipertansiyonla ilgisi olmadığı düşünülmektedir (19). İKA normalde AKA'dan C3-C4 veya C4-C5 düzeylerinde ayrılır. AKA'nın ilk terminal dalından kalın olanıdır. Bu segment ikiye ayrılarak incelenir: carotid bulbus ve asendan servikal segment (19).

Servikal İKA'nın proksimal kısmı bulbus (sinüs) olup %40 oranında bulunur. Bulbus, İKA'nın AKA'dan ayrışım yerinde hafif bir açıyla belirgin bir fokal dilatasyon oluşturur. Normal bulbus çapı yaklaşık 7.5mm, uzunluğu 1cm olup, AKA çapı 7mm, bulbus distalindeki İKA çapı ise 4.7 mm'dir (16,19). Bu yapı kan basıncının ayarlanmasında önemli rol oynar (16).

Posteriorda longus kolli kası, superior servikal ganglion ile bu gangliondan karotis pleksusa giden dallar ve superior larengeal sinir bulunur. Lateralde internal juguler ven ve arka-dış tarafında vagus siniri bulunur. Medialde farenks, superior larengeal sinir ve asendan farengeal arter bulunur (16).

Bu yüzyılın başında yapılan anatomik çalışmalara göre a. carotis interna'nın boyun bölgesindeki uzunluğu, seyri ve şekli normale göre bazı farklılıklar göstermektedir. Özellikle damarın ekstrakranial bölümü ile ilgili olarak önemli seyir varyasyonları bildirilmiştir (20). Bu varyasyonların derecesi hafif eğim gösteren damardan, aşırı kıvrımlar gösteren damara kadar değişmektedir. Esas olarak üç farklı durum tanımlanmıştır. Tortuosity (düzensizlik, kıvrımlılık), coiling (halkalanma) ve kinking (dirseklenme) (Şekil 7).



Şekil-7: A. Karotis interna ile ilgili tanımlanan seyir varyasyonları (8)

Karotis damar sistemi arteriyel sistemdeki en kompleks bifürkasyona sahiptir ve onu tek yapan birtakım özellikleri vardır. A. carotis communis'in belirli bir dilatasyon yaparak sonlanması ve farklı dirençte vasküler yatağa sahip olan iki uç dalını vermesi bu özelliklerindendir. Bu dallardan, yüzü besleyen a. carotis externa'nın kan akım hızı özelliği, vücuttaki diğer periferik arterlerdekine benzemekte iken; a. carotis interna'daki hız, düşük rezistanslı akım örneği özelliği göstermektedir. Bu da intraserebral sirkülasyona ait düşük vasküler direncin yansımasıdır. A. carotis communis'teki kanın % 80'lik bölümü a. carotis interna aracılığıyla beyine giderken % 20' si a. carotis externa aracılığıyla yüz kaslarına ve

deriye gitmektedir (21). A. vertebralis'ler posterior beyin dolaşımının büyük bölümüne kanlanma sağlar. Karotis arter sisteminin yetersiz kaldığı oklüzif hastalık durumlarında Willis halkası yoluyla beyin diğer bölümlerine kollateral dolaşım verir. A. vertebralis'lerin çok sayıdaki anatomik varyasyonların a. basilaris'i oluşturmak üzere birleştikleri dikkate alındığında; vertebral damar sisteminden kaynaklanan bir hastalığın tanısının konulmasındaki güçlük ortaya çıkar (21).

Vertebrobaziler yetmezlik semptomları, karotis sirkülasyon semptomları ile karşılaştırıldığında belirsizlik gösterir, sıklıkla semptom ve lezyonları arasında güvenli bağlantı kurmak zordur. Bunun dışında a. vertebralis ile ilgili lezyonların düzeltilmesinde cerrahiye olan ilgi daha azdır. Tüm bu nedenler dikkate alındığında normal bireylerde beyin kan akımının % 20-30'unu sağlayarak intrakranial hemodinamide önemli rol oynamasına rağmen vertebral damar sistemi ayrıntılı olarak incelenememiştir (20- 22).

1.1.2. SEREBROVASKÜLER HASTALIKLAR

Serebrovasküler hastalıkların etiyolojisinde en önemli sebeplerden biri kuşkusuz beyni besleyen arterlerdeki kan akımı bozukluklarıdır. Sinir sisteminin kanlanmasında en önemli yere sahip olan karotis ve vertebral arterlerde aterosklerotik plak veya darlık bulunması inme, transiyent iskemik atak (TİA) gibi hastalıkların etyopatogenezinde önemli yer tutar ve bu hastalıkların oluşma riskini artırır. Aterom plağı veya darlık oluşmasını kolaylaştıran veya zorlaştıran faktörler ve kişiler arası farklılıklar günümüzde de araştırılan bir konudur. Yapılan çalışmalara bakıldığında hem karotis arterlerdeki etyoloji açısından darlıklarla ilişkili faktörlerin netleşmemiş olması hem de vertebral arterlerdeki darlıklarla ilgili neredeyse hiç bilgi veya çalışma olmaması bu alanın aktif bir araştırma alanı olarak devam etmesine neden olmaktadır.

Büyük beyin damarlarındaki ateroskleroz, darlık gelişmesi ve sonucunda bazı hastalarda iskemik inme görülmesi multifaktöriyel bir süreçtir. Aerobik solunum yapan organizmalarda ortamda bulunan oksijen kullanımının doğal sonucu olan reaktif oksijen metabolitleri/serbest radikaller normal insan metabolizmasının bir parçasıdır. Bunların meydana getirdiği hasarı önlemek için vücutta bazı savunma mekanizmaları geliştirilmiştir. Bunlar antioksidanlar olarak bilinmektedirler (23,24).

1.1.2.1. İNME

1.1.2.1.1. TANIM

Dünya Sağlık Örgütü tanımlamasına göre, inme; vasküler nedenler dışında görünür bir neden olmaksızın, beyin kan akımının bozulması sonucunda fokal serebral fonksiyon kaybına ait belirti ve bulguların hızla yerleşmesi ile karakterize klinik bir sendromdur. Kanın gerekli bölgelere ulaşmasını engelleyen problemlerde (oklüzyon, emboli vb..) iskemik inme şeklinde, kanın damar dışına çıkarak sinir sistemine zarar vermesi sonucu hemorajik olmak üzere iki tipte oluşur. Bazen nadir olarak bunların kısmi kombinasyonları olarak da izlenebilir.

1.1.2.1.2. İnme Epidemiyolojisi

Serebrovasküler hastalıklar nörolojik hastalıklar içerisinde, en sık görülen hastalık gruplarından birini oluşturur. Özellikle gelişmiş ülkelerde ortalama insan ömrünün uzaması serebrovasküler hastalık görülme sıklığını arttırmıştır. Endüstrileşmiş toplumlarda, hastane başvurularında ve sağlık harcamalarında önemli bir yer tutmaktadır. İnme sonrası özürlülük, sadece hastanın yaşam kalitesini düşürmekle kalmayıp hasta yakınlarının yaşamını etkileyerek önemli toplumsal ve sosyoekonomik sorunlara yol açmaktadır. Tüm serebrovasküler hastalıkların yaklaşık %80-85'i iskemik, %15-20'si hemorajik tiptedir.

Serebrovasküler hastalıklar dünyada ve ülkemizde toplum sağlığı için giderek daha fazla önem kazanan hastalık grubunu oluşturur. Dünyada ikinci sırada ölüm nedeni olarak bildirilen serebrovasküler hastalıklar Türkiye'de de toplam ölümler içinde %15 ile ikinci sıradadır. Sağlıklı kaybedilen yıl sayısı (Disability Adjusted Life Years) (DALY) hesaplamalarında da serebrovasküler hastalıklar Türkiye'de %5.9 ile üçüncü sırada yer almaktadır.

Risk faktörlerinin görülme sıklığı hem dünyada hem de ülkemizde artış göstermekte ve gelecek için serebrovasküler olay insidans ve prevalans tahminleri, bu hızların daha da yükseleceğini göstermektedir. Ülkemizde risk faktörlerine atfedilen ölüm sayısı oranı ve DALY değerleri hipertansiyon (39731; %3.3), sigara (21317; %3), obezite (11109; %1.4), hiperkolesterolemi (7802; %1), inaktivite ve yetersiz sebze meyve tüketimi için (17409; %1.7) sönemli düzeylerde dir. Serebrovasküler hastalıklarda değıştirilebilir risk faktörlerinin modifikasyonu ile ölüm ve sakatlık önemli ölçüde azaltılabilmektedir.

Son yıllarda başta hipertansiyon olmak üzere düzeltilebilir risk faktörlerinin kontrol altına alınması, görüntüleme yöntemleri ile erken dönemde doğru tanı koyulması, inme ünitelerinin sayısının artması ve yeni tedavi olanaklarının kullanımı sayesinde serebrovasküler hastalıklara bağlı ölüm oranlarında azalma olduğu bildirilmektedir.

1.1.2.1.3. İskemik İnmede Risk Faktörleri

Son dekadlarda inme nedenli ölüm oranı düşmekle birlikte inme, halen major bir sağlık problemi olarak karşımıza çıkmaktadır(25). Akut iskemik inmede uygulanan trombolitik tedavi ve diğer tedavilerdeki ilerlemelere karşın inmede en etkili yaklaşım halen birincil korunmadır (26). Bu nedenle risk faktörlerinin bilinmesi, bu konuda yeni çalışmaların yapılmasının yeni tedavi stratejileri geliştirme açısından da çok önemli olduğu açıktır. Risk faktörlerinin belirlenmesinde başlıca veriler çok merkezli, çok sayıda birey ile yapılmış, randomize epidemiyolojik çalışmalara dayanmaktadır. (27). Aşağıdaki tabloda iskemik inme riskini arttıran, modifiye edilebilen ve edilemeyen risk faktörleri sıralanmıştır.

Değiştirilemeyen \ modifiye edilemeyen risk faktörleri:

1. Yaş
2. Cinsiyet
3. Irk (Afrika kökenli olma)
4. Aile öyküsü/genetik

Değiştirilebilir \ modifiye edilebilen risk faktörleri:

1. Hipertansiyon
2. Sigara
3. Diyabetes Mellitus, hiperinsülinemi, glikoz intoleransı
4. Kardiyovasküler hastalıklar (Koroner kalp hastalığı, kalp yetmezliği, periferik arter hastalığı)
5. Asemptomatik karotis stenozu
6. Atrial fibrilasyon
7. Orak hücreli anemi
8. Dislipidemi
9. Obezite
10. Diyet ve beslenme alışkanlığı
11. Fiziksel inaktivite
12. Postmenapozal hormon tedavisi

13. Metabolik sendrom
14. Alkol kullanımı
15. Hiperhomosisteinemi
16. İlaç kullanımı ve bağımlılığı
17. Hiperkoagülabilité (otoantikörler-lupus antikoagülanı (LA), (ACA, FVL ve protrombin mutasyonu; protein C, protein S, ve antitrombin III eksikliği)
18. Oral kontraseptif kullanımı
19. İnflamasyon (hs-CRP, CD 40 ligand, IL-18)
20. Enfeksiyon (C.pnömonia, H.Pylori, CMV, periodontal hastalıklar)
21. Migren
22. Yüksek Lp (a), yüksek Lp-(PLA2)
23. Uykuda solunum bozuklukları

Yaş: İnme insidansı, ilerleyen yaş ile birlikte çarpıcı bir şekilde artış göstermektedir. İnme için en önemli risk faktörlerinden birinin ileri yaş olduğu söylenebilir (27).

İrk: İskemik inme siyah ırkta, beyaz ırktan daha yüksek oranda görülür.

Cinsiyet: Yetmişbeş yaşına kadar erkeklerin iskemik inme geçirme riski kadınlardan daha yüksektir.

Aile öyküsü/genetik: İskemik inme patogenezinde önemli role sahiptir. Birinci derece akrabalarda inme öyküsünün varlığı inme riskini artırır. Monozigot ikizlerde inme riski dizigot ikizlere göre daha yüksektir. Genetik geçişli hastalıklarda (örneğin CADASIL-'cerebral autosomal dominant arteriopathy with subcortical infarcts and leukoencephalopathy') inme hastalığının tarif edilen bulgularından biri olabilir.

Arteriyal hipertansiyon: Kronik hipertansiyon, inme için en önemli risk faktörlerinden biridir ve aterosklerotik süreci hızlandırdığı düşünülmektedir. İnme riski, sistolik ve diyastolik kan basıncı değerlerinin artışıyla orantılı olarak artar.

Transiyent İskemik Atak: TİA geçiren hastalar, serebral infarkt için yüksek riskli adaylardır.

Sigara: Sigaranın serebrovasküler hastalık riskini artırdığı iyi bilinmektedir.

Alkol: Aşırı alkol kullanımı hızlanmış aterosklerozla birlikte, bu da inme insidansında artışa yol açar .

Kardiyak hastalık: Kalp hastalıkları inme için tedavi edilebilir önemli bir risk faktörüdür. Bu grup içinde kalp kapak hastalıkları ve aritmi önde gelen bozukluklardır. Akut miyokard infarktüsü, özellikle ilk günler veya takip eden haftalarda, intrakardiyak mural trombüs nedeniyle serebral emboliye sebep olabilir. Atriyal fibrilasyonun, romatizmal kalp hastalığı ve mitral stenoz ile birlikte inme için önemli birer predispozan faktör oldukları bilinmektedir.

Diyabetes mellitus: Diyabet hastaları veya oral glukoz tolerans bozukluğu olanlarda inme riski artmıştır. Aterosklerotik hastalığı olanlarda inme insidansı, diabet varlığında, diabeti olmayanlara göre daha yüksektir .

Yüksek homosistein düzeyi: Serum homosistein düzeyinde yükselme özellikle çocukluk çağında ve genç erişkinlerde inme için bilinen bir risk faktörüdür .

Obezite: Obesitesi olan hastalarda hem hipertansiyon hem de diabetes mellitus sık görülür. Obezitenin hızlanmış ateroskleroza yol açan bağımsız bir faktör olduğu gösterilmiştir (27).

Yüksek fibrinojen düzeyi: Serum fibrinojeni, diğer risk faktörleri ile birlikte aterogenezis Sürecine ve arteriyel trombüs oluşumuna katılmaktadır (27). Nonserebrovasküler aterosklerotik vasküler hastalık (koroner arter hastalığı, kalp yetmezliği, periferik damar hastalığı gibi) bulunan bireylerde artmış inme riski bulunmaktadır. Bu durumların etkin tedavisinin, inme riskinde de anlamlı bir azalmaya sebep olabileceği düşünülmektedir (28).

Asemptomatik karotis stenozu veya plak oluşumu: Ateromatöz plaktan salınan madde güçlü bir prokoagülandır ve lümenin kısmi veya tamamen tıkanmasına neden olacak şekilde lokal tromboza yol açabilir. Karotis arter aterosklerozunda plak oluşumu, serebral embolizm ve inme için önemli bir risk faktörüdür .

1.1.2.1.4. İskemik İnmede Etiyolojik Değerlendirme

İskemik inmede etiyolojik değerlendirmenin yapılabilmesi, rekürrensini önlenmesini sağlamada fayda sağlamaktadır ancak mevcut birçok tanısal yöntemlere rağmen nedenin saptanamadığı önemli ölçüde bir hasta oranı mevcuttur. Son yıllarda akut iskemik inmede genel yaklaşımdaki yenilikler, erken dönemde inmeye bağlı ölümlerin ve sakatlıkların azaltılacağı konusundaki ümitleri arttırmaktadır ancak bu konudaki çalışmalar henüz yeterli düzeyde değildir.

Serebrovasküler hastalıklarda etyolojide en önemli sebeplerden olan büyük damar

aterosklerozu veya stenozu birçok araştırmaya konu olmuştur. İnme açısından ağır komplikasyonlara yol açabilmesi açısından karotis ve vertebral arter tutulumu belki de en önemlisidir. Bunun nedenini ise bu damarların beynin kanlanmasıdaki hayati fonksiyonlarında aramak gerekir.

İnmelerin seyrinde altta yatan patolojinin doğası, prognozu belirleyen en önemli faktördür. Acil servise gelen hastanın etyolojisi ne olursa olsun yakın izlenmesi, daha sonra etyolojik araştırmalara yönelmesi gerekmektedir. Tüm akut iskemik inmeli hastalarda ilk dönem için yapılacak tedavinin amacı; özürlülük, mortalite ve hastanede kalım süresini azaltmaktır (29,30). İnme sebebinin belirlenmesi, ikincil korunmada önem kazanmaktadır.

1.1.2.1.5. İskemik İnmede Prognoz

Son yıllarda inme sağaltımında birçok yeni ajan denenmeye başlanmış ve bunların kullanılması sonucunda elde edilen veriler meta-analizlerle değerlendirilmiştir.

Hastalarda prognozu belirlemek amacıyla inmenin ağırlığının derecesinin belirlenmesi ve nörolojik durumun nasıl değiştiğinin saptanması önemlidir. İnme kliniği ile gelen hastaların nörolojik tablolarını değerlendirmek için bazı ölçeklerden de yararlanılmaktadır.

İskemik inmenin seyir ve prognozu ile ilgili literatürlerde; iskemik inmenin ABD’de ölüme yol açan nedenler arasında üçüncü sırada olduğu ve ilk 30 gün içindeki ölüm oranlarının %15-33 arasında değiştiği bildirilmektedir. Otuz gün içindeki ölümlerin en sık görüldüğü dönemler bimodal dağılım gösterir; iskemik inmelerde 3-6 gün arasındaki ölümlerin nedeni genellikle transtentoryal herniasyondur. İskemik inmelerde ölümün ikinci sık görüldüğü dönem ikinci ve üçüncü haftadır, bu dönemde sepsis emboli ve pnömoni gibi yatağa bağımlı olmanın neden olduğu komplikasyonlara bağlı ölüm olur. Epidemiyolojik çalışmalarda son 25 yılda inmeye bağlı mortalitede %7’lik düşüş saptanmıştır. Bu düşüş özellikle ilk otuz gün içindeki ölümlerin oranında belirgindir. (31). Gelişmişlik, erken tanı ve iyi bakım gibi sebepler ülkeler arasında ölüm oranlarında büyük farklılıklara neden olabilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü’nün (WHO) “Monitoring of Cardiovascular Disease (MONICA)” adlı projesi de bunu açıkça göstermiştir.

Erken dönemde bilinç bozukluğu, üriner inkontinans, bacak güçsüzlüğünün olması ve ileri yaş mortaliteyi arttırmaktadır. Bilinci açık olan olguların ilk 30 gün içinde %96’sının yaşadığı, buna karşılık komatöz olan olguların ancak %30’dan azının yaşadığı bildirilmiştir

(32). Uzun dönemde mortaliteyi etkileyen faktörler ise hastaneden çıktıktan sonraki aktivite düzeyi, ileri yaş, cinsiyet, kalp hastalığı ve hipertansiyonun varlığıdır (33). Hastaneden çıktıktan sonra beş yıllık izlemlerde, fonksiyonel açıdan bağımsız olan olguların oranı %70 olarak bildirilmiştir.

1.1.2.2. Karotis Sistem ve Vertebrobasiler Sistemin Klinik Özellikleri

Karotis Arter Tutulumunda Klinik Sendromlar

Tıkanıklıklarda Willis poligonu dışında internal ve eksternal karotis arterleri arasındaki potansiyel anastomozların çalışmasına yol açar. EKA tutulumu nadir olup daha çok tutulum yerine göre kollateral beslenmede yetersiz kalırsa arter kanlanma yetersizliği oranında lokal semptomlara yol açar. Bu lokalizasyon hemen daima isimleriyle adlandırıldıkları EKA dallarının beslediği kanlanma bölgelerinin arter alanlarıyla sınırlıdır.

İKA genellikle EKA'nın lateralinde ve posteriorunda yer alır. Servikal, petroz, kavernoöz ve serebral olmak üzere dört parçadan oluşur. Internal karotis arter tutulumunun neden olduğu sendromlar iki ana mekanizma ile ortaya çıkmaktadır:

1. Willis poligonundan anterograd trombüs yoluyla veya embolizasyonla oluşan intrakranial arter oklüzyonu sonucunda,
2. İKA'nın önemli hemodinamik stenoz veya oklüzyonu ile birlikte yetersiz kollateral dolaşıma bağlı gelişen perfüzyon yetersizliği sonucunda görülür (34).

İnternal Karotis Arter tutulumunda klinik sendromlar şu şekilde sıralanabilir:

Gecici monoküler görme kaybı, Geçici hemisferik atak, Reversibl iskemik nörolojik deficit, Oküler infarktlar, Serebral infarktlar

Karotis damar tutulumunda önemli yere sahip olan aterosklerozunun prevalansı değişik kaynaklarda %41-59 olarak belirtilmektedir. Ayrıca tüm inmelerin %22-40'nın, büyük arter hastalığına bağlı olduğu tanımlanmaktadır (35,36). Aterosklerozun, karotis arteri diffüz olarak değil, genellikle tek veya birçok bölümünü ayrı ayrı etkilediği, sıklıkla bifurkasyonda, kıvrım yerlerinde geliştiği belirtilmektedir (37). Önemli hemodinamik stenoz veya oklüzyonu ile birlikte yetersiz kollateral dolaşıma bağlı gelişen perfüzyon yetersizliği

hemodinamik etkinin, arterin lümen çapı kritik boyutun altına düştüğünde geliştiği gösterilmiştir (38). Embolik mekanizma ise, ekstrakranial damardaki lezyonun embolik kaynak olarak davranması, platelet debrisleri ve trombosit materyelin beyine embolize olmasını kapsamaktadır (39,40). Klinik olarak, hemodinamik mekanizma ile meydana gelen enfarktların genellikle tekrarlayıcı minör inme veya dalgalanma gösteren semptomlara yol açtığı, subkortikal terminal alan enfarktları meydana getirdiği öne sürülmektedir. Buna karşın, embolik mekanizma ile kortikal dal enfarktlarının geliştiği ileri sürülmektedir.

Vertebrobaziler Arter Tutulumunda Klinik Sendromlar

Arka sistem iskemilerinden en sık olarak ateroskleroz sorumludur. Arterlerin çıkış yerleri (bifurkasyon bölgeleri) ve vertebral arterin durayı deldiği yer en sık tutulan yerlerdir. Küçük damarlar lipohyalinozis ile tutulur.

Vertebral arter sisteminin tutulumu tutulma seviyesine göre değişiklik gösterir. Vertebral arterin beslediği yerlerden olan beyin sapı ve talamus, serebellum ve oksipital lob tutulumuna göre tutulum seviyesi ve miktarına göre çok çeşitli klinik semptomlar görülür. Dizziness, ataksi, diplopi, gibi geçici iskemik ataklar yanında parezi veya plejiler, yutma ve konuşma bozuklukları, homonium hemianopsi, duyu ve şuur bozuklukları gibi birçok semptom veya bulgu izlenebilir.

1.1.2.3. İnme Risk Faktörü Olarak Asemptomatik Karotis ve Vertebral Arter Stenoza

1.1.2.3.1. Karotis Arter Stenoza

Asemptomatik karotis stenoza: “Cardiovascular Health çalışması”nda, %50'nin üstünde karotis darlığı bulunan 65 yaş üzerindeki erkeklerde %7, kadınlarda %5 oranında bulunurken, darlık oranı %75-99 arasında olduğunda bu oranlar sırası ile %1.2 ile %1.1'e düşmektedir. (41). Diğer bazı çalışmalarda %50-99 arasında asemptomatik karotis stenoza olan kişilerde yıllık inme riski %1 ile %3.4 arasında bulunmuştur (42,43). Bu çalışmalar kısa takip süresi içermekle birlikte 10 ve 15 yıllık takiplerde de benzer sonuçlara ulaşılmıştır (44).

“The North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial” (NASCET) çalışmasında semptomatik darlığın kontrlateralindeki asemptomatik karotis arter stenozuna bağlı inme riski; %60-99 stenozda yılda %3.2 olarak bulunmuştur. Alt grup analizinde %60-74 stenozda inme riski yılda %3; %75-94 stenozda %3.7 olup, asemptomatik darlık %95-99

olduğunda inme riski %2.9'a, total tıkanıklıkta ise %1.9'a düşmektedir(45). Karotis arterdeki asemptomatik stenoz ve üfürüm duyulması eşlik eden iskemik kardiyak hastalığın önemli bir göstergesi olabilir.

Ekstrakranial serebrovasküler sistem hastalıklarından sorumlu primer patolojik antite aterosklerozdur . Batı dünyasında ekstrakraniyal sistem lezyonlarının yaklaşık %90'ından sorumludur. Kalan %10'u fibromuskuler displazi, elongasyon sonucu arteriyel kink oluşumu dıştan bası, intimal diseksiyon, inflamatuvar anjiopatiler ve migren ile ilişkilidir.

Ekstrakraniyal karotis arterde radyasyonla ilişkili ateroskleroz da bildirilmiştir. Daha nadir nedenler de intrakraniyal damarları etkiler; fibrinoid nekroz, amiloidoz, poliarteritis, allerjik anjitis Wegener granülomatozu, granümatöz anjitis, dev hücreli arterit, moya-moya hastalığıdır.

Kardiak orjinli emboli ciddi bir olay olup ekstrakraniyal arteriyel hastalıklarda primer sorumlu değildir. Ateroskleroz, büyük elastik arterleri (ör. aorta ve iliyak arterler) ve orta çaplı muskuler arterleri (ör. koroner arterler, karotis) etkileyen patolojik bir durumdur. Damarın intima tabakasına plazma lipidleri, konnektif doku fiberleri ile lokal ve dolaşımdaki hücrelerin çökmesi ile karakterize dejeneratif bir süreçtir. Bununla ilgili inflamasyondan fibroblastik proliferasyon sorumludur. Ek olarak kalsiyum tuzları primer yağlı plağa çökebilir, bu da lezyonda değişik derecelerde kalsifikasyonla sonuçlanır. Ateroskleroz; stenoza yol açan plak formasyonu, ülserasyona sekonder ortaya çıkan trombozis ve distal damarlara embolizasyon, arteriyel dilatasyon ve fuziform anevrizma oluşumu gibi değişik şekillerde ortaya çıkabilir. Ateromlar, büyük oranda kolesterolden oluşan ve fibröz bir katman ile çevrili olan lipid çekirdeği içerirler. Endotelial disfonksiyonu başlatan arteriyel endotelial hücre hasarı ilk adımdır. Son nokta fibröz plak oluşumudur. Aterosklerozun ilerlemesiyle lezyon büyüyebilir, yada plak içi kanama ile beklenmeyen boyut artışı ve oklüzyon ile sonuçlanabilir. Hızlı ve yavaş büyüme esnasında intimal tabakada rüptür olabilir ve dejeneratif ateromatöz debris lümen içine boşalır. Bu ateromatöz boşalımdan sonra lezyon santralinde açık kavite meydana gelir. Bu kavite ülser olarak adlandırılır, platelet agregasyonu ile nidus formasyonu, trombüs formasyonu ve emboli kaynağı olabilir. Ateromatöz lezyonlar karakteristik olarak dallarda ve arteriyel bifürkasyonlarda olur. En tipik yerleşimleri aortik arkın dallanmalarında, vertebral arterin subklaviyan orjininde, karotis arter bifürkasyonunda ve özellikle karotis bulbusta, karotis sifonda, anterior ve orta serebral arter orjinlerindedir. Tüm bu lokalizasyonların farklı klinik önemi vardır. Karotis bifürkasyonunda plak varlığı yaygın olarak çalışılmıştır.

Plak oluşumunda arteriyel geometri, hız profili, duvar direnci ile ilişkilidir. Bu lokalizasyonlar içinde en tipik yerleşim yeri karotis bifurkasyonudur. Ekstrakraniyal lezyonlar intrakraniyal lezyonlardan 2 kat fazladır. Blaidell ve arkadaşlarının çalışmasına göre; 300 hastanın yapılan anjiogramlarında, intrakraniyal lezyonların oranı %33 bulunmuştur. Lezyonların %67'si ekstrakraniyal olup bunların %38'i karotis bifurkasyonda, %20'si vertebral arter orjininde, %9'u aortik ark dallanmalarında izlenmiştir. Yine Hass ve arkadaşları da 4748 hasta içeren çalışmalarında anjiogramlarda ekstrakranial tıkalı arter hastalıklarında benzer oranlar bulmuşlardır. Semptomlar genelde oluşan lezyonlara, plak rüptürüne, plak içine kanama, emboli, tromboz ile komplike olduğunda ortaya çıkar.

1.1.2.3.2. Vertebral Arter Stenoza

Vertebral arterlerde oluşan stenozlar sağ ve solda yaklaşık eşit oranda görülür ve sistem iskemik inmelerinin yaklaşık % 20'sini oluşturur (46,47). Vertebral arter ile ilgili çalışma ve bilgiler daha öncede bahsedildiği gibi çok sınırlıdır. Genç hastalarda görülen stenozun önemli nedenlerinden biri de diseksiyondur. Başta renkli doppler USG olmak üzere patolojilerinin tanısı ve sonrasında da yine tedavisi karotis arterlere göre çok daha zordur.

1.1.2.4. Serebrovasküler Hastalıkların Diğer Nedenleri

1.1.2.4.1. Arteriyel Elongasyon, Tortiozite, Kink Oluşumu

Yetişkinlerde çalışılan karotis anjiyogramlarında İKA'nın servikal parçasında %16-21 oranında elongasyon izlenmiştir. Bu, hafif tortioziteden 360 derece dönüşe kadar değişir. Bu durumda damarlardaki fazla uzunluk mevcut kan akımı ile birlikte kink oluşturur. Bu değişiklikler konjenital veya edinsel olabilir. Embriyolojik gelişim sırasında karotis arter normal olarak gevşek ve kink halindedir. Kalp toraksa inerken, karotis arterler düzleşir ve bolluk azalır. Bazıları doğumdan sonra da devam edebilir ki infantların anjiogramlarında %43 oranında izlenir. Edinsel olarak elonge görünüm ateroskleroza bağlı olabilir.

1.1.2.4.2. Fibromuskuler Displazi

Genç ve orta yaşlı kadınlarda görülür. Muskuler orta çaplı damarlar tutulur. Renal ve internal karotis arter tutulumu görülür. Non-inflamatuvar non-aterosklerotik bir durumdur. En sık tutulum yerleri renal arter (%60-75), servikokranial arterler (%25-30), visseral arterler (%9), ekstremiteler arterleri (%5) olup hastaların %28'inde birden fazla vasküler sistemde

tutulumu vardır. Etyoloji bilinmemektedir.

Harrison ve McCormack (1971) dominant tutulumun olduğu arteriyel duvar tabakasına göre 3 ana tipi tanımlamıştır:

1. İntimal fibroplazi (%10) 2. Medial displazi (%75-80) 3. Adventisyal fibroplazi (%1)

Tutulan damara göre semptom verir. Renal arter tutulursa renovasküler HT (kadınlarda sıklıkla), karotis ve vertebral arter tutulursa; başağrısı, baş dönmesi, kulak çınlaması ve inme, viseral tutulumda; abdominal angina, yeme korkusu, kilo kaybı, extremitte tutulumunda; kladikasyon, nabız azalması, “ blue toe” sendromu görülür. Tanıda arteriyografideki “string of beads” görüntüsü ile konulur. Tedavide medikal olarak (Renal FMD – ACE inh.) kullanılır, balon anjioplasti, cerrahi (By pass) uygulanır.

1.1.2.4.3. Dıştan Bası

Servikal arterlere dış bası özellikle vertebral arterlerde daha belirgin olup servikal vertebraların transvers proçesleri ile ilişkili hiperostozis veya kemik çıkıntılar vertebral arterlere bası yapıp komprese edebilir. Dış basının diğer kaynakları boyundaki neoplazilerdir. Tümör karotis arteri çevreleyebilir, duvarı invaze edebilir.

1.1.2.4.4. Radyasyonla İlişkili Karotis Arter Stenoza :

Eksternal radyasyonun arteriyel hasar yaptığı önceden deneysel olarak tanımlanmıştır. Neoplazi tedavisinde servikal radyasyon kullanımının artışı ile birlikte, semptomatik karotis arter hastalığının ortaya çıkışında radyasyon ile ilişkili aterosklerotik değişiklikler hastalarda sık görülmeye başlandı.

1.1.2.4.5. Travmatik Oklüzyon ve Spontan İntimal Diseksiyon :

Direk veya indirekt künt servikokranial travma sonucu olarak internal karotis arterde oklüzyon oluşabilir. Anjiyografi ve otopsi sonuçlarına göre intimal yırtık akut intimal diseksiyona yol açarak tromboza sekonder lümen oklüzyonu ile sonuçlanabilir. Travma yokluğunda da spontan intimal diseksiyon oluşabilir.

1.1.2.4.6. İnflamatuar Arteriyopatiler :

İnflamatuar durumlar bu lokalizasyonda nadir olmakla birlikte serebrovasküler

semptomların değerlendirilmesinde akılda bulundurulmalıdır. Takayasu hastalığı inflamatuvar arteriyopati olup aortik arkın dallarını tutar. Bayanlarda sık olup en çok Asya ve Ortadoğu’da izlenir. Lezyonlar aortik arkın ana dallarında oklüzyon oluşturur. Dramatik bulgusu ekstremitelerinde nabızların total yokluğu olup nabızsızlık hastalığı olarak da adlandırılır. Santral sinir sisteminde poliarteritis nodoza, lupus eritematozus, temporal arterit gibi sistemik kollojen vasküler hastalıklar da görülebilir.

1.1.2.4.7. Kranyoservikal Arteriyel Diseksiyon

Spontan karotis diseksiyonlarının büyük bölümünde hatırlanamayan önemsiz bir travma söz konusudur (çeşitli sportif aktiviteler, aniden yapılan boyun hareketleri gibi). Karotis diseksiyonlarında diseksiyon yeri a. carotis interna (İKA) orijininin ilk 2 cm’lik bölümünün üstündedir. Diseksiyon çoğunlukla İKA’nın intrapetrozal kısmında sona erer. Burası büyük damar ateroskleroza için tipik bir bölge değildir. Arter diseksiyonu ve büyük damar aterosklozunun ayırıcı tanısında lokalizasyon önemlidir. Hastalarda ipsilateral yüz, baş veya boyunda ağrı vardır. Bu şikayetler iskemik belirtilerden birkaç saat veya birkaç hafta önce ortaya çıkabilir. İpsilateral Horner sendromu görülebilir. Klinik bulgular ise ağrı ile birlikte ortaya çıkan karotis alanına ait ,GİA veya inmelerdir.

Ekstrakraniyal vertebral arter diseksiyonu spontan arter diseksiyonlarının görüldüğü en sık ikinci lokalizasyondur. Boyun manipulasyonları sırasında ortaya çıkabilir. En sık görüldüğü yer ekstrakraniyal vertebral arterin C1-C2 düzeyindeki V3 segmentidir. Baş ve boyun ağrısı ilk şikâyettir. Baş ağrısı sıklıkla oksipital bölgede lokalizedir. İskemik belirtiler arasında en sık lateral bulber ve serebellar enfarkt görülür.

1.1.3. TANI YÖNTEMLERİ

1.1.3.1. Renkli Doppler Ultrasonografi

Ultrasonografi (US) görüntüleme puls-eko prensibine dayanır. Transdüserde üretilen kısa bir ultrason pulsu dokuya gönderilir. Dokuda yayılımı sırasında sesin bir bölümü, farklı yapıdaki dokuların yüzeylerinde yankılanarak transdüsera geri döner. Sesin dokudaki yayılım hızı bilindiğinden, pulsun üretilmesi ve yankının kaydı arasındaki süre hesaplanarak ekonun nereden geldiği saptanır ve görüntü oluşturulur. Doppler çift sistemleri ile de akım incelenir (48). Tanıda kullanılan ultrasonun frekansı 2-10 MHz arasında değişir. Bu frekanslardaki

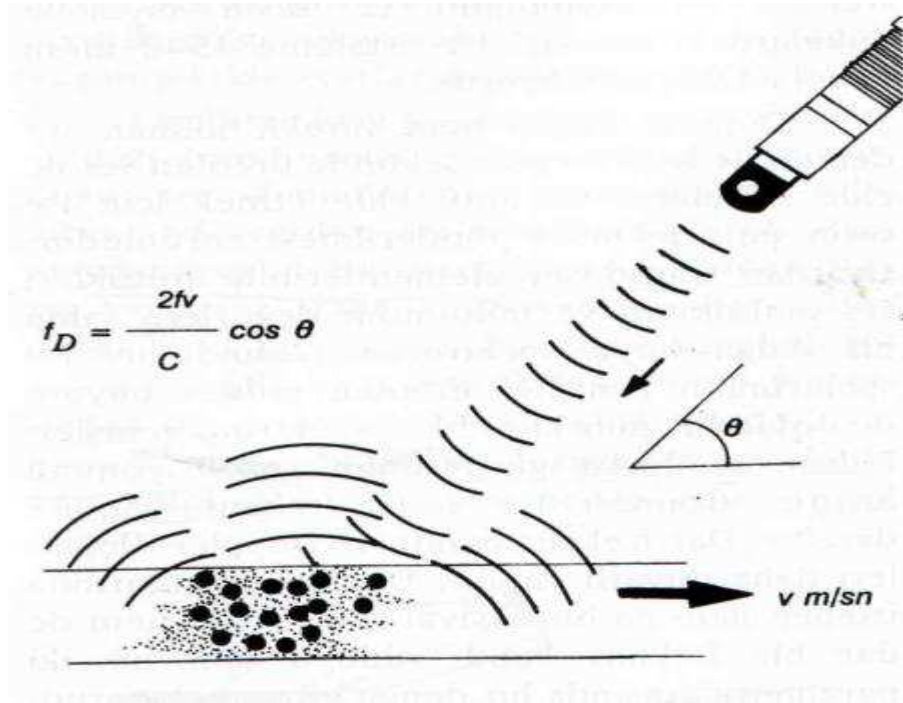
ultrason demetinin dalga boyu 1.5-0.08 mm arasında değişir. Dalga boyu geometrik rezolüsyonu belirleyen en önemli faktördür. Dalga boyu kısaldıķça yani frekans arttıķça rezolüsyon artar, fakat birlikte absorpsiyon da artacağı için penetrasyon düşer. Bu nedenle en iyi görüntüleme, incelenen bölgeye ulaşabilen en yüksek frekansa sahip ses demeti ile yapılır. Yüksek bir rezolüsyona ulaşmak için incelenecek dokuya olabildiğince yakın olmak gerekliliği, endokaviter transduserlerin geliştirilmesine neden olan temel ultrasonografi kuralıdır (49).

1880 yılında Curie'ler tarafından keşfedilen piezo-elektrik (basınç-elektrik) olayı, quartz gibi bazı kristallerin, mekanik ve elektrik enerjilerini birbirine çevirmesi temeline dayanır. Bu şekilde enerji çevirici maddelere transduser (çevirici) adı verilir.

Kristal üzerine uygulanan basınç, elektrik enerjisine, elektrik enerjisi ise kristalde genişleme ve daralma şeklinde mekanik enerjiye ve dolayısı ile sese çevrilir. Günümüzde ultrasonografi (US) aygıtlarında transduser elemanı olarak seramik diskler kullanılmaktadır. Transduseri taşıyan başlığa da prob adı verilir. Ultrasonik bir ses dalgası, ard ardına gelen sıkışma ve gevşemelerden oluşan longitudinal kompresyonel bir dalgadır. Saniyedeki kompresyon sayısı sesin frekansını, iki kompresyon arasındaki mesafe de sesin dalga boyunu belirler. Ses dalgaları her maddede, maddenin elastisitesi ve dansitesi tarafından belirlenen maddeye özel hızla yayılır. Doppler US; Doppler kayması, Johann Christian Doppler isimli Avusturya'lı bir fizikçi tarafından 1842 yılında tanımlanan bir gözlemdir. Sabit frekanslı bir ses kaynağı yaklařtıķça daha tiz (artmış frekans), uzaklařtıķça daha pes (azalmış frekans) olarak işitilir. Aynı olay kaynak sabit, dedektör hareketli olduğunda da gözlenir. Ses frekansındaki harekete bağlı bu değişime Doppler kayması (şekil 8) adı verilir (48).

Doppler bilgisi hem sürekli salınan ses demeti ile hem de puls şeklinde üretilen ses ile elde edilebilir. Görüntü elde etmek için ise ses dalgaları puls şeklinde gönderilir. Uyarılan transduser elementlerinin ürettikleri ses maksimum ve minimum değerlere sahip bir dalga boyu spektrumu şeklindedir. Bu spektrumun genişliği üretilen pulsun boyutu ile ilişkilidir; puls kısaldıķça dalga boyu spektrumu genişler. Pulsun kısalması görüntünün rezolüsyonunu artırır, uzaması ise sesin frekans bandını daraltır. Dar frekans bandı ile Doppler ölçümleri daha duyarlı yapılır. Doppler aygıtlarında istenen hem iyi aksiyal rezolüsyon hem de dar bir frekans bandı olduğu için bu iki parametre arasında bir denge gözetmek zorunludur. Doppler US ile akım incelenirken, eko kaynağı eritrositlerin yüzeyidir. Gönderilen ultrason dalga boyu eritrosit yüzeyinden çok büyük olduğu için saçılır. Bu tip saçılma 'Reylich' saçılma olarak

adlandırılır ve saçılma gücü sesin frekansının 4. kuvveti ile doğru orantılıdır. Akan eritrositlerden saçılan ses üst üste binerek transdusere ulaşır. Bu nedenle Doppler US'de penetrasyon faktörü kullanarak olabildiğince yüksek frekans seçilmelidir. Doppler US ile kan akımı değerlendirilirken temel prensip damara belirli açıyla gönderilen ultrason demetinin frekansının akımın yönüne ve hızına göre değişmesini saptamaktır. Gönderilen ses demetinin frekansındaki değişim Doppler eşitliği ile gösterilir. Doppler eşitliğine göre Doppler şifti, transduserin frekansı, kan akımının hızı ve ses demetinin damar duvarı ile yaptığı açının kosinüsü ile (açı daraldıkça artar) doğru orantılıdır. Doppler eşitliğinde bilemediğimiz tek değişken kan akımının hızıdır. Diğer faktörler önceden belli olduğundan Doppler frekans şifti kan akım hızı ile doğru orantılıdır (48).



Şekil 8: Doppler kayması (30); $f_D = 2 F_0 \cdot v \cdot \cos \theta / c \rightarrow f_D =$ Doppler kayması, $F_0 =$ transduserin frekansı, $V =$ akımın hızı, $\theta =$ ses demetinin açısı, $C =$ sesin dokudaki hızı (1540/sn), $\cos =$ kosinus (28).

Hızı belirlemede önemli bir etken kan damarı ile ses demeti arasındaki açıdır (teta açısı). Doppler açısı belirli bir yansıtıcı hızı için tesbit edilen Doppler frekansını ciddi manada etkilemektedir. Akış doğrudan proba doğru ise açı 0 dereceye eşittir ve $\cos \theta$ 1'e eşittir. Bu oryantasyon için tesbit edilen Doppler frekansı, akış şartlarında tesbit edilebilecek en yüksek frekanstır. Daha tipik olarak, 0 derecenin dışındaki açılarda tesbit edilen Doppler frekansı $\cos \theta$ terimine bağlı olarak azalacaktır. Örneğin, 30 derecede Doppler frekansının 0

derecedeki değeri 0.87 ile çarpılacaktır; 60 derecede ise 0.5 ile çarpılacaktır. Eğer akış ultrason demetine dik olursa, θ 90 derece ve $\cos\theta$ 0 olacaktır; bu durumda tespit edilen Doppler kayması olmayacaktır. Pratikte arteriyel lümeninden güvenilir Doppler sinyalleri elde etmek için 30 ile 60 derece arasında açı elde edecek şekilde ultrason demeti yönlendirilmektedir (50,51).

1.1.3.1.1. İnceleme Yöntemleri

Doppler US klinikte devamlı dalga doppler, spektral doppler ve renkli doppler olmak üzere başlıca üç şekilde uygulanır. İncelenen damarında birlikte görüntülendiği spektral dopplere; duplex doppler, renkli doppler ile birlikte yapılan şekline de tripleks doppler denir.

1.1.3.1.1.1. Devamlı Dalga (Continuous Wave-CW) Doppler

Doppler verilerinin değerlendirilmesinin en basit yöntemidir. Aygıtın probunda biri devamlı ses dalgası üreten, diğeri devamlı bir şekilde dönen ekoları saptayan sırt sırta yerleştirilmiş iki transduser vardır. Ses dalgası kesintisiz olduğundan yöntemin aksiyal çözümlemesi yoktur, yani sesin nereden geldiği bilinemez. Ses demetinin geçtiği yol üzerindeki tüm akımlar saptanır. Dar frekans bantı kullandığı için doğruluk değeri yüksektir.

Akıma bağlı olarak saptanan frekans değişikliği ses şeklinde verilir. Dinleyerek akımın hızı, pulsallitesi ve türbülansı değerlendirilir. Ses spekturumunun analizi kalitatif ve tümüyle subjektiftir (52).

1.1.3.1.1.2. Spektral Doppler

Devamlı dalga Doppler yönteminin dezavantajlarını ortadan kaldırmak için Puls Doppler yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemde vücuda gönderilen ses devamlı değil çok kısa atımlar (pulsar) şeklindedir. Üretilen her puls çok sayıdaki ses dalgasının karışımıdır ve ses demeti adını alır. Kısa süreli pulsar şeklinde gönderilen ses enerjisi suskunluk zamanlarında dinlenerek değerlendirilir. Böylece tek transuder hem verici hem de alıcı görevi yapabilir (54).

Pratikte B-mode görüntüleme ile integre edilerek kullanılır ve dupleks Doppler yöntemi adını alır. B-Mod görüntü üzerinde Doppler incelemesi yapılacak alan belirlenerek işaretlenir. Bu alana örnekleme alanı denir (55). Gönderilen pulsar sürenin çok az bir kesimini kapsar, sürenin büyük bölümü ekoları saptamaya ayrılmıştır. Dolayısıyla yapılan iş örneklemedir (52).

Puls Doppler yöntemi ile sesin eko süresi hesaplanarak lokalizasyon yapılır. Bundan sonra işlemci geri dönen ses dalgasının Doppler kaymasını tespit eder. Faz değişikliğinden hareketin yönünü, frekans değişikliğinden de hareketin hızını hesaplayarak istenilen şekilde grafik, sayısal veya ses olarak, yada hepsi birlikte gösterir (54).

Genellikle dönen ekolardan çıkarılan frekans farkı, monitörde B-mode görüntünün yanında frekans/zaman grafiği şeklinde canlı olarak yazdırılır. Uygulamada frekans değerleri ses demetinin açısına göre otomatik olarak hıza çevrilir ve spektrum genellikle hız/zaman grafiği şeklindedir. Doppler grafik spektrumlarında zaman, saniyelere bölünmüş horizontal çizgi (x eksen) üzerinde, frekans veya hız ise kHz veya cm/sn olarak dik çizgi (y eksen) üzerinde gösterilir.

Kan akım yönü horizontal çizginin alt ve üst tarafları ile belirlenir. Genellikle ses demetine yaklaşan akım çizginin üstünde, uzaklaşan akım altında yazdırılır. Akım içindeki hız dağılımı grafik bandının genişliğini belirler, hız çeşitlendikçe bant genişler. Akım bandı ile taban çizgisi (horizontal çizgi) arasında kalan boşluğa spektral pencere adı verilir. Örnekleme hacmindeki akım hızı çeşitlendikçe bant genişleyerek bu pencereyi küçültür veya doldurur. Akım üniform oldukça tersine bant genişliği daralır ve pencere genişler. Akan eritrositlerin miktarları ise sinyalin amplitüdünü belirler ve grafiğin z yönünde grafik bandının parlaklığı şeklinde gösterilir.

Dupleks Dopplerde B-mode yöntemi ile kan damarlarının patomorfolojisi incelenir. Daralma, trombüs, arterosklerotik plak ve plağın durumu (ülcere, plak içinde kanama vb. gibi) görülür. B-mode görüntülerle çok sayıdaki ses dalgası elde edildiği için, yöntemin görüntü kalitesi yüksek olmalıdır (52).

1.1.3.1.1.3. Renkli Doppler Ultrasonografi (RDUS)

Akıma ait doppler bilgisi, dokuya gönderilen bir puls çizgisi boyunca birçok örnekleme alanı (gate) alınarak elde edilir. Spektral dopplerdeki tek örnekleme alanına karşılık RDUS'de multigate örnekleme yapılır. Bu alandan gelen bilgiler yönü ve hızına göre renklendirilip, damar görüntüsünün içine yerleştirilirse renkli doppler görüntüleri elde edilir.

Renkli doppler görüntüleri akım hakkında niteleyici bilgiler verir. Bu nedenle pratikte çoğunlukla yalnız başına değil, hız-zaman spekturumu ile birlikte kullanılır ve renkli duplex doppler veya tripleks doppler yöntemi adını alır.

Renkli görüntülemelerde akımın yönü (kırmızı veya mavi renkler), faz kayması ile belirlenir. Renkli doppler görüntüleri aslında bir spektral görüntülemedir. Spektral değerler grafikte değil renklerle ifade edilir. Akımın hızı ve şekliyle ilgili bilgiler ise renk tonlarıyla (renk saturasyon kodlaması) veya farklı renklerle (değişik renk kodlaması) gösterilir. Renk saturasyon kodlamasında transdusere göre akımın yönü mavi veya kırmızıdır; akımın hızı rengin tonları ile belirtilir. Açık, parlak tonlar hızlı akımı, koyu tonlar yavaş akımı gösterir.

Renkli Dopplerin görüntüleri akım hakkında yararlı bilgiler verir; fakat her zaman spektral Dopplerin yerini tutmaz. Renkli Doppler genelde niceleyici değil niteleyici bir yöntemdir. Bu nedenle akımın değerlendirilmesinde ve stenozun derecelendirilmesinde mutlaka dupleks Doppler yöntemine başvurulur (52).

1.1.3.1.1.4. Power Doppler (Enerji Mod Görüntüleme)

Renkli akış görüntüleme ultrason demetinin yönüne göre incelenen alandaki saçıcıların akış hızlarını vermektedir. Başka bir yöntem olan power doppler ise saçıcıların hızlarını görmezden gelip basitçe doppler sinyalinin gücünü (enerjisini) tahmin eder. Power ya da enerji mod görüntüleme olarak adlandırılan bu yöntemin renkli incelemeye göre avantaj ve dezavantajları mevcuttur.

Avantajları;

Renkli incelemeye göre enerji mod, daha düşük ve zayıf akış durumlarına daha hassastır. Doppler frekans üzerindeki açı etkileri ortadan kalkmaktadır. Ancak ,açı tam dik ya da dike yakın olduğunda renk işlemcisi yeterli sinyal elde edemeyebilir. Aliasing enerji mod görüntüyü etkilemez. Bu yüzden incelenmesi zor bölgelerde daha sürekli bir akış tespit edilebilir.

Dezavantajları;

Yansıtıcı hızı ve akış yönü hakkında bilgi verilmez. Bu özellikler tanıda bazen önem kazanmaktadır.

Enerji moda renkli moda göre daha fazla sinyal ortalaması yapıldığından görüntü oluşturulması genelde daha zordur ve çerçeve hızı azdır. Bunun sonucu olarak, yumuşak dokuların titreşimlerinden oluşan flash artefaktları enerji moda renkli moda oranla daha fazla görülür (53).

1.1.3.1.2. İnceleme Ölçütleri

Doppler US'de kullandığımız 2 ölçütümüz vardır:

Frekans kayması: Kan akımının hızını belirler. Dönen sesin frekansı, gönderdiğimiz sesin frekansından yüksekse doppler kayması pozitif, tersi ise negatif olarak kabul edilir.

Faz kayması: Doppler kaymasının faz değişikliğidir. Transdüser'e göre akımın yönünü belirler (52).

Frekans Seçimi:

Doppler kayması transdüserin frekansı ile doğru orantılıdır. Yüksek frekanslı transdüserler akıma duyarlılığı artırır, fakat yüksek frekanslarda penetrasyon azalır (52).

Örnekleme boyutu (gate)

Örnekleme alanının uygulayıcı tarafından ayarlanabilen bir hacmi vardır. Derinliği pulsun uzunluğuna (içindeki dalga sayısına), eni ise ses demetinin kalınlığına bağlıdır. Tipik bir doppler pulsunda 5-20 arasında dalga bulunur. Dupleks doppler de örnekleme hacmi damarın görüntüsü üzerinde işaretlenir. Alınan doppler sinyalinin yoğunluğu bu hacim içindeki saçıcı yüzeylerin sayısı ile orantılıdır. Örnekleme hacminin boyutu arttıkça hız spektrumu genişler. Pik hızlarının ölçümü akım konusunda değerli bilgiler verdiğinden, damar merkezine yerleştirilmiş dar örnekleme hacmiyle çalışmak genellikle tercih edilir.

Renkli Doppler görüntülemeye yan yana birçok örnekleme hacminden alınan akım bilgilerinin renkli ölçek ile görüntülenmesi söz konusudur. (52).

Örnekleme hızı (Pulse Repetition Frequency=PRF)

Birim zaman içerisinde gönderilen puls sayısıdır. Transduserde bulunan piezoelektrik kristalin arka arkaya uyarılması sonucunda ortaya çıkan pulslar, devamlı olarak dokuya gönderilmektedir. Doppler incelemelerinde bu pulsların tekrarlanma frekansına puls tekrarlanma frekansı adı verilir. Doppler kayması, PRF ile örneklenerek oluşturulduğundan, doğru bir şekilde ölçümleme için, doku içine gönderilen US pulsı geri alınmadan yeni bir puls gönderilmemelidir. Doppler pulsunun inceleme alanına ulaşması ve bir o kadar da transdusere geri dönme süresine ihtiyaç göstermesinden dolayı örnekleme hızı ölçülecek Doppler kaymasının en az 2 katı değerde tutulmalıdır. Bu kritik değer Nyquist limiti olarak

adlandırılır ve aşağıdaki şekilde formülize edilir;

$$V_{max} = c \cdot PRF / 4 \cdot f_0 \cdot \cos \Theta$$

V_{max} = damar içindeki maksimum akım hızı C = sesin dokudaki ortalama hızı (1540 m/sn)

f_0 = transduser frekansını $\cos \Theta$ = Doppler açısı

Doppler frekansını arttırmak için PRF ve/veya Doppler açısı yüksek degerde tutulmalıdır. Nyquist limiti aşıldığı, yani örnekleme hızı ölçülecek Doppler kaymasının 2 katından az olduğu durumda, akımlar hatalı olarak ters yönde algılanacaktır. Bu durum aliasing olarak adlandırılır (54).

Geliş açısı

Doppler eşitliğinde geliş (insonasyon) açısı, Doppler kaymasını etkileyen parametrelerden biri olarak belirtilmiştir. Ultrasonografik dalga incelenecek damara dik açı ile gelirse, formüldeki eşitlik gereği 90° 'nin kosinüsü ($\cos \Theta$) 0 olacağından teorik olarak Doppler shift frekansı elde edilmeyecektir. Bu nedenle Doppler incelemelerinde kullanılacak en uygun insonasyon açısı değerleri 30-60 derece arasında değişmektedir (54).

Duvar filtreleri

Damar duvarı belirgin bir yansıtıcı yüzeydir. Pulsasyonların bu yüzeyleri yavaş hareket ettirmesi sonucu yüksek amplitüdlü, düşük frekanslı doppler kayması ortaya çıkar. Damar duvarından kaynaklanan bu istenmeyen etkiyi ortadan kaldırmak için, doppler aygıtlarında duvar filtresi adı verilen devreler vardır. Genel olarak filtreleme ile 50-1600 Hz aralığındaki frekanslar tutulur. Filtre seçimi, kandan gelen doppler bilgilerinin kaybına yol açmayacak şekilde yapılmalıdır (52).

Çerçeve hızı ('frame rate')

Bir görüntünün oluşturulma hızıdır. Renkli dopplerde çalışılan alanın (pencerenin) büyümesi çerçeve hızını düşürür (52).

Örnek Volüm (Sample Volume)

Örnek volüm olarak ifade edilen parametre, akım açısından kontrol edilecek doku volümünü işaret etmektedir. Bir çok sistemde örnek volüm, kullanılan transduserin odak

özelliklerine ve bir sonografik atım içindeki siklusların sayısına göre değişiklik göstermekte ve de ayar edilebilmektedir. En uygun insonasyon açısı değerleri 30-60° arasında değişmektedir (54).

1.1.3.1.3. Kan Damarlarındaki Hemodinami

Doppler ile elde ettiğimiz verileri anlamak için kan basıncı, akım ve hız arasındaki ilişkiyi iyi bilmemiz gerekir.

Akımı, damarların uçları arasındaki basınç farkı ve damar direnci belirler. Akım=basınç farkı/direnç. Akıma direnç ise damarın çapı, uzunluğu ve kanın viskozitesi ile ilişkilidir. Direnç=viskozite x uzunluk/çap.

Direnç belirleyen en önemli faktör damarın çapıdır ve damar çapının dördüncü kuvveti ile ters orantılıdır (52). Akım karakteristiği arter ve venlerde farklı olduğu gibi her organ sistemine giden damarlarda da değişiktir. Spekturumda ve renkli doppler incelemelerinde farklı görünüm veren plug, laminar ve türbülant olmak üzere başlıca üç tür arteryel akım örneği vardır (52).

Plug akım; aort ve büyük damarlar içerisindeki düzgün akım şeklidir. Damarın bir kesiti içerisindeki tüm kan akım hızları birbirine eşittir. Spekturumda plug akımı ince bant ve boş pencere ile karakterizedir. Renkli dopplerde ise damar lümenini dolduran renk, her tarafta aynı tondadır (52).

Laminar akım; 5mm ve daha küçük çaplı damarlarda görülen normal akım şeklidir. Bu tür akımda lümenin ortasındaki akım hızlı, duvara yakın perifer bölgelerdeki akım ise sürtünme etkisi nedeniyle yavaştır. Damar merkezindeki kan akım hızları damar duvarına yakın kesimlerdekinden daha yüksektir. Spekturumda akım çizgisinin altı sıfır çizgisine kadar doludur. Renkli dopplerde laminar bir akımın merkezi duvara yakın kesimlere göre daha açık tonlarda görülür (52). Türbülant akım; hız dağılımının çok geniş olduğu ve hatta ters akımların bulunduğu akım şeklidir (52).

Damarlarda akan kanın türbülant akıma dönüşüm ölçümü olarak Reynold sayısı (Re) adı verilen bir kriter kullanılmaktadır.

$$Re = \text{hız} \times \text{çap} \times \text{dansite} / \text{viskozite}$$

Re sayısı akım hızı, damar çapı ve dansite ile doğru, viskozite ile ters orantılı olarak değişmektedir. Normalde geniş bir yere giriş ve dar bir yerden çıkışlarda görülür. Grafik karakteristiği bandın belirgin bir şekilde genişlemesi ve dolayısıyla pencerenin ortadan kalkmasıdır. Renkli dopplerde türbülans her iki rengin karışımı ile karakterizedir. Arterler pulsatil dalga formundadır ve sistolün başlangıcında dik bir çıkış diyastolde ise daha az dik bir iniş eğrisi çizer. Venöz akım ise daha az pulsatildir (52).

1.1.3.1.4. Akımın Değerlendirilmesi

Doppler US ile akım karakteristikleri incelenirken önemli olan nokta damardaki normal akım örneğinin iyi bilinmesidir. Akan kanda şekilli elemanların hızları farklı olduğu gibi akım yönleri de her zaman damar duvarına paralel değildir. Bunu nedenleri:

1. Sürtünme nedeniyle duvara yakın akımın daha yavaş olması
2. Lümen düzensizliklerinin akım hızını bölgesel olarak değiştirmesi
3. Türbülans akımın doppler açılarının devamlı değişmesi
4. Akımın devamlı değil pulsatil karakterde olmasıdır. Doppler US ile elde edilen akım bilgileri niteliksel veya nicelikselidir.

Akımdaki değişiklikleri göreceli olarak değerlendirmek amacıyla yapılan ölçümler ise yarı niceliksel akım bilgileri verir.

Doppler US ile elde edilen niteliksel akım bilgileri akım varlığı, yönü ve şeklidir. Akımın hızı ve hacmi ise niceliksel akım bilgileridir. Pik sistolik / diyastol sonu hız indeksi, Rezinif indeksi (RI) ve Pulsatilité indeksi (PI)' de yarı niceliksel akım bilgileridir.

Akım varlığı ile yönünün ve akım hızının saptanması doppler US'nin temel işlevidir. Akım hacmi ise, damarın bir kesitinden değişik hızlarda akan kanın tümünü temsil eder. Bu nedenle eğer biz lümandeki tüm farklı hızları ölçebilirsek akım hacmini formülüne göre hesaplayabiliriz.

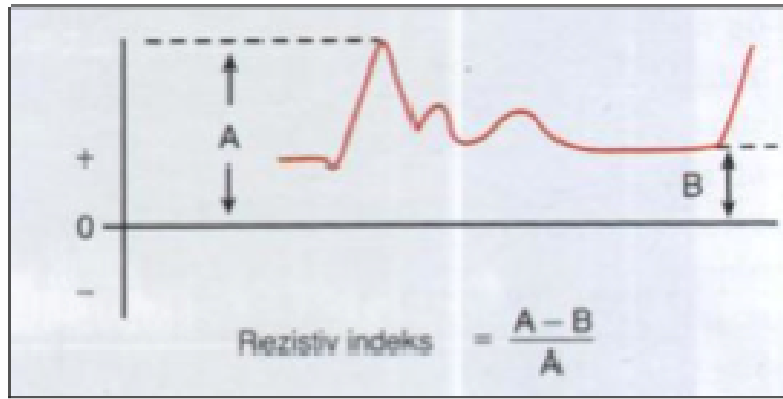
$$\text{Akım (cm}^3/\text{sn)} = \text{Ortalama hız (cm/sn)} \times \text{kesit yüzeyi (cm}^2\text{)}.$$

Kesit yüzeyi sistol ve diyastolde değişir. Bu yüzden her zaman dairesel şekilde değildir. Ortalama hız hesaplama yöntemlerindeki hata payları da yüksektir. Bu nedenle

akımın hacim ölçümündeki duyarlılığı düşüktür. Dolayısıyla doppler US'deki akım hacim değerleri sadece sınırlı bir yaklaşımı ifade eder.

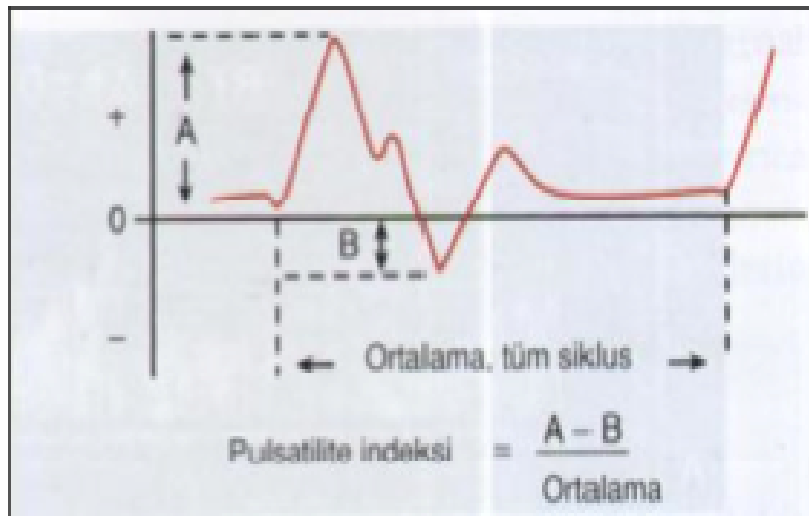
Yarı niceliksel doppler US verileri akıma direncin değerlendirilmesi amacıyla yapılan hesaplamalardır. Ölçülen direnç, akıma karşı tüm etkenlerden kaynaklanan dirençlerin toplamıdır ve damarın doppler spekturumundan hesaplanabilir. Direnç, akımı kendi içerisinde değerlendiren bazı indekslerle gösterilir. Pratikte bu amaçla, şu indeksler kullanılır. Akımın yarı niceliksel değerlendirilmesinde indeksler şekil 9,10 'da gösterilmiştir.

Rezistif İndeksi(RI) = Pik sistolik hız – End diyastolik hız /Pik sistolik hız



Şekil 9: Rezistif İndeksi (53)

Pulsatilité İndeksi (PI) = Pik sistolik hız – end diyastolik hız / ortalama hız (Şekil 4: Pulsatilité İndeksi (54))



Şekil 10: Pulsatilité İndeksi (53)

Bu indeksler oldukça kaba olmakla birlikte anormal akımın değerlendirilmesinde yararlıdır. Rezistif indeksi, payda hiçbir zaman sıfır olmayacağından daha duyarlı kabul edilir ve özellikle renal transplantların incelenmesinde kullanılır. Pulsatilité indeksi ise ortalama hız dikkate alındığından daha duyarlı gibi görülür. Ancak ortalama hızın elde edilış yöntemi konusunda tartışmalar ve zorluklar olduğundan kullanımı yaygın değildir (52).

1.1.3.1.5. Doppler US'nin Endikasyonları ve Kullanım Alanları

1. Arteriyal perfüzyonun değerlendirilmesi: Transplante böbrekte rejeksiyonun değerlendirilmesi, testis torsiyonunun ortaya çıkarılması Doppler'in arteriyal perfüzyonu değerlendirme özelliğinden faydalanılarak gerçekleştirilmektedir.
2. Venöz trombüs araştırılması: Venöz yapılarda, damar içinde normal olarak görülmesi gereken akımın yerine renk kodlanması göstermeyen hipoekojenik, ekojenik yapıların varlığı trombüsü akla getirmektedir.
3. Spektral Doppler analizleri ile akım hızı ve şeklinde değışiklik oluşturan patolojilerin saptanması
4. Akım yönünün saptanması: Normal olarak akım yönleri bilinen ve renk kodlaması ya da spektral analizle grafik şeklinde tanımlanan damarlarda tersine akımın varlığı kolaylıkla tespit edilebilir.
5. Vasküler yataktaki direnç tespit edilebilir.
6. Akım volümünün ölçülmesi: Böbrek ve mezenter arterlerinde akım ölçümleri ile iskemi gibi patolojik olaylar belirlenebilir.
7. Tümör vaskülarizasyonunun (angiogenesis veya neoangiogenesis) ortaya konması çeşitli Doppler modlarında yapılan çalışmalarla mümkün olur.
8. Doku karakterizasyonunun yapılması: Malign tümöral olaylarda, infeksiyöz proseslerde patolojik kanlanmayı tespit etmek mümkündür (54).

1.1.3.2. Manyetik Rezonans Anjiyografi

Manyetik rezonans anjiyografi (MRA) kanın hareketinden yararlanarak damarlar ve durağan dokuların ayrımını sağlayan bir görüntüleme yöntemidir. Esas olarak damarın

anatomisini değil hareket eden kanın fizyolojisini gösterir. MR Anjiografi ile vasküler yapılar dört şekilde görüntülenebilmektedir:

1.1.3.2.1. Time of flight (TOF) MR Anjiografi

Bir MR kesiti oluşturulurken, kesit seviyesinden uyarılmış dokulardan sinyal gönderilirken damar içerisinde radyo dalgası ile uyarılmış olan kan, bu aşamada yer değiştirmekte ve kesit görüntü oluşturulurken bu seviyeden gönderilen sinyaller dikkate alınmamaktadır. Bu nedenle akım olan yapılarda sinyalsiz siyah alanlar oluşmaktadır. Kontrast madde gerektirmez. 2 veya 3 boyutlu TOF yönteminde, iyi kalitede görüntü elde edilebilmesi için olgunun uzun süre hareketsiz kalması gerekir. Yapılan araştırmalar, bu teknikle yapılan incelemelerin yarısında hareket artefaktları olduğunu göstermiştir. Kontrastlı MRA'lar ile bu dezavantajın büyük ölçüde üstesinden gelinmiştir.

1.1.3.2.2. Faz kontrast anjiografi

Faz kontrast görüntülemeye, akım ölçümleri yapılabildiğinden, özellikle kan akımının fizyolojisini değerlendirmede daha çok öne çıkmaktadır. Akımdan kaynaklanan spin- faz etkisi ya da akım etkisinin oluşturduğu etkiye duyarlı sekanslarda yapılan çalışma ile akıma dayalı vasküler kontrast ortaya konulmaktadır. Bu teknikte akan kandaki hareketli protonların faz şifti çevredeki hareketsiz dokularla karşılaştırılmaktadır. İki fazlı görüntü elde olunarak birbirinden çıkarma yapılmaktadır.

1.1.3.2.3. Kontrastlı MR Anjiografi

Yüksek gradient sistemler gerektiren bu teknikte intravasküler MR kontrastları kullanılır. Bu teknikteki en önemli özellik akıma bağımlı olmamasıdır. Esas olarak gadolinyum içeren kontrast maddenin damar içerisindeyken oluşturduğu T1 süresindeki kısalmadan yararlanılmaktadır. T1 ağırlıklı görüntülerde intensitesi en yüksek yapı yağ dokusu olduğundan, bu yöntemde amaç, vasküler yapılardaki T1 zamanını yağ dokusunun altına indirerek görüntüde sadece vasküler yapıların izlenmesini sağlamaktır. Kontrast maddenin damar içinde maksimuma ulaştığı süre en iyi görüntüyü elde etmede önemlidir. Diğer sistemlere göre daha yeni bir tekniktir ve çok başarılı anjiografi görüntüleri sağlamaktadır. Günümüzde, 8-10 saniyelik boyun bölgesine yönelik sekanslar mevcut olup kontrast madde hızı ve zamanlamasının ustaca ayarlandığı olgularda elde edilen görüntüler çoğunlukla diagnostik kalite olarak yeterlidir. Yapılan çalışmalarda ağır stenozun

saptanmasında MRA'nın duyarlılığı %90'ın üzerinde bildirilmektedir. Ancak MRA'nın stenozu abartma eğiliminden dolayı pozitif prediktif değeri düşüktür. MRA uzaysal çözünürlüğü düşük olması nedeniyle plak yüzeyindeki düzensizliklerin gösterilmesinde yeterince etkili değildir. Bu yöntem uzaysal rezolüsyonu daha iyi, süresi daha kısa ve artefaktları diğer MR anjiografi yöntemleri ile karşılaştırıldığında daha az olduğundan dolayı son zamanlarda daha çok tercih edilmektedir.

1.1.3.2.4. Black-Blood Görüntüleme

Akan kanın sinyalsiz olarak görüntülediği black-blood görüntülemeye, İR (inversion recovery) tekniği kullanılır. Hızlı spin-eko sekanslarla akan kan sinyali tamamen baskılanarak duvar patolojileri daha iyi değerlendirilir. Bu yöntemle, esas olarak diseksiyon, intimal flep, aterosklerotik plaklar ve duvar kalınlaşmaları değerlendirilir. (55,56,57,58)

1.1.3.3. BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ ANJİOGRAFİ (BTA)

Vasküler görüntülemeye altın standart olarak kabul edilen konvansiyonel anjiografinin invaziv bir yöntem olması ve bilinen komplikasyonları nedeniyle BTA alternatif bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Spiral bilgisayarlı tomografinin ve en son olarak da multidedektör BT'nin geliştirilmesi sonrasında en önemli gelişmeler BTA alanında olmuştur. İnce kesit arteriyel imajlardan birkaç türde üç boyutlu rekonstrüksiyon tekniği kullanılarak klasik anjiografi imajlarına denk kalitede anjiografik görüntüler oluşturmak mümkün hale gelmiştir. Oldukça yeni bir volumetrik görüntüleme tekniği olan ve konvansiyonel spiral BT ile başlayan BTA, günümüzde multidedektör teknolojisinin gelişmesi ile çoğu olguda konvansiyonel anjiografinin yerini almaya başlamıştır (59).

Bilgisayarlı tomografi pratiğinde çığır açan bir gelişme olan multidedektör BT'nin bugünkü durumuna ulaşması BT teknolojisinde bazı öncü gelişmeler ile gerçekleşmiştir. Helikal taramanın geliştiği 1989 yılından sonra 1997'de 1 mm'nin altında kesit alabilen cihazlar üretilmiştir. Aynı yıl bugünkü çok kesitli BT teknolojisinin öncüsü çift dedektörlü helikal BT geliştirilmiştir. Gantri rotasyon zamanlarının 1 sn'nin altına inmesi 1995'te mümkün olmuş, 1998'de bu süre şu an hala geçerli minimum süre olan 0.5 sn'ye indirilmiştir. 1998 yılında ilk multidedektörlü BT sistemleri kullanıma girmiştir (60).

Gantri rotasyon süresi: Gantri rotasyon süresinde, bugün itibarıyla ulaşılmış en ileri nokta 0.42 sn'dir (60). Gantri rotasyon süresinin kısalması hareket artefaktlarını belirgin

olarak azalttığı gibi aynı süre içinde daha geniş anatomik bölgelerin taranabilmesi olanağını doğurmuş ve longitudinal (z eksen) çözünürlüğü de artmıştır.

İnce kesit kalınlıkları: Multidedektör BT cihazları olağanüstü hızları sayesinde, Konvansiyonel helikal cihazlardan farklı olarak, klasik kesit taramasından çok, bir anlamda hacim taraması yapmaktadır. Yüksek kalitede hacim bilgisi için z eksenindeki çözünürlüğün yeterli olması gerekmektedir. Z eksen çözünürlüğünü belirleyen başlıca etken kesit kalınlığıdır. Dedektör teknolojisindeki iyileştirilmelerle minimum kesit kalınlığı giderek düşürülmektedir. Böylece ulaşılan anizotropik vokselle geometrisi sayesinde multiplanar reformasyonlar ve üç boyutlu görüntüleme optimal görsel keskinlikle yapılabilmektedir (60).

Çok kanallı dedektör: Multidedektör BT teknolojisinin belkemiği dedektör yapısıdır. Konvansiyonel helikal BT cihazlarında dedektör tek sıra halinde dizilmiş dedektör elemanlarından oluşan tek boyutlu bir yapıdır. Multidedektör BT cihazlarda ise çok sayıda dedektör sırasından oluşan iki boyutlu bir matriks yapısı mevcuttur. Asimetrik dedektör tasarımları yanı sıra bazı sistemlerde simetrik yapıda dedektör matriksi kullanılmıştır. Dedektör sıralarının farklı kombinasyonlarının seçilmesi ile değişik kesit kalınlıklarında incelemeler yapılabilmektedir. Sistemin minimum kesit kalınlığını belirleyen unsur en küçük dedektör elemanının z eksenindeki genişliğidir. Bu değer bazı sistemlerde 0.5 mm, bazı sistemlerde 0.625 mm'dir (60).

1.1.3.3.1. DAS (Data Acquisition System- Veri Elde Etme Düzeni)

Dedektör sıralarından veya bunların kombinasyonlarından alınan kesit bilgileri daha sonra DAS'lara aktarılmaktadır. Örneğin 4 segmentli bir sistemde 4 dedektör kanal-kanal kombinasyonundan alınan veriler 4 adet DAS aracılığıyla işlenmekte yani DAS'lara gelen analog veriler dijital verilere dönüştürülmektedir (60).

1.1.3.3.2. Görüntü Rekonstrüksiyonu

Çok noktalı rekonstrüksiyon algoritması ve optimal veri örnekleme: Dedektör sisteminden başka, multidedektör BT cihazlarında, konvansiyonel helikal cihazlarından farklı rekonstrüksiyon algoritmaları kullanılmaktadır. Multidedektör BT cihazlarında dedektör iki boyutlu olduğundan tüpten çıkan X ışını hüzmesi de iki boyutludur, yani koni şeklindedir. Konvansiyonel rekonstrüksiyon yöntemlerinin kullanılması durumunda koni içinde belli bir açıyla dedektör elemanlarına gelen X-ışınları artefaktlara yol açabilir. Bu artefaktların

giderilebilmesi için multidedektör BT cihazlarında, konvansiyonel helikal cihazlarda kullanılan 180 derece lineer interpolasyon algoritması değil, çok noktalı (multipoint) interpolasyon ile görüntüler rekonstrükte edilmektedir (59,60). Bu şekilde konvansiyonel helikal tekniğe göre daha yüksek kalitede görüntüler elde edilebilmektedir. Çok noktalı rekonstrüksiyon algoritmasında verilerin örneklenmesi de optimize edilmiştir. Optimize edilmiş örnekleme adı verilen bu yöntemin amacı longitudinal yönde veri örnekleme miktarını artırmak, yani daha fazla ölçüm bilgisi elde etmek ve böylece sinyal gürültü oranını artırmaktır (60) .

1.1.3.3.3. Z Filtre Rekonstrüksiyonu

Çok kesitli BT'de görüntü rekonstrüksiyonunda çok noktalı interpolasyon algoritması dışında Z filtre rekonstrüksiyon algoritması adı verilen bir teknik de kullanılmaktadır. Z filter rekonstrüksiyonunda uygun Z filtre değerleri seçilerek, tek bir helikal veri kümesinden farklı kesit kalınlıklarında çok sayıda görüntü serisi oluşturulabilmektedir (60,61).

1.1.3.3.4. Multidedektör BT Teknolojisinde Fizik Gelişmelerin BT Pratiğine Etkileri

Tarama hızında artış :

Multidedektör BT sistemlerinde hızın artması esas olarak iki nedene bağlıdır: Gantri rotasyon süresinin kısalması (0.5 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. Tarama hızındaki bu artış her kesit kalınlığı için geçerli değildir. Düşük kesit kalınlıklarında maksimum hız mümkün olmakta, ancak kesit kalınlığı arttıkça bu şans azalmaktadır.

Multidedektör BT 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 (61,62). Bazı üreticiler birinci anlayışla, örneğin 3 ve 6 gibi pitch değerleri kullanılmaktadır. Pitch'in 3 olarak kullanıldığı tarama modları yüksek kalite (high quality), pitch'in 6 olarak kullanıldığı tarama modları hızlı (high speed) olarak tanımlanmaktadır. Uzaysal çözünürlüğün önemli olduğu klinik durumlarda 3 pitch'in, yüksek hacimlerin kısa zamanda taranmasının gerekli olduğu durumlarda 6 pitch'in kullanılması önerilmektedir.

Pitch'in artması hızı artırırken görüntü kalitesinde etkilemektedir. Helikal BT görüntü kalitesi pitch 1.5-2'nin üzerine çıktığında dikkate değer biçimde bozulmaktadır. Pitch arttıkça görüntü kalitesindeki bozulma multislice BT cihazlarında da geçerlidir.

Multidedektör BT'de gürültü oranı genel olarak daha düşüktür ve bu durum özellikle düşük pitch değerlerinde daha belirgindir. Multidedektör sistemlerde gürültünün düşük olması 3 pitch'te oluşan tarama süperpozisyonu (scan overlap) ve z filtre rekonstrüksiyonu tekniğine dayanmaktadır(60). Tarama hızının konvansiyonel helikal cihazlara göre 8 yada 16 kata varan miktarlarda artması daha geniş hacimlerin daha kısa sürede taranması olanağını getirmiştir. Buna bağlı avantajlar şöyle sıralanabilir;

1. Rutin incelemelerin daha kısa sürede bitirilmesi solunum denetimsizliğinden kaynaklanan artefaktları gidermiştir.
2. Çocuk yaş grubunda ve kooperasyon göstermeyen hastalarda çok kesitli BT son derece hızlı bir biçimde, dolayısıyla asgari artefaktla incelemenin tamamlanabilmesini sağlamaktadır.
3. Multidedektör BT teknolojisinin gelişmesi BTA uygulamalarında çığır açmıştır. Yüksek tarama hızının ince kesit kalınlıkları ile birleştirilmesiyle yüksek longitudinal çözünürlük sağlanmakta, kaliteli üç boyutlu uygulamalar mümkün olmaktadır.
4. Tarama hızının artması BTA uygulamalarında kontrast madde dozunun tasarruf edilmesine imkan vermektedir.
5. Multidedektör BT sistemleri ile çok fazla kontrastlı çalışmalara olanak sağlamıştır.

Kesit kalınlığında azalma

Multidedektör BT teknolojisindeki gelişim minimum kesit kalınlığında azalma ile paralel seyretmiştir. Günümüzde multidedektör BT cihazlarında minimum kesit kalınlığı 0.5-0.625 mm arasında değişmektedir. İnce kesit kalınlıkları uzaysal çözünürlüğü artırmakta ve kısmi hacim etkisini azaltmaktadır. Böylece birçok anatomik bölge taranabilmekte, elde olunan izotropik görüntüler ile yüksek kalitede reformat, multiprojeeksiyon volüm reformat ve üç boyutlu rekonstrüksiyonlar yapılabilmektedir.

Gantri rotasyon süresinin kısalması

Günümüzde multidedektör BT cihazlarındaki gantri rotasyon süresi 0.5 sn'dir. 0.5 sn'lik rotasyon süresi 250 msn'ye inen temporal çözünürlük sağlamaktadır.

1.1.3.3.5. Klinik Uygulamalar

Tanımlanan fizik gelişmeler ve artan performans sayesinde daha fazla hacim daha kısa sürede daha yüksek uzaysal çözünürlükte daha az kontrast madde kullanılarak taranabilmektedir (61). BTA'da esas olay vasküler yapıyı dansite olarak çevre yumuşak dokulardan ayırt etmek ve üç boyutlu görüntü oluşturabilecek yüksek atenuasyon değerlerine ulaşmaktır. Vasküler anatominin detaylı görüntülenebilmesi için 1-1.25mm kalınlıkta kesitler alınır ve üç boyutlu inceleme için bu imajlar %50- 60 overlap yapılarak rekonstrükte edilir. Multidedektör BT'de inceleme parametrelerine uygun değişiklikler yapılarak temel olarak yüksek hızlı ve yüksek çözünürlüklü olmak üzere iki çeşit tarama protokolü tanımlanmıştır (61,62). Kolimasyon 4x2-2.5mm, masa hızı 12-16 mm/dönüş olarak ayarlanıp büyük hacimler kısa zamanda taranabilir. Bunun yanında kolimasyon 4x1-1.25mm, masa hızı 6-8 mm/dönüş şeklinde ayarlanıp yüksek uzaysal çözünürlük sağlanabilir.

Yüksek hızlı protokolün avantajı büyük hacimlerin kısa zamanda taranabilmesi, kontrast madde kullanımının azaltılmasıdır. Yüksek uzaysal çözünürlükteki protokolün avantajı ise çok ince vasküler yapıların bile görüntülenebilmesidir ancak bu protokolde inceleme zamanı uzamakta, kontrast madde miktarı artmaktadır (61).

Kontrast maddenin 3-6 ml/sn hızında verilmesi önerilmektedir (61,62). Kontrast madde verilmesinden sonra intravenöz bağlantı hattının periferel venlerin yıkanması için 40-70 ml serum fizyolojik solüsyonu kullanılmalıdır. Bu sayede kontrast madde konsantrasyonunun platosu 8 sn kadar uzatılabilmektedir (61,62). BTA'da en önemli noktalardan biri de kontrast maddenin vasküler yapılar içindeki en yüksek konsantrasyonu sırasında taramanın gerçekleştirilmesidir. Kontrast maddenin incelenecek vasküler yapılarda en üst konsantrasyona ulaşması hastanın kardiyovasküler durumuna bağlı olarak değişiklikler göstermektedir (62). BTA'da, özellikle multidedektör cihazlarda inceleme süresinin çok kısa olması nedeniyle uygun gecikme zamanı ayarlanması çok önemlidir (62,63). Gecikme zamanı, hastanın yaşı, kardiyovasküler durumu göz önünde tutularak tahmini olarak belirlenebilir (62). Bu yöntemin avantajı kolay uygulanabilir olmasıdır. Ancak bu yöntem her zaman iyi sonuçlar vermemektedir. Diğer bir yöntem inceleme öncesi 10-15 ml kadar bir

kontrast maddenin verilmesi ve birbiri ardına BT kesitleri alınarak dolaşım zamanının ölçülmesine dayanan test-bolus yöntemidir (62). Test- bolus yönteminin dezavantajları hem toplam inceleme süresinin uzaması hem de kullanılan kontrast madde miktarının artmasıdır. Bu yöntemlerin dışında, multidedektör cihazların gelişmesi ile sıkça kullanılmaya başlanan, bolus yakalama yöntemi gibi kontrast maddenin varışını otomatik olarak saptayan ve taramayı buna göre başlatan sistemler vardır (62).

1.1.3.3.6. BTA 'da Üç Boyutlu Görüntüleme Teknikleri

Tüm olgularda aksiyel plandaki kaynak görüntülerin tamamının değerlendirilmesi mutlaka gereklidir. Özellikle üç boyutlu imajlarda saptanan patolojilerin aksiyel imajlar üzerinden konfirme edilmesi tanın güvenilirliğini artırmak için gereklidir. BTA oluşturmakta kullanılan üç boyutlu postprocessing modaliteleri MPR (multiplanar reformat), MİP (maksimum intensity projection), SSD (shaded surface display) ve VRT (volume rendering thecnique)'dir (62). SSD'de belli bir dansite değeri eşik değeri (threshold) olarak seçilir ve bu değere sahip kontrast madde sütunu yüzey olarak görüntülenir. Bu teknik ile küçük çaplı damarların görüntülenmesinde problemler olabilir, yalancı stenoz ve oklüzyon gibi durumlar ortaya çıkabilir. Yani seçilecek eşik değere göre görüntü değişir. Bu yöntem en az kullanılan yöntemdir (62). MİP tekniğinde, o anda inceleme alanındaki en yüksek piksel baz alınarak diğer tüm pikseller yüksek değer üzerinden değerlendirilir. Anjiyografiye en çok benzeyen görüntüler bu teknikle oluşturulur. Damar duvarındaki kalsifikasyonu lümendeki kontrast maddeden en iyi ayıran teknik budur. Bu teknikte süperpoze olan anatomik yapılar kesilerek uzaklaştırılabilir (61,62). MPR ile aksiyel kesitlerden sagittal, koronal, oblik ve kavisli (curved) planlarda imajlar yapılır. Kesit kalınlığı ne kadar ince ise MPR'nin rezolüsyonu o kadar yüksek olur (62). VRT popüler olan üç boyutlu diğer bir görüntülerne modalitesidir. Bu yöntemde vasküler yapılar ve çevre dokular semitransparan halde izlenir. Bu yöntemde değişik dansite değerlerine sahip yapılara farklı renk kodları verilerek birbirlerinden farklı dokular farklı renklerde görüntülenir. Bu imajların yüksek tanı değeri yanı sıra klinisyenlerin de dikkatini cezbeden bir yanı vardır. Konvansiyonel spiral BTA'nın sınırlı bir segmenti değerlendirebilmesi nedeniyle sınırlılıkları vardır (62,63). Multidedektör BTA ile arkus aortadan intrakranyal dallara kadar olan bölüm kolaylıkla görüntülenebilir (61). Bunun en büyük avantajı yaygın aterosklerotik hastalığı olan hastalarda iki veya daha fazla seviyedeki stenozun tek bir çalışmada gösterilebilmesidir. Multidedektör BTA plak morfolojisinin de değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Dansitesi 50 HU'nun altındaki plaklar fibrofatty plaklara, dansitesi 50 HU ile 150 HU arasında değişen plaklar fibröz plaklara, dansitesi 150 HU'nun üstündeki plaklar kalsifiye plaklara karşılık gelir.

Ayrıca, emboli oluşumunda risk faktörü olan ülsere plaklar saptanabilir (61,63). Karotis sistemi değerlendirirken, bifurkasyon yanı sıra özellikle US ile değerlendirilmesi güç olan distal segmentler ile petröz segmentin de değerlendirilmesi önerilmektedir. Stenoz değerlendirmesinde ölçümün arterin longitudinal eksinine dik oblik planar reformatlardan yapılması en doğru sonuçları verecektir. Curved multiplanar reformatlar (CPR) özellikle kemik segmentlerin değerlendirilmesinde etkili olacaktır (61,63).

BÖLÜM II

GEREÇ – YÖNTEMLER

Araştırmanın Tipi :

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi (EÜTF) Radyoloji Anabilim Dalında bilgisayarlı tomografi (BT) veya manyetik rezonans (MRA) anjiyografi inceleme ile intrakraniyal ana arteriyel yapılarda % 50'nin üstünde anlamlı darlık ya da oklüzyon saptanan olgularda karotis ve vertebral arterlerin patent olan ekstrakraniyal segmentlerindeki dolaylı renkli Doppler ultrasonografi (RDUS) bulguları araştırılmıştır. Normal kontrol grubunda ise BTA ve/veya MRA ile intrakraniyal ana arteriyel yapılarda stenooklüziv patolojisi bulunmayan olgular yer almıştır. Normal ve patolojik grup ekstrakraniyal segment karotis-vertebral arter RDUS bulgularının karşılaştırılmasında EÜTF Radyoloji Anabilim Dalı Ultrasonografi ünitesinde arşivli hasta kayıtlarında yer alan akım hızı ve akım direnci gibi Doppler USG parametreleri ve ilgili damarlara ait çap ölçümleri kullanılmıştır. Eldeki verilerin istatistiksel analizine göre karotis-vertebral arter sisteminin intrakraniyal segmentlerindeki stenooklüziv patolojilerin tanısında ekstrakraniyal segmentlere ait dolaylı RDUS parametrelerinin tanısal başarısı araştırılmıştır. Çalışma için Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan 23.09.2013 tarih ve 13-9.1/47 karar numarası ile onay alınmıştır.

Araştırma Evreni :

Araştırmanın evrenini, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı Ultrasonografi ünitesinde Ocak 2010 – Eylül 2013 tarih aralığında arşivli hasta kayıtlarında araştırmanın dahil edilme ve dışlama kriterlerine uyan , Manyetik Rezonans Anjiyografi (MRA) ve / veya Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA) inceleme ile internal karotid arter (İKA) ve vertebral arter (VA) intrakranial segmentlerinde stenooklüzif patolojileri olan (7 olguda İKA'da stenooklüzif patoloji , 27 olguda ise VA sisteminde stenooklüzif patoloji veya hipoplazi) toplamda 34 hasta , sağlıklı olgu kontrol grubunda ise İKA veya VA sistemlerinde herhangi bir stenooklüzif patoloji tespit edilmemiş 40 olguda toplam 80 VA ve 80 İKA değerlendirilmiştir.

Araştırmaya Dâhil Etme ve Dışlama Kriterleri :

Dahil Etme Kriterleri :

1. Kadın ya da erkek olması.
2. 19-80 yaş aralığında olmak.
3. İntrakraniyal vasküler yapılarda %50 üzerinde stenoz ya da oklüzyon olması.
4. Bölümümüzde çekilen BT ve MRG Anjiyografi tetkiklerinin bulunması.

Dışlama Kriterleri :

1. Hareketsiz duramayan olgular.
2. 18 yaşın altında olgular
3. Ekstrakraniyal segmentlerde darlık ya da oklüzyon bulunan olgular

Araştırmanın Yürütülmesi :

Çalışmaya katılan tüm olguların yaş , cinsiyet , Doppler USG tetkikinde ; iki taraflı VA ve iki taraflı İKA arterlerinin çapları , Rezistif İndeks (Rİ) , Pik sistolik hız (PSH), End diyastolik hız (EDH) , MRA ve/veya BTA tetkiklerinde patolojik bulgu olup olmaması arşivden sorgulanarak sonuçları formlara kaydedilmiştir (Ek 1 ve Ek 2).

Renkli Doppler Ultrasonografi Uygulaması :

Çalışmaya katılan tüm hastalara Ege Üniversitesi Hastanesi Radyodiagnostik Anabilim Dalı ultrasonografi ünitesinde karotis ve vertebral arterlere yönelik RDUS tetkiki yapılmıştır. İlgili incelemeler RDUS uygulamaları konusunda deneyimli bir radyoloji uzmanı öğretim üyesi tarafından gerçekleştirilmiştir. Renkli doppler ultrasonografi incelemeleri 4-9MHz broadband lineer transdüser kullanılarak SONOLINE Antares (Siemens, Almanya), ACUSON S1000 veya ACUSON S2000 (Siemens, Almanya) marka ve model RDUS cihazlarında gerçekleştirilmiştir.

Olgular supin pozisyonunda, omuzlar aşağıda, baş hafif ekstansiyonda ve ölçüm yapılan tarafın karşı tarafına çevrili olarak değerlendirilmektedir. Ölçümler sagittal düzlemde yapılmaktadır. Transduser ile damar yolu arasındaki açının 30-60 derece arasında olmasına özen gösterilmektedir.

İncelemeye bölümümüzde sistematik olarak öncelikle B-mode ultrasonografi ile başlanmakta ve öncelikle yapısal patolojilerin varlığı araştırılmaktadır. Damarın iç çapları her iki intima tabakası arasında ve damarın izlediği yola dik şekilde ölçüm yapılmaktadır. Daha

sonra akımın varlığı, akım yönü ve akım dalga formunun değerlendirildiği RDUS inceleme aşamasına geçilmektedir. En az 5 sn boyunca sinyal alınan akım hızları not edilmektedir. Akım hızları cm/sn, çaplar mm, kan akım hacmi ml/dk birimleri ile ifade edilmektedir.

Karotis sistemin değerlendirilmesinde, incelemeye sağda trunkus brakiosefalikus, solda klavikula düzeyinden başlanarak kranyale doğru sırayla AKA, ayrışım düzeyi, İKA ve EKA'ler incelenmektedir. İlk önce B-mode US ile (gri skala) aksiyal ve longitudinal planlarda intimal kalınlaşma ve düzensizlikler, plakların yeri, büyüklüğü ve morfolojik özellikleri (fatty, fibrofatty, komplike) saptanmaktadır. Renk modunda damarda akımın lümeni doldurma paterni, plak saptanan bölgelerde jet veya türbülant akım varlığı ve darlık bölgesinde rezidüel lümen çapının o bölgedeki total damar çapına oranlanması ile stenoz dereceleri belirlenmektedir. Spektral incelemede uygun Doppler açısı ayarlanarak stenotik alanda pik sistolik hız, diastol sonu hız değerleri ölçülmekte olup bizim çalışmada hemodinamik anlamlı darlığı olan bu olgular damarların iki tarafı arasındaki değerleri ve hemodinamiği etkileyeceğinden dolayı çalışma dışı bırakılmıştır. A. carotis interna için bulbus caroticus 'un 1-1,5cm distalinden yapılan spektral analizdeki Rİ , PSH , EDH , çap değerleri değerlendirme formuna kaydedildi.

Vertebral arterlerin değerlendirilmesi ise ultrasonografi bölümümüzde , incelemeye arterlerin çıkış düzeyinden başlanarak ekstrakranyal kesimi gri skala, renk modu ve spektral analizle incelenmektedir. A. vertebralis'in pars transversaria'sının izlenebilmesi için transducer medialden laterale doğru yer değiştirilmekte ve servikal vertebraların processus transversus'larına kadar açlandırılmaktadır. Damarın seyri, a. subklavia'dan orijin aldığı yerden itibaren kafa tabanına kadar izlenerek incelenmektedir. A. vertebralis'in görüntülenmesi, öncelikle C4-C5 omurları arasından, a. carotis communis'in en iyi longitudinal görüntüsünün elde edilmesiyle kolayca sağlanmaktadır. Tüm olgular için standart inceleme protokolü kullanılmaktadır. Yapılan spektral analizde Rİ , PSH , EDH , çap değerleri değerlendirme formuna kaydedildi. Tek taraflı oklüzyon lehine bulgular saptanan olgular iki taraflı karşılaştırma yapılamayacağı ve distaldeki hemodinami etkilenebileceği için çalışma dışında bırakıldı.

Spektral incelemeler; aliasing artefaktına neden olmayacak en düşük PRF (pulse repetition frequency), gürültüye neden olmayacak en yüksek renk kazanç ayarında, en düşük duvar filtresinde ve uygun pencere genişliği sağlanmasını takiben elde olunmaktadır.

Çalışma kapsamında yer alan olgularda çap ve spektral RDUS ölçümleri İKA için bulbus caroticus 'un 1-1,5 cm distalinde, VA için ise pars transversaria'nın C4-C5 arasında yer alan V2 segmenti düzeyinde gerçekleştirilmiştir.

BT Anjiografi Uygulaması :

Tüm hastalara bölümümüzde bulunan multidedektör BT cihazlarında (Toshiba Aquilion; Toshiba Medical Systems, Japan ve Siemens Definition Dual Source, Forchheim, Germany) BTA tetkiki yapıldı. BTA incelemesi 100 ml non-iyonik kontrast madde bolus tracking yöntemi kullanılarak antekubital venden 4 ml/sn hızda verilmesini takiben 1mm kesit kalınlığı, pitch:1, 120 kV ve 250 mAs çekim parametreleri ile yapıldı. Görüntüleme alanı oksiput lokalizasyonundan verteks bitimine kadar olan tarama alanı olarak belirlendi. Elde olunan aksiyal görüntüler iş istasyonuna (Syngo version V35, Siemens Healthcare, Erlangen, Germany) gönderilerek MIP ve Volume Rendering Teknik (VRT) tekniğiyle multiplanar refomat görüntüler oluşturuldu.

MRG Anjiografi Uygulaması :

MRG incelemesi; Ege Üniversitesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda, yüksek performans (Verio, Siemens, Erlangen, Almanya) gradientlerine sahip (maksimum gradient gücü 40 mT/m; maksimum slew rate sn'de 200 mT/m) 3 Tesla MRG sisteminde (Verio, Siemens, Erlangen, Almanya) ve 1,5 Tesla sisteminde (Symphony, Siemens, Erlangen, Almanya) yapıldı.

MRG çekiminde 3D-TOF sekansında (TR/TE:37.000/7.150, NEX:1, matriks:320x156, FOV:260 mm, kesit kalınlığı:5 mm, kesit aralığı:1.5 mm) parametreleri kullanıldı. Post kontrast MRA incelemede (TR/TE:2.6/1.2, NEX:1, matriks:512x457, FOV:41 cm, kesit kalınlığı:5 mm, kesit aralığı:1.5 mm) parametreleri kullanıldı.

İstatistiksel Analiz

Verilerin analizi SPSS for Windows 11.5 paket programında yapıldı. Sürekli sayısal değişkenlerin dağılımının normal dağılıma uygun olup olmadığı Kolmogorov Smirnov testi ile varyansların homojenliği ise Levene testiyle araştırıldı. Tanımlayıcı istatistikler sürekli sayısal değişkenler için ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde nominal değişkenler ise olgu sayısı ve (%) biçiminde gösterildi.

Gruplar arasında yaş ortalamaları yönünden farkın önemliliği Student's t testiyle değerlendirildi. Gruplar arasında doppler USG göstergelerine ait ölçümler yönünden farkın önemliliği ise Mann Whitney U testiyle araştırıldı. Nominal değişkenler Pearson'un Ki-Kare veya Fisher'in Kesin sonuçlu testiyle incelendi.

Doppler USG sonucunda karotis arterde stenoklüziv patoloji saptanan olgular içerisinde, vertebral arterde stenoklüziv patoloji saptanan olgular içerisinde ve vertebral hipoplazi saptanan olgular içerisinde patolojik taraf ile karşı taraftan yapılan ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olup olmadığı Wilcoxon İşaret testiyle araştırıldı.

MRA/BTA sonucunda bulgu saptanan ve bulgu saptanmayan grupları ayırt etmede doppler USG ölçümlerinin belirleyici olup olmadığı ROC analizi ile eğri altında kalan alan hesaplanarak araştırıldı. Eğri altında kalan alanın önemli bulunması halinde duyarlılık ve seçicilik düzeyleri toplamının en fazla olduğu nokta, en iyi kesim noktası olarak kabul edildi. Daha sonra bu noktadaki duyarlılık, seçicilik, pozitif ve negatif tahmini değerler ve tanısal doğruluk oranları hesaplandı. $p < 0,05$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

ROC Analizinde ; MRA ve/veya BT Anjiyografi incelemesi ile İKA'nın intrakraniyal segmentlerinde stenoklüzif patoloji saptanan ve saptanmayan grupları ayırt etmede İKA ekstrakraniyal segment RDUS inceleme parametreleri olarak Rİ , EDH , EDH-O , PSH-O, Rİ-O ölçümleri kullanılmıştır. Vertebral arter sistemi ile ilişkili olarak da MRA ve/veya BTA inceleme ile VA sisteminde stenoklüzif patoloji veya VA hipoplazisi saptanan ve saptanmayan grupları ayırt etmede VA RDUS inceleme parametreleri olarak Rİ , PSH , EDH, PSH-O , EDH-O , Rİ-O ve çap ölçümleri kullanılmıştır.

BÖLÜM III

BULGULAR

Çalışma kapsamında patolojik grupta yer alan 34 hasta ve normal kontrol grubunda yer alan 40 hastaya ait kraniyoservikal MRA ve/veya BTA incelemeleri ile karotis-vertebral arter ekstrakraniyal segment RDUS inceleme sonuçları karşılaştırıldı. Patolojik grupta yer alan olgulardan birinci grubu sağ ya da sol İKA'nın intrakraniyal segmentlerinde izole tek taraflı stenooklüzif patolojisi olanlar, ikinci grubu ise sağ ya da sol VA'nın intrakranial segmentlerinde izole stenooklüzif patolojisi olanlar veya VA hipoplazisi saptanmış olgular oluşturmaktaydı. Kontrol grubunda ise BTA ve/veya MRA ile karotis ve vertebral arter sisteminde anlamlı stenooklüzif patoloji saptanmayan olgular yer almaktaydı. Vertebral arterin intrakranial segmentlerinde stenooklüzif patoloji saptanan ve VA hipoplazisi tanısı alan olgular ayrıca kendi arasında karşılaştırılmıştır.

Yaş ve cinsiyete göre olguların dağılımı ;

Çalışma kapsamında yer alan olguların yaş ve cinsiyetlerine göre kontrol grubu ve patolojik grup içindeki dağılımlı Tablo 1'de özetlenmiştir.

İnternal karotis arterde stenooklüzif patoloji saptanan olguların yaşı 18-83 arasında, VA'da stenooklüzif patoloji veya hipoplazi saptanmış olguların yaşı 44-85 arasında, kontrol grubundaki olgular ise 26-84 yaşları arasında yer almaktaydı.

MRA ve/ veya BTA incelemesi ile patolojik bulgu saptanan ve saptanmayan (kontrol grubu) olgular arasında yaş ortalamaları yönünden istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmedi ($p=0,122$). MRA ve/veya /BTA sonucunda patoloji saptanan ve saptanmayan gruplar arasında kadın ve erkeklerin dağılımı da istatistiksel olarak benzer bulundu ($p=0,168$). (Tablo 1)

Tablo 1. MRA/BTA Sonucunda Patoloji Saptanan ve Patoloji Saptanmayan Gruplara Göre Olguların Demografik Özellikleri

Değişkenler	Bulgu Yok (n=40)	Bulgu Var (n=34)	p-değeri
Yaş	58,4±15,5	64,1±15,7	0,122†
Cinsiyet			0,168‡
Erkek	22 (%55,0)	24 (%70,6)	
Kadın	18 (%45,0)	10 (%29,4)	

† Student's t testi, ‡ Pearson'un Ki-Kare testi.

MRA ve/veya BTA İnceleme İle Patolojik Bulgu Saptanan ve Saptanmayan Grupları Ayırt Etmede RDUS Parametrelerinin Tanısal Etkinliğinin Değerlendirilmesi :

MR ve / veya BT anjiografi ile İKA'nın intrakraniyal segmentlerinde stenooklüzif patoloji saptanan 15 hastanın 8'inde orifis düzeyinde de anlamlı darlık bulgularının eşlik etmesi ve bu durumun ölçüm yapılan düzeydeki RDUS parametrelerini etkileyebilmesi nedeniyle çalışmaya dahil edilmedi.

İKA'nın intrakraniyal segmentlerinde izole stenooklüzif patoloji saptanan ve çalışma kapsamında yer alan toplam 7 olgudan 5'inin BTA, 1'inin MRA, 1 olgunun ise arşivimizde kayıtlı MRA ve BTA incelemeleri altın standart olarak değerlendirildi.

Vertebral arterde stenooklüzif patoloji veya VA hipoplazisi belirlenmiş olan toplam 27 olgudan 11'inde BTA, 14'ünde MRA, 2 olgunun ise arşivimizde kayıtlı MRA ve BTA incelemeleri altın standart olarak kullanıldı. Vertebral arter hipoplazisi belirlenmiş olan 8 olgudan 6'sı arşivimizde kayıtlı MRA incelemeleri ile, 2 olgu ise BTA ile değerlendirilmiştir. Stenooklüzif patoloji saptanmış olan toplam 19 VA olgusundan 10 tanesi BTA ile, 8 olgu MRA ile, 1 olgu ise arşivimizde kayıtlı MRA ve BTA incelemeleri ile değerlendirildi.

İKA'da stenooklüziv patoloji saptanan olgularda patolojik taraf ile karşı taraf İKA çap ölçümleri istatistiksel olarak benzer bulundu ($p=0,116$). Karşı taraf İKA'ya göre patolojik taraftaki RI değerleri istatistiksel anlamlı olarak daha yüksekti ($p=0,028$). Patolojik taraf ile karşı taraf İKA arasında PSH düzeyleri yönünden istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p=0,075$). Karşı tarafa göre patolojik taraftaki İKA'da EDH değerleri istatistiksel anlamlı olarak daha düşüktü ($p=0,028$). Dolaylı RDUS bulguları ile İKA'nın intrakraniyal

segmentinde stenookluziv patoloji düşünülen toplam 6 olgunun 3'ünde sağ, 3'ünde ise sol tarafta MRA/ BTA inceleme ile oklüzyon saptanmıştır. (Tablo 2)

Tablo 2. Dolaylı RDUS Bulguları ile İKA'nın İntrakraniyal Segmentinde Stenookluziv Patoloji Düşünülen Olguların Patolojik ve Karşı Taraf İKA'daki RDUS Bulguları

Değişkenler	n	Patolojik Taraf	Karşı Taraf	p-değeri †
Çap	6	6,2±2,1	7,1±1,5	0,116
RI	6	0,89±0,12	0,59±0,06	0,028
PSH	6	36,1±34,2	69,7±31,8	0,075
EDH	6	5,9±11,1	28,3±14,0	0,028

† Wilcoxon İşaret testi

Vertebral arter sisteminde stenooklüzif patoloji veya VA hipoplazisi saptanan olguların karşı tarafa göre patolojik taraftaki çap ölçümleri istatistiksel anlamlı olarak daha düşük, RI ölçümleri istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek, PSH ölçümleri istatistiksel anlamlı olarak daha düşük ve EDH ölçümleri de istatistiksel anlamlı olarak daha düşüktü ($p<0,001$). Vertebral arter sisteminde stenooklüziv patoloji veya VA hipoplazisi saptanan toplam 27 olgunun 15'inde sağ, 12'sinde ise sol tarafta patoloji tespit edilmişti. (Tablo 3)

Tablo 3. Vertebral Arter Sisteminde Stenookluziv Patoloji veya VA Hipoplazisi Saptanan Olguların Patolojik ve Karşı Taraf VA ekstrakraniyal segment RDUS Bulguları

Değişkenler	n	Patolojik Taraf	Karşı Taraf	p-değeri †
Çap	27	3,5±1,0	5,4±0,7	<0,001
RI	27	0,92±0,07	0,69±0,08	<0,001
PSH	27	32,4±13,3	54,7±17,2	<0,001
EDH	27	3,0±2,5	15,9±4,2	<0,001

† Wilcoxon İşaret testi.

Vertebral arter hipoplazisi saptanan olguların karşı tarafa göre patolojik taraftaki çap ölçümlerinin istatistiksel olarak anlamlı daha düşük, RI ölçümlerinin istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek, PSH ölçümlerinin istatistiksel olarak anlamlı daha düşük ve EDH ölçümlerinin de istatistiksel olarak anlamlı daha düşük olduğu belirlenmiştir (sırasıyla, $p=0,012$; $p=0,012$; $p=0,017$ ve $p=0,012$). (Tablo 4)

Tablo 4. Vertebral Arter Hipoplazisi Saptanan Olguların Patolojik ve Karşı Taraf VA RDUS Bulguları

Değişkenler	n	Patolojik Taraf	Karşı Taraf	p-değeri †
Çap	8	2,8±0,9	5,5±1,1	0,012
RI	8	0,86±0,04	0,67±0,06	0,012
PSH	8	32,0±7,9	51,5±15,1	0,017
EDH	8	4,6±1,8	16,3±3,9	0,012

† Wilcoxon İşaret testi.

MRA ve/veya BTA incelemesi ile İKA'da patoloji saptanan ve saptanmayan gruplar arasında İKA çap ölçümleri istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p=0,919$). Patoloji saptanan grupta RI ölçümleri istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek, PSH ölçümleri daha düşük, EDH ölçümleri de istatistiksel anlamlı olarak daha düşük belirlenmiştir ($p<0,001$; $p=0,030$ ve $p=0,002$). (Tablo 5)

MRA ve/ veya BTA inceleme ile İKA'da patoloji saptanan grupta sırasıyla; RI-O, PSH-O ve EDH-O ölçümleri istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0,001$; $p<0,001$ ve $p=0,012$). (Tablo 5)

Tablo 5. MRA ve/veya BTA ile İKA'da Patoloji Saptanan ve Saptanmayan Gruplara Göre Olguların İKA RDUS Bulguları

Değişkenler	Bulgu Yok (n=40)	Patoloji Var (n=7)	p-değeri †
Çap	6,4±1,0	6,2±1,9	0,919
RI	0,64±0,08	0,87±0,13	<0,001
PSH	67,7±15,1	42,1±35,2	0,030
EDH	24,4±7,6	8,4±12,1	0,002
RI-O	5,4±3,7	29,0±14,0	<0,001
PSH-O	14,3±11,4	52,7±23,6	<0,001
EDH-O	17,5±11,0	71,8±41,4	0,012

† Mann Whitney U testi.

Tablo 6. MRA ve/veya BTA ile Patoloji Saptanan ve Saptanmayan Grupları Ayırt Etmede İKA RDUS Ölçümlerine Ait ROC Eğrisi Altında Kalan Alan, En İyi Kesim Noktaları ve Tanısal Performans Göstergeleri

Göstergeler	Tanımlar	Çap	RI	PSH	EDH	RI-O	PSH-O	EDH-O
AUC		0,515	0,950	0,757	0,850	0,914	0,925	0,793
95% CI		0,237- 0,791	0,885- 1,000*	0,467- 1,000*	0,664- 1,000*	0,763- 1,000*	0,830- 1,000*	0,546- 1,000*
Kesme Noktası		-	>0.6975	-	<7.75	>85.7	>19.9	>70.3
Olgu Sayısı	N	-	47	-	47	47	47	47
Duyarlılık	GP/(GP+YN)	-	7/7 (%100,0)	-	5/7 (%71,4)	6/7 (%85,7)	7/7 (%100,0)	5/7 (%71,4)
Seçicilik	GN/(GN+YP)	-	33/40 (%82,5)	-	40/40 (%100,0)	39/40 (%97,5)	29/40 (%72,5)	40/40 (%100,0)
PTD	GP/(GP+YP)	-	7/14 (%50,0)	-	5/5 (%100,0)	6/7 (%85,7)	7/18 (%38,9)	5/5 (%100,0)
NTD	GN/(YN+GN)	-	33/33 (%100,0)	-	40/42 (%95,2)	39/40 (%97,5)	29/29 (%100,0)	40/42 (%95,2)
Doğruluk	(GP+GN)/(N)	-	40/47 (%85,1)	-	45/47 (%95,7)	45/47 (%95,7)	36/47 (%76,6)	45/47 (%95,7)
p değeri		-	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
†								

%95 Güven Aralığının üst sınırı >1.0 olarak saptandı, † Fisher'in Kesin Sonuçlu Ki-Kare testi, GP: Gerçek Pozitif, YN: Yalancı Negatif, GN: Gerçek Negatif, YP: Yalancı Pozitif, PTD: Pozitif Tahmini Değer, NTD: Negatif Tahmini Değer.

ROC analiz yöntemi ile elde edilen sonuçlarda İKA'da stenooklüzif patoloji için RI kesme noktası > 0.6975 olarak belirlendiğinde duyarlılık % 100 ,seçicilik % 82.5 , pozitif prediktif değer % 50, negative prediktif değer % 100 , doğruluk değeri % 85,1 saptandı. (Tablo 6)

ROC analiz yöntemi ile elde edilen sonuçlarda İKA'da stenoklüzif patoloji için EDH kesme noktası < 7.75 olarak belirlendiğinde duyarlılık % 71.4 ,seçicilik % 100, pozitif prediktif değer % 100, negatif prediktif değer % 95.2 , doğruluk değeri % 95.7 saptandı. (Tablo 6)

RI kesim noktası > 0.6975 seçildiğinde; 7 olgunun hepsinde distaldeki stenoklüzif patoloji saptanabilmiş fakat MRA ve/veya BTA incelemesi normal olan 40 olgudan 7 tanesinde yalancı pozitif sonuçlar elde edilmiştir. Bu durumda pozitif prediktif değer ve seçicilik oranları azalmaktadır. (Tablo 6)

EDH için kesim noktası < 7.75 olarak belirlendiğinde ; 7 patolojik olgunun 5 tanesi saptanabilmiş. İki olgu ise yalancı negatif tanı almıştır. Bu durumda da negatif prediktif değer oranları azalmaktadır. (Tablo 6)

MRA ve/ veya BTA ile VA sisteminde stenoklüzif patoloji veya VA hipoplazisi saptanan grupta VA çap ölçümleri istatistiksel anlamlı olarak daha düşük, RI ölçümleri daha yüksek, PSH ve EDH ölçümleri ise istatistiksel anlamlı olarak daha düşük hesaplanmıştır ($p<0,001$). (Tablo 7)

MRA ve/vaya BTA ile VA sisteminde stenoklüzif patoloji veya VA hipoplazisi saptanan grupta RI-O, PSH-O ve EDH-O ölçümleri istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0,001$). (Tablo 7)

Tablo 7. MRA ve/veya BTA ile VA sisteminde stenoklüzif patoloji veya VA hipoplazisi Saptanan ve Saptanmayan Grupta VA RDUS Ölçümleri

Değişkenler	Bulgu Yok (n=40)	Bulgu Var (n=27)	p-değeri †
Çap	4,7±0,6	3,5±1,0	<0,001
RI	0,70±0,07	0,92±0,07	<0,001
PSH	43,7±9,8	32,4±13,3	<0,001
EDH	13,2±4,7	3,0±2,5	<0,001
RI-O	7,4±7,1	23,9±10,1	<0,001
PSH-O	18,1±15,0	40,1±22,1	<0,001
EDH-O	18,9±17,1	79,0±18,7	<0,001

† Mann Whitney U testi.

Tablo 8. MRA ve/veya BTA ile VA Sisteminde Stenooklüzif Patoloji veya VA hipoplazisi Saptanan ve Saptanmayan Grupları Ayırt Etmede VA RDUS Ölçümlerine Ait ROC Eğrisi Altında Kalan Alan, En İyi Kesim Noktaları ve Tanısal Performans Göstergeleri

Göstergeler	Tanımlar	Çap	RI	PSH	EDH	RI-O	PSH-O	EDH-O
AUC		0,843	0,988	0,770	0,994	0,934	0,799	0,988
95% CI		0,731- 0,955	0,970- 1,000*	0,645- 0,896	0,984-1,000	0,875- 0,994	0,688- 0,910	0,967- 1,000*
Kesme Noktası		<3.625	>0.79	<35.55	<7.125	>11.23	>41.66	>51.62
Olgu Sayısı	N	67	67	67	67	67	67	67
Duyarlılık	GP/(GP+YN)	18/27 (%66,7)	27/27 (%100,0)	19/27 (%70,4)	27/27 (%100,0)	26/27 (%96,3)	15/27 (%55,6)	26/27 (%96,3)
Seçicilik	GN/(GN+YP)	40/40 (%100,0)	36/40 (%90,0)	33/40 (%82,5)	37/40 (%92,5)	33/40 (%82,5)	38/40 (%95,0)	39/40 (%97,5)
PTD	GP/(GP+YP)	18/18 (%100,0)	27/31 (%87,1)	19/26 (%73,1)	27/30 (%90,0)	26/33 (%78,8)	15/17 (%88,2)	26/27 (%96,3)
NTD	GN/(YN+GN)	40/49 (%81,6)	36/36 (%100,0)	33/41 (%80,5)	37/37 (%100,0)	33/34 (%97,1)	38/50 (%76,0)	39/40 (%97,5)
Doğruluk	(GP+GN)/(N)	58/67 (%86,6)	63/67 (%94,0)	52/67 (%77,7)	64/67 (%95,5)	59/67 (%88,1)	53/67 (%79,1)	65/67 (%97,0)
p-değeri		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
†								

* %95 Güven Aralığının üst sınırı >1.0 olarak saptandı, † Pearson'un Ki-Kare testi, GP: Gerçek Pozitif, YN: Yalancı Negatif, GN: Gerçek Negatif, YP: Yalancı Pozitif, PTD: Pozitif Tahmini Değer, NTD: Negatif Tahmini Değer.

ROC analiz yöntemi ile elde edilen sonuçlarda VA stenooklüzif patolojileri veya VA hipoplazisi için ; Rİ kesme noktası > 0.79 olarak belirlendiğinde duyarlılık % 100 ,seçicilik % 90, pozitif prediktif değer % 87.1, negative prediktif değer % 100 , doğruluk değeri % 94 saptandı. (Tablo 8)

ROC analiz yöntemi ile elde edilen sonuçlarda VA sisteminde stenooklüzif patoloji veya VA hipoplazisi için EDH kesme noktası < 7.125 olarak belirlendiğinde duyarlılık %

100, seçicilik % 92.5 , pozitif prediktif değer % 90 , negative prediktif değer % 100, doğruluk değeri % 95.5 saptandı. (Tablo 8)

ROC analiz yöntemi ile elde edilen sonuçlarda VA sisteminde stenooklüzif patoloji veya VA hipoplazisi için PSH kesme noktası < 35.55 olarak belirlendiğinde duyarlılık % 70.4 , seçicilik % 82.5 , pozitif prediktif değer % 73.1 , negative prediktif değer %80.5 , doğruluk değeri % 77.7 saptandı. (Tablo 8)

ROC analiz yöntemi ile elde edilen sonuçlarda VA sisteminde stenooklüzif patoloji veya VA hipoplazisi için PSH kesme noktası < 35.55 olarak belirlendiğinde duyarlılık % 70.4, seçicilik % 82.5 , pozitif prediktif değer % 73.1 , negative prediktif değer %80.5 , doğruluk değeri % 77.7 saptandı. (Tablo 8)

ROC analiz yöntemi ile elde edilen sonuçlarda VA sisteminde stenooklüzif patoloji veya VA hipoplazisi için çap kesme noktası < 3.625 olarak belirlendiğinde duyarlılık % 66.7, seçicilik %100, pozitif prediktif değer % 100 , negative prediktif değer %81.6 , doğruluk değeri % 86.6 saptandı. (Tablo 8)

Rİ kesim noktası > 0.79 seçildiğinde; VA sisteminde stenooklüzif patoloji veya VA hipoplazisi tanısı alan 27 olgunun hepsi saptanabilmekte fakat MRA ve / veya BTA normal olan 40 olgudan 4 tanesi yalancı pozitif olarak belirlenmiştir. Bu durumda pozitif prediktif değer ve seçicilik oranları azalmaktadır. (Tablo 8)

EDH kesim noktası < 7.125 olarak belirlendiğinde ; 27 olgunun hepsi saptanabilmektedir. Fakat MRA ve / veya BTA incelemesi normal olan 40 olgudan 3 tanesi yalancı pozitif olarak belirlenmektedir. Bu durumda pozitif prediktif değer ve seçicilik oranları azalmaktadır. (Tablo 8)

PSH kesim noktası < 35.55 olarak belirlendiğinde ; stenooklüzif patoloji veya VA hipoplazisi tanısı alan 27 olgunun 19 ‘ u saptanabilmiş, 8 olgu ise yalancı negatif tanı almıştır. Buna göre MRA ve /veya BTA normal olan 40 olgudan 7 tanesi yalancı pozitif tanı almıştır. (Tablo 8)

VA çapı için kesim noktası < 3.625 olarak belirlendiğinde ; 27 olgunun 18 ‘ i saptanabilmiş, 9 olgu yalancı negatif tanı almıştır. Bu durum negatif prediktif değer ve doğruluk oranlarını azaltmaktadır. (Tablo 8)

Vertebral arter sisteminde stenookluzif patoloji saptanan grup ile VA hipoplazisi tanısı alan grup arasında patolojik tarafın damar çapları ve PSH ölçümlerine göre istatistiksel olarak anlamlı fark görülmedi ($p=0,084$ ve $p=0,658$).

Vertebral arter sisteminde stenookluzif patoloji saptanan grupta VA hipoplazisi tanısı alan gruba göre patolojik taraftaki Rİ ölçümleri istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek, EDH ölçümleri ise istatistiksel anlamlı olarak daha düşük saptanmıştır ($p=0,002$ ve $p=0,0034$). (Tablo 9).

Vertebral arter sisteminde stenookluziv patoloji saptanan grup ile VA hipoplazisi saptanan grup arasında karşı tarafın damar çapı, Rİ, PSH ve EDH ölçümleri yönünden istatistiksel olarak anlamlı fark görülmedi ($p>0,05$). (Tablo 9)

Tablo 9. Vertebral Arter Sisteminde Stenookluziv Patoloji (VASP) Saptanan Grup ile VA Hipoplazisi tanısı Alan Grupta proksimal segmentteki VA RDUS Ölçümleri

Değişkenler	VASP (n=19)	VAH (n=8)	p-değeri †
Patolojik Taraf			
Çap	3,8±1,0	2,8±0,9	0,084
RI	0,94±0,06	0,86±0,04	0,002
PSH	32,6±15,2	32,0±7,9	0,658
EDH	2,3±2,5	4,6±1,8	0,034
Karşı Taraf			
Çap	5,3±0,4	5,5±1,1	0,621
RI	0,70±0,09	0,67±0,06	0,307
PSH	56,1±18,2	51,5±15,1	0,696
EDH	15,7±4,5	16,3±3,9	0,815

† Mann Whitney U testi.

ROC Analizi :

Alıcı İşlem Karakteristiği Eğrisi adı verilen (ROC) eğrisi, farklı kesim (cut off) noktalarına ilişkin duyarlılık ve özgüllük arasındaki dengeyi değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. ROC eğrisi değişen sınıflandırma kesim noktalarına göre doğru pozitiflerin sayısının, yanlış pozitiflerin bir fonksiyonu olarak çizilmesiyle oluşmaktadır. ROC puanı 1 (bir) olduğunda pozitiflerin mükemmel bir şekilde negatiflerden ayrılmış olduğu düşünülebilir. Tanısal

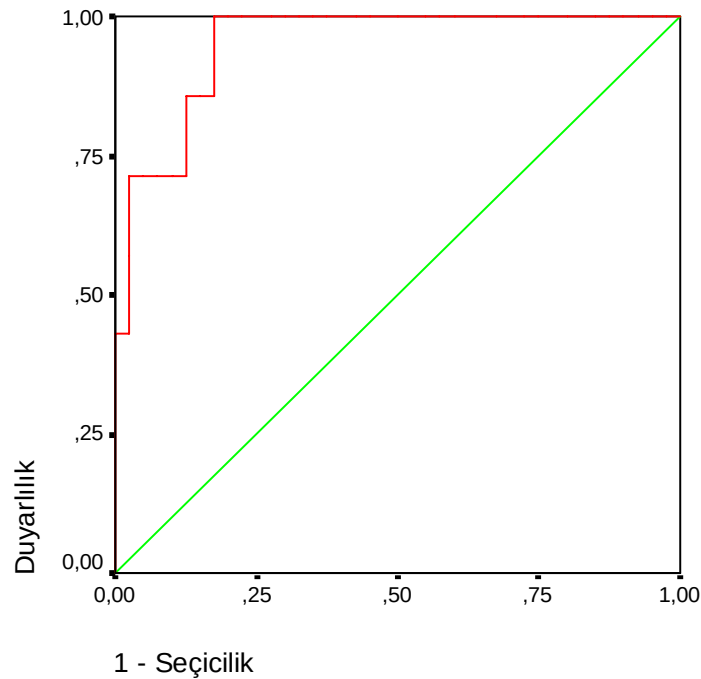
performans göstergelerinin tanımlamaları aşağıda belirtilmiştir. ROC eğrisi altında kalan alan istatistiksel olarak önemli bulunmazsa işlemler sonlandırılmaktadır. ROC eğrisi altında kalan alanın önemli bulunması durumunda ise duyarlılık ve seçicilik düzeyleri toplamının maksimuma ulaştığı değer en iyi kesim noktası olarak kabul edilip bu noktadaki tanısal performans göstergeleri hesaplanmaktadır.

Duyarlılık (Sensitivity): Gerçekte hasta/malign olduğu bilinen kişilerin alternatif (tarama\tanı) testle de hasta/malign olarak belirlenme olasılığıdır.

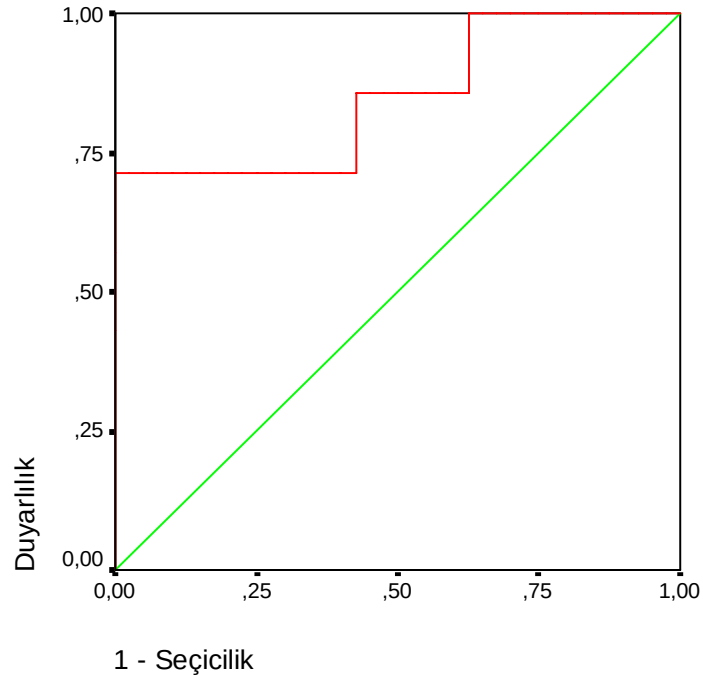
Özgüllük (Specificity): Gerçekte sağlıklı/benign olduğu bilinen kişilerin alternative (tarama\tanı) testle de sağlıklı/benign olarak belirlenme olasılığıdır.

Pozitif Tahmini Değer (Positive Predicted Value): Alternatif (tarama\tanı) test hasta/malign olarak sonuç verdiği zaman, olgunun gerçekte de hasta/malign olma olasılığıdır.

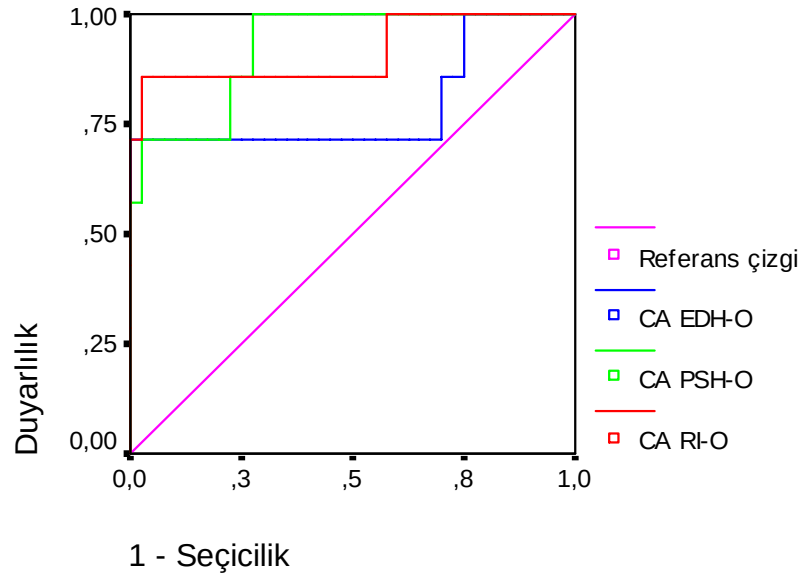
Negatif Tahmini Değeri (Negative Predicted Value): Alternatif (tarama\tanı) test sağlıklı/benign olarak sonuç verdiği zaman, olgunun gerçekte sağlıklı/benign olma olasılığıdır.



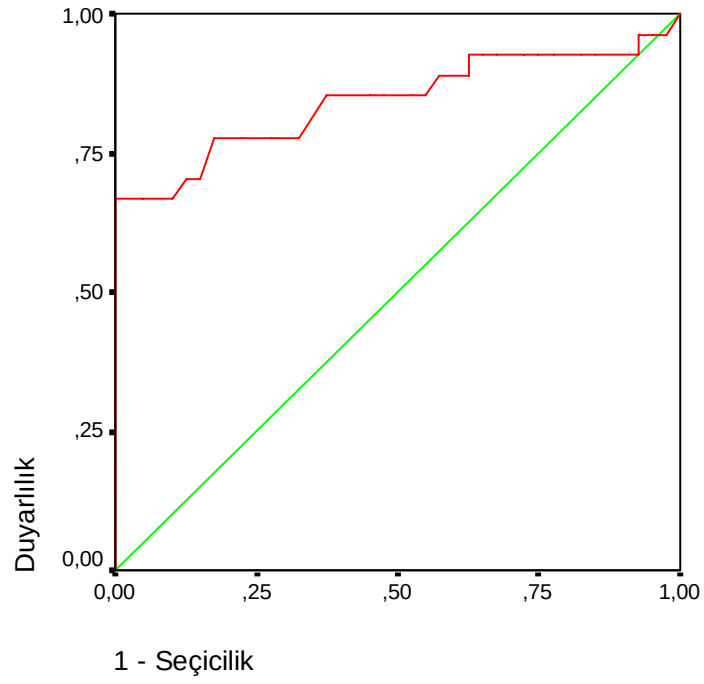
Şekil 1. MRA ve/veya BTA İnceleme İle İKA'da Stenooklüzif Patoloji Saptanan ve Saptanmayan Grupları Ayırt Etmede İKA RDUS Rİ Ölçümlerine Ait ROC Eğrisi



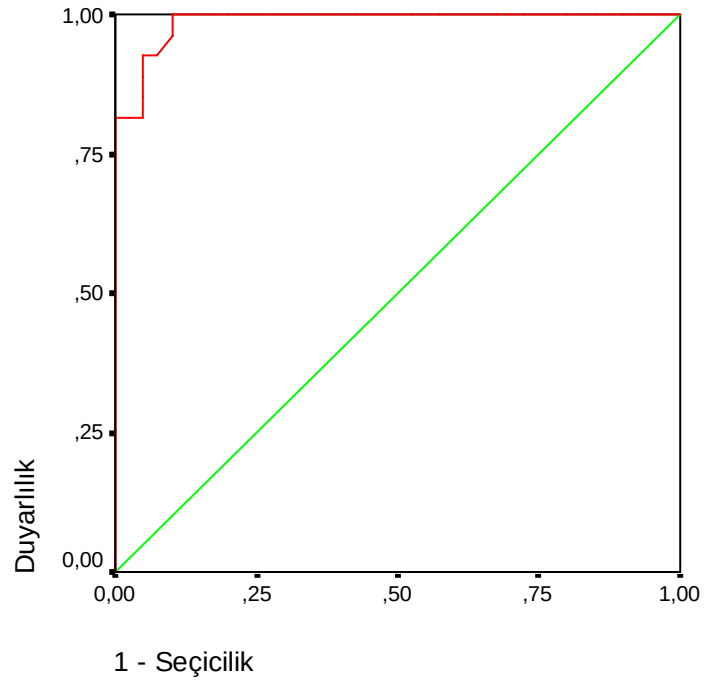
Şekil 2. MRA ve/veya BTA inceleme ile İKA'da Stenooklüzif Patoloji Saptanan ve Saptanmayan Grupları Ayırt Etmede İKA RDUS EDH Ölçümlerine Ait ROC Eğrisi



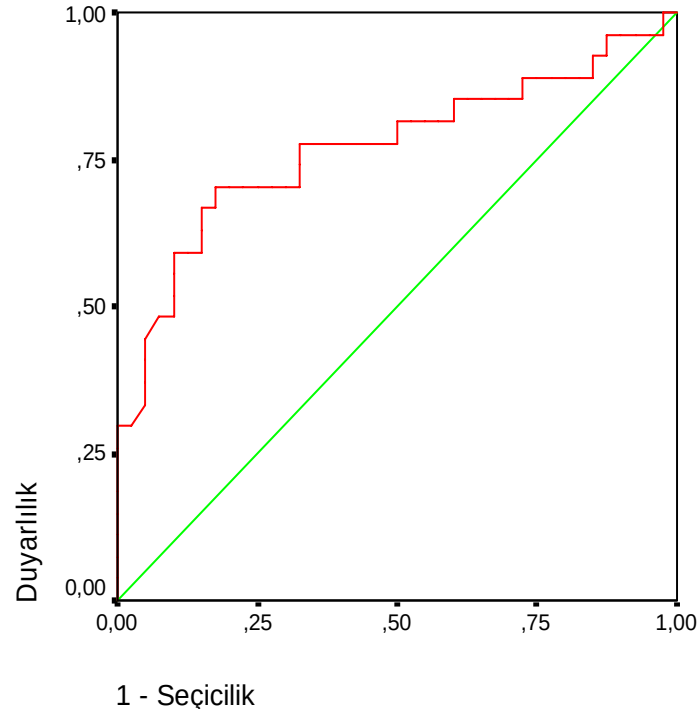
Şekil 3. MRA ve/veya BTA inceleme ile İKA'da Stenooklüzif Patoloji Saptanan ve Saptanmayan Grupları Ayırt Etmede İKA'nın RDUS Rİ, PSH ve EDH Oranı Ölçümlerine Ait ROC Eğrisi



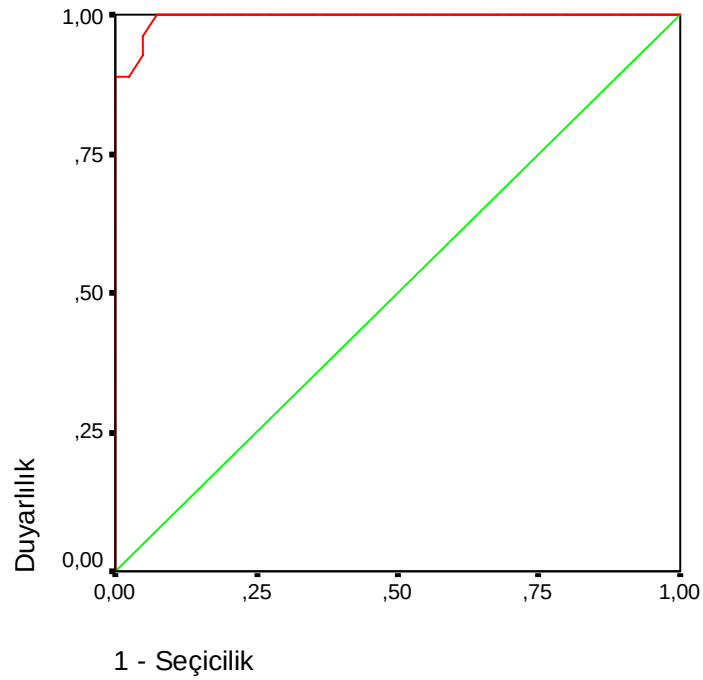
Şekil 4. MR/BT Anjiografi Sonucunda Bulgu Saptanan ve Bulgu Saptanmayan Grupları Ayırt Etmede Vertebral Arterdeki RDUS Damar Çapı Ölçümlerine Ait ROC Eğrisi



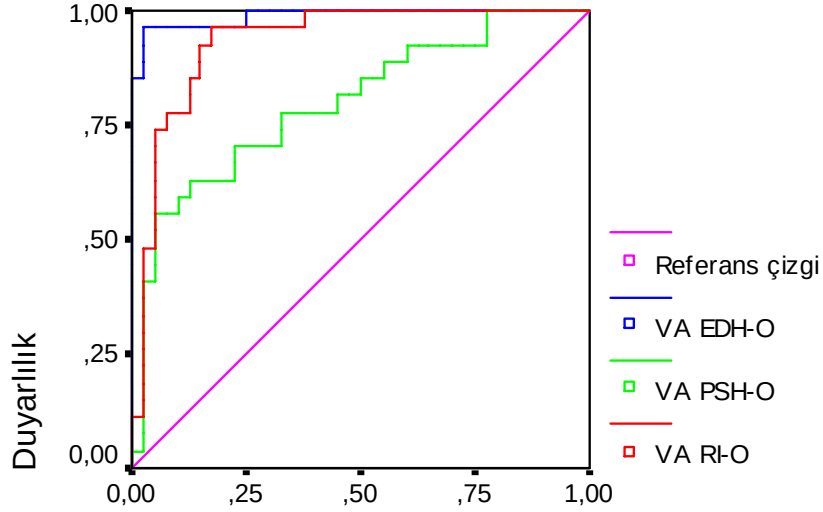
Şekil 5. MRA ve/veya BTA inceleme ile VA Sisteminde Stenooklüzif Patoloji veya VA Hipoplazisi Saptanan ve Saptanmayan Grupları Ayırt Etmede VA RDUS Rİ Ölçümlerine Ait ROC Eğrisi



Şekil 6. MRA ve/veya BTA inceleme ile VA Sisteminde Stenooklüzif Patoloji veya VA Hipoplazisi Saptanan ve Saptanmayan Grupları Ayırt Etmede VA RDUS PSH Ölçümlerine Ait ROC Eğrisi



Şekil 7. MRA ve/veya BTA inceleme ile VA Sisteminde Stenooklüzif patoloji veya VA Hipoplazisi Saptanan ve Saptanmayan Grupları Ayırt Etmede VA RDUS EDH Ölçümlerine Ait ROC Eğrisi



1 - Seçicilik

Şekil 8. MRA ve/veya BTA İnceleme İle VA Sisteminde Stenooklüzif Patoloji veya VA Hipoplazisi Saptanan ve Saptanmayan Grupları Ayırt Etmede VA RDUS Rİ, PSH ve EDH Oranlarına Ait ROC Eğrileri

Değişik Kesim Noktalarından RDUS Tanısal Performans :

İnternal Karotid Arter değerlendirmesinde kullanılan ekstrakraniyal segment RDUS parametreleri için değişik kesim noktalarından elde olunan istatistiksel analiz sonuçları;

Tablo 10. İKA'nın intrakraniyal segmentinde Stenooklüzif Patoloji tanısında değişik kesim Noktalarında RDUS tanısal performansı

Değişken	Cut-off point	Sensitivite	Spesifisite	PTD	NTD
Rİ	0,728	85,7%	87,5%	54,5%	97,2%
	0,805	71,4%	97,5%	83,3%	95,1%
EDH	28,175	100,0%	37,5%	21,9%	100,0%
	23,250	85,7%	57,5%	26,1%	95,8%
Rİ-O	4,110	100,0%	42,5%	23,3%	100,0%
	24,330	71,4%	100,0%	100,0%	95,2%
PSH-O	22,120	85,7%	77,5%	40,0%	96,9%
	42,740	71,4%	97,5%	83,3%	95,1%
EDH-O	10,780	100,0%	25,0%	18,9%	100,0%
	12,120	85,7%	30,0%	17,6%	92,3%

Vertebral arter değerlendirmesinde kullanılan ekstrakraniyal segment RDUS parametreleri için değişik kesim noktalarında elde olunan istatistiksel analiz sonuçları:

Tablo 11. Vertebral Arterde stenooklüzif patoloji veya VA hipoplazisi tanısında değişik kesim Noktalarında RDUS tanısal performansı

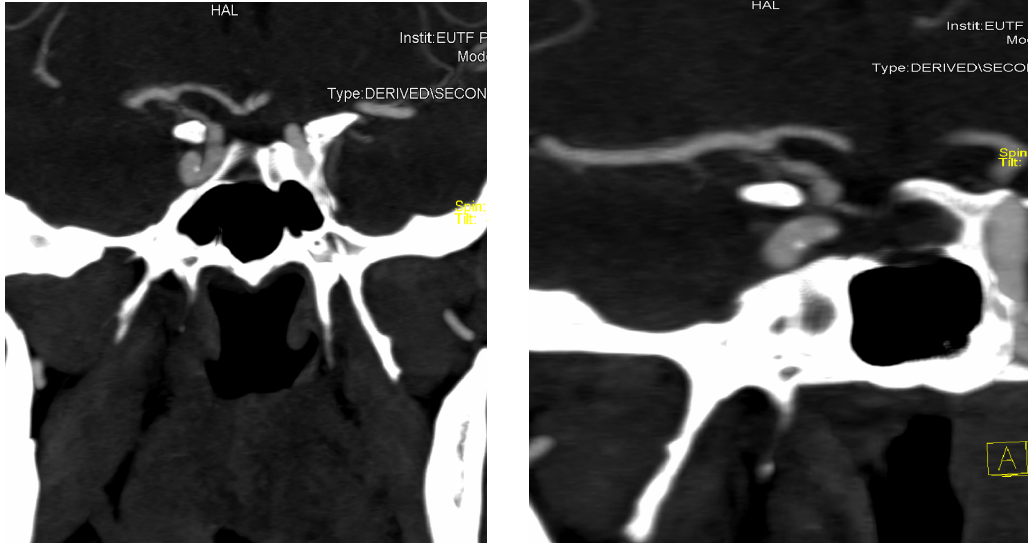
Değişken	Cut-off point	Sensitivite	Spesifisite	PTD	NTD
ap	4,925	92,6%	37,5%	50,0%	88,2%
	4,825	88,9%	42,5%	51,1%	85,0%
	4,400	85,2%	62,5%	60,5%	86,2%
Rİ	0,818	92,6%	95,0%	92,6%	95,0%
	0,858	81,5%	100,0%	100,0%	88,9%
PSH	40,52	77,8%	67,5%	61,8%	81,8%
	44,57	85,2%	40,0%	48,9%	80,0%
	48,40	88,9%	27,5%	45,3%	78,6%
EDH	5,95	88,9%	100,0%	100,0%	93,0%
	6,95	96,3%	95,0%	92,8%	97,4%
Rİ-O	7,43	100,0%	62,5%	64,3%	100,0%
	12,38	92,6%	85,0%	80,6%	94,4%
	13,77	85,2%	87,5%	82,1%	89,7%
PSH-O	12,25	92,6%	40,0%	51,0%	88,9%
	13,88	88,9%	45,0%	52,1%	85,7%
	16,83	81,5%	55,0%	55,0%	81,5%
EDH-O	59,89	85,2%	100,0%	100,0%	90,9%
	54,56	88,9%	97,5%	96,0%	92,9%

Karotis interna arter stenooklüzif patolojilerinde ; Rİ kesim noktası 0.728 olarak alındığında sensitivite % 85.7 , spesifisite % 87.5 , PTD % 54.5 , NTD 97.2 bulunmuştur. Rİ kesim noktası 0.805 olarak alındığında sensitivite % 71.4 , spesifisite % 97.5, PTD % 83.3 , NTD 95.1 bulunmuştur. Rİ değerleri arttıkça sensitivite dűřmekte spesifisite artmaktadır. EDH kesim noktası 28.175 olarak alındığında sensitivite % 100 , spesifisite % 37.5 , PTD % 21.9 , NTD 100 bulunmuştur. EDH kesim noktası 23.250 olarak alındığında sensitivite % 85.7 , spesifisite % 57.5, PTD % 26.1, NTD 95.8 bulunmuştur. EDH değerleri azaldıkça sensitivite dűřmekte spesifisite artmaktadır.

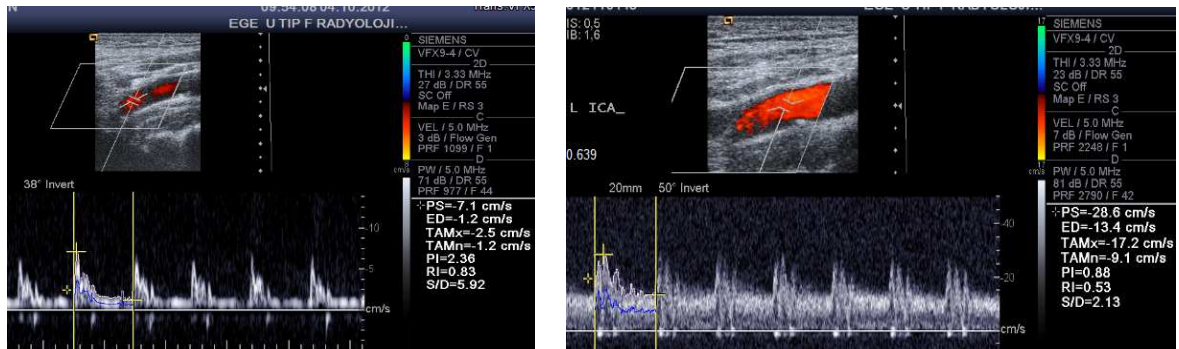
Vertebral arter stenooklüzif patolojilerinde ; Rİ kesim noktası 0.818 olarak alındığında sensitivite % 92.6 , spesifisite % 95 , PTD % 92.6, NTD 95 bulunmuştur. Rİ kesim noktası 0.858 olarak alındığında sensitivite % 81.5 , spesifisite % 100 , PTD % 100 , NTD 88.9 bulunmuştur. Rİ değerleri arttıkça sensitivite düşmekte spesifisite artmaktadır. EDH kesim noktası 5.95 olarak alındığında sensitivite % 88.9 , spesifisite % 100 , PTD % 100 , NTD 93 bulunmuştur. EDH kesim noktası 6.95 olarak alındığında sensitivite % 96.3 , spesifisite % 95, PTD % 92.8, NTD 97.4 bulunmuştur. EDH değerleri azaldıkça sensitivite düşmekte spesifisite artmaktadır. PSH kesim noktası 40.52 olarak alındığında sensitivite % 77.8 , spesifisite % 67.5, PTD % 61.8 , NTD 81.8 bulunmuştur. PSH kesim noktası 44.57 olarak alındığında sensitivite % 85.2, spesifisite % 40 , PTD % 48.9 , NTD 80 bulunmuştur. PSH kesim noktası 48.40 olarak alındığında sensitivite % 88.9, spesifisite % 27.5 , PTD % 45.3 , NTD 78.6 bulunmuştur. PSH arttıkça sensitivite artıp spesifisite düşmektedir. Çap olarak kesim noktası 4.925 alındığında sensitivite % 92.6 , spesifisite % 37.5 , PTD % 50, NTD 88.2 bulunmuştur. Çap olarak kesim noktası 4.825 alındığında sensitivite % 88.9, spesifisite % 42.5 , PTD % 51.1, NTD 85 bulunmuştur. Çap olarak kesim noktası 4.400 alındığında sensitivite % 85.2, spesifisite % 62.5, PTD % 61.5, NTD 86.2 bulunmuştur. Çap artınca sensitivite artmakta spesifisite ise düşmektedir..

OLGU ÖRNEKLERİ

Olgu-1 : 41 yaşında; sağ İKA supraklinoid segmentte travmatik diseksiyona bağlı oklüzyon bulgusu olan erkek olguda buna ikincil MCA sulama alanında infarkt gelişmiştir.

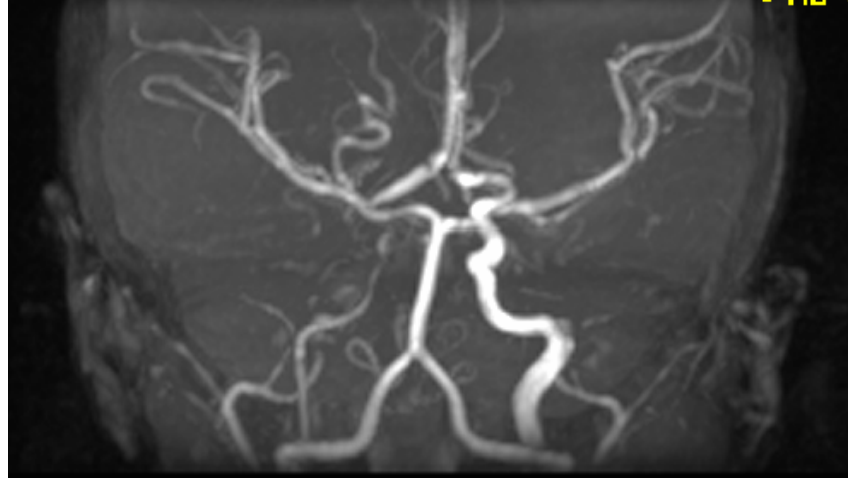


Resim 1: Multidetektör BT MPR koronal ve sagittal imajlar. Sağ supraklinoid segmentte travmatik diseksiyona sekonder ani lümende incelmeye ve oklüzyon izlenmektedir.



Resim 2: Bilateral İKA spektral RDUS’de indeksler. Sağ İKA ‘da sol İKA ‘ya oranla belirgin yüksek RI değerleri, azalmış EDH değerleri izlenmektedir.

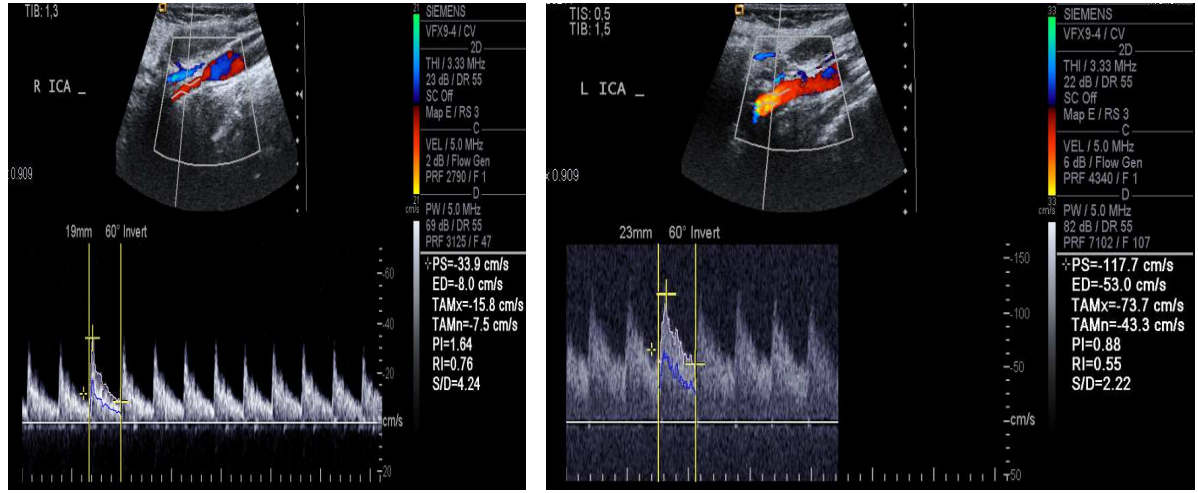
OLGU-2: 18 Yaşında; sağ İKA'da vaskülitik tutulumla bağlı ince kalibrasyon ve supraklinoid segmentte oklüzyon izlenen kadın olguda arter sulama alanına uymayan değişik bölgelerde intrakranial infarkt sahaları bulunmaktadır.



Resim 3: Koronal 3D-TOF görüntüsü reformat imaj. Sağ İKA seyri boyunca ince kalibrasyon izlenmektedir. Sağ supraklinoid segment oklüde görünümündedir.

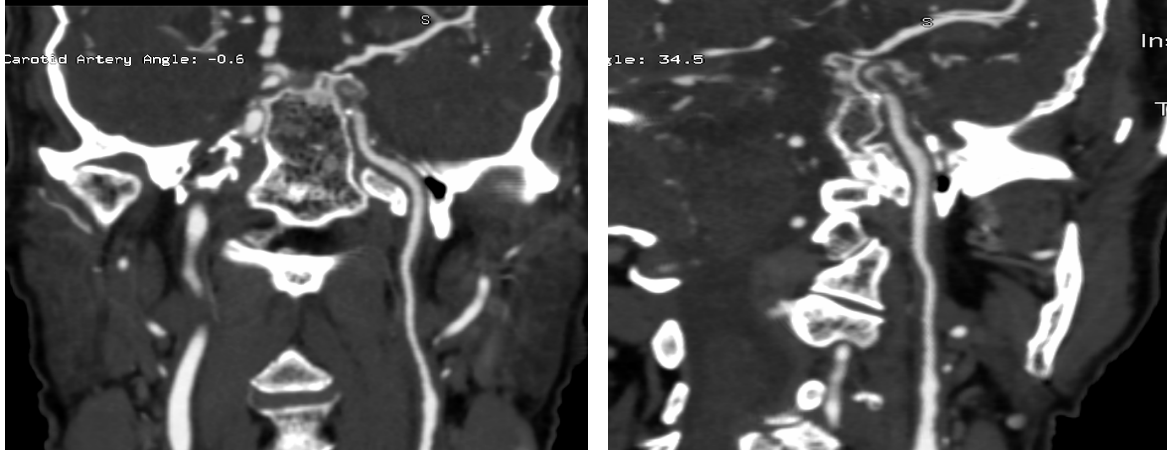


Resim 4: Bilateral İKA orifis ilk 2 cm'lik kısımdan yapılan çap ölçümleri. Sağ İKA çapı sola oranla belirgin incelmış olarak izlendi.

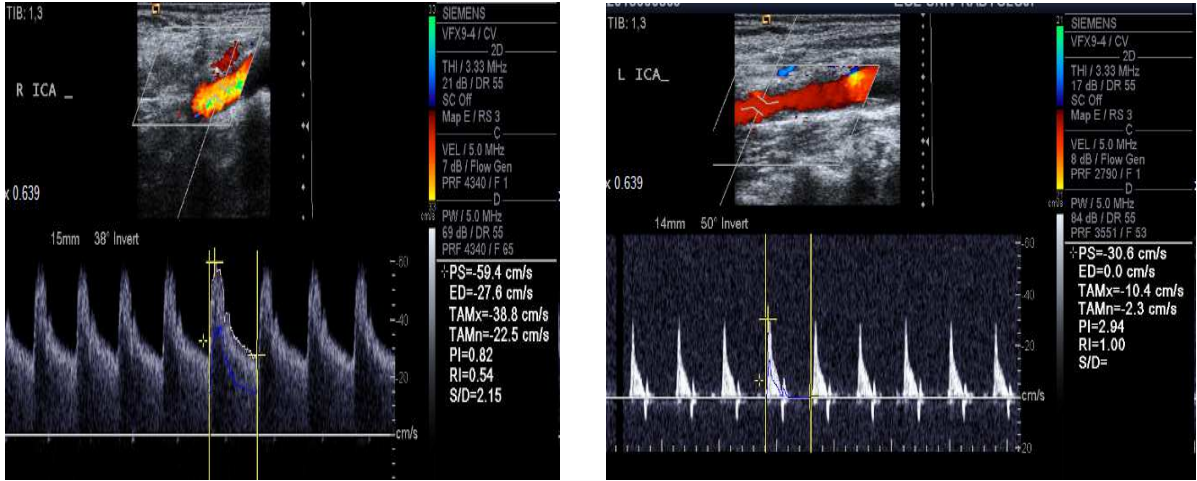


Resim 5: Bilateral İKA spektral RDUS’de indeksler. Sağ İKA ‘da sol İKA ‘ya oranla belirgin yüksek RI değerleri, azalmış EDH değerleri izlenmektedir.

OLGU-3: 76 Yaşında; Sol İKA ‘da aterosklerozla sekonder lümende incelme ve kavernöz segmentte oklüzyon izlenen erkek olguda sol MCA sulama alanında infarkt bulguları mevcuttur.

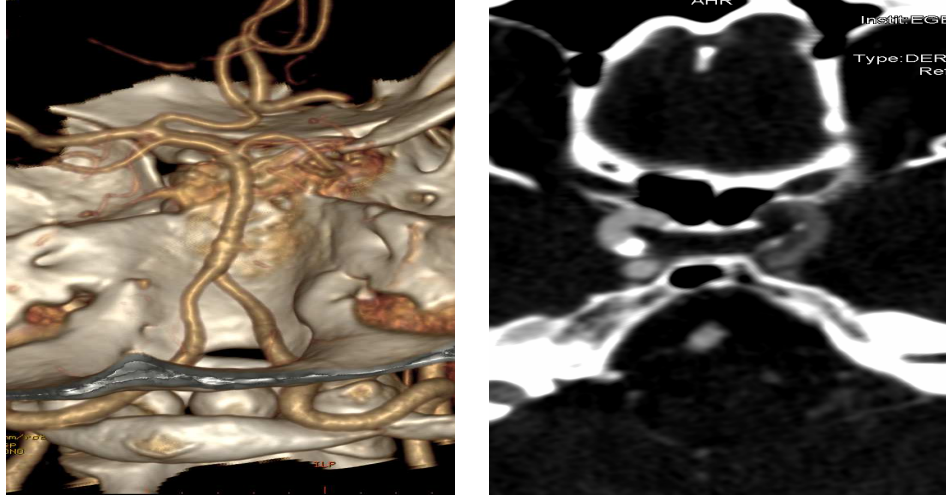


Resim 6: Sol İKA multidedektör BT MPR koronal ve sagittal imajlar. Sol İKA’da aterosklerozla sekonder lümende düzensizlikler ve kavernöz segment distal kısımda oklüzyon.



Resim-7: Bilateral İKA spektral RDUS’de indeksler. Sol İKA ‘da RI değerleri 1, EDH değerleri 0 cm/s izlendi. Bunun yanı sıra sol İKA proksimalde anlamlı stenoza neden olmayan homojen plaklar mevcuttur.

OLGU-4: 72 yaşında erkek olgunun sağ İKA supraklinoid segmentte emboliye Bağlı oklüzyon bulgusu ve MCA, anterior serebral arter (ASA) sulama alanında infarkt sahaları mevcuttur.

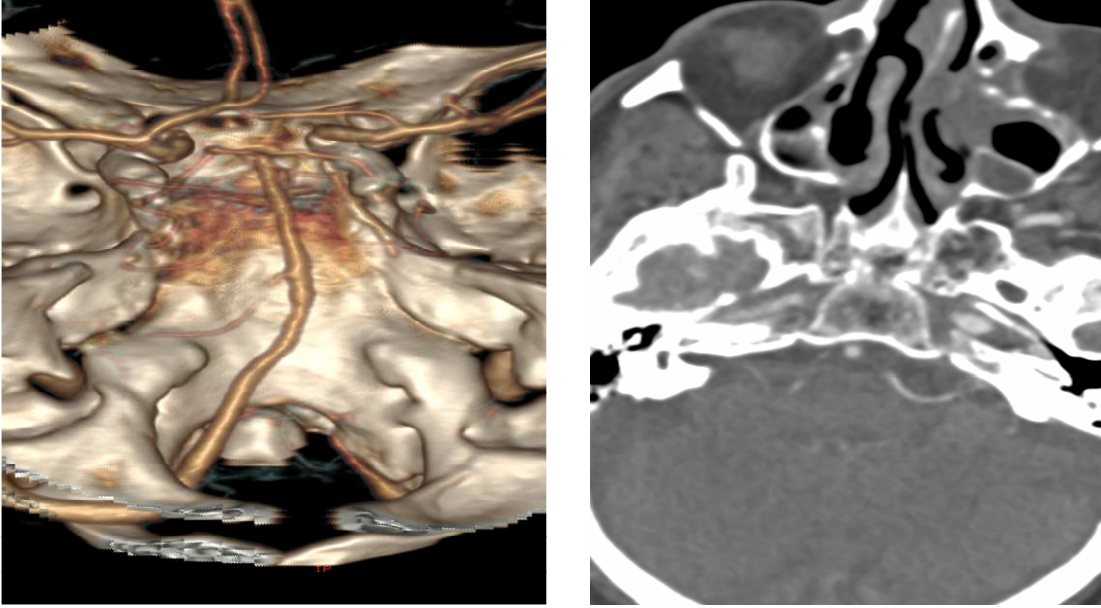


Resim 8: Multidetektör BT anjiyo volume rendered (VRT) ve MPR imajlar. Sağ İKA supraklinoid segmentten itibaren emboliye bağlı oklüzyon

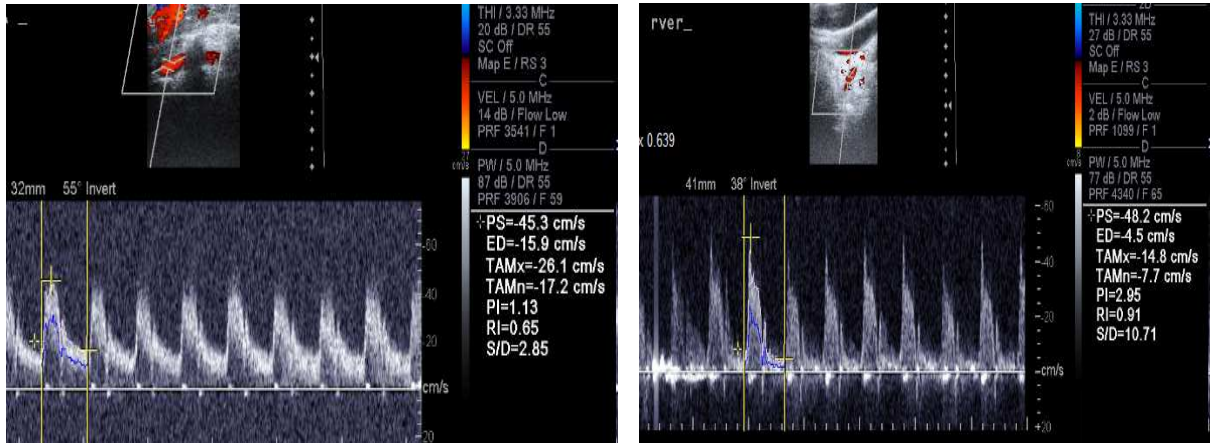


Resim-9: Bilateral İKA spektral RDUS’de indeksler. Bilateral İKA ‘lar arasında Rİ değerleri arasında anlamlı fark mevcut değildir. Olgu da aritmik dalga formları mevcuttur.

OLGU-5: 71 yaşında sol vertebral arter post-PİCA V4 segmentte oklüzyon mevcut olan olguda solda oksipital lobta infarkt varlığı mevcuttur.

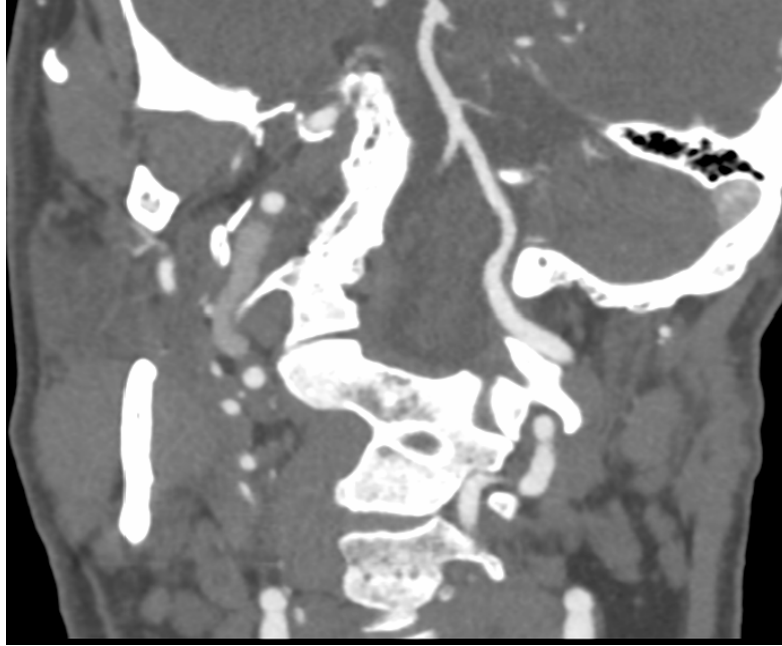


Resim 10: Multidetektör BT anjiyografi volume rendered ve aksial plan BT anjiyografi imajları. Sol V4 segmentte aterosklerotik post-PİCA oklüzyon mevcuttur. Aksial kesitlerde PİCA 'lar patent izlenmektedir. Sol V4 vertebral arter segmenti izlenmemektedir.

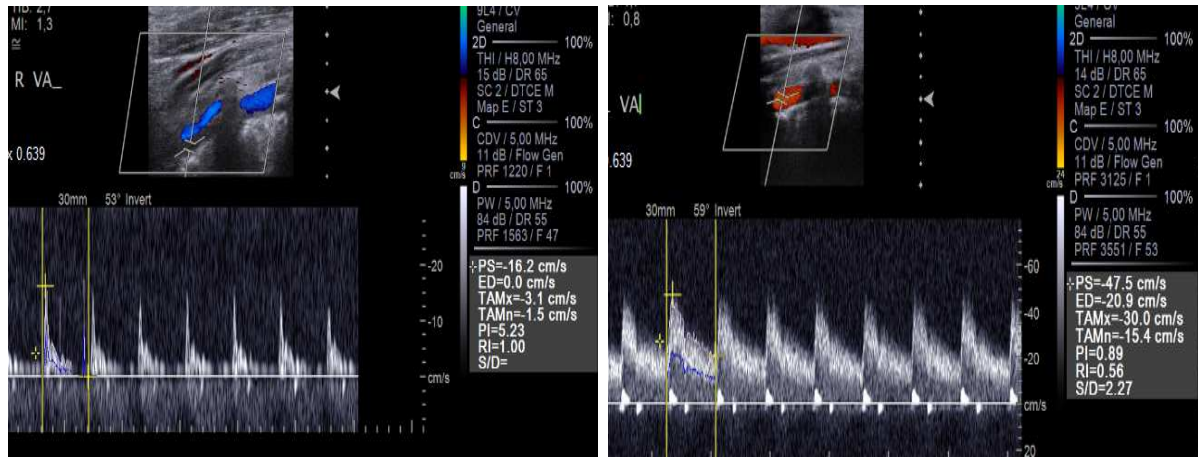


Resim 11: Bilateral VA spektral RDUS' de indeksler. Sağ VA 'da sola oranla belirgin yüksek Rİ değerleri ve düşük EDH değerleri izlenmektedir.

OLGU-6: 52 yaşında kadın olguda sağ vertebral arterde travmatik diseksiyona bağlı oklüzyon izlenmektedir.

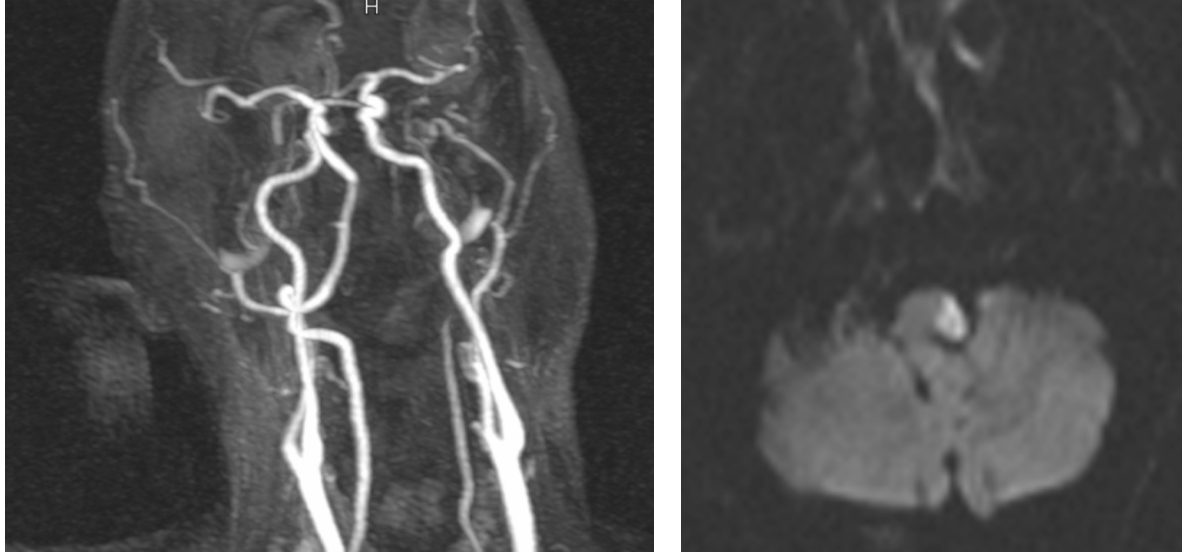


Resim-12: Sağ VA multidedektör BT MPR koronal imajlar. Sağ VA'de travmatik diseksiyona bağlı oklüzyon mevcuttur.

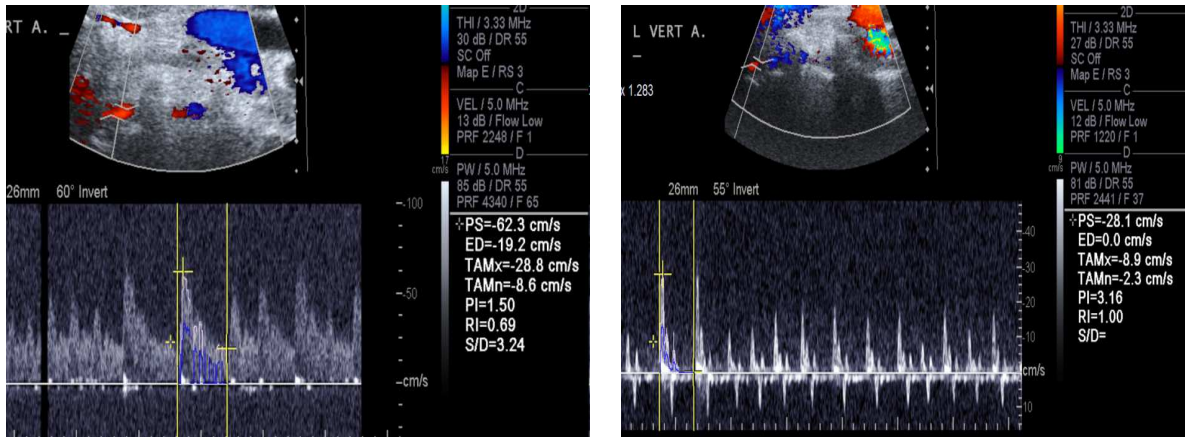


Resim-13: Bilateral VA spektral RDUS'de indeksler. Sağ VA 'da RI değerleri 1, EDH 0 cm/s olarak izlendi.

OLGU-7: 78 yaşında sol VA pre-PİCA V3-V4 segmentte aterosklerotik oklüzyonu bulunan erkek olguda medulla sol yarısında infarkt varlığı mevcuttur.

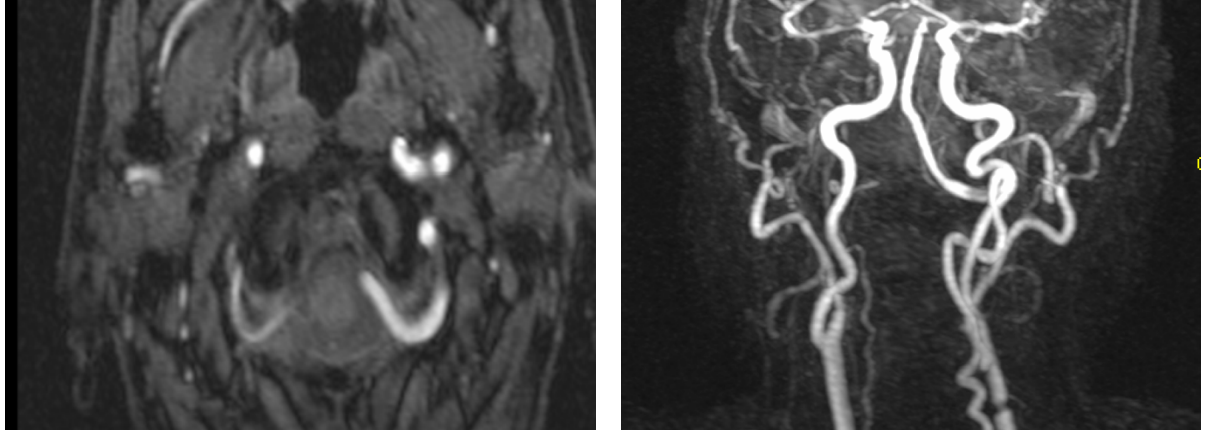


Resim 14: MRA MİP ve Difüzyon ağırlıklı b-1000 imajlar. Sol V3,V4 segment aterosklerotik tıkanıklığına sekonder MİP imajlarda Sol VA V3,V4 segmentler izlenmemektedir. Bu duruma sekonder medulla sol tarafında difüzyon ağırlıklı imajlarda infarkt lehine kısıtlanma varlığı izlenmektedir.

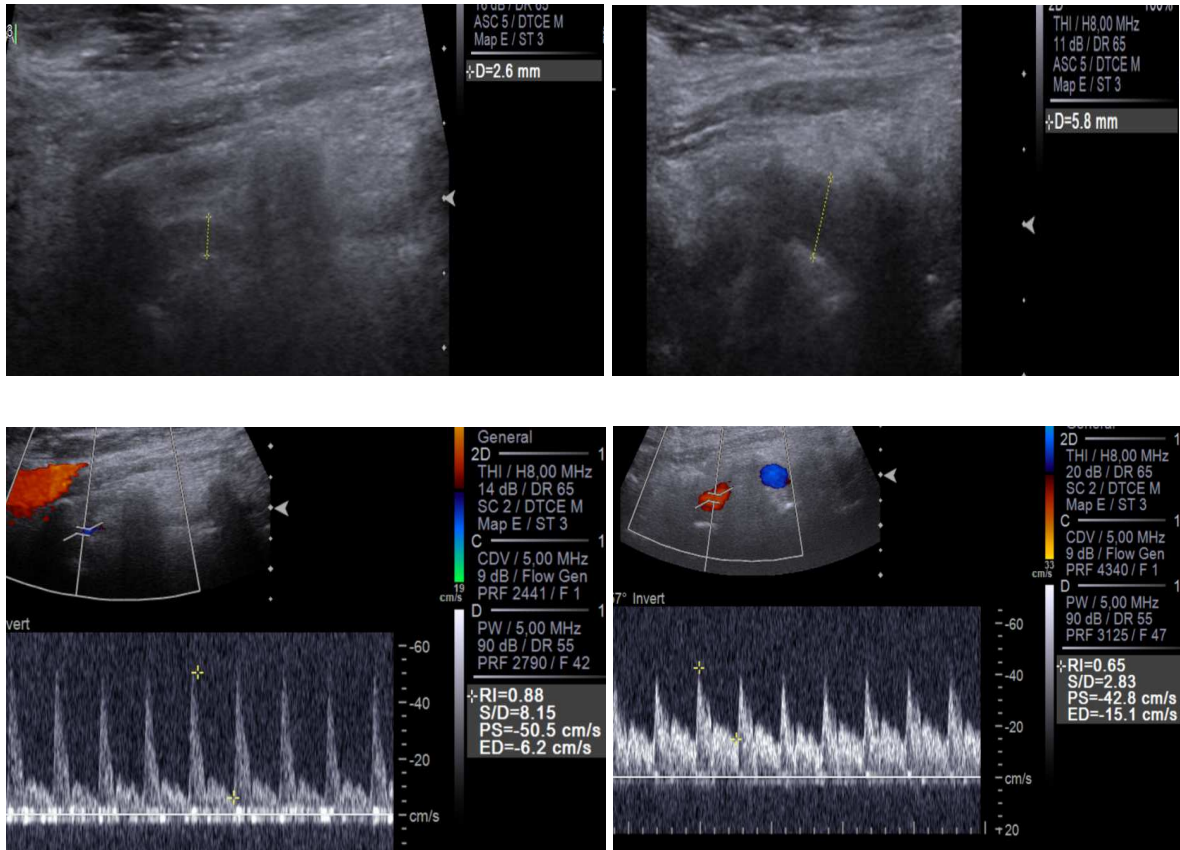


Resim 15: Bilateral VA spektral RDUS'de indeksler. Sol VA 'da RI değerleri 1, EDH 0 cm/s olarak izlendi.

OLGU-8: 78 yaşında asemptomatik erkek olguda sağ VA hipoplazisi mevcuttur.



Resim 16: MR anjiografi 3D-TOF aksial ve koronal MİP imajlar. Sağ VA çapı soldan ince izlenmiş olup stenooklüzif patoloji mevcut değildir.



Resim 17: Bilateral VA spektral RDUS’de indeksler ve bilateral çap ölçümleri. Sağ VA ‘da sola oranla belirgin yüksek Rİ değerleri ve düşük EDH değerleri izlenmektedir. Sağ VA çapı RDUS ölçümünde sola kıyasla ince olarak izlenmektedir.

BÖLÜM IV

TARTIŞMA

İnme; serebrovasküler hastalık sonucu oluşan, ani başlangıçlı klinik nörolojik deficit meydana gelmesidir. İnmenin % 80 nedenini serebral infarktlar oluşturmaktadır. 3 ana klinik iskemik inme alt tipi vardır. Bu 3 büyük alt tip aterosklerotik, kardiyembolik infarktlar ve küçük damar oklüzyonu infarktlarıdır. Aterosklerotik değişiklikler büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır (% 40) . Erişkinde intrakranial arteriyel stenozun en sık nedeni aterosklerozdur. (65) Ateromatöz lezyonlar karakteristik olarak dallanma noktalarında ve arteriyel bifürkasyonlarda olur. En tipik yerleşimleri karotis arter bifürkasyonunda, özellikle karotis bulbusta, karotis sifonda, anterior ve orta serebral arter (MCA) başlangıçlarındadır. İntrakranial internal karotis arterinin stenooklüzif patolojilerinin daha nadir nedenleri ise; fibrinoid nekroz, amiloidoz, poliarteritis, allerjik anjitis, Wegener granülomatozu, granülomatöz anjitis, dev hücreli arterit, moya-moya hastalığıdır. (45)

İnternal karotis arter stenooklüzif hastalığının bir diğer nedeni de diseksiyonlardır. Spontan internal karotis arter diseksiyonlarının büyük bölümünde hatırlanamayan önemsiz bir travma söz konusudur (çeşitli sportif aktiviteler, aniden yapılan boyun hareketleri gibi). Karotis arter diseksiyonlarında; diseksiyon yeri internal karotis arter (İKA) orijininin ilk 2 cm'lik bölümünün üstündedir. Diseksiyon çoğunlukla İKA'nın intrapetrozal kısmında sona erer. Burası büyük damar ateroskleroza için tipik bir bölge değildir. Ayrıca hareketli segmentlerde yırtılma tipi yaralanma sıktır. Supraklinoid İKA ve MCA en sık tutulan yerlerdendir (66).

Tüm iskemik inmelerin 1/5'ini posterior dolaşım inmeleri oluşturur ve sıklıkla sebebi vertebral arter stenozuna bağlı arter-arter embolileridir (67,68,69). Vertebro baziller (VB) inmeler iyi prognozlu değildir, takip eden inme riski ve mortalite oranları, karotis hastalıkları ile bağlantılı olanlardan daha yüksektir (70,71). Sonografik olarak saptanan vertebral arter patolojileri arasında çap farklılıkları ve hipoplazi, akış anomalileri ve servikal kompresyon, proksimal ve distal tıkanıklık, servikal kompanzasyonu olan ve olmayan proksimal darlık, V4 intrakraniyal stenozu, diseksiyon ve subklaviyan çalma bulunmaktadır. VA aterosklerotik hasarının en sık görüldüğü lokalizasyonlar damar bifurkasyonlarıdır. Bunlar da V0/V1 çıkış yeri, distal V4 traktı ve vertebro baziller bileşkedir(72). Arteriyel diseksiyon daha sıklıkla V2 ve V3 segmentlerinde (%35 ve %34), V1 segmentinde (%20) ve V4 segmentinde (%11) görülür (73).

Karotis ve vertebrabaziler sistem görüntülemeye uygun olan 4 metod; renkli Doppler ultrasonografi (RDUS), bilgisayarlı tomografi anjiyografi (BTA), kontrastlı veya kontrastsız manyetik rezonans anjiyografi (MRA) ve konvansiyonel kateter intraarteryel anjiyografidir (İAA). VA ve İKA stenozoklüzif patolojilerini tanımlamada referans yöntem hala İAA'dır. İnvaziv bir yöntemdir ve işlemin kendinden kaynaklanan %2 'nin üzerinde iyatrojenik inme riski bulunmaktadır ve anjiyografik görüntülerin yanında beyin yapısal görüntülerinin sağlama olasılığı bulunmamaktadır (81). Tüm bunların yanında kontrast madde enjeksiyonu subklaviyan artere (SA) yapılırsa, bu yöntemin duyarlılığını azaltmaktadır. Kontrastlı veya kontrastsız MRA, damarsal bütünlüğü ortaya koyan arteryel yöntemdir ve kontrastlı MRA'nın duyarlılık ve özgünlüğü BTA'ya kıyasla yüksektir ve hatta İAA ile kıyaslandığında da benzerdir (82,83,84). BTA; MRA tetkikine göre hızlı yapılabilir. BTA tetkiki İAA' ya oranla daha az invaziv olmasına rağmen kontrast madde toksisite riski ve iyonizan radyasyon riski bulunmaktadır. Kontrastlı MRA kısmi olarak toksisite ve radyasyon ile ilgili problemleri önlese de bu teknik daha az yaygın kullanılmaktadır ve BTA'ya göre daha çok zaman alan bir yöntemdir. Tüm bu radyolojik yöntemler pahalıdır . Bunlarla birlikte esas kısıtlama, görüntülemenin damardaki kan akımına bağlı olması ve dolayısıyla akımın türbülans ya da ciddi azaldığı hastalarda veri kısıtlıdır. Ayrıca radyolojik görüntülerin kalitesi çekimi yapan radyoloji teknisyenine bağlılık göstermektedir. Doppler USG tetkikinde ekstrakraniyal V1-V3 segmentlerine boynun ön tarafından (V1-V2) ve posterolateral suboksipital bölgeden (V3) longitudinal ve transvers projeksiyonlarla ulaşılabilir. Sol V0 noktası sağ V0 noktasına göre çok daha zor vizualize edilir. Çünkü göğüs kafesinin daha derininden köken alır. İntrakraniyal V4 segmentleri, suboksipital transforaminal pencere boyunca 2-MHz prob ile TCD ve 2-3.5 MHz konveks uçlu prob (sector array) ile TCD (Transkraniyal Doppler Ultrasonografi) görüntülemeyle ultrasonik olarak görüntülenebilir. Sol ve sağ vertebral arterler TCD ile daha kolay ortaya konabilir. Yeterli subnukal akustik pencere ile distal V4 traktında PİCA'ların çıkış noktası, vertebral arterlere uyan ters yönde direkt akım şeklinde sonografik olarak gösterilebilir (74,75,76). Yetersiz transforaminal pencere veya boyun yapısının öne eğik olduğu durumlarda V4 segmentlerini, PİCA'ları ve baziler arterin proksimal traktını saptamak zordur ve sonografik kontrast ajanlar kullanılabilir (77,78,79,80). Vertebral arterin orta-distal kısmının TCD görüntüleme ile incelemesinde; kemik yapıların uygun pencereye izin vermemesi, hasta uyumu olmadığı durumlarda zor olmaktadır. Bu olgularda RDUS tetkiki dolaylı bulgularla tanı koymada yardımcı olmaktadır. En önemli dezavantajı tüm sonografik işlemlerde olduğu gibi uygulayıcı bağımlı olmasıdır ve duyarlılığı BTA ve MRA yöntemlerine göre daha düşüktür. Bununla birlikte, diğer

görüntüleme yöntemlerinin sağlayamadığı gerçek zamanlı hemodinamiyi gösterme gibi benzersiz bir fırsat sunmaktadır.

Karotis, vertebral arter sistemin değerlendirilmesinde, düşük maliyetli, yaygın kullanılabilir, noninvazif, yatak başında dahi uygulanabilir ve transkranyal doppler USG 'ye göre uygulanması daha kolay bir yöntem olan karotis, vertebral arter renkli doppler USG (RDUS) tetkikinin intrakranial ana arteriyel yapıların (İKA ve VA) stenooklüzif patolojilerde etkinliğini araştırmayı amaçladık (85,86,87). Biz çalışmamızda altın standart yöntem olarak kontrastlı veya 3D-TOF MRA ve BT anjiyografi yöntemlerini kullandık.

Hass WK. ve arkadaşlarının yaptığı 3788 hastadan oluşan intrakranial, ekstrakranial ve mikst tipte stenooklüzif patolojileri değerlendirdiği çalışmada; tüm hastaların %6.1'inde izole intrakraniyal tıkalıcı hastalık bulunmuş. Darlık lezyonları %7.7 oranında baziler arterde, %4.4 oranında intrakraniyal vertebral arterde, %6.7 oranında intrakraniyal internal karotis arterlerde, %3.8 oranında orta serebral arterlerde, %3.2 oranında anterior serebral arterlerde ve %2.6 oranında posterior serebral arterlerde bulunmuş (88).

İzole intrakranial stenooklüzif patolojiler ekstrakranial ve mikst tipteki stenooklüzif patolojilerden daha nadirdir. Bizim çalışmamızda intrakranial izole stenooklüzif patoloji 34 olgu mevcuttur. Başlangıçta 54 intrakranial stenooklüzif patolojili olgu inceledik. Fakat BT ve/veya MR anjiyografi tetkiklerinde eşlik eden ekstrakranial stenooklüzif patolojileri olan olguları sonuçları hemodinamik açıdan etkileyebileceğinden dolayı çalışmamıza dahil edemedik.

34 Olgudan 24 (% 70.6) tanesi erkek ,10 (%29,4) tanesi kadın cinsiyetteydi. Çoğunluğunu erkek cinsiyet oluşturmaktaydı. MR ve/veya BT anjiyografi tetkiklerinde patolojik bulgu saptanmayan 40 olgudan 22 tanesi erkek ,18 tanesi kadın cinsiyetti. MR/BT anjiyografi sonucunda bulgu saptanan ve bulgu saptanmayan gruplar arasında kadın ve erkeklerin dağılımı da istatistiksel olarak benzer bulundu ($p=0,168$). Y Korogi ve arkadaşlarını yaptığı çalışmada MR anjiyografi ile tanısı konmuş 131 intrakranial stenooklüzif patolojili olguda 69 tanesi kadın 62 tanesi erkek olgulardan oluşmaktaydı. (89) Bizim çalışmadan farklı olarak kadın dominansı izlenmiştir.Yaş aralığı bu çalışmada 6-77 arasında belirtilmiş olup ortalama değer 53 yaş 8 aydır. Bizim çalışmamızda intrakranial stenooklüzif patolojisi olan olgularda yaş aralığı 18-85 dir. İstatistiksel olarak yaş ortalaması $64,1 \pm 15,7$ olarak bulunmuş olup Y Korogi ve arkadaşlarınınkinden yüksektir. Bunun nedenini 18 yaş ve

altı olguları çalışmaya dahil etmediğimizden olduğunu düşünüyoruz. MR ve/veya BT anjiyografi tetkiklerinde patolojik bulgu olmayan olgularda yaş aralığı 26-81 dir. İstatiksel olarak yaş ortalaması $58,4 \pm 15,5$ olarak bulunmuş olup MR/BT anjiyografi sonucunda bulgu saptanan ve bulgu saptanmayan gruplar arasında yaş ortalamaları yönünden istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmedi.

Rİ değerleri; $\text{Pik sistolik hız} - \text{End diyastolik hız} / \text{Pik sistolik hız}$ şeklinde hesaplanır. Yüksek Rİ değerleri stenooklüzif patolojinin proksimalinde yer alan segmentlerde ve/veya hipoplazik arterlerde sıklıkla görülür. Yüksek dirençli Rİ değerlerinin varlığı ayrıca rutin incelemelerde renal transplant sonrasında veya nativ böbrekteki medikal renal patolojilerin tanısında ve karaciğer transplantasyonu sonrası hepatik arterin değerlendirilmesinde ve beyin ölümü tanısında kullanılmaktadır.

Naike Bige ve arkadaşlarının renal arterin intraparakimial distal dallarındaki stenooklüzif patolojilerin belirlenmesine yönelik yaptığı prospektif çalışmada; Eylül 2006 – Kasım 2007 arasında, distalde renal arterlerde aterosklerotik/arteriosklerotik değişiklikleri olan 58 olgu çalışmaya katılmıştır. Çalışma sonuçları histopatolojik olarak korele edilmiştir. Rİ değerleri > 0.65 olan hastalarda değerler kontrol grubuyla kıyaslandığında distal dallarda renal arter aterosklerotik/arteriosklerotik hastalığa bağlı stenooklüzif patolojileri ortaya koymada duyarlılık %77, özgüllük %86, pozitif prediktif değer %71, negatif prediktif değer %82 olarak bulunmuştur (90).

Ángeles García-Criado ve arkadaşları ise karaciğer transplant sonrası RDUS deneyimlerini yayınladıkları çalışmada 0,55 - 0,8 arasındaki Rİ değerlerini normal kabul etmişlerdir ve post-op ilk 4 gün yaşlı donörü olan, uzamış iskemi zamanı olan olgularda yüksek Rİ değerleri izlemişlerdir ve takip sonucunda 4 gün sonra bu değerlerin normale döndüğü gözlemlemişlerdir. Ayrıca hilus dışı daha distalde tromboze olan hepatik arterlerde de yüksek Rİ değerleri bulmuşlar. Bu tanımlarını anjiyografi ile korele etmişlerdir (91).

Literatürde klinik beyin ölümü tanısının doğrulanması ile ilişkili intrakraniyal ana arteriyel yapılarda serebral dolaşım aresti ve/veya tromboz varlığında ilgili damarın proksimal segmentinde diyastolik akım bileşeninin kaybolduğu ya da ters döndüğü yüksek dirençli akımların varlığı bildirilmiştir. L. M. Monteiro ve arkadaşlarının 2006 yılına ait transkraniyal doppler USG ile metaanaliz çalışmasında 684 olgudan oluşan beyin ölümü tanısında ters dönmüş diyastolik hız ve EDH'nin 0 olması anlamlı kabul edilmiştir. %89 duyarlılık, %99

özgüllük oranına sahip olduğu gözlenmiştir. MCA, BA, İKA damarları örneklenmiştir (92). M. A. Sloan ve arkadaşlarının Report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology konseyince yapılan çalışmada beyin ölümü tanısı için Rİ değerleri 1 olarak bulunmuş. PSH değerleri < 50 cm/s bulunmuştur. MCA, BA, İKA transkraniyal Doppler USG ile incelenmiştir. Beyin ölümü tanısında duyarlılığı %91-100, özgüllüğü %97-100 oranında bulunmuştur (93). R. Kemal Koç ve arkadaşlarının çalışmasında transkraniyal Doppler USG’de 29 beyin ölümü bilinen olgularda 26 tanesinde en az 2 kafa içi arterde diyastolik kan akımı yokluğu veya ters dönmüş diyastolik akım yani Rİ: 1 olarak gözlenmiştir. Çalışmanın duyarlılığı %89.7 olarak bulunmuştur (94).

Bizim çalışmamızda proksimalde anlamlı darlığı mevcut olmayan intrakranial İKA’da stenooklüzif patolojisi olan 7 olgu çalışmaya dahil edilmiştir. Bu olgulardan 3 tanesi aterosklerotik hastalık, 2 tanesi travmatik diseksiyona, 1 tanesi vaskülit, 1 tanesi emboli kaynaklı idi. Çalışmamızdaki 7 patolojik intrakranial İKA stenooklüzif patolojili olguda 3 tane İKA aterosklerozuna bağlı oklüzyon mevcuttu. Bu olguların 2 ‘sinde kavernöz segmentten itibaren, 1’inde ise supraklinoid İKA’dan itibaren oklüzyon izlendi. Bu 3 olguda da Rİ değerleri 1 olarak bulundu. Bu olgular dışında Rİ değerleri 1 olan başka bir olgu intrakranial İKA stenooklüzif patolojileri arasında mevcut değildi. % 95 güven aralığı Rİ değeri için 0.885-1 arasındadır. Rİ değerleri > 0.6975 kesme noktası baz alındığında 7 olgunun tamamında tanı konulabilmiştir. Fakat patolojik bulgu olmayan grupta 7 olguda da yalancı pozitif sonuçlar elde edilmiştir. Rİ değerleri 0.728 kesme noktası baz alındığında 1 olgu dışında bütün olguların tespiti yapılabilmektedir. Karşı taraf Rİ değerleri ile asimetri varlığı göz önüne alındığında patolojik bulgu olmayan grupla patolojik grup arasında anlamlı farklılıklar oluşmaktadır. Çalışılan Rİ oranı (Rİ-O) parametresine göre %95 güven aralığı içerisinde 0.763-1 arasındadır. Bunun sonucunda her iki taraf arasında anlamlı Rİ farklılığı bulunmayan yalnızca 1 olgu bulunmaktadır. Bu olgunun da her iki taraftaki İKA Rİ değeri 0.69 bulunmuştur. Bu olguda supraklinoid İKA’da emboliye bağlı dolum defekti mevcuttur. Karotis doppler USG (RDUS) incelemede bu olguda aritmi varlığı nedeniyle optimum değerler elde edilememiştir. Bu da çalışmamızın kısıtlılıklarından biri olmuştur. İki İKA diseksiyon olgusundan bir tanesi kavernöz segmentten itibaren ince kalibrasyon göstermekte ve oklüde olmaktadır. Diğer supraklinoid segmentten sonra incelemek ve near-oklüzyon görünümü söz konusudur. 1 olguda ise vaskülitik tutulum sonucu ince kalibrasyon izlenmekte olup petröz, kavernöz segmentlerde oklüzyon mevcuttur. Bu olgunun patolojik taraf İKA damar çapı ise proksimalden itibaren diğer olgulara göre ince seyretmektedir (2.8 cm). Diğer

olguların aksine karşı taraf İKA ile arasında çap farkı bulunmaktadır (Karşı taraf İKA çapı: 4.7 cm). İnternal karotis arter için PSH değerleri stenooklüzif patoloji olan ve olmayan gruplar arasında anlamlı farklılık göstermemiştir (p-değeri 0.075). Patolojik tarafla karşı taraf arasında da anlamlı fark mevcut değildir (p-değeri 0.116). Karşı tarafla fark arasında en duyarlı parametreler EDH ve Rİ olarak hesaplanmıştır (Rİ ve EDH p-değeri 0.028).

Çalışmamıza proksimalde anlamlı darlığı mevcut olmayan 27 intrakranial vertebral arter stenooklüzif patolojisi veya hipoplazisi olan olgu dahil edildi. Bu olgulardan 19 tanesi stenooklüzif patolojiye, 8 tanesi ise konjenital anatomik bir varyasyon olan vertebral arter hipoplazisine aitti. Stenooklüzif patoloji tanısı alan olgulardan ikisinde diseksiyona bağlı olmak üzere V3-V4 segmentlerinde oklüzyon saptanmıştır.

Posterior serebral dolaşımın konjenital varyasyonlarına klinik tanıda sıklıkla rastlanmaktadır. Ancak bu olguların çoğunda klinik bulgu görülmez (95). Çeşitli tanısal tekniklerle çap asimetrisi saptanabilmektedir. Çoğunlukla sol VA çapı sağdan büyük gözlenmektedir (96 -100). Bizim çalışmamızda BT ve/veya MR anjiyografi tetkiklerinde patolojik stenooklüzif bulgu saptanmayan 40 olgunun 19 tanesinde sol, 17 tanesinde sağ taraf daha geniş, 4 tanesinde ise eşit çaplarda ölçülmüştür. Vertebral arter hipoplazisi saptanan 8 olgu içinde; 4 tanesi sol, 4 tanesi sağ tarafta yerleşim göstermektedir.

Standart RDUS ile damar boyunca intertransvers V2 segmentinde çap ölçülerek farklılıklar gösterilebilir. Böylelikle iki taraf arası çap asimetrisi kolaylıkla tespit edilebilir. Ekstrakraniyal vertebral arter hipoplazisi ve stenozunu ayırmak klinik açıdan önemlidir. Fakat konjenital bir varyasyon olan vertebral arter hipoplazilerini tanımlamada ortak bir karar yoktur. Vertebral arter hipoplazisi tanısında halen tartışmalar olmakla birlikte damar çapı kriter olarak kullanılmaktadır. Çeşitli çalışmalarda Rİ değerlerinde artış, iki taraf arası çap ve Rİ değer farklılıkları da kullanılmıştır. Vertebral arter çap farklılıkları minimal olduğunda doppler spektrumunda her iki taraf VA arasında Rİ değerlerinde anlamlı bir farklılık oluşmamaktadır (101-108).

Jeng ve arkadaşlarının çalışmasında 447 hastaya vertebral artere yönelik RDUS incelemesi yapılmıştır. Vertebral arter hipoplazisini akım hızında anlamlı düşme ve Rİ değerinde anlamlı yükselme olarak tanımlamışlardır. Rİ değerlerinden 0.75 ve üzerini ayrıca iki taraf arası çap farkını ≥ 0.12 cm olarak kabul etmişlerdir (101).

Fisher ve arkadaşlarının nöropatoanatomik çalışmasında, vertebral arter hipoplazisi damar çapının 2 mm'nin altında olması olarak tanımlanmıştır (102). Bu tanımlama, 2 mm çapın altında vertebral arterlerde kan akış hızında azalma olduğunu ortaya koyan Delcke ve arkadaşlarının sonografik çalışması ile desteklenmiştir (103).

Bartels'in Atlas and Manuel kitabı, ayrıca Touboul ve arkadaşlarının çalışması; çapın 3 mm'nin altında olduğu ve doppler spektrumunda yüksek rezistif indeks saptanan durumlarda hipoplazi tanısını desteklemekte olduğunu göstermişlerdir (96,104). Bartels'in Atlas and Manuel kitabında, çapın konjenital olarak 3 mm altında olduğu durumlarda rezistif indeksin arterdeki kan akımının azaldığı durumlardaki gibi arttığını vurgulamaktadır. Bu durumun hipoplastik vertebral arterin azalmış duvar gerginliğine bağlı olduğunu belirtmiştir (96).

Nicolau, Saito, Kimura ve arkadaşları; hipoplastik arterin karşı tarafında ki normal damarın çapının genelde daha büyük olduğunu, ayrıca hipoplastik vertebral arterin sıklıkla aynı taraflı PİCA'da anormal sonlanma ile birliktelik gösterebildiğini çalışmalarında belirtmişlerdir. (105,106,107).

Nicolau ve arkadaşlarının farklı patolojileri olan toplam 116 vertebral arteri kapsayan çalışmasında RDUS ve İAA bulguları incelenmiştir. Kriter olarak ; Rİ değerlerinin 0.8 ve üzeri olmasını hipoplazi lehine anlamlı yüksek direnç olarak kabul etmişlerdir. Bununla birlikte doppler USG'de ölçülen çap kriterini de 2 mm'nin altında olmasını belirlemişlerdir. Bu kriterleri taşıyan İAA ile tanısı desteklenmiş 7 tane vertebral arter hipoplazili olgu incelemişlerdir. Vertebral arter hipoplazisi olan İAA ile tanısı konmuş 1 olgunun doppler USG tetkiki ile tanısı konulamamıştır. RDUS incelemede 2 mm altında çapı olmasına rağmen yüksek rezistif indeks değeri taşımayan vertebral arter hipoplazili bu olguda aynı tarafta İKA stenozu eşlik ettiği için hemodinamik olarak etkilenmiş olabileceğini düşünmüşlerdir (105).

Saito ve arkadaşları 240 vertebral arter içerisinde 15 tane vertebral arter hipoplazisi (PİCA sonlanmalı) ve PİCA dallanmasından sonra asemptomatik vertebral arter tıkanıklığı olgusu çalışmışlardır. Bu 2 olgu grubunu RDUS ile birbirinden ayıramadıkları için beraber değerlendirmişlerdir. PİCA sonlanmalı hipoplastik vertebral arter ve PİCA sonrası semptomatik stenokluziv patolojisi olan olguları ayırmada cut-off noktasını 2.8 mm. seçtiklerinde duyarlılığı %73.3 ve özgünlüğü %83.3 olarak bulmuşlardır. Cut-off noktasını 1.4 mm. olarak belirlediklerinde duyarlılık %93.3 ve özgünlük %91.7'ye kadar yükselmektedir. Vertebral arter çapını PİCA sonlanmalı hipoplaziyi PİCA sonrası

semptomatik stenookluzif patolojiden ayırmada en duyarlı parametre olarak bulmuşlardır. Hipoplastik vertebral arterler için $\text{çap} < 2 \text{ mm}$ olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada hipoplastik damar çapı çok küçükse ($< 2 \text{ mm}$), rezistif indekste daha fazla bir artış gözlenebileceğini belirtmişlerdir (106,107).

Szárázová ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 44 inmeli hastada yapılan BT ve/veya MR anjiyografi tetkikleri ile RDUS tetkikini korele etmişlerdir. 9 hastada 2'si solda ve 7'si sağda olmak üzere vertebral arter hipoplazisi tespit etmişlerdir. Bütün olguların hipoplazik vertebral arter çapları $< 2.5 \text{ mm}$ ve RI değerleri > 0.75 , PSH $< 40 \text{ cm/s}$ olarak bulunmuştur (108).

Bizim çalışmamızda 8 tane vertebral arter hipoplazili olgu saptadık. Bu olguları karşı taraf vertebral arterlerle kıyasladık. İki taraf arasındaki çap farkını istatistiksel olarak anlamlı bulduk. Hipoplazik tarafta çap ortalamaları $2.8 \pm 0.9 \text{ mm}$, karşı tarafın çap ortalamaları $5.5 \pm 1.1 \text{ mm}$ saptandı. Bu bulgu Jeng ve arkadaşlarının çalışmasına benzer şekilde karşı tarafta $> 0.12 \text{ cm}$ fark göstermekteydi. Vertebral arter hipoplazisi tanısı alan olgulardaki çap ölçümleri literatürdeki diğer çalışmalarla (ort. 2.8 mm) benzerlik göstermektedir. PSH, EDH değerleri karşı tarafa göre anlamlı düşük izlendi. RI değerleri ise karşı tarafa göre anlamlı yüksek bulundu (p-değeri : 0,012). Jeng ve arkadaşlarının (RI > 0.75), Nicolau ve arkadaşlarının (RI > 0.8), Bartels ve arkadaşlarının (RI > 0.75) yaptığı çalışmalarla benzer şekilde yüksek RI değerleri bulunmuştur (RI = 0.86 ± 0.04). Bütün olgularımızda RI değerleri ≥ 0.8 olarak izlendi. Bartels ve arkadaşlarının çalışmasına benzer olarak da PSH değerleri $< 40 \text{ cm / s}$ olarak izlenmiştir (32 ± 7.9).

Bizim çalışmamızda vertebral arterin V3 ve/veya V4 segmentinde stenookluzif patolojisi olan toplam 19 olgu yer almaktaydı. Bunlardan 5 tanesi post-PİCA yerleşimli okluzif patolojilerdi. Kalan 14 tanesi pre-PİCA yerleşimli okluzif patolojilerdi. Pre-PİCA yerleşimli stenooklüzif patolojilerden 2 tanesinin nedeni travmatik diseksiyondur. Oklüzyon izlenen olgulardan hedef arter çapı karşı taraftan ince olsa bile stenooklüzif patoloji grubunda yer aldı.

Kim ve arkadaşları 157 tane vertebral arter patolojisi incelemişlerdir. Bu patolojileri 4 gruba ayırmışlardır (1- normal vertebral arter 2- distal VA veya baziler arter stenozu, tıkanıklığı yada diseksiyonu 3- hipoplazik VA 4- diğer vertebro baziler anomaliler (proksimal stenoz, aşırı tortuosite-eğrilik, fibromusküler displazi ve BA hipoplazisi)). Yaş ortalamalarını 69.1 olarak bulmuşlardır. Cinsiyet olarak erkek dominansı gözlenmiştir (%66.6). Çalışmada altın standart yöntem olarak İAA, BTA, MRA tetkiklerini kullanmışlardır. Olgularının

%38.9'u distal vertebral arter stenooklüzif patolojisi, %35.6'sı hipoplastik vertebral arter, ve %18.9'u da yanlış pozitif sonuçlar olarak değerlendirilmiştir. Distal vertebral arter stenooklüzif patolojilerinde ve VA hipoplazilerinde EDH < 4.6 cm/s değerini anlamlı kabul etmişlerdir. Rİ değeri yüksek olan vertebral arterleri düşük olan vertebral arter değerleriyle kıyaslamışlardır. EDH değerini 0 olan yani Rİ değeri 1 olan olguları distaldeki stenooklüzif patolojiyi ortaya koymada en duyarlı parametre olarak kabul etmişlerdir. Distal tıkanıklığı olan olgularda ayrıca PSH ve EDH değerlerini de diğer olgulara göre anlamlı düşük olarak bulmuşlardır (109).

Nicolau ve arkadaşları konvansiyonel anjiyografi ile korele ederek yaptıkları çalışmada 635 olgu incelemişlerdir. 58 tane patolojik olgu elde etmişlerdir (39 erkek, 19 kadın) ve ortalama yaş 66.5 olarak raporlanmıştır. Klinik olarak normal olan değerleri; PSH için 20-60 cm/s, EDH için 5-18 cm/s, Rİ için 0.6-0.85 olarak belirlemişlerdir. Yüksek Rİ değer kriterini belirlemede > 0.9 değeri sınır kabul edilmiştir. Değişik vertebral arter patolojileri olan 6 hasta grubu çalışmalarında kullanmışlardır. Bu gruplardan bir tanesi distal vertebral arter tıkanıklığı gösteren yüksek dirençli RDUS bulguları olan olgulardan oluşmaktadır. Anjiyografik inceleme ile değişik vertebral arter patolojileri belirlenmiş olan 40 hastanın 36 tanesinde RDUS ile tanı konabilmiş. 4 olguda RDUS kriterleri içerisinde tanı konulamamıştır. Tanı konulamayan bu olgulardan 2 tanesi yüksek dereceli distal darlığa aitmiş. Anjiyografi ile 13 distal vertebral arter darlığı tanısı konmuş. 11 distal darlık (V3 ve V4 segmenti), proksimal segmentteki yüksek dirençli akımlar (yüksek Rİ) ile belirlenmiştir. Onların serisinde normal RDUS sonucu olan ve yüksek dereceli distal darlığı olan 2 hastada, tıkanıklığın eşlik ettiği supraaortik damarlarda diffüz aterosklerotik hastalık varmış (1 hastada İKA tıkanıklığı ve diğerinde karşı taraf VA tıkanıklığı). Bu olgularda Doppler indekslerinin kan akımı hacminden etkilenmiş olduğunu düşünmüşlerdir. Kan akım hacmi karşı taraftaki damarların açıklığı ve karşı tarafta akımın varlığı ya da yokluğu gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Eğer willis poligonundan stenooklüzif arterin sulama alanına olan akım yeteri kadar iyiye stenooklüzif patolojinin proksimalinde doppler indeksleri beklenenden daha düşük bulunabilir. Bu da ilgili damarın proksimalindeki segmentte doppler indekslerini değiştirebilir (105). Bizim çalışmamızda da bu nedenlerden dolayı eşlik eden İKA ve karşı taraf vertebral arterde stenooklüzif patolojisi bulunan olgular çalışmaya dahil edilmedi.

Saito ve arkadaşları 256 vertebral arter (128 olgu) değerlendirmişlerdir. 91 erkek, ve 37 kadın. Ortalama yaş aralığı 63.4 ± 12.4 yıl olarak raporlanmıştır. İAA ile tanı konmuş olup proksimal vertebral arterdeki %50-99 arası darlık olan 16 vertebral arter çalışma sonuçlarını

etkileyebileceğinden çalışma dışı bırakılmıştır. Olgular 4 ana grup altında toplanmıştır (1. Grup VA çıkış yeri darlığı, 2.grup PİCA dallanması öncesi tıkanıklık, 3A.grup PİCA dallanması sonrası semptomatik stenooklüzif grup, 3B. grup PİCA dallanması sonrası asemptomatik stenooklüzif patolojisi olan yada hipoplastik izlenen grup, 4. grup vertebral arterde tıkanıklık olamayan grup). Çalışmalarında bizim de çalışmamızda kullandığımız gibi semptomatik PİCA sonrası stenooklüzif patolojisi olan olgularda hedef arter çapı karşı taraftan ince bile olsa stenooklüzif patoloji grubu altında değerlendirilmiştir. PSH, EDH, MH (ortalama hız), Rİ parametrelerini kullanmışlardır. Çap, çap oranı ve akım hızı verisi (her grup için ortalama $\pm$ standart sapma) olarak belirtmişlerdir. $P<0.05$ değerlerini bizimde çalışmamızda kullandığımız gibi istatistiksel olarak anlamlı olarak kabul etmişlerdir. 194 tane kontrol vertebral arter olgusu kullanmışlardır. 10 tane olgu PİCA dallanması öncesi oklüzyonu olan, 12 tane PİCA dallanması sonrası semptomatik stenooklüzif patolojisi olan, 15 tane PİCA sonlanmalı vertebral arter hipoplazisi ve asemptomatik PİCA dallanması sonrası stenooklüzif patolojisi olan olgulardan oluşmaktaydı. 10 tane PİCA öncesi stenooklüzif patolojisi olan grup 2’de EDH 0 cm/s, Rİ ise 1 olarak bulunmuştur. Bu bulgu PİCA öncesi stenooklüzif patolojileri diğer gruplardan ayırmaktadır. PİCA sonrası semptomatik stenooklüzif patolojisi olan grup 3A’da ve asemptomatik PİCA dallanma sonrası VA stenooklüzif patolojisi ve PİCA sonlanmalı vertebral arter hipoplazileri olan grup 3B’de; Rİ değerleri sırasıyla 0.78 ± 0.14 , 0.76 ± 0.09 olarak belirlenmiştir. EDH değerleri ise sırasıyla 6.69 ± 3.74 , 7.09 ± 2.46 olarak belirlemişlerdir. İki grubu ayırmak için ise MH (ortalama hız) değerlerini kullanmışlardır (106).

Kimura ve arkadaşları 130 iki taraflı vertebral arteri C3 ve C6 segmentleri arasından değerlendirmişlerdir. Bu hastalar içerisinde 6 hastada PİCA dallanması öncesi VA tıkanıklığı, 14 hastada tek taraflı PİCA dallanma sonrası VA tıkanıklığı saptanmış, 12 olguda ise herhangi bir tıkalı lezyon bulunamamıştır. MH, EDH ve Rİ değerleri kullanılmıştır. PİCA dallanma öncesi etkilenen tarafta EDH 0, Rİ değerleri 1 olarak belirtilmiştir. PİCA dallanma sonrası darlık olan grupta EDH değerleri 5.9 ± 2.8 cm / s olarak bulunmuştur. Bu oran kontrol grubunda 16.2 ± 4.3 cm/s olarak belirtilmiştir. Her iki taraf arası fark EDH için 4.7 ± 4.1 cm/s olarak bulunmuştur (107).

Bizim çalışmamızda Kim ve arkadaşları, Nicolau ve arkadaşları, Saito ve arkadaşları gibi yaş ortalaması 64.1 ± 15.7 olarak izlenmiştir ve erkek dominansı gözlenmiştir (%70.6). Bizim çalışmamızda vertebral arter stenooklüzif patolojilerinde ve vertebral arter hipoplazilerinde patolojik taraftaki Rİ 0.92 ± 0.07 olarak bulunmuş olup Nicolau ve

arkadaşları, Saito ve arkadaşları, Kimura ve arkadaşlarının çalışmaları ile benzer özellik göstermektedir. Ayrıca RI değerleri patolojik tarafın karşı tarafı ile kıyaslamalı değerlendirildiğinde anlamlı farklılıklar göstermiştir ($p < 0.001$). Bizim çalışmamızda distal stenooklüzif patoloji ve hipoplazi izlenen vertebral arter EDH değerleri 3 ± 2.5 cm/s olarak belirlenmiştir. Bu bulgulara Kim ve arkadaşları, Nicolau ve arkadaşları, Saito ve arkadaşları, Kimura ve arkadaşlarının çalışmalarıyla benzer bulunmuştur. PSH değerleri Kim ve arkadaşları, Nicalou ve arkadaşlarının çalışmaları ile benzer şekilde düşük olarak izlenmiştir (PSH 32.4 ± 13.3 cm/s). Bütün bu bulgular patoloji tarafın karşı taraf vertebral arteriyle kıyaslamalı değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir ($p < 0.001$). 14 tane pre-PİCA oklüzif patolojili 8 tane olguda EDH değerleri 0, RI değerleri 1 olarak saptanmıştır. Bu olgular içerisinde 2 tanesi travmatik diseksiyona aitti. Post-PİCA oklüzif patolojili 5 olgunun hiçbirinde RI değeri 1, EDH değeri 0 cm/s olarak izlenmemiştir. Saito ve arkadaşları, Kimura ve arkadaşlarının çalışmalarında benzer şekilde bizim çalışmamızda da EDH değerleri post-PİCA olgulara göre daha düşük izlenmiştir. Çalışmaya dahil ettiğimiz olgularda PİCA sonlanımlı vertebral arter yoktu. PİCA sonlanımlı olan 1 vertebral arter olgusu aynı taraf İKA'da stenoz bulgusu olduğu için Nicolau ve arkadaşlarının belirttiği gibi hemodinamik dengeleri etkileyebileceğinden dolayı çalışmaya dahil etmedik. Bu olgunun da RI değerleri 1, EDH değeri 0 cm/s idi. Saito ve arkadaşları, Kimura ve arkadaşları da eşlik eden başka damarlarda stenooklüzif bulgulu olguları çalışmalarına dahil etmemişlerdir. Bizim çalışmamızda %95 güven aralığı RI değerleri için 0.97-1 olarak belirlenmiştir. EDH değerleri için %95 güven aralığı 0.984-1 olarak belirlenmiştir. PSH değerleri için %95 güven aralığı 0.645-0.896 olarak belirlenmiştir. Kesme noktası RI değerleri için > 0.79 olarak alındığında vertebral arterde stenooklüzif patoloji veya hipoplazi tanısı alan 27 olgunun hepsi saptanabilmektedir, ancak kontrol grubundan 4 olguda yalancı pozitiflik oluşmaktadır. Bu değerlerde seçicilik %90, PTD %87.1, NTD, duyarlılık %100 olarak izlenmektedir. RI değerleri için kesme noktası > 0.858 olarak alındığında özgüllük %100, PTD %100, duyarlılık %81.5, NTD %88.9 olarak bulunmuştur. EDH için de kesim noktası < 5.95 olarak belirlendiğinde özgüllük %100, PTD %100, duyarlılık %88.9, NTD %93 olarak izlenmektedir. Vertebral arter stenooklüzif patolojileriyle vertebral arter hipoplazileri arasında çap farkı istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p:0.084$). Bunun nedeni çalışmaya dahil edilen olgularda hedef arter çapı karşı taraftan ince olsa bile stenooklüzif patoloji mevcut ise stenooklüzif patoloji grubunda değerlendirilmesidir. Szárazová ve arkadaşlarının çalışmasında hipoplazinin stenooklüzif patolojilere neden olabileceğini vurgulanmıştır. Bizim çalışmamızda VA stenooklüzif patolojileri ve hipoplazisi

arasında Rİ açısından anlamlı fark izlenmiştir (p-değeri: 0.002). Benzer şekilde EDH değerleri de iki grup arasında aynı nedenden dolayı farklı bulundu. Saito, Kimura ve arkadaşlarının çalışmalarında belirttiği gibi bunun nedeni çoğu olgumuzun VA stenooklüzif patolojilerinin PİCA dallanması öncesi olduğunu düşünüyoruz. PSH değerleri ise her iki grup arasında anlamlı istatistiksel fark oluşturmamıştır (p: 0.658).

Çalışmanın başlıca limitasyonları; çalışma kapsamında patolojik grupta yer alan olguların çoğunluğunun RDUS ile patoloji öngörülerek bulguları arşivlenmiş olan olgulardan oluşmuş olması/RDUS bulguları normal- MRA/BTA intrakranial stenooklüzif patolojisi olan muhtemel olguların çalışmada yer almaması ya da çok az yer almasıdır. Karotis arter stenooklüzif patoloji grubundaki hasta sayısının azlığıdır (İzole intrakraniyal segment stenooklüzif patolojilerin çok nadir görülmesi nedeniyle).

BÖLÜM V

SONUÇ

Karotis- vertebral arter sisteminin ekstrakraniyal segment RDUS incelemelerinde kullanılan dolaylı bulgular ile vertebral arterlerin distal stenooklüzif patoloji ve hipoplazileri, ayrıca İKA'nın doğrudan görüntülenemeyen intrakraniyal segmentlerinde ki stenooklüzif patolojiler dolaylı bulgular ile saptanabilmektedir. Literatürde İKA'nın izole intrakraniyal segment stenooklüziv patolojileri ile ilişkili benzer bir çalışma bulunmamaktadır. Benzer şekilde bu alanda vertebral arter patolojileri ile ilişkili çalışmalar da sınırlıdır. İlgili ekstrakraniyal segment dolaylı RDUS parametrelerinin tanısal etkinliğinin belirlenebilmesi için daha çok sayıda olguyu içeren çalışmalar yapılması gerekmektedir. Daha geniş serilerde İKA ve vertebral arterin intrakraniyal segment stenooklüzif patolojileri ve vertebral arter hipoplazisi tanısında kullanılabilecek ekstrakraniyal segment Rİ, EDH, PSH değerleri daha doğru bir şekilde belirlenebilir. Literatürde değişik kesim noktalarından yapılmış Roc analiz çalışması mevcut değildir. Biz çalışmamızda ROC analiz yöntemi ile değişik kesim noktaları kullanarak duyarlılığı ve özgüllüğü yüksek olan değerler elde etmeye çalıştık.

BÖLÜM VI

ÖZET

Amaç: Bilgisayarlı tomografi (BTA) veya manyetik rezonans (MRA) anjiyografi inceleme ile intrakraniyal ana arteriyel yapılarda % 50'nin üstünde anlamlı darlık ya da oklüzyon saptanan olgularda karotis ve vertebral arterlerin patent olan ekstrakraniyal segmentlerindeki dolaylı renkli Doppler ultrasonografi (RDUS) bulguları araştırmak.

Gereç ve Yöntem: Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı Ultrasonografi ünitesinde Ocak 2010 – Eylül 2013 tarih aralığında arşivli hasta kayıtlarında araştırmanın dahil edilme ve dışlama kriterlerine uyan , Manyetik Rezonans Anjiyografi (MRA) ve / veya Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA) karotis interna ve vertebral arter intrakranial segmentlerinde stenooklüzif patolojileri olan (7 tanesi karotis interna stenooklüzif patolojisi , 27 tanesi vertebral arter stenooklüzif patolojisi) toplamda 34 hasta , sağlıklı olgu grubu ise karotis interna, vertebral arter sistemlerinde herhangi bir stenooklüzif patoloji tespit edilmemiş 40 iki taraflı yani toplamda 80 vertebral arter (VA) , 80 internal karotis arter (İKA) olacak şekilde incelenmiştir. Renkli Doppler USG incelemede (RDUS); internal karotis arter (İKA), vertebral arterlerde (VA) çap, PSH, EDH, Rİ değerleri parametre olarak kullanılmıştır. Bulgular arasında ki ilişki SPSS for Windows 11.5 paket programında yapıldı.

Bulgular: Çalışmaya alınan 34 intrakraniyal VA stenooklüzif patolojisi, VA hipoplazisi veya intrakraniyal İKA stenooklüzif patolojili olgunun (24 erkek, 10 kadın) yaş ortalaması 64.10 ± 15.7 'dir. Proksimalde anlamlı darlığı mevcut olmayan intrakranial İKA'da stenooklüzif patolojisi olan 7 İKA stenooklüzif patolojili olgunun 3 tanesi aterosklerotik hastalık, 2 tanesi travmatik diseksiyona, 1 tanesi vaskülit, 1 tanesi emboli kaynaklı idi. İKA 'da patoloji saptanan grupta saptanmayan gruba göre RI ölçümleri istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek, PSH ölçümleri daha düşük, EDH ölçümleri de istatistiksel anlamlı olarak daha düşük belirlenmiştir ($p < 0,001$; $p = 0,030$ ve $p = 0,002$). Karşı taraf İKA'ya göre patolojik taraftaki RI değerleri istatistiksel anlamlı olarak daha yüksekti ($p = 0,028$). Karşı tarafa göre patolojik taraftaki İKA'da EDH değerleri istatistiksel anlamlı olarak daha düşüktü ($p = 0,028$). Vertebral arterin V3 ve/veya V4 segmentinde stenooklüzif patolojisi olan toplam 19 olgu yer almaktaydı. Bunlardan 2 tanesi nedeni travmatik diseksiyondur. MRA ve/ veya BTA ile VA sisteminde stenooklüzif patoloji veya VA hipoplazisi saptanan grupta bulgu saptanmayan gruba göre VA çap ölçümleri istatistiksel anlamlı olarak daha düşük, Rİ ölçümleri daha

yüksek, PSH ve EDH ölçümleri ise istatistiksel anlamlı olarak daha düşük hesaplanmıştır ($p<0,001$). Karşı taraf VA kıyasla bulgu izlenen VA grubunda Rİ ölçümleri daha yüksek, PSH ve EDH ölçümleri ise istatistiksel anlamlı olarak daha düşük hesaplanmıştır ($p<0,001$).

Sonuç: Karotis- vertebral arter sisteminin ekstrakraniyal segment RDUS incelemelerinde Kullanılan dolaylı bulgular ile vertebral arterlerin distal stenooklüzif patoloji ve hipoplazileri, Ayrıca İKA'nın doğrudan görüntülenemeyen intrakraniyal segmentlerinde ki stenooklüzif patolojiler dolaylı bulgular ile saptanabilmektedir. Literatürde İKA'nın izole intrakraniyal segment stenooklüziv patolojileri ile ilişkili benzer bir çalışma bulunmamaktadır. Benzer şekilde bu alanda vertebral arter patolojileri ile ilişkili çalışmalar da sınırlıdır. İlgili ekstrakraniyal segment dolaylı RDUS parametrelerinin tanısal etkinliğinin belirlenebilmesi için daha çok sayıda olguyu içeren çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi, İnternal Karotis Arter Stenooklüzion, Manyetik Rezonans Anjiyografi, Renkli Doppler Ultrasonografi, Vertebral Arter Hipoplazisi, Vertebral Arter Stenooklüzion

BÖLÜM VII

SUMMARY

Aim/ Purpose: To assess the indirect findings of the extracranial segments of carotid and vertebral arteries by color doppler ultrasonographic examination in patients who have a significant stenosis greater than 50 percent or occlusion in the intracranial major arteries, detected by computed tomography angiography or magnetic resonance angiography.

Materials and Methods: Institutional Noninvasive Vascular Laboratory database of Ege University Faculty of Medicine, department of Radiodiagnostic was queried for sequential color doppler ultrasonography studies performed between January 2010, and September 2013. Those studies that had correlative neuroimaging with computed tomography angiography and magnetic resonance angiography were included in the analysis. 34 cases with the intracranial stenooclusive pathology of internal carotid arteries and vertebral arteries (7 cases with internal carotid artery pathologies, and 27 cases with vertebral artery pathologies), and 40 cases with any stenooclusive pathology of internal carotid arteries and vertebral arteries (80 internal carotid and vertebral arteries). We studied the parameters of diameter, peak-systolic velocity (PSV), end-diastolic velocity (EDV), and resistive indices (RI) in internal carotid arteries and vertebral arteries via color doppler ultrasonography (CDU). All statistics were performed by using SPSS for Windows version 11.5.

Results: There were noted 34 cases with intracranial stenooclusive pathology of the intracranial vertebral arteries, hypoplasia of the vertebral arteries or the intracranial stenooclusive pathology of the internal carotid arteries. The mean age of the patients was 64.1 years (64.1 ± 15.7 years), and 70.5% were male (24 male and 10 female). There were 7 cases with a stenooclusive pathology of intracranial internal carotid arteries (without any significant stenosis at the proximal segment). Among these cases; 3 cases had a atherosclerotic disease, 2 cases had a traumatic dissection, 1 case had a vasculitis, and 1 case had an embolism. Resistive indices were significantly higher in pathological ICA group than normal ICA group ($p < 0.001$). Peak-systolic velocities and end-diastolic velocities were significantly lower in pathological ICA group than normal ICA group with a p value of 0.030 and 0.002, respectively. Resistive indices were significantly higher in pathological side than contralateral side ($p = 0.028$). End-diastolic velocities were significantly lower in pathological side of internal carotid arteries than contralateral side ($p = 0.028$). There were 19 cases with a

stenooclusive pathology of V3 and/or V4 segments of vertebral arteries. 2 of these cases were traumatic dissections. Diameters of vertebral arteries, peak-systolic velocities, end-diastolic velocities were significantly lower and RI were significantly higher in the stenooclusive pathology and hypoplasia of vertebral arteries group which were detected by magnetic resonance angiography and/or computed tomography angiography than nonpathological group ($p<0.001$). Resistive indices were significantly higher, peak-systolic velocities and end-diastolic velocities were significantly lower in pathological vertebral artery group than contralateral vertebral artery group ($p<0.001$).

Conclusion: Distal stenooclusive pathologies and hypoplasies of vertebral arteries, and intracranial stenooclusive pathologies of internal carotid arteries can be detected by the indirect findings of color doppler ultrasonography of the extracranial segments of carotid and vertebral arteries. There is no similar study about the isolated stenooclusive pathology of the intracranial segments of ICA in the written literature. Similarly, the studies about vertebral arteries are also limited. In a conclusion; there must be large number of studies to determine the diagnostic accuracy of the indirect findings of extracranial segments of ICA and vertebral artery by color doppler ultrasonography.

Key Words: Internal Carotid Artery Stenoocclusion, Color Doppler Ultrasonography, Computed Tomography Angiography, Magnetic Resonance Angiography, Vertebral Artery Hypoplasia, Vertebral Artery Stenoocclusion

BÖLÜM VIII

KAYNAKLAR

1. James Al, Carl E, Jeffry PE, Vertebrobasilar insufficiency. Arch Neurol 1985; 42: 803-808.
2. Moran CJ, Kido DK, Cross III DT. Cerebral vascular angiography: indications, technique, and normal anatomy of the head. In: Baum S, ed. Abram 's angiography. 4th ed. Vol. 1. USA: Little Brown and Company 1997, 241-303.
3. Osborn AG. Diagnostic cerebral angiography. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins 1999, 3-70, 359-378, 421-440.
4. Taner D. (Eds) Fonksiyonel Nöroanatomi (4. baskı). Odtü Yayıncılık, Ankara, 2002.
5. Dere F. Nöroanatomi: Fonksiyonel nöroloji. Nobel Tıp Kitabevi; Adana, 2000.
6. Barry M., Bannister L.H., Standring S.M. Nervous System. in P L Willams (ed) Gray's Anatomy (38/11 ed). Churchill Livingstone, London, 1995.
7. Arıncı K. (Çev.Ed) Sobotta, İnsan Anatomisi Atlası. Beta basımevi; İstanbul, 2006.
8. Yücel Gönül uzmanlık tezi, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2007.
9. Tsutsumi M, Kazekawa K, Tanaka A, Ueno Y, Nomoto Y. Duplication of distal part of the basilar artery. Radiat Med 2002; 20: 265-267.
10. Senem Turan uzmanlık tezi, Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi A.B.D. 1999.
11. Tsehabitseher M, Fuss FK, Matula CH, Klimpel S. Course of the arteria vertebralis in it's segment V1 from the origin to it's entry into the foramen processus transversi. Acta Anat 1991; 140: 373-377.
12. Trating S, Matula C, Karnel F, Daha K, Tsehabitscher M, Schwaighoter B. Difficulties in examination of the origin of the vertebral artery by duplex and color- coded Doppler sonography: anatomical considerations. Neuroradiology 1993; 35: 296-299.

13. Matula C, Tratting S, Tschabitscher M, Day ID, Koos VT. The course of the prevertebral segment of the vertebral artery: anatomy and clinical significance. *Surg Neurol* 1997; 48:125-131.
14. Çavdar S, Arisan E. Variations in the extracranial origin of the human vertebral artery. *Acta Anat* 1989; 135: 236-238.
15. Williams PL, Warwick R, Dyson M, Bannister LH. *Gray's Anatomy*, 3th ed. Churchill Livingstone , Norwich, England, 1989, 734-749.
16. Zwiebel WJ, Austin CW, Sackett JF. Correlation of high resolution, B-mode and continuous-wave Doppler sonography with arteriography on the diagnosis of carotid stenosis. *Radiology* 1983; 149:523-532.
17. Arıncı K, Elhan A. *Anatomi*. Üçüncü baskı. Ankara: Güneş Kitabevi, 2001, 21- 38.
18. Rubin GD, Shiau MC, Schmidt AJ, et al. Computed tomographic angiography: historical perspective and new state-of-the-art using multi detector-row helical computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 1999; 23: 83-90.
19. Gray-Weale AC, Graham JC, Burnett JR, et al. Carotid artery atheroma. Comparison of preoperative B Mode ultrasound appearance with carotid end-arterectomy specimen pathology. *J Cardiovasc Surg* 1998; 29: 676-681.
20. Osborn AG. *Diagnostic cerebral angiography*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins, 1999, 3-70, 359-378, 421-440.
21. J, Fields WS,. Tortuosity, coiling, and kinking of the internal carotid artery. II. Relationship of morphological variation to cerebrovascular insufficiency. *Neurology* 1965; 15: 462-468.
22. Zannetti PP, Rosa G, Cavanenghi D, Sorisio Y, Amerio GM, Stillo R, Zappa A, Muneinelli M, Franco M, Cardellino S. Division of general and thoracovascular surgery. *J Cardiovasc Surg* 1997;38: 21-26.
23. Shamsuzzaman AS, Gersh BJ, Somers VK. Obstructive sleep apnea: implications for cardiac and vascular disease. *JAMA* 2003; 290(14): 1906-1914.

24. Schwab RJ, Goldberg AN, Pack AL. Sleep apnea syndromes. In: Fishman, AP Fishman Pulmoner Diseases and Disorders. New York: McGraw-Hill Book Company, 1998, 1617-1637.
25. O'Riordan M . American Heart Association. Heart Disease and Stroke Statistics. Dallas, Tex: American Heart Association, 2004.
26. Sacco RL, Benjamin EJ, Broderick JP. American Heart Association Prevention Conference. IV. Prevention and Rehabilitation of Stroke Risk factors. Stroke 1997; 28:1507-1517.
27. Gorelick PB. Stroke prevention. Arch Neurol 1995; 52: 347-355.
28. Goldstein LB, Adams R, Alberts MJ. Primary prevention of ischemic stroke: a guideline from the American Heart Association/ American Stroke Association Stroke Council: cosponsored by the Atherosclerotic Peripheral Vascular Disease Interdisciplinary Working Group; Cardiovascular Nursing Council; Clinical Cardiology Council; Nutrition, Physical Activity, and Metabolism Council; and the Quality of Care and Outcomes Research Interdisciplinary Working Group: the American Academy of Neurology affirms the value of this guideline. Stroke 2006; 37: 1583-1633.
29. Bradley WG, Daroff BR, Fenichel GM, Marsden CD. Neurology in Clinical Practice . The Neurological Disorders. Third Edition. Vascular Diseases of The Nervous System 2000, 1125-1126.
30. Idredavik B, Bakke F, Solberg R, Rokseth R, Haehim LL, Holme I. Benefit of a stroke unit: randomized controlled trial. Stroke 1991; 22: 1026-1031.
31. Aboderin I, Venables G. Pan European Consensus Meeting on stroke Management in Europe. J Intern Med 1996; 240:173-180.
32. Henon H, Godefroy O, Leys D. Early predictors of Death and disability after acute cerebral ischemic event. Stroke 1995; 26(3): 392-398.
33. Martin S Denis. Long Term Survival After First Ever Stroke The Oxfordshire Community Stroke Project. Stroke 1993; 24(6): 796-800.
34. Stephen G. Waxman. Correlative Neuroanatomy. Lange Medical Books, 1999, 168-172.

35. Bonita R. Epidemiology of Stroke. *Lancet* 1992; 339: 342-344.
36. Schweikert K, Engelter S, Lyrer PA, Rickenbacher P, Ebnoter E, Operschall C, Steack AJ. Introduction of a comprehensive stroke program in a university hospital. *Cerebrovascular Disease* 1996; 6: 131.
37. Wentworth DA, Atkinson P. Implementation of an acute stroke program decreases hospitalization costs and length of stay. *Stroke* 1996; 27: 1040-1043.
38. Wolf PA, Belanger AJ, D'Agostino RB. Management of risk factors. *Neurol Clin* 1992;10:175-177.
39. Rohr J, Kittner S, Feaser B. Traditional risk factors and ischemic stroke in young adults: The Baltimore - Washington Cooperative Young Stroke Study. *Arch Neurol* 1996; 53: 603-605.
40. Hilbom M, Haapaniemi H, Juvela S. Recent alcohol consumption, cigarette smoking and cerebral infarction in young adults. *Stroke* 1995; 40: 26-28.
41. O'Leary DH, Polak JF, Kronmal RA, Kittner SJ, Bond MG, Wolfson SK, Bommer W, Price TR, Gardin JM, Savage PJ. Distribution and correlates of sonographically detected carotid artery disease in the Cardiovascular Health Study. The CHS Collaborative Research Group. *Stroke* 1992; 23:1752-1760.
42. Mackey AE, Abrahamowicz M, Langlois Y, Battista R, Simard D, Bourque F, Leclerc J, Côté R. Outcome of asymptomatic patients with carotid disease. Asymptomatic Cervical Bruit Study Group. *Neurology* 1997; 48: 896-903.
43. Meissner I, Wiebers DO, Whisnant JP, O'Fallon WM. The natural history of asymptomatic carotid artery occlusive lesions. *JAMA* 1987; 258: 2704-2707.
44. Nadareishvili ZG, Rothwell PM, Beletsky V, Pagniello A, Norris JW. Long-term risk of stroke and other vascular events in patients with asymptomatic carotid artery stenosis. *Arch Neurol* 2002; 59: 1162-1166.
45. Inzitari D, Eliasziw M, Gates P, The causes and risk of stroke in patients with asymptomatic internal- carotid-artery stenosis. North American Symptomatic Carotid End-arterectomy Trial Collaborators. *N Engl J Med* 2000; 342: 1693-1700.

46. Caplan LR, Amarenco P, Rosengart A, Lafranchise EF, Teal PA, Belkin M, DeWitt LD, Pessin MS. Embolism from vertebral artery origin occlusive disease. *Neurology* 1992;42:1505–1512.
47. Pessin MS, Daneault N, Kwan ES, Eisengart MA, Caplan LR. Local embolism from vertebral artery occlusion. *Stroke* 1988; 19: 112–115.
48. Tuncel E. Klinik Radyoloji. Nobel&Güneş Kitabevleri; 2. Baskı 2008, 173- 183.
49. Middleton DW, Melson LG. The carotid ghost. A color Doppler ultrasound duplication artifact. *J Ultrasound Med* 1999; 9: 487-493.
50. Özcan H, Aytaç S. Karotis ve Vertebral Arter Renkli Doppler Ultrasonografi 17. Türk Radyoloji Kongresi. İstanbul, İst. Üniv. 2000, 49-65.
51. Zwiebel WJ. Vasküler Ultrasona giriş. İstanbul Medikal Yayıncılık, 1. Baskı 2006, 143-222.
52. Tuncel E. Klinik Radyoloji, Bursa. Nobel&Güneş Tıp Kitabevi, 2008, 173-183.
53. Zwiebel WJ. Vasküler Ultrasona Giriş. İstanbul medikal yayıncılık bilimsel eserler dizisi Pellerito, Çeviri Editörü;Doç.Dr.İsmail Mihmanlı İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı 1.baskı 2006.
54. Oyar O. Doppler Ultrasonografi. Tıbbi Görüntüleme Fiziği, Isparta, SDÜ TıpFakültesi, 2003, 197-219.
55. Kaya T. Temel Radyoloji fiziği, TÜMRAD-DER, 2006.
56. Erden İ. Gövde Manyetik Rezonans. Manyetik Rezonans Derneği. Haziran 2005, 125-129.
57. Edelman R. MR Angiography: Present and Future. *AJR* 1993; 161:1-11.
58. Brant-Zawadzki M, Heiserman JE. The roles of MR angiography, CT angiography, and sonography in vascular imaging of the head and neck. *AJNR* 1997; 18:1820-1825.

59. Pancera P, Ribul M, Marchides, Arosio E, Lechi A. Prevalence of morphological alterations in cervical vessels: A colour duplex ultrasonographic study in a series of 3300 subjects. *International Angiology* 1997; 17: 22-27.
60. Schneider PA, Rossman ME, Bemstein EF, Ringelstein EB, Torem S, Otis SM. Noninvasive evaluation of vertebrobasilar insufficiency. *J Ultrasound Med* 1991; 10(7): 373- 379.
61. Hu H, He HD, Foley WD, Fox SH. Four multidetector-row helical CT: image quality and volum coverage speed. *Radiology* 2000; 215: 55-62.
62. Rubin GD, Shiau MC, Schmidt AJ, et al. Computed tomographic angiography: historical perspective and new state-of-the-art using multi detector-row helical computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 1999; 23: 83-90.
63. Macari M, Israel GM, Berman P, et al. Infrarenal abdominal aortic aneurysms at multi-detector row CT angiography: intravascular enhancement without a timing acquisition. *Radiology* 2001; 220: 519-523.
64. Gray-Weale AC, Graham JC, Burnett JR et al. Carotid artery atheroma. Comparison of preoperative B Mode ultrasound appearance with carotid end-arterectomy specimen pathology. *J Cardiovasc Surg* 1988; 29: 676-681.
65. Osborn Diagnostic Imaging 2. Baskı , Güneş Tıp Kitapevi 1-4;2 , 1-4:24
66. Osborn Diagnostic Imaging 2. Baskı , Güneş Tıp Kitapevi 1-2; 68
67. Bogousslavsky J, Regli F, Maeder P, Meuli R, Nader J. The etiology of posterior circulation infarcts: a prospective study using magnetic resonance imaging and magnetic resonance angiography. *Neurology* 1993; 43:1528–1533.
68. Bamford J, Sandercock P, Dennis M, Burn J, Warlow C. Classification and natural history of clinically identifiable subtypes of cerebral infarction. *Lancet* 1991; 337:1521–1526.
69. Caplan LR, Amarenco P, Rosengart A, et al. Embolism from vertebral artery origin occlusive disease. *Neurology* 1992; 42:1505–1512.

70. Marquardt L, Kuker W, Chandratheva A, Geraghty O, Rothwell PM. Incidence and prognosis of $\geq 50\%$ symptomatic vertebral or basilar artery stenosis: prospective population-based study. *Brain* 2009; 132: 982–988.
71. Flossmann E, Rothwell PM. Prognosis of vertebrobasilar transient ischaemic attack and minor stroke. *Brain* 2003; 126:1940–1954.
72. Caplan LR. Posterior Circulation Disease; Clinical Findings, Diagnosis, and Management. Boston, MA:Blackwell Science, 1996.
73. Arnold M, Boussier MG, Fahrni G, et al. Vertebral artery dissection: presenting findings and predictors of outcome. *Stroke* 2006; 37: 2499–2503.
74. Bartels E. Color-Coded Duplex Ultrasound of the Cerebral Vessels: Atlas and Manual. Stuttgart, Germany, Schattauer, 1999.
75. Hennerici M. Vascular Diagnosis With Ultrasound. Stuttgart, Germany, Thieme, 2006.
76. Valdueza JM, Schreiber SJ, Roehl JE, Klingebiel R. Neurosonology and Neuroimaging of Stroke. Stuttgart, Germany, Thieme, 2008.
77. Droste DW, Nabavi DG, Kemeny V, et al. Echo contrast enhanced transcranial colour-coded duplex offers improved visualization of the vertebrobasilar system. *Acta Neurol Scand* 1998; 98:193–199.
78. Iglseder B, Huemer M, Staffen W, Ladurner G. Imaging the basilar artery by contrast enhanced color-coded ultrasound. *J Neuroimaging* 2000; 10:195–199.
79. Stolz E, Nüchel M, Mendes I, Gerriets T, Kaps M. Vertebrobasilar transcranial color-coded duplex ultrasonography: improvement with echo enhancement. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002; 23:1051–1054.
80. Seidel G, Meairs S. Ultrasound contrast agents in ischemic stroke. *Cerebrovasc Dis* 2009; 27(2): 25–39.

81. Wardlaw JM, Chappell FM, Best JJ, Wartolowska K, Berry E, NHS Research and Development Health Technology Assessment Carotid Stenosis Imaging Group. Noninvasive imaging compared with intra-arterial angiography in the diagnosis of symptomatic carotid stenosis: a meta-analysis. *Lancet* 2006; 367:1503–1512.
82. Edlow JA, Newman-Toker DE, Savitz SI. Diagnosis and initial management of cerebellar infarction. *Lancet Neurol* 2008; 7: 951–964.
83. Gulli G, Khan S, Markus HS. Vertebrobasilar stenosis predicts high early recurrent stroke risk in posterior circulation stroke and TIA. *Stroke* 2009; 40: 2732–2737.
84. Khan S, Cloud GC, Kerry S, Markus HS. Imaging of vertebral artery stenosis: a systematic review. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2007; 78: 1218–1225.
85. Bartels E, Knauth M, Liebetanz D, Paulus W. Traumatic dissection of the vertebral artery: value of sonographic diagnostics. *Cerebrovasc Dis* 2006; 22: 209–213.
86. Bartels E. Dissection of the extracranial vertebral artery: clinical findings and early noninvasive diagnosis in 24 patients. *J Neuroimaging* 2006; 16: 24–33.
87. Garami Z, Alexandrov AV. Neurosonology. *Neurol Clin* 2009; 27: 89–108.
88. Hass WK, Fields WS, North RR, et al. Joint study of extracranial arterial occlusion. II. Arteriography, techniques, sites, and complications. *JAMA* 1968; 203: 961.
89. Korogi Y, Takahashi M, Mabuchi N, Miki H, Shiqa H, Watabe T, et al. Intracranial vascular stenosis and occlusion: diagnostic accuracy of three-dimensional, Fourier transform, time-of-flight MR angiography. *Radiology* 1994;193(1): 187-193.
90. Bigé N, Lévy PP, Callard P, Faintuch JM, Chigot V, Jousselin V, Ronco P, Boffa JJ. Renal arterial resistive index is associated with severe histological changes and poor renal outcome during chronic kidney disease. *BMC Nephrol* 2012; 13:139.
91. Ángeles García-Criado, Rosa Gilabert, Annalisa Berzigotti, Concepción Brú. Doppler Ultrasound Findings in the Hepatic Artery Shortly After Liver Transplantation. *AJR* 2009; 193: 128-135.

92. Monteiro LM, Bollen CW, Van Huffelen AC, Ackerstaff RGA, Jansen NJG, Van Vught AJ. Transcranial Doppler ultrasonography to confirm brain death: a meta-analysis. *Intensive Care Medicine* 2006; 32(12): 1937–1944.
93. Sloan MA, Alexandrov AV, Tegeler CH, et al. Assessment: transcranial Doppler ultrasonography. Report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2004; 62(9): 1468-1481.
94. R. Kemal Koç, Ahmet Selçuklu, Mehmet Meral, Ahmet Menkü, Fettah Tümtürk. The Role of Transcranial Doppler in the confirmation of Brain Death. *Turkish Neurosurgery* 1997; 7(1-2): 9-12.
95. Mohr JP, Caplan LR. Vertebrobasilar disease. In: Mohr JP, Choi DW, Grotta JC, Weir B, Wolf PA (eds). *Stroke: Pathophysiology, Diagnosis, and Management*. 4th ed. Philadelphia, PA: Churchill Livingstone, 2004, 207–274.
96. Bartels E. *Color-Coded Duplex Ultrasound of the Cerebral Vessels: Atlas and Manual*. Stuttgart, Germany, Schattauer, 1999.
97. Bartels E, Fuchs HH, Flügel KA. Duplex ultrasonography of vertebral arteries: examination, technique, normal values, and clinical applications. *Angiology* 1992; 43:169–180.
98. Kazui S, Kuriyama Y, Naritomi H, et al. Estimation of vertebral arterial asymmetry by computed tomography. *Neuroradiology* 1989; 31:237–239.
99. Yuan RY, Yip PK, Liu HM, Hwang BS, Chen RC. The value of duplex and continuous wave Doppler sonography for evaluation of the extracranial vertebral arteries: a prospective comparison with angiography. *Chin Med J (Taipei)* 1994; 53: 42–48.
100. Schöning M, Walter J, Scheel P. Estimation of cerebral blood flow through color duplex sonography of the carotid and vertebral arteries in healthy adults. *Stroke* 1994; 25:17–22.
101. Jeng JS, Yip PK. Evaluation of vertebral artery hypoplasia and asymmetry by color-coded duplex ultrasonography. *Ultrasound Med Biol* 2004; 30: 605–609.

- 102.** Fisher CM, Gore I, Okabe N, White PD. Atherosclerosis of the carotid and vertebral arteries: extracranial and intracranial. *J Neuropathol Exp Neurol* 1965; 24: 455–476.
- 103.** Delcke A, Diener HC. Die verschiedenen Ultraschallmethoden zur Untersuchung der Arteria vertebralis: eine vergleichende Wertung. *Ultraschall Med* 1992; 13:213–220.
- 104.** Touboul PJ, Bousser MG, LaPlane D, Castaigne P. Duplex scanning of normal vertebral arteries. *Stroke* 1986; 17: 921–923.
- 105.** Nicolau C, Gilabert R, Chamorro A, Vazquez F, Bargallo N, Bru C. Doppler sonography of the intertransverse segment of the vertebral artery. *J Ultrasound Med* 2000; 19: 47–53.
- 106.** Saito K, Kimura K, Nagatsuka K, et al. Vertebral artery occlusion in duplex color-coded ultrasonography. *Stroke* 2004; 35:1068–1072.
- 107.** Kimura K, Yasaka M, Moriyasu H, Tsuchiya T, Yamaguchi T. Ultrasonographic evaluation of vertebral artery to detect vertebrobasilar axis occlusion. *Stroke* 1994; 25:1006–1009.
- 108.** Szárazová AS, Bartels E, Turcáni P. Vertebral artery hypoplasia and the posterior circulation stroke. *Perspectives in Medicine* 2012; 1: 198-202.
- 109.** Kim ESH, Thompson M, Nacion KM, Celestin C, Perez A, Gornik HL. Radiologic Importance of a High- Resistive Vertebral Artery Doppler Waveform on Carotid Duplex Ultrasonography. *J Ultrasound Med* 2010; 29: 1161–1165.