



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

ENDOVASKÜLER TEDAVİ YAPILMIŞ İNTRAKRANİYAL ANEVİZMALARIN
FARKLI MANYETİK REZONANS ANJİOGRAFİ TEKNİKLERİYLE
RETROSPEKTİF OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

Dr. Emre MİRÇİK

UZMANLIK TEZİ

Bursa – 2019



**T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**ENDOVASKÜLER TEDAVİ YAPILMIŞ İNTRAKRANİAL ANEVİZMALARIN
FARKLI MANYETİK REZONANS ANJİOGRAFİ TEKNİKLERİYLE
RETROSPEKTİF OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI**

Dr. Emre MIRÇIK

UZMANLIK TEZİ

Danışman: Prof. Dr. Bahattin HAKYEMEZ

Bursa- 2019

İÇİNDEKİLER

Özet	iii
İngilizce Özet	iv
Giriş ve Amaç	1
Genel Bilgiler.....	4
1) Anatomi.....	4
2) İntrakraniyal Anevrizmalar.....	11
a. İnsidans ve Epidemiyoloji.....	11
b. Histoloji ve Patogenez.....	11
c. Anevrizmaların Sınıflandırılması.....	13
3) İntrakraniyal Anevrizmalarda Klinik.....	17
a. Subaraknoid Kanama.....	17
b. Nörolojik Bulgular ve Klasifikasyon.....	18
SAK Komplikasyonları.....	19
Akut Komplikasyonlar.....	19
Subakut Komplikasyonlar.....	21
Kronik Komplikasyonlar.....	22
c. SAK'da Tanı.....	22
BT.....	22
Lumbal Ponksiyon.....	23
BT Anjografi.....	24
MR Anjiografi.....	27
İA-DSA.....	31
THRIVE.....	32
4) İntrakraniyal Anevrizmalarda Tedavi.....	33
a. Cerrahi Tedavi.....	33
b. Endovasküler Tedavi.....	34
Akım Çevirici Yöntem.....	34

İntrasakküler Akım Bozucu Cihaz.....	38
Nörovasküler Kateter Erişim Sistemi.....	39
Koil.....	40
Gereç ve Yöntem.....	42
Bulgular.....	47
Olgu Örnekleri.....	58
Tartışma ve Sonuç.....	63
Kaynaklar.....	71
Ekler.....	76
Teşekkür.....	78
Özgeçmiş.....	79

ÖZET

İntrakraniyal anevrizmalar travmatik olmayan subaraknoid kanamanın en sık nedenidir. İntrakraniyal anevrizmaların tedavisinde cerrahi ya da endovasküler tedaviden biri tercih edilmektedir. Endovasküler tedavide koil ya da stent uygulaması temel iki tedavi yöntemidir. Tedavisi yapılan anevrizmaların olası nüks-rezidüleri takip edebilmek amacıyla çoğunlukla DSA ya da MRA inceleme yapılmaktadır. DSA altın standart yöntem iken daha az invaziv olan MRA da sıklıkla tercih edilmektedir. Çalışmamızda endovasküler olarak tedavisi yapılan 90 hastadaki 113 anevrizma değerlendirildi. 3 Tesla (T) MR'de 66 ve 1,5 T MR'de 47 olgu incelendi. 3 T ve 1,5 T MR'de Raymond sınıflamasına göre anevrizma oklüzyon oranları birbiri ile karşılaştırıldı. 3 T MR'de THRIVE (T1 weighted high resolution isotropic volume examination) TOF-MRA (Time of flight manyetik rezonans anjiyografi), K-MRA (Kontrastlı manyetik rezonans anjiyografi) inceleme yapıldı. 1,5 T MR'de TOF-MRA ve K-MRA inceleme yapıldı. THRIVE ve K-MRA arasında kappa analizine göre toplam 61 olguda uyum izlenmektedir ve %92,42 uyum saptanmış olup kappa değerlerine göre (0,800) mükemmel uyum gözlemlendi ($p<0,001$). 3 T MR'de K-MRA'da 48 tam oklüzyon (sınıf 1), 18 rezidü akım (sınıf 2,3), TOF-MRA'da 57 tam oklüzyon, 9 rezidü akım olarak değerlendirildi. 3 T MR'da TOF ve K-MRA arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmış olup ($p<0,05$) K-MRA'nın rezidü akımı gösterme durumu TOF-MRA sekansına göre daha fazladır. 1,5 T MR'de K-MRA'da 36 olgu tam oklüzyon, 11 olgu rezidü akım olarak değerlendirildi. TOF-MRA'da 40 olgu tam oklüzyon, 7 olgu rezidü akım olarak değerlendirilmiş olup sekanslar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p=0,125$).

Anahtar Kelimeler: İntrakraniyal anevrizma, MR anjiyografi, endovasküler tedavi, THRIVE, TOF.

SUMMARY

RETROSPECTIVE COMPARISON OF DIFFERENT INTRACRANIAL ANEURYSMS WITH DIFFERENT MAGNETIC RESONANCE ANGIOGRAPHY TECHNIQUES WITH ENDOVASCULAR TREATMENT

Intracranial aneurysms are the most common cause of non-traumatic subarachnoid hemorrhage. Surgical or endovascular treatment is one of the preferred methods for the treatment of intracranial aneurysms. Coil or stent treatment is the main treatment modality for endovascular treatment. In order to follow the possible recurrence-residues of treated aneurysms, DSA or MRA examination is usually performed. While DSA is the gold standard method, MRA, which is less invasive, is frequently preferred. In our study, 113 aneurysms were evaluated in 90 patients treated endovascularly. 66 cases is assessed with 3 T MR and 47 cases is assessed with 1,5 T MR. According to Raymond classification in 3 T and 1,5 T MR, the occlusion rates are compared with each other. THRIVE, TOF-MRA, CE-MRA were performed on 3 T MR. 1,5 T MR was performed with TOF-MRA and K-MRA. According to kappa analysis between THRIVE and CE-MRA, compliance was observed in a total of 61 cases and 92,42% was found to be compatible and a perfect fit was observed according to the kappa values (0,800) ($p < 0,001$). In 3 T MR, 48 complete occlusion (class 1), 18 residual flow (class 2,3) in K-MRA, 57 complete occlusion 9 in TOF-MRA were evaluated as residual flow. 3 T MR showed a statistically significant difference between TOF and CE-MRA ($p < 0,05$). In 1,5 T MRI, 36 cases were evaluated as complete occlusion and 11 as residual flow in K-MRA. In TOF-MRA, 40 cases were evaluated as complete occlusion and 7 cases as residual flow and no statistically significant difference was found between the sequences ($p = 0,125$).

Keywords: Intracranial aneurysm, MR angiography, endovascular treatment, THRIVE, TOF.



GİRİŞ VE AMAÇ

Travma olmayan olgularda subaraknoid kanamanın (SAK) en sık nedeni (%80-90) intrakraniyal anevrizmalardır (1). İntrakraniyal anevrizma (İA) rüptürüne bağlı gelişen subaraknoid kanamanın (SAK) morbidite ve mortalitesi oldukça yüksektir. Mortalitesinin %30-50 arasında olduğu ve sağ kalanların da %30'unda orta-ağır derecede nörolojik sekel kaldığı bildirilmiştir (2-4).

Intrakraniyal anevrizmalarda eskiden cerrahi yolla kliplleme altın standart tedavi yöntemi iken 1990 yılında Guglielmi kontrollü-ayrılabilen koil sisteminin geliştirilmesi (GDC; Boston Scientific Target Therapeutics, Fremont, CA, USA) (5) ve 1995 yılında bu sistemin FDA (Food and Drug Administration) onayı almasıyla birlikte endovasküler tedavi cerrahi tedaviye alternatif hale gelmiştir. 1997 yılında başlatılan, rüptüre İA'larda cerrahi kliplleme ile endovasküler koillemenin karşılaştırıldığı, prospektif, çok merkezli, randomize yürütülen bir tıbbi çalışma olan ISAT (International Subarachnoid Aneurysm Trial) (6) sonuçlarının endovasküler tedavi lehine sonuçlanmasıyla birlikte endovasküler tedavi çoğu merkezde tercih edilen tedavi yöntemi haline gelmiştir.

Endovasküler yol ile tedavi edilen anevrizmalarda, total oklüzyon sağlanmasına rağmen koillerin mekanik başarısızlığı veya rezidü boynun tekrar büyümesi ile rekürrens gelişebilir (7,8). Endovasküler koil tedavisi sonrası anjiyografik anevrizma rekürrensi %17-33 arasında bildirilmektedir (9,10). Bu hastalarda uzun dönem izlemin amacı oluşabilecek rekürrensi tanımak ve gereğinde yeniden tedavi açısından değerlendirmektir.

Tanı ve tedavi sonrası takipte digital subtraksiyon angiografi (DSA) diğer tüm görüntüleme teknikleri ile karşılaştırıldığında daha hassas ve yüksek doğruluk oranlarına ulaşan bir yöntem olup altın standart olarak kabul edilmektedir (7,8). Ancak kateter anjiografinin tromboemboli, kontrast madde reaksiyonları, nefrotoksisite ve giriş yeri komplikasyonları gibi riskler taşıması ve invaziv bir tanı yöntemi olması nedeniyle alternatif tanı yöntemleri ile ilgili çalışmalar yoğunlaşmıştır. Özellikle son 10 yıl içerisindeki gelişmeler manyetik rezonans anjiyografinin (MRA) serebral anevrizma tanı ve tedavi sonrası takipte duyarlılığını olumlu yönde etkilemiştir ve DSA'ya alternatif bir tanı yöntemi olmuştur (11,12). Teknik olarak başlıca faz kontrast MR anjiyografi (FK-MRA), TOF-MRA, ve K-MRA kullanılır (13).

FK-MRA yönteminde imajlar hareketi önceden tanımlanmış bir yönde algılar, böylece yalnızca arterlerin ve damarların tanımlanmasına izin verir. Kan damarlarının daha iyi tanımlanması için veriler sonradan işlenebilir. FK-MRA uzun bir veri toplama süresi gerektirir ve bu nedenle tarama süresini azaltmak için kısa TR kullanılmalıdır (13).

TOF-MRA sekansları optimal vasküler kontrast sağlar. 2D ve 3D olarak görüntüleme yapılabilir. 2D TOF tekniğinde, kan damarlarının akış yönüne dik aksinel düzlemde görüntüler elde edilir. Bu teknik yavaş akıma karşı oldukça iyi bir duyarlılığa sahiptir. 3D TOF tekniğinde görüntüler akış yönüne dik yönlendirilmiş 3D hacime sahip slab uygulanarak yalnızca seçilen kesit içerisinde damardaki hareketli spinlerden alınan kısım görüntülenir. Bu durum optimal TR ve uygun flip açısı ile sağlanır. Manyetizasyon transvers pulsları ile birlikte kombine edilen yağ baskılama ile elde olunmuş 3D TOF-MRA görüntüleri intrakraniyal damarların optimal görüntülenmesini sağlar (13).

K-MRA yöntemi FK-MRA ve TOF-MRA yöntemine göre yorumlanması daha kolaydır ve duyarlılık artefaktları daha az görülmektedir. K-MRA 0,1-0,2 mmol/kg gadolinyum bazlı intravenöz (IV) kontrastın bolus verilmesini takiben T1 ağırlıklı görüntüler üzerinden elde edilir (maximum doz:0,3 mmol/kg). Rutin bir protokolda görüntüler genellikle fast spoiled gradient recalled tabanlı sekanslar

kullanılarak elde edilir. En önemli parametre uygun zamanlamadır. Çünkü zamanlama doğru seçilmezse venöz ve arteryel yapılar birbirine karışabilir (13).

THRIVE sekansı SENSE (sensitivity encoding), geniş hacimli ve homojen yağ baskılamayı birleştiren optimize edilmiş, hızlı, T1 ağırlıklı bir 3D görüntüleme tekniğidir. 3D T1 ağırlıklı görüntüleme özellikle karaciğer, batin içi organların, ince barsak, meme, prostat ve pankreasın kontrastlı görüntülemesini sağlayan hızlı yüksek çözünürlüklü taramalar sağlayan paralel sinyal toplama tekniklerinin kullanıldığı bir yöntemdir. Kontrast uygulaması sonrası THRIVE sekansı memede dinamik incelemede ya da kontrastsız olarak nöroanatomik yapıların detaylı görüntülenmesini sağlayan önemli bir tekniktir. Tartari ve arkadaşları karotis arter ekstrakraniyal segmentindeki plakları görüntülemeye THRIVE sekansını kontrastsız ve kontrastlı olarak K-MRA şeklinde görüntülemiştir (14). Literatürde THRIVE sekansı ile ilgili intrakraniyal anevrizmalarda kullanıldığına dair bir yayına rastlamadık. Çalışmamızda literatürden farklı olarak THRIVE sekansını da anevrizma oklüzyon derecelendirmesinde kullandık.

Bu çalışmanın amacı endovasküler olarak tedavi edilmiş intrakraniyal anevrizmaların farklı manyetik rezonans anjiyografi teknikleriyle karşılaştırılmasıdır.

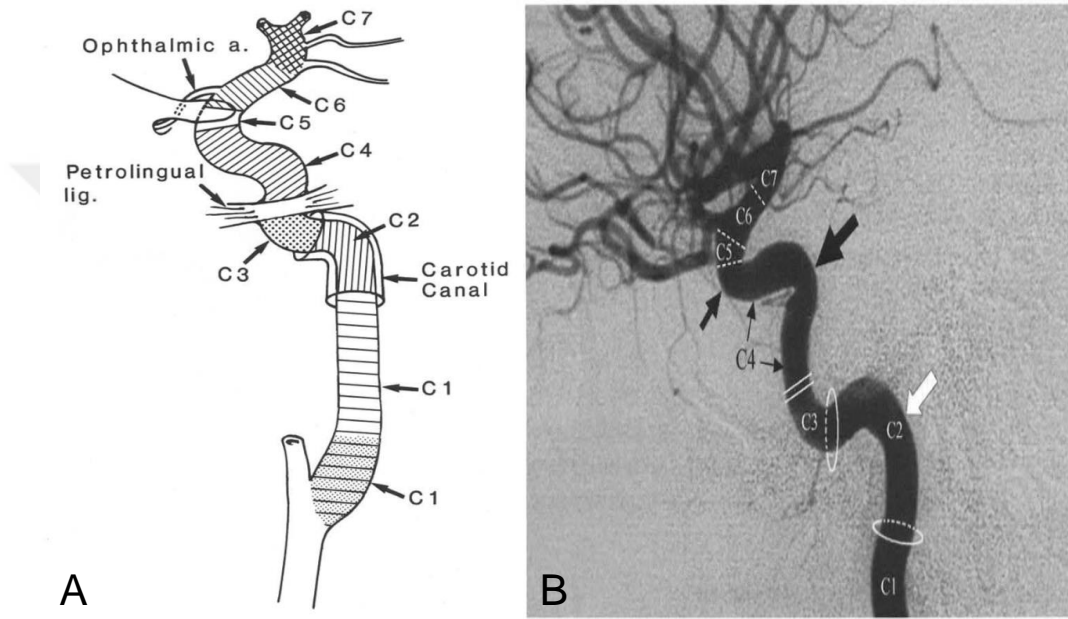
GENEL BİLGİLER

1) Anatomi

Intrakraniyal arteriyel vaskülarizasyon sıklıkla anterior ve posterior dolaşım olmak üzere iki bölüm halinde incelenir. Anterior dolaşım intradural internal karotid arter (İKA) ve dallarının yanı sıra iki terminal dalı olan anterior serebral arter (ASA) ve orta serebral arterden (OSA) oluşur. Anterior komunikan arter (AKoA) ve posterior komunikan arterler (PKoA) de anterior sirkülasyonun bir parçası olarak kabul edilir. Posterior sirkülasyon ise vertebrobaziler trunkus ve dalları ile terminal dalları olan iki adet posterior serebral arterden (PSA) oluşur.

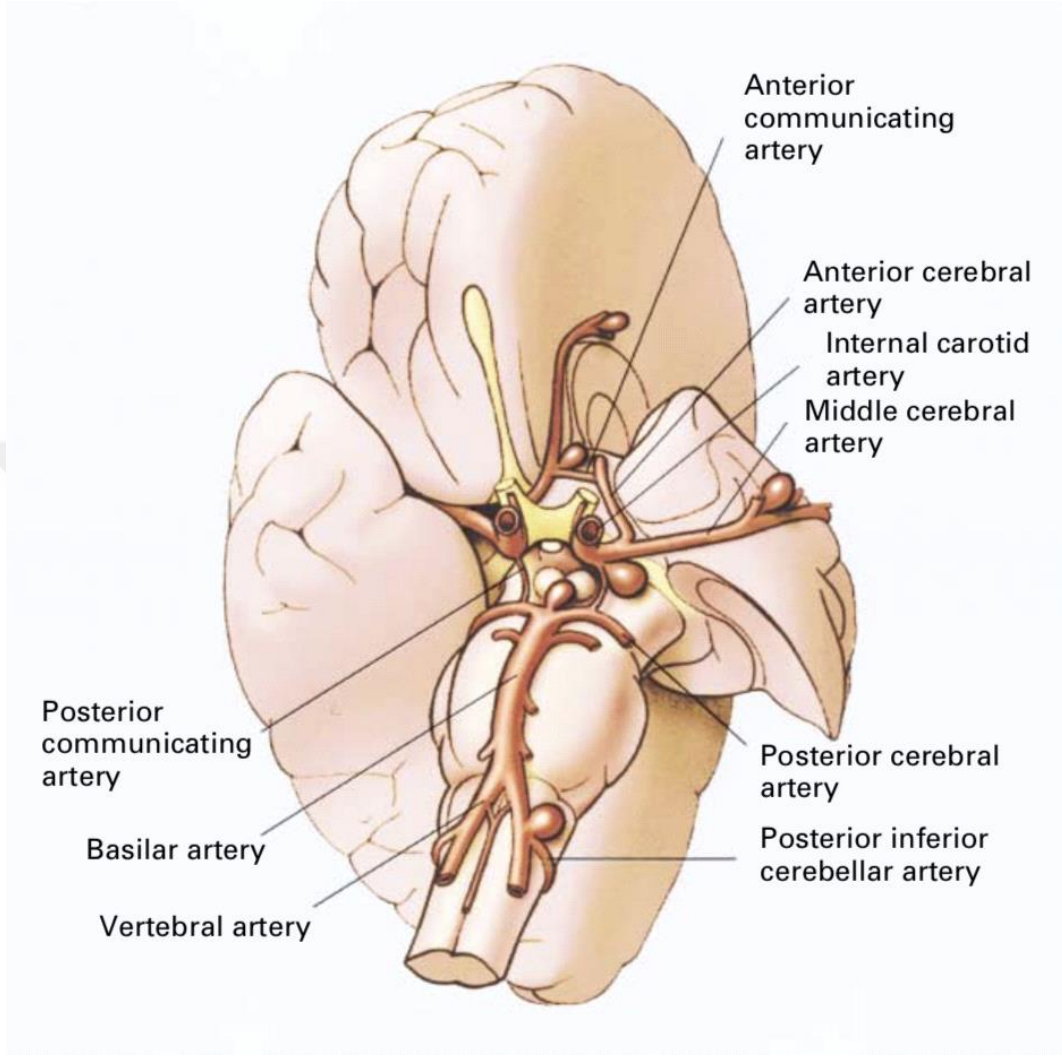
Intrakraniyal İKA vertikal ve horizontal seyir gösteren kompleks bir yapıdır. Ekstrakraniyal İKA boyunda dal vermez ve C1 (servikal) segment olarak isimlendirilir. C2 (petröz) segment temporal kemikteki karotid kanaldaki kısımdır. Ekstrakraniyal İKA'nın intrakraniyal İKA'ya bağlandığı segmenttir. C1-C2 bileşke seviyesi travmaya hassas bir bölgedir. C2 segmentin vidian arter ve karotikotimpanik arter olmak üzere önemli iki dalı vardır. Vidian arter pterygoid kanal arteri olarak bilinir ve eksternal karotis arter (EKA) dalları ile anostomoz yapar. Karotikotimpanik arter orta kulağı besleyen arteriyel yapıdır. C3 (laserum) segmenti kısa bir segmenttir, petröz apeks ile kavernoöz sinüs arasında yer alır. C4 (kavernoz) İKA' nın en önemli ve en kompleks segmentidir. Kısa posterior inen segment, posterior genu, uzun posterior segment, anterior genu ve anterior vertikal inen segmentten oluşur. C4 segmentin pituiter glandı, tentoriumu, klival durayı besleyen meningohipofiziyal trunk ve inferolateral trunk olmak üzere 2 önemli dalı vardır. C5 (klinoid) kısa bir intradural segmenttir, kavernoöz sinüs proksimal ve distali arasında uzanır. C6 (oftalmik) segment subaraknoid alandaki ilk İKA segmentidir. Oftalmik arter ve superior hipofizyal arter olmak üzere iki önemli dalı vardır. Oftalmik arter 2. kraniyal sinir ile birlikte optik

kanaldan geçer. Superior hipofizyal arter adenohipofizi, infundibuler stalk ve optik kiyazmayı besleyen önemli bir arteryel yapıdır. C7 (komunikan) İKA' in son segmentidir, anterior koroidal arter ve PKoA dallarını verir (15).



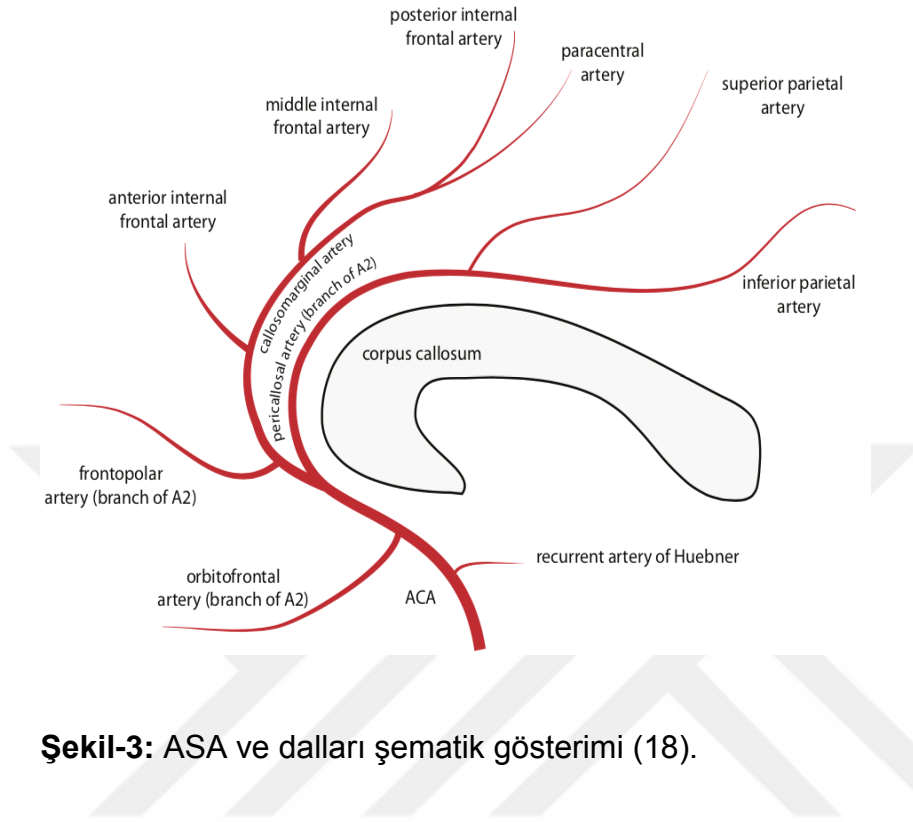
Şekil-1: İKA ve dalları lateral şematik gösterimi (A) ve lateral anjiyografi görüntüsü (B). C1 (servikal), C2 (petröz), C3 (laserum), C4 (kavernöz), C5 (klinoid), C6 (oftalmik), C7 (komunikan) segment (16).

Willis poligonu intrakraniyal ana arteryel yapıları birbirine bağlayan önemli bir yapıdır. İntrakraniyal arteryel yapılarda oklüzyon durumlarında potansiyel kollateral akım sağlar. İKA, ASA A1 segmentleri, PKoA, baziler arter, PSA P1 segmentleri oluşturur. En sık görülen willis poligonu anomalisi kendisini oluşturan vasküler yapılardan birinin olmaması ya da hipoplazik olmasıdır. En sık görülen ise PKoA hipoplazisi ya da yokluğudur. Willis poligonu anomalileri görüldüğünde vasküler akım farklılıkları görüleceği için anevrizma sıklığı artmaktadır (15).



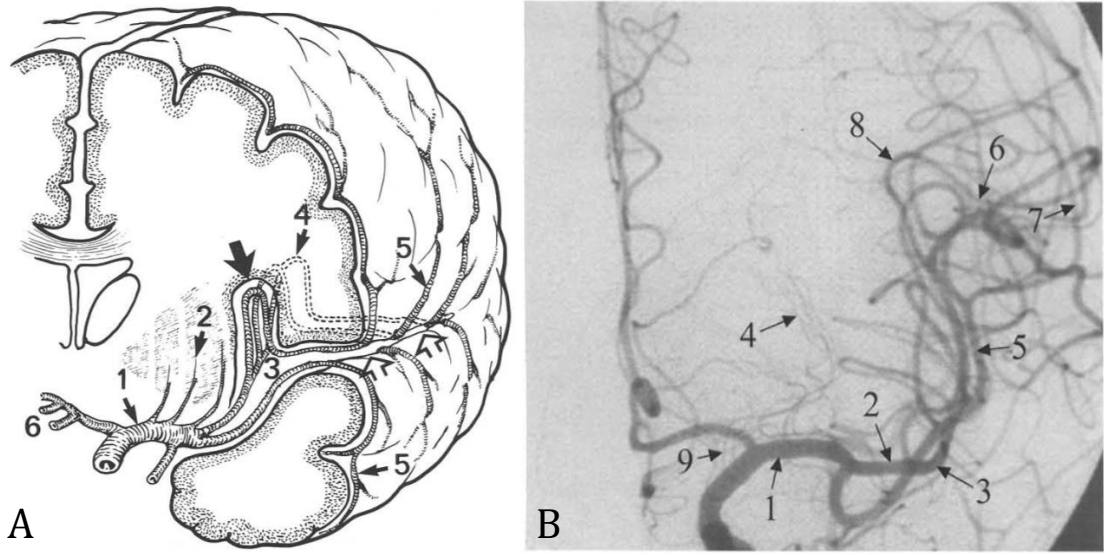
Şekil-2: Willis poligonu arterleri ve sık görülen anevrizma lokalizasyonları (17).

ASA'nın başlıca 3 segmenti vardır. A1 (horizontal) segmenti medial lentikülostriat arter gibi bazal gangliyonları besleyen önemli bir dal verir. Heubner'in rekürren arteri de internal kapsülün anteriorunu besleyen ve distal A1'den ayrılan önemli bir vasküler yapıdır. A2 (vertikal) segment A1-AKoA bileşkesi distalindeki ASA segmentidir. A3 (kallosal) segment perikallosal ve kallosamarjinal arterleri oluşturan ve korpus kallosumu besleyen kısımdır (15).



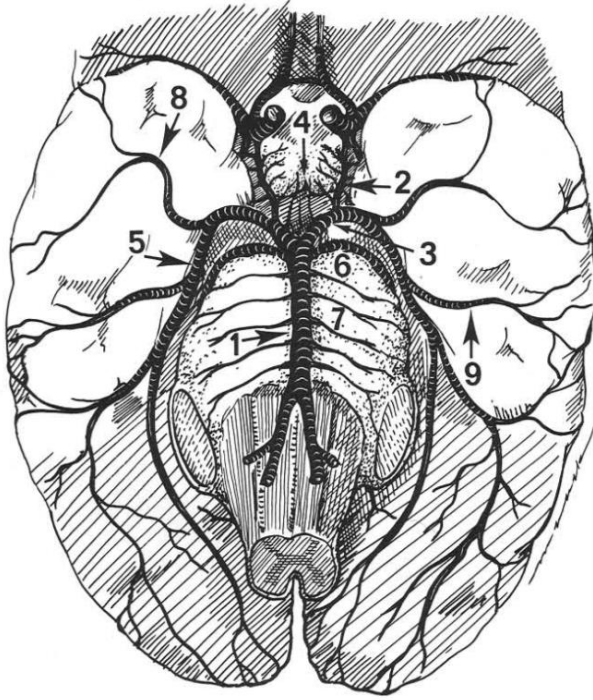
Şekil-3: ASA ve dalları şematik gösterimi (18).

OSA'nın tanımlanmış 4 ana segmenti vardır. M1 (horizontal) segment İKA bifurkasyon seviyesinden slyvian fissüre doğru uzanan kesimdir. M1 segmentin lateral lentikülostriat arter ve anterior temporal arter gibi 2 önemli dalı vardır. M2 (insular) segment OSA trunkusunun slyvian fissürde genu oluşturup insula üzerinde posterosuperiora doğru uzanan segmentidir. M3 (operküler) segment ve M4 (kortikal) segment OSA'nın diğer dallarıdır (15).



Şekil-4: OSA ve dalları koronal şematik gösterim (A). 1 (M1 segment), 2 (lateral lentrükülostriat arterler), 3 (sylvian fissür), 4 (OSA'nın lup yaptığı segment), 5 (M4 segment), 6 (ASA). OSA ve dalları koronal anjiografi görüntüsü (B). 1 (bifurkasyon öncesi M1 segment), 2 (bifurkasyon sonrası M1 segment), 3 (OSA genu), 4 (lateral lentikülostriat arterler), 5 (M2 segment), 6 (M3 segment), 7 (M4 segment), 8 (sylvian fissür apeks), 9 (anterior koroidal arter) (16).

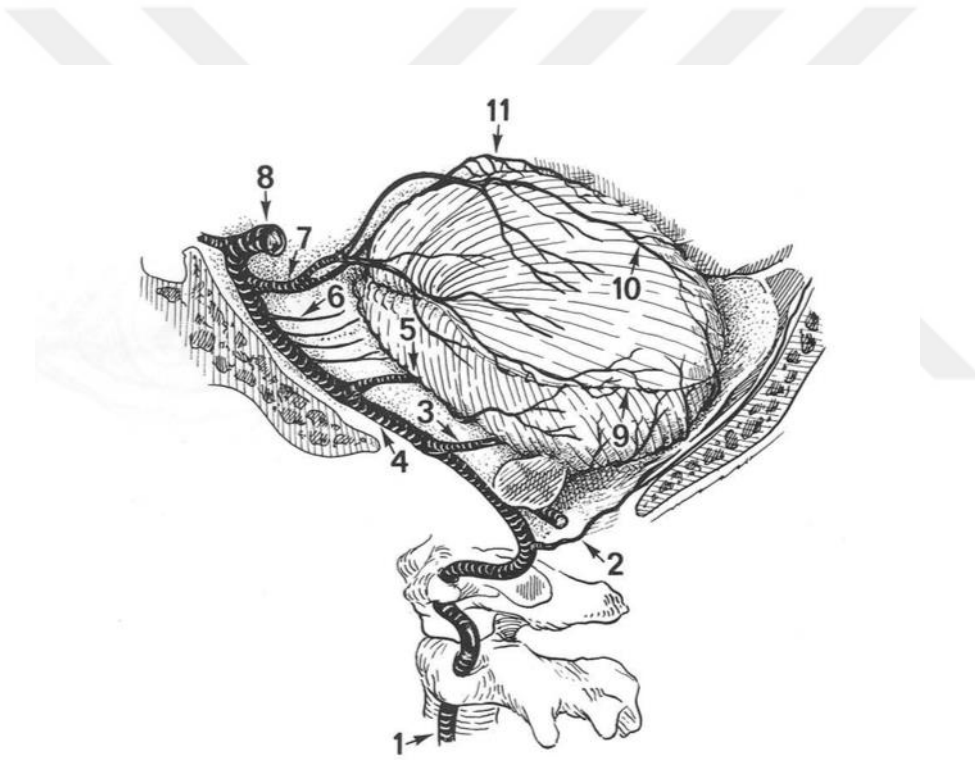
PSA baziler arterin terminal dalıdır. P1 (prekomunikan) segment baziler arter bifurkasyonu ile PKoA arasındadır. Posterior talamoperforatuar arterler P1 segmentten ayrılır. P2 (ambient) segment perimezensefalik sisterna içerisinde ilerler. Anterior ve posterior temporal arterler ile talamogenikulat arterler ve pedinküler perforatuar arterleri oluşturur. P3 (quadrigeminal) segment quadrigeminal sisterna içerisinde seyreden kısa bir segmenttir. P4 (kalkarin) segment paryetooksipital arter, kalkarin arter, posterior splenial arter ve lateral oksipital arteri oluşturan önemli bir segmenttir (15).



Şekil-5: PSA ve baziler sistem şematik gösterimi. 1 (baziler arter), 2 (PKoA), 3 (P1 segment), 4 (perforatuar dallar), 5 (P2 segment), 6 (superior serebellar arter), 7 (baziler arter pontin dalları), 8 (anterior temporal arter), 9 (posterior temporal arter) (16).

Vertebrobaziler sistem iki vertebral arter, baziler arter ve dallarından meydana gelir. Vertebral arterin tanımlanmış dört segmenti vardır. Bu segmentlerden sadece V4 intrakraniyal olarak izlenir. V1 (ekstraosseöz) segment bilateral olarak C6 transvers foramenine girmek üzere posterosuperiora doğru uzanım gösteren segmenti ifade eder. V2 (foraminal) segment C6-C2 transvers foramenlerinden C2'ye ulaşana dek yukarı çıkar, sonra transvers foramenden superolaterale döner, C1 transvers proçesinden geçerek yukarıya yönelir. V2'den anterior meningeal arter ayrılır. V3 (ekstraspinal) segment vertebral arterin C1 transvers proçesten çıktıktan sonraki adıdır. C1 halkasının üstünde uzanır ve atlantookspital eklem etrafında foramen magnuma girer. Tek ana dalı posterior meningeal arterdir. V4 (intradural)

segment klivus posterioru ve medulla anteriorundan superomediale ilerler. Anterior ve posterior spinal arterler, medüller perforan arterler ve posterior inferior serebellar arteri (PİSA) verir. İki vertebral arter pontomedüller bileşkede bir araya gelerek baziler arteri (BA) oluşturur. BA, prepontin sisternada superiora ilerler. İnterpedinküler sisternada iki posterior serebral artere ayrılarak sonlanır. İki ana BA dalı anterior inferior serebellar arter (AİSA) ve superior serebellar arterdir (SSA) (15).



Şekil-6: Vertebrobaziler sistem lateral şematik gösterimi. 1 (sol vertebral arter), 2 (posterior meningeal arter), 3 (posterior inferior serebellar arter), 4 (baziler arter), 5 (anterior inferior serebellar arter), 6 (lateral pontin dallar), 7 (superior serebellar arter), 8 (posterior serebral arter), 9 (serebellar hemisferik dallar), 10 (superior hemisferik dallar), 11 (superior vermian arter) (16).

2) İntrakranial Anevrizmalar

İnsidans ve Epidemiyoloji

“Anevrizma” (aneurysm) kelimesi “boydan boya” ve “geniş” anlamlarına gelen iki Yunanca kelimenin birleşimi ile oluşmuştur. Beyin anevrizmaları da kelimenin tam anlamıyla intrakraniyal arterlerin genişlemeleridir (15).

İntrakraniyal anevrizmalar, beyin tabanında subaraknoid boşluktan geçen ana arterlerin en sık dallanma noktalarında yer alan gelişimsel lezyonlardır (15).

İntrakraniyal anevrizmalar postmortem çalışmalarda oldukça sık rastlanan bir bulgudur ve büyük otopsi serilerinde yetişkinler arasında %1-6 gibi bir oranda görülmüştür. Bu anevrizmaların birçoğu küçüktür (17).

Serebral anjiyografi yapılan erişkinlerde insidental intrakraniyal anevrizmaların oranı da yüzde 0,5 ile 1 arasında tespit edilmiştir (17).

Bir başka çalışmada otopsi ve anijografik incelemelerde intrakraniyal anevrizma prevalansı yüzde 0,2 ile 9 arasında değişmektedir. Bu geniş aralık, muhtemelen, prospektif veya retrospektif farklılıklar, tanı araçları (anjiyografi veya otopsi) ve çalışma popülasyonları gibi çalışmalar arasındaki metodolojik farklılıkları yansıtmaktadır. Birçok çalışma rüptüre anevrizma olan hastaları kapsamakta ve bu da prevalansın çok yüksek olmasına neden olmaktadır (17).

İntrakraniyal anevrizmalarda kadın/erkek oranı 1,4/1 olarak bulunmuştur. Kadınlarda internal karotis arter (İKA) anevrizmaları 2 kat, orta serebral arter (OSA) anevrizmaları 1,5 kat daha sıkken, anterior komünikan arter (AKoA) anevrizmaları erkeklerde 1,5 kat daha sık görülmektedir (20). Genel olarak anevrizmalar 50-60'lı yaşlarda daha sık görülmektedir ve yaşın ilerlemesi ile sıklığı artmaktadır (21).

Histoloji ve Patogenez

İntrakraniyal arterlerden kaynaklanan anevrizmalar, benzer büyüklükteki ekstrakraniyal arterlerden kaynaklanana göre daha yaygındır. Bu farklılığın olası bir sebebi, benzer boyutta ekstrakraniyal arterlerle karşılaştırıldığında,

intrakraniyal arterlerin ince bir tunika medya tabakasına sahip olmaları ve dış elastik laminanın bulunmamasıdır. Mikroskopik incelemede, tipik sakküler anevrizma çok ince tunika medyaya sahiptir veya tunika medya yoktur genellikle de iç elastik lamina yok veya ciddi şekilde parçalanmıştır. Böylece anevrizmanın duvarı genellikle, bu iki tabaka arasında değişken miktarlarda fibrohiyalin dokusu ile intima ve adventisyadan oluşur (21,23). Anevrizması olan hastalarda düşük kollajen ve yüksek plazma elastaz düzeyi gözlenmiştir, bu da kollajen ve elastin içeren vasküler yeniden modellemenin önemli bir rol oynadığını göstermektedir (24).

Akla en yakın teorilerden biri de serebral arterlerin nispeten zayıf olan bifurkasyonlarında hemodinamik stres nedeniyle gelişmiş olmalarıdır. Bu durumu destekleyen ise, AKoA anevrizması olan birçok hastanın hipoplastik ASA veya ASA A1 segmentinin yokluğu ve böylece AKoA üzerinde hemodinamik stresin arttığı klinik gözlemdir. İntrakraniyal anevrizmaların gelişimine katkıda bulunan diğer faktörler damar duvarının hemodinamikleri ve yapısal değişiklikleri dışında genetik, enfeksiyon, travma, neoplazmlar, radyasyon veya idiyopatik olarak sıralanabilir (25).

Makroskobik olarak özellikle de rüptür olan birçok intrakraniyal anevrizma, bir veya daha fazla kese ve değişken duvar kalınlığı içerdiğinden düzensiz bir görünüme sahiptir. Rüptür noktası genellikle anevrizmanın kubbesindedir(16).

İntrakraniyal anevrizmaların patogeneğinde genetik faktörler önemlidir. Bu duruma iki önemli kanıt intrakraniyal anevrizmaların kalıtsal bağ doku hastalıklarında ve ailesel görülme insidansının artmış olmasıdır. İntrakraniyal anevrizmalarla ilişkili kalıtsal bağ dokusu hastalıklarından başlıcaları otozomal dominant polikistik böbrek hastalığı, Ehler-Danlos sendromu tip IV, Nörofibromatozis tip 1 ve Marfan sendromudur (26,27). Bunun dışında alkaptonüri, Anderson hastalığı, Fabry hastalığı, Behçet hastalığı, aort koarktasyonu olmak üzere sıralanabilir (17).

Anevrizmaların Sınıflandırılması

a) Boyutlarına göre

1. Küçük anevrizmalar (çap <10 mm)
2. Büyük anevrizmalar (çap 10-25 mm)
3. Dev anevrizmalar (çap >25 mm)

b) Morfolojilerine göre

1. Sakküler anevrizmalar
 - a) Dar boyunlu anevrizmalar
 - b) Geniş boyunlu anevrizmalar
2. Sakküler olmayan anevrizmalar
 - a) Fuziform anevrizmalar
 - b) Dissekan anevrizmalar
 - c) Mikotik anevrizmalar
 - d) Neoplastik anevrizmalar
 - e) İnflamatuvar anevrizmalar
 - f) Travmatik anevrizmalar

Intrakraniyal anevrizmaların %90'ı, sakküler şekilde olup, Willis poligonu arterleri veya ana dallarından çıkan ince duvarlı bir kese olarak gelişir. Sakküler anevrizmaların %85'i willis poligonunda yer alır.

AKoA anevrizmaların en sık görülen lokalizasyonudur. Bunu takiben PKoA, karotis bifurkasyon, oftalmik arter, OSA anevrizmaları izler. Posterior sistem anevrizmaları anevrizmaların %8-10'unu oluşturur ve baziler tepe en sık rastlanan yerleşim yeridir. Pediatrik yaşlarda intrakraniyal anevrizma sıklığı belirgin olarak azdır (28).

Boyutlarına göre, sakküler anevrizmalar küçük (< 10 mm), büyük (10–25 mm), dev (> 25 mm) olmak üzere 3 gruba ayrılabilir. Boyun genişliğine göre de küçük boyunlu (< 4 mm) ve geniş boyunlu (> 4 mm) olarak sınıflandırılabilir. Bu anatomik özellikler terapötik yaklaşımı ve intraoperatif riskleri belirleme açısından önemlidir (29).

Fuziform anevrizmalar dilate, tortüöz, elonge arteryel segmentlerdir. Dolikoektazi terimi bu tip anevrizmaların dev bir ektazik damar kesimini tanımlar. Fuziform anevrimaların tanımlanabilen boynu yoktur ve parsiyel tromboze olabilir. Kitle etkisi veya iskemiye yol açabilir, rüptür nadirdir. Konjenital, akkiz, iyatrojenik, hipertansiyon, intimal yırtık gibi nedenler gelişimde rol oynayabilir. En sık distal vertebral arterlerde ya da baziler arterde görülür. PSA, İKA supraklinoid segmentinde de görülebilir (25).

Mikotik anevrizmalar ilk defa 1869 yılında intrakraniyal anevrizma ve infeksiyöz endokardit birlikteliği ile tanımlanmıştır. Septik emboli sonrasında polimorfonükleer lökositlerin internal elastik membranı yıkıma uğratması sonucunda oluşur. Septik emboli ve sonrasında anevrizma gelişimi ortalama 24 saat gibi kısa sürede olmaktadır. İntrakraniyal anevrizmaların %2-3'ünü oluşturur. Çoğunlukla infeksiyöz endokardit nedeniyle kardiyak vejetasyonların septik embolisi ile oluşur. Anevrizma düzensiz şekilli, multipl, çoğunlukla OSA'nın distal dallarında oluşur (25).

Dissekan anevrizmalar, intima ve internal elastik laminadaki bir yırtık sonucu damar duvarı içinde kan birikmesi sonucu oluşur. Ancak bu yırtık adventisya tabakasına ulaşırsa SAK'a sebep olabilir. Genç erkek hastalarda ve vertebrobaziler sistemde daha sık görülme eğilimindedir. Hastaların %34'ünde minör travma öyküsü vardır (30). Diğer olası nedenler fibromusküler displazi, ateroskleroz, enfeksiyon, kalıtsal kollajen doku hastalıklarıdır. İntramural hematoma stenoz ya da oklüzyon oluşturarak iskemik enfarktlara neden olabilir (25).

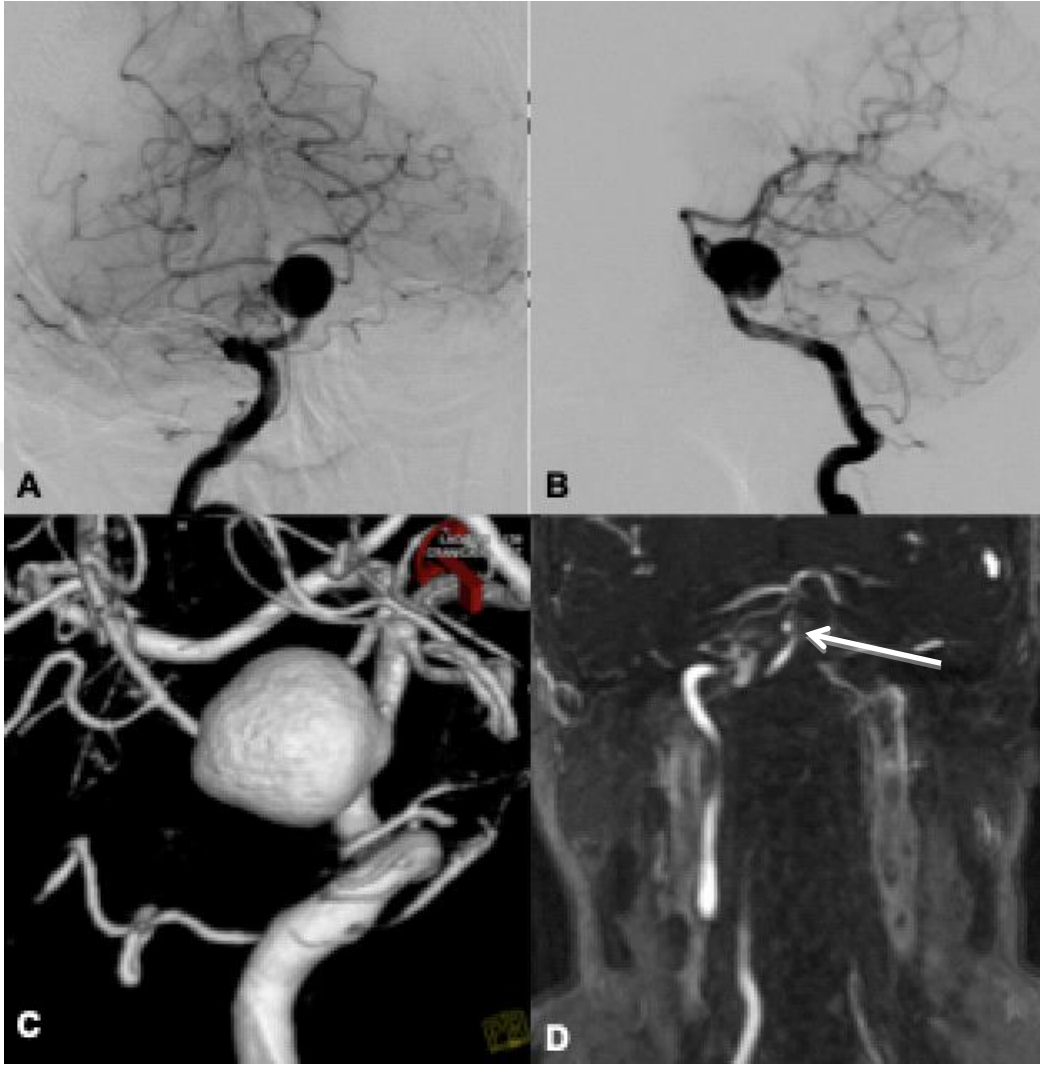
Neoplastik anevrizmalar, neoplastik hücrelerin embolisi sonucunda damar duvarını infiltre etmesi ile oluşur. Oluşum mekanizması mikotik anevrizmalar ile benzerdir, SAK nedeni olabilir. Çoğunlukla kardiyak miksoma, koryokarsinom, bronkojenik karsinomlarla görülebilir. Tedavide ilgili arteryel segmente rezeksiyon yapılır (25).

Travmatik anevrizmalar akselerasyon sonrasında direk olarak arter duvarında hasarlanma ile oluşur. Düzensiz görünümündedir, gerçek boynu yoktur,

periferik lokalizasyonludur. Servikal, serebral, meningeal arterler etkilenebilir. Vakaların %50'si kranium kırığı ile ilişkilidir.

Sakküler anevrizmalar, çoğunlukla arteriyel bifurkasyonlardan kaynaklanan ve intrakraniyal anevrizmaların %66-98'ini oluşturan kese benzeri damar genişlemeleridir. Anevrizmaların büyük bir kısmı (%85) anteriorda yer almakta ve sadece %15'i posterior dolaşımında yer almaktadır (25).





Şekil-7: 46 yaşında kadın hastanın AP (A), lateral (B) projeksiyonda DSA görüntülerde ve 3D RA'da (C) baziler trunkus lokalizasyonunda 25 mm boyutta geniş boyunlu fusiform-kompleks yapıda anevrizma izlenmektedir. Endovasküler tedavi sonrası 1. yıl kontrolde K-MRA koronal MIP görüntülerde anevrizmanın belirgin şekilde küçüldüğü izlenmekle beraber küçük bir rezidü dolum (beyaz ok) gösterdiği izlenmektedir (D).

3) İntrakraniyal Anevrizmalarda Klinik

Birçok intrakraniyal anevrizma hiç semptom vermeden ve rüptüre olmadan kalır. Rüptüre olup subaraknoid kanamaya yol açan anevrizmalar da genelde bu zamana kadar asemptomatik olarak kalır (17).

Bazı intrakraniyal anevrizmalar ise bası etkisine bağlı semptom oluşturabilirler. Bu etkiye bağlı en sık rastlanan semptom olarak baş ağrısı görülürken en sık bulgu olarak ise İKA-PKoA orijinindeki veya baziler arter tepesindeki anevrizmanın yol açabileceği 3. kraniyal sinir felci görülebilir. Bası etkisi sonucu oluşabilecek diğer durumlar, beyin sapı disfonksiyonu, görme alanı defektleri, trigeminal nevralji, kavernöz sinüs sendromu, nöbetler ve hipotalamo-hipofizer disfonksiyon olarak sayılabilir (17,31). Bası etkisi yapan anevrizmaların bir yılda %6 gibi yüksek bir oranda kanama riski gösterdikleri bildirilmektedir (32).

Serebral iskemik semptomlar, rüptüre olmamış bir intrakraniyal anevrizmanın nadiren ilk semptomu olabilir. Bu duruma neden olarak intraanevrizmal trombüsün anevrizma distaline embolisinin olduğu düşünülmektedir (31).

Subaraknoid Kanama

SAK semptomları, beyin omurilik sıvısına (BOS) geçen kan, artmış kafa içi basıncı ve kan ürünlerinin parçalanmasından kaynaklanır (34). SAK tüm inme vakalarının %5'ini oluşturmasına rağmen yüksek morbidite ve mortalite oranlarına sahiptir. Avrupa'da ve Çin'de yapılan 11 farklı popülasyonda 30 günlük SAK vakalarında mortalite oranı %42 olarak bulunmuştur. Subaraknoid kanamaların %75-85'ini rüptüre anevrizmalar oluşturur (33).

Anevrizmanın hem yerleşimi hem de tipi rüptür riski açısından önemlidir. Tüm intrakraniyal anevrizmaların %90'ı sakküler tiptedir ve SAK'a en çok neden olan tiptir. Kadın cinsiyet, boyut, yerleşim, hipertansiyon, sigara, ileri yaş, kokain kullanımı anevrizma rüptürü açısından risk faktörleridir (34). ISUIA (İnternational Study of Unruptured Intracranial Aneuyisms) 'nın yaptığı retrospektif çalışmada < 1 cm anevrizmalarda yıllık rüptür olasılığı %0,05 olarak bulunmuştur. Anevrizma

posterior srklasyonda ve > 1 cm ise bu olasılık artmaktadır. ISUIA'nın yaptığı prospektif çalışmada 5 yıllık kümülatif risk < 7mm anterior sirkülasyondaki anevrizmalarda %0,05 aynı boyuttaki posterior sistem anevrizmalarında ise %2,5'tir. Baziler tepe, PSA, PKoA orijin seviyesinde görülen posterior sistem anevrizmalarında rüptür olasılığı daha yüksektir (33). Mocco J. ve arkadaşlarının yaptığı 2017 yılındaki çalışmada rüptüre olmamış anevrizmalarda anevrizmanın dikey yksekliliğinin, maksimum çapın parent artere oranı gibi boyut oranını ifade eden morfolojik özelliklerin anevrizma rüptür olasılığında daha fazla öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca bu çalışmada anevrizmaların kanamaya yol açma ihtimalinin artışından söz etmektedir (35).

Bazal akut SAK'ların en sık nedeni anevrizma rüptürüdür. Buradaki bazal deyimini kanamanın ağırlıklı olarak bazal sistemler seviyesinde görüldüğü anlamına gelmektedir. Kortikal SAK'lar ise daha çok travma ile ilişkilidir (36).

Nörolojik Bulgular ve Klasifikasyon

Akut başlangıçlı şiddetli baş ağrısı SAK için oldukça karakteristiktir. Klinik olarak migren atağından ayırt edebilmek önemlidir. Akut SAK meningeal irritasyon bulguları (meningismus, fotofobi) ile ilişkilidir, intrakraniyal hipertansiyon bulguları (bulantı, kusma, kognitif fonksiyonların kaybı ve koma) görülebilir. Epileptik ataklar, fokal nörolojik defisitler izlenebilir. İntraparankimal kanama ya da fokal iskemiye bağlı kraniyal sinir disfonksiyonları eşlik edebilir (36).

Akut SAK klinik bulgularında Hunt ve Hess klasifikasyonu ile WFNS (World Federation of Neurosurgical Societies) kullanılmaktadır (36). Hunt ve Hess klasifikasyonu prognoz ile oldukça koreledir (36).

Tablo-1: Hunt ve Hess Klasifikasyonu (33).

Evre	Klinik Bulgular
0	Rüptüre olmamış.
1	Hafif derecede başağrısı ve ense sertliği, nörolojik defisit yok.
2	Orta derecede başağrısı ve ense sertliği, nörolojik defisit yok ancak kraniyal sinir felci görülebilir.
3	Uykuya eğilim, hafif derecede fokal nörolojik defisit.
4	Stupor, orta veya ağır hemiparezi, rijidite, vejetatif bozukluk var.
5	Derin koma ve deserebrasyon rijiditesi var.

SAK komplikasyonları

SAK hayatı tehdit edebilecek komplikasyonları olan önemli bir hastalıktır, bu nedenle komplikasyonlara multidisipliner yaklaşım çok önemlidir. Klinik seyir klasik olarak 3 gruba ayrılabilir. Üçte biri iyileşme, üçte biri komplikasyonla iyileşme, üçte biri ise ölüm şeklindedir. SAK komplikasyonları anevrizmal hastalığın ciddiyetini oluşturur ve hem sağkalım hem de fonksiyonel prognozu olumsuz yönde etkiler. Komplikasyonlar 3 grupta incelenir. Akut faz (0-3. günler arası), subakut faz (3-30. günler arası), geç faz (30. günden sonrası) (36).

Akut Komplikasyonlar

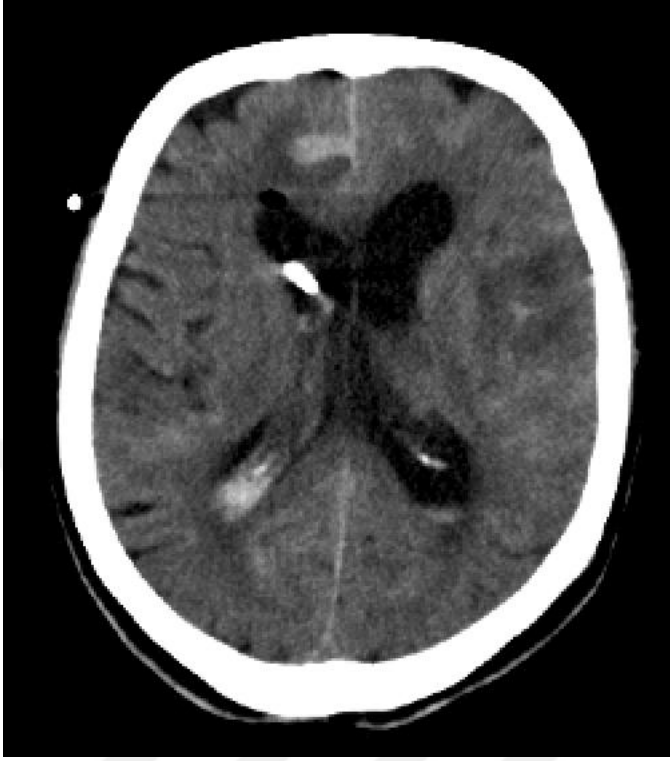
Yeniden kanama en ciddi akut komplikasyondur ve genel olarak ilk kanamadan sonraki ilk üç günde görülür, ilk saatlerde %9-17 arasında tahmini risk vardır. Bu genellikle kötü prognoz ve Fisher grade'nin yüksek olması ile ilişkilidir. Rüptüre olmuş bir intrakraniyal anevrizmanın acil tedavisi ilk 12-24 saatte yeniden kanama riskini düşürdüğü için önemlidir (36).

Tablo-2: Fisher Sınıflaması (33).

Evre 1	Kontrastsız BT'de kanama yok.
Evre 2	Kalınlığı <1 mm diffüz subaraknoid kanama, pıhtı yok.
Evre 3	Subaraknoid mesafede lokalize pıhtılar ya da >1 mm SAK.
Evre 4	SAK olsun ya da olmasın serebral ya da intraventriküler kanama.

Akut hidrosefali SAK olgularının yaklaşık %20'sinde görülen, beyin omurilik sıvısının (BOS) kan ürünleri tarafından drenajının bozulmasına bağlı ventriküler sistemde genişleme olmasıdır. Risk başlangıçtaki kanama derecesiyle orantılı olmasına rağmen, düşük başlangıç fisher grade'li subaraknoid kanamalar da akut hidrosefali ile komplike olabilir. Bu, subaraknoid kanamanın kendisinin neden olduğu beyin ödeme ek olarak, kafa içi basıncının artmasıyla prognozu kötüleştirir. Ventriküler sistemde genişleme olduğunda eksternal ventriküler şant yerleştirilebilir (36).

Akut masif beyin ödemi, net anlaşılamamış bir patofizyolojik sürecin nadir görülen bir komplikasyonudur. Bu durum, SAK sonrası saatler içerisinde ölüme yol açan yaygın kortikal iskemik hasarlanmaya neden olabilir. Difüzyon ağırlıklı imajlarla birlikte kraniyal MR ile tanınabilir (36).



Şekil-8: SAK'a bağlı hidrosefali gelişmiş olguda her iki lateral ventrikülde genişleme bulguları, sol lateral ventrikül içerisinde seviyelenme veren hemoraji bulguları izlenmektedir. Kortikal sulkuslar seviyesinde SAK bulguları mevcuttur. Sağ lateral ventrikülde ventriküler drenaj kateteri dikkati çekmektedir.

Nörolojik olmayan komplikasyonlar değerlendirildiğinde elektrokardiyografik (EKG) repolarizasyon anomalileri, miyokardiyal distress, akut pulmoner ödem, ARDS (Akut respiratuar distress sendromu), sodyum potasyum anormallikleri sayılabilir (36).

Subakut Komplikasyonlar

Vazospazm SAK'ın en sık komplikasyonudur. Vazospazm riski yeniden kanama ve fisher grade ile orantılıdır. Ekstravasküler oluşan kan yıkım ürünleri, serebral kan akımında düşmeye neden olan vasokontrüktif mediatörlerin salınımına yol açar. Bu durum serebral hipoperfüzyona, serebral enfarkta ve

ölüme neden olabilir. Tedavide intravenöz nimodipin ve kan basıncını yüksek tutma kullanılabilir (36).

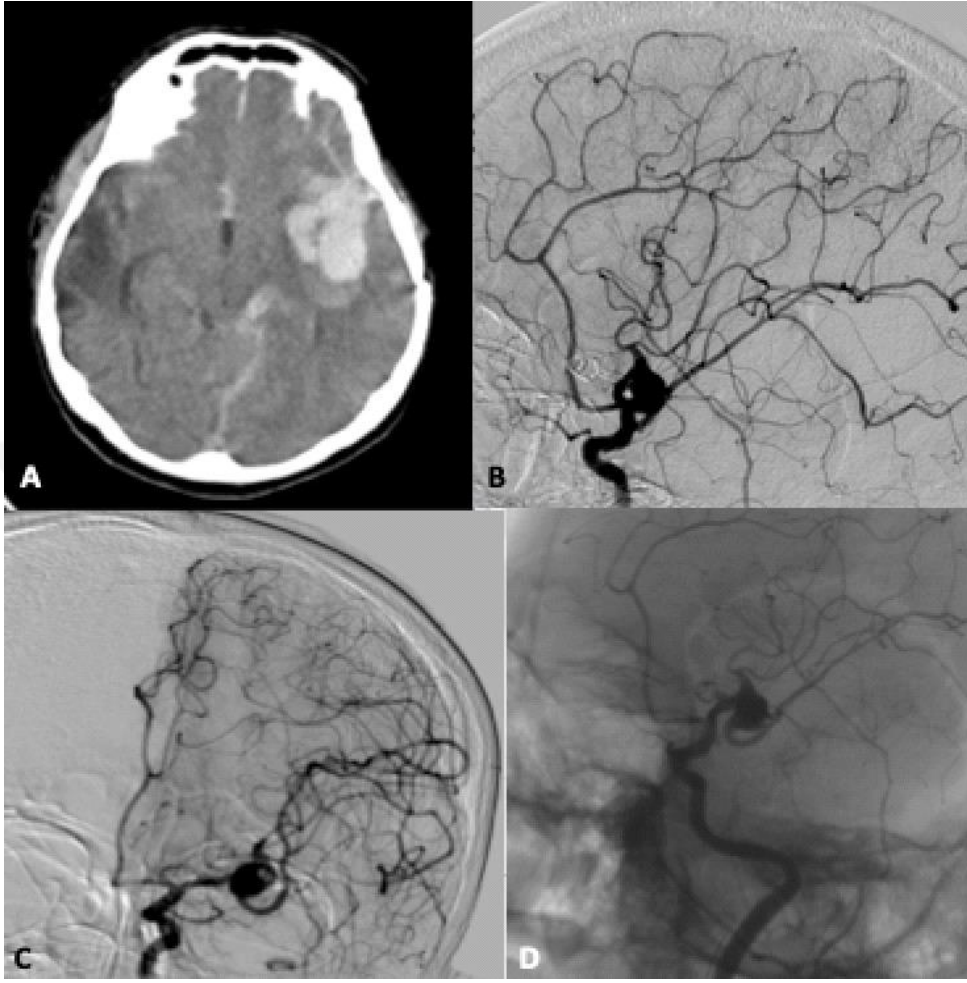
Kronik Komplikasyonlar

Kronik hidrosefali ilk subaraknoid kanamanın ardından geç ortaya çıkar. Klasik semptomları Adams-Hakims sendromunda izlenen yürüme zorlukları, sfinkter bozuklukları ve bilişsel bozukluklar, oryantasyon bozukluğu olarak görülebilir. BOS normal emiliminin bozulması ile oluşur (36).

SAK'ta Tanı

Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Subaraknoid kanamadan şüphelenildiğinde tanı koymak, SAK'ı karakterize etmek, SAK lokalizasyonu belirlemek amacıyla seçilmesi gereken görüntüleme yöntemidir. Kontrastsız BT'de SAK hiperdens görülür. Eşlik eden intraparaknoidal kanama OSA ve PKoA anevrizmalarına daha sık eşlik eder. Otopsi çalışmalarında hastaların yaklaşık %50'sinde ortaya çıkan interhemisferik veya intraventriküler kanama, AKoA veya distal ASA anevrizmalarının karakteristiğidir. Rüptüre PİSA anevrizmaları hemen hemen her zaman BT'de görülebilen hidrosefali ve dördüncü ventrikülde olan intraventriküler kanama ile birlikte bulunur. Az miktarda SAK BT incelemede gözden kaçabilir, bu yüzden dikkatli olunmalıdır. Ancak BT taraması normal olsa bile anevrizmal SAK ekarte edilemez. BT'nin SAK'ı saptamadaki sensitivitesi ekstrasvazasyona uğramış kan hacmine, hemotokrite ve akut olaydan sonra geçen süreye bağlıdır. Modern BT ile yapılan incelemelerde klinik şüphe sonrası SAK %95 oranında tespit edebilir. Bununla beraber BOS sirkülasyonu nedeniyle zamanla hemorajinin dansitesi azalır. Bu nedenle birkaç gün sonra BT'de SAK'ı saptamak imkansız hale gelebilir. BT'nin duyarlılığı 3. günde %80'e, 5. günde %70'e, 1. haftada %50'ye ve 2. haftada %30'a düşer. Çok nadir olarak diffüz beyin ödemi ve menenjit kraniyal BT'de SAK'ı taklit edebilir ve yanlış pozitif SAK tanısına neden olabilir (25).



Şekil-9: Sol serebral hemisferde parankimal hematoma bulguları, bazal sisternalar ve kortikal sulkuslar seviyesinde SAK bulguları mevcuttur (A), aynı hastanın lateral (B), AP (C), 3D rotasyonel DSA görüntülerinde OSA'da 11 mm boyutta sakküler anevrizma izlenmektedir.

Lomber Ponksiyon (LP)

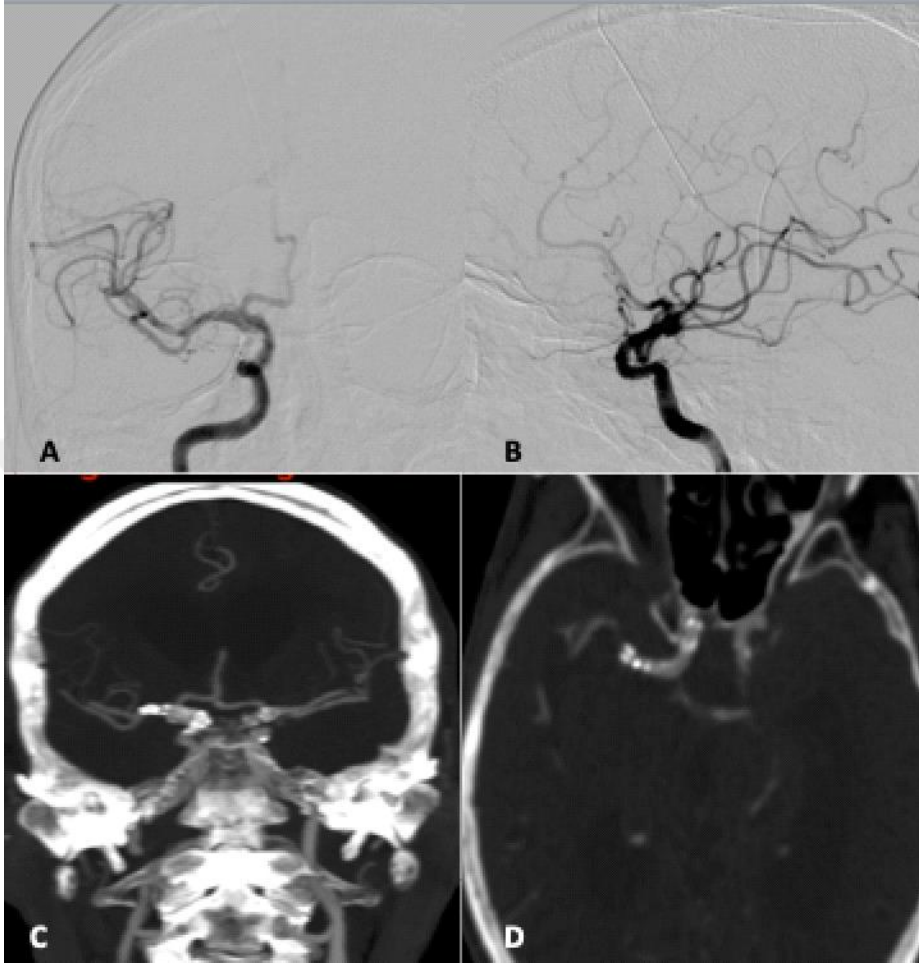
BT negatif olmasına rağmen klinik bulgular şüpheli ise LP yapılmalıdır. Uygun teknikle yapılması travmatik işlemi azaltabilir. Açılış basıncının ölçülmesi travmatik LP işleminin gerçek SAK'tan ayırt edilmesinin yanı sıra idiyopatik intrakraniyal hipertansiyon ve serebral venöz sinus trombozu gibi diğer potansiyel patolojiler konusunda ipucu verir. BOS eritrosit içerebilir ve ksantokromi gösterebilir. Hemoglobin yıkım ürünleri olan oksihemoglobin ve

bilirubin varlığında BOS'ta sarı renk değişikliği izlenir. Travmatik LP'de eritrositler BOS'ta varolan mevcut bir SAK gibi değil, travma sonrası ortaya çıkarlar. Hemorajik BOS görmek için görsel eşik mm³'te 400 eritrosittir. Travmatik LP'de mm³'te 100 eritrosit görülebilir. Travmatik LP'yi ayırt edebilmek oldukça önemlidir. 3 tüp testi ayırt etmek için kullanılan bir yöntemdir. Ardışık 3 tüpte travmatik LP'de her bir tüpte izlenen eritrosit miktarının azalması gerekir (38).

BT Anjiografi

Kateter anjiografi intrakraniyal anevrizma tanısı konulmasında standart bir yöntem olmasına rağmen girişime bağlı komplikasyonları olabilen invaziv bir yöntemdir. BT anjiografi invaziv olmayan vasküler görüntüleme tekniği olarak kullanılmaktadır. BT anjiografinin intrakraniyal anevrizmalarda sensitivitesi %67-100 arasında değişmektedir. 3 mm'den büyük anevrizmalarda sensitivite %92-100 arasında iken 3 mm'den küçük anevrizmalarda sensitivite %25-64 olarak değişmektedir. Terminal İKA, OSA segmentleri ve paraklinoid İKA segmentleri gibi kemik yapılarına yakın alanlar anevrizma saptanması konusunda limitasyonları oluşturmaktadır. Multidedektör sıra sisteminin BT için kullanılmaya başlanması ve pitch değerinin 1 ve 1'in altına düşürülmesi küçük anevrizmaların saptanması açısından BT anjiografiyi önemli bir yöntem haline getirmiştir. İmaj kalitesi ve uzaysal rezolüsyon artmıştır. Wintermark ve arkadaşlarının 2003 yılında yaptığı çalışmada çok sıralı dedektörlü BT'de sensitivite, spesifisite, doğruluk değerleri sırasıyla %99, %95,2 ve %98,3 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada anevrizma 2 mm'den büyükse sensitivite %95,8, 2 mm'den küçükse %50 olarak hesaplanmıştır (25). BT anjiografi tedavi planı belirleme cerrahi ve endovasküler tedavi gruplarını değerlendirme açısından önemli bir teknik yöntemdir. Anevrizmanın kubbe ve boyun kesimine yakın diğer küçük damarları değerlendirmek açısından kısıtlılıkları mevcuttur. Yöntemin radyasyon ekspozuruna ihtiyaç göstermesi ve kontrast madde kullanımı da bir diğer dezavantajdır. Yalnızca konvansiyonel DSA ile gösterilebilen paraoftalmik bölge gibi kemik yapılarla ilişkisini göstermek açısından yetersiz kalmaktadır. BT

anjiografi operasyon öncesi tedavi planlama, parsiyel kalsifiye ya da tromboze anevrizmayı tanımlamak açısından iyi bir yöntemdir. MRA incelemesi yapılamayan ferromanyetik klip, pacemaker, kloströfobik hastalarda tercih edilebilir. BT anjiografi akım hızından bağımsızdır ya da daha az bağımlıdır. Görüntüler düşük kalp debisi olan hastalarda bile diagnostik olacaktır. Akımla ilişkili artefaktlar MRA'ya göre daha azdır. Yeni nesil BT'lerde mevcut olan ve metalik artefaktları minimuma indiren rekonstrüksiyon algoritmaları nedeniyle kliple tedavi edilmiş anevrizmaların takibinde ve değerlendirilmesinde seçilebilen teknik yöntemdir. Endovasküler yolla tedavi edilmiş anevrizmalarda anjiyografik takip gereklidir. Koil artefaktları BT anjiyografi değerlendirmesini oldukça güçleştirmektedir. Bunun gibi hastalarda MRA takipte kullanılabilecek önemli bir yöntem olma özelliği taşımaktadır. K-MRA düşük debili büyük ve dev anevrizmaları incelemek için yöntem olarak kullanılabilir. 10 mm'den küçük anevrizmalar için takip aracı olarak TOF-MRA yeterlidir (25).



Şekil-10: Sağ İKA supraklinoid segmentten OSA'ya uzanım gösteren fusiform anevrizmanın stentleme işlemi sonrası AP (A), lateral (B) DSA görüntüleri. Takiplerde BT Anjiyografi incelemesi yapılmış olgunun koronal ve aksiyel MIP görüntülerde sağda stente ait metalik artefakt izlenmektedir.

MR Anjiografi (MRA)

MRA intrakraniyal anevrizmaların tanısında hızlı, doğru, non invaziv, radyasyon riskleri içermeyen ve konvansiyonel anjiografinin risklerini taşımayan bir teknik yöntemdir (25). Klinik olarak intrakraniyal anevrizma şüphesi olan hastalarda tarama yöntemi olarak kullanılabilir. MRA bir veya daha fazla sayıda anevrizma tanısını koyabilir. Ayrıca, anevrizmanın büyüklüğü, konumu, boynunun varlığı ve stereotaktik konfigürasyonu, dome kesiminin duvar yapısı gibi özelliklerini de tanımlayabilir. Son zamanlarda MR görüntüleme tekniklerinin geliştirilmesi ve yüksek magnet içeren MR ünitelerinin ortaya çıkması ile 3 mm kadar küçük anevrizmalar tanımlanabilmektedir. White ve arkadaşlarının yaptığı MRA ve DSA'yı karşılaştıran sistematik bir derleme çalışmasında MRA'nın %90 kesinlik, %87 duyarlılık, %95 spesifisite ve %97'lik pozitif prediktif değeri ve anevrizma başına %77'lik negatif prediktif değeri vardır. 3 tesla MR'da elde olunmuş MRA 3 mm'den büyük anevrizmaların tespitinde %93-97 oranında, 3 mm'den küçük anevrizmalarda özel teknikler kullanılarak ise %85-93 oranında sensitiviteye sahiptir. MRA kontrastsız yapılan tekniklerde bile minimum 3-6 dakikalık bir süre gerektirir ve hastanın işbirliğini gerektirir bu nedenle akut SAK'lı hastalarda pek tercih edilen bir yöntem değildir (13).

Teknik olarak başlıca faz kontrast MR anjiografi (FK-MRA), time of flight (TOF), kontrastlı MR anjiografi (K-MRA) kullanılır (13).

FK-MRA yönteminde bipolar gradient pulsları ile durağan doku ile vasküler akım arasında faz şifti oluşturulur. Sonrasında vasküler yapılar tanımlanır ve açıkça görselleştirilebilir. Hareket eden hücrelerin (kan) hareketi ne kadar hızlı ise alınan sinyal o kadar büyük olur. Faz kontrast imajlar hareketi önceden tanımlanmış bir yönde algılar, böylece yalnızca arterlerin ve damarların tanımlanmasına izin verir. Faz kontrast teknikleri ayrıca hareketli hücrelerin hızıyla ilgili bilgi sağlar. Faz kontrastlı görüntüleme 2D (iki boyutlu) ya da 3D (üç boyutlu) olarak elde olunabilir. Kan akışının hızı ve yönü saturasyon pulsu ve FOV seçilmeden önce tanımlanmalıdır. Kan damarlarının daha iyi tanımlanması

için veriler sonradan işlenebilir. FK-MRA uzun bir veri toplama süresi gerektirir ve bu nedenle tarama süresini azaltmak için kısa TR kullanılmalıdır (13).

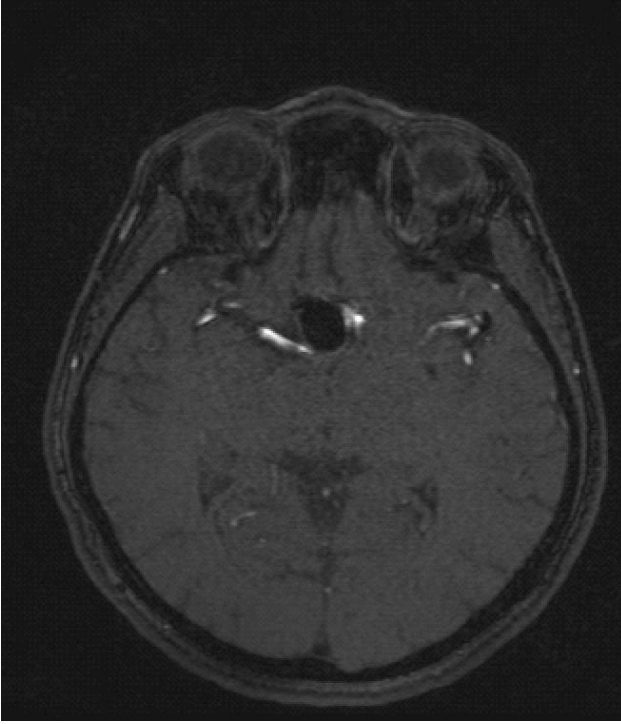
TOF-MRA sekansları optimal vasküler kontrast sağlar. Dixon ve arkadaşları karotid bifurkasyonda karotis arter girişini görüntülemek amacıyla sabit dokuyu baskılamak için düşük amplitüdü gradient pulslarını kullandı. Nishimura ve arkadaşları karotis bifurkasyonunda vasküler kontrast oluşturmak için karotis bifurkasyon öncesinde ve sonrasında tek bir kalın kesit kullanmıştır. MRA görüntüleri bu iki çıkarımdan elde edilmiştir. 2D TOF tekniğinde, kan damarlarının akış yönüne dik eksenel düzlemde görüntüler elde edilir. Seçilen alanın üst kenarına, venöz akışı ortadan kaldıran bir saturasyon bandı yerleştirilir. Bu teknik çok iyi bir arka plan saturasyonu sağlar ve yavaş akıma karşı oldukça iyi bir duyarlılığa sahiptir. Keller ve arkadaşları elde edilmiş veriler üzerinden maksimal intensity projection (MIP) kullanarak kan damarlarını daha iyi görüntülemişlerdir. 3D TOF tekniğinde görüntüler akış yönüne dik yönlendirilmiş 3D hacime sahip slab uygulanarak yalnızca seçilen kesit içerisinde damardaki hareketli spinlerden alınan kısım görüntülenir. Bu durum optimal TR ve uygun flip açısı ile sağlanır. Daha büyük bölgeleri kaplamak için birden fazla üst üste binme kullanılabilir, ancak toplam tarama süresi artar. Manyetizasyon transvers pulsları ile birlikte kombine edilen yağ baskılama ile elde olunmuş 3D TOF-MRA görüntüleri intrakraniyal damarların optimal görüntülenmesini sağlar (13).

K-MRA yöntemi FK-MRA ve TOF-MRA yöntemine göre yorumlanması daha kolaydır ve duyarlılık artefaktları daha az görülmektedir. K-MRA 0,1-0,2 mmol/kg gadolinyum bazlı intravenöz (IV) kontrastın bolus verilmesini takiben T1 ağırlıklı görüntüler üzerinden elde edilir (maximum doz:0,3 mmol/kg). Rutin bir protokolda görüntüler genellikle fast spoiled gradient recalled temelli sekanslar kullanılarak elde edilir. En önemli parametre uygun zamanlamadır. Çünkü zamanlama doğru seçilmezse venöz ve arteriyel yapılar birbirine karışabilir. İntrakraniyal anevrizmaları görüntülemeye tercih edilen yöntem genellikle TOF-MRA'dır. Kontrast verilmeden yüksek kaliteli görüntüler sağlar, daha iyi

çözünürlüğe ve sinyal gürültü oranına sahiptir. Çekim süresi FK-MRA'dan daha kısadır. Bu kadar olumlu etkilerine rağmen türbülant akıma bağlı artefaktlar dezavantajdır. Türbülant akım özellikle karotis sifonda ve büyük boyutlu anevrizmalarda sık görülür. Kısa TE seçilerek bu artefaktlar azaltılabilir. 3D TOF sekansı seçildiğinde anevrizmada sinyal azalması dezavantaj oluşturabilir. Dahası tüm hepsi birlikte değerlendirildiğinde türbülant akım artefaktları, manyetik duyarlılık artefaktları bu fenomenleri belirgin hale getirir ve özellikle kafa tabanı seviyesindeki anevrizmaları değerlendirmede sensitiviteyi belirgin olarak düşürmektedir. MIP rekonstrüksiyonu, akım kompensasyonu, kısa TE ve düşük kesit kalınlığı seçilerek bu artefakt azaltılmaya çalışılır (13).

Dev ya da tromboze anevrizmalar düşük akım nedeniyle 3D TOF yöntemiyle uygun bir şekilde görüntülenemeyebilir. Bu anevrizmalarda spin echo sekansı ile birlikte elde edilen MRA görüntülerinde daha iyi tanımlanabilmektedir. K-MRA tromboze ve dev anevrizmalarda görülen bu problemi kaldırmaktadır. Çünkü IV verilen kontrast madde anevrizma lümenini doldurmaktadır (13). K-MRA DSA ile karşılaştıran çalışmalarda aynı hasta gruplarında çok iyi bir korelasyona sahip olduğu gösterilmiştir (39). Koillenmiş anevrizmalarda %34 gibi bir rekanalizasyon oranı ve %2,6 yeniden kanama riski olduğu bildirilmektedir (40). Yeniden kanama rekanalizasyonun bir sonucu olarak kabul edildiğinden koillenmiş anevrizmalarda ilk birkaç yıl takip çok önemlidir. Endovasküler koil uygulanmış hastalarda en uygun takip intraarteriyel dijital subtraksiyon anjiyografi (IA-DSA) ile yapılmaktadır. IA-DSA inme ve diğer komplikasyon risklerini içermesi nedeniyle K-MRA non invaziv bir teknik olarak seçilmektedir. MRA ve IA-DSA karşılaştıran birçok çalışmada MRA'nun endovasküler koil tedavisi sonrası anevrizma rezidü ya da rekanalizasyonunu ortaya çıkarmak için doğru bir teknik olduğunu göstermiştir. Bazı çalışmalarda K-MRA değerlendirilirken bazılarında 3D TOF ya da her iki teknik birlikte değerlendirilmiştir (40). IA-DSA referans olarak alındığında MRA, 3-4 mm'den büyük rezidü/rekürrens anevrizmaların tanısında %90-95 sensitiviteye sahiptir (40). Tedavi sonrası rezidü ya da nüksün tanısı esasen MRA sinyal yoğunluğuna göre belirlenir.

Embolize edilmiş bir anevrizma kesesi ve koil MRA imajlarda hipointens bir sinyal oluştururken rezidü/rekürrens bir anevrizma hiperintens bir akış sinyali oluşturur. Raffi ve arkadaşlarına göre bu özellik MRA'yı DSA'da koilin radyoopak görülebilmesi nedeniyle maskelenebileceğinden daha güvenilir kılar. Günümüzde teknik gelişmeler sayesinde özellikle 3D rotasyonel anjiyografi olmadığında 3D TOF sekansları mevcut yazılımlar kullanılarak intrakraniyal vasküler yapıların mükemmel bir anatomik detayını sunmaktadır. Bu durum tedavi edilmiş anevrizmanın ve boyun orijininin detaylı değerlendirmesini sağlar (41).

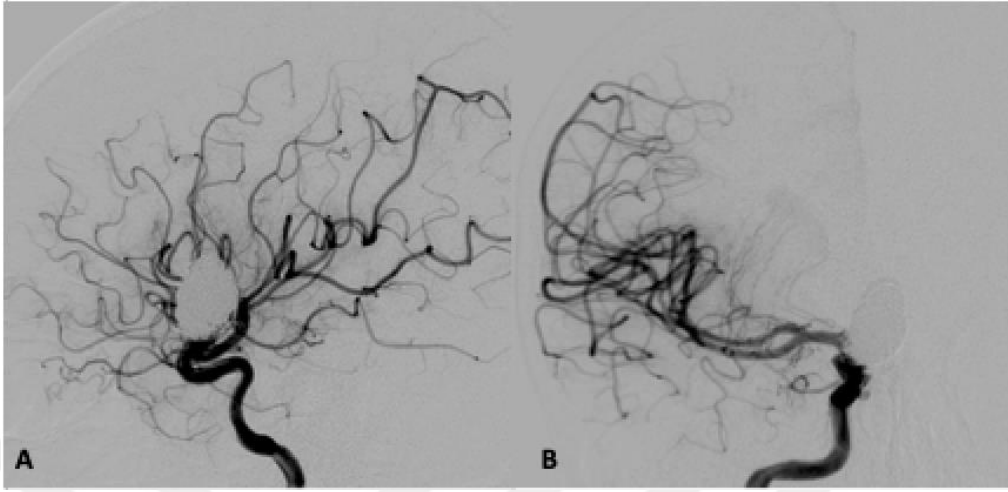


Şekil-11: Endovasküler olarak koillenmiş anevrizmanın 3D TOF-MRA görüntüsü

İA-DSA

İA-DSA, intrakraniyal anevrizmaların saptanmasında en etkili tanı aracıdır. Anjiyografi selektif olarak İKA ve vertebral arterlere kateter aracılığıyla kontrast madde verilerek görüntülenmesidir. Kaliteli bir İA-DSA anevrizmanın boyun büyüklüğü ve yerleşimini, ilişkili kortikal dalları, vazospazmı ve ek anevrizmaları gösterebilir. Anjiyografi lateral, anterior-posterior (AP), açılı AP, oblik, baz şeklinde görüntülemeleri yapabilmelidir. Anevrizma boyun boyutunun yeterli miktarı görüntülenebilmesi önemlidir. Çünkü 4 mm ve daha küçük anevrizmalarda koilleme yöntemiyle endovasküler olarak tedavi edilmiş anevrizmalarda tamamen oklüzyon olasılığı daha muhtemeldir. İA-DSA'nın diğer görüntüleme yöntemlerine göre temel avantajı yüksek çözünürlük değerleridir. 1024x1024 matris kullanılarak 0,3 mm'lik çözünürlük elde edilir. Kontrast maddenin selektif intraarteriyel enjeksiyonu sonrasında elde edilen intrakraniyal arterlerin görüntülenmesinde BT anjiyografi ve MRA'ya göre daha yüksek rezolüsyon sağlanmış olur. Üç boyutlu rotasyonel anjiyografi (3D-RA) konvansiyonel anjiyografi altında görülmeyen anevrizmaları ortaya koymada daha etkindir ve bu durum tedavi planlaması açısından önemli olan anatomik detayların daha kesin gösterilmesine olanak sağlamıştır. 3D-RA gerekli hassas ölçümleri ortaya koyan İA-DSA'ya yardımcı bir yöntem olarak kabul etmektedir (43).

SAK'lı bir hastada negatif BTA ya da MRA incelemesi sonrasında preoperatif tedavi planlaması açısından anjiyografi yapılması gerekmektedir. İA-DSA intrakraniyal anevrizmaların değerlendirilmesi ve SAK'lı hastaların preoperatif tedavi planlaması için tercih edilen tanısal prosedürdür. Kraniyal BT incelemesi sonrasında yapılan BT anjiyografinin cerrahi planlamada İA-DSA'nın yerini alıp almayacağı hala tartışma konusudur (43).



Şekil-12: Sağ İKA supraklinoid dev anevrizmanın endovasküler coil tedavisi sonrası lateral (A), AP (B) DSA görüntüleri.

THRIVE

THRIVE sekansı SENSE, geniş hacimli ve homojen yağ baskılamayı birleştiren optimize edilmiş, hızlı, T1 ağırlıklı bir 3D görüntüleme tekniğidir. 3D T1 ağırlıklı görüntüleme özellikle karaciğer, batın içi organların, ince barsak, meme, prostat ve pankreasın kontrastlı görüntülemesini sağlayan hızlı yüksek çözünürlüklü taramalar sağlayan paralel sinyal toplama tekniklerinin kullanıldığı bir yöntemdir. THRIVE sekansı kısa soluk tutma sürelerinde yüksek rezolüsyonlu izotropik görüntüler sağlayarak dinamik karaciğer MR incelemesinde uygun görüntüler sağlar. Kontrast uygulaması sonrası THRIVE sekansı memede dinamik incelemede ya da kontrastsız olarak nöroanatomik yapıların detaylı görüntülenmesini sağlayan önemli bir tekniktir. Yağ baskılama olması manyetik duyarlılık artefaktları azaltılmış olup coil ya da stentin neden olabileceği artefaktları minimize edebilir. Tartari ve arkadaşları karotis arter ekstrakraniyal segmentindeki plakları görüntülemeye THRIVE sekansını kontrastsız ve kontrastlı olarak K-MRA şeklinde görüntülemiştir. Bu çalışmada 32 hastada 34 karotis arter stenozu olgusu 1,5 T MR'de değerlendirilmiştir. Difüzyon ağırlıklı görüntüleme, THRIVE, K-MRA ve kontrastlı THRIVE inceleme

sırasıyla yapılmıştır. Karotis plakları tip A (geniş lipid nekrotik kor içeriyor), tip B (kompleks fibrokalsifiye mikst tipte plak), tip C (fibrokalsifiye plak) şeklinde sınıflandırılmış ayrıca plak içi hemoraji, ülserasyon ve ciddi darlık oranları belirlenmiştir. MR bulguları cerrahi spesmen ile karşılaştırılmıştır. (14).

4) İntrakraniyal Anevrizmalarda Tedavi

İntrakraniyal anevrizmaların tedavisinde temel yaklaşım ana arteri korurken anevrizmal keseyi intrakraniyal dolaşımdan uzaklaştırmaktır (17).

İntrakraniyal anevrizmaların tedavisi uzun zamandır beyin cerrahları tarafından açık cerrahi olarak yapılmaktaydı. Ancak 1990'dan beri geliştirilen teknikler ve malzemelerle endovasküler tedavi tercih edilir hale gelmiştir (17).

Cerrahi Tedavi

Bir klibin anevrizmanın boynuna yerleştirilmesi en kesin tedavi yöntemidir ve kanıtlanmış uzun süreli etkinliği nedeniyle tercih edilmektedir. Walter Dandy ağırlı 3. kraniyal sinir felci olan bir hastada İKA-PKoA bileşke seviyesinde bir anevrizma boynuna Harvey Cushing tarafından tasarlanan gümüş bir klips yerleştirerek intrakraniyal anevrizmanın ilk planlı cerrahi tedavisini yapmıştır. İntrakraniyal anevrizmaların onarımı için cerrahi teknikler özellikle son 20 yılda mikrocerrahi tekniklerinin, ameliyat mikroskobunun ve kendi kendine kapanan anevrizma klipslerinin geliştirilmesiyle ilerleme göstermiştir. Günümüzde çoğu intrakraniyal anevrizmanın klipslenmesi oldukça düşük bir risk taşımaktadır. Bazı anevrizmalar, büyüklükleri, konumları veya konfigürasyonu nedeniyle vasküler bypass greftleme veya hipotermik kalp durması gibi sofistike yardımcı tekniklere ihtiyaç duymaktadır. Bu tekniklerin mevcudiyetine rağmen bazı intrakraniyal anevrizmalar en iyi şekilde proksimal damarın cerrahi veya endovasküler olarak oklüzyonu ile tedavi edilmektedir (17).

Rüptüre olmuş bir intrakraniyal anevrizmanın tedavisinde cerrahi zamanlama tartışma konusudur. Erken cerrahi yani SAK sonrası 48-72 saat içerisinde faydalıdır. Çünkü SAK'lı hastalarda başlangıçtan kısa bir süre sonra

tekrarlayan kanama riski oldukça yüksektir. Tekrarlayan kanama oranı ilk 24 saat içerisinde en az %4 ve ilk 2 hafta boyunca %1-2 olabilir. Erken cerrahi tedavi SAK sonrası gecikmiş serebral iskeminin önemli bir nedeni olan sekonder intrakraniyal arter daralması veya vazospazmın agresif tedavisine imkan verir. Vazospazm SAK sonrası 3-15. günler arasında ortaya çıkar. Optimal tedavi hipervolemi, hipertansiyon veya intraarteriyel vazodilatatör (papaverin, nimodipin, nikardipin vb) infüzyonudur. Endovasküler balon anjioplasti tedavi edilmemiş rüptüre anevrizma varlığında tehlikelidir (17).

Acil cerrahi tedavi kitle etkisi oluşturan intraserebral ya da subdural hematomdur (17).

Endovasküler Tedavi

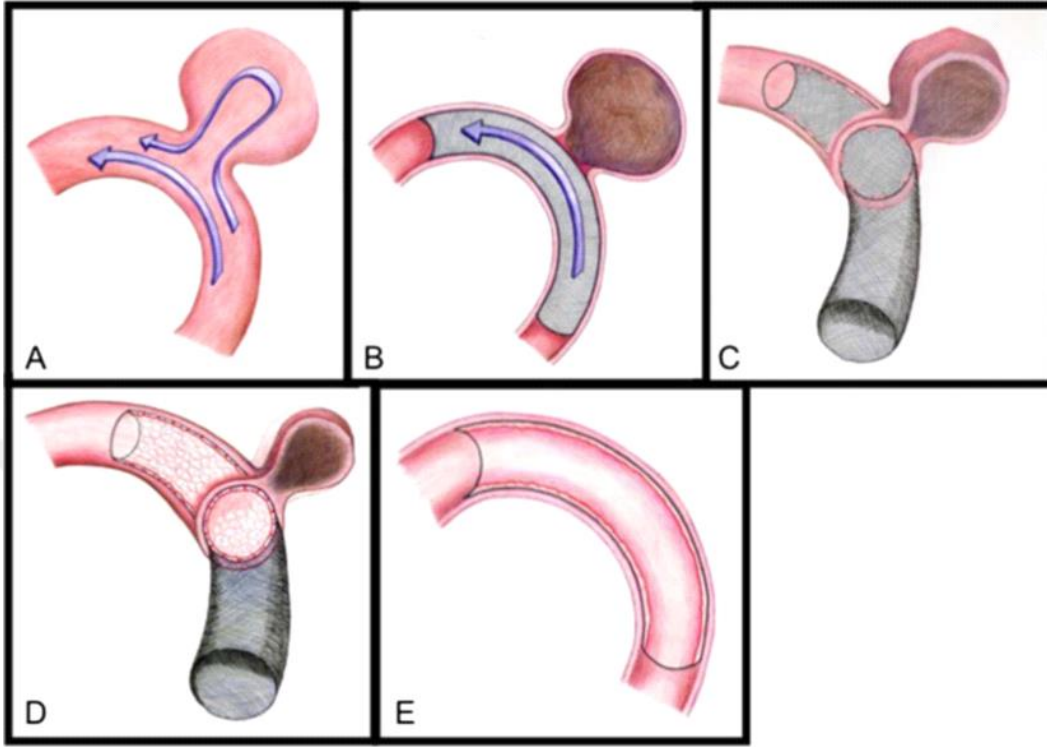
Endovasküler tedaviler 1990'larda Guglielmi ayrılabilir koil sisteminin üretilmesiyle ortaya çıkmıştır. Bu sistem koil embolizasyonun etkinliğini ve güvenliğini gösteren çok sayıda randomize klinik çalışma ile yeni bir alan olan nörogirişimseli kurdu. Bu olumlu erken sonuçlara rağmen koilleme sonrası anevrizmanın rekanalizasyonu önemli bir durum teşkil etmekteydi. Örneğin Raymond ve arkadaşlarının endovasküler olarak koille tedavi edilen 501 serebral anevrizma ile ilgili 4 yıllık deneyimin 1 yıllık izlemde anevrizma kapanma oranının %38 olduğunu göstermiştir. Bu eksiklikleri gidermek için koil uzunlukları, şekilleri, yumuşaklık ve ayrılma bölgeleri de dahil olmak üzere iyileştirmeyi amaçlayan hızlı teknolojik gelişmeler yaşadı. Örneğin sıvı ortamda genişleyebilen HydroCoils (MicroVention, Tustin, California, ABD) daha fazla tedaviye imkan sağlamıştır ve bareplatin koillere göre karmaşık anevrizmalarda rekürrens oranlarını azaltmıştır. Ek olarak koil embolizasyonunu artırmak için intrakraniyal stentler ve balonlar gibi yeni endovasküler cihazlar geliştirilmiştir (44).

Akım Çevirici Yöntem

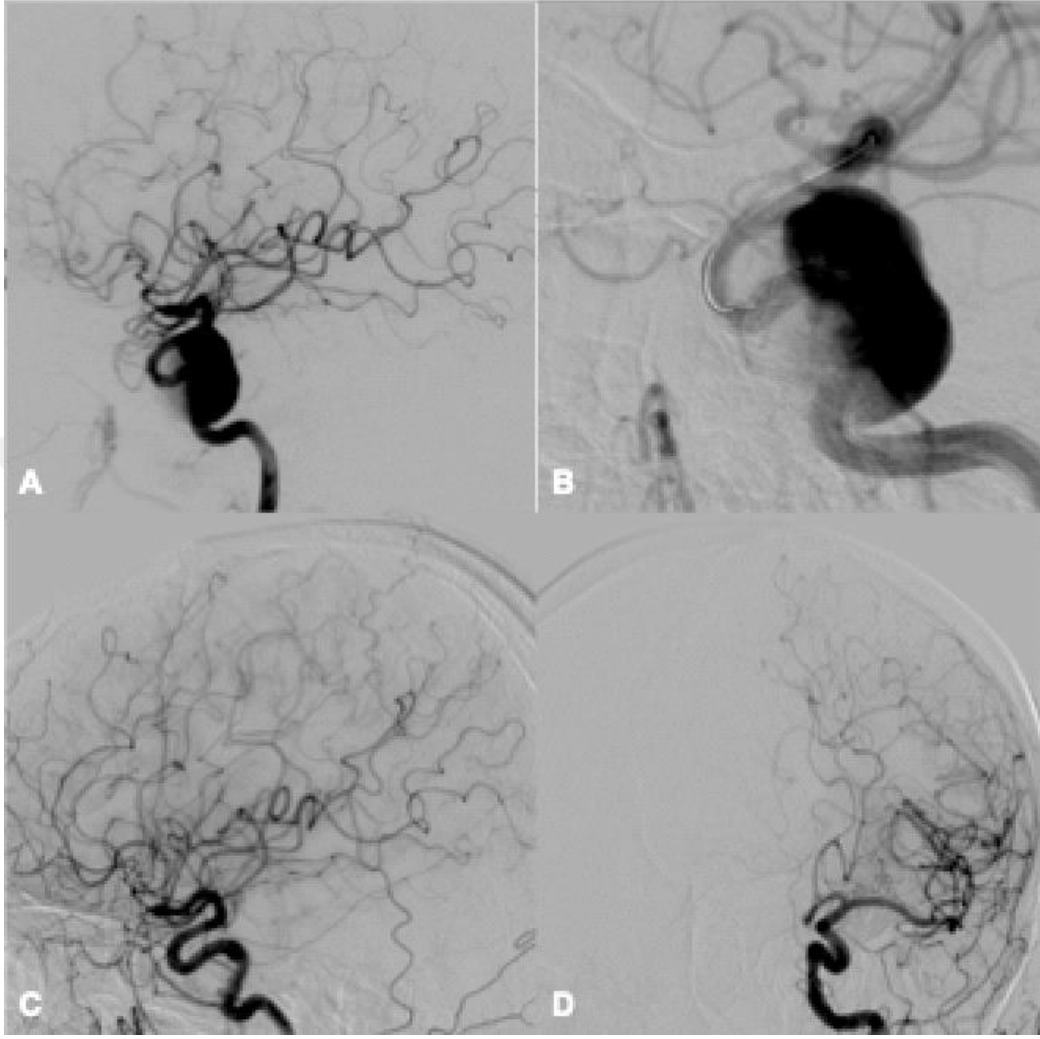
Akımı çevirme kavramı stent destekli koil embolizasyonunda çıkarılan derslerden elde edilmiştir. Yapılan araştırmalar daha az koil içeren yoğun koil paketlemesinin gelişmiş radyolojik ve klinik sonuçlarla ilişkili olarak endovasküler

stentlerin aslında anevrizma trombozunu hızlandırdığı ve ana damardan anevrizmaya gelen kan akımını değiştirdiğini göstermiştir. Akım çevirme temel olarak iki konseptte dayanmaktadır. Yüksek mesh dansitedeki stentin ana damar içine yerleştirilmesi, anevrizma içine kan akımını bozar. Stent endotelyumun büyüyebileceği iskele sağlar ve ardından anevrizmayı dolaşımdan izole eder. Böylece akım çevrilmesi intraanevrizmal trombozun ilerleyerek anevrizmanın kapanmasına neden olur. Endolüminal akım çevirmenin coil embolizasyona göre önemli bir avantajı bulunmaktadır. Bu durum zayıflamış anormal arter duvarının yeniden endotelizasyonunun gerçekleşmesi için bir iskele sağlayarak tedavi edebilme yeteneğidir. Bu neoendotelizasyon işlemi oklüzyonla ilişkili bilinen nökslerle karşılaştırıldığında çoğu zaman küratif sonuç sağlayan kalıcı bir kapanmayla sonuçlanır (44).

Akım çevirme işleminin nöroendovasküler alana ilk girişi 2007 yılında, Pipeline Embolization Device (PED; Medtronic Neurovascular, Irvine, California, ABD) icadıyla yapıldı. O zamandan beri çok sayıda akım çevirici Silk flow diverter (Balt Extrusion, Montmorency, Fransa), Flow Redirection Endoluminal Device (FRED; MicroVention, Tustin, California, ABD) Surpass (Stryker Neurovascular, Fremont, California, ABD), Tubridge (MicroPort Medical, Shanghai, Çin) ve p64 Flow Modulation Device (Phenox, Bochum, Almanya) dahil olmak üzere çok sayıda nörogirişimsel alana girmiştir (44).



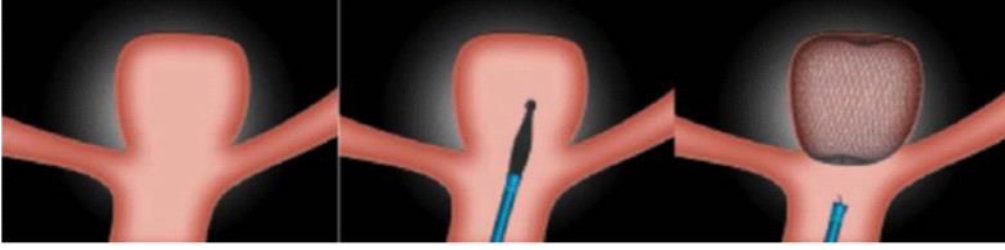
Şekil-13: Akım çevirme yöntemi: Yüksek mesh dansiteli stent ana arterden anevrizmaya olan kan akımını kesiyor(A ve B), İntraanevrizmal tromboz ilerleyerek anevrizma kapanıyor(C ve D), akım çevirme sonucunda kapanmış anevrizma ve neoendeotelizasyon bulguları izleniyor (E) (44).



Şekil-14: 49 yaşında kadın hastanın lateral DSA (A) görüntüsünde sol İKA-kavernozal segment seviyesinde 30 mm boyutta dev anevrizmanın akım çevirici yöntem ile tedavisi izlenmektedir (B). 1. yıl kontrol anjiografisinde lateral (C) ve AP görüntülerde (D) anevrizmanın tama yakın gerilediği görülüyor.

İntrasakküler Akım Bozucu Cihaz

Akım çevirme, yan duvar anevrizmalarında endovasküler koilleme yönteminin limitasyonlarının üstesinden gelmiştir ancak büyük bifurkasyon anevrizmalarının yönetimi hala büyük bir zorluktur. Bu bifurkasyon anevrizmaları için geçici balon koruması veya stent yardımı gibi yardımcı cihazlarla koilleme daha yüksek komplikasyona yol açan prosedürel karmaşıklıklara yol açar. Ek olarak stent kullanımı dual antiplatelet tedavi gibi hemoraji riskini artıran durumlara neden olur. Bu bağlamda, Woven Endo Bridge (WEB; Sequent Medical, Aliso Viejo, California, ABD) adı verilen intrasakküler akış bozulması yoluyla yenilikçi bir alternatif strateji sağlayacak yeni bir cihaz geliştirilmiştir. WEB, anevrizma kesesinin içine yerleştirilmiş, kendiliğinden genişleyen, şişirilmiş, örgülü bir nitinol tel ağıdır. İlk WEB cihazı, iç ve dış örgülerin ikili katman (WEB DL) tasarımından oluşuyordu; bununla birlikte, bu, benzer akış bozulma etkileri sağlayan, daha fazla sayıda nitinol teli bulunan tek bir katmana (WEB SL) sahip olmuştur. Bir WEB cihazı anevrizma kesesi içine yerleştirildikten sonra, WEB anevrizma boynundaki kan akışını değiştirir, bu da anevrizma içinde trombozu indükler. Avrupa'daki birkaç retrospektif kurumsal çalışma, WEB cihazının ilk emniyetini ve etkinliğini göstermiştir. WEB cihazının avantajı endosakküler bir yaklaşım ile akımın çevrilmesidir. Bu, endoluminal cihazlar için gerekli olan ikili antiplatelet tedavisine duyulan ihtiyacı ortadan kaldırır ve subaraknoid kanamalarla rüptüre anevrizmalarda kullanılmasına izin verir. Veriler teşvik edici olmakla birlikte, WEB cihazının kullanılabilirliği hala Avrupa ve Güney Amerika ile sınırlıdır (44).



Şekil-15: WEB intrasakküler akım bozucu sistemin bifurkasyon anevrizmasına yerleştirilmesinin gösterimi (44).

Nöroendovasküler Kateter Erişim Sistemi

Nörogirişimsel, akım çevirici ve intrasakküler koiller gibi cihazlar geliştirildikçe kateter erişim sistemleri daha sofistike hale geldi. Herhangi bir nörogirişimsel işlem değişen derecelerde ilerleyebilirlik, distal ve proksimal destek sunan stabil bir kateter erişim ve dağıtım sistemine ihtiyaç duymaktadır. Temelde daha büyük cihaz dağıtım sistemleri, kıvrımlı anatomisi ve distal hedefleri olan prosedürler için artan klavuz kateter desteği gereklidir. Klasik olarak nörogirişimsel işlemler servikal İKA'da konumlandırılmış nispeten sert bir klavuz kateterden ve ilgilenilen hedefe intrakraniyal olarak ilerletilen küçük bir esnek mikrokateterden oluşan bir çift eksenli sistem kullanılarak yapılır. Çoğunlukla mikrokateter destekleyici klavuzdan önemli bir mesafeye ilerletilmek zorundadır, böylece operatör için kontrol dokusal geri beslemeyi azaltır ve sistemdeki istenmeyen gevşeklik eğilimini artırır. Bu sınırlamalar, belirgin damar tortüozitesi olan yaşlı hastalarda artmaktadır ve doğrudan karotis ponksiyonu gibi alternatif daha invazif yaklaşımları gerektiren teknik sıkıntılara yol açabilmektedir. Akım çevrilmesi durumlarında kateter destek sistemlerine yaklaşım ve tasarıma yaklaşımda bir paradigma kayması olmuştur, klavuz kateterlerin servikal konumlandırılması ile klasik bir çift eksenli kurulumdan, ara destek kateterlerinin intrakraniyal konumlandırılması ile daha sağlam bir üç eksenli sisteme geçiş olmuştur (44).

Koil

Koil anevrizma içerisini doldurmak amacıyla genellikle platinden yapılış çapı 0,25-0,45 mm arasında, uzunluğu 1-50 cm arasında değişebilen bir çeşit teldir. Anevrizma içerisinde aldığı şekle göre helikal, iki boyutlu helikal, üç boyutlu ve kompleks yapıda olmak üzere sınıflandırılabilir. Ayrıca koiller tel yapısının sertliğine göre de ayrımlanabilir. Koil taşıyıcı mikrokateter vasıtasıyla kateter anevrizma içerisine yerleştirildikten sonra koil anevrizma içerisine doldurulur. İtilebilir ve ayrılabilir koil tiplerinden ayrılabilir olanlar elektrolizis ve mekanik olarak ayrılmaktadır. İntrakraniyal anevrizmaların tedavisinde sıklıkla ayrılabilir koiller kullanılmaktadır. Küçük anevrizmalarda iki boyutlu koiller tercih edilirken büyük ve dev anevrizmalarda üç boyutlu ve kompleks koiller gerekmektedir. Büyük anevrizmalarda tedavi başarısında koil ile yapılan anevrizma içi çatı ve ereve oluşumu çok önemlidir. ereve yerleştirilecek olan diğer koillerin tutunması ve anevrizma içi kan akımının kesilmesi için kilit rol oynamaktadır. Çoğunlukla bu amaçla üç boyutlu ve kompleks koiller tercih edilmektedir. Doldurulacak ilk koilin anevrizma ile aynı çapa sahip olması tercih edilir. Sonraki yerleştirilecek koillerin çap ve uzunlukları gittikçe azaltılır. Kontrol görüntülemede anevrizma boyun ve domunda akım olmadığı görülünceye kadar koil doldurulmaya devam edilir. Koillerin esas tedavi edici etkinliği anevrizma içi trombüsün matür fibrosellüler skar dokusuna dönüşümünü hızlandırarak neo endotelizasyonu sağlamasına bağlıdır. Koil ile tedavilerde tromboemboli ve koil sarkmasına bağlı komplikasyonlar görülebilir. Koil sarkmasını önlemek için ilk koil ile ereve yapı iyi oluşturulmalıdır (45).

Guglielmi ve arkadaşları 1991 yılında mikrokateter aracılığıyla yeniden konumlandırılan, geri alınabilen ve geri kazanılabilen elektriksel olarak ayrılabilir koil sisteminin (GDC – Gugliemi Detachable Coil) tanıtımıyla yeni bir çığır açmıştır. Başlangıçta inoperabl ya da önceki cerrahi tedavisi başarısız olan olgularda endovasküler tedavi kullanılmaktaydı. İlk GDC'ler ve platin ayrılabilir koillerden bu zamana, standart koil embolizasyon teknikleri çok daha fazla sayıda hastanın endovasküler koil ile tedavi edilmesine olanak sağlayacak

şekilde geliştirilmiştir. İlk büyük seriler kabul edilebilir mortalite ve morbidite (% 4 ile% 9 arasında) olduğunu gösterdi. ISAT sonuçlarının yayımlanması ile rüptüre anevrizmalarda bir yıllık klinik sonuçlarda cerrahi kliplleme ile karşılaştırıldığında endovasküler koilleme tedavisinin daha iyi olduğunu göstermiştir (46).



GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Bursa Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda gerçekleştirildi. Çalışmamızın Bursa Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu onayı bulunmaktadır (11.12.2018 tarih ve 2018-21/9 numaralı karar).

1) Olgu Seçimi

Ocak 2012-Kasım 2018 tarihleri arasında departmanımızda endovasküler olarak intrakraniyal anevrizma tedavisi yapılmış hastalar retrospektif olarak tarandı. Taranan hastalar içerisinden uygun teknikle MRA incelemeleri yapılan hastalar çalışmaya dahil edildi.

Hasta, lezyon ve tedaviye ait özellikler, tedavi sonrası takip parametreleri belirlendi.

Olgulara ait verilerde cinsiyet, yaş, lezyona ait verilerde sayı, lokalizasyon, anevrizma boyutu, anevrizma tipi alındı. Tedavi ile ilgili verilerde ise tedavi için stent ya da koil kullanılıp kullanılmadığı belirlendi.

MRA takiplerinde en az 1 defa uygun koşullarda yapılmış MRA incelemesi oklüzyon gradeleme için kullanıldı.

MRA sekans analizleri yeterli olmayan, daha öncesinde intrakraniyal cerrahi materyel bulunmasına bağlı artefaktlar nedeniyle endovasküler tedavi etkinliği değerlendirilemeyen, 18 yaş altı hastalar çalışmaya dahil edilmedi. 90 hastada 113 anevrizma çalışmaya dahil edildi.

2) Verilerin Toplanması

Hastaya ait demografik veriler hastanemiz bilgisayarlarında mevcut olan Avicenna Hastane Bilgi Yönetim Sistemleri isimli programdan elde edildi. Girişimsel Radyoloji departmanımızda bulunan DSA cihazında (AXIOM Artis, Siemens, Erlangen, Germany) yapılan tanısal görüntülemelerde anevrizma yeri ve boyutları belirlendi.

3) MR Anjografi Teknik Parametreler

Endovasküler tedavi yapılmış anevrizmaların kontrollerinde 3 Tesla MR (Achieva TX, Philips, Eindhoven, Holland) ve 1,5 Tesla MR (Signa Explorer, GE, USA) cihazlarında yapılan MR anjiyografi incelemeleri değerlendirildi. Tetkik öncesi tüm hastalarda 20 gauge iğne ile antekübital venden damar yolu açıldı. Hasta masaya yatırıldıktan sonra damar yolu 3 Tesla MR'de MR uyumlu enjektöre (Spectris, Medrad, Pittsburgh, PA), 1,5 Tesla MR'de MR uyumlu enjektöre (Mallinckrodt Pharmaceuticals IKARIA, Canada) bağlandı ve K-MRA için hazır hale getirildi. MRA tekniğinde standart kafa koili kullanıldı. 3 Tesla MR'de 3D TOF MRA, THRIVE (T1 weighted high resolution isotropic volume examination), K-MRA incelemeleri, 1,5 Tesla MR'de 3D TOF MRA ve K-MRA incelemeleri yapıldı. 3 Tesla MR'de önce TOF ardından THRIVE en son olarak da K-MRA inceleme yapılmıştır. 1,5 Tesla MR'de ise önce 3D TOF ardından K-MRA inceleme yapılmıştır. Her iki MR'de da K-MRA için gadolinyumlu kontrast madde antekübital venden 0,2 ml/kg olarak ve kontrast verim hızı 3 mL/sn seçilerek verildi. Kontrastlı inceleme ardından 20 ml %0,9 salin enjeksiyonu 2 mL/sn hızında yapıldı.

Tablo-3: 3T MR için kullanılan teknik parametreler

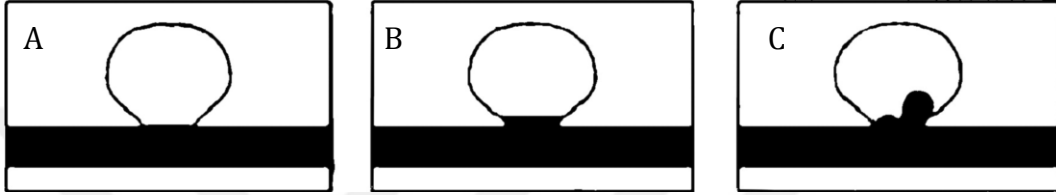
	3D TOF	THRIVE	K-MRA
TR	25	500	500
TE	5,76	50	500
FOV	200	210	220
Matriks	864	224	448
Flip Açısı	20	10	27
Voksel	0,23x0,23x0,50	1x1x1	0,5x0,5x0,5
Kesit Sayısı	146	80	150
Süre	6 dakika	4 dakika 30 saniye	50 saniye

Tablo-4: 1,5 Tesla MR için kullanılan teknik parametreler

	3D TOF	K-MRA
TR	28	5,3
TE	3,8	1,8
FOV	220	340
Matriks	320	400
Flip Açısı	20	30
Voksel	0,43x0,43x0,6	0,66x0,66x0,8
Kesit Sayısı	176	99
Süre	5 dakika 30 saniye	1 dakika

3D TOF-MRA, THRIVE, K-MRA sekansları departmanımızda iş istasyonlarında kayıtlı olan Centricity RIS-I Plus ve Centricity PACS (GE, Fairfield, Connecticut, USA) programlarında ayrı ayrı 3D maximum-intensity-projection (MIP) ve 3D volume rendered reconstruction (VR) oluşturularak

değerlendirildi. Endovasküler anevrizma tedavisi yapılmış olguların MRA incelemeleri oklüzyon derecelerine göre Raymond skalasında sınıf 1, sınıf 2, sınıf 3 olarak belirlendi. Raymond kriterleri şekil 16'da gösterilmiştir. 1,5 T-3 T TOF ve K-MRA'nın karşılaştırılmasında sınıf 1 olanlar tam oklüzyon, sınıf 2 ve sınıf 3 olanlar rezidü akım olarak değerlendirildi.



Şekil-16: Endovasküler anevrizma tedavisi yapılmış olguların tedavi başarısını değerlendirmede kullanılan Raymond kriterleri (47).

Sınıf 1 (A): Tam oklüzyon

Sınıf 2 (B): Rezidü boyun

Sınıf 3 (C): Rezidü anevrizma

4) Hasta Takibi

Endovasküler anevrizma tedavisi yapılmış olguların takibi departmanımızda çoğunlukla 6. ayda ilk kontrol, 12. ayda ikinci kontrol ve sonrasında yılda bir defa olmak üzere MRA ile yapılmaktadır. Çalışmamızda endovasküler tedavi sonrası takiplerinde en az 1 defa uygun teknik protokol ve yöntemde MRA takibi yapılmış hastalar dahil edilmiştir. Toplam 47 vaka 1,5 T MR'de, 66 vaka 3 T MR'de incelenmiştir.

5) İstatistiksel Analiz

Veri girişi ve istatistiksel analizler SPSS 20.0 istatistik paket programı kullanılarak yapıldı. Tanımlayıcı analizler için frekans dağılımları ve yüzdeler hesaplandı, ortalamalar standart sapma ile birlikte gösterildi. Raymond kriterlerinin ayrımlarını yapmadaki sekanslar arası uyumu Kappa testi ile değerlendirildi. 1,5 Tesla MR ve 3 Tesla MR cihazlarında K-MRA ve TOF-MRA

sekansları arasında tam oklüzyon ve rezidü-nüks saptama arasındaki ilişki McNemar testi kullanılarak karşılaştırıldı. P-değerinin 0,05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde değerlendirildi.



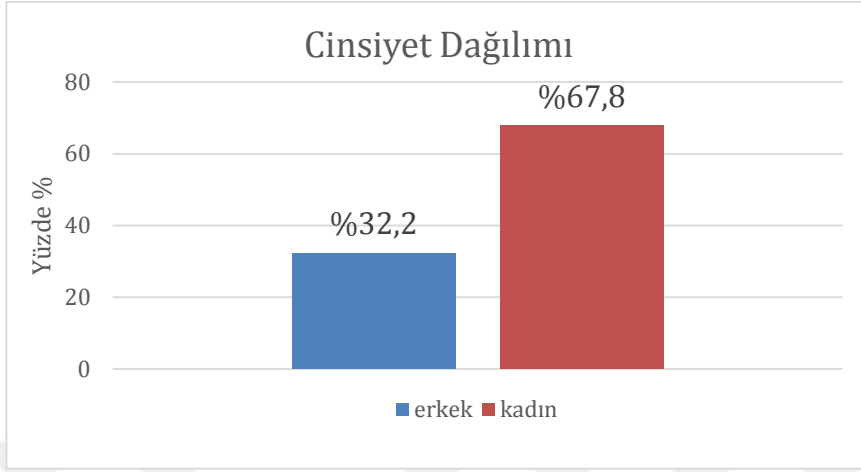
BULGULAR

Hasta Özellikleri

Çalışma grubunda toplam 90 hastaya ait 113 anevrizma değerlendirildi. 5 olguda 3, 13 olguda 2, 71 olguda 1 anevrizma bulunmaktaydı. Hastaların yaşı 19-76 arasında değişmekte olup ortalaması 50,71'dir (SD± 12,70). Yaş gruplarına ait özellikler Tablo-5'te cinsiyete ait özellikler Şekil-17'de belirtilmiştir.

Tablo-5: Yaş gruplarına göre dağılım

Yaş	Sayı (n)	Yüzde(%)
39 ve altı	20	22,2
40-64 arası	51	56,7
65 ve üzeri	19	21,1
Toplam	90	100



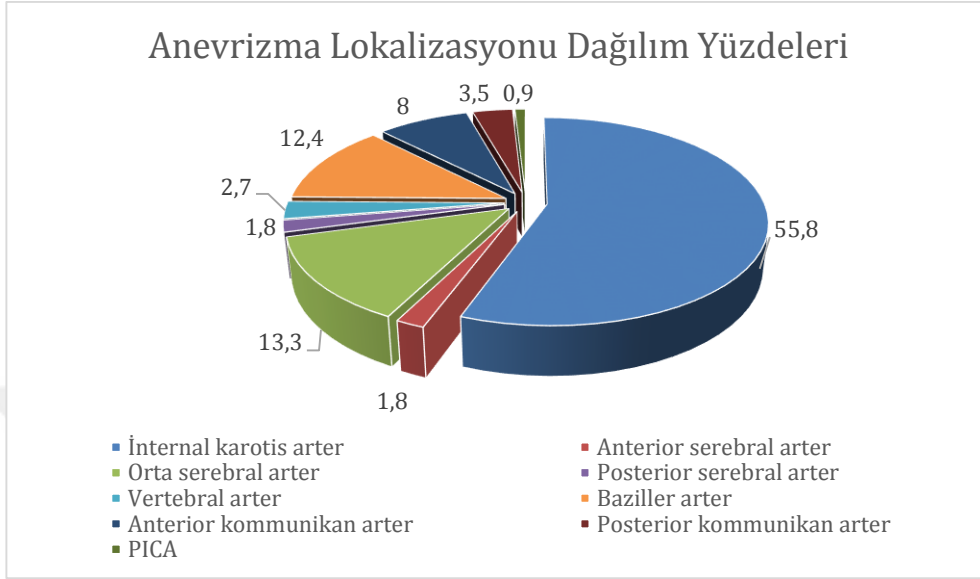
Şekil-17: Cinsiyete göre anevrizma dağılımı

Anevrizma Özellikleri

Anevrizmaların boyutları 2-40 mm arasında değişmektedir. Ortalama anevrizma boyutu 10,28 mm'dir (SD± 6,77). 86 tanesi küçük (%76,1), 22 tanesi büyük (%19,5), 5 tanesi dev anevrizmadır (%4,4). Anevrizmaların 94 tanesi (%83,2) ön sistemde yerleşimli iken, arka sistem yerleşimli anevrizma sayısı 19'dur (%16,8). Anevrizmaların lokalizasyonları şekil-18'de, anevrizma tipleri tablo-7'de belirtilmiştir.

Tablo-6: Anevrizma boyutuna göre sınıflandırma

Boyut	Sayı (n)	Yüzde (%)
Küçük	86	76,1
Büyük	22	19,5
Dev	5	4,4
Toplam	113	100



Şekil-18: Anevrizma lokalizasyonu dağılım yüzdeleri

Tablo-7: Anevrizma Tipleri

Anevrizma Tipleri	Sayı (n)	Yüzde (%)
Sakküler	92	81,4
Fuziform	15	13,3
Fenestre	4	3,5
Dissekan	1	0,9
Blister	1	0,9
Toplam	113	100

Toplamda 94 ön sistem anevrizmasının 72'si (%76,6) kadınlarda, 22'si (%23,4) erkeklerde saptanırken; 19 arka sistem anevrizmasının 11'i (%57,9) erkeklerde, 8'i (%42,1) kadınlarda izlenmektedir. Anevrizma yerleşimleri ile cinsiyet arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır [$\chi^2(1, n=113) = 9,094; p=0,003$] (Tablo-8).

Tablo-8: Cinsiyete Göre Anevrizma Lokalizasyonları

		Anevrizma Lokalizasyonu		Toplam
		Ön Sistem	Arka Sistem	
Cinsiyet	Erkek	22 (%23,4)	11 (%57,9)	33 (%29,2)
	Kadın	72 (%76,6)	8 (%42,1)	80 (%70,8)
Toplam		94 (%100)	19 (%100)	113 (%100)
<i>KiKare Testi: $\chi^2(1, n=113) = 9,094; p=0,003$</i>				

Endovasküler Tedavi Teknikleri

Endovasküler tedavi yapılmış 113 anevrizmada 18 vakada sadece coil işlemi (%15,9), 58 vakada sadece stent (%51,3), 37 vakada ise coil ve stent uygulaması (%32,7) birlikte yapılmıştır (Tablo-9'da belirtilmiştir). Endovasküler tedavi tipine göre oklüzyon oranları tablo-10'da belirtilmiştir.

Tablo-9: Endovasküler tedavi

Tedavi	Sayı (n)	Yüzde (%)
Koil	18	15,9
Stent	58	51,3
Koil ve Stent	37	32,7
Toplam	113	100

Tablo-10: Endovasküler tedavi yöntemine göre anevrizma oklüzyon oranları

	Koil (n (%))	Stent (n (%))	Koil+Stent (n (%))
TOF			
Sınıf 1	17 (%94,4)	51 (%87,9)	29 (%78,4)
Sınıf 2	1 (%5,6)	5 (%8,6)	8 (%21,6)
Sınıf 3	0 (%0)	2 (%3,4)	0 (%0)
Toplam	18 (%100)	58 (%100)	37 (%100)
K-MRA			
Sınıf 1	14 (%77,8)	46 (%79,3)	24 (%64,9)
Sınıf 2	4 (%22,2)	9 (%15,5)	12 (%32,4)
Sınıf 3	0 (%0)	3 (%5,2)	1 (%2,7)
Toplam	18 (%100)	58 (%100)	37 (%100)
THRIVE			
Sınıf 1	4 (%50)	32 (%86,5)	15 (%71,4)
Sınıf 2	4 (%50)	5 (%13,5)	6 (%28,6)
Sınıf 3	0 (%0)	0 (%0)	21 (%100)
Toplam	8 (%100)	37 (%100)	21 (%100)

Tablo-11: TOF ve K-MRA anevrizma oklüzyonları karşılaştırılması

		K-MRA			Toplam
		Sınıf 1	Sınıf 2	Sınıf 3	
TOF	Sınıf 1	83 (%98,8)	14 (%56)	0 (%0)	97 (%85,8)
	Sınıf 2	1 (%1,2)	11 (%44)	2 (%50)	14 (%12,4)
	Sınıf 3	0 (%0)	0 (%0)	2 (%50)	2 (%1,8)
Toplam		84 (%100)	25 (%100)	4 (%100)	113 (%100)

113 olgu değerlendirildiğinde K-MRA ile tam oklüzyon olarak değerlendirilen 84 olgunun 83'ü TOF ile de tam oklüzyon olarak sınıflandırılmıştır, 1 olgu ise rezidü boyun olarak değerlendirildi. Bu olguda anevrizma paraoftalmik yerleşimli olup tedavide akım çevirici stent kullanılmıştır. TOF'ta rezidü boyun saptanması üzerine DSA inceleme yapıldı ve DSA'da rezidü boyun izlendi. 2. yıl DSA kontrolünde anevrizmanın belirgin gerilemekle birlikte milimetrik sebat ettiği izlendi. TOF ile eş zamanlı yapılan K-MRA incelemede sınıf 1 olarak değerlendirilen olgunun venöz overlappinge bağlı olarak izlenmediği tespit edildi.

K-MRA ile rezidü boyun olarak değerlendirilen 25 olgu var iken, TOF ile bu olguların 14'üne tam oklüzyon 11'ine ise rezidü boyun tanısı kondu. K-MRA ile toplam 4 olgu rezidü anevrizma olarak sınıflandırıldı. Bu olguların TOF ile 2'si rezidü boyun, 2'si rezidü anevrizma olarak değerlendirildi. Toplam 96 olguda MRA bulgularında uyum vardır (83+11+2). Genel uyum $96/113=84,96\%$ olarak belirlendi. K-MRA ile TOF arasında istatistiksel olarak anlamlı uyum saptandı ($p<0,001$) ve kappa değeri 0,549 olup orta derecede uyum bulundu (Tablo-11).

Tablo-12: THRIVE ve K-MRA anevrizma oklüzyonları karşılaştırılması

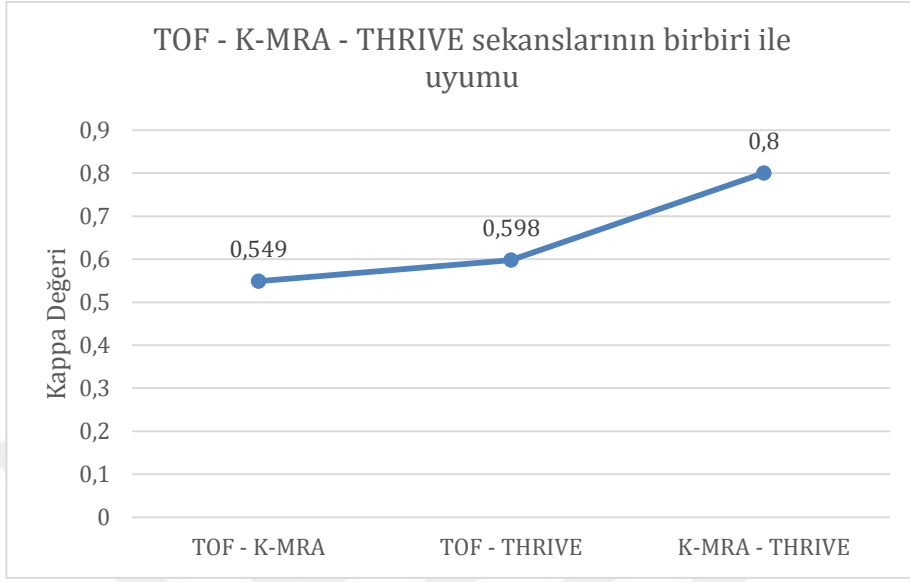
		K-MRA			Toplam
		Sınıf 1	Sınıf 2	Sınıf 3	
THRIVE	Sınıf 1	47 (%97,9)	3 (%17,6)	1 (%100)	51 (%77,3)
	Sınıf 2	1 (%2,1)	14 (%82,4)	0 (%0)	15 (%22,7)
Toplam		48 (%100)	17 (%100)	1 (%100)	66 (%100)

THRIVE sekansı ile değerlendirilen 66 olgu ile K-MRA sekansı bakılan olgular değerlendirildiğinde; K-MRA ile tam oklüzyon olarak değerlendirilen 48 olgunun, 47'sinde THRIVE ile de tam oklüzyon vardı. 1 olgu rezidü boyun olarak değerlendirildi. K-MRA ile rezidü boyun olarak sınıflandırılan 17 olgu var iken, THRIVE ile bu olguların 14'ünde rezidü boyun, 3'ünde tam oklüzyon vardı. K-MRA ile 1 rezidü anevrizma tanısı değerlendirilirken THRIVE ile bu olgu tam oklüzyon olarak değerlendirildi. Toplam 61 (47+14) olguda uyum varken, genel uyum $61/66=92,42\%$ olarak bulundu. K-MRA ile THRIVE arasında istatistiksel olarak anlamlı uyum saptandı ($p<0,001$) ve kappa değeri 0,800 olup mükemmel derecede uyum bulundu (Tablo-12).

Tablo-13: TOF ve THRIVE anevrizma oklüzyonları karşılaştırılması

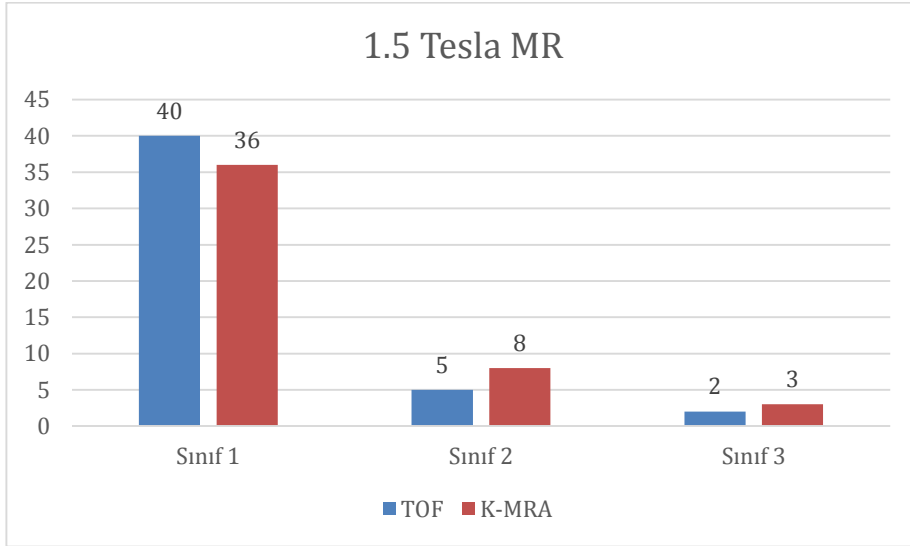
		THRIVE		Toplam
		Sınıf 1	Sınıf 2	
TOF	Sınıf 1	50 (%98)	7 (%46,7)	57 (%86,4)
	Sınıf 2	1 (%2)	8 (%53,3)	9 (%13,6)
Toplam		51 (%100)	15 (%100)	66 (%100)

THRIVE sekansı çalışılan 66 olgunun TOF sekansı ile değerlendirilmesinde; THRIVE ile tam oklüzyon olarak değerlendirilen 51 olgunun 50'si deTOF ile de tam oklüzyon olarak sınıflandırılmıştır. 1 olgu ise rezidü boyun olarak değerlendirildi. THRIVE ile rezidü boyun olarak değerlendirilen 15 olgu, TOF ile değerlendirildiğinde 8'i rezidü boyun, 7'si tam oklüzyon olarak sınıflandırılmıştır. Toplam 58 (50+8) olguda uyum varken, genel uyum $58/66=87,88\%$ olarak bulundu. TOF ile THRIVE arasında istatistiksel olarak anlamlı uyum saptandı ($p<0,001$) ve kappa değeri 0,594 olup orta derecede uyum bulundu (Tablo-13).

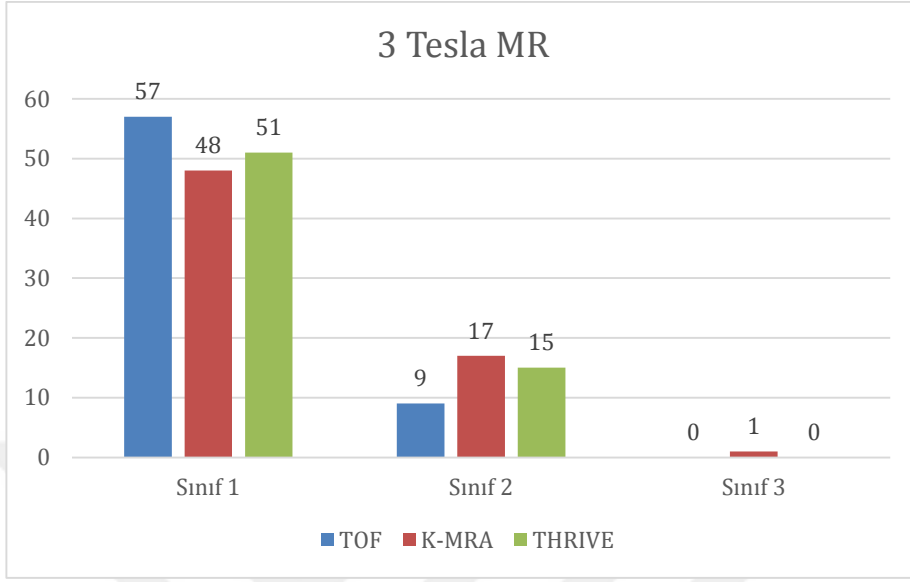


Şekil-19:TOF, K-MRA, THRIVE sekanslarının birbiri ile uyumu

1,5 T ve 3T'da K-MRA ve TOF Sekansları Arasındaki İlişki



Şekil-20: 1,5 T MR anevrizma oklüzyon sayıları



Şekil-21: 3 T MR anevrizma oklüzyon sayıları

1,5 T MR cihazında toplam 47 olgu, 3 T MR cihazında toplam 66 olgu görüntülenmiştir. 1,5 T MR cihazında K-MRA sekansında 36 tam oklüzyon, 11 rezidü akım, TOF sekansında 40 tam oklüzyon, 7 rezidü akım olgusu değerlendirilmiş olup, sekanslar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ($p=0,125$) (Tablo-17). 3 T MR cihazında ise K-MRA sekansında 48 tam oklüzyon, 18 rezidü akım, TOF sekansında 57 tam oklüzyon 9 rezidü akım olarak değerlendirilmiştir. 3 T cihazındaki sekanslar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı olup ($p<0,05$), K-MRA sekansının rezidü akım gösterme durumu TOF sekansına göre daha fazladır (Tablo 15).

Tablo-14: 1.5 T MR'da K-MRA ve TOF ilişkisi

		K-MRA		Toplam
		Sınıf 1	Sınıf 2-3	
TOF	Sınıf 1	36 (%100)	4 (%36,4)	40 (%85,1)
	Sınıf 2-3	0 (%0)	7 (%63,6)	7 (%14,9)
Toplam		36 (%100)	11 (%100)	47 (%100)

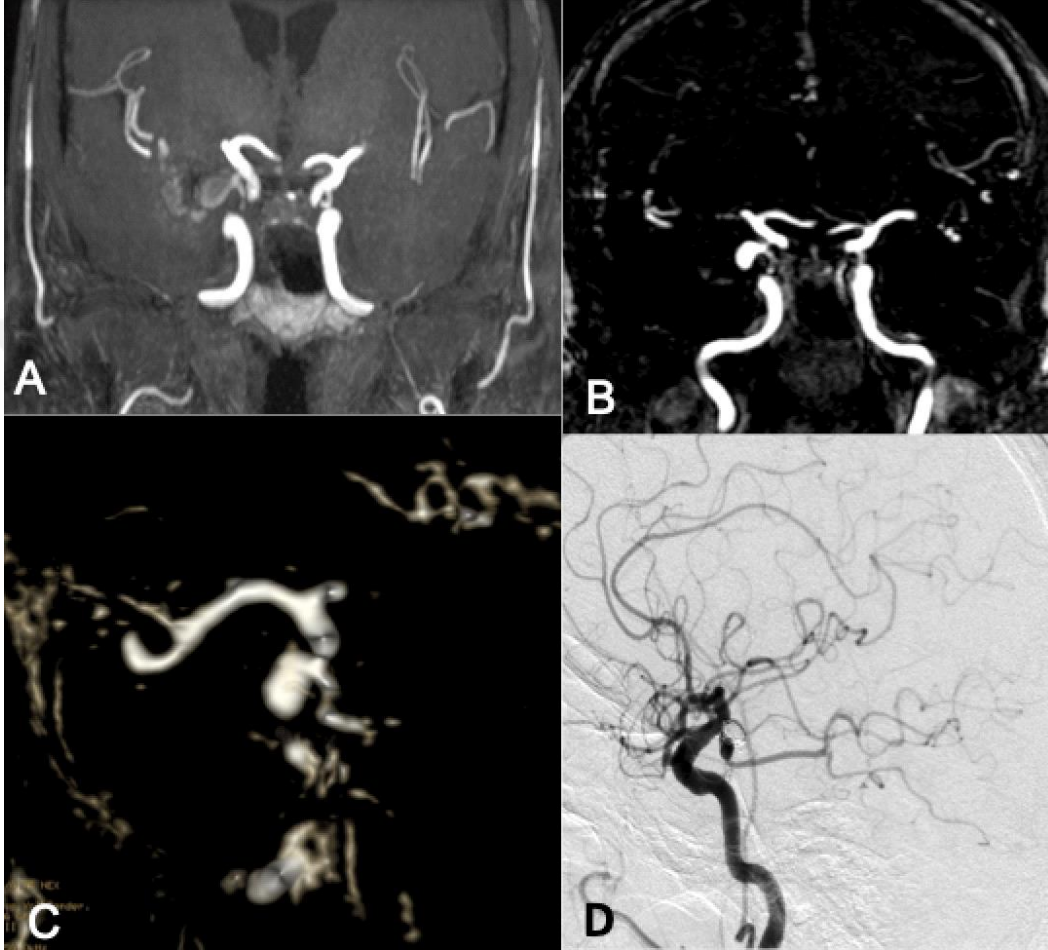
McNemar KiKare Testi: p=0,125

Tablo-15: 3 T MR'da K-MRA ve TOF ilişkisi

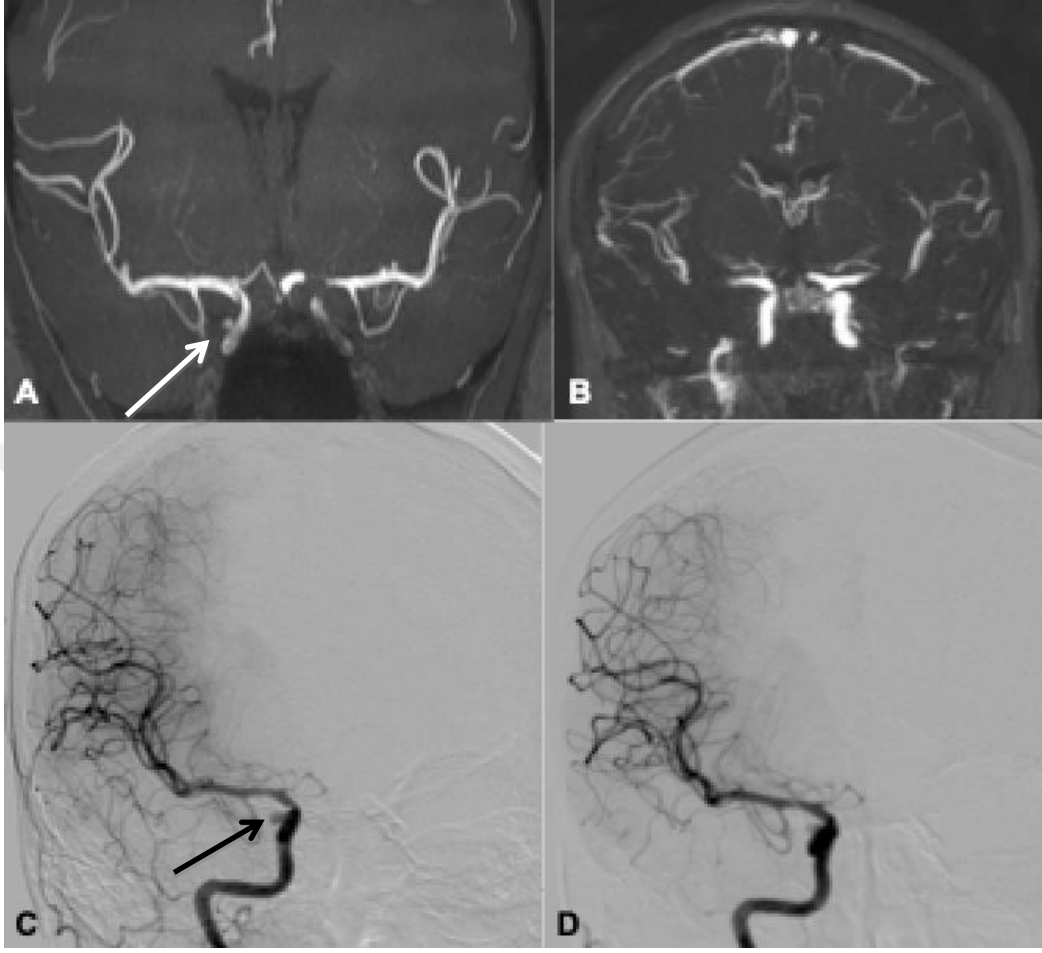
		K-MRA		Toplam
		Sınıf 1	Sınıf 2-3	
TOF	Sınıf 1	47 (%97,9)	10 (%55,6)	57 (%86,4)
	Sınıf 2-3	1 (%2,1)	8 (%44,4)	9 (%13,6)
Toplam		48 (%100)	18 (%100)	66 (%100)

McNemar KiKare Testi: p=0,012

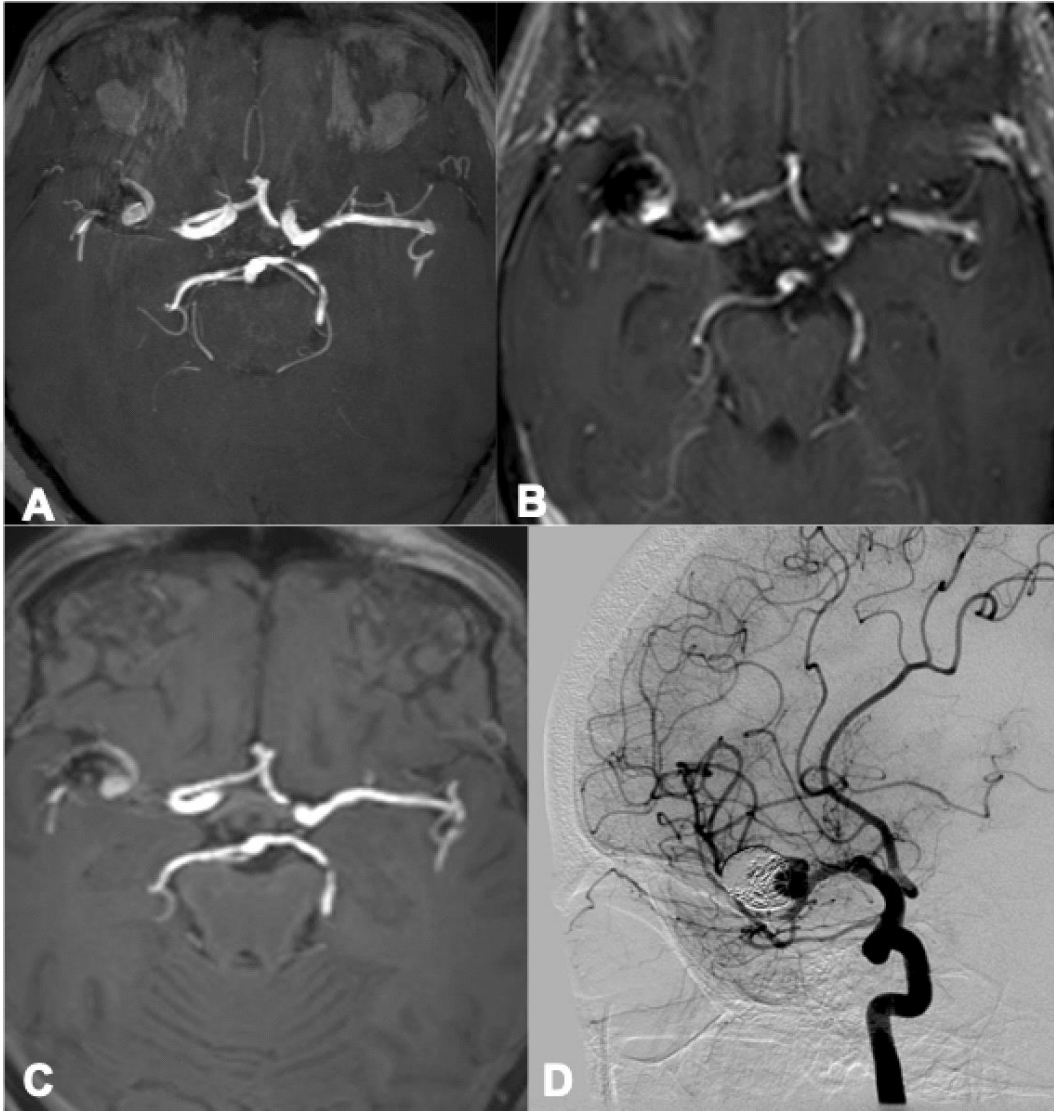
OLGU ÖRNEKLERİ



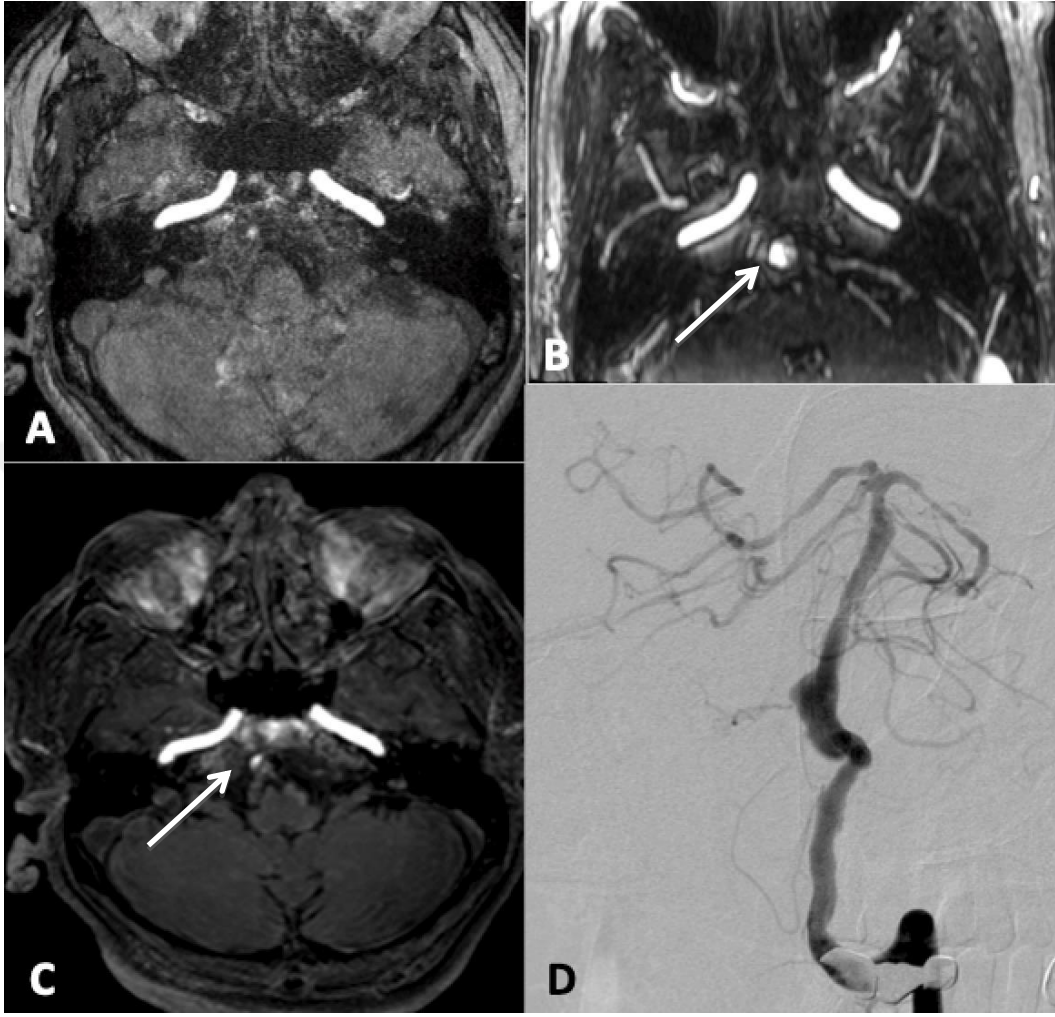
Şekil-22: 74 yaşında erkek hastanın endovasküler tedavi sonrası MRA incelemesinde TOF-MRA koronal MIP görüntüde (A) PKoA anevrizması tam oklüzyon olarak değerlendirilmiştir. K-MRA koronal MIP görüntüde ve VR görüntüde (B ve C) rezidü boyun olarak değerlendirilmiştir. Kontrol DSA incelemede (D) rezidü boyun izlenmektedir.



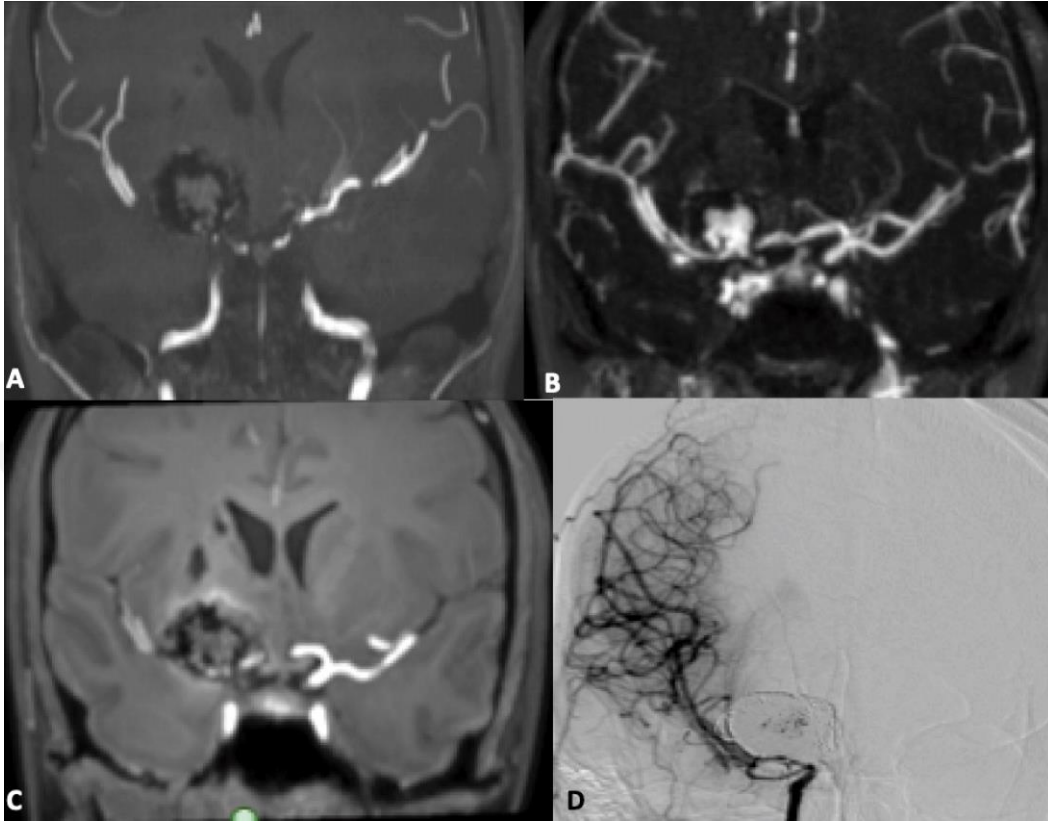
Şekil-23: 42 yaşında kadın hastanın sol İKA paraoftalmik anevrizmaya yönelik endovasküler tedavi sonrası MRA takiplerinde TOF-MRA (A) rezidü boyun izlenmektedir (beyaz ok). K-MRA görüntülerde tam oklüzyon olarak değerlendirildi (B). 1. yıl kontrol DSA'da (C) rezidü boyun izleniyor (siyah ok). 2. yıl DSA kontrolünde anevrizmanın belirgin olarak küçüldüğü izleniyor (D).



Şekil-24: 73 yaşında kadın hastanın sağ OSA M1 segmentinde izlenen anevrizmanın endovasküler tedavi sonrası kontrol MRA incelemelerinde TOF MRA (A)'da rezidü boyun (sınıf 2), K-MRA (B) incelemede rezidü boyun (sınıf 2) THRIVE incelemede (C) rezidü boyun(sınıf 2) olarak değerlendirilmiştir. DSA incelemede rezidü boyun izlenmektedir (D).



Şekil-25: 56 yaşında erkek hastanın baziler trunkus seviyesindeki fuziform aneurizmanın endovasküler tedavisi sonrası MRA takibinde TOF-MRA (A) tam oklüzyon(sınıf 1), K-MRA (B) rezidü boyun (sınıf 2, beyaz ok), THRIVE (C) rezidü boyun olarak değerlendirilmiştir (beyaz ok). AP DSA (D) görüntüde rezidü boyun (sınıf 2) izlenmektedir.



Şekil-26: 19 yaşındaki kadın hastanın sağ OSA M1 segmenti seviyesinde izlenen dev anevrizmanın (25 mm) endovasküler tedavi sonrası takiplerinde TOF-MRA (A) tam oklüzyon (sınıf 1), K-MRA (B), rezidü dolum (sınıf 2), THRIVE (C) tam oklüzyon (sınıf 1) olarak değerlendirilmiştir. 2. yıl kontrol DSA (D) incelemesinde anevrizmanın tam oklüzyonu izlenmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

İntrakraniyal anevrizmaların tedavisinde cerrahi müdahalenin yerine gerçek bir alternatif tedavi yöntemi olan endovasküler tedavinin hergün yeni çalışmalar ve kanıtlarla uygulanma sıklığının artması beklenmektedir (48).

Endovasküler anevrizmaların tedavisinde koil ve stent olmak üzere 2 temel yöntem kullanılmaktadır (49). Tedavi edilmiş anevrizmaların nüks-rezidüler açısından takip edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla birkaç temel modalite akla gelmektedir. Çok yaygın bir şekilde kullanılan DSA invaziv prosedür işlemlerinin getirdiği komplikasyonlar, iyotlu kontrast madde kullanımına bağlı reaksiyonlar, iyonizan radyasyon gibi riskler taşımaktadır. BT anjiyografi metalik stent ve koile bağlı artefaktların olması, nüks ya da rezidüleri değerlendirme konusunda dezavantaj oluşturması nedeniyle takiplerde genelde pek tercih edilmemektedir (50). Kontrastlı ya da kontrastsız yapılan MR anjiyografi incelemesi iyonizan radyasyon içermemesi, daha az invaziv yöntem olması ve DSA ile ilişkili komplikasyonların olmaması nedeniyle endovasküler tedavisi yapılmış anevrizmaların takiplerinde sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir (51,52).

Endovasküler tedavinin temeli olan koile ek olarak yapılan stent tedavisi ya da sadece akım çevirici stent tedavisi ana arterden anevrizma içerisine akımı azaltmada başlıca kullanılan endovasküler tedavi yöntemidir. Nitinolden yapılan stentlerde MRA incelemede stent içi sinyal gösterilebilirken paslanmaz çelik kullanılan stentlerde (nitinol-kobalt gibi) söz konusu stent lümeni içerisinde ve çevresinde sinyal kaybı izlenmektedir bu durum anevrizma kesesini değerlendirmeyi zorlaştırabilmektedir (49). Bizim çalışmamızda sadece stent kullanılan 58 olgu (%51,3), koil ve stent uygulaması yapılmış 37 olguda (%32,7) sınıflamada herhangi bir olumsuzluk saptanmadı.

MRA incelemesinin kontrastlı şekilde yapılması anevrizmal kese içerisine akımın daha doğru bir şekilde görüntülenmesini sağlamaktadır. Venöz

yapılarda izlenen kontrastlanma bu duyarlılığı düşürmez. K-MRA'nın bir diğer avantajı daha kısa TE süresi ve manyetik duyarlılık artefaktlarının daha az olmasıdır (49). Bazı çalışmalarda K-MRA'nın TOF-MRA'dan daha iyi olduğu gösterilmiştir. Leclerc ve arkadaşlarının yaptığı koillenmiş AkoA anevrizmalarının takibinde rezidü boyun saptamada K-MRA sensitivitesi %100, TOF-MRA için %60 olarak bulunmuştur. Ayrıca K-MRA tedavi edilmiş dev anevrizmaların rekanalizasyonlarını TOF-MRA'dan daha iyi gösterebilmektedir. Dev ya da tromboze anevrizmalar düşük akım nedeniyle 3D TOF yöntemiyle uygun bir şekilde görüntülenemeyebilir. Bu anevrizmalarda spin eko sekansı ile birlikte elde edilen MRA görüntülerinde daha iyi tanımlanabilmektedir. K-MRA tromboze ve dev anevrizmalarda görülen bu problemi kaldırmaktadır. Çünkü IV verilen kontrast madde anevrizma lümenini doldurmaktadır (13). Bizim çalışmamızda toplam 5 dev anevrizma mevcut idi. Sadece 1 vakada K-MRA ile sınıf 2, TOF-MRA ile sınıf 1 olarak değerlendirilmiştir. Aynı anevrizma THRIVE ile değerlendirildiğinde sınıf 1 olarak nitelendirilmiştir. K-MRA DSA ile karşılaştırıldığında aynı hasta grubunda çok iyi bir korelasyona sahip olduğu gösterilmiştir (53-56). Çalışmamızda 113 anevrizmanın hepsine K-MRA inceleme yapılmıştır.

Literatürde endovasküler anevrizma tedavisi sonrasında yapılan MR anjiyografi çalışmaları çoğunlukla DSA'nın altın standart kabul edilerek sensitivite, spesifisite ölçülerek yapılmaktadır (53,57,58). Ancak bunun dışında sadece K-MRA ve TOF yöntemi kullanılıp takiplerde DSA'nın altın standart kabul edilmediği çalışmalar da mevcuttur. Shankar J. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada koillenmiş 134 anevrizma K-MRA ile 3 ay, 15 ay, 3. ve 5. yıllarda takipleri yapılmıştır. Gradeleme için DSA ile herhangi bir karşılaştırma yapılmamıştır (59). Bu ve bunun gibi çalışmalar uzun dönem MRA takibi yapılabilirliği öngörme açısından önemlidir (59-61). Ayrıca bu çalışmada K-MRA'nın DSA ile karşılaştırıldığında sınıflandırma açısından daha üstün olabileceği vurgulanmaktadır. Örneğin izlemde endovasküler tedavi edilmiş bir anevrizmanın DSA kontrolünde tam oklüzyon (sınıf 1) olarak nitelendirilebilecek

durumun K-MRA ile rezidü boyun olarak (sınıf 2) raporlanabileceği belirtilmektedir. Bu durumun DSA ile karşılaştırıldığında K-MRA'nın tekniği ve fizik prensipleri nedeniyle olabileceği belirtilmiştir. Bir başka vurgulanan konu ise K-MRA'nın bu çalışmada anevrizma boyun nüks-rezidülerinin DSA'dan daha doğru bir şekilde değerlendirildiği vurgusudur (59). Departmanımızda tedavi takiplerini çoğunlukla MRA olarak yapmaktayız. Bizim çalışmamızda da DSA altın standart kabul edilmemiş olup farklı MRA sekansları kendi içerisinde karşılaştırılmıştır.

Literatürde endovasküler tedavi sonrası takiplerde tam oklüzyon oranları %50 civarındadır (54-57). Ancak bu çalışmalar koillenmiş anevrizmalar için geçerlidir. Stent tedavisi yapılan hastalar çalışmaya alınmamıştır. Bizim çalışmamızda 133 vakanın K-MRA'da 84'ü tam oklüzyon (%74), TOF-MRA'da 83'ü tam oklüzyon (%74) olarak sınıflandırılmıştır. THRIVE sekansı bakılan 66 vakada 51 vaka tam oklüzyon (%77) olarak değerlendirilmiştir. Bu vakaların hepsinde coil ya da stent uygulaması yapılmıştır. Coil uygulanan olgularda TOF-MRA'da tam oklüzyon oranı %94,4 K-MRA'da tam oklüzyon oranı %77,8, THRIVE sekansında tam oklüzyon oranı %50 olarak ölçülmüştür. Sadece stent uygulanan hastalarda TOF-MRA'da tam oklüzyon oranı %87,9 K-MRA'da tam oklüzyon oranı %79,3 THRIVE sekansında tam oklüzyon oranı %86,5 olarak hesaplanmıştır.

Kauffmann T ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 58 hastadaki 63 anevrizmanın prospektif takibi ve DSA ile 1,5 T'de yapılan TOF ve K-MRA, 3 T'de yapılan TOF ve K-MRA'nın karşılaştırılmasında herhangi bir anevrizma rezidüsünü değerlendirmede 1,5 T ve 3 T arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı belirtilmiştir (62). Hendrik ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada DSA ile karşılaştırıldığında 3 T MR'de yapılan TOF-MRA incelemenin 1,5 T MR'de yapılan TOF-MRA incelemesinden rezidü-nüksleri belirlemek açısından daha duyarlı olduğu gösterilmiş ancak bu durumun istatistiksel bir önemi gösterilememiştir (63). Teorik olarak 1,5 T ve 3 T karşılaştırıldığında sinyal/gürültü oranı manyetik alanla doğrusal bir şekilde arttığından 3 T'de 1,5

T'nin 2 katı kabul edilebilir. Ek olarak 3 T MR'de daha uzun T1 relaksasyon süreleri nedeniyle beyin dokusunun sinyal yoğunluğunun baskılanması böylece arteriyel vasküler yapıların tanımlanması daha belirgin olmaktadır (63). 3T'de izlenen yüksek sinyal gürültü oranı daha yüksek kontrast çözünürlük ve daha yüksek uzaysal çözünürlük demektir. Bu da koillenmiş küçük anevrizma rezidü-nükslerini değerlendirmek açısından teorik olarak önemlidir (63). Gerçekten de koillenmemiş intrakraniyal anevrizmaların görüntü kalitesinin 1,5 T'ye göre 3 T'de TOF-MRA'da üstün olduğu gösterilmiştir (63). 3 T MR'nin bu kadar avantajına rağmen artmış sinyal gürültü oranı aynı zamanda artmış artefaktlar anlamına da gelmektedir. Koillenmiş anevrizmaların duyarlılık değişkenliklerini etkilemektedir. Bu da küçük anevrizma nüks-rezidülerini değerlendirme açısından önemlidir (63). Bizim çalışmamızda 1,5 T MR cihazında toplam 47 olgu, 3 T MR cihazında toplam 66 olgu görüntülenmiştir. 1,5 T MR cihazında K-MRA sekansında 36 tam oklüzyon, 11 rezidü akım, TOF sekansında 40 tam oklüzyon, 7 rezidü akım değerlendirilmiş olup, sekanslar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ($p=0,125$) (Tablo-17). 3 T MR cihazında ise K-MRA sekansında 48 tam oklüzyon, 18 rezidü akım, TOF sekansında 57 tam oklüzyon 9 rezidü akım değerlendirilmiştir. 3 T cihazındaki sekanslar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı olup ($p<0,05$), K-MRA sekansının rezidü akım gösterme durumu TOF sekansına göre daha fazladır.

Kauffman T ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada uygun koşullarda yapılmış TOF-MRA ve K-MRA incelemenin DSA'ya göre oklüzyonu değerlendirmede performansının daha iyi olması DSA takibi olmadan endovasküler olarak tedavi edilmiş anevrizmaları MRA ile güvenli bir şekilde noninvaziv olarak takip edilmesine olanak sağlaması açısından önemlidir. Bu konuda destekleyici olarak bazı otörlerin çalışmaları da koillenmiş anevrizmalarda TOF-MRA'nın DSA'dan daha duyarlı olduğu yönündedir (63-67). Kauffman T. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada sınıf 2 ya da sınıf 3 olarak kabul edilen anevrizma rezidü ya da nüksünü değerlendirmede sensitivite yeterli derecede bulunmuştur. TOF-MRA yapılması koil yükünü daha iyi tanımlamakta

herhangi bir nedenle daha az kontrastla inceleme yapılabilecek K-MRA için tedavi değerlendirme açısından incelemeyi anlamlı kılmakta ve böylece takip incelemeye değer katmaktadır (62). Leclerc ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada AKoA anevrizmalarının tedavi sonrası takibinde K-MRA ve DSA arasında çok yüksek bir uyum saptanmıştır. Bu çalışmada rezidü boyun saptamada K-MRA sensitivitesi %100, TOF MRA'da ise %60 olarak bulunmuştur (53). Kewe ve arkadaşlarının yaptığı geniş çaplı meta-analizde çalışmasında TOF-MRA ve K-MRA için spesifisite oranları sırasıyla %90 ve %91.9 olarak bulunmuştur (68).

Anzalone ve arkadaşları koillenmiş 54 anevrizmanın 3 T MR'da 3 boyutlu TOF-MRA ve K-MRA karşılaştırdığı prospektif çalışmada rezidüel patensiyi göstermede K-MRA, TOF-MRA'dan istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. TOF-MRA incelemede soliter dev anevrizmaya ek olarak 5 anevrizma için sinyal kaybı bulguları manyetik duyarlılık etkileri, doku satürasyon etkileri ve anevrizma lokalizasyonundan kaynaklandığı düşünülmüştür. Bu vakalarda K-MRA rezidü-nüksü belirlemede daha önemli hale gelmiştir. Duyarlılık artefaktı özellikle küçük voksel seçiminde ve yüksek tesla gücünde daha belirgin hale gelmektedir. TOF-MRA'nın bir başka dezavantajı subakut-kronik dönem trombüsün methemoglobine bağlı "shine through" etkisi nedeniyle rezidü-nüksü değerlendirmede kısıtlı kalmasıdır (61). Bizim çalışmamızda toplam 5 dev anevrizma mevcut idi. Sadece 1 olguda K-MRA ile sınıf 2, TOF-MRA ile sınıf 1 olarak değerlendirilmiştir. Aynı anevrizma THRIVE ile değerlendirildiğinde sınıf 1 olarak nitelendirilmiştir.

Yamada N ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada koillenmiş 39 anevrizmada rezidü dolumu (sınıf 2 ve sınıf 3) göstermede 3D TOF'un DSA'dan daha sensitif olduğu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu durumun gerekçesi olarak koillenmiş anevrizmanın değerlendirmesinde artefaktif görünüm, koilin kitle etkisi ve rezidü dolumun net olarak anlaşılabilmesi gösterilmektedir (69). Çalışmamızda DSA ile karşılaştırma yapılmadığından bu bulgular açısından değerlendirme yapılamamıştır.

Bu çalışmada literatüre ek olarak THRIVE sekansını TOF ve K-MRA ile karşılaştırdık. THRIVE sekansı bakılan 66 olgu ile K-MRA sekansı bakılan olgular değerlendirildiğinde; K-MRA ile tam oklüzyon olarak değerlendirilen 48 olgunun, 47'si THRIVE ile de tam oklüzyon olarak sınıflandırılırken, 1 olgu rezidü boyun olarak değerlendirilmiştir. K-MRA ile rezidü boyun olarak sınıflandırılan 17 olgu var iken, THRIVE ile bu olguların 14'ü rezidü boyun, 3'ü de tam oklüzyon olarak sınıflandırılmıştır. K-MRA ile 1 rezidü anevrizma tanısı değerlendirilirken THRIVE ile bu olgu tam oklüzyon olarak değerlendirildi. Toplam 61 (47+14) olguda uyum varken, sekanslar arası genel uyum $61/66=92,42\%$ olarak bulundu. K-MRA ile THRIVE arasında istatistiksel olarak anlamlı uyum saptandı ($p<0,001$) ve kappa değeri 0,800 olup mükemmel derecede uyum bulundu. THRIVE sekansı TOF-MRA sekansı ile değerlendirilmesinde; THRIVE ile tam oklüzyon olarak değerlendirilen 51 olgunun 50'si deTOF ile de tam oklüzyon olarak sınıflandırılmıştır. 1 olgu ise rezidü boyun olarak değerlendirildi. THRIVE ile rezidü boyun olarak değerlendirilen 15 olgu, TOF-MRA ile değerlendirildiğinde 8'i rezidü boyun, 7'si rezidü nüks yok olarak sınıflandırılmıştır. Toplam 58 (50+8) olguda uyum varken, genel uyum $58/66=87,88\%$ olarak bulundu. TOF-MRA ile THRIVE arasında istatistiksel olarak anlamlı uyum saptandı ($p<0,001$) ve kappa değeri 0,594 olup orta derecede uyum bulundu. Kontrastsız yapılan THRIVE sekansının K-MRA ile mükemmel derecede uyum göstermesi kontrastsız sekansların anevrizma nüks-rezidüsünü saptama açısından değerli bir bulgudur. THRIVE sekansı SENSE, geniş hacimli ve homojen yağ baskılamayı birleştiren optimize edilmiş, hızlı, T1 ağırlıklı bir 3D görüntüleme tekniğidir. 3D T1 ağırlıklı görüntüleme özellikle karaciğer, batin içi organların, ince barsak, meme, prostat ve pankreasın kontrastlı görüntülemesini sağlayan hızlı yüksek çözünürlüklü taramalar sağlayan paralel sinyal toplama tekniklerinin kullanıldığı bir yöntemdir. THRIVE sekansı kısa soluk tutma sürelerinde yüksek rezolüsyonlu izotropik görüntüler sağlayarak dinamik karaciğer MR incelemesinde uygun görüntüler sağlar. Kontrast uygulaması sonrası THRIVE sekansı memede dinamik incelemede ya

da kontrastsız olarak nöroanatomik yapıların detaylı görüntülenmesini sağlayan önemli bir tekniktir. Yağ baskılama olması manyetik duyarlılık artefaktlarını azaltmış olup coil ya da stentin neden olabileceği artefaktları minimize edebilir. Tartari ve arkadaşları karotis arter ekstrakraniyal segmentindeki plakları görüntülemeye THRIVE sekansını kontrastsız ve kontrastlı olarak K-MRA şeklinde görüntülemiştir (14). Literatürde THRIVE sekansının intrakraniyal anevrizmalarla kullanıldığı bir yayına rastlamadık. Yaptığımız çalışmada THRIVE ve K-MRA arasında bulduğumuz mükemmel derecede uyum kontrastsız yapılabilen THRIVE incelemenin neredeyse K-MRA ile benzer sonuçlar vermesi açısından önemlidir. THRIVE inceleme böbrek fonksiyon bozukluğu olan olgularda güvenle uygulanabilir ve kontrast maddenin beraberinde getireceği alerjik reaksiyonlar, nefrojenik sistemik fibrozis gibi riskleri tamamen ortadan kaldırmaktadır. Venöz yapılarda hiperintens görünüm özellikle kontrast zamanlaması uygun olmayan K-MRA incelemede izlenebildiği gibi entry slice fenomeni ya da flow related enhancement oklüzyon gradelemesinde venöz overlapping oluşturduğundan dezavantaj oluşturabilmektedir (70). Bu durum özellikle kafa tabanı düzeyinde ve OSA anevrizmalarında daha belirgin hale gelmektedir. THRIVE sekansında da benzer özellikte venöz overlapping görülebilmektedir. Yaptığımız çalışma THRIVE sekansının intrakraniyal anevrizmalarda uygulanabilirliğini göstermek açısından oldukça önemlidir. Ancak bu konuda daha geniş kapsamlı yapılacak çalışmalara ihtiyaç vardır.

Çalışmamızın bazı kısıtlılıkları bulunmaktadır. MRA incelemenin DSA ile karşılaştırılmanın yapılmaması, olgu sayısının azlığı, tedavi sonrası takip süreçleri ve anevrizma oklüzyon oranlarında olabilecek değişimlerin hesaplanmaması sayılabilir. Ayrıca çalışmamızda stent tipine göre (nitinol, nitinol-kobalt) sınıflandırma yapmadık. Bu nedenle kullanılan stent tipine göre MRA sonuçlarının nasıl etkileneceğini bilmiyoruz. Bu konuda farklı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak; endovasküler anevrizma tedavisi yapılan intrakraniyal anevrizmaların takibinde MRA invaziv olan DSA'ya göre önemli bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Çalışmamızda standart MRA incelemesine ek olarak THRIVE sekansı da kullandık. THRIVE sekansı ve K-MRA arasında kappa analizinde genel uyum oranı %92,42 olarak bulunmuş olup mükemmel derecede uyum saptanmıştır ($p < 0,001$). Bu konuda destekleyici çalışmalara ihtiyaç vardır.



KAYNAKLAR

1. Suzuki S, Kayama T, Sakurai Y, et al: Subarachnoid hemorrhage of unknown cause. *Neurosurgery* 1987; 21:310-3.
2. Johnston SC, Selvin S, Gress DR. The burden, trends, and demographics of mortality from subarachnoid hemorrhage. *Neurology* 1998; 50(5):1413-8.
3. Fogelholm R, Hernesniemi J, Vapalahti M. Impact of early surgery on outcome after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. A population-based study. *Stroke* 1993; 24(11):1649-54.
4. Broderick JP, Brott TG, Duldner JE, Tomsick T, Leach A. Initial and recurrent bleeding are the major causes of death following subarachnoid hemorrhage. *Stroke* 1994; 25(7):1342-7.
5. Guglielmi G, Vinuela F, Dion J, Duckwiler G. Electrothrombosis of saccular aneurysms via an endovascular approach. Part 2: preliminary clinical experience. *J Neurosurg.* 1991; 75:8–14.
6. Molyneux A, Kerr R, Stratton I, et al. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) Collaborative Group. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised trial. *Lancet.* 2002; 360(9342):1267-74.
7. Cognard C, Weill A, Castaings L, et al. Intracranial berry aneurysms: angiographic and clinical results after endovascular treatment. *Radiology* 1998; 206:499–510.
8. Cognard C, Weill A, Spelle L, et al. Long-term angiographic follow-up of 169 intracranial berry aneurysms occluded with detachable coils. *Radiology* 1999; 62:348– 56.
9. Raymond J, Guilbert F, Weill A, et al. Long-term angiographic recurrences after selective endovascular treatment of aneurysms with detachable coils. *Stroke* 2003; 34(6):1398-403.
10. Molyneux AJ, Kerr RS, Yu LM, et al. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) Collaborative Group. International subarachnoid aneurysm trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised comparison of effects on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups, and aneurysm occlusion. *Lancet.* 2005; 366(9488):809-87.
11. Berteloot D, Leclerc X, Leys D, et al. Cerebral angiography: A study of complications of 450 consecutive patients [in French]. *J Radiol* 1999; 80: 843–8.
12. Wilms G, Bosmans H, Demaerel P, Marchal G. Magnetic resonance angiography of the intracranial vessels. *Eur J Radiol* 2001; 38:10-8.
13. Kapsalaki Z, Rountas D. The Role of 3 Tesla MRA in the Detection of

- Intracranial aneurysms. *International Journal of Vascular Medicine* 2012; 10:792-834.
14. Tartari S, Rizzati R. High-Resolution MRI of Carotid Plaque With a Neurovascular Coil and Contrast-Enhanced MR Angiography: One-Stop Shopping for the Comprehensive Assessment of Carotid Atherosclerosis. *AJR* 2011; 196:1164-71.
 15. Osborn A. *Brain imaging pathology and anatomy*. 2nd edition. Philadelphia: Elsevier; 2017. 100-315
 16. Osborn A. *Diagnostic Cerebral Angiography*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins. 1999; 83-217.
 17. Schievink W. Intracranial aneurysms. *The New England Journal of Medicine*; 1997; 336:28-40.
 18. Mandell J. *Core Radiology* Cambridge 2013. 200-517.
 19. Gabriel J.E, Mamuka D. Prevalence and Risk of Rupture of Intracranial Aneurysms A Systematic Review. *Stroke* 1998; 29:251-6.
 20. Stehbens WE: *Pathology of the cerebral blood vessels*. St. Louis: Mosby, 1972:351-470.
 21. Inagawa T, Hada H, Katoh Y: Unruptured intracranial aneurysms in elderly patients. *Surg Neurol* 1992; 38:364-70.
 22. Stehbens WE. The pathology of intracranial arterial aneurysms and their complications. In: Fox JL, ed. *Intracranial aneurysms*. Vol. 1. New York: Springer-Verlag, 1983; 272-357.
 23. Austin G, Fisher S, Dickson D, Anderson D, Richardson S. The significance of the extracellular matrix in intracranial aneurysms. *Ann Clin Lab Sci* 1993; 23:97-105.
 24. Wagner M, Stenger K. Unruptured intracranial aneurysms: Using evidence and outcomes to guide patient teaching. *Crit Care Nurs Q* 2005; 28:341-54.
 25. Baert AL, Knauth M. *Intrakcranial vascular malformations and aneurysms*. second revised edition. Springer 2010; 2-300.
 26. Schievink WI, Michels VV, Piepgras DG. Neurovascular manifestations of heritable connective tissue disorders: a review. *Stroke* 1994; 25:889-903.
 27. Schievink WI, Schaid DJ, Rogers HM, Piepgras DG, Michels VV. On the inheritance of intracranial aneurysms. *Stroke* 1994; 25:2028-37.
 28. Kassell NF, Torner JC, Haley EC Jr, Jane JA, Adams HP, Kongable GL. The international cooperative study on the timing of aneurysm surgery. Part 1. Overall management results. *J Neurosurg* 1990; 73:18–36.
 29. Juvela S. Natural history of unruptured intracranial aneurysms: risks for aneurysm formation, growth, and rupture. *Acta Neurochir Suppl* 2002; 82: 27–30.
 30. Setton A, Davis AJ, Bose A, Nelson PK, Berenstein A. Angiography of cerebral aneurysms. *Neuroimaging Clinics of North America*. 1996; 6(3): 705-38.
 31. Raps EC, Rogers JD, Galetta SL, et al. The clinical spectrum of unruptured intracranial aneurysms. *Arch Neurol*. 1993; 50(3):265-8.

32. Wiebers DO, Whisnant JP, Sundt TM Jr, O'Fallon WM. The significance of unruptured intracranial saccular aneurysms. *J Neurosurg.* 1987; 66(1):23-9.
33. D'Souza S, MBSS. Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *J Neurosurg. Anesthesiol* 2015; 27:222-40.
34. Keeddy A. An overview of intracranial aneurysms *MJM* 2006; 9(2):141-6.
35. Mocco j, Ajay G. Association Between Unruptured Intracranial Aneurysms and Downstream Stroke. *Neurosurgery* 2018; 82:491–6.
36. Petridis A, Marcel A. Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *Dtsch Arztebl Int* 2017; 114:226–36.
37. Daniere F, Gascou G. Complications and follow up of subarachnoid hemorrhages. *Diagnostic and Interventional Imaging* 2015; 96:677-86.
38. Edlow J. Diagnosis of Subarachnoid hemorrhages. *Nörocritical Care* 2005; 2:99-109.
39. Shankar J, Lum C. Long-Term Prospective Follow-Up of Intracranial Aneurysms Treated with Endovascular Coiling Using Contrast-Enhanced MR Angiography *AJNR Am J Neuroradiol* 2010; 31:1211–5.
40. Agid R, Schaaf M. CE-MRA for Follow-up of Aneurysms Post Stent-Assisted Coiling. *Interventional Neuroradiology* 2012; 18:275-83.
41. Stafa A, Leonardi M. Role of Neuroradiology in Evaluating Cerebral Aneurysms. *Interventional Neuroradiology* 2008; 14:23-37.
42. Charles B, Majoie M. MR Angiography at 3T versus Digital Subtraction Angiography in the Follow-up of Intracranial Aneurysms Treated with Detachable Coils. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005; 26:1349-56.
43. Gasparotti R, Liserre R. Intracranial aneurysms. *Eur Radiol* 2005; 15:441–7.
44. Jiang B, Paff M. Cerebral aneurysm treatment: modern neurovascular techniques. *Stroke and Vascular Neurology* 2016; 25:1127-36.
45. Ulutabanca H, Kurtsoy A. Serebral Anevrizmalarda Endovasküler Tedavi. *Türk Nöroşirurji Dergisi* 2018; 28(1):16-21.
46. Pedro J, Xavier J. Endovascular treatment of intracranial aneurysms: review of prognostic factors. *Junho* 2017. 125-217.
47. Roy D, Milot G, Raymond J. Endovascular treatment of unruptured aneurysms. *Stroke* 2001; 32(9):1998-2004.
48. Molyneux A, Kerr R. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomized trial. *Lancet* 2002; 360:1267–74.
49. Lövblad K, Yilmaz H. Intracranial Aneurysm Stenting: Follow-Up With MR Angiography. *J Magn Reson Imaging.* 2006; 24(2):418-22.
50. Trossbach M, Hartmann M, Braun C, Sartor K, Hahnel S. Small vessel stents for intracranial angioplasty: in vitro evaluation of in-stent stenoses using CT angiography. *Neuroradiology* 2004; 46:459-63.
51. Gonner F, Lovblad KO, Heid O, et al. Magnetic resonance angiography with ultrashort echo times reduces the artefact of aneurysm clips.

- Neuroradiology 2002; 44:755-8.
52. Gonner F, Heid O, Remonda L, et al. MR angiography with ultrashort echo time in cerebral aneurysms treated with Guglielmi detachable coils. *AJNR Am J Neuroradiol* 1998; 19:1324-8.
 53. Leclerc X, Navez J. Aneurysms of the anterior communicating artery treated with Guglielmi detachable coils: follow-up with contrast enhanced MR angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002; 23:1121-7.
 54. Cottier J, Bleuzen-Couthon A, Gallas S, et al. Intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coils: is contrast material necessary in the follow-up with 3D time-of-flight MR angiography? *AJNR Am J Neuroradiol* 2003; 24:1797-803.
 55. Pierot L, Delcourt C. Follow-up of intracranial aneurysms selectively treated with coils: prospective evaluation of contrast enhanced MR angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006; 27:744-9.
 56. Anzalone N, Scomazzoni F. Follow-up of coiled cerebral aneurysms at 3T: comparison of 3D time-of-flight MR angiography and contrast-enhanced MR angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008; 29:1530-6.
 57. Gauvrit J, Leclerc X, Pernodet M, et al. Intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coils: usefulness of 6-month imaging follow-up with contrast-enhanced MR angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005; 26:515-21.
 58. Agid R, Willinsky RA, Lee SK, et al. Characterization of aneurysm remnants after endovascular treatment: contrast-enhanced MR angiography versus catheter digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008; 29:1570-4.
 59. Shankar J, Lum C. Long-Term Prospective Follow-Up of Intracranial Aneurysms Treated with Endovascular Coiling Using Contrast-Enhanced MR Angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2010; 31:1211-5.
 60. Wallace R, Karis J. Noninvasive Imaging of Treated Cerebral Aneurysms, Part I: MR Angiographic Follow-Up of Coiled Aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007; 28:1001-8.
 61. Anzalone N, Scomazzoni F. Follow-Up of Coiled Cerebral Aneurysms at 3T: Comparison of 3D Time-of-Flight MR Angiography and Contrast-Enhanced MR Angiography. *AJNR* 2008; 29:1530-6.
 62. Kaufmann T, Huston J. A Prospective Trial of 3T and 1.5T Time-of-Flight and Contrast-Enhanced MR Angiography in the Follow-Up of Coiled Intracranial Aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 2010; 31:912-8.
 63. Hendrik B, Killenberg K. No advantage of time-of-flight magnetic resonance angiography at 3 Tesla compared to 1.5 Tesla in the follow-up after endovascular treatment of cerebral aneurysms. *Neuroradiology* 2008; 50:855-61.
 64. Urbach H, Dorenbeck U, von Falkenhausen M et al. Three-dimensional time-of-flight MR angiography at 3 T compared to digital subtraction angiography in the follow-up of ruptured and coiled intracranial aneurysms: a prospective study. *Neuroradiology* 2008; 50(5):383-9.

65. Majoie CB, Sprengers ME, van Rooij WJ et al. MR angiography at 3T versus digital subtraction angiography in the follow-up of intracranial aneurysms treated with detachable coils. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005; 26:1349–56.
66. Brunereau L, Cottier JP, Sonier CB et al. Prospective evaluation of time-of-flight MR angiography in the follow-up of intracranial saccular aneurysms treated with Guglielmi detachable coils. *J Comput Assist Tomogr* 1999; 23:216–3.
67. Boulin A, Pierot L. Follow-up of intracranial aneurysms treated with detachable coils: comparison of gadolinium-enhanced 3D time-of-flight MR angiography and digital subtraction angiography. *Radiology* 2001; 219:108-13.
68. Kwee TC, Kwee RM. MR angiography in the follow-up of intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coils: systematic review and meta-analysis. *Neuroradiology* 2007; 49:703–13.
69. Yamada N, Hayashi K. Time-of-Flight MR Angiography Targeted to Coiled Intracranial Aneurysms Is More Sensitive to Residual Flow than Is Digital Subtraction Angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004; 25:1154-7.
70. Metens T, Rio F, Baleriaux D, et al. Intracranial aneurysm: detection with gadolinium-enhanced dynamic three-dimensional MR angiography initial results. *Radiology* 2000; 216:39-46.

EKLER

Ek-1: Kısaltmalar

AİSA: Anterior inferior serebellar arter

AKoA: Anterior kommunikan arter

AP: Anterior-posterior

ARDS: Akut respiratuar distres sendromu

ASA: Anterior serebral arter

BA: Baziler arter

BOS: Beyin omurilik sıvısı

BT: Bilgisayarlı tomografi

CE-MRA: Contrast enhancement magnetic resonans angiography

DSA: Digital subtraksiyon anjiografi

EKA: Eksternal karotis arter

EKG: Elektrokardiyografi

FDA: Food and drug administration

FK-MRA: Faz kontrast manyetik rezonans anjiografi

FOV: Field of view

FRED: Flow redirection endoluminal device

GDC: Guglielmi detachable coil

ISAT: İnternational subarachnoid aneurysm trial

ISUIA: İnternational study of unruptured intracranial aneurysm

İA: İnrakranial anevrizma

İA-DSA: İntraarteriyel serebral dijital subtraksiyon anjiografi

İKA: İnternal karotis arter

İV: İntravenöz

K-MRA: Kontrastlı manyetik rezonans anjiografi

LP: Lumbal ponksiyon

MIP: Maksimal intensity projection

MR: Manyetik rezonans
MRA: Manyetik rezonans anjiyografi
OSA: Orta serebral arter
PED: Pipeline embolization device
PISA: Posterior inferior serebellar arter
PKoA: Posterior kommunikan arter
PSA: Posterior serebral arter
SAK: Subaraknoid kanama
SENSE: Sensitivity encoding
SSA: Superior serebellar arter
T: Tesla
THRIVE: T1 weighted high resolution isotropic volume examination
TOF-MRA: Time of flight manyetik rezonans anjiyografi
VA: Vertebral arter
WEB: Woven endo bridge
WFNS: World federation of neurosurgical societies
2D: 2 boyutlu
3D: 3 boyutlu
3D-RA: Üç boyutlu rotasyonel anjiyografi

TEŞEKKÜR

Anabilim Dalı başkanımız ve tez danışmanım Prof. Dr. Bahattin Hakyemez'e, radyoloji uzmanlık eğitim sürecinde bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım değerli hocalarım Prof. Dr. Ercan Tuncel, Prof. Dr. Müfit Parlak, Prof. Dr. Gürsel Savcı, Prof. Dr. Zeynep Yazıcı, Prof. Dr. Cüneyt Erdoğan, Prof. Dr. Naile Bolca Topal, Doç. Dr. Gökhan Gökcalp, Doç. Dr. Ömer Fatih Nas, Yrd. Doç. Dr. Fatih İncikli'ye, tez çalışmalarımnda katkıda bulunan ve bana maddi, manevi desteği ile her zaman yanımda olan arkadaşlarım Dr. Ömer Faruk Tekin, Dr. Sercan Sınır, Dr. Elif Kır, Dr. Muammer Pak, Dr. Nazif Yalçın'a ve çok değerli Dr. Dilan Karahan'a, eğitim sürecim boyunca her zaman destek olan değerli ailem, Kadir Mırçık, Nilüfer Mırçık ve Senem Mırçık'a teşekkür ve saygılarımı sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

26.01.1989'da Akşehir/KONYA'da doğdum. İlkokulu Atatürk İlköğretim Okulu'nda, liseyi Afyon Süleyman Demirel Fen Lisesi'nde okudum. 2007 yılında başladığım Manisa Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi'ni 2013'te bitirdim. 2014 yılında başladığım Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji uzmanlık eğitimine halen devam etmekteyim.

