

# Ücretsiz Osirix yazılımıyla oluşturulmuş sanal gerçeklik ortamında 3 boyutlu film benzeri görüntülerin serebral anevrizma cerrahisinde tanısal değerleri ve cerrahiye katkıları

*Diagnostic importance and surgical usefulness of three dimensional movie like images created by using free Osirix software in cerebral aneurysm surgery*

İhsan Doğan, Melih Bozkurt

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi ABD, Ankara

## Özet

**Amaç:** İntrakraniyal anevrizma ameliyatları öncesi, ücretsiz Osirix yazılımı kullanılarak oluşturulmuş 3 boyutlu sanal gerçeklik ortamında anevrizmanın ve arteryel yapıların cerrahin bakış açısına benzer film görüntülerinin tanısal değerlerini operasyon görüntüleriyle karşılaştırarak araştırmak ve bu görüntülerin cerrahiye katkılarını tartışmak.

**Gereç ve yöntem:** Ocak 2013 - Aralık 2015 tarihleri arasında kliniğimizde anevrizma nedeniyle opere olan 10 hastanın ameliyat öncesi ince kesit beyin bilgisayarlı tomografi anjiyo kesitleri Osirix programına aktarıldı. Bu programla anevrizmanın ve çevre vasküler ağın 3 boyutlu görüntüleri cerrahi bakış açısına benzer olacak şekilde düzenlendi ve bu görüntülerden cerrahi görüntülere benzer kısa filmler oluşturuldu. Radyolojik görüntülerle cerrahi görüntüler vasküler sistemin benzerliği ve anevrizmanın morfolojik özellikleri açısından karşılaştırıldı.

**Bulgular:** Üç boyutlu film biçiminde görüntüleri oluşturulmuş 10 anevrizmadan 5' i anterior komünikan arter, 4' ü orta serebral arter, 1 tanesi de internal karotis arter kökenliydi. Radyolojik olarak dom varlığı tüm görüntülerde tespit edildi. İki hastada radyolojik olarak net izlenmeyen anevrizma boynu cerrahi görüntülerde belirgin olarak seçilebilmekteydi. İki hastada görüntülenemeyen karşı tarafı A1 segmentinin cerrahi görüntülerde hipoplazik olduğu anlaşıldı. Dört hastada blister anevrizma cerrahi sırasında tespit edilirken radyolojik olarak gösterilemedi.

**Sonuç:** Osirix yazılımıyla oluşturulan radyolojik film görüntüleri ameliyat gözlemleriyle benzerlik göstermektedir. Bu görüntülerin tanısal değerlendirmede önemli olduğu kadar cerrahin yapılacak işleme uyumunu da sağladığı düşüncesindeyiz. Gelişmiş 3 boyutlu dijital subtraksiyon anjiyografi görüntüleriyle birlikte kullanımı programın güvenilirliğini artıracaktır.

*Pam Tıp Derg 2016;9(3):188-195*

**Anahtar sözcükler:** Serebral anevrizma, üç boyutlu görüntü, sanal gerçeklik, cerrahi simülasyon.

## Abstract

**Purpose:** To examine the diagnostic accuracy of movie images created by using free Osirix software in a 3 dimensional virtual reality environment showing aneurysm and arterial vasculature through the surgeon's operative vision by comparing with the real operation images and to discuss the benefits of these images to surgery.

**Materials and methods:** Thin brain computed tomography angiography images of 10 patients with intracerebral aneurysm operated in our clinic between January 2013- December 2015 were processed by Osirix software. Three dimensional pictures in movie format of these radiological images similar with surgical view were created. These reconstructed images were compared according to the surgical video images in terms of arterial vasculature's and aneurysm's morphologic features' similarity.

**Results:** Three dimensional images of 5 anterior communicating artery aneurysm, 4 middle cerebral artery aneurysm and 1 internal carotid artery aneurysm were included in our study. The dome of aneurysm were shown in all patients radiologically. The neck of aneurysm in 2 patients, hypoplastic contralateral A1 in 2 patients, presence of blister aneurysm in 4 patients and relationship of a parent artery with aneurysm in 1 patient were not shown in these images.

**Conclusion:** Radiological movie images created by Osirix software are showing similarities with surgical observations. These images are thought not only have diagnostic importance also provide surgeon's familiarity to surgical procedure. Concomitant usage of this program with 3 dimensional digital subtraction angiography images will improve the accuracy of this software.

İhsan Doğan

Yazışma Adresi: Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi ABD, Ankara  
e-mail: ihsandoganmd@gmail.com

Gönderilme tarihi: 25.02.2016

Kabul tarihi: 21.04.2016

Pam Med J 2016;9(3):188-195

**Key words:** Cerebral aneurysm, three dimensional image, virtual reality, surgical simulation.**Giriş**

Intrakraniyal anevrizmaların cerrahi tedavisinde iyi bir nöroanatomi bilgisi kadar doğru cerrahi teknik, uygun klip seçimi ve etkin kliplendirme hayati öneme sahiptir [1,2]. Cerrahi sonuçları olumlu yönde etkileyen, komplikasyon risklerini en aza indirerek güvenli cerrahi zeminini hazırlayan bu unsurlara ek olarak, gerçekleştirilecek olan işlemin önceden başka modeller üzerinde izlenebilir, yapılabilir ve tekrarlanabilir olması cerrahın başarı oranını daha da yükseltecektir [3,4].

Serebral anevrizma cerrahisinde, cerrahi koridorun, anevrizmanın konumunun, komşuluklarının ve dom yöneliminin mikroskop altında cerrahi bakış açısına benzer biçimde radyolojik olarak cerrahi öncesinde gösterilmesi, cerrahin cerrahiye uyumunu kolaylaştıracak, farkındalılığını artırarak bilinçli ve hazırlıklı bir cerrahi süreç geçirmesine katkıda bulunacaktır [5-7]. Özellikle kliplendirme öncesi, radyolojik yazılımlarla oluşturulan 3 boyutlu sanal gerçeklik ortamında cerrahi aşamaların, derinleşme açısının ve yöneliminin tekrarlanabilir ve sınanabilir olması, bu tür yazılımların en olumlu yönü olarak değerlendirilebilir.

Yazımızda, ücretsiz Osirix yazılımı kullanarak, anevrizma nedeniyle opere edilen hastaların ameliyat öncesi beyin bilgisayarlı tomografi (BT) anjiyografi görüntülerinin aksiyel kesitlerinden oluşturulan serebral arteriyel damar ağının ve anevrizmanın 3 boyutlu film biçiminde animasyonlarının ameliyat görüntülerine benzerlikleri araştırılmış, programın tanınabilirliği ve bu görüntülerin cerrahiye katkıları tartışılmıştır.

**Gereç ve Yöntem**

2013-2015 yılları arasında Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı'nda anevrizma nedeniyle opere edilmiş olan kanamış veya asemptomatik 10 hastanın ameliyat öncesi ince kesit aksiyel beyin BT anjiyografi görüntüleri Osirix yazılımına aktarıldı ve bu program aracılığıyla işlenerek serebral arteriyel damar ağının ve anevrizmayı gösteren 3 boyutlu görüntüler elde edildi (Tablo 1). Bu 10 hastanın 5'inde anterior komünikan arter (AKoA) anevrizması, 4'ünde orta serebral arter (OSA) anevrizması, 1'inde internal karotis arter (İKA) anevrizması bulunmaktaydı. Programın "crop" (kes) işlevi kullanılarak radyolojik olarak görüntüler üzerinde kraniotomi penceresi taklit edildi ve kemik dokusu silindi (Resim 1A).

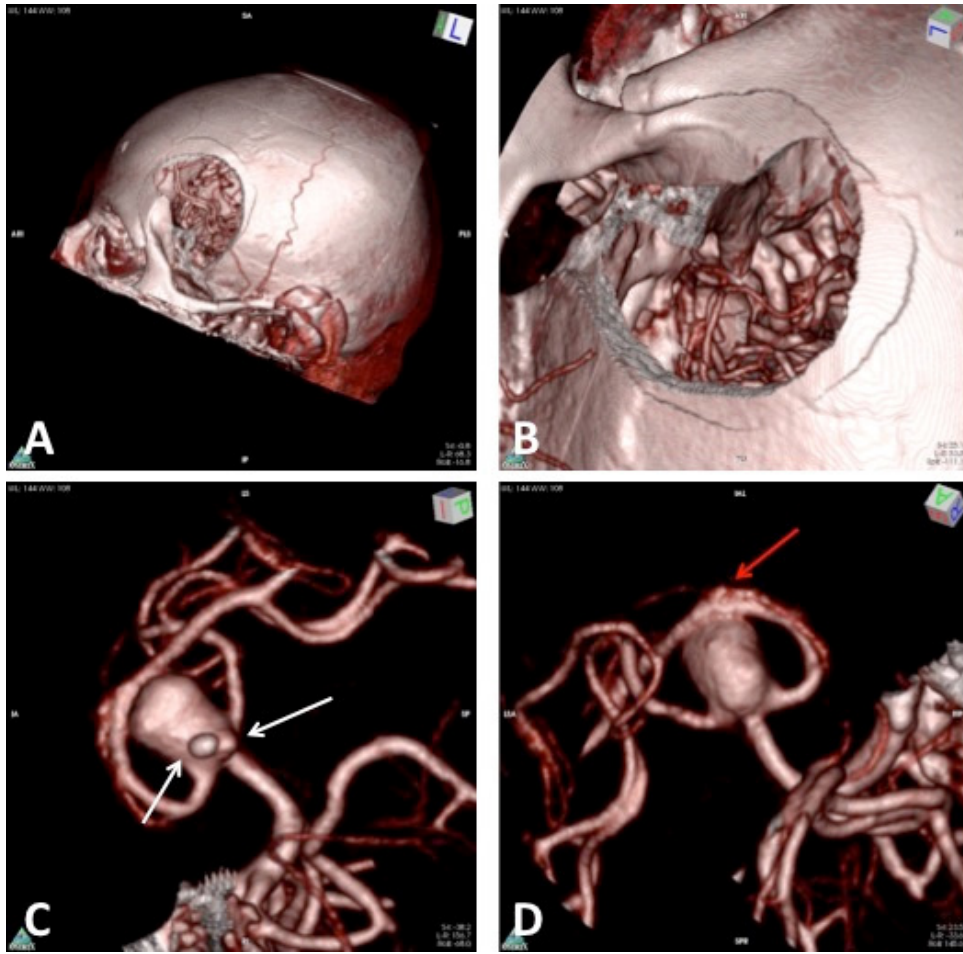
**Tablo 1:** Hasta özellikleri

Hasta	Anevrizma Yerleşim Bölgesi	Anevrizma Boyutları Boyun(mm)/Dom (mm)	Kraniotomi Tarafı	Fisher Sınıflaması
1	AKoA	4/12-6-4	Sol	Grade IV
2	AKoA	5/9-8-6	Sağ	Grade IV
3	OSA	7/11-9-8	Sol	Grade I
4	OSA	5/8-6-5	Sol	Grade I
5	İKA	4/6-4-4	Sağ	Grade II
6	AKoA	4/10-8-6	Sağ	Grade IV
7	OSA	3/6-5-5	Sol	Grade I
8	AKoA	6/11-5-5	Sağ	Grade IV
9	AKoA	3/10-7-6	Sağ	Grade IV
10	OSA	5/11-7-5	Sağ	Grade IV

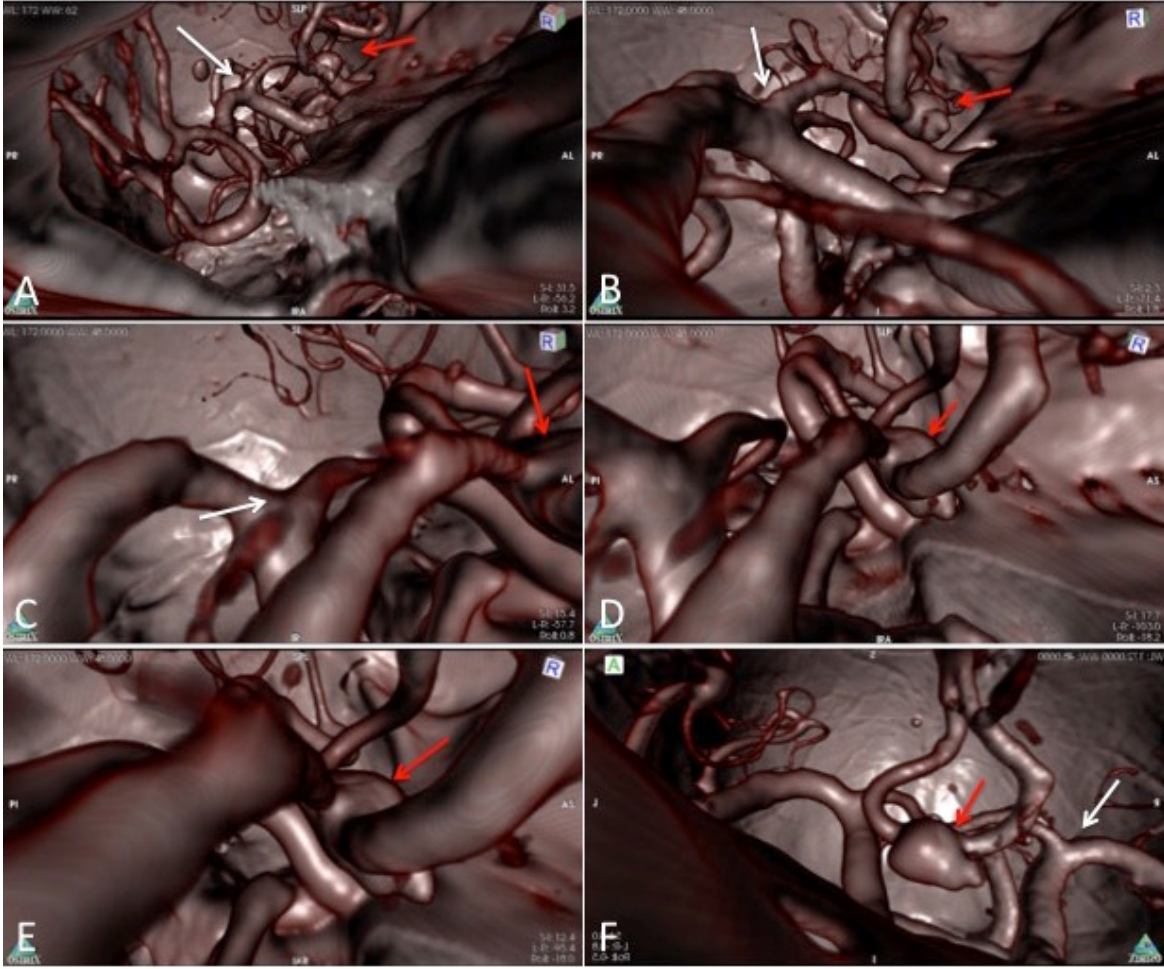
(AKoA: Anterior Komünikan Arter; OSA: Orta Serebral Arter; İKA: İnternal Karotis Arter)

Görüntüler, hastaların cerrahi pozisyonuna ve cerrahın bakış açısına benzer olacak şekilde döndürüldü, mikroskop görüntüsünün benzeri yakalanmaya çalışıldı (Resim 1B). Kemik dokular silinerek anevrizmanın morfolojik özellikleri, nöroanatomik komşulukları, vasküler sistemle olan ilişkisi değerlendirildi. (Resim 1C, D). Programın “fly through” işlevi kullanılarak 3 boyutlu sabit görüntülerin biraraya getirilerek hareketli, film benzeri görsel yaratılması hedeflendi. Silviyan sisternin açıldığı yerle anevrizmanın bulunduğu bölge

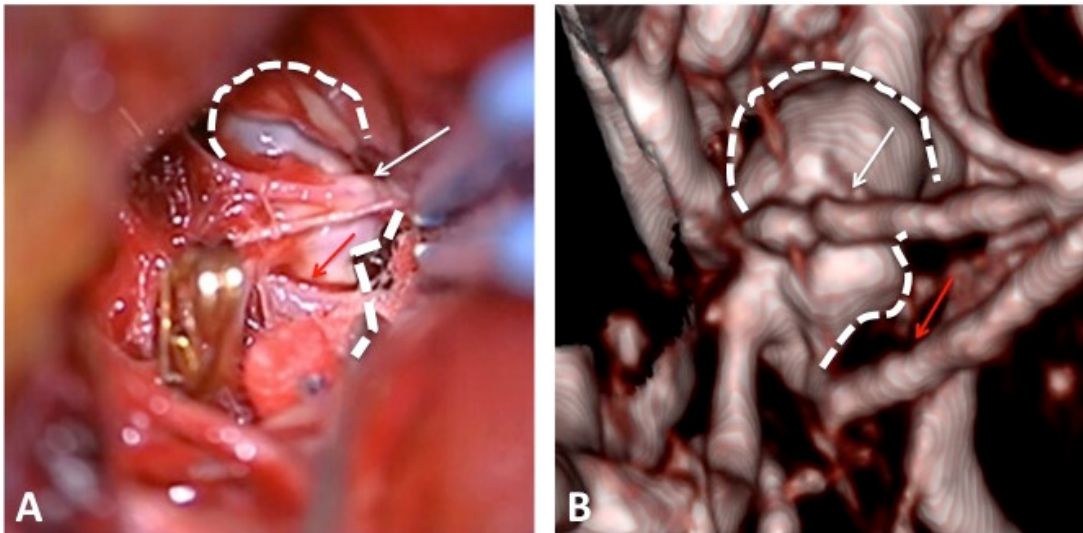
arasındaki cerrahi koridor üzerinde yer alan vasküler yapıların cerrahi işlemdeki izlenme sıralarına, açılmasına, konumlarına ve mikroskop görüntülerine benzer olarak animasyon şeklinde akıcı resimleri oluşturuldu (Resim 2A-F). Bu görüntülerle birlikte anevrizmanın 3 boyutlu olarak çoklu eksenle oluşturulan 360 derecelik görünümü operasyon sırasında elde edilen gerçek zamanlı mikroskop görüntüleriyle karşılaştırılarak programın güvenilirliği değerlendirildi (Resim 3, Resim 4).



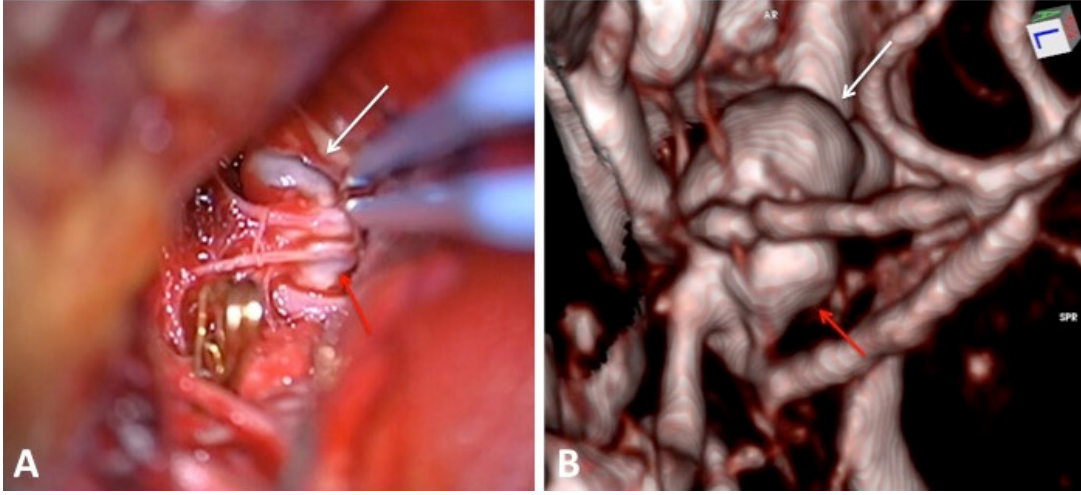
**Resim 1:** **A.** Anatomik pozisyonda OSA anevrizması bulunan hastada, cerrahi öncesi dönemde, planlanan kraniyotomiye benzer olarak radyolojik yazılım kullanılarak silinmiş kemik bölgesi. **B.** Aynı hastada, cerrahi pozisyona benzer açılma verildikten sonraki görünüm ve kemik defektinin altındaki vasküler yapıların izlenmesi. **C.** OSA anevrizması, dom morfolojisi, blister anevrizmalar ve arteryel dallanma özellikleri. **D.** OSA anevrizmasının farklı bir açıdan izlenmesi ve superior trunk-dom birlikteliğinin gösterilmesi (Beyaz oklar blister anevrizmaları, kırmızı ok anevrizma domu üzerinden anevrizmaya eşlik eden arteri göstermektedir.)



**Resim 2:** Üç boyutlu radyolojik animasyonda yüzeyden derine doğru OSA' nın takip edilerek anevrizmanın gösterilmesi. **A.** Kranitomi defektinden genel görünüm. **B.** OSA' nın takip edilerek İKA bifurkasyonunun bulunması. **C.** İKA bifurkasyonu sonrası ASA-A1' in görülmesi. **D.** ASA-A1' in takip edilerek anevrizmaya yönelim. **E.** Anevrizmanın görülmesi ve ASA-A1 ve A2 hakimiyeti. **F.** Yukardan genel görünüm. (Beyaz ok İKA bifurkasyonunu, kırmızı ok anevrizmayı göstermektedir.)



**Resim 3:** AKomA anevrizmasının mikroskop altında cerrahi görünümüyle (A), radyolojik görünümünün (B) anevrizma morfolojisi açısından karşılaştırılması. (Beyaz ok sol A2' yi, kırmızı ok sağ A2' yi, beyaz kesik çizgiler anevrizmanın sınırlarını göstermektedir.)



**Resim 4:** Cerrahi görüntülerle, cerrahi bakış açısına benzer oluşturulmuş radyolojik görüntülerin karşılaştırılması. **A.** AKomA anevrizmasının cerrahi görünümü, bilateral A2' ler ve dom morfolojisi. **B.** Aynı anevrizmanın radyolojik olarak gösterilmesi (Beyaz ok anevrizmanın büyük olan lobülünü, kırmızı ok küçük lobülünü göstermektedir.)

### Bulgular

Oluşturan radyolojik görüntüler intraoperatif gözlemlerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yapılırken anevrizmanın domunun yönelimi, anevrizma etrafındaki perforan varlığı, dom özelliği, blister tip anevrizma varlığı, perforan arterlerin izlenebilirliği açısından incelenmiştir.

Tüm hastaların ince kesit BT anjiyografi görüntülerinin yazılıma aktarımında bir sorun yaşanmadı. Tüm hastaların 2 boyutlu aksiyel kesitleri 3 boyutlu görüntüye çevrilebildi ve bu çevrilen görüntülerle cerrahi aşamaları taklit eden, mikroskop görüntülerine benzeyen animasyon şeklinde hareketli görseller oluşturulabildi. Toplam süre ortalama 20 dakika olarak hesaplandı. Ek olarak tüm hastalarda radyolojik olarak anevrizma domu gösterildi. Tüm hastalarda anevrizma boynu radyolojik olarak izlenebilirken, bu hastaların ikisinde radyolojik açıdan geniş olarak yorumlanan anevrizma boyununun cerrahi sırasında net olarak seçilebildiği ve radyolojik yorumlamaya göre daha kısa olduğu anlaşıldı. AKomA anevrizması nedeniyle opere edilen iki hastada 3 boyutlu görüntülerde izlenmeyen karşı taraf A1' lerin aslında mevcut ama hipoplazik olduğu operasyon görüntülerine bakarak anlaşıldı. Üç AKomA ve 1 OSA anevrizmalı hastada dom yönelimi ve varlığı radyolojik olarak gösterilmesine ve cerrahi görüntülerle doğrulanmasına karşın dom üzerinde

yer alan kabarcık (blister) anevrizmalar 3 boyutlu görüntülerde izlenmedi. Ayrıca bu anevrizmalardan OSA yerleşimli olanında dom üzerinde seyreden parent arter radyolojik olarak tespit edilmedi (Tablo 2).

### Tartışma

Osirix yazılımı birçok merkezde yaygın olarak kullanılan aynı zamanda taşınabilir bilgisayarlarda da kişisel kullanıma izin veren radyolojik görüntüleme programıdır. Dizüstü bilgisayarlarda da programın çalışıyor olabilmesi tıp alanında hizmet veren sağlık çalışanlarının da kendi başlarına her ortamda radyolojik değerlendirmeleri yapabilmelerini sağlamaktadır. Literatürde, programı konu alan özellikle cerrahiye ilgili kullanım alanlarını ve cerrahiye katkılarını içeren çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Birleşik Devletler Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylı ve medikal açıdan kullanımına izin verilmiş olması radyolojik olarak yapılan ölçümlerin ve oluşturulan görüntülerin gerçeğe yakın görüntüler olduğu ve tanısal amaçlı kullanılabileceğini doğrulamaktadır.

Bu programın hastanelerde bulunan diğer radyolojik görüntüleme programlarına, tomografi ve anjiyo cihazlarının yazılımlarına göre en önemli avantajı, yazılımın da konusunu oluşturan hareketli görüntülerin elde edilebilmesi ve bu görüntülerden film biçiminde akıcı görüntülerin oluşturulabilmesidir. Cerrahi

**Tablo 2:** Radyolojik görüntülerin intraoperatif görüntülerle kıyaslanması

Hasta	Boyun Görüntülenmesi	Dom Görüntülenmesi	Arteriyel Dallanmanın İzlenmesi	Görüntü Kesit sayısı/ BT cihaz dedektör sayısı	Dom Morfolojisi (Nipple Anev varlığı, Doma yapışık seyreden parent arter varlığı)
1	+	+	- θ	554/64	- α
2	+	+	+	425/128	- α
3	- *	+	+	309/128	- α , ξ
4	+	+	+	494/128	+
5	+	+	+	438/128	+
6	- *	+	+	398/64	+
7	+	+	- θ	328/64	- α
8	+	+	+	384/128	+
9	+	+	+	512/128	+
10	+	+	+	431/128	+

(+:Tam olarak yeterli ve doğru veriler, -:Veriler yanıltıcı/yetersiz, \*: Radyolojik geniş olarak izlenen boyun intraoperatif olarak daha küçük ve net izlenmekte, θ: Kontrateral hipoplazik A1 izlenmedi, α: blister izlenmedi, ξ: parent arter varlığı ve seyri gösterilemedi)

(AKoA: Anterior Kommünikan Arter; OSA: Orta Serebral Arter; İKA: İnternal Karotis Arter)

basamakların, cerrahın bakış açısına göre mikroskop görüntüleriyle taklit edildiği ve oluşturulduğu ameliyat benzeri filmler, ameliyat öncesi sanal simülasyon ortamı olarak kullanılabilirliği gibi tanınan amaçlı da güvenle kullanılabilir. Bu filmlerin tekrarlanabilir olması ve cerrahi alan içinde kalan nöroanatomik yapıların çok sayıda kesit içinde 3 boyutlu olarak 360 derece gösterilebilmesi cerrahın zihninde cerrahi koridoru ve patolojiyi daha iyi kurgulayabilmesi ve yorumlayabilmesine de olanak sağlayabilir.

Literatürde 3 boyutlu anjiyografi görüntüleriyle yaratılmış sanal gerçeklik ortamlarında anevrizma cerrahisinin aşamalarının taklit edilebileceği hatta kliplene aşamasının bile dijital ortamlarda denenebilmesine olanak veren programlar anlatılmıştır [8-11].

Serebral anevrizma cerrahisinde cerrahi anevrizmaya yönlendirecek en doğru ve en güvenilir anatomik belirteçler anevrizmanın proksimalinde kalan damar segmentleridir. Özellikle AKoA anevrizması gibi beyin parankiminin rezeksiyonunu gerektiren, rezeke edilmesi gereken beyin parankimi tarafından

çevrelenmiş, hapsedilmiş anevrizmalarda veya subaraknoid kanamalı hastalarda hematoma içine gömülü anevrizmalarda cerrahi anevrizmaya yönlendirecek ve cerraha rehberlik yapacak tek belirteç aynı şekilde anevrizmanın proksimalindeki damar yapıları olabilmektedir. Bu nedenle anevrizma cerrahisinde, bir bakıma, cerrahi yolun aslında zaten hastada mevcut olan damar ağının kendisi olduğu söylenebilir.

Cerrahi yolun bilinmesi kadar anevrizmanın bulunduğu bölgede damarsal dallanma biçiminin de irdelenmesi gereklidir [12-13]. Kullanılacak klip seçiminde ve uygun kliplene açısının, tekniğinin ve biçiminin belirlenmesinde anevrizmanın bulunduğu bölgedeki arteriyel dallanma biçimi de dom projeksiyonu ve büyüklüğü kadar belirleyicidir [14].

Anevrizma cerrahisinde bahsetmiş olduğumuz serebral arteriyel yapılanma ve dallanma biçimi genelde göz ardı edilmekte öncelikli olarak dom projeksiyonu ve büyüklüğü değerlendirilmektedir. Diğer iki unsurun da aynı oranda güvenli ve başarılı anevrizma cerrahisinin temellerini oluşturduğu bilinmelidir.

İki boyutlu aksiyel kesitlerde domun projeksiyonu, büyüklüğü gibi morfolojik değerlendirmeler yapılabilir olsa da yeterli olamamaktadır. Şimdiye kadar bahsedilen tüm özellikler özel 3 boyutlu DSA teknikleriyle çok net ve doğru biçimde ortaya konulabilmektedir. Blister tip anevrizmaları, anevrizma morfolojisini, lobülasyonunu birebir aslına en yakın biçimde gösterdiği belirtilmiştir.

Bu gelişmiş tekniklerle anevrizma ile ilgili tüm morfolojik ve nöroanatomik veriler en doğru şekilde elde edilmesine rağmen, cerrahi bakış açısını yaratmak mümkün olamamaktadır. Aynı zamanda, çalışmamızda belirttiğimiz şekilde intrakraniyal arteriyel ağ içinde cerrahi taklit ederek animasyon şeklinde bir gezinti oluşturmak da mümkün olamamaktadır.

Bu görüntülerin izlenebilmesi için yüksek kapasiteli ve ileri düzey işlemcisi bulunan masaüstü bilgisayarlara gereksinim duyulduğundan ameliyathane şartlarında bu bilgisayarların kullanımı pratik olmayabilmektedir. Aynı zamanda bu hareketli görüntülerin kaydedilmesi ve tekrar izlenmesi de sağlanamamakta her defasında yeniden tekrar oluşturulması gerekmektedir.

Osirix yazılımıyla, bu görüntüler önceden kaydedilebilmekte ve cerrahi işlem sırasında bu dinamik görüntüler tekrarlanarak izlenebilmektedir. Bu da donuk ve tek bir görüntü içeren resimlerin aksine cerrahın zihninde anevrizmanın 3 boyutlu anatomisini daha net ortaya koyabilmesini sağlamaktadır. Kısa sürede, önceden kaydedilmiş bu görüntüler kolayca tekrar edilebilmekte, dizüstü bilgisayarlarda ve tabletlerde gösterilebilmektedir. Osirix yazılımıyla ayrıca cerrahide planlanan kraniyotomiye benzer kemik dokusunu radyolojik olarak silmek ve cerrahi alanda bulunan nöroanatomik yapıların konumunu değerlendirmek de mümkün olabilmektedir. Böylece kraniyotominin yeterliliği ve yerleşimi cerrahi öncesinde araştırılabilmekte, buna uygun cerrahi açı ve yönelim de belirlenebilmektedir.

Bu görüntülerin taşınabilir bilgisayarlarda gösterilebilmesi kullanıcılara önemli açıdan kullanım kolaylığı getirmektedir. Cerrahın mikroskop başından kalkmadan bu görüntülere ulaşabilmesi cerrahi dikkatin korunmasını sağlamaktadır. Olumlu olarak

değerlendirdiğimiz bu yönlerinin dışında, çalışmamızdan çıkan sonuçlar doğrultusunda, kesit sayısının az veya hastanın görüntülediği tomografi cihazının dedektör sayılarının düşük olduğu durumlarda radyolojik ve cerrahi sonuçların uyuşmayabileceği ve radyolojik değerlendirmelerin yetersiz kalabileceği söylenebilir. Ek olarak, Fisher derecesi yüksek olan hastalarda, oluşturulan 3 boyutlu görüntülerin istenilen görüntü kalitesine sahip olamayabileceği ve bu nedenle yeterli detayı gösteremeyebileceği de elde ettiğimiz sonuçlar ışığında akılda tutulmalıdır. Kanama miktarının fazla olduğu hastalarda, anevrizma etrafındaki hematoma bazı radyolojik ayrıntıları maskeleyeği ve kaliteli görüntülerin oluşmasına engel olduğu söylenebilir. Bu nedenle, Fisher derecesi yüksek SAK' lı hastalarda en iyi radyolojik sonucu almak için hastaların BT anjiyolarının çekildiği cihazlardaki dedektör sayısının fazla, kesitlerinin olabildiğince ince ve sayıca yüksek olmasını öneririz.

Osirix yazılımıyla işlenerek yeniden şekillendirilen radyolojik verilerin cerrahiye uyarlanması, az sayıda hasta grubu üzerinde yapmış olduğumuz incelemeleri yorumladığımız zaman, olumlu olarak değerlendirilebilir. İncelememiz sonucunda anevrizma cerrahisinde cerrahi öncesi Osirix yazılımıyla elde edilen radyolojik verilerin cerrahi ile ilişkilendirilmesinin cerrahi planlama açısından önemli olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, oluşturulan akıcı görüntüler, nöroşirurjiye cerrahi akışı ameliyat öncesinde izleme, sınamaya ve yeniden şekillendirme olanağı yaratarak cerrahi stratejisini yeniden gözden geçirme şansını verecektir.

Sonuç olarak; Osirix yazılımıyla elde etmiş olduğumuz 3 boyutlu görüntüler ve bu görüntülerin öngörülen cerrahi akışa benzer olarak biraraya getirilmesiyle oluşturduğumuz animasyon, anevrizma cerrahisinin planlanmasında ek faydalar sağlamaktadır. Çalışmamızda, sabit görüntüler yerine dinamik, akıcı görüntülerin önemini vurgulamaya, aynı zamanda Osirix programıyla elde edilen görüntülerin ve yapılan ölçümlerin doğruluğunu göstermeye çalıştık. Bu görüntülerin dijital subtraksiyon anjiyografi görüntüleriyle birarada kullanımı ve yorumlanması, tanısal değerlerini artıracaktır.

**Çıkar ilişkisi:** Yazarlar çıkar ilişkilerinin olmadığını beyan etmiştir.

### Kaynaklar

1. Batjer H, Samson D. Management of intraoperative aneurysm rupture. *Clin Neurosurg* 1990;36:275-288.
2. Chandler JP, Getch CC, Batjer HH. Intraoperative aneurysm rupture and complication avoidance. *Neurosurg Clin N Am* 1998;9:861-868.
3. Foroohar M, Macdonald RL, Roth S, Stoodley M, Weir B. Intraoperative variables and early outcome after aneurysm surgery. *Surg Neurol* 2000;54:304-315.
4. Hernesniemi J, Niemela M, Karatas A, et al. Some collected principles of microneurosurgery: simple and fast, while preserving normal anatomy: a review. *Surg Neurol* 2005;64:195-200.
5. Sugahara T, Korogi Y, Nakashima K, Hamatake S, Honda S, Takahashi M. Comparison of 2D and 3D digital subtraction angiography in evaluation of intracranial aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002;23:1545-1552.
6. Tanoue S, Kiyosue H, Kenai H, Nakamura T, Yamashita M, Mori H. Three-dimensional reconstructed images after rotational angiography in the evaluation of intracranial aneurysms: surgical correlation. *Neurosurgery* 2000;47:866-871.
7. Siablis D, Kagadis GC, Karamessini MT, et al. Intracranial aneurysms: reproduction of the surgical view using 3D-CT angiography. *Eur J Radiol* 2005;55:92-95.
8. Wong GKC, Zhu CXL, Ahuja AT, Poon WS. Craniotomy and clipping of intracranial aneurysm in a stereoscopic virtual reality environment. *Neurosurgery* 2007;61:564-569.
9. Henn JS, Lemole GM Jr, Ferreira MA, et al. Interactive stereoscopic virtual reality: a new tool for neurosurgical education. *J Neurosurg* 2002;96:144-149.
10. Kockro RA, Serra L, Tseng-Tsai Y, et al. Planning and simulation of neurosurgery in a virtual reality environment. *Neurosurgery* 2000;46:118-137.
11. Matsumoto M, Sato M, Nakano M, et al. Three-dimensional computerized tomography angiography-guided surgery of acutely ruptured cerebral aneurysms. *J Neurosurg* 2001;94:718-727.
12. Yasargil MG (1984) *Microsurgery*, Vol 1. Thieme, Stuttgart, pp 279-349.
13. Yasargil MG (1984) *Microsurgery*, Vol 2. Thieme, Stuttgart, pp 33-295.
14. Rhoton *Neurosurgery* 2002;51:Supp 1:121-158.