T.C.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ

NÖROŞİRÜRJİ ANABİLİM DALI

LATERAL VE ÜÇÜNCÜ VENTRİKÜLLERİN NÖROENDOSKOPİK ANATOMİSİNİN MORFOLOJİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. KAMRAN URGUN

UZMANLIK TEZİ

İSTANBUL 2010

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
NÖROŞİRÜRJİ ANABİLİM DALI

LATERAL VE ÜÇÜNCÜ VENTRİKÜLLERİN NÖROENDOSKOPİK ANATOMİSİNİN MORFOLOJİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. KAMRAN URGUN

UZMANLIK TEZİ

Danışman: Prof. Dr. M.Memet Özek

İSTANBUL 2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... iv~~v~~

ABSTRACT ..... vi~~vii~~

GİRİŞ ve AMAÇ: 1

GENEL BİLGİLER 3

A) BEYİN OMURİLİK SIVISI (BOS): 3
BOS Üretimi ve Emilimi: 3
BOS Akışı ve Önemi: 5
B) LATERAL VE ÜÇÜNCÜ VENTRİKÜLÜN ANATOMİSİ: 6
1)Lateral ventriküller: 7
2) Üçüncü Ventrikül: 13
C) NÖROENDOSKOP 16
1) Tarihçe 16
2) Optik fiziği prensipleri 21
3) Endoskopik sistemlerde temel optik prensipler 23
4) Esnemez-çubuk mercek (rigid-rod lens) sistemi endoskoplarının gelişimi 29
5) Fiber optikler endoskopların (fiberoskop) gelişimi 33
6) Nöroendoskop Sistemleri ve Ekipmanları ..... 35~~34~~

MATERYAL VE METOD 56

A) KAFA KADAVRALARININ ANATOMİK DİSEKSİYON İÇİN HAZIRLANMASI .. 56
B) KAFA KADAVRALARINDA RADYOLOJİK İNCELEME VE UYGUN KADAVRA SEÇİMİ 67
C) KAYIT VE FOTOĞRAFLAMA 72
D) VENTRİKÜLLERE NÖROENDOSKOPİK YAKLAŞIM 73

BULGULAR 80

A) LATERAL VENTRİKÜLLER: 80
Saat 1200 İstikameti 80
Saat 1500 istikameti 85
Saat 1800 istikameti 88
Saat 2100 istikameti 92
B) ÜÇÜNCÜ VENTRİKÜL: 96
Saat 1200 İstikameti 96
Saat 1500 İstikameti 96
Saat 1800 İstikameti 97

TARTIŞMA VE SONUÇ 100

KAYNAKÇA: 105

KISALTMALAR ve BİRİMLER

3V	Üçüncü Ventrikül
4V	Dördüncü Ventrikül
AS	Aquaduktus Sylvii
ASV	Anterior Septal Ven
BBT	Bilgisayarlı Beyin Tomografisi
BOS	Beyin Omurilik Sıvısı
ETV	Endoskopik Üçüncü Ventrikülostomi
FM	Foramen Monro
LV	Lateral Ventrikül
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
MPChA	Medial Posterior Koroidal Arter
NE	Nöroendoskop

PF	Posterior Fossa
SP	Septum Pellucidum
TSV	Talamostriat Ven

ÖZET

Giriş ve Amaç: Lateral ve üçüncü ventrikül patolojilerine cerrahi yaklaşımlar nöroşirürji pratiğinde riskli ve zor uygulamalar olarak bilinmektedir. Lateral ve üçüncü ventrikül ile ilgili patolojiler arasında hidrosefali, tümörler ve gelişimsel bozukluklar yer almaktadır. Bu anatomik bölgeler beynin ulaşılması daha zor olan kısımlarıdır. Ayrıca bir çok yaşamsal yapılar bu ventriküllere yakın komşulukta bulunmaktadır.. Bu nedenle, bu bölgelerde yerleşim gösteren patolojilerin cerrahi tedavisi sırasında çok ciddi sıkıntılar doğabilmektedir. Klasik mikroşirürjikal yöntemlerin yanı sıra günümüzde endoskopik girişimlerin sıklığı da giderek artmaktadır.

Endoskopinin en önemli avantajları arasında hem cerrahi insizyonun hem de bu bölgelere ulaşmak için gerekli olan nöral doku insizyonunun en aza indirilmesi bulunmaktadır. Böylelikle hastaların hastanede yatış süreleri anlamlı ölçüde azalmakta; olası komplikasyonlar en aza inmekte ve sonuç olarak maliyet önemli ölçüde azalmaktadır.

Materyal – Metod: Bu çalışma Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Enstitüsü Nöroanatomi Laboratuarı'nda toplam yirmi adet kafa kadavrası içinden seçilen örnek kadavralarda gerçekleştirilmiştir. Diseksiyon aşamasından önce her bir kadavraya kranial manyetik rezonans görüntüleme (MR), bilgisayarlı tomografi (BT), ve BT anjiyografi tetkikleri uygulanmıştır. Ardından örneklerin her iki vertebral arterleri, her iki karotis arterleri ve her iki juguler venleri kanülize edilerek bol su ile iyice irrige edilmiş ve tüm kan, pıhtı ve diğer damar içi materyaller temizlenmiştir. Ardından kadavralar %10 formol solüsyonu ile muamele edilmiş ve anatomik diseksiyona hazır hale getirilmişlerdir. Arter ve venlerin boyanması bu çalışmanın yapıldığı nöroanatomi laboratuarında rafine hale getirilen boyama teknikleri ile gerçekleştirilmiştir.

Ardından 0, 30, 45 ve 70 derecelik nöroendoskoplar yardımıyla lateral ve üçüncü ventriküllere ulaşılmış gerekli analizler yapılarak ilgili anatomik oluşumlar yüksek çözünürlüklü DSLR makineler ile fotoğraflanmıştır.

Bulgular: Toplam yirmi adet kafa kadavrası içinden ventrikül boyutları nöroendoskopik inceleme için uygun olan ancak üç tanesi seçilerek çalışma gerçekleştirilmiştir. Lateral ventrikül boyutları ancak bir kadavrada normalden daha geniş olup diğer iki kadavranın ventrikül boyutları normalden daha küçük olarak gözlenmiştir. Bununla birlikte, kadavraların ancak bir tanesinin üçüncü ventrikülünün incelenebilecek kadar dilate olduğu görülmüştür.

Sonuç: Belirlenen farklı açılı teleskoplar ile ventriküller içinden alınan görüntüler incelenmiş ve her bir teleskopun daha önce belirlenen her bir istikametteki görüş alanları içinde yer alan anatomik yapılar değerlendirilmiştir. Bulgular sonucunda düşük açılı (0 ve 30 derece) teleskoplar ile görüş alanına giren anatomik lokalizasyonlara endoskopik alet ve teknikler kullanılarak cerrahi girişim yapılabilir görünmektedir. Ancak daha yüksek (geniş) açılı (45 ve 70 derece) teleskoplarda görüş alanı oldukça geniş olmasına rağmen görüş alanına giren yapılara endoskopik alet ve teknikler kullanılarak cerrahi girişimde bulunmak mümkün görünmemektedir. Bu açılara sahip teleskopların eksplorasyon amaçlı olarak kullanılmaları daha uygun görünmektedir.

Anahtar Kelimeler: Anatomi, Nöroendoskopi, Lateral Ventrikül , Üçüncü Ventrikül

ABSTRACT

Introduction and objective: In neurosurgical practice, surgical approaches to pathologies of the lateral and third ventricle, are known as risky and difficult techniques. Pathologies related to lateral and third ventricles include; hydrocephalus, tumors and developmental disorders. These anatomical regions are the brain parts more difficult to achieve. Furthermore, many vital structures are in close proximity to the ventricles. Therefore, very serious problems may arise during the surgical treatment of the pathologies localized in these regions. Today, in addition to conventional microsurgical methods, the frequency of the endoscopic interventions are gradually increase.

Among the most important advantages of the endoscopy is to minimize both the surgical incision and the neural tissue incision required to achieve these regions. In this way, both the duration of stay in the hospital is significantly shortened and the potential complications are also minimized, and as a result of these, the cost is significantly reduced also.

Materials and Methods: This study was performed by choosing three head cadavers those ventricle size appropriate for neuroendoscopic investigation from among twenty of them. Before starting the study, magnetic resonance imaging (MRI), computed tomography (CT), and CT angiography were performed to samples. Then,bilateral vertebral and carotid arteries and juguler veins of the samples were cannulated and irrigated with plenty of tap water so, all blood, clot and other intravascular materials were cleaned. Then heads were treated with 10% formalin solution and were prepared for anatomic dissection. Staining of the arteries and veins were carried out in neuroanatomy laboratory of our department with the staining techniques refined by our department.

Then, lateral and third ventricles were achieved by means of neuroendoscopes with 0°, 30°, 45° and 70°, required measurements and analyses were made and relevant anatomical structures were photographed with high-resolution DSLR cameras.

Results: Images taken from intraventricular spaces using different angle telescopes in predetermined directions were evaluated. According to the results, surgical interventions using telescopes with small angles (0 and 30 degrees) seem to be possible. Even though telescopes with larger angles (45 and 70 degrees) may provide larger view of field, it seems impossible to perform surgical interventions along with endoscopic equipments. On the other hand, telescopes with larger angles may be considered as an explorative tool in order to evaluate periphery of a surgical field.

Key words: Anatomy, Neuroendoscopy, Lateral Ventricle , Third Ventricle

GİRİŞ ve AMAÇ:

Tüm cerrahi disiplinlerde olduğu gibi nöroşirürji disiplininde de anatomi bilgisi “sine qua non” olarak kabul edilmektedir. Ancak, klasik anatomiden farklı olarak ilgili vücut bölgesinin cerrahi anatomisinin de detaylı olarak kavranması uygulanacak girişimin başarısında çok önemli bir faktördür.

Cerrahi disiplinlerde okumanın yanısıra anatomik ve klinik tecrübe de son derece önemlidir. Nöroşirürji disiplininde yer alan bir cerrahın en çok ihtiyaç duyacağı bilgi klinik ve üç boyutlu (3D) topografik anatomi bilgisidir. Cerrahın bu bilgiyi ancak yapacağı anatomi kadavra diseksiyonları ile elde edebileceği evrensel olarak kabul edilen bir gerçektir. Ancak bu tip çalışmalardan sonra cerrahın klinik uygulama alanı genişlemekte ve daha güvenli cerrahi girişimde bulunabilme imkanı artmaktadır.

Lateral ve üçüncü ventrikül patolojileri arasında hidrosefali, tümörler ve gelişimsel bozukluklar yer almaktadır. Lateral ve üçüncü ventrikül patolojilerine yaklaşım, anatomik lokalizasyonları beynin ulaşılması zor kısımları olduğundan nöroşirürji pratiğinde önemli bir sorunu da beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla bu bölgelerde yerleşim gösteren patolojileri tedavi etmek yanında hastalara en az zararı vermek de her cerrahi disiplinde olduğu gibi nöroşirürji disiplininde de nöroşirürjiyenlerin sorumluluğundadır. Klasik mikroşirürjikal yöntemlerin yanı sıra günümüzde endoskopik girişimlerin sıklığı giderek artmaktadır. Endoskopinin en önemli avantajı cerrahi insizyonun en aza indirilmesi yanında bu bölgelere ulaşmak için gerekli olan nöral doku insizyonunun da en aza indirilmesine yardımcı olmasıdır. Böylelikle hastaların hastanede yatış süreleri önemli ölçüde azalmakta ve olası komplikasyonlar da minimuma inmektedir.

Bu çalışmada insan lateral ve üçüncü ventriküllerinin cerrahi anatomisi endoskopik yaklaşım ile değerlendirilecektir. Ventrikül içinde ve ventrikül komşuluğunda yer alan yapıların morfolojik analizi yapılacaktır.

Sonuç olarak bu çalışmanın amacı, cerrahi olarak girişim yapılması gereken intraventriküler patolojilerde kullanım sıklığı her geçen gün artan nöroendoskop ve farklı açılı teleskoplar ile bölgenin anatomik yapısını incelemektir.

GENEL BİLGİLER

A) BEYİN OMURİLİK SIVISI (BOS):

Beyin ve spinal kord ancak kimyasal olarak stabil bir sıvı ortamda işlevsel olabilmektedirler. Bu ideal sıvı ortam ise merkezi sinir sisteminde yer alan nöronlar, destek dokusunu oluşturan glial hücreler, damarlar arasında yer alan ekstraselüler sıvı ve beyin omurilik sıvısı (BOS) tarafından meydana getirilmektedir. Ventriküler sistem beyin dokusu içinde BOS ile dolu bir dizi kaviteden oluşmaktadır. Bu sistem ile ilgili patolojileri anlamak ve uygun tedavi stratejileri geliştirebilmek için öncelikle BOS oluşumu, yapısı ve sinir sistemi içindeki seyri anlaşılmalıdır.

BOS Üretimi ve Emilimi:

BOS ventriküler yapılar içinde üretilmektedir. BOS'un üretim ve emilim hızı normal koşullarda kararlı bir denge içerisinde tutulmakta olup üretim hızı kafa içi basıncından bağımsızdır (22, 23, 76). Kısa zaman aralıkları ile BOS üretimini ölçecek direkt bir metod olmamasından dolayı BOS üretim hızı tam ve doğru bir şekilde ölçülememektedir. Ancak üretim hızının yaklaşık olarak 0.33 ile 0.35 mililitre/dakika (mL/dk) veya günde yaklaşık 450 ile 500 mL arasında olduğu bildirilmektedir (35, 97).

BOS üretimi iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir:

1 – BOS'un önemli bir kısmı (%50-80) lateral ve üçüncü ventrikül ile dördüncü ventrikül içinde yer alan koroid pleksus tarafından serebral arteryal kandan temin edilerek üretilmekte ve bu işlem aktif sekresyon ile karbonik anhidraz enziminin kontrolü altında gerçekleşmektedir (25, 26, 79).

2 – BOS'un diğer kısmı ise beyin ve spinal kordun parenkim dokusu içinde metabolik süreçlerin bir yan ürünü olarak üretilmektedir (50, 125). Bu şekilde üretilen BOS ise ekstraselüler sıvı haline gelmekte ve ventriküler sistem ile spinal kordun santral kanalı içine doğru yol almaktadır. Parenkim içinde üretilen BOS miktarı tedavi amaçlı koroid pleksus koagülasyonu ya da koroid pleksus eksizyonu sonucu artabilmekte böylece normal BOS üretim hızı koroid pleksus sonrası sağlanabilmektedir (80).

Sonuç olarak, bu her iki üretim şekli ile ortaya çıkan BOS ventriküller içinde bir araya gelmektedir (80, 81).

BOS emilimi ise hızı subaraknoidal intrakranial basınca (İKB) bağlı olarak değişim gösteren bir akış süreci ile sağlanmaktadır. BOS emilimi primer olarak, araknoid villus olarak da adlandırılan ve subaraknoid boşluk ile dural venöz sinüs lümeni arasında bulunan özelleşmiş bölgelerde gerçekleşmektedir. Araknoid villuslar kortikal subaraknoid boşluk (inlet) ve en büyük dural venöz sinüs olan süperior sagital sinüs (outlet) arasında açılış basıncı yaklaşık 5 milimetre cıva (mmHg) - 70 mm su (H_2O) - olan bir valf görevi görmektedir. BOS emilimi ile ilgili olarak unutulmaması gereken nokta ise araknoid villuslar yolu ile ters transportun mümkün olmadığıdır. Diğer bir deyişle, subaraknoidal İKB sagital sinüs basıncının altına düştüğünde venöz sinüse olan BOS akışı durmaktadır. Bu da İKB yaklaşık olarak 70 mm H_2O basınç altına düştüğünde BOS emiliminin gerçekleşemeyeceği anlamına gelmektedir. Ancak BOS emilim hızı İKB 70 mm H_2O'yu geçtiği durumlarda artmaktadır. BOS üretim ve emilim hızındaki bu karşılıklı ilişki İKB'nin doğal koşullarda kontrolünü sağlamaktadır. İKB'nin düşük olduğu durumlarda BOS emilimi yeni üretilen BOS normal İKB'yi sağlayana kadar azalmakta; İKB'nin yüksek olduğu durumlarda ise BOS emilimi İKB normal düzeylere gerileyene kadar azalmaktadır.

Üretim sürecinin aksine emilim pasif olarak gerçekleşmektedir. Paraservikal lenfatikler, paranazal sinüsler ve kribriform tabaka yolu ile nazal submukozal lenfatik kanallar olmak üzere BOS emiliminin gerçekleştiği başka anatomik lokalizasyonlar da mevcuttur. Ancak bu alanlar İKB'nin fizyolojik sınırlarda olduğu durumlarda anlamlı bir işlevleri olmamasına rağmen İKB normalin üzerine çıktığında işlevsellik kazanabilmektedirler (79). Bununla birlikte bu alanlar araknoid villusların daha tam olarak gelişmediği ve dağınık halde bulunduğu yenidoğanlarda BOS'un emilimi açısından ayrıca önemlidir (62, 132).

BOS Akışı ve Önemi:

BOS akışını daha anlaşılır kılmak için serebral kan akışı ve BOS akışı bir hidrolik devreye benzetilebilir. Bu devrede kalbin hidrolik bir pompa işlevi gördüğü kabul edilmektedir. Sol ventrikül kanı ortalama arteryal basınca yakın bir basınçta (yaklaşık 90 mm Hg) veya yaklaşık 1000 mL/dk hız ile intrakranial bölgeye pompalamaktadır. Bu miktarın yaklaşık 0.33 mL'si ise BOS haline gelmektedir. BOS'un koroid pleksus ve beynin mikrovasküler ağı boyunca filtrasyonu ile basınç yaklaşık 10 mm Hg düzeyine düşmekte; kalan kan ise yine aynı mikrovasküler ağ tarafından filtre edilerek basıncı kortikal venler içinde seyreden kan basıncına eşitlenene kadar düşmektedir. Bu devredeki en etkili direnç merkezi ise serebral mikrovasküler ağ ve koroid pleksuslardır .

BOS ardından bir takım yollardan geçmektedir. Lateral ventriküllerden foramen Monro'dan geçerek üçüncü ventriküle ulaşmakta ve aquaduktus Sylvius yolu ile dördüncü ventriküle ulaşmaktadır. BOS daha sonra iki adet foramen Luschka ve bir adet foramen Magendie'den geçerek sisterna magnaya - yani subaraknoid boşluğa - açılmaktadır. Subaraknoid boşluk beyin bazal yüzeyi etrafında yerleşmiş olup birbirleriyle bağlantılı bir BOS sistern ağı oluşturmaktadır. BOS tentoryumun çevresinden yukarı doğru emileceği yer olan süperior sagital sinüse doğru akmaktadır. Bununla beraber, bir kısım BOS ise lomber subaraknoid boşluğa ulaşmak üzere aşağı doğru akmaktadır. Bu aşağı doğru akış sıvı

değişimi ve basınç-hacim kompansasyonu açısından önemlidir (23). Chiari malformasyonlu hastalarda görüldüğü gibi aşağı doğru olan bu BOS akımının sekteye uğraması durumunda omuriliğin santral kanalında içi sıvı dolu boşluklar gelişmektedir (7, 51).

BOS dolaşımının sekteye uğramaması kemik yapılar içinde korunaklı halde bulunan beyin ve omurilik dokuları açısından hayati önem taşımaktadır. İlk olarak beyin ve spinal kord BOS sayesinde "yüzmekte"dirler. Böylelikle Arşimet ilkesi gereği ağırlıklarının önemli bir kısmını kaybetmektedirler. Ortalama bir insan beyni yaklaşık olarak 1400 gram ağırlığında iken BOS içinde asılı kalan bir beyin dokusunun ağırlığı ise yaklaşık olarak 25 grama denk gelmektedir (18). Böylelikle BOS bir tür yastık görevi görerek bu hassas yapıları olası mekanik darbelere karşı korumaktadır. İkinci olarak intrakranial basıncın tüm gradyanları BOS'un serbest dolaşımı ile kompanse edilmektedirler. Böylelikle ne bir basınç farkı ne de hacim şifti ya da herniasyon riski olmaktadır. BOS'un bu rolü kafa travmasını takiben gelişen süreçte özellikle önemlidir. Kafa travmalarında artış gösteren İKB için kritik eşik değeri 20-25 mm Hg dolaylarındadır. Kafa travmalarında beyin dokusunun şişmesine bağlı olarak BOS dolaşımının normal yolları tıkanmakta ve anormal basınç farkı ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, BOS akım yollarında her hangi bir bozukluğun olmadığı "kommunikan hidrosefali"de hastalar her hangi bir klinik değişiklik olmaksızın 20-25 mm Hg basıncı tolere edebilmektedirler. Üçüncü olarak BOS sinir sisteminin fizyolojik koşullarda işlev görmesi için gerekli olan immünolojik ve hormonal bileşenlerin transportunda önemli roller oynamaktadır.

B) LATERAL VE ÜÇÜNCÜ VENTRİKÜLÜN ANATOMİSİ:

Serebral ventriküler sistem birbirleriyle bağlantılı boşluk ve kanallardan oluşmuştur. Her serebral hemisfer interventriküler foramen (foramen monroe) yoluyla üçüncü ventrikül ile ilişkili geniş birer lateral ventrikül barındırmaktadır.

Üçüncü ventrikül ise orta hat yerleşimli olup sağ ve sol olmak üzere her iki talamus ve hipotalamus arasında bulunan ince bir boşluktan oluşmaktadır. Serebral aquaduktus (Aquaductus Sylvii) olarak adlandırılan dar bir tüp ile dördüncü ventrikül ile ilişkilidir. Dördüncü ventrikül ise beyin sapı ve serebellum arasında yer alan çadır benzeri geniş bir boşluktan oluşmuştur.

Lateral ve üçüncü ventriküller derin yerleşimli, etrafı tamamen nöral yapılar ile çevrili, duvar yapılarında motor, duyusal, görsel yollar ile yaşamsal önemde otonomik ve endokrin merkezlerin bulunduğu anatomik yapılardır. Bununla birlikte lateral ve üçüncü ventriküller derin venöz sistemle çok yakın ilişki içindedirler. Ayrıca her bir ventrikül duvarı bir çok arteryal yapı ile beslenmektedir. Dolayısıyla lateral ve üçüncü ventrikül içi patolojilere cerrahi yaklaşım her zaman oldukça zor olmuştur.

Bir takım tümörler lateral ve üçüncü ventriküllerin spesifik anatomik bölümlerinde ortaya çıkmaktadırlar. Bu nedenle lateral ve üçüncü ventriküller bir takım anatomik bölgelere ayrılmışlardır. Amaç hem ventrikül içinde yer alan patolojileri hem de uygulanacak olan cerrahi yaklaşımları daha kolay tanımlamaktır.

Makroskopik ve mikroşirürjikal yöntemlerle lateral ve üçüncü ventriküllerin anatomisi günümüze kadar farklı şekillerde incelenmiştir (38, 85, 90, 91, 100, 108, 116, 126, 128).

1)Lateral ventriküller:

Lateral yüzeyden bakıldığında her bir lateral ventrikül kabaca “ C “ şeklinde BOS ile dolu bir yapıdan oluşmaktadır. Her bir lateral ventrikül frontal (anterior) boynuz, temporal (inferior) boynuz, oksipital (posterior) boynuz, korpus ve atrium olmak üzere beş farklı kısma ayrılabilir. Her bir kısmın ise medial ve lateral duvarları, çatısı ve tabanı mevcut olup ayrıca frontal ve temporal boynuz ile

atriumun anterior duvarı da bulunmaktadır. Bu duvar olarak adlandırılan yapılar ise talamus, septum pellusidum, derin yerleşimli beyaz cevher, korpus kallozum ve yine " C " şeklinde kaudat nucleus ile forniks tarafından oluşturulmuştur.

Frontal Boynuz:

Lateral ventriküllerin üçgen şeklinde uzantıları olup interventriküler foramenin anteriorunda kalan kısımdır. Lateral yüzeyinde kaudat nükleusun kaput kısmı, anterior ve süperior yüzeyinde korpus kallozumun genu kısmı, medial yüzeyinde septum pellusidum ve daha dar olan taban kısmında ise korpus kallozumun rostrumu tarafından sınırlandırılmıştır. Posteromedialde yer alan interventriküler foramen frontal boynuzların posterior uzanımını temsil ederken sınır ise interventriküler foramenin hemen anteriorunda yer alan forniseal kolonlardan oluşmaktadır. Forniseal kolonlar medial yüzeyin posteroinferiorunda yer almaktadırlar.

Frontal boynuzlar koroid pleksus içermemektedir. Ancak yüzeylerinde cerrahlara oryantasyon sağlayan son derece önemli iki venöz yapı içermektedirler:

a-İnferomedial sınırında anteroseptal ven bulunmaktadır. Bu ven interventriküler foramenin medialine doğru yol almaktadır. Burada internal serebral vene katılmak üzere üçüncü ventrikülün çatısında bulunan velum interpozituma girmektedir.

b-Daha lateralde ise anterior kaudat ven medioinferiora doğru yol almakta ve interventriküler foramenin yakınında talamostriat vene katılmaktadır.

Korpus:

Lateral ventrikül korpusu interventriküler foramenin posterior kenarından başlamakta ve posteriorda korpus kallozumun splenium kısmının anterior sınırına kadar uzanmaktadır. Bu nokta septum pellusidumun görünmeyecek kadar inceldiği ve korpus kallozum ile forniksin birleştikleri noktadır. Lateral ventrikül korpusu süperiorunda korpus kallozum, lateral yüzeyinde kaudat nükleusun korpusu bulunmaktadır.

Medial yüzeyi ise üstte septum pellusidum, altta forniksin korpusu tarafından oluşturulmuştur. Taban ise talamus tarafından meydana getirilmiştir. İnterventriküler foramen seviyesinde, kaudat eminensin hemen altında, internal kapsülün genu kısmı bulunmaktadır. Medial ve lateral yüzeylerde seyreden önemli ven takımları bulunmaktadır. Posterior septal ven daha medialde - septum pellusidum üzerinde - yer almakta ve inferiora doğru seyredip koroid fissürü delerek internal serebral vene dökülmektedir. Lateral yüzeyde ise daha anterior yerleşimli olan talamokaudat ven ve talamostriat vene dökülecek olan posterior kaudat ven yer almaktadır.

Lateral ventrikül korpusunun daha inferiorunda, taban ve lateral yüzeylerin birleştiği alan striotalamik sulkus tarafından belirgin hale getirilmiştir. Bu sulkus talamus ile kaudat nükleusu birbirinden ayırmanın yanında stria terminalis ve talamostriat veni de barındırır. Talamostriat ven anteriorda interventriküler foramene doğru seyretmekte, internal serebral vene dökülmek üzere foramenin etrafında eğim yapmaktadır. Bu venin seyri genellikle serebral anjiyografinin venöz fazında görülmekte ve “venöz açı” olarak tanımlanmaktadır. Ancak, nadiren de olsa talamostriat venin daha posteriorda koroidal fissür yoluyla interventriküler foramen boyunca ilerlemeden de internal serebral vene direkt olarak dökülebildiği unutulmamalıdır. Talamostriat venin medialinde talamus ventriküler tabanı oluşturmak üzere protrude olmaktadır. Talamusun medialinde

koroidal fissür talamus ile forniksin korpusunu birbirlerinden ayırmaktadır. Bu fissür koroid pleksus tarafından kapatılmıştır. Lateral ventrikül atriumunun posterior kısmından başlayan süperior koroidal ven koroid pleksus içinde yer almakta ve interventriküler foramene doğru seyretmektedir.

Pineal bezin hemen lateralinde ventriküler sisteme giriş yapan ve velum interpozitum içerisinde üçüncü ventrikülün çatısında anteriora doğru seyreden medial posterior koroidal arter, üçüncü ventrikülde interventriküler foramenden yukarı doğru çıktığı ve posteriora doğru koroid pleksusun seyri yönünde kıvrıldığı sırada lateral ventrikül içinde görülebilmektedir. Lateral posterior koroidal arter ise ventriküllerin atrial kısmından girmekte ve anteriora interventriküler foramene doğru seyretmektedir. Lateral ve medial posterior koroidal arterler birbirleriyle anastomoz yapabilmektedirler.

Atrium:

Lateral ventrikül atriumuna "**trigon"** da denilmektedir. Korpus, temporal ve oksipital boynuzların birbirleri ile kaynaştığı yerdir. Anteriorda hem talamusun üzerinden lateral ventrikül korpusuna hem de talamusun altından lateral ventrikül temporal boynuzuna, posteriorda ise oksipital boynuza açılmaktadır. Atrium talamusun posterior kenarında korpusun bir devamı gibi başlamakta ve daha posteriorda korpus kallozumun oksipital lob ile birleştiği noktada sonlanmaktadır.

Atriumun anterior duvarı medial ve lateral olarak ikiye ayrılabilir: medial kısmı pulvinarın posterior kesiminin etrafını saran forniksin krusu, lateral kısmı ise pulvinar tarafından oluşturulmaktadır. Medial duvar iki tümsek benzeri yapıdan oluşmaktadır. Birbirleri üzerinde horizontal şekilde yer alan bu yapılardan daha yukarıda yerleşim göstereni kalın lif demetlerinden - forceps majör – oluşmakta; aynı zamanda korpus kallozumun "bulb"u olarak adlandırılmaktadır. Daha aşağıda yer alan diğer yapı ise kalkarin sulkusun ventriküle doğru bir çıkıntısı

şeklinde izlenmekte ve kalkar avis olarak adlandırılmaktadır. Medial duvarın yüzeyinde koroidal fissüre doğru uzanım gösteren medial atrial ven izlenmektedir. Bu ven koroidal fissürü delerek bazal vene, internal serebral vene veya Galen veni'ne boşalmaktadır.

Lateral duvar anterior ve posterior kısma ayrılabilir; anterior kısmı kaudat nükleus tarafından posterior kısmı ise tapetum lifleri tarafından oluşturulmaktadır. Süperiorda korpus kallozumun splenial kısmı ve daha posteriorda ise yine korpus kallozumun tapetum kısmı atriumun çatısını oluşturmaktadırlar. Bu çatı posteriorda lateral duvara doğru kıvrıldığından lateral duvarın bu segmentini tapetum örtmekte daha anteriorda ise kaudat nükleusun kuyruk kısmı lateral duvarı örtmektedir. Ependimin hemen altında, lateral duvar yüzeyinde yerleşmiş olup koroidal fissüre doğru inferiora ve mediale uzanım gösteren lateral atrial venler bulunmaktadır. Oksipital boynuzda başlayan bu ven koroidal fissürü geçtikten sonra bazal vene, internal serebral vene veya Galen veni'ne boşalmaktadır.

Taban ise üçgen şeklinde olup kollateral sulkusun posterior ucunun yukarı doğru şişkinlik yarattığı anatomik yapı olarak da tanımlanan "kollateral trigon" tarafından meydana getirilmektedir.

Atriumda yerleşim gösteren koroid pleksus "glomus" olarak adlandırılmaktadır. Koroid pleksusun bu seviyesinde çoğu zaman iki koroidal arter seçilmektedir. Bu arterlerden daha medialde olanı anterior koroidal arter olup koroid pleksus ile birlikte ventrikül korpusuna doğru seyir göstermektedir. Daha lateralde yer alan lateral posterior koroidal arter ise atrium ve koroid pleksus korpusunu beslemektedir.

Oksipital Boynuz:

Atriumun posteriora doğru oksipital lob içine uzanım göstermesiyle meydana gelen anatomik yapıdır. Boyutları son derece değişken olabilmektedir.

Medial duvarı aynı zamanda atriumun medial duvarını da meydana getiren süperiorda kalkar avis ve inferiorda ise forceps majör tarafından oluşturulmaktadır. Aynı şekilde kollateral trigon da oksipital boynuzun tabanını oluşturmaktadır. Tapetum ise birbirleriyle kaynaşan hem çatıyı hem de lateral duvarı oluşturmaktadır. Oksipital boynuzun en ilgi çekici özelliği ise koroid pleksustan mahrum oluşudur. Venöz yapıları ise medial ve lateral atrial venlerin posteriora doğru uzanımı şeklinde izlenmektedir.

Temporal Boynuz:

Temporal boynuz lateral ventriküllerin medial temporal loba uzanım göstermeleriyle meydana gelmektedir. Bu yapı pulvinarın altında, atriumdan başlayarak temporal lob orta kesimine doğru uzanım göstermekte ve amigdaloid nükleusun hemen arkasında sonlanmaktadır. Tabanda medialde hipokampus, lateralde ise kollateral eminens olmak üzere ventrikül içine uzanım gösteren iki tümsek yapı göze çarpmaktadır.

Temporal boynuz çatısı medial ve lateral olarak ikiye ayrılabilir: Medial kısım kaudat nükleusun kuyruğu tarafından oluşturulmaktadır. Kaudat nükleusun kuyruğu anteriorda amigdaloid nükleusa doğru uzanmaktadır. Kaudat nükleusun kuyruğu ile talamus striotalamik sulkus ile birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Çatının lateral kısmı ise tapetum tarafından oluşturulmaktadır. Tapetum inferiora doğru seyrederken temporal boynuzun ayrıca lateral duvarını da meydana getirmektedir. Tapetum, optik radyasyon ile temporal boynuzu birbirinden ayıran oluşumdur.

Temporal boynuzun medial duvarı talamusun inferolateral yüzeyi ile forniksin fimbriasını birbirinden ayıran ve ince, dar bir yarık olan koroidal fissür tarafından oluşturulmaktadır.

2) Üçüncü Ventrikül:

Üçüncü ventrikül korpus kallozum ve lateral ventrikül korpusunun altında sella tursikanın, pitüiter bezin ve mezensefalonun üzerinde, talamus ve hipotalamusun her iki yarısı arasında yerleşmiştir. Willis poligonu ve dalları ile olduğu kadar Galen veni ve bu vene dökülen diğer damarlar ile de yakın ilişki içindedir. Bu nedenle üçüncü ventrikül yerleşimli tümörler hem ortaya konması hem de çıkartılması en zor tümörler arasındadır.

Anterosüperior kenarında foramen Monro'lar yoluyla her iki lateral ventriküller ile ilişki halindedir. Üçüncü ventrikülün yaklaşık üçte biri bu foramenin anteriorunda yer almakta ve inferiora doğru optik kiazmaya uzanmaktadır. Posteriorda ise serebral aquaduktus yoluyla dördüncü ventrikül ile ilişki halindedir. Üçüncü ventrikülün çatısı, tabanı, anterior, posterior ve iki lateral duvarı bulunmaktadır.

Dış yüzeyden görünebilen anterior duvar optik kiazma ile lamina terminalis tarafından oluşturulmuştur. Lamina terminalis ince bir pia ve gri cevher yaprağı şeklinde yapı olup inferiorda optik kiazma, süperiorda ise rostrum arasında seyreder. Ventrikül içerisinden bakıldığında ise anterior duvar sınırları - yukarıdan aşağıya – forniks kolonları, foramen Monro'lar, anterior kommissür, lamina terminalis, optik reses ve optik kiazma tarafından oluşturulmuştur. Anterior kommisür forniseal kolonların hemen önünde orta hattı çaprazlayan kompakt lif demetidir. Optik kiazma ile arasındaki boşluğu lamina terminalis doldurmaktadır.

Posterior duvar süperiorda suprapineal resesten inferiorda aquaduktusa kadar uzanmaktadır. Ventrikül içinden ve önden bakıldığında ise posterior duvar sınırları – yukarıdan aşağıya – suprapineal reses, habenular komissür, pineal cisim ve resesi, posterior komissür ve aquaduktus tarafından meydana getirilmiştir. Posteriordan bakıldığında ise posterior duvarda görünür tek yapı pineal cisimdir. Pineal bez posteriora doğru quadrigeminal sisterne uzanım göstermekte olup süperiorda splenium, laterallerde talamus, inferiorda ise korpora quadrigemina ve serebellar vermis tarafından örtülmüştür.

Lateral duvarlar serebral hemisferler arasında yerleşim gösterdiğinden dışarıdan görülememektedir. İnferiorda hipotalamuslar ve süperiorda talamuslar tarafından meydana getirilmişlerdir. Sağ ve sol talamuslar massa intermediate ile birbirlerine bağlanırlar. Hipotalamik ve talamik yüzeyler birbirlerinden hipotalamik sulkus ile ayrılmışlardır. Bu sulkusun sınırları genellikle bariz olmamakla birlikte foramen Monro'dan aquaduktusa uzanım göstermektedir. Lateral duvarlar gagası açık bir kuş kafasının yan silüetine benzetilmektedir. Kuşun kafası talamusun oval, medial yüzeyi tarafından; anteriora ve inferiora projekte olan açık gagalar ise hipotalamustaki resesler tarafından – yukarı gaga optik reses, aşağı gaga infundibular reses olmak üzere - oluşturulmuştur. Talamik yüzeylerin üst limiti stria medullaris talami olarak adlandırılan dar, kabarık çizgiler tarafından oluşturulmuştur. Bu strialar talamusun süperomedial sınırı boyunca uzanarak foramen Monro'dan habenular komissüre kadar devam etmektedir.

Üçüncü ventrikül çatısı anteriorda foramen Monro'dan posteriorda suprapineal resese kadar yukarı doğru hafif bir yay şeklinde uzanım göstermektedir. Bu anatomik yapı forniks tarafından meydana getirilen nöral bir tabaka, tela koroideanın iki ince membranöz tabakaları ve tela koroideanın iki yaprağı arasında seyreden damar bir tabaka olmak üzere toplam dört yapraktan oluşmaktadır. Koroidal fissür çatının lateral kenarında yer almakta ve lateral duvar ile çatıyı birbirlerinden ayırmaktadır. Çatının anterior kesiminde forniksler

birbirlerine paralel olarak seyretmekte ve sıklıkla forniksin korpusuna tutunmaktadırlar. Çatının posterior kesiminde ise forniksler birbirlerinden ayrılarak forniceal “krus”lar olarak adlandırılmaktadır; çatı, hipokampal komissür denilen froniksler arasında seyrederek bu forniksleri birbirlerine bağlayan beyaz cevher ile örtülmüştür. Hem forniksleri hem de hipokampal komissürleri örten anatomik oluşum ise gevşek trabeküler yapısıyla iki yapraklı tela koroidea’dır.

Tela koroidea’nın iki yaprağı arasında yer alan boşluk velum interpozitum olarak adlandırılmakta ve içerisinde internal serebral venler ile medial posterior koroidal arterler (MPChA) yer almaktadır. İnternal serebral ven bu yapı içinde foramen Monro’nun hemen hemen posterior kenarında başlamakta ve pineal cismin hemen üzerinde terkederek quadrigeminal sisterne girmektedir. Tela koroidea’nın üst yaprağı forniks ve hipokampal kommissürün alt yüzeyine, alt yaprağı ise anteriorda stria medullaris talami’ye ve posteriorda pineal cismin süperior yüzeyine tutunmuştur.

Üçüncü ventrikül tabanı anteriorda optik kiazmadan posteriorda serebral aquaduktusun açıklığına kadar uzanmaktadır. Tabanın anterior yarımı diensefalik yapılar, posterior yarımı ise mezensefalik yapılar tarafından oluşturulmuştur. Alttan incelendiğinde tabanı oluşturan yapılar anteriordan posteriora doğru optik kiazma, hipotalamusun infundibulumu, tuber cinereum, mamiller cisimcikler, posterior perforan madde ve serebral pediküllerin medial yüzeyinin üzerindeki tegmentum olarak sıralanmışlardır. Optik kiazmanın inferior yüzeyi tabanın anterior kesimini, süperior yüzeyi ise anterior duvarın aşağı kısmını meydana getirmektedir. Hipotalamusun infundibulumu, tuber cinereum, mamiller cisimcikler ve posterior perforan madde ön ve yan taraflarda kiazma ve optik traktuslar ile arkada ise serebral pedinküller tarafından sınırlandırılmış olan boşlukta yer almaktadırlar.

C) NÖROENDOSKOP

1) Tarihçe

İnsan vücuduna teşhis ve/veya tedavi amaçlı tüp yerleştirilmesi işleminin tarihi milattan öncesine kadar uzanmaktadır. Böyle bir işleme dair ilk uygulamanın rektumu incelemek için doğal ışığın kullanıldığı Hipokrat zamanına kadar geri gittiği belirtilmiştir (103). Ayrıca, milattan sonra 4. yüzyılda Babillilerin yine doğal ışık kaynağından faydalanarak vajinal spekulum kullandıklarından bahseden kaynaklar bulunmaktadır (41). İslam dünyasında endoskopik işlemlerin ilk kullanımı Ebu El-Kasım'a atfedilmekte olup derin yerleşimli yapıların incelenmesi amacıyla doğal ışığın yansıtılmasında aynaların kullanıldığından bahsedilmiştir (42). Ancak endoskop benzeri ilk aletin icadı Philippe Bozzini'ye atfedilmektedir (94, 98). Tıpta buluşların tarihsel sürecin bazı dönemlerinde tıp otoritelerince pek kabul görmediğinin belki de en güzel örneklerinden birisi Bozzini'nin çalışmasıdır. Viyana Tıp Akademisi'nin 1806'da Bozzini'nin kendi geliştirdiği mesane ve rektumun muayenesi için içbükey bir ayna tarafından yansıtılan mum ışığının kullanıldığı bir ekipman hakkında bilgilendirildiği, ışığının yetersiz ve kullanımının hasta için oldukça ağrılı olması bir yana, Bozzini'nin o döneme göre uygunsuz olarak kabul edilen bu "merakı" sebebi ile akademiden dışlandığından ve bu ekipmanın da reddedildiğinden bahsedilmiştir (5, 69, 82, 84, 99). **(Şekil 1)**

"Endoskopi" tanımını ilk kez Paris'li bir ürolog olan Antonin Desormeaux kullanmıştır (16, 55). Bahsedilen ekipman bacalı, alkol ve kerosen yakan bir mum kullanarak aydınlatması iyileştirilmiş bir endoskoptur. Bu mumun meydana getirdiği ışık bir mercek yardımıyla ile toplanarak endoskopun şaftında odaklanmaktadır. Paris Tıp Akademisi'ne sunulan bu ekipman bir sistoskop için yaratılmış olan ilk başarılı tasarım olarak kabul edilmektedir (5).

Ancak ilk modern endoskopun tanımlanması 1879 yılında Maxillian (Max) Nitze tarafından gerçekleştirilmiştir (72). Rijit bir yapıya sahip olduğu anlaşılan bu ilk endoskopu diğerlerinden ayıran en önemli özelliği incelediği görüntüyü tüp içine yerleştirilmiş bir takım lensler yardımıyla büyütmesinin yanında dahili bir ışık kaynağı kullanarak aydınlatma sağlamasıdır (107) **(Şekil 2)**. Nitze'nin mesane içinde endoskopik fotoğraflama yapan ve elektrikli kesme halkaları kullanan ilk cerrah olduğu bildirilmektedir (84, 94, 99). Yine aynı tarihte Edison'un akkor ampulü icadı gelecekte bu dahili ışık kaynağının daha rafine hale gelmesinde oldukça önemli bir rol oynamıştır. Nitekim, Newman 1883'de Nitze'nin endoskopundaki ışık kaynağını su soğutmalı platin kabloyu uzak uç kısımda duran ufak bir ampül ile değiştirerek geliştirmiştir (5, 73).

Geçtiğimiz yüzyılın başında dünyanın değişik yerlerinden hekimler tıbbın bir çok farklı alanlarında endoskop kullanımına öncülük etmişlerdir. Örneğin, A. Hirschmann 1900'lu yılların hemen başında mesane için kullanılan bir sistokopu modifiye etmiş ve maksiller sinüsü eksplore etmiştir; bu nedenle paranazal endoskopik cerrahinin öncüleri arasında kabul edilir (54, 94). İsveç'li hekim Christian Jacobaeus 1900'lu yılların ilk yıllarında yine modifiye edilmiş bir sistokopu kullanarak ilk defa endoskop eşlikli torakoskopiyi ve laparoskopiyi gerçekleştirmiştir (94).

Nöroşirürji literatürüne geçen nöroendosokopinin teşhis ve tedavi amaçlı ilk kullanımı 1910 yılında aslında bir ürolog olan Victor Darwin Lespinasse tarafından gerçekleştirilmiştir (44, 60) **(Şekil 3)**. Sistoskop yardımıyla hidrosefali tedavisi için ilk defa koroid pleksus koagülasyonu uyguladığı iki çocuk hastadan birisinin operasyondan hemen sonra öldüğü, diğerinin ise beş yıl boyunca hayatta kaldığı bildirilmiştir (5).

Literatürde rapor edilen ilk endoskopik üçüncü ventrikülostomi 1923 yılında William Mixter tarafından bir üreteroskop yardımıyla uygulanmıştır (34).(**Şekil 4)**.

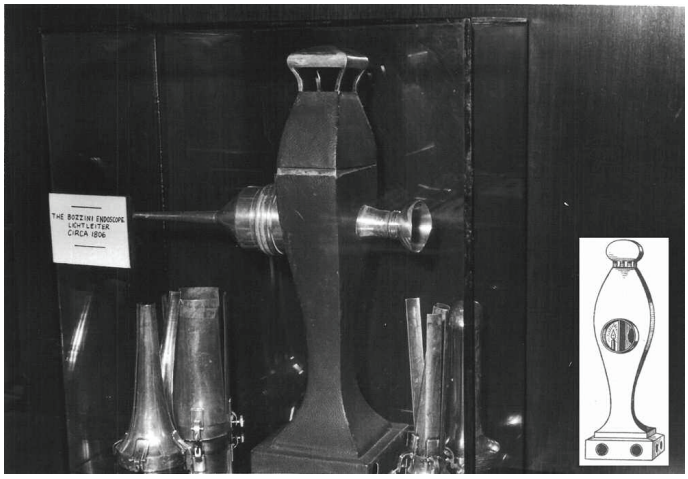
Temple Fay ve Francis Grant, yine aynı yılda, ilk olarak ventrikül içini sistoskop yardımıyla fotoğraflamayı başarmışlardır (60). Tracy Putnam kendi tasarladığı alet ile koroid pleksusu koterize ederek hidrosefaliyi tedavi etmeye çalışmıştır (95). Tüm bunlarla birlikte, sistoskopun Walter Dandy tarafından farkedilmesinin nöroendoskopide bir çığır açtığı nöroşirürji topluluğunda evrensel olarak kabul edilen bir görüştür. Kendi zamanındaki tüm teknolojik kısıtlamalara rağmen, Dandy nöroendoskopun potansiyelini farketmiş ve bunun nöroşirürjiyenlerin ihtiyacını nasıl karşılayabileceğini sorgulamıştır (60).

Nöroendoskopun potansiyel faydaları hakkında bir çok çalışmaya rağmen bu alan geçtiğimiz yüzyılın ikinci yarısının ortalarına kadar yeterince ilgi görmemiştir. Bunun nedenleri arasında büyütmenin ve ışıklandırmanın yetersizliği gösterilmektedir. Kendi dönemi içinde yaratıcılık ve beceri açısından olağanüstü bir cerrah olarak kabul edilen Walter Dandy'nin ellerinde bile nöroendoskopinin kullanımı dönemin teknik imkanları da dikkate alındığında yüksek mortalite ve morbidite oranları ile seyretmiştir **(Şekil 5,6)**. Tüm bunlara ek olarak hidrosefali tedavisinde ventriküler shunt sistemlerinin kullanılmaya başlanması, mikronöroşirürjikal teknik ve ekipmanlarının hızlı gelişimi nöroendoskopun etkin bir şekilde kullanımını 1970'li yıllara kadar geciktirmiştir.

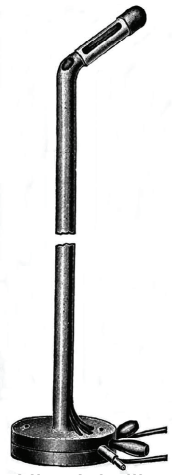
Nöroendoskop gelişiminde devrim olarak kabul edilen yenilikler 1960'lı yıllardan sonra gerçekleştirilmiştir. İngiliz bir fizikçi olan Harold Hopkins 1960 yılında çubuk (rod)-lens sisteminin patentini almıştır. Bu sistem sayesinde optik etkinlik Nitze'nin sistemininkinden dokuz kat daha etkin hale gelmiştir (49). Hopkins aynı zamanda mercek üzerinde bir takım kaplamalar kullanarak mercek ara yüzeyi ile cam çubuklar arasındaki ışık kırılmasını en aza indirmiş ve mercek ara yüzeyini hesaplayarak optik etkinlikteki artışa ek olarak gölgelenmeyi ve renk değişikliğini de ortadan kaldırmıştır (5, 49). Günümüz nöroendoskoplarında halen Hopkins mercek sistemini kullanılmaktadır.

Nöroendoskop gelişimindeki bir diğer muazzam yenilik fiberoptiklerin kullanılmasıdır. Ilk olarak 1950'li ve 1960'lı yıllarda kullanılmaya başlanan fiberoptikler 1970'li yıllarda daha rafine hale getirilmiştir. Fiberoptikler sayesinde ışık kaynağı endoskopun geri kalanından ayrılabilmektedir (112). Fiberoptikler ayrıca ışığın iletiminde oraya çıkan ısınma sorununu ışık kalitesinden taviz vermeden çözmüştür. Fiberoptik gelişiminde Hopkins, Amerika'lı bir gastroenterolog olan Hirschowitz ve arkadaşları, Scarff büyük rol oynamışlardır (5, 49, 72, 94).

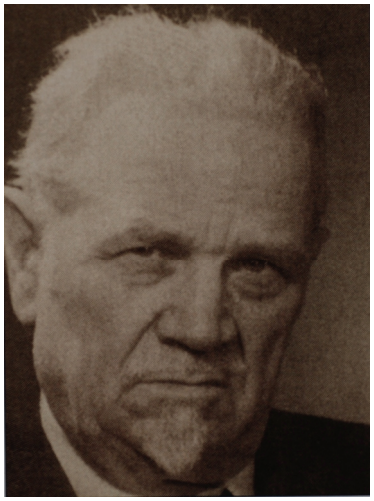
Fiberoptikler ile kombine edilmiş rod-lens endoskopların teknik gelişimi görüntülemede video kameraların kullanılması ile tamamlanmıştır. Böylece cerrahi işlem sırasında cerrah doğrudan endoskopun içine bakmak zorunluluğundan kurtulmuş, işlemi bir ekrana bakarak gerçekleştirmek kolaylığına erişmiştir. Bu ise CCD (charged-coupled device) olarak adlandırılan teknolojinin geliştirilmesi ile mümkün olmuştur. Genellikle silikon bir çipten meydana gelen bu aygıtlar düşük ağırlığa sahip, düşük güç ile çalışabilen, son derece hassas görüntü alıcıları (sensor) ile ışık sinyalini dijital sinyale çevirmektedirler.



Şekil 1: Bozzini endoskopunun ve ışık kaynağının şekli



Şekil 2: Nitze'nin ilk sistoskopu



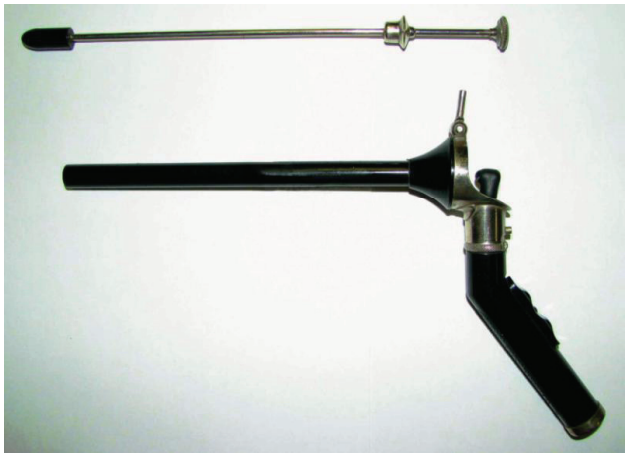
Şekil 3: Viktor Darwin Lespinasse



Şekil 4: William Mixter



Şekil 5: Dandy Walter



Şekil 6: D. Walter'ın tasarladığı ventriküloskop

2) Optik fiziği prensipleri

Ventriküler sistem başta olmak üzere çeşitli sinir sistemi patolojilerinin tanı ve tedavisine nöroendoskopik yaklaşım nöroşirürjiyenler tarafından geçen yüzyılın başından itibaren giderek artan sıklıkta kullanılmaktadır. Bunun en önemli nedeni ise nöroşirürjiyenlerin derin anatomik yapılara minimal invaziv yolla ulaşmalarında nöroendoskopinin tek enstrüman oluşudur. Nöroendoskopi beyin dokusunun derin yerleşimli ve tek bir yaklaşımla görülemeyebilecek yapılarının "ışıklandırılması"nı ve ilgili anatominin nöroşirürjiyene berrak bir görüntü olarak sunulmasını sağlamaktadır. Bu ise ancak ışığın fiziksel özellikleri ile mümkün olmaktadır.

Nöroendoskopun giderek daha rafine hale gelmesinde optik fizik, teknoloji ve enstrümantasyon alanlarında bir dizi gelişmeler etkili olmuştur. Bu hassas cihazları güvenli ve başarılı şekilde kullanabilmek için bugünün nöroendoskoplarının altında yatan temel fizik yasalarının ve enstrümantasyonun anlaşılması gereklidir.

Modern fizikte enerjinin, dolayısıyla maddenin, hem dalga hem de parçacık özelliğine sahip olduğu kabul edilmektedir. Kuantum mekaniğinin merkezinde yer alan bu "dalga-parçacık ikiliği", kuantum ölçeğindeki nesnelerin davranışlarını açıklamada parçacık ve dalga gibi klasik kavramların yertersizliğini ele almaktadır. Bu "ikilik" kavramının kökeni 1600'lü yıllara ışığın ve maddenin doğası üzerine yapılan tartışmalara kadar gitmektedir. Döneminin önemli bir fizikçisi olan Christiaan Huygens (1629–1695) ışığın dalgalardan oluştuğunu savunurken, döneminin diğer bir önemli fizikçisi olan çağdaşı Isaac Newton (1643-1727) ışığın parçacıklardan oluştuğunu savunmaktadır. Ancak, Max Planck, Albert Einstein, Louis de Broglie, Arthur Compton, ve diğer birçok fizikçilerin çalışmaları sayesinde günümüzdeki bilimsel görüş tüm parçacıkların

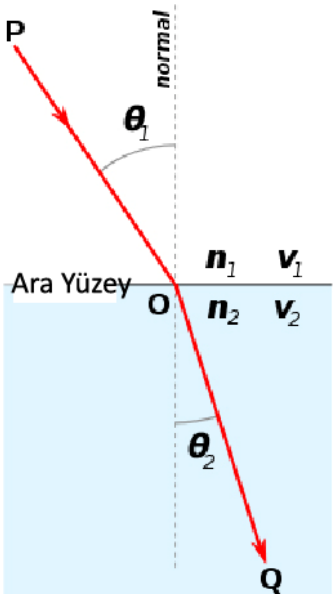
(veya dalgaların) ayrıca bir de dalga (veya parçacık) özelliğine sahip olduklarını kabul etmektedir (45).

Homojen bir ortamda ışık düzgün bir hatta (ışınsal) ve sabit bir hızda ilerler. Vakumlu bir ortamda, yani boşlukta, ışığın hızı (c) yaklaşık olarak 3 x 10^8 metre / saniye'dir. Bununla birlikte, ışığın hızı ve dalga boyu içinden geçtiği ortamın kırılma indeksine (n) bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Kırılma indeksi ise her bir ortamın (örneğin hava, su, cam gibi) kendine özgü bir özelliği olup ışığın boşluktaki hızı (c) ile içinde bulunduğu ortamdaki hızına (v) oranıdır (n=c/v).

Bir ışık ışını kırılma indeksleri farklı iki ortamı birbirinden ayıran bir yüzeyden geçerken sapmaya uğrar. Yani, ışının yüzey ile yaptığı açı değişikliğe uğrar. Bu fizik olayı, matematiksel olarak ortaya koyan ilk kişi 984 yılında İbn-i Sahl el-Tebari (940-1000) olmasına rağmen Hollanda'lı astronom Willebrord Snellius'a (1580- 1626) atfen "Snell Yasası" olarak tanımlanmakta ve

$$n_1 sin\theta_1 = n_2 sin\theta_2$$

eşitliği ile gösterilmektedir (96, 127). **Şekil 7**'de gösterildiği gibi burada n_1 ve n_2 ortamların kırılma indekslerini, "θ_1" ve "θ_2" ise geliş ve kırılma açılarını göstermektedir.

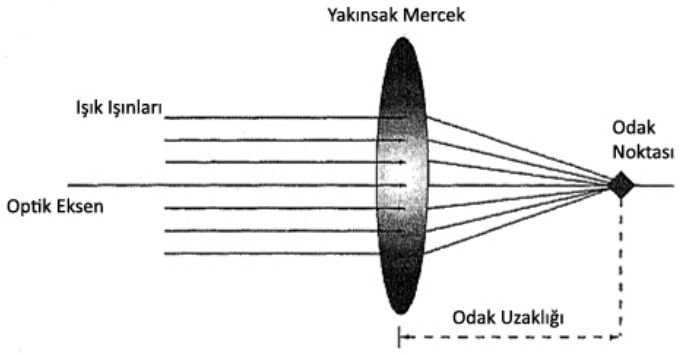


Şekil:7

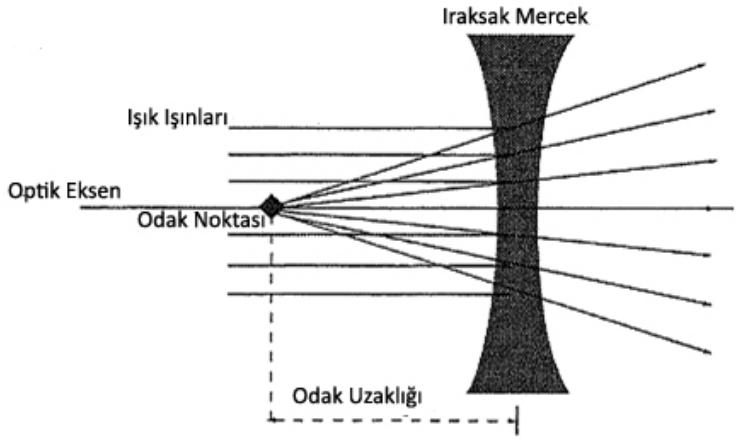
Bu yasa ışının geliş açısı ile kırılma açısı arasındaki oranın ortama bağlı bir sabit olduğunu belirtmekte olup lens ve prizma davranışlarının temelini oluşturmaktadır (74).

3) Endoskopik sistemlerde temel optik prensipler

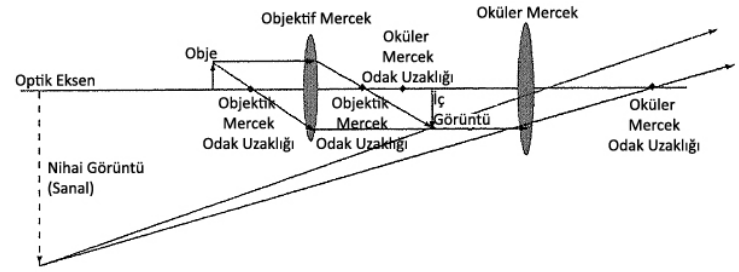
Endoskop ve teleskoplar bir çok merceğin bir araya gelmesi ile oluşmuş optik sistemlere örnektirler. Bu tip sistemleri anlamak için bir takım mercek tiplerini anlamak gerekmektedir. Yakınsak (convergent, biconvex) merceklerde optik eksene paralel seyreden ışınlar eksen üzerinde ortak bir noktaya toplanmaktadır. Bu nokta merceğin "odak" noktası olup mercek ile arasındaki mesafe "odak uzunluğu" olarak bilinmektedir **(Şekil 8)**. Iraksak (divergent, biconcave) merceklerde optik eksene paralel seyreden ışınlar optik eksenden uzağa yönlendirilirmekte ve sanki ortak bir noktadan çıkmışlar gibi görünmektedirler **(Şekil 9)**. Bu "sanal" nokta ıraksak merceğin odak noktası olup mercek ile arasındaki mesafe ıraksak merceğin odak uzunluğu olarak bilinmektedir. (+) odak uzunluğu yakınsak bir merceği, (-) odak uzunluğu ise ıraksak bir merceği tanımlamaktadır. Mercekler şekil ve odak uzunluklarına göre farklılık göstermektedirler. Bu bilgiler ışığında endoskop ve teleskoplar, bütün pratik amaçlar için hem nesnenin hem de görüntüsünün sonsuz bir noktada konumlandığı, bir çok merceğin bir araya gelmesi ile oluşmuş optik sistemlere örnektirler. Herhangi bir odak uzaklıkları olmadığından odaksız (afocal) enstrümanlar olarak da bilinmektedirler (74, 113).



Şekil: 8



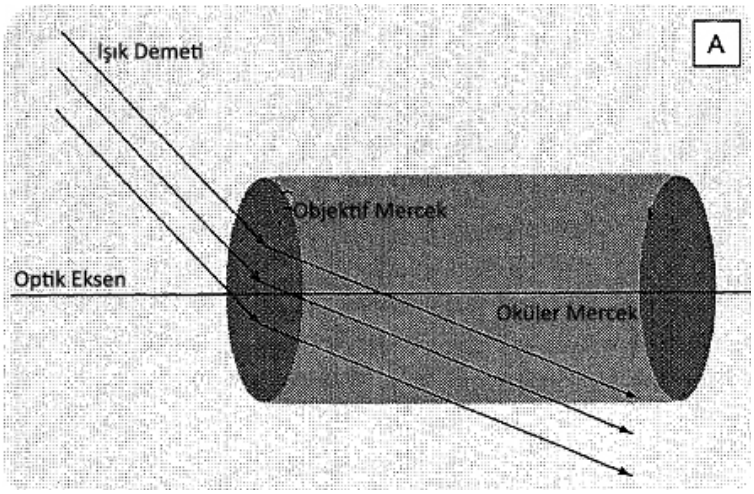
Şekil:9



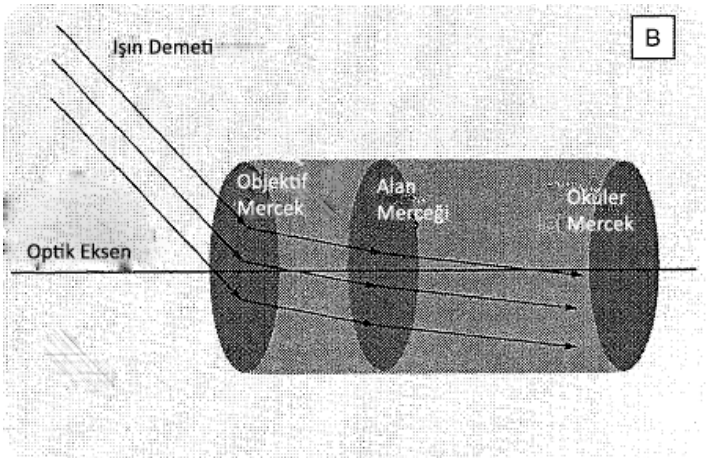
Şekil:10

En basit teleskop, bir objektif mercek ve bir göz (oküler) mercek olmak üzere iki elemandan oluşmaktadır (**Şekil 10**). Bu tür bir sistemde görüntü alanı oküler lensin çapı ile sınırlandırılmaktadır. Objektif mercek tarafından oluşturulan ilk görüntü oküler mercek için bir nesne görevi görmektedir. Sonuç olarak, bu tür bir modelde görüntü büyütülmüş olacaktır. Ancak bir ışın demetinin objektif merceğe daha geniş bir açı ile ulaşması durumunda bir miktar ışın oküler lense ulaşamayabilir **(Şekil 11)**. Optik sistemlerde bu durum flulaşma (vignetting) olarak tanımlanmış olup ışın demetinin bir bütün olarak optik bir elemandan - bu durumda mercekten - geçememesi sonucu oluşan görüntünün kaybı veya silikleşmesi ile karakterizedir (113). Bu sorunun üstesinden gelmek için ilk

mercek tarafından oluşturulan görüntünün tam üzerine ikinci bir mercek konulmakta ve ışın demetleri yeniden optik eksene yönlendirilerek yeniden oküler mercekten geçmeleri sağlanmaktadır. Bu tür merceklere “alan” merceği (field lens) denilmektedir. Alan mercekleri birden fazla mercekten oluşan optik aletlerde gözden en uzaktaki merceklerdir **(Şekil 12)**. Böylelikle objektik merceğin çapı büyütülmeden sistemin görüntü alanı etkin bir şekilde artırılmış olmaktadır. Şüphesiz, endoskop gibi çapı küçük ekipmanların tasarımında bu oldukça önemli bir faktördür.



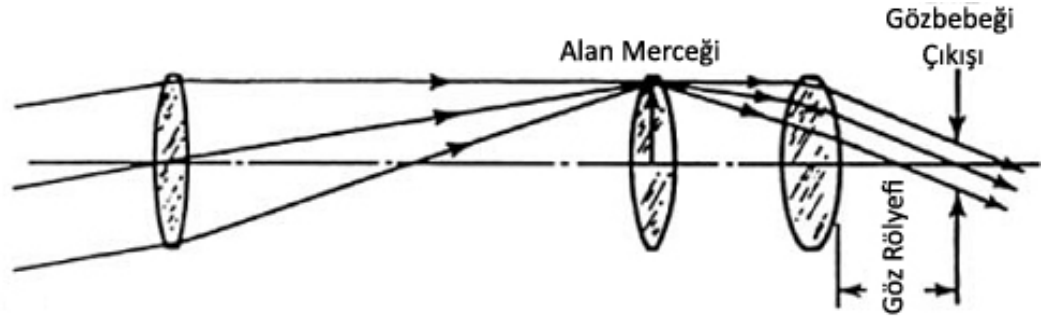
Şekil:11



Şekil:12

Endoskopların optik prensiplerini anlamada değinilmesi gereken önemli bir kaç kavram daha bulunmaktadır. Bunlar “çıkış pupili” (exit pupil), “diyafram” (aperture) ve “göz rölyefi” (eye relief) mesafesidir. Bir optik sistemden geçen ışın miktarı diyafram (aperture) ile sınırlandırılabilmektedir. Optik sistemden çıkarak gözlemcinin gözüne ulaşabilen ışınlar yalnızca bu diyafram açıklığından geçebilen ışınlardır. Bir optik sistemde mercek sisteminin arkasına karşılık gelen ışık miktarı veya görüntü ise çıkış pupili (exit pupil) olarak adlandırılmaktadır. Pratik kullanımda çıkış pupili, milimetre (mm) cinsinden ifade edilen diyafram açıklığı yolu ile insan gözüne ulaşabilen ışık miktarını ifade etmektedir. Tüm görüş alanını görebilmek için gözlemci gözünü çıkış pupiline koymalıdır. Böylelikle optik sistem göz ile eşleşir ve flulaşma önlenmiş olur. Göz rölyefi ise oküler lens ile çıkış pupili arasındaki mesafe olarak tanımlanmaktadır. **(şekil 13)** Pratik kullanımda ise gözlemcinin gözü ile oküler mercek arasındaki uzaklık olarak da tanımlanabilir. Alan merceklerinin kullanımı ile bu mesafe azaltılmaktadır (74). Göz rölyefi görüş alanı ve objetif mercekler ile oküler

merceklerin odak uzaklıkları tarafından belirlenmektedir. Genel olarak görüntü ne kadar büyütülür ve görüş alanı ne kadar genişletilirse göz rölyefi o kadar kısalmaktadır. Bu durum özellikle dürbünlü tüfek ile atış yapan kişilerde önemli bir güvenlik sorunu teşkil etmektedir; çünkü, ateş edildikten sonra tüfeğin geri tepmesi ile ciddi yaralanmaların meydana gelme ihtimali artmaktadır (1).**(Şekil 14)**.

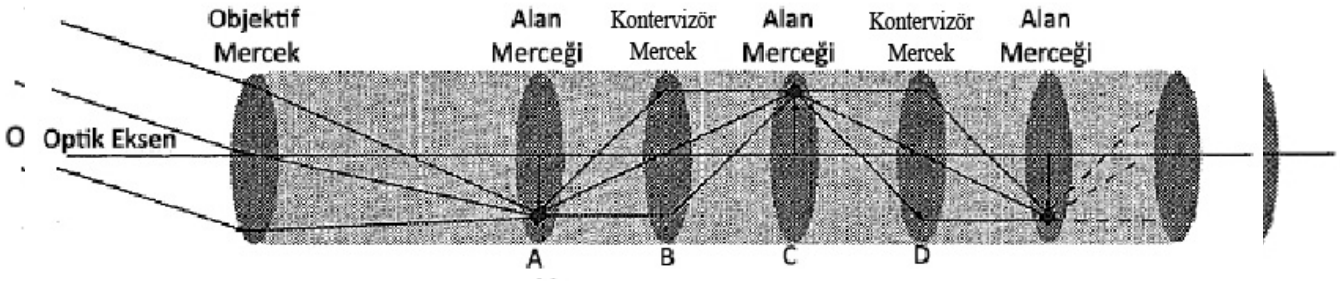


Şekil:13



Şekil:14

Teleskoplar gibi endoskoplar ve periskoplar da afokal sistemlere örnek olarak kabul edilmektedirler. Ancak bu sistemlerde görüntünün objektif mercekten gözlemcinin gözüne ulaşana kadar uzun bir mesafede taşınması gerekmektedir. Bu sistemlerdeki bir diğer sorun da kullanılan merceklerin çapının oldukça küçük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, objektif ve oküler merceklerin arasında, her biri bir kontervizör mercekten (relay lens) ve bir alan merceğinden (field lens) oluşan bir "nöbet etabı" (relay stage) düzeneği kullanılmaktadır (**şekil 15**) (59, 74, 113). **Şekil 15**'teki bu örnek sistemde objektif mercek her hangi bir nesnenin "A" alan merceğinde bir görüntüsünü oluşturmaktadır. "A" merceğinin gücü, nesnenin objektif mercek tarafından oluşturulan görüntüsünün "B" kontervizör mercekte oluşmasını sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. "C" alan merceği ve "D" kontervizör mercek de aynı şekilde çalışmaktadırlar. Endoskop veya periskoplara yerleştirilen bu "nöbet etap"larının sayısı enstrümanın uzunluğuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.



Şekil: 15

Bu tarzda bir "mercek silsilesi"nin silindir şeklinde bir metal tüp içinde kullanılması meydana getirilen ilk endoskop örneğinin 1879 yılında Max Nitze'ye ait olduğu

kabul edilmektedir (84, 94). Ancak bu ilk endoskopun, artan sayıda nöbet etaplarından oluşan her endoskopik sistem gibi önemli dezavantajları bulunmaktaydı. Merceklerin uygun şekilde dizayn edilmelerinin yanında tüp içine yerleştirilmeleri de son derece zor bir süreçti. Tek bir merceğin bile yerinden minimal sapması görüntünün bozulması için yeterliydi. Dolayısıyla bu nöbet etaplarını oluşturan merceklerin sayısının azaltılması gerekmekteydi.

4) Esnemez-çubuk mercek (rigid-rod lens) sistemi endoskoplarının gelişimi

Geçen yüzyılın ortalarına kadar endoskopik sistemler mercekleri arasında büyük hava boşluklarının bulunduğu klasik, küçük cam merceklerden oluşmuştur. Bu tip merceklerde şekil ve yüzeyin dikkatli bir dizaynı ile ışık bir noktaya odaklanabilmekte ve görüntü oluşturulabilmektedir. Ancak bu durum özellikle nöroendoskop gibi küçük çaplı enstrumanlar için kullanılması gereken merceklerin hazırlanma süreci hem maddi olarak çok pahalıya mal olmakta hem de uzun süre gerektirmektedir.

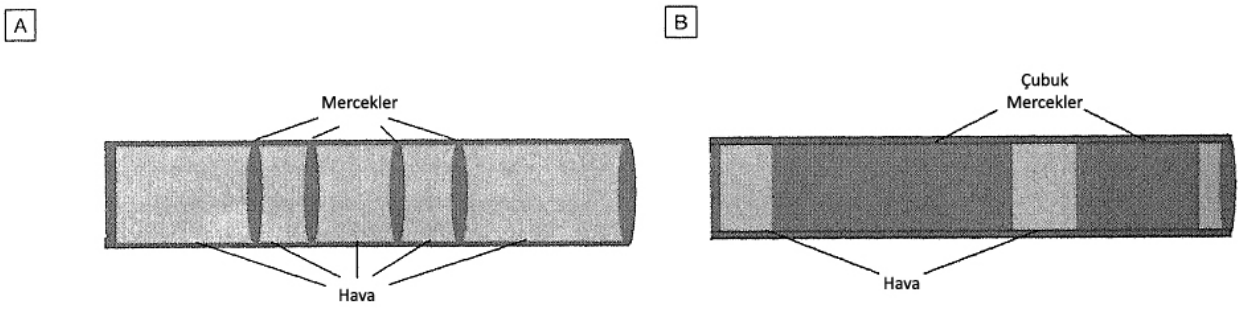
İngiliz fizikçi Hopkins bu sorunun ortadan kaldırılmasına ve modern nöroendoskopun gelişimine yeni bir mercek sistemi geliştirerek büyük katkıda bulunmuştur. Bir endoskop sistemi üzerinden iletilen toplam ışık miktarının, sistemde kullanılan materyalin ışığın kırılma endeksiyle orantılı olduğunu ve mercekler arasında yer alan hava boşluklarının yerine cam kullanımının elde edilecek ışık miktarını yaklaşık iki faktör artıracağını fark etmiştir. Böylelikle, küçük hava boşlukları arasına yerleştirilmiş uzun cam merceklerden oluşan bir mercek sistemi oluşturmuştur (112). Bu sadece sistemin kırılma indeksinde bir artış ile sonuçlanmakla kalmamış, merceğin yüzeyindeki küresel sapmayı azaltarak ve böylelikle merceğin ışık toplama kapasitesini arttırarak endoskopun

görüş alanında da önemli bir artışa sebep olmuştur. Hopkins'in endoskop tasarımında bulunan ışık geçişinin net kazanımı Nitze'nin tasarımına oranla dokuz kat daha fazladır. Hopkins aynı zamanda mercek üzerinde kaplama kılıflar kullanarak mercek ara yüzeyi ile cam çubuklar arasındaki ışık kırılmasını en aza indirmiş ve mercek ara yüzeyini hesaplayarak, ışık iletimindeki ilave artışa ek olarak gölgelenmeyi ve renk bozulmasını da ortadan kaldırmıştır (5). Artan ışık iletimi oranıyla Hopkins'in ortaya koyduğu bu esnemez "çubuk-mercek" (rod-lens) endoskopları günümüzdeki modern nöroendoskopik sistemlerin temelini oluşturmakta ve halen kendi ismiyle anılmaktadır **(Şekil 16a,b)**.

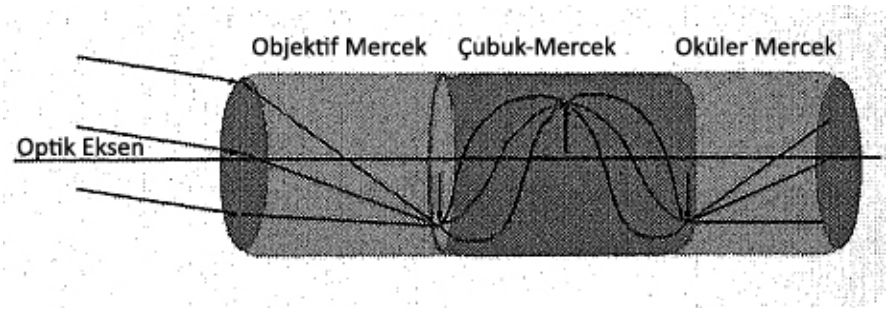
Çubuk-mercek sisteminin çalışma prensibi klasik merceklerinkinden farklıdır. Temel optik prensipler kısmında bahsedildiği gibi, klasik bir mercek, yüzeyine gelen ışığı ancak Snell Kanunu'na göre bükebilmektedir. Bunun nedeni ise klasik merceklerin tümüyle eş kırılma indeksine sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. Nippon Sheath Glass isimli şirket tarafından 1968 yılında tasarlanan yeni bir mercek (SELFOC) sisteminin tümüyle eş olmayan (non-uniform) bir kırılma indeksi mevcuttur; diğer bir deyişle, kırılma indeksi değişkenlik (gradient-index) göstermektedir (2, 3). Bu tip merceklerde kırılma indeksi merceğin dairesel boyutu ile değişkenlik (gradient index – GRIN - lenses) göstermektedir. Bu özelliğe sahip merceklerden geçen ışınlar düz bir hattan ziyade kıvrımlı bir hatta ilerlemektedirler. Kırılma indeksindeki bu değişimler kontrol edilebildiğinde klasik mercek yüzeylerine sahip olmayan merceklerle bile görüntü elde edilebilmektedir. Kırılma indeksindeki bu değişimler yüksek sıcaklık altında gerçekleşen iyon değişimi ile sağlanabilmektedir. SELFOC mercekleri bu temel ilkeyi esas alarak tasarlanmıştır **(şekil 17)**. Kırılma indeksinde meydana gelen değişimler ile ortaya çıkan ve günlük hayatta kimi zaman karşılaşılan en güzel örnek, sıcak bir günde, asfalt bir yol üstünde su havuzu şeklinde tecrübe edilen seraptır. Bu su havuzu gerçekte gökyüzünün yol üzerindeki bir görüntüsü olup ışık ışınlarının seyrettikleri kendi normal düz hattan saptırılmaları ile gerçekleşmektedir. Bu sapma ise yol yüzeyindeki sıcak ancak daha ince hava tabakası ile hemen üzerindeki göreceli olarak daha soğuk ancak daha yoğun hava tabakası arasında

meydana gelen kırılma indeksindeki değişmeden kaynaklanmaktadır. Hava sıcaklığındaki bu değişim kırılma indeksinde farklılık (gradient) oluşturmaktadır. Bu ise yola daha dar bir açıda gökyüzünden gelen ışık ışınlarının kırılmasına neden olmakta ve gözlemcinin gözüne doğru eğmektedir.

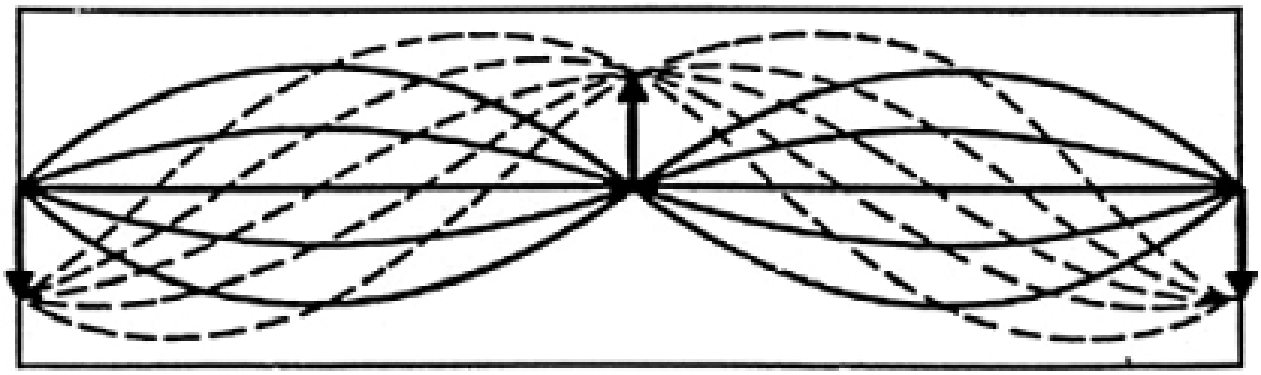
Hopkins çubuk-mercek mercek sistemi işte bu teknolojinin ortaya çıkması ile uygulanabilir hale gelmiştir(20). **Şekil 17**'de de görülebileceği gibi SELFOC mercek sisteminde ışık ışınları, merceğin merkezi periferine göre daha yüksek bir kırılma indeksine sahip olması nedeniyle sinüzoidal bir seyir göstermektedir. Bu örnekte SELFOC çubuk mercekleri iki kontervizör ve bir alan merceği görevi görmektedir. Kısa bir çubuktan oluşan sistem tek bir mercek elemanı gibi



işlevsellik gösterirken, daha uzun bir çubuktan oluşan sistem çoklu nöbet etaplarından oluşan (relay stage) bir endoskop gibi davranmaktadır.



Şekil 16a: Geleneksel ve çubuk-mercek sistemli endoskoplar



Şekil: 16b

Şekil 17: Kırılma indeksi merkezde daha yüksek olup yanlara gidildikçe azalmaktadır. Böylelikle ışık ışınları sinüzoidal bir seyir gösterirler. Bu sistemde çubuk lensi iki adet alan lensine ve bir adet etap lensine eşdeğerdir.

Hopkins ve Karl Storz isimli optik firmasının 1966'daki işbirliği SELFOC merceklerinin bu avantajını kullanmış ve Hopkins tarafından dizayn edilen sistemde artık "klasik" sayılabilecek alan ve kontervizör mercekleri yerine SELFOC mercek sistemi kullanılmaya başlanmıştır (20, 74). Halihazırda, SELFOC mercekleri işe görüş açısı yaklaşık olarak 55^{o} ile sınırlı olmakla birlikte objektif merceğin önüne konulan negatif bir mercek ile görüş açısı artırılabilmektedir (3).

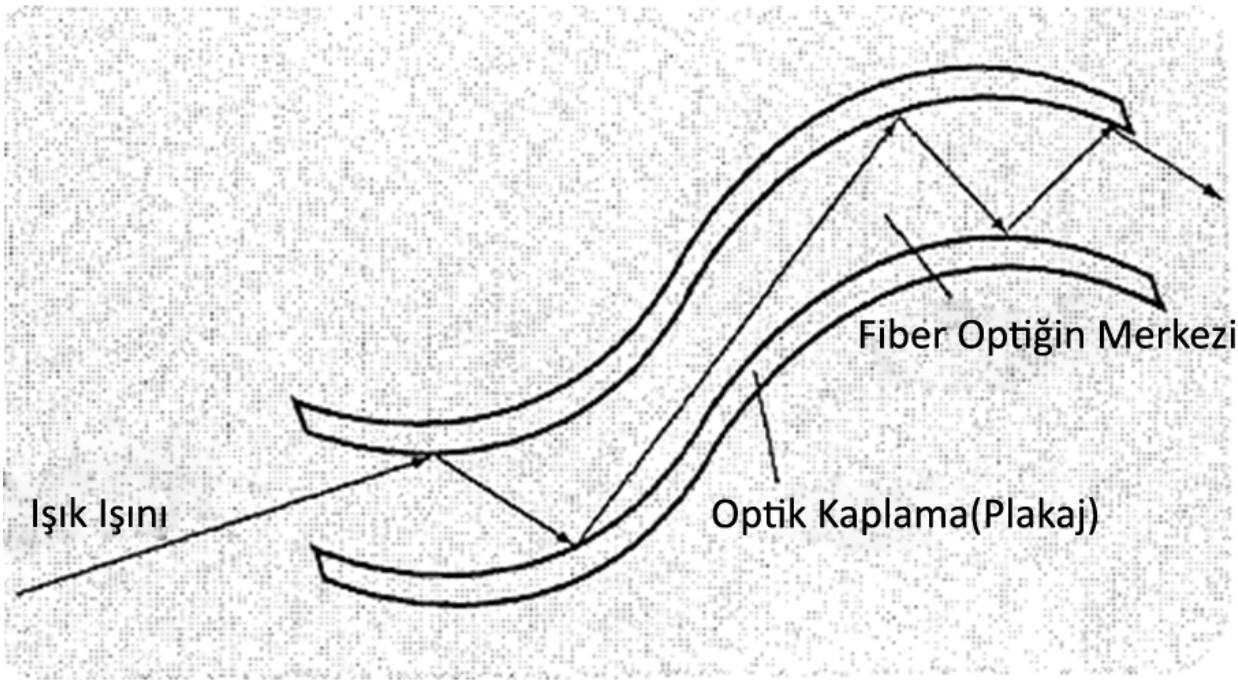
Kaplamasız cam yüzeyler genellikle içerdikleri ışık miktarının yaklaşık %5'ini yansıma yoluyla kaybetmektedirler. Gelişen teknoloji ile ışık miktarındaki azalma, ışığın yansımasını merceğin yüzeyini ultra ince bir magnezyum florür tabakasıyla kaplayarak en aza indiren özel bir cam yüzey kaplama sayesinde çözümlenmiş

gözükmektedir. Bu tabaka sayesinde yansıma önemli oranda azaltılmakta, böylelikle endoskoplar ile kameraların optik özellikleri artırılmaktadır (112).

5) Fiber optikler endoskopların (fiberoskop) gelişimi

Geçen yüzyılın ilk yarısında endoskop üreticileri endoskopların içinde minyatür tungsten (volfram) ampuller kullanmışlardır. Ancak bu ampullerin iki büyük dezavantajı bulunmaktaydı. İlk ve en önemli dezavantaj ampullerin yaydığı ısı sonucu dokularda yanıkların oluşmasıydı. İkincisi ise ampullerin mavi ışık dalgalarını ememesine bağlı olarak cerrahi sahada kırmızı bir ışığın meydana gelmesiydi. Fiberoptik kabloların 1960'lı yıllarda ortaya çıkması endoskopik teknolojiye büyük bir yenilik kazandırmıştır. Böylelikle ışık kaynakları endoskoptan ayrılabilmiş; fiberoptik kablolarla endoskobun ucuna kadar iletilebilmiştir. Ayrıca ortaya çıkan ısı etkisi dolayısıyla doku yaralanmalarının önüne geçilmiş ve daha doğal ışığa ulaşılmıştır.

Fiberoptik teknolojinin temelinde yine "Snell Kanunu" uygulamaları yatmaktadır (20). Işık ışınları daha yüksek kırılma indeksine sahip bir ortamdan daha düşük kırılma indeksine sahip bir ortama geldiklerinde kırılmaya uğrayan ışınlar bu iki ortamı birbirinden ayıran yüzeyin dikey ekseninden uzaklaşmaktadırlar. Geliş açısının artırılması ile kırılma açısı 90^{o} 'ye yaklaşmakta ve kırılan ışınlar yüzeye paralel olarak seyretmektedir. Geliş açısının daha da artması durumunda ise ışınlar kırılma yerine tamamen yansımaktadırlar. Kırılma açısının 90^{o} olduğu durumdaki geliş açısı "limit" açı olarak tanımlanmaktadır. Snell kanununa göre yapılan hesaplamalar yardımıyla geliş açısının limit açıdan daha büyük olduğu durumda ışık ışınları geri yansımaktadır. Fiber optik teknolojinin temelinde bu prensip yatmaktadır.



Fiberoptik kablolar çekirdek kısmı daha yüksek kırılma indeksine sahip silisyum alaşımlı kuvars camdan ve bunu örten daha düşük kırılma indeksine sahip "kılıf" camdan meydana gelmiştir. Dolayısıyla, her bir merkez-kılıf ara yüzeyinde ışınlar tamamen yanısıtılmakta ve uzun mesafelere zigzag şeklinde iletilebilmektedirler (**şekil 18**).

Şekil 18:.

Bu tür fiber optikler yardımıyla ışık cerrahi sahaya iletilebilmektedir. Fiberoptik demetler iki şekilde ayarlanabilir (112): Bağdaşık (coherent) demetler yakın ucu görüntüyü tam olarak uzaktan algılandığı şekliyle resmederken; bağdaşık-olmayan (incoherent) demetler yalnızca cerrahi sahayı aydınlatma amaçlı ışığı iletmektedir. Günümüzdeki en modern fiberoptik endoskoplar en az 10.000 bağdaşık fiber içermektedir. Bazılarında bu rakam 30.000 fibere kadar çıkabilmektedir. Daha fazla sayıda fiber olması fiberoptik endoskopların çözünürlüğünü artırmaktadır.

6) Nöroendoskop Sistemleri ve Ekipmanları

a-Işık kaynakları

Bir endoskobun ışık kaynağı oldukça önemli bir faktördür. Günümüzde nöroşirürjiyenler sıklıkla yüksek yoğunluklu zenon ışık kaynaklarını kullanmaktadırlar. Işık, cerrahi sahaya bağdaşık olmayan fiber demetler ile iletilmektedir. Işık kaynağının 300 ila 500 Watt'a ayarlanması daha yüksek görüntü kalitesi sağlamaktadır. Halojen gibi başka ışık kaynağı türleri modern endoskopide yeterince parlak ışık sağlayamadıklarından sıklıkla kullanılmamaktadırlar. Ancak, fiberoptik sistemdeki ışık kaybı önemli bir sorundur (112). Işığın yaklaşık % 30'u, yüzey alanının yaklaşık % 30'unun ışığı emen ve yansıtan kılıf ve dolgu maddesinden oluşması nedeniyle kaybedilmektedir. Ayrıca, bağdaşık olmayan kablo demetleriyle bağdaşık optik fiber demetleri arasındaki uyuşmazlık %20'lik bir kayba daha yol açmaktadırlar. Tüm bunlara ek olarak, nöroşirürjide kullanılan daha geniş iletim kablolarıyla daha ince endoskoplar arasındaki uyuşmazlık nedeniyle önemli bir kayıp daha meydana gelmektedir. Dolayısıyla ışık kaynağından yayılan ışığın yalnızca yaklaşık %30'u mikroskobun distal ucuna ulaşmaktadır. Bu sorun için halen bir çözüm aranmaktadır.

b-Kameralar

Nöroendoskop sistemlerinde kameralar en önemli ekipmanlardandır. Çip kamera veya şarjlı-çiftli cihaz (charged-coupled device) geliştirilmesi endoskobun boyutunda önemli oranda bir küçülmeye olanak tanırken, önceden kullanılan tüp kameralara kıyasla iletilen görüntü kalitesinde iyileşme sağlaması bakımından önemli bir teknolojik buluştur (87, 112). Modern nöroendoskopik sistemlerde iki tür CCD kullanılmaktadır: tek çipli kamera ve üç çipli kamera. Çip kamera veya CCD kamera, 'bit map' olarak adlandırılan dosya formatındaki görüntülerin oluşturulması için kullanılan ısıya duyarlı hücrelere sahip bir ekipman olup

geliştirilmelerinde kullanılan teknolojik prensip mikroişlemci endüstrisinde kullanılan prensip ile özdeştir. Endoskopik sistemlerin çoğu sıklıkla tek çipli kameralar kullanmaktadırlar. Bununla birlikte, üç çipli kameralar daha iyi resim kalitesi sağlamaktadırlar. Ancak, üç çipli kameranın kullanımı ağırlığından ötürü biraz daha az konforlu olup maliyeti de daha yüksektir.

c-Video monitörleri

Monitör her hangi bir endoskopik sistemin ayrılmaz bir parçasıdır. Bir monitörü seçerken çözünürlük, ekran boyutu ve maliyet olmak üzere üç özellik dikkate alınmalıdır: Yüksek çözünürlü bir monitör daha iyi resim kalitesi sağlamaktadır. Ancak, monitörün kameranın görüntüsünü iyileştirmediği ve bu nedenle kamera çözünürlüğünden daha yüksek çözünürlükte bir monitörü kullanımının ek bir avantaj sağlayamacağı da bilinmektedir. Bununla birlikte, düşük çözünürlüklü bir monitör en iyi kameranın görüntüsünü bile bozabilmektedir. Monitör seçiminde ekran boyutu ve dolayısıyla görüntü büyüdükçe görüntü çözünürlüğünün ve kalitesinin de düştüğü hatırlanmalıdır.

d-Endoskopun bileşenleri ve temel ekipmanlar

Sıyrılabilir (Peel-away) kateterler

Nöroendoskopik bir cerrahi girişim sırasında nöroşirürjiyenin nöroendoskopu bir çok kez takıp çıkarması gerekebilmektedir. Bu durumda hastanın beyin dokusu bir çok defa travmatilize edilebilir. Bu nedenle nöroendoskopun içinden geçtiği beyin dokusunu hasar vermeden, aynı yol boyunca takılıp çıkartılmasını sağlayan tek bir “güvenli geçiş hattı”nın (introduser) oluşturulması gerekmektedir. Tek kullanımlık “sıyrılabilir” introduserlerin yanında yeniden sterilize edilerek bir çok defa kullanılabilir introduserler de kullanılmaktadır. İkinci introduserin kullanılması durumunda nöroendoskopu tutan bir aparata ihtiyaç duyulmaktadır. İntroduserler ile kılıf sayesinde nöroendoskop tekrar tekrar beyin parenkimine kanüle edilmek zorunda bırakılmadan içeri girip çıkabilir.

Esnemez (rigid) endoskoplar

Esnemez nöroendoskopların çalışma prensipleriden yukarıda detaylı bir şekilde bahsedilmiştir. Geliştirildikleri teknolojiye göre nöroendoskop sistemleri fiberoptik endoskoplar (fiberoskoplar) ve çubuk-mercek endoskopları olarak ikiye ayrılmışlardır. Nöroşirürjiyenler sıklıkla esnemez nöroendoskopları kullanmaktadırlar. Bu tür endoskopların önemli avantajları bulunmaktadır. Küçük çapta merceklerin kullanılmasıyla daha hassas ve daha küçük enstrümanlar üretilerek ulaşılması daha zor alanlar ulaşabilir hale gelmekte, endoskopun içinden geçen çalışma kanalında daha fazla boşluk oluşmakta ve böylelikle nöroşirürjiyen bir çok görevi aynı anda yerine getirebilmektedir. Temel esnemez cam endoskop üç öğeden oluşur: optik sistem, çalışma kanalı ve sulama kanalı.

Piyasadaki mevcut esnemez nöroendoskopların özellikleri üretici firmaların kataloglarında ve internet sitelerinde açıklanmaktadır. Her birisinin kendine özgü avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Literatürde piyasadaki mevcut esnemez nöroendoskopları irdelendiği ve teknik özelliklerinin detaylı bir şekilde tarif edildiği yayınlar bulunmaktadır (20, 112):

Gaab Neuro-Endoscope (K. Storz, Tuttlingen, Almanya):

Dış çapı 6,5 mm olup 3 mm'lik çalışma kanalına sahiptir. Fiberoptik ışık iletimi imkanı da sunmaktadır. 2 mm'lik Hopkins teleskoplu Gaab endoskobu yaygın bir olarak kullanılmaktadır. 4 mm'lik 0^o, 30^o, 70^o ve 120^o teleskoplar ventriküler sistemde, bazal sisternlerde, araknoid kistlerde ve kistik tümörlerde tanısal oryantasyonun sağlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Ancak, bu teleskopların çalışma kanalları mevcut değildir. Bu nedenle de daha büyük çaplı mercek kullanımına imkan vermekte; son derece temiz görüntü ve dolayısıyla oryantasyon sağlamaktadırlar. [Codman & Shurtleff (Johnson & Johnson, New Brunswick, NJ) firması da Gaab Nöroendoskop üretimi yapmaktadır. Codman &

Shurtleff endoskobunun dış çapı yalnızca 5,8 mm iken, çalışma kanalının çapı 1,6 mm'dir.]

Chavantes-Zamorano Neuro-Endoscope (K. Storz):

Dış çapı 8 mm olup merkezinde 3 mm'lik çalışma kanalı ile iki ayrı emme (suction) ve irigasyon kanalına sahiptirler; bu kanallar bükülebilir ekipmanların kullanımına da izin vermektedir. Daha küçük çaplı 30^{o} ve 70^{o}'lik tanısal amaçlı teleskoplar daha iyi görüntüleme imkanı sunmaktadırlar. Bu tip nöroendoskopun en önemli özelliği cerrahi girişim esnasında intrakranial basınç monitorizasyonuna imkan veren bir manometresinin bulunmasıdır. Ancak, bu nöroendoskop sisteminin dezavantajı teleskopunun daha büyük bir çapa sahip olması ve manevra kabiliyetinin olmamasıdır. Bazı kliniklerde stereotaksi özelliği ile birlikte, intraserebral ve intraventriküler hematomun tahliyesine imkan verdiği için kullanılmaktadır. [Codman & Shurtleff (Johnson & Johnson, New Brunswick, NJ) firması da çalışma kanal çapı 1,9 mm olan Chavantes-Zamorano nöroendoskop üretimi yapmaktadır.]

Auter Neuro-Endoscope (K. Storz):

Dış çapı 6,6 mm olup 2,9 mm çapında iki çalışma kanalı mevcuttur. 0^{o} teleskopa sahip Auer nöroendoskopu büyük boyutunun dezavantajına karşın ucundaki özel konumlu irigasyon ve emme sistemi ile cerrahi sahayı oldukça iyi görüntülemektedir.

Decq Neuro-Endoscope (K. Storz):

Dış çapı 3,5 mm x 5,2 mm'lik modeli, 1,7 mm çapındaki esnemez veya bükülebilir enstrümanlar için uygundur. Diğer modeli ise 4,0 mm x 7,0 mm'lik olup 3 mm çapındaki esnemez veya bükülebilir enstrümanlar için uygundur. Teleskop olarak 30^{o} Hopkins mercek sistemini kullanılmaktadır.

Aesculap:

Dış çapı 6,2 mm olan bir nöroendoskop modeli bulunmaktadır. Bu modelde 2,2 mm'lik bir çalışma kanalı, bir adet teleskop kanalı, bir irigasyon kanalı ve bir tahliye kanalı bulunmaktadır. Stereotaktik çerçevelerle uyumlu 250 mm ve çerçevesiz 160 mm'lik iki ayrı boyutu olan bu nöroendoksopun görüntü kalitesi mükemmel olmasına rağmen büyük boyutu dezavantaj yaratmaktadır.

MINOP Neuroendoscopy System (Aesculap) :

Dış çaplarına göre üç farklı modeli bulunmaktadır: 3,2 mm'lik modelinde bir adet teleskop/çalışma kanalı bulunmaktadır. 4,5 mm'lik modelinde teleskop/çalışma, irigasyon ve tahliye kanalı bulunan toplam üç adet kanal bulunmaktadır. 6,0 mm'lik modelinde ise teleskop/çalışma, ilave çalışma, irigasyon ve tahliye kanalı olmak üzere toplam dört adet kanal bulunmaktadır.

NeuroNavigational (Integra NeuroSciences, Plainsboro, NJ):

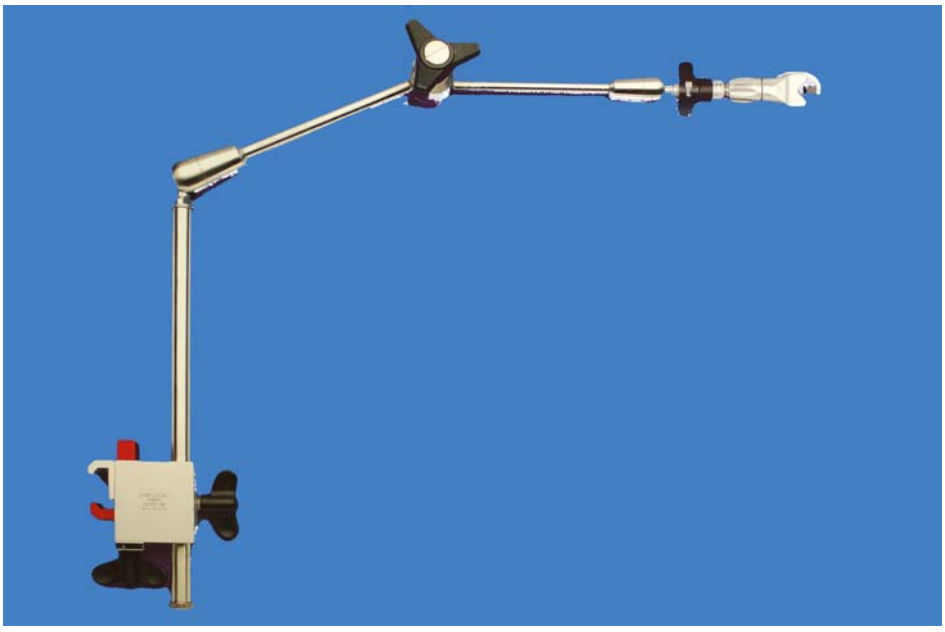
Bu firmanın ürettiği "klasik" model Neuroview esnemez nöroendoskop üstün görüntü özellikleri sunmaktadır. Dış çapı 5,6 mm olan sistemin 2,0 mm'lik bir çalışma kanalı, bir irigasyon ve aspirasyon kanalı ile 2,8 mm'lik teleskop kanalı bulunmaktadır. 2,7 mm çapa sahip teleskopun 0^{o}, 30^{o}, 70^{o} götüntü imkanı veren modelleri bulunmaktadır.

Yüksek görüntü kalitesine rağmen nöroendoskopların bazı dezavantajları da bildirilmektedir. Öncelikle kamera doğrudan nöroendoskopa takılı olduğundan ağırlığı fazla ve kullanımı yorucudur. İkinci olarak nöroendoskoplar daha kalındır; beyin parenkiminde daha büyük delikler bırakmaktadırlar. Üçüncü olarak çapraz kontaminasyon riski nedeniyle bazı nöroşirürjiyenlerin enfekte olduklarından bahsedilmektedir (112). Bu üçüncü dezavantaja bu çalışmanın yapıldığı klinikte henüz rastlanılmamıştır. Son olarak optik bileşenlerdeki doğal su ve damlalar nedeniyle görüntü kalitesi uzun süreli kullanım sonrasında bozulduğu ileri sürülmektedir. Tablo1 mevcut esnemez nöroendoskopların temel özelliklerini göstermektedir.

Endoskop	Dış çap	Kanallar	Çalışma kanal çapı	Açı	Klinik kullanımı
Neuroview 700R (NeuroNavigational)	5.6 mm	1 ad. Çalışma 1 ad. İrigasyon 1 ad. Tahliye 1 ad. optik	2.0mm 2.8mm	0°, 30°, 70°	Cam çubuk optik sistemi, İyi görüntü kalitesi, Ağır ve kalın
Aesculap	6.2 mm	1 ad. Çalışma 1 ad. İrigasyon 1 ad. Tahliye 1 ad. optik	2.2 mm 2.7 mm	0°, 30°	Cam çubuk optik sistemi, İyi görüntü kalitesi, Ağır ve kalın, Sterotaksi için ideal
MINOP (Aesculap)	3.2 mm 4.6 mm 6.0 mm	1 ad çalışma/optik 1 ad çalışma/optik 1 ad. İrigasyon 1 ad. Tahliye 1 ad. Çalışma 1 ad. İrigasyon 1 ad. Tahliye 1 ad. optik	2.8 mm 2.8 mm 2.2. mm 2.8 mm	0°, 30°	Cam çubuk optik sistemi, İyi görüntü kalitesi, Kısa, Manevra yaptırılmaya müsait
Gaab (Storz/Codman & Shurtleff)	6.5 mm (5.8 mm)	1 ad. Çalışma 1 ad. İrigasyon 1 ad. Tahliye 1 ad. optik	3.0 mm (4.0 mm)	0°, 30°, 70°,120°	Cam çubuk optik sistemi, İyi görüntü kalitesi, Ağır ve kalın
Chavantes-Zamorano (Storz/Codman)	8.0 mm	1 ad çalışma/optik 1 ad. İrigasyon 1 ad. Tahliye	3.0 mm (1.9 mm)	0°, 30°, 70°	Cam çubuk optik sistemi, İyi görüntü kalitesi, Ağır ve kalın, Barometresi sayesinde girişim boyunca ICP monitorizasyonu, Hematom evaküasyonu için ideal
Auer (Storz)	6.6 mm	2 ad. Çalışma 1 ad. İrigasyon 1 ad. Tahliye 1 ad. optik	 3.0 mm	0°	Cam çubuk optik sistemi, İyi görüntü kalitesi, Ağır ve kalın,
Decq (Storz)	Oval 3.5 x 5.2 mm Oval 4.0 x 7.0 mm	1/2 ad. Çalışma 1 ad. İrigasyon 1 ad. Tahliye 1 ad. optik 1/2 ad. Çalışma 1 ad. İrigasyon 1 ad. Tahliye 1 ad. optik	1.7 mm 3.0 mm	30°	Cam çubuk optik sistemi, İyi görüntü kalitesi Cam çubuk optik sistemi, İyi görüntü kalitesi, Ağır ve kalın

Tablo 1: Piyasadaki esnemez nöroendoskopların temel özellikleri

Her hangi bir fiksasyon sistemi kullanılmadan ”serbest el” (freehand) ile kullanılan esnemez sistemler, ekipmanın ağırlığı ve uzun sürebilecek girişimlerde yeteri kadar güvenli olmayabilir. Bu nedenle intrakranial bölgede özellikle esnemez nöroendoskop sistemlerinin kullanımı ile gerçekleştirilen cerrahi girişimlerde introduserlerin ve endoskopların güvenli bir şekilde fiksasyonu son derece önemlidir (37). Sterotaktik yöntemlerle gerçekleştirilen nöroendoskopik girişimlerde fiksasyon özel yapım adaptörler yardımıyla sterotaktik çerçeveye tespit edilebilmektedir. Bir diğer fiksasyon metodu iki Leyla retraktör kolu kullanılması ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmanın yapıldığı kliniğin rutin uygulaması da bu yöndedir. Bunlardan başka, cerrahi girişimin gerektirebileceği farklı pozisyonlarda nöroendoskop kamerası ile beraber fikse etmeyi sağlayan özel bükülebilir (flexible) kollara sahip sistemler de bulunmaktadır (Karl Storz Endoskope, 28172 KKA, Almanya).(**Şekil 19**). Bu kollar özel adaptörleri ile ameliyat masasına veya başka masalara tespit imkanı da sunmaktadırlar. Bu çalışmanın yapıldığı nöroanatomi laboratuarında da teleskoplar çalışma masasına bu sistem ile fikse edilmiştir.



Şekil:19

Fiberoptik endoskoplar (Fiberoskoplar)

Fiberoptik ensdoskoplar, piyasada *bükülebilir* (fleksibl), *ucu döndürülebilir* (steerable) ve *esnemez* (rigid) olmak üzere farklı türleri mevcuttur. Esnemez nöroendoskoplarda olduğu gibi bu tip nöroendoskopların da kendilerine özgü avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. **Tablo 2'de** esnemez / bükülebilir nöroendoskopların birbirlerine olan avantajları ve dezavantajları karşılaştırılmaktadır. Piyasada Aesculap, Aesculap, Codman & Shurtleff, NeuroNavigational, Clarus gibi bir çok firmaya ait türleri bulunmaktadır.

	Rijit (Esnemez) Endoskoplar	**Fleksibl (Bükülebilir) Endoskoplar**
Avantajları	Daha iyi görüntü kalitesi: (Daha yüksek rezolüsyon) (Daha geniş görüntü) (Daha iyi renk kalitesi) (Daha iyi ışık iletimi) Daha hafif (tek kullanımlık olanlarda)	Bükülebilirlik Omurga girişimlerinde uygulama imkanı
Dezavantajları	Manevra kabiliyeti daha kısıtlı	Daha kötü görüntü kalitesi (Piksel granül oluşumu) (Daha dar görüş) (Gerçeğe daha az yakın görüntü) (Daha küçük çalışma kanalları) Teleskop ve enstruman seçimi daha kısıtlı

Tablo 2: Esnemez (rijit) / bükülebilir (fleksibl) nöroendoskopların mukayesesi

Çapları çok küçük olan (2 mm'nin altında) *bükülebilir* (flexible) fiberoskopların başlıca kullanım alanları ventrikülоperitoneal şant cerrahisidir. Ventrikül içindeki katetere pozisyon vermek için kullanılan bu fiberoskoplar kateter içindeki stile (stylet) gibi işlev görmektedirler. Bu şekilde kullanılacak nöroendoskopların kateteri ventrikül içine daha doğru yerleştirmek yoluyla proksimal şant disfonksiyonlarının önlenebileceği öngörülmüş, ancak kateteri ventrikülü "görerek" yerleştirmenin cerrahi sonuca anlamlı bir katkı sağlamadığı da

vurgulanmıştır (70, 112). Bu tip nöroendoskoplar çalışma kanallarının olmaması nedeniyle sadece tanısal görüntülemede ve cerrahi oryantasyonun sağlanmasında kullanılmaktadırlar.

Ucu döndürülebilir (steerable) fiberoskoplar yaklaşık 260^{o}'lik (-100/+160) görüş imkanı sunmaktadırlar. Bu fiberoskop çeşidi cerrahi sahanın köşelerinde kalan yapıların görüntülenmesine ve bu yapılar etrafında çalışmaya imkan veren tek nöroendoskoptur. Tümöre bağlı hidrosefalinin tedavisinde hem üçüncü ventrikülostomi hem de biyopsi alınması, birden fazla septasyonları mevcut intraventriküler yerleşimli kistlerin fenestrasyonu başlıca kullanım alanlarındandır. Ancak, bazı türlerinin prion hastalığını önleme amaçlı olarak Fransa gibi bazı ülkelerdeki sterilizasyon protokolleri nedeniyle kullanımı mümkün olamamaktadır (20).

Esnemez fiberoskoplar esnemez bir gövde ile çapları 3.0 mm ile 4.6 mm arasında değişen farklı uzunlukta (13-27 cm arası) nöroendoskoplardır. Bir çalışma kanalı ile en az bir veya iki aspirasyon ve irigasyon kanalları bulunmaktadır. Küçük çaplı olmaları özellikle yenidoğanlar ile küçün ventrikül ve dolayısıyla küçük foramen Monro'su olan hastalarda kullanımını kolaylaştırmaktadır. Bu tür nöroendoskopların en önemli avantajları son derece hafif, kısa ve bir kalem gibi kullanılabilir olmalarından kaynaklanmaktadır. Görüntü kalitesi *ucu döndürülebilir* olanlardan daha iyi olmasına rağmen *esnemez çubuk mercekli* nöroendoskoplardan daha kötüdür.

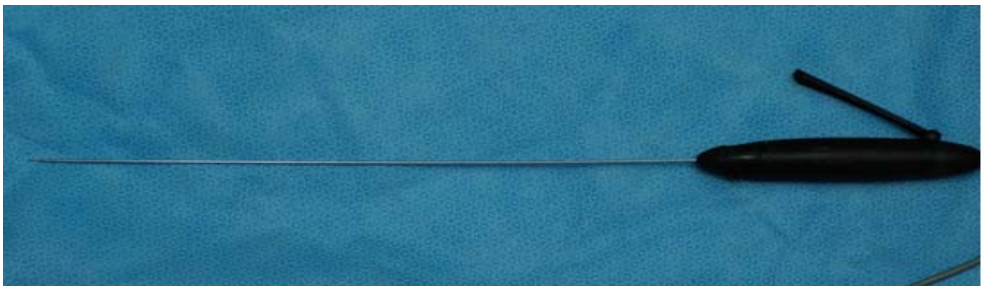
Koagülasyon ekipmanları

Anatomik yapıların görüntülenmesi ve cerrahi girişimin emniyeti açısından nöroendoskopide iyi bir kanama kontrolü (hemostaz) gerekmektedir. Hemostaz başlıca koter sistemleriyle (*monopolar, bipolar*) sağlanmaktadır. İntraventriküler girişimlerde karşılaşılan kanamaların çoğu venöz kaynaklı olup sadece

irigasyonla bile kontrol alınabilir özelliktedir. Ancak kimi durumlarda koagülasyon gerekebilmektedir.

Monopolar koter ile koagülasyon hemostaza ulaşmada en doğrudan ve en sık kullanılan yöntemdir. Bugbee Wire (ABD) muhtemelen en basit monopolar koter olup en çok ürologlar ve nöroşirürjiyenlerce kullanılmaktadır. Bu tip monopolarların sadece koagülasyon amacı dışında özellikle dokuları, membranları hissetmek (örneğin, üçüncü ventrikül tabanının palpasyonu) veya delmek (örneğin üçüncü ventrikülostomi, kistin penetrasyonu) gibi kullanım alanları da bulunmaktadır. Daha kompleks özellikleri olan monopolar koterler de mevcuttur. Bu koter türleri künt veya keskin enstrumanlar olarak da kullanılabilen geri çekilebilir uçlara sahiptirler. Cook ve Codman & Shurtleff firmalarının bu tür monopolar kaogülasyon ekipmanları mevcuttur.

Monopolar koagülasyon dokunun koter ucuna yapışmasına ve akımı etraf dokulara da yayarak ısı hasarına neden olabilmektedir. *Bipolar koter* ile daha kontrollü bir koagülasyon sağlanabilmektedir. Yayılan akım daha az olmakta ve koagüle edilen alanın sınırları daha belirgin şekilde sağlanabilmektedir. En basit bipolar koagülasyon çatal şeklinde (Aesculap) elektrot yardımıyla gerçekleştirilebilir. Bu elektrot kullanılırken dokunun tutulup çekilmesi imkanı bulunmamaktadır. İstenilen dokunun hem koagülasyonuna hem de tutulmasına imkan sağlayan “grasping” bipolar forsepler de (Codman & Shurtleff) mevcuttur. Ayrıca, içinde irigasyon kanalının bulunduğu farklı çaplara da sahip bükülebilir bipolar elekrotlar (NeuroNavigational) da bulunmaktadır. Bipolar koter teknolojisinde yeni gelişmelerden biri dokuları tutma, disseke etme, fenestre edilen alanı genişletme imkanları da sunan mikrobipolar forsepslerdir (ERBE Elektomedizin GmbH, Almanya) **(Şekil 20)**



Şekil 20: Bipolar özelliği yanında dokuları kavramaya da yarayan ERBE mikrobipolar forsepsi

Yardımcı Ekipmanlar

Esnemez ve bükülebilir nöroendoskoplar kullanılmak üzere tasarlanmış *tutma forsepsleri*, *biyopsi forsepsleri* ile *düz ve eğri makaslar* olmak üzere çeşitli enstrümanlar bulunmaktadır. Forsepsler arasında Decq forsepsine (Karl Storz Endoskope, 28160 TV, Almanya) ayrıca değinmek gerekmektedir. Decq forsepsi (ventrikülostomi forsepsi) hem membranları veya endoskopik üçüncü ventrikülostomide (ETV) olduğu gibi üçüncü ventrikül tabanını perfore edebilen hem de varolan veya sonradan yaratılmış bir anatomik açıklığı genişletmeye yarayan hali hazırdaki tek forseps olarak görülmektedir (32) **(Şekil 21).**



Şekil 21:

Bahsedilmesi gereken bir diğer yardımcı ekipman *Fogarty* ve *nörobalon* (Integra NeuroScience, ABD) kateterleridir. En yaygın kullanım alanı olan ETV'de gerek sisternler arasında bulunan membranlarda gerekse üçüncü ventrikül tabanında yaratılan deliklerin genişletilmesi olan bu kateterler arasında Fogarty kateterinin sıklıkla 3 ve 4-French (3-4F) boyutlarında olanları kullanılmaktadır. Üç French'lik (3F) bir kateterin çapı yaklaşık olarak 1 mm genişliğe karşılık gelmektedir. Şişirilmesi esnasında interpediküler fossada bulunan hassas nöral ve vasküler yapıların korumnası için ucu ve yüzeyi yumuşak olarak tasarlanmıştır. Ancak bu özelliği açılmış olan deliğin kenarlarından kolayca kaymasına neden olmakta ve bu yüzden birden çok defa denemeyi gerektirebilmektedir. Bu nedenle nörobalon kateterler dizayn edilmiştir. Bu kateterin şişirilebilen kısmı kum saati şeklinde silikon bir zardan üretilmiştir. Şişirilmemiş durumda en dar kesiminde siyah bir nokta bulunmaktadır. Kateter açılacak deliğin içine şişirilmemiş halde ilerletilir; siyah nokta taban seviyesine ulaştığında şişirilmeye başlanır. Serum fizyolojik (SF) ile şişirilen Fogarty kateterinin aksine nörobalon kateter hava ile şişirilmelidir. Öncelikle distal kısmı daha sonra proksimal kısmı şişmektedir. Böylelikle membran her iki balon arasında kalmaktadır. Her iki balon kateterinin bir diğer özelliği de şişen balonun kanayan damarlara bası oluşturarak hemostaza yardımcı olmasıdır **(Şekil 22 a,b).**



Şekil 22a



Şekil 22b:

Optik açılarla çalışmak

Nöroendoskopide kullanılan teleskopların ucuna farklı açılar verilerek cerrahi saha farklı açılarla da gösterilebilmektedir. Bu açılar, bükülebilir fiberoskopik teleskoplardan farklı olarak esnemez-çubuk mercek teleskoplarda sabit tutulmaktadır. Esnemez-çubuk mercek teleskoplarda en sık kullanılan açılar 0^o, 30^o, 45^o, 70^ove 120^o olarak tasarlanmışlardır. 0^o teleskoplar yerinden oynama riskini azaltarak yalnızca uç kısımlarını görüntüleyebilmektedirler. Açılı teleskoplar ise çok zor görülen veya aydınlatılabilen alanları gösterebilmektedirler. Bununla birlikte açılı teleskopların en büyük dezavantajı cerrahların yer-yön oryantasyonlarında sorun yaşamalarına neden olabilmesidir. Bu sorun ile sıklıkla araknoid veya porensefalik kistler gibi doğumsal lezyonlarda ve endoskop destekli transsfenoidal cerrahi girişimlerde karşılaşılmaktadır. Bu nedenle özellikle açılı teleskop kullanımında daha çok tecrübe gerekmektedir.

7) Nöroendoskopun İntraventriküler Kullanım Alanları

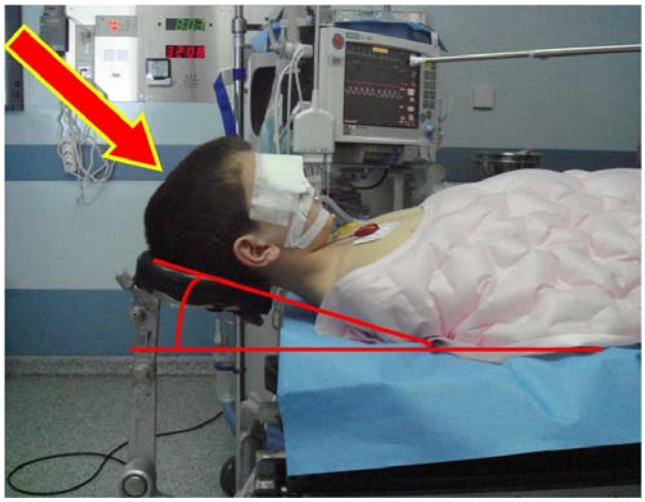
Nöroendoskopun intraventriküler kullanım alanları arasında en sık obstrüktif hidrosefali, tümör veya kist gibi ventrikül içinde yerleşmiş lezyonların rezeksiyonu veya bu lezyonlardan biyopsi alınması bulunmaktadır.

a) Hidrosefali

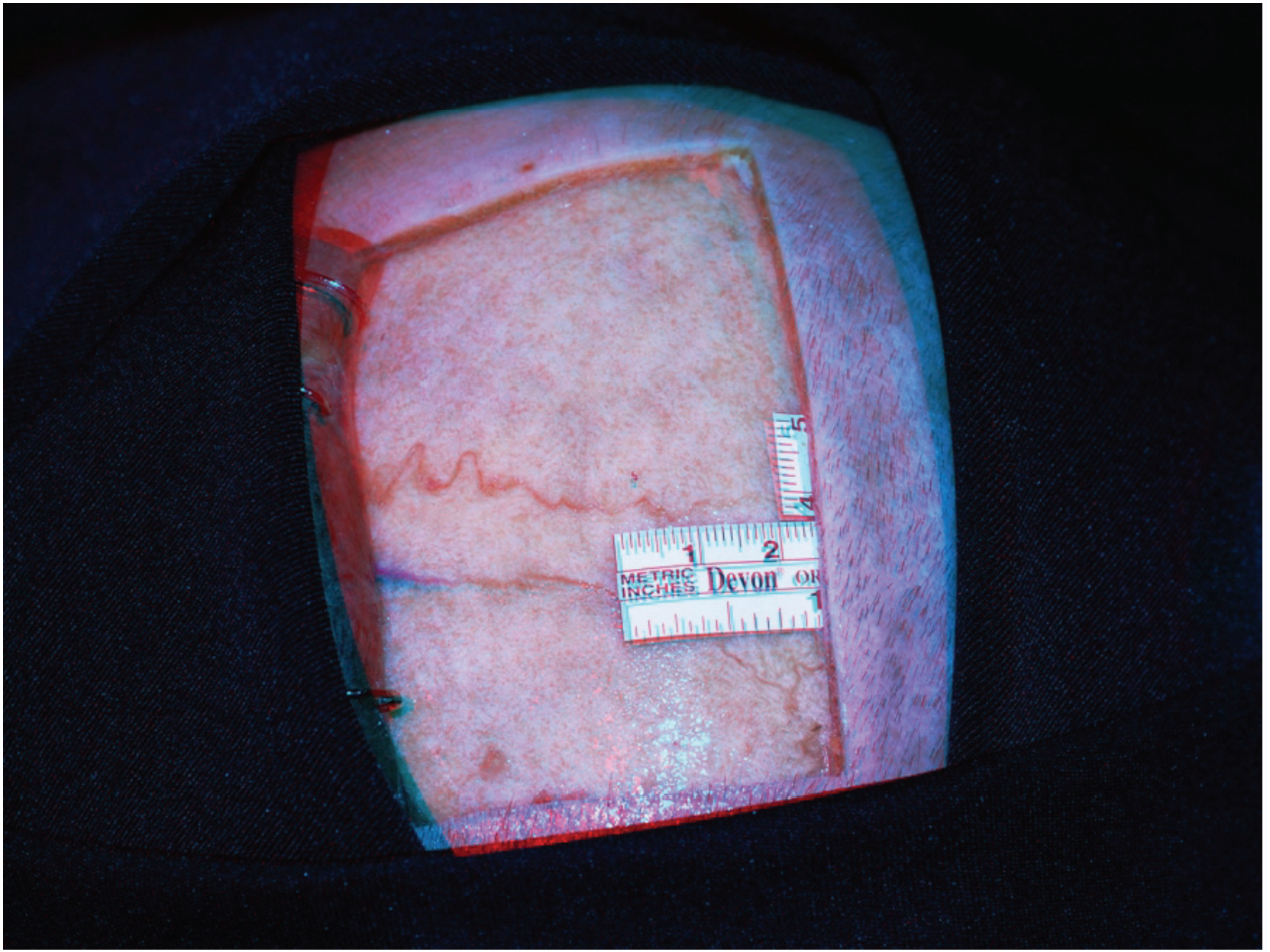
Nöroendoskop en sık obstrüktif hidrosefalinin tedavisinde kullanılmaktadır. Üçüncü ventrikülostomi, septostomi ve gerektiğinde stent yerleştirilmek yoluyla BOS yolaklarının açıklığı yeniden sağlanmaktadır (17).

Endoskopik Üçüncü Ventrikülostomi (ETV)

ETV nöroendoskopinin en sık kullanıldığı cerrahi girişimdir. Üçüncü ventrikülün anterior kısmı ve interpedinküler sistern arasında meydana getirilen açıklık ile üçüncü ventrikülün orta 1/3'ü ve prepontin sistern arasında BOS dolaşımının bloke edilerek her türlü obstrüktif hidrosefali tedavi edilebilmektedir (20,53). İşlem genel anestezi altında gerçekleştirilmektedir. Kafa yaklaşık olarak 15-20^{o} fleksiyonda konumlandırılır (**Şekil 23**). Sagital planda orta hat ve koronal sütür işaretlenir. Aksi gerekmedikçe sağ koronal sütürün hemen önüne ve orta hattın yaklaşık 2.5 cm lateraline perforatör veya havalı matkap yardımıyla bir adet delik (burr hole) açılır (**Şekil 24**).



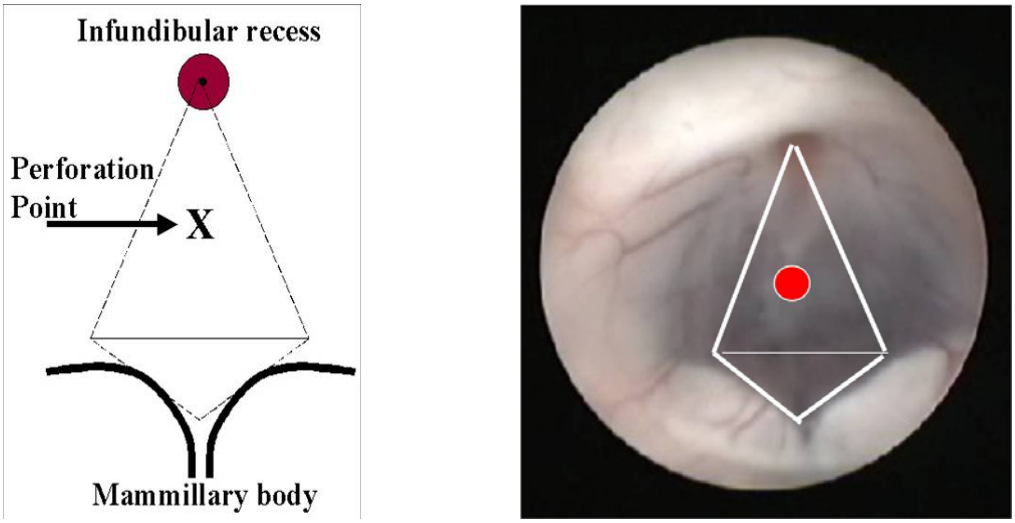
Şekil 23:



Şekil 24: Ventriküler ponksiyonda uygulanacak burr hole noktasının kadavra üzerinde 3D görüntüsü

Öncelikle ponksiyon iğnesi ile ventriküle girilerek BOS örneklemesi yapılır. Daha sonra stilesi ile birlikte nöroendoskopun kılıfı ventrikül içine ilerletilir; ardından stile çıkartılarak teleskop kılıf içinden sokularak ventrikül görüntülenmiş olur. Koroid pleksus, septal ve talamostriat venler, foramen Monro gibi lateral ventrikülün önemli anatomik belirleyicileri dikkatlice tanımlanmalıdır. Ardından forman Monro yoluyla üçüncü ventriküle girilir. Bu esnada gerek forniksin gerekse koroid pleksus ile venlerin zedelenme ihtimaline karşı dikkatli olunmalıdır.

Üçüncü ventrikül tabanı genellikle yarı saydam yapıda görünmektedir. Taban esas olarak hipotalamusun incelmiş bir parçası olup potansiyel olarak supraoptik ve paraventriküller olmak üzere fonksiyonel hipotalamik çekirdekler barındırabilmektedir. Bu duruma özellikle bozulmuş hipotalamik anatomi ile birliktelik gösteren spina bifidalı hastalarda daha sık karşılaşılır (12). Daha önce de belirtildiği gibi üçüncü ventrikül tabanının sınırları posteriorda mamiller cisimcikler, her iki lateralde hipotalamus duvarları ve anteriorda optik kiazma / infundibuler reses ile sınırlandırılmıştır. İnfundibular reses ve mamiller cisimciklerin tam orta noktasının hemen önünde taban perfore edilir **(Şekil 25)**.



Şekil 25:

Bu noktanın daha posteriorunda gerçekleştirilecek her hangi bir perforasyon sırasında baziler arterin tepesi veya posterior kommunikan arterin proksimal kısmı ile karşılaşma riski daha yüksektir.

Tabanın perforasyonu genellikle künt uçlu monopolar koter yardımıyla koagülasyon uygulanmaksızın gerçekleştirilmelidir. Ardından delik önce nörobalon kateterler ardından Fogarty kateterlerle genişletilir. Tabanın daha kalın olduğu durumlarda Decq veya ERBE forsepleri de kullanılabilir. Bu işlemin ardından taban membranının her kalp atımıyla yukarı aşağı hareket ettiği izlenir. Daha sonra subaraknoid mesafeye girilerek her hangi bir araknoid membranın (sıklıkla Liliequist membranı) varlığı tespit edilemeye çalışılır. Membranın tespit edilmesi durumunda genellikle nörobalon kateterle genişletilir. Keskin enstrümanlar veya monopolar koter kullanılması önerilmemektedir. Başta baziler arter olmak üzere dalları, beyin sapı, okülomotor sinir ve klivus durası olmak üzere interpedinküler sistern içindeki yapıların görülmesi etkin bir girişim lehine değerlendirilmektedir.

ETV, ventrikülоperitoneal şant (VP şant) cerrahisine alternatif bir girişim olarak uygulanmaktadır. ETV'nin en büyük faydası endikasyonu doğru hastalara uygulandığında hastayı VP şant yerleştirilmesinden böylelikle şanta bağlı morbidite ve hatta mortaliteden kurtarmasıdır (19). Yine de, endikasyonu iyi konulmuş hastalar da bile %100 başarı sağlanamamakta, takip edilen hastaların önemli bir oranında VP şant yerleştirilmesi gerekmektedir (13, 21, 57, 63, 104, 105, 123). Hidrosefali etyolojisinin ETV başarısı üzerine yapılan bir literatür derlemesinde üç farklı başarı oranı saptanmıştır (61): Edinsel aquaduktus stenozu, üçüncü ventrikülden BOS geçişinin engellendiği tümöral, kistik, enfeksiyöz patolojiler ile tektal, pineal ve talamik yerleşimli tümörler ve şant bozukluklarında başarı oranının en yüksek olduğu; daha önce şant yerleştirilmiş myelomeningoselli hastalarda, dördüncü ventrikülü tıkayan tümörlerde, konjenital aquaduktus stenozunda, Dandy-Walker malformasyonunda, slit ventrikül

sendromunda, çok sık şant bozukluğu olan hastalarda başarı oranının “orta” seviyelerde olduğu (%50 dolaylarında); daha önce şantlanmamış myelomeningoselli hastalarda, kanama veya enfeksiyon sonrası gelişen hidrosefalili hastalarda ise başarı oranının en düşük olduğu bildirilmiştir (<%50).

b) İntraventriküler Kistler

Konjenital Araknoid Kistler

Araknoid kistlerin BOS ile dolu hale gelen araknoid mater’in ayrıklaşması veya duplikasyonu sonrası olarak gelişen doğumsal bir malformasyon olduğu düşünülmektedir (4). Araknoid sisternlerde ortaya çıkan araknoid kistler en sık sylvian fissürde (%30-50), ardından hemen hemen aynı oranlarda (%10) konveksite, suprasellar, quadrigeminal, serebellopontin açı sisternlerinde ve posterior fossa orta hattında yerleşim göstermektedirler(56) . İnterhemisferik, suprasellar, quadrigeminal sisternleri ve posterior fossa yerleşimli olanlarda neredeyse her zaman hidrosefali de mevcuttur.

Her hangi bir semptom ile başvurmamış, sadece tesadüf eseri saptanmış olan araknoid kistlerin tedavi edilip edilmemesi konusunda fikir birliği mevcut değildir. Ancak, bu durum dışında özellikle pediatrik yaş grubunda saptanan tüm araknoid kistlerin tedavi edilmesi önerilmektedir (20).

Tedavi edilmesine karar verilen araknoid kistlere kraniotomi ile kistin BOS yollarına ağızlaştırılması, kist içeriğine şant yerleştirilerek sıvının periton içine tahliye edilmesi ve endoskopik olarak kist duvarının rezeksiyonu ve BOS yolakları ile kist arasında devamlilik oluşturulması gibi farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Nöroendoskopun bu konudaki avantajı kraniotomi gibi büyük bir cerrahi girişimden ve şanta bağlı sorunlardan kaçınılmasına imkan vermesi olarak değerlendirilmektedir (118). Girişim öncesi nöroradyolojik değerlendirme başarı oranını direkt olarak etkilemektedir. Nöroendoskop yoluyla açılabilecek

olan kist duvar ile ventrikül ependimi yada subaraknoid boşluklar arasında her hangi bir devamlılık ile uyumlu boşlukların tespit edilmesi gerekmektedir. Mevcut semptomların ortadan kaldırılması ve kist boyutunun kontrol altına alınması şeklinde tarif edilen cerrahi girişimin başarısı özellikle suprasellar araknoid kistlerde daha fazla olmakla birlikte genel olarak %70-80 arasında bildirilmiştir (31, 39, 58, 67, 118). Özellikle hidrosefalinin varlığında kistin yerleşimi nerede olursa olsun, kistin ventrikül içine ventrikülokistostomi) ve ventriküllerin de subaraknoid sisternler içine ağızlaştırılması (ventrikülosisternostomi) cerrahi girişimin başarısını artırmaktadır (31).

c) İntraventiküler Yerleşimli Lezyonlar

İntraventriküler yerleşimli lezyonların tanı ve tedavisinde nöroendoskopik yaklaşımlar önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir (20, 68). BOS yolaklarını tıkayarak hidrosefaliye neden olmuş patolojilerde BOS örneklemesi, biyopsi alınması ve ETV yoluyla hidrosefaliyi tedavi etmeye imkan tanıması nöroendoskopik girişimlerin başlıca avantajları arasında sayılmaktadır (39, 78, 88, 89, 117, 129). Bu patolojiler arasında yer alan pineal bölge yerleşimli tümörlerin tedavi protokolünde tümör işaretleyicileri ve sitoloji için BOS örneklemesi, radyolojik incelemelerde saptanamayan olası intraventriküler yayılım, tümör biyopsisi ve hidrosefalinin tedavisi amacıyla kullanılan nöroendoskopinin yeri giderek önem kazanmaktadır (88, 93, 101). Nöroendoskopinin tümör örneklemesinde diğer yaklaşımlara olan üstünlüğü lezyonun direkt olarak görüntülebilmesine, daha büyük parça alınımına ve olası bir kanamanın koagülasyon ile kontrol edilebilmesine imkan vermesinde yatmaktadır.

Ancak intraventriküler yerleşimli lezyonların bir kısmı nöroendoskopik yaklaşım için uygun olamayabilmektedir. Az veya orta derecede vasküler yapıda, çapının 2 cm'den küçük, eşlik eden hidrosefali, lateral veya üçüncü ventrikül içinde yerleşmiş ve histolojik olarak düşük evreli lezyonlar nöroendoskopik yaklaşıma

en uygun lezyonlar olarak değerlendirilmektedirler (17, 39, 115). Bu niteliklere sahip olup literatürde nöroendoskopik girişim ile tedaviye en uygun olarak kabul edilen ve üzerinde en fazla çalışılan lezyonların kolloid kistler olduğu görünmektedir (29, 30, 48, 52, 71, 102, 115). Bununla birlikte bu çalışmanın yapıldığı kliniğin rutininde kolloid kistler tedavisinde nöroendoskopik yaklaşım kullanılmamaktadır. Tedavide nöroendoskopik yaklaşımın uygulanabilir kabul edildiği diğer lezyon arasında subependimal dev hücreli astrositomlar, ventriküllerin içine uzanım gösteren diğer düşük evreli glial tümörler, santral nörositomlar, küçük boyuttaki koroid pleksus papillomları ve sadece intraventriküler yerleşimli kraniofarengiomlar kabul edilmektedir (6, 33, 39, 68, 75, 77, 115, 118).

Kendi başına bir tanı ve tedavi aracı olarak kullanımının yanında endoskop mikroşirürjikal girişimlerde yardımcı bir ekipman olarak da kullanılmaktadır. “Endoskop-yardımcılı mikroşirürji” olarak da adlandırılan bu yaklaşımda endoskop yalnızca optik bir aygıt olarak kullanılmaktadır. Bu durumda mikroşirürjikal enstrumanlar endoskop kılıfının dışında mikroskop altında kullanılmaktadırlar. Tümör rezeksiyonunun tamamlandığını düşünüldüğünde endoskop cerrahi sahaya sokulmakta ve konvansiyonel mikroşirürjikal yöntemlerle görüntülenemeyen açılarda yerleşim gösteren olası tumor kalıntılarını böylelikle rezeksiyonun derecesini gösterebilmektedir .

MATERYAL VE METOD

A) KAFA KADAVRALARININ ANATOMİK DİSEKSİYON İÇİN HAZIRLANMASI

Nöroşirürji disiplininde nöroanatomi eğitimi son derece önemli bir yer tutmaktadır. Çünkü, mikroşirürjikal ve görüntüleme alanlarındaki gelişmelerin nöroşirürji pratiğinde uygulanabilmesi ileri bir anatomi bilgisi gerektirmektedir. Nöroşirürjikal anatominin ve uygulanacak cerrahi yaklaşımların daha anlaşılır hale getirilmesinde en önemli faktör bir nöroanatomi laboratuarında yapılacak olan kadavra diseksiyonudur. Gerek bilinen gerekse yeni geliştirilecek olan yaklaşımların anlaşılması, bunların genç nöroşirürjiyenlere öğretilmesi ve buradan elde edilen bilgi ile daha güvenli cerrahi girişimlerin uygulanabilmesi ancak bir nöroanatomi laboratuarında gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte, kadavraların kullanıma hazır hale getirilebilmesi yoğun bir ilgi ve emek gerektiren birçok süreçten meydana gelmektedir.

Bu çalışma için .İstanbul 9 Nolu Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 24.12.2009 tarih ve B.30.2.MAR.0.01.02/AEK/660 sayı numarasıyla etik kurul izni alınmıştır.

Çalışılacak kadavralar ve laboratuarda bulunan diğer tüm kafa kadavraları Amerika Birleşik Devletleri'nde tıp eğitimi ve araştırmaları alanında faaliyet gösteren künyesi "JLS Consulting Group – Medical Education and Research Services: 906 East Poplar Avenue, P.O. Box 1337, Wynne, Arkansas 72396-1337. Tel: 870-238-3512. E-posta: http://jlsconsultinggroup.com/index.htm" olan kuruluştan temin edilmiştir.

Bu çalışmanın tüm aşamaları Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Enstitüsü Nöroanatomi Laboratuarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Tahnitleme Ve Dekapitasyon

Bu süreçlerden ilki hiç kuşkusuz kadavranın tahnit (embalming) ve dekapite edilmesidir. Eğer mümkün ise tercih edilmesi gereken en uygun zaman dönor ölümününden hemen sonrasıdır. Ancak bunun gerçekleştirilmesi her zaman mümkün olamayabilmektedir. Bu nedenle en yaygın uygulama ölümden sonraki ilk 20–40 saat arasında gerçekleştirilen olmaktadır.

Dekapitasyon aşamasından önce kafanın tahnitlenmesi ve fikse edilmesi gerekmektedir. Bu aşamada kullanılan en uygun materyal %10'luk formaldehit çözeltisidir. Formaldehit kadavrada uzun süreli yapısal koruma sağlamasının yanında HİV dahil mikroorganizmaları denatüre ederek dokuda üremelerini engellemektedir. Formaldehit ayrıca beyin dokusunu fikse etmekte ve sertleştirmektedir. Çünkü fikse edilmemiş beyin dokusunda diseksiyon uygulaması dokunun oldukça yumuşak ve kolay dağılabilir olması nedeniyle mümkün olamamaktadır. Formaldehitin en önemli dezavantajı rahatsız edici kokusu ve uzun süreli maruziyette dokuyu oldukça sertleştirebilmesidir. Bu sorunu gidermek için önerilen çözümlere aşağıda değinilecektir.

Daha sonra her iki arteria carotis communis'ler, arteria vertebralis'ler ve vena jugularis interna'lar perkütan olarak kanülize edilmeli ve bu solüsyon ile iyice yıkanmalıdır. Bu işlem yaklaşık olarak üç gün boyunca her defasında en az otuz dakika sürdürülmelidir.

Formaldehit ile muameleden sonra dekapitasyon işlemi uygulanmaktadır. Dekapitasyon işlemi cerrahi testereler yardımıyla gerçekleştirilir. Bu esnada dikkat edilmesi gereken en önemli faktör işlemin boynun mümkün olabildiğince aşağısından sağlanmaya çalışılması olmalıdır. Servikal 4. (C4) veya 5. (C5) omur hizasından gerçekleştirilen dekapitasyon yeterli uzunlukta ekstrakranial damarlarıı erişilebilir kılmakta bu da damarların kanülizasyonu esnasında büyük kolaylık sunmaktadır.

Damarsal Yapıların Boyanması

İntrakranial alandaki damarsal yapıların uygun şekilde boyanması kadavra kullanımını kolaylaştırmaktadır. Tüm nöroşirürjikal uygulamaların ayrılmaz bir parçası olan damarsal anatominin daha anlaşılır hale getirilmesi damarsal yapıların boyanması ile mümkündür. Böylece nöroşirürjiyen altta yatan anatomik yapılara daha kolay oryente olmakta ve diseksiyon kabiliyetini geliştirebilmektedir. Damarsal yapıların boyanması aşağıda her biri ayrı ayrı ele alınan ve dikkat edilmesi gereken bir dizi aşamalardan oluşmaktadır. Literatürde bol miktarda anatomik diseksiyon çalışması mevcut olmasına rağmen özellikle boyama işlemi ve öncesindeki hazırlık süreci ile ilgili detaylı teknik bilgi sunan çalışmalar oldukça azdır (65, 111).

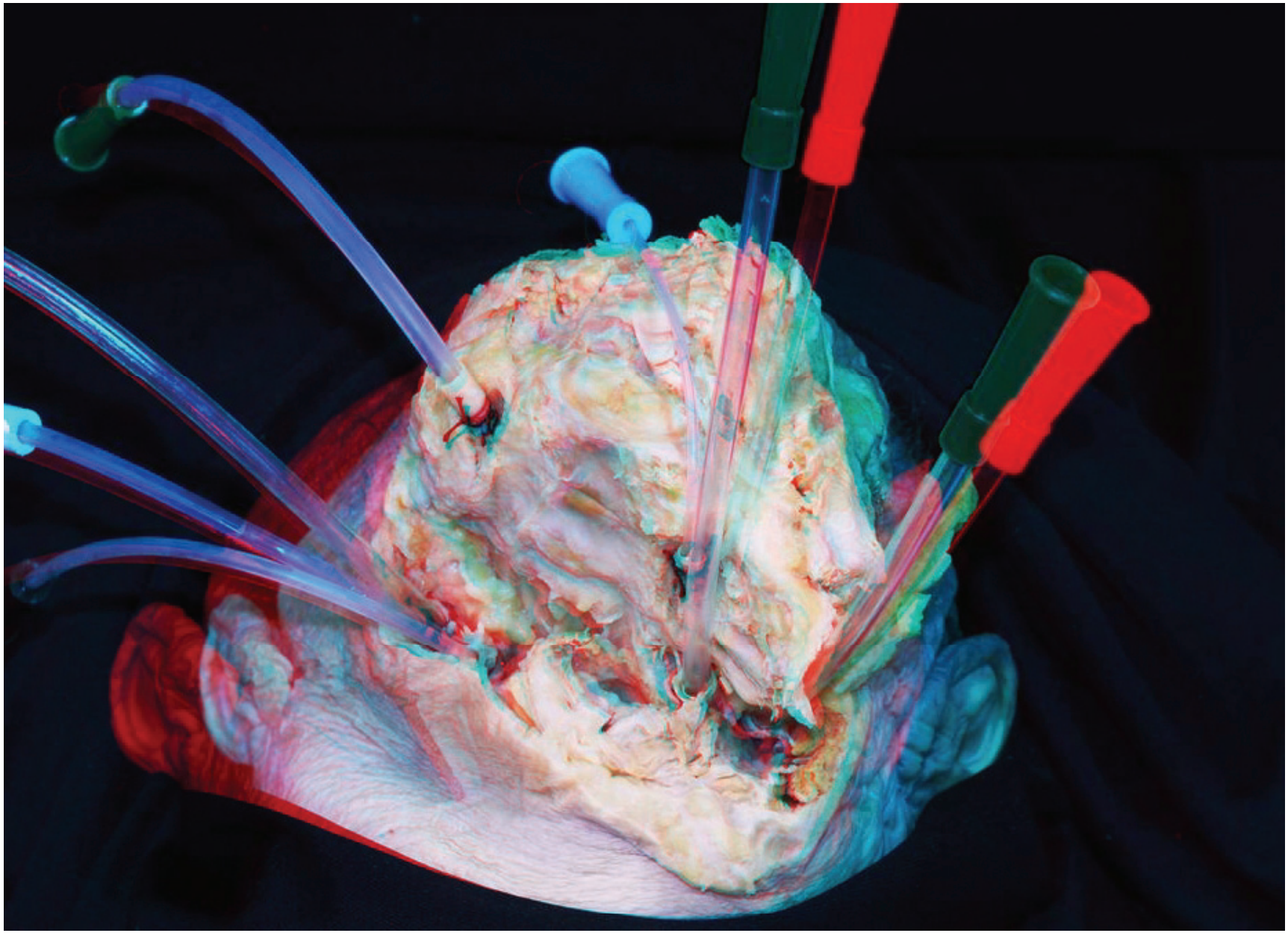
Ana Damarların Ortaya Konması

Bu aşamada boyunda yer alan toplam altı damar (iki arteria carotis communis, iki arteria vertebralis, iki vena jugularis interna) ortaya konulmalıdır. Rahat çalışma kafanın fikse edilmesiyle sağlanabilir. Bunun için rigit fiksasyon sistemi şart değildir; kafayı baş aşağı pozisyonda sabit tutabilen her hangi bir metod yeterli olmaktadır. Bu çalışmanın yapıldığı nöroanatomi laboratuarda sipariş üzerine üretilen çeşitli kalınlık ve yükseklikte, kare ve diktörtgen şeklinde mermer bloklar kullanılmakta ve tatmin edici sonuçlar alınmaktadır.

Keskin ve künt diseksiyon ile her bir damar ortaya konulmalı ve en az iki - üç santimetrelik bir damar uzunluğu elde edilmelidir. Özellikle arteria vertebralis'lerin ortaya konması esnasında foramen transversarium'ları genişletmek amacıyla kemik ronjürler veya elektrikli ve/veya havalı kranitom uçlarının kullanımı gerekebilmektedir. Ayrıca, bu çalışmanın yapıldığı nöroanatomi laboratuarında işlem sırasında mikroskop kullanımı teşvik edilmekte; mikroskop kullanımının hem işlem sırasında büyük kolaylık sağladığına hem de mikroskop kullanma becerisinin gelişimine katkıda bulunduğuna inanılmaktadır.

Ana Damarların Kanülizasyonu

Bu aşamada ise her bir damar uygun genişlikte plastik tüplerle kanülize edilmelidir. Hemen her türlü tüp kullanımı ile kanülizasyon yapılabilmesine rağmen emme (suction) ve/veya nazogastrik tüpler gerek farklı genişlikteki boyutlarda bolca bulunabilmesi gerekse maliyeti açısından bu çalışmanın yapıldığı nöroanatomi laboratuarında tercih edilmektedir. Bu aşamadaki en önemli nokta uygun sütürler seçilerek tüplerin damarlara sağlam şekilde tespit edilmesidir. Çünkü damarlara boya enjekte etme belli bir kuvvet ile enjeksiyon gerektirmektedir. Enjeksiyon işlemi esnasında tüpün damardan çıkması son derece rahatsız edici ve heves kırıcı olmaktadır **(Şekil 26)**



Şekil 26: Kadavra üzerinde ana damarların kanülasyonunu gösteren 3D görüntü

Ana Damarların İrigasyonu

Damarsal yapıların kaliteli bir şekilde boyanmasında sonucu belirleyen en önemli aşama kanülize edilen damarların irigasyonudur. Amaç pıhtılaşmış kanı ve formaldehiti damar içinden uzaklaştırmaktır. Yeterli irigasyon uygulanmayan damarlarda tatmin edici boyanma beklenilmemelidir. İrigasyon için ılık musluk suyu kullanımı yeterli olmaktadır. Gavaj enjektörü (60 santilitre) ile her bir damar ayrı ayrı ve bol musluk suyu ile irige edilmelidir. İrigasyonun bir diğer faydası Willis poligonunun açık olup olmadığı konusunda araştırmacıya fikir verebilir oluşudur. Özellikle arterlerin irigasyonu aşamasında kontralateral arterden veya farklı arterlerden çıkan su sistemin açık olduğunun en güzel göstergesi olarak kabul edilmektedir. İrigasyon süresini her laboratuar kendi belirlemektedir. Önemli olan berrak suyun geldiğinden emin olmaktır. Her biri birer saatlik üç günlük irigasyonun yeterli olduğu izlenmiştir. Bu aşamadaki bir diğer önemli nokta paraspinal adelelerden veya cilt altı dokusundan meydana gelebilecek kaçaklara neden olan damarsal yapıların klemp veya uygun sütür kullanılarak kapatılmasıdır. Ayrıca spinal kanalın kemik mumu (bone wax) veya ıslak gazlı bez (sponge) ile kapatılması da gerekmektedir. Böylelikle boyama esnasında boyanın intrakranial damarlar yerine kaçak noktalarından dışarı çıkmasının önüne geçebilmek mümkün olmaktadır.

Ana Damarların Boyanması

Damarsal yapıların boyanmasında reçine, lateks, hint mürekkebi ve silikon gibi bir çok yardımcı materyalin kullanıldığı bilinmektedir. Ancak en iyi sonucun renkli silikon yardımıyla gerçekleştirildiği kabul edilmektedir.

Renkli silikon boyanın hazırlanışı:

Literatürde renkli silikon boya hazırlanışı ile ilgili bilgi son derece kısıtlıdır. Yine, gerek literatürde gerekse bu çalışmanın yapıldığı nöroanatomi laboratuarının yurt dışındaki laboratuarlar ile kurduğu iletişim sonucunda edinilen izlenim renkli

silikon boya hazırlanışının farklı materyallerin karıştırılarak elde edilidiği yönündedir. Hemen tümünde yaygın uygulama silikon, kırmızı ve mayi toz veya sıvı boya, inceltici ve katalizör kullanımı ile gerçekleştirilmektedir. Bu materyaller farklı oranlarda karıştırılmakta ve ardından enjeksiyona geçilmektedir. Bu çalışmanın yapıldığı nöroanatomi laboratuarında ise tamamen farklı ancak hazırlanışının çok daha kolay olduğu bir protokol uygulanmaktadır. Henüz yayımlanmamış olan bu protokol akışkanlığı son derece uygun, bire bir oranında karıştırmanın yeterli olduğu, ek bir katalizöre ihtiyaç duyulmadan kendi kendine 24 saatten daha kısa sürede vulkanize olan (sertleşen), A ve B olarak tanımlanmış iki silikon komponenti (P 7670 A ve P 7670 B; Sol Pro Danışmanlık Kimya Sanayi, İstanbul) ve bu komponentlere uygun, sadece yüzde bir oranında eklenmenin yeterli olduğu kırmızı ile mayi boya (Bayrak kırmızısı renk pastası, RAL 3000 ve Mavi renk pastası, RAL 5010; Sol Pro Danışmanlık Kimya Sanayi, İstanbul) içermektedir (**Şekil 27**).

Bu karışımın bir diğer önemli özelliği vulkanizasyon esnasında karışımın genleşip büzüşmemesidir. Dolayısıyla damarsal yapıların anatomik özellikleri korunabilmektedir. Eğer kadavraların boyanması ile diseksiyona başlama arasındaki zaman kısa tutulmak istenirse yine aynı firmadan temin edilen bir katalistin (Catalyst EP, Sol Pro Danışmanlık Kimya Sanayi, İstanbul) toplam karışım miktarına %0.2 oranında eklenmesi ile katılaşma çok daha kısa sürede gerçekleşmekte ve en fazla 2-3 saat içinde diseksiyona başlama mümkün hale gelmektedir. Elde edilen bu karışımın renklerindeki canlılık ve parlaklık son derece yüz güldürücüdür.



Şekil 27: Bu çalışmanın yapıldığı nöroanatomi laboratuarında rafine hale getirilen boya tekniğinde kullanılan silikonlar, boyalar ve karışımın daha kısa sürede donmasını sağlayan katalistin 3D görüntüsü

Renkli silikon boyanın enjeksiyonu:

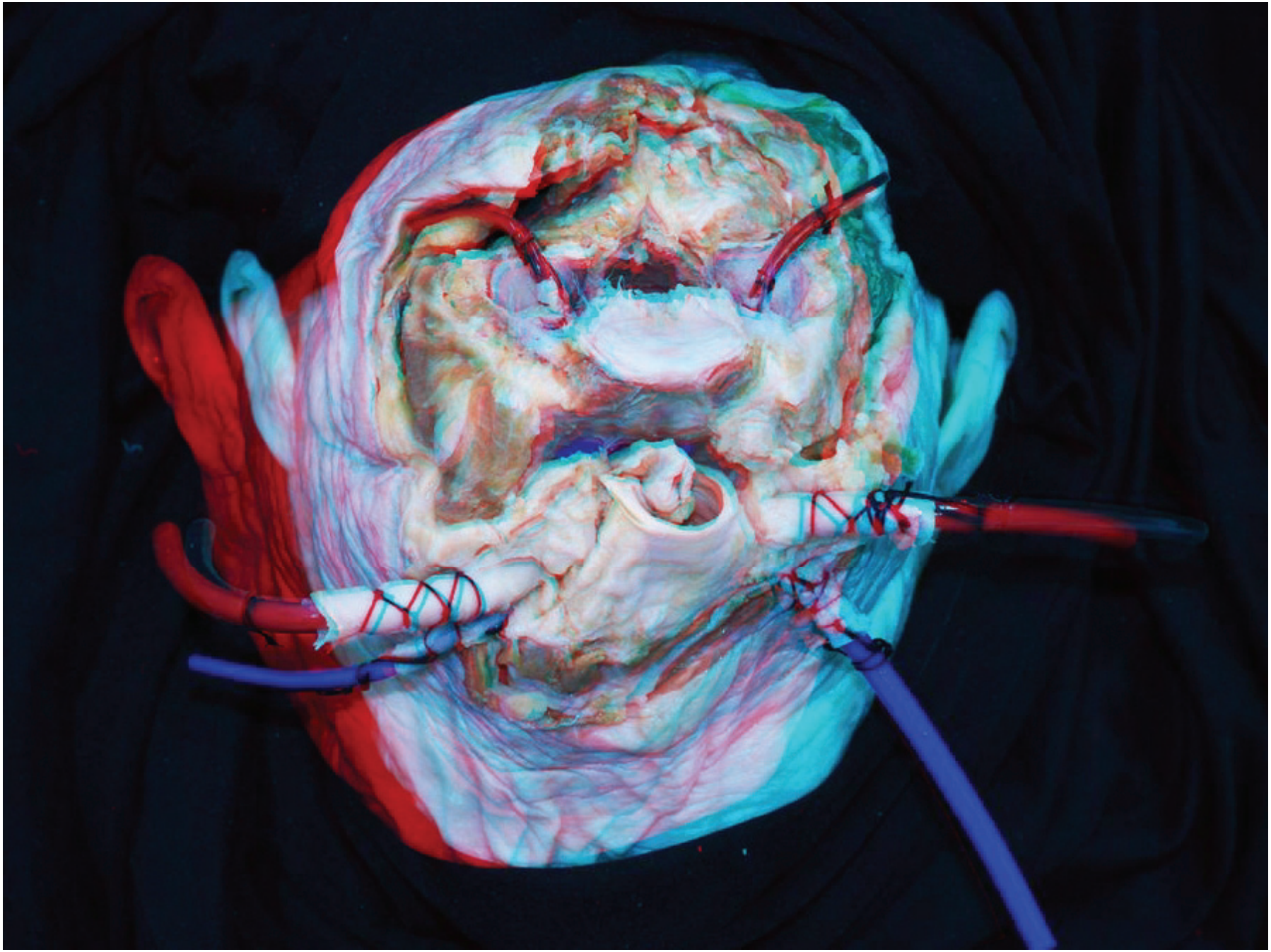
Arteryal damarların booyanması için yaklaşık 100 cc, venöz damarların boyanması için ise yaklaşık 200 cc'lik karışım yeterli olmaktadır. Enjeksiyon 60 cc'lik gavaj enjektörleri yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu aşamada mutlaka cerrahi klempler hazır tutulmalı ve kolay ulaşılabilir yerde olmalıdır. İşlem öncesinde tüm damarlar klemp ile tutturulmalıdır. Karışımın akışkanlığı ne kadar düşük olursa olsun işlem esnasında ciddi bir mukavemet hissedilmektedir. Bu nedenle enjeksiyon en az iki kişi ile gerçekleştirilmelidir. Piyasada rahatlıkla bulunabilen silikon tabancaları bu esnada büyük kolaylık sağlamaktadır. Öncelikle tek taraflı vena jugularis interna'dan enjeksiyona başlanmaktadır. Karşı taraftaki vena jugularis interna'ya mavi karışım ulaştığında ilk ven klemp ile tuturulmalı ve karşı taraftaki venden karışım verilmelidir. Daha sonra her iki ven de klemp ile tuturulmalıdır. Aynı şeklide bir arteria carotis communis'ten kırmızı karışım enjekte edilmeye başlanır. Karşı arteria carotis communis'ten karışımın geldiği görüldüğü anda ilk arter klemp ile tuturulmalı ve karşı arterden karışım uygulanmaya devam edilmelidir. Daha sonra her iki arter de klemp ile tuturulmaktadır. Aynı işlem sırasıyla her iki arteria vertebralis'ler için tekrarlanmalıdır.

İşlem kuvvet gerektirmektedir. Ancak enjeksiyon esnasında sabırlı olunmalı ve aşırı kuvvet uygulamaktan kaçınılmalıdır. Aksi takdirde tüpler damardan çıkabileceği gibi intrakranial damarların patlaması ile boya karışımının damar dışına çıkması kadavraların kullanım kalitesini olumsuz olarak etkileyebilmektedir. Enjeksiyon esnasında cilt altında veya paraspinal adelelerdeki açık uçlu damarlardan boya karışımının dışarı çıkabileceği akılda tutulmalı ve bu damarlar mutlaka klemp veya sütür ile kapatılmaya çalışılmalıdır. Bu aşama doğası gereği oldukça etraf kirleticidir. Çünkü ne yapılırsa yapılsın boya karışımı taşmakta ve kadavranın dış kısmını da kirletmektedir. Yukarıda bahsedilen protokolün bir diğer avantajı boyanın ıslak gazlı bez ile kolayca her yüzeyden temizlenebilir olmasıdır (**Şekil 28**).

Örneklerin Muhafazası

Uygulanan boya karışımının kuruma süreci (curing process) kullanılan materyallere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yukarıda anlatılan protokolde bu süre yirmidört saatten daha kısa olmasına rağmen en az yirmidört beklemek daha uygun görünmektedir.

Kadavraların saklama koşulları konusunda bir çok farklı yaklaşım bulunmaktadır. Formaldehit kullanımı uzun yıllar boyunca standart olarak kabul edilmektedir. Ancak yukarıda da bahsedildiği gibi uzun zaman boyunca formaldehite maruz kalan kadavralar son derece sert hale gelmekte ve bu nedenle beyin dokusunun retraksiyonu incelemeye bile izin vermeyecek kadar zorlaşmaktadır. Bu nedenle %66'lık etil alkol kullanımı önerilmektedir. Alkolün avantajı beyin dokusunun cesametini değiştirmemesinden, alkol öncesi doku kıvamının korunmasından ve boya karışımını bozmamasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 28: Daha önce damarları kanüle edilmiş kadavraya silikon boya enjekte edilmiş ve ardından kanüller uygun mesafeden kesilmiştir. 3D görüntü.

B) KAFA KADAVRALARINDA RADYOLOJİK İNCELEME VE UYGUN KADAVRA SEÇİMİ

Ölüm sonrası (post-mortem) beyin dokusunun MR ile incelenmesinin yaklaşık 20 yıllık bir geçmişi bulunmaktadır. Literatürde özellikle son yıllarda bu konu üzerinde bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir (8, 9, 24, 27, 28, 40, 46, 47, 64, 66, 83, 92, 106, 109, 110, 114, 119, 121, 124, 130). Patolojik inceleme öncesi beyin parenkiminde gözlemlenebilmesi muhtemel yapısal değişikliklerin boyutunu ve bu değişikliklerin hacimsel analizini ortaya koyabilmesi gibi avantajları ile post-mortem MR incelemeleri özellikle nöropatologlar tarafından tercih edilmektedir. Post-mortem MR incelemeleri daha ziyade İnsan immün yetmezlik virüsüne (HIV) bağlı AİDS, Alzheimer hastalığı, multipl skleroz nedeniyle kaybedilen hastaların beyin dokularında gerçekleştirilmektedir (10, 14, 15, 36, 43).

Beyin parenkimindeki farklı anatomik ve histolojik yapıların (beyaz cevher, gri cevher gibi...) MR ile ayırımı doku içinde mevcut olan sudaki protonların sayısına (yoğunluk) ve etrafını çevreleyen mikro alandaki haraket kabiliyetlerine bağımlıdır. Beyaz cevherdeki su oranı yaklaşık olarak %70, gri cevherde %80 ve BOS içinde %99'dur. Ancak protonları çevreleyen mikroortamın kimyasal yapısı canlı doku ile ölü doku arasında farklılık göstermektedir. Bununla birlikte post-mortem dönemde beyin parenkiminin korunması ve saklanması amacıyla formalin ile fiksasyon dokuların mikroyapısını ve suyun hareket kabiliyetini de değiştirmektedir. Bu nedenle canlı dokularda tanısal ve araştırma amaçlı kullanılan spin-eko görüntülemeler ölü dokuların görüntülemesinde sorunlara yol açabilmektedir.

Yukarıda da belirtildiği gibi MR'ın dokuları ayırt edebilme kabiliyeti suyun farklı doku tipleri arasında hareket etme oranına bağlıdır. Bu nedenle T1 (dikey-longitudinal) ve T2 (yatay-transverse) relaksasyon zamanları su protonlarının doku içindeki hareketlerine bağlıdır. Formaldehit fiksasyonu suyun gri ve beyaz

cevher arasında farklı oranlardaki hareket etme kapasitelerini azaltmaktadır. Fiksasyondan sonra T1 ve T2 değerlerindeki erken düdüşler gri ve beyaz cevherdeki T1 değerlerini birbirlerine yaklaştırmakta ve T1 ağırlıklı görüntülemelerde gri ve beyaz cevher ayırımını güçleştirmektedir (92). T1 değerlerindeki düşüş kadar olmasa da T2 değerlerinde de düşüşler gözlenmektedir. T1 ve T2 değerlerindeki değişiklikler kısa bir süre içinde hızla değişim göstermekle birlikte yaklaşık üç - dört hafta içinde stabil hale gelmektedirler (120). Dolayısıyla fiksasyondan üç hafta kadar sonra gerçekleştirilen MR incelemelerinde fiksasyonun gri-beyaz cevher ayırımına etkisi azdır (11). Bu gözlem, bu çalışmanın da bir parçasını oluşturan ancak fiksasyon ile diseksiyon çalışmaları arasında kadavra temini sürecindeki kaçınılmaz olan zaman aralığının MR incelemelerinin değerini azaltmaması açısından ayrıca önemlidir. Bununla birlikte değinilmesi gereken bir diğer nokta da özellikle spin (proton) ağırlıklı sekansların T1 ve T2 ağırlıklı sekanslara oranla gri-beyaz cevher ayırımını çok daha iyi ortaya koyması olmalıdır (9). Bu ise ventriküler yapılardan farklı olarak gri-beyaz cevher ayırımını inceleme amaçlı yapılacak çalışmalarda diseksiyon öncesi daha faydalı bütünleyici bilgiler sunacaktır.

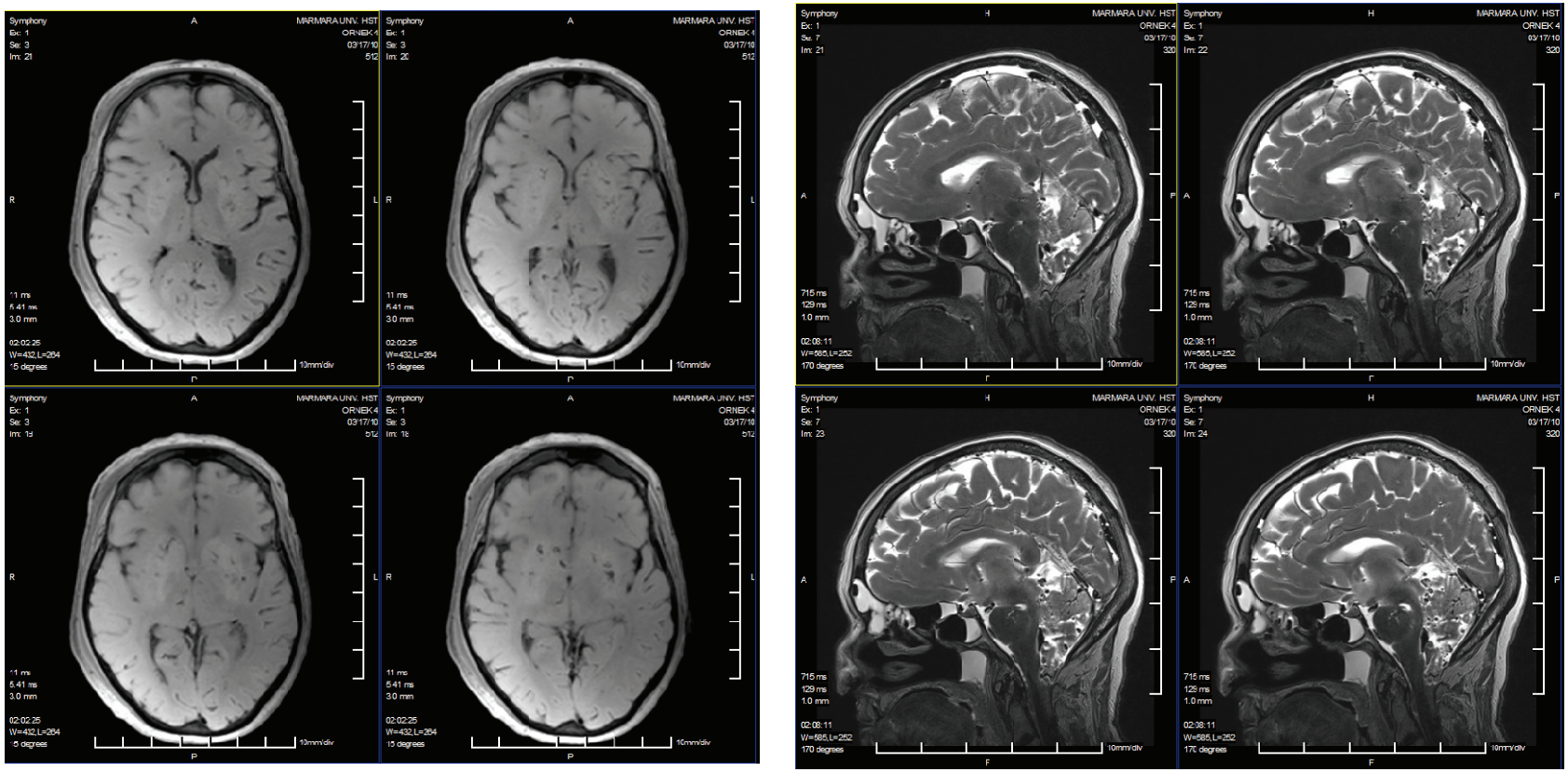
Bu çalışmada kullanılan kadavralardaki MR incelemeleri CISS (constructive interference in steady state), CISS-3DFT (three-dimensional Fourier transformation) sekans analizi, 3D Sagital Turboflash ve bu sekanstan elde edilen koronal, sagital ve aksiyel T1 sekanslar ile gerçekleştirilmiştir (**Şekil 29,30**). BT'de ise 1 mm kalınlığında kesitler elde edilmiş ve ham veriler her üç planda yeniden formatlanarak damarsal yapılar ortaya konmuştur (**Şekil 31**). Bu çalışmada kullanılan silikon ve boyanın özelliği sayesinde elde edilen görüntülerin normal bir BT anjiyografiden farkı bulunmamaktadır. Literatürde görüntü kalitesi daha iyi her hangi bir kadavra BT anjiyografiye rastlanılmamıştır. Dolayısıyla bu çalışma bu konuda bir ilk olmaktadır.

Literatürde postmortem MR incelemelerinde CISS sekansı kullanımı bildirilmemiştir. Okuloleptomeningeal tip amiloidozda ve anterior inferior serebellar arter ile vestibulokoklear sinir kompleksi arasındaki ilişkiyi ortaya koymaya çalışan sadece iki çalışmada postmortem beyinlerin incelenmesi ile elde edilen veriler canlı kişilerde uygulanan bu sekanslardan elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır (86, 131). Dolayısıyla bu çalışma bu konuda da bir ilk olmaktadır.

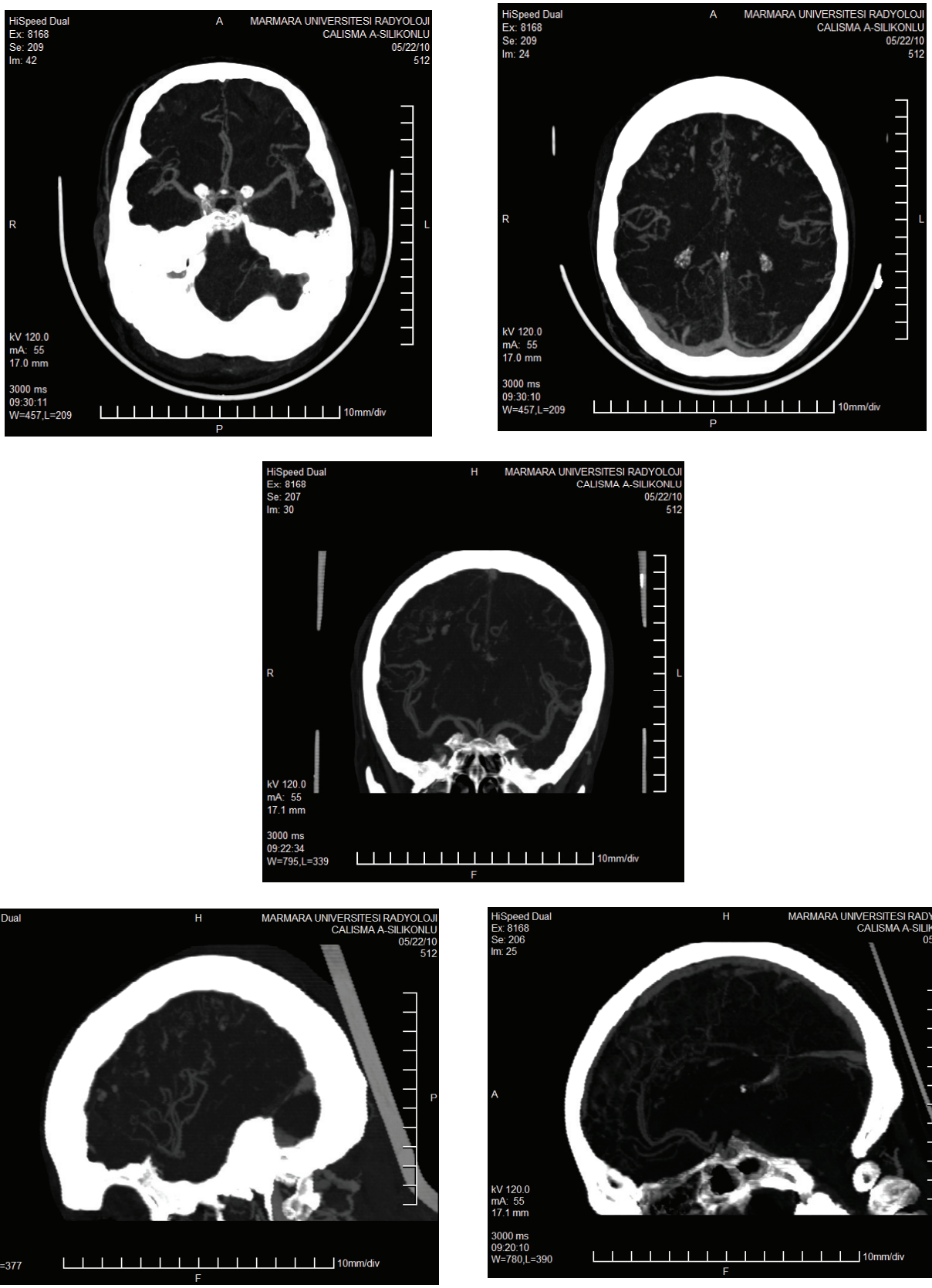
Tüm bu bilgiler ışığında bu çalışmanın gerçekleştirildiği zaman aralığında çalışmanın yapıldığı Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Enstitüsü Nöroanatomi Laboratuarı'nda bulunan yirmi adet kafa kadavrasının her birine yukarıda tarif edilen sekanslar ile kranial MR (Siemens Symphony, 1.5 Tesla, Almanya) ayrıca kranial BT ile BT anjiyografi (General Electric, Amerika Birleşik Devletleri) tetkikleri uygulanmıştır.

Bu incelemelerin sonucunda toplam yirmi adet kadavradan yalnızca üç tanesinin lateral ventriküllerinin ve ancak bir tanesinin ise üçüncü ventrikülünün nöroendoskopik incelemeye uygun olabilecek kadar dilate olduğu görülmüştür .

Bu kadavralardan bir tanesinin damarsal yapılarının boyanması bu çalışmanın yapıldığı laboratuar dışında kadavraların temin edildiği merkezde gerçekleştirilmiştir. Diğer iki kadavranın ise boyanması yukarıda detaylı bir şekilde tarif edildiği gibi çalışmanın yapıldığı laboratuarda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 29 ve 30: Damarsal yapılar boyandıktan sonra çekilen MR görüntüleri. Kadavrada CISS sekansına daha önce rastlanılmamıştır. Alttaki görüntü proton ağırlıklı sekansına ait olup derin gri cevher ile beyaz madde birbirlerinden ayırt edilebilmektedir.



Şekil 31: Damarsal yapılar boyandıktan sonra çekilen BT anjiyografi görüntüleri. Kullanılan silikonun özelliği sayesinde elde edilen bu görüntünün normal bir BT anjiyografiden farkı bulunmamaktadır.

C) KAYIT VE FOTOĞRAFLAMA

Kadavraların görüntülenmesinde nöroendoskop cihazı ve kayıt ekipmanı (Karl Storz Endoskope, Almanya) ile Nikon D80 marka (Nikon Company, Japonya) DSLR cihaz ile 60 milimetrelik makrolens (AF Micro Nikkor, 60mm, 1:2.8, Japonya) kullanılmıştır. Anatomik diseksiyonlarda fotoğraflama son derece hassas bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Bu nedenle tüm fotoğraflama süreci üç ayaklı (tripod) bir sabitleyici ve kullanılan fotoğraf makinesi ile uyumlu bir uzaktan kumandalı deklanşör sistemi ile gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmadaki görüntülemelerin bir kısmı üç boyutlu (3D) formatta gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Literatürde nöroanatomik diseksiyonların 3D formatında sunumu için gerekli teknik ve ekipman bilgisi detaylı bir şekilde tarif edilmiştir (111). Başta film, belgesel ve animasyonlar olmak üzere görsel sanatlarda kullanılan 3D formatı anatomik diseksiyonların sunumunda da giderek daha sık kullanılmaktadır. Derinlik hissinin yaratılması ile bu format türünde yapılan sunumlar hem daha anlaşılır hem de daha ilgi çekici hale gelmektedir.

Nöroendoskop kullanımında 3D görüntü elde edilmesi hakkında bu çalışmanın sonlandığı anda literatürde henüz her hangi bir yayına rastlanılmamıştır. Bu çalışmada yer alan 3D endoskopik görüntüler ise çalışmanın yapıldığı nöroanatomi laboratuarında oldukça basit ancak bir o kadar da etkili bir metod izlenerek gerçekleştirilmiştir. İki adet, orta boyutta, kenarları dik olarak kesilmiş dikdörtgen şeklinde garson tepsisi en uzun kenarları birbirlerine tam temas edecek şekilde konumlandırılmıştır. Tepsilerin altlarının kolaylıkla kayabilmesi için tepsi ile çalışma masası arasına kayganlaştıcı jel sürülmüş ve her iki kenara milimetrik cetveller konulmuştur. Endoskop ile her hangi bir görüntü alınmasını takiben tepsilerden üzerinde kadavra olanı diğeri referans alınarak üç milimetre sağa doğru kaydırılarak ikinci bir görüntü alınmıştır. Elde edilen görüntüler 3D görüntü oluşturma formatına uygun olarak birleştirilmiş ve 3D görüntü elde edilmiştir. Elde edilen son derece olumlu sonuçlar üzerine en kısa zamanda bu tekniğin de yayımlanması planlanmıştır.

D) VENTRİKÜLLERE NÖROENDOSKOPİK YAKLAŞIM

Rutin nöroşirürji pratiğinde özellikle acil durumlarda ventriküllerden BOS tahliyesi için yerleştirilen eksternal ventriküler drenajlarda kafatasına açılan delik (burr-hole) Kocher noktası olarak adlandırılan bölgedir. Bu nokta orta hatta koronal düzlemde koronal sütürün bir santimetre anterioru ile orta hatta sagital düzlemde koronal sütürden 2,5 santimetre lateralden geçen hatların birleşim noktasıdır. Nöroendoskopik girişimler için açılan burr-hole - eğer cerrahi amaç aquaduktusa yönelik bir girişim değilse – orta hatta koronal sütürün 2,5 santimetre lateralinin hemen önündeki alandır (**Şekil 32**). Aquaduktusa yönelik girişimlerde ise genellikle orta-pupiller hatta koronal sütürden yaklaşık beş santimetre ön taraftan burr-hole açılmaktadır.

Kullanıma hazır hale getirilen kadavraların nöroendoskopik olarak incelemesinden önce cilt, kemik ve dural yapıları disseke edilerek teleskopun beyin parenkimine girdiği noktanın periferik anatomisi gösterilmeye çalışılmıştır. Koronal sütürün önünde yer alan venöz oluşumların sıklığının koronal sütürün arkasında yer alanlara oranla daha az olması gerek burr-hole açılırken gerekse parenkim penetre edilirken zedelenmesi muhtemel venöz oluşumların sıklığını azaltmaktadır.

Öncelikle cilt dokusu ardından kemik ve dura yapıları aşama aşama çıkartılmıştır. Kemik dokusunun çıkartılması esnasında elektrikli veya havalı, yüksek devirli bir drill aletinin kullanılarak kemiğin inceltilerek rezeke edilmesi hem zaman kaybını önlemekte hem de dura kemiğe ileri derecede yapışık olduğundan kemik rongeur kullanımı esnasında altta yatan dokulara zarar verme ihtimalini azaltmaktadır. Bu esnada ortaya çıkan ısı altta yatan dokulara hasar vereceğinden uygun bir şekilde irige edilerek soğutulmalıdır. Tek başına çalışan araştırmacılar için bu önemli sorun olabilmektedir. Bu nedenle drill kenarına tespitlenen bir damar kateteri ucuna bağlanan serum seti kullanılarak bu sorunun da üstesinden

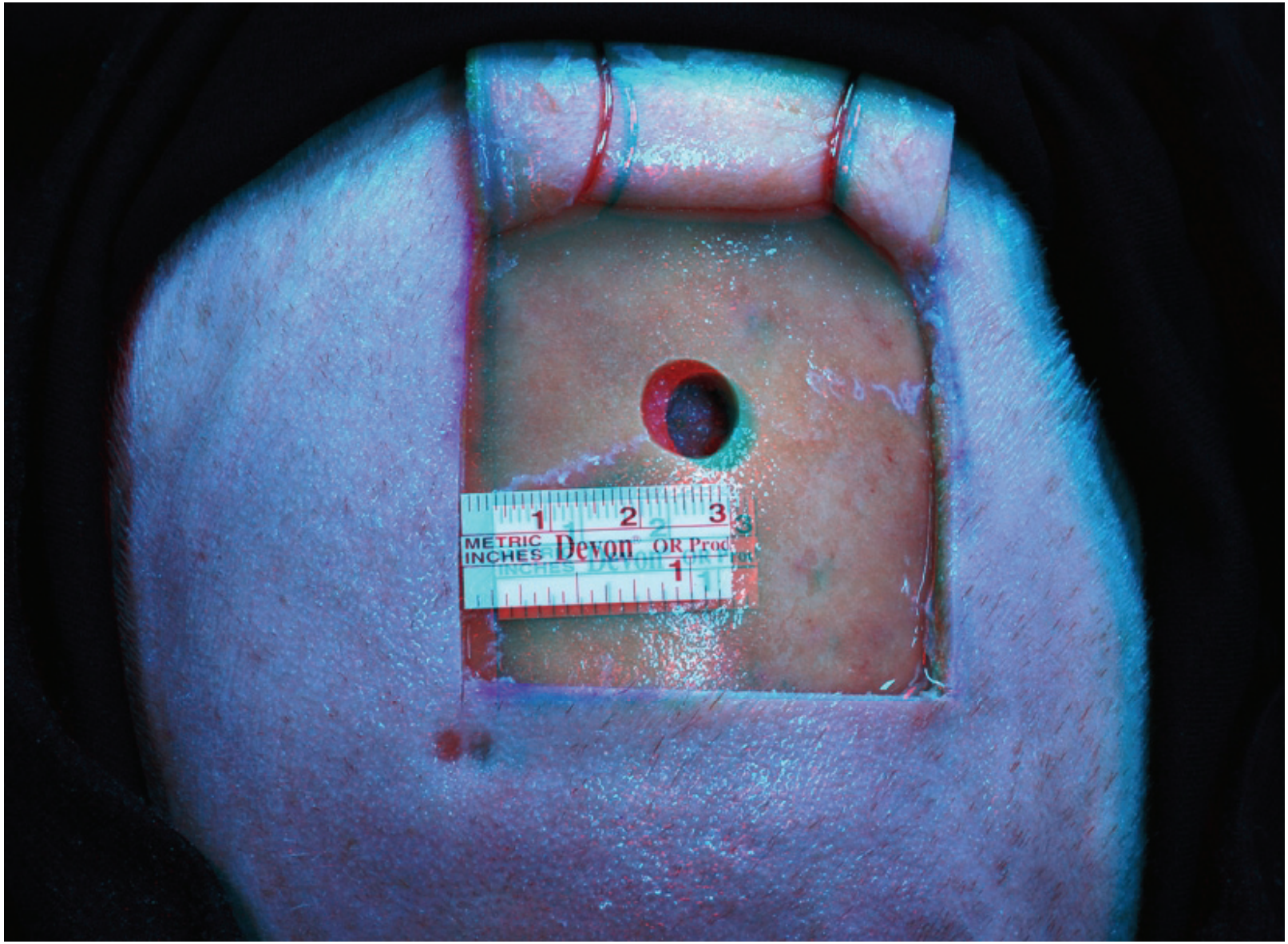
gelinebilir. Yukarıda bahsedilen her bir aşamanın öncesinde ve sonrasında her bir kadavra 3D formatına uygun olarak fotoğraflanmıştır. Diseksiyon esnasında gerek kemik dokusu içindeki diploik venler gerekse duraya ve süperior sagital sinüse dökülen venler ile oluşturdukları lakünler korunmuştur. Daha sonra araknoid tabaka ve damarsal yapıların duvarları hassas bir şekilde disseke edilerek parenkim dokusu ile damar içini dolduran silikon boya ortaya konulmuştur. Bu aşamalar da tek tek 3D formatına uygun olarak fotoğraflanmıştır (**Şekil 33a,b,c,d**).

Ardından kadavraların Karl Storz Endoskope sistemi ile incelenmesine geçilmiştir. Ventriküler girişimlere yönelik rutin nöroendoskopik yaklaşımlarda açılan burr-hole lokalizasyonundan ventriküllere girilmiştir. Ancak rutin olgularda ponksiyon iğnesi ventriküllere girilirken hissedilen geçiş noktasının fikse edilmiş beyinde hissedilmesi mümkün değildir. Bu nedenle yaklaşık bir santimetrekarelik bir parenkim dokusu rezeke edilerek ventrikül tavanına genişliği yaklaşık dört milimetre olan teleskop sığacak kadar minik bir pencere açılarak ulaşılmaktadır (**Şekil 34**).

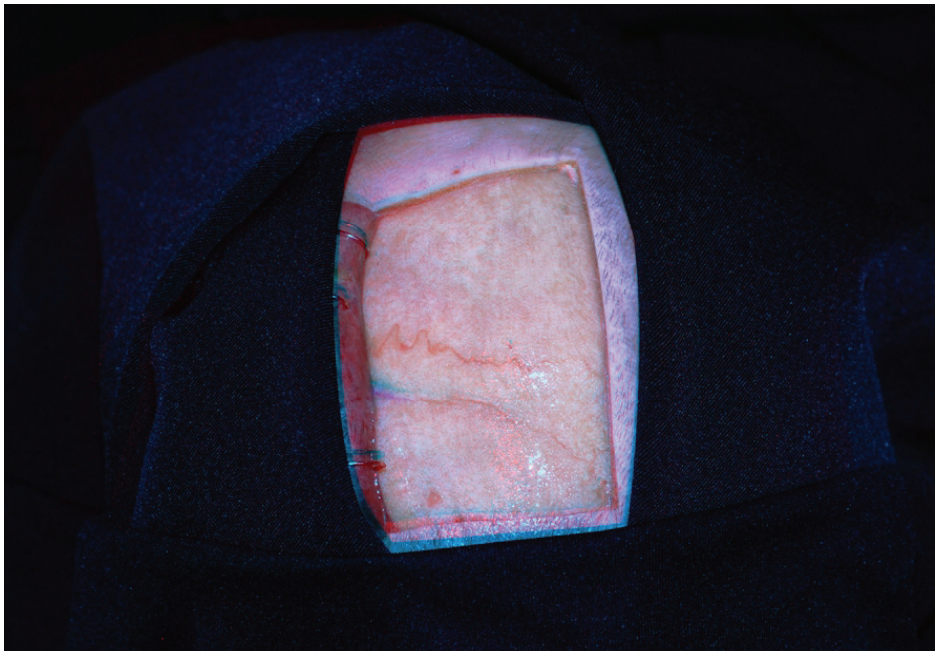
Sırasıyla 0, 30, 45 ve 70 derecelik teleskoplar (Hopkins II tip Karl Storz Endoskope, Almanya) ventrikül içine yerleştirilerek diseksiyon masasına yine Karl Storz marka sabitleyici tutacak sistemi ile (Karl Storz Endoskope, Holding System, 28172 KKA) ile tespit edilmiş ve görüntü alımı esnasında oluşabilecek her hangi bir titreşimin önüne geçilmiştir. Yüksek rezolüsyonlu ekran ve kayıt cihazı ile her bir aşama uzun süreli bir şekilde kayıt altına alınmış ve bir bilgisayar yazılımı (Ulead VideoStudio 10, Ulead Systems, ABD) ile ekran görüntüleri (snap-shot) temin edilmiştir.

Farklı dereceli dört adet teleskopun her biri sırayla ventriküller içine yerleştirilmiş ve yine sırayla saat oniki (nötr pozisyon), üç (sağ), altı (arka) ve dokuz (sol) hizalarında tespitlenerek her birinden elde edilen görüntüler kaydedilmiştir. Aynı

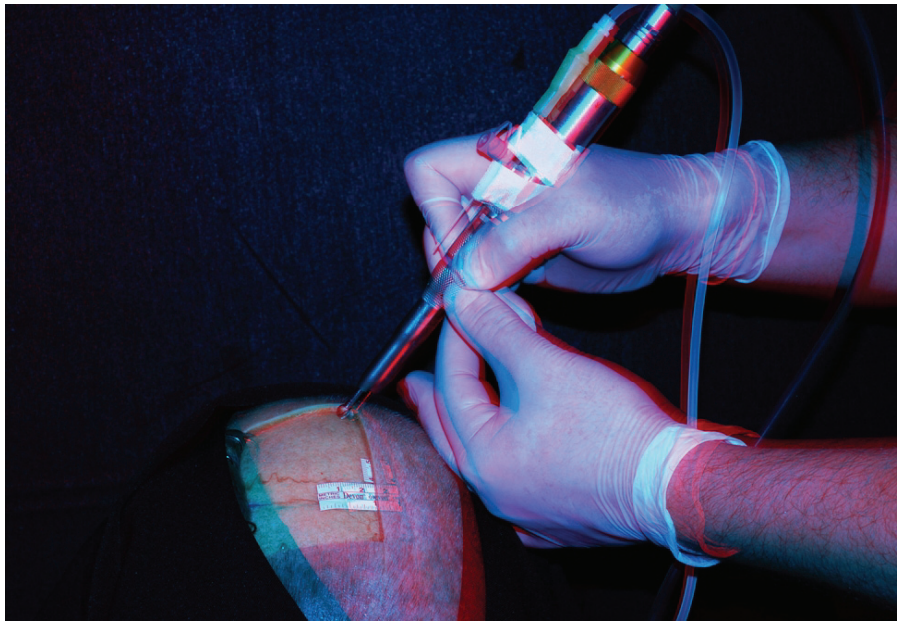
zamanda her bir teleskop rutin pratikte ulaşabilecekleri en anterior ve posterior noktalara kadar yaylandırılarak görüş alanlarına giren anatomik yapıların da görüntüleri kaydedilmiştir.



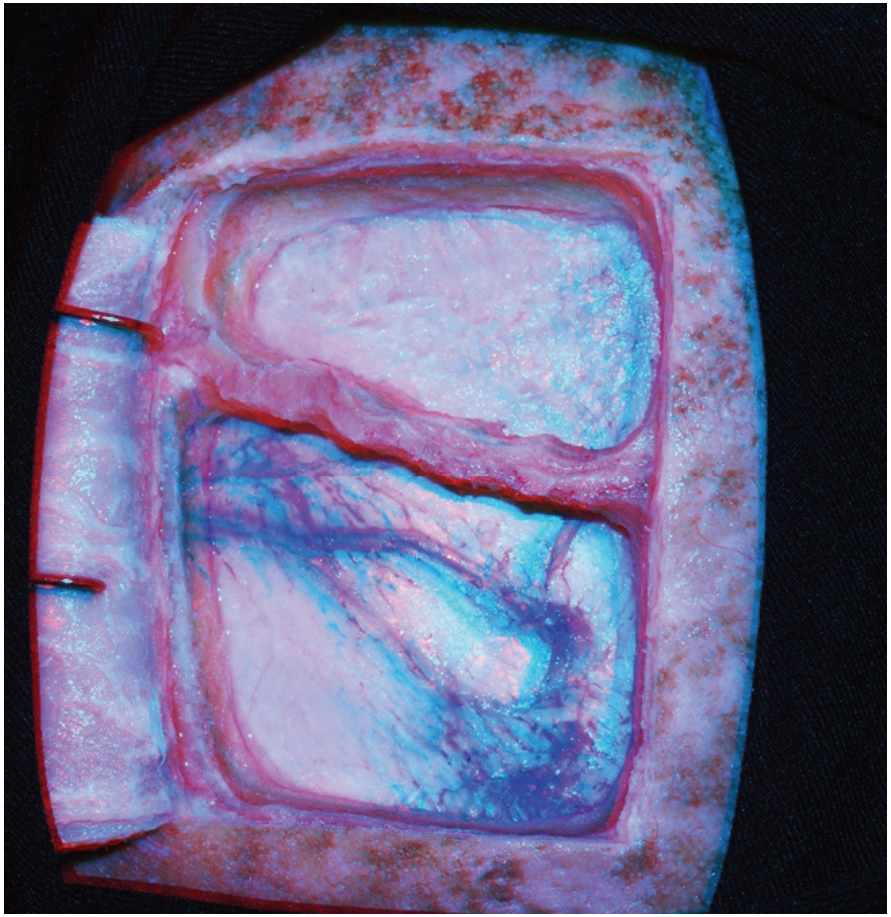
Şekil 32: Sağ lateral ventriküle nöroendoskopik yaklaşım için açılan burr hole ve 3D görüntüsü



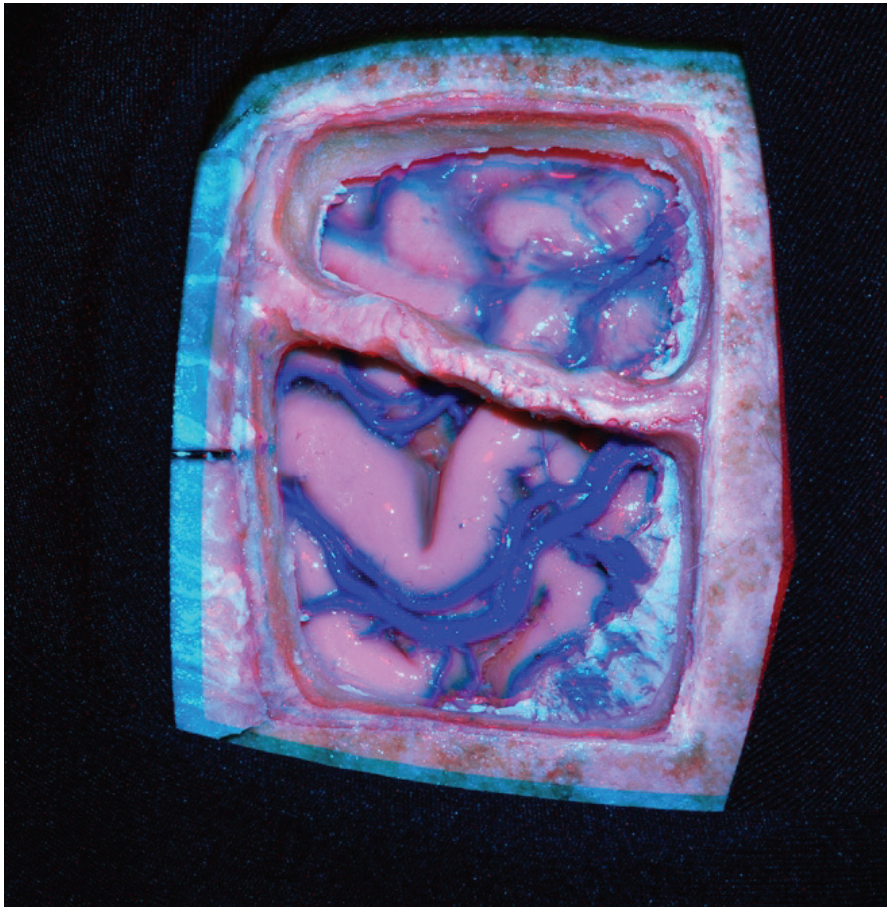
Şekil 33a: Sağ koronal sütürün geniş bir şekilde ortaya konduğu 3D görüntü



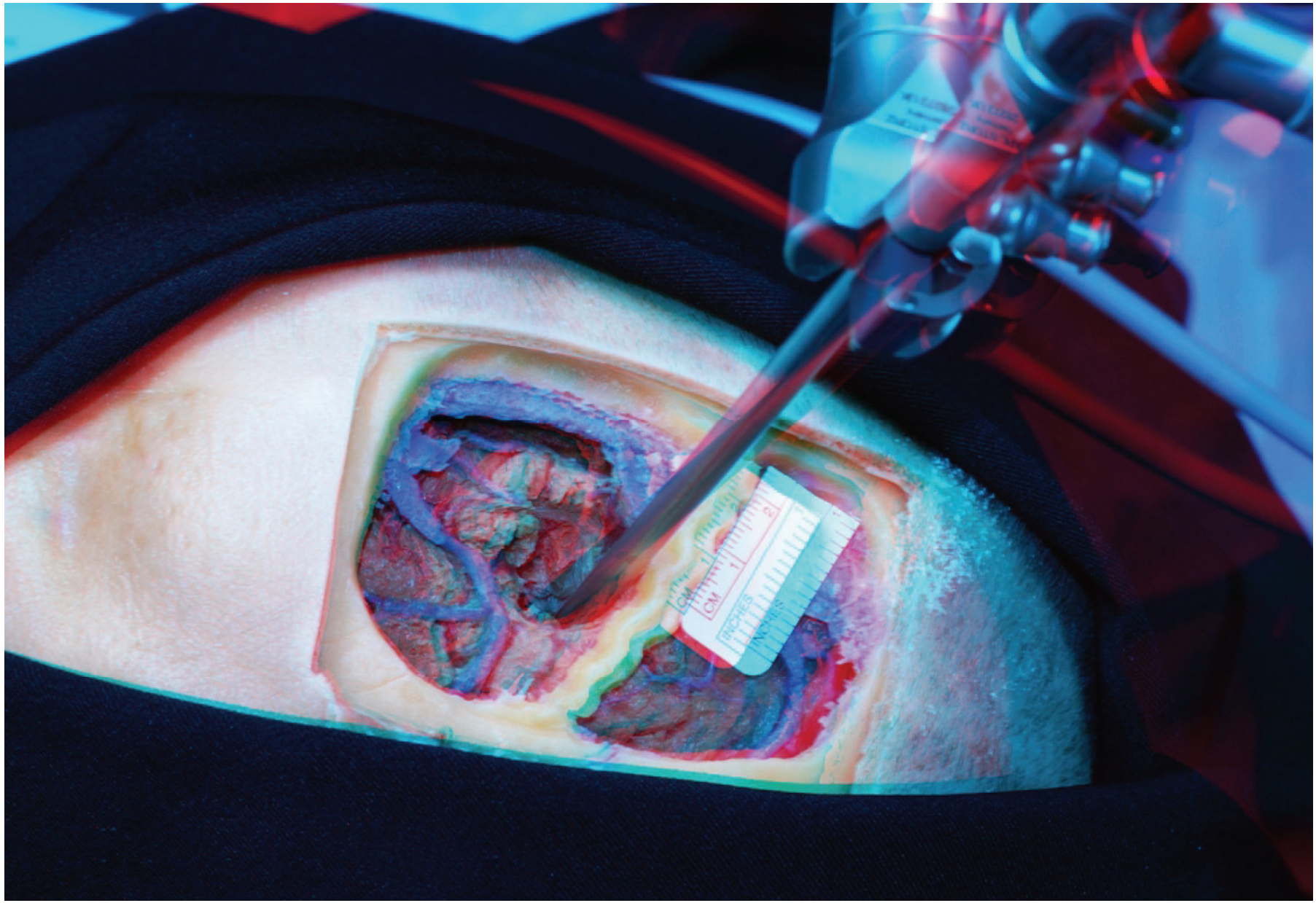
Şekil 33b: Kemik rezeksiyonunda kullanılan tur aletinin yardımsız irigasyonu. 3D görüntü.



Şekil 33 c: Koronal sütür korunarak kemik rezeksiyonu yapılmış ancak duranın korunduğu kadavraya ait 3D görüntü



Şekil 33 d: Koronal sütürün önündeki dura kaldırıldığı ancak araknoidin korunduğu, koronal sütürün arkasında ise araknoidin de kaldırıldığı kadavraya ait 3D görüntü



Şekil 34: Burr hole noktası hizasında koronal sütürün hemen önüne yapılan yaklaşık 1 santimetrelik parenkim rezeksiyonuna ait 3D görüntü.

BULGULAR

Dört adet teleskopun – 0, 30, 45 ve 70 derecelik – her biri her üç kadavrada da rutin cerrahi pratikte olduğu gibi açılan burrhole deliklerinden ventrikül içine yerleştirilmiş ve yine her biri saat 1200 (ön), saat 1500 (sağ), saat 1800 (arka) ve saat 2100 (sol) istikametlerinde tespitlenerek video görüntüleri alınmıştır. Daha sonra bu video görüntülerinden anlık imajlar (snap shot) elde edilmiştir.

Her bir kadavrada öncelikle sıfır (0) derece teleskop ile başlanılmış; ardından 30, 45 ve en son olarak 70 derecelik teleskoplara geçilmiştir.

A) LATERAL VENTRİKÜLLER:

Saat 1200 İstikameti

İlk olarak **sıfır (0) dereceli** teleskop sağ lateral ventrikül (LV) tavanının hemen altında, saat 1200 istikametinde tespitlenmiştir. Görüş alanına giren anatomik yapılar tarif edilmiştir: Sağ ventrikül içi lateral (bu görüntüde sağ) duvarda kaudat nukleusun (KN) korpusu ve korpusun alt yarısında posterior kaudat ven izlenmiştir. Anterior kaudat ven ve talamokaudat ven bu açıdan ve bu teleskop ile izlenemeyecek kadar sırasıyla önde ve arkada yerleşim göstermektedirler. Medialde (bu görüntüde sol) duvarda septum pellucidum (SP), anteriorunda anterior septal ven (ASV) izlenmiştir. Koroidal fissürde yerleşmiş olan ve bu görüntüde lateral ventrikül korpusunun arkasına doğru devam eden koroid pleksus görülmekte ancak normalde koroid pleksusun üzerinde seyreden süperior koroidal ven ve medial posterior koroidal venin (MPChA) bu görüntüde boya ile dolmadığı izlenmektedir. Aşağıda, LV'nin tabanında, görüntünün yaklaşık tam ortasında LV'yi üçüncü ventriküle açan Foramen Monro (FM) izlenmektedir. FM'nin posteromedial kenarında ise ASV ve talamostriat ven (TSV) ile koroid pleksus bir araya gelmekte ve venöz açıyı meydana

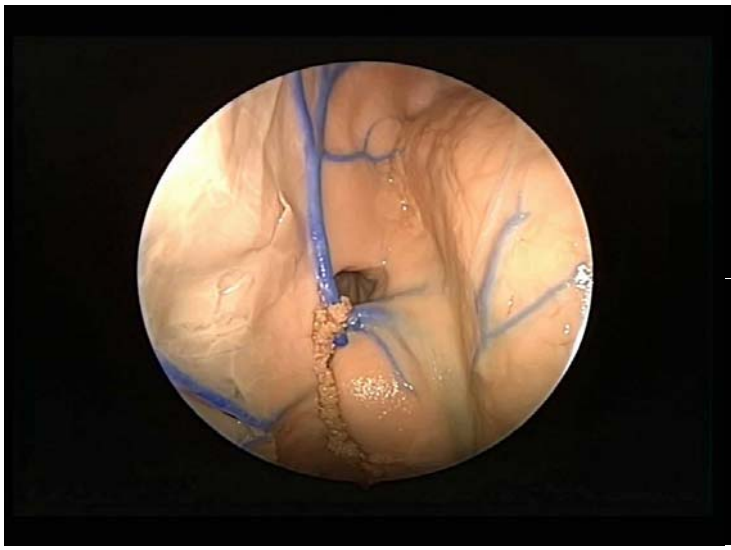
getirmektedirler. LV'nin tabanını oluşturan yapılardan FM'nin posterolateralinde talamus, posteromedialinde ise koroidal fissür içinde yerleşmiş koroid pleksus görülmektedir. FM'nin ön duvarında forniksin kolonu (column of fornix) ve anterosüperiorunda ise LV'nin forntal horn'unun (boynuz) posterior kısmı izlenmektedir. Ayrıca, yaklaşık olarak yine bu lokalizasyonda, frontal hornun lateral duvarında KN'nin kaputu (head of caudate nucleus) görülebilmektedir (**Şekil 35a).** Diğer kadavrada aynı noktadan teleskop FM'ya doğru yaklaştırıldığında elde edilen görüntü (**Şekil 35b,c**). Burr hole açıklığının izin verdiği oranda teleskopun ucu öne doğru projekte edildiğinde görülebilecek en anterior nokta frontal horn ön duvarının alt kısmıdır (**Şekil 36**).

Daha sonra **30 derecelik** bir teleskop sol LV içine yine eş bir noktadan yerleştirilmiş ve aynı istikamete doğru tespitlenerek görüntüler elde edilmiştir. Lateral (bu defa sol taraf) duvarda KN'nin kaput ve korpusu, medial (sağ) duvarda SP, ASV'nin bütün trasesi, frontal hornun alt, ön, medial, lateral duvarları tamemen; tavanı ise kısmen izlenebilmektedir (**Şekil 37a).** Bu noktalara ek bir alet ile her hangi bir cerrahi manipülasyon amacıyla uzanabilmek mümkün olmamaktadır. Aynı kadavrada (**Şekil 37b)** ve bir başka **(Şekil 37c**) kadavrada FM hizasında ve aynı istikamete nişanlanan teleskopun burr hole izin verdiği oranda ortaya anteriora doğru projekte edilmesiyle koyduğu görüntü görülmektedir.

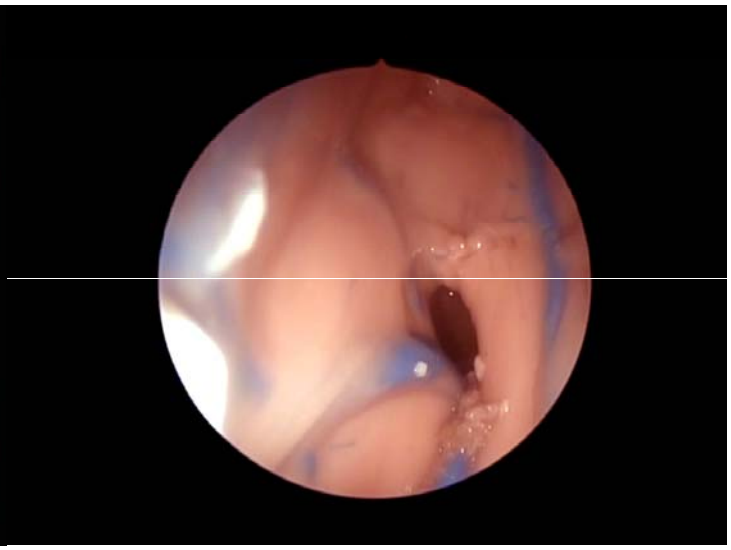
Ardından **45 derecelik** bir teleskop sağ LV içine aynı noktadan ve aynı açı ile yerleştirilerek aynı istikamette – saat 1200 – tespit edilmiştir. Frontal hornun lateral duvarında (sağ taraf) KN'nin korpusu ve ışık kaynağının etkisiyle silik olsa da posterior kaudat ven seçilmektedir. Frontal hornun anterior duvarı alt kesimi lateralinde yer alan KN kaputu ucu üçgen şeklinde bir kama başı gibi görülmektedir. Bununla birlikte tüm frontal horn anterior, medial, lateral duvarları ile tavan sınırları da görüş alanına girmektedir (**şekil 38a**). Bununla birlikte,

kadavra kalitesi ile ventrikül boyutunun görüntü kalitesini nasıl etkilediği de görünmektedir (**Şekil 38b**).

Son olarak **70 derecelik** bir teleskop ile sol LV içine aynı burrhole deliğinden FM hizasında girilmiş ve frontal hornun sadece tavan ve ön duvarı ile kısmen de lateral duvarı (sol taraf) görüntülenebilmiştir. Görüntü alanına FM'nin girmemektedir. Yetmiş derecelik bir teleskop ile sadece ekstrem (uç) noktalarda yer alan yapılar gösterilebilmektedir. Bu nedenle, bu açıda bir teleskopun cerrahi manipülasyon amacıyla kullanılması pratikte mümkün görülmemekle birlikte cerrahi sahanın komşuluğundaki yapıların eksplorasyonunda yardımcı bir ekipman olarak kullanılabilir (**şekil 39a**). Bir başka kadavrada aynı prosedür izlenerek elde edilen görüntü (**şekil 39b)** izlenmektedir. Ventrikül genişliğinin bu kadavrada daha dar olduğu görülmüştür.



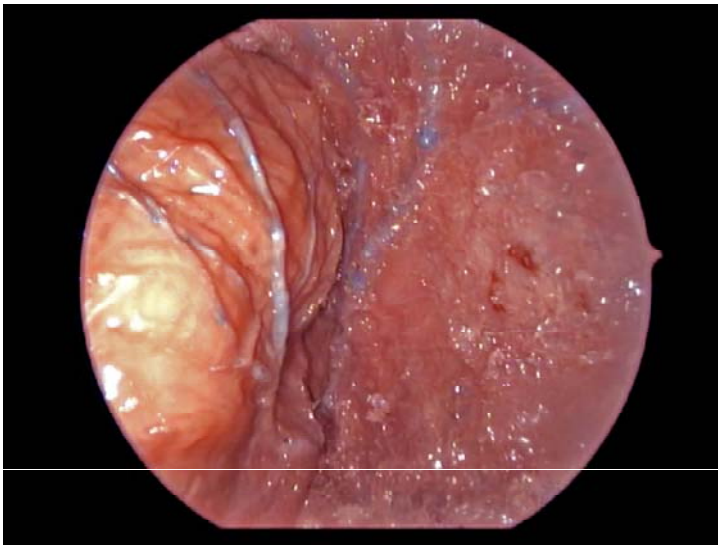
Şekil 35a



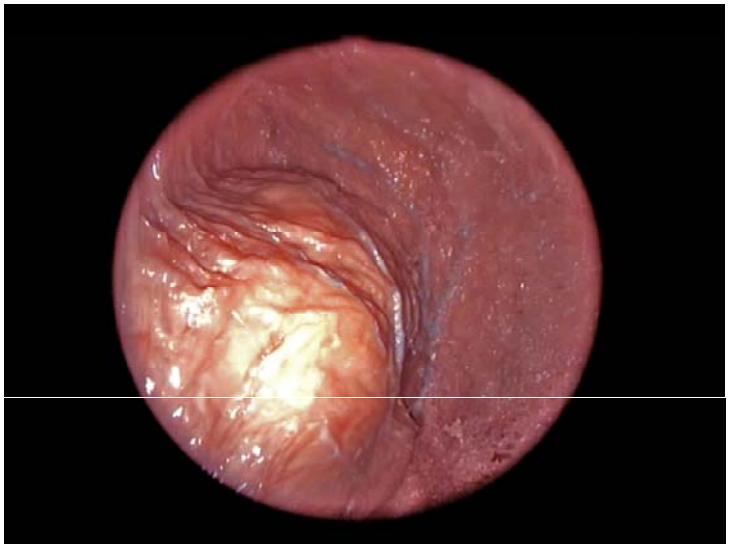
Şekil 35b



Şekil 35c



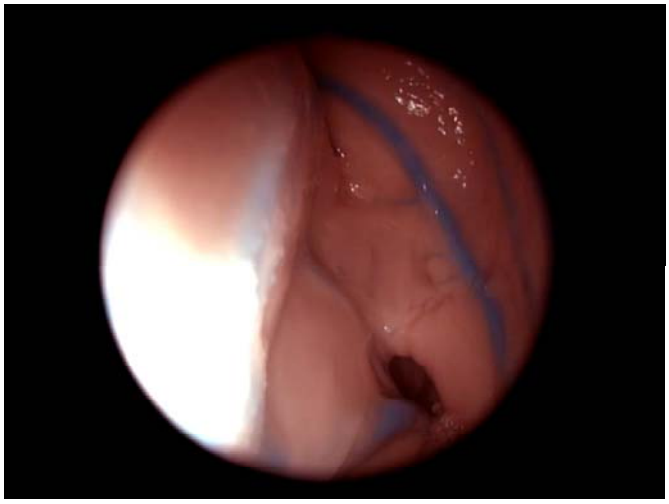
Şekil 36



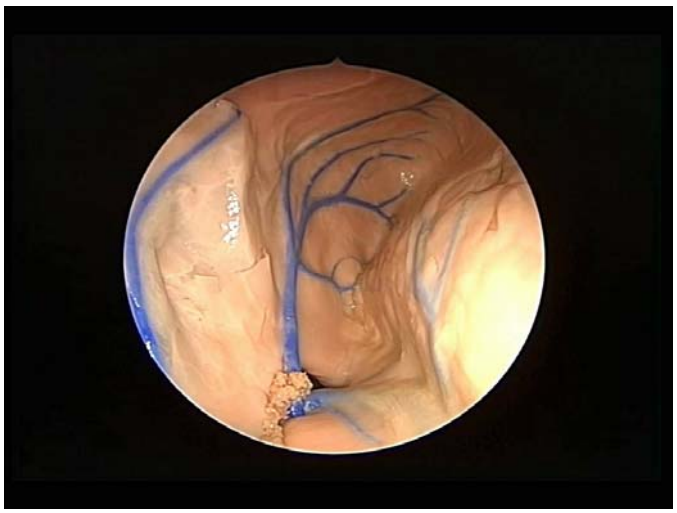
Şekil 37a



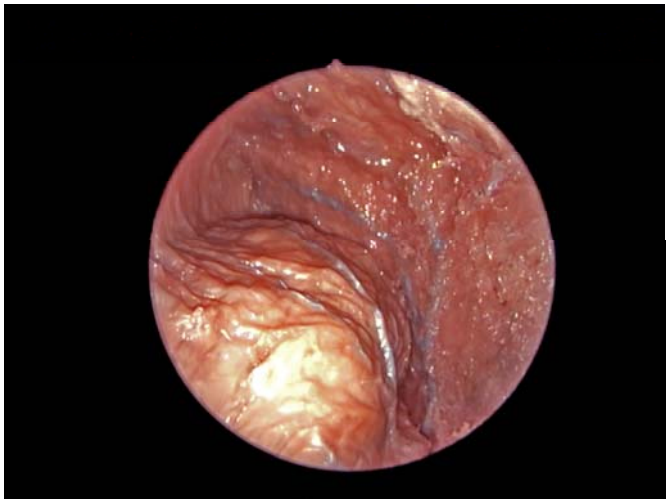
Şekil 37b



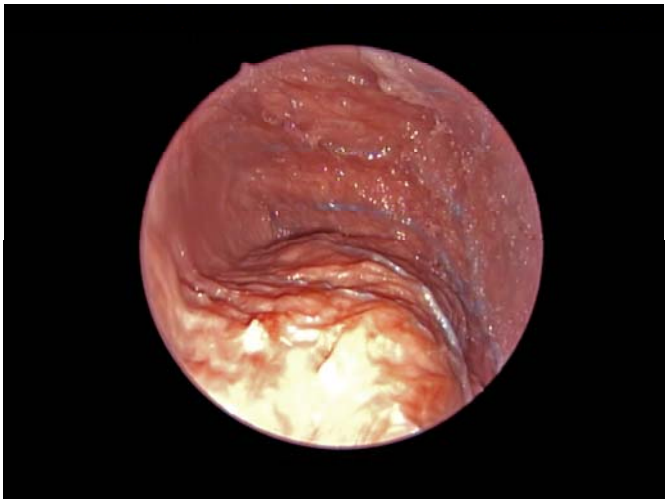
Şekil 37c



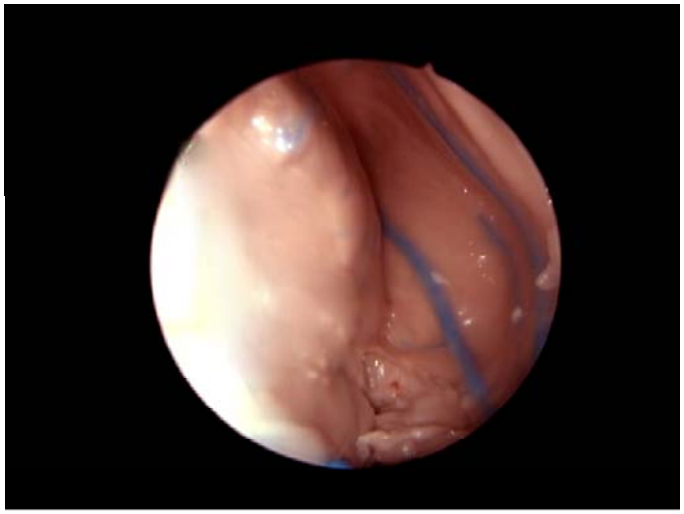
Şekil 38a



Şekil 38b



Şekil 39a



Şekil 39b

Saat 1500 istikameti

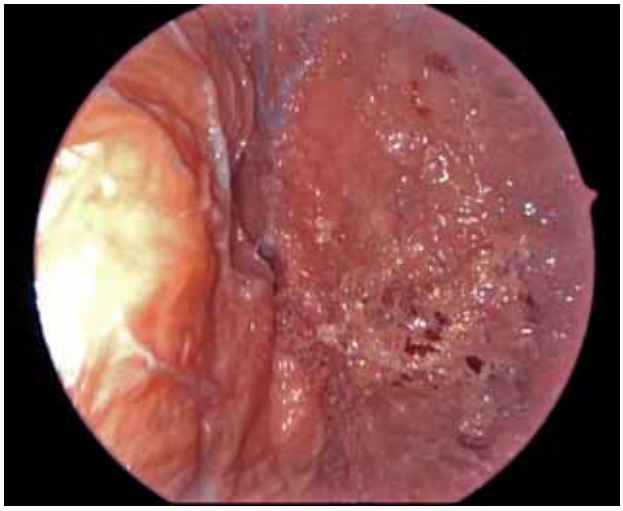
Bu ve bundan sonraki istikamette izlenen prosedür bir önceki istikamet ile izlenen prosedür de tarif edildiği gibidir. İlk olarak 0 dereceli teleskop sol LV içine aynı burr holeden girilerek yerleştirilmiş ve *teleskopun şaftı kamera ile birlikte* hareket ettirilerek saat 1500 istikametinde tespit edilmiştir. Bu noktadan alınan görüntülerde yer yer perfore olduğu görülen SP'nin büyük bir kısmı izlenmektedir. Dolayısıyla, her iki LV arasında bir kommunikasyon sağlamak için yapılan septostomiler bu açı ve bu teleskop ile cerrahi oryantasyon kaybedilmeksizin rahatlıkla gerçekleştirilebilir. Lateral (sol) tarafta FM ve KN kaputu ile KN korpusunun anterior kesimi de izlenebilmektedir (**Şekil 40a**). Bir diğer kadavrada aynı noktadan girilerek ve aynı istikamet hedeflenmiş ancak sadece tabana biraz daha yaklaştırılarak daha yakın bir görüntü elde edilmiştir (**Şekil 40b**).

Sol LV içine 30 derecelik bir teleskop aynı noktadan girilerek yerleştirilmiş ve aynı istikamette tespit edilmiştir. Tüm septum pellucidum LV tabanından tavanına kadar izlenebilmektedir. Ayrıca SP'nin üzerinde korpus kallozumun (CC) korpusuna ait projeksiyon liflerinin impresyonu da görüntü alanına girmiştir Lateral duvarın alt kenarında (görüntünün sol alt kesimi) KN'nin korpusunun medial kesimi görülmektedir (**şekil 41a).** Diğer ventrikül boyutu daha küçük olan diğer bir kadavrada daha yakından elde edilen görüntü izlenmektedir (**şekil 41b)**. Bu görüntüde FM'ye doğru seyreden ASV ve TSV daha rahat seçilebilmektedir.

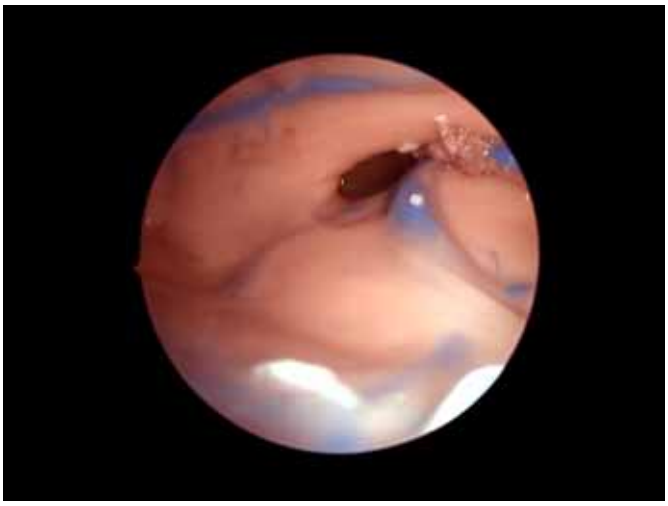
Sol LV içine 45 derecelik bir teleskop yerleştirilmiş ve aynı istikamette tespit edilmiştir. SP'nin tamamı ile korpus kallozum korpusunun bir kısmı da izlenebilmektedir. FM, **şekil 42a**'daki kadavrada görüntünün en sol kısmında kalmış olup çapının oldukça küçük olması ve açılı teleskopun yarattığı görüntüdeki distorsiyon nedeniyle zorlukla seçilebilmektedir. Diğer kadavranın ventrikül genişliği küçük olmakla birlikte (**Şekil 42b**) görüntü FM hizasından alınarak FM'nin anterior duvarında forniksin kolonu izlenmektedir. Ayrıca, aynı

kadavrada, FM'ye giren ASV ve TSV görülmektedir. FM'nin posterior kenarından başlayarak arkaya uzanan koroidal fissür üzerinde yerleşmiş koroid pleksus ve besleyicisi olan medial posterior koroidal arter (MPChA) mevcuttur.

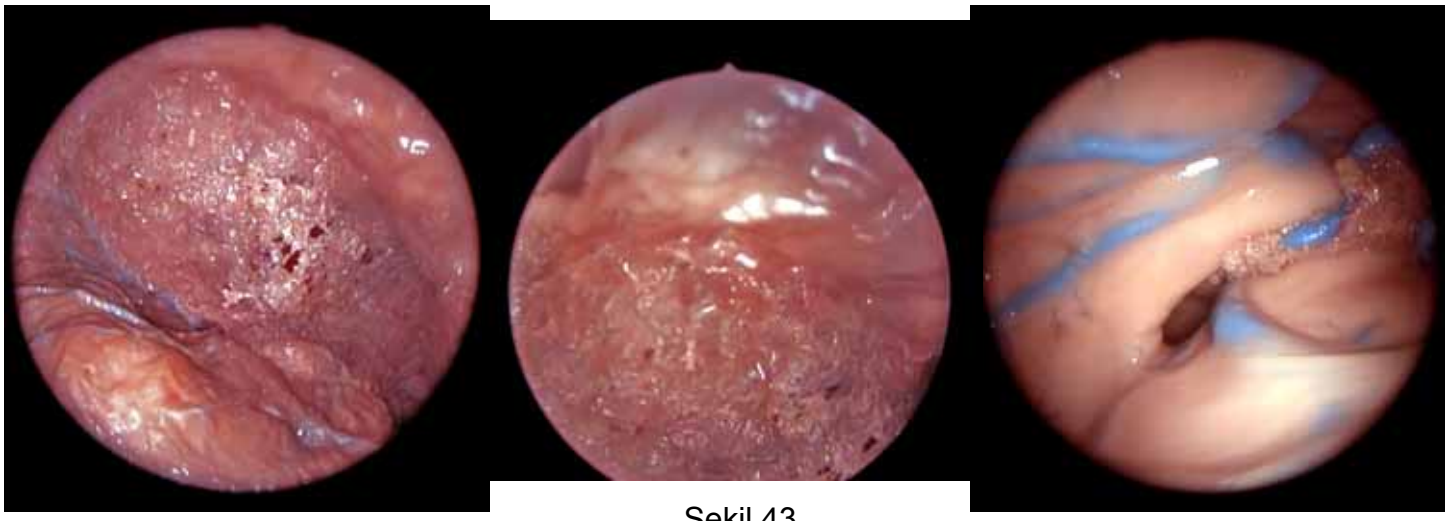
Yetmiş derecelik teleskop yine aynı noktadan girilerek saat 1500 hizasına getirilmiştir. Medial (sağ taraf) duvarda SP üst kenarı ile CC korpusuna ait daha geniş bir görüntü izlenmiştir. Rutin cerrahi pratikte bu tip bir teleskop ile bu açıdan görülen yapılara her hangi bir manipülasyon pek olası görünmemekte, bununla birlikte, bu açıya sahip bir teleskop çevre anatomik yapıların görünümü hakkında bilgi verebilmektedir (**Şekil 43)**.



Şekil 40a



Şekil 40b



Şekil 41a

Şekil 43

Şekil 41b



Şekil 42a



Şekil 42b

Saat 1800 istikameti

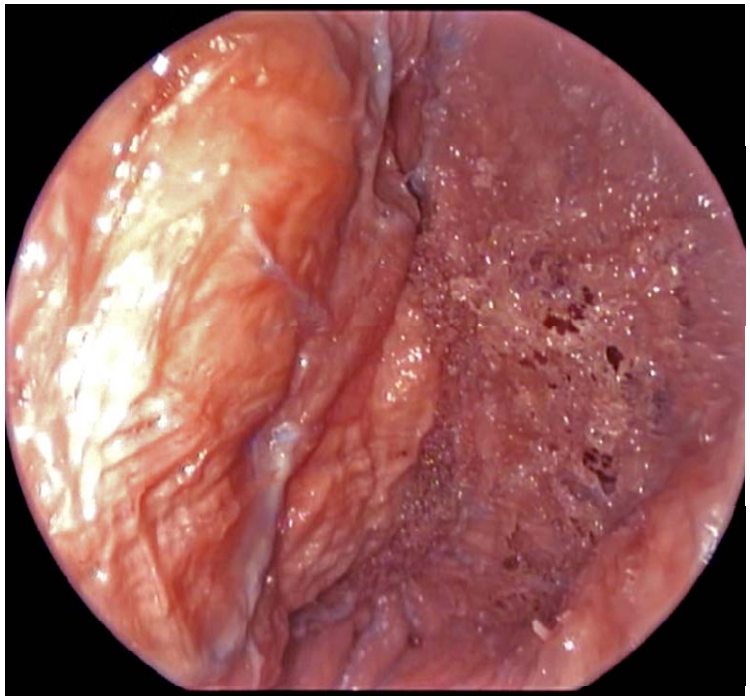
İzlenen prosedür yukarıda anlatıldığı gibidir. Sıfır dereceli teleskop ile burr hole deliği genişliğinin izin verdiği oranda teleskopun ucu en posteriora doğru yaslanmış tır. Bu noktadan bakıldığında medialde (sağ taraf) SP, lateralde (sol taraf) KN korpusunun arka kesimi, posteriorda ise LV tabanı ve atriumun ön kısmı görüntü alanına girmektedir (**Şekil 44a**). İkinci kadavrada ise (**Şekil 44b**) teleskopa arkaya doğru açı verilmeden elde edilen görüntüde atrium izlenememektedir. Bu durumda SP'nin ve KN korpusunun ise ancak daha küçük bir kısmı görülmektedir.

Otuz dereceli teleskop ile bakıldığında ilk kadavraya ait görüntünün en önde sol alt kesimde FM izlenmektedir. Tüm medial duvar, tüm lateral duvar, tavanda ise SP ve KN üzerini örten korpus kallozumun lifleri, en arkada ise atrium ve atriuma kadar uzanan koroidal fissür izlenmektedir (**Şekil 45a**). Bir diğer kadavrada ise ön tarafta sol alt köşede FM, tabanda FM'den itibaren posteriora doğru talamus, koroid pleksus ve damarları, forniks izlenmektedir (**Şekil 45b**). Aynı kadavrada burr hole genişliği izin verdiği oranda teleskop posteriora doğru yaslanmıştır. Bu görüntüde ek koroid pleksus, süperior koroidal ven, atrium ve korpus kallozum liflerinin oluşturduğu impresyon da rahatlıkla seçilebilmektedir (**Şekil 45c**).

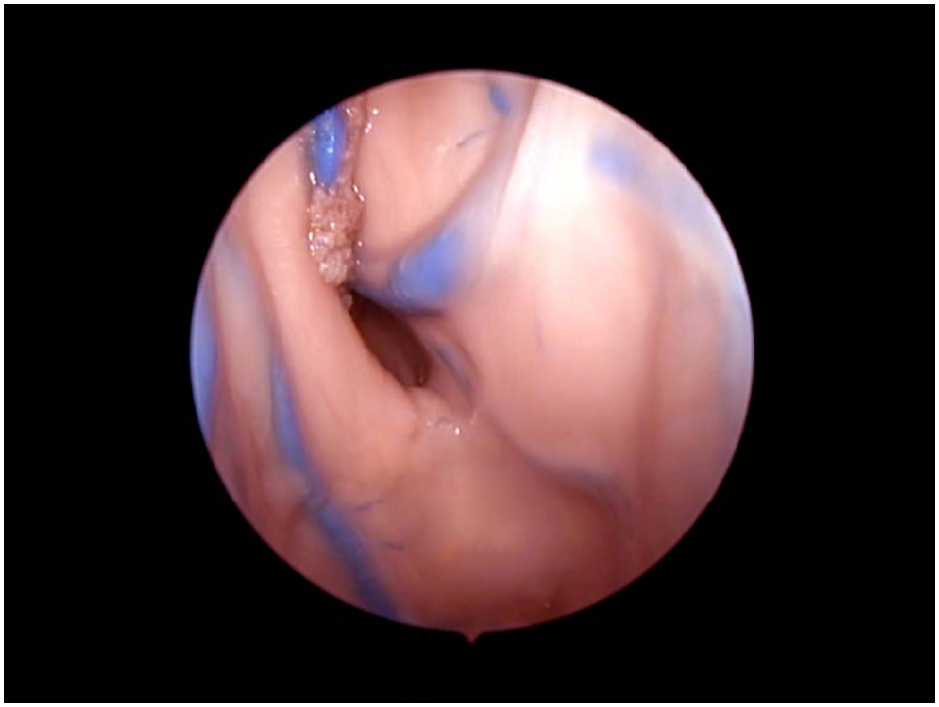
Kırkbeş derecelik teleskop aynı istikamette tespit edildiğinde FM'nin arkasından sol LV'nin korpus kısmının arkasına kadar olan geniş bir alan görüntü alanına girmektedir. Bu alanda ayrıca koroidal fissür üzerine yerleşmiş koroid pleksus ve besleyicisi olan MPChA izlenmektedir. Sağ tarafta KN korpusu ve görüntünün hemen önünde ve sağında talamusun bir kısmı izlenmekte olup korpus kallozumun lifleri her ikisinin de üzerini örtmektedir (**Şekil 46a**). Bu kadavrada ise sağ LV'e girilmiş (**Şekil 46b**) teleskop burr hole deliğinin izin verdiği en arka noktaya kadar yaslanmıştır. Sol tarafta, orta hatta ve aşağıda talamus ile daha lateralde ve daha aşağıda KN kaputu ile posteriora doğru seyreden korpusu

izlenmektedir. Ayrıca ASV ve TSV de FM'ye girerken görüntülenmektedir. Diğer bir kadavrada (**şekil 46c)** teleskop daha yukarıda tespit edilerek görüntü alınmıştır. Sağ tarafta ve yukarıda SP, sol tarafta KN korpusu, orta hatta ve daha yukarıda talamus izlenmektedir. Daha altta ise korpus kallozumun komissüral liflerinin impresyonu izlenmektedir.

Sol LV içinde yetmiş derecelik teleskop ile aynı lokalizasyonda saat 1800 istikametine getirilmiştir (**şekil 47a**). Altta solda KN korpusu görülmektedir. Görüntünün orta hattında ve arkaya doğru koroid pleksusun seyri görülmekte olup altta ve solda KN korpusu izlenmektedir. yukarıda ve sağda atrium izlenmektedir. En üstte ve sol köşede SP'nin en alt noktası seçilebilmektedir. Diğer kadavrada (**şekil 47b**) görüntünün alt orta kesiminden başlayarak üst kesime doğru koroidal fissür üzerine yerleşmiş koroid pleksus ve besleyicisi olan MPChA izlenmektedir. En arkada atrium görülmektedir. Görüntünün sağ alt kısmında KN korpusu ile SP ve KN korpusunu bir çadır gibi örten korpus kallozum izlenmektedir.



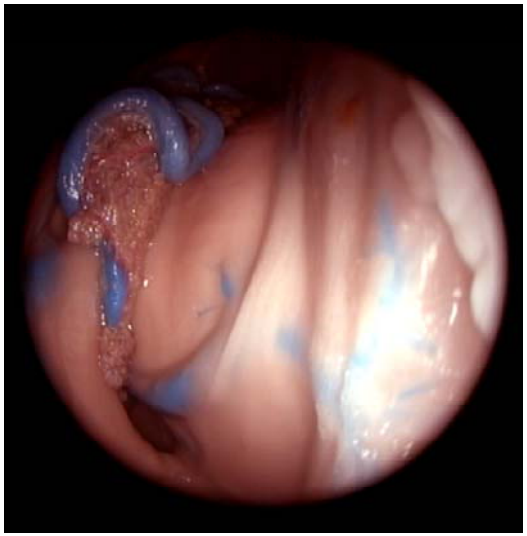
Şekil 44a



Şekil 44b



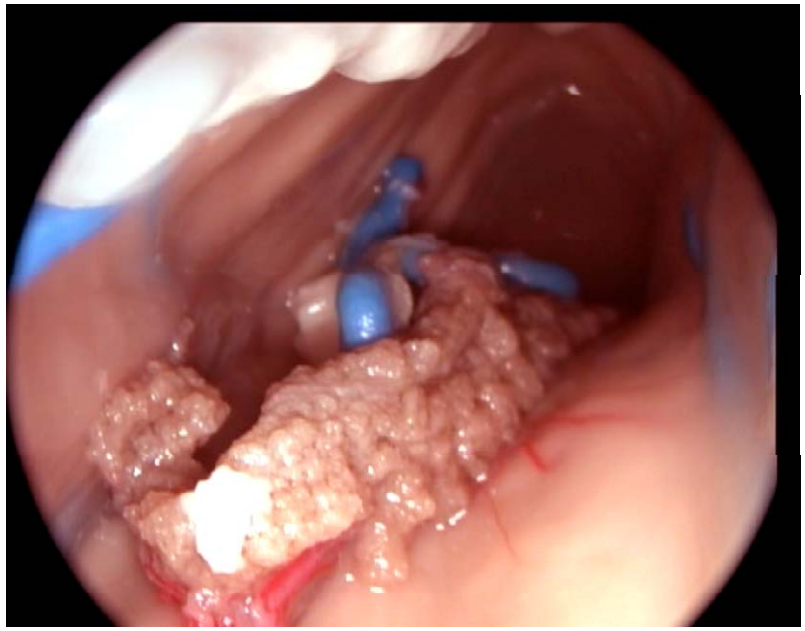
Şekil 45a



Şekil 45b



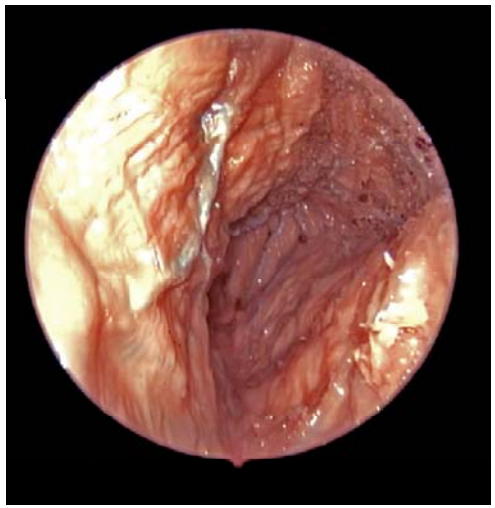
Şekil 45c



Şekil 46a



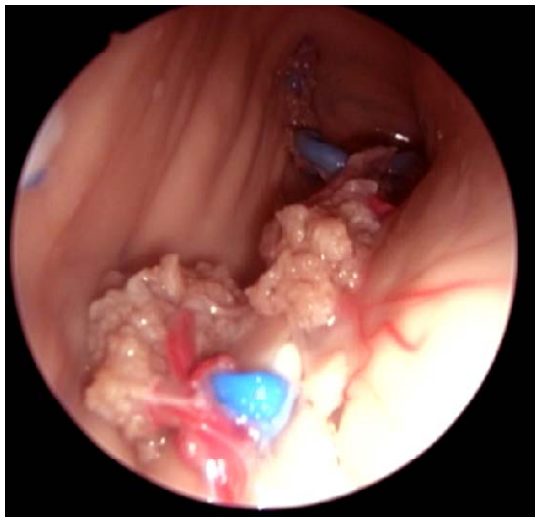
Şekil 46b



Şekil 46c



Şekil 47a



Şekil 47b

Saat 2100 istikameti

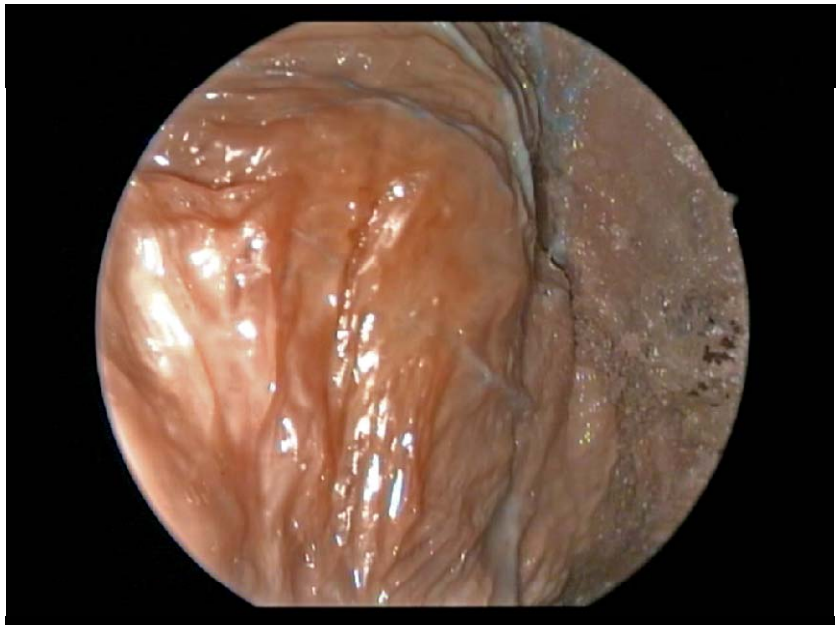
Sıfır derecelik teleskop sol LV içinde saat 2100 istikametinde getirilmiştir. Yukarıda ASV'nin FM'ya doğru seyri izlenmektedir. TSV renkli boya ile iyi dolmadığından FM'ye seyri sahip olduğu cesametten anlaşılmaktadır. Sol tarafta önde KN kaputu ve arkaya doğru ise korpusu izlenmektedir. Sağ tarafta SP'un alt kısmı görülmektedir (**şekil 48a**). Diğer kadavrada (sol LV) teleskop FM'ye yakın komşulukta tespit edilmiştir. Görüntü alanının sağ alt kısmında ASV ile TSV ve koroid pleksusun FM'ya doğru seyri daha rahat izlenmektedir. Forniks kolonunun FM'nun süperomedial sınırındaki impresyonu görülmektedir. Sol tarafta ise önde KN kaputu ve üzerinde anterior kaudat ven ile daha posteriora doğru ise KN korpusunun anterior kesimi görüntü alanına girmiştir (**şekil 48b**).

Otuz derecelik teleskop sol LV içinde saat 2100 istikametinde getirilmiştir. KN korpusu ve hemen üzerinde korpus kallozum lifleri görülmektedir. Anterior (görüntünün sağ tarafı) ve posterior (görüntünün sol tarafı) kenarlarda LV frontal hornun posterior kenarı ile LV korpusunun posterior kesimi izlenmektedir (**şekil 49a**). Diğer bir kadavrada (**şekil 49b**) görüntünün alt orta kesiminde FM ve FM'ye giren ASV ve TSV ile koroid pleksus izlenmektedir. Görüntünün orta kesiminde ise KN korpusu ve sağ tarafta anterior kaudat ven izlenmektedir.

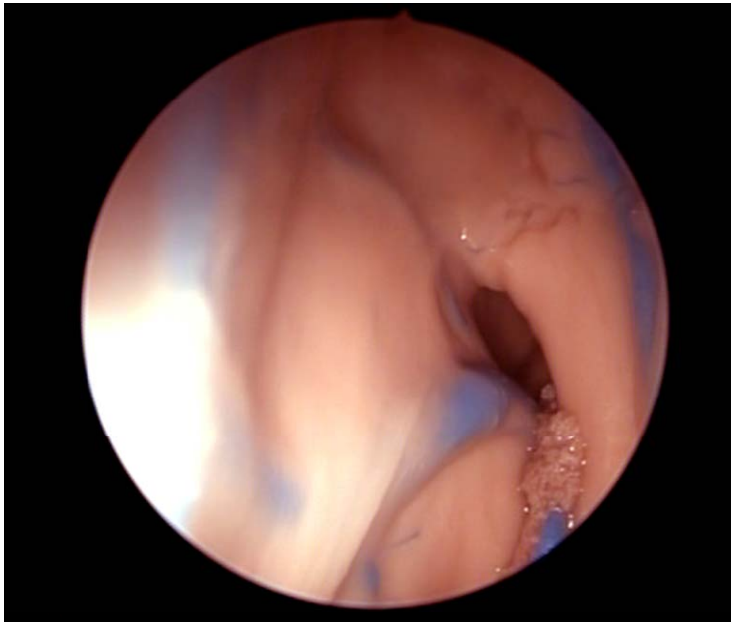
Sol LV içinde 45 derecelik teleskop ile ventrikül tabanına yakın bir noktadan görüntü alınmıştır. Bu noktada KN korpusu ile korpus kallozum liflerinin kesişim bölgesi seçilmektedir (**şekil 50a)**. Teleskop aynı kadavranın aynı noktasından ve ventrikül tabanından biraz daha uzaklaştırılarak görüntü alınmıştır (**şekil 50b**). KN korpusunun tamamı ve hemen lateralinde korpus kallozum lifleri görülmektedir. Ventrikül boyutu daha küçük bir kadavrada FM'ye yakın bir noktadan teleskop orta hatta yaslanarak görüntü alınmıştır. Sağ tarafta altta FM, forniks kolunu, ASV, TSV ve koroid pleksus izlenmektedir. Sol tarafta ise atriuma

doğru seyreden koroid pleksus ve besleyicisi olan MPChA ve veni görülmektedir (**şekil 50c**).

Yetmiş derecelik teleskop ile görüntü alındığında yalnızca KN korpusu ve üzerinde seyreden korpus kallozum liflerinin küçük bir kısmı görülmektedir (**şekil 51**).



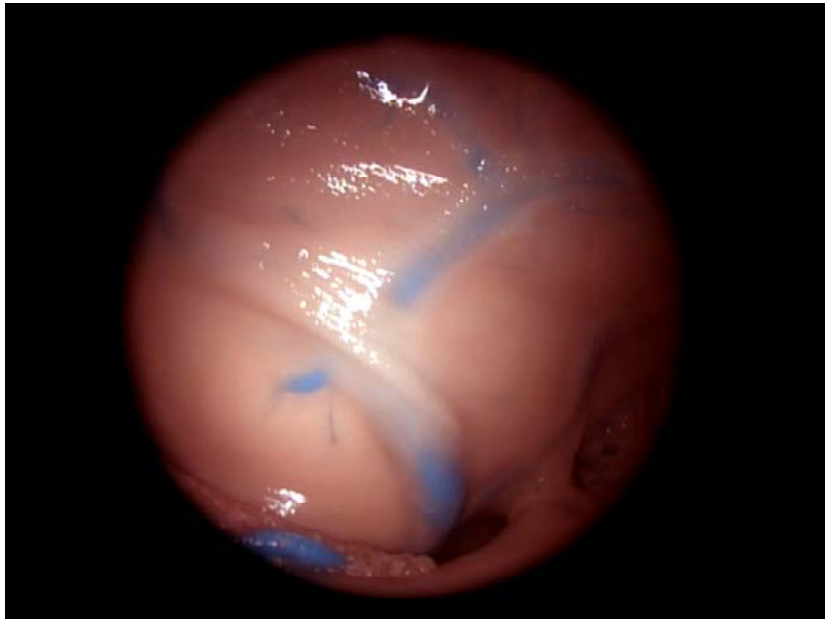
Şekil 48a



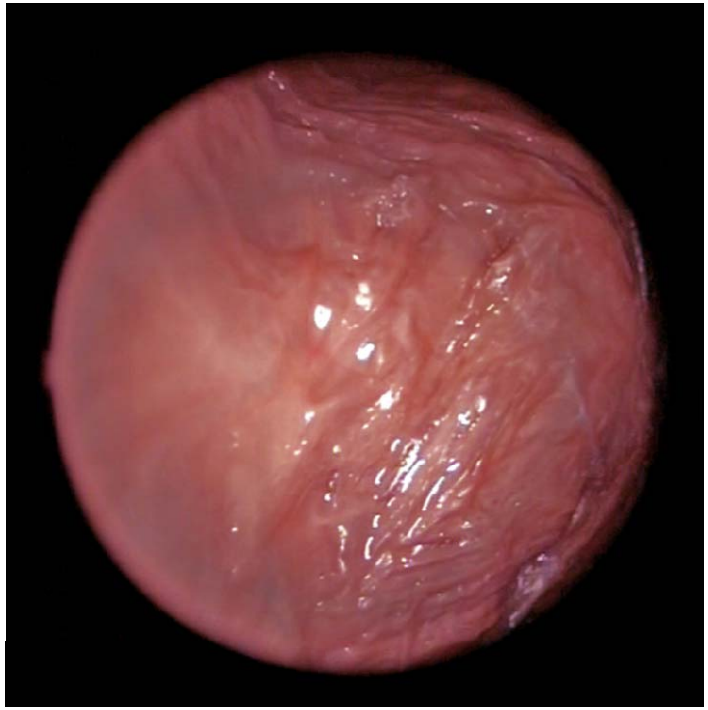
Şekil 48b



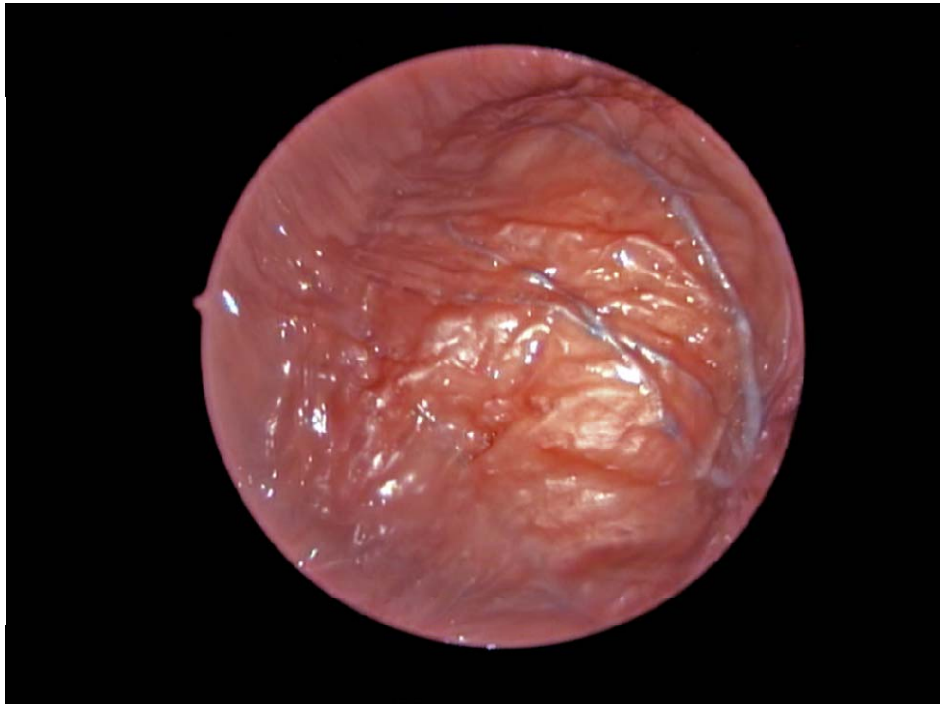
Şekil 49a



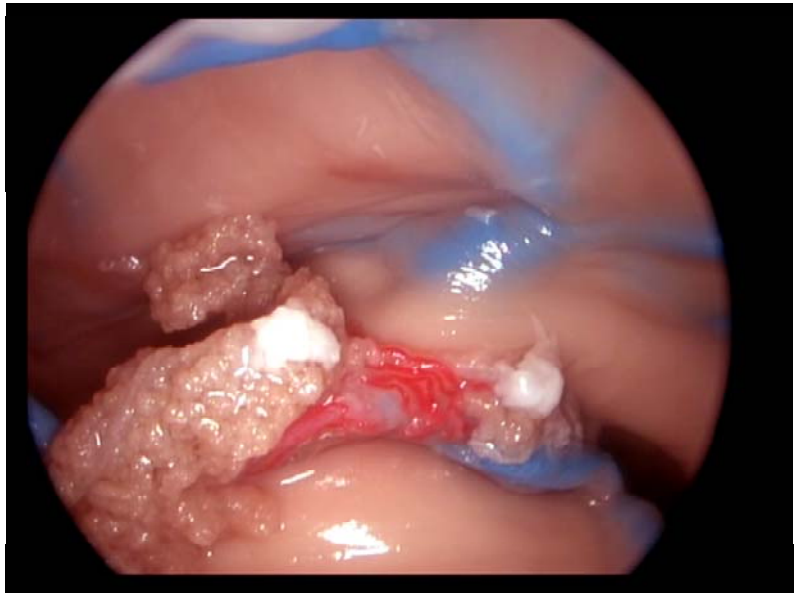
Şekil 49b



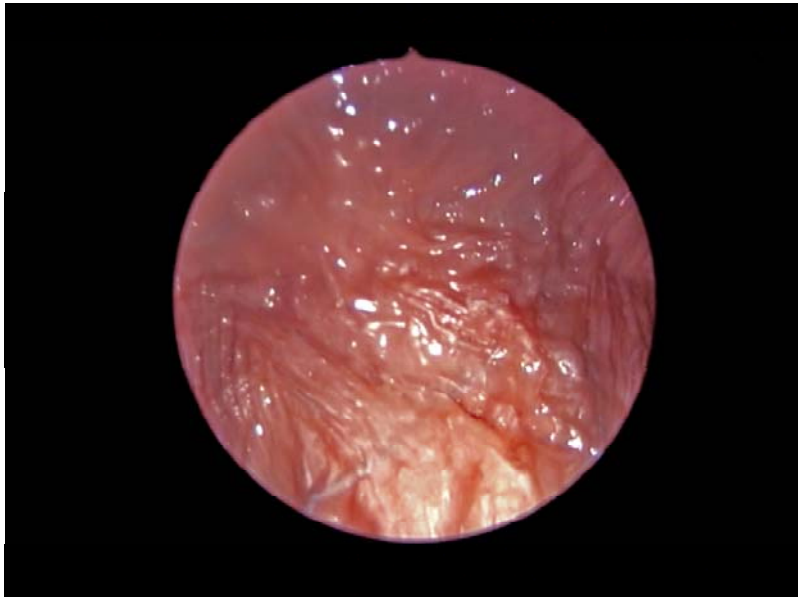
Şekil 50a



Şekil 50b



Şekil 50c



Şekil 51

B) ÜÇÜNCÜ VENTRİKÜL:

Lateral ventriküllerin incelenmesinin ardından üçüncü ventrikülün (3V) incelenmesine geçilmiştir. İncelenmeye alınan kadavralardan ancak bir tanesinde 3V incelenebilmiştir. FM yoluyla 3V'e girilerek görüntüler elde edilmiştir.

Saat 1200 İstikameti

Sıfır dereceli teleskop ile FM hizasında 3V girildiğinde her iki mamiler cisimcikler görülmektedir. Ancak infundibular resesin lokalizasyonunda 3V tabanının perfore olmuş olduğu izlenmektedir (**Şekil 52a**). Ardından mevcut olan bu açıklıktan prepontin sisterne girilmiş ve baziler arter ile bu arterden çıkan perforanlar görünmektedir. Ayrıca perforanların altında transvers pontin ven dikkati çekmektedir (**Şekil 52c**).

Kırkbeş dereceli teleskop aynı hizadan yerleştirildiğinde 3V'ün panoramik görüntüsü görülmektedir (**Şekil 54a**). Görüntünün alt kısmında korpus mamilareler, 3V tabanında mevcut olan delik ve deliğin hemen ön sınırında infundibular reses, bu resesin üzerinde kiazma, bu komissürün üzerinde yer alan kiazmatik reses izlenmektedir. Liamina terminalis seçilemekle birlikte kiazmatik resesin üzerinde anterior komissür görülmektedir. Bununla birlikte anterior komissürün her iki yanında forniks kolonu görülmektedir. Aynı teleskop anteriora doğru yaklaştırıldığında lamina terminalis de görüntelenebilmiştir (**Şekil 54b**).

Yetmiş dereceli teleskop aynı istikamette 3V'e yerleştirildiğinde geniş açılı bir panoramik görüntü elde edilmiştir (**Şekil 55**)

Saat 1500 İstikameti

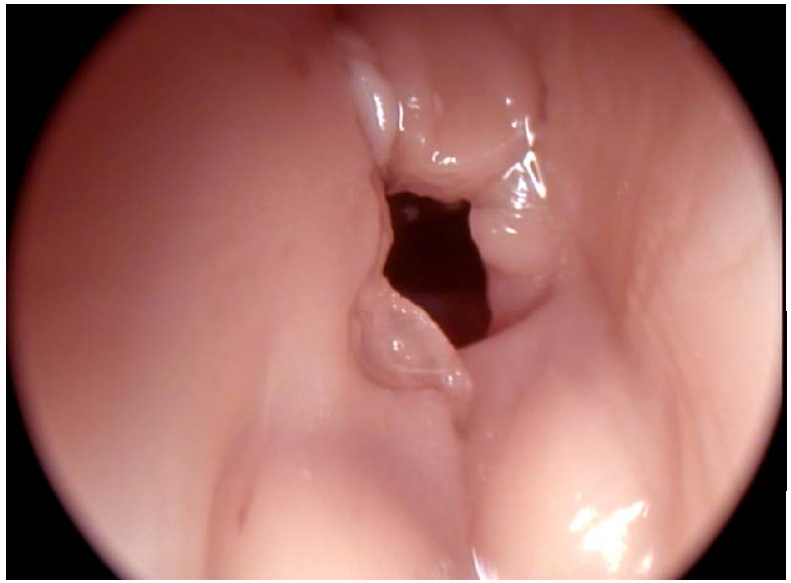
Sıfır dereceli teleskop ile saat 1500 istikametinde prepontin sisterne girilerek baziler arter., buradan çıkıp ponsa giren perforan dallar görülmektedir. Perforan dallar arasında pons üzerinde seyreden venöz yapının transvers pontin ven olduğu düşünülmektedir. Ayrıca görüntünün sol tarafında baziler artere ait perforan dallara ait görüntü de izlenmektedir (**Şekil 52d**).

Kırkbeş derecelik teleskop ile aynı sisterne aynı istikamette girildiğinde baziler arter tepe noktası ve sağ SCA ile perforan dallar ve transvers pontin ven izlenmektedir (**Şekil 54c**).

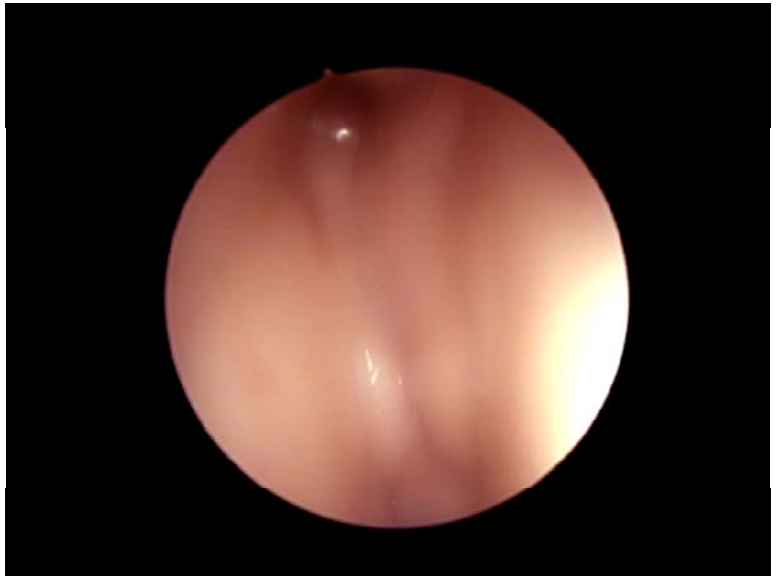
Saat 1800 İstikameti

Sıfır dereceli teleskop 3V içinde saat 1800 istikametine getirilerek görüntü elde edilmiştir (**Şekil 52b**). Görüntünün alt kısmında korpus mamilareler, en üst kısmında ise serebral aquaduktus ile her iki yanda talamus izlenmektedir.

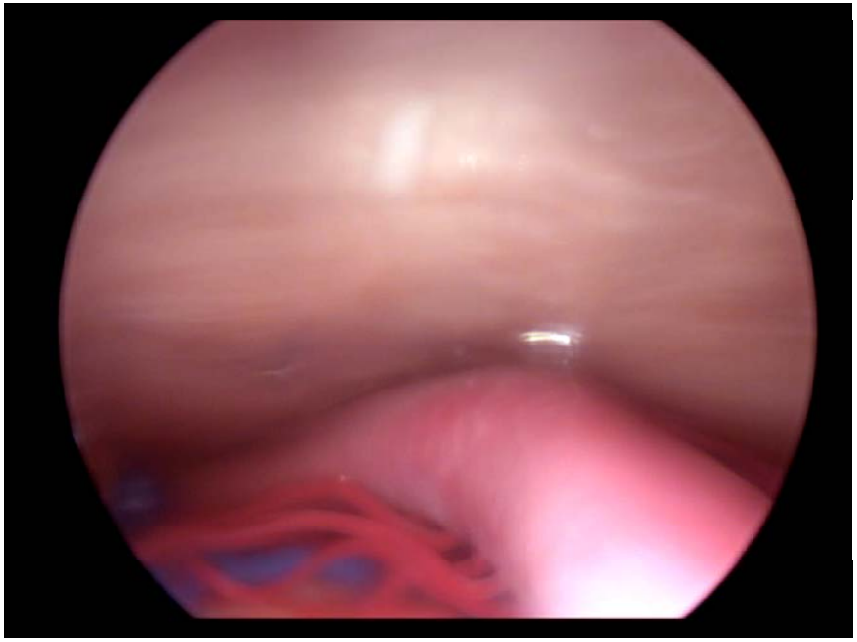
Otuz derecelik teleskop ile aynı lokalizasyondan elde edilen görüntüde serebral aquaduktus ve üzerinde posterior kommisür ile daha süperiorda görüntünün en üst noktasında pineal reses ile talamus izlenmektedir (**Şekil 53**).



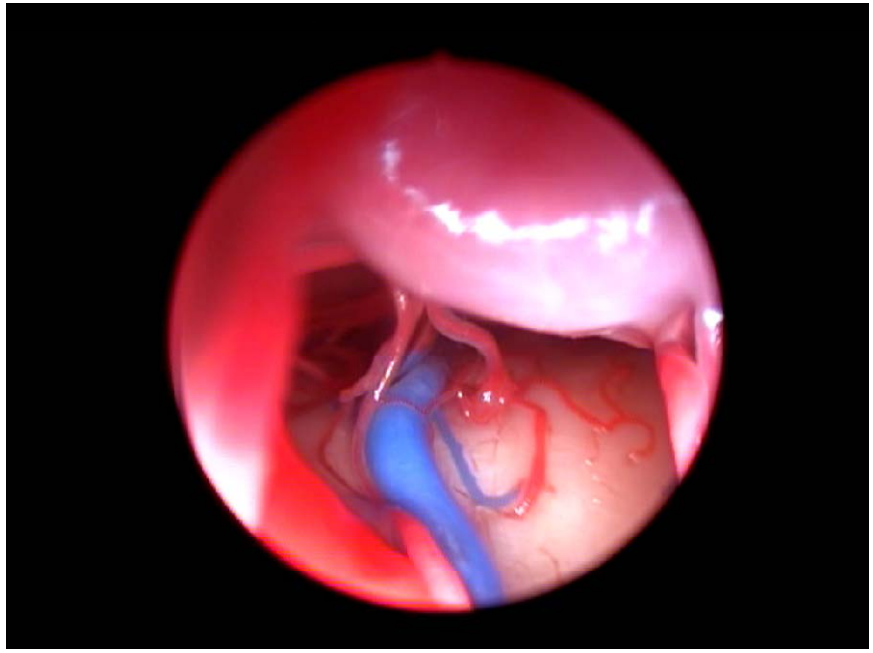
Şekil 52a



Şekil 52b



Şekil 52 c



Şekil 52d



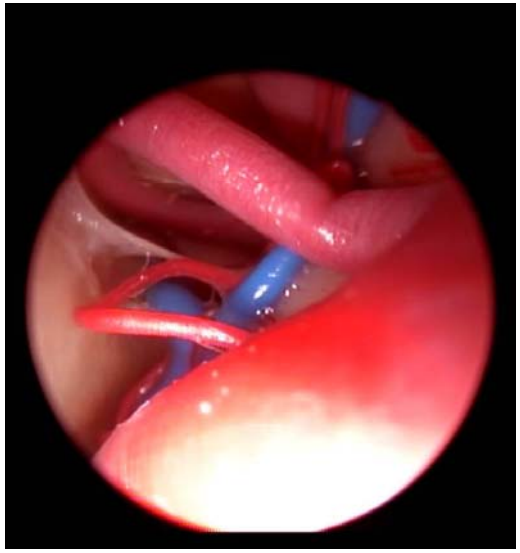
Şekil 53: Saat 1800 istikametinde 30^0 teleskop - aquaduktus



Şekil 54a: Saat 1200 istikametinde 45^0 teleskop -3. ventrikül içi



Şekil 54b: 45^0 teleskop – kiazmatik reses



Şekil 54c: Saat 1500 istikametinde 45^0 teleskop – Preponpin sistern



Şekil 55: Saat 1200 istikametinde 70^0 teleskop - kiazmatik reses

TARTIŞMA VE SONUÇ

Literatürde kadavralarda ventriküler sistem üzerine yapılmış anatomik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışma barındırdığı bir takım yenilikler dolayısıyla özgün bir çalışmadır. İncelenen kadavraların damarsal yapılarının boyanmasında kullanılan materyal ve teknik ilk defa bu çalışmada ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçlar oldukça yüz güldürücüdür. Yine ilk defa bu çalışmada postmortem MR incelemelerinde yeni bir sekans uygulanmış ve kullanılabilirliği ortaya konmuştur. Ayrıca diseksiyon öncesi (damarsal yapıların boyanmasını takiben) yapılan kranial BT ve BT anjiyografi incelemelerinde damarsal yapılar normal bir BT anjiyografi tetkikinde görüldüğü gibidir. Gerek MR ve gerekse BT incelemeleri sayesinde araştırmacılar diseksiyon öncesi damarsal yapıların seyri ve karakteri hakkında bir ön bilgiye sahip olmakta ve diseksiyon sırasında bu bilgilerini üç boyutlu anatomi ile birleştirme imkanı elde etmektedirler.

Bu çalışmanın yapıldığı Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Enstitüsü Nöroanatomi Laboratuarı'ndaki toplam yirmi adet kadavranın ancak üç tanesinde ventrikül boyutlarının endoskopik girişime izin verecek kadar dilate oldukları diseksiyon öncesi radyolojik incelemeler ile ortaya konmuştur.

Kafa kadavraları ile yapılan anatomik çalışmalarda ventriküllerin küçük boyutlarda olması önemli bir sorundur. Bu sorunun üstesinden gelmek için ventriküllerin su ve hava ile dilate edilmesine çalışılmışsa da bu yöntemin formalin ile fikse edilmiş beyinlerde uygulanabilir olmadığı; ancak erken postmortem dönemde (yaklaşık ilk 5 saat) elde edilen kadavralarda kabul edilebilir sonuçlar verdiği bildirilmiştir (122).

Çalışmanın seyri esnasında karşılaşılan bir sorundan ayrıca bahsetmek gerekmektedir. İnceleme için seçilen bu üç kadavranın haricinde bir kadavranın

boyama öncesi gerçekleştirilen radyoloji görüntülemesi boyama sonrası gerçekleştirilen inceleme ile karşılaştırıldığında ventrikül boyutların anlamlı bir küçülme saptanmıştır. Bu nedenle özellikle ventriküler sistemin diseksiyonu için planlanan kadavraların zaman kaybedilmeden incelenmesi uygun olacaktır.

Bu çalışmada 0, 30, 45 ve 70 derecelik toplam dört adet teleskop kullanılmıştır. Her bir teleskop ile lateral ve üçüncü ventriküllere yukarıda detaylı bir şekilde anlatıldığı gibi girilmiş ve saat 1200, 1500, 1800 ve 2100 istikametlerinden görüntüler elde edilmiştir.

Tablo 3'te lateral ventriküllere girildikten sonra her bir teleskopun belirlenen dört istikamette ortaya koyduğu görüntüler sunulmuştur. Burada özellikle belirtilmesi gereken bir takım hususlar bulunmaktadır. Her iki LV arasında bir kommunikasyon sağlamak amacıyla yapılan septostomiler için özellikle 30 dereceli teleskopun saat 1500 istikametinde kullanılmasıyla cerrahi oryantasyon kaybedilmeksizin rahatlıkla gerçekleştirilebilir.

Teleskopların meydana getirdiği – özellikle de yüksek açılı olanların – görüntü fotoğrafçılıkta balık gözü (fish eye) merceklerin meydana getirdiği görüntü gibidir. Bu tür mercekler daha geniş bir alanı görüntüleme imkanı tanırken bunun karşılığında görüntüde bozulma (distorsiyon) meydana getirmektedirler. Bu nedenle nöroendoskop kullanımında yeterli tecrübeye sahip olmayan cerrahların anatomik oryantasyona alışıncaya kadar yüksek açılı teleskoplar ile girişimde bulunmaları önerilmemektedir. Kadavra üzerinde yapılacak çalışmalar hem bu açılarla çalışmada yeterli el becerisi kazanılması hem de anatomik oryantasyonlara hakimiyet kazanılması konusunda benzersiz tecrübe imkanı sunmaktadır.

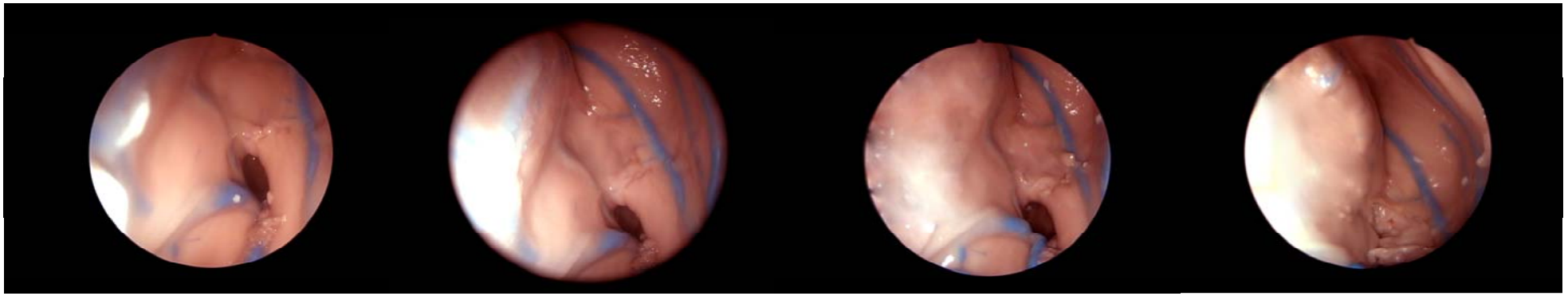
Özellikle 45 ve 70 derecelik teleskoplar 0 dereceli teleskoplara oranla lateral ventrikül içinde frontal horn, korpus kallozum, atrium gibi yapılara ait görüntü

imkanı sunmaktadırlar. Ancak unutulmaması gereken bu açılarla bahsi edilen anatomik lozalizasyonlara cerrahi ekipman ile her hangi bir girişimde bulunulmasının pek de gerçekleştirilebilir olmadığıdır. Fleksibl sistemlerle girişimde bulunmak ise tehlikeli sonuçlar yaratabilmektedir Çünkü bu tür sistemlerin ventrikül içi hakimiyeti ve gerektiğinde tespiti son derece zordur. Dolayısıyla ventrikül içi girişimlerde rijit sistemler tercih edilmektedir. Ancak stile içinde ilerletilen ekipmanların manevra kabiliyetleri bulunmamaktadır. Bu nedenle yüksek açılı teleskoplar her ne kadar oldukça geniş bir açıda görüntü sunabilirlerse de kullanılacak ekipmanların görüntüsü sunulan cerrahi sahaya ulaşabilmeleri mümkün değildir. Fakat bu tür teleskopların eksploratif amaçlarla kullanılması cerahisi girişimde bulunulacak bölgenin komşuluğundaki veya uzağındaki anatomik yapılar hakkında bilgi vermesi konusunda oldukça yararlı olacaktır.

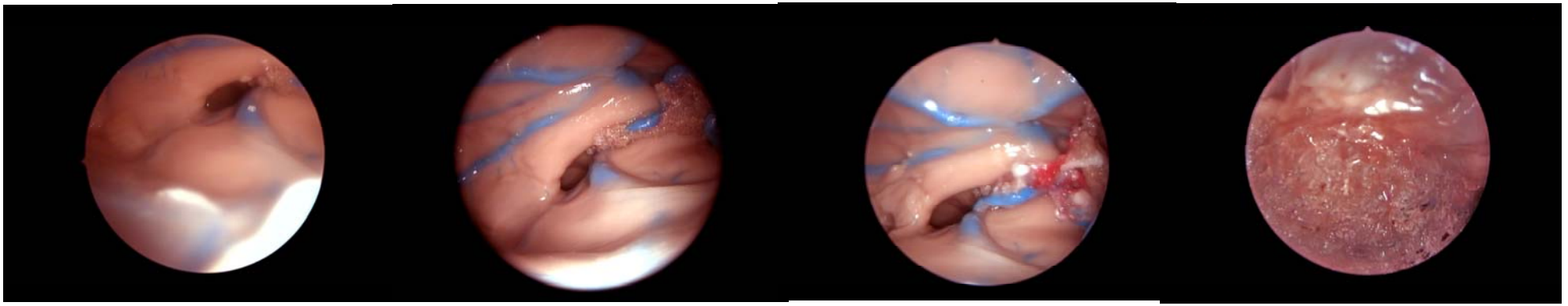
Sonuç olarak, bu çalışmada kadavraların diseksiyona hazır hale getirilmesi için izlenmesi gereken prosedürlerin yeni bir takım uygulamalar ile belirtilmesinin yanında ventriküler sistemin nöroendoskopik yaklaşım incelenmesi sonucu elde edilen bulgu ve sonuçlar ortaya konmuştur.

Bununla birlikte, kadavraların kullanıma hazır hale getirilebilmesinin yoğun bir ilgi ve emek gerektiren yorucu ancak heyecan verici bir süreç olduğunun belirtilmesi gerekir.

0^0 30^0 45^0 70^0

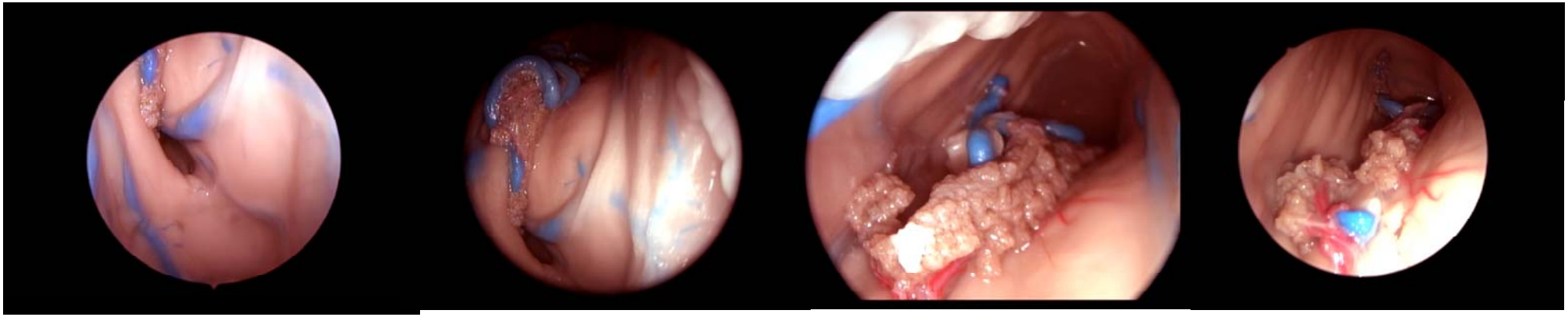


Sol lateral ventrikül içi. Farklı açılı teleskopların Saat **1200** istikametindeki görüş alanları.
Açıklama için metindeki “Bulgular” ve “Tartışma” bölümlerine bakınız.

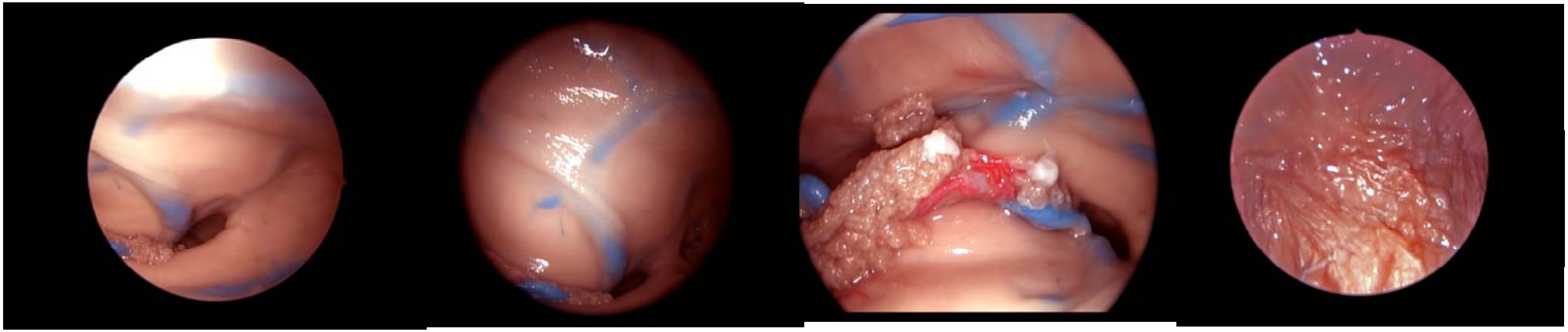


Sol lateral ventrikül içi. Farklı açılı teleskopların Saat **1500** istikametindeki görüş alanları.
Açıklama için metindeki “Bulgular” ve “Tartışma” bölümlerine bakınız.

0^0 30^0 45^0 70^0



Sol lateral ventrikül içi. Farklı açılı teleskopların Saat **1800** istikametindeki görüş alanları.
Açıklama için metindeki “Bulgular” ve “Tartışma” bölümlerine bakınız.



Sol lateral ventrikül içi. Farklı açılı teleskopların Saat **2100** istikametindeki görüş alanları.
Açıklama için metindeki “Bulgular” ve “Tartışma” bölümlerine bakınız.

KAYNAKÇA:

1. Carl Zeiss Optical, Inc., Carl Zeiss Optics School. http://www.zeiss.com/c1256bcf0020be5f/Contents-Frame/59fc8b054116cb7c85256bcf00613215.
2. GRadient INdex (GRIN) and SELFOC. NSG America, Inc. : http://www.nsgamerica.com/index.php?lang=english&page=grin_andselfoc.
3. Medical optics tutorial. Lighthouse Imaging Corporation: http://www.lighthouseoptics.com/info.php?info_id=17.
4. Abbott R: The endoscopic management of arachnoidal cysts. **Neurosurgery clinics of North America** 15:9-17, 2004.
5. Abbott R: History of neuroendoscopy. **Neurosurgery clinics of North America** 15:1-7, 2004.
6. Abdullah J, Caemaert J: Endoscopic management of chraniopharyngiomas: a review of three cases. **Minim Invasive Neurosurg** 38:79-84, 1995.
7. Albeck MJ, Skak C, Nielsen PR, Olsen KS, Borgesen SE, Gjerris F: Age dependency of resistance to cerebrospinal fluid outflow. **Journal of neurosurgery** 89:275-278, 1998.
8. Barkhof F, Polvikoski TM, van Straaten EC, Kalaria RN, Sulkava R, Aronen HJ, Niinisto L, Rastas S, Oinas M, Scheltens P, Erkinjuntti T: The significance of medial temporal lobe atrophy: a postmortem MRI study in the very old. **Neurology** 69:1521-1527, 2007.
9. Blamire AM, Rowe JG, Styles P, McDonald B: Optimising imaging parameters for post mortem MR imaging of the human brain. **Acta Radiol** 40:593-597, 1999.
10. Bobinski M, de Leon MJ, Wegiel J, Desanti S, Convit A, Saint Louis LA, Rusinek H, Wisniewski HM: The histological validation of post mortem magnetic resonance imaging-determined hippocampal volume in Alzheimer's disease. **Neuroscience** 95:721-725, 2000.
11. Boyko OB, Alston SR, Fuller GN, Hulette CM, Johnson GA, Burger PC: Utility of postmortem magnetic resonance imaging in clinical neuropathology. **Archives of pathology & laboratory medicine** 118:219-225, 1994.
12. Brockmeyer D: Techniques of endoscopic third ventriculostomy. **Neurosurgery clinics of North America** 15:51-59, 2004.
13. Brockmeyer D, , et al: Endoscopic third ventriculostomy: an outcome analysis. **Pediatric neurosurgery** 28:236-240, 1998.
14. Bronge L: Magnetic resonance imaging in dementia. A study of brain white matter changes. **Acta radiologica**:1-32, 2002.
15. Bronge L, Bogdanovic N, Wahlund LO: Postmortem MRI and histopathology of white matter changes in Alzheimer brains. A quantitative, comparative study. **Dementia and geriatric cognitive disorders** 13:205-212, 2002.

16. Buiter C: Endoscopy of the Upper Airways: *Excerpta Medica.* Amsterdam, 1976, pp 41-49.
17. Cappabianca P, Cinalli G, Gangemi M, Brunori A, Cavallo LM, de Divitiis E, Decq P, Delitala A, Di Rocco F, Frazee J, Godano U, Grotenhuis A, Longatti P, Mascari C, Nishihara T, Oi S, Rekate H, Schroeder HW, Souweidane MM, Spennato P, Tamburrini G, Teo C, Warf B, Zymberg ST: Application of neuroendoscopy to intraventricular lesions. **Neurosurgery** 62 Suppl 2:575-597; discussion 597-578, 2008.
18. Charles R. Noback, David A. Ruggiero, Robert J. Demarest, and Norman L. Strominger: Meninges, Ventricles, and Cerebrospinal Fluid.
: *The Human Nervous System: Structure and Function* Humana Press, 2005, pp 89-101.
19. Cinalli G: Alternatives to shunt. **Childs Nerv Syst** 15:718-731, 1999.
20. Cinalli G, Cappabianca P, de Falco R, Spennato P, Cianciulli E, Cavallo LM, Esposito F, Ruggiero C, Maggi G, de Divitiis E: Current state and future development of intracranial neuroendoscopic surgery. **Expert review of medical devices** 2:351-373, 2005.
21. Cinalli G, et al.: Failure of third ventriculostomy in the treatment of aquaductal stenosis in children. **J Neurosurg** 90:448-454, 1999.
22. Cutler RW, Page L, Galicich J, Watters GV: Formation and absorption of cerebrospinal fluid in man. **Brain** 91:707-720, 1968.
23. Czosnyka M, Czosnyka Z, Momjian S, Pickard JD: Cerebrospinal fluid dynamics. **Physiological measurement** 25:R51-76, 2004.
24. D'Arceuil H, de Crespigny A: The effects of brain tissue decomposition on diffusion tensor imaging and tractography. **NeuroImage** 36:64-68, 2007.
25. Davson H: Formation and drainage of the CSF in hydrocephalus, in K. Shapiro, H. Portnoy, A. Marmarou (ed): *Hydrocephalus.* New York, Raven Press, 1984, pp 112-160.
26. Davson H, Welch K , Segal M B: *The Physiology and Pathophysiology of Cerebrospinal Fluid*
New York, Churchill Livingstone, 1987.
27. Dawe RJ, Bennett DA, Schneider JA, Vasireddi SK, Arfanakis K: Postmortem MRI of human brain hemispheres: T2 relaxation times during formaldehyde fixation. **Magn Reson Med** 61:810-818, 2009.
28. De Groot CJ, Bergers E, Kamphorst W, Ravid R, Polman CH, Barkhof F, van der Valk P: Post-mortem MRI-guided sampling of multiple sclerosis brain lesions: increased yield of active demyelinating and (p)reactive lesions. **Brain** 124:1635-1645, 2001.
29. Decq P, Le Guerinel C, Brugieres P, et al.: Endoscopic management of colloid cysts. **Neurosurgery** 42:1288-1296, 1998.
30. Decq P, Le Guerinel C, Sakka L, et al.: Hydrocephalus and colloid cysts, in Cinalli M, Sainte-Rose (ed): *Pediatric Hydrocephalus.* Milan, Springer, 2004, pp 171-186.
31. Decq P, Brugieres P, Le Guerinel C, Djindjian M, Keravel Y, Nguyen JP: Percutaneous endoskopic treatment of suprasellar arachnoid cyst:

ventriculostomy or ventriculocisternostomy? Technical note. **J Neurosurg** 84:696-701, 1996.
32. Decq P, Leguerinel C, Palfi S, Djindjian M, Keravel Y, Nguyen JP: A new device for endoscopic third ventriculostomy. **J Neurosurg** 93:509-512, 2000.
33. Delitala A, Brunori A, Chiappetta F: Purely neuroendoscopic transventricular management of cystic craniopharyngiomas. **Childs Nerv Syst** 20:858-862, 2004.
34. Duffner F, Freudenstein D, Wacker A, Straub-Duffner S, Grote EH: [75 years after Dandy, Fay and Mixter--looking back on the history of neuroendoscopy]. **Zentralblatt fur Neurochirurgie** 59:121-128, 1998.
35. Ekstedt J: CSF hydrodynamic studies in man. Normal hydrodynamic variables related to CSF pressure and flow **Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry**:345-353, 1978.
36. Everall IP, Chong WK, Wilkinson ID, Paley MN, Chinn RJ, Hall-Craggs MA, Scaravilli F, Lantos PL, Luthert PJ, Harrison MJ: Correlation of MRI and neuropathology in AIDS. **Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry** 62:92-95, 1997.
37. Fries G, Perneczky A: Intracranial endoscopy. **Advances and technical standards in neurosurgery** 25:21-60, 1999.
38. Fujii K, Lenkey C, Rhoton AL, Jr.: Microsurgical anatomy of the choroidal arteries: lateral and third ventricles. **Journal of neurosurgery** 52:165-188, 1980.
39. Gaab M, Schroeder HWS: Neuroendoscopic approach to intraventricular lesions. **J Neurosurg** 88:496-505, 1998.
40. Geurts JJ, Blezer EL, Vrenken H, van der Toorn A, Castelijns JA, Polman CH, Pouwels PJ, Bo L, Barkhof F: Does high-field MR imaging improve cortical lesion detection in multiple sclerosis? **Journal of neurology** 255:183-191, 2008.
41. Gordon A: The history and development of endoscopic surgery., in Sutton C, Diamond M (ed): *Endoscopic surgery for gynaecologist.* London, WB Saunders, 1993, pp 3-7.
42. Gotz F , Pier A The history of laparoscopy., in Gotz F, et al. (ed): *Color Atlas of Laparoscopic Surgery.* New York, Thieme, 1993, pp 3-5.
43. Grafe MR, Press GA, Berthoty DP, Hesselink JR, Wiley CA: Abnormalities of the brain in AIDS patients: correlation of postmortem MR findings with neuropathology. **Ajnr** 11:905-911; discussion 912-903, 1990.
44. Grant J: Victor Darwin Lespinasse: a biographical sketch. **Neurosurgery** 39:1232-1233, 1996.
45. Greiner W: *Quantum mechanics: An Introduction.* Springer, 2001.
46. Griffiths PD, Variend D, Evans M, Jones A, Wilkinson ID, Paley MN, Whitby E: Postmortem MR imaging of the fetal and stillborn central nervous system. **Ajnr** 24:22-27, 2003.
47. Grinberg LT, Amaro E, Jr., Teipel S, dos Santos DD, Pasqualucci CA, Leite RE, Camargo CR, Goncalves JA, Sanches AG, Santana M, Ferretti RE, Jacob-Filho W, Nitrini R, Heinsen H: Assessment of factors that

confound MRI and neuropathological correlation of human postmortem brain tissue. **Cell and tissue banking** 9:195-203, 2008.
48. Grondin RT, Hader W, MacRae ME, Hamilton MG: Endoscopic versus microsurgical resection of third ventricle colloid cysts. **The Canadian journal of neurological sciences** 34:197-207, 2007.
49. Grunert P, Gaab MR, Hellwig D, Oertel JM: German neuroendoscopy above the skull base. **Neurosurgical focus** 27:E7, 2009.
50. Hammock MK, Milhorat TH: The cerebrospinal fluid: current concepts of its formation. **Annals of clinical and laboratory science** 6:22-26, 1976.
51. Heiss J D, et al: Elucidating the pathophysiology of syringomyelia. **J Neurosurg**:553-562, 1999.
52. Hellwig D, Bauer BL, Schulte M, Gatscher S, Riegel T, Bertalanfyy H: Neuroendoscopic treatment for colloid cysts of the third ventricle: the experiences of a decade. **Neurosurgery** 52:525-533, 2003.
53. Hellwig D, Grotenhuis JA, Tirakotai W, Riegel T, Schulte DM, Bauer BL, Bertalanffy H: Endoscopic third ventriculostomy for obstructive hydrocephalus. **Neurosurgical review** 28:1-34; discussion 35-38, 2005.
54. Hirschmann A: Uber endoskopie der naze und deren nebenhohlen. **Arch Laryngol Rhinol (Berl)** 14:194-202, 1903.
55. Hirschowitz B: Development and application of endoscopy. **Gastroenterology** 104:337-342, 1993.
56. Hogg J, Peterson A, El-Kadi H: Imaging of cranial and spinal cerebrospinal fluid collections, in Kaufmann H (ed): *Cerebrospinal fluid collections.* Park Ridge, IL, American Association of Neurological Surgeons, 1998, pp 19-57.
57. Hopf N, et al: Endoscopic third ventriculostomy: outcome analysis of 100 consecutive procedures [see comments]. **Neurosurgery** 44:795-806, 1999.
58. Hopf NJ, Perneczky A: Endoscopic neurosurgery and endoscope-assisted microneurosurgery for the treatment of intracranial cysts. **Neurosurgery** 43:1330-1337, 1998.
59. Hopkins H: Optical principles of the endoscope., in Berci G (ed): *Endoscopy.* New York, Prentice-Hall, 1976, pp 3-27.
60. Hsu W, Li KW, Bookland M, Jallo GI: Keyhole to the brain: Walter Dandy and neuroendoscopy. **Journal of neurosurgery** 3:439-442, 2009.
61. Iantosca MR, Hader WJ, Drake JM: Results of endoscopic third ventriculostomy. **Neurosurgery clinics of North America** 15:67-75, 2004.
62. Johnston M: The importance of lymphatics in cerebrospinal fluid transport. **Lymphatic research and biology** 1:41-44; discussion 45, 2003.
63. Jones RF, et al.: The current status of endoscopic third ventriculostomy in the management of non-communicating hydrocephalus. **Minim Invasive Neurosurg** 37:28-36, 1994.
64. Kangarlu A, Bourekas EC, Ray-Chaudhury A, Rammohan KW: Cerebral cortical lesions in multiple sclerosis detected by MR imaging at 8 Tesla. **Ajnr** 28:262-266, 2007.

65. Kaya AH, Sam B, Celik F, Ture U: A quick-solidifying, coloured silicone mixture for injecting into brains for autopsy: technical report. **Neurosurgical review** 29:322-326; discusson 326, 2006.
66. Kinoshita Y, Okudera T, Tsuru E, Yokota A: Volumetric analysis of the germinal matrix and lateral ventricles performed using MR images of postmortem fetuses. **Ajnr** 22:382-388, 2001.
67. Kirollos RW, Javadpour M, May P, Mallucci C: Endoscopic treatment of suprasellar and third ventricle-related arachnoid cysts. **Childs Nerv Syst** 17:713-718, 2001.
68. Kunwar S: Endoscopic adjuncts to intraventricular surgery. **Neurosurgery clinics of North America** 14:547-557, 2003.
69. Lau W, Leow C, Li A: History of endoscopic and laparoscopic surgery. **World J Surg** 21:444-453, 1997.
70. Levy ML, Lavine SD, Mendel E, McComb JG: The endoscopic stylet: technical notes. **Neurosurgery** 35:335-336, 1994.
71. Lewis AI, Crone KR, Taha J, et al.: Surgical resection of third ventricle colloid cyst. Preliminary results comparing transcallosal microsurgery with endoscopy. **J Neurosurg** 81:174-178, 1994.
72. Li KW, Nelson C, Suk I, Jallo GI: Neuroendoscopy: past, present, and future. **Neurosurgical focus** 19:E1, 2005.
73. Linder TE, Simmen D, Stool SE: Revolutionary inventions in the 20th. The history of endoscopy. **Arch Otolaryngol Head Neck Surg** 123:1161-1163, 1997.
74. Liu CY, Wang MY, Apuzzo ML: The physics of image formation in the neuroendoscope. **Childs Nerv Syst** 20:777-782, 2004.
75. Locatelli D, Levi D, Rampa F, Pezzotta S, Castelnuovo P: Endoscopic approach for the treatment of relapses in cystic craniopharyngiomas. **Childs Nerv Syst** 20:863-867, 2004.
76. Lorenzo AV, Page LK, Watters GV: Relationship between cerebrospinal fluid formation, absorption and pressure in human hydrocephalus. **Brain** 93:679-692, 1970.
77. Macarthur DC, Buxton N, Punt J, Vloeberghs M, Robertson IJ: The role of neuroendoscopy in the management of brain tumours. **British journal of neurosurgery** 16:465-470, 2002.
78. Macarthur DC, Buxton N, Vloeberghs M, Punt J: The effectiveness of neuroendoscopic interventions in children with brain tumours. **Childs Nerv Syst** 17:589-594, 2001.
79. McComb JG: Recent research into the nature of cerebrospinal fluid formation and absorption. **Journal of neurosurgery** 59:369-383, 1983.
80. Milhorat TH: Failure of choroid plexotomy as treatment for hydrocephalus. **Surgery, gynecology & obstetrics**:505-508, 1974.
81. Milhorat TH, Nobandegani F, Miller JI, et al.: Noncommunicating syringomyelia following occlusion of central canal in rats. Experimental model and histological findings. **J Neurosurg**:274-279, 1993

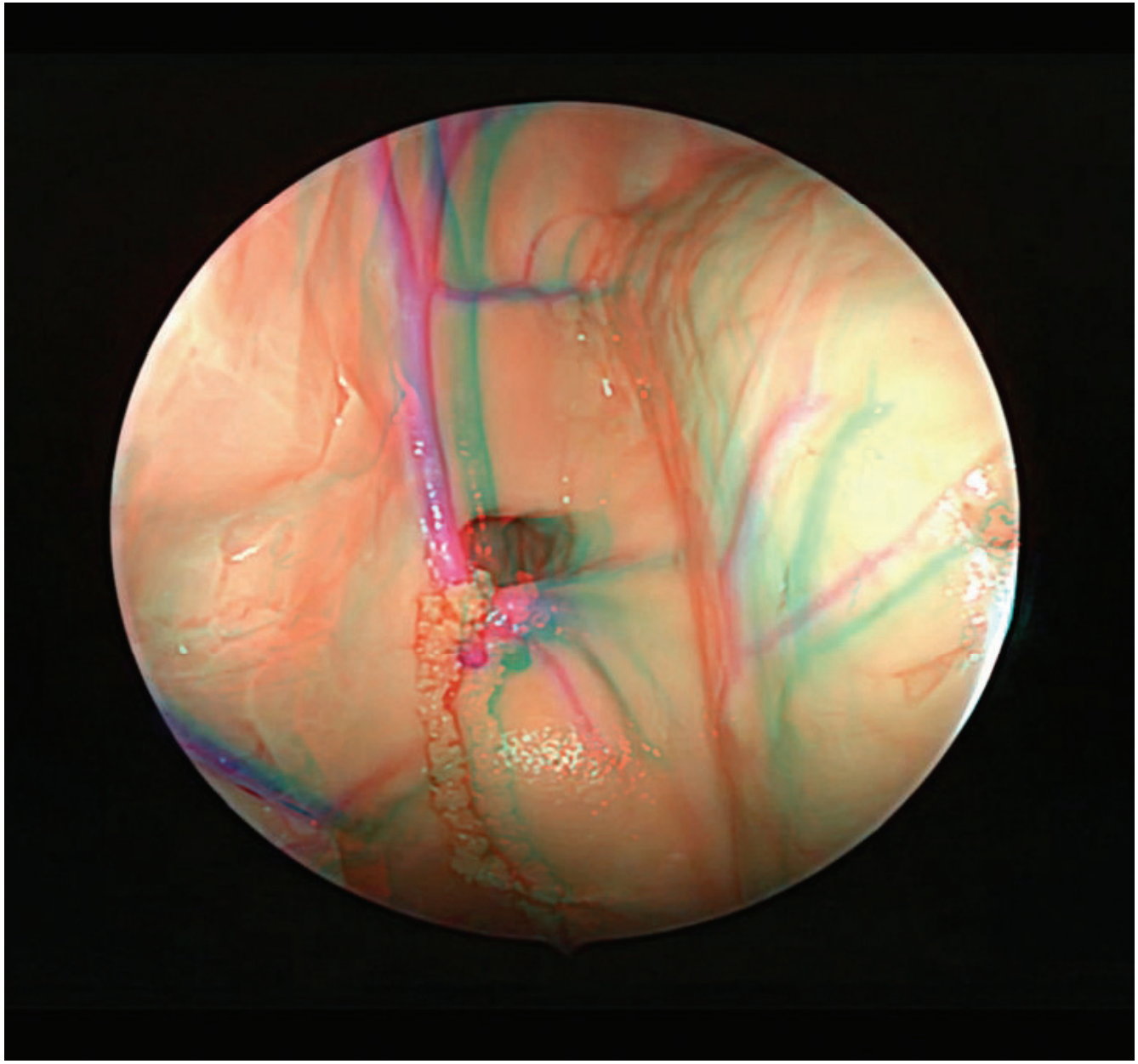
82. Modlin IM, Kidd M, Lye KD: From the lumen to the laparoscope. **Arch Surg** 139:1100-1126, 2004.
83. Moore GR, Leung E, MacKay AL, Vavasour IM, Whittall KP, Cover KS, Li DK, Hashimoto SA, Oger J, Sprinkle TJ, Paty DW: A pathology-MRI study of the short-T2 component in formalin-fixed multiple sclerosis brain. **Neurology** 55:1506-1510, 2000.
84. Mouton WG, Bessell JR, Maddern GJ: Looking back to the advent of modern endoscopy: 150th birthday of Maximilian Nitze. **World J Surg** 22:1256-1258, 1998.
85. Nagata S, Rhoton AL, Jr., Barry M: Microsurgical anatomy of the choroidal fissure. **Surgical neurology** 30:3-59, 1988.
86. Nakamura M, Yamashita T, Ueda M, Obayashi K, Sato T, Ikeda T, Washimi Y, Hirai T, Kuwahara Y, Yamamoto MT, Uchino M, Ando Y: Neuroradiologic and clinicopathologic features of oculoleptomeningeal type amyloidosis. **Neurology** 65:1051-1056, 2005.
87. Nobles A: The physics of neuroendoscopic systems and the instrumentation, in Jimenez D (ed): *Intracranial endoscopic neurosurgery.* Park Ridge, American Association of Neurological Surgeons, 1998, pp 1-12.
88. Oi S, Shibata M, Tominaga J, et al: Efficacy of neuroendoscopic procedures in management of pineal region tumors: a prospective study. **J Neurosurg** 93:245-253, 2000.
89. Oka K, Yamamoto M, Naggasaka S, Tomonaga M: Endoneurosurgical treatment for hydrocephalus caused by intraventricular tumors. **Childs Nerv Syst** 10:162-166, 1994.
90. Ono M, Rhoton AL, Jr., Peace D, Rodriguez RJ: Microsurgical anatomy of the deep venous system of the brain. **Neurosurgery** 15:621-657, 1984.
91. Perneczky A, Tschabitscher M, Resch K.D.M.: *Endoscopic Anatomy for Neurosurgery.* Thieme, 1993.
92. Pfefferbaum A, Sullivan EV, Adalsteinsson E, Garrick T, Harper C: Postmortem MR imaging of formalin-fixed human brain. **NeuroImage** 21:1585-1595, 2004.
93. Pople IK, Athanasiou TC, Sandman DR, Coakman HB: The role of endoscopic biopsy and third ventriculostomy in the mamagement of pineal region tumors. **British journal of neurosurgery** 15:305-311, 2001.
94. Prevedello D, Doglietto F, Jane JA, et al.: History of endoscopic skull base surgery: its evolution and current reality. **J Neurosurg** 107:206-213, 2007.
95. Putnam T: Treatment of hydrocephalus by endoscopic coagulation of the choroid plexus. **NEJM** 210:1373-1376, 1934.
96. Rashed R: Apioneer in anaclastics: Ibn Sahl on burning mirrors and lenses. **Isis** 81:464-491, 1990.
97. Rekate HL: Biophysics of Cerebrospinal Fluid and Shunts. **Techniques in Neurosurgery** 7:186-196, 2002.
98. Reuter HJ: Philipp Bozzini and Endoscopy in the 19th Century. Stuttgart, Max Nitze Museum, 1988.

99. Reuter M: The historical development of endophotography. **World J Urol** 18:299-302, 2000.
100. Rhoton AL J: Microsurgical anatomy of the thrid ventricular region., in MLJ A (ed): *Surgery of the Third Ventricle.* Baltimore, Williams & Wilkins, 1998, pp 89-158.
101. Rieger A, Rainov NG, Brucke M, Marx T, Holz C: Endoscopic third ventriculostomy is the treatment of choice for obstructive hydrocephalus due to pediatric pineal region tumors. **Minim Invasive Neurosurg** 43:83-86, 2000.
102. Rodziewicz GS, Smith MV, Hodge CJ: Endoscopic colloid cyst surgery. **Neurosurgery** 46:655-662, 2003.
103. Rosin D: Minimal Access Medicine and Surgery., in Rosin D (ed): *History.* Oxford, Radcliffe Medical Press, 1993, pp 1-9.
104. Sainte-Rose C: Third ventriculostomy, in Manwaring KH, Crone KR (ed): *Neuroendoscopy, vol1.* New York, Mary Ann Liebert, 1992, pp 47-62.
105. Sainte-Rose C, Chumas P: Endoscopic third ventriculostomy. **Tech Neurosurg** 1:176-184, 1996.
106. Schmierer K, Wheeler-Kingshott CA, Tozer DJ, Boulby PA, Parkes HG, Yousry TA, Scaravilli F, Barker GJ, Tofts PS, Miller DH: Quantitative magnetic resonance of postmortem multiple sclerosis brain before and after fixation. **Magn Reson Med** 59:268-277, 2008.
107. Schultheiss D, Truss M, Jonas U: History of direct vision internal urethrotomy. **Urology** 52:729-734, 1987.
108. Seeger W: *Endoscopic anatomy of the third ventricle: microsurgical and endoscopical.* Wien Springer-Verlag, 2006.
109. Seewann A, Vrenken H, van der Valk P, Blezer EL, Knol DL, Castelijns JA, Polman CH, Pouwels PJ, Barkhof F, Geurts JJ: Diffusely abnormal white matter in chronic multiple sclerosis: imaging and histopathologic analysis. **Archives of neurology** 66:601-609, 2009.
110. Shiga T: [A comparative study of postmortem MR imaging and pathological examination of human brain specimens]. **[Hokkaido igaku zasshi] The Hokkaido journal of medical science** 73:497-504, 1998.
111. Shimizu S, Tanaka R, Rhoton AL, Jr., Fukushima Y, Osawa S, Kawashima M, Oka H, Fujii K: Anatomic dissection and classic three-dimensional documentation: a unit of education for neurosurgical anatomy revisited. **Neurosurgery** 58:E1000; discussion E1000, 2006.
112. Siomin V, Constantini S: Basic principles and equipment in neuroendoscopy. **Neurosurgery clinics of North America** 15:19-31, 2004.
113. Smith WJ: *Modern optical engineering: the design of optical systems.* New York, McGraw-Hill Professional, 2007.
114. Tatsumi S, Shinohara M, Yamamoto T: Direct comparison of histology of microbleeds with postmortem MR images: a case report. **Cerebrovascular diseases (Basel, Switzerland)** 26:142-146, 2008.
115. Teo C, Nakaji P: Neuro-oncologic applications of endoscopy. **Neurosurgery clinics of North America** 15:89-103, 2004.

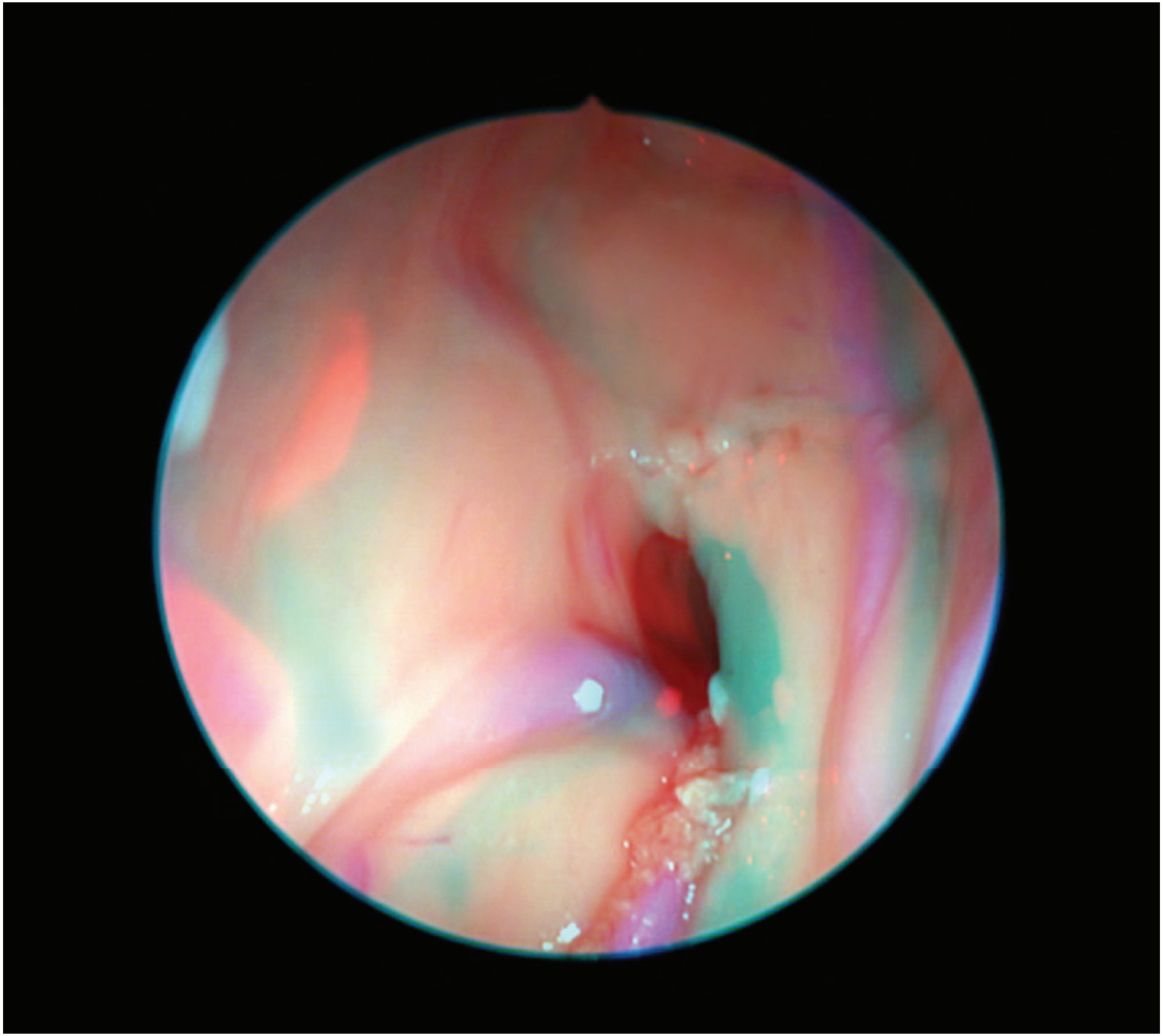
116. Timurkaynak E, Rhoton AL, Jr., Barry M: Microsurgical anatomy and operative approaches to the lateral ventricles. **Neurosurgery** 19:685-723, 1986.
117. Tirakotai W, Hellwig D, Bertalanffy H, Riegel T: The role of neuroendoscopy in the management of solid or solid-cystic intra- and periventricular tumours. **Childs Nerv Syst** 23:653-658, 2007.
118. Tirakotai W, Schulte DM, Bauer BL, Bertalanffy H, Hellwig D: Neuroendoscopic surgery of intracranial cysts in adults. **Childs Nerv Syst** 20:842-851, 2004.
119. Tofts PS, Jackson JS, Tozer DJ, Cercignani M, et al.: Imaging Cadavers: Cold FLAIR noninvasive brain thermometry using CSF diffusion. **Magn Reson Med** 59:190-195, 2008.
120. Tovi M, Ericsson A: Measurements of T1 and T2 over time in formalin-fixed human whole-brain specimens. **Acta Radiol** 33:400-404, 1992.
121. Trofimova TN, Medvedev Iu A, Anan'eva NI, Sukhatskaia AV, Zabrodskaia Iu M, Kaznacheeva AO: [Use of postmortem brain magnetic resonance imaging at autopsy]. **Arkhiv patologii** 70:23-28, 2008.
122. Tubbs RS, Loukas M, Shoja MM, Wellons JC, Cohen-Gadol AA: Feasibility of ventricular expansion postmortem: a novel laboratory model for neurosurgical training that simulates intraventricular endoscopic surgery. **Journal of neurosurgery** 111:1165-1167, 2009.
123. Tuli S, Alshail E, Drake J: Third ventriculostomy versus cerebrospinal fluid shunt as a first procedure in pediatric neurosurgery. **Pediatric neurosurgery** 30, 1998.
124. van Rooden S, Maat-Schieman ML, Nabuurs RJ, van der Weerd L, van Duijn S, van Duinen SG, Natte R, van Buchem MA, van der Grond J: Cerebral amyloidosis: postmortem detection with human 7.0-T MR imaging system. **Radiology** 253:788-796, 2009.
125. Weller R O, Nicoll J A R: Cerebral amyloid angiopathy: pathogenesis and effects on the ageing and Alzheimer brain. **Neurological research**:611-616, 2003.
126. Wen HT, Rhoton AL, Jr., de Oliveira E: Transchoroidal approach to the third ventricle: an anatomic study of the choroidal fissure and its clinical application. **Neurosurgery** 42:1205-1217; discussion 1217-1209, 1998.
127. Wolf KB , Krotzsch G Geometry and dynamics in refracting systems. **European Journal Of Physics** 16:14-20, 1995.
128. Yamamoto I, Rhoton AL, Jr., Peace DA: Microsurgery of the third ventricle: Part I. Microsurgical anatomy. **Neurosurgery** 8:334-356, 1981.
129. Yamini B, Refai D, Rubin CM, Frim DM: Initial endoscopic management of pineal region tumors and associated hydrocephalus: clinical series and literature review. **J Neurosurg: Pediatrics** 100:434-441, 2004.
130. Yong-Hing CJ, Obenaus A, Stryker R, Tong K, Sarty GE: Magnetic resonance imaging and mathematical modeling of progressive formalin fixation of the human brain. **Magn Reson Med** 54:324-332, 2005.
131. Yurtseven T, Savas R, Kocak A, Turhan T, Aktas EO, Islekel S: Relationship between anterior inferior cerebellar artery and facial-

vestibulocochlear nerve complex: an anatomical and magnetic resonance images correlation study. **Minim Invasive Neurosurg** 47:306-311, 2004.
132. Zakharov A, Papaiconomou C, Djenic J, Midha R, Johnston M: Lymphatic cerebrospinal fluid absorption pathways in neonatal sheep revealed by subarachnoid injection of Microfil. **Neuropathology and applied neurobiology** 29:563-573, 2003.

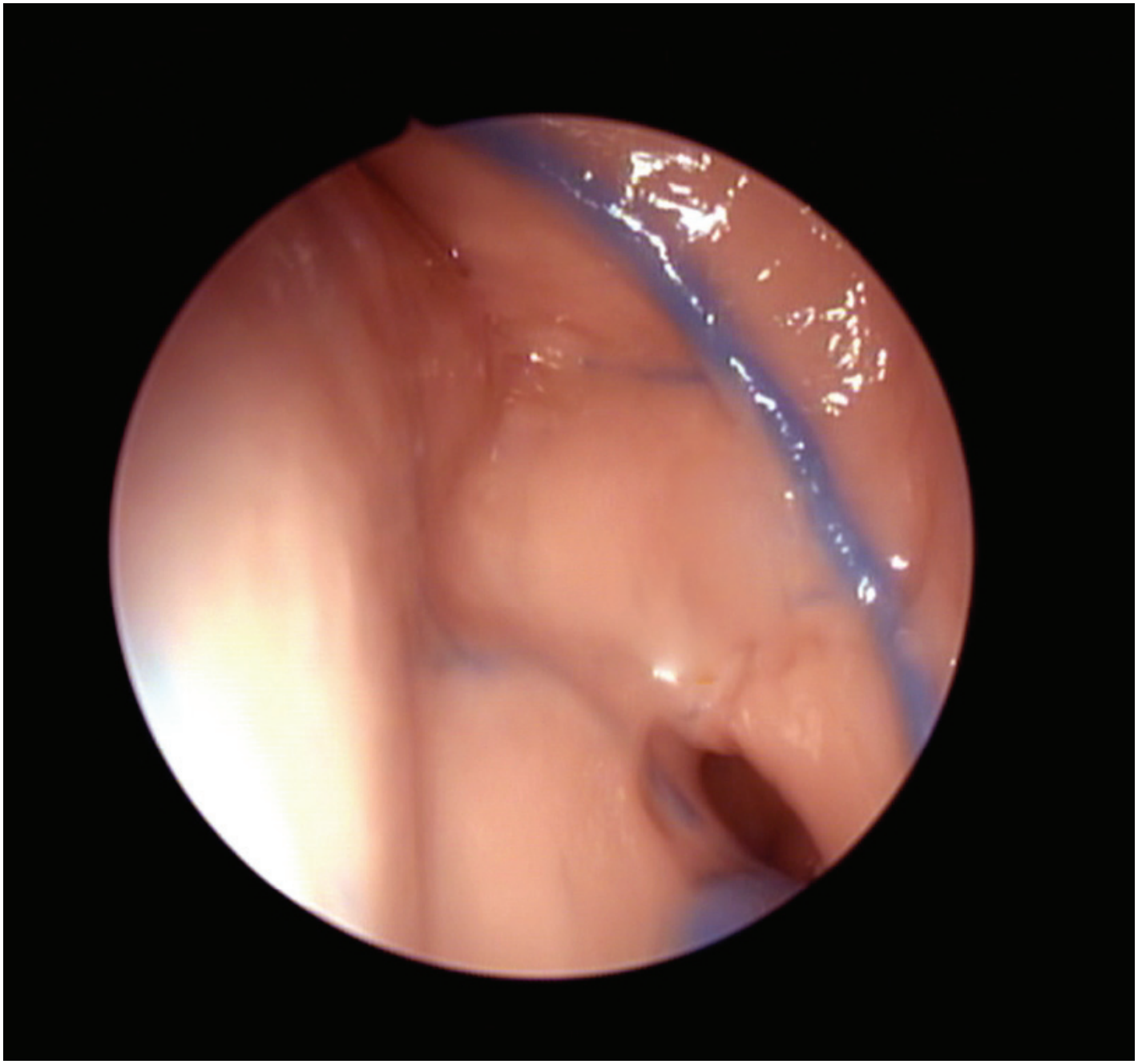
LATERAL VENTRİKÜL
3D GÖRÜNTÜLERİ



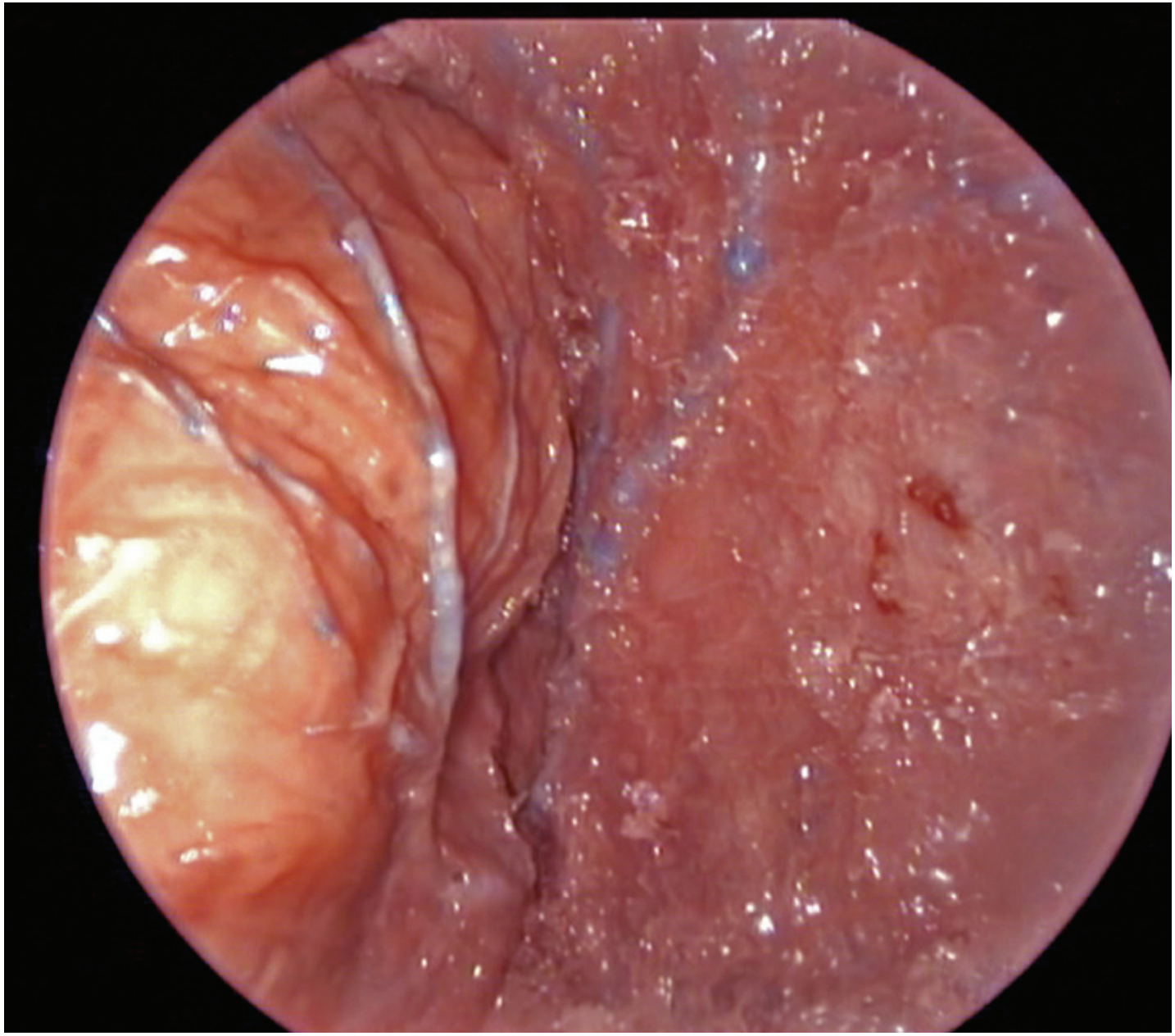
Şekil 35a – 3D görüntü



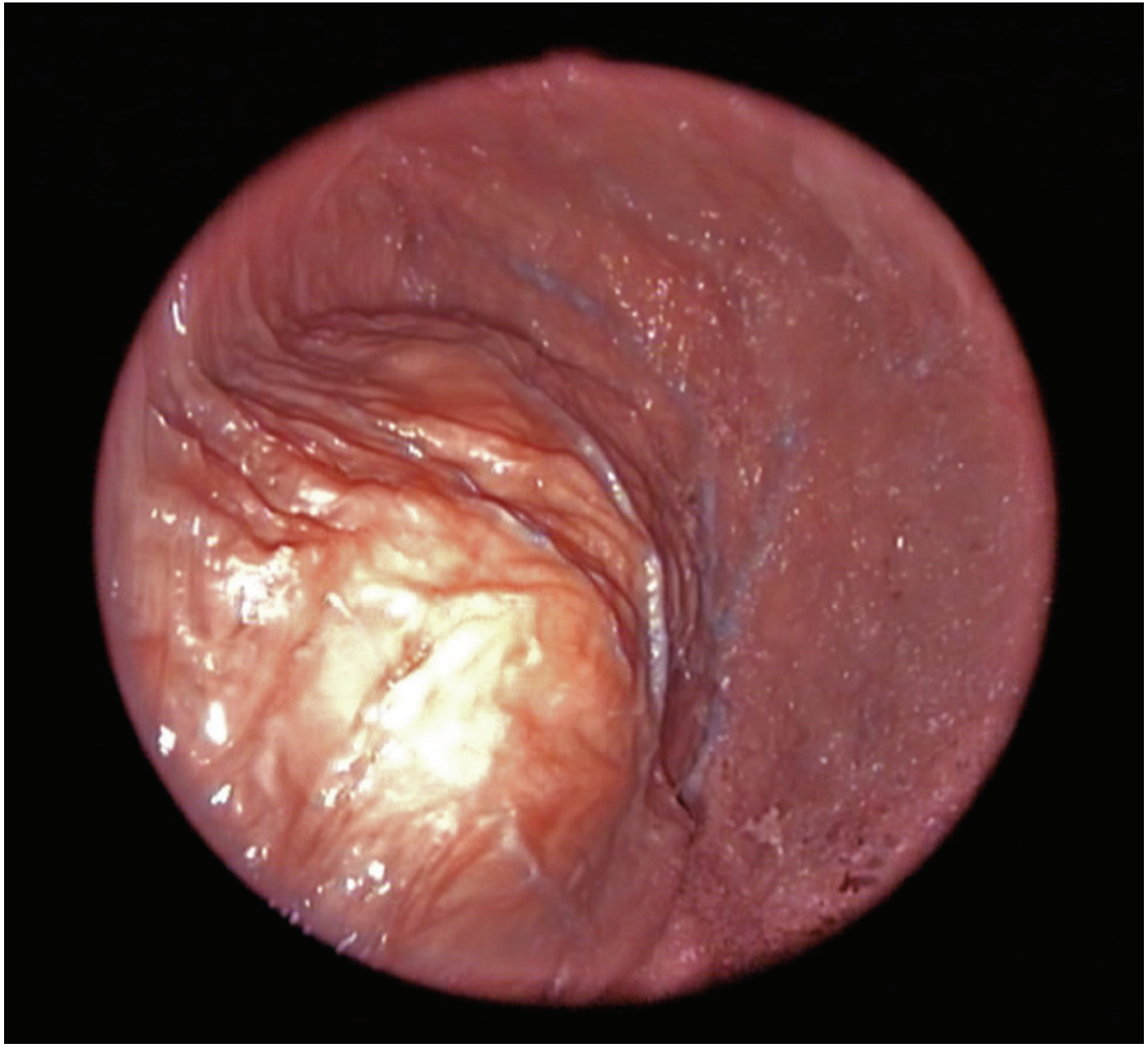
Şekil 35b – 3D görüntü



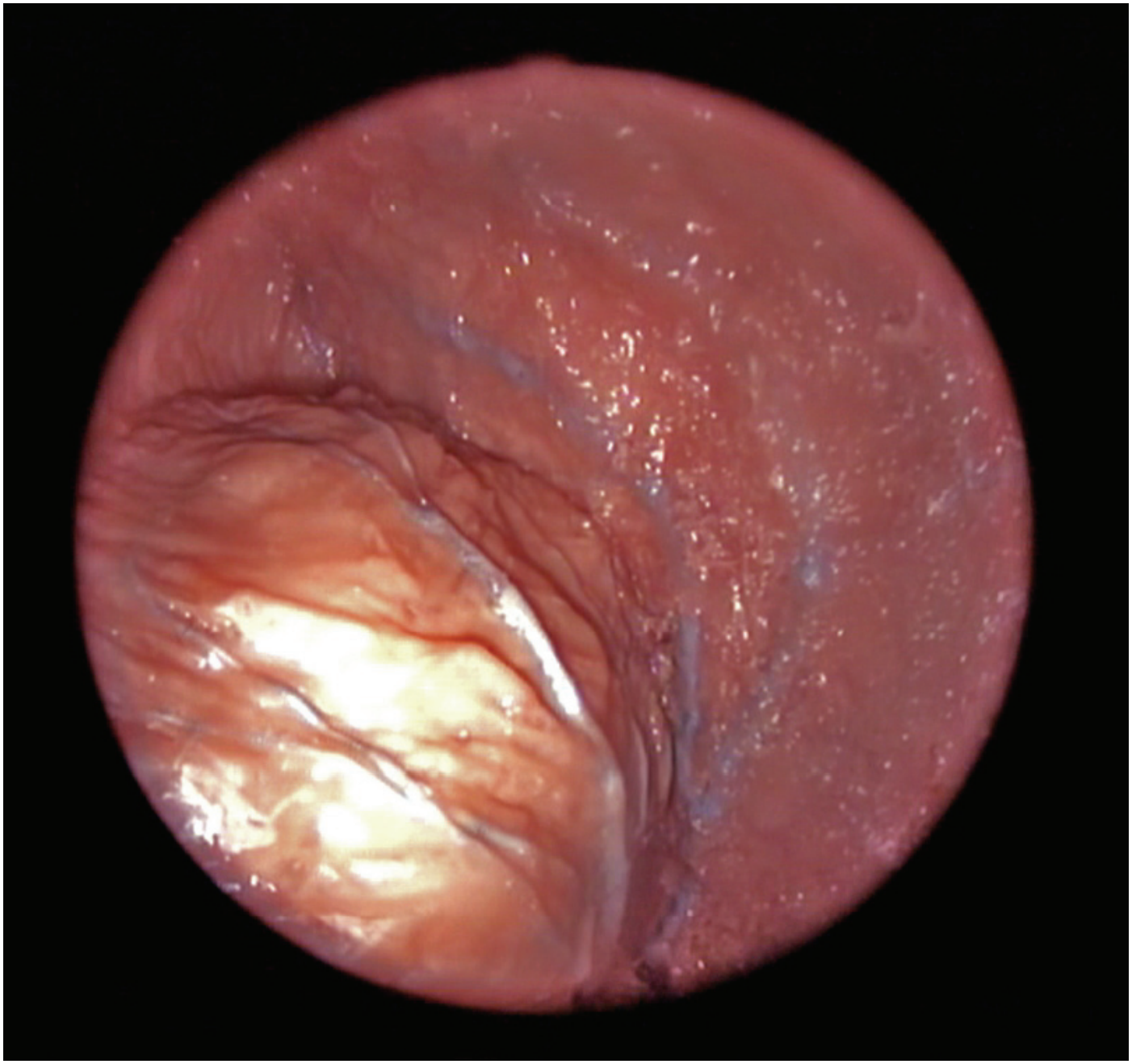
Şekil 35c – 3D görüntü



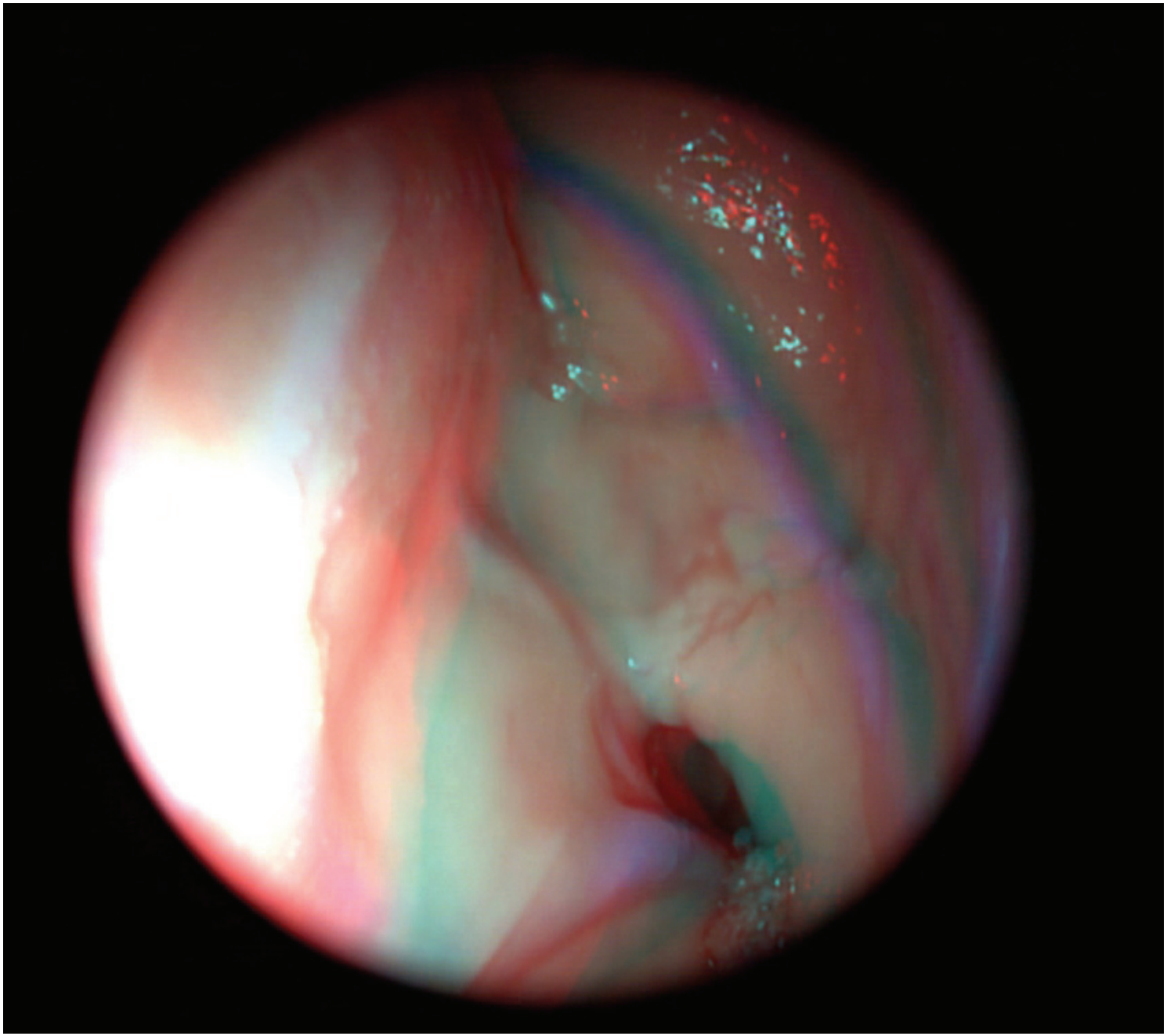
Şekil 36 – 3D görüntü



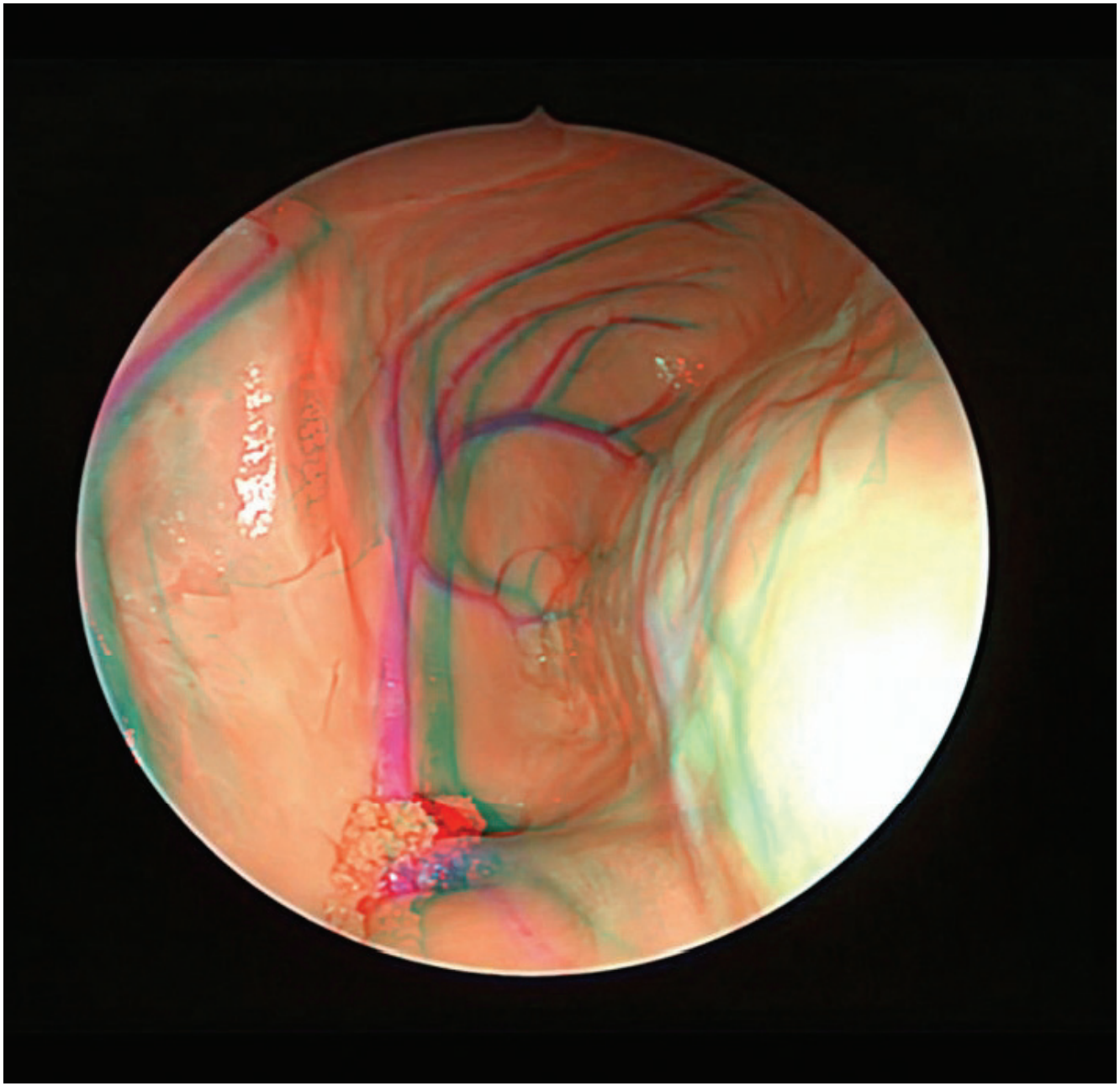
Şekil 37a – 3D görüntü



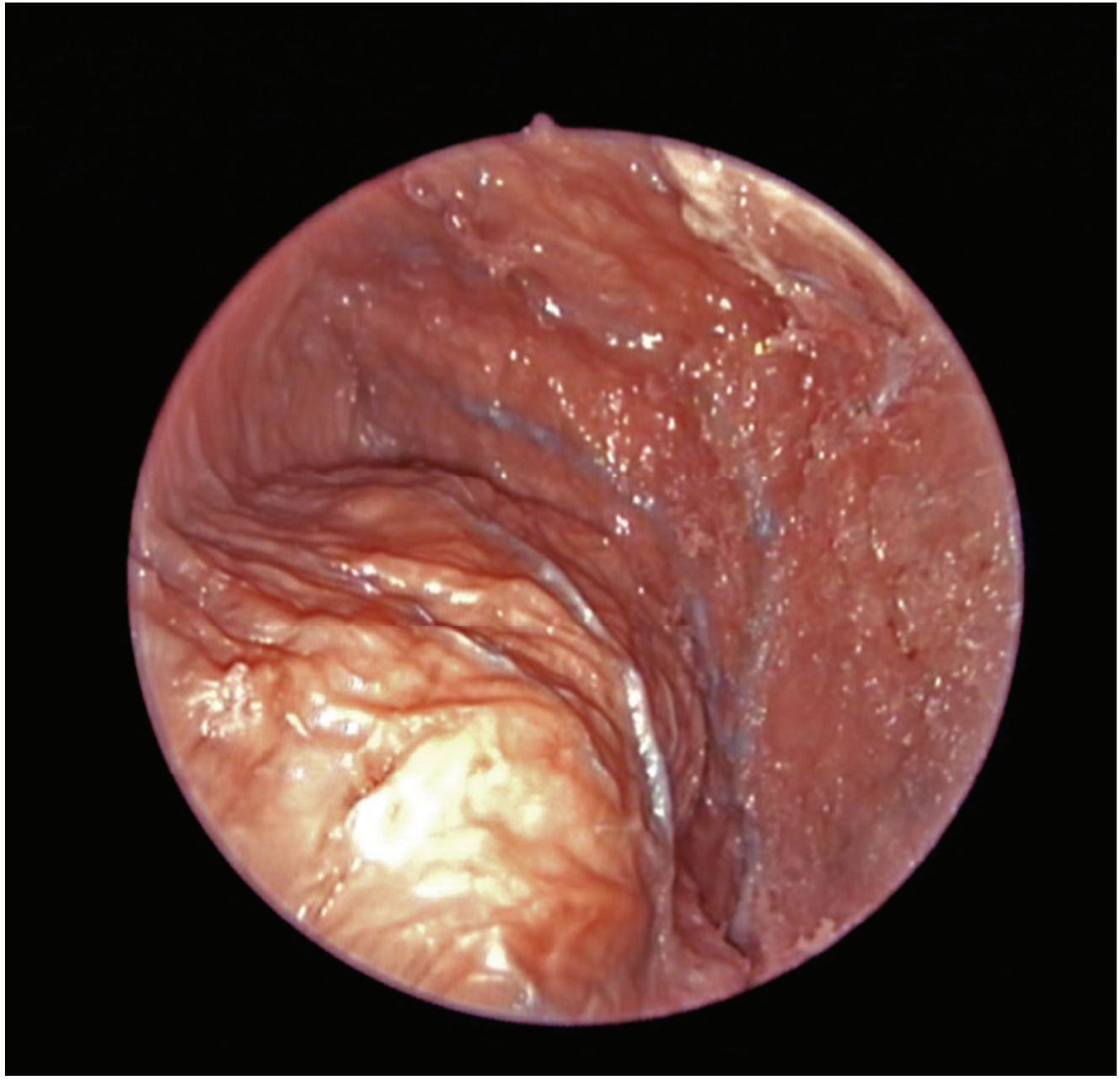
Şekil 37b – 3D görüntü



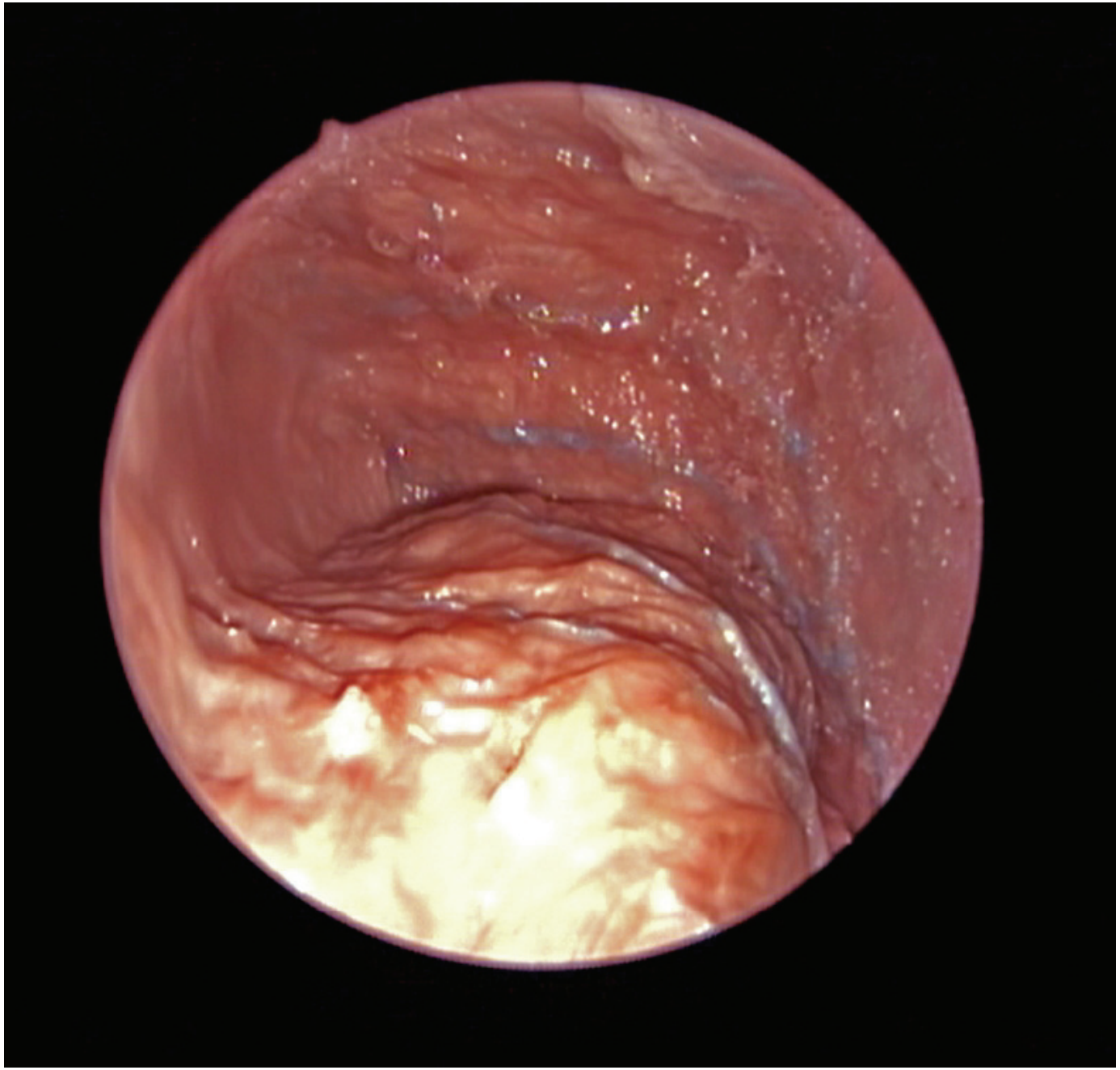
Şekil 37c – 3D görüntü



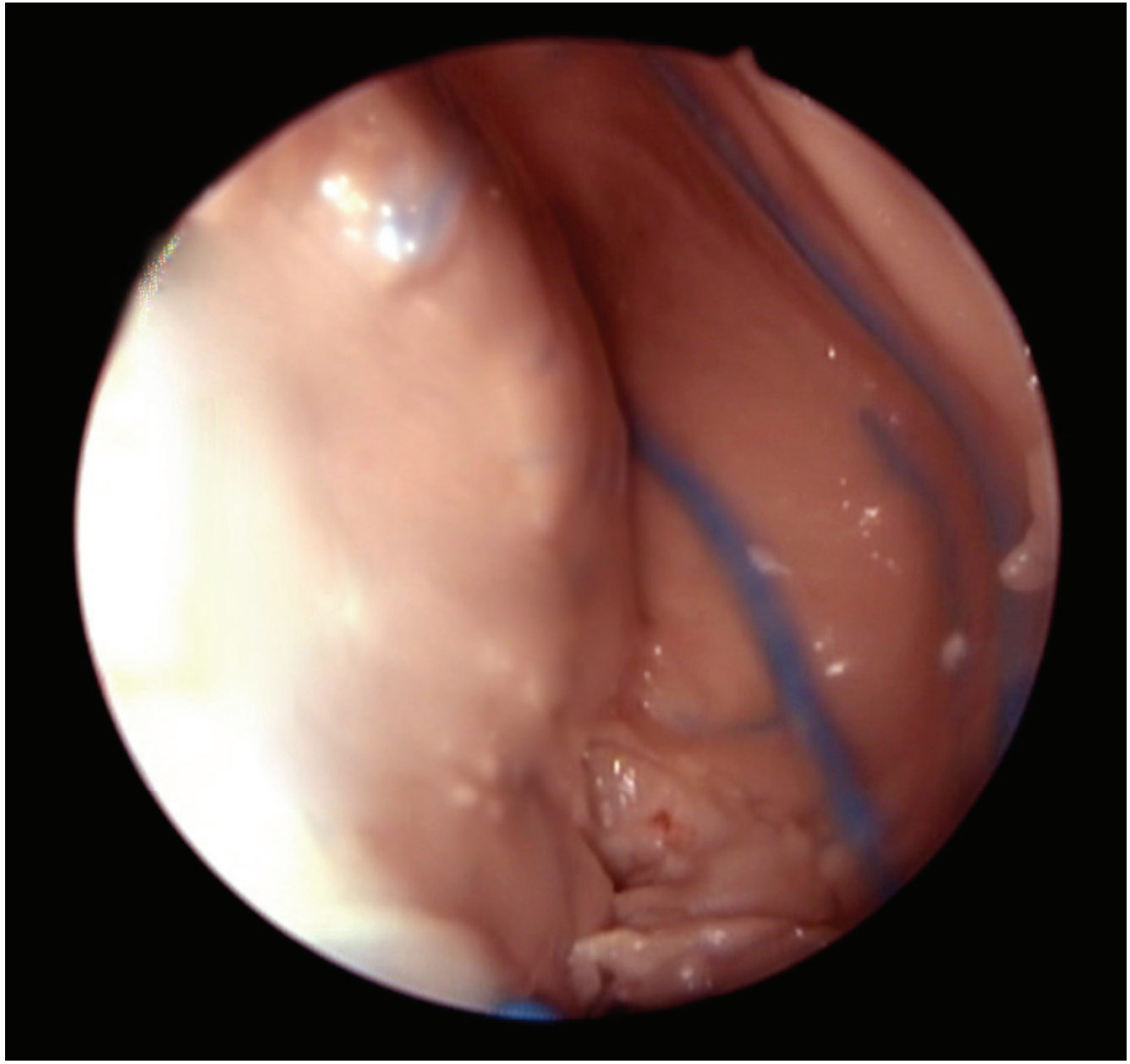
Şekil 38a – 3D görüntü



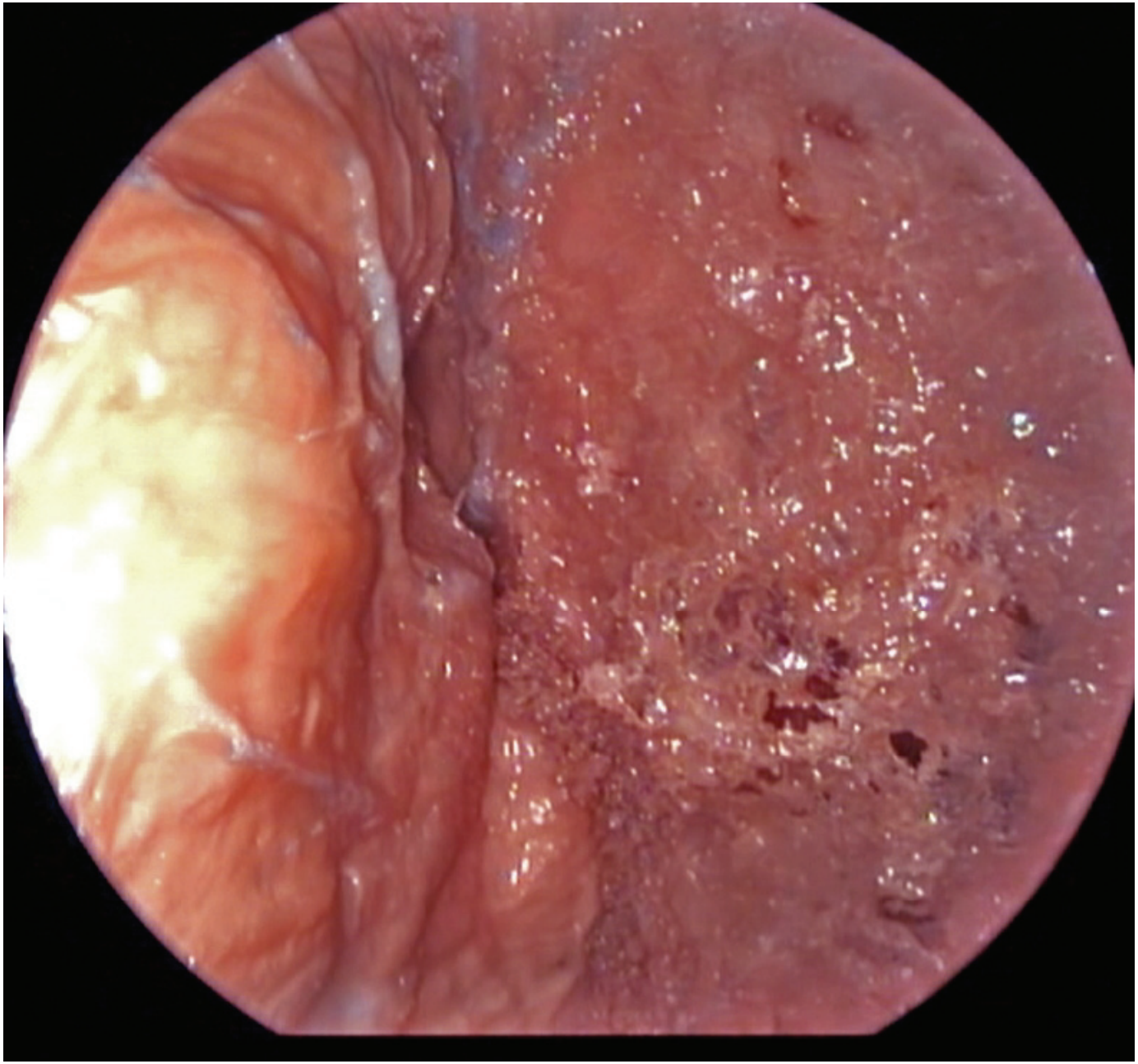
Şekil 38b – 3D görüntü



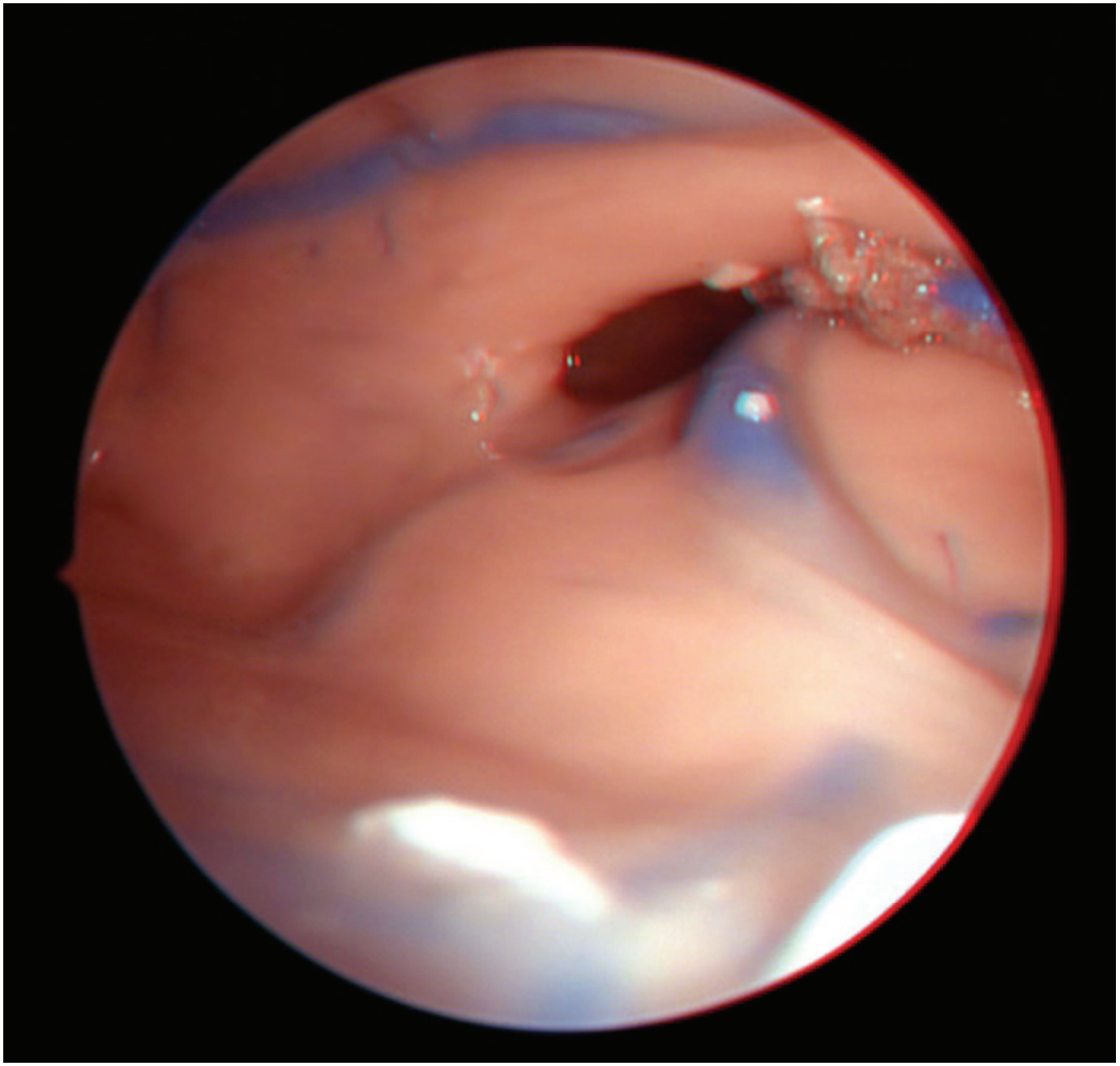
Şekil 39a – 3D görüntü



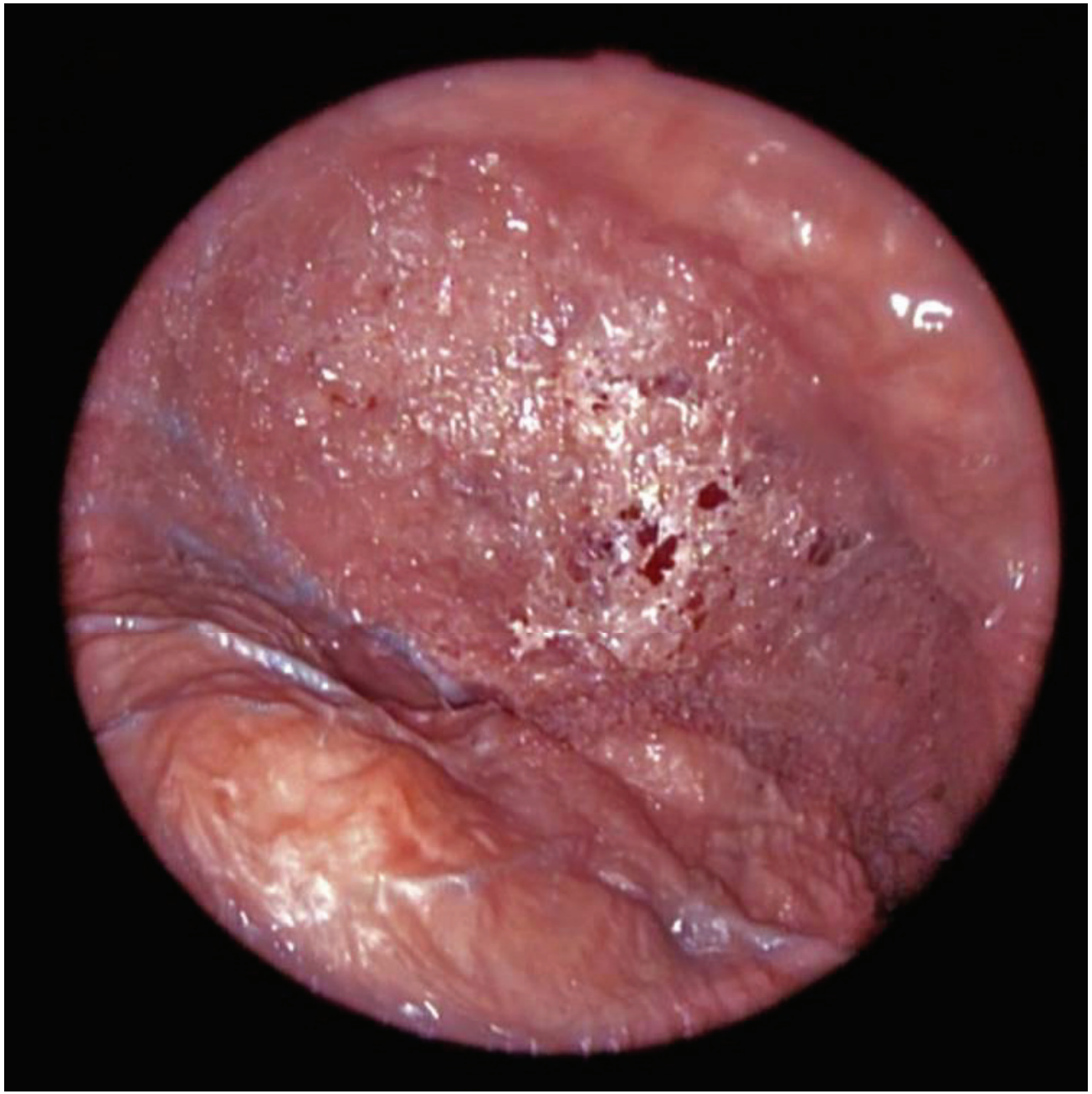
Şekil 39b – 3D görüntü



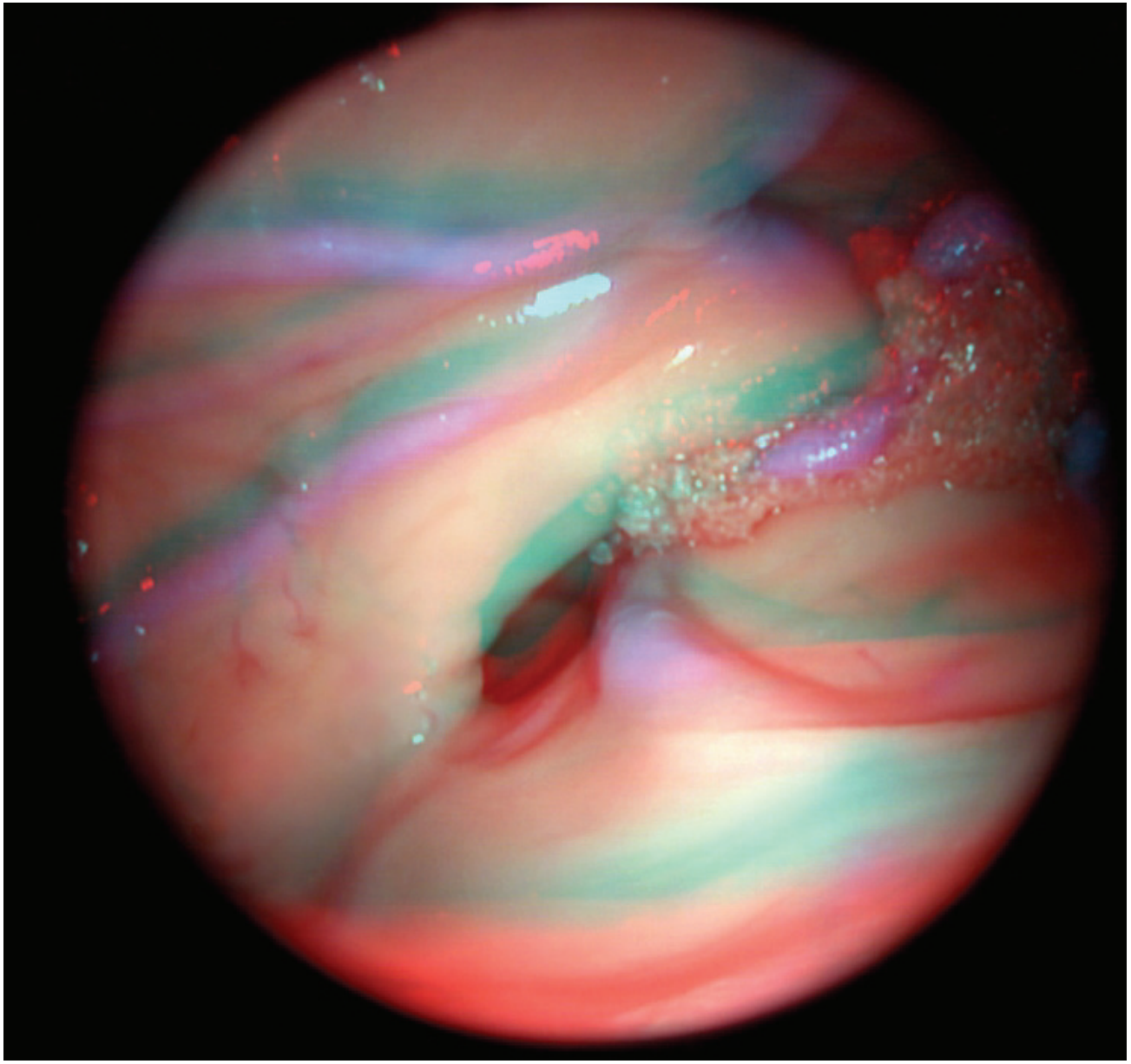
Şekil 40a – 3D görüntü



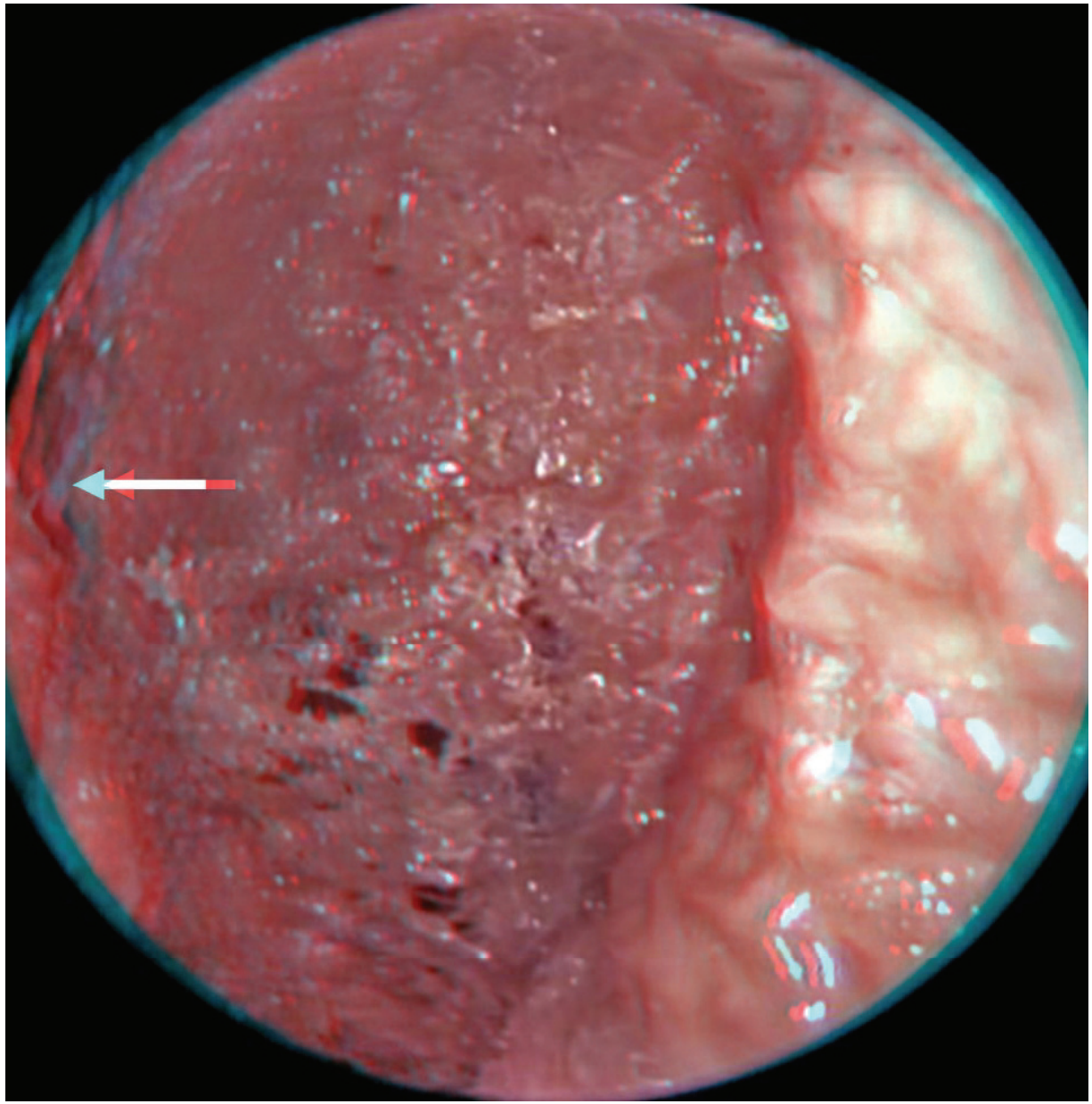
Şekil 40b – 3D görüntü



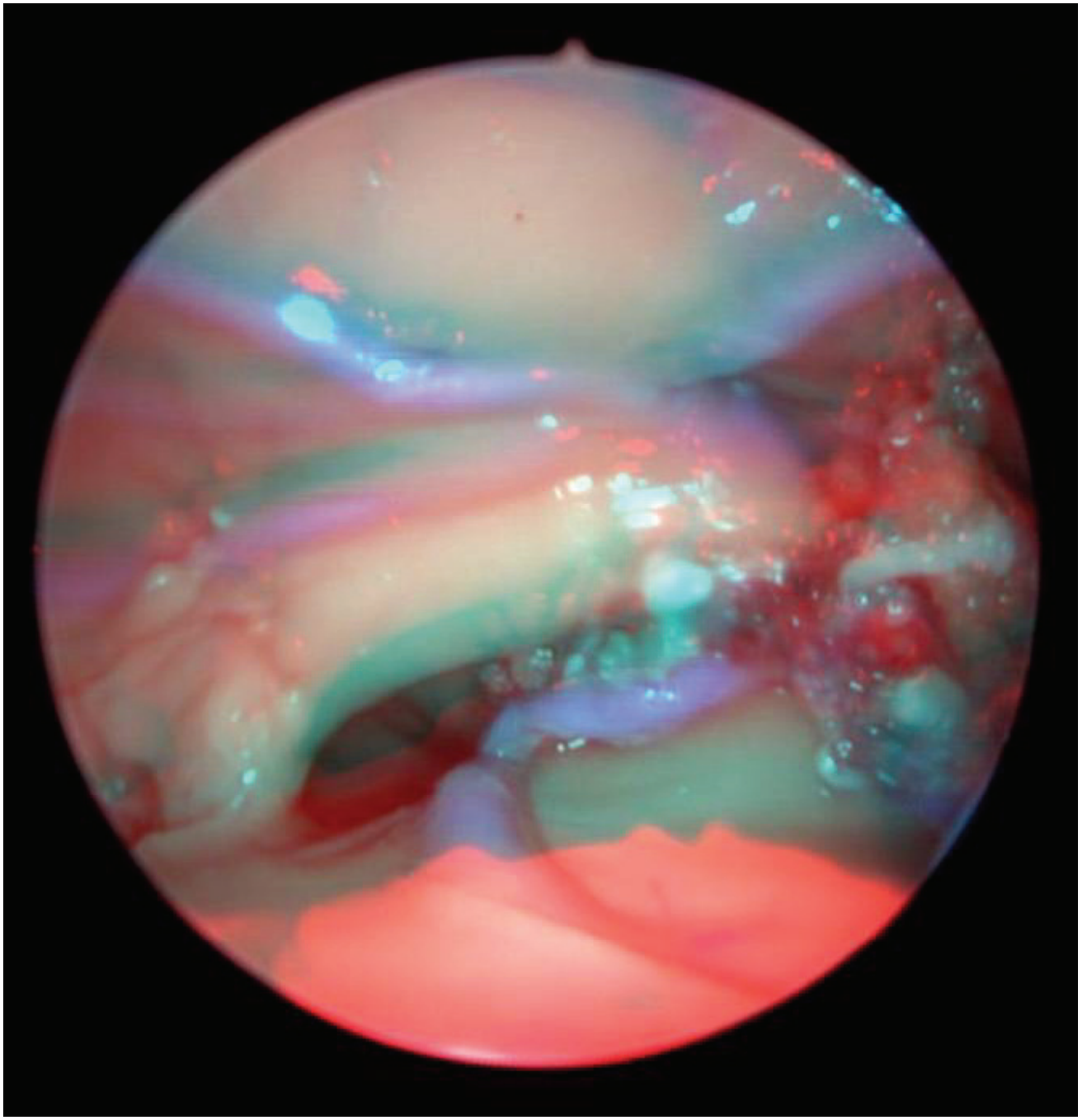
Şekil 41a – 3D görüntü



Şekil 41b – 3D görüntü



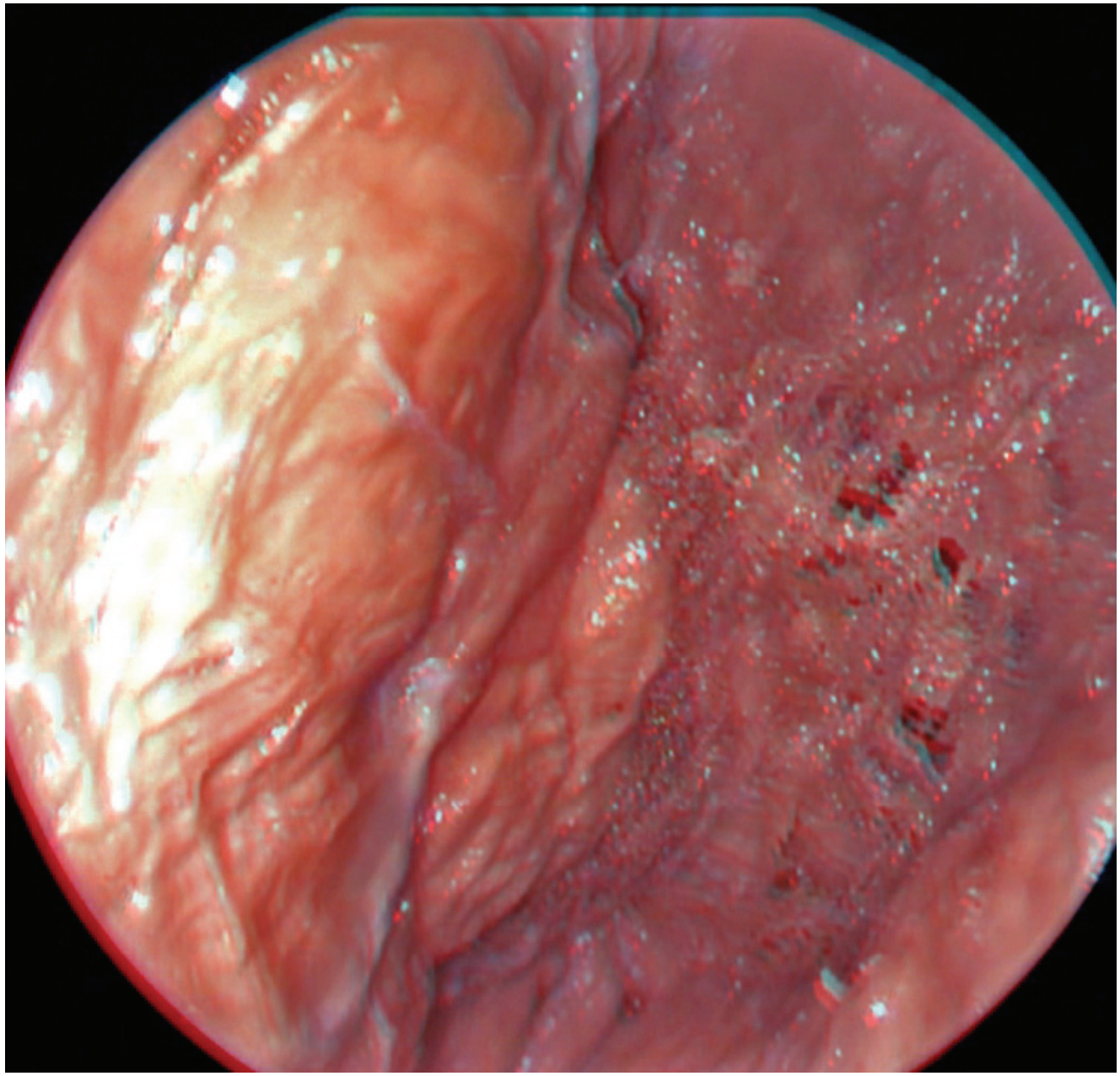
Şekil 42a – 3D görüntü



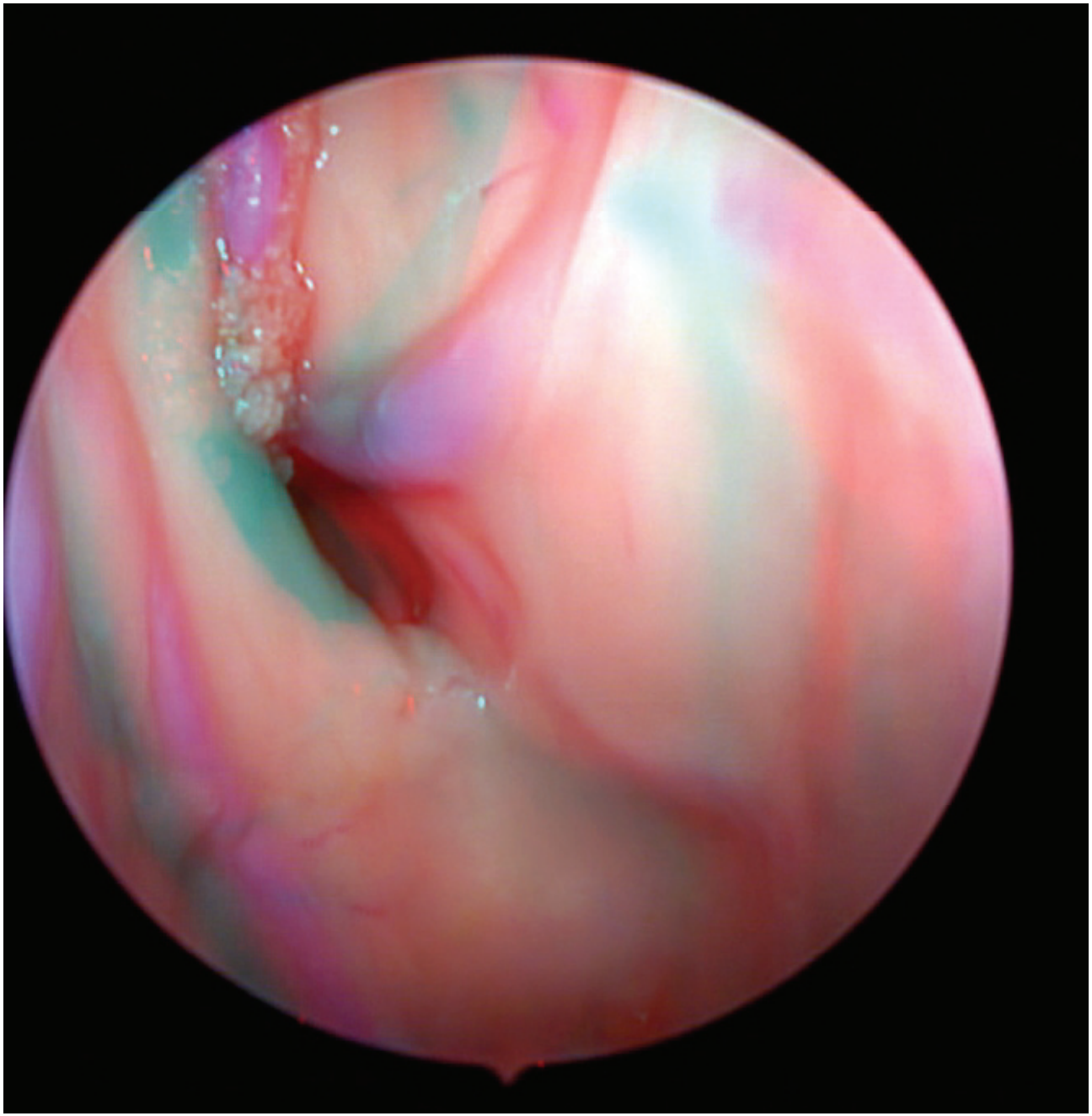
Şekil 42b – 3D görüntü



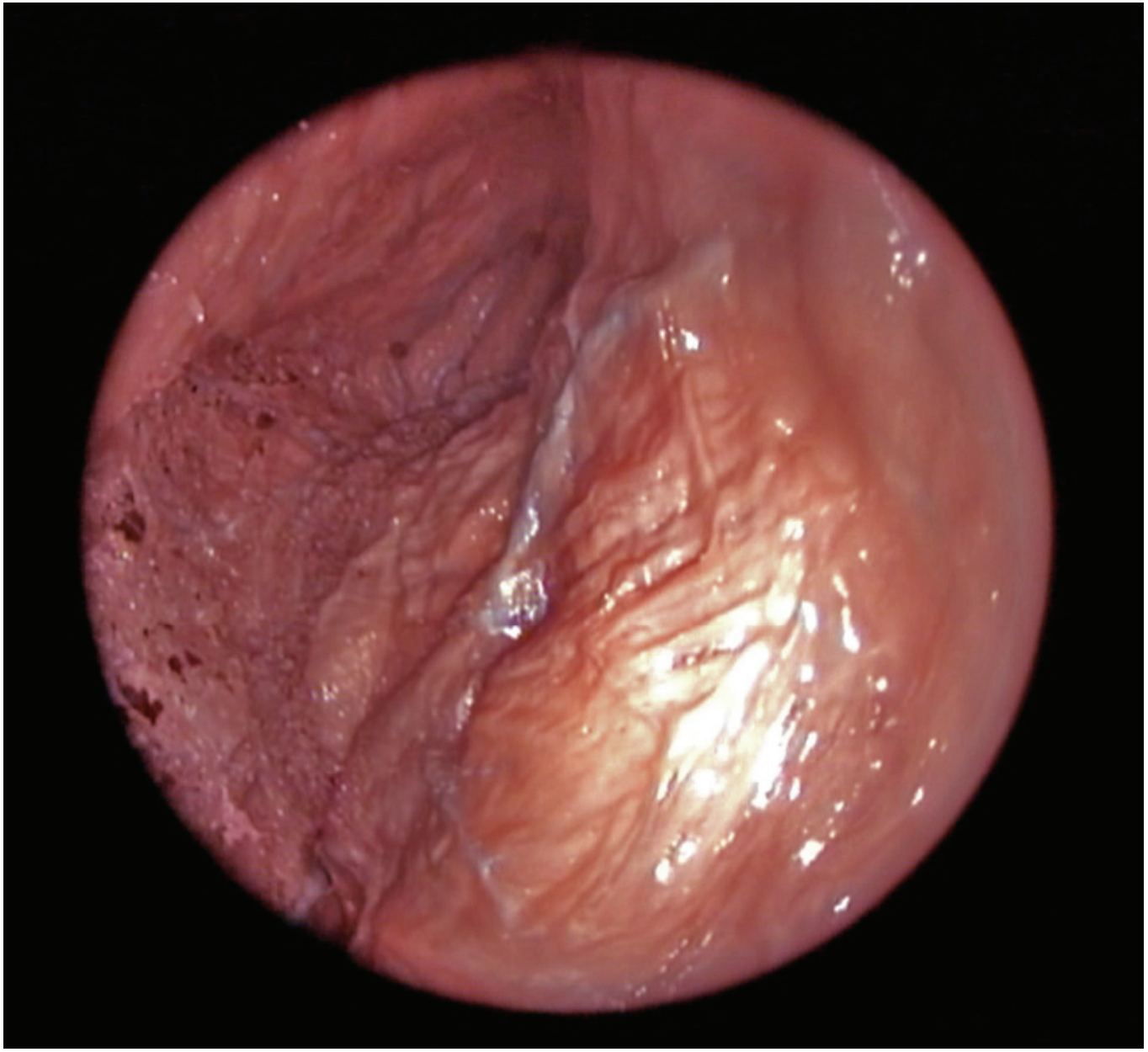
Şekil 43 – 3D görüntü



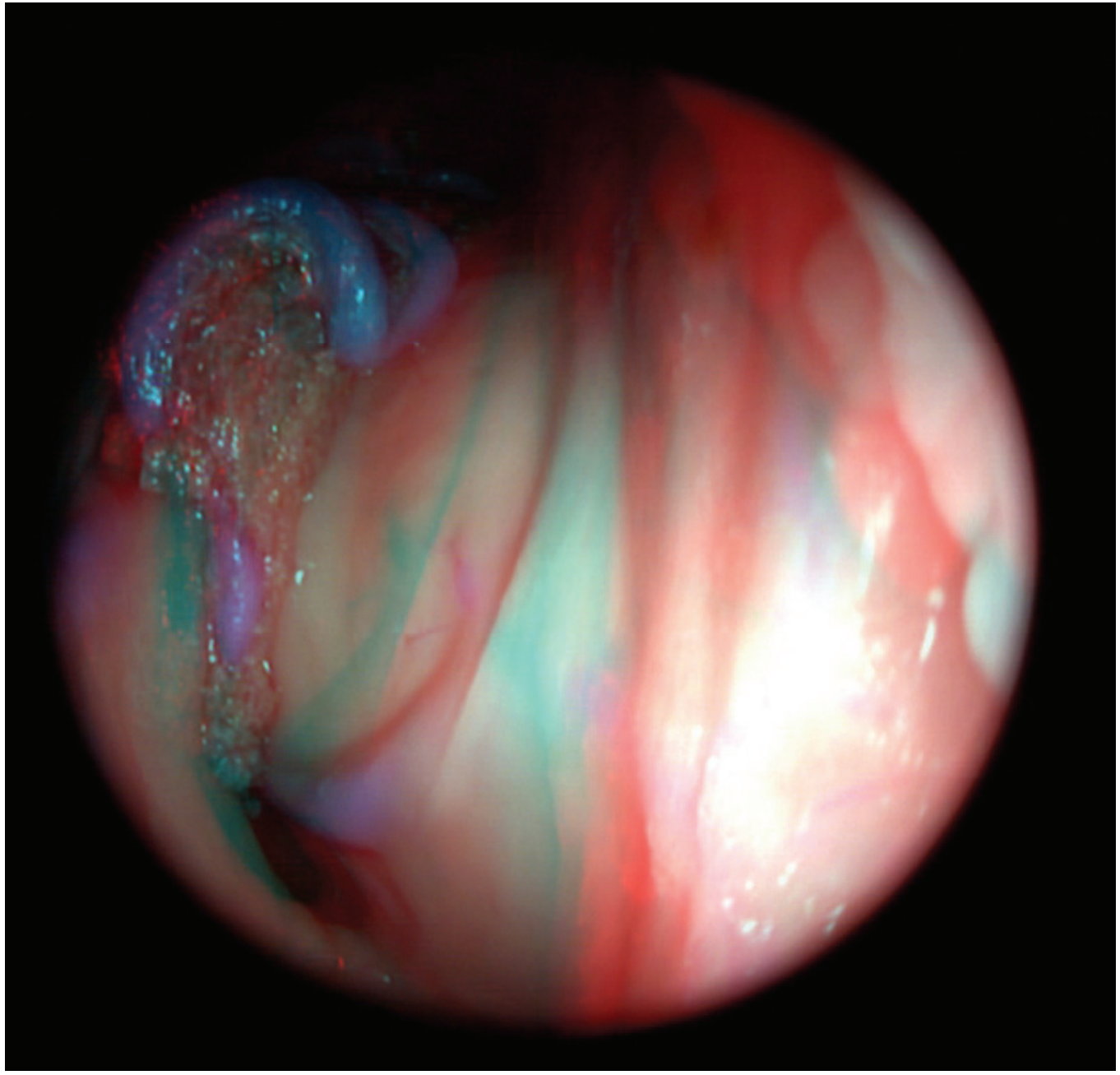
Şekil 44a – 3D görüntü



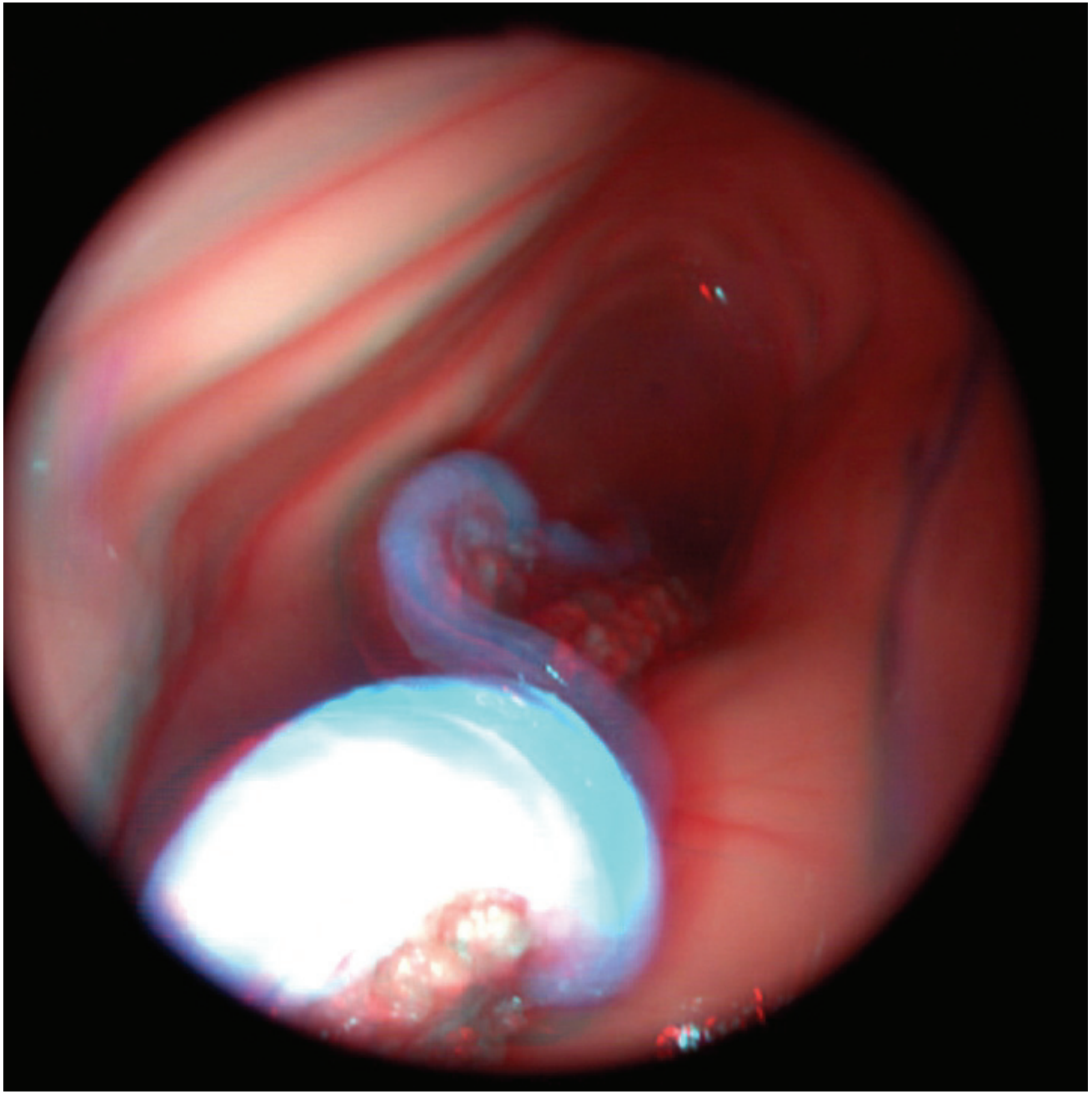
Şekil 44b – 3D görüntü



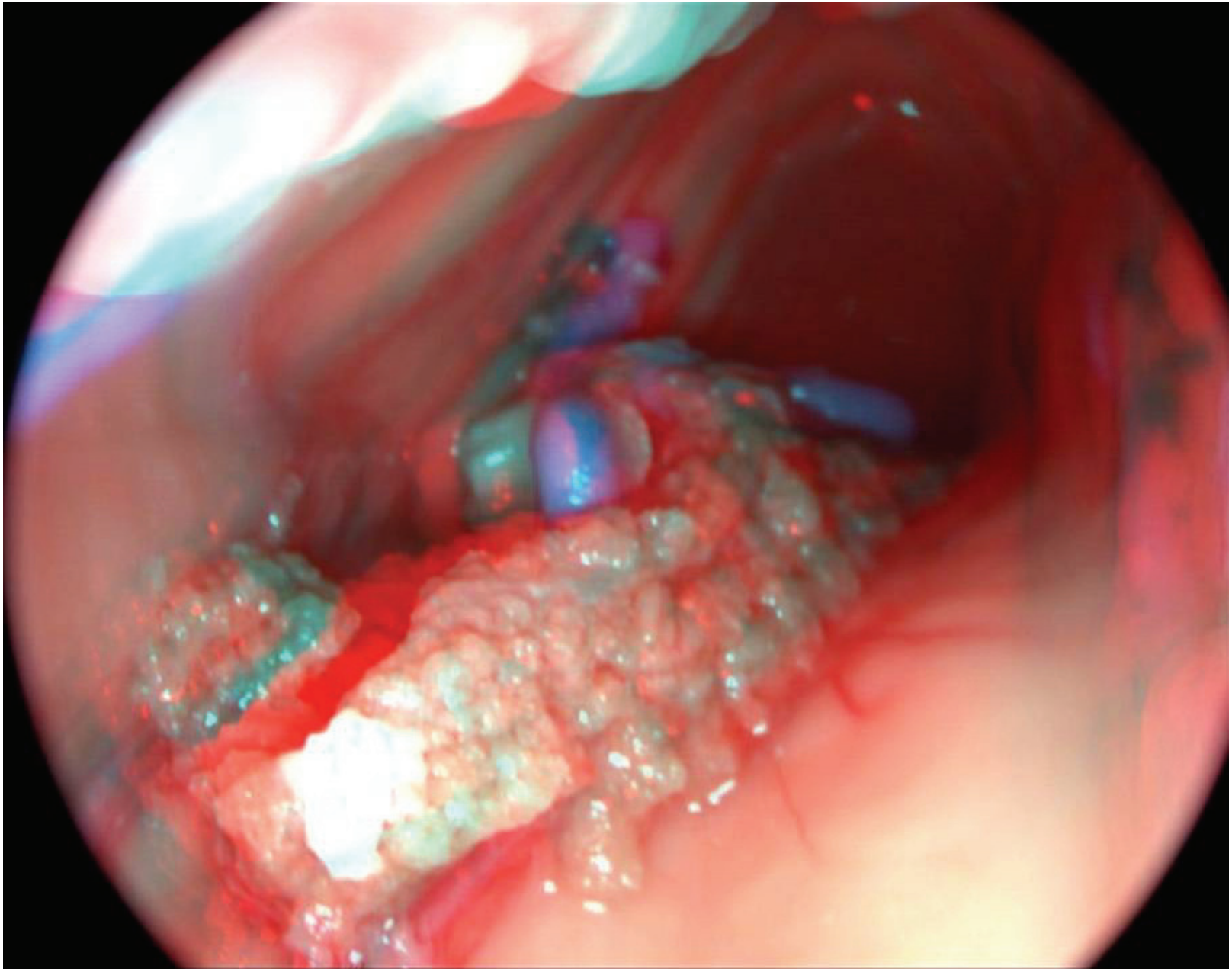
Şekil 45a – 3D görüntü



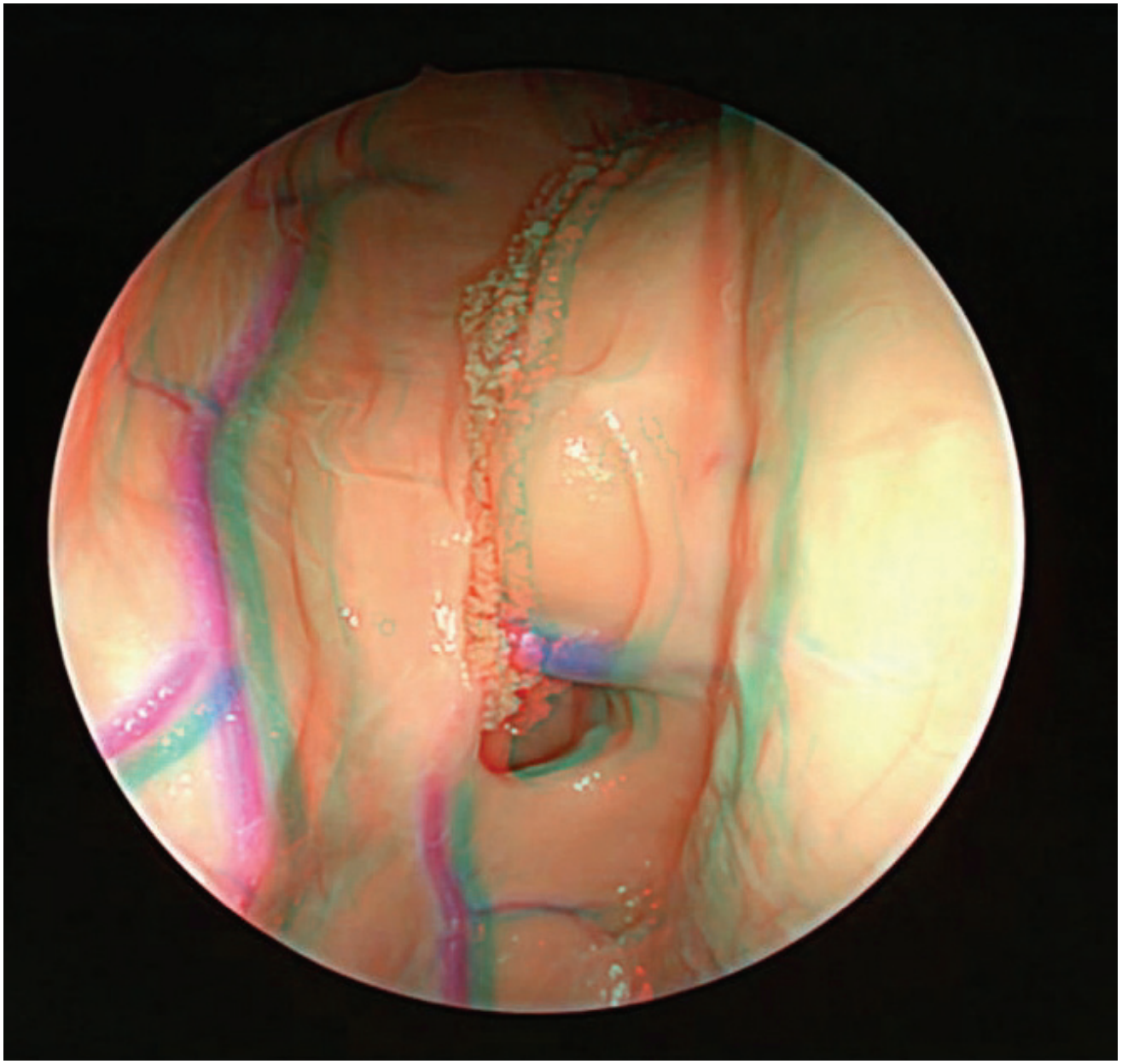
Şekil 45b – 3D görüntü



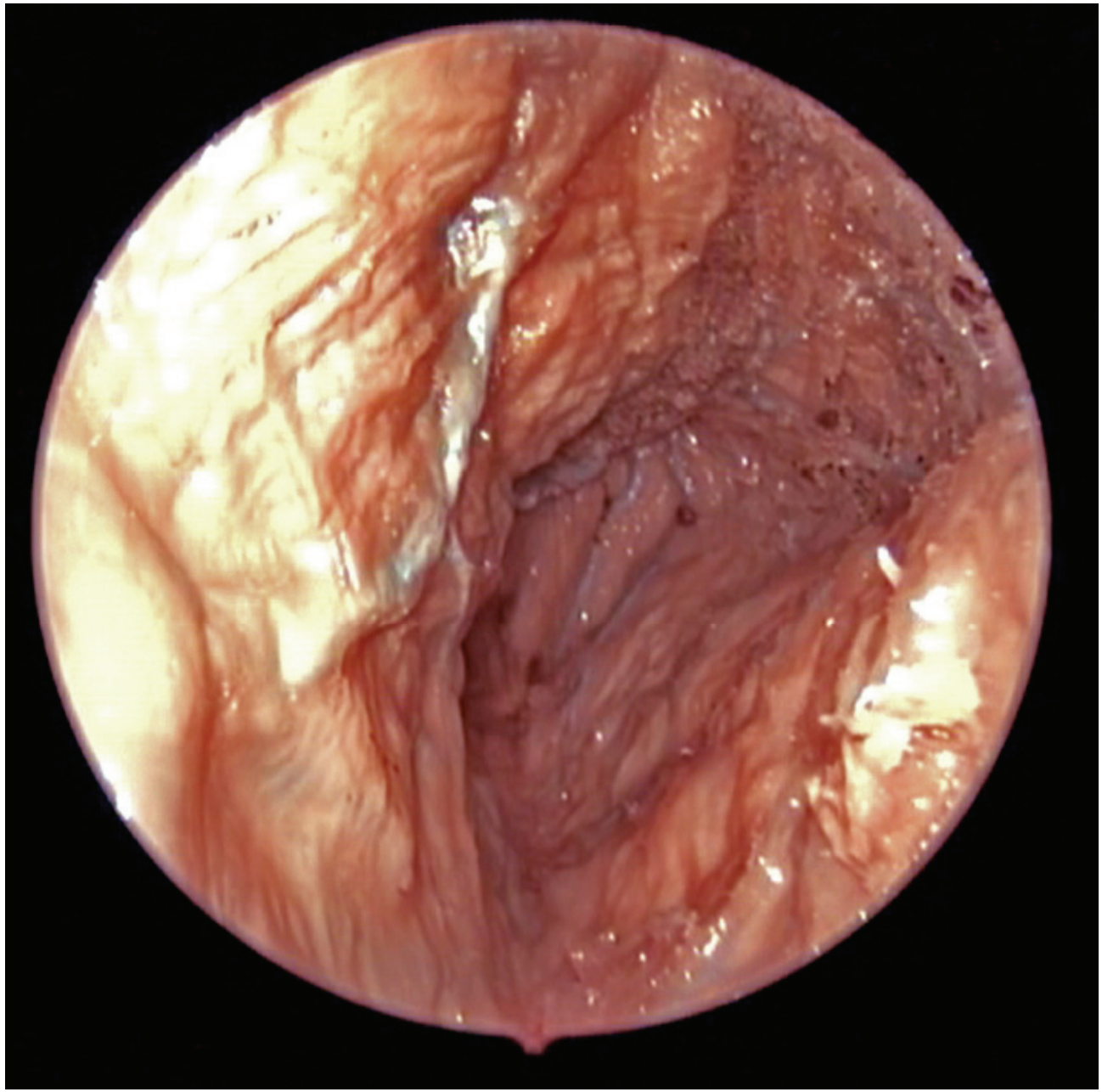
Şekil 45c – 3D görüntü



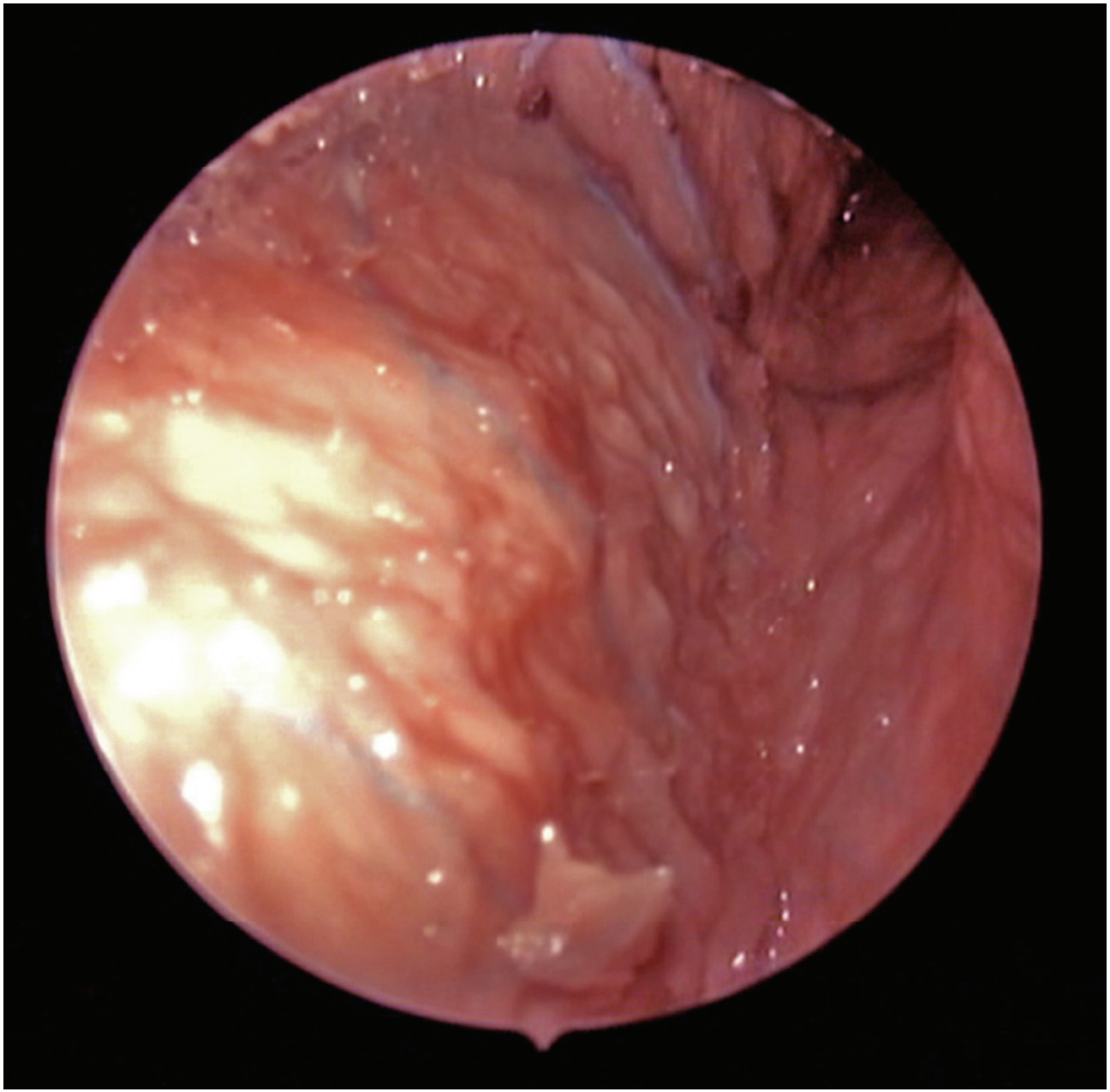
Şekil 46a – 3D görüntü



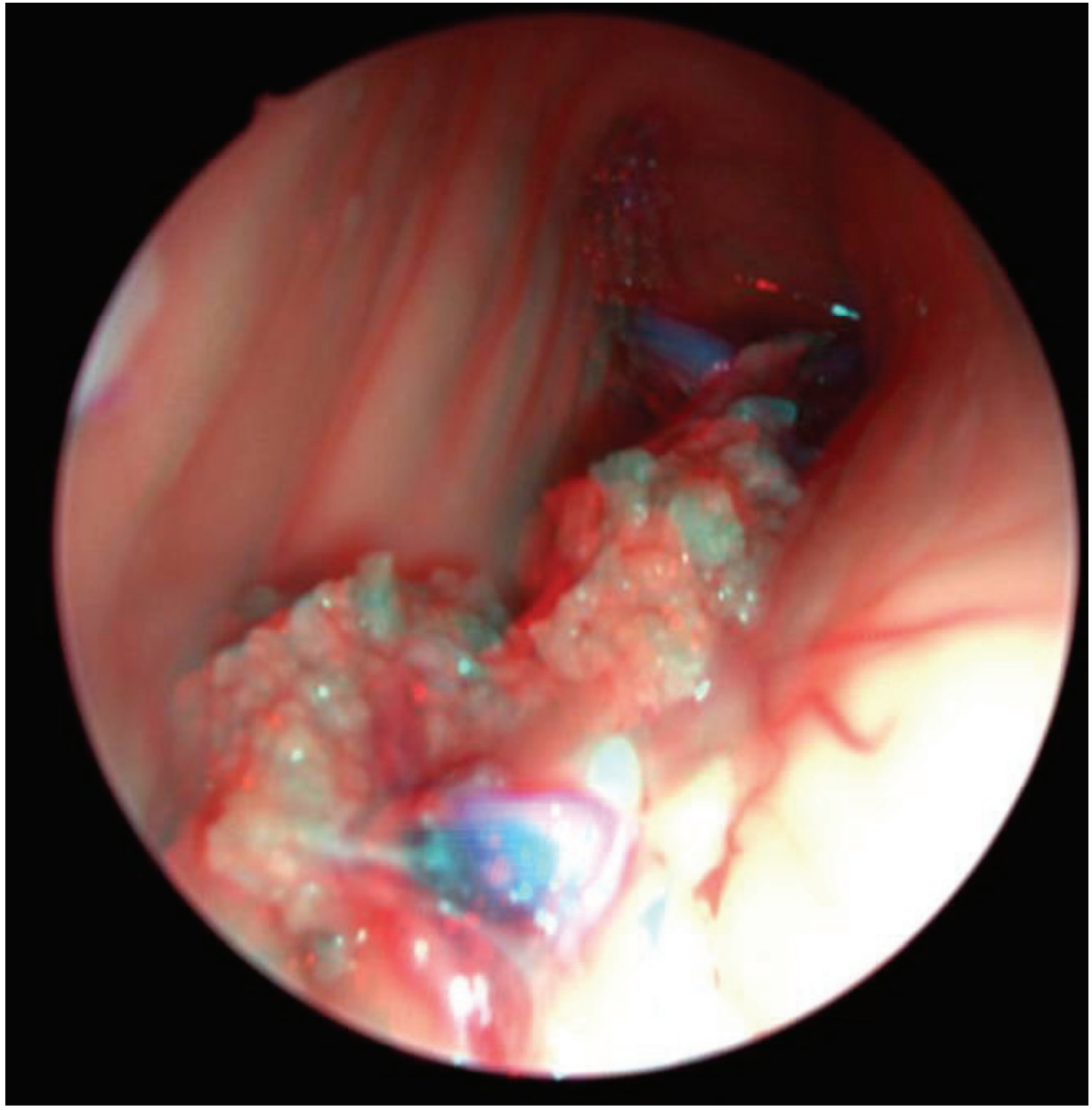
Şekil 46b – 3D görüntü



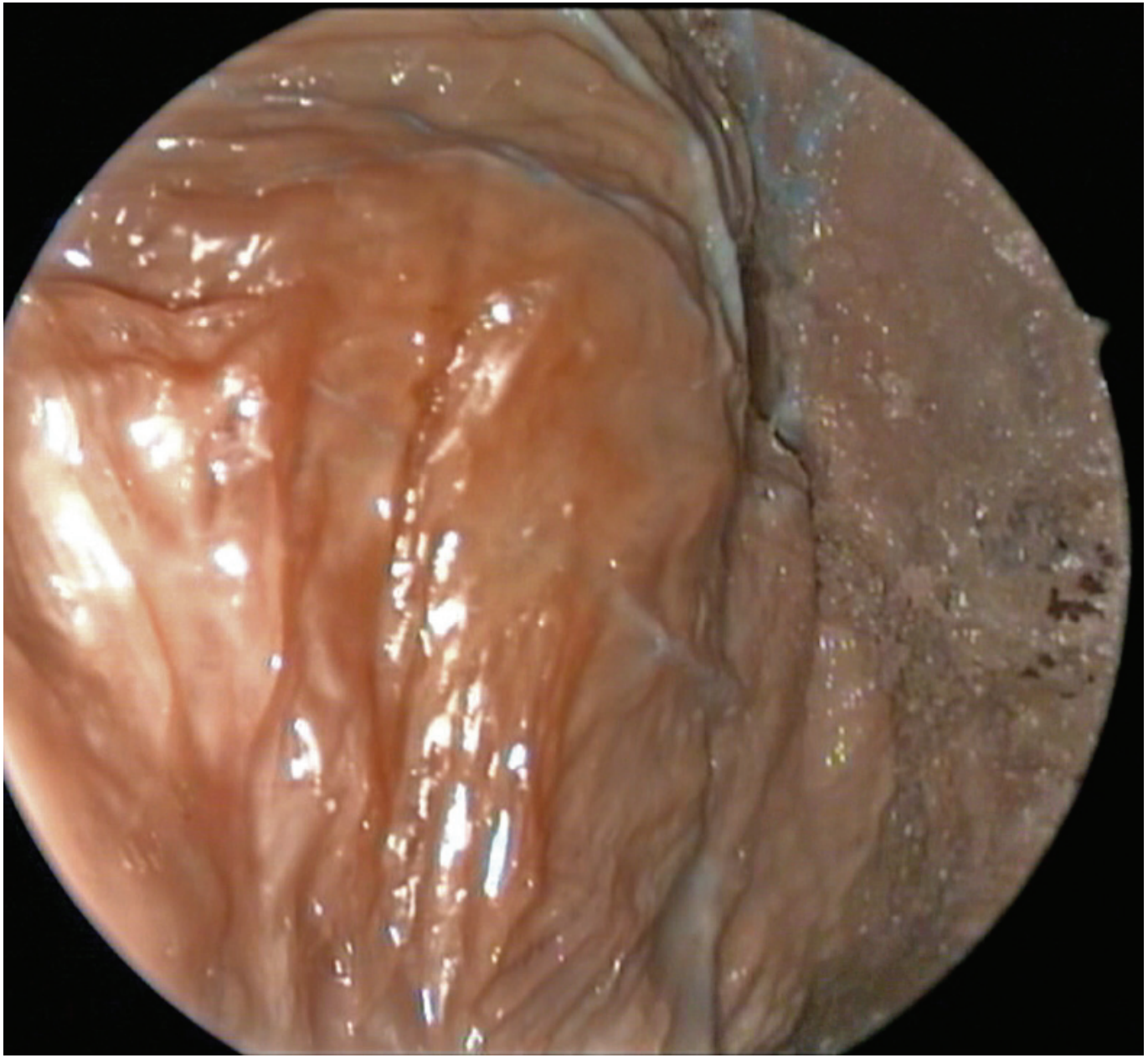
Şekil 46c – 3D görüntü



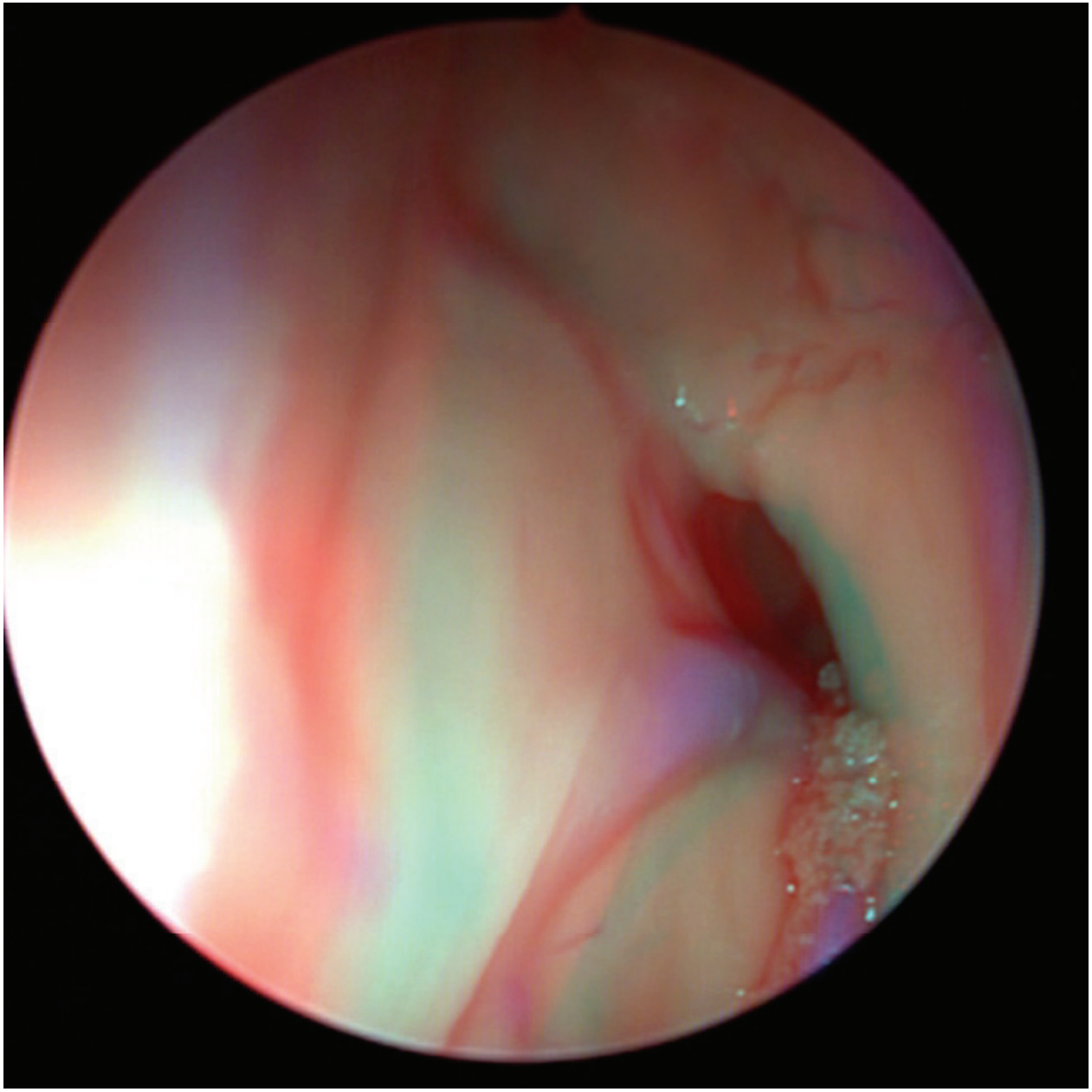
Şekil 47a – 3D görüntü



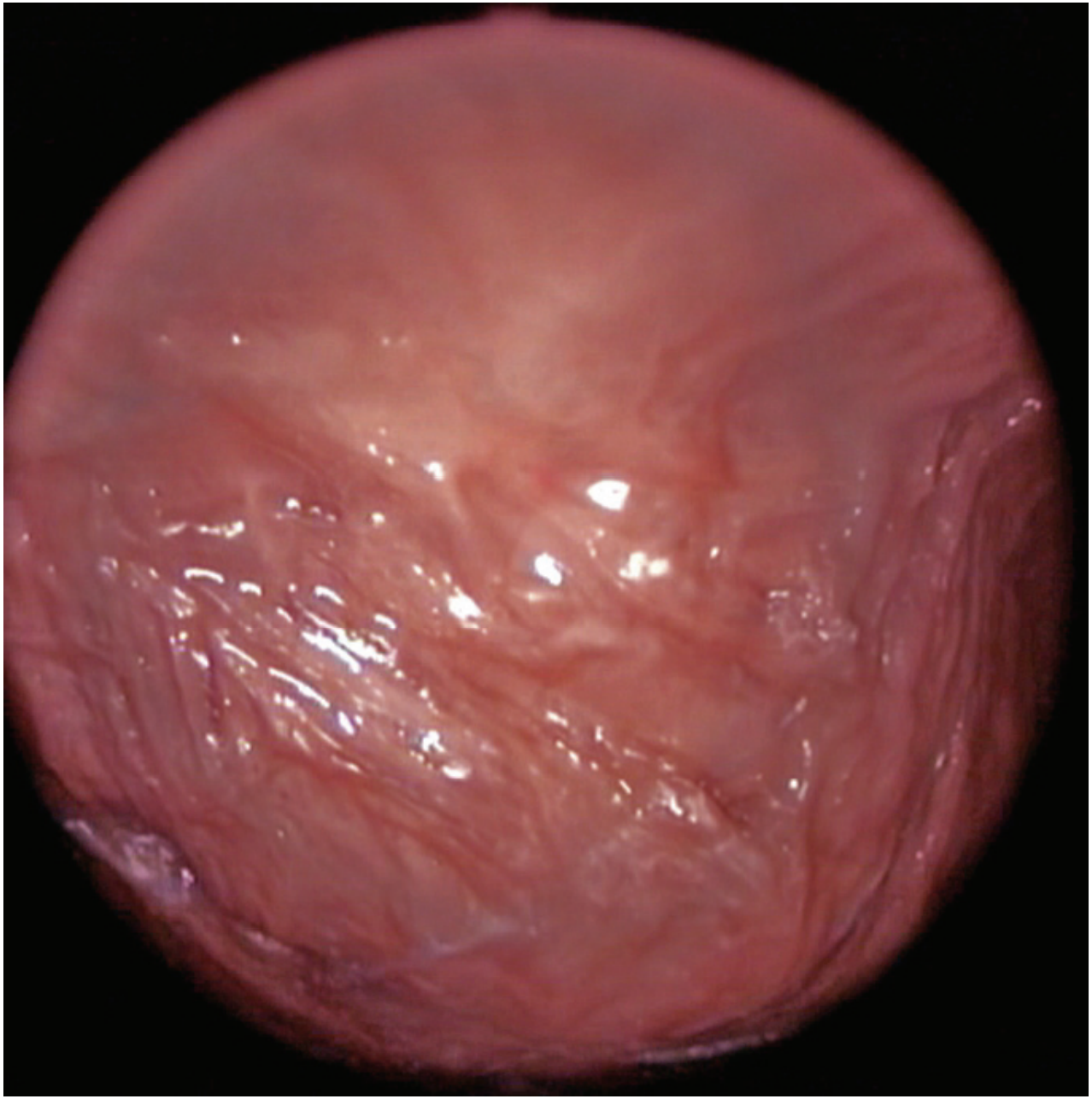
Şekil 47b – 3D görüntü



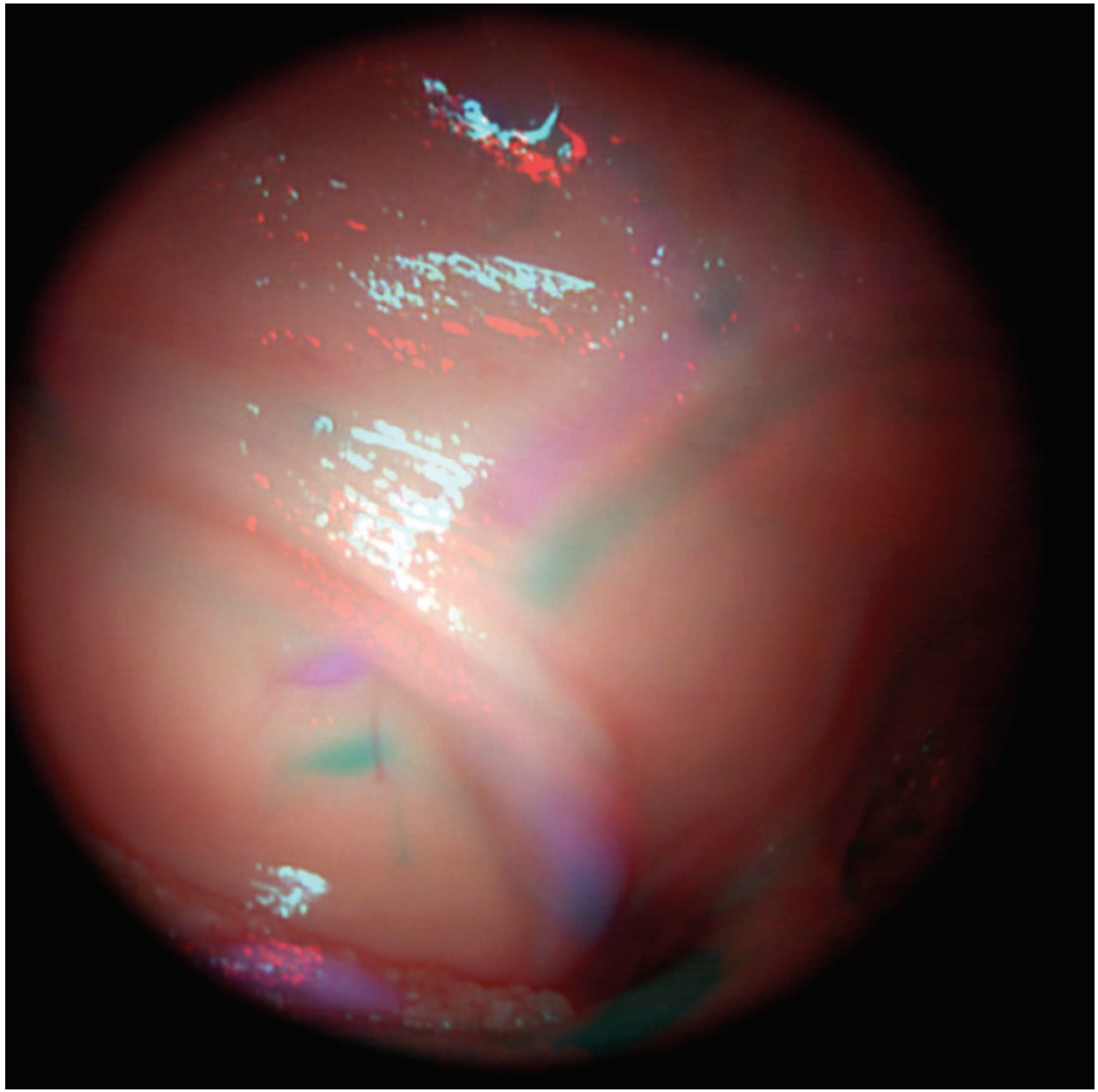
Şekil 48a – 3D görüntü



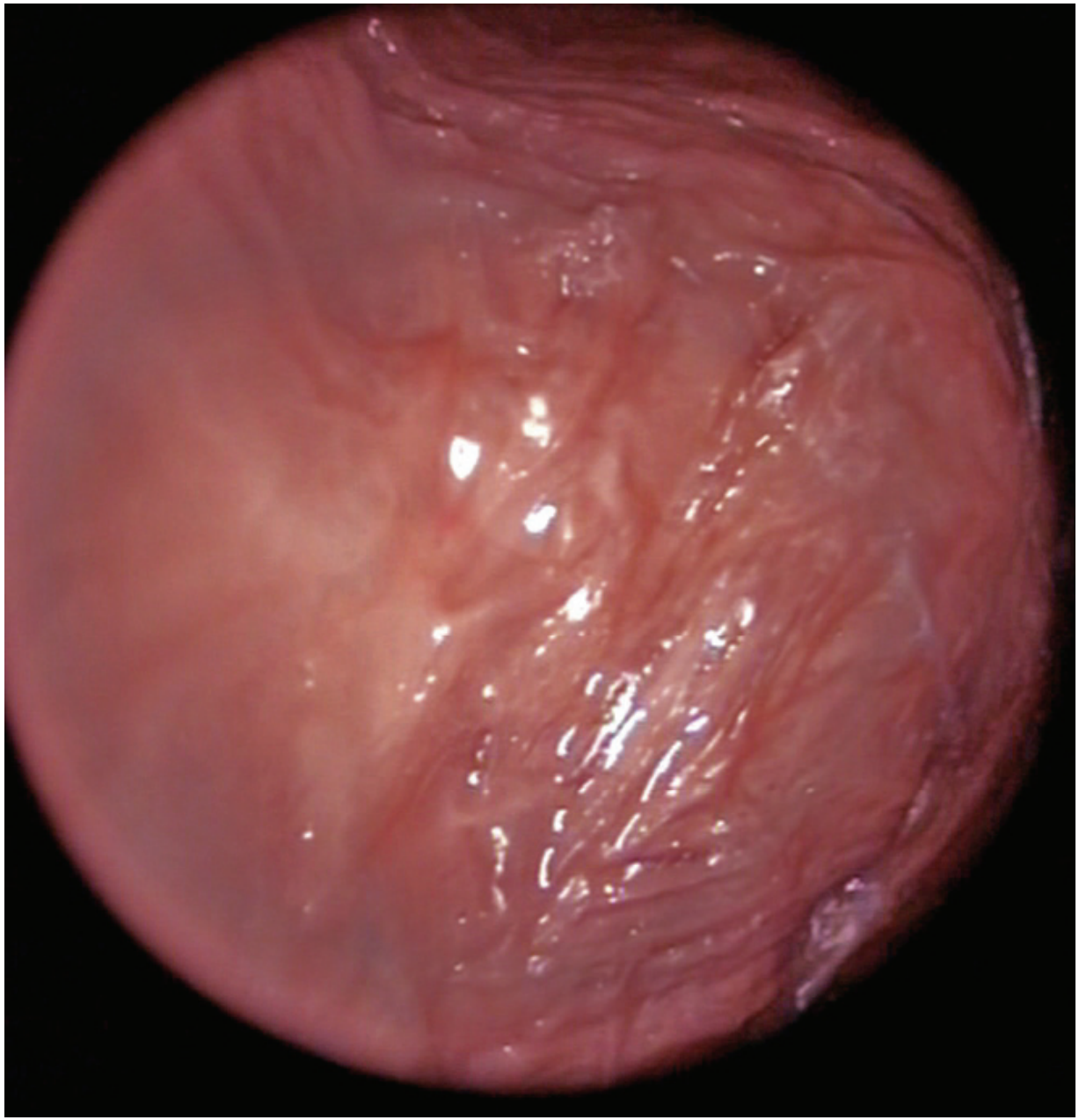
Şekil 48b – 3D görüntü



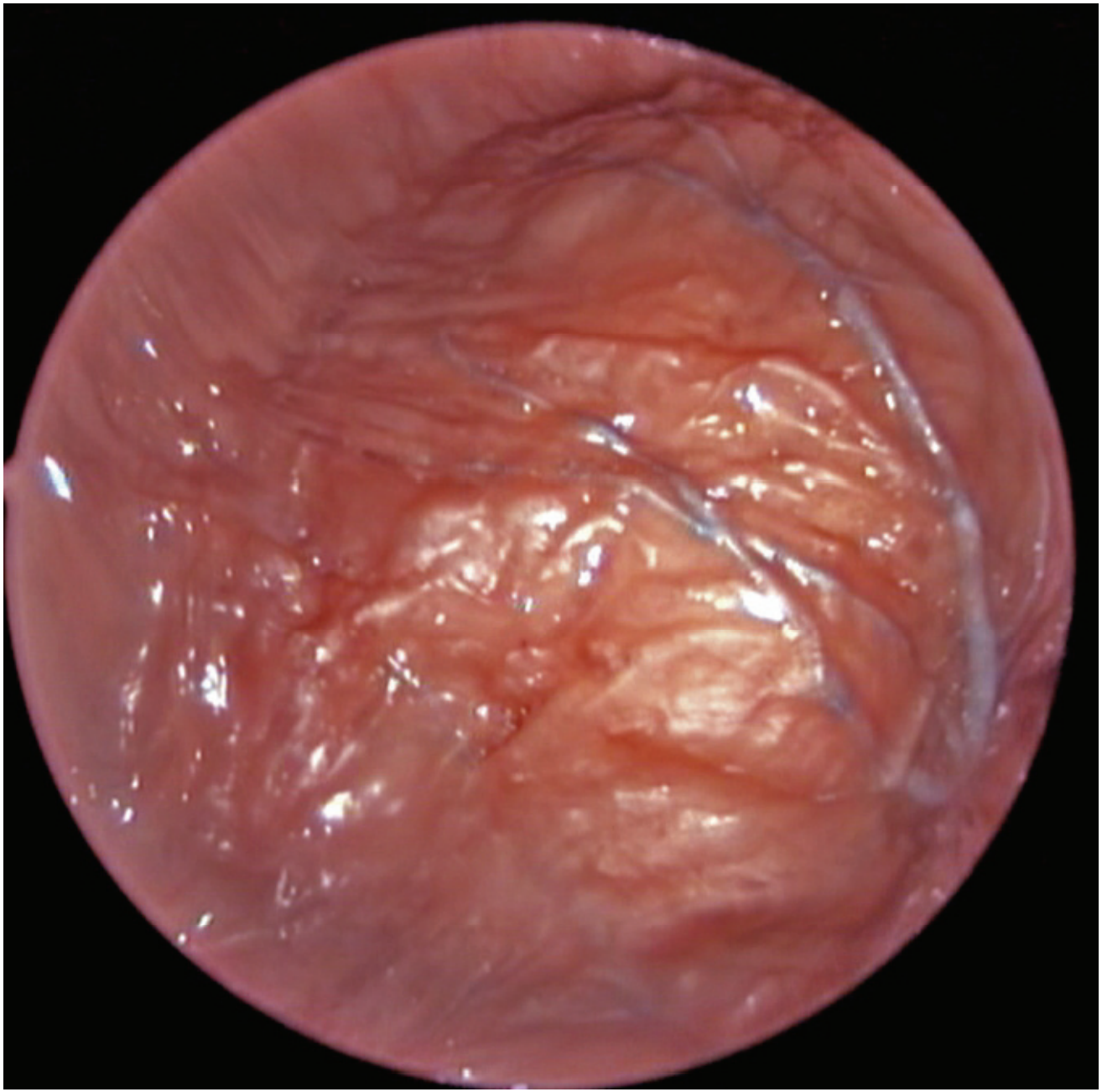
Şekil 49a – 3D görüntü



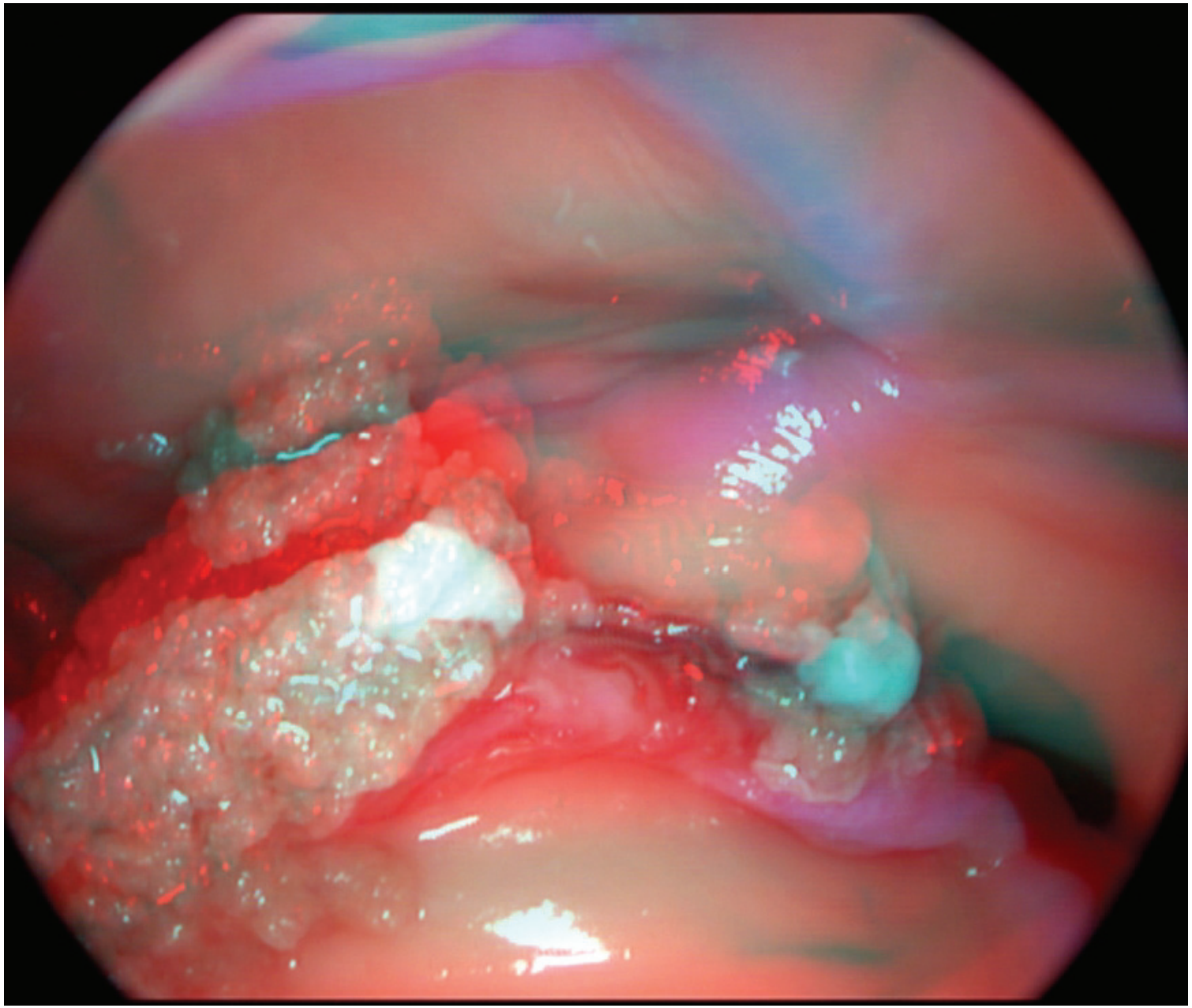
Şekil 49b – 3D görüntü



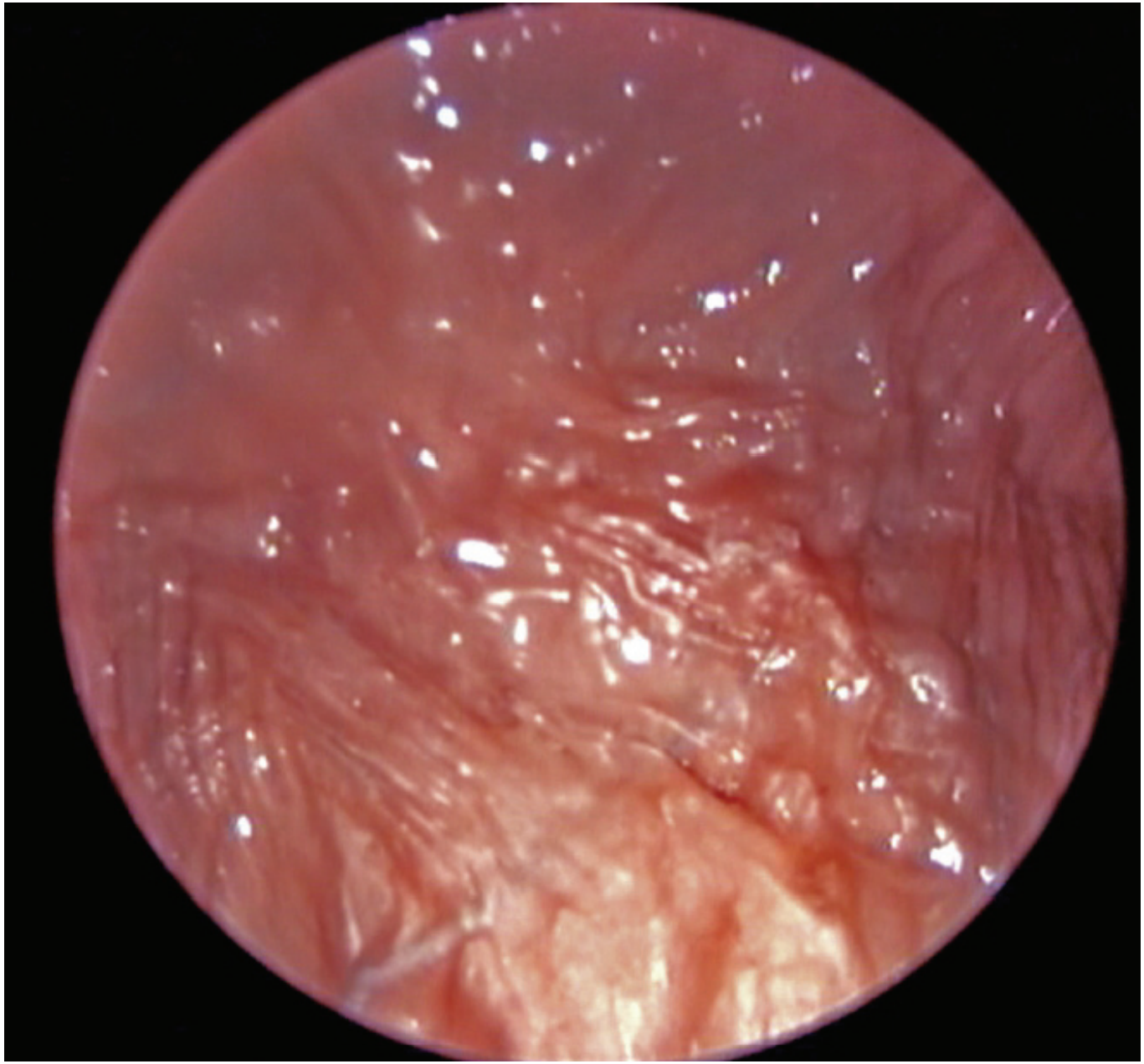
Şekil 50a – 3D görüntü



Şekil 50b – 3D görüntü

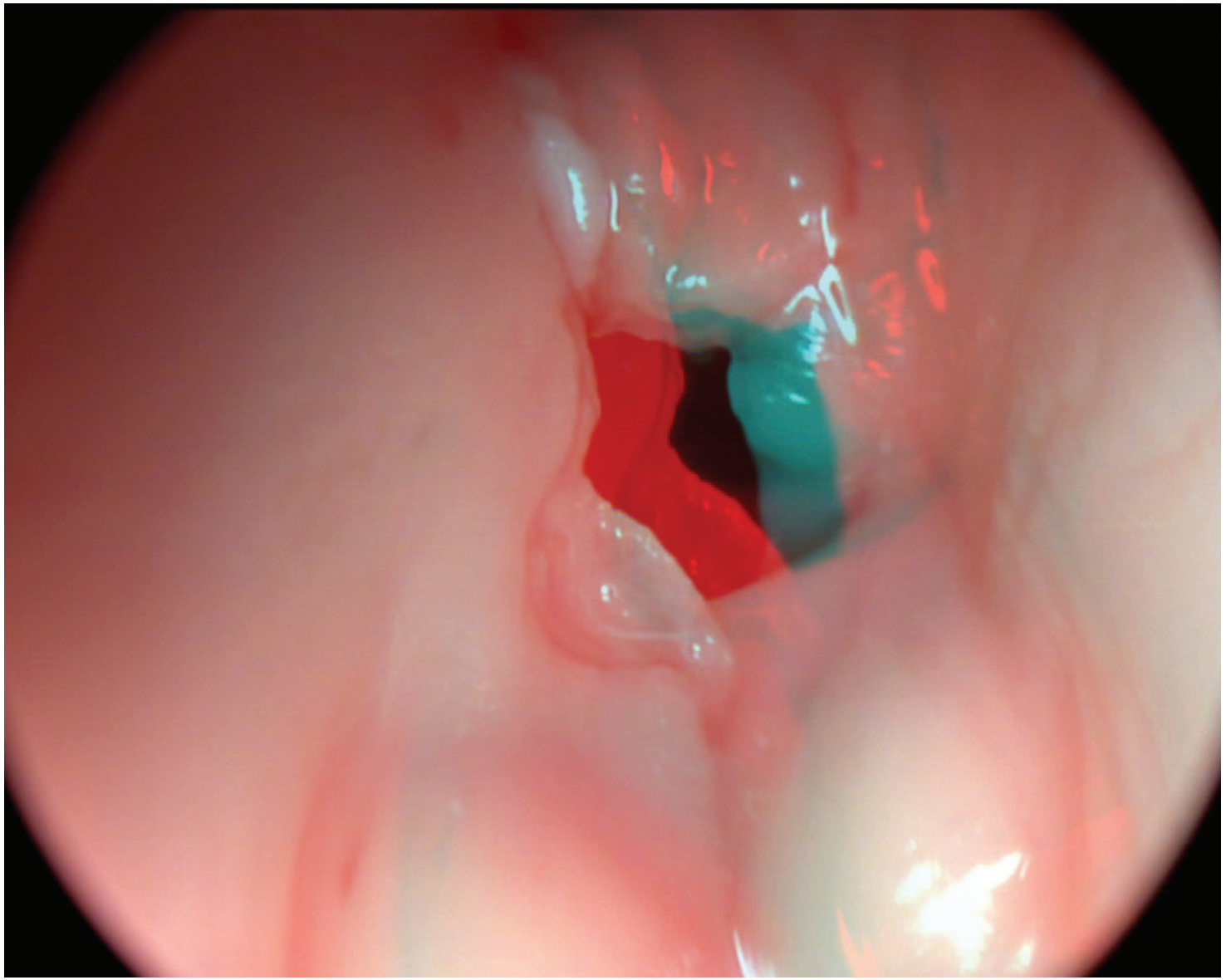


Şekil 50c – 3D görüntü

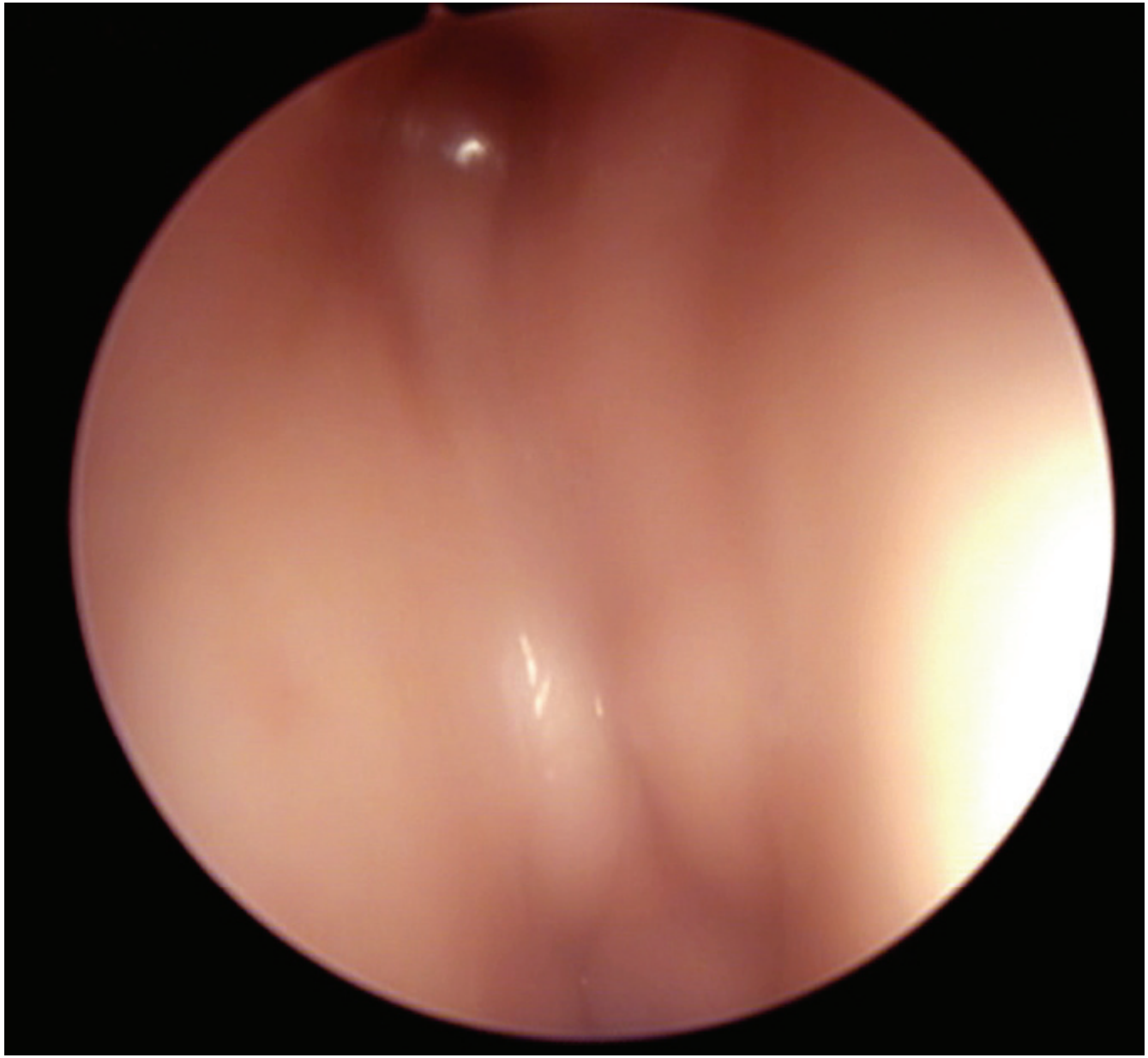


Şekil 51 – 3D görüntü

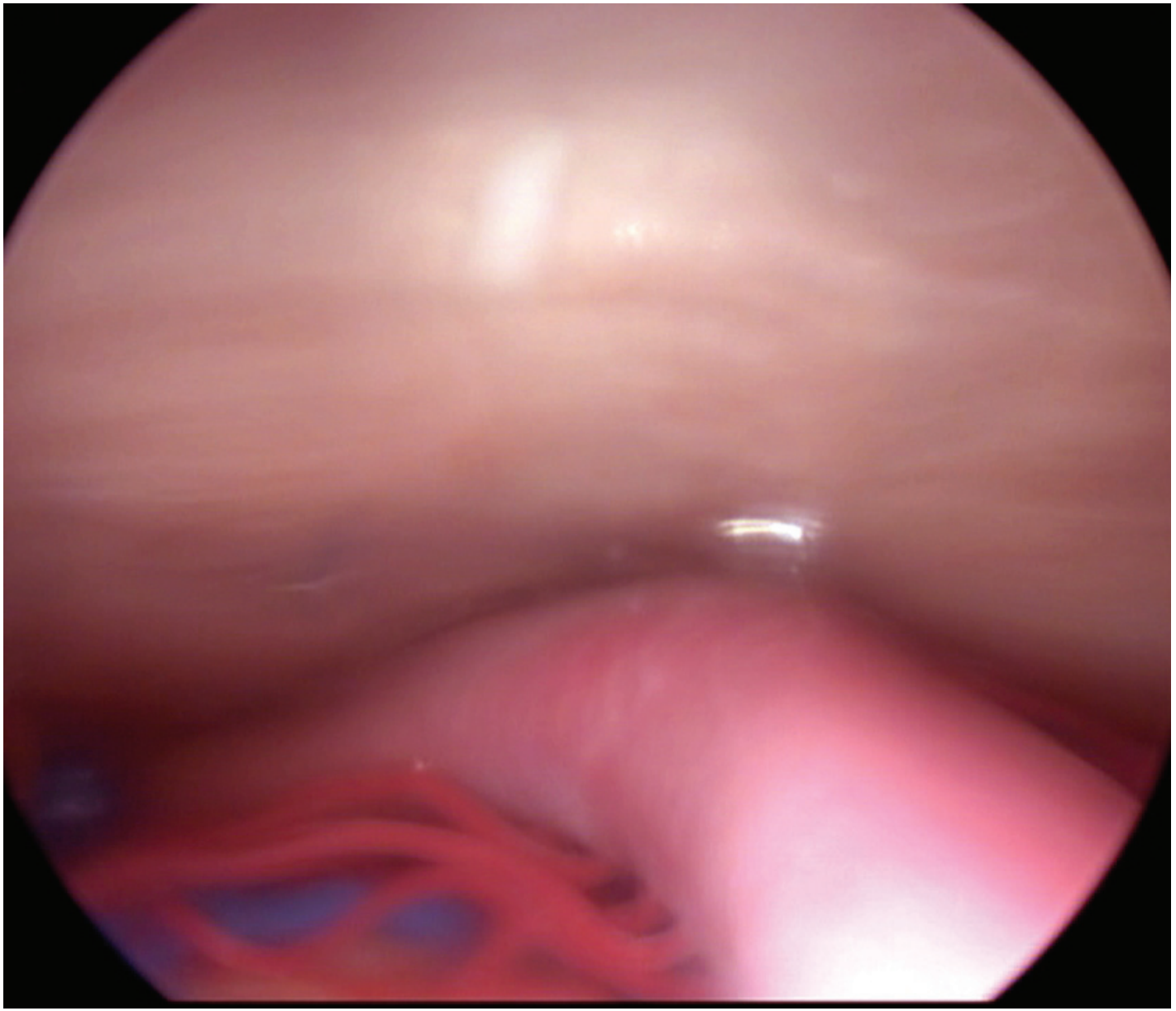
ÜÇÜNCÜ VENTRİKÜL
3D GÖRÜNTÜLERİ



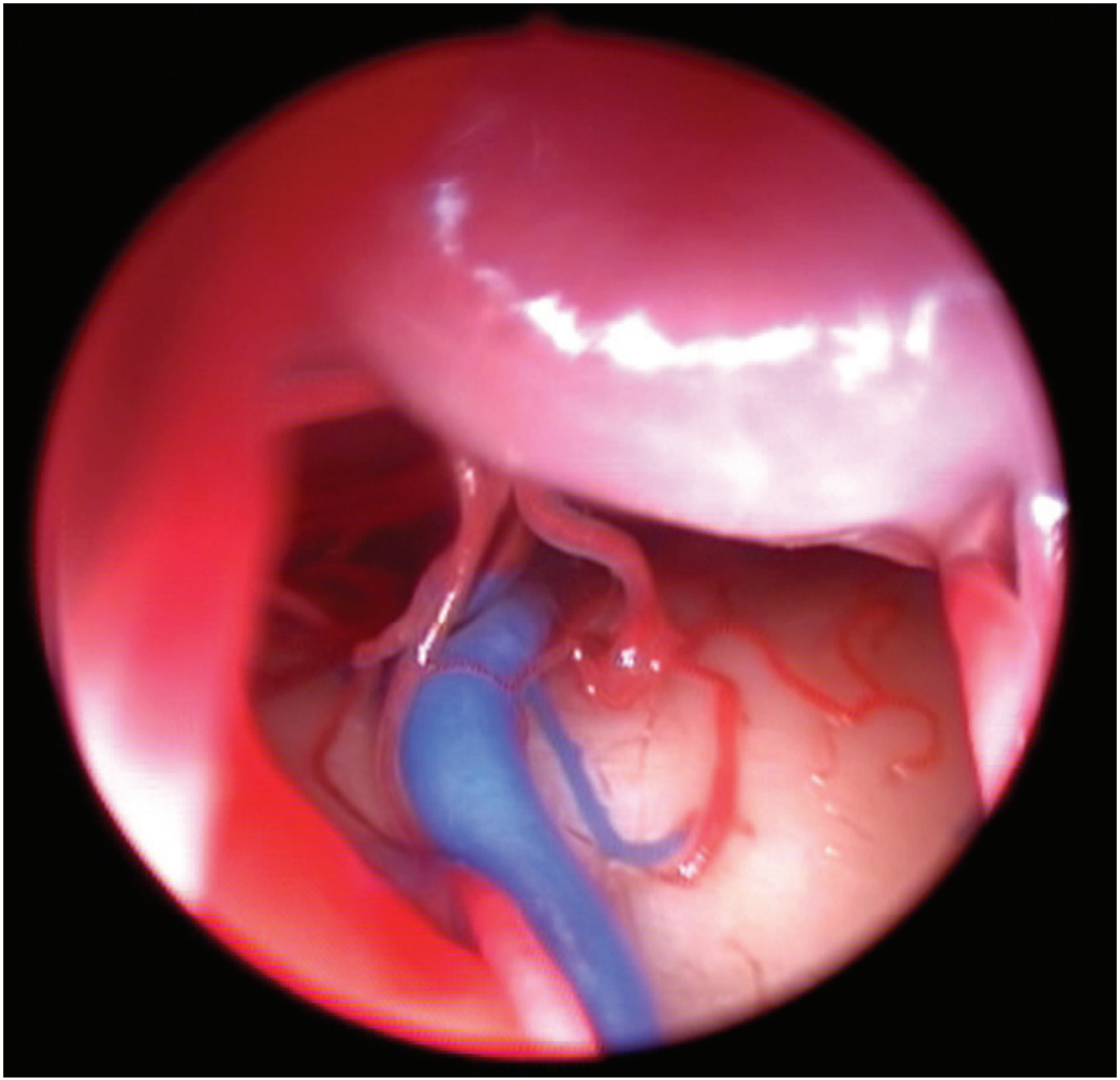
Şekil 52a – 3D görüntü



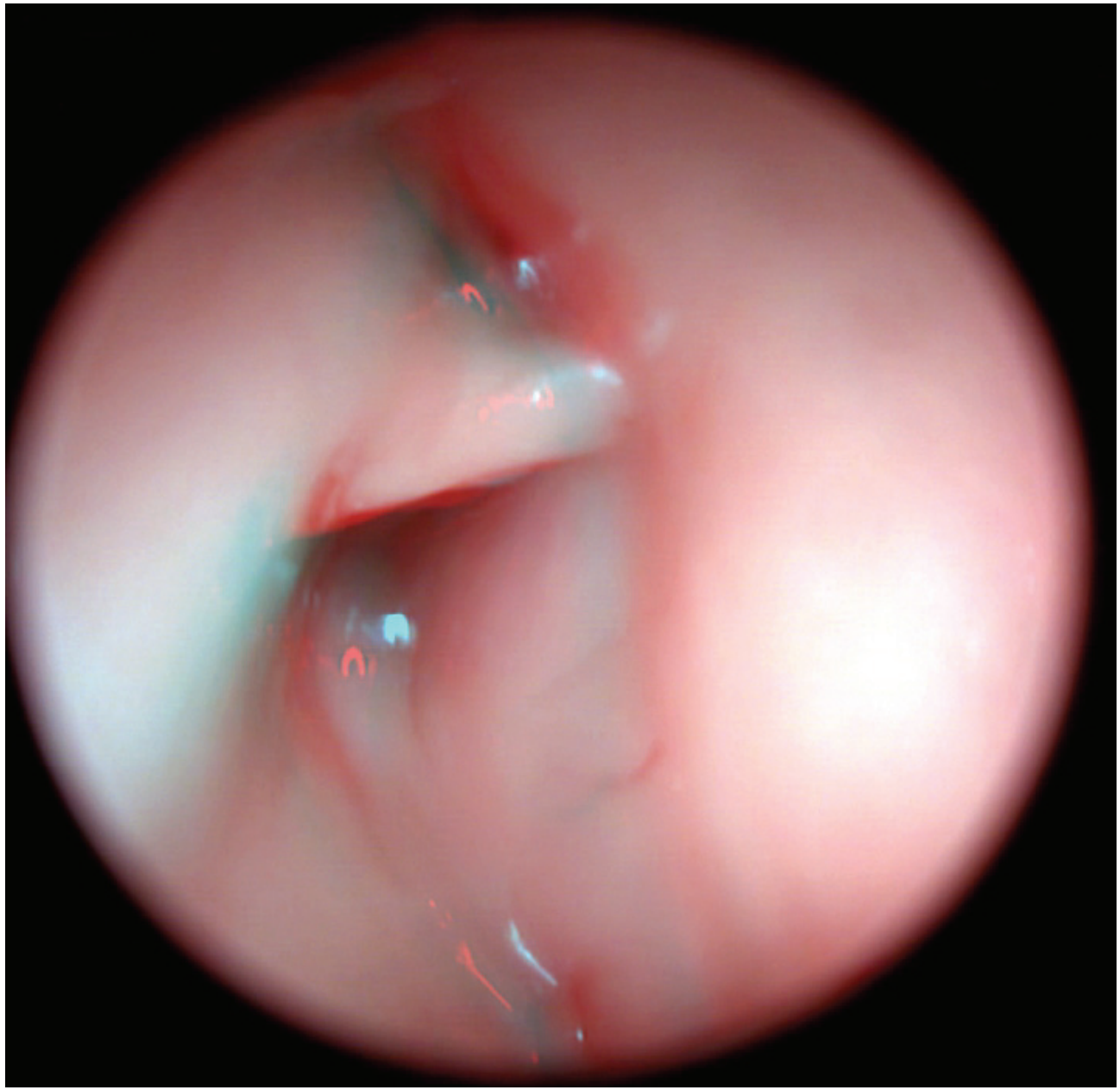
Şekil 52b – 3D görüntü



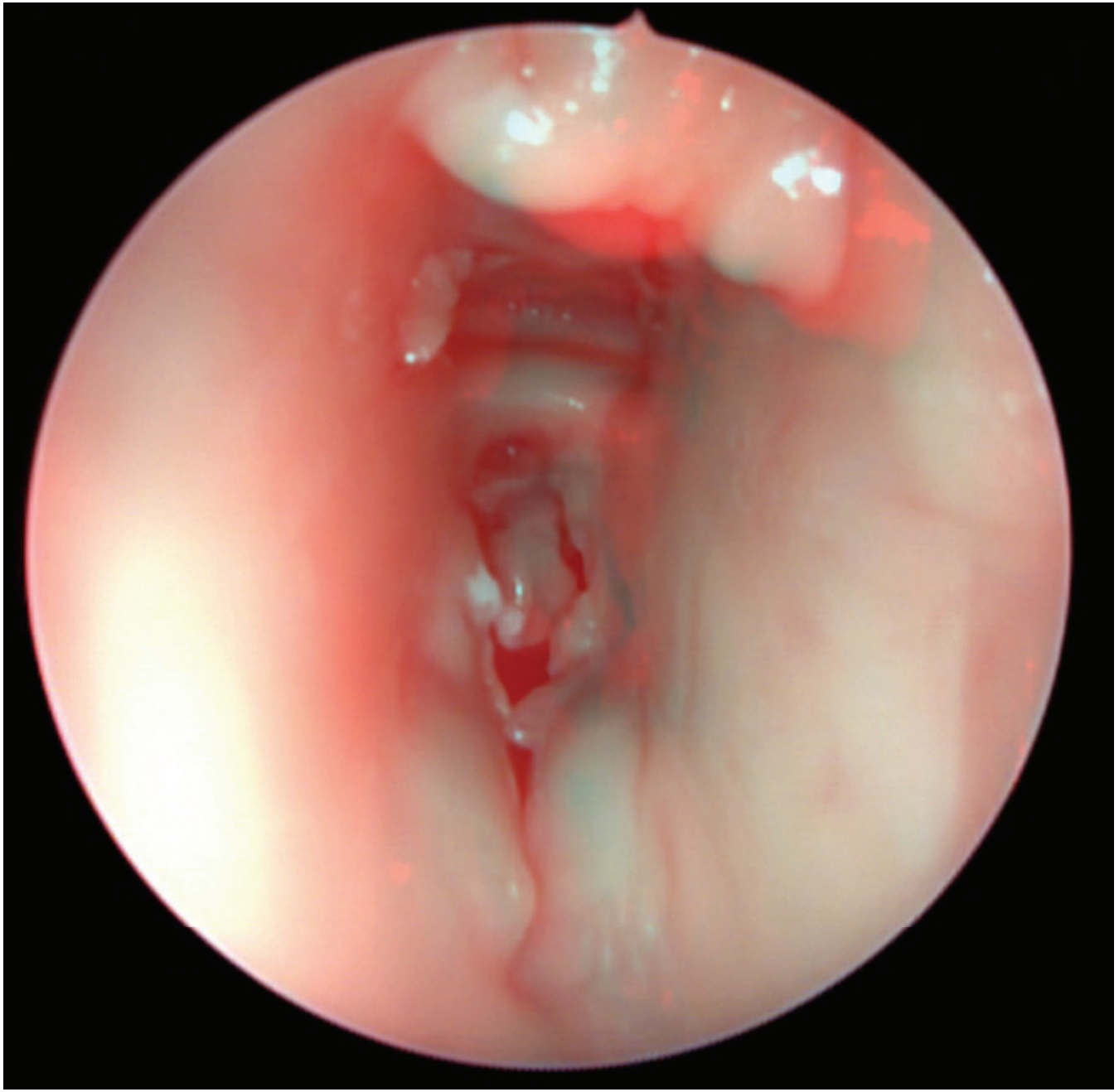
Şekil 52c – 3D görüntü



Şekil 52d – 3D görüntü



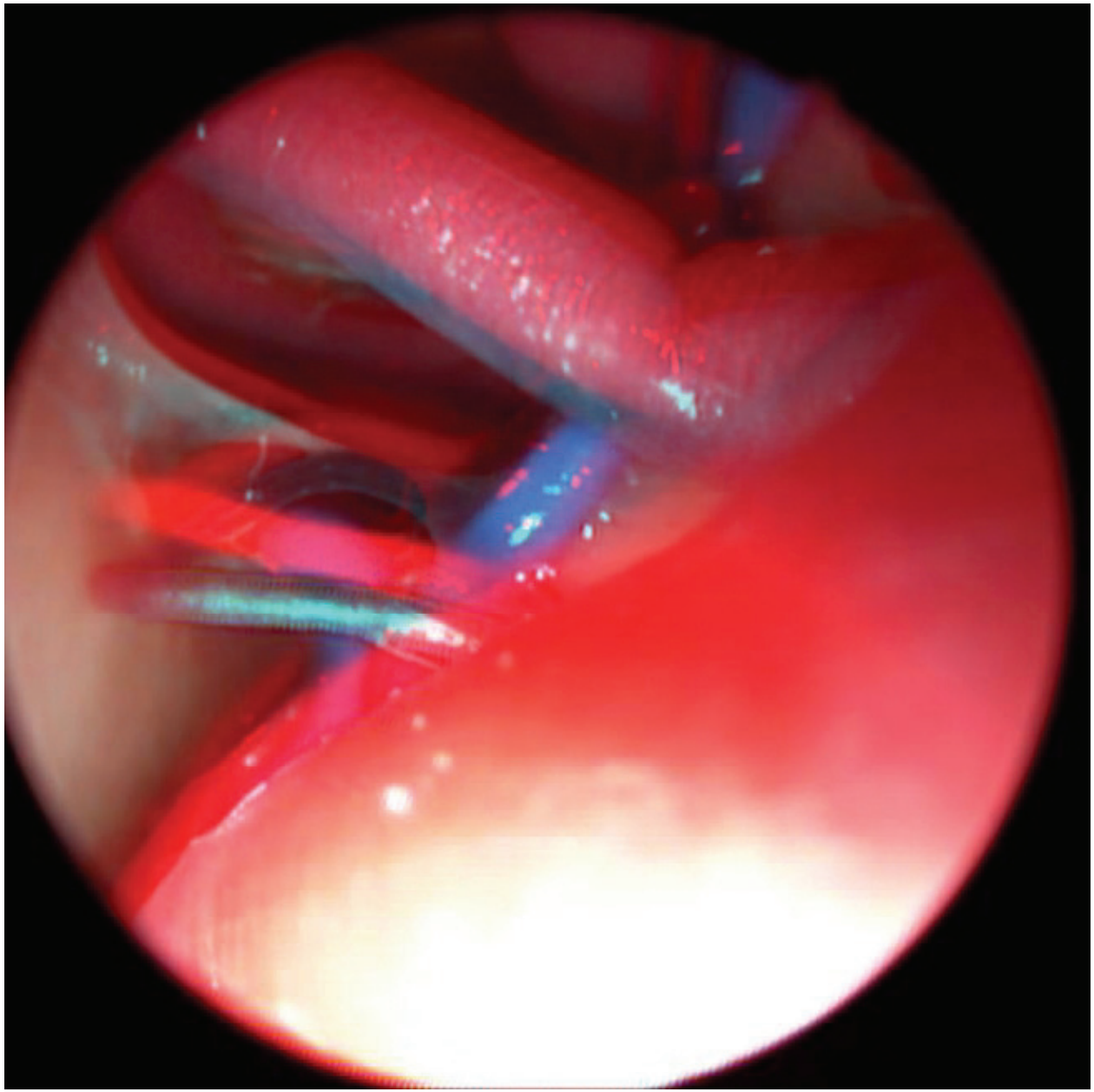
Şekil 53 – 3D görüntü



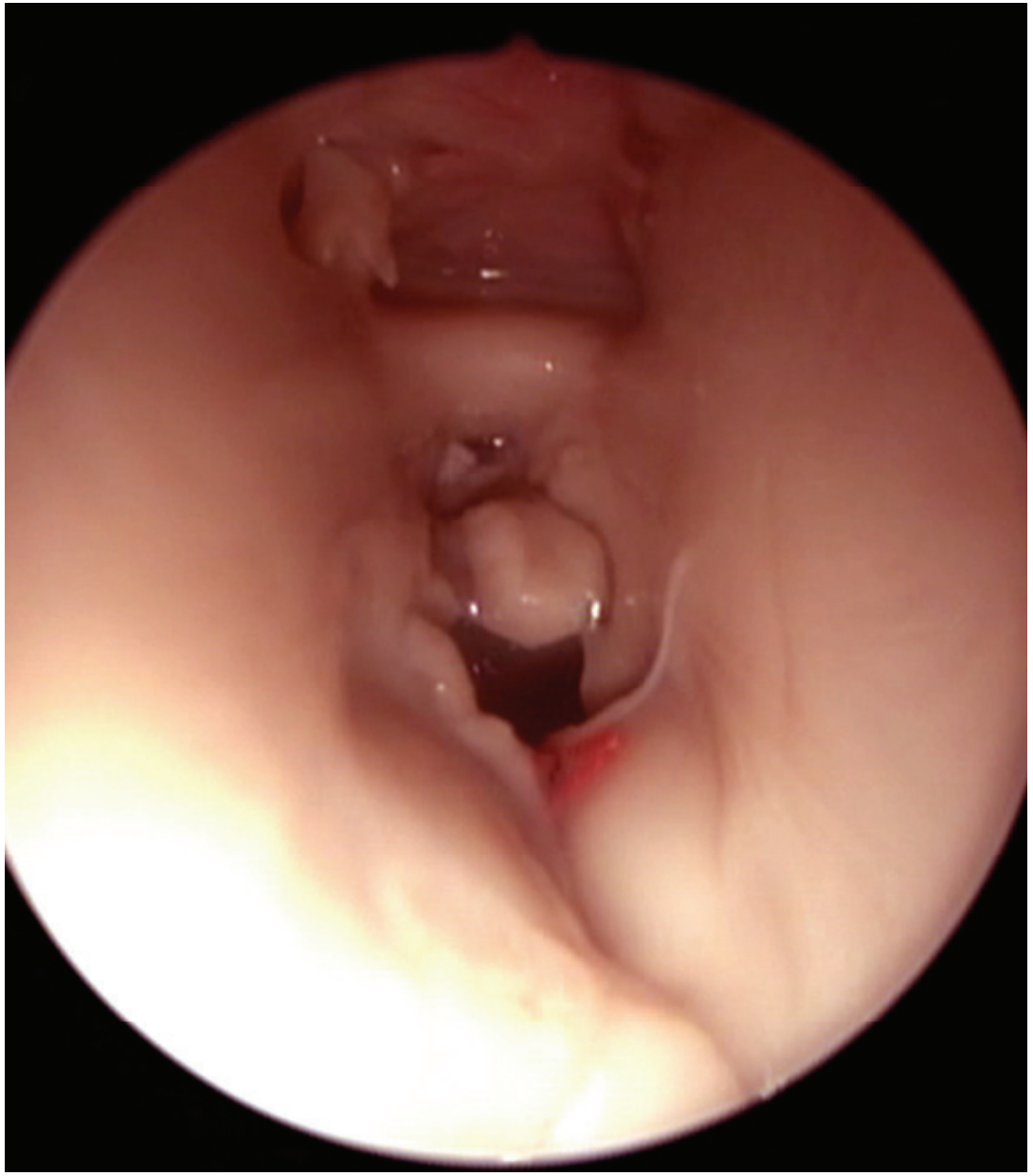
Şekil 54a – 3D görüntü



Şekil 54b – 3D görüntüsü



Şekil 54c – 3D görüntü



Şekil 55 – 3D görüntü