
TEKNİK, AYGIT, MALZEME

Nöroşirürjide Ameliyat Mikroskobu

The Operating Microscope in Neurosurgery

TALAT KIRIŞ, FARUK ÜNAL

İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Nöroşirürji Anabilim Dalı, İstanbul

Özet: Bu yazıda nöroşirürjide ameliyat mikroskobunun kullanımıyla ilgili temel bilgiler verilmiştir. Ameliyat mikroskobu optik sistem, taşıyıcı ve dengeleyici sistem ve aydınlatma sistemi olmak üzere üç bölümden oluşmuştur. Optik sistemde görüntünün elde edilmesi ana mercek, büyütme değiştiricisi, binoküler tüp ve okülerlerde gerçekleşen bir dizi yansıtma ve büyütme süreci sonucunda olur. Okülerler ayrıca cerrahın gözünün kırma kusurlarının düzeltilmesinde de kullanılır. Modern mikroskoplarda ışık kaynağı taşıyıcı ayağa yerleştirilmiştir. Buradan mikroskop gövdesine fiberoptik bir kablo aracılığıyla iletilir. Nöroşirürji ameliyatları için en uygun taşıma ve dengeleme sistemi elektromanyetik balatalar aracılığıyla mikroskobun kilitlenip çözülebildiği sistemdir. Mikroskoba takılan yardımcı parçalar aracılığıyla gözlem ve kayıt yapılabilir. Bunlar arasında ışın bölücü, gözlemci tüpü, fotoğraf makinası ve video kamera sayılabilir. Mikroskopta iyi bir fotoğraf elde edilmesi için kamera büyütmesi, alan çapı ve alan derinliğinin bilinmesi gerekir. Mikroskobun bakımı cerrahi girişim sırasında bir aksaklık olmaması ve mikroskobun ömrü açısından önemlidir.

Anahtar Sözcükler: Ameliyat mikroskobu, cerrahi teknik, mikrocerrahi

Abstract: In this article basic information about the operating microscope, which is an important tool in neurosurgical procedures is presented. Operating microscope consists of optical, suspension and illumination systems. The image is visualized by multiple steps of reflecting and magnifying processes through main objective, magnification changer, binocular tube and eye pieces. Eye pieces also serve for spherical correction of the surgeons vision if needed. Light source is mounted to the microscope floor stand and illumination is transferred by a fiberoptic cable to the microscope body. The most suitable microscope for neurosurgery is one which is equipped with electromagnetic clutches permitting easy floating and locking maneuvers. Observation and documentation is possible by attached accessories. Beam splitter, observer tube, cameras are main accessories. Camera magnification, field of view and depth of field must be known for best photographic results. Maintenance is necessary for an optimal performance and a long trouble-free usage.

Key Words: Microsurgery, operative technique, surgical microscope

GİRİŞ

Ameliyat mikroskobu günümüzde nöroşirürji ameliyathanesinin vazgeçilmez bir parçasıdır. Sağladığı aydınlatma ve büyütme olanakları cerrahiye yeni bir boyut kazandırmıştır.

Mikrocerrahi, nöral ve damarsal patolojik yapıların daha iyi tanınmasını sağlar. Sınırlı doku çekişiyle derin bölgelere ulaşmak mümkündür.

Kanama noktalarının etraf nöral dokulara daha az zarar vererek durdurulması, tümör tarafından itilmiş sıkıştırılmış sinir ve damarların korunması daha kolaydır. Yine küçük çaplı sinir ve damar anastomozlarını mümkün kılar. Ayrıca, ameliyat süresince başkalarına gözleme olanağı vermesi ve daha sonra izleyebilmek amacıyla kayıt imkanı sağlaması cerrahların yetişmesinde yeni bir dönem açmıştır (11).

Nöroşirürji eğitimi alan cerrah adayları mikrocerrahiye laboratuvarında öğrenmeli ve belirli bir yetkinlik düzeyine geldikten sonra ameliyat sırasında kullanmaya başlamalıdır. Laboratuvarında mikrocerrahi alıştırmalarıyla ilgili zengin bir literatür bulunmasına karşılık ameliyat mikroskobunun optik ilkeleri, kullanımı ve bakımıyla ilgili klasik nöroşirürji kitapları dışında bilgi sınırlıdır. Bu yazıda amacımız mikrocerrahi eğitimi görmekte olan hekimlere ameliyat mikroskobunun çalışması ve kullanımıyla ilgili temel bilgileri açıklamaktır.

TARİHÇE

Cerrahide büyütücü mercekler ilk kez 1886 yılında bir göz hekimi olan Zehender tarafından kullanılmıştır (1). İlk ameliyat mikroskobunu ise 1921 yılında Nysten tasarlamış ve kulak burun boğaz ameliyatlarında kullanmıştır. Nysten'in kullandığı ilk örnek monoküler bir mikroskopken, aynı klinikten Holmgren, Zeiss firmasıyla birlikte çalışarak 1923 yılında ilk binoküler mikroskobu geliştirmiştir (9).

Ameliyat mikroskobunun nöroşirürjiye girişi ilk kez deneysel çalışmalarda olmuştur. 1950'lerin ortalarında Loughheed ve Tom köpekte Willis poligonu civarına kan enjekte etmek, Malis ise kedi beyninde nedbe dokusunu korteksten ayırmakta mikroskop kullanmışlardır. Klinik nöroşirürjide ameliyat mikroskobunun ilk kullanımı ise Theodore Kurze tarafından 1957 yılında bir ensefalosel ameliyatında gerçekleştirilmiştir (1). 1960 yılında Jacobson ve Suarez mikroskop kullanarak yaptıkları küçük damar anastomozlarını bildirmişler ; 1963 yılında Chou mikroskop kullanarak gerçekleştirdiği orta serebral arter embolektomisini yayınlamış; 1964 yılındaysa Adams ve Witt ve yine aynı yıl Rand ameliyat mikroskobunu anevrizma cerrahisinde kullandıklarını bildirmişlerdir (2).

1960'lı yıllarda Donaghy'nin Burlington'da Vermont Üniversitesinde kurduğu mikrosirürji laboratuvarı mikrocerrahinin nöroşirürjiye uyarlamasında önemli bir basamak oluşturmuştur. İlk kez burada Zeiss firmasından Littmann tarafından nöroşirürji ameliyatlarına uygun bir mikroskop modeli geliştirilerek kullanılmıştır. Gazi Yaşargil 1965-66 yıllarında bu laboratuvarında çalışmış ve burada kazandığı deneyimle 1966 yılında ilk kez ameliyat mikroskobunu ve Malis tarafından geliştirilen bipoları birlikte kullanarak, Robert Rand'la beraber bir omurilik arteriovenöz malformasyonu olgusunu ameliyat etmişlerdir (2). Bu öncü mikroskop modelleri ve mikrocerrahi

teknikleri günümüzün modern nöroşirürjisinin temelini atmıştır.

AMELİYAT MİKROSKOBUNUNUN PARÇALARI

Ameliyat mikroskobu üç temel parçadan oluşur: 1. Optik sistem, 2. aydınlatma sistemi, 3. taşıyıcı ve dengeleyici sistem.

1. Optik Sistem

Optik sistemde üç ana parça vardır. Bunlar ana mercek (objektif), mikroskop gövdesi ve binoküler tüp sistemidir.

Ana mercek mikroskobun en alt kısmına takılır. 25 mm lik aralıklarla büyüyen farklı odak uzunlukları vardır. Mikroskop steril kılıfla örtülmeden kolaylıkla değiştirilebilirler. Nöroşirürji ameliyatlarında en sık kullanılan odak uzaklıkları 200, 300 ve 400 mm dir. Gereğinden fazla odak uzunluğu cerrahın kollarının fazla gerilerek yorulmasına, fazla kısa odak uzunluğu ise aletlerin ameliyat sahasına giriş çıkışının ve çalışmasının engellenmesine yol açar. Yeni mikroskoplarda objektif değiştirmeksizin 200-400 mm arasında çalışılan uzaklığa göre odak ayarını otomatik yapan modeller de vardır.

Mikroskop gövdesi optik sistemin orta kısmını oluşturur. Bu bölüm farklı büyütme oranları sağlayan mercek değiştirici sistemi içerir. Büyütme değiştiricisi (*magnification changer*) mekanik olarak el ile belirli aralıklarda (büyütme faktörü 0.4-2.5 arasında) veya kesintisiz olarak ayarlanabilir. Bazı modellerde büyültme-küçültme işlemlerini el veya ayak kumandalı elektrik motorlarıyla da yapabilmek mümkündür. Büyültme-küçültme işlemlerinin kesintisiz yapılmasına yakınlaştırma (*zoom*) adı verilir.

Binoküler tüp sistemi üç boyutlu (stereoskopik) görmeyi sağlar. Bu sistem optik olarak dürbünle aynı yapıdadır ve mikroskoptan ayrıldığında dürbün gibi kullanılabilir. Bu özelliğinden cerrahın gözünün kırma kusurlarının düzeltilmesinde de yararlanır. Ayrıca her iki tüp arasındaki mesafe cerrahın interpupiller mesafesine uygun olarak ayarlanabilir. Binoküler tüpler üç çeşittir; bunlar düz, eğri ve belirli bir açı sınırında ayarlanabilen tüplerdir. Sonuncusu, sık bakış açısı değiştirmek gerektiren nöroşirürji ameliyatlarında cerrahın konforu açısından idealdir. Farklı odak uzunluklarına sahip binoküler tüpler mevcuttur. En sık kullanılanları 125 mm, 160 mm

veya 170 mm'lik odak uzunluklarındakilerdir. Uzun tüpler daha yüksek büyütme oranı sağlar. Kısa tüpler ise mikroskopun toplam uzunluğunu azaltır (4).

Binoküler tüp sisteminin uç kısmını göz parçaları (okülerler) tamamlar. Bunlar 10x, 12,5x, 16x ve 20x olmak üzere dört farklı büyütme derecesinde olabilirler. Okülerlerin bir başka özelliği de -9 ile +9 dioptri arasında küresel (sferik) ayarlama yapma olanağı vermesidir. Böylece cerrah kırma kusurunu düzeltip gözlüksüz ameliyat yapabilir (4).

2. Aydınlatma Sistemi

Nöroşirürjide ameliyat mikroskopunun sağladığı yararların en önde geleni belki de eşeksenli (koaksiyal) aydınlatma özelliğidir. Eşeksenli sözcüğü mikroskopla bakılan alanın ve bu alana ulaşan ışınların aynı eksende olması, başka bir deyişle bakılan alanın ve bu alanı aydınlatan ışınların eşmerkezli (konsantrik) bir daire oluşturmalarını ifade eder. Bu özellik, derin ve dar alanlarda çalışılması halinde bile gölgesiz, parlak bir aydınlatma sağlar. Eşeksenli aydınlatma ışık kaynağından çıkan ışınların toplayıcı ve yansıtıcı bir prizma sisteminden geçtikten sonra ana objektiften düz çıkmalarıyla mümkün olur.

Eski tip mikroskoplarda ampuller mikroskop gövdesinin arka kısmında bulunan duy kutusuna yerleştirilirken, yeni modellerde ışık kaynağı taşıyıcı ayak bölümüne taşınmıştır. Böylece ampulün havalanmayan örtülü bölümde fazla ısınarak çabuk yanması engellenmekte; yanması durumunda da steriliteyi bozmadan ve zaman yitirmeden yeni bir ampul kolayca takılabilmektedir. Işık, kaynağından mikroskop gövdesine fiberoptik bir kablo aracılığıyla taşınmaktadır. Eski sistemlerde ışık kaynağı olarak 6V-30W'lık tungsten ampuller kullanılırken, yeni mikroskoplarda 12V-100W'lık halojen ampuller tercih edilmektedir. Yakın zamanlarda kullanıma sokulan fiberoptik sistemlerdeyse ışık kaynağı olarak 300Watt'lık ksenon ampuller bulunmaktadır. Bu ampullerle halojen ampullerden 7-10 kat daha fazla parlaklık elde etmek mümkün olmaktadır ki bu da gün ışığına yakın bir aydınlatma sağlamaktadır. Ayrıca bu sistemde mikroskopun büyütmesi değiştirildikçe ışığın parlaklığını otomatik olarak ayarlayan bir mekanizma da mevcuttur (10).

Mikroskopun aydınlatmasıyla ilgili bilinmesi gereken bir diğer husus da genel bir kural olarak

odak uzaklığı büyüdükçe ışık parlaklığının azalmasıdır. 200 mm'lik bir objektifle çalışıldığında ameliyat sahasında ölçülen ışık miktarı % 100 kabul edilirse, 300 mm odak uzaklığı olan bir objektif takılıp aynı sahadan ölçüm yapıldığında bu miktar % 42 ye düşmektedir (3).

3. Taşıyıcı ve Dengeleyici Sistem

Nöroşirürjide kullanılacak ameliyat mikroskopunun taşıyıcı ve dengeleyici sistemi, mikroskopun sabitlenmesini sağlamalı ama aynı zamanda da hızlı ve kolay bir şekilde durum değişikliğine izin vermelidir. Değişik mikroskop modellerinde bu özelliği sağlamak üzere farklı sistemler kullanılmıştır. Bunlardan en sık kullanılanı ameliyathanede hareket edebilen, dengeleyici ağırlıkların mikroskopun ana ayağına ve taşıyıcı gövdeye yerleştirildiği sistemdir. Bu tip mikroskoplarda mikroskopun optik sistemi taşıyıcı gövdeden uzanan yatay bir kol üzerine yerleştirilmiş ve eklenen eklem sistemleriyle hareket yeteneği artırılmıştır. Mikroskopun yukarı aşağı hareketi mekanik olarak ya da bir motor aracılığıyla elektriksel olarak yapılabilir. Mikroskopun ana ayağı hareketli olabileceği gibi ameliyathane tavanına tespit edilmiş şekilde de olabilir. İkincisinin sakıncası o mikroskopun yalnızca tek ameliyathane de kullanılabilmesidir.

Nöroşirürji girişimleri için en uygun mikroskop sistemi Yaşargil'in öncülüğünde geliştirilen sistemdir (Contraves A.G., Zürih, İsviçre). Yaşargil yaptığı mikronöroşirürjikal girişimleri zaman açısından incelemiş ve toplam ameliyat süresinin yaklaşık % 40'ının mikroskopun durumunu değiştirmekte harcadığı ve bu zaman kaybında en önemli etkenin her durum değişikliği için cerrahın aletlerini bırakıp ellerini ameliyat sahasından uzaklaştırması olduğunu tespit etmiştir (12). Contraves mikroskoplarda optik sistemi taşıyan yatay kol ve kol üzerindeki eklem elektromanyetik balatalar aracılığıyla kilitlenip boşaltılabilmektedir. Kilit boşaltıldığında mikroskopun uç kısmına tespit edilmiş bir karşı ağırlık, optik sistem ve taşıyıcı kolun tüm ağırlığını dengeleyecek şekilde ayarlanmakta, böylece mikroskop serbestçe salınabilir konumda kalmaktadır. Mikroskop gövdesine eklenmiş, ağızdan komanda edilebilen bir mandal yardımıyla elektromanyetik balataları kitleyip boşaltılabilmek mümkün olmakta, bu da cerrahın ellerini ameliyat sahasından uzaklaştırmadan durum değişiklikleri yapmasına olanak sağlamaktadır.

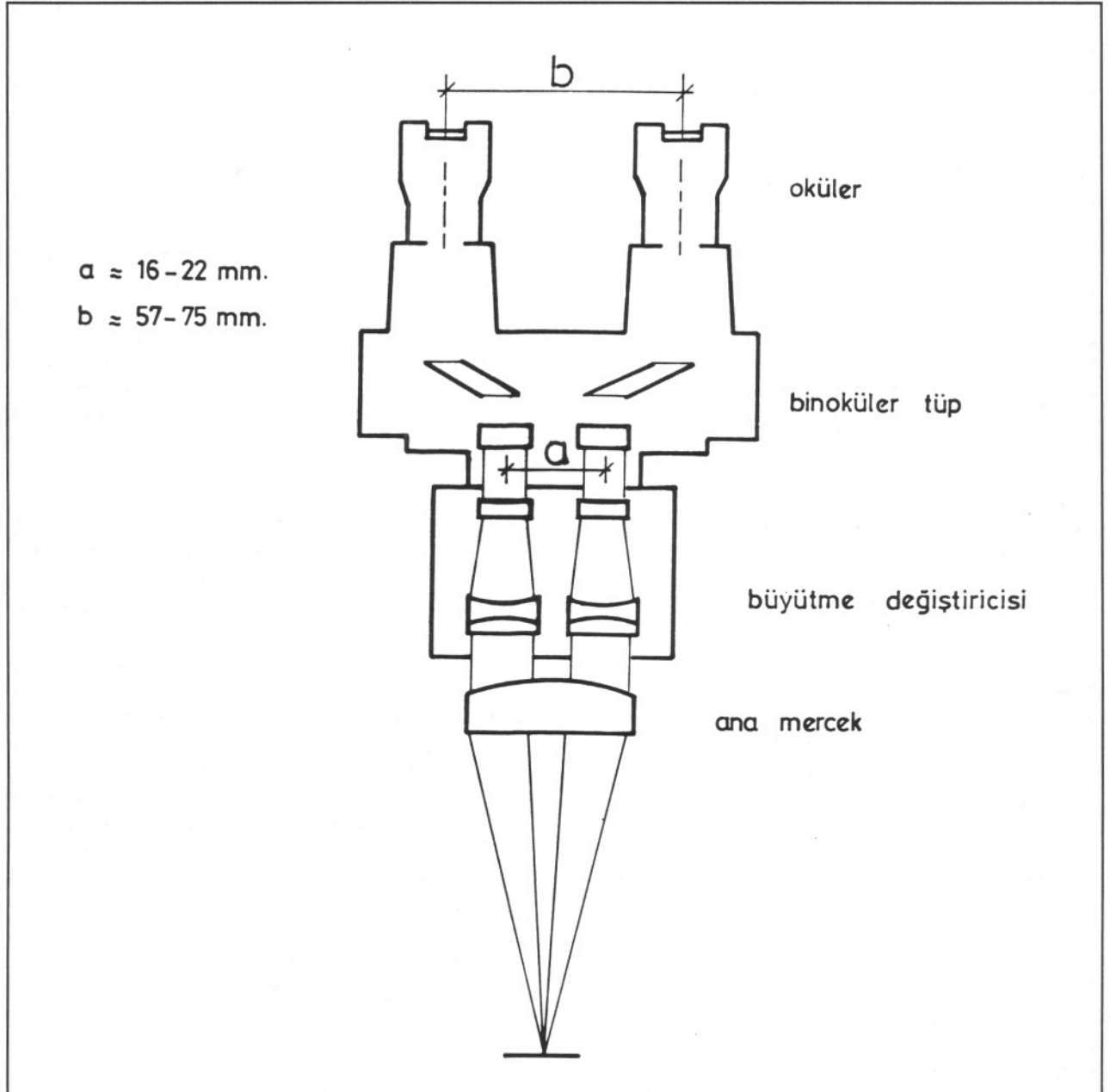
AMELİYAT MİKROSKOBUNUN ÇALIŞMA İLKELERİ VE KULLANIMI

1. Optik İlkeler

Mikroskobun ön-alt yüzüne takılmış olan ana mercek çalışılan alanda, yani merceğin odak noktasındaki görüntüyü alıp bu görüntüyü sonsuza yansıtır. Bunun optik fiziğindeki anlamı mercekten ayrılan ışınların arkaya paralel olarak

gönderilmesidir. Görüntüyü taşıyan ışınlar büyütme değiştiricisindeki mercekler tarafından büyütüldükten sonra yine paralel olarak binoküler tüplere oradan da okülerlere yansıtılır. Okülerler görüntüyü tekrar büyüttükten sonra gözümüze ulaştırır (Şekil 1).

Sonuçta ameliyat mikroskobundan bakığımızda algıladığımız görüntü çok adımlı bir büyütme sürecinin sonucudur. Bir mikroskobun



Şekil 1: Ameliyat mikroskobunun optik sistemini oluşturan parçalar. Binoküler tüpler arası mesafe a , interpupiller mesafe b ile gösterilmiştir.

görüntü büyütme oranını (GBO), binoküler tüplerin odak uzunluğunu (fT), büyütme değiştircisinin büyütme faktörünü (BF), ana merceğin odak uzunluğunu (fO) ve okülerlerin büyütme gücünü (BG) aşağıdaki formüle yerleştirerek hesaplayabiliriz (3):

$$GBO = fT / fO \times BF \times BG$$

Bir örnek vermek gerekirse odak uzunluğu 125 mm olan binoküler tüplere ve büyütme gücü 12.5x olan okülerlere sahip, üzerinde 300 mm odak uzunluğu olan mercek takılı bir mikroskobun maksimum ve minimum büyütme gücü şöyle hesaplanabilir :

$$GBO_{maks} = 125/300 \times 2.5 \times 12.5 = 13.02$$

$$GBO_{min} = 125/300 \times 0.4 \times 12.5 = 2.08$$

Mikroskobun büyütmesi arttıka bakılan alan küçülür. Bu alanın büyüklüğü de mikroskop görüntü büyütme oranına göre hesaplanabilir:

$$\text{Ç} = 200/GBO$$

Bu formülde Ç bakılan alanın çapını gösterir, 200 sabit bir değerdir (3). Önceki örnekte hesaplanan maksimum ve minimum görüntü büyütme oranlarını kullanarak hesapladığımızda

$$\text{Ç} = 200/13.02 = 15.36$$

$$\text{Ç} = 200/ 2.08 = 96.15$$

bulunur. Yani en büyük büyütmede bakıldığında alanın çapı 15.36 mm iken en küçük büyütmede 96.15 mm dir.

Ameliyat mikroskobunun belki de en önemli özelliği derin ve dar alanlarda çalışırken dahi üç boyutlu görmeye olanak sağlamasıdır. İnsanın interpupiller mesafesi ortalama 60 mm (57-75mm) olduğundan mesafe uzaklaştıka ve çalışılan alan daraldıkça gözlüğe takılan büyütücü merceklerle dahi üç boyutlu görme imkansızlaşır. Oysa binoküler tüplerin mercekleri arasındaki mesafe 16-22 mm arasındadır. Bu derin ve dar bir alandan gelen görüntülerin 16-22 mm'lik interoküler mesafeyle algılanıp 60 mm'lik interpupiller mesafeye ulaştırılmasına böylece de üç boyutlu görmenin sağlanmasına imkan verir (13) (şekil 1).

2. Odaklama

Ameliyat mikroskobunda odaklama başarılı bir mikrocerrahi yapabilmenin ilk koşuludur. Basit miyopi ve hipermetropi gibi kırma kusurları olan cerrahlar okülerler yardımıyla -9 la +9 arasında küresel (sferik) ayarlama yapabilir ve mikroskobu

gözlüksüz kullanabilirler. Küresel ayarlama iki yöntemle yapılabilir:

Birinci yöntemde binoküler tüpler mikroskoptan çıkartılır. Oküler dioptri ölçekleri saat yönünün ters istikametinde çevrilerek sıfır noktasına getirilir ve binoküler tüpler bir dürbün gibi kullanılarak uzaktaki bir cisme bakılır. Bir gözü kapatıp diğeriyle bakarken, ölçek saat yönünde çevrilir ve uzaktaki cismin en net göründüğü noktadaki dioptri değeri not edilir. Bu işlem üç kez tekrar edilip ortalama değer kaydedilir. Bu değer test edilen gözün sferik düzeltme değeridir. Ayarlama diğer göz için de yapılır (4).

İkinci yöntemdeyse küresel ayarlama, binoküler tüpler mikroskobun üzerindeyken yapılır. Beyaz bir kağıda bir + işareti çizildikten sonra kağıt objektifin altında düzgün bir yüzeye yerleştirilir. Her iki okülerin dioptri ölçekleri sıfır noktasındayken büyütme değiştiricisi en büyük büyütmeye getirilir. Bir göz kapatılarak diğer gözle + işareti odaklanır. Ardından mikroskobun odaklaması değiştirilmeden en küçük büyütme alınır ve küresel ayarlama ölçeği çevrilerek + işaretinin en net göründüğü değer saptanır. Bu değer test edilen gözün küresel düzeltme değeridir. Diğer yöntemde olduğu gibi aynı göz için birkaç kontrol yapılp ortalama değer kaydedilir ve işlemler öbür göz için tekrarlanır (11,14).

Her iki yöntemle elde edilen değerler aynıdır ve bu değerler tüm mikroskop ve okülerler için geçerlidir. Mikroskobu gözlükleriyle kullanmayı tercih eden veya ciddi astigmatizm sorunu olan cerrahlar dioptri eşelini sıfıra ayarlayıp çalışmaladırlar. Okülerlere gözlükle bakılırken lastik göz muhafazaları aşağıya katlandığı taktirde daha rahat edileceği bilinmelidir.

Binoküler tüplerin interpupiller mesafeye uygun olarak ayarlanması üç boyutlu görme ve bakılan alanın maksimum parlaklıkta görülebilmesi için diğer bir önkoşuldur. Bunun için ideal yöntem mikroskopla milimetrik kağıda bakarken ilgili düğmeyi çevirerek ayarlamının yapılmasıdır.

3. Yardımcı Parçalar

Işın Bölücü (*Beam Splitter*)

Işın bölücü mikroskopla yapılan ameliyatları izleyebilmek ve kaydedilebilmek için gerekli ek cihazların mikroskoba eklenmesini sağlayan esas parçadır. Işın bölücü mikroskop gövdesiyle

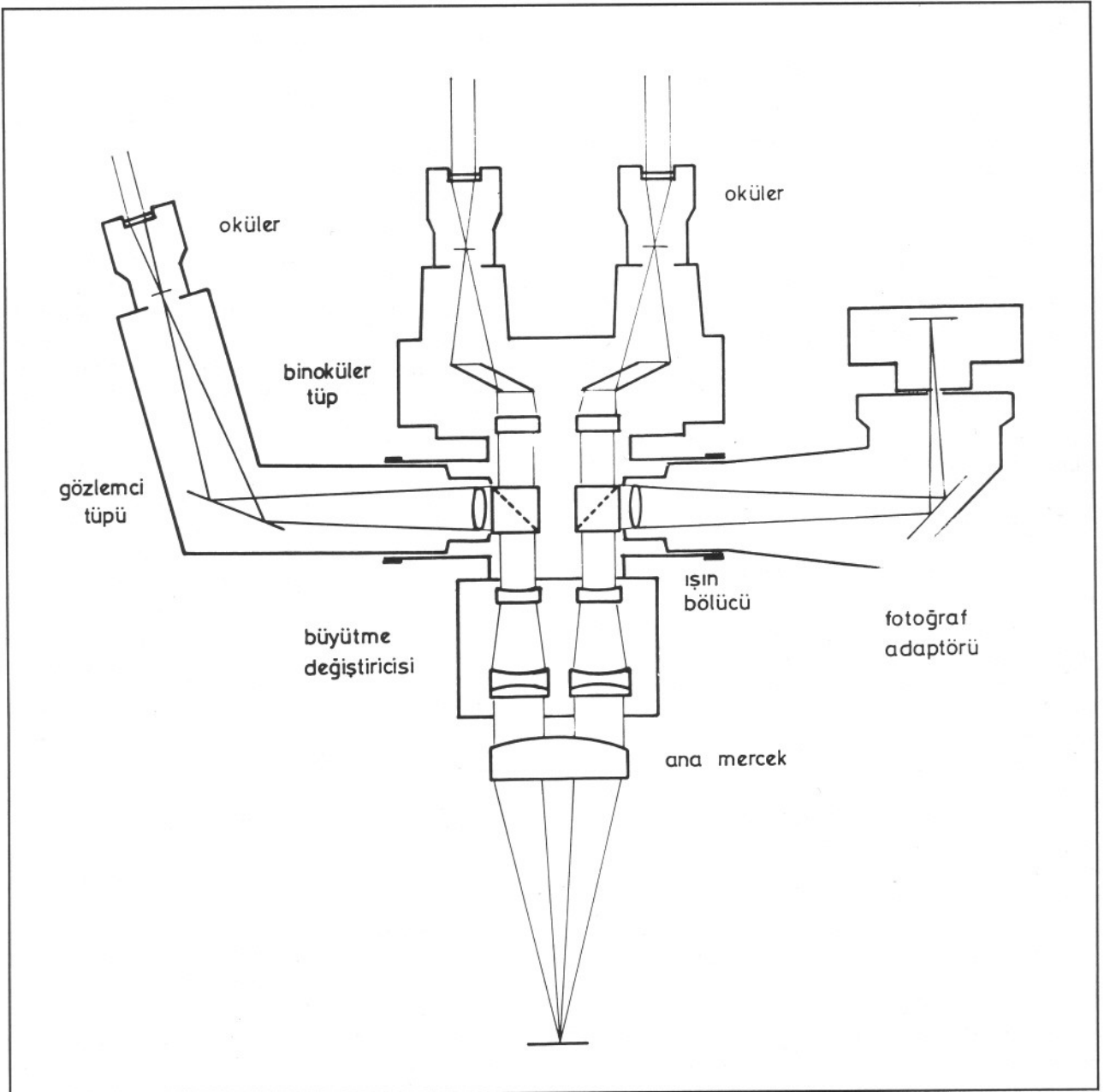
binoküler tüpler arasına takılır ve objektiften gelen ışınları bölerek bir kısmının değişmeden cerraha ulaşmasını, diğer kısmının ise 90° açıyla ayrı bir tüpe yansıtılmasını sağlar. Işın bölücü eklendiğinde görüntüde bir kayıp olmazken cerrahın gördüğü alanın parlaklığında bir azalma söz konusudur (11).

En sık kullanılan ışın bölücü 50:50 oranında olanıdır. Bu oranda ameliyat sahasından gelen ışınların % 50 si cerraha ulaşırken kalan % 50, ışın bölücüye eklenmiş gözlemci tüpü, fotoğraf makinası

ya da video kamera gibi parçalara aktarılır (Şekil 2). Işın bölücünün yaklaşık yüksekliği 50 mm'dir. Bu da mikroskobun gövde yüksekliğini bu miktarda arttırır başka bir deyişle cerrahın göz hizasının ameliyat sahasından 5 cm daha uzaklaşmasına neden olur.

Gözlemci Tüpü (Observer tube)

İki tip gözlemci tüpü mevcuttur. Bunlardan biri monoküler, diğeri binoküler ve stereoskopiktir. Monoküler tüpler iki ayrı boydadır. Kısa olanı



Şekil 2: Ameliyat mikroskobuna ışın bölücü, gözlemci tüpü ve fotoğraf makinası adaptörü eklendikten sonraki görünüm.

ameliyata yardım eden cerrah için uygunken uzun olanı steril ameliyat giysisi giymemiş gözlemciler için düşünlüştür (5) (Şekil 2).

Stereoskopik binoküler gözlemci tüpleri mikrocerrahi girişime yardım edecek cerrah için idealdir. Yine de asistanın üç boyutlu derinlik algısı ana binoküler tüpten bakarak çalışan cerrahınkinden daha sığdır. Bunun nedeni gözlemci tüpüne ulaşan ışınların mikroskobun yalnızca bir yanından geçerek asistana ulaşmasıdır (Şekil 2). Bu özelliğin dışında gözlemcinin gördüğü alanın büyüklüğü ve büyütme oranı cerrahınkiyle aynıdır. Gözlemci tüplerinin okülerleri daha düşük güçte seçilirse ameliyatı izleyene daha küçük bir büyütmede ancak daha geniş bir alanı görme imkanı sağlanabilir.

Gözlemci tüplerinin bir başka özelliği de mikroskobun duruş şekli değişikçe gözlemcinin en rahat durumda izleyebilmesini sağlamak amacıyla tüplerin ışın bölücüye eklemendiği yerde bulunan döner eklem ve tüplerin içine yerleştirilmiş dönebilen prizma sistemidir. Döner eklem bir mandal yardımıyla kullanılır ve tüplerin 360° dönmesine imkan verir. Dönebilen prizma sistemi ise tüp üzerinde (monoküler tüplerde) veya döner eklemle ışın bölücü arasında yer alan (binoküler tüplerde) bir metal halka aracılığıyla görüntünün döndürülmesini ve cerrahın baktığı açıyla sahaya bakılmasını sağlar (5).

4. Kayıt

Fotoğraf Makinası ve Video Kamera

Nöroşirürji ameliyatlarının kaydedilmesi ameliyat niteliğinin artırılması, yetişmekte olan cerrahların eğitimi ve ameliyatların belgelenmesi açısından önemlidir. Bu amaçla mikroskoba takılan fotoğraf makinaları veya video kameralar kullanılabilir.

Fotoğraf makinası ışın bölücüye takılan fotoğraf adaptörüne takılır (Şekil 2). Fotoğraf adaptörü 220 mm odak uzunluğu olan bir objektife sahiptir ve diyafram açıklıkları 14 ile 32 arasında ayarlanabilir. Fotoğraf adaptörünün ayrıca bir odaklama mekanizması olmadığından mikroskop görüntüye odaklandığında kamera da odaklanmış olmalıdır. Bu durum parfokalite olarak adlandırılır (6). Burada akılda tutulması gereken bir husus, kameranın kendisiyle aynı tarafta olan okülerin gördüğü görüntüyü (örneğin fotoğraf makinası cerrahın sağ tarafına tespit edilmişse makinaya

ulaşan görüntü cerrahın sağ gözüyle gördüğü görüntüdür) tespit ettiğidir (Şekil 2). Çekilmek istenen ayrıntı eğer merkezde tutulmazsa, kameraya yansiyacak görüntüde kenarlarda kayıp olabileceğinden, fotoğraf çekiminden önce, makinanın bulunduğu taraftaki okülerden odaklama yapmak uygun olur.

Başarılı bir fotoğraf elde edebilmek için kamera büyütmesi, kameranın gördüğü alan ve alan derinliğinin fotoğrafa etkilerinin bilinmesi gerekir.

Mikroskop belirli bir büyüklüğe ayarlandığında çekimi yapılan anatomik oluşum ana merceğin odak uzaklığına bağlı olarak filmde olduğundan daha büyük veya daha küçük olarak çıkacaktır. Kamera büyütmesi (KB) aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir (6):

$$KB = (fp/fo) \times BF$$

Burada fp=220 olup fotoğraf adaptörünün odak uzunluğunu, fo ana merceğin odak uzunluğunu ve BF de büyütme değıştiricisiyle ayarlanan büyütme faktörünü gösterir. Bir örnek vermek gerekirse büyütme faktörü 1'e getirildiğinde eğer 200 mm' lik bir objektifle çalışılıyorsa bakılan obje filme 1.1, 300 mm' lik bir objektifle çalışılıyorsa 0.7 büyüklükte yansiyacaktır. Başka bir deyişle ilkinde olduğundan biraz daha büyük, ikincisinde biraz daha küçük olarak tespit edilecektir. Kuşkusuz fotoğraf makinasına yansıyan görüntüdeki büyütme okülerlerin büyütmesine sahip olmadığından cerrahın gördüğünden farklı olacaktır.

Fotoğraf makinasının gördüğü alanla mikroskopta görülen alanın boyutları da farklıdır ve büyütme faktörüne göre değışir. Fotoğraf makinasının gördüğü alan (A_{35mm}) aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir (6):

$$A_{35mm} = (24 \times 36 \text{ mm}) / KB$$

Buradan anlaşılacağı gibi kameranın gördüğü alan film formatının (24x36mm) kamera büyütmesine oranıdır. Yukarıdaki örnekle devam edilirse büyütme faktörü 1'e ayarlanan bir ameliyat mikroskobunda 200 mm lik objektifle çalışıldığında kameranın gördüğü alan 22x33mm iken, 300 mm'lik objektifte bu alan 34x51 mm'dir. Bu diktörtgen alanları mikroskopta görülen dairesel alanla kıyaslamak gerekirse ilk bölümde açıklanan formüle dönerek şu hesaplamaları yapabiliriz:

Odak uzunluğu 125 mm olan binoküler tüpleri ve 16x büyütme gücüne sahip okülerleri olan bir mikroskopta büyütme faktörü 1'e getirildiğinde 200 mm'lik ve 300 mm'lik objektifler için bakılan alanın çapı

$$\text{Ç} = 200 / (125 / 200 \times 1 \times 16) = 20 \text{ mm ve}$$

$$\text{Ç} = 200 / (125 / 300 \times 1 \times 16) = 30 \text{ mm}$$

olarak bulunur. Fotoğraf makinasının gördüğü alan (22x33)/(34x51), mikroskobun gördüğü alanı (20)/(30) kapsayacağından çalışılan alandaki tüm ayrıntılar makinaya yansır (Şekil 3).

Kaliteli bir mikrocerrahi fotoğraf elde etmek için bilinmesi gereken önemli bir faktör de alan derinliğidir. 35 mm'lik kameralar için alan derinliği (AD) şöyledir (6):

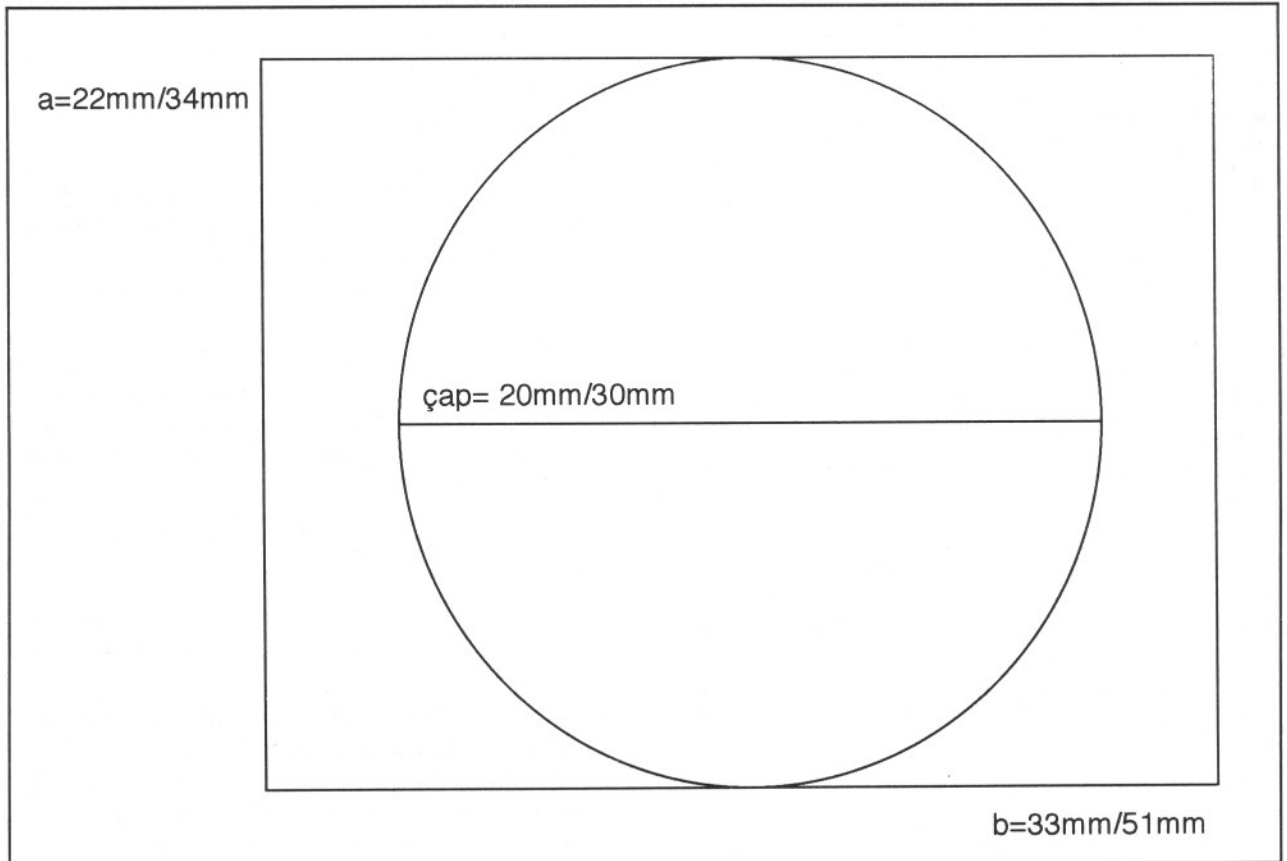
$$\text{AD} = \text{İD} / \text{KB}$$

İD, görüntü derinliği ya da odak derinliği olarak adlandırılır ve $\text{İD} = 2d \times u$ formülüne göre hesaplanır.

Burada d diyafram açıklığı (4, 16, 22, 32), u bir sabiti (0.05), KB daha önce belirtilen kamera büyütme oranını gösterir. Formülden anlaşılacağı gibi alan derinliği diyafram açıklığıyla doğru, büyütmeyle ters orantılı olarak değişir (6). Fotoğraf ve slayt gibi iki boyutlu kayıt malzemelerinde anatomik ayrıntıları daha iyi verebilmek için alan derinliğinin fazla olması tercih edilir (8). Aydınlatma yeterli olduğu sürece mümkün olan en kısık diyafram açıklığı ve düşük kamera büyütme oranıyla çalışılmalıdır. Bu, özellikle yayın ve kitaplarda kullanılacak fotoğraflarda en yüksek kaliteyi sağlar.

Fotoğraf çekerken düşük enstantane hızları tercih edilmelidir. Böylece elde edilecek kısa ekspozisyon zamanı, hastadan kaynaklanan solunuma veya arteryel atıma bağlı hareketlerle, mikroskobun çok küçük titreşimlerinin fotoğrafa yansımaları engelleyecektir (8).

Fotoğraf makinası yanında mikroskoba takılan video kameralarla gözlem ve kayıt yapmak mümkün olmaktadır. Ayrıca çift kameradan elde edilen



Şekil 3: Daireyle gösterilen alan mikroskopta görülen alan, dikdörtgenle gösterilen alan fotoğraf makinasının gördüğü alandır.

görüntülerin üst üste bindirilmesi ve polarize gözlükler kullanılarak monitörden üç boyutlu görüntü izlenebilmekte ve kaydedilebilmektedir.

5. Mikroskobun Bakımı

Ameliyat mikroskobu kullanılmadığı zaman optik sistemi bir örtü içinde kalacak şekilde tutulmalıdır. Her kullanımdan önce dış mercek yüzeyleri kontrol edilmeli ve gerekiyorsa temizlenmelidir.

Mercek yüzeylerinde üç tip kir toplanabilir. Birincisi toz parçacıkları, ikincisi kan damlaları ve yıkama solüsyonlarından sıçrayan suda çözünebilir zerrecikler, üçüncüsü de kirpiklerden ya da parmak uçlarından kaynaklanan suda çözünemeyen yağlı maddelerdir. Toz partiküllerini uzaklaştırmak için en iyi yöntem basınçlı hava sıkın bir puar veya spreyle tozun üflenmesidir. Suda çözünebilir maddelerin temizlenmesi için damıtık suyla nemlendirilmiş makyaj pamuğu ya da fotoğrafçıların kullandığı mercek temizleme malzemelerinden biri kullanılabilir (6,7).

Esas sorun yağlı maddelerin temizlenmesinde ortaya çıkar. Bunun için saf alkol, eter ya da aseton gibi çözücülerden kaçınmak gerekir. Bu tip maddeler çok küçük miktarlarda dahi mercek ve merceğin yerleştiği yuva arasına sızıp aşınmalara neden olabilirler. Yüzde 25 alkol, % 10 eter ve % 65 aseton karışımıyla hazırlanacak bir eriyik yağlı maddelerin uzaklaştırılması için en uygun seçenektir. Burada hatırlatılması gereken bir husus bu eriyiği tatbik etmek için kullanılacak makyaj pamuğunun eriyik içine batırılmaması ancak hafifçe ıslatılması gerekliliğidir. Aksi takdirde yukarıda belirtildiği gibi aşınmalara neden olabilir (6,7).

Mikroskobun mekanik aksamı da düzenli aralıklarla temizlenmelidir. Bu amaçla sabunlu suyla ıslatılmış pamuklu bir bez kullanılmalı, ardından kuru bir bezle silinmiş yüzeyler kurulmalıdır. Yine belirli aralıklarla mikroskop eklemleri tıbbi malzemeler için özel olarak satılan ince yağla yağlanmalıdır. Ameliyata başlamadan önce ışın bölücü, gözlemci tüpü gibi bağlantı yerlerinin kontrol edilmesi, ameliyatın kritik bir anında gevşeme yüzünden meydana gelecek vakit kaybını önleyecektir.

Aydınlatma sistemiyle ilgili olarak dikkat edilecek en önemli nokta ışık kaynağından gelen

fiberoptik kablunun fazla kıvrılıp bükülmesinin önlenmesidir. Aksi takdirde kablo içindeki cam liflerde kırılma oluşacak ve yıllar içinde kırılan liflerin sayısının artmasıyla aydınlatma miktarı azalacaktır (7). Aydınlatma sisteminin bakımı sırasında ışık kaynağında mutlaka bir yedek ampul bulunmasına da dikkat edilmelidir.

Yazışma Adresi: Dr. Talat Kırış
Ataköy 5. Kısım
D-8 Blok Daire 8
34750 İstanbul

KAYNAKLAR

1. Donaghy RMP: The history of microsurgery in neurosurgery. Clin Neurosurg 26: 619-625, 1979
2. Donaghy RMP: History of Microneurosurgery. Wilkins RH, Rengachary SS (ed), Neurosurgery, cilt 1, New York: McGraw-Hill, 1996: 37-42 içinde
3. Hoerenz P: The operating microscope. I. Optical principles, illumination systems, and support systems. J Microsurg 1: 364-369, 1980
4. Hoerenz P: The operating microscope. II. Individual parts, handling, assembling, focusing and balancing. J Microsurg 1: 419-427, 1980
5. Hoerenz P: The operating microscope. III. Accessories. J Neurosurg 2: 22-26, 1980
6. Hoerenz P: The operating microscope. IV. Documentation. J Microsurg 2: 126-139, 1980
7. Hoerenz P: The operating microscope. V. Maintenance and Cleaning. J Microsurg 2: 179-182, 1981
8. Katzenberg B: Photographing microsurgery-Still and dynamic techniques. J Microsurg 2: 244-249, 1981
9. Kurze T: Microtechniques in neurological surgery. Clin Neurosurg 11: 128-137, 1964
10. Payner TD, Tew JM Jr, Steiger HJ: Instrumentation for Microneurosurgery. Wilkins RH, Rengachary SS (ed), Neurosurgery, cilt 1, New York: McGraw-Hill, 1996: 531-538 içinde
11. Rhoton AL Jr: Micro-operative Techniques. Youmans JR (ed), Neurosurgery, cilt 2, Philadelphia: WB Saunders, 1990: 941-991 içinde
12. Yaşargil MG: Development of a motorized microscope stand. Koos WT, Böck FW, Spetzler RF (ed), Clinical Microneurosurgery, Stuttgart: Georg Thieme 1976: 3-4 içinde
13. Yaşargil MG: Microneurosurgery, cilt 1, Stuttgart-New York: Georg Thieme Verlag, 1984, 210 p.
14. Urban JC: The surgical microscope: its use and care. Rand RW (ed), Microneurosurgery, Saint Louis: The C.V. Mosby Company, 1969: 9-20 içinde