

Katarakt ve Güncel Tedavi Yaklaşımları

Cataract and New Treatment Modalities

¹Firat HELVACIOĞLU, ¹Sadık ŞENCAN, ¹Zeki TUNÇ, ¹Osman Murat UYAR-, ¹Ziya KAPRAN

¹Maltepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Ana Bilim Dalı

Adres: Dr. Firat Helvacioğlu, firathelvacioğlu@yahoo.com, Göz Hastalıkları Ana Bilim Dalı Feyzullah Cad no:39, 34843, Maltepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Maltepe, İstanbul.

ÖZET

Katarakt, oftalmolojide cerrahi ile tedavi edilen en sık hastalıktır. Derlemede patogenezi, cerrahi tedavi seçenekleri ve cerrahi girişimlerdeki gelişmeler özetlenmiştir. Yeni cerrahi tedavi yaklaşımları da incelenmiştir.

Anahtar kelimeler:katarakt, fakoemülsifikasyon, torsiyonel fako

ABSTRACT

Cataract is the most common ophthalmologic disease that requires surgical treatment. In this review, the pathogenesis, surgical treatment options and the progress of surgical interventions were summarized. New surgical treatment modalities were also evaluated.

Keywords: cataract, phacoemulsification, torsional phaco

KATARAKT VE GÜNCEL TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

Göz doktorlarının en sık uyguladığı cerrahi girişimlerden biri olan katarakt cerrahisinde, saydamlığını kaybetmiş lens materyali alınır ve gelen ışınları tekrardan foveaya odaklamak için göz içi lensi (GİL) konulması hedeflenir. Modern katarakt cerrahisinde hastaların erken görsel rehabilitasyonu önem kazanmıştır. Uzak ve yakın için farklı odakları olan lenslerin gelişimi, hastaların yardımcı bir cihaza gerek duymadan en iyi görme keskinliğine ulaşma istekleri, katarakt cerrahisine kırma kusurlarını da düzeltme görevini yüklemiştir (1). Katarakt cerrahisi sürekli gelişim halindedir. Cerrahi yeniliklerle birlikte kesilerin de küçüldüğü gözlenmektedir. İntrakapsüler cerrahi uygulamalarında yaklaşık 12,0 mm'lik kornea kesileri kullanılırken, erken ekstrakapsüler cerrahi sırasında 10,5 mm'lik kesiler kullanılmıştır. Fakoemülsifikasyon cerrahisinin uygulanması ile 5,5 ile 7,0 mm'lik kesilerden katarakt ameliyatı yapılmıştır. Tekniklerdeki gelişmeleri göz içi lens teknolojisindeki gelişmeler takip etmiş ve katlanabilir lenslerin gelişimi ile 4,0 veya 3,0 mm'den ameliyatın tamamlanmasına olanak sağlamıştır (2). Modern katarakt cerrahisinin şu anda eriştiği son nokta olan mikro insizyonlu katarakt cerrahisi'nde (MICS) 1,5 mm'nin altındaki kesiler kullanılır (3). Modern fako cihazlarında yaşanan teknolojik gelişmeler sayesinde cerrahi insizyonların boyutları bu kadar

küçülebilmektedir. Yine geçmişte yaşandığı gibi GİL teknolojilerindeki yenilikler, cerrahi teknikteki bu hızlı gelişimi takip edecektir. 1,5 mm veya daha küçük kesilerden yerleştirilebilen GİL'lerinin yakında tüm katarakt cerrahilerinin kullanımına hazır olacağı bilinen bir gerçektir (4).Tüm bu gelişmeler bizlere ister bimanuel (biaksiyel) ister mikro-koaksiyel olsun, küçük kesili fakoemülsifikasyon cerrahisinin yakın geleceğin standart cerrahi yaklaşımı olacağını göstermektedir. Yunanca şelale anlamına gelen katarakt terimi ilk defa MS. 1018 yılında Constantinus Africanus adlı bir keşiş ve adı bilinmeyen bir Arap okulist tarafından kullanılmıştır (5). Görmeyi etkilesin veya etkilemesin, lenste oluşan herhangi bir yoğunluk veya opasiteye katarakt denilir. Kataraktlar seryine göre sınıflandırıldığında; doğumsal veya edinsel olabilirler. Topografik yapılaraya göre, kapsüller, kortikal ve nükleer olarak isimlendirilebilirler. Doğumsal (konjenital) kataraktlar; yalın tip, sendromlarla birlikte ve infantil kataraktlar, edinsel kataraktlar ise; senil, patolojik, komplike, travmatik ve sekonder kataraktlar olarak sınıflandırılır (5). Hücrenel veya yapısal değişiklikler, lensin herhangi bir katmanını etkileyerek katarakt oluşumuna yol açabilir. Bu değişiklikler tek başlarına gözlenebileceği gibi birlikte de oluşabilirler. Subkapsüler kataraktlarda epitelde vakuolizasyonun yol açtığı dejenerasyon gözlenirken, lensin merkezine yakın kataraktlarda sito-

plazma yoğunluğundaki değişim ile hücrelerin içinde elektron-yoğun parçacıkların birikimi ve lens liflerinde bozulmalar göze çarpar. Ön subkapsüler kataraktlar merkezi lens epitelinde oluşan metaplastik değişiklikler sonucunda oluşabilir. Arka subkapsüler kataraktlar ise germinal epiteldeki displastik değişikliklere bağlıdır. Kortikal kataraktlarda, lens lifleri şişebilir, yüzeysel hücrelerin çekirdekleri dejenerasyona uğrayıp kaybolur. Sitoplazma yoğunluğu azalmasıyla birlikte lens liflerinin zarlarında bozulmalar gözlenir. Lifler arasında amorf yapılar ve sıvı birikir. Nükleer kataraktlarda histolojik olarak belirgin bir değişiklik izlenmez, kataraktın, yüksek molekül ağırlıklı proteinlerin ışığı geçirmemesinden kaynaklandığı düşünülür. Nükleer sklerozdaki gibi nükleus sarı veya kahverengi olarak gözlenir (6). Kapsülden nükleusa kadar tüm korteks tutulduğunda bu duruma matür katarakt denilir. Kataraktın tedavisi cerrahidir. Katarakt cerrahisi, şu anki modern sofistike haline yıllarca süren cerrahi denemeler ve teknolojik buluşlar sonucunda gelmiştir. Kataraktın tarihçesi incelendiğinde, ilk cerrahi müdahalelerin Hindu tıbbında uygulandığına rastlanır. Patoloji ilk olarak MÖ. 1000 yıllarında Mısırlılar tarafından tanımlanmıştır. Ancak eski Babil, Mısır ve Yunan tıbbında kataraktın tedavisine ait bir kayda rastlanmamaktadır (7). Hindu Susruta uyguladığı mil çekme yönteminde, skleradan keskin bir bıçakla girer ve başka künt bir aletle lense vitreus içine iterdi. Bu yöntem 1950'li yıllara kadar Anadolu'da da hekim olmayan kehhaller tarafından da uygulanmıştır. Halk arasında kırılma da denilen kehhallerin en meşhuru 1225'te yaşamış olan İbrahim bin İsmail bin Mehmed'dir.

On sekizinci yüzyılda birçok cerrah kadavralarda yaptığı ameliyatlara lense gözün dışına çıkarmayı başarmışlardır. Ancak büyük bir cesaretle canlı bir hastada ilk katarakt ekstraksiyonunu gerçekleştiren Fransız Daviel'dir (6). 1752'de yaptığı ameliyatta gözün alt yarısından açtığı limbal insizyonla lense göz dışına çıkarmıştır.

1773'te İngilterede Sharp intrakapsüler tekniği uygulamış, 1860'ta ise Von Graffe ilk kez üst libustan yaklaşımlı ekstrakapsüler cerrahiye gerçekleştirmiştir.

Korneal kesinin sütürlenmesi ilk defa 1867'de Williams tarafından denenmiştir. 1940'ta kapsül vakumlayan erizifak Barraquer tarafından kullanılmıştır.

1949 yılında İngilterede Ridley, ameliyat mikroskopu kullanarak ilk defa EKKE ameliyatının sonunda arka kamaraya akrilik bir lens yerleştirmiştir. Bu olay katarakt cerrahisindeki en önemli dönüm noktalarından biridir.

1951 yılında İtalyan Strampelli ilk defa ön kamara lensini kullanmıştır. Şu anki cerrahi sistemlerin çoğunda kullanılan fakoemülsifikasyon ise 1967 yılında Amerikalı Kelman tarafından icat edilmiştir. 1975 yılında Hollandalı Binkhorst iris-pupil destekli GİL'leri kullanmıştır. Katlanabilir lensler ise 1984 yılında Amerikalı Mazzocco ve Güney Afrikalı Epstein tarafından kullanılmıştır. 1991 yılından beri katarakt cerrahisi refraktif amaçlar için de uygulanmaktadır ve 1997 yılından beri uyum yapan lensler kullanılmaktadır (6).

Şu an kullanılan primer katarakt cerrahi yöntemleri; intrakapsüler katarakt ekstraksiyonu (İKKE), ekstrakapsüler katarakt ekstraksiyonu (EKKE) ve fakoemülsifikasyondur. İKKE'de lens kapsülüyle birlikte çıkarılırken, EKKE'de arka kapsül ve ön vitreus yüzü bozulmadan lense kesif kısmı çıkartılır. Fakoemülsifikasyon cerrahisi 1960'larda Dr. Charles D. Kelman tarafından icat edilen ve geliştirilen bir tekniktir. Deneylerin, testlerin ve gelişmelerin tamamlanması için gereken süre sebebiyle günümüz modern fakoemülsifikasyon cihazının atası olan sistemin patenti ancak 1971 yılında Cavitron Kelman tarafından alınabilmiştir (8).

Fakoemülsifikasyon (fako) cerrahisinin, klasik EKKE cerrahi yöntemleri ile kıyaslandığında, kısa operasyon süresi, küçük kesi nedeniyle daha az astigmatizma ve erken rehabilitasyon gibi birçok avantajı vardır. Ameliyatın küçük insizyonla kapalı sistemle uygulanması da ameliyat sırasında ve sonrasında oluşabilecek iris prolapsusu, hifema, ekspulsif hemoraji, kistoid maküla ödemi, retina dekolmanı gibi riskleri azaltmaktadır. Tekniğin nispeten zor olması, öğrenim sürecinde komplikasyon riskinin yüksek olması ve ekipmanların pahalılığından dolayı ameliyat giderlerinin artması ise dezavantajlar olarak değerlendirilebilir (9). Fako ultrason aracılığıyla lense materyalinin parçalara ayrılarak temizlenmesini sağlayan kapalı sistem EKKE cerrahisidir. Fako aygıtları temel olarak üç ana sistemden oluşmaktadır. Bunlardan ilki kataraktlı lense emülsifiye ederek kırmak için kullanılan ultrason enerjisidir. Bu sayede yaklaşık 10 mm boyutlarındaki kataraktlı lense küçük parçalara ayrılarak 2-3 mm'lik kesilerden temizlenebilmektedir. İkinci bölüm ultrason etkisi ile oluşan parçacıkları emmek ve ön kamara derinliğini korumak için gerekli olan sıvı irrigasyonunu sağlayan askılı şişe sistemidir. Üçüncü ve son sistem ultrason enerjisinin itme etkisiyle parçalara ayrılan lense materyalini fako elciğinin ucundan ayrılmasını önleyerek emen aspirasyon sistemidir (10). Bu üç sistem ayak pedali ile kontrol edilir.

Fako elceğinin işlevi ultrasonik enerjiyi oluşturma, iletme ile irrigasyon ve aspirasyonu sağlamaktır. Gövde kısmı elektrik enerjisini ultrasonik enerjiye dönüştüren, piezoelektrik ya da magnetostriktif sistemi içerir. Güç kaynağı ile irrigasyon ve aspirasyon boruları da gövdeye bağlıdır. Ultrason enerjisi elceğin ucundaki iğne vasıtasıyla nükleusa iletilir. Titanyum iğne ortalama 1 mm çapında, kenarları keskin, sert ve ultrasonik dalgaları iletmeye uygun yapıda üretilmiştir. Aspirasyon iğnenin lümeni içinden gerçekleşmektedir. Silikon kılıf fako iğnesinin üzerine takılmaktadır. Distal kısmına yakın iki adet delik bulunmaktadır. Irrigasyon sıvısı iğne ile kılıf arasından geçmekte ve bu deliklerden göz içine girmektedir. Bu akım aynı zamanda iğnenin titreşimler ile aşırı ısınmasına da mani olur.

Fako iğneleri değişik yapıda ve kalınlıkta üretilmektedir. Kesim açıları ise 0° ile 45° arasında değişmektedir. Kesim açısı arttıkça iğnenin tıraşlama ve oyma yeteneği artar. Kesim açısı azaldığında ise uç oklüzyonu ve nükleus parçalarının fako iğnesinde tutulması kolaylaşır.

Fako iğnelerinin iç ve dış çapları da mekanik performans ve sıvı dinamiğini etkilemektedir. Standart bir fako iğnesi 19 G olup dış çapı 1,1 mm, iç çapı ise 0,9 mm'dir. Buna karşılık 21 G'luk mikro ucun dış çapı 0,8 mm, iç çapı ise 0,6 mm'dir. Şu anda kullanılan en dar lümenli iğnenin dış çapı 0,7 mm'dir (11). Dış çapın küçülmesi cerrahinin daha küçük bir kesiden yapılmasına olanak sağlar. İç çap ise sıvı dinamiğinde önem taşır, dar lümenlerin aspirasyon ve vakum gücü sınırlıdır. Cerrahinin süresinin uzamasına rağmen ön kamaradaki dalgalanmaların ve ön kamaranın ani boşalmasının (surge) görülme ihtimali dar lümenli iğnelerin kullanımı ile azalmaktadır (12). Ultrasonik enerjinin oluşumunu anlamak için bazı önemli terimleri bilmek gereklidir

- **Piezoelektrik:** Üzerine elektrik enerjisi uygulandığında belli bir hızla titreşen kristal türüne verilen addır. Elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren bu kristal, fako elceği içinde bulunur ve burada oluşan titreşim uç kısmındaki iğneye iletilir.
- **Frekans:** Piezoelektrik kristalin saniyedeki titreşim sayısıdır. Farklı kristal türleri kullanan piyasadaki değişik fako aygıtlarında saniyede 25000 ile 60000 Hz arasında değişir. Ancak herhangi bir fako aygıtı için sabittir.
- **Darbe** (stroke length): Fako iğnesi bu titreşimler nedeniyle aksiyal yönde ileri ve geri hareket etmektedir. Bu hareketin miktarı (amplitüdü) ultrasonik darbe şiddetini belirler. Maksimum hareket miktarı yaklaşık 100 μ 'dur.
- **Güç:** Elcekteki piezoelektrik kristale gel-

en elektrik voltajı değiştirilerek fako iğnesinin ileri-geri hareketinin amplitüdü (darbe) azaltılıp, arttırılabilir. Amplitüd arttıkça güç artar, azaldıkça güç azalır. Güç değişikliklerinde bile frekans sabittir, değişen sadece ileri-geri hareketin amplitüdüdür.

- **Ultrasonik** enerjinin sert nükleusu nasıl parçaladığı ile ilgili olarak şu mekanizmalar ileri sürülmüştür (13):
- **Akustik** parçalama: Fako iğnesinin önünde 400 km/saat hızla hareket eden yaklaşık 500 atmosfer basınca sahip bir sıvı dalgası oluşmaktadır.
- **Mikrokavitasyon** kabarcıkları oluşumu: Fako ucunun hareketi ön kamara sıvısı içinde yaklaşık 150 mikron çapında ve 5500° sıcaklığa ulaşan kabarcıklar oluşturmakta ve bu kabarcıkların enerjisi de lens nükleusunu parçalamak için gerekli enerjiyi sağlamaktadır.
- **Direkt mekanik parçalama etkisi (çekiç etkisi):** İğnenin ileri geri hareketiyle oluşan direkt parçalayıcı etkidir (jackhammer effect). Ultrason insan kulağı tarafından işitilmez, ancak fako cihazı ultrason moduna geçince değişik bir ses duyulur. Ultrason gücü arttıkça bu ses de artar. Bu ses fako elceği ile iğne arasındaki harmonik tınılar nedeniyle oluşmaktadır. Bir fako ameliyatında çalışacak maksimum gücün yanısıra kullanılacak mod ve nükleusu parçalama tekniği de ortama çıkan ısı enerjisini belirler. Isı oluşumunu azaltmak için ultrason enerjisinin aralıklarla uygulanması ve arada soğuma için dinlenme sürelerinin olması düşüncesi farklı fako modlarının geliştirilmesini sağlamıştır. Bu amaçla geliştirilen kesintili ya da darbeleri fako modları toplam ultrason kullanım miktarını azaltmak, ancak darbe etkinliğini arttırmak için geliştirilmişlerdir. Ultrason enerjisinin sürekli olmayıp aralıklı uygulandığı bu modlarda ultrasonik gücün aktif olduğu zaman dilimine, açık (on), enerjinin inaktif olduğu zaman dilimine ise kapalı (off) denir. Kapalı olduğu dinlenme diliminde ultrason iğnesinin soğuması sağlanır. Belli bir zaman dilimi için gücün aktif olduğu sürenin toplam süreye oranına işlevsel dönem ya da çalışma siklusu (duty cycle) denir. Ameliyatın değişik evrelerinde, değişik nükleus sertliklerinde ve cerrahın uygulayacağı nükleus kırma tekniğine göre uygulanabilecek 4 farklı ultrasonik parçalama modu mevcuttur (10,14);

- **Devamlı mod:** Fako ucundan yayılan akustik enerji kesintisiz ve devamlıdır. Herhangi bir dinlenme aralığı yoktur. Tek değişken parametre güç için seçilen maksimum değerdir. Bu değer nükleus sertliği ve zonüllerin durumuna göre belirlenir. Çizgisel (lineer) yada panel seçeneklerinden biri seçilir. Panel seçeneğinde pedal konum 3'e geldiği andan itibaren ayarlanmış maksimum güçte ultrasonik enerji uygulanır. Çizgisel seçeneğinde ise güç maksimum değerine pedal konum 3'te sonuna kadar basıldığında ulaşılır. Bu seçenekte güç artışı çizgisel uygulama süresi ise panel seçeneğinde olduğu gibi süreklidir.
 - **Pulse mod:** Pulse adı verilen ultrasonik dalgaların sıklığı ve amplitüdü değişkendir, ancak saniyedeki darbe sayısı değişse de çalışma siklusu %50 (50/50) olarak sabittir. Frekansı 40 Hz (40000 titreşim/saniye) olan bir fako aygıtı için bu titreşim sayısının saniyede 20000'e inmesi demektir. Kalan süre dinlenme süresi olarak boş geçecektir. Pulse sayısı saniyede 4 ise; her biri 250 milisaniye olacak bunun 125 milisaniyesi aktif, 125 milisaniyesi ise inaktif olacaktır. Pulse başına titreşim sayısı 5000 olacaktır. Eğer saniyedeki pulse sayısı 10'a çıkarılırsa, bir pulse 100 milisaniye, ultrasonun aktif ve inaktif olduğu zaman dilimleri ise 50 milisaniye olacaktır. Bu moda saniyedeki pulse sayısı 2 ile 20 arasında seçilebilir. Ayrıca maksimum güç, panel veya çizgisel şekilde ayarlanabilir.
 - **Burst mod:** Tek veya multi burst olarak iki seçenek cihaz üzerinden belirlenir. Oldukça az kullanım alanı bulan tekli burst moda ayak pedalı konum 3'e geçince gücü ve süresi daha önceden belirlenmiş olan tek bir burst oluşturulur. Bundan sonra ayak pedalına basılı tutmak ultrason dalgası üretmeye yetmez. Önce konum 1 veya 2'ye dönmek sonra ayak pedalını tekrar 3 durumuna almak gerekir. Multi burst moda ise gücü ve uzunluğu sabit; ancak aralıkları değişen ardışık fako darbeleri üretilir. Bu mod kullanılacaksa panel üzerinde maksimum güç, burst modlarının uzunluğu (4 ile 600 milisaniye arasında seçilebilir) ve panel ya da çizgisel seçeneklerinden biri seçilir. Çizgisel kontrol seçeneği seçildiyse; konum 3'e geçtikten sonra ayak pedalına ne kadar fazla basılırsa darbeler arasındaki aralıklar o ölçüde kısılır ve sonunda devamlı fakoya geçilir. Fakonun aktif olduğu süre (on) sabittir, buna karşılık dinlenme süresi (off) pedala ne kadar fazla basılırsa o ölçüde kısılır. Dolayısıyla çalış-
- ma siklusu da giderek artar. Eğer panel kontrol seçeneği tercih edildiye; ayak pedalı konum 3'e geçince panel üzerinde belirlenmiş olan güç ve uzunlukta burst şeklinde darbeler elde edilir.
- **Hiperpulse modlar:** Yeni geliştirilen kesintili fako modlarında (hyper pulse mode) ise hem on/off oranları hem de çalışma siklusu değiştirilebilir. Hem de saniyede 100 pulse ya da üstüne çıkılabilir. Bu şekilde fako enerjisi çok daha kısa zaman aralıklarında uygulanabilir ve darbeler arasındaki dinlenme süresi değiştirilebilir. Örneğin saniyede 100 pulse verilecekse, 1 pulse süresi 10 milisaniye ve on/off oranı 20/80 ise fako süresi 2 milisaniye, dinlenme süresi 8 milisaniye olur. Nükleus özelliklerine göre saniyedeki pulse sayısı ve on/off oranı ayarlanılır. Ameliyatın aşamalarına ve kullanılan nükleus parçalama tekniğine göre de farklı fako modları seçilmesi uygun bir yaklaşımdır. Nükleusta oyuk açarken devamlı fako ya da multi burst modu kullanmak avantajlıdır. Fako chop için ultrason enerjisinin kısa süreli ve yüksek güçteki darbeler şeklinde uygulanacağı hiperpulse modların tercih edilmesi ve darbelerin arasındaki sürenin uzun seçilmesi (on/off oranı düşük) oldukça uygundur. Nükleus parçalarının ve epinükleusun alınması sırasında ise düşük fako gücü, saniyede 50 ile 100 pulse sayısı ve 25/75 on/off oranı uygulanabilir. Ultrasonik enerji bir fakoemülsifikasyon ameliyatında kullanılan nükleus parçalama tekniğine göre temel olarak üç şekilde kullanılmaktadır:
 - **Tıraşlama:** Fako iğnesi lens üzerinde yüzeyel hareketler yapar. İğnenin 1/3'ünden azı tıkalıdır, hemen hemen hiç emme oluşmaz.
 - **Oyma (sculpting):** Ultrasonik güç kullanarak lens nükleusunu oyma işlemidir. Bu sırada iğnenin ucu sadece 1/3 veya 1/2 oranında tıkalıdır; dolayısıyla hala önceden belirlenen emme sınırı değerine ulaşamaz.
 - **Yakalayıp yeme (oklüzyon):** Fako iğnesinin ucu yenecek lens maddesiyle tümüyle kapatılacak şekilde gömülür. Tam tıkanma olduğunda emme önceden belirlenen en üst düzeye çıkar. Bu teknikte emme ultrasonik parçalamaya yardımcıdır ve işlem daha kısa sürer, çünkü ultrasonun lens parçacıklarını itme etkisi emme tarafından ortadan kaldırılır. Sert nükleuslar (3. derece ve üstü) için önerilen temel nükleus bölme teknikleri(15):

- **Böl ve ye (Divide and conquer):** 1986'da Howard Gimbel tarafından tarif edilen bu yöntemde fako iğnesi ile derin bir oluk açılır ve bu oluktan nükleus iki yarım daire şeklinde parçalara ayrılır. Aynı işlem kalan parçaları 1/4 dairelere ayırmak için kullanılır. Sert nükleuslarda merkezi derin bir krater açıldıktan sonra oluşun açıldığı tekniğe ise kraterle böl ve ye (crater divide and conquer) denir.
- **Fako yarma (phaco chop):** 1993 yılında Nagahara tarafından bulunan ve Fine tarafından popülerize edilen bu teknikte, fako iğnesi nükleusa gömülür ve nükleus yarıcı (chopper) yardımı ile mekanik olarak parçalara ayrılır. Yarıcının nükleus merkezine veya periferine yerleştirilmesine göre dikey veya yatay yarma olarak adlandırılır. Günümüzde uygulanan Paul Koch'un dur ve yar (stop and chop), Mackool'un krater fako yarma (crater phaco chop), Jack Dodick'in künt yarma, Maloney'in suprakapsüler hızlı yarma (supracapsular quick chop) teknikleri aslında fako yarma tekniği prensipleri üzerine geliştirilmişlerdir. Modern fako cerrahisinde ultrasonik gücün az ve etkin kullanımı ile endotel gibi çok önemli dokuların korunması en önemli ilkedir. Bu gücün etkin kullanımı için sıvı dinamiğini bilmek ve değişen cerrahi koşullara adapte edebilmek çok önemlidir. Sıvı dinamiğini anlamak için kullanılan bazı terimleri bilmek gereklidir:
- **İrrigasyon:** Ön kamaranın derinliğinin korunması ve fako iğnesinin titreşimleri sırasında oluşan ısının ortadan kaldırılması için kullanılan sıvıdır. Belli bir yüksekliğe asılan serum şişesi ile sağlanır.
- **Aspirasyon:** Ortamdaki sıvının ve parçalanmış lens parçalarının bir pompa vasıtasıyla çekilmesidir.
- **Aspirasyon akım hızı:** Kısaca akım hızı olarak da adlandırılır. Fako cihazı içinde yer alan pompa sistemi tarafından belirlenir. Birimi ml/dk'dır.
- **Aspirasyon pompaları:** Aspirasyon için gerekli çekme gücünü oluştururlar. Bu güç ya pompa içinde oluşan negatif basınç (vakum) ya da dönen bir dişli sisteminin oluşturduğu bir tür sağma işlemi ile sağlanır.
- **Tıkanma(oklüzyon):**Fako iğnesinin ucunun lens meryali ile kapatılmasıyla oluşan durumdur.
- **Vakum:** Oklüzyon gerçekleştiğinde fako iğnesinin ucunda oluşan negatif basınca denir. Birimi mmHg'dir.
- **Vakum artış süresi (Vacuum rise time):** Tıkanma gerçekleştiğinde fako iğnesinin

ucunda maksimum vakumun oluşması için geçen süreye denir. Vakum tipi pompalarda çok kısadır. Peristaltik pompalarda ise seçilmiş olan aspirasyon akım hızına bağlıdır. (Aspirasyon akım hızı ne kadar yüksek ise vakum oluşma zamanı o ölçüde kısaldır).

- **Nefeslenme (Venting):** Aspirasyon borucuğundaki vakumun belli bir değerine üstüne çıkmasının önlenmesi ya da tümüyle ortadan kaldırılması için kullanılan düzeneğe denmektedir.
- **Çökme (Surge):**Fako iğnesinin ucundaki tıkanma ortadan kalktığında oluşan hızlı emme sonucu ön kamaranın büzüşmesidir.
- **Reflü (geri verme):** Aspirasyon hattı içindeki akımın tersine çevrilmesi ve istenmeden aspire edilmiş dokuların oluşan pozitif basınç ile ön kamaraya geri verilmesi işlemidir. Cerrah tarafından ayak pedalındaki ilgili kontrole basılarak çalıştırılır. Bir fako ameliyatı sırasında irrigasyon şişesi içindeki sıvı önce irrigasyon hattı ile fako elceğinin uç kısmında iğne ile silikon kılıf arasından geçerek ön kamaraya gelir, iğne ucundaki lümeninden aspire edilir ve aspirasyon hattı ve pompasından geçerek sıvı torbasına alınır. Sıvının bu hareketi bir devre olarak tanımlanabilir. Zonüllere aşırı yük bindirmemek ve kesi yerinden fazla sızdırma olmaması için ön kamaradaki sıvı basıncının belli bir düzeyde olması istenir. Eğer devrede hiçbir hareket yoksa, ön kamaradaki bu basınç hidrostatik basınç olarak adlandırılır ve şişenin yüksekliği ile doğru orantılıdır. Şişenin 15 cm'lik yüksekliği ön kamarada yaklaşık 11 mmHg'lik bir basınç sağlar. 30 mmHg basınç için şişenin yaklaşık 45 cm yüksekliğe asılması gerekir. Ancak devrede sıvı hareketi başladığında; artık GİB şişenin yüksekliğinin yanısıra aspirasyon pompasının çalışma hızı, aspirasyon sistemindeki direnç ve kesi yerinden kaçak gibi faktörlerle birlikte belirlenir. Cerrah tüm bu faktörleri göz önüne alarak ve ideal cerrahi ortamını oluşturmak için uygun parametreleri seçer.Fakoemülsifikasyon aygıtlarında temel olarak iki tür aspirasyon pompasından biri bulunmaktadır. Bunlar akım ve vakum tipi aspirasyon pompası olarak adlandırılırlar.

Akım tipi pompalarda sıvı, pompa ile doğrudan temas halinde olup sıvıyı içeren boru direk olarak pompanın içine alınmaktadır. Vakum tipi pompalarda ise aspirasyon için gereken kuvvet boşaltma kaset içinde bulunan hava ara yüzey aracılığıyla sağlanır, pompa hattı ile aspirasyon hattındaki sıvı arasında doğrudan bir bağlantı yoktur. Akım tipi pompada temel belirleyici değişken vakumdan bağımsız olarak belirlenebilen aspirasyon akım hızıdır. Vakum tipi pompalarda ise aspirasyon akım hızı vakuma bağlıdır. Akım tipi pompalarda vakum endirekt olarak kontrol edilmektedir. Vakumu oluşturan olay aspirasyon ucunun kısmen ya da tümüyle kapatılmasıdır. Ucu tıkanma miktarı arttıkça vakum giderek artar ve tam tıkanma olduğunda önceden belirlenmiş olan maksimum limit değerine ulaşır. Akım tipi pompaların şu anda kullanımda olan iki tipi mevcuttur (12, 16).

- **Peristaltik pompa:** Günümüz modern fako aygıtlarının büyük çoğunluğunda kullanılan sistemdir. Sağma işleminin yapılabilmesi için pompa tarafından ezilen borucuğun çok yumuşak olması gereklidir. Böyle bir aspirasyon hattı çökme (surge) açısından risk oluşturabilir.
- **Scroll pompa:** Yeni geliştirilen ve peristaltik pompanın çökme riskini ortadan kaldırmak için tasarlanmış bir pompa tipidir. Sert ve kollabe olmayan aspirasyon boruları kullanıldığı halde pompanın etkili bir şekilde çalışabildiği savunulmaktadır. Vakum tipi aspirasyon pompalarında esas belirleyici etken vakumdur. Cerrah panel ya da çizgisel olarak vakum limit değerini belirler, aspirasyon akım hızı ise aspirasyonun uç genişliği, oklüzyon miktarı ve önceden seçilmiş olan vakum limit değerine bağlı olarak belirlenir. Üç tip vakum pompası bulunmaktadır:
- **Dönen pervaneli pompa:** Dönen bir elektrik motoru ve pervane sistemi bulunur, oluşan vakum motorun dönme hızıyla doğru orantılıdır.
- **Diyafram pompa:** Dönen bir elektrik motoruna bağlı bir çubuk ve bunun pozisyonuna göre itilen veya çekilen bir diyafram bulunur. Bu diyafram bir seri odacıklara sadece bazı yönlerde doğru açılabilen kapakçıklarla bağlanmıştır. Motorun dönme hızıyla orantılı olarak vakum elde edilir.
- **Venturi pompa:** En yaygın kullanılan vakum pompa sistemidir. Boşaltım kasetine bağlı bir ana boru içinden sıkıştırılmış nitrojen gazı veya hava geçirilerek kaset içinde vakum oluşturulur. Genellikle pompaların aspirasyon açısından birbirlerine bariz üstünlüğü yoktur. Gerek akım, gerekse vakum tipi aspirasyon pompalarında fako iğnesinin ucunda vakum oluşabilmesi için ucun

kısmen ya da tamamen kapatılması gereklidir. Pompalar arasındaki tek fark oklüzyonda, hedeflenen maksimum vakum düzeyine ulaşması için gereken zamandır. Bu nedenle cerrah kendi özgün tekniğini planlarken kullandığı aygıtın bu özelliğini göz önünde bulundurmalıdır (17). Fako cerrahisindeki güncel yaklaşımlar ameliyat sırasında kullanılan ultrason enerji miktarını en aza indirmek üzere odaklanmıştır. Modern teknolojilerin gelişimi ve sıvıların etkin kullanımı ile kılıf kullanılmadan yapılan küçük kesili (mikro insizyonlu) fakoemülsifikasyon cerrahisinin uygulanmasına olanak sağlamıştır (18). Fakoemülsifikasyon sistemlerindeki önemli yeniliklerden biri de ileri geri salınım hareketi ile emülsifikasyon sağlayan klasik longitudinal fakoemülsifikasyon yerine torsiyonel hareket ile emülsifikasyon sağlayan ve eğimli fako iğnelerinin yardımı ile yatay salınım hareketleri ile nükleusu biçen torsiyonel fakoemülsifikasyondur. Yatay salınım hareketinin ileri geri hareketten fiziksel olarak pek çok üstünlüğü bulunmaktadır. İleri geri hareketin, ilk fazında ileri hareket ile nükleus parçalanırken hareketin ikinci fazında geri hareket esnasında aktif emülsifikasyon olmamaktadır. Isı ve enerji hareketin ilk fazındaki gibi üretilmesine rağmen döngünün ikinci fazı pasiftir. Yatay salınımlı torsiyonel fako da ise torsiyonel hareket eğimli iğnelerin yardımı ile yatay biçme hareketine dönüşür ve döngünün her iki fazında sağa ve sola salınım hareketi yapan iğne nükleusu tüm döngü boyunca emülsifiye eder (19). Yatay salınımlı fakonun konvansiyonel longitudinal fakodan bir diğer önemli üstünlüğü ise torsiyonel harekette ileri vuruş olmamasının sağladığı nükleus materyalinin daha iyi takip edilebilmesidir. Konvansiyonel fako da ileri doğru hareket esnasında, özellikle vakumun nükleus materyalini tutmada yetersiz kaldığı durumlarda, materyaller bu ileri vuruş esnasında fako iğnesinden uzaklaşır ve aktif emülsifikasyon duraklar, sağa ve sola yatay salınımlı harekette ise materyallerin vuruşlar esnasında fako iğnesinden uzağa itilmesi gözlenmez. Fako iğnesinin anatomisi torsiyonel fakonun verimliliği açısından büyük bir önem taşımaktadır. İğnenin boyun açısı darbe uzunluğunu belirleyen en önemli kriterdir. Boyun açısı 0 derece olan düz iğnelerde torsiyonel harekette yatay biçme hareketi gözlenmez

Yaptığımız çalışmalarda 12 derece ve 22 derece boyun açılı iğneler kullanılarak benzer nükleus sertliklerine sahip katarakt hastalarının ameliyatları, 22 derece açılı grupta daha az enerji harcanarak daha verimli yapılabilmektedir. Çalışmamızda boyun açısındaki artışın emülsifikasyonun verimini artırdığı gösterilmiştir (20). Torsiyonel fakonun verimini arttıran bir diğer önemli kriter ise iğnelerin ağız açıklık açısıdır. İğne azı ne kadar geniş ise biçme etkisi artmaktadır. Efektif emülsifikasyonun devam etmesi için materyalin parçalandığı düzlemde değişiklik olmaması gerekmektedir. İğne azının tam olarak tıkanması çevredeki parçaların efektif emülsifikasyon düzleminde düşmesine sebep olur ve verim azalır. Tam tıkanıkları azaltmak için ağız açısındaki genişlik çok önemlidir. Yaptığımız diğer bir çalışmada 30 ve 45 derece ağız açıklığı olan ve 22 derece boyun açısına sahip iki farklı iğne ile benzer nükleus sertliklerine sahip hastaların katarakt ameliyatları gerçekleştirilmiş ve 45 derece ağız açıklıklı grupta istatistiksel anlamı olarak daha verimli emülsifikasyon gözlenmiştir (21). Tüm bu veriler ışığında 45 derece ağız açıklıklı iğnelerin kullanımı ile torsiyonel ve konvansiyonel longitudinal fako sonuçlarını karşılaştıran bir çalışma planlanmış ve kullanılan iğne ile benzer akışkan dinamiği altında, torsiyonel fakonun çok daha verimli emülsifikasyon yaptığı gösterilmiştir (22). Fakoemülsifikasyon sistemlerindeki bu gelişimlerin yanı sıra femtosaniye lazer sistemlerinin emülsifikasyona yardımcı olarak kullanılmaya başlanması ile kesilerin açılması, dairesel sürekli kapsülöresis yapılması ve nükleusun parçalara bölünmesi gibi işlemler cerrahın elinden bağımsız olarak femtosaniye lazer kesileri tarafından yapılmasına olanak sağlamıştır (23). Son olarak görsel reabilitasyonun sağlanması için kullanılan göz içi lenslerdeki gelişmeler hastalara uzak orta ve yakın mesafeyi net görmelerine olanak sağlamıştır. Bu amaçla üretilen gerçek ve yalancı akomodatif lensler mevcuttur (24,25). Refraktif, difraktif asferik üretilen bu lensler ile hastaların katarakt cerrahisinden beklentileri artmış, pek çoğu için yaşları ne olursa olsun uzak ve yakın görmeyi artıracak refraktif amaçla yapılan bir işlem olarak farz edilmeye başlanmıştır. Tüm bu gelişmeler hastalarına en mükemmel görme fonksiyonunu kazandırmak isteyen katarakt cerrahlarına hastalarının mutlu olmasını sağlamaları için pek çok imkan sunmaktadır. Teknolojideki ilerlemeler ile cerrahların öz verili çalışmaları birleşince katarakt hastalığının cerrahi tedavisi çok yüksek oranda başarı ile sonuçlanmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Javitt JC, Steinert RF. Cataract extraction with multifocal intraocular lens implantation; a

- multinational clinical trial evaluating clinical, functional, and quality-of-life outcomes. *Ophthalmology* 2000;107:2040-2048.
2. NickMamalis. From the editor. Is smaller better? *J Cataract Refractive Surg* 2003; 29:1049-1050.
3. Tsuneoka H, Shiba T, Takahashi Y: Feasibility of ultrasound cataract surgery with a 1.4 mm incision. *J Cataract Refractive Surg* 2001, 27:934-940.
4. Alio JL, Rodriguez-Prats JL, Vianello A, Galal A: Visual outcome of microincision cataract surgery with implantation of an acri.smart lens. *J Cataract Refractive Surg* 2005, 31:1549-1556.
5. Özçetin H: Kataraktlar. Özçetin H (Editör) Katarakt ve tedavisi. 1. baskı. İstanbul SCALA yayıncılık 2005;43-86.
6. Rosen ES: The lens. Yanoff M, Duker JS (Ed) *Ophthalmology*. Londra Mosby 1999;4:1.1-336.
7. Özçetin H, Başar D: Katarakt tedavisinin tarihçesi. Özçetin H (Editör) Katarakt ve tedavisi. 1. baskı. İstanbul SCALA yayıncılık 2005;93-137.
8. Buratto L, Barboni P, Firrincieli: Katarakt cerrahisinde gelişmeler. Buratto L.(Ed), Özdamar A, Devranoğlu K (Çeviri editörleri) Fakoemülsifikasyon prensipleri ve teknikleri. İkinci baskı. İstanbul Aksu kitabevi 2005;1-35.
9. Karel F: Fakoemülsifikasyonda avantaj-dezavantaj, endikasyon-kontraendikasyon *Türk Oftalmoloji Derneği XXVIII. Ulusal Kongre Bülteni*. 1. cilt Antalya 1994;67-69.
10. Özçetin H: Güncel katarakt cerrahisi. Özçetin H (Editör) Katarakt ve tedavisi. 1. baskı. İstanbul SCALA yayıncılık 2005;299-390.
11. Alio JL, Prats JLR, Galal A: MICS Fluodynamics. Garg A, Fine H, Alio JL, Chang DF, Mehta KR, Bovet JJ, Tsuneoka H, Mehta CK (Eds) *Mastering the phacodynamics*. Birinci baskı Yeni Delhi Jaypee 2007;327-337.
12. Yılmaz ÖF: Fakoemülsifikasyon aygıtları ve sıvı dinamiği. *TOD katarakt ve refraktif cerrahi birimi*. *Türk Oftalmoloji Derneği eğitim yayınları* no:2, Fakoemülsifikasyon. Birinci baskı. Bursa Fikret Özsan Matbaası 2004;11-30.
13. Packer M, Fishkind WJ, Howard F, Seibel B, Hoffman RS. *The Physics of phaco*. *J Cataract Refractive Surg* 2005;31:424-431.
14. Kaynak S, Çelik L, Arıkan G, Koçak N, Yaman A, Cinhüseyinoğlu N: Fakoemülsifikasyon cerrahisinde ultrason gücünün kullanım modaliteleri. *T. Oft. Gaz.* 2006;36:68-74.
15. Nagahara K: Kişisel fakoemülsifikasyon tekniği. Buratto L.(Ed), Özdamar A,

- Devranoğlu K (Çeviri editörleri) Fakoemülsifikasyon prensipleri ve teknikleri. İkinci baskı. İstanbul Aksu kitabevi 2005;1:295-301.
16. 16. Johns KJ, Feder RS, Hamil MB, Miller-Meeks MJ, Rosenfeld SI, Perry PE: Surgery for cataract. The foundation of American Academy of Ophthalmology. Basic and clinical science course. Section 11 Lens and Cataract. San Francisco: The foundation of AAO 2000;81-159.
 17. 17. Helvacioğlu F, Yigit U, Tugcu B et al. The results of conventional phacoemulsification surgeries performed with ICE and CASE settings. Turk J Ophthalmol. 2008;38: 298-304.
 18. 18. Helvacioğlu F, Yiğit U, Şencan S, Özdemir S, Kiliç M. Sert nükleuslu kataraktlarda uygulanan geleneksel fakoemülsifikasyon ve bimanuel minik kesili katarakt cerrahilerinin sonuçları. T.Oft. Gaz. 2008;38,213–219.
 19. 19. Helvacioğlu F, Tunc Z, Yeter C, Oguzhan H, Sencan S. Ozil IP torsional mode versus combined torsional/longitudinal microcoaxial phacoemulsification. Eur J Ophthalmol. 2012; 22:936-942.
 20. 20. Helvacioğlu F, Yeter C, Tunc Z, Sencan S. The outcomes of Ozil IP torsional microcoaxial phacoemulsification performed by 12 and 22 degree bent tips. J Cataract Refract Surg 2013; 39:1219-225.
 21. 21. Helvacioğlu F, Yeter C, Tunc Z, Sencan S, Uyar OM. The outcomes of Ozil IP torsional microcoaxial phacoemulsification performed by tips with 30 and 45 degree aperture angles. J Cataract Refract Surg 2014 Epub doi: 10.1016/j.jcrs.2013.07.051.
 22. 22. Helvacioğlu F, Yeter C, Sencan S, Tunc Z, Uyar OM, Comparison of two different ultrasound methods of phacoemulsification, American Journal of Ophthalmology 2014, Epub doi:10.1016/j.ajo.2014.04.015.
 23. 23. Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, Sarayba M. Initial Clinical Evaluation of an Intraocular Femtosecond Laser in Cataract Surgery. J Refract Surg. 2009;25:1053-1060.
 24. 24. Tunc Z, Helvacioğlu F, Şencan S, Şimşek Ş. Katarakt cerrahisinde akomodatif göz içi lensi uygulaması T.Oft. Gaz. 2012; 42: 257-262.
 25. 25. Tunc Z, Helvacioğlu F, Şencan S, Şimşek Ş. Multifokal progresive refraktif difraktif lens: Optik tasarım ve klinik sonuçları T.Oft. Gaz. 2012;42:326-331.