

Femtosaniye Lazer Yardımlı Katarakt Cerrahisi

Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery

Aylin KILIÇ¹, Akif ÖZDAMAR², Kazım DEVRANOĞLU²

ÖZ

Femtosaniye lazerler cerrahlara hedeflenen bölgede çok güvenilir kesi yaparken çevre dokulara zarar vermemeleri avantajını sağlar. Femtolazerler katarakt cerrahisinde güvenliğin ve etkinliğin artırılması için dizayn edildi. Kristalin lensde femtolazerler istenilen çapta ve pozisyonda kapsüloreksis ve parçalama yapabilir. Bu makalede, femtolazerlerin avantajları ve erken sonuçları değerlendirildi.

Anahtar Kelimeler: Femtosaniye lazer, kapsülotomi, parçalama, katarakt.

ABSTRACT

Femtosecond lasers offer surgeons the ability to make very precise cuts in a targeted area without damaging the surrounding tissue. Femtolasers were designed to increase the safety and effectivity of cataract surgeries. In the crystalline lens, femtolasers can create the capsulorhexis and fragmentation with the desired diameter and position. This article outlines the advantages and provides early results of femtosecond laser cataract surgery.

Key Words: Femtosecond laser, capsulotomy, fragmentation, cataract.

1. M.D., Dünya Eye Hospital, Department of Cataract and Refractive Surgery, İstanbul/TURKEY
KILIÇ A., aylinkilicdr@gmail.com
2. M.D. Professor, Dünya Eye Hospital, Department of Cataract and Refractive Surgery, İstanbul/TURKEY
ÖZDAMAR A., akif.ozdamar@dunyagoz.com
DEVARNOLU K., kazim.devranoglu@dunyagoz.com

Geliş Tarihi - Received: 08.02.2013
Kabul Tarihi - Accepted: 10.02.2013
Glo-Kat 2013;8:1-6

Yazışma Adresi / Correspondence Address: M.D. Aylin KILIÇ
Dünya Eye Hospital, Department of Cataract and Refractive Surgery,
Etiler-İstanbul/TURKEY

Phone: +90 530 313 67 49
E-Mail: aylinkilicdr@gmail.com

GİRİŞ

Katarakt cerrahisi dünyada en sık uygulanan göz içi cerrahilerdendir. Geçmişte geniş insizyon ile uygulanırken artık günümüzde mikroinsizyon ile uygulanabilmektedir. Katarakt ameliyatı sonrasında hasta beklentisi artık giderek değişmekte, sadece kataraktın alınması değil, ideal emetropik refraktif sonuca ulaşmak hedeflenmektedir.¹ Katarakt cerrahisinde lazer kullanımı 1970'li yıllarda başlamıştır. 1975 yılında Krasnov² Q ruby laser (694 nm) kullanarak ön kapsülde mikroperforasyonlar oluşturdu. Bu ilk uygulama sonrasında 1980'li yıllarda araştırmacılar ultraviyole dalga boyunda (193-351 nm) lazerleri kataraktın alınması açısından değerlendirdiler.³ Aron ve ark.,⁴ lazer ile kapsülotomi oluşturulan hastalarda arka kapsül opasifikasyonu insidansında azalma olduğunu gösterdiler. Daha sonraki dönemlerde lazerler fakoemülsifikasyon ve fotolizis ile uygulanmaya başladılar. İlk çalışmalar 1987'de Peyman ve Katoh tarafından yapıldı.⁵ Bu çalışmalarda ışın direk nükleus üzerine odaklanarak lens materyalinin optik kırılması oluşturuldu. Takip eden dönemlerde Erbium-YAG lazer, ND:YAG sistemleri bu amaç için denendi.

Femtosaniye lazerler daha kısa atış süresine sahiptirler; 10^{-15} sn. Bu süre diğer lazerlerle karşılaştırıldığında fotokoagülasyon (argon), fotoablasyon (ekzimer) ve Nd:YAG lazerlerde 10^{-9} kullanılmaktadır. Femtosaniye lazer teknolojisi katarakt cerrahisindeki önemi, bu lazer boyutunun çevre dokulara zarar vermemesi, kornea, iris, zonuller ve kapsül gibi oküler dokuların korunmasını sağlamasıdır.⁶ Femtosaniye lazer ilk 2001 yılında ilk olarak refraktif cerrahide lazer in-situ keratomileusis (LASIK) yönteminde flep oluşturmak için kullanıldı.⁶ Bu lazer sisteminde birbirine çok yakın odaklanan lazer enerjisinin plazma ve kavitasyon baloncukları oluşturduktan sonra bunların genişlemesi ile bıçak etkisi yaratarak dokuyu ayırması özelliğine dayanır.⁷ Lazerin dalga boyu kızıl ötesine yakın olduğu için optik olarak saydam doku tarafından absorbe edilmez., değişik derinlikteki göz dokularında ön kamarada odaklanabilir.

Günümüzde katarakt cerrahisindeki hedef emetropiyi sağlamaktır. Sadece LASIK cerrahisinde değil, femtosaniyenin güvenilirliği, kesinliği, santralizasyonu katarakt cerrahisinde de yerini almıştır. Femtosaniye katarakt cerrahisinde 4 başlık altında toplanabilir; saydam korneal insizyonlar, astigmatik gevşetici insizyonlar, kapsülotomi ve lens parçalanması.

Şu ana 4 femtosaniye lazer sistemi kullanımda ve geliştirilme aşamasında. Bu lazerler LensAR Laser System (LensAR, Orlando, Florida, USA), LenSx Laser System (LensX, Aliso Viejo, California, USA), Catalys Precision Laser System (Optimedica, Santa Clara, California, USA) ve Customlens System (Technolas, München, Germany).

Bunlar arasında LenSx sistemi, ön kapsülotomi ve lens parçalanması aşamaları için USA da FDA (Food and Drug Administration) onayı ilk alan ve pazarda ticari olarak kullanımına ilk olarak geçilen cihaz oldu. Şu anda LensAR sistemi de FDA onayını ön kapsülotomi ve lens parçalanması açısından almış durumdadır. Bu 4 sistemin görüntüleme sistemleri, tedavi algoritmaları birbirinden farklıdır. Lazer uygulaması başlamadan önce hastanın gözü stabilize edilmelidir ve cihazın optik sisteminde görünür hale getirilmelidir. Domuz gözünde ve in-vivo tavşan gözünde yapılan çalışmalarda femtolazerlerin LASIK cerrahisinde kullanımı sırasında Intralase (Abbott Medical Optics, Santa Ana, California, USA) yaklaşık göziçi basınç artışı 89 mmHg iken, VisuMax ile (Carl Zeiss Meditec, Dublin, California, USA) 82 mmHg olarak belirlenmiştir.^{8,9}

Her ne kadar göz içi basınç artışı genç refraktif hastalar için tolere edilebilir olsa da yaşlı hastalar retinal iskemi, geçici görme kaybı riski daha yüksektir. İdeal sistem sıkı bir vakum ile birlikte distorsiyon, gözde eğilme olmamasıdır, böylece santralizasyon kesilerin yerlerinin belirlenmesi daha kesin olacaktır. Göze temas edilen yüzey direk körv şeklinde lens olabildiği gibi, bazı cihazlarda ara yüzeyde sıvı da olabilir bu da korneal katlanmaları engeller daha iyi odaklanmış lazer atışı elde edilebilir. Bütün femtolazer sistemleri gözün stabilizasyonu ve minimal göz içi basınç artışı alanında geliştirilmiştir. OptiMedica'nın sıvı optik yüzeyi 8-12 mmHg basınç yüksekliğine sebep olur, gözü fikse etmek için yeterlidir. LenSx sisteminin körv şeklindeki aplanasyon lensi ve basınçlı halkası bulunmaktadır, LensAR ise temas olmadan sıvı ile doldurulmuş fiksasyon sistemine sahiptir.¹⁰ Kerr ve ark.,¹¹ sıvı optik ara yüzeye sahip Catalys Precision Laser System kullanarak göz içi basınç değişimini ameliyat sırasında i-Care tonometre ile ölçtüler. Vakum sırasında göziçi basınç yüksekliği artışı 11.4 ± 3.3 mmHg, en yüksek basınç kapsülotomi ve lens parçalanması sonrasında 18.5 ± 4.7 mmHg olarak kaydedildi.

Korneal insizyonlar

Femtosaniye lazerler ideal ve kesin, hedeflenen korneal insizyonu oluşturabilir. Manuel olarak bıçakla yapılan korneal insizyonlar uzunluk ve insizyonun yapısının kontrolünü kesin olarak sağlamayabilirler. Masket ve ark.,¹² kadavra gözlerinde manuel olarak açılan insizyonların basınç altında daha çabuk deform olduğunu ve potansiyel olarak daha fazla sızdığını ancak femtosaniye lazer yöntemi ile oluşturulan insizyonların ise, daha dirençli ve stabil olduğunu gösterdi. Femtosaniye lazerler aynı zamanda güvenilir ve kesin şekilde korneal gevşetici insizyonlar oluşturabilir.¹³ Katarakt cerrahisi sırasında aynı zamanda lazer ile arkuat insizyonlar oluşturulabilir ve mevcut astigmat 3.5 D üzerinde bile düzeltilebilir.

Topografik bulgular analiz edilerek dik meridyenin düzleştirilmesi prensibine dayanır.¹⁴ 5°'lik aksda kayma meydana gelmesi, astigmatın düzeltilmesinde etkini %17 azalmasına sebebiyet verdiği düşünülürse, manuel astigmatik keratotomi uygulaması derinlik, uzunluk ve aks açısından femtosaniye lazer kesilerine göre daha az güvenilir olacaktır. İnsizyonlar özel forseps ile ameliyathanede açılır veya bırakılabilir femtolazerin yaptığı pozisyonda kalır.

Kapsülotomi

Fakoemülsifikasyonun en önemli basamaklarından biri kapsülotomi aşamasıdır. Kapsülotomi boyutu ve yerleşimi katarakt cerrahisinde çok tartışılan konulardan birisidir. İntraoküler lensin (IOL) ideal pozisyonda olması ve fonksiyonu kapsüloreksis ile ilişkilidir. İdeal bir kapsüloreksis hidrodiseksiyonu, nükleer hareketliliği, korteks temizlenmesini ve İOL implantasyonunu kolaylaştırır. Kapsüloreksis kenarlarının 360° optik üzerini eşit örtmesi optik desantralizasyonu, eğilme, miyopik kayma, posterior veya anterior kapsüler opasifikasyonu etkiler. Simetrik kapsül açıklığının olması, kapsülün kırışma, kontraksiyon etkisini ve buna bağlı değişiklikleri azaltır.^{15,16}

Kapsül yırtılması, arka kapsül ayrılması, vitre kaybı ve İOL konulması aşamasında yaşanacak sıkıntılar, uygunsuz kapsülotomi nedeniyle meydana gelebilir.^{17,18} Efektif lens pozisyonu ile kapsüloreksis boyutu arasında direk ilişkinin olduğu gösterilmiştir.¹⁹ Efektif lens pozisyonunun uygunsuz olması refraktif kusura sebep olabilir. 1 mm lens pozisyonunun değişmesi ile 1.25 D refraktif kusur meydana gelir.^{20,21} Torik İOL ve multifokal İOL'ler düşünüldüğünde çok daha küçük sapmalarla daha büyük oranda refraktif kusur meydana getirebilir. İOL'de hafif eğim, desantralizasyon, veya rotasyon tolere edilmesi zor visüel aberasyonlara sebep olabilir.^{22,23}

Kapsülotominin yerleşimi İOL'ün santralizasyonu ile direk ilişkilidir. Mevcut teknolojiyle pupil kenarı veya limbus kenarı gibi anatomik odakların dışında çok az alet kapsülotominin yerinin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. Femtosaniye yöntemi ile kapsülotomi ilk olarak hayvanlarda ve kadavralarda yapıldı. Nagy ve ark.,²⁴ 5 mm kapsüloreksis yapmayı hedeflediğinde manuel olarak 5.88 ± 0.73 , femtosaniye lazer kullanarak ise 5.02 ± 0.04 mm olarak kapsüloreksis sağlayabilmişlerdir.

Elektron mikroskopi ile değerlendirildiğinde ise metoddan bağımsız olarak kapsül kenarlarının pürüzsüz olduğunu tespit etmiştir. Trackman ve ark.,²⁵ non randomize klinik çalışmada femtosaniye lazer ile 49, manuel olarak ise 24 tane ön kapsülotomi oluşturdu. Hedeflenen kapsüloreksis çapı ile karşılaştırıldığında 0.18 ± 0.17 mm femtosaniye yöntemi ile, 0.42 ± 0.54 mm manuel yöntemle sapma tespit edildi.

Nagy ve ark.,²⁶ femtolazer ile uygulanan kapsülotomilerde kapsülün İOL optiğinin üzerinde yerleşimini nedeniyle uzun vadede horizontal desantralizasyon azaldığını gösterdiler.²⁷

Filipinlerden Uy ve ark.,²⁷ manuel kapsüloreksis ve femtolazer ile kapsüloreksis yapılan gözlerin refraktif sonuçlarını karşılaştırdılar. Bu çalışmada göre sferik ekivalanın hedeflenen refraksiyon değerinden ortalama sapma miktarı manuel grupta $+0.41 \pm 0.40$ D, femtolazer grubunda ise -0.18 ± 0.515 D olarak belirgin olarak manuel grupta daha fazlaydı.

Mihaltz ve ark.,²⁸ femtosaniye lazer ile uygulanan kapsülotomili gözleri manuel yöntemle karşılaştırdığında internal aberasyonların lazer grubunda daha azaldığını ve optik kalite açısından daha avantajlı olduğunu gösterdiler.

Femtosaniye Lazer Lens Parçalanması

Femtosaniye lazerler nükleusu parçalamak için kullanılabilir, böylece cerrahın parçalamak için uygulayacağı manevraları minimale indirgenmiş olur. Nükleusun parçalanması ve alınması fakoemülsifikasyondaki en önemli manevralardan birisidir.

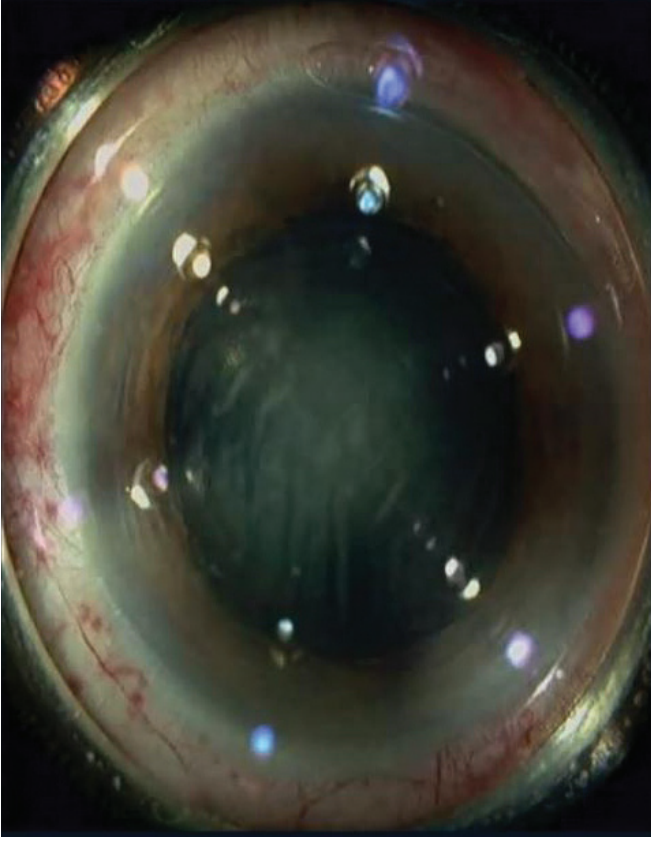
Birçok çalışma fakoemülsifikasyon probundan ultrason enerjisinin miktarının azalması ile kapsül komplikasyonlarının ve korneal endotel hücre hasar riskinin azaldığını göstermiştir.^{29,30}

Fakoemülsifikasyon süresi ve ortalama fakoemülsifikasyon gücü nükleer opaklık ile pozitif korelasyon gösterir.³¹ Femtosaniye lazer kullanıldığında değişik paternlerde nükleus parçalanabilir (çapraz patern, 6-8 kesi ile kek paterni, kek paterni ile birlikte dairesel halkalar) ve sert olan nükleus daha yumuşak kıvama gelmiş olur (Resim 1).

Lensin parçalanması LenSx'de nükleusun derinindeki mesafesinden başlayarak yüzeye doğru ilerler.



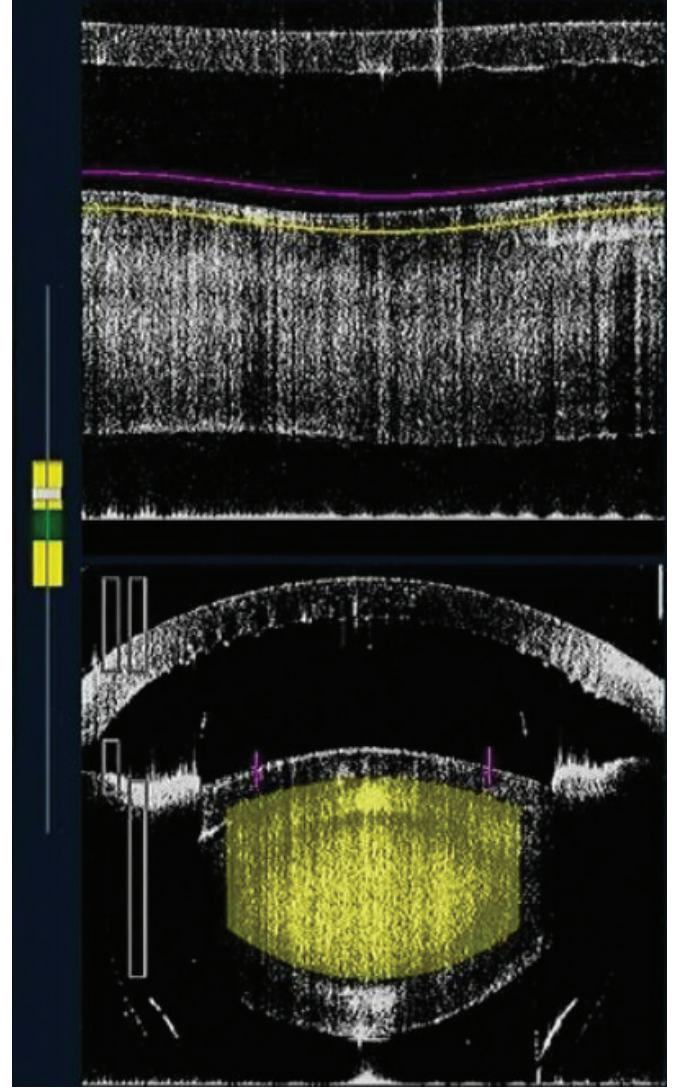
Resim 1: Femtosaniye lazer kullanıldığında değişik paternlerde nükleus parçalanabilir: 4 parçaya ayrılmış (LensX).



Resim 2: Görüntüleme sistemi ile parçalanacak nükleusun arka kapsül mesafesi ayarlanabilir.

Ameliyat öncesi parametreleri belirlerken güvenlik olarak en az 400 mikron kadar arka kapsülden uzak olmakta fayda vardır, bu da ancak cihazla birleştirilmiş görüntüleme sisteminden belirlenebilmektedir. (Resim 2). Fakoemülsifikasyon sırasında kullanılan ultrason enerjisi ısı artışına ve serbest radikallerin oluşmasına bağlı olarak korneal hasar verebilir. Murano ve ark.,³² ultrason sonrası oksidatif stress ve hücre nekrozu gösterdi ve kornea endotel hücre hasarının serbest radikallerden kaynaklandığını rapor etti. Shin ve ark.,³³ ultrason süresinin uzamasıyla hücre hasarı arasında direk ilişki olduğunu gösterdi. Nagy ve ark.,³⁴ femtosaniye lazer yardımıyla uygulandığında fakoemülsifikasyon gücünün %43 daha az kullanıldığını ve fakoemülsifikasyon süresinin de %51 oranında azaldığını gösterdi.

Bu çalışmada komplikasyon rapor edilmedi. 29 hastayı içeren randomize klinik çalışmada ise Batlle ve ark.,³⁵ kümülatif dispersive enerjiyi manuel ve femtosaniye lazer ile farklı katarakt seviyelerinde karşılaştırdı. Manuelde enerji 18.9 iken femtolazer yönteminde 11.6'ya düşerek %40 oranında azalma saptadı ($p<0.05$). Hengerer ve ark.,³¹ Catalys Precision Laser System, Optimedica cihazını kullanarak 57 hastaya femtolazer yöntemi ile, 52 hastaya geleneksel manuel fakoemülsifikasyon yöntemi uygulayarak efektif fakoemülsifikasyon sürelerini (EPT) karşılaştırdı.



Femtolazer grubunda EPT 0.16 ± 0.21 saniye iken manuel fakoemülsifikasyon uygulanan grupta 4.07 ± 3.14 saniye olarak rapor ettiler. Femtolazer ile nükleusun parçalandığı fakoemülsifikasyon uygulamalarında EPT daha kısadır. Hengerer ve ark.,³² diğer çalışmalarında farklı lens parçalama yöntemlerini EPT üzerine etkisini karşılaştırdılar. Catalys Precision Laser sistemini kullanarak 350 mikronluk ızgara paterni ile 500 mikronluk ızgara paternini 2 farklı gruba uygulayıp, EPT açısından değerlendirdiler.

Nükleusun 350 mikronluk parçalara ayrılan grupta EPT 0.03 ± 0.05 saniye iken 500 mikronluk parçalar oluşturulan grupta 0.21 ± 0.26 saniye olarak belirlendi. Nükleusun parçalara ayrılarak yumuşatılmasının EPT üzerine olumlu etkisi olduğu bu çalışma ile gösterilmiştir. Takacs ve ark.,³³ femtosaniye lazer yardımıyla yapılan fakoemülsifikasyon cerrahisi ile manuel yapılan cerrahiye santral korneal kalınlık ve endotel hücre sayımı açısından karşılaştırdı. Lazer yardımıyla yapılan grupta daha az korneal ödem olduğunu rapor ettiler, ve bunu da daha az travma olduğu için endotel zedelenmenin daha az olmasına bağladılar.



Resim 3: Femtolaserle kesilmiş insizyonların açılması için künt forsepsin kullanılması faydalı olacaktır.

Femtosaniye lazer yardımıyla nucleus parçalanmasında kişiye özel ya da nucleus sertliğine özel farklı algoritmalar uygulanabilir. Cerrahın seçimine veya cihazın özel algoritmasına bağlı olarak tedavi profili değişir. Özellikle “divide and conquer” yönteminde ile karşılaştırınca için insize edilmiş nükleus için daha az enerji kullanarak segmentler alınabilir. “Chop” yöntemini için ise, parçalanmış nükleusu ayırma ve alma daha kolay olacaktır.

Femtosaniye yardımıyla katarakt cerrahisi

Ameliyat öncesi değerlendirme; ideal hastaların özellikleri:

- 5 mm üzerinde pupil genişliği.
- Saydam kornea: etkili lazer ışını geçişini sağlayacaktır.
- İleri derecede glokomu olan hastalar basınçlı fiksasyon nedeniyle olumsuz etkilenebilirler.
- Koopere ve ileri derecede anksiyetesi olmayan hastalar.
- Dar kapak aralığı olmayan hastalar.

Femtolazer yardımıyla katarakt cerrahisi olacak hastaların medikal durumlarını değerlendirmek ve doğru biyometrik ölçümler yapmak çok önem taşır. Korneaya temas edilip gözün sabitleme aşamasında hasta koopere olabilmelidir. Bu aşama topikal anestezi ile yapılmaktadır, sedasyon genellikle tercih edilmemektedir.

Femtosaniye lazer basamağındaki cerrahi süre yaklaşık 3-5 dakikadır. Pupilin tam dilate olmuş olması gerekmektedir ki lazer uygulaması etkili olarak uygulanabilsin. Gözün santralizasyonu ve vakumla fiks edilmesi başarılı lazer ablasyonu için şarttır. Hastayla devamlı konuşarak iletişim kurulmalı ve yönlendirilmelidir.

Baş pozisyonu ve gözün aplanasyon sistemine göre yönünü operasyon başlamadan önce belirlemelidir. Eğik duran baş pozisyonu işlemi uzatabilir ve zorlaştırabilir.

Femtolazer uygulaması farklı operasyon odasında uygulanabilir, fakoemülsifikasyon sisteminin kurulu olduğu odaya geçilerek hasta en baştan steril edilir. Kesilmiş insizyonların açılması için künt forsepsin kullanılması faydalı olacaktır (Resim 3). Utrata forsepsi de kullanılabilir. Kesilmiş olan ön kapsülün alınması aşamasında dikkatli olunması gereklidir, kapsülöreksis kenarları tam olarak ayrılmamış olabilir, radial yırtıklar arka kapsüle doğru ilerleyebilir.

Ön kamaranın hidrodiseksiyon öncesinde basıncın azaltılarak dengelenmesi yani dekompresyon çok önemli bir adımdır, kapsüler blok sendromuna sebebiyet verebilir. Hidrodiseksiyon sırasında fazla kapsül içi gaz olabileceği için dikkatli davranılmalıdır. Nükleus parçalarının alınması seçilen lazer programına, paterne bağlıdır. Korteksin alınması daha zordur, ısının capsule yapıştırmış olabileceği görüşleri bulunmaktadır.³⁴ Manuel yöntemden daha belirgin ince tabaka korteks tabakası mevcuttur.

Tanjansiyel süpürme hareketi ile korteksin alınması güvenli olabilir, ince radial yırtıkların olabileceği unutulmamalıdır. Femtosaniye yardımıyla katarakt cerrahisi standart uygulanan fakoemülsifikasyona alternatiftir. Güvenli olarak uygulanabilen, etkili bir yöntemdir ve birçok avantajları bulunmaktadır ancak klinik üstünlüğü henüz kanıtlanmamıştır. Potansiyel klinik avantajlarını göstermek için daha çok klinik çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKLAR/REFERENCES

1. Erie JC, Baratz KH, Hodge HO, et al. Incidence of cataract surgery from 1980 through 2004: 25 year population-based study. J Cataract Refract Surg 2007;33:1273-7.
2. Krasnov MM. Laser-phacopuncture in the treatment of soft cataracts. Br J Ophthalmol 1975;59:96-8.
3. Dodick JM, Pahlavi IA. Lasers in a small-incision cataract surgery. In: Fankhauser F, Kwasniewska S, editors. Lasers in ophthalmology: basic diagnostic and surgical aspects. Amsterdam, the Netherlands: Kugler Publications 2003:395-402.
4. Aron-Rosa DS, Aron JJ. Effect of preoperative YAG laser anterior capsulotomy on the incidence of posterior capsule opacification: ten-year follow-up. J Cataract Refract Surg 1992;18:559-61.
5. Peyman GA, Katoh N. Effect of an erbium: YAG laser on ocular structures. Int Ophthalmol 1987;10:245-53.
6. Nordan LT, Slade SG, Baker RN, et al. Femtosecond laser flap creation for laser in situ keratomileusis:six-month follow-up for initial U.S. clinical series. J Refract Surg 2003;19:8-14.
7. Sugar A. Ultrafast (femtosecond) laser refractive surgery. Curr Opin Ophthalmol 2002;13:246-9.
8. Hernandez-Verdejo JL, Teus MA, Roman JM, et al. Porcine model to compare real time intraocular pressure during LASIK with a mechanical microkeratome and femtosecond laser. Invest Ophthalmol Vis Sci 2007;48:68-72.
9. Chaurasia SS, Luengo Gimeno F, Tan K, et al. In vivo real time intraocular pressure variations during LASIK flap creation. Invest Ophthalmol Vis Sci 2010;51:4641-5.

10. He L, Sheehy K, Culbertson W. Femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2010;22:43-52.
11. Kerr NM, Abell RG, Vote BJ, et al. Intraocular pressure during femtosecond laser pretreatment of cataract. *J Cataract Refract Surg* 2013.
12. Masket S, Sarayba M, Ignacio T, et al. Femtosecond laser-assisted cataract incisions: architectural stability and reproducibility. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:1048-9.
13. Nubile M, Carpineto P, Lanzini M, et al. Femtosecond laser arcuate keratotomy for the correction of high astigmatism after keratoplasty. *Ophthalmology* 2009;116:1083-92.
14. Nichamin LD. Astigmatism control. *Ophthalmol Clin North Am* 2006;19:485-93.
15. Tan JC. Capsulotomy. *Curr Opin Ophthalmol* 2001;12:82-5.
16. Hollick EJ, Spalton DJ, Meacock WR. The effect of capsulorhexis size on posterior capsular opacification: one-year results of a randomized prospective trial. *Am J Ophthalmol* 1999;128:271-9.
17. Assia E, Apple DJ, Tsai JC, et al. Mechanism of radial tear formation and extension after anterior capsulotomy. *Ophthalmology* 1991;98:432-7.
18. Hollick EJ, Spalton DJ, Meacock WR. The effect of capsulorhexis size on posterior capsular opacification: one-year results of a randomized prospective trial. *Am J Ophthalmol* 1999;128:271-9.
19. Çekiç O, Batman C. The relationship between capsulorhexis size and anterior chamber depth relation. *Ophthalmic Surg Lasers* 1999;30:185-90.
20. Sanders DR, Higginbotham RW, Opatowsky IE, et al. Hyperopic shift in refraction associated with implantation of the single-piece Collamer intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:2110-2.
21. Erickson P. Effects of intraocular lens position errors on postoperative refractive error. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:305-11.
22. Walkow T, Anders N, Pham DT, et al. Causes of severe decentration and subluxation of intraocular lenses. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1998;236:9-12.
23. Baumeister M, Bühren J, Kohnen T. Tilt and decentration of spherical and aspheric intraocular lenses: effect on higher-order aberrations. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:1006-12.
24. Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, et al. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2009;25:1053-60.
25. Tackman RN, Kuri JV, Nichamin LD, et al. Anterior Capsulotomy with an ultrashort-pulse laser. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:819-24.
26. Nagy ZZ, Kranitz K, Takacs AL, et al. Comparison of intraocular lens decentration parameters after femtosecond and manual capsulotomies. *J Refract Surg* 2011;27:565-9.
27. Uy HS, Hill W, Edwards KH. Refractive results after laser anterior capsulotomy. Association for Research in Vision and Ophthalmology Annual Meeting. A4695 Poster D634. Fort Lauderdale, FL; 2011. www.arvo.org.
28. Mihaltz K, Knorz MC, Alio JL, et al. Internal Aberrations and Optical Quality After Femtosecond Laser Anterior Capsulotomy in Cataract Surgery. *J Refract Surg* 2011;27:711-6.
29. Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, et al. Risk factors for corneal endothelial injury during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1996;22:1079-84.
30. Johansson B, Lundström M, Montan P, et al. Capsule complication during cataract surgery : long-term outcomes-Swedish Capsule Rupture Study Group report 3. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:1694-8.
31. Hengerer CI, Hengerer FH, Schultz T, et al. Effect of femtosecond laser fragmentation on effective phacoemulsification time in cataract surgery. *J Refract Surg* 2012;28:879-83.
32. Hengerer CI, Hengerer FH, Schultz T, et al. Effect of femtosecond laser fragmentation of the nucleus with different softening grid sizes on effective phaco time in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2012;38:1888-94.
33. Takacs AI, Kovacs I, Mihaltz K, et al. Central corneal volume and endothelial cell count following femtosecond laser-assisted refractive cataract surgery compared to conventional phacoemulsification. *J Refract Surg* 2012;28:387-91.