

Femtosaniye Lazer Destekli Katarakt Cerrahisi

Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery: Review

Sezen AKKAYA,^a
Banu AÇIKALIN,^a
Yelda ÖZKURT^a

^aGöz Hastalıkları Kliniği,
Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve
Araştırma Hastanesi,
İstanbul

Geliş Tarihi/Received: 18.02.2016
Kabul Tarihi/Accepted: 21.05.2016

Yazışma Adresi/Correspondence:
Sezen AKKAYA
Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve
Araştırma Hastanesi,
Göz Hastalıkları Kliniği, İstanbul,
TÜRKİYE/TURKEY
drsezenakkaya@gmail.com

ÖZET Femtosaniye lazer (FSL) destekli katarakt cerrahisi, gelişme aşamasında olup, kornea kesileri ve ön kapsüloleksisteki daha iyi tutarlılık ve öngörülebilirlik nedeni ile hızla popülerlik kazanmaktadır. FSL'nin, lazer ışınını birkaç mikrometre çapında odaklayan ve atım enerjisi 1 µJ'ü geçmeyen ultra kısa atımları mevcuttur. Bu ultra kısa atımlar sayesinde kullanılan lazer enerjisi azalırken, çevre dokularda oluşan termal ve mekanik hasar minimum düzeye inmiş olur. İlk önce-leri lazer insitu keratomileusiste mikrokeratomun yerini alması için sunulan bu teknoloji, günümüzde birçok farklı kullanım alanları bulmuş ve bulmaya devam etmektedir. Daha az fakoemülsifikasyon enerjisi ve zamanını mümkün kılarak kornea ödemi azaltmada kazanım sağ-lar. Ek olarak, FSL daha iyi ön kapsülotomi bütünlüğü, daha iyi kapsül örtüşmesi, göz içi lensi (GİL) yerleştirme ve santralizasyonunu sağlar. Bu avantajlar ile kısa vadede daha iyi görsel ve refraktif so-nuçlar sağlar. İleri kataraktlarda lensin su içeriği az olduğu için lazer daha az emilir ve etkisi azalır, beyaz matür kataraktlarda ise su içeriği çok düşük olup, etkili lens parçalanması yapılamaz. Bu gibi durumlarda, FSL'nin katarakt cerrahisinde kullanımı ön kapsülotomi ve korneal insizyon ile sınırlıdır. FSL, ek masrafları ve zaten etkili standart fakoemülsifikasyon cerrahisi üzerinde sınırlı ka-zançları nedeni ile sadece yumuşak kataraktlar ve multifokal lens implantasyonları için uygun bir cerrahi olup şu anda yaygın kullanımda değildir.

Anahtar Kelimeler: Kataraktın çıkartılması; kornea ödemi; kapsül yırtılması

ABSTRACT Femtosecond laser (FSL) cataract surgery is in its infancy but is rapidly gaining popularity due to the improved consistency and predictability for corneal incisions and anterior capsu-lorhexis. Femtosecond lasers have ultra short laser pulses. Because of these short pulses the pulse energy is decreased and there is a reduction in the amount of thermal and mechanical damage to the surrounding tissues. Once designed to replace microkeratome in laser in-situ keratomileusis (LASIK), the FSL is being used and seems to be going to be used in many new areas. It enables subsequently less phacoemulsification energy and time to be employed, which has gains in terms of reduced corneal oedema. In addition, the FSL allows better circularity of the anterior capsulotomy, capsule overlap, intraocular lens (IOL) placement and centration of the IOL. These advantages have resulted in improved visual and refractive outcomes in the short term. Because the laser is absorbed, low water content of the lens, is less in advanced cataract and effect is reduced, and the water content is very low at white mature cataract, lens fragmentation can not be effective. In such cases, the FSL is limited to the anterior capsulotomy and corneal incisions at cataract surgery. FSL, additional costs and is already only one suitable for soft cataract surgery and multifocal lens implantation due to limi-ted gains over the standard effective phacoemulsification is not in widespread use at the moment.

Keywords: Cataract extraction; corneal edema; capsulorhexis

Oftalmolojide çeşitli lazerlerin (light amplification by stimulated emission of radiation) kullanımı 50 yılı aşkın süredir hep ön planda olmuştur.^{1,2}

Femtosaniye lazerin (FSL), lazer ışınına birkaç mikrometre çapında odaklayan ve atım enerjisi 1 μJ 'ü geçmeyen ultra kısa atımları mevcuttur. Bu ultra kısa atımlar sayesinde kullanılan lazer enerjisi azalırken, çevre dokularda oluşan termal ve mekanik hasar minimum düzeye inmiş olur. İlk önceleri lazer in-situ keratomileusis (LASIK)'te mikrokeratomun yerini alması için sunulan bu teknoloji, günümüzde birçok farklı kullanım alanları bulmuş ve bulmaya devam etmektedir. Bu alanlar LASIK cerrahisinde flep oluşturulması, miyopik düzeltme için korneadan lentikül hazırlanması, kornea halkaları için yatak hazırlanması, astigmatik keratotomi, lameller keratoplasti, presbiyopi tedavisi katarakt cerrahisinde birçok aşama olarak sayılabilir.³

İlk insan, FSL destekli katarakt cerrahisi, Budapestte Semmelweis Üniversitesi'nde Nagy tarafından, 2008 yılında Alcon LenSx ile Macaristan'da gerçekleştirilmiştir.⁴

FSL DESTEKLİ KATARAKT CERRAHİSİNİN ENDİKASYONLARI

- Ön kapsülotomi oluşturulması,
- Lens parçalanması ve yumuşatılması,
- Tek ve çok planda kornea insizyonu oluşturulması,
- Astigmatizma kontrolü için arkuat korneal insizyon oluşturulması.

Ön kapsülotominin çapı LenSx sistemi ile 4,5-6 mm arasında değişebilmektedir. Lens parçalanmasında hibrid patern kullanılabilir. Bu 3,0 mm'lik santral lensin sıvılaştırılması ve periferik lensin 4 ila 8 parçaya kesimini (kek veya pizza deseni) içermektedir. Bu yöntem kalan perifer lense erişim sağlayan merkezi lensin alınmasına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle kullanılan ultrasonik fakomülsifikasyon enerjisi ve zamanını azaltarak, oluşacak kornea ve kistoid makula ödemi (KMÖ) azaltıp; daha iyi postoperatif görme keskinliği sağlamaktadır.^{5,6} Çalışmalarda grade 4 nükleer katarakt olanlarda FSL ile tedavi sınırlı bulunmuştur.⁷ İleri "brunescent" kataraktlarda lensin su içeriği az olduğu için lazer daha az emilir ve etkisi azalır, beyaz matür kataraktlarda ise su içeriği çok düşük

olup, etkili lens parçalanması yapılamaz. Ancak uygulanan lazer, çok yumuşak kataraktlar dışında lensi sadece çizmektedir. Bölme ve parsiyel parçalara ayırması mümkün olmamaktadır. Bu gibi durumlarda, FSL'nin katarakt cerrahisinde kullanımını ön kapsülotomi ve korneal insizyon ile sınırlıdır.

FSL DESTEKLİ KATARAKT CERRAHİSİNİN KONTRENDİKASYONLARI

- Korneal skarlar,
- Sert ve matür katarakt,
- Küçük, iyi dilate olmayan pupil (rölatif kontrendikasyon),
- İleri glokomu olan hastalar (basınçlı fiksasyon nedeni ile).

6 mm'den küçük pupil (FSL) destekli katarakt cerrahisi için rölatif kontrendikasyon olup, ön kapsülotomi 5 mm pupilden yapılabilir, ancak bu yüksek iris hasarı riski taşır. Bu vakalarda iris kancaları ve malyugin halkası kullanılabilir.⁸ Bu vakalarda kornea insizyonları yapılabilir.

FSL DESTEKLİ KATARAKT CERRAHİSİNDE İŞLEM SIRASI

Sırasıyla 3 adım içerir: 1) Ön kapsülotomi oluşturulması, 2) Lens yumuşatılması ve parçalanması, 3) Korneal insizyonların yapılması. Ön kapsülotomi lens parçalanmasından önce yapılır, çünkü lens parçalanması sırasında oluşan gaz kabarcıkları ön kapsülü kaldırabilir. Korneal insizyonlar en son olarak ve içeriden dışarıya doğru yapılır.

FSL DESTEKLİ KATARAKT CERRAHİSİNDE İŞLEM SIRASINA GÖRE KLİNİK SONUÇLAR

ÖN KAPSÜLOTOMİ

Nagy ve ark., 5 mm kapsülozeksis yapmayı hedefledikleri çalışmada, manuel olarak 5,88±0,73 mm, FSL kullanarak ise 5,02±0,04 mm kapsülozeksis yapmayı sağlayabilmişlerdir. FSL kullanarak yapılan kapsülozeksislerde hedeften ±0,25 mm sapma tüm gözlerde %100 sağlanabilmişken, bu manuel teknikte sadece %10 oranında başarılı olmuştur.⁴

Doğru kapsüloreksis büyüklüğü istediğimiz postoperatif refraksiyonu elde etmede önemlidir. Amaçlanandan daha büyük reksis arka kapsül kesafeti riskini artırabilir ya da göz içi lens (GİL)'in ön veya arkaya kaymasına neden olabilmektedir. Opti-Medica FSL ile yapılan bir çalışmada, yırtılmaya karşı kapsül gücüne bakıldığı zaman, FSL tekniğinde manuel oluşturulan reksise göre iki üç kat daha fazla kuvvet gerekli olduğu görülmüştür.⁹ Etkili lens pozisyonu (ELP), özellikle multifokal GİL'ler için çok önemli olup, bu grupta reksisin büyüklüğü ve konumu özellikle önem arz etmektedir.^{10,11}

Mihaltz ve ark., FSL ile uygulanan kapsülotomili gözleri manuel yöntemle karşılaştırdığında, internal aberasyonların lazer grubunda daha az olduğunu ve optik kalite açısından daha avantajlı olduğunu göstermişlerdir.¹²

Dick ve Schultz, lazer sistemi kullanarak yaptıkları çalışmada, son ELP'nin lazer sistemi ile hemen elde edilebildiğini ve daha ön görülebilir refraktif sonuçlara ulaşıldığını göstermişlerdir.¹³ Packer ve ark. tarafından yapılan yeni bir çalışmada ise 5,25 mm çapa sahip olan ve lensin optik eksenine ile klinik uyumlu kapsülotominin ELP tutarlılığını optimize ettiği bildirilmiştir. Aksine manuel kapsüloreksis çalışmaları ameliyat sonrası ELP'de kapsüloreksis boyutu ve santralizasyonunun bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Buradaki olası nedenler Packer ve ark. tarafından tartışılmıştır.¹⁴

Ayrıca, FSL'de ön kapsülotomi CCC şeklinde olmayıp, lazer enerjisinin veriliş şekli nedeni ile tırtıklı olmaktadır. Bazen ön kapsül tam olarak açılmamakta ve kistotom ile girilerek ön kapsülotominin tamamlanması gerekmektedir. Tırtıklı kapsülotomi nedeni ile radyal yırtık riski artmaktadır.

ÖN KAPSÜLOTOMİ BÜTÜNLÜĞÜ VE GİL SANTRALİZASYONU

Yapılan iki çalışmada araştırmacılar, FSL ile yapılan ön kapsülotominin şeklinin daha düzgün olduğunu ve daha iyi GİL santralizasyonu sağladığını ve daha iyi kapsül lens örtüşmesi olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, vertikal ve horizontal GİL desantralizasyonunu da manuel kapsüloreksiste FSL'ye göre istatistiksel olarak yüksek bulmuşlardır.¹⁵

Başka bir karşılaştırmalı ön kapsülotomi çalışmasında ise Alcon LenSx FSL kullanılarak yapılan 54 göz anterior kapsülotomi ve standart manuel teknik ile yapılan 57 göz anterior kapsülotomi karşılaştırılmıştır. FSL grubunda ön kapsül daireselliği istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha iyi bulunurken ($p=0,032$); manuel yapılan reksiste yetersiz kapsül lens örtüşmesi anlamlı olarak yüksek bulunmuştur (%11'e karşı %28, $p=0,033$).¹⁶

Ancak bazı durumlarda FSL ile yapılan kapsüloreksis tam açılmamakta, manuel olarak tamamlanması gerekmektedir.

LENS PARÇALANMASI VE FAKOEMÜLSİFİKASYON ENERJİSİ

FSL ile çeşitli lens parçalanma şekilleri sunulmuştur. "Lens Opacities Classification System (LOCS)"e göre grade 2'den daha yumuşak kataraktı olanlarda lensin santral 5 mm'lik bölgesinde sıvılaştırma tipik olarak kullanılır ve bunun için lenste FSL ile kon-santrik halkalar (silindirik model) oluşturulur. Bu senaryo daha çok refraktif lens değişimi yapılan genç hastalarda kullanılır. LOCS'ye göre grade 2'den sert kataraktı olanlarda ise lens parçalanması uygundur. Bu bir çapraz desen (lens içinde 2 dik kesi) olabilir ya da artan kesi sayısı ile yapılabilir. LenSx'te 6-8 kesim sağlayan kek ya da pizza modeli parçalama sistemi bulunur.

LenSx'te ayrıca hibrid patern denilen santral 3 mm çaplı sıvılaştırma ile periferik lens parçalama sistemi kullanılabilmektedir. Bu yöntem ile cerrah bu şekilde yöntemin güvenliğini artırarak daha az fako enerjisi ve zamanı sağlar. Sıvılaştırma ve parçalanma tekniğinde lens yüzeyinin arka konkav şekli nedeni ile, parçalanma çapı kapsüloreksis çapının 1 mm'den daha büyük olmamalıdır, çünkü uzun parçalanma hatları arka kapsül travma riskini artırır. Takács ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, FSL destekli cerrahi grupta ortalama fako enerjisi %12,7 (8,3 ±) iken; FSL destekli olmayan grupta %20,4 (± 12,6) olup, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Ameliyat sonrası kornea endotel hücre sayımı FSL destekli olmayan grupta biraz daha düşük olmakla birlikte fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.¹⁷

Nagy ve ark., FSL uygulandığında fakoemülsifikasyon gücünün %43 daha az kullanıldığını ve fakoemülsifikasyon süresinin de %51 oranında azaldığını göstermişlerdir.⁴

Ancak bazı durumlarda uygulanan lazer, çok yumuşak kataraktlar dışında lensi sadece çizmektedir. Bölme ve parsiyel parçalara ayırması mümkün olmamaktadır.

KORNEAL VE LİMBAL İNSİZYONLAR

Bir bıçak yardımıyla manuel olarak oluşturulan korneal insizyonların tünel yapısı ve uzunluğu nedeni ile genellikle ameliyat sonunda stromal hidrasyon ile kapatılmaları gerekmektedir. Düşük göz içi basıncı (GİB)'nda, manuel yara yeri instabil hâle gelip, konjonktivadan bakteriyel girişe izin vererek endoftalmi gelişimine yol açabilmektedir.¹⁸ Oluşturulan kornea yaraları, ameliyat sonrası enfeksiyon kontrolünde ve cerrahiye bağlı astigmatizma azaltılmasında büyük önem taşımaktadır.¹⁹ Bu nedenle, FSL ile oluşturulan kesilerde daha fazla hedeflenen tutarlılık ile ameliyat sonunda stromal hidrasyona gerek kalmadan yara yeri kapatılabilmektedir.^{20,21} Yara özellikleri özellikle torik ve multifokal GİL'ler için önemlidir.²² LenSx ve Catalys OptiMedica FSL ile korneal veya limbal gevşetici kesi yapılan hastalarda korneal astigmatizmada büyük miktarlarda başarıyla düzeltme sağlanmıştır.^{23,24} Kesinin uzunluğu, genişliği, derinliği, şekli ve konumu görüntü kılavuzluğunda kontrollü bir şekilde yapılabilir. Prosedür bilgisayar kontrollü, hassas ve öngörülebilirdir.

Ancak korneal insizyonlar, düşük doz lazer enerjisi verildiğinde korneayı sadece çizmektedir. Bu hastalarda tekrar bir MVR bıçak ile girilerek kesi tamamlanmalıdır. Yüksek doz enerji ise tam kat side-port insizyona neden olabilmektedir.

REFRAKTİF SONUÇLAR

Yapılan bir çalışmada, LenSx FSL destekli katarakt cerrahisi ile standart manuel fakoemülsifikasyon cerrahisi aberasyon ve görme kalitesi açısından karşılaştırıldığında, aberasyonların FSL destekli cerrahide daha az olduğu bulunmuştur.²⁵ Postoperatif uzak görme keskinliği ve refraksiyon açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken,

koma aberasyonu ve vertikal GİL kayması, FSL destekli cerrahi grupta anlamlı olarak düşük bulunmuştur ($p<0,05$).²⁵ Literatürde yer alan refraksiyon açısından FSL ve standart katarakt cerrahisi arasında fark olmadığını bildiren diğer çalışmalar mevcuttur.²⁶⁻²⁸ Szigeti ve ark., FSL ile oluşturulan ön kapsüloreksislerde 6 mm ile 5,5 mm'yi karşılaştırdıklarında, GİL tilt ve desantralizasyonunu 5,5 mm reksiste daha düşük bulmuşlardır.²⁷

KORNEA ENDOTELİ ÜZERİNE ETKİ

Standart katarakt ameliyatı sonrası %8,5 endotel kaybı olduğu tahmin edilmektedir.²⁹ Abell ve ark.nın yaptığı bir çalışmada, Catalys OptiMedica FSL ve standart katarakt cerrahisi karşılaştırılmış ve postoperatif üçüncü hafta endotel hücre kaybı açısından iki teknik arasında bir fark bulunamamıştır.³⁰ Abell, 405 gözün 118'ine lazer ile kornea kesisi yaparken, 287 göze manuel kornea kesisi uygulamıştır. Endotel hücre kaybı, manuel olarak kornea kesisi yapılan gözlerde anlamlı olarak daha az olmuştur.³¹ Takács ve ark., LenSx FSL ve standart katarakt cerrahisi sonrası kornea kalınlığı, kornea hacim stres indeksi ve endotel yoğunluğunu karşılaştırmışlardır. Kornea kalınlığı açısından manuel gruba göre LenSx ile yapılan cerrahide postoperatif dönemde anlamlı derecede daha iyi sonuçlar bildirilmiştir; ancak iki teknik arasındaki kornea kalınlık farkı bir hafta-bir ay arasında ortadan kaybolmuştur. Bu konuda ileri sürülen açıklamalar FSL tekniğindeki azalmış fakoemülsifikasyon zamanı ile ilgilidir.¹⁷

MAKULA ÜZERİNE ETKİ

Standart katarakt cerrahisi ile LenSx FSL cerrahisi arasında makula kalınlığındaki değişiklikleri karşılaştıran bir çalışmada, ameliyat sonrası birinci hafta FSL grubunda makula kalınlığında çok az FSL lehine fark bulunmuş, ancak birinci ayda bu fark kaybolmuştur.³² Ayrıca Nagy ve ark., FSL yardımcı fakoemülsifikasyon (çalışma grubu) ve konvansiyonel fakoemülsifikasyon (kontrol grubu) cerrahisinden sonra optik koherens tomografi (OKT) ile makula retina katmanlarındaki kalınlık değişikliklerini karşılaştırmışlardır. Katarakt ameliyatı sonrası, makuler ödem esas olarak, her iki grupta da,

dış nükleer katmanda tespit edilmiş ama FSL ile önemli ölçüde daha az bulunmuştur.³³ Ancak, Conrad-Hengerer ve ark.nın yaptığı 102 hastanın karşılaştırıldığı randomize kontrollü çalışmada, FSL katarakt cerrahisi ve standart fakoemülsifikasyon arasında makula ödemi açısından anlamlı fark bulunamamıştır.³⁴ Bundan başka, Levitz ve ark.nın yaptığı yeni çalışmada da iki grup arasında makula ödemi açısından herhangi bir farklılık bulunamamıştır.³⁵

KOMPLİKASYONLAR

En sık karşılaşılan sorunlar şunlardır:

PUPİLLER KONSTRÜKSİYON

Pupil çapı iris yaralanmasını önlemek için en az 6 mm olmalıdır. FSL'den gelen şok dalgaları irise yakın olursa istenmeyen miyozise neden olabilir. Küçük pupili olan hastalarda ameliyat öncesi ek dilatasyon damlası ve nonsteroid antiinflamatuvar ilaçlar kullanılmalıdır. Hastaların büyük çoğunluğunda pupiller konstrüksiyon meydana gelmekte olup, ameliyatı daha komplike hâle getirmektedir. Bu durumda adrenalin ile pupilla dilatasyonu yapmak gerekmektedir.

KAPSÜLER BLOK SENDROMU

Roberts ve ark., ilk olarak LenSx ile ortaya çıkan kapsüler blok sendromunu rapor ettiler.³⁶ Kapsüler blok sendromu hidrodiseksiyon sırasında ortaya çıkabilmekte, çünkü yüksek hızla sıvı girişi lensten kaçan gaz kabarcığını engellemekte, böylelikle arka kapsül rüptürü ve drop riski artmaktadır. Nagy ve ark., bu muhtemel komplikasyon riskini azaltmak için "rock and roll" tekniğini tanımlamışlardır.³⁷ Bu teknik gaz kabarcıklarını serbest bırakmak için hidrodiseksiyon sıvısının yavaş verilmesini ve çekirdeğin dikkatli bölünmesini içermektedir. Rock, lense hafifçe aşağıya doğru uygulanan gücü, Roll ise lensin yumuşakça hareketlendirilmesini ifade etmektedir. FSL esnasında hava kabarcıkları arka kapsül önünde, yani lens korteksi ile arka kapsül arasında oluşmaktadır. Hidrodiseksiyondan önce nükleusu hafifçe yatırarak bu kabarcıkların ön kamaraya gelmesi sağlanmalıdır. Aksi takdirde hidrodiseksiyon esnasında nükleus drop olma ihtimali artmaktadır.

YANLIŞ KORNEA KESİLERİ

Ameliyat öncesinde; yanlış korneal kesi yerleştirmeyi önlemek için cerrahlar hastaya uygun pozisyonu vermelidir. Çünkü yanlış yerleşmiş kesiler korneal astigmatizmaya neden olabilir. Dahası kaymış kesiler asimetric veya eksik kapsülotomi oluşturma ve lens parçalanmasına yol açabilir.³⁷

Korneal insizyonlar düşük doz lazer enerjisi verildiğinde korneayı sadece çizmektedir. Bu hastalarda, tekrar bir MVR bıçak ile girilerek kesi tamamlanmalıdır. Yüksek doz enerji tam kat side-port insizyona neden olmakta, ancak korneada balık-ağzı şeklinde korneal kesiler nedeni ile operasyon sonunda stromal hidrasyon yapıldığı halde sızıntılara neden olabilmektedir.

DIĞER KOMPLİKASYONLAR

Ön kapsül yırtığı (Catalyst ile), korneal perforasyon (Catalyst ile) ve GİB büyük artışlar (Victus ile) sayılabilir.³⁸⁻⁴⁰ Abell ve ark.nın yaptığı 4.080 gözü içeren büyük bir çalışmada; Catalyst Lazer Sistemi ile cerrahi olan 1.852 gözden 21'inde tamamlanmamış kapsülotomi saptandı. Arka kapsül yırtığı FSL ile cerrahi olan 8 gözde gelişirken, FSL olmayan 4 gözde meydana geldi (İstatistiksel olarak anlamlı değildi). Korneal haze FSL olmayan cerrahide 1 gözde görülürken, FSL grubunda 12 gözde meydana geldi (p=0,0009) Unstabil pupil FSL cerrahinde 30 gözde görülürken, normal cerrahide 14 gözde görülmüştür (p=0,003).³⁸

Ayrıca FSL'de ön kapsülotomi CCC şeklinde olmayıp, lazer enerjisinin verilmiş şekli nedeni ile tırtıklı olmaktadır. Bazen ön kapsül tam olarak açılmamakta ve kistotom ile girilerek ön kapsülotominin tamamlanması gerekmektedir. Tırtıklı kapsülotomi nedeni ile radyal yırtık riski artmakta ve cerrahın mümkün olduğunca az manipülasyon yapması gerekmektedir.

ÖZEL ENDİKASYONLAR

FSL katarakt ameliyatı, travmatik kataraktta, fako-morfik glokom, penetran keratoplasti, keratokonus, nanoftalmik göz, Marfan sendromu ve katarakt birlikteliğinde ve pediatrik katarakt ameliyatlarında başarıyla uygulanabilir.^{8,41-45}

SONUÇ

FSL üç ana alanda kullanılmaktadır; kornea kesileri, ön kapsülotomi ve lensin parçalanması. Gelişmiş hassasiyet ve doğruluğunun yanı sıra, fakoemülsifikasyon için gerekli enerji ve süreyi önemli ölçüde azaltmaktadır. Fakat FSL, ek masrafları ve zaten etkili standart fakoemülsifikasyon cerrahisi üzerinde sınırlı kazançları nedeni ile yumuşak kataraktlar ve multifokal lens implantasyonları için uygun bir cerrahi olmasının yanı sıra orta sertlikte ve daha sert kataraktlarda uygun bir

cerrahi gibi görünmemekte olup şu an yaygın kullanımında değildir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması veya finansal destek bildirmemiştir.

Yazar Katkıları

Makalenin Yazımı, Tartışılması, Kaynak Bulunması: Sezen Akkaya; **Fikir, Tasarım, Analiz, Yazım:** Sezen Akkaya, Banu Açıkalm, Yelda Özkurt; **Eleştirel İnceleme:** Banu Açıkalm, Yelda Özkurt.

KAYNAKLAR

- Soong HK, Malta JB. Femtosecond lasers in ophthalmology. *Am J Ophthalmol* 2009; 147(2):189-97.
- McAlinden C. Corneal refractive surgery: past to present. *Clin Exp Optom* 2012;95(4):386-98.
- Öncel B, Pınarcı YE, Akova Y. [Advances in applications of femtosecond laser]. *Glo-Kat* 2011;6(4):203-6.
- Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, Sarayba M. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *J Refract Surg* 2009;25(12):1053-60.
- Mayer WJ, Klaproth OK, Hengerer FH, Kohlen T. Impact of crystalline lens opacification on effective phacoemulsification time in femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2014;157(2):426-32.
- Palanker DV, Blumenkranz MS, Andersen D, Wiltberger M, Marcellino G, Gooding P, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery with integrated optical coherence tomography. *Sci Transl Med* 2010;2(58):58-85.
- Nagy ZZ. New technology update: femtosecond laser in cataract surgery. *Clin Ophthalmol* 2014;8:1157-67.
- Kránitz K, Takács AI, Gyenes A, Filkorn T, Gergely R, Kovács I, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in management of phacomorphic glaucoma. *J Refract Surg* 2013;29(9):645-8.
- Friedman NJ, Palanker DV, Schuele G, Andersen D, Marcellino G, Seibel BS, et al. Femtosecond laser capsulotomy. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(7):1189-98.
- Hodge C, McAlinden C, Lawless M, Chan C, Sutton G, Martin A. Intraocular lens power calculation following laser refractive surgery. *Eye and Vision* 2015;2:7.
- Hatch KM, Talamo JH. Laser-assisted cataract surgery: benefits and barriers. *Curr Opin Ophthalmol* 2014;25(1):54-61.
- Miháltz K, Knorz MC, Alió JL, Takács AI, Kránitz K, Kovács I, et al. Internal aberrations and optical quality after femtosecond laser anterior capsulotomy in cataract surgery. *J Refract Surg* 2011;27(10):711-6.
- Dick HB, Schultz T. Intraocular lens fixated in the anterior capsulotomy created in the line of sight by a femtosecond laser. *J Refract Surg* 2014;30(3):198-201.
- Packer M, Teuma EV, Glasser A, Bott S. Defining the ideal femtosecond laser capsulotomy. *Br J Ophthalmol* 2015;99(8):1137-42.
- Kránitz K, Takacs A, Miháltz K, Kovács I, Knorz MC, Nagy ZZ. Femtosecond laser capsulotomy and manual continuous curvilinear capsulorrhexis parameters and their effects on intraocular lens centration. *J Refract Surg* 2011;27(8):558-63.
- Kránitz K, Miháltz K, Sándor GL, Takacs A, Knorz MC, Nagy ZZ. Intraocular lens tilt and decentration measured by Scheimpflug camera following manual or femtosecond laser-created continuous circular capsulotomy. *J Refract Surg* 2012;28(4):259-63.
- Takács AI, Kovács I, Miháltz K, Filkorn T, Knorz MC, Nagy ZZ. Central corneal volume and endothelial cell count following femtosecond laser-assisted refractive cataract surgery compared to conventional phacoemulsification. *J Refract Surg* 2012;28(6): 387-91.
- Cao H, Zhang L, Li L, Lo S. Risk factors for acute endophthalmitis following cataract surgery: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2013;8(8):e71731.
- Kershner RM. Refractive cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 1998;9(1):46-54.
- Bang JW, Lee JH, Kim JH, Lee DH. Structural analysis of different incision sizes and stromal hydration in cataract surgery using anterior segment optical coherence tomography. *Korean J Ophthalmol* 2015;29(1):23-30.
- Hu YJ, Hou P, Chen WQ. Factors affecting stromal hydration of clear corneal incision architecture. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36(3):528.
- Cabot F, Saad A, McAlinden C, Haddad NM, Grise-Dulac A, Gatinel D. Objective assessment of crystalline lens opacity level by measuring ocular light scattering with a double-pass system. *Am J Ophthalmol* 2013;155(4):629-35.
- Kankariya VP, Diakonis VF, Goldberg JL, Kymionis GD, Yoo SH. Femtosecond laser-assisted astigmatic keratotomy for postoperative trabeculectomy-induced corneal astigmatism. *J Refract Surg* 2014;30(7):502-4.
- Viswanathan D, Kumar NL. Bilateral femtosecond laser-enabled intrastromal astigmatic keratotomy to correct high post-penetrating keratoplasty astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(12):1916-20.
- Miháltz K, Knorz MC, Alió JL, Takács AI, Kránitz K, Kovács I, et al. Internal aberrations and optical quality after femtosecond laser anterior capsulotomy in cataract surgery. *J Refract Surg* 2011;27(10):711-6.
- Filkorn T, Kovács I, Takács A, Horváth E, Knorz MC, Nagy ZZ. Comparison of IOL power calculation and refractive outcome after laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser versus conventional phacoemulsification. *J Refract Surg* 2012; 28(8):540-4.
- Szigeti A, Kránitz K, Takacs AI, Miháltz K, Knorz MC, Nagy ZZ. Comparison of long-term visual outcome and IOL position with a single-optic accommodating IOL After 5.5-or 6.0-mm Femtosecond laser capsulotomy. *J Refract Surg* 2012;28(9):609-13.

28. Roberts TV, Lawless M, Bali SJ, Hodge C, Sutton G. Surgical outcomes and safety of femtosecond laser cataract surgery: a prospective study of 1500 consecutive cases. *Ophthalmology* 2013;120(2):227-33.
29. Takács AI, Kovács I, Miháltz K, Filkorn T, Knorz MC, Nagy ZZ. Central corneal volume and endothelial cell count following femtosecond laser-assisted refractive cataract surgery compared to conventional phacoemulsification. *J Refract Surg* 2012;28(6):387-91.
30. Abell RG, Kerr NM, Vote BJ. Toward zero effective phacoemulsification time using femtosecond laser pretreatment. *Ophthalmology* 2013;120(5):942-8.
31. Abell RG, Kerr NM, Howie AR, Mustaffa Kamal MA, Allen PL, Vote BJ. Effect of femtosecond laser-assisted cataract surgery on the corneal endothelium. *J Cataract Refract Surg* 2014;40(11):1777-83.
32. Ecsedy M, Miháltz K, Kovács I, Takács A, Filkorn T, Nagy ZZ. Effect of femtosecond laser cataract surgery on the macula. *J Refract Surg* 2011;27(10):717-22.
33. Nagy ZZ, Ecsedy M, Kovács I, Takács Á, Tátraí E, Somfai GM, et al. Macular morphology assessed by optical coherence tomography image segmentation after femtosecond laser-assisted and standard cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(6):941-6.
34. Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Al Juburi M, Schultz T, Dick HB. Femtosecond laser-induced macular changes and anterior segment inflammation in cataract surgery. *J Refract Surg* 2014;30(4):222-6.
35. Levitz L, Reich J, Roberts TV, Lawless M. Incidence of cystoid macular edema: femtosecond laser-assisted cataract surgery versus manual cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(3):683-6.
36. Roberts TV, Sutton G, Lawless MA, Jindal-Bali S, Hodge C. Capsular block syndrome associated with femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(11):2068-70.
37. Nagy ZZ, Takacs AI, Filkorn T, Kránitz K, Gyenes A, Juhász É, et al. Complications of femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2014;40(1):20-8.
38. Abell RG, Darian-Smith E, Kan JB, Allen PL, Ewe SY, Vote BJ. Femtosecond laser-assisted cataract surgery versus standard phacoemulsification cataract surgery: outcomes and safety in more than 4000 cases at a single center. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(1):47-52.
39. Cherfan DG, Melki SA. Corneal perforation by an astigmatic keratotomy performed with an optical coherence tomography-guided femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg* 2014;40(7):1224-7.
40. Baig NB, Cheng GP, Lam JK, Jhanji V, Chong KK, Woo VC, et al. Intraocular pressure profiles during femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2014;40(11):1784-9.
41. Nagy ZZ, Kránitz K, Takacs A, Filkorn T, Gergely R, Knorz MC. Intraocular femtosecond laser use in traumatic cataracts following penetrating and blunt trauma. *J Refract Surg* 2012;28(2):151-3.
42. Nagy ZZ, Takács AI, Filkorn T, Juhász É, Sándor G, Szigeti A, et al. Laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser after penetrating keratoplasty: case report. *J Refract Surg* 2013;29(1):8.
43. Schultz T, Ezeanosike E, Dick HB. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in pediatric Marfan syndrome. *J Refract Surg* 2013;29(9):650-2.
44. Martin AI, Hughes P, Hodge C. First report of femtosecond laser cataract surgery in a nanophthalmic eye. *Clin Experiment Ophthalmol* 2014;42(5):501-2.
45. Dick HB, Schultz T. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in infants. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(5):665-8.