



T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

**FAKOEMÜLSİFİKASYON UYGULANAN ERİŞKİN
KATARAKT OLGULARINDA AMELİYAT SONRASINDA
OLUŞAN KORNEA ENDOTEL DEĞİŞİKLİKLERİ VE
ÇEŞİTLİ FAKTÖRLERİN BU DEĞİŞİM ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

TIPTA UZMANLIK TEZİ

Dr. Gökhan KIZILÇAY

KAYSERİ – 2011



T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

**FAKOEMÜLSİFİKASYON UYGULANAN ERİŞKİN
KATARAKT OLGULARINDA AMELİYAT SONRASINDA
OLUŞAN KORNEA ENDOTEL DEĞİŞİKLİKLERİ VE
ÇEŞİTLİ FAKTÖRLERİN BU DEĞİŞİM ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

TIPTA UZMANLIK TEZİ

Dr. Gökhan KIZILÇAY

Danışman
Prof. Dr. Cem EVEREKLİOĞLU

KAYSERİ – 2011

TEŞEKKÜR

Birlikte geçirdiğimiz süre boyunca bilgi, düşünce ve deneyimleriyle yetişmemde büyük emekleri bulunan başta Anabilim Dalı Başkanımız Sayın Prof Dr. G. Ertuğrul MİRZA olmak üzere değerli hocalarım Prof Dr. Hakkı DOĞAN' a, Prof. Dr. Kuddusi ERKILIÇ' a, Prof. Dr. Sarper KARAKÜÇÜK' e, Doç Dr. Ayşe ÖNER' e, Doç. Dr. Koray GÜMÜŞ' e, Yard. Doç. Dr. Hatice ARDA' ya, Uzm. Dr. Çağatay KARACA' ya, ayrıca tezimin oluşumunda ve yönlendirilmesinde katkılarını ve yardımlarını esirgemeyen, birlikte çalışmaktan şevk ve onur duyduğum tez danışmanım Prof Dr. Cem EVEREKLİOĞLU'na; aynı yolda yürüdüğümüz tüm asistan arkadaşlarıma, yardımlarını esirgemeyen hemşire, teknisyen, sekreter ve yardımcı personelimize sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Hayatımın her aşamasında sevgi ve desteği ile yanımda olan annem ve eşime, dünyaya gelişi ile en büyük mutluluk ve moral kaynağım olan kızım Bernis'e sonsuz sevgi ve teşekkürü bir borç bilirim.

Dr. Gökhan KIZILÇAY

Kayseri – 2011

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGE VE KISALTMALAR.....	iii
TABLO LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖZET	ix
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Lens ve Katarakt	3
2.2 Katarakt Cerrahisi	6
2.3 FAKO ve Kornea	26
2.4 Speküler Mikroskopi	30
3. GEREÇ VE YÖNTEM	33
3.1 Cerrahi Öncesi Hazırlık, Cerrahi Teknik ve Cerrahi Sonrası Medikasyon	36
3.2 İstatistiksel Yöntem	38
4. BULGULAR	39
5. TARTIŞMA	59
6. SONUÇLAR	70
7. KAYNAKLAR	72

SİMGE VE KISALTMALAR

ark	: Arkadaşları
AVG	: Ortalama fako gücü
cc	: Cubic Centimeter
CCC	: Continue Circular Capsulorhexis
CV	: Varyasyon katsayısı
EKKE	: Ekstra kapsüler katarakt ekstraksiyonu
EPT	: Efektif fako süresi
EX	: Altıgen hücre oranı
Fako	: Fakoemülsifikasyon
G	: Gauge
GİB	: Göz içi basıncı
GİL	: Göz içi lensi
gr	: Gram
Hz	: Hertz
İKKE	: İntrakapsüler katarakt ekstraksiyonu
K	: Kelvin
mmHg	: Milimetre civa
MÖ	: Milattan önce
SKK	: Santral kornea kalınlığı
SM	: Speküler mikroskop
SS	: Standart sapma
U/S	: Ultrasonik enerji
VEM	: Viskoelastik madde
W	: Watt
μ	: Mikron
°	: Derece

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Hastaların karakteristikleri	39
Tablo 2 : Eşlik eden ek oküler hastalık ve durumlar	40
Tablo 3: Yaşlarına göre grupların dağılımı	41
Tablo 4: Toplam ameliyat sürelerine göre grupların dağılımı	41
Tablo 5: EFS'ye göre grupların dağılımı	41
Tablo 6: U/S süresine göre grupların dağılımı	42
Tablo 7: AVG'ye göre grupların dağılımı	42
Tablo 8: Katarakt sertliğine göre grupların dağılımı	42
Tablo 9: Santral kornea kalınlığındaki değişim	43
Tablo 10: Hücre sayısındaki değişim	44
Tablo 11: CV değerindeki değişim	45
Tablo 12: EX değerindeki değişim	46
Tablo 13: Yaş grupları arasındaki SKK değerindeki değişim	47
Tablo 14: Yaş grupları arasındaki endotel hücre sayısı değişimi	48
Tablo 15: Katarakt sertliğine göre iki grup arasındaki SKK değerindeki değişim	49
Tablo 16: Katarakt sertliğine göre iki grup arasındaki endotel sayısındaki değişim	50

Tablo 17: Ameliyat süresine göre iki grup arasındaki SKK değerindeki değişim	51
Tablo 18: Ameliyat süresine göre iki grup arasındaki endotel sayısındaki değişim	52
Tablo 19: EFS'ye göre iki grup arasındaki SKK değerindeki değişim	53
Tablo 20: EFS'ye göre iki grup arasındaki endotel sayısındaki değişim	54
Tablo 21: U/S zamanına göre iki grup arasındaki SKK değerindeki değişim	55
Tablo 22: U/S zamanına göre iki grup arasındaki endotel sayısındaki değişim	56
Tablo 23: AVG'ye göre iki grup arasındaki SKK değerindeki değişim	57
Tablo 24: AVG'ye göre iki grup arasındaki endotel sayısındaki değişim	58

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: “Continuous Mode” da kesintisiz titreşimler	16
Şekil 2: “Puls Mode” da pedal pozisyonu, U/S gücü ve zaman ilişkisi	17
Şekil 3: “Burst Mode”da pedal pozisyonu, U/S gücü ve zaman ilişkisi	17
Şekil 4: Fako elciğinin parçaları, Fako uç eğimleri	18
Şekil 5: Saydam kornea kesisi. Tek düzlem (sol), yüzeysel oluk (orta), derin oluk (sağ)	20
Şekil 6: Skleral kesinin yandan ve yukarıdan görünüşü	20
Şekil 7: Ön kapsülotomi teknikleri	21
Şekil 8: A. Olukların açılması, B. Kırma işlemi	25
Şekil 9: Dur ve parçala tekniği	25
Şekil 10: Normal endotel hücrelerinin speküler mikroskopi görüntüsü (sol). Aynı gözde Fako sonrası endotel hücrelerindeki yapısal değişimin speküler mikroskopi görüntüsü (sağ)	29
Şekil 11: Fako sonrası kornea ödemeine bağlı opaklaşma	30
Şekil 12: SP-02® (CSO, İtaly) endotel hücre analizi program çıktısı	32
Şekil 13: Katarakt Sınıflaması	35
Şekil 14: Göz kapaklarının kapak kenarı ile birlikte steril örtü ile kapatılması	36

Şekil 15: SKK’da ameliyat sonrası 1. günde anlamlı yükseliş, 6. haftada ise cerrahi öncesi değerlere dönüş	41
Şekil 16: Hücre sayısında ameliyat sonrası 1. günden başlayıp 3. gün ve 6. haftada devam eden azalma	42
Şekil 17: CV değerinde ameliyat sonrası 1. gün ve 3. günde anlamlı yükseliş, 6. haftada cerrahi öncesi değerlere dönüş	43
Şekil 18: EX değerinin postop 1. günde anlamlı düşüşü, bu düşüşün postop 6. haftaya kadar sabit kalması	44
Şekil 19: Yaş grupları arasında tüm zamanlarda SKK değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim	45
Şekil 20: Yaş grupları arasında tüm zamanlarda hücre sayılarındaki anlamlı farklılık.....	46
Şekil 21: Katarakt sertliğine göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda SKK değerlerindeki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim	47
Şekil 22: Katarakt sertliğine göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda endotel sayısındaki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim	48
Şekil 23: Ameliyat süresine göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda SKK değerindeki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim	49
Şekil 24: Ameliyat süresine göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda hücre sayısındaki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim	50
Şekil 25: EFS’ye göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda SKK değerindeki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim	51

Şekil 26: EFS'ye göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda endotel sayısındaki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim	52
Şekil 27: U/S zamanına göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda SKK değerindeki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim	53
Şekil 28: U/S zamanına göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda endotel sayısındaki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim	54
Şekil 29: AVG'ye göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda SKK değerindeki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim	55
Şekil 30: AVG'ye göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda endotel sayısındaki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim	56

ÖZET

Amaç: Fakoemülsifikasyon (FAKO) cerrahisi uygulanan erişkin katarakt olgularında ameliyat sonrasında oluşan kornea endotel değişikliklerini ve çeşitli faktörlerin bu değişim üzerindeki etkilerini değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: Prospektif tarzda düzenlenen bu çalışmaya Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Göz Hastalıkları Kliniği'nde Mart 2011-Eylül 2011 tarihleri arasında katarakt ameliyatı olan toplam 91 hastanın (47 kadın, 44 erkek) 100 gözü dahil edildi. Tüm gözlerin tashihsiz ve tashihli görme keskinliği (cerrahi öncesi ve cerrahi sonrası 6. hafta), göz içi basıncı (GİB) ölçümü, ön-arka segment muayenesi ve Oxford Katarakt Klinik Sınıflandırma ve Derecelendirme Sistemi'ne göre nükleus rengi temel alınarak katarakt sertliği evrelemesi, SP-02® (CSO) speküler mikroskop ile santral kornea endotel hücre yoğunluğu, varyasyon katsayısı (CV), altıgen hücre oranı (EX) ve santral kornea kalınlığı (SKK) ölçümleri yapıldı. Speküler mikroskop ile yapılan ölçümler cerrahi sonrası 1. gün, 3. gün ve 6. haftada tekrarlandı. Hastalar yaş, toplam ameliyat süresi, efektif FAKO süresi (EFS), toplam U/S süresi, ortalama FAKO gücü (AVG) değerlerine ve katarakt sertliğine göre iki gruba ayrıldı. Varsa intraoperatif komplikasyonlar not edildi. Analizlerde SPSS 19.0 programı kullanıldı.

Bulgular: Katarakt sertliğine göre Evre 2 altı nükleer $\pm$ arka subkapsüler (ASK), kortikal katarakt (KK) olan 60 göz ve Evre 2 ve üstü nükleer $\pm$ arka subkapsüler ve kortikal katarakt olan 40 göz olmak üzere 2 gruba ayrıldı. Ortalama yaş 1. grup ve 2. grupta sıra ile $54,02 \pm 6,43$ ve $68,50 \pm 5,47$ yıl idi. Ortalama ameliyat süresi 1. grup ve 2. grupta sıra ile $12,70 \pm 2,67$ ve $22,64 \pm 5,96$ dk idi. Ortalama EFS 1. grup ve 2. grupta sıra ile $0,64 \pm 0,43$ ve $3,80 \pm 2,37$ dk idi. Ortalama U/S süresi 1. grup ve 2. grupta sıra ile $0,18 \pm 0,11$ ve $1,03 \pm 0,81$ dk idi. Ortalama AVG 1. grup ve 2. grupta sıra ile $2,46 \pm 1,25$ ve $6,67 \pm 2,97$ idi.

SKK cerrahi öncesi ortalama $533,72 \pm 41,42\mu$, cerrahi sonrası 1. gün, 3. gün ve 6. haftada sıra ile $571,95 \pm 47,40\mu$ ($p < 0,001$), $552,25 \pm 44,68\mu$ ($p < 0,001$), $535,86 \pm 40,47\mu$ ($p = 0,330$) ölçüldü. Katarakt sertliği, ameliyat zamanı, EFS, U/S ve AVG'ye göre oluşturulan 1. grup ile 2. grup arasında cerrahi öncesi ve cerrahi sonrası tüm zamanlarda SKK ölçümlerinde anlamlı fark yoktu (her biri için, $p > 0,05$).

Endotel hücre sayısı cerrahi öncesi ortalama $2602 \pm 381,63$, cerrahi sonrası 1. gün, 3. gün ve 6. haftada sırasıyla $2473,16 \pm 383,51$ ($p < 0,001$), $2404,18 \pm 386,41$ ($p < 0,001$) ve $2336,37 \pm 444,42$ ($p = 0,001$) olarak ölçüldü. Yaş'a göre 1. gruptaki olguların endotel hücre sayıları cerrahi öncesi, cerrahi sonrası 1. gün, 3. gün ve 6. haftada 2. gruptakilerden anlamlı olarak daha yüksekti (her biri için $p < 0,05$). Katarakt sertliği, ameliyat zamanı, EFS, U/S ve AVG'ye göre oluşturulan 1. grup ile 2. grup arasında cerrahi öncesi ve cerrahi sonrası tüm zamanlarda endotel hücre sayısı ölçümlerinde anlamlı fark yoktu (her biri için, $p > 0,05$).

Ortalama CV değerleri cerrahi öncesi $39,79 \pm 5,04$, cerrahi sonrası 1. gün $41,36 \pm 5,91$ ($p = 0,001$), 3. gün $42,05 \pm 5,02$ ($p = 0,001$) ve 6. haftada $40,59 \pm 5,28$ ($p = 0,051$) olarak ölçüldü. Ortalama EX cerrahi öncesi $48,94 \pm 6,59$, cerrahi sonrası 1. gün $44,83 \pm 6,80$, 3. gün $44,79 \pm 6,98$ ve 6. haftada ise $44,75 \pm 6,99$ olarak ölçüldü (her biri için, $p < 0,001$).

Sonuçlar: SKK, FAKO cerrahisinden hemen sonra artmış ve cerrahi sonrası 6. haftada normal değerlere dönmüştür. Diğer taraftan endotel hücre sayısı progresif olarak cerrahi sonrası 6. haftaya kadar azalmaya devam etmiştir. CV değeri cerrahi sonrası 1. ve 3. gün yükselmiş, 6. haftada cerrahi öncesi değerlere dönmüştür. Bununla birlikte EX değeri cerrahi öncesi değerlerle karşılaştırıldığında cerrahi sonrası tüm zamanlarda daha düşük bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Katarakt, fakoemülsifikasyon, kornea endotel hücresi, speküler mikroskopi.

POSTOPERATIVE CORNEAL ENDOTHELIAL CELL CHANGES AFTER PHACOEMULSIFICATION IN ADULTS WITH CATARACT AND TO EVALUATE THE EFFECT OF VARIOUS FACTORS ON THESE CHANGES

ABSTRACT

Aim: To investigate postoperative corneal endothelial cell changes after phacoemulsification surgery in adults with cataract and to evaluate the effect of various factors on these changes.

Materials and Methods: This prospective study included 100 eyes of 91 patients (47 women, 33 men) with cataract operated between March and September 2011 in the Department of Ophthalmology of Erciyes University Medical Faculty. Uncorrected and best corrected visual acuity (preoperative and at sixth postoperative week), intraocular pressure (IOP), biomicroscopic and fundus examinations were performed. Cataract density was staged according to “Oxford Clinical Cataract Classification and Grading System” and central corneal endothelial cell density was evaluated with SP-02[®] (CSO, Italy) specular microscope. Variation coefficient (CV), hexagonal cell ratio (EX) and central corneal thickness (CCT) measurements were all recorded. These measurements by specular microscope were repeated at the first and third postoperative days as well as at sixth week. Patients were divided into 2 groups and evaluated according to the age, total operation time, efficient phaco time (EPT), total U/S time, average phaco power (AVG) and cataract density. Intraoperative complications were noted, if present. SPSS 19.0 software used for analysis.

Results: There were 60 eyes in group 1 with nuclear sclerosis below stage 2 with or without posterior subcapsular cataract and/or cortical cataract and 40 eyes in group 2 with stage 2 or over nuclear sclerosis with or without posterior subcapsular cataract and/or cortical cataract. The mean ages were $54,02 \pm 6,43$ and $68,50 \pm 5,47$ years in group 1 and 2, respectively. The mean operation times were $12,70 \pm 2,67$ and $22,64 \pm 5,96$ min in group 1 and 2, respectively. The mean EPT was $0,64 \pm 0,43$ min in group 1 and $3,80 \pm 2,37$ min in group 2. The mean U/S time was $0,18 \pm 0,11$ min in group 1 and $1,03 \pm 0,81$ min in group 2. The mean phaco power was $2,46 \pm 1,25$ in group 1 and $6,67 \pm 2,97$ in group 2.

Overall, the mean preoperative CCT was $533,72 \pm 41,42 \mu$ whereas it was $571,95 \pm 47,40 \mu$ ($p < 0,001$), $552,25 \pm 44,68 \mu$ ($p < 0,001$) and $535,86 \pm 40,47 \mu$ ($p = 0,330$) in the postoperative first day, third day and sixth week, respectively. However, there were not significant differences between group 1 and group 2 eyes for preoperative and each postoperative CCT measurements when compared according to cataract density, operation time, EPT, U/S and AVG (for each, $p > 0,05$).

The mean preoperative endothelial cell count was 2602 ± 381 whereas it was $2473,16 \pm 383,51$ ($p < 0,001$), $2404,18 \pm 386,41$ ($p < 0,001$) and $2336,37 \pm 444,42$ ($p = 0,001$) in the postoperative first day, third day and sixth week, respectively. In addition, endothelial cell counts compared according to age were significantly higher in group 1 eyes than those in group 2 in the postoperative first day, third day and sixth week ($p < 0,05$ for each). However, there were not significant differences between group 1 and group 2 eyes for preoperative and each postoperative endothelial cell count measurements when compared according to cataract density, total operation time, EPT, U/S and AVG (for each, $p > 0,05$). The mean preoperative

CV measurement was $39,79 \pm 5,04$ whereas it was $41,36 \pm 5,91$ ($p < 0,001$), $42,05 \pm 5,02$ ($p < 0,001$) and $40,59 \pm 5,28$ ($p = 0,051$) in the postoperative first day, third day and sixth week, respectively. The mean preoperative EX measurement was $48,94 \pm 6,59$ whereas it was $44,83 \pm 6,80$, $44,79 \pm 6,98$ and $44,75 \pm 6,99$ in the postoperative first day, third day and sixth week, respectively (for each, $p < 0,001$).

Conclusions: CCT increases immediately after phacoemulsification surgery and decreases to its original value at sixth week postoperatively. On the other hand, endothelial cell count progressively decreases until postoperative sixth week. CV value increases at first and third postoperative days but the value at sixth postoperative week is not different from the preoperative one. However, EX values are lower at all postoperative values when compared with its preoperative status.

Keywords: Cataract, phacoemulsification, corneal endothelial cells, specular microscopy.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Katarakt, tedavi edilebilir olmasına rağmen; ekonomik zorluklar, yetişmiş personel ve uygun koşulların mevcut olmaması nedeniyle dünyanın birçok yerinde başlıca körlük nedenidir (1). Sigara, alkol, diyabet, oksidatif stres, travma, bazı göz hastalıkları ve değişik ilaçların uzun süreli kullanımı, ultraviyole ışınları ve yeterince antioksidan alınmaması katarakt oluşumunda başlıca risk faktörleridir (2).

Senil kataraktın tedavisinde, katarakt oluşumunu hızlandıran çevresel faktörlerin ortadan kaldırılması en ucuz ve ideal seçenektir. Bununla birlikte halen kataraktın tek tedavi yöntemi cerrahidir.

Fakoemülsifikasyon (FAKO) 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 FAKO cihazının atası olan sistemin patenti ancak 1971 yılında Cavitron/Kelman tarafından alınabilmiştir (3).

Zaman içerisinde FAKO’yu günümüzde ulaştığı noktaya getiren üç temel gelişme olmuştur: Katı fazlı elektronik kontrol mekanizmalarının gelişmesi, cerrahi tekniklerin evrimi ve yüksek kaliteli katlanabilir göz içi lens (GİL) üretimi (4,5).

FAKO cerrahisinin, klasik ekstrakapsüler katarakt ekstraksiyonu (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 ve retina dekolmanı gibi riskleri azaltmaktadır (6).

FAKO'nun yaygınlaşması son yıllarda beraberinde getirdiği sorunlara da dikkati çekmiştir. FAKO'nun oturduğu fiziksel temeller, işlem sırasında ortamda önemli miktarda ısı enerjisi, şok dalgası, mikro gaz habbecikleri ve toksik serbest radikallerin açığa çıkmasına yol açmaktadır (7,8). Her ne kadar sözü edilen faktörleri ortadan kaldırmak mümkün değilse de kornea endotel hasarı ve kornea tünel kesisi yanığı gibi ciddi sonuçlara yol açan sorunlara karşı önlem alınması gerekmektedir.

FAKO sonrası ve sonrasında kornea endotel hücreleri olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu etkilenme ortalama hücre hacminde artış, hücre sayısında azalma ve hücreler arası büyüklük farklılığı şeklinde olmaktadır. Speküler mikroskopi (SM) kornea endotelinin sayısal ve morfolojik özelliklerini gösterir. SM vasıtasıyla ameliyat öncesi dönemde kornea endoteli hakkında bilgi sahibi olup, ameliyat sonrası dönemdeki değişiklikleri inceleyebilmekteyiz (9,10).

Bu çalışmada amacımız FAKO uygulanan erişkin katarakt olgularında ameliyat sonrasında oluşan kornea endotel değişikliklerini tespit etmek ve çeşitli faktörlerin bu değişim üzerindeki etkilerini değerlendirmektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 LENS VE KATARAKT

2.1.1 Lens Anatomisi

Lens; kornea, aköz humor ve vitreus gibi gözün kırıcı dokularından biridir. Ancak lens ve kornea esas kırıcı etkiye sahiptir. Korneanın sabit kırıcı etkisi olduğu halde lens değişebilen kırıcılık değerleri ile görüntünün retina üzerinde odaklanmasını sağlar (11). Lens; asimetrik, üstten hafif basık ve sferoid bir yapıdadır. Ağırlığı 20-30 yaşlarında 0.174 gr., 80-90 yaşlarında 0.266 gr.'dır. Ekvatoryal çapı 9.0 mm, sagittal çapı 4.0-4.4 mm arasındadır (11).

Lens anatomisinde, klinik açıdan önemli yeni bir sınıflandırma yapılmıştır. Buna göre lens; yumuşak materyalden oluşan ve kolayca aspire edilebilen **yüzeyel korteks**, yarı yumuşak materyalden oluşan ve aspire edilebilen veya doğurtulabilen ara tabaka **epinükleus** ve sert materyalden oluşan ve doğurtulan veya parçalanabilen en içte **nükleus** tabakalarından meydana gelmektedir (12).

2.1.2 Yaşlılıkta lenste meydana gelen değişiklikler

Lensin polar eksenini boyunca ölçülen kalınlığı, hayatın her on yılında yaklaşık olarak 0.2 mm. artmaktadır. Bu artış yeni tabakaların yaşam süresince lensin kütlesine eklenmesi nedeni ile iç bölümdeki eski liflerin sıkışmasından kaynaklanmaktadır. Lens ön kapsülünün 70 yaşındaki kalınlığı, doğum anındakine göre iki kat artmıştır. Bununla birlikte lens yaşam

boyunca oluşan hücreleri bulundurduğundan yaşlılığın hücre yapısı üzerine olan dejeneratif değişikliğine özellikle hassastır (11).

Lensin yaşlanma ile saydamlığını kaybetmesi şu nedenlerdendir (11).

- a. Lens proteinlerinin çözülemez kısımlarının artması ile birikintilerin oluşması,
- b. Foto-oksidatif stres,
- c. Hücre membranındaki geçirgenlik artışı,
- d. Fibriller arası bağlantının bozulması,
- e. Fotosensitif ilaç kullanımı,
- f. Antioksidan maddelerin azalmasına neden olan diyet ve hastalıklar.

Bazı çalışmalarda yapılan hayvan deneylerinde antioksidan oldukları bilinen üzüm çekirdeğindeki proanthocyanidin ekstresinin ve fındığın bu doğal antioksidan özelliği ile katarakt gelişimini önlediği gösterilmiştir (13,14). Yine hayvan deneylerinde kafeik asit fenetil ester'in katarakt gelişimini süprese ettiği gösterilmiştir (15). Ayrıca yine hayvan deneylerinde gebelik sırasında annenin aşırı kafein alımı yeni doğanda kristalin lenste kataraktojenik gelişimi arttırdığı gösterilmiştir (16).

2.1.3 Kataraktın Sınıflandırılması

Katarakt, lensin saydamlığının kısmen ya da tamamen kaybolmasıdır. Görülme yaşı etiyoloji veya kesafetin lensteki lokalizasyonuna göre sınıflandırılmıştır (11).

A. Konjenital ve infantil katarakt

B. Edinsel katarakt

- a. Presenil katarakt
- b. Senil katarakt
- c. Travmatik katarakt
- d. İlaçlara bağlı ve toksik katarakt
- e. Sistemik veya göz hastalıklarına bağlı gelişen sekonder katarakt

Senil katarakt en sık görülen katarakt tipidir ve kesafetin yerleşimine göre sınıflandırılır.

- Ön subkapsüler
- Arka subkapsüler
- Nükleer
- Kortikal

Nükleer kataraktlarda yaşlanma ile birlikte lens nükleusu sertleşir ve pigmentasyon artar. Biomikroskopide nükleusun lameller yapısını kaybettiği ve gri, sarı, kırmızı veya kahverengi yönünde bir renk almaya başladığı görülür. Hastada miyopik kırma kusuru gelişebilir. Lensteki pigmentasyon arttıkça lens daha opak hale gelir (17).

Kortikal kataraktlar tek başlarına ya da nükleer katarakt ile birlikte görülebilirler. Başlangıçta vakuoller izlenir ve kortikal lameller arasında şeffaf alanlar bulunur. Bu alanlar zamanla bulanıklaşır ve su çekerek büyürler. Kapsülden nükleusa kadar tüm korteks tutulduğunda bu duruma **matür katarakt** denir (17).

Subkapsüler kataraktta ise kesiflik sıklıkla arka subkapsüler bölgede ve bazen de ön subkapsüler yerleşimdedir. Sıklıkla diyabetiklerde ve uzun süreli steroid kullananlarda görülür. Biomikroskopide retroillüminasyon ile kapsülün altında sadece ince parlak bir plak gibi tabaka oluşturduğu görülür. Lensin kalan kısmı şeffaf olabileceği gibi nükleer katarakt da bulunabilir (17).

2.2 KATARAKT CERRAHİSİ

2.2.1 Katarakt cerrahisinin tarihçesi

Katarakt cerrahisinin yazılı tarihi 2000 yıl öncesine dayanır. M.Ö. 25 ile M.Ö. 50 yılları arası yazılmış Celsus yazıtlarında M.Ö. 300 yıllarında Philoxen olarak adlandırılan hekimlerin kataraktı tedavi ettikleri belirtilmiş ancak teknikleri hakkında bilgi verilmemiştir (18). Kataraktın pupil alanından göz içine düşürülerek uzaklaştırılmasını sağlayan yöntem hakkındaki ilk yazılı bilgi M.Ö. 600 yıllarında yaşamış Susruta adındaki Hint cerraha aittir. Bu yöntem yaklaşık 20 asır kullanılmıştır. 1753 yılında ilk kez Fransız cerrah Jacques Daniel modern katarakt cerrahisinin başlangıcı olan insizyonel katarakt cerrahisini uygulamaya başlamıştır (18).

İntrakapsüler katarakt ekstraksiyonu (İKKE) 1753 yılında Jacques Daniel ve Samuel Sharp tarafından lensin kapsülü ile beraber göz dışına çıkartılması ile gerçekleştirildi. 1970'li yılların başına kadar popülerliğini sürdürdü. GİL kullanıma girmesi arka kapsül ve zonüllerin sağlam olması zorunluluğu nedeni ile EKKE cerrahisi gündeme geldi. 19 Kasım 1949 tarihinde Harold Ridley, ilk yapay lens implantını göz içine yerleştirdi. 1960 yıllarında çocuklardaki ve genç yetişkinlerdeki yumuşak kataraktın iğne ile aspirasyonu yöntemi Harold Scheie tarafından tamamlandı (18). 1965-1972 yılları arasında Hollandalı Cornelius Binkhorst GİL'e destek olması için arka kapsülün sağlam olması gerektiğini bildirdi. 1980 yıllarında ise ameliyat sırasında ön kamara devamlılığını sağlayan viskoelastik yapıdaki hiyaluronik asitin kullanıma girmesi ile EKKE yaygınlaştı.

FAKO yöntemi ile ilgili ilk çalışmalar Charles Kelman tarafından başlatılmıştır. Kelman ilk defa 1963 yılında kataraktı parçalamak için hızlı dönen bir matkabı hayvan modeline denemiş ancak kornea endotel harabiyeti ile karşılaşmıştır. 1965 yılında ultrasonik dalgayı uzağa iten pistonu uzunlamasına keskin bir iğne koymuş ve aspirasyonu alet içine yerleştirmiştir (19). İlk defa 1967 yılında Kelman insan gözüne 76 dakika süren operasyon ile FAKO tekniğini uygulamıştır (20). Kelman'ın tarif ettiği teknikte nükleus ön kamaraya çıkartılarak emülsifiye edilmektedir. Ancak buna bağlı olarak yüksek oranda endotel hücre kaybı ve ameliyat sonrası kornea ödemi görüldüğünden o yıllarda bu teknik taraftar toplamadı (21). 1980'lerin sonunda Gimble tarafından kapsülörektomi, cep içi FAKO uygulandı ve bu teknik popülerite kazandı (22). 1991 yılından sonra FAKO tekniği Türkiye'de uygulanmaya başlanmıştır ve birçok merkezde kullanılmakta olup sonuçları yayınlanmaktadır.

2.2.2 FAKO

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 ekipman maliyetinin fazlalığı ise dezavantajlar olarak değerlendirilebilir (6).

2.2.2.1 FAKO Dinamikleri

FAKO cihazının ve tekniğinin prensiplerini bilmek, her geçen gün daha da karmaşıkleşan cihazlarla çalışmak durumunda kalan göz cerrahlarının operasyon sırasında karşılaşılabileceği sorunların asgariye indirilmesi ve azami verimin alınabilmesi için şarttır (4,23).

FAKO cihazı 4 bölümden oluşur:

1. Makine konsolu
2. Bağlantı sistemi
3. Elcikler (handpieces)
4. Pedal

Makine konsolu: Genelde ultrasonik enerji yayılımının (emisyon), irrigasyon, akım hızı (flow rate) ve aspirasyon pompası hareketlerinin kontrol edildiği bölümdür (23,24).

Bağlantı sistemi: Çeşitli elcikler, kasetler, irrigasyon-aspirasyon tüpleri (tubing) ve elektromanyetik enerjiyi ultrasonik elciğe ileten kablolardan oluşur. Elektrik enerjisi akustik vibrasyona dönüştürülür ve FAKO ucuna (Phaco tip) mekanik enerji olarak iletilir (23,24).

Elcikler: Cerrah tarafından eli ile kullanılan aletlerdir. Bunlar arasında FAKO'da başrol oynayan ultrasonik elcik, infüzyon sıvısını kanüller aracılığı ile ön kamaraya ileten irrigasyon elciği, ön kamaradaki sıvı ve lens parçacıklarını aspire eden aspirasyon elciği, vitrektomi ve diatermi elcikleri sayılabilir (23,24).

Pedal: Kullanılan elciğin ve makine konsolunun kontrolünü sağlar. Pedalın 4 pozisyonu mevcuttur (23,24).

Pozisyon 0: Dinlenme pozisyonu. Pedal en üst konumdadır. İrrigasyon, aspirasyon ve ultrason devre dışıdır.

Pozisyon 1: İrrigasyon tüpüne baskı uygulayan pistonun açılmasıyla irrigasyon sıvısı akmaya başlar. Bu pozisyonda sıvı akım hızı, şişe yüksekliğine ve ön kamaradaki hidrostatik basınca bağlıdır. Akım hızını arttırmak ya da azaltmak için sırasıyla şişe seviyesi yükseltilmeli veya alçaltılmalıdır.

Pozisyon 2: İrrigasyon devam ederken aspirasyon pompası da devreye girer. Günümüzde yaygın olarak kullanılan peristaltik pompalı sistemlerde akım hızı pompa hızına

bağlıdır. Akım hızı, pompa hızının artmasıyla yükselir ve cerrah tarafından önceden ayarlanan azami düzeye ulaştığında sabit kalır.

Pozisyon 3: Pedalın son pozisyonudur. İrrigasyon ve aspirasyon devam ederken ultrasonik güç aktive edilir.

Ultrasonik emülsifikasyon

Yarı iletkenler dünyasında bazı kristaller uygun koşullarda elektrik akımına maruz kaldığında fizikokimyasal olarak deformasyona uğrar. Deformasyona uğramış bu hal, kararsız bir durum olup, elektrik akımının kesilmesi halinde tekrar kararlı ilk hale geri dönlür. Bu olay **pizoelektrik** olarak tanımlanır. Keza bazı maddeler, uygun manyetik alan koşulları altında benzer değişiklikler gösterirler ki bunlar **magnetostriktif** maddeler olarak bilinirler. Kararlı halden deforme hale veya deforme halden kararlı hale geçiş titreşim ortaya çıkarmaktadır. Tüm FAKO cihazının konsolunda bulunan hızlı bilgisayar işlemciler, elektrik akımını veya manyetik alanı milisaniyeler içinde modüle ederek birim zaman içerisinde söz konusu olayın birçok kez tekrarlanmasını sağlar. Böylece birim zaman içerisinde arzu edilen sayıda titreşim elde edilir. Bir saniye içerisinde meydana gelen titreşim sayısı titreşimin frekansı olarak tanımlanır ve birimi Hertz'dir (Hz) (4,25).

Transduser, yukarıda anlatılan esaslara göre piezoelektrik kristaller üzerinden elektrik enerjisini mekanik titreşime dönüştüren bir araç olup FAKO elciği gövdesi içerisinde monte edilmiştir. Titanyumdan yapılmış FAKO ucu ise transduser tarafından titreştirilen ve ön kamarada iş gören esas kısımdır (4). Transduser ile elde edilen mekanik enerji, kataraktlı lensin emülsifikasyonunu sağlayan gücün kaynağını oluşturur (4,24).

Ayarlama (tuning), farklı ortamlarda çalışan FAKO ucunun azami etkinlikte iş görmesi için önem taşıyan bir fonksiyondur. Titreşim frekansı bilgisayar işlemci ile kontrol edilen bir ayarlama devresi ile sabit tutulmaktadır. Humör aközün mekanik gerilime dayanıklılığı lens korteksinin dayanıklılığından düşük olmakla birlikte nükleusun dayanıklılığı her iki ortamdan da yüksektir. FAKO ucu, sözü edilen farklı ortamlarla

karşılaştığında cihazca titreşim frekansında veya ‘stroke’ uzunluğunda ya da her iki parametrede küçük ayarlamalar yapılmaktadır (25).

Stroke uzunluğu, FAKO ucunun tepeden tepeye hareket mesafesi olarak tanımlanmaktadır. Pek çok cihazda stroke uzunluğu 2 ile 4 mil aralığında değişim göstermektedir. 1 mil; 25 μm ’lik uzunluktur. Stroke uzunluğu, FAKO pedalının üçüncü pozisyonundaki hareketleri ve konsolda yer alan FAKO ayarları (phaco settings) ile düzenlenebilen bir parametre olup FAKO gücünün düzeyi ile doğrudan ilişkilidir (25). Stroke FAKO etkinliğinde belirleyici bir parametredir (26).

Ultrasonik FAKO gücünün kırma ve emülsifikasyon sağlayan etkisi henüz tam anlaşılamamış çeşitli faktörlere bağlıdır (27-29):

1. Doğrudan-çekiç benzeri etki (Jackhammer effect)
2. Kavitasyon etkisi
3. Akustik parçalama

1.Doğrudan-çekiç benzeri etki

FAKO ucunun ileri geri hareketiyle oluşan direkt parçalayıcı etkidir (29).

Son derece sert titanyum FAKO ucu, azami stroke uzunluğunda, 44 kHz frekansta çalıştırıldığında 20 m/sn’lik bir hıza ulaşmaktadır. Yapılan hesaplarda ortaya çıkan ivme 51,000 m/sn² olarak bulunmuş olup bu değer yerçekimi ivmesinin 5100 katıdır. 1 mm çapında ortası boşluklu standart bir FAKO ucu, 0.5-2 dakikalık ameliyat süresi boyunca “continuous (sürekli) mode” da çalıştırıldığında 1000 W/cm² lik güç açığa çıkarmaktadır (4,30,31).

Kontakt temas durumunda yukarıda belirtilen değerler emülsifiye edilecek materyali bir arada tutan iç sürtünme kuvvetlerini ve bağları kırarak büyüklüktedir. Ancak bu etki sürekli sıvı akımı altındaki ön kamarada önemini yitirebilir. Akustik şok dalgaları, sıvı-partikül dalgaları ve türbülans, teması engelleyecek şekilde emülsifiye edilecek materyali

FAKO ucundan uzaklaştırabilir. Bunun yanında bu faktörlerin her birisinin kendine özgü parçalayıcı ve ufalayıcı etkileri söz konusudur (4,32).

2. Kaviteasyon etkisi

Kaviteasyon, akışkan ortamda hızlı hareket eden metalik cisimlerin meydana getirdiği tahrip edici fiziksel bir olaydır (4). FAKO ucunun hareketi ön kamara içinde 150 mikron (μ) çapında ve yüksek sıcaklığa ulaşan mikrokabarcıklar oluşturmakta ve bu kabarcıkların enerjisi de nükleusu parçalamak için gerekli enerjiyi sağlamaktadır (29).

Buna göre; sıvı-akışkan ortamda ultrasonik hızlarda ileri ve geriye doğru titreşim gösteren titanyum FAKO ucu sınırlı bir alan içerisinde yüksek ve düşük basınç zonları meydana getirir. FAKO ucunun emülsifiye edilecek kütleden uzaklaştığı geriye doğru hareketinde düşük basınç zonu belirir ve irrigasyon sıvısında çözünmüş halde bulunan bazı moleküller gaz haline geçer. Gaz haline geçen moleküller mikro habbecikleri oluşturur. FAKO ucunun ileriye-emülsifiye edilecek kütleye yönelen hareketinde ise işler tersine döner, yüksek basınç zonu oluşur ve bu sırada ortamda bulunan mikro habbecikler sıkışmaya başlar. Fiziksel karşıt dinamiklerinin yetersiz kaldığı kritik bir anda ise sıkışmanın etkisi ile söz konusu mikro habbecikler kendi içlerine çöker (implosion) (4). FAKO ucunun titreşimiyle meydana gelen mikro habbeciklerin %75'inin kendi içine çöktüğü, geriye kalanın şok dalgası veya sıvı akımı ile süpürüldüğü yazarlarca ifade edilmektedir (33).

Yapılan çalışmalarda “ içine çökme ” esnasında habbecik çekirdeğinde ve sıvı-gaz ara yüzeyinde lokal ortam sıcaklığında 5000°K'e kadar bir yükselme olduğu, 600 PSI basıncın üzerinde bir şok dalgası meydana geldiği gösterilmiştir (33). Bu değerler, FAKO ucunun hemen yanında lens moleküllerini bir arada tutan kimyasal bağları yıkacak eşik düzeyin çok üzerindedir (30).

FAKO ucunun dizaynı, geometrisi ve kesit alanı emülsifikasyonda rol oynayan kuvvetlerin etkinliğinde büyük rol oynamaktadır. FAKO ucu dış çapının, duvar kalınlığının artması ortama yayılan enerji miktarını dolayısıyla FAKO gücünü arttırırken lümen çapının küçülmesi, lensi FAKO ucuyla temas halinde tutacak emme ve aspirasyon kuvvetlerini azaltır.

FAKO ucu açıklık açısı ultrasonik enerjinin yayılım geometrisini belirlediğinden FAKO elciğinin ve ucunun seçimi, ön kamarada doğru şekilde konumlandırılması operasyon sırasında göz içi yapıların güvenliği açısından önem kazanmaktadır (4,25,34).

3- Akustik parçalama

FAKO ucunun önünde 400 km/saat hızla hareket eden yaklaşık 500 atmosfer basınca sahip bir sıvı dalgası oluşmaktadır (29)

Emme (suction)

Ultrasonik emülsifikasyonda “stroke”dan sonra en önemli ikinci belirleyici parametre olduğu ifade edilmektedir (26,35).

Emme FAKO cihazında yer alan pompa sistemi aracılığıyla emülsifiye edilen lens parçacıklarının ön kamaradan uzaklaşmasına yarayan bir fonksiyon olduğu gibi, emülsifiye edilecek çeşitli büyüklükteki lens parçacıklarını sürükleyerek FAKO ucuna yaklaşmasını da sağlar (4,34,36). Emme, akış hızı (flow rate) ve vakumun birlikte oluşturduğu bir etkidir (23).

Pompa sistemleri ve akış dinamikleri

Akışkanlar dinamiği (fluidics), temel olarak ön skamaraya giren (inflow) ve çıkan (outflow) sıvı akışı arasındaki dengeyi sağlayan sistemlerdir (25).

Sıvı girişi (inflow), irrigasyon sıvısı şişesi yüksekliği ile ayarlanır. Irrigasyon sıvısı göz seviyesi üzerinde tutulan şişeden ön kamaraya pasif olarak akar. Yüksekliğin yetersiz olduğu durumlarda ön kamara sığlaşır. Şişenin 15 cm’lik yüksekliği ön kamarada yaklaşık 11 mmHg’lık bir basınç sağlar. 30 mmHg’lık bir basınç için şişenin 45 cm yüksekliğe asılması gerekir (4,23,25).

Sıvı çıkışı (outflow), FAKO ucu kılıfı (sleeve)-kornea ilişkisinin yanında aspirasyon hızı ve vakum seviyesi ile belirlenir. Kesi genişliği tercih edilen FAKO ucuna uygun

olmalıdır. Aksi halde kesi yerinden meydana gelen aşırı sıvı kaçıışı ön kamaranın sığlaşmasına neden olabilir (23,25).

Aspirasyon hızı ve akışı (aspiration rate-aspiration flow), pompa tarafından dakikada tüp sistemi (tubing) içerisine çekilen santimetre-küp biriminden sıvı miktarıdır (cc/dk). Aspirasyon akışı, emülsifiye edilen lens parçacıklarının FAKO ağzına yönelmesini sağlar (23,25).

Vakum seviyesi (vacuum level), FAKO ucu tıkanıldığında, tüp sistemi içerisinde oluşan negatif basıncın mmHg biriminden değeridir. Lens parçacıklarının hangi büyüklükteki bir kuvvetle FAKO ucunda tutulacağını belirler (23,25)

FAKO cihazlarında temel olarak iki tür aspirasyon pompasından biri bulunmaktadır. Bunlar **akım** tipi ve **vakum** tipi aspirasyon pompası olarak adlandırılır. Akım tipi pompalarda sıvı pompa ile doğrudan temas halinde olup sıvıyı içeren boru direkt olarak pompanın içine alınmaktadır. Vakum tipi pompalarda ise pompa hattı ile aspirasyon hattındaki sıvı ile doğrudan bir bağlantı yoktur. Aspirasyon için gereken kuvvet boşalma kaseti içinde bulunan hava ara yüzey aracılığı ile sağlanır (37).

Akım tipi pompalarda vakum endirekt olarak kontrol edilmektedir. Vakumu oluşturan olay aspirasyon ucunun kısmen ya da tamamen kapatılmasıdır. Akım tipi pompaların iki tipi mevcuttur.

- **Peristaltik pompa**, en yaygın olarak kullanılan pompa tipidir. Büyük bir silindir üzerine düzenli aralıklarla yerleştirilmiş küçük silindirlerden oluşur. Küçük silindirler, dönen büyük silindirin etrafına sarılı aspirasyon tüpüne baskı uygulayarak sıvıyı çekecek bir akım oluşturur (23). Bu sağma işlemini yapabilmesi için pompa etrafındaki tüpün çok yumuşak olması gerekmektedir. Böyle bir aspirasyon hattı 'surge' açısından risk oluşturabilir (37)

- **Scroll pompa**, yeni geliştirilen ve peristaltik pompanın surge riskini ortadan kaldırmak için tasarlanmış sert ve kollabe olmayan boruların kullanıldığı pompa tipidir (37).

Vakum tipi pompalarda esas belirleyici vakumdur. Cerrah panel ya da lineer olarak vakum limit değerini belirler, aspirasyon akım hızı ise aspirasyon uç genişliği, oklüzyon

miktarı ve önceden seçilmiş vakum limit değerine bağlı olarak belirlenir. Üç tip vakum pompası bulunmaktadır (37).

- **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.

- **Dönen pervaneli pompa**, dönen bir elektrik motoru ve pervane sistemi bulunur.

- **Diyafram pompa**, dönen bir elektrik motoruna bağlı bir çubuk ve bunun pozisyonuna göre itilip çekilen bir diyafram bulunur.

Genellikle pompaların aspirasyon açısından birbirlerine bariz üstünlüğü yoktur. Gerek akım, gerekse vakum tipi aspirasyon pompalarında FAKO ucunda vakum oluşabilmesi için ucun kısmen ya da tamamen kapatılması gerekmektedir. Pompalar arasında tek fark tıkanmada, hedeflenen maksimum vakum düzeyine ulaşılması için gereken zamandır. Bu nedenle cerrah kendi özgün tekniğini planlarken kullandığı cihazın bu özelliğini göz önünde bulundurmalıdır (37).

Dalgalanma (çökme, surge)

FAKO ucu emülsifiye edilen lens parçacıklarıyla tıkanıldığında sıvı akışı kesilir ve vakum önceden ayarlanan seviyeye kadar oluşturulur. Yüksek vakum nedeniyle tüp sisteminde kollaps meydana gelir. Tıkanma durumu ortadan kalktığında, sıvı akışı önceden ayarlanmış seviyeye doğru hızla yükselir. Aspirasyon tüp sistemi aniden genişler. Bu durum ilave bir vakum kaynağı oluşturarak, ön kamaradan hızlı bir şekilde sıvı ve parçacık çıkışına neden olur. Böylece ön kamara sığlaşır, kornea kollabe olabilir, arka kapsül FAKO ucuyla temas haline gelebilir (23).

Dalgalanmaya karşı bazı tedbirler önerilmektedir (23):

- Vakum seviyesi ve akış hızı azaltılmalıdır,
- Kornea kesi yeri büyüklüğüne ve FAKO ucu ile ilişkisine dikkat edilmelidir,
- Şişe yüksekliğinin arttırılması ile ön kamara desteklenebilir.

FAKO Gücü Yoğunluğunun Modifikasyonu

Nükleus emülsifikasyonunda asgari FAKO gücü kullanımı arzu edilen bir durumdur. Gereğinden fazla güç kullanımı ortamda sıcaklık artışına yol açarak kesi yeri yanığı, iris hasarı ve kornea endotel kaybına yol açabilmektedir (38,39).

FAKO gücü yoğunluğu üç temel parametrede yapılan değişiklikler ile ayarlanmaktadır (23):

1-Stroke uzunluğu

2-Ultrasonik güç süresi

3-Ultrasonik enerji yayılımı (emisyon)

1-Stroke uzunluğu

Ayak pedalı ile düzenlenmektedir. Pedalın 3. pozisyonundaki depresyon miktarı “continuous mode”daki bir cihazda FAKO ucunun stroke uzunluğunu belirlemekte, büyüklüğü konsolda %’ler ile gösterilen (Phacopower) güç modülasyonu sağlamaktadır (23).

2- Ultrasonik güç süresi

Bir FAKO ameliyatında çalışılacak maksimum gücün yanı sıra 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 darbeli FAKO modları toplam ultrason kullanım miktarını azaltmak, ancak darbe etkinliğini arttırmak için geliştirilmişlerdir (40,41).

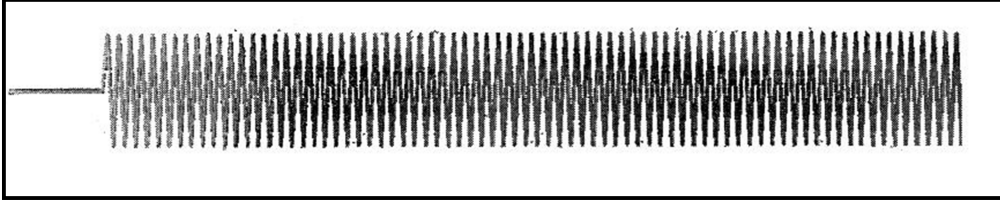
Günümüzde FAKO cihazlarında kullanılan modülasyonlar şunlardır:

- Continuous Mode
- Pulse Mode
- Burst Mode

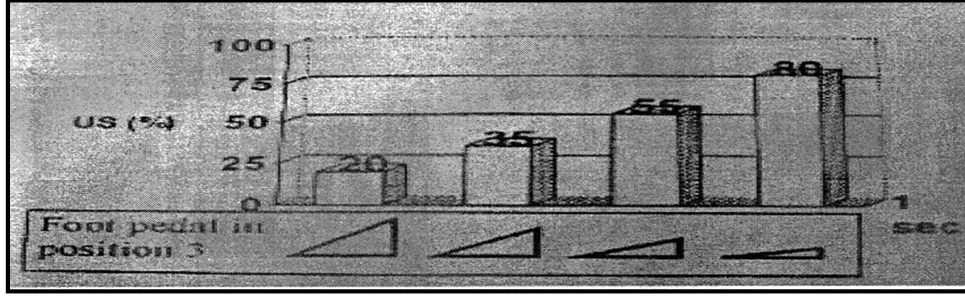
Continuous Mode: Emülsifikasyon boyunca FAKO ucu kesintisiz biçimde titreşerek ortama ultrasonik enerji yaymaktadır (24,42).

Pulse Mode: Ultrasonik enerjinin pulslar halinde serbestleştiği modülasyondur. Birim zaman aralığı; ultrasonik enerjinin devrede olduğu (U/S açık), sadece irrigasyon-aspirasyonun fonksiyonel olduğu ve ultrasonik enerjinin devre dışı kaldığı (U/S kapalı) zaman dilimlerine ayrılmıştır (42). Pulse Mode’da ultrasonik enerji, “U/S açık” ve “U/S kapalı” zaman aralıklarının eşit olduğu dilimler halinde ortama yayılır. Bu durumda “aktif çalışma döngüsü” %50’dir (24,27).

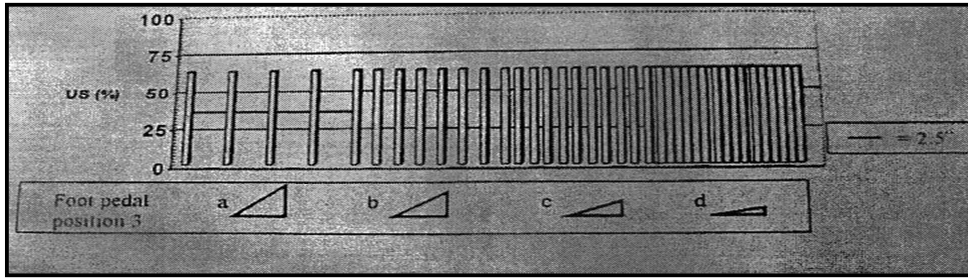
Burst Mode: Bu yazılımda “aktif çalışma döngüsü” modüle edilebilmektedir. Cerrah birbirinden bağımsız olarak “U/S açık” ve “U/S kapalı” zaman dilimlerini ayarlayabilmektedir



Şekil 1: “Continuous Mode” da kesintisiz titreşimler- AMO Allergen tanıtım dökümanı.



Şekil 2: “Puls Mode” da pedal pozisyonu, U/S gücü ve zaman ilişkisi (43).



Şekil 3: “Burse Mode” da pedal pozisyonu, U/S gücü ve zaman ilişkisi (43).

3- Ultrasonik enerji yayılımı

FAKO enerjisinin yayılımında FAKO ucu seçimi belirleyici olmaktadır (4). FAKO ucu açıklığı, ultrasonik FAKO gücünün açıklık açısı boyunca yayılmasını sağlamaktadır (43).

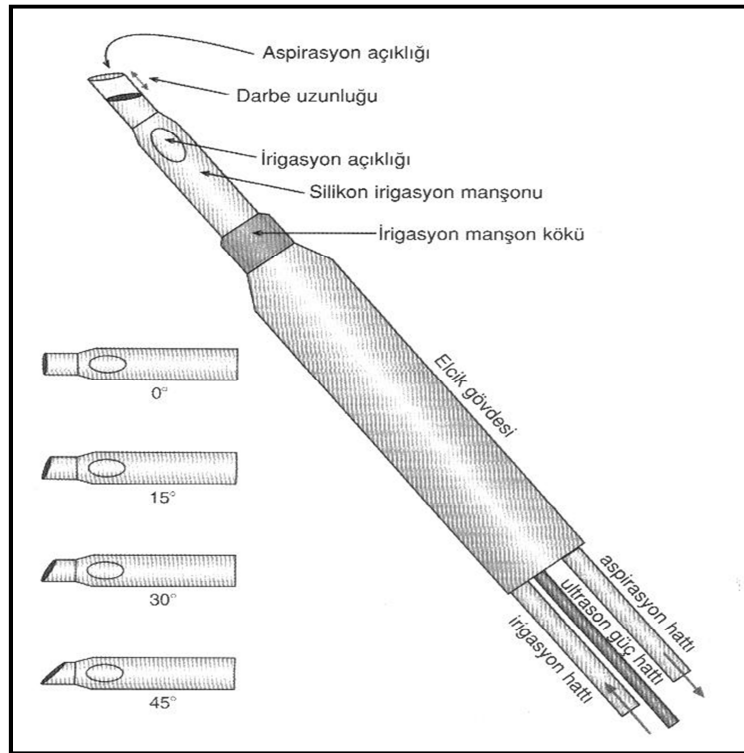
Kelman model FAKO ucu şaftında sahip olduğu ilave açılanma ile çok geniş bir alana ultrasonik enerji yayılımı sağlamakta, özellikle sert nükleuslu kataraktların emülsifikasyonunda avantajlı olmaktadır (44).

“Flare” ve “Cobra” FAKO uçlarında ultrasonik kavitasyon doğrudan iç açıklığına yönlendirilmekte, ultrasonik kuvvetlerin rastlantısal kontrolsüz saçılımı azaltılıp çevre dokulara verilen hasar asgariye indirilmektedir (4,25).

0° açılı FAKO ucu kullanımında ultrasonik enerji FAKO ucunun hemen önüne odaklanmakta, kesit alanı çok küçük olduğu için özellikle “chop” tekniklerinde lens parçalarının dengeli biçimde tutulması için gerekli tıkanma, sıvının daha dar bir alandan geçmesi ile kolaylaştırılmaktadır (45).

21 G’luk küçük FAKO uçlarının kullanımı ultrasonik güç yoğunluğunda değişiklik yapmasa da lens parçacıklarının küçük çaplı açıklıktan uzaklaştırılabilmesi için nükleusun daha küçük parçalara emülsifiye edilmesi zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu da harcanan ortalama ultrasonik FAKO gücünü artırma eğilimi göstermiştir (25,45).

Bazı yazarlar cerrahi sırasında FAKO ucu açıklığını endotelin aksi istikametinde tutarak (bevel down techniques) ultrasonik enerjinin kornea üzerine olumsuz etkilerini azaltmayı hedeflemişlerdir (43,46).



Şekil 4: FAKO elciğinin parçaları, FAKO uç eğimleri (24).

Ultrasonik enerji bir FAKO ameliyatında kullanılan nükleus kırma tekniğine göre temel olarak üç şekilde kullanılmaktadır (40,41).

- **Tıraşlama:** FAKO ucu lens üzerinde yüzeysel hareketler yapar. FAKO ucunun ağzının 1/3'ünden azı tıkalıdır. Hemen hemen hiç emme oluşmaz.
- **Oyma (sculpting):** ultrasonik güç kullanılarak lens nükleusunu oyma işlemidir. Bu sırada ucun sadece 1/3-1/2'si tıkalıdır. Dolayısıyla hala önceden belirlenen emme sınır değerine ulaşamaz.
- **Yakalayarak yeme (oklüzyon):** FAKO ucu yenecek lens parçaları ile tümüyle kapatılacak şekilde gömülür. Tam tıkanma olduğunda emme önceden belirlenen en üst düzeye çıkar. Burada emme ultrasonik parçalamaya yardımcıdır çünkü ultrasonun lens parçalarını itme etkisi ortadan kaldırılır.

2.2.2.2 FAKO Cerrahi Teknikleri

Cerrahi kesi teknikleri

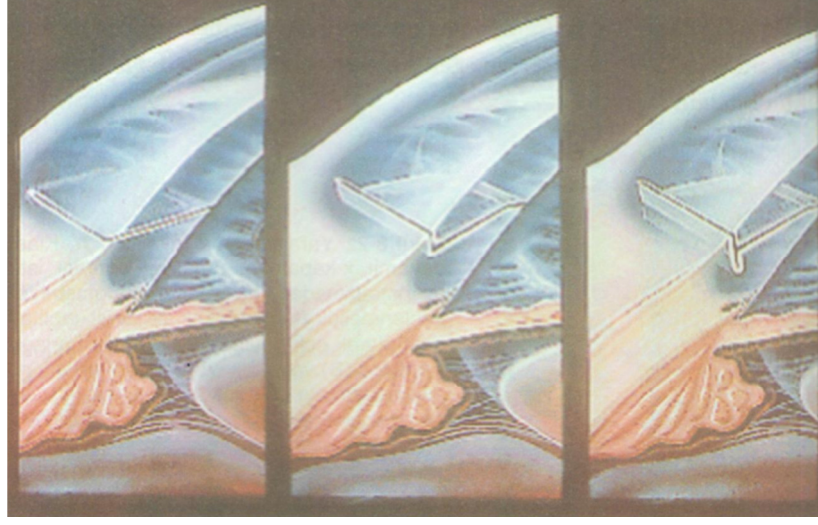
FAKO cerrahisinin en önemli avantajlarından bir tanesi küçük kesi yerinden gerçekleştirilebilmesidir. Küçük kesinin en önemli avantajları; göz içi basıncı (GİB)'nin sabit değerlerde tutularak ekspulsif hemoraji riskinin çok azalması, hızlı yara yeri stabilizasyonu, astigmatın daha az ortaya çıkması ve hasta için görsel rehabilitasyonun daha hızlı olmasıdır (47).

FAKO cerrahisinde yapılan küçük kesi ultrasonik ucun uzanabileceği her yerden yapılabilir. Bu kesiler cerrahın tercihinə göre üç şekilde yapılabilir.

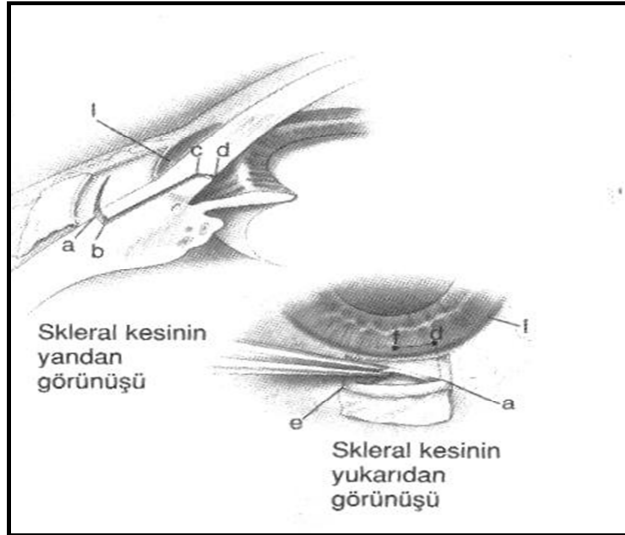
1- Korneal kesi

2- Limbal kesi

3- Skleral tünel



Şekil 5: Saydam kornea kesisi. Tek düzlem (sol), yüzeysel oluk (orta),
derin oluk (sağ) (48).



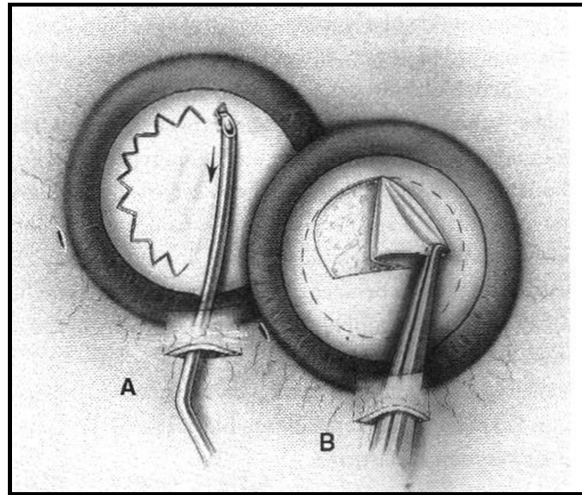
Şekil 6: Skleral kesinin yandan ve yukarıdan görünüşü (49).

Kapsüloreksis (Continue Circular Capsulorhexis, CCC).

Neuhann ve Gimbel tarafından ilk kez sunumu yapılan CCC kapsülotomi, FAKO tekniğinin kapsül içinde korneadan uzak emniyetli biçimde uygulanabilmesini sağlayarak bir çıkır açmıştır. CCC'nin düzgün ve devamlı kenarlı ön kapsülotomi sağlaması sayesinde istenmeyen radyal yırtık oluşumu azalmıştır (50).

Anatomik olarak ön kapsülün 7 mm çapındaki orta bölümünde zonül yapışması yoktur, bu çap CCC'nin yapılacağı maksimum sınırı belirler. Ancak FAKO cerrahisi için 5.0-5.5 mm'lik bir CCC yeterlidir (51).

CCC'nin birçok avantajına rağmen; kapsüler cep distansiyonu, ön kapsül açıklığının büzülmesi, arka kapsülde epitel hücre proliferasyonu gibi bazı dezavantajları da bildirilmiştir (52).



Şekil 7: Ön kapsülotomi teknikleri (49).

Hidrodiseksiyon ve Hidrodelineasyon

Hidrodiseksiyon ile korteksin kapsülden ayrılması, hidrodelineasyon ile de nükleusun epinükleustan ayrılması sağlanır. Nükleus epinükleustan ayrılınca sarı halka şeklinde epinükleus sınırı belirir. Bu şekilde nükleusa epinükleus yatağı içinde arka kapsülden uzakta emniyetli bir şekilde FAKO uygulanabilir.

Viskoelastikler ve irrigasyon solüsyonları

Viskoelastik madde (VEM)'lerin devreye girmesiyle ön kamarada ve kapsül içinde rahat çalışılabilecek bir hacim oluşturmak mümkün olmuş, başta kornea endoteli olmak üzere cerrahi manipülasyondan uzak durulması gereken göz içi yapıların korunması sağlanmıştır (53).

VEM ile yapılan kapsamlı çalışmalarda sürekli irrigasyon ve aspirasyon halindeki ön kamarada cerrahi boyunca tüm endotele yapışık kalabilen “dispersif” yapıdaki VEM'lerin (%4 kondritin sülfat-%3 sodyum hyaluronat) endotel hücresi koruyuculuğu açısından ön kamaradan kolayca akıp giden “kohezif” yapıdaki VEM'lere (%1 sodyum hyaluronat ve metilselüloz) göre daha başarılı olduğu bildirilmiştir. Bu başarının, kavitasyona bağlı meydana gelen gaz habbeciklerinin dispersif bileşimlerce daha etkili tutularak kornea endoteli ile temasın kesilmesinden kaynaklandığı ileri sürülmüştür (54).

Ernest ve ark tarafından yapılan kapsamlı bir deneysel çalışma sonucunda ultrasonik emülsifikasyona bağlı termal hasar ihtimalinin özellikle FAKO ucunun tıkanıldığı koşullarda ortamda VEM bulunması ile artabileceği ifade edilmiştir. Kornea dokusuna ısı transferinin VEM'lerce kolaylaştırıldığı ve ortam sıcaklığının arttığı gösterilmiştir. Bu nedenle ultrasonik emülsifikasyon aşamasından hemen önce ön kamaradan VEM aspirasyonu önerilmiştir (55)

Cerrahi sonunda ön kamaradan tamamen uzaklaştırılmadıkları durumda cerrahi sonrası GİB'yi yükselterek kornea endoteli üzerine ilave gerilim oluşturma, tüm VEM'lerin ortak komplikasyonu olarak bildirilmiştir. GİB yükselmesi trabeküler ağın tıkanmasıyla ilişkilendirilmektedir (54,56).

İrrigasyon solüsyonları, kornea endoteli üzerine etkileri açısından çeşitli yazarlarca değerlendirilmiştir. Cerrahi sırasında humör aköz ile yer değiştiren irrigasyon solüsyonlarının endotel hücrelerine zarar vermemesi, mümkünse de desteklemesi arzu edilmektedir. Bununla birlikte söz konusu solüsyonların toksik hücre değişikliklerine de yol açabileceği gösterilmiştir (57). Bazı çalışmalarda, kornea endotelinin korunmasında irrigasyon solüsyonlarının kimyasal birleşiminin, cerrahi sırasında ön kamarada dolaştırılan irrigasyon sıvısı miktarından ve irrigasyon zamanından daha önemli olduğu belirtilmiştir (58). İzole insan kornealarında yapılan in vitro çalışmalarda solüsyonlara bikarbonat, glutatyon, ve adenozin molekülleri ilave edilmesinin cerrahi sonrası kornea kalınlı ve endotel sayısını koruduğu gözlenmiştir (58).

Nükleus kırma teknikleri

FAKO'nun ilk yıllarında kataraktlı lens nükleusu, FAKO probu ile yüksek ultrasonik enerji kullanımı ile yontulup emülsifiye edilmiş, belirgin endotel hücre kaybı izlenmiştir (59). Sonraki dönemde kornea endoteli hasarını azaltmayı amaçlayan çeşitli cerrahi teknikler geliştirilmiştir.

- **Divide and Conquer (böl ve ye):** 1986'da Howard Gimbel tarafından tarif edilen bu yöntemde FAKO ucu ile ultrasonik güç kullanılarak derin bir oluk açılır ve bu oluktan nükleus iki yarım daire şeklinde parçalara ayrılır. Aynı işlem kalan parçaları ¼ dairelere ayırmak için kullanılır. Birbirlerinden serbestleştirilen bu parçalar merkeze kapsülotomi aralığına çekilerek emülsifiye edilir. Sert nükleuslarda merkezi derin bir krater açıldıktan sonra oluğun açıldığı tekniğe ise kraterle böl ve ye (crater divide and conquer) denir (60). Bu tekniklerin özellikle sert nükleuslu olguların emülsifikasyonunda kornea endotelinde ciddi hücre kaybına yol açtığı gösterilmiştir (61).

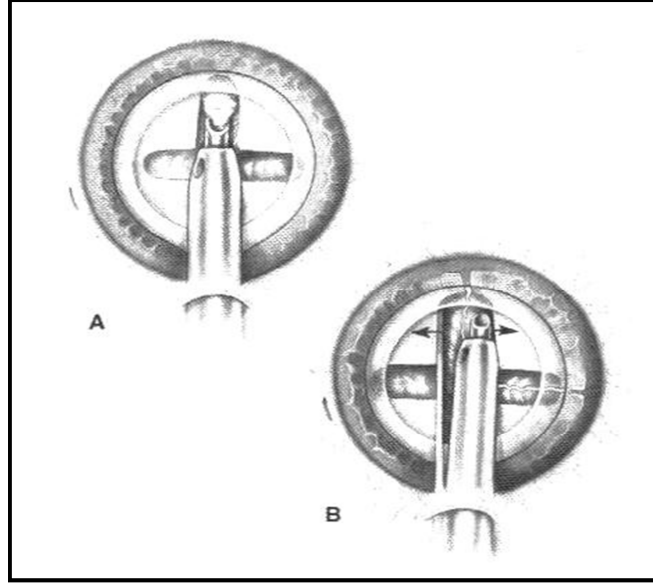
- **Phaco Chop (FAKO yarma):** 1993 yılında Nagahara tarafından ortaya atılan bu yöntemde FAKO ucu lens nükleusuna gömülerek stabil bir biçimde tutulmakta ve chopper (kesici) denilen bir alet ile nükleus ekvatorundan merkeze doğru iki parçaya ayrılmaktadır. Daha sonra her bir parça FAKO ucunda yüksek vakum seviyesinde tutularak chopper ile daha ufak parçalara ayrılmakta, bu parçalar da düşük FAKO gücü ile emülsifiye edilmektedir (62).

- **Chip and Flip:** Yumuşak sertlikteki kataraktlar için Dr. Fine tarafından ortaya atılan bir tekniktir. Bu yöntemle düşük ultrasonik enerji kullanılarak merkezi bir çanak oluşturulmakta, çanak sınırı delineasyon sınırı olan altın halkaya kadar uzatılmaktadır. Parasentez yolundan ikinci bir araçla nükleus kenarı kapsülden serbestleştirilerek; nükleus düşük FAKO gücü, yüksek vakum seviyesi ve akış hızı ile tabakalar halinde emülsifiye edilmektedir (63).

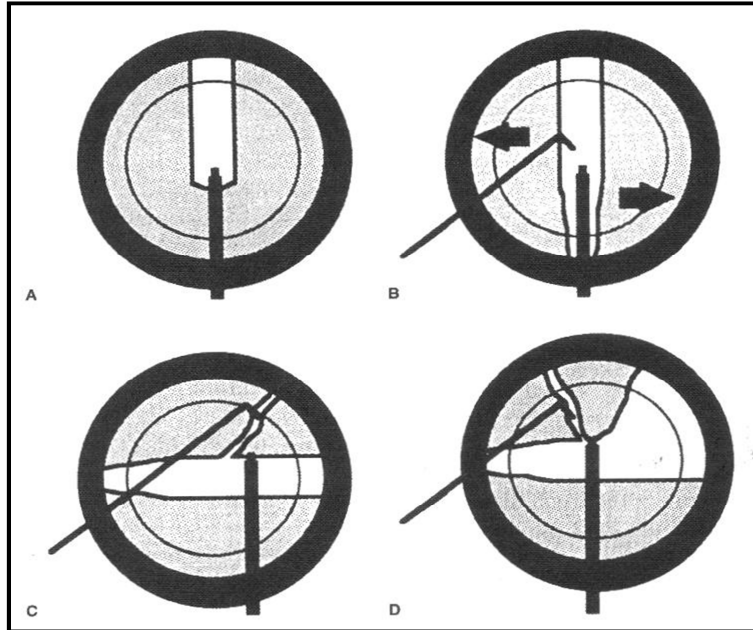
- **Stop and Chop (dur ve yar):** Dr. Koch'un ortaya attığı bu yöntem günümüzde oldukça yaygın kullanılmaktadır. Bu yöntemde “divide and conquer” tekniğindeki gibi FAKO ucu ile ultrasonik güç kullanılarak nükleus üzerinde bir oluk açılarak nükleus iki parçaya ayrılıp, kalan parçalar Nagahara'nın önerdiği chopper ile kesilerek küçültülmektedir. Küçülmüş parçalar da daha az enerji kullanılarak emülsifiye edilir (64).

- **Chop and Debulk (kesme ve küçültme):** Dr. Steinert tarafından önerilmiştir. Başlangıçta chopper ile kesip, daha sonra FAKO ucu ile ultrasonik enerji kullanılarak merkezi sert nükleusu zayıflatmak amacı ile emülsifikasyon gerçekleştirilmektedir. Özellikle sert nükleuslarda cerrahinin ileri aşamalarında kesme işlemlerinde manipülasyon kolaylığı amaçlanmıştır (65).

- **Phaco Quick Chop (FAKO hızlı kesme):** Dr. Davis Dilman tarafından ortaya atılan bu yöntemde FAKO ucu nükleusa mümkün olduğunca en derin penetrasyonda saplanmakta chopper ile vertikal düzlemde nükleus kesisi yapılmaktadır. Nükleus FAKO ucu ile öne yukarı tilte edilirken ‘chopper’ın aşağı arkaya penetrasyonu ile iki parçaya ayrılmaktadır. Kalan parçalar aynı şekilde küçültülerek emülsifiye edilmektedir (62).



Şekil 8: A. Olukların açılması. B. Kıрма işlemi (49).



Şekil 9 : Dur ve parçala tekniği (64).

2.3 FAKO ve Kornea

2.3.1 Kornea anatomisi ve fizyolojisi

Kornea; şeffaf, avasküler bir yapı olup limbusta sklera ile birleşir. Kornea çapı ön yüzde yatayda 11-12 mm, dikeyde 9-11 mm'dir. Arka yüzeyde yatay ve dikey çap 11,7 mm'dir. Bu nedenle önden bakıldığında eliptik arkadan bakıldığında küreseldir. Kornea çapı yeni doğanda 10 mm'dir. Erişkin çapına 6 yaşında ulaşır (66). Korneanın merkezi kalınlığı ortalama 0,5 mm'dir. Perifere gidildikçe, kalınlık artar ve 0,7 mm'ye ulaşır (67). Korneanın kırıcılık gücü 40-44 diyoptri arasındadır. Yaklaşık olarak gözün toplam kırıcılığının 2/3'ünü oluşturur (66).

Kornea histolojik olarak önden arkaya doğru 5 ayrı tabakadan oluşur.

1. Epitel
2. Bowman membranı
3. Stroma
4. Descement (Desme) membranı
5. Endotel

Kornea yüzeyi gözyaşı film tabakası ile örtülüdür. Bu tabaka epitelin beslenmesine yardımcı olur ve korneanın kurumasını engeller. Epitel ile birlikte pürüzsüz bir yüzey oluşturur (68).

Epitel tabakası kornea kalınlığının %10'unu oluşturur. Keratinize olmayan çok katlı hücrelerden meydana gelir. En dıştaki hücrelerin yüzeyi mikrovillus ve mikropililerle genişlemiştir ve müsin absorpsiyonunu kolaylaştırarak korneanın ıslanmasına yardım eder (69).

Bowman membranı 8-14 μ kalınlığında, stromanın modifikasyonu ile oluşan asellüler bir tabakadır. Epitelin bazal membranı bu kata düzensiz filamanlarla sıkıca tutunur. Bu katın kendini onarma kapasitesi yoktur ve skar dokusu gelişir. Epiteldeki olayların stromaya geçişini engelleyen önemli bir bariyerdir (69).

Stroma kornea kalınlığının %90'ından fazlasını oluşturur. Büyük ölçüde, düzenli aralıklarla sıralanmış kollajen fibrillerinden meydana gelmektedir. Fibriller arası boşluk, stroma tabakaları arasına serpiştirilmiş durumda bulunan modifiye fibroblastlara (keratositler) ait bir multinükleer protoplazmik kitle ile proteoglikan yapısındaki esas madde tarafından doldurulur (70).

Descement membranı kornea endotelinin bazal membranıdır. Stroma ile endotel arasında yer alır. Her ikisinden de kolayca ayrılır. Limbusta sonlanır ve iridokorneal açıda Schwalbe çizgisini oluşturur. Doğumda 3 μ olan bu zar, erişkinde 8-10 μ kalınlığına ulaşır (71).

Endotel, merkezinde geniş ve oval nükleusları bulunan tek sıra hekzagonal hücrelerden oluşur. Hücreler genelde 5 μ kalınlığında ve 20 μ genişliğindedir. Hücre sayısı yeni doğanda 6000 hücre/mm² iken erişkinlerde ortalama 3500 hücre/mm², yaşlılarda ise ortalama 2500 hücre/mm² düzeyindedir (66). Bununla birlikte kornea endotelinin pompa fonksiyonunu sürdürebilmesi için asgari hücre yoğunluğunun 400-500 hücre/mm² olması gerektiği bildirilmiştir (72).

Kornea endoteli kornea stromasını sürekli olarak dehidrate ederek kornea saydamlığından başlıca sorumlu olan yapıdır. Bu işlem, membrana bağlı iyon transport sistemleri ile ozmotik gradyen oluşturulması esasına dayanır. Na⁺ /K⁺ ATPaz pompası ve karbonik anhidraz yolu en önemli iki mekanizmayı oluşturur. Bu iki yolun çalışması ile stromadan humör aköze sıvı pompalanır (66,73). Her ne kadar kornea endoteli, humör aköz ile stroma arasında bir bariyer oluşturuyorsa da meydana getirilen osmotik gradiyenin devamlılığının korunması açısından belli ölçüde humör aközden stromaya iyon geçişi gösterilmiştir (73).

Kornea endoteli cerrahi hasara çok hassastır. Sınırlı rejenerasyon yeteneğine sahip tek kat hücre tabakasından meydana gelen endotel tabakasının cerrahinin gerçekleştiği ön kamara kubbesinin tavanını oluşturması ve tüm olayların bu tavanın altında cereyan etmesi söz konusu hasarın en önemli nedenidir (57).

Kornea kalınlığı, kornea endotelinin fonksiyonel durumunu doğrudan yansıtan bir parametre olarak kabul edilmektedir (72). Birçok kornea hastalığının tanısı ve tedavi etkinliğinin değerlendirilmesinde kullanımı mevcuttur. Bazı hastalıklarda kornea kalınlığı değişmektedir. Örneğin osteogenezis imperfekta'da kornea kalınlığı az bulunmuş iken (74) göz tutulumu olan aktif Behçet hastalarında ise kornea kalınlığı geçici olarak artmaktadır (75).

2.3.2 FAKO cerrahisinde korneayı etkileyen faktörler

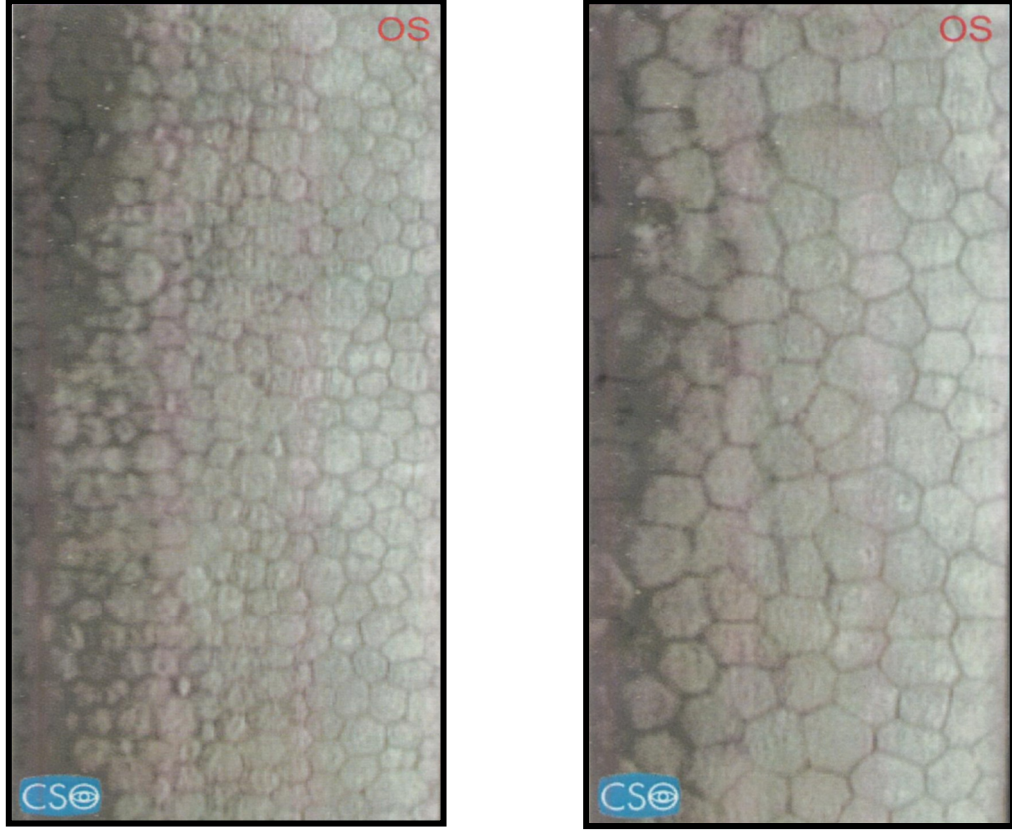
- Ultrasonik enerjinin doğrudan veya hidroksil radikaller oluşturarak meydana getirdiği etkiler (30,76).
- Kornea kesisi açılması, emülsifiye edilmeye çalışılan lens parçalarının endotel ile teması, GİL ve cerrahi araçlar ile manüplasyondan kaynaklanan mekanik travma (77).
- İrrigasyon solüsyonlarının içeriği, kullanım miktarı, işlem sırasında rol oynadıkları türbülans olayı ile kornea endoteli üzerinde yol açtıkları değişiklikler (77).

2.3.2.1 Ultrasonik enerji-kornea etkileşimi

Ultrasonik akustik enerjinin dokular üzerindeki etkisi, aynı zamanda emülsifikasyonu da sağlayan fiziksel olayların sonucudur. Ultrasonik emülsifikasyon sırasında FAKO ucunun yüksek frekanstaki osilasyonu ve etrafındaki silikon irrigasyon kılıfı ile sürtünmesi sonucu açığa çıkan serbest yüksek ısı enerjisi cerrahi ortamda yeterince soğutulmadığında termal hasara hatta ciddi yanıklara yol açmaktadır (30).

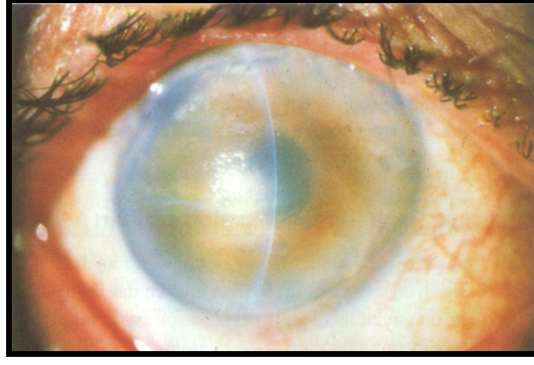
Kornea epitelinin doğrudan termal yanığında koagülasyon nekrozu ortaya çıkmakta, nekrotik epitelin dökülmesini takiben sekelsiz bir iyileşme süreci sonunda epitel rejenerasyonu gerçekleşmektedir. Başlangıçta endotel yanıklarında da koagülasyon nekrozu

izlenmekte; hasarlanan bölge sağlam kalan endotel hücrelerinin çıplak kalmış alanları kapsayacak şekilde genişlemesiyle kompanse edilmektedir (55).



Şekil 10: Normal endotel hücrelerin speküler mikroskopi görüntüsü (sol). Aynı gözde FAKO sonrası endotel hücrelerindeki yapısal değişimin speküler mikroskopi görüntüsü (sağ).

Kornea stromasında termal enerji primer olarak keratositlerin aksine kollajen matriksi etkilemektedir. Başlangıçta kollajenin tersiyer yapısının devamlılığını sağlayan α heliks yapıda ve bu yapıyı destekleyen disülfid bağlarda kontraksiyon meydana gelir. Klinikte bu durum kornea kırışıklı (stria) şeklinde izlenir. Bu durum geri dönüşümlü bir hasara uyar. Termal etkiye maruz kalma süresi uzadıkça geri dönüşümsüz değişiklikler başlar. Sarmallar arası disülfid bağlarının kopmasıyla α heliks tersiyer yapı bozulur. Bu durumda kornea saydamlığını yitirip opaklaşır (56).



Şekil 11: FAKO sonrası kornea ödemiyle ilgili opaklaşma.

Ultrasonik enerji miktarı belli bir eşik düzeyi aştığında irrigasyon sıvısında çözünmüş halde bulunan molekülleri yeniden gaz haline dönüştürür. Oluşan gaz habbecikleri kornea endoteli üzerinde birikerek yüzey gerilimi mekanizmasıyla kornea endotelini hasara uğratar (30,78).

Emülsifikasyonun toksik hidroksil radikallerinin oluşumuna yol açabileceği, ortaya çıkan toksik maddelerin gerek doku gerekse hücresel düzeyde istenmeyen reaksiyonları tetikleyebileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte toksik hidroksil radikallerini bağlayarak zararsız hale getiren A vitamini, C vitamini, E vitamini ve glutatyon gibi antioksidan katkı maddelerinin irrigasyon solüsyonlarındaki kullanımlarının olumlu etkileri gözlenmiştir (79-81).

2.4 Speküler Mikroskopi

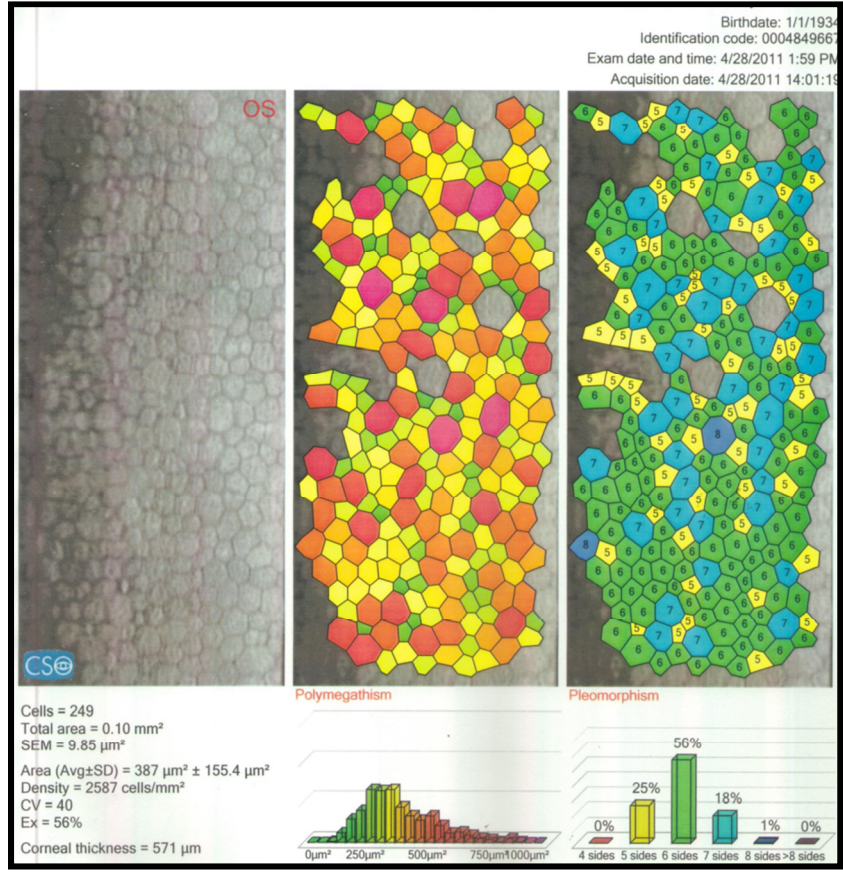
Speküler sözcüğü “ayna gibi” anlamına gelmektedir. Speküler mikroskop korneaya ışık gönderip korneanın ara yüzeylerinden, özellikle de aköz sıvı-endotel ara yüzeyinden yansıyan ışığı görüntü olarak veren bir ışık mikroskopudur.

2.4.1. Speküler Mikroskopinin optik prensipleri

Bir yüzeye gelen ışık yansıyabilir, geçebilir, ya da absorbe olabilir. Genellikle ışığın dalga boyu, ortamın ışığı geçirgenliği ve yüzeyin her iki tarafındaki rölatif kırıcılık indekslerine bağlı olarak bu üç olayın kombinasyonu gerçekleşebilir. Speküler mikroskopide en önemlisi, gelen ışık açısının yansıma açısına eşit olduğu anda yansıyan ışıktır. Endotel-aköz sıvı ara yüzeyinde tüm gelen ışığın yalnız %0.022'si yansır ve bu ışık speküler görüntüyü oluşturur. Klinik olarak speküler mikroskopide yüksek büyütme ve çözünürlük sağlayan ve göz hareketlerini engelleyen kontakt lenslerin kullanıldığı sistemler bulunduğu gibi daha küçük büyütme ve çözünürlüklü göze temas etmeyen lenslerin kullanıldığı sistemler de mevcuttur (82).

Speküler mikroskop ile elde edilen görüntüden hücre yoğunluğu, varyasyon katsayısı (CV), altıgen hücrelerin yüzdesi gibi değerler hesaplanabilir. Yetişkinler için ortalama hücre yoğunluğu değeri 2400 hücre/mm²'dir. Ortalama hücre büyüklüğü ise 150-350 µm²'dir (82). CV, ortalama hücre alanının, ortalama hücre alanının standart sapmasına bölünmesiyle elde edilir. Normal değeri 0.30'dan küçük olmalıdır (82). Bu değer artmasına "polimegatizm" denir. Yaşam boyunca altıgen hücrelerin oranı %75-100'lerden %60'lara kadar düşer. Hücre biçimindeki değişikliğin artması "pleomorfizm" olarak adlandırılır (82). Aşağıdaki parametrelerin varlığı korneanın intraoküler cerrahiyi tolere edemeyeceğinin göstergesidir (82).

1. Düşük hücre yoğunluğu (< 1000 hücre/ mm²)
2. Yüksek polimegatizm (CV> 0.40)
3. Yüksek pleomorfizm (altıgen biçiminde olmayan hücrelerin oranının %50'den fazla olması)



Şekil 12: SP-02® (CSO, İtaly) endotel hücre analizi program çıktısı.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Erciyes üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Göz Hastalıkları Kliniği'nde Mart 2011-Eylül 2011 tarihleri arasında katarakt ameliyatı olan 47 kadın, 44 erkek toplam 91 hastanın 100 gözü çalışma kapsamına alındı.

Çalışma protokolü prospektif tarzda düzenlenmiş olup, operasyon öncesi hastaların yaş ve cinsiyetleri ile tüm gözlerin tashihsiz ve tashihli görme keskinliği, Goldman aplanasyon tonometrisi ile GİB ölçümü, biyomikroskop ile ön-arka segment muayenesi ve Oxford Klinik Katarakt Sınıflandırma ve Derecelendirme Sistemi'ne göre nükleus rengi temel alınarak katarakt sertliği evrelemesi, SP-02® (CSO, İtaly) speküler mikroskop ile santral kornea endotel hücre yoğunluğu, CV, altıgen hücre oranı (EX) ve santral kornea kalınlığı (SKK) ölçümleri yapıldı. GİB ölçümü ve speküler mikroskop ile yapılan ölçümler cerrahi sonrası 1. gün, 3. gün ve 6. haftada tekrarlandı. Cerrahi sonrası 6. haftada tashihli görme keskinlikleri değerlendirildi.

- Endotel sayısı <1500 hücre/mm² olanlar,
- Kontrolsüz glokomu olanlar,
- Kornea yapısını bozan Herpes vb. geçirilmiş infeksiyöz keratit sekelleri ile distrofik ve dejeneratif prosesleri bulunanlar,
- Aktif veya geçirilmiş ön üveit bulguları olanlar,
- Travma veya göz içi cerrahi öyküsü olanlar,
- Ameliyat sonrası yoğun ödem nedeni ile ölçüm yapılamayan olgular,

- Anksiyetesi olanlar, çalışma dışı tutuldu.

Hastalar cerrahiye sevk edildiklerinde muayene bulguları ve ölçümler hakkında cerrahlara bilgi verilmedi. Uygulanacak ultrasonik enerji modülasyonu cerrahlar tarafından randomize edilmiştir. Tüm olgular kliniğimizin deneyimli cerrahları tarafından opere edilmiştir.

Olgular ameliyat esnasında;

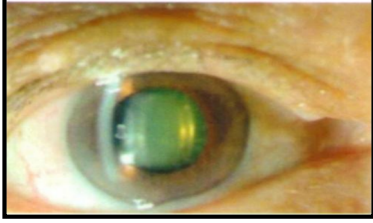
- Toplam ameliyat süresi,
- Efektif FAKO süresi (EFS),
- Kullanılan toplam U/S süresi,
- Kullanılan toplam ortalama FAKO gücü (AVG),
- İntraoperatif komplikasyonlar açısından değerlendirildi.

Oxford Klinik Katarakt Sınıflandırma ve Derecelendirme sistemine göre:

- Evre 0: Yumuşak katarakt- Sarı renk fark edilmemektedir.
- Evre 1: Yumuşak katarakt- Sarı renk belli belirsiz izlenmektedir.
- Evre 2: Hafif sert katarakt- Sarı renk belirgin izlenmektedir.
- Evre 3: Orta sert katarakt- Portakal sarısı renk izlenmektedir.
- Evre 4: Sert katarakt- Kırmızımsı kahverengi renk izlenmektedir.
- Evre 5: Çok sert katarakt- Siyahımsı kahverengi renk izlenmektedir.



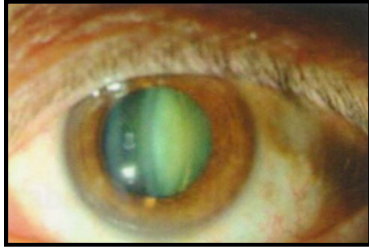
Evre 0 Nükleer Skleroz



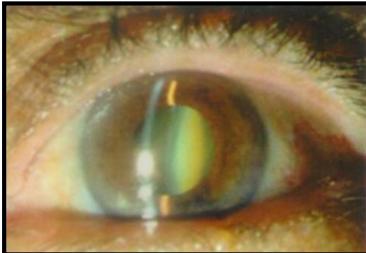
Evre 1 Nükleer Skleroz



Evre 2 Nükleer Skleroz



Evre 3 Nükleer Skleroz



Evre 4 Nükleer Skleroz



Evre 5 Nükleer Skleroz

Şekil 13: Katarakt Sınıflaması.

3.1 Cerrahi öncesi hazırlık, cerrahi teknik ve cerrahi sonrası medikasyon

Ameliyathaneye alınmadan önce tüm gözler %1 Siklopentolat (Sikloplejin®), %2.5 Fenilefrin (Mydfrin®), %0.5 Tropikamid (Tropamid®) damlaları ile her biri en az 3 kez uygulanarak dilate edildi.

Hastalar ameliyat masasına yatırıldıktan sonra %0.5 proparakain hidroklorür (Alcaine®) uygulanarak topikal anestezi sağlandı. Topikal enesteziye uygun olmayan hastalara ise %0.5'lik bupivakain ve %2'lik lidokain eşit olarak karıştırılarak peribulber-retrobulber anestezi yöntemiyle lokal anestezi uygulandı.

%10'luk povidon iyot ile cerrahi saha temizliği yapıldıktan sonra sadece operasyon sahası açık kalacak şekilde plastik cerrahi örtü (drape) örtüldü. Kapak spekulumunun takılmasının ardından glob ve forniksler %5'lik povidon iyot ile yıkanıp en az 3 dk bekletildi.



Şekil 14: Göz kapaklarının kapak kenarları ile birlikte steril örtü ile kapatılması.

Nazal ve temporal kornea-limbal bölgeden 19 G MVR bıçak ile yan girişlerin açılmasını takiben ön kamaraya %1.4 Sodyum hyaluronat (Healon GV®) VEM verilerek, ön kamara dolduruldu. Saat 12 hizasından 3.2 mm'lik bıçak ile saydam kornea kesisi oluşturuldu.

Kapsüloreksis kistotom ile başlatıldı ve kapsüloreksis forsepsi ile tamamlandı. Hidrodiseksiyon ve hidrodelineasyon ile nükleus çevrildi, mümkün olduğunca epinükleer yatak nükleustan ayrıldı.

19 G Kelman 30° eğik ‘sleeve’li FAKO tipi yerleştirildi. Yan girişten chopper ön kamaraya sokuldu. Kortikal materyalin bir miktar aspirasyonundan sonra FAKO işlemi “Divide and conquer” veya “Stop and Chop” tekniklerine uygun olarak gerçekleştirildi. Bu amaçla Allergan Sovoreign® (AMO) cihazı kullanıldı. FAKO 1 (continuous mode) parametreleri aspirasyon 22 ml/dk, vakum 80 mmHg, güç %5-15, şişe yüksekliği 76 cm olarak belirlendi. Nükleus parçalarının küçültülmesi ve emülsifiye edilmesi aşamasında FAKO 2 (puls mode) program parametrelerine (aspirasyon 28 ml/dk, vakum 140-250 mmHg, güç %5-15) geçildi.

FAKO cihazının irrigasyon aspirasyon modu ile bimanuel olarak korteks temizliği yapıldı. Ön kamara ve kapsüler kese %1’lik sodyum hyaluronat (Microvisc®10) ile dolduruldu. Tüm gözlere katlanabilir GİL kapsüler kese içine yerleştirildi. Irrigasyon aspirasyon ile ön kamaradaki tüm VEM dikkatlice aspire edildi. Yan girişler ve ana kesi yeri irrigasyon sıvısı ile şişirildi. Vakaların çoğunda kesi yeri stromal hidrasyonla kapatıldı. Ancak gerekli görüldüğü takdirde kesi yerine 1 adet 10/0 naylon sütür atıldı. Tüm olgularda irrigasyon sıvısı olarak dengeli tuz solüsyonu (BSS®) kullanıldı.

Ameliyat sonrası her olguya topikal antibiyotik ve steroid damla başlandı. 3. günde dozlar düşürülerek 1 ay kullanmaya devam edildi.

Ameliyat sonrası tüm olgulara 1. gün, 3. gün ve 6. haftada düzeltilmemiş ve düzeltilmiş görme keskinliği muayenesi, ayrıntılı biyomikroskopik muayene, Goldman aplanasyon tonometrisi ile GİB ölçümü, speküler mikroskop ile kornea endotel sayımı ve santral kornea kalınlık ölçümü yapıldı.

3.2 İstatistiksel yöntem

Verilerin tanımlayıcı istatistiklerinde ortalama ve standart sapma değerleri kullanıldı. Değişkenlerin dağılımı Kolmogrov-Smirnov testi ile değerlendirildi. Parametrik testlerin analizinde t-test kullanıldı. Tekrarlayan ölçümler için “tekrarlayan ölçümler varyans analizi” kullanıldı. Analizlerde SPSS 19.0 programı kullanıldı.

4. BULGULAR

Çalışmaya Mart 2011-Eylül 2011 tarihleri arasında katarakt ameliyatı olan 47 kadın (%51.6), 44 erkek (%48.4) hastanın toplam 100 gözü dahil edildi. Çalışmadaki 47 kadın hastanın 5 tanesi çift gözden, 44 erkek hastanın 4 tanesi çift gözden opere edilmiştir. (Tablo 1)

Tablo 1 : Hasta karakteristikleri

Cinsiyet	Hastalar		
	Tek göz n (%)	Çift göz n (%)	Toplam n (%)
Kadın	42 (46.1)	5 (5.4)	47 (51.6)
Erkek	40 (43.9)	4 (4.5)	44 (48.4)
Toplam	82 (90.1)	9 (9.9)	91 (100)

Tüm olguların tashihli görme keskinliği cerrahi öncesi ortalama 0,2 iken cerrahi sonrası 6. haftada ortalama 0.7 olarak bulundu. Ek göz hastalığı olan 7 gözde ameliyat öncesi 1-3 metreden parmak sayma seviyesinde olan görme keskinlikleri ameliyat sonrası aynı düzeyde kalmıştır. 93 gözde ise görme keskinliği artmıştır. Olguların hiçbirinde görme keskinliğinde azalma olmamıştır.

Çalışmaya alınan toplam 100 olgudan 1.0'lık tam bir görme keskinliği elde edilememesinin nedenleri arasında mevcut katarakta ilave olarak 7 olguda (%7) diyabetik retinopati, 6 olguda (%6) diyabetik makula ödemi, 6 olguda (%6) yaşa bağlı makula dejenerasyonu, 5 olguda (%5) glokom, 3 olguda (%3) geçirilmiş santral retinal ven oklüzyonu, 2 olguda (%2) dejeneratif miyopi ve 2 olguda (%2) ise optik atrofi mevcuttu (Tablo 2).

Tablo 2: Eşlik eden ek oküler hastalık ve durumlar

Ek oküler hastalık/durum	n	%
Yok	69	69
DRP	7	7
DMÖ	6	6
YBMD	6	6
Glokom	5	5
Geçirilmiş SRVO	3	3
Dejeneratif Miyopi	2	2
Optik Atrofi	2	2
DRP = Diyabetik Retinopati, DMÖ = Diyabetik Makula Ödemi, YBMD = Yaşa bağlı makula dejenerasyonu, SRVO = Santral retinal ven oklüzyonu.		

Çalışmaya dahil ettiğimiz olguların hiçbirinde intraoperatif komplikasyon gelişmemiştir.

Tüm olguların SKK, endotel hücre sayısı, CV ve EX açısından cerrahi öncesi (preop), cerrahi sonrası 1. gün (postop-1), cerrahi sonrası 3. gün (postop-3), cerrahi sonrası 6. hafta (postop-6) değerleri karşılaştırıldı.

Ayrıca hastalar yaş, toplam ameliyat süresi, EFS, kullanılan toplam U/S süresi, kullanılan toplam AVG değerlerine göre her iki grupta eşit denek olacak şekilde iki eşit gruba ayrıldı. Katarakt sertliğine göre Evre 2 altı (1-1,5) nükleer ve/veya arka subkapsüler (ASK), kortikal katarakt (KK) olan 60 göz ve Evre 2 ve üstü nükleer $\pm$ arka subkapsüler ve kortikal katarakt olan 40 göz olmak üzere 2 gruba ayrıldı.

- Yaşlarına göre 31-61 (ort. 54,02) yaş aralığında olan 50 göz ve 62-81 (ort. 68,50) yaş aralığında olan 50 göz olmak üzere 2 eşit gruba ayrıldı (Tablo3).

Tablo 3: Yaşlarına göre grupların dağılımı (yıl).

YAŞ	Grup	n	En Düşük	En Yüksek	Ort.±SS
	1. Grup	50	33	61	54,02 ± 6,43
	2. Grup	50	62	81	68,50 ± 5,47

- Toplam ameliyat süresine göre 6-16 dk (ort. 12,70 dk.) aralığında olan 50 göz ve 17-40 dk (ort. 22,64 dk.) aralığında olan 50 göz olmak üzere 2 eşit gruba ayrıldı (Tablo 4).

Tablo 4: Toplam ameliyat sürelerine göre grupların dağılımı (dk.).

AMELİYAT SÜRESİ (dk.)	Grup	n	En Düşük	En Yüksek	Ort.±SS
	1. Grup	50	6	16	12,70 ± 2,67
	2. Grup	50	17	40	22,64 ± 5,96

- EFS'ye göre 00:00-01:36 (ort. 0,64 dk) aralığında olan 50 göz ve 01:39-12:08 (ort. 3,80 dk) aralığında olan 50 göz olmak üzere 2 eşit gruba ayrıldı (Tablo 5).

Tablo 5: EFS'ye göre grupların dağılımı (dk.).

EFS (dk.)	Grup	n	En Düşük	En Yüksek	Ort.± SS
	1. Grup	50	0,00	1,36	0,64 ± 0,43
	2. Grup	50	1,39	12,08	3,80 ± 2,37

- U/S süresine göre 00:00-00:37 (ort. 0,18 dk) aralığında olan 50 göz ve 00:40-04:03 (ort. 1,03 dk) aralığında olan 50 göz olmak üzere 2 eşit gruba ayrıldı (Tablo 6).

Tablo 6: U/S süresine göre grupların dağılımı (dk.).

U/S (dk.)	Grup	n	En Düşük	En Yüksek	Ort.± SS
	1. Grup	50	0,00	0,37	0,18 ± 0,11
	2. Grup	50	0,40	4,03	1,03 ± 0,81

- AVG'ye göre 0-3,8 (ort. %2,46) aralığında olan 50 göz ve 3,9-15,0 (ort. % 6,67) aralığında olan 50 göz olmak üzere 2 eşit gruba ayrıldı (Tablo 7).

Tablo 7: AVG'ye göre grupların dağılımı (%).

AVG (%)	Grup	n	En Düşük	En Yüksek	Ort.± SS
	1. Grup	50	0,00	3,80	2,46 ± 1,25
	2. Grup	50	3,90	15,00	6,67 ± 2,92

- Katarakt sertliğine göre Evre 2 altı nükleer ve/veya arka subkapsüler (ASK), kortikal katarakt (KK) olan 60 göz ve Evre 2 ve üstü nükleer ± ASK ve KK olan 40 göz olmak üzere 2 gruba ayrıldı (Tablo 8).

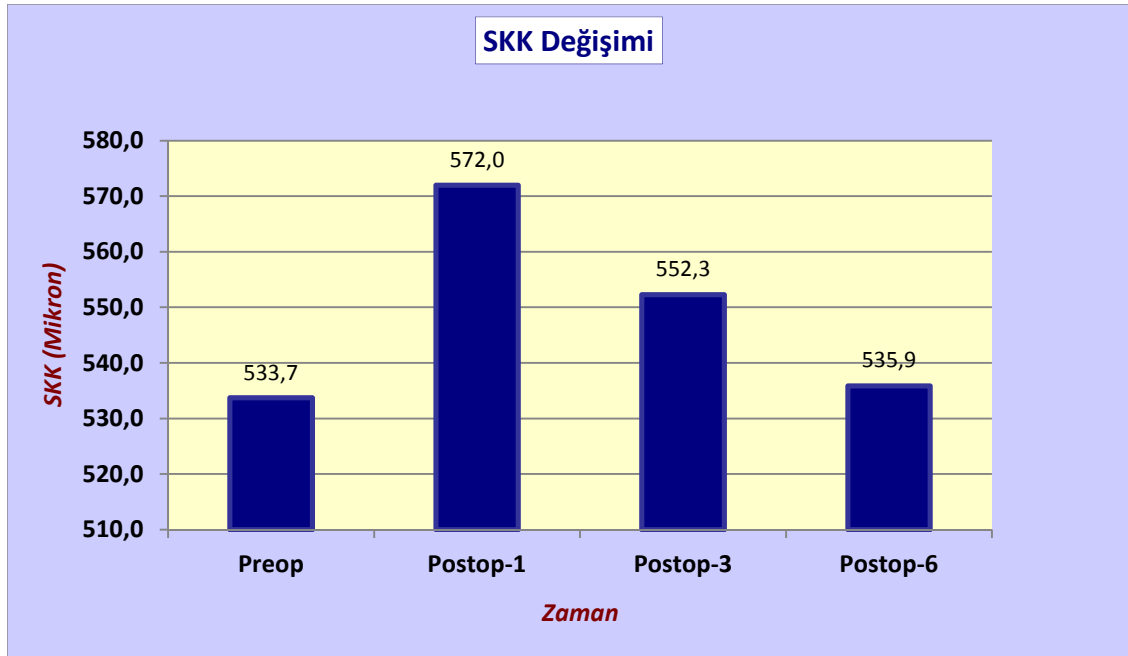
Tablo 8: Katarakt sertliğine göre grupların dağılımı.

Grup	Evre 0	Evre 1 ± ASK, KK	Evre 2 ± ASK, KK	Evre 3 ± ASK, KK	Evre 4 ± ASK, KK	Evre5	ASK	KK	Toplam
1. Grup	0	17	0	0	0	0	28	15	60
2. Grup	0	0	24	11	5	0	0	0	40

Postop-1’de, preop’a göre SKK’da oldukça anlamlı ($p<0,001$) artış bulunmuştur. SKK’da postop-1 ile postop-3 ölçümleri arasında oldukça anlamlı ($p<0,001$) düşüş olmuştur. Aynı şekilde SKK’da postop-6’da postop-3’e göre anlamlı ($p<0,001$) düşüş gözlenmiştir. Preop SKK ile postop-6 SKK değerleri arasında fark yoktu ($p=0,330$) (Tablo 9).

Tablo 9: Santral kornea kalınlığındaki değişim.

SKK	En Düşük	En Yüksek	Ort.± SS	P (bir önceki ölçüm farkı)
Preop	430	640	533,72 ± 41,42	
Postop-1	410	685	571,95 ± 47,40	<0,001
Postop-3	425	650	552,25 ± 44,68	<0,001
Postop-6	410	615	535,86 ± 40,47	<0,001
Preop ile postop-6 arasındaki değişim.				0,330
Tekrarlayan ölçümler varyans analizi % 95 güven aralığı				



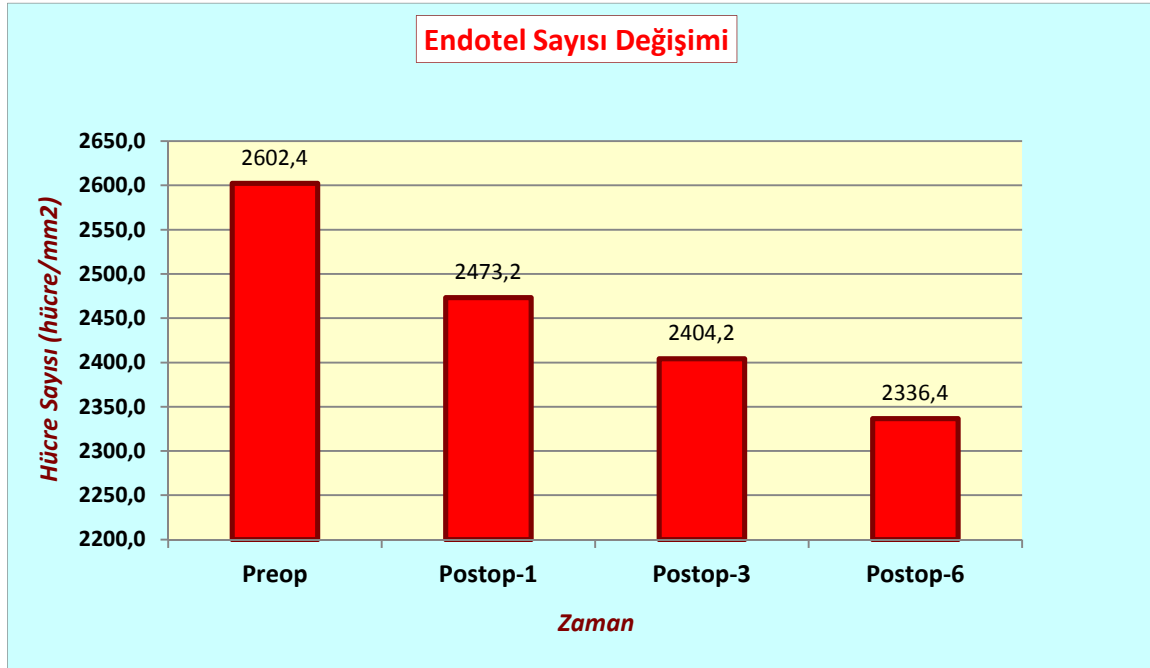
Şekil 15: SKK’da postop 1. günde anlamlı yükseliş, cerrahi sonrası 6. haftada cerrahi öncesi değerlere dönüş.

Hücre sayısında postop-1’de, preop’a göre oldukça anlamlı ($p<0,001$) düşüş olmuştur. Hücre sayısında postop-3’de postop-1 e göre oldukça anlamlı ($p<0,001$) düşüş gözlenmiştir. Hücre sayısında postop-6’da postop-3’e göre anlamlı ($p=0,001$) düşüş gözlenmiştir (Tablo 10).

Tablo 10: Hücre sayısı’ndaki değişim.

Hücre Sayısı	En Düşük	En Yüksek	Ort.± SS	P (bir önceki ölçüm fark)
Preop	1861	3735	2602,44 ± 381,63	
Postop-1	1600	3382	2473,16 ± 383,51	<i><0,001</i>
Postop-3	1488	3446	2404,18 ± 386,41	<i><0,001</i>
Postop-6	882	3391	2336,37 ± 444,42	<i>0,001</i>

Tekrarlayan ölçümler varyans analizi % 95 güven aralığı

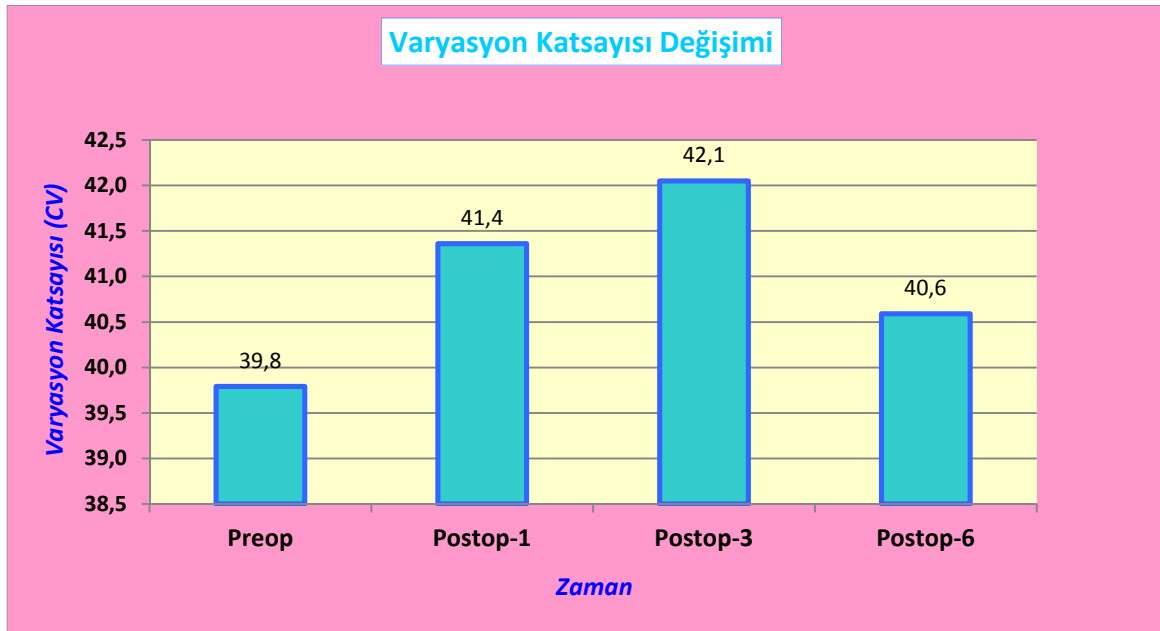


Şekil 16: Hücre sayısında postop 1. günden başlayıp postop 3. gün ve 6. haftada devam eden azalma.

CV postop-1’de, preop’a göre oldukça anlamlı ($p=0,001$) yüksetti. CV için postop-3’de postop-1’e göre anlamlı değişiklik yoktu ($p=0,112$). CV için postop-6’da postop-3’e göre anlamlı bir düşüş gözlemlendi ($p=0,001$). Preop CV ile postop-6 CV değerleri arasında anlamlı farklılık yoktu ($p = 0,051$) (Tablo 11).

Tablo 11: CV değerindeki değişim.

CV	En Düşük	En Yüksek	Ort.± SS	P (bir önceki ölçüm farkı)
Preop	24	55	39,79 ± 5,04	
Postop-1	28	61	41,36 ± 5,91	<0,001
Postop-3	29	58	42,05 ± 5,02	0,112
Postop-6	29	55	40,59 ± 5,28	0,001
Preop ile postop-6 arasındaki değişim.				0,051
Tekrarlayan ölçümler varyans analizi % 95 güven aralığı				



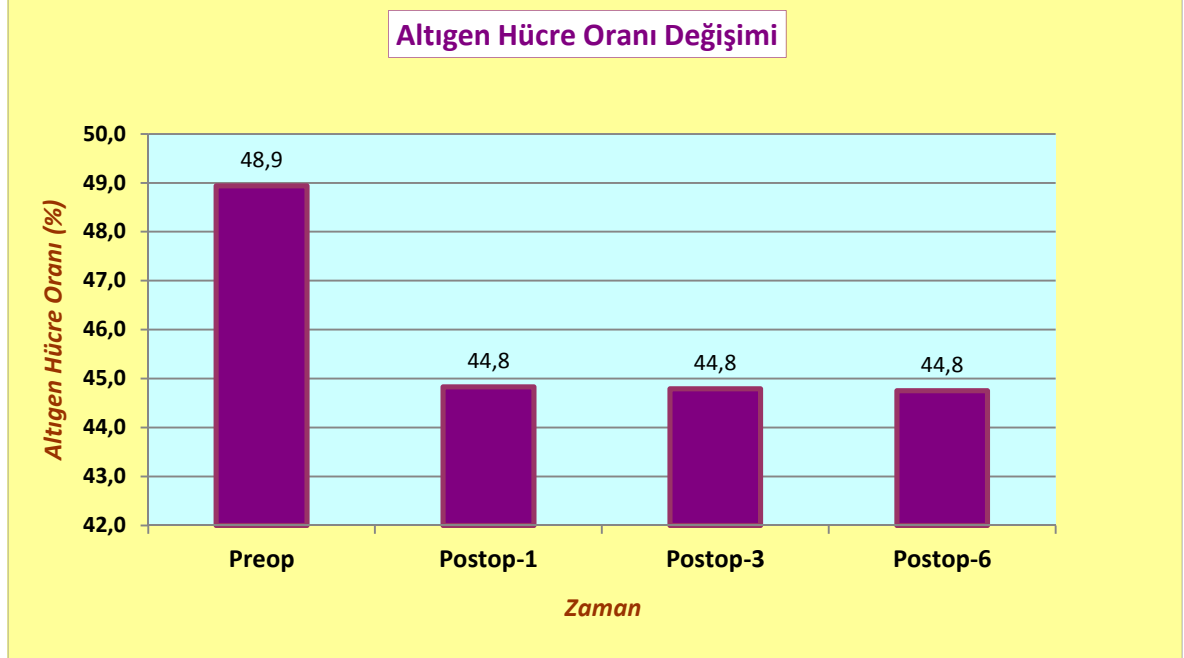
Şekil 17: CV değerinde postop 1. gün ve 3. günde anlamlı yükseliş, postop 6. haftada cerrahi öncesi değerlere dönüş.

EX postop-1’de, preop’a göre anlamlı düşüş oldu ($p<0,001$). EX postop-3’de postop-1’e göre anlamlı değişiklik gözlenmedi ($p=0,955$). EX postop-6’da postop-3’e göre anlamlı değişiklik gözlenmedi ($p=0,950$) (Tablo 12).

Tablo 12: EX değeri değişimi.

EX	En Düşük	En Yüksek	Ort.± SS	p (bir önceki ölçüm fark)
Preop	33	71	48,94 ± 6,59	
Postop-1	29	65	44,83 ± 6,80	<0,001
Postop-3	30	69	44,79 ± 6,98	0,955
Postop-6	26	62	44,75 ± 6,99	0,950

Tekrarlayan ölçümler varyans analizi % 95 güven aralığı

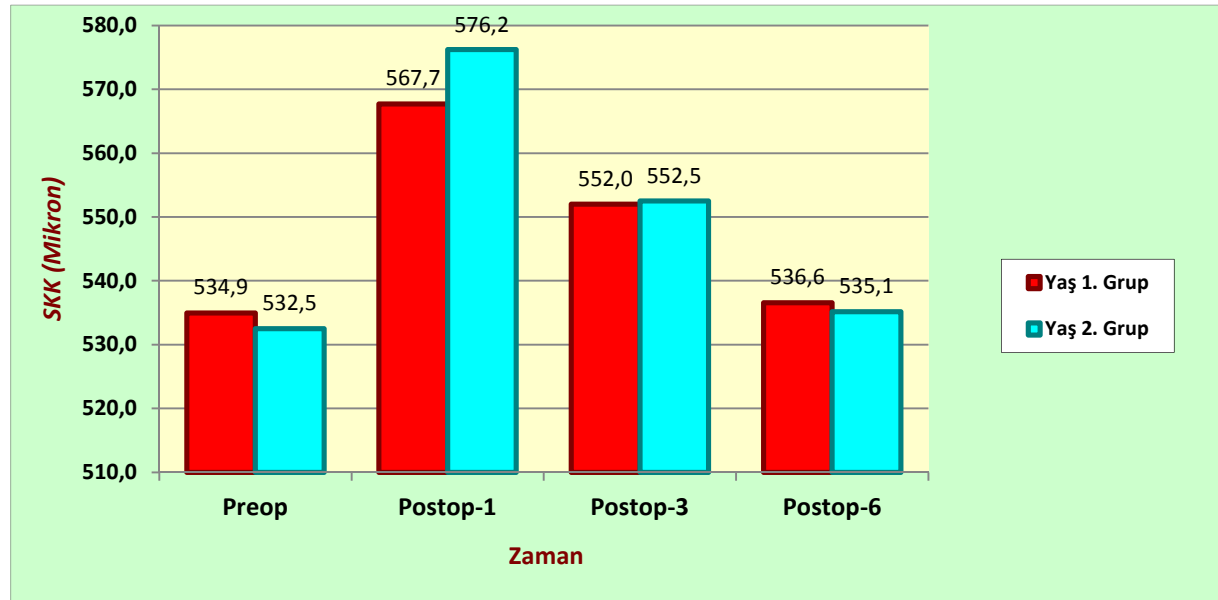


Şekil 18: EX değerinin postop 1. günde anlamlı düşüşü, bu düşüşün postop 6. haftaya kadar sabit kalması.

Yaşları 31-61 aralığında olan 1. grup ile 62-81 aralığında olan 2. grup arasında preop, postop-1, postop-3 ve postop-6'daki SKK değerleri arasında anlamlı farklılık yoktu (her biri için $p>0,05$) (Tablo 13).

Tablo 13: Yaş grupları arasındaki SKK değerlerindeki değişim.

SKK	Yaş		p
	1. Grup (31-61)	2. Grup (62-81)	
	Ort.± SS	Ort.± SS	
Preop	534,9 ± 35,7	532,5 ± 46,8	0,770
Postop-1	567,7 ± 46,9	576,2 ± 48,0	0,373
Postop-3	552,0 ± 43,7	552,5 ± 46,1	0,959
Postop-6	536,6 ± 40,3	535,1 ± 41,1	0,860
T-test / tekrarlayan ölçümler varyans analizi % 95 güven aralığı			

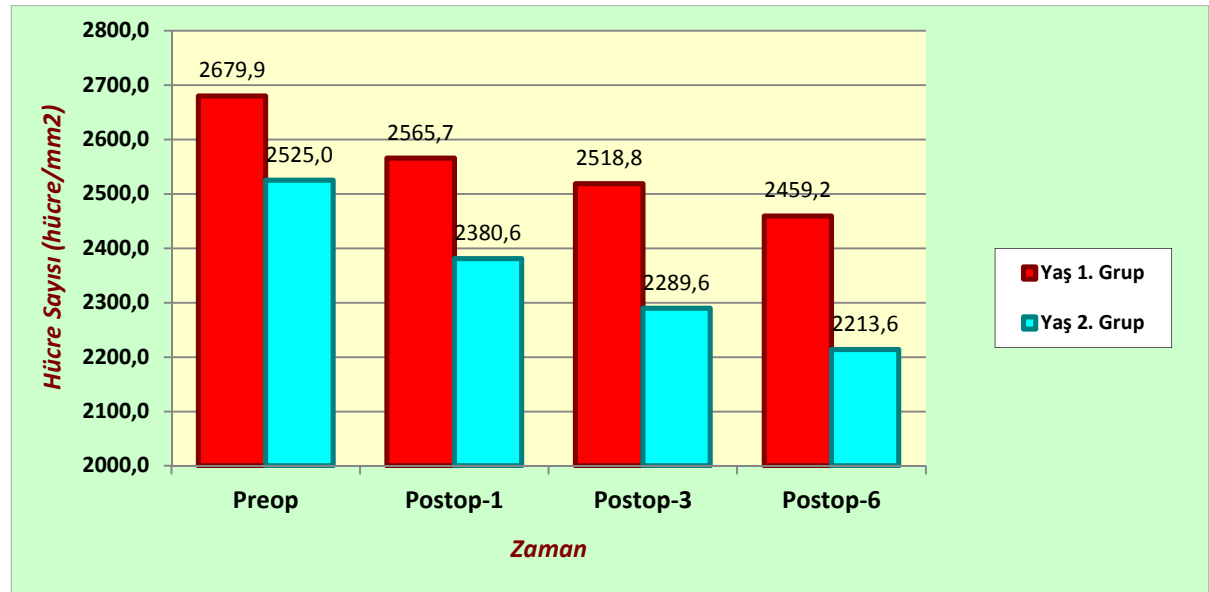


Şekil 19: Yaş grupları arasında tüm zamanlarda SKK değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim.

Yaşları 31-61 aralığında olan 1. gruptaki olguların preop endotel hücre sayıları yaşları 62-81 aralığında olan 2. gruptaki olgulardan anlamlı olarak daha yüksekti ($p=0,042$). 1. gruptaki olguların postop-1 endotel hücre sayıları 2. gruptaki olgulardan anlamlı olarak daha yüksekti ($p=0,015$). 1. gruptaki olguların postop-3 hücre sayıları 2. gruptaki olgulardan anlamlı olarak daha yüksekti ($p=0,003$). 1. gruptaki olguların postop-6 hücre sayıları 2. gruptaki değerlerden anlamlı olarak daha yüksekti ($p=0,005$) (Tablo 14).

Tablo 14: Yaş grupları arasındaki endotel hücre sayısı değişimi.

Hücre Sayısı	Yaş			
	1. Grup (31-61)		2. Grup (62-81)	p
	Ort.± SS		Ort.± SS	
Preop	2679,9 ± 309,2		2525,0 ± 431,8	0,042
Postop-1	2565,7 ± 348,0		2380,6 ± 398,2	0,015
Postop-3	2518,8 ± 347,5		2289,6 ± 392,6	0,003
Postop-6	2459,2 ± 376,0		2213,6 ± 476,4	0,005
T-test / tekrarlayan ölçümler varyans analizi % 95 güven aralığı				

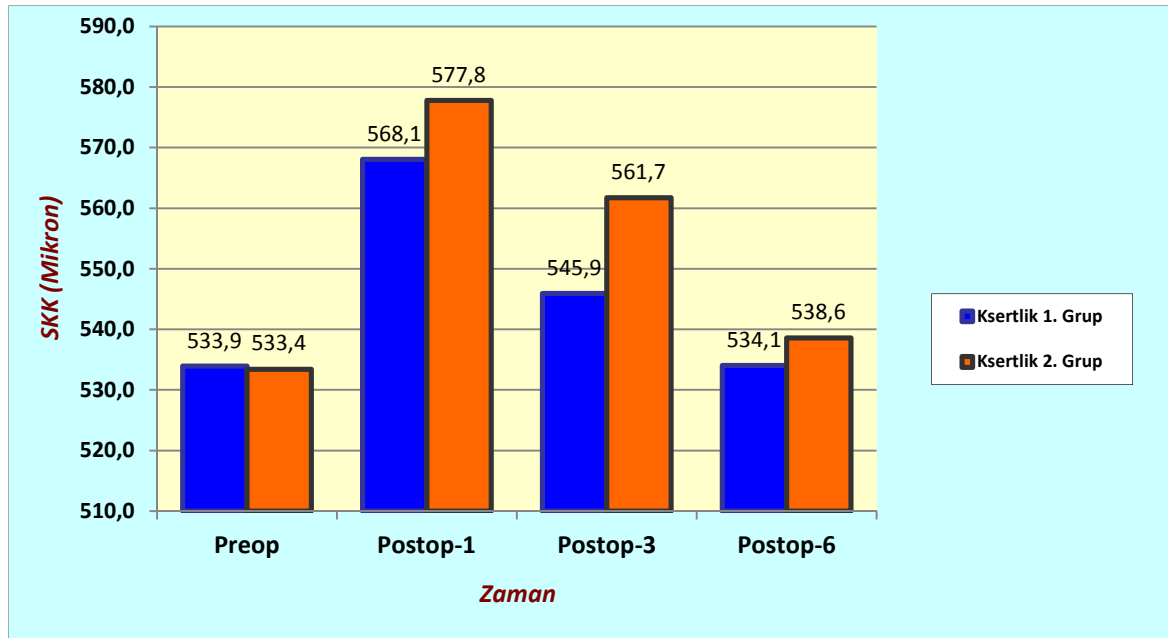


Şekil 20: Yaş grupları arasında tüm zamanlarda hücre sayılarındaki anlamlı farklılık.

Katarakt sertliği'ne göre oluşturulan iki grup arasında preop, postop-1, postop-3 ve postop-6 SKK değerleri arasında anlamlı farklılık yoktu (her biri için $p>0,05$) (Tablo 15).

Tablo 15: Katarakt sertliğine göre iki grup arasındaki SKK değerindeki değişim.

SKK	Katarakt Sertliği			
	1. Grup		2. Grup	P
	Ort.± SS		Ort.± SS	
Preop	533,9 ± 44,1		533,4 ± 37,6	0,954
Postop-1	568,1 ± 50,3		577,8 ± 42,6	0,318
Postop-3	545,9 ± 45,5		561,7 ± 42,3	0,083
Postop-6	534,1 ± 43,3		538,6 ± 36,1	0,586
T-test / tekrarlayan ölçümler varyans analizi % 95 güven aralığı				

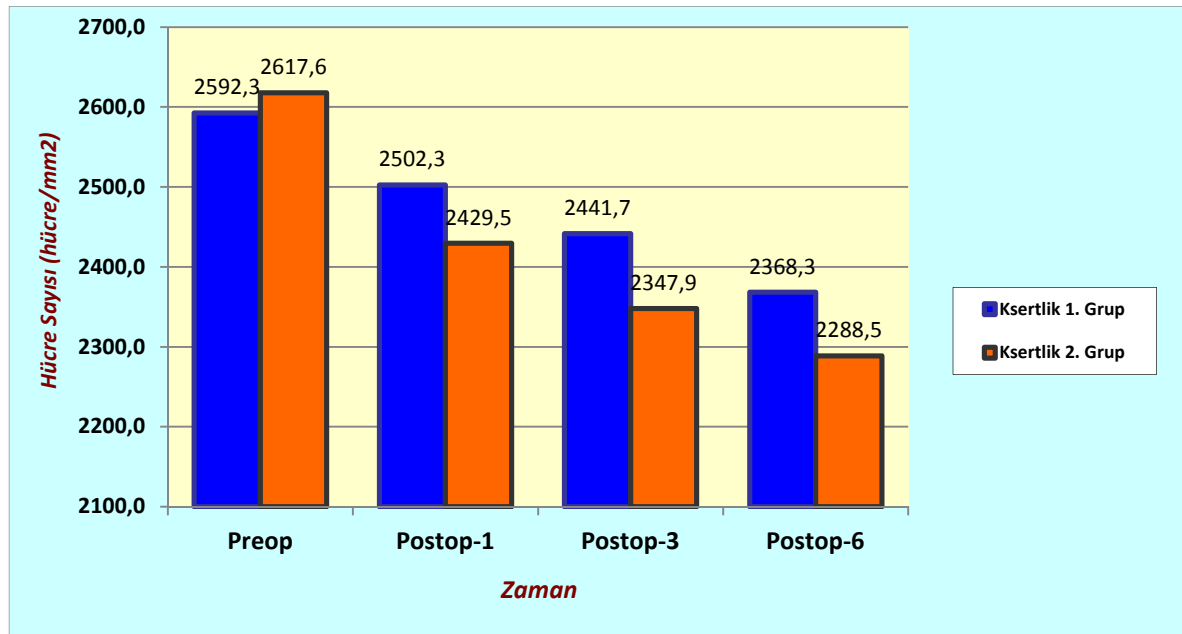


Şekil 21: Katarakt sertliğine göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda SKK değerlerindeki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim.

Katarakt sertliği'ne göre oluşturulan iki grup arasında preop, postop-1, postop-3 ve postop-6 endotel hücre sayılarında anlamlı (Her biri için $p>0,05$) farklılık yoktu (Tablo 16).

Tablo 16: Katarakt sertliğine göre iki grup arasındaki endotel sayısındaki değişim.

Hücre Sayısı	Katarakt Sertliği			
	1. Grup		2. Grup	p
	Ort.± SS		Ort.± SS	
Preop	2592,3 ± 384,8		2617,6 ± 381,1	0,747
Postop-1	2502,3 ± 394,3		2429,5 ± 367,3	0,355
Postop-3	2441,7 ± 409,2		2347,9 ± 346,9	0,236
Postop-6	2368,3 ± 479,1		2288,5 ± 387,6	0,382
T-test / tekrarlayan ölçümler varyans analizi % 95 güven aralığı				

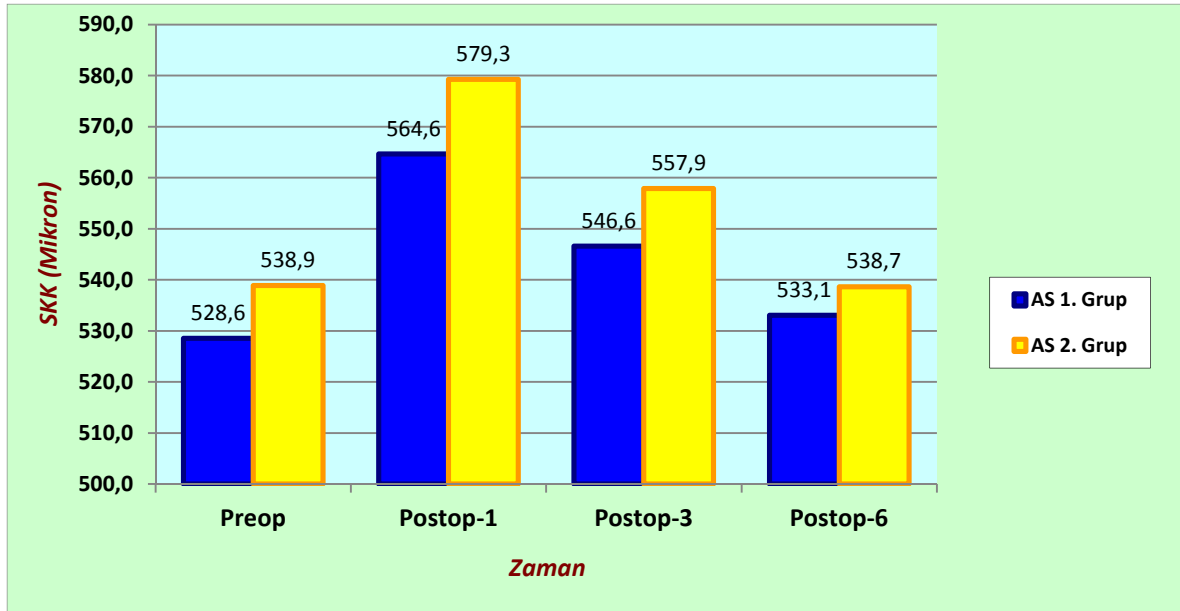


Şekil 22: Katarakt sertliğine göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda endotel sayısındaki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim.

Ameliyat süresi 6-16 dk aralığında olan 1. grup ile 17-40 dk aralığında olan 2. grup hastaların perop, postop-1, postop-3 ve postop-6 SKK değerleri arasında anlamlı (her biri için, $p>0,05$) farklılık yoktu (Tablo 17).

Tablo 17: Ameliyat süresine göre iki grup arasındaki SKK değerindeki değişim.

SKK	Ameliyat süresi			
	1. Grup (6-16 dk)		2. Grup (17-40 dk)	P
	Ort.± SS		Ort.± SS	
Preop	528,6 ± 41,6		538,9 ± 41,0	0,215
Postop-1	564,6 ± 49,5		579,3 ± 44,5	0,123
Postop-3	546,6 ± 44,2		557,9 ± 44,9	0,208
Postop-6	533,1 ± 42,1		538,7 ± 39,0	0,492
T-test / tekrarlayan ölçümler varyans analizi % 95 güven aralığı				

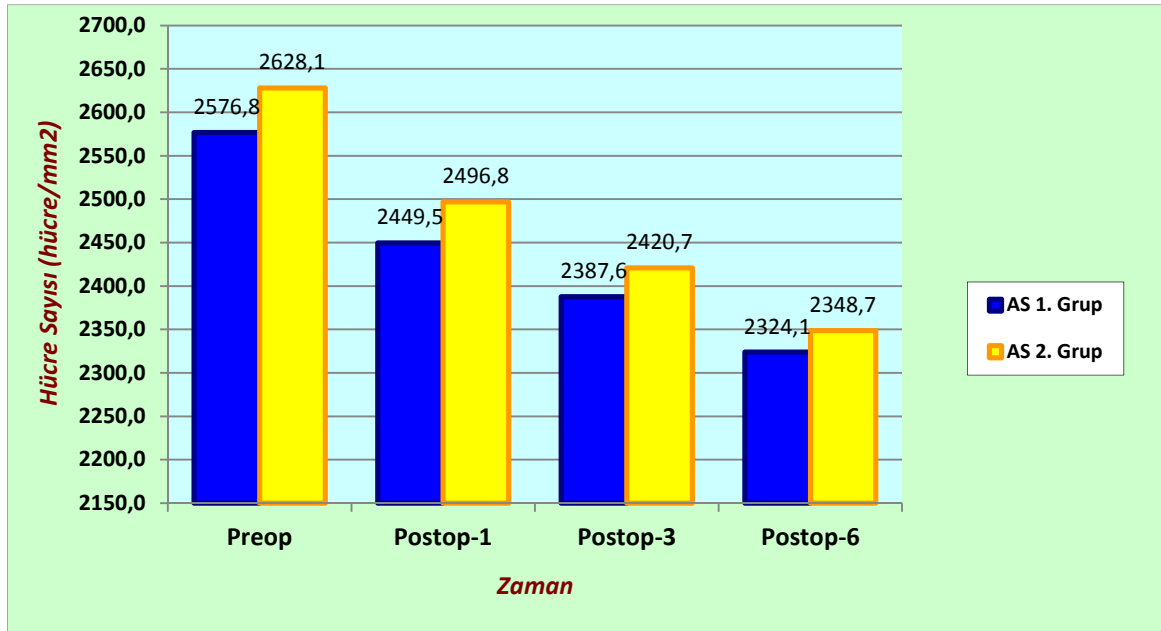


Şekil 23: Ameliyat süresine göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda SKK değerindeki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim.

Ameliyat süresi açısından 1. ve 2. grup arasında perop, postop-1, postop-3 ve postop-6 hücre sayıları arasında anlamlı farklılık yoktu (her biri için, $p>0,05$) (Tablo 18).

Tablo 18: Ameliyat süresine göre iki grup arasındaki endotel sayısındaki değişim.

Hücre Sayısı	Ameliyat süresi			
	1. Grup (6-16 dk)		2. Grup (17-40 dk)	p
	Ort.± SS		Ort.± SS	
Preop	2576,8 ± 363,2		2628,1 ± 401,2	0,505
Postop-1	2449,5 ± 406,1		2496,8 ± 362,0	0,540
Postop-3	2387,6 ± 420,6		2420,7 ± 352,4	0,670
Postop-6	2324,1 ± 459,7		2348,7 ± 432,9	0,784
T-test / tekrarlayan ölçümler varyans analizi % 95 güven aralığı				

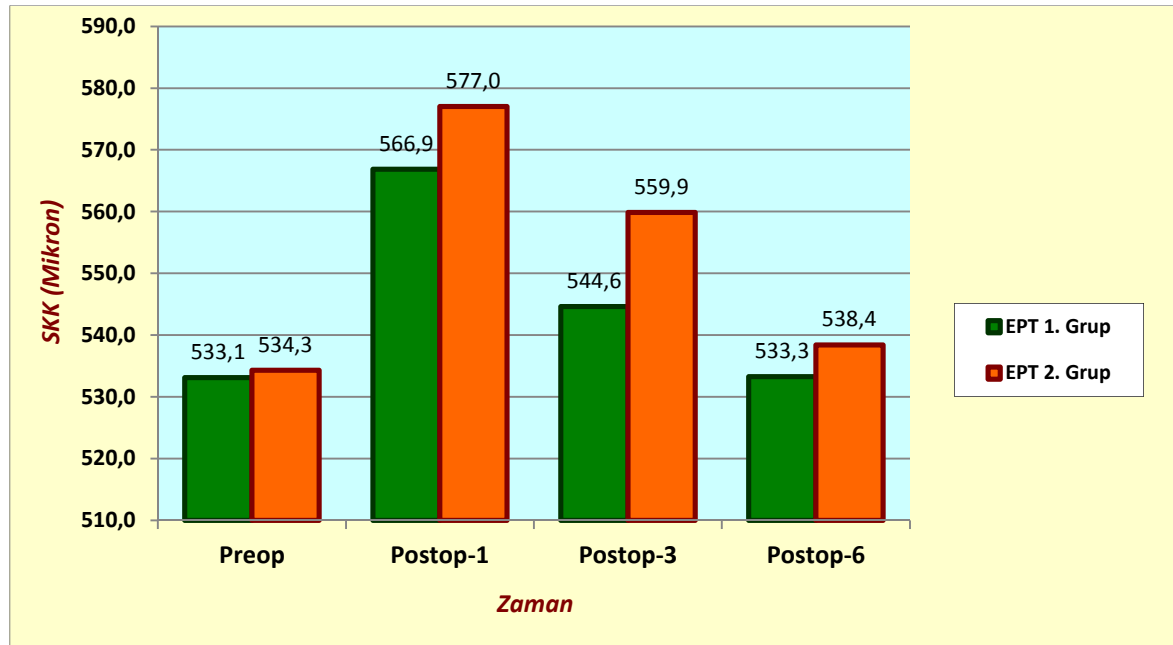


Şekil 24: Ameliyat süresine göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda hücre sayısındaki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim.

EFS değeri 00:00-01:36 aralığında olan 1. grup ile 01:39-12:08 aralığında bulunan 2. grup hastaların preop, postop-1, postop-3 ve postop-6 SKK değerleri arasında anlamlı farklılık yoktu (her biri için, $p>0,05$) (Tablo 19).

Tablo 19: EFS'ye göre iki grup arasındaki SKK değerindeki değişim.

SKK	EFS		p
	1. Grup (00:00-01:36)	2. Grup (01:39-12:08)	
	Ort.± SS	Ort.± SS	
Preop	533,1 ± 42,8	534,3 ± 40,4	0,889
Postop-1	566,9 ± 54,0	577,0 ± 39,6	0,285
Postop-3	544,6 ± 45,9	559,9 ± 42,6	0,088
Postop-6	533,3 ± 42,3	538,4 ± 38,8	0,530
T-test / tekrarlayan ölçümler varyans analizi % 95 güven aralığı			

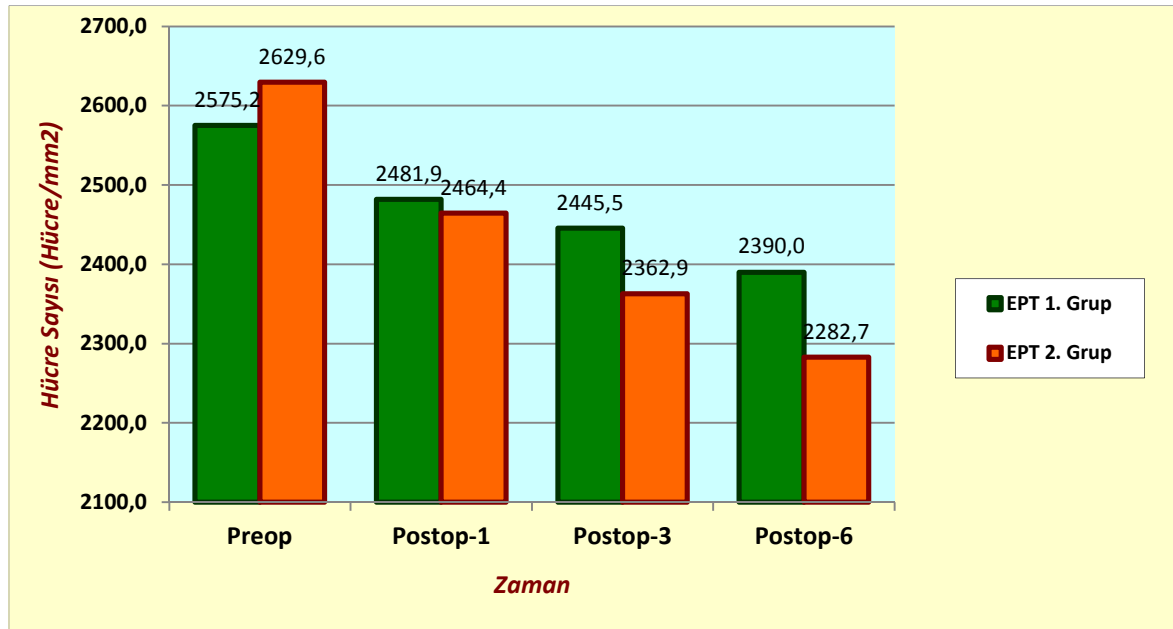


Şekil 25: EFS'ye göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda SKK değerindeki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim.

EFS değeri açısından 1 grup ile 2. grup hastaların preop, postop-1, postop-3 ve postop-6 hücre sayıları arasında anlamlı farklılık yoktu (her biri için $p > 0,05$) (Tablo 20).

Tablo 20: EFS'ye göre iki grup arasındaki endotel sayısındaki değişim.

Hücre Sayısı	EFS			
	1. Grup (00:00-01:36)		2. Grup (01:39-12:08)	p
	Ort.± SS		Ort.± SS	
Preop	2575,2 ± 374,0		2629,6 ± 391,0	0,479
Postop-1	2481,9 ± 425,7		2464,4 ± 340,2	0,820
Postop-3	2445,5 ± 429,8		2362,9 ± 336,8	0,287
Postop-6	2390,0 ± 450,4		2282,7 ± 436,2	0,229
T-test / tekrarlayan ölçümler varyans analizi % 95 güven aralığı				

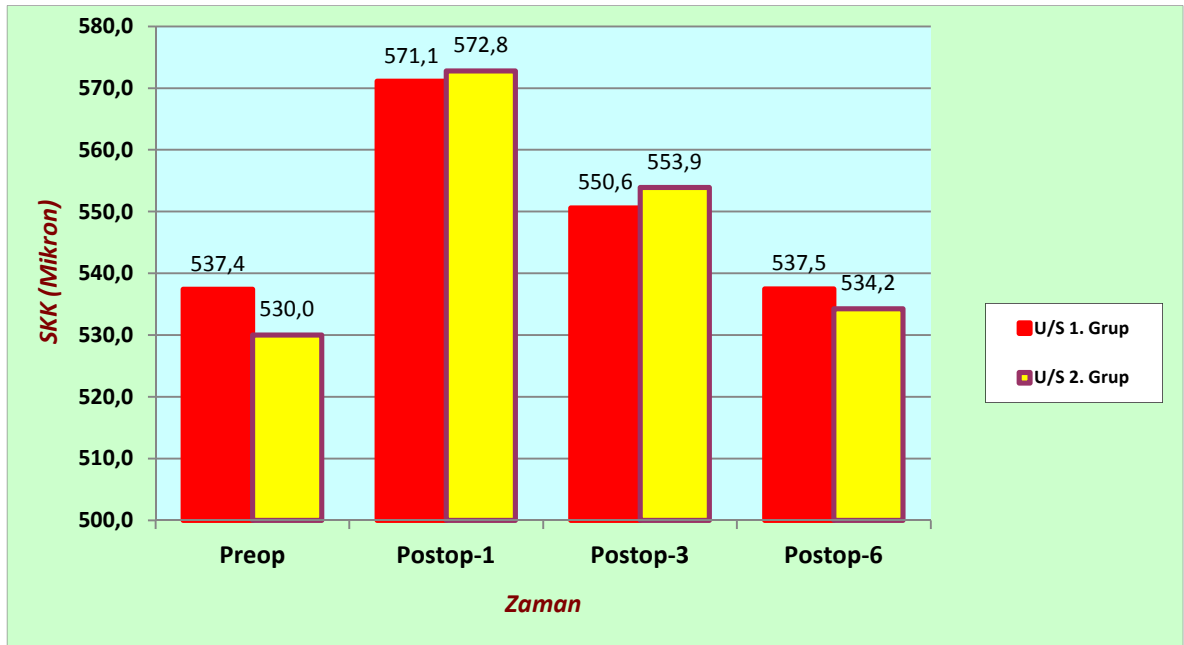


Şekil 26: EFS'ye göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda endotel sayısındaki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim.

U/S değerleri 00:00-00:37 aralığında olan 1. grup ile 00:40-04:03 aralığında olan 2. grup hastaların prerop, postop-1, postop-3 ve postop-6 SKK değerleri arasında anlamlı farklılık yoktu (her biri için, $p > 0,05$) (Tablo 21).

Tablo 21: U/S zamanına göre iki grup arasındaki SKK değerindeki değişim.

SKK	U/S		p
	1. Grup (00:00-00:37)	2. Grup (00:40-04:03)	
	Ort.± SS	Ort.± SS	
Preop	537,4 ± 42,5	530,0 ± 40,4	0,374
Postop-1	571,1 ± 53,4	572,8 ± 41,0	0,865
Postop-3	550,6 ± 46,8	553,9 ± 42,9	0,711
Postop-6	537,5 ± 43,5	534,2 ± 37,6	0,691
T-test / tekrarlayan ölçümler varyans analizi % 95 güven aralığı			

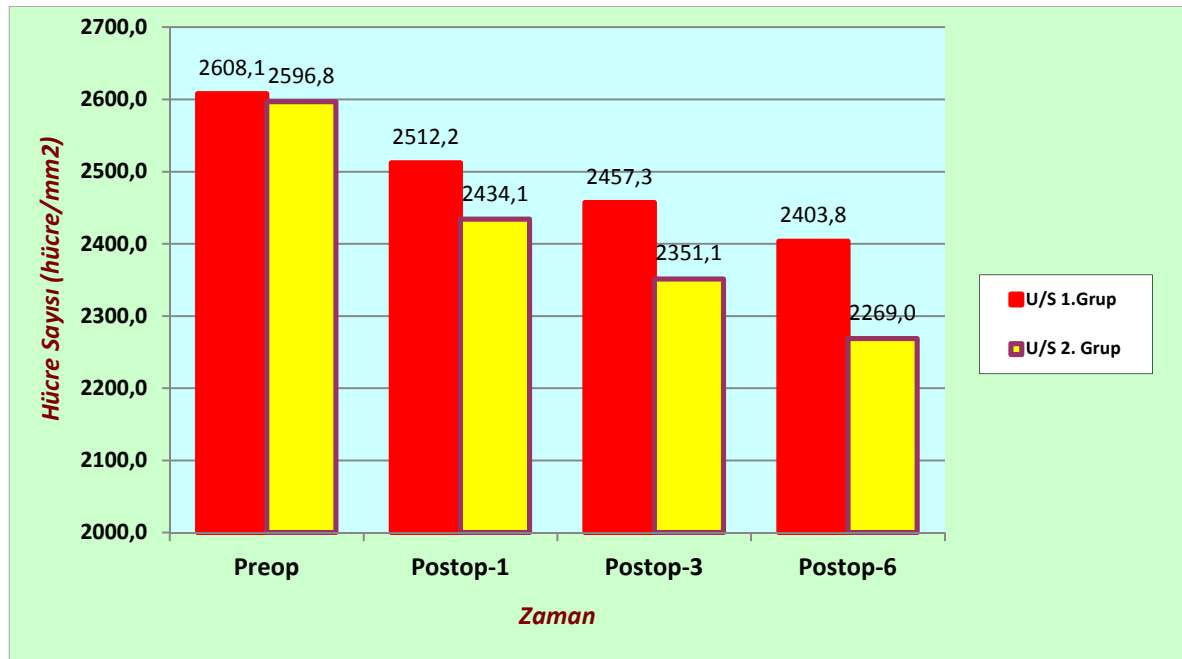


Şekil 27: U/S zamanına göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda SKK değerindeki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim.

U/S değerleri açısından 1. grup ile 2. gruptaki olguların perop, postop-1, postop-3 ve postop-6 hücre sayıları arasında anlamlı farklılık yoktu (her biri için, $p > 0,05$) (Tablo 22).

Tablo 22: U/S zamanına göre iki grup arasındaki endotel sayısındaki değişim.

Hücre Sayısı	U/S		p
	1. Grup (00:00-00.37)	2. Grup (00:40-04:03)	
	Ort.± SS	Ort.± SS	
Preop	2608,1 ± 378,6	2596,8 ± 388,4	0,883
Postop-1	2512,2 ± 406,8	2434,1 ± 358,5	0,311
Postop-3	2457,3 ± 403,7	2351,1 ± 364,6	0,171
Postop-6	2403,8 ± 428,4	2269,0 ± 454,2	0,130
T-test / tekrarlayan ölçümler varyans analizi % 95 güven aralığı			

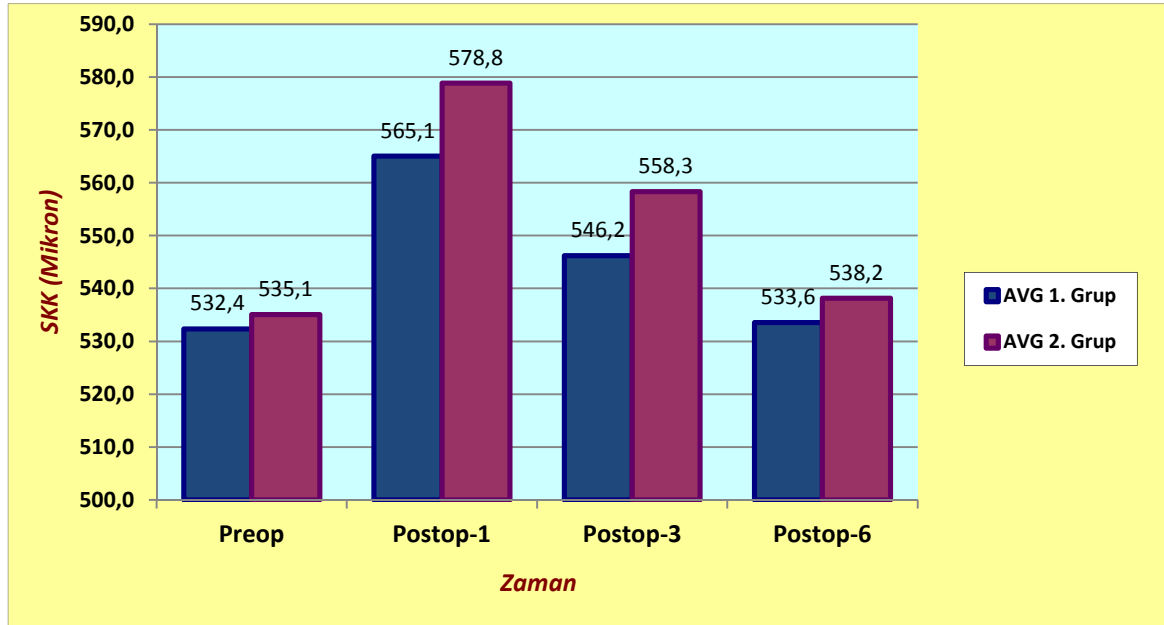


Şekil 28: U/S zamanına göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda endotel sayısındaki istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim.

AVG değeri 0-3,8 aralığında bulunan 1. grup ile 3,9-15,0 aralığında bulunan 2. grup hastaların preop, postop-1, postop-3 ve postop-6 SKK değerleri arasında anlamlı farklılık yoktu (her biri için, $p > 0,05$) (Tablo 23).

Tablo 23: AVG'ye göre iki grup arasındaki SKK değerindeki değişim.

SKK	AVG		p
	1. Grup (0-3,8)	2. Grup (3,9-15,0)	
	Ort.± SS	Ort.± SS	
Preop	532,4 ± 39,7	535,1 ± 43,4	0,744
Postop-1	565,1 ± 51,2	578,8 ± 42,7	0,147
Postop-3	546,2 ± 44,4	558,3 ± 44,5	0,176
Postop-6	533,6 ± 38,4	538,2 ± 42,7	0,572
T-test / tekrarlayan ölçümler varyans analizi % 95 güven aralığı			



Şekil 29: AVG'ye göre oluşturulan iki grup arasında tüm zamanlarda SKK değerinde istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişim.

5. TARTIŞMA

İlk kez 1967’de Kelman tarafından uygulanan FAKO yönteminde, diğer katarakt ameliyatı tekniklerine göre gözün fizyolojisi ve anatomisi fazla etkilenmeden düşük komplikasyon oranlarıyla katarakt ameliyatı gerçekleştirilebilmektedir. Temel amaç EKKE ile aynı olmakla birlikte, bir ultrasonik dalga boyunda titreşen ucun saniyede yaklaşık 40.000 frekansta titreşmesi ile nükleus emülsifiye ve aspire edilmektedir. Tüm cerrahi işlemin ortalama 3 mm veya daha küçük boyuttaki bir kesi yerinden yapılması, FAKO’nun en büyük avantajını oluşturmaktadır. Buna bağlı olarak cerrahi süresinin kısılması, cerrahi travmanın azalması, erken yara iyileşmesi, ameliyat sonrası düşük astigmatizma ve erken görsel rehabilitasyon söz konusudur. Ayrıca, GİL’nin gözün nodal noktasına en uygun yer olarak kapsül içerisine takılması mümkün olabilmektedir.

Kornea endotel tabakası, kornea bütünlüğünün ve saydamlığının korunmasında önem taşımaktadır (83). Katarakt cerrahisi sırasında pek çok faktör kornea endotel hasarına yol açmaktadır (84). FAKO sırasında mikro habbeciklerin ve serbest radikallerin oluşumu (85), ultrasonik enerji hasarı, irrigasyon ile ilişkili türbülans, cerrahi araçların ya da GİL’in manüplasyonu sırasında meydana gelen mekanik travma, cerrahiye bağlı olumsuz etkiler olarak sayılabilir (86,87).

FAKO sağlayan ultrasonik akustik enerjinin başta kornea endoteli ve stroması olmak üzere komşu oküler yapılar üzerinde oluşturduğu hasar, henüz tam olarak anlaşılamamış karmaşık etki mekanizmaları ile açıklanmaktadır (79). Termal etki ve kavitasyon, üzerinde durulan başlıca iki mekanizmadır.

FAKO ucunun cerrahi ortamda yüksek frekanstaki titreşimi ve yakın temas halinde bulunduğu yüzey ile sürtünmesi sonucu açığa çıkan ısı enerjisi ciddi doku yanıklarına kadar uzanan bir dizi komplikasyona yol açmakta, cerrahi sonrası rehabilitasyon zamanını önemli ölçüde uzatmaktadır (55).

“Kavitasyon” fenomeni yüksek frekansta titreşim gösteren metalik FAKO ucunun akışkan humr aköz ortamında mikro habbecik oluşumuna yol açtığı tahrip edici fiziksel bir olaydır (4). FAKO ucunun çalıştığı sınırlı bir alan içinde açığa çıkan yüksek düzeydeki enerji, aköz ortamında çözünmüş molekülleri gaz haline geçirerek mikro habbecikler oluşurmaktadır (4). Söz konusu habbecikler, n kamarada saçılarak kornea endoteliyle temas haline geçmekte, yüzey gerilimi mekanizmasıyla endotel hücrelerine zarar vermektedir (54). Bununla birlikte “kavitasyon” ile ilişkili olarak açığa çıkan enerjinin cerrahi ortamda toksik hidroksil radikallerinin oluşumuna yol açabileceği, ilgili oküler doku ve hücre düzeyinde uzun dönemde yıkıcı etkileri tetikleyebileceği bildirilmiştir (79,80).

Günümüzde ultrasonik enerjinin FAKO sırasında en düşük ve efektif kullanılması üzerinde yaygın bir görüş birliği mevcuttur (79).

Endotel hücrelerindeki morfolojik ve fonksiyonel değişikliklerin cerrahi travmanın boyutlarını ortaya koyma ve bir cerrahi tekniğin güvenilirliği ile ilgili yorum yapabilme açısından önemli parametreler olduğu kabul edilmektedir (88). Endotel tabakasının hasarı sonucunda endotel hücresi yoğunluğuunda azalma, kornea kalınlığuında artma ve hücre morfolojisinde değişiklikler meydana gelmektedir (89). Bu nedenle hücre yoğunluğu yanında kornea kalınlığu ve hücre morfolojisindeki değişikliklerin saptanmasının endotel hücre hasarının ortaya konmasında duyarlılığuı arttıran bir yaklaşım olduğu belirtilmektedir (90).

Çalışmamızda, FAKO uygulanan katarakt olgularında ameliyat sonrasında kornea endotel hücrelerindeki morfolojik ve fonksiyonel değişiklikleri ve hasta yaşı, katarakt sertliğuı,

toplam ameliyat süresi, EFS, kullanılan toplam U/S süresi, kullanılan toplam AVG gibi çeşitli faktörlerin bu değişim üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Morfolojik değişikliklerin saptanması amacıyla endotel hücresi yoğunluğu, CV, altıgen hücre yüzdesi (EX) değerlendirilmiştir. Fonksiyonel değişikliklerin saptanmasında SKK ölçümü temel alınmıştır.

Gerek tekrarlanan ölçümlerde gözlemciye aynı kornea alanı üzerinde çalışma yaparak hata yapma ihtimalini azaltma fırsatı vermesi nedeniyle ve gerekse kolayca belirlenebilen bir bölge olması açısından optik aks üzerindeki santral kornea bölgesi değerlendirilmiştir.

Konvansiyonel FAKO ile opere edilmiş olgular üzerinde yapılan çalışmalarda FAKO sonrası kornea kalınlığındaki artışın geçici olduğu belirtilmektedir (72). Cheng ve Amon'un konvansiyonel yöntemlerle yapmış olduğu çalışmalarda artmış kornea kalınlığının cerrahi öncesi değerlere cerrahi sonrası 1. ayda döndüğü ifade edilmektedir (91,92). Olsen ve ark'nın çalışmasında bu sürenin cerrahi sonrası 6. ayı, Kohlhaas ve ark'nın yaptığı çalışmada ise cerrahi sonrası 1. yılı bulabileceği belirtilmektedir (93,94). Carlson ve Bourne katarakt cerrahisi sonrasında geçici olarak azalan endotel bariyer fonksiyonunun ameliyat sonrası 3 ayda tekrar düzeldiğini bildirmişlerdir (95). Ventura ve ark. yaptığı FAKO sonrası korneal kalınlık ve endotel hücre yoğunluğunun araştırıldığı çalışmada SKK cerrahi öncesi ortalama 537μ olarak tespit etmiş ve cerrahiden bir gün sonra tüm kornealarda SKK'nın önemli derecede arttığını görmüştür (621μ). Yapılan takiplerde 3 ay - 1 yıl içinde korneal kalınlığın preoperatif değerlerine geri döndüğü saptanmıştır (72). Hayashi ve ark'nın yaptığı bir çalışmada büyük çoğunluğu FAKO olmak üzere katarakt cerrahisi uyguladıkları, endotel patolojisi ve Fuchs distrofisi olan endotel sayısı düşük ($500-1000$ hücre/ mm^2) hasta grubu ile endotel sayısı normal olan hasta grubu arasında cerrahi sonrası 1. ve 3. ayda endotel hücre kaybı oranı açısından iki grup arasında anlamlı fark bulunmamış; bununla birlikte SKK'daki artışın cerrahi sonrası 1. ayda endotel sayısı düşük olan grupta normal gruba göre anlamlı olarak daha fazla olduğu 3. ayda ise aralarında anlamlı fark olmadığı görülmüştür. SKK normal endotel grubunda cerrahi sonrası 1. ayda cerrahi öncesi değere dönmüşken, düşük endotel grubunda cerrahi sonrası 1. ayda cerrahi öncesi dönemden anlamlı olarak daha yüksek seyretmeye devam ettiği, ancak cerrahi sonrası 3. ay ölçümlerinde cerrahi öncesi değerlere yaklaştığı gösterilmiştir (96). Bizim çalışmamızda literatürle uyumlu olarak SKK'nın cerrahi

sonrası 1. günde oldukça anlamlı bir şekilde arttığı 3. günde anlamlı bir şekilde azalma göstererek 6. haftada cerrahi öncesi değerlere döndüğü görülmektedir.

Korneal endotel hücre tabakası herhangi bir hasardan sonra yenilenememektedir. Onarım işlemi, kalan hücrelerin genişlemeleri, göç etmeleri ve rozet formasyonu göstermeleri ile kendisini göstermektedir (97). Bu etkiler ise, hücre yoğunluğunda azalmaya, hücre boyutlarında artmaya ve hücrelerin normal hekzagonal yapılarının bozulmasına neden olmaktadır. Normal kornea endotel hücre yoğunluğu yaklaşık mm² de 2500 hücre civarındadır ve bu sayının 500 hücreden aşağıya düşmesi korneal dekompanzasyon ve kornea ödemeine neden olmaktadır (98).

Konvansiyonel FAKO sonrasında kornea endoteli hücre sayısındaki azalmayla ilgili olarak farklı sonuçlar bildirilmektedir. Diaz-Valle ve ark'nın yapmış olduğu çalışmada ortalama endotel hücre kaybı cerrahi 3. ayda %11.8 (99); Ravalico ve ark'nda cerrahi sonrası 1. aydaki kayıp ortalama %8.5 (100); Kreisler ve ark'nda cerrahi sonrası 8. haftada ortalama %6.4 (101); Kohlhass ve ark'nda cerrahi sonrası 1. yılda ortalama %18 olarak bildirilmiştir (94). Ventura ve ark., FAKO sonrası endotel kaybını 3 ay - 1 yıl içinde %16 olarak bulmuşlardır (72).

Kornea endotel kaybı açısından değişik zamanlarda alınan ölçümlerin birbirleriyle anlamlı farklılıklar gösterebildiği, cerrahi sonrası endotel kaybı stabilizasyonunun tam olarak hangi dönemde sağlandığının belli olmadığı da ayrıca ifade edilmektedir (102). Literatürde komplikasyonsuz katarakt cerrahisinde hücre kaybının 2. aydan sonra durduğunu bildiren yayınlar mevcuttur (103,104). Buna karşın Bourne ve ark'nın bir çalışmasında endotel hücre kaybının katarakt ekstraksiyonundan 10 yıl sonra bile devam ettiği rapor edilmiştir (105).

FAKO sırasında endotel sayısını etkileyebilecek birçok faktör olabilir. Bunlar arasında nükleus sertliği, ön kamara derinliği, nükleus kırma tekniği, FAKO gücü, FAKO zamanı, irrigasyon volümü, kullanılan intrakamaral enjeksiyonlar, irrigasyon sıvıları ve viskoelastik ajanlar, tünelin şekli ve boyutu, implante edilen GİL tipi, operasyon sonrası enflamasyon ve GİB, cerrahın tecrübesi ve daha birçok etken sıralanabilir (106,107).

Praveen ve ark. çalışmalarında irrigasyon sıvısı olarak oda sıcaklığında ve 10°C olmak üzere iki farklı ısıda BSS solüsyonu kullanmışlar ve iki grup arasında operasyon sonrası 1. ayda endotel kaybı açısından fark bulamamışlardır (106). Virbelauer ve ark., FAKO cerrahisinde skleral tünel açılan olgularda endotel kaybını %10,3 olarak bildirmişlerdir (108).

Storr-Paulsen ve ark. çalışmalarında nükleus kırma tekniği açısından phako chop (FAKO yarma) ve divide-and-conquer (böl-ve-ye) yöntemlerini karşılaştırmışlardır. İki grup arasında endotel kaybı açısından postop 3. aydan sonra yapılan ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı fark saptamamışlardır. Ancak, aksiyel uzunluğu kısa olan hastalarda endotel kaybının daha fazla olduğunu göstermişlerdir (109).

Storr-Paulsen ve ark., yine başka bir çalışmada kullanılan viskoelastik ajanlarla ilgili sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Buna göre dispersif özellikte bir viskoelastik olan %3 hyaluronat (Vitrax[®], Advanced Medical. Optics, Santa Ana, CA) kullanılan hastalarda endotel kaybı %6,97 bulunurken, kohesif bir viskoelastik olan %1 sodyum hyaluronat (Healon[®], Advanced Medical. Optics, Santa Ana, CA) kullanılan hastalarda yaklaşık %18,46 endotel kaybı bildirmişlerdir (110). Bizim çalışmamızda tüm vakalarda kohezif bir viskoelastik olan %1.4 sodyum hyaluronat ve %1.0 sodyum hyaluronat (Microvisc[®]) kullanılmıştır.

Richard ve ark., katarakt ameliyatı sırasında ultrasonik FAKO ile sıvı akımına dayalı (fluid-based) FAKO sistemini karşılaştırmışlardır. Fluid-based sistemde endotel kaybı %10,9 iken, ultrasonik sistemde %22,9 bulunmuştur (111).

Milla ve ark. çalışmalarında AMO Sovereign cihazının kesintisiz ön kamara infüzyon (continuous anterior chamber infusion = CACI) modunu kullanarak FAKO yaptıkları hastalarının sonuçlarını bildirmişlerdir. Buna göre CACI modunu kullanan hastalarda endotel hücre kaybı %12,2 iken, bu modun kullanılmadığı hastalarda kayıp %9,2 bulunmuş ve iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. Bu modun ön kamara stabilitesini sağladığını ve sürekli infüzyonun endotel hücrelerine ek zarar vermediğini ve güvenle kullanılabileceğini belirtmişlerdir (112).

Li Shao-Wei ve ark. sert kataraktlarda periferel radial chop tekniği kullanılarak gerçekleştirilen FAKO cerrahisinde endotel hücre kaybını cerrahi sonrası 1. ayda %9.4 olarak bulmuştur (113).

Amir Faramarzi ve ark'nın FAKO tip açıklığı aşağıda ve yukarıda tutarak gerçekleştirdikleri FAKO cerrahisi sonucunda cerrahi sonrası 3. ayda endotel hücre kaybını tip açıklığı yukarıda olanlarda %5.9, tip açıklığı aşağıda olanlarda %13,6 olarak bulmuşlardır (114).

Nayak ve ark'nın yapmış olduğu çalışmada kesintisiz ön kamara infüzyon modunu kullanarak yaptıkları FAKO cerrahisinde FAKO ncesi viskoelastik verdikleri olgular ile vermedikleri arasında cerrahi sonrası 1. ayda endotel hücre kaybı oranları arasında anlamlı fark bulunmamış, kayıp oranları %7.38 ve %7.42 olarak tespit edilmiştir (115).

Gogate ve ark'nın konvansiyonel FAKO ile “manuel small-incision” tekniklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında her iki teknikte de cerrahi sonrası 6. haftada endotel hücre kaybını yaklaşık %15 bulmuştur (116).

Acar ve ark'nın penetran keratoplasti yapılmış hastalarda FAKO ve EKKE yöntemlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, cerrahi sonrası 6. ayda kornea endotel hücre kaybı FAKO yapılan grupta (%20.3) EKKE yapılan gruba (%12.7) göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. Her iki grupta da endotel hücre kaybı cerrahi sonrası 6. ayda devam etmiştir (117).

Çalışmamızda literatür ile uyumlu olarak endotel hücre kaybı cerrahi sonrası 1. günde ortalama %5, cerrahi sonrası 3. günde ortalama %7.6, cerrahi sonrası 6.haftada ortalama %10 olarak bulunmuştur. Kornea endoteli hasarında ultrasonik enerji kullanımına bağlı etki önemli bir parametre olarak kabul edilmiş olsa da bu etkinin irrigasyon ile ilişkili türbülans, cerrahi araçların ya da GİL'in manplasyonu sırasında meydana gelen mekanik travma, cerrahi teknik gibi FAKO sırasında endotel hasarına yol açabilecek pek çok faktör arasındaki payı, ölçümlerimizde test edilemeyecek kadar küçük kalmış olabilir.

Bununla birlikte her ne kadar speküler mikroskopi, cerrahi sonrası endotel hücre yoğunluğunun ölçülmesinde ve hücre morfolojisinin değerlendirilmesinde standart bir teknik

haline gelmişse de speküler mikroskopik ölçümlerde %5'lik bir standart sapma olabileceği, kornea ödeminin ve kırışıklığının özellikle erken dönemde morfolojik incelemeyi güçleştirebileceği bazı yazarlarca ifade edilmektedir (59,118).

Endotel fonksiyonu değerlendirilmesinde kullanılan morfometrik parametreler polimegatizm ve polimorfizmdir. Hücre yoğunluğu ölçümü tek başına hücre kaybını göstermek için yeterli olmayabilir. Endotel hasarı arttıkça daha çok yüzeyi kaplamak zorunda kalan hücrelerin bu altıgen biçimi bozulur ve azalır. Bu altıgen yapıdan uzaklaşma polimorfizm ile sonuçlanır. Polimegatizm ve polimorfizm sayısal olarak varyasyon katsayıları ile ifade edilir. CV, ortalama değerin standart sapmaya oranıdır. Bu değerin normal korneada 0,25 'in altında olması gerekir. Ancak morfolojik değerlendirmede polimorfizmi değerlendirmek için genelde CV yerine, EX kullanılır. Normal sağlıklı korneada hücrelerin %70-80'i altıgen biçimindedir (66,89,119).

Lucena ve ark. FAKO cerrahisinde irrigasyon solüsyonları olarak BSS plus ve Ringer Laktat'ı karşılaştırdıkları bir çalışmalarında her iki grupta da cerrahi öncesine göre cerrahi sonrası 1., 8. ve 15. günlerde CV anlamlı olarak giderek yükseldiğini, ancak 30. ve 60. günlerde azalmasına rağmen cerrahi öncesi değerlere dönmediğini gösterilmiştir (120).

Vasavada ve ark. BSS ile Ringer Laktat'ı karşılaştırdıkları bir başka çalışmada her iki grupta da cerrahi sonrası 3. ayda CV değişikliğinin cerrahi öncesine göre anlamsız olduğu göstermişlerdir (121).

Storr-Paulsen ve ark. yaptığı phaco-chop (FAKO yarma) ve divide-and-conquer (böl-ve-ye) yöntemlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında cerrahi sonrası 3. ve 12. ayda CV ve EX değerlerinde cerrahi öncesi dönem değerlerine göre fark bulamamışlardır (109).

Yapılan çalışmalarda katarakt cerrahisi sonrası endotel morfolojisinin 3 ayda normale döndüğü bildirilmektedir (122). Ravalico ve ark. FAKO yapılan olgularda endotel hücre kaybı ve morfolojik değişikliklerin yanı sıra kornea geçirgenliği ve pompa aktivitesi değişikliklerini de inceledikleri çalışmalarında ilk haftada görülen polimegatizm, geçirgenlik artışı ve pompa aktivite bozukluğunun FAKO sonrası 1. ayda preoperatif seviyeye ulaştığını bildirmişlerdir (100).

Praveen ve ark. çalışmalarında irrigasyon sıvısı olarak oda sıcaklığında ve 10°C olmak üzere iki farklı ısıda BSS solüsyonu kullanmışlar, her iki grupta da cerrahi sonrası 1. ayda CV yaklaşık %9- %18 artmış olarak bulunmuştur (106).

Tsorbatozoglou ve ark. ultrasonik FAKO ile sıvı akımına dayalı (fluid-based) FAKO sistemini karşılaştırdıkları çalışmalarında her iki grupta da CV cerrahi sonrası 10. gün, 1. ay, 3. ay ve 1. yıl ölçümünde anlamlı değişiklik göstermemiştir (123).

Bizim çalışmamızda literatürle uyumlu olarak CV, cerrahi sonrası 1. ve 3. günlerde cerrahi öncesi değerlere göre anlamlı olarak yükseldiği ve cerrahi sonrası 6. haftada azalarak cerrahi öncesi değerlere döndüğü gösterilmiştir. EX, cerrahi sonrası 1. günde cerrahi öncesi değerlere göre oldukça anlamlı olarak düşük bulunmuş ve bu düşüklüğün cerrahi sonrası 6. haftada da devam ettiği gösterilmiştir.

Endotel hücre yoğunluğu 20 yaşından yaklaşık 50 yaşlarına kadar neredeyse stabil seyrederken 60 yaşından sonra belirgin olarak azalır. Ayrıca yaşla birlikte polimegatizm ve pleomorfizm de artar (124). Walkow ve ark. yaşları 27 ile 83 arasında (ort. 73.8) değişen 50 hasta ile yaptıkları çalışmalarında yaş ile endotel hücre kaybı arasında anlamlı bir ilişki bulamamıştır (125). Cho ve ark. yapmış olduğu FAKO cerrahisinde değişik ön kamara derinliklerinin endotel hücre kaybı üzerine etkilerinin incelendiği araştırmalarında tüm derinliklerde yaş ile endotel hücre kaybı arasında anlamlı bir ilişki bulmamıştır (126). Ishikawa 19 ile 93 yaş aralığında (ort. 71.8) olan 700 hasta ile yaptığı çalışmada cerrahi öncesi yaş ile endotel hücre sayısı arasında negatif korelasyon olduğunu, cerrahi sonrası yaş artışı ile endotel hücre kaybı arasında ise anlamlı bir ilişki olmadığını ifade etmişlerdir (127).

Çeşitli çalışmalarda FAKO cerrahisinde endotel hücre kaybı riskinin hasta yaşı ile birlikte arttığı belirtilmektedir (109,128). Kurnaz ve ark'nın yapmış olduğu bir çalışmada 80 yaş üzerindeki hastalara FAKO cerrahisi ve EKKE uygulamışlar, her iki grup arasındaki ameliyat öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında FAKO yapılan grupta endotel hücre sayısındaki azalma anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (129). Bizim çalışmamızda yaşları 31-61 aralığında olan 1. Gruptaki olguların cerrahi öncesi endotel hücre sayıları yaşları 62-81 aralığında olan 2. Gruptaki olgulardan literatürle uyumlu bir şekilde anlamlı olarak daha

yüksek olduğu gözlenmiştir. 1. gruptakilerin cerrahi sonrası 1. gün endotel hücre sayıları 2. gruptakilerden anlamlı olarak daha yüksekti. 1. gruptakilerin cerrahi sonrası 3. gün hücre sayıları 2. gruptakilerden anlamlı olarak daha yüksekti. 1. gruptakilerin cerrahi sonrası 6. hafta hücre sayıları 2. gruptakilerden anlamlı olarak daha yüksekti. Genç grubun cerrahi öncesi kornea endotel sayılarının daha yüksek olması, cerrahi sonrası da yaşlı gruptan daha yüksek kalması beklediğimiz bir sonuç olmuştur.

Horoz ve ark. yaptığı çalışma FAKO cerrahisi sonrası kornea kalınlığının arttığını cerrahi sonrası 3. ayda cerrahi öncesi değerlere geri döndüğünü göstermiştir. FAKO zamanı ameliyat sonrasında korneal kalınlaşmayı etkileyen bir parametredir ve cerrahi sonrası 1. günde en yüksek değerdedir (130). Literatürde total FAKO zamanının endotel hücre kaybıyla ilişkisinin gösterilemediği (85,131) ve gösterilemediği (132) raporlar mevcuttur. Raffi ve ark'nın FAKO cerrahisinde düşük ve yüksek vakum parametrelerini karşılaştırdıkları çalışmalarında düşük vakum grubunda FAKO gücünün azaldığı ancak FAKO zamanının kısaldığı, yüksek vakum grubunda ise FAKO gücünün arttığı ancak FAKO zamanının uzadığı tespit edilmiş, ancak her iki grup arasında endotel hücre kaybı açısından anlamlı fark bulunamamıştır (133). Walkow ve ark'nın yaptığı çalışmada toplam ameliyat süresi, kullanılan FAKO gücü ile endotel hücre kaybı arasında anlamlı ilişki tespit edilememiş, kullanılan FAKO süresi ile endotel hücre kaybı arasında oldukça anlamlı ilişki olduğunu bulmuşlardır (125). Hayashi ve ark. yaptıkları çalışmada kullanılan FAKO enerjisi ile endotel hücre hasarı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamışlardır (59). Pirazzoli ve ark. yaptıkları çalışmada cerrahi sonrası 8. hafta sonunda phaco-chop tekniğinde FAKO zamanının daha kısa olması nedeniyle endotel hücre kaybının divide and conquer tekniğine göre daha az olduğunu belirtmişlerdir (61). Storr-Paulsen ve ark'nın yaptığı çalışmada phaco-chop tekniğinde daha az FAKO enerjisi kullanılmasına rağmen endotel hücre hasarı açısından divide-conquer ile karşılaştırıldığında anlamlı fark bulunmamıştır (109). Literatürde düşük FAKO enerjisi ile düşük endotel hücre hasarı arasındaki pozitif korelasyonu destekleyen (125,134) ve desteklemeyen (59,132) çalışmalar mevcuttur. Bizim çalışmamızda; toplam ameliyat süresi, EFS, U/S zamanı ve kullanılan AVG değerlerine göre ikişerli gruplara ayrılmış, hastaların gruplar arasında toplam ameliyat süresi, EFS, U/S zamanı, kullanılan AVG ile endotel hücre kaybı ve santral kornea kalınlık artışı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Gruplar arasında endotel hücre kaybını ve SKK'nın çok daha fazla artmasına neden olacak kadar değerlerin farklı olmamasından dolayı anlamlı fark çıkmadığını düşünmekteyiz.

FAKO cerrahisinde nükleus emülsifikasyonunda harcanan enerji miktarı ile endotel hücre kaybı arasında doğrudan bir ilişki olduğu gösterilmiştir (135). Nükleus sertliğinin artması ile FAKO zamanı uzamakta, ortamda serbestleşen enerji miktarı artmaktadır (136). Bu nedenle nükleus sertliğinin tespiti, kullanılacak ultrasonik enerjinin etkinliği ve miktarı hakkında cerraha ışık tutan bir parametredir (136). Klinikte nükleus sertliğinin tespitinde biyomikroskopik muayene ile nükleus rengi ve opaklığını temel alan çeşitli sınıflandırma sistemi kullanılmaktadır.

Davidson ve ark'nın, LOCS sistemi kullanılarak evrelendirilen kataraktlarda nükleus evresi ile FAKO sırasında harcanan enerjiyi karşılaştırdıkları çalışmada özellikle evre 4 ve üzeri olgularda harcanan enerji miktarının logaritmik bir artış gösterdiği, daha düşük evrelerde bu artışın lineer olduğu bildirilmiştir (136). O'Brien ve ark'nın yaptığı çalışmada evre 3 ve üzeri nükleuslarda ve uzun FAKO zamanı endotel hücre kaybı ile ilişkili olarak bulunmuştur (134). Olszewska ve ark'nın yaptığı çalışmada nükleus sertliklerine göre evre 1 - 2 ile evre 3 - 4 olarak gruplandırılan hastaların 2. grupta kullanılan FAKO gücü ve EFS daha yüksek olmasına rağmen FAKO cerrahisi sonrasında endotel hücre kaybı açısından gruplar arasında fark olmadığı gösterilmiştir (137). Park ve ark. nükleer dansiteye göre gruplandıkları hastalara her bir gruba phaco-chop ve stop and chop tekniklerini uygulayarak FAKO cerrahisi uygulamışlar ve gruplar arasında endotel hücre kaybı açısından anlamlı fark olmadığını göstermişlerdir (138).

Bizim çalışmamızda Evre 2'nin altında (1-1.5+) nükleer kataraktı ve/veya arka subkapsüler ve kortikal kataraktı olan 60 gözden oluşan bir grup ile Evre 2 ve daha üstü nükleer kataraktı $\pm$ arka subkapsüler ve kortikal kataraktı olan 40 gözden oluşan grup arasında SKK ve endotel hücre kaybı açısından anlamlı fark bulunmamıştır. Gruplar arasında EFS'nin ve kullanılan FAKO gücünün aşırı artmasına neden olabilecek kadar nükleus sertliği farkı olmamasından dolayı anlamlı fark çıkmadığını düşünmekteyiz. Evre 4 ve Evre 5 kataraktlarda FAKO sonrası oluşan hafif dahi olsa kornea ödemi nedeniyle cerrahi sonrası speküler mikroskopi ölçümleri yapılamamasından dolayı olgularımız arasında bu evrelerdeki sert katarakt sayısı düşük kalmıştır. Bu tür olgularda ancak geç dönem endotel değişiklikleri değerlendirilebilir.

Sonuç olarak, FAKO cerrahisi sonrasında kornea endotel hücrelerinde morfolojik ve fonksiyonel değişiklikler olmaktadır. Endotel hücre sayısı yaşla birlikte azalma gösterirken

cerrahiye maruziyet sonrası bu azalma daha da hızlanmaktadır. Oluşan bu endotel hücre kaybı sonucunda hücrelerin şekil ve konum değiştirmesi ile endotel fonksiyonlarının eksiksiz sağlandığı görülmektedir. FAKO cerrahisinde oluşan endotel hücre kaybına neden olan faktörleri belirleyebilmek için daha homojen gruplar oluşturulmalı, sonuca etki edebilecek değişkenlerin sayısı azaltılmalıdır. FAKO cerrahisinin kornea endoteli üzerine morfolojik ve fonksiyonel etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için daha kapsamlı deneysel çalışmalara, daha büyük olgu serilerine ve uzun takip süresine gerek olduğunu düşünüyoruz.

6. SONUÇLAR

1. SKK cerrahi sonrası 1. günde oldukça anlamlı bir şekilde artmış ve 3. günde yine anlamlı bir şekilde azalmıştır. SKK, cerrahi sonrası 6. haftada cerrahi öncesi değerlere dönmüştür.
2. Endotel hücre kaybı cerrahi sonrası 1. günde ortalama %5, 3. günde ortalama %7.6 ve 6. haftada da %10 düzeyindedir.
3. Endotel morfolojisinin bir göstergesi olan CV değeri cerrahi sonrası 1. ve 3. günlerde cerrahi öncesi değerlere göre anlamlı olarak yüksek bulundu. Cerrahi sonrası 6. haftada CV değeri azalarak cerrahi öncesi değerlere döndü.
4. Endotel morfolojisinin diğer bir göstergesi olan EX cerrahi sonrası 1. günde cerrahi öncesi değerlere göre oldukça anlamlı olarak düşüktü. Bu düşüklüğün cerrahi sonrası 6. haftada da devam ettiği görüldü.
5. Yaşları 31-61 arasında olan olguların (Genç grup) cerrahi öncesi endotel sayıları, yaşları 62-81 arasında olan olgulardan (Yaşlı grup) anlamlı bir şekilde yüksekti. Genç gruptakilerin cerrahi sonrası 1. gün, 3. gün ve 6. haftadaki endotel hücre sayıları yaşlı gruptakilerden anlamlı olarak daha yüksekti.
6. Genç grup ile yaşlı grup arasında SKK açısından anlamlı fark bulunmadı.
7. Katarakt sertliğine göre oluşturulan iki grup arasında cerrahi sonrası 1. gün, 3. gün ve 6. haftada SKK ve endotel hücre sayısı açısından anlamlı fark bulunmadı.

8. Toplam ameliyat süresine göre oluşturulan iki grup arasında cerrahi sonrası 1. gün, 3. gün ve 6. haftada SKK ve endotel hücre sayısı açısından anlamlı fark bulunmadı.
9. EFS'ye göre oluşturulan iki grup arasında cerrahi sonrası 1. gün, 3. gün ve 6. haftada SKK ve endotel hücre sayısı açısından anlamlı fark bulunmadı.
10. U/S zamanına göre oluşturulan iki grup arasında cerrahi sonrası 1. gün, 3. gün ve 6. haftada SKK ve endotel hücre sayısı açısından anlamlı fark bulunmadı.
11. AVG'ye göre oluşturulan iki grup arasında cerrahi sonrası 1. gün, 3. gün ve 6. haftada SKK ve endotel hücre sayısı açısından anlamlı fark bulunmadı.
12. FAKO cerrahisinde oluşan endotel hücre kaybına neden olan faktörleri belirleyebilmek için daha homojen gruplar oluşturulmalı, sonuca etki edebilecek değişkenlerin sayısı azaltılmalıdır. FAKO cerrahisinin kornea endoteli üzerine morfolojik ve fonksiyonel etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için daha kapsamlı deneysel çalışmalara, daha büyük olgu serilerine ve uzun takip süresine gerek olduğunu düşünüyoruz.

7. KAYNAKLAR

- 1) İdil A. Dünyada körlüğün dağılımı ve sebepleri. T Klin Oftalmoloji 1994;3:76.
- 2) O'Day Denis M. Management of cataract in adults. Arch Ophthalmol 1999;111:453–459.
- 3) Buratto L, Barboni P, Firrincieli. Katarakt cerrahisinde gelişmeler. Buratto L (Ed), Özdamar A, Devranoğlu K. Fakoemülsifikasyon prensipleri ve teknikleri 2005;1–35.
- 4) Allen D. The mechanical and hydrodynamic aspects of phacoemulsification. In: Yanoff M, Duker JS, eds. Ophthalmology. Mosby; 2004; 8:345–348.
- 5) Allarakia L, Knoll RL, Lindstrom RL. Soft intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 1987;13:607–620.
- 6) Karel F. Fakoemülsifikasyonda avantaj–dezavantaj, endikasyon–kontraendikasyon. Türk Oftalmoloji Derneği XXVIII. Ulusal Kongre Bülteni. 1. cilt Antalya 1994;67–69.
- 7) Holst A, Rolfsen W, Svensson B, ve ark. Formation of free radicals during phacoemulsification. Curr Eye Res 1993;12:359–365.
- 8) Fine IH, Packer M, Hoffman RS. Use of power modulations in phacoemulsification. J Cataract Refract Surg 2001;27:188–197.
- 9) Oral D, Karel F. The effect of phacoemulsification on corneal endothelium. MN Oftalmoloji 2002;9:219–223.
- 10) Bourne WM. Kaufman HE. Specular microscopy of the human corneal endothelium in vivo. Am J Ophtalmol 1976;81:319–323.
- 11) Kuszak KR, Deutch A, Brown HG. Anatomy of aged and senile cataractous lenses. Principles and Practice of Ophthalmology. Vol 1 (Eds) Albert DM, Jacobiec FA. W.B. Saunders Co. 1994;564.

- 12) Blumenthal M. Reducing the nucleus size during manuel ECCE. TOD XXVIII. Ulusal Kongre Bülteni, Antalya, 1994.
- 13) Durukan AH, Evereklioğlu C, Hurmeric V, ve ark. Ingestion of IH 636 grape seed proanthocyanidin extract to prevent selenite–induced oxidetive stres in experimental cataract. J Cataract Refract Surg 2006;32:1041–1045.
- 14) Bayer A, Evereklioğlu C, Demirkaya E, ve ark. Doxorubicin–induced cataract formation in rats and inhibitory effects of hazelnut, a natural antioksidant: A histopatological study. Med Sci Monitor 2005;11:300–304.
- 15) Doğanay S, Turkoz Y, Evereklioğlu C, ve ark. Use of of caffeic acid phenethyl ester to prevent sodium selenite–induced cataract in rat eyes. J Cataract Refract Surg 2002;28:1457–1462.
- 16) Evereklioğlu C, Güldür E, Alaşehirli B, ve ark. Excessive maternal caffeine exposure during pregnancy is cataractogenic for neonatal crystalline lenses in rats: A biomicroscopic and histopathologic study. Acta Ophthalmol Scand 2004;82:552–556.
- 17) Garg A. Cataract. In Agarwal S, Agarwal A, Buratto L, Pandey SK (Eds), Textbook of Ophtalmology. Vol 3. 1st edition. New Delhi: Jaypee Brothers MP ltd 2002;1620–1659.
- 18) Floyd RP. History of cataract surgery. Principles and Practise of Ophtalmology. Vol 1 (Eds) Albert DM, Jacobiec FA. W.B. Saunders Co. 1994;606–613.
- 19) Üstüner A. Fakoemülsifikasyon cihazları. TOD XXVIII. Ulusal Kongre Bülteni, Antalya 1994;S:65–66.
- 20) Kelman CD. Phacoemulsification and aspiration. Am J Ophthalmol 1967;64:23–35.
- 21) Norman S, Jaffe MD. Planned ECCE treats cornea beter than phaco in prospective evaluation. Ocular Surgery News, 1989;7: Numb 16.
- 22) Göker S. Fakoemülsifikasyon ile küçük kesi ekstrakapsüler katarakt ekstraksiyonunda ilk sonuçlar. T Oft Gaz 1992;22:130–132.
- 23) Durukan AH. Fakoemülsifikasyon cahazları çalışma prensipleri. In: Mutlu FM; Bayraktar ZB; ed. Fakoemülsifikasyon cerrahisi. GATA; 2002;6:38–48.

- 24) Seibel BS. Machine Technology. In Seibel BS ed. Mastering the tools and techniques of phaco surgery. New Jersey: Slack Inc; 1995. 2–61.
- 25) Fishkind WJ. The phaco machine: the how and why of its action and reaction. In: Agarwal S, Agarwal A, ve ark. Eds. Textbook of Ophtalmology. Jaypee Brothers; New Delhi. 2002; vol 3:1720–1730.
- 26) Cimino WW, Bons LJ. Physics of ultrasonic surgery using tissue fragmentation: part 1. Ultrasound in Medicine and Biology 1996; 22: 89–100.
- 27) Buratto L. The physical principles of phacoemulsification. In: Buratto L ed. Phacoemulsification: Principles and techniques. New Jersey: Slack Inc; 1998:21–31.
- 28) Pacifico RL. Ultrasonic energy in phacoemulsification: mechanical cutting and cavitation. J Cataract Refract Surg 1994; 20: 338–341.
- 29) Packer M, Fishkind WJ, Howard F, Seibel B, Hoffman RS. The Physics of Phaco. J Cataract Refract Surg 2005;31:424–431.
- 30) Topaz M, Motiei M, Assia E, ve ark. Acoustic cavitation in phaco: chemical effects, modea of action and cavitation index. Ultrasound in Medicine and Biology 2002; 28:775–784.
- 31) Balamuth L. Method and apparatus for ultrasonically removing tissue from a biological organism. U.S patent no: 3526.219 1970.
- 32) Lewin P, Bjorno L. Acoustically induced shear stresses in the vicinity of microbubbles in tissue. J Acoustic Soc Am 1982; 71:728–734.
- 33) Suslick KS. The chemical effects of ultrasound. Sci Am 1989;260:62–68.
- 34) Allen D. Understanding phacoemulsification In: principles of machinery. Eur J Implant Refract Surg 1995;7:247–250.
- 35) Bond LJ, Cimino WW. Physics of ultrasonic surgry using tissue fragmentation: part II. Ultrasound Med Biol 1996;22:101–117.

- 36) Stumpff U, ve ark. A new method to cure thrombi by ultrasonic cavitation. İn: Proceeding of ultrasonic international'75. Guildford: IPC Science and technology press; 1975:273–275.
- 37) Yılmaz ÖF. Fakoemülsifikasyon aygıtları ve sıvı dinamiği. TOD katarakt ve refraktif cerrahi birimi. TOD eğitim yayınları no:2, Fakoemülsifikasyon. Birinci baskı. Bursa Fikret Özsan Matbaası 2004;11–30.
- 38) Scharzter RM. Clinical course of phacoemulsification wound burns. J Cataract Refract Surg 1999;25:668–692.
- 39) Wong T, Hingorani M, Lee V. Phacoemulsification time and power requirements in phaco chop and divide and conquer nucleofractis techniques. J Cataract Refract Surg 2000;26:1374–1378.
- 40) Özçetin H. Güncel katarakt cerrahisi. Özçetin H (Ed) Katarakt ve Tedavisi. 1. Baskı. İstanbul SCALA Yayıncılık 2005;299–390.
- 41) Kaynak S, Çelik L, ve ark. Fakoemülsifikasyon cerrahisinde ultrason gücünün kullanım modaliteleri. T Oftalmoloji Gazetesi 2006;36:68–74.
- 42) Badoza D, Mendy JF, Ganly M. Phacoemulsification using the burst mode. J Cataract Refract Surg 2003;29:1101–1105.
- 43) Kamman J. Reversed tip and snip–eineue phacoemulsifications technick. Ophtalmo–Chirurgie 1996;8:45–52.
- 44) Davidson J. Performance comparison of the Alcon Legacy 20000 straight and flared 0.9 mm Aspiration Bypass System tips. J Cataract Surg 2002;28:77–80.
- 45) Gimbel HV, Pereira CR. Advances in phacoemulsification equipment. Curr Opin Ophtalmol 2002;13:30–32.
- 46) Frohn A, Dick HB, Fritzen CP. Corneal impact of ultrasound and bevel position in phacoemulsification. J Cataract Refract Surg 2002;28:1667–1670.

- 47) Wayne EF. Phacoemulsification: Duanne Clinical Optalmology. Looseleaf Series, 1995; Vol 6 Chapter 7.
- 48) Fine IH. Clear corneal lens surgery. Thorofare, New Jersey: Slack;1999.
- 49) Johnson SH. Phacoemulsification. Focal points: Clinical Modules of Ophtalmologist. San Francisco: American Academy of Oftalmology;1994.
- 50) Neuhann T, Gimbel HV. Development, advantages and methods of the continuous curvilinear capsulorhexis tecnique. J Cataract Refract Surg 1990;16:31–37.
- 51) Apple D, Norden UT, Maxwell NA. Capsulorhexis, PC İOL centration and scleral PC İOL fixation. İn surgical rehabilitation of vision Ed: Norden LT, Maxwell NA, Davison JA. Gower Medical Publishing, London New York, 1992.
- 52) Masket S. Postoperative complications of capsulorhexis. J Cataract Refract Surg 1993;19:721–723.
- 53) Liesegang TJ. Viscoelastic substances in ophtalmology. Surv Ophtalmology 1990;34:268–293.
- 54) Miyata K, Maruoka S, Otani S, ve ark. Corneal endothelial cell protection during phaoemulsification. J Cataract Refract Surg 2002;28:1557–1559.
- 55) Ernest P, Rhem M, McDermott M, ve ark. Phaoemulsification conditions resulting in thermal wound injury. J Cataract Refract Surg 2001;27:1829–1839.
- 56) Holzer MP, Terz MR, Auffarth GU, ve ark. Effect of Healon 5 and other viscoelastic substances on intraocular pressure and endothelium after cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2001;27:213–218.
- 57) Joussen AM, Barth U, Çubuk H, Koch H. Effects of irrigating solution and irrigation temperature on cornea and pupil during phacoemulsification. J Cataract Refract Surg 2000;26:392–397.
- 58) Edelhauser HF, Van Horn DL, Hyndiuk RA, Schultz RO. Intraocular irrigating solutions: Their effect on corneal endothelium. Arch ophtalmol 1975;93:648–657.

- 59) Hayashi K, Nakao F, Hayashi F. Corneal endothelial cell loss after phacoemulsification using nuclear cracking procedures. J Cataract Refract Surg 1996;22:1079–1089.
- 60) Nagahara K. Kişisel fakoemülsifikasyon tekniği. Buratto L (Ed), Özdamar A, Devranoğlu K (Çeviri editörleri) Fakoemülsifikasyon prensipleri ve teknikleri. 2. Baskı. İstanbul Aksu Kitabevi 2005;1:295–301.
- 61) Pirazzoli G, D’Eliseo D, Ziosi M, Acciarri C. Effects of phacoemulsification time on the corneal endothelium using phacofracture and phaco chop techniques. J Cataract Refract Surg 1996;22:967–969.
- 62) Steinert RF. Phaco chop. Spaeth GL ed. In: ophtalmic surgery: principles and practice. 2002; chapter 10:81–89.
- 63) Fine IH. The chip and flip phacoemulsification technique. J Cataract Refract Surg 1991;17:366–371.
- 64) Koch PS, Katzen LE. Stop and chop phacoemulsification. J Cataract Refract Surg 1994;20:566–570.
- 65) Steinert RF. Phaco chop. In Steinert RF ve ark. Eds. Cataract surgery: Technique, complications and management; Philadelphia; WB Saunders;1995:166.
- 66) Nishida T. Cornea. Krachmer JH, Mannis MJ, Holland EJ (Eds). Cornea Volume 1, 2nd ed. Philadelphia. Elsevier Inc. 2005;3–22.
- 67) Mishima S. Corneal Thickness, Surv Ophtalmol 1968;13:57–96.
- 68) Kanski J (Çeviri: Orağlı K): konjonktiva hastalıkları. Kanski J (Ed). Klinik Oftalmoloji. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi 2001;55–90.
- 69) Apaydın C. Anatomi. Aydın P, Akova YA (Editörler). Temel Göz Hastalıkları. Ankara: Güneş Kitabevi 2001;2–25.
- 70) Kanski J (Çeviri: Orağlı K): Kornea ve sklera hastalıkları. Kanski J (Ed). Klinik Oftalmoloji. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi 2001;94–151.

- 71) Johnson DH, Bourne WM, Campbell RJ. The ultrastructure of descemet's membrane. I. Changes with age in normal corneas. Arch Ophtalmol 1982;100:1942–1947.
- 72) Ventura AC, Walti R, Böhnke M. Corneal thickness and endothelial density before and after cataract surgery. Br J Ophtalmol 2001;85:18–20.
- 73) Riley MV. Transport of ions and methabolites across the cornea endothelium. İn: McDevitt DS,ed. Cell biology of the eye. Newyork; NY, Academic Pres 1982;2:53–95.
- 74) Evereklioglu C, Madenci E, Bayazit YA, ve ark. Central corneal thickness is lower in osteogenesis imperfecta and negatively correlates with the presence of blue sclera. Ophtalmic Physiol Optics 2002;22:511–515.
- 75) Evereklioglu C, Er H. Increased corneal thickness in active Behçet's disease. Eur J Ophthalmol 2002;12:24–29.
- 76) Camaron MD, payer JF, Aust SD. The identification of free radicals prodyced during phacoemulsification. J Cataract Refract Surg 2001;27:463–470.
- 77) Behnding A, Landberg B. Transient corneal edema after phacoemulsification: Comparison of 3 vicoelastic regiments. J Cataract Refract Surg 2002;28:1552–1555.
- 78) Kim EK, Cristol SM, Kang SJ, ve ark. Endothelial protection: Avoiding air bubble formation at the phacoemulsification tip. J Cataract Refract Surg 2002;28:531–537.
- 79) Topaz M, Motiei M, Gedanken A, ve ark. ERP analysis of radicals generated in ultrasaund–assisted lipoplasty–simulated environment. Ultrasound in Medicine and Biology 2001;27:851–859.
- 80) Riesz P, Kondo T. Free radical formation induced by US and its biological implications. Free Rad Biol Med 1992;13:247–270.
- 81) Hull DS, Oxygen free radicals and cornea endothelium: Effect on fluxes and permeability. Trans Am Ophtalmol Soc 1991;89:195–204.
- 82) American Academy of Ophtalmology. Specular photomicroscopy, Examination techniques of the external eye (chapter 2). İn External Disease and Cornea (Section 8 of Basic and Clinical Science Course 1998–1999), USA, AAO, 1998:34–35

- 83) Tuft SJ, Coster DJ. The corneal endothelium. *Eye* 1990;4:389–424.
- 84) Sugar J, Mitchelson J, Kraff M. The effect of phacoemulsification on corneal endothelial cell density. *Arch Ophtalmol* 1978;96:446–448.
- 85) Craig MT, Olson RJ, Mamalis N. Air bubble endothelial damage during phacoemulsification in human eye bank eyes: the protective effects of Healon and Viscoat. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:597–602.
- 86) Beesky RD, Olson RJ, Brady SE. The effects of prologed phacoemulsification time on corneal endothelium. *Arch Ophtalmol*.1975 ;93:648–657.
- 87) McCarey BE, Polack FM, Marshall W, ve ark. The phacoemulsification procedure. 1.The effect of intraocular irrigating solutions on corneal endothelium. *Invest Ophtalmol* 1976; 15:449–457.
- 88) Werblin TP. Long term endothelial cell loss following phacoemulsification: Model for evaluating endothelial damage after intraocular surgery. *Refract Corneal Surg* 1993;9:29–35.
- 89) Mishima S. Clinical investigations on corneal endothelium. *Am J Ophtalmol* 1982;93:19–29.
- 90) Sweeney DF, ve ark. The clinical significance of corneal endothelial polymegathism. ARVO abstract 8: *Invest Ophtalmol Vis Sci* 1985;26:53.
- 91) Cheng H, Bates Ak, Wood L, McPherson K. Positive correlation of corneal thickness and endothelial cell loss. *Arch Ophtalmol* 1988;106:920–922.
- 92) Amon M, Menapace R, Radax U, Papapanos P. Endothelial cell density and corneal pachymetry after nostitch, smal incision cataract surgery. *Doc Ophtalmol* 1992;81:301–307.
- 93) Olsen T, Erikson JS. Corneal thickness and endothelial damage after intraocular lens implantation *Acta Ophtalmol* 1980;58:773–786.

- 94) Kohlhaas M, Stahlhut O, Tholuck J, Richard G. Changes in corneal thickness and endothelial cell density after cataract extraction using phacoemulsification. *Ophtalmologie* 1997;94:515–518.
- 95) Carlson KH, Bourne WM. The clinical measurement of endothelial permeability. *Cornea* 1998;7:183–189.
- 96) Hayashi K, Yoshida M, Manabe S, Hirata A. Cataract surgery in eyes with low corneal endothelial cell density. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:1419–1425.
- 97) Feiz V. Corneal edema. In: Krachmer JH, Mannis MJ, Holland EJ, editors. *Cornea*. Elsevier Mosby. 2005;359–363.
- 98) Jacobs PM, Cheng H, Price NC, ve ark. Endothelial cell loss after cataract surgery—the problem of interpretation. *Trans Ophthalmol Soc UK* 1982;102:291–293.
- 99) Diaz–Valle D, Benitez del Castillo Sanchez JM, Castillo A, ve ark. Endothelial damage with cataract surgery techniques. *J Cataract Refract Surg* 1998;24:951–955.
- 100) Ravalico G, Tognetto D, Palomba AM, ve ark. Corneal endothelial function after extracapsular cataract extraction and phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:1000–1005.
- 101) Kreisler KR, Mortenson SW, Mamalis M. Endothelial cell loss following modern phacoemulsification by a senior resident. *Ophtalmic Surg* 1992;23:158–160.
- 102) Beltrame G, Salvatat ML, Driussi G, Chizzolini M. Effect of incision size and site on corneal endothelial changes in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:119–125.
- 103) Kosrirukvongs P, Slade SG, Berkeley RG. Corneal endothelial changes after divide and conquer versus chip and flip phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:1006–1012.
- 104) Galin MA, Lin LL, Fetherlof E, Ostbaum SA, Sugar A. Time analysis of corneal endothelial cell density after cataract extraction. *Am J Ophthalmol* 1979; 88:93–96.

- 105) Bourne WM, Nelson LR, Hodge DO. Continued endothelial cell loss ten years after lens implantation. *Ophthalmology* 1994; 101: 1014–1022.
- 106) Praveen MR, Vasavada AR, Shah R, Vasavada VA. Effect of room temperature and cooled intraocular irrigating solution on the cornea and anterior segment inflammation after phacoemulsification: a randomized clinical trial. *Eye* 2008 Jun 27. Epub ahead of print.
- 107) Richard J, Hoffart L, Chavane F, Ridings B, Conrath J. Corneal Endothelial Cell Loss After Cataract Extraction by Using Ultrasound Phacoemulsification Versus a Fluid-based System *Cornea* 2008;27:17–21.
- 108) Virbelauer C, Anders N, Pham DT, Wollensak J. Corneal endothelial cell changes in pseudoexfoliation syndrome after cataract surgery. *Arch Ophthalmol* 1999;116:145–149.
- 109) Storr–Paulsen A, Norregaard JC, Ahmed S, Storr–Paulsen T, Pedersen TH. Endothelial cell damage after cataract surgery: divide–and–conquer versus phaco–chop technique. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:996–1000.
- 110) Storr–Paulsen A, Nørregaard JC, Farik G, Tårnhøj J. The influence of viscoelastic substances on the corneal endothelial cell population during cataract surgery: a prospective study of cohesive and dispersive viscoelastics. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85:183–187.
- 111) Richard J, Hoffart L, Chavane F, Ridings B, Conrath J. Corneal Endothelial Cell Loss After Cataract Extraction by Using Ultrasound Phacoemulsification Versus a Fluid-based System *Cornea* 2008;27:17–21.
- 112) Milla E, Verges C, Cipres M. Corneal endothelium evaluation after phacoemulsification with continuous anterior chamber infusion. *Cornea* 2005;24:278–282.
- 113) Li SW, Xie LX, Song ZH, ve ark. Peripheral radial chop technique for phacoemulsification of hard cataracts. *Chin Med J* 2007;120:284–286.
- 114) Faramarzi A, Javadi MA, Karimian F, ve ark. Corneal endothelial cell loss during phacoemulsification: Bevel–up versus bevel–down phaco tip. 2011;37:1971–1976.

- 115) Nayak BK, Jain EK. Comparison of corneal endothelial cell loss during phacoemulsification using continuous anterior chamber infusion versus those using ophthalmic viscosurgical device: Randomized controlled trial. *Indian J Ophthalmol* 2009;57:99–103.
- 116) Gogate P, Ambardekar P, Kulkarni S, ve ark. Comparison of endothelial cell loss after cataract surgery: phacoemulsification versus manual small-incision cataract surgery: six-week results of a randomized control trial. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:247–253.
- 117) Acar BT, Buttanri IB, Sevim MS, Acar S. Corneal endothelial cell loss in post-penetrating keratoplasty patients after cataract surgery: Phacoemulsification versus planned extracapsular cataract extraction. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:1512–1516.
- 118) Kohnen T. Corneal endothelium: an important structure for cataract and refractive procedures (editorial). *J Cataract Refract Surg* 1997;23:967–968.
- 119) McCarey BE, Edelhauser HF, Lynn MJ. Review of corneal endothelial specular microscopy for FDA clinical trials of refractive procedures, surgical devices, and new intraocular drugs and solutions. *Cornea* 2008;27:1–16.
- 120) Lucena DR, Ribeiro MS, Messias A, ve ark. Comparison of corneal changes after phacoemulsification using BSS Plus versus Lactated Ringer's irrigating solution: a prospective randomised trial. *Br J Ophthalmol* 2011;95:485–9.
- 121) Vasavada V, Vasavada V, Dixit NV, ve ark. Comparison between Ringer's lactate and balanced salt solution on postoperative outcomes after phacoemulsification: A randomized clinical trial. *Indian J Ophthalmol* 2010;58:168–169.
- 122) Lundberg B, Jonsson M, Behnding A. Postoperative corneal swelling correlates strongly to corneal endothelial cell loss after phacoemulsification cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2005;139:1035–1041.
- 123) Tsorbatzoglou A, Kertész K, Módos L, ve ark. Corneal endothelial function after phacoemulsification using the fluidbased system compared to conventional ultrasound technique. *Eye (Lond)* 2007 21:727–732.

- 124) Laing R. Specular microscopy. Vol 1, part 2, section 4, chapter 19. Cornea Text and Color Atlas CD-ROM. Krachmer JH, Mannis MJ, Holland EJ. Mosby Inc., 1998.
- 125) Walkow T, Anders N, Klebe S. Endothelial cell loss after phacoemulsification: Relation to preoperative and intraoperative parameters. J Cataract Refract Surg 2000; 26:727–732.
- 126) Cho YK, Chang HS, Kim MS. Risk Factors for Endothelial Cell Loss after Phacoemulsification: Comparison in Different Anterior Chamber Depth Groups. Korean J Ophthalmol 2010; 24:10–15.
- 127) Ishikawa A. Risk factors for reduced corneal endothelial cell density before cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2002; 28:1982–1992.
- 128) Mencucci R, Ponchietti C, Virgili G, ve ark. Corneal endothelial damage after cataract surgery: microincision versus standard technique. J Cataract Refract Surg 2006;32:1351–1354.
- 129) Kurnaz E, ve ark. İleri yaş katarakt olgularında EKKE ve fakoemülsifikasyon cerrahisinin kornea endoteline etkisi. MN Oftalmoloji 2010;17:85–89.
- 130) Horoz H, Erbil HH, Bozkır H. Fakoemülsifikasyonda fako zamanının potoperatif SKK'na etkisi. Türk Oftalmoloji Gazetesi 2005;3:222–226.
- 131) Colvard DM, Kratz RP, Mazzocco TR, Davidson B. Endothelial cell loss following phacoemulsification in the pupillary plane. Am Intra-Ocular Implant Soc J 1981;7:334–336.
- 132) Zetterström C, Laurell CG. Comparison of endothelial cell loss and phacoemulsification energy during endocapsular phacoemulsification surgery. J Cataract Refract Surg 1995;21:55–58.
- 133) Baradan-Rafii A, Rahmati-Kamel M, Eslani M, ve ark. Effect of hydrodynamic parameters on corneal endothelial cell loss after phacoemulsification. J Cataract Refract Surg 2009;35:732–737.

- 134) O'Brien PD, Fitzpatrick P, Kilmartin DJ, Beatty S. Risk factors for endothelial cell loss after phacoemulsification surgery by a junior resident. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30:839–843.
- 135) Vajpayee RB, Kumar A, Dada T, ve ark. Phaco–chop versus stop and chop nucleotomy for phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:1638–1641.
- 136) Davidson J, Chylack L. Clinical application of the lens opacities classification system 3 in the performance of phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:138–145.
- 137) Laudańska–Olszewska I, Synder A, Wesołek-Czernik A, Omulecki W. Comparison of efficacy and safety of cataract phacoemulsification in patients with different degree of nuclear sclerosis. *Klin Oczna* 2008;110:172–175.
- 138) Park JH, Lee SM, Kwon JW, ve ark. Ultrasound energy in phacoemulsification: a comparative analysis of phaco–chop and stop–and–chop techniques according to the degree of nuclear density. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2010;41:236–241.

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI'NA

Dr. Gökhan KIZILÇAY'a ait "Fakoemülsifikasyon Uygulanan Katarakt Olgularında Ameliyat Sonrasında Oluşan Kornea Endotel Değişiklikleri ve Çeşitli Faktörlerin Bu Değişim Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi" adlı çalışma, jürimiz tarafından Göz Hastalıkları Anabilim Dalı'nda Tıpta Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

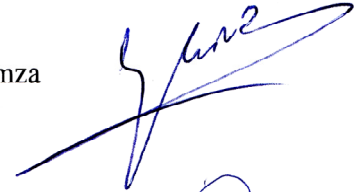
Tarih : 23.12.2011

İmza:



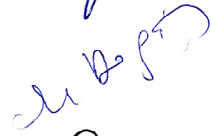
Başkan Prof. Dr. G. Ertuğrul MİRZA

İmza



Üye Prof. Dr. Hakkı DOĞAN

İmza



Üye Prof. Dr. Kuddusi ERKİLİÇ

İmza



Üye Prof. Dr. Sarper KARAKÜÇÜK

İmza



Üye Prof. Dr. Cem EVEREKLİOĞLU

İmza

