

164 315

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ**

**FAKOEMÜLSİFİKASYONDA KULLANILAN İRRİGASYON
SIVI SICAKLIĞININ KORNEA ENDOTELİNE ETKİSİ**

Dr. Neslihan PARMAK

**GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Fatih KAREL**

**ANKARA
2005**



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ HASTANELERİ
GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

Kısım :

Dosya No.....Sayı : 973

Konu :

Ankara

15.09.2005

Tıpta uzmanlık eğitimi çerçevesinde yürütülmüş olan "Fakoemülsifikasyonda Kullanılan Irrigasyon Sıvı Sıcaklığının Kornea Endoteline Etkisi " başlıklı, Dr.Neslihan Parmak'a ait bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Tıpta Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 08.09.2005

Prof.Dr.Özden Özdemir

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı Başkanı
Jüri Başkanı

Prof.Dr.Fatih Kerel

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı
Tez Danışmanı

Doç.Dr.Kaan Gündüz

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı
Jüri

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLolar DİZİNİ	vi
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER	2
2.1. Katarakt Cerrahisinin Tarihçesi	2
2.2. Fakoemülsifikasyon.....	3
2.2.1. Fakoemülsifikasyon Cihazı	3
2.2.1.1. Ultrasonik Elcek ve Uçları	3
2.2.1.2. İrrigasyon-Aspirasyon Elceği.....	4
2.2.1.3. Pompa Sistemleri.....	5
2.2.2. Cerrahi Teknik.....	5
2.2.2.1. Anestezi	5
2.2.2.2. Kesiler	6
2.2.2.3. Viskoelastikler	6
2.2.2.3. Kapsülotomi	7
2.2.2.3. Hidrodiseksiyon ve Hidrodelinasyon	7
2.2.2.3. Fakoemülsifikasyon.....	8
2.3. Kornea Endoteli	8
2.3.1. Kornea Endotelinin Hücresel Anatomisi ve Morfolojisi.....	8
2.3.2. Kornea Endotelini Değerlendirme Yöntemleri	10
2.3.3. Kornea Endotelinin Hasara Yanıtı.....	11
2.4. Katarakt Cerrahisinin Kornea Endoteline Etkisi	12
2.5. Fakoemülsifikasyonun Kornea Endoteline Etkisi	14
2.6. İrrigasyon Sıvılarının Kornea Endoteline Etkisi	16
2.7. Sıcaklığın Kornea Endoteline Etkisi	19
3. GEREÇ VE YÖNTEM	21
4. BULGULAR	26

5. TARTIŞMA	33
6. SONUÇLAR.....	38
ÖZET	40
SUMMARY	42
KAYNAKLAR.....	44



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

GİL	: Göz İçi Lensi
EKKE	: Ekstrakapsüler Katarakt Ekstraksiyonu
İKKE	: İntrakapsüler Katarakt Ekstraksiyonu
US	: Ultrason
SM	: Speküler Mikroskopi
T	: Kornea Kalınlığı
N	: Toplam Hücre Sayısı
AVG	: Ortalama Endotel Hücre Alanı
CV	: Endotel Hücre Alanı Değişiklik Katsayısı
CD	: Endotel Hücre Yoğunluğu
PMMA	: Polimetil Akrlat
O₂	: Oksijen Süperoksit
OH	: Hidroksil
H₂O₂	: Hidrojen Peroksit
KM	: Konfokal Mikroskopi
GBR	: glutatyon -bikarbonat- ringer
BSS	: Dengeli Tuz Solüsyonu
BSS Plus	: Güçlendirilmiş Dengeli Tuz Solüsyonu
GSH	: İndirgenmiş Glutatyon
GSSH	: Okside Glutatyon

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Bir Olgumuzun Preoperatif Kornea Endotel Görüntüsü	22
Şekil 3.2. Aynı Olgunun Preoperatif Kornea Endotel Analizi.....	22
Şekil 3.3. Aynı Olgunun Postoperatif 1. Hafta Kornea Endotel Analizi.	22
Şekil 3.4. Aynı Olgunun Postoperatif 1. Ay Kornea Endotel Analizi.	23
Şekil 3.5. Aynı Olgunun Postoperatif 3. Ay Kornea Endotel Analizi.	23
Şekil 3.6 İrrigasyon Sıvı Sıcaklığının Ayarlamak İçin Kullanılan Isı Sistemi.....	24
Şekil 4.1. Postoperatif Endotel Hücre Yoğunluğunun Gruplara Göre Dağılımı.....	28
Şekil 4.2. Postoperatif Kornea Kalınlığının Gruplara Göre Dağılımı.....	29
Şekil 4.3. Postoperatif AVG Değerinin Gruplara Göre Dağılımı.	30
Şekil 4.4. Postoperatif CV Değerinin Gruplara Göre Dağılımı.	31

TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Hümör aköz, BSS ve BSS Plus'ın Kimyasal İçeriği	18
Tablo 4.1. Hasta Gruplarının Genel Özellikleri.....	27
Tablo 4.2. Hasta Gruplarının Endotel Hücre Yoğunluk Değişimleri	28
Tablo 4.3. Hasta Gruplarının Kornea Kalınlık Değişimleri	29
Tablo 4.4. Hasta Gruplarının AVG Değişimleri.....	30
Tablo 4.5. Hasta Gruplarının CV Değişimleri.....	31



1. GİRİŞ

Katarakt cerrahisinde 1960'lı yıllarda Dr.Charles Kelman tarafından geliştirilen fakoemülsifikasyon yöntemi, giderek yaygınlaşarak günümüzde en sık tercih edilen cerrahi yöntem haline gelmiştir (1). Bu yöntem ile küçük kesi ve kapsüloreksis sonrasında yüksek frekanslı ultrason enerjisi kullanılarak lens nükleusu parçalanıp emülsifiye edilmekte ve göz içi lensi (GİL) kapsül kesesi içine yerleştirilebilmektedir. Katarakt cerrahisindeki büyük gelişmelere karşın fakoemülsifikasyon kornea endotel hücre hasarı yönünden ultrasonla ilişkili potansiyel risklere sahiptir. Günümüze değin, fakoemülsifikasyonun ön kamara yerine iris düzlemi ve arka kamarada yapılmaya başlanması, kapsüloreksisin tanımlanması, katlanabilir GİL'in ve viskoelastiklerin kullanımı, fakoemülsifikasyon cihaz ve tekniklerindeki ilerlemeler sayesinde başta kornea endoteli olmak üzere göz içi dokuların cerrahi hasarı azaltılmıştır (2).

Fakoemülsifikasyon cerrahisi sırasında endotel kaybından pek çok faktör sorumlu tutulmaktadır. Bu faktörlerden biri fakoemülsifikasyon ucunun titreşimi sırasında ortaya çıkan ısı artışıdır. Isı artışı kornea endotel hasarına sebep olduğu gibi uzun süren olgularda yara yerinde yanıklara da yol açabilmektedir. Fakoemülsifikasyon cerrahisinde irrigasyon sıvısının soğutularak kullanılması fakoemülsifikasyon sırasında ön kamarada sıcaklık yükselmesini önleyerek kornea endotel hücre hasarına karşı koruyucu etki gösterebilir (3).

Bu tez çalışması fakoemülsifikasyon cerrahisinin kornea endotelinde sebep olduğu değişikliklerin kullanılan irrigasyon sıvı sıcaklığı ile ilişkisini ve olası değişikliklerdeki rolünü araştırmak amacıyla yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Katarakt Cerrahisinin Tarihçesi

Tarihte katarakt tedavisi ile ilgili ilk cerrahi girişim 800'lü yıllarda Hintli bir doktor tarafından uygulanmıştır. Çöktürme yöntemi olarak isimlendirilen bu teknikte lensi görme ekseninin dışına vitreusa doğru itmek için sivri uçlu bir alet kullanılmıştır. 1754'de J. Daviel limbusun altından yaptığı bir kesiyle lens içeriğini boşaltarak ilk ekstrakapsüler katarakt ekstraksiyonunu (EKKE) uygulamıştır. 1866'da A.Von Grafe ilk olarak kataraktı üst limbal kesiden kapsülotomi ile çıkarmıştır. Ancak erken EKKE tekniklerinde kortikal materyalin yetersiz temizlenmesine bağlı olarak şiddetli inflamasyon ve yoğun arka kapsül bulanıklığı gibi komplikasyonların görülmesi çok fazla kabul görmelerini engellemiştir. 19. yüzyılın sonlarına kadar katarakt cerrahisinde en tercih edilen yöntem intrakapsüler katarakt ekstraksiyonudur (İKKE). İlk olarak 1753'de uygulanan İKKE yönteminde zonüllerin kimyasal veya mekanik ayrılmasını takiben lens kapsülü ile beraber bütün olarak bir forseps, erisifak veya kriyo ile dondurularak büyük bir üst korneal kesiden gözün dışına alınmıştır. Bununla birlikte İKKE büyük kesiye bağlı uzun bir iyileşme dönemi, yüksek astigmatizma, kalın afak gözlüklere rağmen yetersiz görme keskinliği, vitreus kaybı, retina dekolmanı, kronik kistik makula ödemi gibi bir çok komplikasyonu da beraberinde getirmiştir. Katarakt cerrahisinde iki büyük gelişmeden biri 1949 yılında Dr. Harold Ridley tarafından ilk GİL'nin arka kamaraya yerleştirilmesiyle gerçekleşmiştir. Daha küçük kesi ve sağlam bir kapsülün faydalarının anlaşılması, GİL'lerinin ve cerrahi mikroskopların gelişimi ve takiben irrigasyon-aspirasyon sistemlerindeki ilerlemeler ile 10-11mm'lik küçük insizyonlu EKKE tekniği 1970'li yıllarda tekrar gündeme gelmiştir (4). Ancak EKKE tekniği ve katarakt cerrahisinde en büyük değişiklik 1965'de Dr. Charles Kelman tarafından fakoemülsifikasyonun keşfi ile gerçekleşmiştir. Dr. C. Kelman o zamanlar diş hekimlerinin diş plaklarını temizlemede kullandıkları fakoemülsifikasyonunun lens nükleusunda parçayabileceğini öne sürmüştür. 1967'de entüleksiyon planlanan bir insan gözünde ilk fakoemülsifikasyon işlemi 3 saatte gerçekleştirilmiştir. Fakoemülsifikasyon cihazlarındaki ilerlemeler, yeni cerrahi teknikler, katlanabilir

GİL'leri ve viskoelastik maddelerin gelişimi gibi pek çok yeniliğin ardından fakoemülsifikasyon yöntemi günümüzde katarakt cerrahisinde altın standart haline gelmiştir (5).

2.2. Fakoemülsifikasyon

Fakoemülsifikasyon yöntemi lens nükleusunun yüksek frekanslı ultrason enerjisiyle parçalanıp emülsifiye edilmesi ile çıkarıldığı özel bir EKKE şeklidir. Bu yöntem EKKE tekniğine göre bir çok yönden avantaj sağlamaktadır. Fakoemülsifikasyonda küçük kesi ve kapalı sistem ile çalışıldığı için ön kamara kontrolü daha iyidir. Sabit ön kamara volümü ile birlikte göz içi basıncı da sabit olarak sürdürülür. Ayrıca küçük kesi daha az astigmatizma, daha erken görsel iyileşme, daha az cerrahi travma, iritasyon ve inflamasyona neden olur. Aynı zamanda göz içi basıncının daha iyi kontrolü sayesinde daha az ekspulsif kanama riski olup, oluştuğunda da kontrolü mümkün olabilmektedir (6). Tüm bu avantajlarına rağmen alete bağımlı bir yöntemdir ve kaçınılmaz bir öğrenme dönemi vardır.

2.2.1. Fakoemülsifikasyon Cihazı

Fakoemülsifikasyon cihazı ultrasonik elcek ve ucu, irrigasyon-aspirasyon elceği, pompa sistemi ve ayak pedalından oluşmaktadır.

2.2.1.1. Ultrasonik Elcek (Handpiece) ve Uçları

Fakoemülsifikasyon aletinin elceği elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren bir ultrasonik algılayıcı içerir. Modern fakemülsifikasyon cihazlarında algılayıcı piezoelektrik kristaldir. Bu kristal elektrikle uyarıldığında 28000-60000 döngü/sn frekansında titreşir. Elceğin çalışma frekansı cihaz tasarımına bağlı olarak değişebilir. Elcek tarafından oluşturulan enerji fiziksel temas yoluyla doğrudan

fakoemülsifikasyon ucuna iletilir. Fakoemülsifikasyon ucu dayanıklı, inert bir metal olan titanyumdan yapılmıştır. Titanyum ucun ultrasonik enerji ile titreşimi uzunlamasına boyunu değiştirerek ileri-geri hareketine neden olur. Fakoemülsifikasyon sırasında uç tarafından oluşturulan akustik dalgalar nükleus materyalinin moleküler bağlarını zayıflatıp kırılmasını sağlar. Bu esnada akustik şok dalgalarının ileri hareketi ile uzaklaşan nükleus parçaları delikli distal ucun çekme etkisi ile tutularak aspire edilir. Nükleusun kırılmasında titreşim sırasında titanyum ucun çekiç şeklindeki doğrudan mekanik etkisinin de rolü vardır. Fakoemülsifikasyon ucunun titreşimi sırasında nükleusu parçalayan diğer bir etki mekanizması kaviteasyondur. Titanyum ucun hareketi sırasında sıvı ortam içinde oluşan küçük gaz kabarcıklarının sıkışıp patlaması ile açığa çıkan yüksek sıcaklık ve basınç, nükleus materyali içindeki kovalen bağların yıkılmasına yol açar. Fakoemülsifikasyon cihazının gücünün artması frekansını değiştirmezken, titanyum ucun döngü sırasında katettiği mesafeyi yani darbe uzunluğunu artırır. Frekans değişmeden darbe uzunluğunun artması nükleer materyali kırma işleminin etkinliğini artırır. Fakoemülsifikasyon cihazlarında güç sürekli veya kısa-değişken ayarlanabilir aralıklarla (pulse-burst mod) uygulanabilir. Nükleer materyalin emülsifikasyonu ve aspirasyonu nükleus ile ucun temasını gerektirir. Akustik ve kaviteasyon gücünün etkinliğinde ucun tasarımı önemli rol oynar. Genel olarak kalın duvarlı ve lümen çapı geniş olan uçlar daha etkindir. Uçlar 0, 15, 30 ve 45 derece olmak üzere değişik açılı olabilirler. Düşük açılı uçlarda oklüzyon daha kolayken, açı arttıkça kesme yetenekleri de artar (7,8).

2.2.1.2. İrrigasyon - Aspirasyon Elceği

Ultrasonik elcekten farklı olarak ucu düz, yuvarlak ve distali deliksizdir. Uç bölgesinde tek bir aspirasyon deliği ve elceği çevreleyen silikon kap üzerindedeki iki adet irrigasyon deliği bulunur. Uç açısı 0 derece veya aspirasyonu kolaylaştırmak amacıyla 45 veya 90 derece olabilir (8).

2.2.1.3. Pompa Sistemleri

Fakoemülsifikasyon pompasının görevi nükleusu tutmak ve lens kalıntıları emerek ortadan kaldırmaktır. Genel olarak peristaltik, venturi ve diafram olmak üzere üç farklı tip pompa sistemi vardır. Peristaltik sistemde akım hızı pompanın dönüş hızına bağlı olarak artar. Fakoemülsifikasyon ucu tıkanıldığında pompa dönmeye devam eder ve uç ile pompa arasındaki vakum artmaya başlar. Önceden ayarlanan belli bir vakum seviyesine geldiğinde pompa durur ve vakum seviyesi korunduğu sürece çalışmaz. Venturi ve diafram pompalarında ise önceden ayarlanan seviyede vakum oluşturulur. Vakum haznesi ile fakoemülsifikasyon ucu arasındaki basınç farkı akımı oluşturur. Uç tıkanıldığında hortum içindeki basınç haznedekine eşit olana kadar sıvı çekilmeye devam eder. Bu sistemde akım haznedeki vakum seviyesiyle orantılı olduğu için vakum ve akım parametrelerinin bağımsız olarak ayarlanması mümkün değildir. Kullanılan pompa sistemi ne olursa olsun tıkanıklık sırasında vakum artışı ile hortum duvarları kollabe olur. Bunu önlemek için özel sistemler geliştirilmiştir. Tıkanıklık açıldığında ön kamara ve hortum arasındaki basınç farkını eşitlemek için sıvı hortum içine hücum eder ve komplikasyonlara neden olur. Düzenleyici mekanizmaların olmadığı fakoemülsifikasyon sistemlerinde ön kamarada oluşan basınç dalgalanmaları nedeniyle kornea endoteli ve kapsül hasarı riski yüksektir (7,8).

2.2.2. Cerrahi Teknik

2.2.2.1. Anestezi

Fakoemülsifikasyon için genel, nörolept, lokal, topikal veya intrakameral anestezi kullanılabilir. Genel anestezi ve nörolept anestezi çocuklar, mental problemi olan, kontrol edilemeyen öksürük veya baş tremoru olan hastalarda tercih edilir. Retrobulber ve peribulber enjeksiyonlar yeterli akinezi ve anestezi sağlamasına karşın nadiren de olsa glob perforasyonu, retrobulber kanama, optik sinir yaralanması, kardiyak aritmi, konfüzyon solunumda durma, pitozis gibi komplikasyonlara neden olabilir. Günümüzde sık olarak uygulanan topikal anestezi

özellikle saydam kornea kesisi ile fakoemülsifikasyon uygulanacak hastalarda yeterli anesteziyi sağlayabilmektedir. Topikal anestezi ile lokal enjeksiyonunun pek çok yan etkisinden sakınılsa da akinezi sağlanmadığı için uygun hasta seçimi önemlidir. Topikal anestezi işitme problemi, kooperasyon zayıflığı, belirgin baş tremoru, blefarospazmı ve uzun süreli cerrahi uygulanacak olan hastalarda uygun değildir (4). Topikal anestezi ile oluşan en önemli problem ameliyat sırasında ağrı hissedilmesidir. Bu nedenle bazı cerrahlar topikal anesteziye yardımcı olarak intrakameral anestezi uygulamaktadır. Hayvan deneylerinde intrakameral anestetik maddelerin endotel toksisitesi yaptığı bildirilmesine karşın çoğu klinik çalışmada insanlarda koruyucu içermeyen intrakameral anestetik maddeler ile endotel toksisitesi bildirilmemiştir. Fakoemülsifikasyonda topikal anestezi ile lokal anestezi arasında endotel kaybı açısından fark olmadığı bildirilmektedir (9).

2.2.2.2. Kesiler

Fakoemülsifikasyon cerrahisinde skleral tünel ve saydam kornea insizyonu olmak üzere iki tip kornea kesisi uygulanmaktadır. Günümüzde fakoemülsifikasyon cerrahisinde en tercih edilen kornea kesisi saydam kornea kesisidir. Saydam kornea kesisi sonrası yara dudaklarına dengeli tuz çözeltisi enjekte edilerek stromal hidrasyon ile kesi yeri kapatılır (7).

2.2.2.3. Viskoelastikler

Viskoelastikler katarakt cerrahisi sırasında ön kamarayı doldurarak volüm oluştururlar, cerrahi manuplasyonları kolaylaştırırlar ve dokuları korurlar. Arshinoff ve arkadaşları viskosite, moleküler ağırlık ve örtücülüklerine göre iki farklı tip viskoelastik madde tanımlamışlardır (10). Yüksek molekül ağırlıklı, viskositesi yüksek olan ancak düşük örtücülüğe sahip koheziv viskoelastikler, katarakt cerrahisi sırasında boşluk oluştururlar, ön kamara derinliğini ve kapsüloreksis stabilizasyonunu sağlarlar. Düşük molekül ağırlıklı ve düşük viskositeli olan dispersif viskoelastikler ise yüksek örtücülük özellikleri ile endotelin korunması ve

göz içi dokuların ayrılmasını sağlarlar. Dispersif viskoelastik zor enjekte edilip, uzun sürede temizlenirler. Dispersif viskoelastikler endotele paralel gelen kuvvetlerden endoteli korurken, koheziv viskoelastikler endotele dik ve paralel gelen itici kuvvetlerden endoteli korur. Ayrıca koheziv viskoelastikler endoteldeki reseptörlere bağlanarak ve fakoemülsifikasyon sırasında oluşan serbest radikalleri bağlayarak ta endoteli korurlar.

2.2.2.4. Kapsülotomi

Sürekli dairesel kapsüloreksis günümüz fakoemülsifikasyon cerrahisinin önemli basamaklarından biridir. Kapsüloreksis ön kapsül ortasına kistotom ile tek bir yırtık yapılması ile başlar, takiben yırtık dairesel şekilde devam ettirilir. Oluşan dairesel açıklık, zonüller üzerinde çok az çekinti oluşturur, kapsül geridiğinde bile arka kapsül yırtılmasını önlemektedir. Kapsüloreksis sayesinde fakoemülsifikasyon sırasında oluşan turbulans kapsül içinde kalarak endotelin daha iyi korunmasını sağlar. Kapsüloreksis GİL yerleşimini kolaylaştırır, ameliyat sonrası daha iyi bir ön kamara derinliği sağlar. Kapsüloreksis bütünlüğü bozulduğunda ise arka kapsül rüptürleri artabileceğinden, nükleusun manüplasyonu güçleşir.

2.2.2.5.Hidrodiseksiyon ve Hidrodelinasyon

Hidrodiseksiyon ile ön kapsül altından lens ile kapsül arasındaki boşluğa sıvı verilir.Bu işlem ile lens ve kapsül birbirinden ayrılır. Hidrodelinasyonda ise nükleus ile epinükleus arasındaki boşluğa sıvı verilerek bu iki yapının birbirinden ayrılması sağlanır. Böylece epinükleusun arka kapsülü koruyan bir yastık görevi görmesi sağlanır.

2.2.2.6. Fakoemülsifikasyon

Nükleusun emülsifikasyonu tek parça halinde veya mekanik ve ultrasonik güçler yardımıyla küçük parçalara ayrıldıktan sonra yapılabilir. Erken fakoemülsifikasyon tekniklerinde fakoemülsifikasyonun ön kamarada yapılması endotel hasarına yol açtığı için fakoemülsifikasyon günümüzde arka kamarada yapılmaktadır. Günümüzde “divide and conquer”, “chip and flip”, “stop and chop” ve “phaco-chop” tekniği gibi farklı fakoemülsifikasyon teknikleri mevcuttur (11).

2.3. Kornea Endoteli

Kornea ortalama 43 dioptri olan kırma gücüyle gözün en önemli kırıcı ortamıdır. Korneanın kusursuz bir optik ortam oluşturmasında saydam ve damarsız yapısının büyük önemi vardır. Saydam bir kornea için endotel tabakasının sağlıklı olması gerekir. Kornea endoteli korneanın ön kamaraya komşu arka yüzünü örten tek sıra heksagonal hücrelerden oluşur. Endotelin iki önemli görevi aköz hümördeki glukoz, aminoasit, vitamin gibi besin maddelerini korneaya iletmek ve kornea hidrasyonunu sağlamaktır. Kornea saydamlığı stromal kollajen lamellerinin düzgün dizilimi ile yakından ilişkilidir. Kollajen lamellerin düzgün dizilimi stromal hidrasyona bağlıdır. Kornea stromasında kollajen fibrillerle ilişkili proteoglikanlar suyu kolayca bağlayarak endotele karşı koyan doğal bir basınç farkı oluştururlar. Buna rağmen normal koşullarda korneada şişme olmaksızın stromal su içeriği %78 oranında sabit tutulmaktadır. Stromal su içeriğinin korunması endotelin bariyer ve pompa fonksiyonları ile sağlanmaktadır. Travma, hastalık veya cerrahi işlemler gibi çeşitli nedenlerle endotel hücre kaybı olur ve bariyer ve pompa fonksiyonu baskılanırsa stromadaki su miktarı artar ve kornea saydamlığı bozulur.

2.3.1. Endotel Hücresel Anatomisi ve Morfolojisi

Kornea endoteli embriyonik gelişim esnasında nöral krest hücrelerinden köken alan tek sıra hücrelerden oluşmuştur. Çoğunlukla heksagonal şekilli olan endotel

hücresinin yüksekliği 5 mikron, genişliği ise 20 mikron kadardır. Endotel hücresinde sitoplazmanın çoğunu dolduran büyük bir nükleus ve metabolizma hızı yüksek hücrelerde olduğu gibi çok sayıda mitokondri, endoplazmik retikulum ve golgi cisimciği bulunur. Endotel hücresinin ön kamaraya bakan apikal yüzü mikrovilluslarla kaplıdır. Endotel hücrelerinin birbirleriyle iç içe girmiş kıvrımlı yan yüzlerinde hücre bağlantı yapıları tight junction ve gup junctionlar ile çok sayıda Na-K ATPase pompası bulunur. Endotelin desme tarafında ise çok sayıda hemidesmozom bulunur (12).

Kornea endotel hücre yoğunluğu yaşa bağlıdır. Aynı zamanda ırksal ve coğrafi farklılıklarda olabilmektedir. Örneğin Japon ırkı Amerikalılara göre daha yüksek endotel yoğunluğuna sahiptir. Doğum sırasında toplam endotel hücre sayısı 500.000 ve endotel hücre yoğunluğu 5000 hücre/mm² kadardır. Hayatın ilk yıllarında endotel yoğunluğunda hızlı bir düşüş olur ve 5 yaşta yaklaşık 3500 hücre/mm² kadardır. Endotel yoğunluğundaki bu azalma, korneanın sürekli büyümesi karşısında mitoz potansiyeli olmayan endotel hücrelerinin toplam sayılarının sabit olmasından kaynaklanır. Kornea endotel yoğunluğu yaşam boyunca azalmaya devam eder, ancak 20 yaşından sonra bu azalma daha yavaştır ve % 0.6 civarındadır. Böylece 15 yaşında ortalama endotel yoğunluğu 3400 hücre/mm² iken 85 yaşında 2300 hücre/mm² kadardır. Korneanın normal fizyolojik fonksiyonlarını sürdürebilmesi için yeterli hücre yoğunluğuna ek olarak hücre şekil ve büyüklüklerinin de normal olması gerekir. Hücre büyüklüğündeki değişkenlik polimegatizm olarak isimlendirilir. Sağlıklı, normal korneada endotel hücrelerinin % 70-80'i heksagonal şekillidir. Hücre şekil değişkenliğine pleomorfizm adı verilir. Heksagonal hücre oranı yaşla birlikte azalarak 80'li yaşlarda % 60'a düşer. Yaş dışında hastalıklar (diabetes mellitus, glokom), cerrahi girişimler ve uzun süre kontakt lens kullanımı da endotel morfolojisini değiştirebilmektedir. Geçirilen her göz içi ameliyatında ortalama 500 hücre/mm² endotel kaybı oluşmaktadır (13).

2.3.2. Kornea Endotelini Değerlendirme Yöntemleri

Kornea endotelini değerlendirmede kullanılan teknikler; biomikroskopi, speküler mikroskopi, konfokal mikroskopi, pakimetri ve florofotometridir.

Endotel ilk olarak 1920 yılında Vogt tarafından biomikroskopi kullanılarak görüntülenmiştir. Biomikroskopi ile endotel kabaca değerlendirilir. Görüntüyü en fazla 40 kez büyütebilir, daha yüksek büyütmelemlerde endotel önündeki kornea dokularından dağılan ışık nedeniyle görüntü bulanıklaştığı için çözünürlüğü en fazla 20µm da sınırlıdır.

Speküler Mikroskopi (SM) kornea yüzey yansımalarını ve stroma geri dağılımını önleyerek endotelin mikroskopik görüntülenmesini sağlar. SM görüntüyü en fazla 500 kez büyüterek ve 2-5µm çözünürlükte verebilir. İlk SM Mauce tarafından 1968 yılında tariflenmiş, klinik olarak ilk kullanım 1975'te Liang ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Günümüzde SM ile endotel görüntülenerek fotoğrafı alınabilir, bilgisayar yardımıyla endotel hücrelerinin niteliksel ve niteliksel analizi yapılabilir. SM'de değerlendirilen parametreler optik pakimetri ile santral kornea kalınlığı (T), toplam hücre sayısı (N), ortalama endotel hücre alanı (AVG), endotel hücre alanı değişiklik katsayısı (CV), endotel hücre yoğunluğu (CD), altıgen hücre oranı (heksagonalite yüzdesi) dir. SM'nin temaslı (kontakt) ve temassız (nonkontakt) olmak üzere iki tipi vardır. Temassız SM'nin kullanım kolaylığı vardır, ancak net görüntü elde etmek daha zordur. SM klinik kullanım alanları: göz içi ameliyatları öncesi ve sonrası, kornea transplantasyonu öncesi ve sonrası, göz bankasında donör korneanın incelenmesi, travma, kornea hastalıkları, korneayı etkileyen göz dışı veya üveit , glokom gibi göz içi hastalıkların incelenmedir. SM in en önemli sınırlaması kornea ödemi veya opasitesi nedeniyle net görüntü alınamamasıdır.

İlk olarak 1957 yılında bulunan ve 1990 ortalarında kornea incelenmesinde kullanılmaya başlayan konfokal mikroskopi (KM) korneanın epitelden endotele kadar incelenmesini sağlar. KM, görüntüyü en fazla 600 kez büyüterek ve 1-2µm çözünürlükte verir.

Endotel fonksiyonlarını değerlendirmede kullanılan iki yöntem pakimetri ve florofotometridir. Normal kornea kalınlığı 500-550 µm'dur. Kornea kalınlığı korneanın hidrasyon durumunu yansıttığı için endotel fonksiyonunun dolaylı bir göstergesidir. Ultrasonik ve optik pakimetri olmak üzere günümüzde iki tip pakimetri cihazı bulunmaktadır. Florofotometri ile korneanın bariyer fonksiyonu ölçülür. Floresein boya korneaya topikal olarak uygulandıktan birkaç saat sonra kornea ve ön kamaradaki konsantrasyon değişimleri florofotometre ile ölçülmektedir (14). Pakimetrik ölçüm endotel fonksiyonunu değerlendirmek için kullanılsa da Diaz-Valle ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada katarakt cerrahisi sonrası 3. ayda florofotometrik ölçümle saptanan fonksiyonel değişikliklerin pakimetride belirlenemediğini, bu nedenle kornea kalınlığının uzun dönemde endotel fonksiyonlarını tam olarak yansıtmadığını bildirmişlerdir (15). Katarakt ameliyatı sonrası kornea kalınlık artışı ile endotel kaybı arasındaki ilişki tartışmalı bir konudur. Bir çalışmada katarakt ameliyatı sonrası kornea kalınlık artışının endotel yoğunluğunun normal sınırlarda kaldığı durumlarda endotel kaybıyla uyumlu olmadığı bildirilirken, diğer bir çalışmada ameliyat sonrası birinci gündeki kornea kalınlık artışı ile 3. aydaki endotel kaybı arasında kuvvetli ilişki saptanmıştır (16,17).

2.3.3. Kornea Endotelinin Hasara Yanıtı

İnsan kornea endotel kültürlerinde mitotik değişimler gösterilmesine karşın in vivo olarak hasar ile oluşan kayıpların karşılanmasında mitoz bölünme çok az rol oynar. Bu nedenle yaşlanma, hastalık veya cerrahi nedeniyle oluşan endotel kayıpları başlıca komşu hücrelerin göçü ve genişlemeleri ile tamir edilir. Bölgesel bir endotel hasarını takiben tamir yanıtı üç aşamada gerçekleşir (18). Birinci basamakta hasar bölgesindeki hücrelerde hücreler arası bağlar bozulur ve komşu hücreler yassılaşıp, yalancı uzantılar oluşturarak kayıp olan bölgeye doğru göç ederler. Hücrelerin göç hareketinde sitoplazmadaki f-aktin molekülü rol oynar. Bu dönemde tight junctionlar yıkıldığı ve pompa sayısı azaldığı için endotel geçirgenliği artmıştır. Hasar tamirinin ikinci aşamasında hasar bölgesinde toplanan hücreler genişlerler. Aynı zamanda pompa sayısında artış ile kornea kalınlığı normale dönmeye başlar. Carlson ve Bourne, endotelin bariyer fonksiyonunun katarakt ameliyatından 3 ay sonra

düzeldiğini bildirmişlerdir (19). Tamirin son aşaması normal hücre şekli ve büyüklüğüne ulaşmak için yeniden yapılanma dönemidir. Endotel hasarının başlangıcında hücre kaybına bağlı olarak endotel hücre yoğunluğunda düşme, heksagonalite oranında azalma, ortalama hücre alanı (AVG) ve hücre alanı değişiklik katsayısında (CV) artış görülür. Ancak yeniden yapılanma ile heksagonal hücre oranı ve CV değeri yavaş yavaş düzelerek normal morfoloji oluşur. Ancak hücre yoğunluğunda azalma ve ortalama hücre alanındaki artış kalıcıdır (12).

2.4. Katarakt Cerrahisinin Kornea Endoteline Etkisi

Endotel tabakası korneanın ön kamaraya komşu en iç tabakasında yer aldığından, tüm göz içi cerrahi girişimlerde belli oranda hücre kaybı oluşur. Günümüzde en sık uygulanan göz içi cerrahisi katarakt cerrahisidir. Katarakt cerrahisi sırasında korneanın bükülmesi, cerrahi sırasında kullanılan aletlerin, GİL'nin veya lens parçalarının korneaya direk teması, irrigasyon sıvısının hızlı akımı ve turbulansı, toksisite, fakoemülsifikasyon sırasında ultrasonun mekanik etkisi, ısı artışı, hava habbeciği ve serbest radikal oluşumu nedeniyle endotel hasarı oluşabilir.

Katarakt cerrahisi sonrası cerrahi travmanın şiddetine bağlı olarak değişen oranlarda endotel kaybı olmaktadır. Ameliyat sonrası erken dönemde kaybedilen hücrelerin yerini doldurmak amacıyla hücreler genişleyip, yassı, yuvarlak, düzensiz şekil alırlar. İlk bir ayda endotel hücrelerinin büyüklüklerinin artması endotelin CV değerini arttırırken, düzensiz şekilli hücreler heksagonalite oranının azalmasına yol açar. Bu değişiklikler kornea merkezine göre kesi bölgesinde daha belirgindir. Çeşitli çalışmalarda katarakt cerrahi sonrası 3.ayda endotel morfolojisinin normale döndüğü bildirilmektedir (16,17,20,21). Ancak katarakt cerrahisi sonrası endotel morfolojisi normale dönse bile endotel hücre yoğunluğunun tam olarak stabilize olduğu süre tartışmalıdır. Matsuda ve arkadaşları endotel hücre yoğunluğunda katarakt cerrahi sonrası ilk 1 ayda hızlı düşüşü takiben cerrahi sonrası 3 ila 6 ay içinde hücre kayıp oranında azalma olduğu ve normal morfolojinin kazanıldığını bildirmişlerdir (20). Bourne ve arkadaşları katarakt ekstraksiyonu ve GİL implantasyonundan 10 yıl sonra endotel değişikliklerini inceledikleri çalışmalarında endotel hücre yoğunluğunda yıllık

ortalama % 2.5 oranında bir kayıp bildirilmiştir (21). Bu oran ameliyat edilmeyen gözlerdeki kaybın dört katıdır. Katarakt cerrahisi sonrası hızlanmış endotel hücre kaybının sebebi tam olarak bilinmemekle birlikte GİL nedeniyle süregen subklinik inflamasyon, aköz hümörün endoteli beslemesindeki yetersizlik veya vitreus içeriği ile temas öne sürülmektedir (13). Katarakt cerrahisinde GİL implantasyonu sırasında fiziksel temas yoluyla kornea endoteli hasarlanabilir. Bu durum özellikle ön kamara derinliğinin iyi olmadığı olgularda daha olasıdır. Polimetil akrilat (PMMA) GİL'nin hidrofobik yapısı endotel hücrelerini kolayca yüzeylerine yapıştırabilme özeliğindedir. Bu nedenle PMMA GİL'nin endotel teması daha fazla endotel kaybına yol açabilir. Katlanabilir GİL'de ise özellikle lensin açılması esnasında endotel hasarı oluşabilir. GİL yerleşimleri de endotel hasarını etkileyebilir. Yapılan çalışmalarda ön kamara lensi yerleştirilen olgularda arka kamara lenslerine göre daha hızlı bir endotel kaybı görüldüğü ve bu farkın 3 yıldan sonra giderek arttığını bildirilmiştir (21,22). Miyaki ve arkadaşlarının çalışmasında arka kamara lensi yerleştirilen olgularda kan-aköz bariyer bozukluğunun 1 yıl içinde düzeldiği buna karşın ön kamara lensi yerleştirilen olgularda kan-aköz bariyer bozukluğunun 3 yıldan uzun süre devam etmesine bağlı süregen inflamasyonun endotel morfolojisini değiştirdiği bildirilmiştir (22). Ravalico ve arkadaşları EKKE ve fakoemülsifikasyon yapılan olgularda endotel hücre kaybı ve morfolojik değişikliklerin yanısıra kornea geçirgenliği ve pompa aktivitesini de değerlendirerek endotel fonksiyon değişikliğini incelemişlerdir. 1. aydaki endotel kaybı EKKE grubunda %10.1 ve fakoemülsifikasyon grubunda ise %8.5 olarak benzer orandadır. İlk haftada her iki grupta görülen endotel geçirgenlik artışı, hücre alanı değişiklik katsayısındaki artış ve pompa aktivite bozukluğu fakoemülsifikasyon grubunda 1. ayda ameliyat öncesi seviyeye gerilerken, EKKE grubunda değişim 1. aydan sonra da sürmüştür. Yazarlar benzer oranda endotel kaybına rağmen EKKE'de fakoemülsifikasyona göre daha şiddetli ve uzun süreli endotel fonksiyon bozukluğu görüldüğünü ve fakoemülsifikasyonun korneal riskli hastalarda daha güvenli bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir (2).

2.5. Fakoemülsifikasyonun Kornea Endoteline Etkisi

Fakoemülsifikasyonun bazen görmeyi tehtid edebilen komplikasyonlarından biri kornea endotel hasarıdır. Fakoemülsifikasyonda endotel hasarı başlıca US enerjisine ve lens parçalarının veya cerrahi aletlerin (GİL, fako ucu) endotele direk temasına bağlanmaktadır. Fakoemülsifikasyon sırasında ultrason enerjisi; mekanik etki, hava kabarcığı, serbest radikaller, irrigasyon sıvısının turbulansı veya ısı artışı yoluyla hasar oluşturabilir. Fakoemülsifikasyon sırasında ultrasonun ürettiği şok dalgalarının mekanik etki ile endotel hücre plazma membran bütünlüğünü bozmaktadır. Yüksek US enerjisinin diğer etki mekanizması akustik kavitasyondur. Akustik kavitasyon fakoemülsifikasyon ucunun ileri-geri hareketi sırasında sıvı ortamda oluşan küçük gaz kabarcıklarının genişleyip, sıkışarak patlamaları sonucunda oluşur. Bu patlama 600 atmosfer üzerinde basınç ve 5000 K° üzerinde bir sıcaklık oluşturmaktadır (23). Akustik kavitasyonunu diğer bir etki şekli serbest radikal oluşumudur. Oksijen aerobik solunumun temel kaynağıdır. Ancak fazla miktarda oksijen, süperoksit (O₂), hidroksil (OH), hidrojen peroksit (H₂O₂) gibi reaktif ürünlere dönüşerek hücre membran protein ve lipitlerin oksidasyonuna yol açar. Fakoemülsifikasyon ile oksijen varlığında hidroksil radikalleri oluştuğu gösterilmiştir. Hidroksil oluşum mekanizması çok açık olmamakla birlikte akustik kavitasyon etkisi ile suyun sonolizisi veya moleküler oksijenin ozono dönüşümü öne sürülmüştür. Hidroksil miktarı fakoemülsifikasyon süresi ile orantılı olarak artarken irrigasyon sıvılarında bulunan antioksidan maddeler ile azalır (24). Fakoemülsifikasyon sırasında endotel kaybı oluşturan diğer bir faktör hava kabarcığı oluşumudur. Hava kabarcığının endotel hasarı oluşturma mekanizması yüzey gerilimi fenomeni ile açıklanmaktadır. Normalde kornea endotel hücre yüzeyi örten ince musin tabaka ve hümör aköz proteinleri arasındaki etkileşim sürfaktan görevi görerek hücre membranlarında yüzey gerilimini azaltmaktadır. Ancak hava kabarcığı varlığında hümör aközle irrigasyon sıvısının yer değişmesi esnasında endotel membranı ve hava kabarcığı arasında bir hava sıvı seviyesi oluşur. Bu hava-sıvı seviyesi endotel membranında yüzey gerilimini arttırarak, fakoemülsifikasyon sırasında hava kabarcığının hareketi sırasında endotel hasarı oluşturmaktadır (25). Ancak günümüzde kullanılan viskoelastik maddeler endoteli örterek bu etkiye karşı korurlar.

Fakoemülsifikasyon sonrasında bildirilen endotel kaybı oranları çeşitli çalışmalarda %2.3 ile %23.2 arasında bildirilmektedir (2, 26-31). Hayashi ve arkadaşları fakoemülsifikasyon cerrahisinde endotel hasar açısından temel risk faktörlerini ileri yaş, küçük pupil, sert ve büyük nükleus, büyük infüzyon volümü ve açığa çıkan ultrason enerjisi olarak tanımlamışlardır. Bu faktörler arasında endotel kaybını belirleyen en önemli risk faktörünün nükleus sertliği olduğunu belirtmişlerdir (26). Walkow ve arkadaşları endotel kaybında en önemli risk faktörünün kısa aksiyel uzunluk ve fakoemülsifikasyon zamanı olarak bildirmişlerdir (27). O'Brien ve arkadaşları uzun cerrahi süre, uzun toplam ve etkili fako zamanı, yüksek US gücü ve sert nükleus varlığı ile endotel kaybı arasında anlamlı ilişki olduğunu ve bu faktörler arasında endotel kaybının en önemli belirleyicisinin toplam US süresi ve + 3 nükleus sertliği olduğunu belirtmişlerdir (28). Elena ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada fakoemülsifikasyon sırasında sürekli ön kamara infüzyonu yapılan olgularda sürekli infüzyon yapılmayanlara göre ilk 7 gündeki endotel kayıp oranı daha yüksek bulunmuştur. Yazarlar sürekli infüzyon sırasında yüksek hacimli irrigasyon sıvısının turbulansı artırarak endotel kaybına neden olduğunu belirtmişlerdir (29). Dick ve arkadaşları silikon GİL implantasyonu ile PMMA GİL implantasyonunu endotel kaybı açısından karşılaştırmışlardır. Küçük kesili silikon GİL olan grupta endotel kaybı diğer gruptan hafifçe düşük olmasına karşın aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (30). Hayashi ve arkadaşları GİL tipinin endotel kaybına etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında 3. ayda endotel hücre kayıp oranı, silikon GİL olan olgularda %4.5, PMMA GİL olan olgularda %6.2 ve GİL olmayan olgularda ise % 4.3 olarak bulunmasına karşın aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (31). Çeşitli çalışmalarda farklı fakoemülsifikasyon tekniklerinin endotel kaybı üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Kosrirukvong ve arkadaşları "divide and conquer" tekniğinde % 9.9, "chip and flip" tekniğinde % 23.2 endotel kaybı belirlerken aradaki fark anlamlı bulunmamıştır (32). Vajpayce ve arkadaşları "phaco-chop" grubuyla "stop-chop" grubu arasında etkili fako zamanı ve endotel kaybı açısından anlamlı fark saptamamışlardır (33). Wong ve arkadaşları "divide and conquer" ve "phaco-chop" grubunu karşılaştırdıkları çalışmalarında "phaco-chop" tekniğinde fako zamanı ve gücü açısından anlamlı düşük saptanmıştır (34). Ancak bu çalışmada görsel iyileşme süresi belirtilmemiştir.

Fakoemülsifikasyon sırasında endotel hasarını önlemek amacıyla viskoelastiklerden yararlanılır. Çeşitli çalışmalarda fakoemülsifikasyon sırasında farklı tip viskoelastik maddelerin kullanılmasının endotel kaybında belirgin değişikliğe neden olmadığı bildirilmiştir. %1.4 sodyum hyalüronik asit, %1 sodyum hyalüronik asit, metil sellüloz ve % 4 sodyum kondroatin sülfat - %3 sodyum hyalüronik asit materyalleri ele alınarak yapılan bir çalışmada bu gruplar arasında cerrahi sonrası endotel hücre kaybı açısından fark olmadığı, ancak %1 sodyum hyalüronik asit ve metil selüloz grubunda, cerrahiden 7 gün sonra kornea kalınlığı, endotel geçirgenliği ve pompa fonksiyonunda anlamlı artış olduğu belirlenmiştir. %1.4 sodyum hyalüronik asit ve %4 sodyum kondroatin sülfat - %3 sodyum hyalüronik grubunda ise endotel fonksiyonlarında değişiklik saptanmamıştır (35).

2.6. İrrigasyon Sıvılarının Kornea Endoteline Etkisi

Göz içi irrigasyon sıvıları katarakt cerrahisinin vazgeçilmez unsurudur. İrrigasyon sıvılarının en önemli görevi cerrahi sırasında gözün normal basınç ve hacminin sürdürülmesidir. Ayrıca sürekli temas halinde oldukları kornea, lens, trabeküler ağ, üvea, retina gibi göz içi dokulara zararlı etkilerinin de olmaması gerekir. Normalde kornea endotel hücreleri ve hücreler arası bağlantıların dayanıklılığı ve pompa fonksiyonu ön kamara sıvısı aköz hümör ile sürdürülür. Bu nedenle katarakt ameliyatı sırasında aköz hümör ile yer değiştiren irrigasyon sıvısı endotel sağlığı için büyük önem taşır. Son 40 yıl boyunca göz içi irrigasyon sıvılarının içeriğinde önemli değişimler olmuştur. Erken in vitro çalışmalarda irrigasyon için kullanılan ilk sıvı normal salindir. Ancak yetersiz iyon içeriği ve uygun olmayan pH değeri nedeniyle bu sıvı göz içi dokulara toksik özellik göstermiştir. Bunun üzerine 1960 yılında Merrill tarafından dengeli tuz solüsyonu (BSS) geliştirilerek 15 ml'lik plastik şişelerde kullanıma sunulmuştur. BSS'in pH'ı 7.5-8.2 arasındadır. Sitrat ve sodyum klorüre ek olarak potasyum klorür, kalsiyum klorür ve magnezyum klorür içermektedir. 1970'li yıllarda fakoemülsifikasyon ve diğer göz içi cerrahisindeki gelişmelerle daha yüksek volümlü göz içi irrigasyon sıvılarına gereksinim artması üzerine irrigasyon sıvıları ile ilgili araştırmalarda artmıştır. 1972 yılında Dikstein ve arkadaşları bikarbonat-ringer solüsyonuna

adenozin ve glutatyon ilavesiyle oluşan irrigasyon sıvısının (GBR) endotel morfoloji ve fonksiyonunu en iyi şekilde koruduğunu saptamışlardır. Göz içi irrigasyon sıvısı olarak normal salin, ringer laktat ve plasma-lyte 148 ile GBR'yi karşılaştıran bir çalışmada diğer dört sıvı ile GBR'ye göre daha yüksek oranda kornea ödemi saptanmıştır. GBR endotele yararlı etkisine rağmen içerdiği indirgenmiş glutatyon bikarbonat ve adenozin gibi bileşikler kimyasal olarak stabil değildir. Bu nedenle farmakolojik olarak hazırlanıp klinik kullanıma sunulması mümkün olamamıştır. 1970'li yıllarda fakoemülsifikasyon ve diğer göz içi cerrahisindeki gelişmelerle daha yüksek volümlü göz içi irrigasyon sıvılarına gereksinim artması ve yapılan çalışmalarda irrigasyon sıvısına, glutatyon, glukoz ve bikarbonat eklenmesinin kornea endotel fonksiyonunu koruduğunun anlaşılması üzerine BSS Plus geliştirilmiştir (36). BSS Plus kimyasal içeriği GBR'ye benzer, ancak farklı olarak adenozin içermezken, indirgenmiş glutatyon yerine okside glutatyon bulunur (Tablo 2.1). Çeşitli in vitro perfüzyon çalışmalarda BSS Plus'ın kornea endoteline koruyucu etkisi gösterilmiş ve bu çeşitli klinik çalışmalarla da desteklenmiştir. Glasser ve arkadaşlarının BSS ve BSS Plus'ın kornea endoteline etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında BSS ile BSS Plus'a göre anlamlı boyutta daha fazla kornea kalınlık artışı, polimegatizm ve pleomorfizm saptamışlardır (37).

Normalde endotelin pH toleransı 6.8 ile 8.2 ve osmotik toleransı ise 200-400 mOsm/kg arasındadır. BSS Plus'ın 7.4 olan pH'ı ve 305 mOsm osmolaritesi endotele uyumludur. BSS Plusta bulunan bikarbonat endotelin aktif pompasının çalışmasını sağlar. Glukoz ise endotelin enerji gereksinimi karşılar. Aköz hümanın normal antioksidan maddeleri okside ve redükte glutatyondur. Glutatyon endotel hücreleri arasındaki bağlantıların sağlam kalması ve pompanın çalışması için gereklidir. Glutatyonun indirgenmiş formu (GSH) hücre içi homeostaziste kullanılır. Ancak irrigasyon sıvısında bu formu verildiğinde hücre dışında yıkıma uğradığı için etki gösteremez. Oysa okside glutatyon (GSSG) hücre içine kolayca girerek indirgenmiş formuna dönüşebilmektedir. Bu nedenle BSS Plusta bulunan glutatyonun okside formu endotel bariyerini korumada daha etkindir. Irrigasyon sıvısında olması gereken diğer önemli iyonlarda kalsiyumdur. Kalsiyum içermeyen irrigasyon sıvılarının kullanılması hücreler arası bağlantıların bozulmasına ve kornea ödemi oluşmasına neden olur. BSS Plusta hümanın aközle benzer oranda kalsiyum bulunmaktadır.

Tablo 2.1. Hümör aköz, BSS ve BSS Plus'ın kimyasal içeriği (Mmol/L)

Bileşen	Aköz Hümör	BSS Plus	BSS
Sodyum klorür	163,0	122,2	110
Potasyum klorür	2,2-3,9	5,8	10
Kalsiyum klorür	1,8	1,05	3
Magnezyum klorür	1,10	0,98	1,5
Sodyum laktat	2,6-4,3	-	
Sodyum sitrat	0,12	-	6
Disodyum fosfat	0,62	3,0	
Sodyum bikarbonat	20,2	25,0	
Dekstroz	2,7-3,7	5,11	
Glutasyon	0,0019	0,3	
PH	7,38	7,40	7,40
Osmolarite (mOsm)	304	305	305

Çeşitli çalışmalarda farklı irrigasyon sıvılarının endotel hücre kaybı ve kornea kalınlığına etkileri araştırılmıştır. Edelhauser ve arkadaşları postoperatif kornea kalınlığı ve endotel kaybının irrigasyon süresinden çok kimyasal bileşimi ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir (38). Fakoemülsifikasyon sırasında BSS Plus ve Ringer laktatın kornea endoteline olan etkilerini karşılaştıran bir çalışmada iki sıvı arasında endotel kaybı açısından anlamlı farklılık olmamasına karşın BSS Plus ile ameliyat sonrası kornea ödemi anlamlı şekilde daha az bulunmuştur. Yazarlar bunu Ringer laktata ek olarak BSS Plusta dektroz, glutasyon ve bikarbonat bulunmasına bağlamışlardır (3).

2.7. Sıcaklığın Kornea Endoteline Etkisi

Hipotermi vücut metabolizmasını düşürerek oksijen ihtiyacını azaltmaktadır. Bu etkisi nedeniyle kardiovasküler, beyin, ürolojik ve gastrointestinal cerrahilerde iskemiye önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Göz sıcaklığının 10°C azalmasının kornea metabolizmasını % 50'ye kadar düşürdüğü bildirilmiştir (39). Hipoterminin dokularda diğer bir etkisi plazma fibrinolizis sistemini aktive ederek fibrin oluşumunu azaltmasıdır. Hipotermi ayrıca damarlarda vazokontrüksiyon oluşturarak üveal kan akımını ve göz içi basıncını da azaltır. Vitrektomi sırasında oda sıcaklığında ve soğutulmuş irrigasyon sıvısının aköz hümör protein konsantrasyonuna olan etkilerinin karşılaştırıldığı in vivo deneysel bir çalışmada iki grup arasında fark bulunmazken, 35°C'deki irrigasyon sıvısı ile aköz hümör protein konsantrasyonunu anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (40). Göz içi cerrahisi sırasında 7°C'deki soğutulmuş irrigasyon sıvısı ile 22°C'lik oda sıcaklığındaki irrigasyon sıvısı kullanımı karşılaştırıldığı in vivo deneysel bir çalışmada, soğutulmuş irrigasyon sıvısı uygulanan gözlerde ameliyat sırasında daha az kanama, daha az fibrin oluşumu ve postoperatif inflamasyon gözlemlenmiştir. Yazarlar bunu hipoterminin plazma fibrinolizisi ve üveal kan akımını azaltmasına bağlamışlardır (41). Oliver ve arkadaşları fakoemülsifikasyon sırasında soğutulmuş irrigasyon sıvısının postoperatif kan-aköz bariyer bozukluğuna olan etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında 10°C'de irrigasyon sıvısı kullanılan olgularda oda sıcaklığında irrigasyon sıvısı kullanılanlara göre postoperatif 1. gün lazer flaremetre daha az hücre ölçülmüştür (42).

Normal kornea sıcaklığı vücut sıcaklığının altında ve santralde ortalama 34.3°C'dir. Kornea sıcaklığı santralden periferde doğru giderek artarken endotelden epitele gittikçe azalmaktadır (43). Kornea sıcaklığını etkileyen iki önemli faktör ön kamara sıcaklığı ve göz yaşı buharlaşmasıdır. Ön kamara sıcaklığını zengin damar ağına sahip ön üvea tarafından sağlanmaktadır. Fakoemülsifikasyon sırasında fakoemülsifikasyon ucunun titreşimi ön kamarada sıcaklık artışına neden olur. Berger ve arkadaşları ultrason enerjisinin %10'dan fazlasının ısı yoluyla kaybedildiğini bildirmişlerdir (44). Sıcaklık artışı üveal kan akımını arttırarak inflamasyon artışına neden olduğu gibi, kornea hasarı ve yara yerinde yanıklara da yol açabilmektedir. Isı enerjisi korneanın değişik katlarında değişik etkilere yol

açabilir. Kornea epiteli veya endotele direk ısı hasarı hücrelerde koagülasyon nekrozu ile sonuçlanır. Stromada oluşan ısı hasarı ise sıcaklık derecesi ve temas süresi ile ilişkilidir. Başlangıçta kollajen fibrillerde kasılma olur, ancak kollajen fibrilleri arasındaki kovalen bağlar sağlam olduğundan korneda sadece geçici strialar oluşur. Uzun süre devam eden yüksek sıcaklık, kollajen sarmalları arasındaki kovalen bağların yıkılması sonucunda korneada kalıcı opaklaşmaya yol açar. Fakoemülsifikasyon sırasında fakoemülsifikasyon ucunun titreşimi ile oluşan sıcaklık artışı uç etrafından sürekli akan irrigasyon sıvısının soğutucu etkisi ve aspirasyonla azaltılmaktadır. Bu nedenle irrigasyon sıvı akımının kesilmesi veya aspirasyon ucunun lens parçaları, viskoelastik maddeler veya küçük kesi nedeniyle tıkanması dokularda ısı hasarına yol açabilir. Yapılan bir çalışmada fakoemülsifikasyon ucundaki sıcaklığın akım hızı ile yakından ilişkili olduğunu yüksek akım hızında çok az sıcaklık artışına rağmen irrigasyon-aspirasyon kesildiğinde sıcaklığın önemli derecede arttığını saptanmış, ayrıca ön kamara volümünün azalması, yüksek ultrasonik güç kullanımında ısı artışının daha fazla olduğunu belirtilmiştir (45). Berger ve arkadaşları US uygulandıktan 2 dakika sonra kornea endotel sıcaklığını değerlendirdikleri deneysel çalışmalarında sürekli irrigasyon kullanıldığında 7°C sıcaklık artışına karşın irrigasyon sıvısı kullanılmadığında 35°C artış saptamışlardır (44). Göz içi cerrahisi sırasında en uygun irrigasyon sıvı sıcaklığı ne olduğu konusu tartışmalıdır. İn vivo deneysel bir çalışmada aşırı soğuk (2°C) uzun süreli hipotermik infüzyonun retina hasarı ve lenste geri dönüşümlü opasitelere neden olduğu bildirirken, diğer bir çalışmada 5°C ön kamara infüzyonunun kornea endotel morfolojisini etkilemediği görülmüştür (46,47). Çeşitli araştırmacılar fakoemülsifikasyon sırasında kullanılan soğuk irrigasyon sıvısının ameliyat sırasında midriazisin idamesine ek olarak fakoemülsifikasyon sırasında ön kamaradaki sıcaklık artışını önleyerek ameliyat sonrası kornea ödemi azalttığını belirtmişlerdir. Hausmann ve arkadaşları aköz sıcaklığının 29.1°C den 33.4°C'ye yükselmesinin kornea endotelinde % 10 kadar kayba neden olduğunu ve soğutulmuş irrigasyon sıvısı kullanıldığında endotel hasarının önlenebileceğini ileri sürmüşlerdir (48). Antonia ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada ise fakoemülsifikasyon sırasında 8°C soğuk irrigasyon sıvısı uygulanan olgular ile 23°C oda sıcaklığında irrigasyon sıvısı uygulanan olgular karşılaştırılmış ve iki grup arasında ameliyat sonrası kornea kalınlığı ve endotel kaybı açısından anlamlı bir fark saptanmamıştır (3).

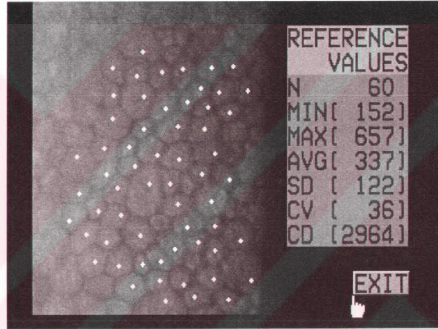
3. GEREÇ VE YÖNTEM

Mart 2005 – Temmuz 2005 tarihleri arasında Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz hastalıkları Anabilim Dalı'nda fakoemülsifikasyon yöntemi ile ameliyat edilen ve GİL implantasyonu yapılan 48 hastanın 48 gözü çalışmaya dahil edildi. Hastalar fakoemülsifikasyon sırasında kullanılan göz içi irrigasyon sıvısının sıcaklığına göre iki grup olarak takip edildi. Grup 1'de fakoemülsifikasyon sırasında irrigasyon sıvısı olarak $10 \pm 1^\circ\text{C}$ BSS Plus kullanılan 23 hastanın 23 gözü ve grup 2'de irrigasyon sıvısı olarak $20 \pm 0.7^\circ\text{C}$ BSS Plus kullanılan 25 hastanın 25 gözü yer aldı. Çalışmamızda hasta seçimi randomize olarak yapılmış olup, fundus patolojisi dışında herhangi bir oküler patoloji bulunan, daha önceden travma veya göz içi cerrahi geçirmiş olan hastalar çalışmaya alınmadı.

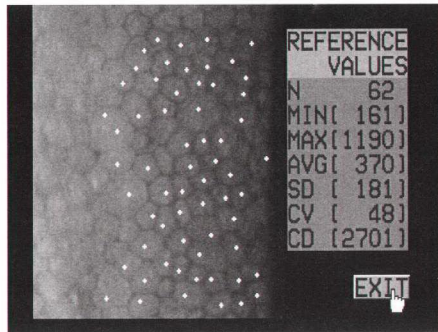
Olguların katarakt tanıları ve ameliyat endikasyonları dilate pupilladan yapılan biomikroskopik muayene ile konuldu. Ameliyat öncesinde tüm olgulara düzeltilmiş Snellen görme keskinliği, Goldmann aplanasyon tonometrisi ile göz içi basıncı ölçümü, dilate pupilladan ön segment ve fundus muayenesi yapıldı. Ameliyat öncesinde ve sonrasında endotel parametrelerini değerlendirmek amacıyla kliniğimizde mevcut Topcon ® SP-2000P nonkontakt speküler mikroskop cihazı ile endotel fotoğrafları çekildi. Speküler mikroskopinin otomatik çekim fonksiyonu kullanılarak her olguda santral korneadan iki adet endotel fotoğrafı alındı. Alınan endotel fotoğrafları arasından en net olanı seçilerek endotel analizi speküler mikroskop cihazının kendi yazılımı içinde mevcut olan analiz fonksiyonu kullanılarak yapıldı. Seçilen endotel fotoğrafında hücrelerin en net seçildiği bölgenin görüntüsü büyütülerek değerlendirilecek hücreler işaretlendi. Her analiz sırasında en az 50 hücre değerlendirilirken, endotel görüntüsünün net alınamadığı durumlarda mümkün olan en fazla sayıda hücre değerlendirildi. Ancak mevcut analiz programı altıgen hücre oranını (heksagonalite) hesaplayamadığı için olgularda altıgen hücre yüzdesi belirlenemedi. Her endotel değerlendirilmesinde santral kornea kalınlığı (T) speküler mikroskopide mevcut olan optik pakimetre ile ölçüldü. Ayrıca toplam endotel sayısı (N), ortalama endotel hücre alanı (AVG), endotel hücre alanlarının değişiklik katsayısı (CV) ve santral korneada endotel hücre yoğunluğu (CD) belirlendi.



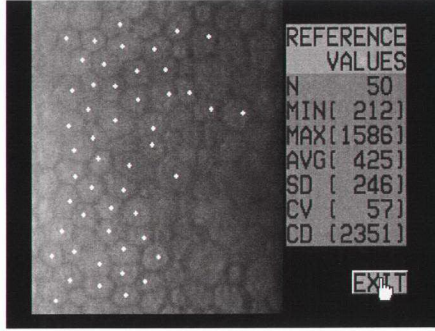
Şekil 3.1. Bir Olgumuzun Preoperatif Kornea Endotel Görüntüsü



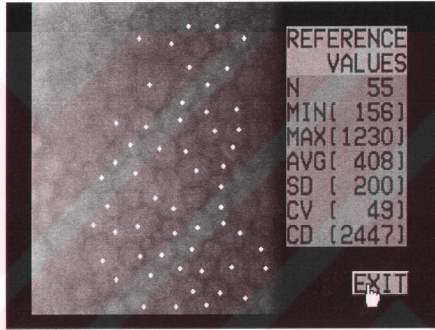
Şekil 3.2. Aynı Olgunun Preoperatif Kornea Endotel Analizi



Şekil 3.3. Aynı Olgunun Postoperatif 1. Hafta Kornea Endotel Analizi



Şekil 3.4. Aynı Olgunun Postoperatif 1. Ay Kornea Endotel Analizi



Şekil 3.5. Aynı Olgunun Postoperatif 3. Ay Kornea Endotel Analizi

Ameliyat öncesi midriyazisi sağlamak için 5 dakika ara ile 3 defa %1 siklopentolat hidroklorür veya %0.5 tropikamid ile beraber %10 fenilefrin hidroklorür damla uygulandı. Topikal anestezi uygulanan tüm olgulara ameliyattan 20 dakika ve 5 dakika önce 2 defa %0.5 propakain hidroklorür damla uygulandı.

Fakoemülsifikasyon sırasında irrigasyon sıvısı olarak tüm hastalarda BSS Plus kullanıldı ve her sıvı şişesi ile bir ameliyat yapıldı. Tüm ameliyatlarda oda sıcaklığı $18 \pm 1^\circ\text{C}$ olarak ölçüldü. BSS Plus, 23 hastanın 23 gözünde (grup 1) $10 \pm 1^\circ\text{C}$ ve 25 hastanın 25 gözünde (grup 2) $20 \pm 0.7^\circ\text{C}$ sıcaklığında uygulandı. Her iki grupta sıvı sıcaklığı, her bir ameliyat öncesinde olgulara özel hazırlanan sıvıdan alınan örneklerin sıcaklığının ayrı olarak ölçülmesiyle saptandı. Çalışmamızda irrigasyon sıvısının sıcaklığını ayarlamak için ekzotermik ısı kaynağı olarak 8 litre

hacimli akvaryum sistemi kullanıldı. Bu sistem dışarıdan manuel olarak kontrol edilebilen ve sistem sıcaklığı termostat ve termometre ile ayarlanabilen ayarlı bir düzenek içermektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. İrrigasyon sıvı sıcaklığını ayarlamak için kullanılan ısı sistemi

Isı sisteminin hazırlanması: Grup 1'deki $10 \pm 1^\circ\text{C}$ uygulama sıcaklığını elde edilmesi için 250 ml'lik BSS Plus şişesi ameliyattan bir gün önce 4°C sıcaklığındaki buzdolabında bekletildi. BSS Plus'ın ameliyat öncesi sıcaklığını (T_1) ameliyat sırasında uygulanacak olan sıcaklığa (T_2) çıkarmak için gereken ısı transferi ($\Delta T=T_2-T_1$) akvaryum sisteminde bulunan su sıcaklığının (T_3) ayarlanması ile sağlandı. Yaptığımız deneysel ölçümlerde bu ısı transferi için akvaryum sisteminin termostatının 32°C (T_3)'ye ayarlanarak ve buzdolabından alınan BSS Plus şişesinin bu sıcaklıkta 3 dakika bekletilmesi gerektiği saptandı. Böylece grup 1'deki olgularda, her bir ameliyat öncesinde 4°C buzdolabında bekletilmiş BSS Plus ameliyat sırasında 32°C 'lik akvaryum sisteminde 3 dakika bekletilerek bu sıvıdan alınan örneğin sıcaklığının $10 \pm 1^\circ\text{C}$ ölçüldüğü görüldü. Grup 2'deki $20 \pm 2^\circ\text{C}$ uygulama sıcaklığını elde etmek için 250 ml'lik BSS Plus şişesi ameliyat öncesinde oda sıcaklığında ($18 \pm 1^\circ\text{C}$) bekletildi. Grup 2'de BSS Plus'ın ameliyat öncesi sıcaklığını (T_1) ameliyat sırasında uygulanacak olan sıcaklığa (T_2) çıkarmak için gereken ısı transferi ($\Delta T=T_2-T_1$) ise akvaryum sisteminde bulunan su sıcaklığının

(T3) bu kez 22°C'ye ayarlanması ile sağlandı. Böylece Grup 2'deki olgularda, her bir ameliyat öncesinde oda sıcaklığında ($18 \pm 1^\circ\text{C}$) bekletilmiş BSS Plus şişesi ameliyat sırasında 22°C'lik akvaryum sisteminde bekletilerek bu sıvıdan alınan örneklerin sıcaklığı ise $20 \pm 0.7^\circ\text{C}$ olarak ölçüldü.

Tüm olgularda fakoemülsifikasyon cerrahisi aynı cerrah (Prof. Dr. Fatih Karel) tarafından ve aynı ameliyat tekniği kullanılarak gerçekleştirildi. Ameliyat öncesi antiseptik olarak % 10 polividon-iyot ile perioküler bölgenin temizlenmesini takiben, bulber konjonktivaya bir damla % 5 polividon-iyot damlatıldı. Daha sonra cerrahi örtünün yapıştırılıp, tel blefarosta takılarak ameliyata başlandı. İlk olarak MVR bıçak ile yapılan yan girişten sonra 3.2 mm slit bıçak ile saydam kornea kesisi yapıldı. Ön kamara viskolestik madde (% 3 sodyum hyaluronik asit) ile dolduruldu. Kistotom ile lens ön kapsülünün çizilmesini takiben kapsül penseti kullanılarak sürekli dairesel kapsüloreksis tamamlandı. Serum ile hidrodiseksiyon ve hidrodelenasyon yapıldıktan sonra fakoemülsifikasyon işlemine geçildi.

Fakoemülsifikasyon sırasında ilk basamak olan oluk açma işleminde akım oranı 24ml/dk, vakum 60 mmHg ve fakoemülsifikasyon gücü %60 olarak ayarlandı. İkinci basamak olan nükleusun kırılarak fakoemülsifikasyonu sırasında ise akım oranı 50 ml/dk, vakum 500 mmHg ve fakoemülsifikasyon gücü % 60 olarak ayarlandı. Ameliyat sırasında olguların fakoemülsifikasyon süreleri ve lens sertlikleri kaydedildi.

Nükleus fakoemülsifikasyonunu takiben kortikal kalıntılar irrigasyon-aspirasyon kantülü kullanılarak temizlendi. Kapsül kesesinin viskoelastik madde (%3 sodyum hyaluronik asit) ile doldurulmasını takiben katlanabilir GİL (Sensar, AMO) enjektör ve hook yardımıyla kapsül kesesi içine yerleştirildi. Son olarak kornea stromasına serum enjeksiyonu ile kesi bölgesi şişirildi. Yara yerinin sızdırmazlığı üçgen sünger ile kontrol edilerek ameliyat tamamlandı. Ameliyat sırasında ve sonrasında hiçbir olguda komplikasyon gelişmedi.

Ameliyat sonrası ilk günde gözler açılarak Snellen eşeli ile görme keskinliği ve biomikroskopik muayene yapıldı. Tüm hastalara 1 hafta süre ile günde 4 defa %0.3 siprofloksasin damla ve %0.1 deksametazon sodyum fosfat damla verildi. Antibiyotikli damla 1 hafta sonra kesilirken steroidli damla 1 ay boyunca haftada bir damla azaltılarak devam edildi. Ameliyat sonrası 1.hafta, 1. ay ve 3. ay

kontrollerinde speküler mikroskopi ve oftalmolojik muayene tekrarlanarak izlem sonlandırıldı.

Çalışmamızda elde edilen bulguların istatistiksel hesapları bilgisayar ortamında SPSS yazılımı kullanılarak yapıldı. İstatistiksel analizlerde test olarak eşleştirilmiş örneklerde tekrarlı ölçümlerde varyans analizi, tekrarlı ölçümlerde Friedman varyans analizi, Bonferoni düzeltmesi, eşleştirilmemiş örneklerde Man-Whitney U testi, Spermanın'ın korelasyon katsayısı ve Ki- kare analizi kullanıldı.

4. BULGULAR

Çalışmamıza toplam 48 hastanın 48 gözü dahil edildi. Hastalar fakoemülsifikasyon sırasında kullanılan göz içi irrigasyon sıvısının (BSS Plus) sıcaklığına göre iki gruba ayrılarak değerlendirildi. Grup 1'de $10 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de irrigasyon sıvısı kullanılan 23 hastanın 23 gözü, grup 2'de $20 \pm 0.7^\circ\text{C}$ 'de irrigasyon sıvısı kullanılan 25 hastanın 25 gözü yer aldı. Çalışma kapsamındaki 48 hastanın 32'si (%67) kadın, 16'sı (%33) erkekti. Grup 1'de 18 kadın (%78), 5 erkek (%22), grup 2'de 14 kadın (%56), 11 erkek (%44) mevcuttu. Gruplar arası cinsiyet dağılımı yönünden fark yoktu ($p>0.05$). Yaş ortalaması grup 1'de $73,0 \pm 10,4$ (43-86), grup 2'de $75,0 \pm 9,8$ (40-88) olup, aralarında anlamlı farklılık yoktu ($p>0.05$) Grup 1'de ameliyat edilen gözlerin 11'i (% 48) sağ, 12'si (%52) sol; grup 2'de 14'ü (%56) sağ, 11'i (%44) sol gözdü. Grup 1'de 2 gözde (%9) arka subkapsüler katarakt, 3 gözde olmuş senil katarakt (%13), 3 gözde kortikal katarakt (%13), 15 gözde (%65) kortikonükleer katarakt; grup 2'de 1 gözde (%4) arka subkapsüler katarakt, 1 gözde (%4) olmuş senil katarakt, 1 gözde (%4) kortikal katarakt, 22 gözde (%88) kortikonükleer katarakt mevcuttu. Gruplar arasında katarakt dağılımları açısından anlamlı farklılık yoktu ($p>0.05$). Lens sertliği grup 1'deki 23 hastanın 1'inde +1, 5'inde +2, 13'ünde +3 ve 4'ünde +4 derece olarak belirlenirken, grup 2'deki 25 hastanın 5'inde +2, 18'inde +3 ve 2'sinde +4 derece olarak belirlendi. Gruplar arasında lens sertliği açısından istatistiksel olarak fark saptanmadı ($p>0,05$).

Grup 1'de 2 olguda (%9), grup 2'de 5 olguda (%20) primer açık açılı glokom mevcutken, grup 1'de 2 olguda (%8,7), grup 2'de 3 olguda (%12) tip 2 diabetes mellitus tanısı mevcuttu. İki grup arasında diabetes mellitus ve glokom dağılımı yönünden fark yoktu ($p>0,05$).

Fako süresi grup 1'de ortalama 1,1 ve grup 2'de 1,2 saniye idi. Fako süreleri açısından da iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.1).

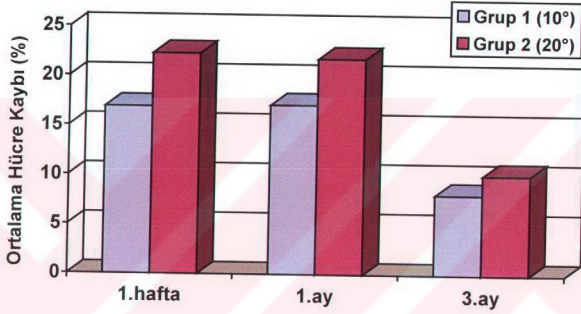
Tablo 4.1. Hasta gruplarının genel özellikleri

	Grup1 (n=23)	Grup 2 (n=25)
	10° C	20° C
Yaş ortalaması (Yıl)	73,0 ± 10,4	75,0 ± 9,8
Cins (Erkek/Kadın)	5/18	11/14
Göz (Sağ/Sol)	11/12	14/11
Diabetes mellitus	2	3
Glokom	2	5
Fako süresi (sn)	1,1	1,2
Lens sertliği (+3)	15	18

Ameliyat öncesi ortalama endotel hücre yoğunluğu grup 1’de $2726,70 \pm 363,49$ hücre/mm², grup 2’de $2814,82 \pm 367,16$ hücre/mm² olarak belirlendi. Ortalama endotel hücre yoğunluğu grup 1’de 1. haftada $2162,20 \pm 480,81$ hücre/mm² düzeyine, 1. ayda $2270,40 \pm 482,49$ hücre/mm² düzeyine geriledi. 3. aydaki ortalama endotel hücre yoğunluğu ise $2473,80 \pm 406,75$ hücre/mm² olarak saptandı. Grup 2’de ortalama endotel hücre yoğunluğu 1. haftada $2178,36 \pm 513,52$ hücre/mm² ve 1. ayda $2174,00 \pm 509,58$ hücre/mm² düzeyine geriledi. 3. ayda ortalama endotel hücre yoğunluğu ise $2348,00 \pm 658,01$ hücre/mm² olarak saptandı (Tablo 4.2). Çalışmamızdaki tüm olgularda endotel hücre yoğunluğunda ortalama kayıp 1. haftada %15,27, 1. ayda %16,87 iken 3. ayda %8,98 olarak saptandı. Grup 1’de endotel hücre yoğunluğunda ortalama kayıp 1. haftada %16,9, 1. ayda %17,1 iken 3. ayda %8,1 ve grup 2’de 1. haftada % 22,3, 1. ayda %21,8 iken 3. ayda %10,1 olarak saptandı. Her iki grupta ameliyat öncesi endotel hücre yoğunluğu ile 1. hafta, 1. ay ve 3. ay endotel hücre yoğunluğu arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı olmasına karşın (p<0,001) endotel hücre yoğunluğundaki kayıp oranında iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı (p>0,05) (şekil 4.1).

Tablo 4.2. Hasta gruplarının endotel hücre yoğunluk (hücre/mm²) değişimleri

	Grup 1 (10° C) (ort ± SS)	Grup 2 (20° C) (ort ± SS)
Preoperatif	2726,70 ± 363,49	2814,82 ± 367,16
1.hafta	2162,20 ± 480,81	2178,36 ± 513,52
1.ay	2270,40 ± 482,49	2174,00 ± 509,58
3.ay	2473,80 ± 406,75	2473,80 ± 406,75



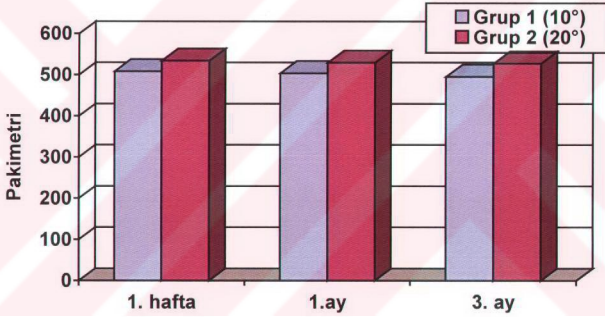
Şekil 4.1. Postoperatif ortalama endotel hücre kaybının gruplara göre dağılımı

Ameliyat öncesi optik pakimetre ile ölçülen ortalama santral kornea kalınlığı grup 1'de $496,3 \pm 34,8\mu\text{m}$, grup 2'de $527,0 \pm 37,9\mu\text{m}$ olarak belirlendi. Grup 1'de santral kornea kalınlığı ameliyat sonrası 1. haftada %2,76 oranında artarak $507,9 \pm 33,0\mu\text{m}$, 1. aydaki kontrolde %2,09 oranında artış ile $503,7 \pm 35,6\mu\text{m}$ olarak belirlenirken, 3. aydaki son kontrolünde $495,0 \pm 34,5\mu\text{m}$ seviyesine gerilediği belirlendi. Grup 2'de santral kornea kalınlığı ameliyat sonrası 1.haftada %3,97 oranında artarak $534,11 \pm 31,13\mu\text{m}$ seviyesine çıkarken 1.ayda %2,26 artış ile $529,4 \pm 34,1\mu\text{m}$ ve 3. ayda $527,22 \pm 35,31\mu\text{m}$ seviyesine geriledi (Tablo 4.3). Her iki grupta da ameliyat öncesine göre 1.hafta ve 1.ay kontrollerinde saptanan santral kornea kalınlık artışlarında istatistiksel olarak anlamlılık saptanmadı ($p>0,05$). İki grup arasında ameliyat öncesine göre ameliyat sonrası kontrollerinde santral kornea değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$) (Şekil 4.2).

Ayrıca santral kornea kalınlığında 1.hafta ve 1. aydaki artış miktarı ile endotel kayıp oranı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmadı ($p= 0,291$, $r = -0,248$).

Tablo 4.3. Hasta gruplarının santral kornea kalınlık (μm) değişimleri

	Grup1 (10° C) (ort ± SS)	Grup 2 (20° C) (ort ± SS)
Preoperatif	496,3 ± 34,8	527,0 ± 37,9
1.hafta	507,9 ± 33,0	534,1 ± 31,1
1.ay	503,7 ± 35,6	529,4 ± 34,1
3.ay	495,0 ± 34,5	527,2 ± 35,3



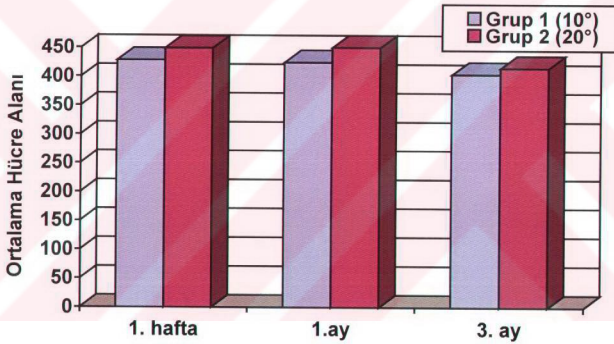
Şekil 4.2. Postoperatif santral kornea kalınlığının (μm) gruplara göre dağılımı

Ortalama endotel hücre alanı (AVG) ameliyat öncesinde grup 1'de $373\mu\text{m}^2$ olarak belirlenirken, 1. haftada $428\mu\text{m}^2$, 1. ayda $424\mu\text{m}^2$ olarak saptandı. 3. aydaki son kontrolde ise $404\mu\text{m}^2$ seviyesine gerileme görüldü. Grup 2'de ameliyat öncesi $370\mu\text{m}^2$ olan ortalama endotel hücre alanı, 1. haftada $449\mu\text{m}^2$, 1. ayda $467\mu\text{m}^2$ 'a çıkarken 3. ayda $415\mu\text{m}^2$ 'a geriledi (Tablo 4.3). Ameliyat sonrası 1.hafta ve 1.ayda ortalama endotel hücre alanında artış ameliyat öncesine göre grup 1'de istatistiksel olarak anlamlı boyutta olmamasına karşın ($p>0,05$) grup 2'de istatistiksel olarak anlamlı boyuttaydı ($p<0,001$). 3. ay son kontrolde saptanan ortalama endotel hücre

alanı ameliyat öncesine göre her iki grupta da anlamlı farklılık göstermedi ($p>0,05$). İki grup arasında ameliyat sonrasında ölçülen ortalama endotel hücre alanlarında da istatistiksel anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$)(şekil 4.3).

Tablo 4.4. Hasta gruplarının ortalama endotel hücre alanı (μm^2) değişimleri

	Grup1 (10° C)	Grup 2 (20° C)
	ortalama	ortalama
Preoperatif	373	370
1.hafta	428	449
1.ay	424	467
3.ay	404	415



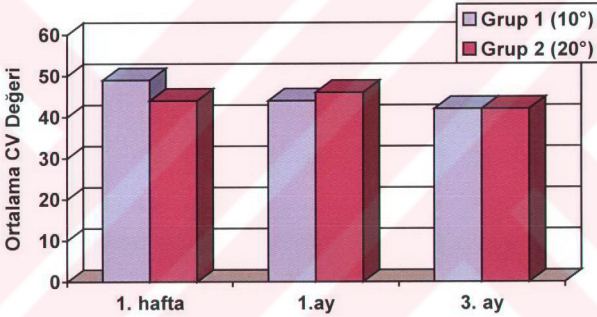
Şekil 4.3. Postoperatif AVG değerlerinin (μm^2) gruplara göre dağılımı

Endotel hücre alanı değişiklik katsayısı (CV) ameliyat öncesi grup 1'de ortalama 43 ve grup 2'de 43 olarak saptandı. Grup 1'de bu değer 1.haftada 49'a çıkmasına karşın 1. ayda 44 ve 3. ayda 42'ye geriledi. Grup 2'de 1. haftada 44, 1. ayda 46 ve 3. ayda 42 olarak belirlendi. 1.hafta ve 1. ayda endotel hücre alanı değişiklik katsayısındaki artış hem grup 1'de hem grup 2'de istatistiksel olarak anlamlı boyutta değildi ($p>0,05$). İki grup arasında ameliyat öncesine göre ameliyat sonrasında CV değerindeki değişiklik oranları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$). Ayrıca iki grup arasında ameliyat öncesi hücre alanı

değişiklik katsayısı ile endotel kayıp oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmadı ($p>0,05$).

Tablo 4.5.Hasta gruplarının endotel hücre değişiklik katsayısı (CV) değişimleri

	Grup1 (10° C) (ortalama)	Grup 2 (20° C) (ortalama)
Preoperatif	43	43
1.hafta	49	44
1.ay	44	46
3.ay	42	42



Şekil 4.4. Postoperatif CV değerlerinin gruplara göre dağılımı

Diabetli olgularda ameliyat öncesi ortalama kornea kalınlığı $534,4 \pm 39,6\mu\text{m}$, endotel hücre yoğunluğu $2726,70 \pm 363,49$ hücre/ mm^2 , CV değeri 48 olarak bulunurken, diabeti olmayan olgularda bu değerler $522,2 \pm 40,09\mu\text{m}$, $2726,70 \pm 363,49$ hücre/ mm^2 ve 41 olarak saptandı. Her iki grupta ameliyat öncesi endotel parametreleri açısından anlamlı fark olmadığı görüldü ($p>0,05$). Ameliyat sonrası 3. ayda endotel kayıp oranları diabetik olgularda ortalama %19.5 iken, diabeti olmayan olgularda %12,5 olarak bulundu ve aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü ($p>0,05$). 1. aydaki ortalama kornea kalınlık artışı incelendiğinde

diabetli olgularda %4,7, diabeti olmayan olgularda %1,2 olduğu ve aradaki farkın yine anlamlı olmadığı saptandı ($p>0,05$).

Glokomlu olgularda ameliyat öncesi ortalama kornea kalınlığı $536,4 \pm 45,1 \mu\text{m}$, endotel hücre yoğunluğu $2800,00 \pm 596,60$ hücre/ mm^2 , CV değeri 42 olarak bulunurken, glokomu olmayan olgularda bu değerler $2728,70 \pm 364,44 \mu\text{m}$, $2726,70 \pm 363,49$ hücre/ mm^2 ve 43 olarak saptandı. Her iki grupta ameliyat öncesi endotel parametreleri açısından anlamlı fark olmadığı görüldü. Ameliyat sonrası 3. ayda endotel kayıp oranları glokomlu olgularda ortalama %15.3 iken, glokomu olmayan olgularda %12,7 olarak bulundu ve aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü ($p>0,05$). 1. aydaki kornea kalınlık artışının glokomlu olgularda %1,6, glokomu olmayan olgularda %1,4 olduğu ve aradaki farkın anlamlı olmadığı saptandı ($p>0,05$).

6. TARTIŞMA

Endotel tabakası korneanın ön kamaraya komşu en iç yüzeyinde yer almasından dolayı tüm göz içi cerrahi girişimlerde travmaya maruz kalır. Katarakt cerrahisinden 1-5 gün sonra endotelin karşılaştığı travmanın şiddetine bağlı olarak değişen oranlarda endotel hücre kaybı görülür. Endotel hücrelerinin mitoz potansiyeli olmadığı için kaybedilen hücrelerinin yeri başlıca komşu hücrelerin göçü ve genişlemesi ile doldurulur. Katarakt ameliyatı sonrası erken dönemde tamir aktivitesi nedeniyle endotel hücreleri düzensiz şekilli ve daha büyüktür. Bu da ortalama endotel hücre alanında (AVG) ve hücre alanı değişiklik katsayısında artışa (CV), heksagonalite oranında ise azalmaya yol açar. Yine erken dönemde genişleyip yassılaştıran hücreler nedeniyle hücreler arası boşlukların artması sonucu endotel geçirgenliğide artar (2). Erken postoperatif değişiklikleri takiben endotelde yeniden yapılanma başlaması ile polimegatizm ve pleomorfizm azalmaya başlar. Ancak ortalama endotel hücre alanında artış ve hücre yoğunluğunda azalma kalıcıdır. Yapılan çeşitli çalışmalarda katarakt ameliyatından sonra endotel morfolojisinin 3 ay sonra normale döndüğü bildirilmektedir (16,17,20,21).

Göz içi irrigasyon sıvıları katarakt cerrahisinin vazgeçilmez unsurudur. Kornea endotel hücreleri ve hücreler arası bağlantılarının dayanıklılığı ve pompa fonksiyonunun normal olarak sürdürülmesinde aköz hümör içeriğinin önemli rolü vardır. Bu nedenle katarakt ameliyatı sırasında aköz hümör ile yer değiştirecek olan irrigasyon sıvısının endoteli en iyi şekilde koruması gerekir. Edelhauser ve arkadaşları endotel sağlığının korunmasında irrigasyon sıvısının kimyasal içeriğinin büyük önemi olduğunu saptamışlardır (38). Farklı irrigasyon sıvılarının kullanıldığı bir çok in vivo çalışmada ameliyat sonrası kornea kalınlık artışı ve endotel kaybının irrigasyon sıvı volümü ve süresinden çok kimyasal içeriği ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Yapılan çalışmalarda Ringer laktata ek olarak dekstroz, glutatyon ve bikarbonat içeren ve böylece aköz fizyolojik bileşimini taklit eden güçlendirilmiş dengeli tuz solüsyonu (BSS Plus) ile ameliyat sonrası kornea ödeminin anlamlı derecede daha az görüldüğü saptanmıştır (36-38). Irrigasyon sıvısının kimyasal içeriği dışında ameliyat sonrası kornea ödeminin ve endotel kaybını etkileyen diğer bir faktör irrigasyon sıvısının sıcaklığıdır. Fakoemülsifikasyon sırasında

fakoemülsifikasyon ucunun titreşimi sırasında ortaya çıkan sıcaklık artışı kornea endotel hasarına sebep olduğu gibi uzun süren olgularda yara yerinde yanıklara da yol açabilmektedir. Hausmann ve arkadaşları aköz sıcaklığının 29.1°C den 33.4°C'ye yükselmesinin kornea endotelinde % 10 kadar kayba neden olduğunu bildirmişlerdir (48). Fakoemülsifikasyon sırasında ön kamarada oluşan sıcaklık artışı uç etrafından sürekli akan irrigasyon sıvısı tarafından soğutulur ve takiben ısınan sıvı aspire edilerek uzaklaştırılır. Oda sıcaklığına göre daha düşük sıcaklıkta irrigasyon sıvısı kullanıldığında bu etki artar ve fakoemülsifikasyon sırasında ön kamarada daha az sıcaklık artışı ve ısı hasarı oluşur. Bu nedenle fakoemülsifikasyon sırasında kullanılan irrigasyon sıvı sıcaklığına göre endotel hasarı ve ameliyat sonrası endotel parametreleri değişebilir.

Çalışmamızda fakoemülsifikasyon sırasında $10 \pm 1^\circ\text{C}$ (grup1) veya $20 \pm 0.7^\circ\text{C}$ 'de (grup 2) irrigasyon sıvısı kullanılan iki farklı grup ameliyat sonrası endotel parametrelerindeki değişimler açısından karşılaştırıldı.

Çalışmamızdaki tüm olgularda endotel hücre yoğunluğunda ortalama kayıp 1. haftada %15,27, 1. ayda %16,87 iken 3. ayda %8,98 olarak saptandı. Bu oranlar literatürdeki oranlarla benzerdir. Çeşitli araştırmacılar fakoemülsifikasyon ve GİL implantasyon sonrası %2.3 ile %23.2 arasında değişen oranlarda endotel kaybı bildirmişlerdir (2, 26-28, 30, 49). Her iki grupta ameliyat öncesi endotel hücre yoğunluğu ile 1. hafta, 1.ay ve 3. ay endotel hücre yoğunluğu anlamlı derecede azalmasına ($p<0,001$) karşın endotel hücre yoğunluğu kaybında iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$). Hayashi ve arkadaşları fakoemülsifikasyon cerrahisinde endotel kaybı açısından temel risk faktörlerini ileri yaş, küçük pupil, sert ve büyük nükleus, büyük infüzyon volümü ve açığa çıkan US enerjisi olarak tanımlamışlardır. Bu faktörler arasında endotel kaybını belirleyen en önemli risk faktörünün nükleus sertliği olduğunu belirtmişlerdir (26). O'Brien ve arkadaşları uzun cerrahi süre, uzun fakoemülsifikasyon zamanı, yüksek US gücü ve nükleus sertliği ile endotel kaybı arasında anlamlı ilişki olduğunu ve bu faktörler arasında endotel kaybının en önemli belirleyicisinin US süresi ve + 3 nükleus sertliği olduğunu belirlemişlerdir (28). Çalışmamızda iki grup arasında yaş dağılımı ve fakoemülsifikasyon zamanı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu. Aynı

zamanda grup 1'in %42'sinde, grup 2'nin %58'inde +3 derecede nükleus sertliği mevcutken lens sertliği açısından da iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu.

Çalışmamızda grup 1'de ameliyat öncesi 496,3µm olarak saptanan santral kornea kalınlığı, ameliyattan 1 hafta sonra %2,76 oranında artış ile 507,9µm düzeyine, grup 2'de ameliyat öncesi 527,0µm olan santral kornea kalınlığı %3,76 oranında artarak 534,1µm düzeyine çıktı. 1. ayda grup 1'de 503,7µm, grup 2'de 529,4µm olarak ölçülen santral kornea kalınlığı ameliyat öncesi değerinden yüksek ancak 1. haftadan daha düşük seviyede idi. 1. haftada ve 1. ayda santral kornea kalınlık artış oranı grup 2'de grup 1'e göre daha fazla olmasına karşın aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi. Ravalico ve arkadaşları fakoemülsifikasyon yapılan olgularda endotel hücre kaybı ve morfolojik değişikliklerin yanısıra kornea geçirgenliği ve pompa aktivitesi değişikliklerini de inceledikleri çalışmalarında ilk haftada görülen polimegatizm, geçirgenlik artışı ve pompa aktivite bozukluğunun fakoemülsifikasyon sonrası 1. ayda ameliyat öncesi seviyeye ulaştığını bildirmişlerdir (2). Carlson ve Bourne katarakt cerrahisi sonrasında geçici olarak azalan endotel bariyer fonksiyonunun ameliyat sonrası 3 ayda tekrar düzeldiğini bildirmişlerdir (19). Benzer şekilde bizim çalışmamızda da hem $10 \pm 1^\circ\text{C}$ grubunda hem de $20 \pm 0.7^\circ\text{C}$ grubunda istatistiksel olarak anlamlı olmamasına rağmen 1. haftada görülen kalınlık artışı 1. ayda azalarak 3. ayda ameliyat öncesi düzeylerine gerilemiştir. Kornea kalınlığı endotel fonksiyonunun dolaylı bir göstergesi olmasına karşın katarakt ameliyatı sonrası kornea kalınlık artışı ile endotel kaybı arasındaki ilişki hakkında literatürde farklı bilgiler vardır. Yapılan bir çalışmada katarakt ameliyatı sonrası endotel yoğunluğunun normal sınırlarda kaldığı durumlarda, kornea kalınlık artışının endotel kaybıyla uyumlu olmadığı bildirilirken, diğer bir çalışmada ameliyat sonrası birinci gündeki kornea kalınlık artışı ile 3. aydaki endotel kaybı arasında kuvvetli ilişki saptanmıştır (16,17). Bizim çalışmamızda 1. hafta ve 1. ayda santral kornea kalınlığındaki artış ile endotel kayıpları arasında belirgin bir ilişki olmadığını saptadık. Ameliyat sonrası 1. hafta ve 1. ayda ortalama endotel hücre alanı artışı ameliyat öncesine göre grup 1'de istatistiksel olarak anlamlı boyutta olmamasına karşın grup 2'de istatistiksel olarak anlamlı boyuttaydı. Ancak ortalama endotel hücre alanında 1. hafta ve 1. ay artış oranlarında iki grup arasında istatistiksel

olarak farklılık saptamadık. Her iki grupta da 3. ay son kontrolde saptanan ortalama endotel hücre alanı ameliyat öncesine göre artış göstermesine karşın 1. haftaya göre daha düşük olması, 1.haftadaki endotel kaybının 3. aydan daha fazla olması ile uyumludur.

Çalışmamızda endotel hücrelerinin değişiklik katsayısı (CV) grup 1’de ameliyat öncesi 43 değerine göre 1. haftada 49 seviyesine artarken, 1. ayda 44, değerine 3. ayda 42 değerine geriledi. Grup 2’de ameliyat öncesi 43 olan CV değeri 1. haftada 44, 1. ayda 46 değerine artarken, 3. ayda ise 42 seviyesine geriledi. Her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı olmamasına rağmen CV değeri 3. ayda 1. haftaya göre azalmıştır. Katarakt cerrahisi sonrası endotel hücrelerinin değişiklik katsayısı ve heksagonalitenin 3 ila 6 ay arasında normale döndüğü bildirilmektedir (16,17,20,21). Bizim çalışmamızda da endotel tamirinde yeniden yapılanma ile birlikte 3. ayda ameliyat öncesi CV değerine gerileme saptadık. Bununla birlikte gruplar arasında ameliyat sonrası CV değişkenliklerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ($P>0,05$). Çeşitli araştırmacılar ameliyat sonrası oluşacak kaybın önceden tahmin edilebilmesi amacıyla ameliyat öncesi endotel hücre yoğunluğunun, endotel hücre alanlarının değişiklik katsayısı ve heksagonal hücre oranının endotel sağlamlığının göstergesi olarak değerlendirilmesinin uygun olmadığını bildirmişlerdir (21). Bizim çalışmamızda ameliyat öncesi endotel yoğunluğu ve hücre alanı değişiklik katsayısı ile endotel kayıp oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmadı.

Uzun süreli diyabetin endotelde polimegatizm ve pleomorfizm artışına yol açtığı bilinmektedir. Schultz ve arkadaşları 10 yıldan uzun süreli tip 2 diabetes mellitusu olan olgularda sağlıklı olgulara göre endotel hücre yoğunluğu değişmezken, CV değerinin arttığını ve heksagonal hücre oranının %50’ye kadar azaldığını bildirmişlerdir (50). Kenji ve arkadaşları ise katarakt cerrahisi yapılacak tip 2 diyabeti olan olgularla diyabetik olmayan olguları karşılaştırdıkları çalışmalarında, endotel hücre yoğunluğu, heksagonalite oranı ve CV değeri açısından fark saptamamışlardır (51). Bizim çalışmamızda tip 2 diyabetik 5 olgu ile sağlıklı olgular arasında ameliyat öncesi kornea kalınlığı, endotel hücre alanı ve CV değeri açısından anlamlı fark

bulunmadığını belirledik. Bu iki grup arasında 3. aydaki endotel kayıp oranları ve kornea kalınlık artışları açısından da belirgin bir fark olmadığını gördük.

Glokomlu olgularda yüksek göz içi basıncının direk hasarı, eşlik eden konjenital kornea endotel değişiklikleri ve glokom ilaçlarının toksisitesine bağlı olarak kornea endotel değişiklikleri görülebilir. Gagnon ve arkadaşları glokomu olan olgularda sağlıklı olgulara göre endotel hücre yoğunluğunun daha düşük olduğunu bildirmişlerdir (52). Çalışmamızda primer açık açılı glokomlu olgular ile sağlıklı olgular arasında ameliyat öncesi kornea kalınlığı, kornea endotel hücre yoğunluğu ve CV değeri açısından anlamlı fark bulunmadığını belirledik. Bu iki grup arasında 3. aydaki endotel kayıp oranları ve kornea kalınlık artışları açısından da belirgin bir fark olmadığını gördük. Bizim bulgularımızla uyumlu olarak Korey ve arkadaşları primer açık açılı glokom, oküler hipertansiyon ve sağlıklı olguları karşılaştırdıkları çalışmalarında santral kornea kalınlığı ve endotel hücre yoğunluğu açısından gruplar arasında fark saptamamışlardır (53).

6. SONUÇLAR

Katarakt cerrahisinde yaşanan hızlı gelişmeler sayesinde fakoemülsifikasyon yöntemi güvenli ve başarılı olmasından dolayı, giderek yaygınlaşmıştır. Fakoemülsifikasyonun ameliyat sonrası görme keskinliğini olumsuz şekilde etkileyen en önemli komplikasyonlarından biri endotel hasarıdır. Fakoemülsifikasyonun ilk kullanılmaya başlanıldığı yıllarda yüksek oranda endotel kaybı görülmesine karşın günümüzde uygulanan modern fakoemülsifikasyon tekniklerinde endotel kaybı daha az görülmekte ve endotel fonksiyonları daha hızlı olarak normale dönmektedir. Çalışmamızda tüm olgularda saptadığımız 3. aydaki %8,9 oranındaki endotel kaybı başka serilerde bildirilen sonuçlarla uyumludur.

Fakoemülsifikasyon sırasında endotel hasarından cerrahi sırasında kullanılan aletlerin veya lens parçalarının endotele direk teması, US enerjisinin mekanik etkisi, irrigasyon sıvısının turbulansı, hava kabarcığı, serbest radikal oluşumu ve fakoemülsifikasyon ucunun yarattığı sıcaklık artışı sorumlu tutulmaktadır. Katarakt cerrahisi sırasında endotel hasarının en aza indirilmesinde viskolelastiklere ek olarak kullanılan irrigasyon sıvılarının önemli rolü vardır. Irrigasyon sıvılarının kimyasal içeriği ve sıcaklığı kornea endotelini etkileyebilmektedir. Katarakt cerrahisi sırasında çoğunlukla oda sıcaklığında bekletilen irrigasyon sıvısı kullanılmaktadır. Bununla birlikte oda sıcaklığından daha düşük sıcaklıktaki irrigasyon sıvısı kullanıldığında, fakoemülsifikasyon ucunun titreşimi sırasında ön kamarada oluşan sıcaklık artışı tamponlanabilir. Böylece kornea ve göz içi dokuların ısı hasarı engellenerek ameliyat sonrası daha az inflamasyon, daha az kornea ödemi ve endotel kaybı oluşur.

Çalışmamızda fakoemülsifikasyon cerrahisinde oda sıcaklığı ($20 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$) veya buzdolabında bekletilerek soğutulmuş ($10 \pm 1^{\circ}\text{C}$) iki farklı sıcaklıktaki irrigasyon sıvısı kullanıldı ve kornea endotelinde sebep oldukları değişiklikler karşılaştırıldı. Irrigasyon sıvısının $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ kullanıldığı grup ile $20 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ kullanıldığı iki grup arasında fakoemülsifikasyon sonrası endotel hücre yoğunluğu, kornea kalınlığı, ortalama endotel hücre alanı ve endotel hücre alanı değişiklik katsayısı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptamamıza karşın soğutulmuş irrigasyon sıvısı uygulanan grupta, diğer gruba göre hem 1. hafta hemde 1. ayda santral kornea kalınlığı artışı daha düşüktü. Ayrıca 1. hafta ve 1. ayda görülen

ortalama hücre alanı artışı ve endotel hücre yoğunluğu kaybı $20 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ grubunda $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ grubuna göre daha fazla oranda iken CV değerinin düzelmesi $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ grubunda $20 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ grubuna göre daha hızlı gerçekleşmiştir.

Fakoemülsifikasyon sırasında irrigasyon sıvılarının oda sıcaklığına göre daha düşük sıcaklıkta kullanımı ile ameliyat sonrası kornea endotelinde zararlı bir etki saptamadığımız gibi santral kornea kalınlığı ve CV değerlerindeki daha hızlı iyileşmeden dolayı ilave yararları olabileceğini düşünüyoruz. Fakoemülsifikasyon sonrası kornea endotelinin erken işlevsel ve morfolojik düzelmesi açısından irrigasyon sıvılarının katarakt cerrahisi sırasında $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de soğuk uygulanması önerilebilir.



ÖZET

Fakoemülsifikasyonda Kullanılan İrrigasyon Sıvı Sıcaklığının Kornea Endoteline Etkisi

Çalışmamızda amacımız fakoemülsifikasyon cerrahisi uygulanan katarakt olgularında kullanılan irrigasyon sıvı sıcaklığının ameliyat sonrası kornea endotel değişiklikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmektir.

Mart 2005 – Temmuz 2005 tarihleri arasında Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz hastalıkları Anabilim Dalı'nda fakoemülsifikasyon yöntemi ile ameliyat edilen ve GİL implantasyonu yapılan 48 hastanın 48 gözü çalışma kapsamına alındı. Hastalar fakoemülsifikasyon sırasında kullanılan göz içi irrigasyon sıvısının (BSS Plus) sıcaklığına göre iki gruba ayrıldı. Grup 1'de fakoemülsifikasyon sırasında 10 ± 1 °C BSS Plus uygulanan 23 hastanın 23 gözü ile grup 2'de 20 ± 0.7 °C BSS Plus uygulanan 25 hastanın 25 gözü, ameliyat sonrası endotel değişiklikleri açısından karşılaştırıldı. Fundus patolojisi dışında herhangi bir oküler patoloji bulunan, daha önceden travma veya göz içi cerrahi geçirmiş olan gözler çalışmaya alınmadı.

Ameliyat öncesinde tüm olgulara düzeltilmiş Snellen görme keskinliği, Goldmann aplanasyon tonometrisi ile göz içi basıncı ölçümü, dilate pupilladan biomikroskopik ve fundus muayenesini içeren tam göz muayenesi yapıldı. Ameliyat öncesi speküler mikroskop cihazı ile çekilen endotel fotoğraflarında endotel parametreleri belirlendi. Ameliyat sonrası 1.hafta, 1. ay ve 3. ay kontrollerinde speküler mikroskopi ölçümleri tekrarlanarak santral kornea kalınlığı (T), ortalama endotel hücre alanı (AVG), endotel hücre alanlarının değişiklik katsayısı (CV) ve santral korneada endotel hücre yoğunluğu (CD) değerlendirildi.

Ameliyat sonrası olgularımızda endotel hücre yoğunluğu her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı boyutta azaldı. 3. aydaki endotel kayıp oranı grup 1'de % 8,1, grup 2'de %10,1 idi. Endotel kayıp oranları her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermedi ($p>0,05$). Ameliyat sonrası santral kornea kalınlığı 1. hafta ve 1. ayda grup 2 de daha fazla olmak üzere her iki grupta da arttı. Bununla birlikte kornea kalınlık artış oranları iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0,05$). Ameliyat sonrası 1.hafta ve 1. ayda ortalama endotel hücre alanı grup 2'de istatistiksel olarak anlamlı boyutta artarken ($p<0,001$) grup 1'deki

artış istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0,05$). Ortalama endotel hücre alanları artış oranları arasında iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu ($p>0,05$). Her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı olmamasına rağmen CV değeri 1. haftada ve 1. ayda arttı. Normal CV değeri grup 1’de cerrahiden 1 ay sonra elde edilirken, grup 2’de 3 ay sonra elde edildi.

Sonuç olarak; irrigasyon sıvısının $10 \pm 1^\circ\text{C}$ kullanıldığı grup ile $20 \pm 0.7^\circ\text{C}$ kullanıldığı grup arasında fakoemülsifikasyon sonrası kornea endotel değişikliklerinde anlamlı bir fark saptanmadı. Ancak grup1’de ($10 \pm 1^\circ\text{C}$) fonksiyonel ve morfolojik düzelmenin grup 2’ye ($20 \pm 0.7^\circ\text{C}$) göre daha erken dönemde gerçekleştiği gözlemlendi. Bu nedenle fakoemülsifikasyon sırasında irrigasyon sıvısının soğutularak $10 \pm 1^\circ\text{C}$ ’de kullanımını yararlı olabilir.

Anahtar Sözcükler: Fakoemülsifikasyon, Kornea Endoteli, Irrigasyon Sıvısı, Speküler Mikroskopi, Sıcaklık.

SUMMARY

The Effect of Temperature of Irrigating Solution Used During Phacoemulsification on Corneal Endothelium

In this study, our purpose was to evaluate the effects of temperature of irrigating solution on corneal endothelium during phacoemulsification surgery.

Between March 2005 and July 2005, 48 eyes of 48 patients with cataract were included in the study. The patients were divided into two groups according to the temperature of intraocular irrigating solution (BSS Plus) used during phacoemulsification. In the first group, BSS Plus at $10 \pm 1^\circ\text{C}$ was used on 23 eyes of 23 patients and in the second group BSS Plus at $20 \pm 0.7^\circ\text{C}$ was used on 25 eyes of 25 patients. The groups were compared according to postoperative corneal endothelium changes. Eyes with fundus pathology and eyes that had trauma or surgery were excluded.

Before surgery, a complete ophthalmological examination including corrected Snellen visual acuity, tonometry with Goldmann applanation tonometer, biomicroscopic examination and funduscopy after pupillary dilation were done. Specular microscopy was done to evaluate corneal endothelium preoperatively and postoperatively at 1st week, 1st month and 3rd months. Central corneal thickness (T), endothelial cell density (CD), coefficient of variation of cell area (CV) and average cell area (AVG) were measured by specular microscopy.

After surgery, endothelial cell density significantly decreased in both groups. At 3 months, the percentage of cell loss was in the first group %8.1 ($10 \pm 1^\circ\text{C}$) and in the second group ($20 \pm 0.7^\circ\text{C}$) %10.1. Statistically, there was not a significant difference in the endothelial cell loss between two groups ($P > 0.05$). Postoperatively central corneal thickness increased at first week and first month in both groups. Although the changes in central corneal thickness was more pronounced in the second group, there wasn't any significant difference between two groups ($p > 0.05$). At first week and first month after surgery AVG significantly ($p < 0.001$) increased in grup 2 ($p > 0.05$) but the increase in AVG was not significant. There was no significant difference in the increase rate of AVG between two groups. In both groups, there was an increase in CV at 1st week and 1st month but this was not

significant. Postoperative CV levels returned to normal levels at 1st month in the first group and at 3rd months in the second group.

In conclusion, there was no significant difference between the changes in corneal endothelium after phacoemulsification in group 1 (irrigating solution at $10 \pm 1^\circ\text{C}$) and in group 2 (irrigating solution at $20 \pm 0.7^\circ\text{C}$). However it was observed that functional and morphological endothelial recovery occurred earlier in grup 1($10 \pm 1^\circ\text{C}$) than grup 2 ($20 \pm 0.7^\circ\text{C}$). Thus the use of cold irrigating solution at $10 \pm 1^\circ\text{C}$ may be of benefit during phacoemulsification .

Key Words: Phacoemulsification, Corneal Endothelium, Irrigating Solution, Specular Microscopy, Temperature.



KAYNAKLAR

1. Kelman CD. Phacoemulsification and aspiration. *Am J Ophthalmol* 1967; 64:23-25
2. Ravalico G, Tognetto D, Palomba AM, Lovisato A, Baccara F. Corneal endothelial function after extracapsular cataract extraction and phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1997; 23:1000-1005
3. Jousseaume AM, Barth U, Çubuk H, Koch HR. Effect of irrigating solution and irrigating temperature on corneal and pupil during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26:392-397.
4. Zorab AR. Lens and cataract. In: Denny M, Daniel J, eds. *American academy of ophthalmology*. San Francisco: LEO. 2003; 81-86.
5. Linebarger EJ, Hardten DR, Shah GK, Lindstrom RL. Phacoemulsification and modern cataract surgery. *Surv Ophthalmol* 1999; 44:123-147.
6. Vargas LG, Holzer MM, Solomon KD, Sandoval HP, Auffard UP, Apple DJ. Endothelial cell integrity after phacoemulsification with 2 different handpieces. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30:478-482.
7. Allen D. The mechanical and hydrodynamic aspects of phacoemulsification. In: Yanoff M, Duker Js, eds. *Ophthalmology*. 1st edition. London: Mosby Year Book, 1999; 4.22.1.4.22.4.
8. Siebel SB. *Phacodynamics*. Los Angeles: Slack, 1993.
9. Garcia A, Loureiro F, Limao A, Sampaio A, Ilharco J. Preservative-free lidocaine 1% anterior chamber irrigation as adjunct to topical anesthesia. *J Cataract Refract Surg* 1998; 24:403-409.
10. Arshinoff SA. Dispersive and cohesive viscoelastic materials in phacoemulsification. *Ophthalmic Practice* 1995; 13:98-104.
11. Buratto L. Techniques of phacoemulsification. In: Buratto L, eds. *Phacoemulsification. Principles and techniques*. Los Angeles: Slack, 1998; 71-170.
12. Hart WM: The cornea. In: Hart WM, ed. *Adler's Physiology of the Eye*. 9 th ed. St. Louis: Mosby Year Book, 1992; 39-65.

13. Bourne WM. Biology of the corneal endothelium in health and disease. *Eye* 2003; 17: 912-918
14. Ula J, Kathryn C. Evaluation of the corneal endothelium. *Techniques in Ophthalmology* 2005; 3:19-26.
15. Diaz- Vale D, Benitez Del Castillo Sancez JM, Castillo A, Sayagues O, Moriche M. Endothelial damage with cataract surgery techniques. *J Cataract Refract Surg* 1998; 24: 951-955.
16. Ventura S, Walti R, Böhne M. Corneal thickness and endothelial density before and after cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 2001; 85:18-20.
17. 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.
18. Edelhauser H. The relisiency of the corneal endothelium to refractive and intraocular surgery. *Cornea* 2000; 19:263-273.
19. Carlson KH, Bourne WM. The clinical measurement of endothelial permeability. *Cornea* 1998; 7:183-189.
20. Matsuda M, Miyaki K, Inaba M. Long term corneal endothelial changes after intraocular lens implantation. *Am J Ophthalmol* 1988; 105:248-252.
21. Bourne W, Nelson L, Hodge D. Continued endothelial cell loss ten years after lens implantation. *Ophthalmology* 1994; 101:1014-1023.
22. Miyake M, Asakura M, Kobayashi H. Effects of intraocular lens fixation on blood-aqueous barrier. *Am J Ophthalmol* 1984; 98:451-457.
23. Topaz M, Motiei M, Assia E, Meyerstein D, Meyerstein N, Gedanken A. Acoustic cavitation in phacoemulsification. *Ultrasound in Med & Biol* 2002; 28: 775-784.
24. Cameron M, Poyer JF, Aust SD. Identification of free radicals produced during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27:463-470.
25. Kim E, Cristol S, Geroski D, Mccarey B, Edelhauser H. Corneal endothelial damage by air bubbles during phacoemulsification. *Ophthalmology* 1997; 115:81-88.
26. Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Risk factors for corneal endothelial injury during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1996; 22: 1079-1084.

27. 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
28. 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.
29. Elena M, Carlos V, Maricruz C. Corneal endothelium evaluation after phacoemulsification with continuous anterior chamber infusion. *Cornea* 2005; 24:278-282.
30. Dick HB, Kohnen T, Jacobi FK, Jacobi KW. Long term endothelial cell loss following through a temporal clear corneal incision. *J Cataract Refract Surg* 1996; 22:63-71.
31. Hayashi K, Hayashi H, Hayashi F. Corneal endothelial cell loss in phacoemulsification surgery with silicone intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 1996; 22: 743-747.
32. Kosrirukvongs P, Slade SG, Berkeley RG. Corneal endothelial changes after divide and conquer versus chop and flip phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1997; 23: 1006-1012.
33. Vajpayee Rb, Kumar, Dada V. Phaco-chop versus stop-chop nucleotomy for phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26:1638-1641.
34. 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.
35. Ravalico G, Tognetto D, Baccara F, Lovisato A. Corneal endothelial protection by different viscoelastics during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1997; 23: 433-439.
36. McDermott ML, Edelhauser H, Hack HM, Langston RHS. Ophthalmic irrigants: a current review and update. *Ophthalmic Surgery* 1988; 19:724-733.
37. Glasser DB, Matsuda M, Ellis JG, Edelhauser H. Effects of intraocular irrigating solutions on the corneal endothelium after in vivo anterior chamber irrigation. *Am J Ophthalmol* 1985; 99:312-328.

38. Edelhauser H, Gonnering R, Vanhorn DL. Effects of intraocular irrigating solutions : a comparative study of BSS Plus and lactated ringer's solution. *Arch Ophthalmol* 1978; 96:516-520.
39. Freman RD, Fatt T. Environmental influences on ocular temperature. *Invest Ophthalmol Visual Sci* 1973; 12:596-602.
40. Tamai T, Majima A, Yan C. Effects of local hypothermia on uveal blood flow and postoperative inflammation in vitrectomy. *Jpn J Ophthalmol* 1995; 39:43-48.
41. Jabbour NM, Schepens CL, Buzney SM: Local ocular hypothermia in experimental intraocular surgery. *Ophthalmology* 1998; 95:1687-1690.
42. Findl O, Amon M, Kruger A, Petternel V, Schauersberger J. Effects of intraocular irrigating solutions on blood- aqueous barrier after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 1999; 25:566-568.
43. Efron N, Young G, Brennan NA. Ocular surface temperature. *Curr Eye Res* 1989; 8:901-906.
44. Berger JW, Talamao JH, Lamarche KJ. Temperature measurements during phacoemulsification and erbium:YAG laser phacoablation in model systems. *J Cataract Refract Surg* 1996; 22:372-375.
45. Sippel KC, Pineda R. Phacoemulsification and thermal wound injury. *Sem Ophthalmol* 2002; 17:102-109
46. Zilis JD, Chandler D, Machemer R. Clinical and histologic of effects of extreme intraocular hypothermia. *Am J Ophthalmol* 1995; 39:43-48.
47. Mannis MJ, Miller RB, Carlson EC. Effects of intraocular hypothermia corneal endothelial morfology. *Br J Ophthalmol* 1983; 67: 804-807.
48. Hausman N, Richard G. Investigations on diathermy for anterior capsulotomy. *Invest Ophthalmol Visual Sci* 1991; 22:1255-2159.
49. Helga S, Oday Sa, David V, Kerry S. Corneal endothelial cell damage after lens extraction using fluid-based system compared to ultrasound phacoemulsification in human cadaver eyes. *Cornea* 2004; 23: 720-722.
50. Schulz RO, Matsuda M, Yee RW. Corneal endothelial changes in type 1 and type 2 diabetes mellitus. *Am J Ophthalmol* 1984; 98:401-410.
51. Kenji I, Yoshihiro T, Yuji I, Shiro A, Tetsuro O, Jiro I. Corneal endothelial morphology in patients undergoing cataract surgery. *Cornea* 2002; 21:360-363.

52. Gaggon MM, Biosjoly HM, Burunette I, Charest M, Amyot M. Corneal endothelial cell density in glaucoma. *Cornea* 1997; 16:314-318.
53. Korey M, Gieser D, Kass MA , Waltman SR, Gordon M, Becker B. Central corneal endothelial cell density and central corneal thickness in ocular hypertension and primary open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1982; 1.

