



**T.C. Sğlık Bilimleri Üniversitesi
Başakşehir am ve Sakura şehir Hastanesi**

Göz Hastalıkları Kliniği

**YENİ KANTİTATİF FORMÜLLER İLE PİTOZİS
CERRAHİSİ SONRASI GÖZ KAPAğI KONTUR
SİMETRİSİ ANALİZİ**

Dr. Muzaffer Said GÜLER

TIPTA UZMANLIK TEZİ

İSTANBUL/2025



T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
BAŞAKŞEHİR ÇAM ve SAKURA ŞEHİR HASTANESİ

GÖZ HASTALIKLARI KLİNİĞİ

YENİ KANTİTATİF FORMÜLLER İLE PİTOZİS
CERRAHİSİ SONRASI GÖZ KAPAĞI KONTUR
SİMETRİSİ ANALİZİ

Dr. Muzaffer Said GÜLER

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Kübra ŞEREFOĞLU ÇABUK

Doç. Dr. Fatma SAVUR

TIPTA UZMANLIK TEZİ

İSTANBUL/2025

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	ii
KISALTMALAR	iii
TABLO LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
GİRİŞ ve AMAÇ	1
GENEL BİLGİLER	3
GEREÇ VE YÖNTEM	15
BULGULAR	20
TARTIŞMA	31
LİMİTASYON.....	40
SONUÇLAR	42
KAYNAKÇA.....	44
ÖZGEÇMİŞ	48
EKLER	49

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi, deneyim ve birikimlerini benimle cömertçe paylaşan, kişisel ve mesleki gelişimim için desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, eğitimimiz için tüm imkanları seferber eden ve yetişmemizde büyük emekleri olan başta kliniğimizin Eğitim Sorumlusu Doç. Dr. Burçin Kepez Yıldız’a,

Meslek hayatımda örnek aldığım bilgi ve tecrübelerini paylaşarak, donanımlı bir hekim olmam için bana yol gösteren, hastalara yaklaşımı ve akademik duruşuyla daima rehberim olan kıymetli hocalarım Prof. Dr. Sadık Altan Özal, Doç. Dr. Havva Kaldırım, Doç. Dr. Murat Karapapak, Doç. Dr. Yunus Karabela, Doç. Dr. Fatma Selin Kaya, Prof. Dr. Mustafa Özsütçü’ye,

Tez çalışmam süresince bilimsel yönlendirmeleriyle yolumu aydınlatan, yenilikçi vizyonu, sabrı ve motivasyonu her zaman yanımda olup sonsuz desteklerinden ve emeklerinden ötürü tez danışman hocalarım Sayın Doç. Dr. Kübra Şerefoğlu Çabuk ve Doç. Dr. Fatma Savur’a,

Uzmanlık eğitimimin ilk gününden itibaren akademik hayatımın her aşamasında beni içtenlikle destekleyen, karşılaştığım zorluklarda yol gösteren; engin bilgisi, eşsiz tecrübesi ve insani yaklaşımıyla her zaman örnek aldığım; mesleki ve kişisel gelişimim için zamanını ve emeğini cömertçe paylaşan; yaşamım boyunca süreceğine inandığım rehberliği ve desteğiyle, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum çok değerli hocam Prof. Dr. Yusuf Yıldırım’a

Tez sürecinde bilgisi, tecrübesiyle yaptığı analizleri ve özverili çalışmalarıyla büyük desteği ve emeği olan Sayın Said Kemal Cengiz’e

İhtiyaç duyduğum her anda bilgilerini cömertçe paylaşarak mesleki gelişime katkı sağlayan, yardımseverlikleriyle bana her zaman destek olan tüm uzman doktorlarımıza,

Uzmanlık eğitimim süresince hem mesleki hem de kişisel zorlukları birlikte paylaştığım, dostluklarından güç aldığım sevgili asistan arkadaşlarıma,

Bugünlere gelmemde sonsuz sevgileri, özverileri ve sabırlarıyla bana güç veren, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli aileme ve hayatımın her anında sevgiyle yanımda olan değerli eşim Ahsen’e içten teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Muzaffer Said GÜLER
İstanbul, 2025

KISALTMALAR

KJM: Konjonktivomüllerektomi

LR: Levator Rezeksiyonu

MAE: Mean Absolute Error

MSE: Mean Squared Error

MRD1: Margin Reflex Distance

POC: Percentage of co-efficiency

RMSE: Root Mean Square Error

YZ: Yapay Zeka

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Tanımlayıcı Bilgiler.....	20
Tablo 2: Kantitatif Hata Metrikleri ve Subjektif Değerlendirmelere İlişkin Tanımlayıcı Bilgiler	21
Tablo 3: Operasyon Türüne göre MRD1 Farklarının Karşılaştırılması.....	22
Tablo 4: Preop Subjektif Kapak Simetrisi ile Preop Hata Metrikleri Arasındaki Korelasyonlar.....	22
Tablo 5: Postop Subjektif Kapak Simetrisi ile Postop Hata Metrikleri Arasındaki Korelasyonlar	23
Tablo 6: Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı ile Postop Hata Metrikleri Arasındaki Korelasyonlar	23
Tablo 7: Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı Arasındaki Korelasyonlar.....	24
Tablo 8: Ameliyat Türüne Göre Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı Arasındaki Korelasyonlar.....	24
Tablo 9: Tek Göz ve Bilateral Cerrahi Gruplarında Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı ile Postop Hata Metrikleri Arasındaki Korelasyonlar	25
Tablo 10: Subjektif Ameliyat Başarısına Göre YZ Başarısı ile Postop Hata Metrikleri Arasındaki Korelasyonlar.....	26
Tablo 11: Operasyon Türüne Göre Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı ile Postop Hata Metrikleri Arasındaki Korelasyonlar	27
Tablo 12: Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı ile MRD1 Değişimi Arasındaki Korelasyonlar	28
Tablo 13: Tek Taraflı Cerrahi Uygulanan Hastalarda Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı için Regresyon Analizleri	30

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Bezier Eğrileriyle Kapak Kontur Çizimi	16
Şekil 2: Bezier Eğrileriyle Kapak Kontur Analizi	16
Şekil 3: Operasyon Türüne göre MRD1 Farklarının Dağılımı	22
Şekil 4: Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısına İlişkin Saçılım Grafiği.....	24
Şekil 5: Tek Göze Cerrahi Uygulanan Hastalarda Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı İle MRD1 Değişimlerine İlişkin Saçılım Grafiği.....	28
Şekil 6: Hastaların Tamamında Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı ile MRD1 Değişimlerine İlişkin Saçılım Grafiği.....	29

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada, pitozis cerrahisi sonrası göz kapağı kontur simetrisinin değerlendirilmesinde objektif kantitatif hata metriklerinin (MAE, MSE, RMSE, R^2 , POC) kullanımı araştırılmış ve bu ölçümlerle elde edilen sonuçların, subjektif değerlendirmeler ve yapay zekâ (YZ) tabanlı algoritmalarla elde edilen başarı skorları ile olan ilişkisi incelenmiştir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya blefaroplasti, konjonktivomüllerektomi (KJM) ve levator rezeksiyonu (LR) uygulanan toplam 67 hasta dahil edilmiştir. Ameliyat öncesi ve sonrası dönemde MRD1(Margin Reflex Distance) değerleri, kapak kontur simetrisine dayalı hata metrikleri ve çok kriterli değerlendirme yöntemiyle oluşturulmuş YZ başarı skorları karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Postoperatif dönemde MRD1 değerlerinde anlamlı artış, kontur simetrisinde ise belirgin iyileşme gözlemlenmiştir. Subjektif cerrahi başarı skorları ile YZ algoritması tarafından hesaplanan başarı skorları arasında güçlü pozitif bir korelasyon saptanmıştır ($r = 0,804$; $p < 0,001$). Buna ek olarak, hem subjektif değerlendirme puanları hem de YZ tarafından üretilen başarı skorları ile kontur tabanlı kantitatif hata metrikleri arasında anlamlı düzeyde ilişkiler bulunmuştur. Regresyon analizleri sonucunda hem subjektif hem de YZ temelli başarı skorları üzerinde MRD1 artışı ile postoperatif POC (Percentage of Co-efficiency) değerinin anlamlı etkileri olduğu belirlenmiştir. YZ modelinin MRD1'e %40, kontur simetrisine ise %30 oranında ağırlık tanınmasıyla, regresyon katsayıları arasında genel bir uyum görülmüştür. Bu bulgular, YZ algoritmalarının insan değerlendirmeleriyle benzer parametrelere odaklanarak çalışabileceğini düşündürmektedir.

Sonuç: Bu çalışma, göz kapağı simetrisi analizine dayalı hata metrikleri ile YZ destekli sistemlerin, pitozis cerrahisi sonrası estetik ve fonksiyonel sonuçların değerlendirilmesinde potansiyel bir katkı sunabileceğini ve subjektif değerlendirmelerle anlamlı düzeyde örtüşen sonuçlar üretebildiğini göstermektedir. Bu tür objektif sistemlerin, ilerleyen dönemlerde klinik karar destek süreçlerine entegre edilmesiyle estetik ve fonksiyonel değerlendirmelerde daha standart ve tekrarlanabilir yaklaşımların gelişimine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Estetik değerlendirme, Gz kapağı simetrisi, Hata metrikleri, MRD1, Pitozis, Yapay zekâ



ABSTRACT

Aim: This study aimed to investigate the use of objective quantitative error metrics (MAE, MSE, RMSE, R^2 , POC) in evaluating upper eyelid contour symmetry after ptosis surgery. It also examined the relationship between these metrics and both subjective assessments and artificial intelligence (AI)-based algorithm-generated success scores.

Materials and Methods: A total of 67 patients who underwent blepharoplasty, conjunctival Müllerectomy (KJM), or levator resection (LR) were included in the study. Preoperative and postoperative Margin Reflex Distance (MRD1) values, contour-based error metrics, and AI success scores derived from a multi-criteria evaluation model were compared.

Results: A significant increase in MRD1 values and a notable improvement in contour symmetry were observed postoperatively. A strong positive correlation was found between subjective surgical success scores and AI-generated scores ($r = 0.804$; $p < 0.001$). Additionally, both subjective and AI-based scores were significantly associated with contour-based quantitative error metrics. Regression analyses revealed that both MRD1 increase and postoperative Percentage of Co-efficiency (POC) values significantly influenced subjective and AI-derived success scores. The AI model assigned a 40% weight to MRD1 and 30% to contour symmetry, aligning well with the regression coefficients. These findings suggest that AI algorithms may operate based on similar parameters used in human clinical evaluations.

Conclusion: This study demonstrates that contour-based error metrics and AI-assisted systems have potential value in assessing aesthetic and functional outcomes after ptosis surgery. The alignment between AI outputs and subjective assessments supports the future integration of such objective systems into clinical decision-making processes, enabling more standardized and reproducible evaluation methods.

Keywords: Aesthetic evaluation, Eyelid symmetry, Error metrics, MRD1, Ptosis, Artificial intelligence

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Üst göz kapağı estetiği ve fonksiyonunu etkileyen ptozis, çeşitli cerrahi tekniklerle düzeltilebilen önemli bir oftalmolojik patolojidir. Cerrahi müdahalelerin başarısı, uzun yıllar boyunca hekimlerin ve hastaların subjektif değerlendirmelerine dayalı olarak tanımlanmıştır. Ancak bu değerlendirmeler, bireysel algılar ve beklentiler nedeniyle yüksek oranda değişkenlik gösterebilmekte, estetik ve fonksiyonel başarının objektif biçimde belirlenmesini ve standardizasyonunu güçleştirmektedir. Bu nedenle, ptozis cerrahilerinin sonuçlarının güvenilir ve tekrarlanabilir şekilde ölçülebilmesi için çok boyutlu ve kantitatif analizlere dayalı yöntemlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Ptozis cerrahileri değerlendirmelerinde en sık kullanılan geleneksel parametrelerden biri olan MRD1 göz kapağı yüksekliğini lineer olarak tanımlayan temel bir ölçüttür. Ancak bu parametre, göz kapağı konturunun ve simetrisinin tamamını yansıtmaması nedeniyle estetik simetriyi değerlendirmede yetersiz kalmaktadır. Bu bağlamda, son yıllarda geliştirilen kontur analizi tabanlı yöntemler, göz kapağı eğrisinin matematiksel olarak tanımlanmasını ve estetik simetriyi sayısal metriklerle ifade edebilme olanağını sağlamıştır. Bu yöntemler arasında, Benzer eğrileriyle modellenen kapak kontur analizleri ve bunlara dayalı hata metrikleri (MAE, MSE, RMSE, R^2 , POC) öne çıkmaktadır.

Bununla birlikte, YZ tabanlı görüntü işleme sistemleri, ptozis cerrahisi sonrası sonuçların değerlendirilmesinde giderek daha yaygın biçimde kullanılmaktadır. Derin öğrenme algoritmaları, yalnızca MRD1 gibi lineer parametreleri değil, aynı zamanda kontur bütünlüğü ve göz kapakları simetrisi gibi çok boyutlu estetik faktörleri de analiz edebilmektedir. Bu sayede YZ destekli algoritmalar; cerrahi sonrası dönemde estetik ve anatomik bütünlüğü objektif olarak değerlendirerek klinisyenlere destek sağlayabilir.

Bu çalışmanın amacı; ptozis cerrahisi sonrası fonksiyonel ve estetik başarıyı değerlendirmede, kontur tabanlı hata metriklerinin geleneksel subjektif değerlendirmelerle olan uyumunu incelemek ve yapay zekâ tabanlı analizlerin bu değerlendirmelerle ilişkisini ortaya koymaktır. Ayrıca farklı cerrahi tekniklerin

(blefaroplasti, konjonktivamüllerektomi ve levator rezeksiyonu) kapak yüksekliği ve kontur simetrisi üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması ve cerrahi başarıyı öngören belirleyici faktörlerin çok değişkenli regresyon modelleri ile analiz edilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, cerrahi sonrası elde edilen MRD1 değişimleri, kontur tabanlı hata metrikleri ve subjektif ile YZ modelinden elde edilen başarı skorları arasındaki ilişkilerin incelenmesi, estetik ve fonksiyonel başarı değerlendirmelerinde hata metriklerinin ve yapay zekâ sistemlerinin güvenilirliği ve klinik uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. PİTOZİS: TANIM, KLİNİK ÖNEMİ VE DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ

Pitozis, üst göz kapağının normal anatomik konumunun altına sarkmasıyla karakterize edilen bir durumdur ve yalnızca kozmetik bir sorun olmanın ötesinde, ciddi fonksiyonel ve sistemik sonuçlar doğurabilen klinik bir tablodur. Görme alanının daralması, okuma ve günlük aktivitelerde zorluk gibi işlevsel bozukluklara yol açabileceği gibi, özellikle çocukluk çağında ambliyopi riskini artırarak kalıcı görme kayıplarına neden olabilir. Ayrıca, pitozisin altta yatan nedenleri nörolojik ya da kas-iskelet sistemi kaynaklı ciddi hastalıklarla ilişkili olabileceğinden, multidisipliner ve dikkatli bir değerlendirme gerektirir ¹.

Etiyolojik olarak pitozis; konjenital ve edinilmiş olarak iki ana gruba ayrılır. Konjenital pitozis sıklıkla levator palpebrae superioris kasının gelişimsel displazisi ya da innervasyon bozukluklarına bağlıdır. Edinilmiş pitozis ise aponevrotik dejenerasyon, myojenik nedenler (örneğin miyastenia gravis) veya nörojenik faktörler (örneğin üçüncü kranial sinir felci, Horner sendromu) gibi farklı patofizyolojik mekanizmalar sonucu ortaya çıkar ^{1,2}.

Klinik açıdan pitozis yalnızca estetik kaygıların ötesinde, altta yatan nörolojik, kas-iskelet veya vasküler sistem hastalıklarının erken tanısına fırsat vermesi açısından önemlidir. Özellikle edinilmiş pitozis vakalarında ani başlangıçlı sarkmalar ciddi nörolojik patolojilerin habercisi olabileceğinden, ayrıntılı öykü alma, fizik muayene ve gerekli durumlarda ileri görüntüleme yöntemleriyle değerlendirme zorunludur. Konjenital pitozis olgularında ise erken tanı ve tedavi, ambliyopiyi önleyerek çocukluk çağında görsel gelişimin sürdürülebilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Pitozisli gözlerde üst ve alt kapak kenarları arasındaki dikey açıklık, yani palpebral fissür yüksekliği (PFY), erişkinlerde genellikle 9–10 mm'dir. Pitozis varlığında bu mesafe belirgin şekilde azalır. Bu durumu objektif olarak sınıflamak için kullanılan temel ölçüm MRD1 değeridir. MRD1, kornea merkezi üzerine yansıtılan ışık refleksinden üst kapak kenarına olan dikey mesafeyi ifade eder. Normal bir gözde MRD1 yaklaşık 4–5 mm'dir. Hafif pitozis MRD1'in normalden 2 mm kadar düşük

olmasıyla, orta dereceli ptozis 3 mm'ye kadar azalmayla, ileri ptozis ise ≥ 4 mm azalma ile tanımlanır ve genellikle görme aksını örter ³.

MRD2 ise aynı yansıma noktasından alt göz kapağı kenarına olan mesafedir ve sağlıklı bireylerde genellikle ~5 mm'dir. Ayrıca, cerrahi planlama sürecinde levator kas fonksiyonu değerlendirmesi büyük önem taşır. Bu testte frontal kas etkisiz hale getirilerek hastadan aşağı ve yukarı bakması istenir; üst göz kapağının hareket mesafesi milimetre cinsinden ölçülür. Erişkinlerde bu mesafe ortalama 15 mm civarındadır. Özellikle konjenital myojenik ptozis olgularında bu değer 0–4 mm gibi çok düşük seviyelerde olabilir. Levator fonksiyonu 12 mm ve üzeri olduğunda “iyi”, 5–11 mm arası “orta”, 4 mm ve altı ise “zayıf” olarak değerlendirilir ³.

Ptozis, ileri düzeyde olduğunda görme alanını daraltarak fonksiyonel bozulmalara neden olabilir ve özellikle çocuk hastalarda ambliyopi gelişme riskini artırır. Tedavisi çoğunlukla cerrahidir. Cerrahi yaklaşımın seçimi; ptozisin derecesi, etiyojisi ve levator kas fonksiyonu gibi parametrelere göre belirlenir. Orta ve ileri dereceli ptozis olgularında cerrahi düzeltme ilk seçenektir. Uygun teknikle gerçekleştirilen cerrahi müdahale, hem fonksiyonel iyileşme sağlar hem de estetik görünümü belirgin ölçüde düzeltir.

2.2. PİTOZİS CERRAHİSİNDE KULLANILAN TEKNİKLER

Ptozis cerrahisinde, hastanın yaşı, ptozisin şiddeti ve altta yatan nedene göre farklı cerrahi teknikler uygulanmaktadır. Sık kullanılan yöntemler arasında Blefaroplasti, Levator Kası Rezeksiyonu, Konjonktiva-Müllerektomi (KJM), frontal askı cerrahisi ve gerektiğinde kombine girişimler yer alır. Cerrahi yöntem seçimi hastaya özeldir; ancak tüm bu tekniklerin ortak hedefi, üst göz kapağını fonksiyonel ve estetik olarak ideal konumuna getirmektir ².

Geleneksel olarak cerrahi başarı MRD1 (Marginal Reflex Distance 1) gibi lineer ölçütlerle değerlendirilse de, son yıllarda göz kapağı konturunun tüm eğriliğini dikkate alan parametrik analizlerin önemi artmıştır ⁴.

Ptozis cerrahisi sonrası hasta memnuniyeti ve cerrahi başarının en önemli belirleyicilerinden biri üst göz kapağı konturunun karşı gözle uyumudur. Sadece MRD1'in eşit olması, göz kapağı konturunun simetrik olduğu anlamına gelmemektedir. Üst göz kapağı konturu, nazalden temporale kadar değişken eğriliğe sahip olup, bu eğriliğin şekli kişiye özgüdür. Ptozis cerrahisi sonrasında bu doğal

konturun korunması ve sağ-sol göz arasındaki eğrilik farklarının minimize edilmesi, hem estetik hem de fonksiyonel açıdan kritik öneme sahiptir ⁵.

2.2.1. Konjonktiva-Müllerektomi

Müller kası (M. Tarsalis superior), sempatik olarak innerve edilen ve üst göz kapağı pitozunu tedavi etmek için çıkarılabilen bir kastır. KJM, orta dereceli pitozisli hastalarda sık tercih edilen bir tekniktir ve üst göz kapağındaki Müller kasının bir bölümünün konjonktiva ile birlikte çıkarılmasına dayanır. Müller kası rezeksiyonu genellikle fenilefrin testine pozitif yanıt veren ve Levator kası işlevi iyi olan hastalarda uygulanır. KJM minimal invaziv olduğundan göz kapağı konturunda minimal bozulma yaptığı kabul edilir ⁶. KJM uygun hastalarda daha az aşırı düzeltme insidansı ve daha öngürülebilir cerrahi sonuçları nedeniyle avantajlı olmakla birlikte bu teknikte, göz kapağının temporal kısmının yeterince kaldırılamaması veya orta segmentinin yüksek kalması gibi kontur asimetri riskleri de bildirilmiştir ⁷.

2.2.2. Blefaroplasti

Blefaroplasti; işlevsel ve kozmetik nedenlerle göz kapaklarındaki kusurları, deformiteleri ve şekil bozukluklarını düzeltmek için kullanılan genel bir terimdir.

Yaşlı popülasyonda, cilt elastikiyeti azalır ve dermatoşalazis meydana gelebilir. Ayrıca levator aponevrozunun ön tarsal yüzeyden ayrılması veya aponevrotik liflerin gerilmesi ve incilmesi sonucu involüsyonel blefaroptyosis oluşur ve bunun sonucunda üst göz kapağı pozisyonu geriler ve görme alanında göreceli bir azalma oluşur ⁸.

Blefaroplasti, genellikle işlevsel (involüsyonel pitozis) ve kozmetik nedenlerle üst göz kapağındaki fazla deri, kas veya yağ dokusu alınarak uygulanmaktadır. Pitozisli hastalarda blefaroplasti göz kapağı şeklinin kozmetik olarak düzeltilmesine yardımcı olabilir; ancak pitozisi tamamen ortadan kaldırmak için tek başına yeterli olmayabilir. Şiddetli involüsyonel pitoziste blefaroplasti ile kombine KJM veya Levator rezeksiyonu yapılabilir. Buna karşın blefaroplasti, yaşlanmaya bağlı dermatoşalaziste genellikle ilk tercih olup düşük morbidite ile belirgin işlevsel ve kozmetik iyileşme sağlar ⁹.

2.2.3. Levator Rezeksiyonu

Levator rezeksiyonu (LR), üst göz kapağını kaldıran levator kasının bir bölümünü kısaltarak kapağın kaldırılmasını hedefleyen pitozis cerrahisidir. Levator

fonksiyonu iyi veya orta düzeyde olan hastalarda ilk tercih olarak uygulanır ve kapağın istenen yüksekliğe ulaşmasını sağlar ¹⁰.

Bu prosedür sonrasında üst göz kapağı pozisyonunda belirgin iyileşme elde edilerek hastanın görme alanı ve kozmetik görünümü düzelebilmektedir. Ancak levator kası işlevinin çok zayıf olduğu ileri dereceli olgularda, tek başına levator rezeksiyonu yeterli olmayabilir ve bu durumda frontal askı gibi daha kapsamlı teknikler gerekebilir ^{11,12}.

2.2.4. Frontal Askı Cerrahisi

Frontal askı cerrahisi, levator kası fonksiyonunun ağır derecede yetersiz olduğu ptozis olgularında uygulanan bir yöntemdir. Bu teknikte göz kapağı, genellikle fasya lata veya silikon band gibi bir materyal aracılığıyla M. Frontalis'e asılır. Böylece hasta, doğrudan levator kası ile kaldıramadığı göz kapağını, M. Frontalis kullanarak kaldırabilir. Frontal askı özellikle konjenital ptozisli çocuklarda veya ileri derecede levator yetmezliği olan erişkinlerde tercih edilir. Frontal askı cerrahileri göz kapağı yüksekliğinde anlamlı düzelme sağlayabilir ve üst göz kapağı konturunu büyük ölçüde normale yakın hale getirebilir ¹³.

2.2.5. Cerrahi Müdahale Seçimi ve Sonuçları

Ptozis tedavisinde cerrahi müdahale seçimi, hastanın klinik durumu, ptozisin şiddeti ve altta yatan nedenlere göre özelleştirilir. Levator rezeksiyonu, konjonktiva-müllerektomi ve blefaroplasti gibi cerrahi yöntemlerin hepsi belirli durumlar için uygundur ve cerrahinin başarısı, seçilen yöntemin hastanın ihtiyaçlarına uygunluğuna bağlıdır. Örneğin, levator kası fonksiyonu zayıf olan hastalarda levator kas rezeksiyonu ve frontal askı tekniği gibi yöntemler tercih edilirken, daha hafif ptozisli hastalarda Konjonktiva-Müllerektomi yeterli olabilir. Bu cerrahi müdahalelerin tümü, göz kapağının estetik ve fonksiyonel pozisyonunu iyileştirerek hastaların yaşam kalitesini artırmayı amaçlamaktadır. Ancak, cerrahiden önce hastanın beklentileri, genel sağlık durumu ve cerrahinin potansiyel riskleri ayrıntılı analiz edilmelidir.

2.2.6. Göz Kapağı Kontur Simetrisi

Göz kapağı kontur simetrisi, hem estetik görünüm hem de oküler fonksiyonların korunması açısından kritik bir rol oynar. Üst göz kapağının düzgün bir eğriliği, yüz simetrisini doğrudan etkileyerek bireyin genel yüz ifadesini belirler. Buna karşın kontur asimetrisi yalnızca kozmetik değil, psikolojik olarak da etkileyici

olabilir; estetik bozuklukların anksiyete ve depresyon gibi sorunlarla ilişkili olduğu bildirilmiştir ¹⁴.

Blefaroptozis gibi göz kapağı hastalıklarında, kapak konturunun doğru değerlendirilmesi cerrahi planlamanın başarısı için büyük önem taşır. Üst göz kapağının eğriliği, medial kantustan lateral kantusa doğru kişiye özgü bir profil sergiler. Bu nedenle yalnızca kapağın merkezi yüksekliğinin eşitlenmesi (örneğin MRD1 değeri) kontur simetrisinin sağlandığı anlamına gelmez. Cerrahi müdahalelerde hedef; kapağın doğal kavsinin korunması ve konturun mümkün olduğunca karşı gözle uyumlu hale getirilmesidir.

Geleneksel değerlendirme parametrelerinden MRD1 (Marjinal Refleks Mesafesi 1), yalnızca pupilla merkezi hizasındaki kapak yüksekliğini ölçer ve lateral segmentlerdeki kontur bozulmalarını tespit etmede yetersizdir ¹⁵. Özellikle göz kapağındaki çıkıntıları, çentiklenmeleri veya kontur düzensizlikleri gibi lokal anomaliler MRD1 ile saptanamaz. Bu durum, daha detaylı ve hassas yöntemlere olan ihtiyacı ortaya koymaktadır.

Klasik değerlendirme sistemleri, genellikle subjektif nitelik taşır ve “mükemmel”, “iyi” ya da “kabul edilebilir” gibi tanımlayıcılarla yapılır. Ancak bu değerlendirmeler değerlendiriciye göre değişebilir ve merkezler arası karşılaştırmalarda güvenilirlik düşer. Bu nedenle, cerrahi müdahalelerin etkinliğini nesnel biçimde değerlendirmek için kontura ilişkin sayısal ve standardize ölçütler geliştirilmesi önerilmektedir ¹⁶.

Son yıllarda üst göz kapağı konturunun objektif değerlendirilmesine yönelik çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan biri olan Bézier eğrisi modellemesi, konturun sürekli ve düzgün bir eğri olarak temsil edilmesini sağlayarak yüksek doğrulukta nicel analiz yapılmasına imkân tanır ¹⁷. Bununla birlikte, Çoklu Radyal Midpupiller Kapak Mesafeleri (ÇRMKM) yöntemi, kapağın farklı segmentlerindeki yükseklikleri değerlendirerek kontur simetrisinin üç boyutlu analizini mümkün kılar ¹⁸. Bu yöntemler dijital görüntü işleme ve yapay zekâ teknolojileriyle desteklendiğinde, klinik pratikte uygulanabilirliği ve doğruluğu önemli ölçüde artmaktadır ¹⁹.

Kapak kontur simetrisinin doğru ve nesnel biçimde değerlendirilmesi yalnızca estetik değil; cerrahi başarının öngörülmesi, hasta memnuniyetinin artırılması ve

müdahale sonrası takip süreçlerinin standardizasyonu açısından da büyük önem taşır. Bu bağlamda, üst göz kapağı konturunun çok boyutlu analizi ve sayısal veriyle desteklenmesi, estetik ve fonksiyonel sonuçları optimize etmek için temel bir gerekliliktir ^{14,18}.

2.3. MATEMATİKSEL MODELLER VE GÖZ KAPAĞI SİMETRİ DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Göz kapağı simetrisinin değerlendirilmesi, okuloplastik cerrahide geçmişten günümüze önem arz etmiştir. Göz kapağı simetrisi değerlendirmesi, cerrahi girişim öncesinde ve sonrasında hastaların tedavi sonuçlarını değerlendirmek, operasyonun etkinliğini belirlemek ve hastaların tedavi sürecine yönelik beklentilerini karşılamak açısından büyük önem taşır. Üst göz kapağı konturunun cerrahi sonrası değerlendirilmesi uzun yıllar boyunca fotoğrafların karşılaştırılması ve cerrahın subjektif yorumu ile yapılmıştır. Geleneksel olarak kullanılan bu ölçüm yöntemlerinin subjektif ve sınırlı olması, araştırmacıları daha objektif ve matematiksel temellere dayalı yöntemler geliştirmeye yönlendirmiştir ^{20,21}.

Göz kapağı simetrisinin objektif olarak değerlendirilmesi konusunda geçmişten günümüze çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan yöntem, MRD1 ölçümüdür. MRD1, üst göz kapağının merkezi yüksekliğini ölçerek göz kapağı pozisyonu hakkında bilgi verir, ancak lateral ve nazal kontur anomalileri, çentikler ve flarlar gibi detayları ortaya koyamaz ^{22,23}. Bu nedenle, MRD1 ölçümleriyle sınırlı kalan değerlendirme yöntemleri, kapak kontur anomalilerini tespit etmekte yeterli hassasiyet göstermemektedir ²¹.

Son yıllarda, kapak konturunu daha kapsamlı ve objektif bir şekilde değerlendirebilmek amacıyla dijital görüntü analizine dayalı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri de Bézier eğrileri kullanımıdır. Bézier eğrileri, üst göz kapağı konturunu tanımlamada yüksek hassasiyet sağlayan matematiksel yöntemlerdir ²⁴. Bu yöntemle elde edilen eğrilerin tekrarlanabilirliği oldukça yüksektir ve klinik pratikte kolayca uygulanabilir. Ayrıca Bézier eğrileri, göz kapağı konturundaki zirve noktalarının ve anomalilerin belirlenmesinde hassas ölçümler sunarak klinik değerlendirmelere katkı sağlar ²⁴.

Bunun yanında, Milbratz ve arkadaşları tarafından geliştirilen Çoklu Radyal Midpupiller Kapak Mesafeleri yöntemi, göz kapağı konturunu farklı açılarda (15°

aralıklarla) ölçerek kontur anomalilerini ayrıntılı şekilde tanımlamaktadır ²⁵. Bu teknik, kapak konturundaki anomalileri tanımlamada MRD1 yöntemine kıyasla daha ayrıntılı veri sağlayarak klinik uygulamalarda avantaj sağlar.

Polinomsal fonksiyonlar da göz kapağı konturunun objektif olarak ifade edilmesi için kullanılan diğer bir matematiksel modeldir. Mocan ve arkadaşları, sağlıklı ve pitozisli üst göz kapaklarının konturlarını dördüncü dereceden polinom fonksiyonlarıyla modellemiş ve sağlıklı göz kapakları ile patolojik göz kapakları arasındaki farkları sayısal olarak ortaya koymuşlardır ²⁰. Benzer şekilde Malbouisson ve arkadaşları, üst göz kapağı konturunun geometrik olarak parabolere yakın olduğunu göstermiş ve bu konturun sayısal analizi için ikinci derece polinom fonksiyonların kullanılabileceğini ortaya koymuştur ²³.

Yakın zamanda Khalili Pour ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, üst kapak konturunu değerlendirmek için "Alan Dairesellik İndeksi (ADİ)" ve "Üst Kapak Kontur İndeksi (ÜKKİ)" gibi yeni matematiksel parametreler geliştirilmiştir. Bu parametreler, farklı derecelerdeki pitozis vakalarını hem birbirinden hem de sağlıklı bireylerden yüksek doğrulukla ayırt edebilmiştir. Elde edilen bulgular, göz kapağı konturunun objektif bir şekilde değerlendirilmesinde bu yeni parametrelerin güvenilir ve etkili araçlar olarak kullanılabileceğini göstermektedir ²³.

Ayrıca son dönemlerde yapılan çalışmalar, üst göz kapağı simetrisinin değerlendirilmesinde R^2 (belirleme katsayısı), RMSE (kök ortalama kare hata), MSE, MAE (ortalama mutlak hata) ve POC gibi matematiksel formüllerin de etkili olduğunu göstermiştir. Özellikle R^2 değerinin subjektif değerlendirmelerle güçlü korelasyonu, klinik değerlendirmede güvenilir bir kriter olabileceğini göstermiştir ²⁶. Bu parametreler, hastaların cerrahi sonrası sonuçlarını daha objektif değerlendirmek için kritik öneme sahiptir.

Dijital görüntü işleme teknikleri ile geliştirilen matematiksel yöntemler, göz kapağı simetrisinin değerlendirilmesinde yüksek doğruluk ve tekrarlanabilirlik sunabilmektedir. Dijital görüntü analizi yöntemleri sayesinde, kapak kontur anomalilerinin kantitatif olarak değerlendirilmesi ve cerrahi sonuçların objektif olarak analiz edilmesi mümkün hale gelmiştir ²⁶. Bu tür objektif değerlendirme yöntemleri, cerrahi planlamayı kolaylaştırmakta, hasta memnuniyetini artırmakta ve cerrahi sonrası sonuçların daha hassas şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır ²⁷.

Matematiksel modeller ve dijital görüntüleme tekniklerinin göz kapağı simetrisi değerlendirmesine entegrasyonu, cerrahi öncesi planlama ve cerrahi sonrası değerlendirme süreçlerinde gelecekte önemli rol oynayabilir. Bu objektif yöntemler, subjektif değerlendirmelere bağlı değişkenliği azaltarak hem tanısal doğruluğu artırırken hem de cerrahi müdahalelerin etkinliğini ve tutarlılığını analiz edebilir.

2.4. BÉZIER EĞRİLERİ VE ÜST GÖZ KAPAĞI SİMETRİ ANALİZİ

2.4.1. Bézier Eğrilerinin Temel Prensipleri

Bézier eğrileri, grafik ve tasarım alanında yaygın olarak kullanılan matematiksel modellerdir. Bézier eğrilerinin temel prensibi, belirli kontrol noktaları arasındaki ilişkileri kullanarak akıcı ve sürekli eğriler oluşturmaktır. Bézier eğrileri, parametrik denklemlerle ifade edilir ve bu eğriler kontrol noktalarının konumuna göre şekillenir. Eğriyi şekillendiren noktalar başlangıç ve bitiş noktaları ile bu noktalar arasında bulunan kontrol noktalarından oluşur ²⁸. Bézier eğrilerinin önemli özelliklerinden biri, kullanıcıların eğriyi istedikleri şekilde kolayca düzenleyebilmesidir.

2.4.2. Bézier Eğrileri ile Kontur Çizimi

Bézier eğrileri, üst göz kapağı konturunu hassas ve objektif şekilde tanımlamak için kullanılmaktadır. Üst göz kapağının konturunun düzgünlüğü ve simetrisi, oftalmik cerrahiler ve değerlendirmelerde kritik önem taşır. Bu bağlamda Bézier eğrileri, üst göz kapağı konturunun klinik uygulamalarda doğru ve hızlı bir şekilde çizilmesine olanak sağlar ²⁹. Kontur çizimi için genellikle ImageJ, Matlab veya Python gibi yazılımlar kullanılarak lateral ve medial kantusları içeren noktalar işaretlenir ve aradaki kontur Bézier eğrileri ile tanımlanır. Böylelikle göz kapağı şekli klinik analizler için niceliksel hale getirilmiş olur ¹⁷.

Üst göz kapağı eğrilerinin çıkarılması işlemi dijital görüntü işleme teknikleri ile yapılmaktadır. Öncelikle, göz kapağının görüntüsü alınarak bilgisayar ortamına aktarılır ve ardından Bézier eğrileri aracılığı ile lateral ve medial kantus noktaları kullanılarak polinomlar elde edilir ³⁰. Bu süreçte, kullanıcı kontur hattını manuel olarak belirleyerek eğrinin kontrol noktalarını tanımlar. Ardından Bézier eğri formülü ile eğriler oluşturulur ve gerekli simetri analizleri için hazır hale getirilir ³¹.

2.4.3. Görüntü Analizi

Üst göz kapağı simetri analizinde görüntü analizi yöntemleri kritik bir rol oynamaktadır. Dijital görüntü analizi, göz kapağı şeklinin ve simetrisinin objektif ve nicel olarak değerlendirilmesini mümkün kılar. Eğriler çıkarıldıktan sonra, kapak simetrisi çeşitli yazılım algoritmaları ile analiz edilir. Bu analizlerde, Bézier eğrileri kullanılarak sağ ve sol göz kapağı konturları üst üste bindirilir ve örtüşme derecesi hesaplanır. Elde edilen bu örtüşme yüzdesi, kapakların simetri derecesini göstermekte kullanılır ³².

Yapılan çalışmalarda Bézier eğrileri ile üst göz kapağı kontur simetrisinin değerlendirilmesinde gözlemciler arası tutarlılık oldukça yüksek bulunmuştur. Bu da Bézier eğrilerinin klinik değerlendirmelerde güvenilir ve tutarlı sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır ³².

Matematiksel Formüller ile Değerlendirme

Göz kapağı kontur simetrisini sayısal olarak ifade etmek için Bézier eğrileri ile çıkarılan konturların matematiksel değerlendirmesi, hata ve benzerlik ölçütleri kullanılarak yapılır. Bunlar arasında R^2 , RMSE, MSE, MAE ve POC gibi matematiksel formüller bulunmaktadır.

a) R^2 (Coefficient of determination)

R^2 , iki eğri arasındaki uyumu ölçerek simetriyi değerlendirir.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}$$

- $R^2 = 1 \rightarrow$ Mükemmel simetri
- $R^2 \approx 0 \rightarrow$ Simetri eksikliği
- R^2 'nin yüksek olması, iki eğrinin birbirine daha fazla benzediğini gösterir.

Güncel çalışmalar, pitozis cerrahisinde R^2 'nin sübjektif estetik değerlendirme ile güçlü korelasyona sahip metrik olduğunu göstermektedir. Özellikle deneyimli cerrahların sübjektif değerlendirmeleri ile R^2 arasında anlamlı bir ilişki olduğu rapor edilmiştir ³³

b) RMSE (Root-Mean-Square Error)

RMSE, iki eğri arasındaki dikey mesafe farklarının karelerinin ortalamasının karekökü olarak hesaplanır:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{N}}$$

- Daha düşük RMSE değeri → Daha yüksek simetri
- Birimi mm olduğundan klinik anlam taşıyan bir ölçüm sunar.
- RMSE'nin 0.5 mm'nin altında olması, klinik olarak kabul edilebilir bir simetriyi ifade edebilir.

c) MSE (Mean Squared Error) ve MAE (Mean Absolute Error)

MSE, RMSE'nin kare alınmamış halidir ve hata dağılımını daha hassas ölçer.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$$

MAE, mutlak hata değerlerinin ortalamasıdır ve büyük sapmalardan RMSE'ye göre daha az etkilenir.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum |y_i - \hat{y}_i|$$

- Klinik pratikte, RMSE ve MAE birlikte değerlendirildiğinde hata dağılımı hakkında daha iyi bir fikir verir ³².

d) POC (Percentage of Coefficient)

- POC, iki kontur arasındaki örtüşme oranını yüzde olarak ifade eder.
- Genellikle %90 üzeri simetri ideal kabul edilir.
- POC hesaplamasında, sağ ve sol kapak kontur alanlarının benzerliği dikkate alınır.

$$POC = \left(1 - \frac{\sum |OD_i - OS_i|}{\sum |OD_i + OS_i|}\right) \times 100$$

Göz kapağı simetrisi üzerine yapılan yeni çalışmalarda POC'nin özellikle estetik değerlendirme için klinik olarak anlamlı bir metrik olduğu gösterilmiştir.

Özellikle R^2 ve RMSE değerleri üst göz kapağı kontur simetrisinin objektif değerlendirilmesinde kullanılabilen parametrelerdir. R^2 değeri konturların mükemmelliğine yakınlık düzeyini, RMSE ve MAE ise konturlar arasındaki sapmanın büyüklüğünü gösterir ³⁴.

Bézier eğrileri ve matematiksel modeller ile üst göz kapağı simetri analizi, oftalmoloji alanında cerrahi sonuçların objektif değerlendirilmesi için güvenilir bir yöntem sağlamaktadır. Dijital görüntü işleme teknikleriyle birleştğinde, bu yöntem cerrahi öncesi planlama ve cerrahi sonrası değerlendirme süreçlerinde objektif ve tekrarlanabilir sonuçlar sunarak klinik uygulamalarda önemli avantajlar sağlamaktadır.

Gelecekte, yapay zeka ve derin öğrenme algoritmaları ile desteklenen Bézier eğrisi tabanlı analizlerin, gelecekte pitozis ve diğer oküloplastik cerrahilerde yaygın biçimde kullanılacak bir araç haline gelmesi öngörülmektedir ³⁵.

2.5. OKÜLOPLASTİK CERRAHİ VE PİTOZİS AMELİYATLARINDA YAPAY ZEKA

Oküloplastik cerrahi ve özellikle pitozis tedavisi sonrası başarı değerlendirmesi, hem cerrahlar hem de hastalar için kritik öneme sahiptir. Geleneksel yöntemlerde, ameliyat sonuçları subjektif yöntemlerle, cerrahın kişisel deneyimine bağlı olarak değerlendirilmektedir. Bu durum, objektif ve tutarlı değerlendirme ölçütlerinin geliştirilmesini gerekli kılmıştır. Son yıllarda yapay zeka, derin öğrenme gibi yöntemlerle, pitozis ameliyatları sonrası objektif değerlendirme için umut verici bir çözüm sunmaktadır ^{36,37}.

Derin öğrenme algoritmaları (özellikle CNN ve U-Net yapıları), dijital görüntüleri analiz ederek otomatik ve objektif ölçümler sağlamaktadır. Lou ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, derin öğrenme tabanlı yöntemlerin ameliyat öncesi ve sonrası göz kapağı morfolojisini yüksek doğruluk ve tekrarlanabilirlikle

değerlendirebildiği ortaya konmuştur. Otomatik ölçümler ile cerrahın yaptığı manuel ölçümler arasında mükemmel düzeyde bir uyum bulunmuştur ³⁶. Benzer şekilde, Shao ve ekibi, otomatik ölçümlerin göz kapağı morfolojisinde yaşa ve cinsiyete göre oluşan farklılıkları da yüksek hassasiyetle tespit edebildiğini vurgulamıştır ³⁸.

Bunun yanında, yapay zekâ temelli sistemler hata analizleri konusunda da avantaj sağlamaktadır. Chen ve arkadaşlarının geliştirdiği akıllı telefon temelli yapay zekâ algoritması, MRD ve levator fonksiyonu gibi parametreleri pratik, objektif ve hızlı bir biçimde ölçerek klinik uygulamalarda subjektif hataları önemli ölçüde azaltmıştır ³⁹. Bu tür algoritmaların manuel ölçümlere göre yüksek tutarlılık ve düşük hata oranlarıyla çalıştığı gösterilmiştir.

Gelecekte pitozis cerrahisi gibi hassas değerlendirme gerektiren alanlarda yapay zekâ yöntemleri, sübjektif değerlendirmelerle ortaya çıkabilecek belirsizlikleri ortadan kaldırabilir, cerrahi başarının objektif ve tutarlı şekilde değerlendirilmesinde etkin rol oynayabilirler ^{36,39}.

2.6. CERRAHİ BAŞARININ KANTİTATİF ANALİZİ

Üst göz kapağı pitozisinin cerrahi tedavisinde temel amaç, göz kapağını anatomik olarak ideal yüksekliğe getirirken karşı gözle kontur simetrisini mümkün olduğunca korumaktır. Cerrahi öncesi ve sonrasında göz kapağı konturunun objektif kriterlerle değerlendirilmesi, tedavi başarısının kantitatif olarak izlenmesine olanak tanımaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, kapak konturunu tüm eğrisi boyunca analiz eden Bézier eğrisi tabanlı yöntemlerin ve özellikle R^2 gibi kontur simetrisini yansıtan hata metriklerinin, geleneksel tek boyutlu ölçümlerle yüksek düzeyde uyumlu ve güvenilir sonuçlar sunduğunu ortaya koymuştur. Bu objektif analizler sayesinde, cerrahi ile elde edilen iyileşme milimetrik düzeyde belgelenebilmekte ve başarı, sayısal veriler üzerinden bilimsel bir temele oturtulabilmektedir. Gelecekte, yapay zekâ destekli otomatik analiz sistemlerinin de yaygınlaşmasıyla birlikte, üst göz kapağı kontur simetrisinin değerlendirilmesi hem cerrahi planlamada hem de postoperatif takipte standartlaşmış dijital uygulamalar aracılığıyla daha sistematik biçimde gerçekleştirilebilir.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmaya, Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Oküloplastik Cerrahi Kliniğinde Aralık 2023 ile Aralık 2024 tarihleri arasında pitozis nedeniyle deneyimli tek cerrah tarafından Konjonktiva-Müllerektomi, Levator Rezeksiyonu ve blefaroplasti cerrahileri uygulanan 67 hasta (kadın: 48, erkek: 19) prospektif olarak dahil edilmiştir.

Hastalar, üst konjonktival fornikse %2,5'lik fenilefrin damlatılarak yapılan fenilefrin testi sonuçlarına ve levator kası fonksiyonları iyi olup blefaroşalazisi bulunmasına göre üç gruba randomize edilmiştir. Fenilefrin testi sonrası pitozis belirtilerinde gerileme gösteren ve MRD1 değerinde en az 1 mm artış olan hastalara KJM operasyonu uygulanmıştır. Fenilefrin testi sonrası pitozis belirtilerinde gerileme göstermeyen veya MRD1 değerinde 1 mm'den az artış görülen hastalara LR cerrahisi planlanmıştır. Levator kas fonksiyonu iyi olup blefaroşalazisi bulunan hastalara ise blefaroplasti uygulanmıştır.

Travmatik, nörojenik, miyojenik veya mekanik pitozisli hastalar, orbital veya göz kapağı patolojisi (enofthalmi, ekzoftalmi, ektropiyon, entropiyon veya blefarospazm gibi) olanlar, şaşılık bulunanlar, nörolojik veya sistemik hastalıkları (tiroid hastalığı, myastenia gravis, multiple skleroz gibi) nedeniyle kapak konturunu etkileyebilecek durumları olanlar, ameliyat sırasında komplikasyon yaşayan hastalar (iatrojenik cilt ve kas kesileri gibi), son 6 ay içinde göz kapağı veya göz cerrahisi geçirenler ve kornea veya oküler yüzey bozuklukları bulunan hastalar çalışma dışında tutulmuştur.

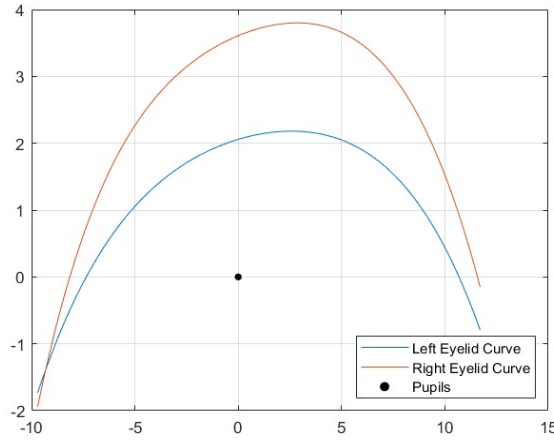
3.1. GÖRÜNTÜ ANALİZİ

Hastaların ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası 6. ay fotoğrafları, biyomikroskop masasının çene dayanağı ve alın desteği kullanılarak, referans olarak glabella üzerine yerleştirilmiş 10 mm çaplı etiket ile standart ışık koşullarında çekilmiştir⁴⁰.

Üst göz kapağı konturunun Bézier eğrileri, hasta fotoğrafları üzerinden ImageJ yazılımı (NIH, Bethesda, MA, ABD) ile çizildi (Şekil 1). Orta göz bebeği elle işaretlendi. Verileri MATLAB ortamına aktardık. Yazar SKC tarafından oluşturulan algoritmalar kullanılarak, göz kapaklarının Bézier eğrilerinin simetrisi y ekseninde çevrildi ve her iki gözün orta göz bebekleri üst üste bindirildi (Şekil 2).



Şekil 1. Bezier Eğrileriyle Kapak Kontur Çizimi



Şekil 2. Bezier Eğrileriyle Kapak Kontur Analizi

Her bir hastanın ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası 6. ayda çekilen fotoğraflarından R^2 , RMSE, MSE, POC ve MAE değerleri hesaplandı. MRD1, her iki gözde pupilla merkezinden üst göz kapağı Bézier eğrisine olan mesafe olarak belirlenmiş ve yazılım tarafından otomatik olarak ölçülmüştür.

Burada y_i , göz kapaklarından birine ait Bezier eğrilerini, $\hat{y}_i$ ise diğer göz kapağı Bezier eğrisini, y^- ise y_i ile temsil edilen göz kapağı Bezier eğrisinin ortalama değerini göstermektedir. Bu tanımlamalara göre kullanılan formüller aşağıda sunulmuştur.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y})^2}$$

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y})^2$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum |y_i - \hat{y}_i|$$

$$POC = \left(1 - \frac{\sum |OD_i - OS_i|}{\sum |OD_i + OS_i|} \right) \times 100$$

Hastaların üst göz kapağı kapak simetrileri ve ameliyat başarısı; iki deneyimli oküloplastik cerrah (KŞÇ, FS) tarafından ameliyat öncesi ve sonrası 6. ayda çekilen fotoğraflarına dayanarak subjektif olarak 5' li Likert Ölçeğinde değerlendirilmiştir. Likert ölçeğinde puanlama; 5 puan mükemmel simetri mükemmel sonuç, 4 puan kabul edilebilir hafif asimetriler iyi sonuç, 3 puan orta düzey asimetri orta derece sonuç, 2 puan belirgin asimetri yetersiz sonuç, 1 puan kötü asimetri başarısız sonuç olarak belirlenmiş ve cerrahların subjektif değerlendirme sonuçları kayıt altına alınmıştır.

3.2. YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ AMELİYAT BAŞARISI DEĞERLENDİRMESİ

Çalışmamızda, cerrahi başarıyı değerlendirmek için büyük dil modeli tabanlı bir yapay zekâ sistemi (ChatGPT, OpenAI) kullanılmıştır. Her hasta için ameliyat öncesi ve sonrası frontal yüz fotoğrafları sisteme ayrı ayrı sunulurken, modelden her vaka için 1 ila 100 arasında bir cerrahi başarı puanı elde edilmiştir. Görüntüler algoritma tarafından önce gri tonlamaya dönüştürülmüş, ardından üst göz kapağı konturları Canny kenar belirleme algoritması ile tespit edilmiştir. MRD1 ölçümleri, pupilla merkezinden yukarı doğru tarama yapılarak kapak kenarının ilk tespit edildiği piksel mesafesi üzerinden otomatik olarak hesaplanmıştır. Simetri değerlendirmesinde

ise sağ ve sol göz kapaklarının pupilla merkezlerinden üst kapak kenarına olan mesafeleri karşılaştırılmıştır. Üst göz kapağı kontur analizi, ameliyat öncesi ve sonrası kontur eğrilerinin Bezier eğrileri ile modellenmesi ve bu eğrilerin sayısal olarak karşılaştırılması ile gerçekleştirilmiştir.

Tüm ölçümlerde doğruluk ve standardizasyon sağlanması amacıyla, her görselde referans olarak yerleştirilen 10 mm çapındaki kırmızı kalibrasyon dairesi kullanılmıştır. Bu daire yardımıyla piksel başına karşılık gelen milimetre oranı hesaplanmış ve elde edilen tüm ölçümler bu oranla normalize edilmiştir. Değerlendirme sırasında yapay zekâ modeli, görüntü verilerine dayalı algoritmik bir analiz gerçekleştirmiştir. Model; kapak yüksekliği (MRD1), üst kapak kontürünün anatomik eğrisi, simetri, kontur bütünlüğü ve estetik doğallık gibi görsel parametreleri göz önünde bulundurarak üç ana kriter üzerinden başarı skoru hesaplamıştır. Bu kriterler ve ağırlıkları sırasıyla MRD1 artışı (%40), göz kapağı simetrisi (%30) ve üst göz kapağı kontür simetrisi (%30) olarak belirlenmiştir. Her kriter için ayrı ayrı alt değerlendirme yapılmış, ardından bu puanlar belirlenen ağırlık katsayıları ile çarpılarak toplam cerrahi başarı skoru oluşturulmuştur. Kontur simetrisi değerlendirilirken Bezier eğrileri üzerinden üst kapak konturlarının anatomik doğallığı, simetri uyumu ve her iki göz arasındaki kontur benzerliği analiz edilmiştir. Son aşamada elde edilen yapay zekâ başarı skorları, cerrahların subjektif değerlendirmeleri ile kapak konturları üzerinden hesaplanan objektif hata metrikleri (MAE, RMSE, MSE, R², POC) ile karşılaştırılmıştır. Bu üç değerlendirme yöntemi arasındaki korelasyonlar istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak incelenmiştir.

3.3. İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER

Çalışmada sürekli değişkenlere ilişkin istatistikler ortalama $\pm$ standart sapma ve medyan, minimum-maksimum ve çeyreklik değerleriyle, kategorik değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler ise sayı ve yüzdelerle raporlanmıştır.

Sayısal verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirilmiştir. Preop-postop karşılaştırmalarında dağılım yapısına bağlı olarak Wilcoxon işaretli sıralar testi (Wilcoxon signed ranks test) ve iki eş arasındaki farkın önemlilik testi (paired-samples t test) kullanılmıştır. İkiiden çok bağımsız grup karşılaştırmaları tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ve Kruskal Wallis testi ile yapılmıştır. İkili karşılaştırmalarda Bonferroni post-hoc testinden faydalanılmıştır.

Sürekli değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman korelasyon katsayısı ile incelenmiştir. Verilerin görsel olarak sunumunda saçılım grafiklerinden (scatter-plot) ve kutu-çizgi grafiklerinden (box-plot) yararlanılmıştır. İki hekimin subjektif ameliyat başarıları puanlamaları arasındaki uyumu sınıfıci korelasyon katsayısı (ICC) ile değerlendirilmiştir. Subjektif ameliyat başarıları ve YZ başarılarını kestiren değişkenleri belirlemek için çok değişkenli doğrusal regresyon analizi yapılmıştır.

İstatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics (Version 28) programından yararlanılmıştır. Analizlerde anlamlılık düzeyi %95 olarak dikkate alınmış olup 0.05'e eşit ve küçük olan p değeri için sonuçlar istatistiksel açıdan anlamlı olarak yorumlanmıştır.

3.4. ETİK ONAY VE VERİ GÜVENLİĞİ

Çalışma, Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak tasarlanmış ve Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan etik onay alınmıştır (Karar No: 19 / Tarih: 17.01.2024). Tüm hastalardan çalışmaya katılım öncesinde bilgilendirilmiş gönüllü onam formu yazılı olarak alınmıştır. Katılımcılara çalışmanın amacı, uygulanacak işlemler, elde edilecek verilerin kullanım şekli ve anonimleştirme süreçleri açık şekilde anlatılmıştır.

Yapay zekâ ile yapılan analizlerde hasta mahremiyetinin korunmasına azami özen gösterilmiştir. Görseller, yalnızca üst yüz bölgesini içerecek şekilde kırılmış ve kimlik tespiti mümkün olmayacak biçimde hazırlanmıştır. Göz kapaklarının kontur analizi mümkün olacak şekilde düzenlenen bu görüntülerde, ağız, çene ve yüzün alt kısmı yer almamış; yalnızca kaşlar, göz çevresi görüntüde kalacak şekilde tanımlama dışı profil oluşturulmuştur. Görsel veriler, etik kurallar gereği yalnızca akademik araştırma amaçlı kullanılmış; hiçbir şekilde üçüncü şahıslarla paylaşılmamış veya yapay zekâ modelinin kalıcı belleğine kaydedilmemiştir. Tüm veriler yapay zekâ sistemine anonimleştirilmiş biçimde yüklenmiş; kişisel veri güvenliği etik ilkeler doğrultusunda korunmuştur.

4. BULGULAR

Çalışmaya toplam 67 hasta dâhil edilmiştir. Katılımcıların yaş ortalaması $52,4 \pm 18,2$ (min: 5, maks: 82) olup, %71,6'sı kadın, %28,4'ü erkektir. Hastaların %38,8'ine konjonktivamüllerektomi, %31,3'üne blefaroplasti ve %29,9'una levator rezeksiyonu cerrahisi uygulanmıştır. Cerrahi, olguların %47,8'inde bilateral, %29,9'unda sağ göz, %22,4'ünde sol göz olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Tanımlayıcı Bilgiler

Yaş		52,4±18,2 55 (5-82)
Cinsiyet	<i>Erkek</i>	19 (28,4%)
	<i>Kadın</i>	48 (71,6%)
Operasyon Adı	<i>Blefaroplasti</i>	21 (31,3%)
	<i>Konjonktivamüllerektomi</i>	26 (38,8%)
	<i>Levator rezeksiyonu</i>	20 (29,9%)
Operasyon Tarafı	<i>Sağ</i>	20 (29,9%)
	<i>Sol</i>	15 (22,4%)
	<i>Her iki göz</i>	32 (47,8%)

Cerrahi öncesi ve sonrası ölçümler karşılaştırıldığında; MRD1 değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış saptanmıştır (sağ göz için $p=0,005$; sol göz için $p=0,035$). Subjektif değerlendirme sonuçlarına göre, cerrahi sonrası kapak simetrisi puanı cerrahi öncesine kıyasla anlamlı düzeyde artmıştır ($p<0,001$). Yapay zekâ algoritması tarafından belirlenen başarı puanları 17,75 ile 92 arasında değişmekte olup ortalama değer 72'dir (Tablo 2).

Kantitatif hata metriklerine bakıldığında, postop MAE, MSE ve RMSE ortalamaları preop değerlere kıyasla anlamlı şekilde düşük ($p<0,001$), postop R^2 ve POC değerleri ise anlamlı yüksek bulunmuştur ($p<0,005$).

İki gözlemcinin ameliyat başarısını değerlendirdiği subjektif skorlar arasında yüksek düzeyde uyum saptanmıştır (ICC=0,82; %95 GA: 0,70–0,89; $p<0,001$). Bu nedenle çalışmada subjektif değerlendirmeler, iki hekimin puanlarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Kantitatif Hata Metrikleri ve Subjektif Değerlendirmelere İlişkin Tanımlayıcı Bilgiler

		Ort.	SS	Medyan	Min.	Max.	Q1	Q3	P (Pre vs Post)
Preop MRD1 (R)		2,0	1,0	2,1	0,0	4,8	1,2	2,7	0,005 ^{a,*}
Postop MRD1 (R)		2,5	0,8	2,2	1,1	4,4	1,9	3,2	
Preop MRD1 (L)		2,3	1,1	2,2	0,1	4,5	1,4	3,2	0,035 ^{b,*}
Postop MRD1 (L)		2,5	1,0	2,4	0,5	4,5	1,9	3,3	
Pupil	Preop MAE	1,1	0,8	0,9	0,1	4,3	0,5	1,6	<0,001 ^{a,*}
	Postop MAE	0,8	0,6	0,6	0,1	3,1	0,4	1,1	
	Preop MSE	2,2	3,2	1,2	0,0	19,0	0,3	3,0	<0,001 ^{a,*}
	Postop MSE	1,2	2,0	0,5	0,0	12,9	0,2	1,5	
	Preop RMSE	1,2	0,8	1,1	0,1	4,4	0,6	1,7	<0,001 ^{a,*}
	Postop RMSE	0,9	0,6	0,7	0,2	3,6	0,5	1,2	
	Preop R2	-1,5	4,2	0,0	-21,3	1,0	-1,6	0,7	<0,001 ^{a,*}
	Postop R2	0,2	1,2	0,7	-4,5	1,0	0,1	0,9	
	Preop POC	25,9	18,8	21,3	3,3	91,8	10,9	33,5	0,005 ^{b,*}
	Postop POC	32,9	20,2	33,3	2,6	91,9	15,4	45,0	
Subjektif	Kapak Simetrisi Preop	2,2	0,9	2,0	1,0	4,0	1,5	3,0	<0,001 ^{a,*}
	Kapak Simetrisi Postop	3,5	1,0	3,5	1,5	5,0	2,5	4,0	
	Subjektif Ameliyat	3,6	1,1	3,5	1,5	5,0	2,5	4,5	-
YZ Başarı		67,4	19,9	72,0	17,8	92,0	56,0	83,8	-

^a Wilcoxon işaretli sıralar testi (Wilcoxon signed ranks test) , ^b İki eş arasındaki farkın önemlilik testi (paired-samples t test), *p<0,005

Ort.: Ortalama, SS: Standart Sapma, Q1: 25.Yüzdelik, Q3: 75. Yüzdelik

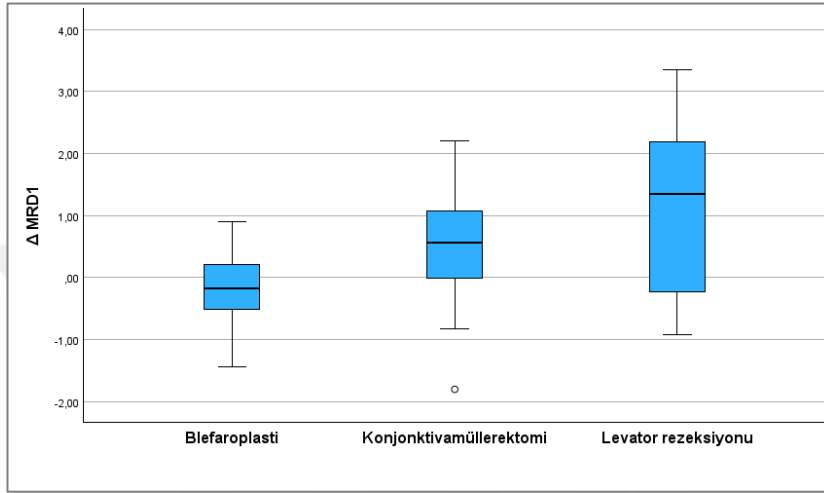
Ameliyat sonrası ile öncesi arasındaki MRD1 farklarının cerrahi türüne göre karşılaştırıldığı analizde, MRD1 farkının (Δ MRD1) ortalamaları operasyon türüne göre farklılık göstermektedir ($p<0,05$). İkili karşılaştırmalar için Post-hoc testlerden Bonferroni kullanılmış olup sonucunda Levator rezeksiyonu grubunda Δ MRD1 ortalaması, Blefaroplasti grubu ortalamasından istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p<0,001$) (Tablo 3).

Tablo 3. Operasyon Türüne göre MRD1 Farklarının Karşılaştırılması

	Operasyon Adı						p ^a
	Blefaroplasti (n=21)		KJM (n=26)		LR (n=20)		
Δ MRD1	-0,1±0,6	-0,2((-1,4)-0,9)	0,5±0,8	0,6((-1,8)-2,2)	1,2±1,4	1,3((-0,9)-3,4)	<0,001*

^a Tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA), *p<0,05

Veriler aritmetik ortalama ± standart sapma ve medyan (minimum-maksimum) ile sunulmuştur.

**Şekil 3.** Operasyon Türüne göre MRD1 Farklarının Dağılımı

Korelasyon analizleri preoperatif dönemde, subjektif kapak simetrisi puan ortalaması ile MAE, MSE, RMSE arasında güçlü negatif; R² ile güçlü pozitif; POC ile orta düzey pozitif ilişki olduğunu göstermiştir (Tablo 4). Benzer şekilde postoperatif dönemde de subjektif simetri puanları ile MAE, MSE, RMSE arasında negatif; R² ve POC ile pozitif yönlü orta düzey ilişkiler saptanmıştır (Tablo 5).

Tablo 4. Preop Subjektif Kapak Simetrisi ile Preop Hata Metrikleri Arasındaki Korelasyonlar

		r	p	95% GA	
				Alt Sınır	Üst Sınır
Preop Subjektif Kapak Simetrisi	Preop MAE	-0,795	<0,001*	-0,871	-0,682
	Preop MSE	-0,792	<0,001*	-0,869	-0,678
	Preop RMSE	-0,792	<0,001*	-0,869	-0,678
	Preop R2	0,779	<0,001*	0,659	0,861
	Preop POC	0,520	<0,001*	0,680	0,313

r:Spearman Korelasyon Katsayısı (Spearman's rho), GA:Güven Aralığı *p<0,05

Tablo 5. Postop Subjektif Kapak Simetrisi ile Postop Hata Metrikleri Arasındaki Korelasyonlar

Subjektif Kapak Simetrisi Postop		r	p	95% GA	
				Alt Sınır	Üst Sınır
	Postop MAE	-0,520	<0,001*	-0,681	-0,311
	Postop MSE	-0,525	<0,001*	-0,684	-0,317
	Postop RMSE	-0,525	<0,001*	-0,684	-0,317
	Postop R2	0,571	<0,001*	0,375	0,718
	Postop POC	0,535	<0,001*	0,692	0,330

r:Spearman Korelasyon Katsayısı (Spearman's rho), GA:Güven Aralığı *p<0,0

Subjektif ameliyat başarısı ve YZ başarısı ile postoperatif hata metrikleri arasındaki korelasyonlara bakıldığında; her iki başarı göstergesiyle MAE, MSE, RMSE arasında negatif; R² ve POC ile pozitif yönlü orta düzey anlamlı ilişkiler bulunmuştur (Tablo 6).

Tablo 6. Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı ile Postop Hata Metrikleri Arasındaki Korelasyonlar

	Subjektif Ameliyat Başarısı				YZ Başarı			
	r	p	95% GA		r	p	95% GA	
			Alt Sınır	Üst Sınır			Alt Sınır	Üst Sınır
Postop MAE	-0,497	<0,001*	-0,664	-0,283	-0,528	<0,001*	-0,686	-0,323
Postop MSE	-0,502	<0,001*	-0,667	-0,289	-0,523	<0,001*	-0,682	-0,317
Postop RMSE	-0,502	<0,001*	-0,667	-0,289	-0,523	<0,001*	-0,682	-0,317
Postop R2	0,543	<0,001*	0,341	0,698	0,570	<0,001*	0,376	0,716
Postop POC	0,565	<0,001*	0,713	0,367	0,614	<0,001*	0,748	0,433

r:Spearman Korelasyon Katsayısı (Spearman's rho), GA:Güven Aralığı *p<0,05

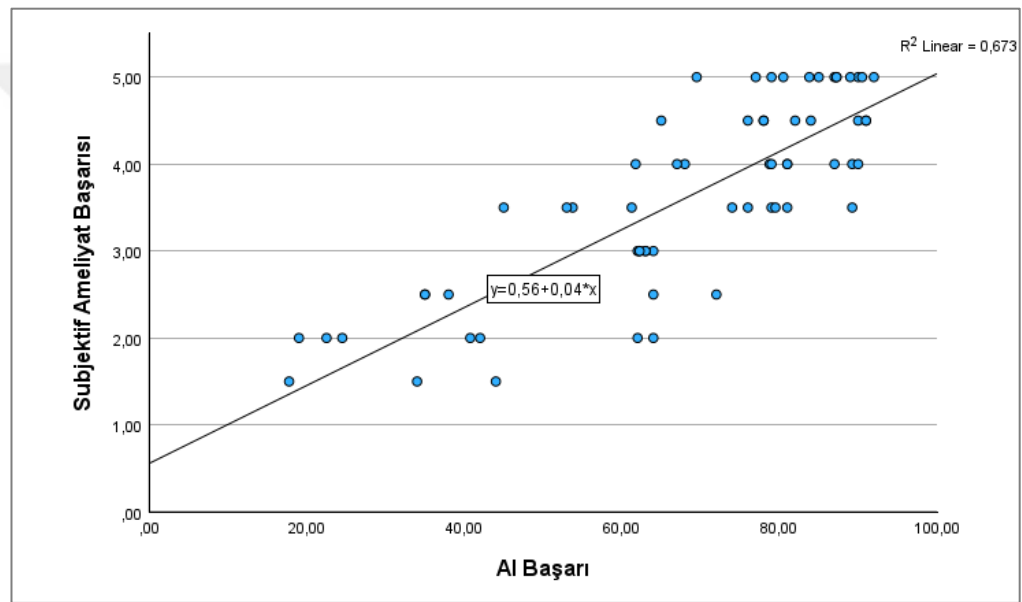
Subjektif ameliyat başarısı ile YZ başarısı arasında güçlü pozitif korelasyon saptanmıştır (r=0,804; p<0,001) (Tablo 7).

En yüksek korelasyon konjonktivamüllerektomi grubunda gözlenmiştir (Tablo 8).

Tablo 7. Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı Arasındaki Korelasyonlar

	r	p	95% GA	
			Alt Sınır	Üst Sınır
Subjektif Ameliyat Başarısı X YZ Başarı	0,804	<0,001*	0,694	0,877

r:Spearman Korelasyon Katsayısı (Spearman's rho), GA:Güven Aralığı *p<0,05



Şekil 4. Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısına İlişkin Saçılım Grafiği (Scatter Plot)

Tablo 8. Ameliyat Türüne Göre Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı Arasındaki Korelasyonlar

	Ameliyat Türü	r	p	95% GA	
				Alt Sınır	Üst Sınır
Subjektif Ameliyat Başarısı X YZ Başarı	Blefaroplasti	0,732	<0,001*	0,427	0,887
	Konjonktivamüllerektomi	0,860	<0,001*	0,698	0,938
	Levator rezeksiyonu	0,814	<0,001*	0,570	0,926

r:Spearman Korelasyon Katsayısı (Spearman's rho), GA:Güven Aralığı *p<0,05

Alt grup analizlerinde tek göze cerrahi uygulanan hastalarda subjektif ameliyat başarısı ile postop MAE, MSE ve RMSE arasında negatif yönlü güçlü, POC arasında pozitif yönlü güçlü ve R2 arasında pozitif orta düzey ilişki bulunmuştur. YZ başarısı ile postop MAE, MSE ve RMSE arasında negatif yönlü orta düzey, POC arasında pozitif yönlü güçlü, R2 arasında pozitif orta düzey ilişki bulunmuştur. Bilateral cerrahi uygulanan hastalarda ise postop hata metrikleri ile subjektif ameliyat başarısı arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişki bulunamamış olup YZ başarısı ile postop MAE, MSE ve RMSE arasında negatif yönlü zayıf, POC ve R2 arasında pozitif yönlü orta düzey ilişki bulunmuştur (Tablo 9).

Tablo 9. Tek Göz ve Bilateral Cerrahi Gruplarında Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı ile Postop Hata Metrikleri Arasındaki Korelasyonlar

		Subjektif Ameliyat Başarısı				YZ Başarı			
		r	p	95% GA		r	p	95% GA	
				Alt Sınır	Üst Sınır			Alt Sınır	Üst Sınır
Tek Göz Cerrahi (n=35)	Postop MAE	-0,722	<0,001*	-0,855	-0,500	-0,624	<0,001*	-0,796	-0,359
	Postop MSE	-0,706	<0,001*	-0,846	-0,476	-0,610	<0,001*	-0,788	-0,339
	Postop RMSE	-0,706	<0,001*	-0,846	-0,476	-0,610	<0,001*	-0,788	-0,339
	Postop R2	0,644	<0,001*	0,382	0,810	0,619	<0,001*	0,351	0,793
	Postop POC	0,735	<0,001*	0,862	0,520	0,734	<0,001*	0,860	0,524
Bilateral Cerrahi (n=32)	Postop MAE	-0,226	0,214	-0,540	0,144	-0,369	0,038*	-0,642	-0,012
	Postop MSE	-0,220	0,226	-0,536	0,150	-0,359	0,044*	-0,635	-0,001
	Postop RMSE	-0,220	0,226	-0,536	0,150	-0,359	0,044*	-0,635	-0,001
	Postop R2	0,338	0,059	-0,023	0,621	0,402	0,023*	0,051	0,664
	Postop POC	0,317	0,078	0,606	0,047	0,401	0,023*	0,664	0,050

r:Spearman Korelasyon Katsayısı (Spearman's rho), GA:Güven Aralığı *p<0,05

Subjektif ameliyat başarısı 4 ve üzerinde olan operasyonlar başarılı, diğerleri başarısız olarak iki kategoriye ayrılmış olup subjektif ameliyat başarısına göre YZ başarısı ile postop hata metrikleri arasındaki korelasyonlar Tablo 10'da incelenmiştir.

Başarılı grupta YZ başarısı ile hata metrikleri arasında anlamlı korelasyon bulunamamıştır. Başarısız grupta ise YZ başarısı ile postop MAE, MSE ve RMSE arasında orta düzey negatif, R2 ve POC arasında orta düzey pozitif ilişki bulunmuştur.

Tablo 10. Subjektif Ameliyat Başarısına Göre YZ Başarısı ile Postop Hata Metrikleri Arasındaki Korelasyonlar

	Başarılı (Subjektif Ameliyat Başarısı ≥ 4) (n=32)				Başarısız (Subjektif Ameliyat Başarısı < 4) (n=34)			
	r	p	95% GA		r	p	95% GA	
			Alt Sınır	Üst Sınır			Alt Sınır	Üst Sınır
YZ Başarı X Postop MAE	-0,216	0,235	-0,533	0,154	-0,478	0,004*	-0,708	-0,157
YZ Başarı X Postop MSE	-0,140	0,445	-0,474	0,230	-0,493	0,003*	-0,717	-0,176
YZ Başarı X Postop RMSE	-0,140	0,445	-0,474	0,230	-0,493	0,003*	-0,717	-0,176
YZ Başarı X Postop R2	0,289	0,109	-0,077	0,586	0,520	0,002*	0,210	0,734
YZ Başarı X Postop POC	0,381	0,032	0,650	0,026	0,549	0,001*	0,753	0,249

r:Spearman Korelasyon Katsayısı (Spearman's rho), GA:Güven Aralığı *p<0,05

Hastalara uygulanan cerrahi türüne göre korelasyonlar incelendiğinde blefaroplasti uygulananlarda postop hata metrikleri ile subjektif ameliyat başarısı ve YZ başarısı arasında korelasyon saptanamamıştır (p>0,05) (Tablo 11).

Konjonktivamüllerektomi uygulananlarda hem subjektif ameliyat başarısı hem de YZ başarısı ile postop MAE, MSE ve RMSE arasında negatif yönlü güçlü, R2 ve POC arasında pozitif yönlü güçlü ilişki bulunmuştur.

Levator Rezeksiyonu uygulananlarda ise hem subjektif ameliyat başarısı hem de YZ başarısı ile postop MAE, MSE ve RMSE arasında negatif yönlü orta düzey, R2 ve POC arasında pozitif orta düzey ilişki bulunmuştur.

Tablo 11. Operasyon Türüne Göre Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı ile Postop Hata Metrikleri Arasındaki Korelasyonlar

		Subjektif Ameliyat Başarısı				YZ Başarı			
		r	p	95% GA		r	p	95% GA	
				Alt Sınır	Üst Sınır			Alt Sınır	Üst Sınır
Blefaroplasti (n=21)	Postop MAE	-0,236	0,303	-0,615	0,231	-0,347	0,123	-0,685	0,113
	Postop MSE	-0,230	0,315	-0,611	0,237	-0,343	0,128	-0,682	0,118
	Postop RMSE	-0,230	0,315	-0,611	0,237	-0,343	0,128	-0,682	0,118
	Postop R2	0,298	0,189	-0,166	0,655	0,388	0,082	-0,066	0,709
	Postop POC	0,399	0,073	-0,716	0,053	0,412	0,064	0,723	0,038
Konjonktiva müllerektomi (n=26)	Postop MAE	-0,789	<0,001*	-0,905	-0,563	-0,714	<0,001*	-0,866	-0,442
	Postop MSE	-0,807	<0,001*	-0,914	-0,597	-0,720	<0,001*	-0,869	-0,452
	Postop RMSE	-0,807	<0,001*	-0,914	-0,597	-0,720	<0,001*	-0,869	-0,452
	Postop R2	0,794	<0,001*	0,574	0,908	0,760	<0,001*	0,519	0,889
	Postop POC	0,795	<0,001*	0,908	0,575	0,800	<0,001*	0,909	0,590
Levator rezeksiyonu (n=20)	Postop MAE	-0,529	0,016*	-0,793	-0,100	-0,518	0,019*	-0,787	-0,085
	Postop MSE	-0,497	0,026*	-0,776	-0,056	-0,477	0,033*	-0,765	-0,030
	Postop RMSE	-0,497	0,026*	-0,776	-0,056	-0,477	0,033*	-0,765	-0,030
	Postop R2	0,531	0,016*	0,102	0,794	0,500	0,025*	0,060	0,778
	Postop POC	0,633	0,003*	0,844	0,251	0,632	0,003*	0,844	0,250

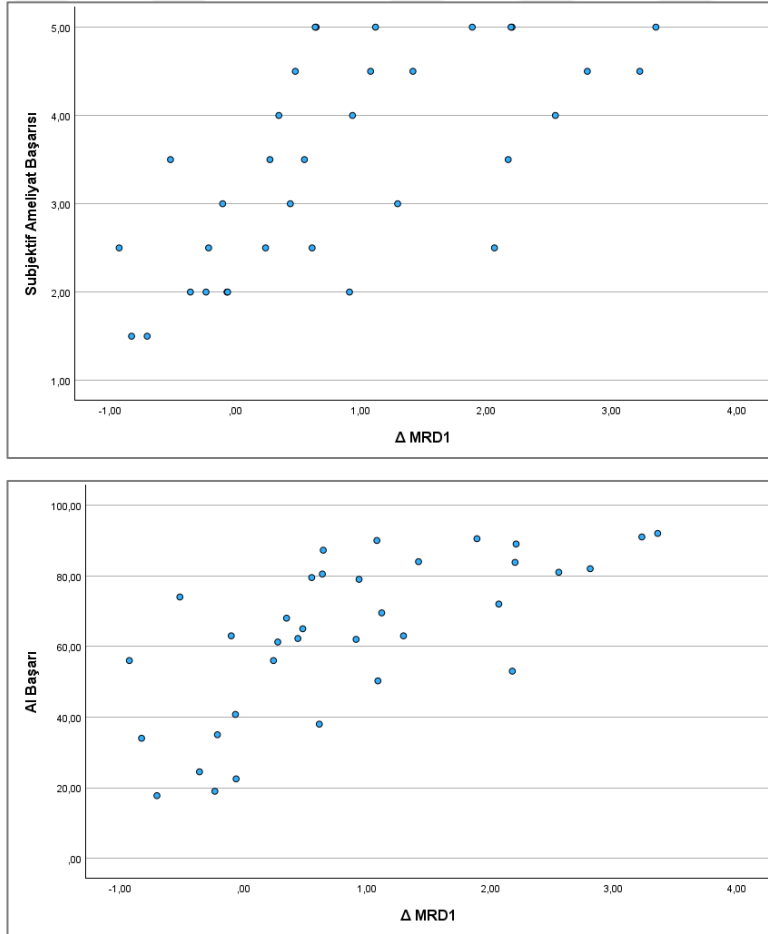
r:Spearman Korelasyon Katsayısı (Spearman's rho), GA:Güven Aralığı *p<0,05

MRD1 değişimi (Δ MRD1) ile başarı göstergeleri arasındaki ilişkiye bakıldığında, tek göze cerrahi uygulanan hastalarda Δ MRD1 ile subjektif başarı ve YZ başarısı arasında güçlü pozitif korelasyonlar gözlenmiştir. Tüm hastalarda değerlendirme yapıldığında ise (bilateral cerrahi uygulanan hastaların sol göz MRD1'leri dikkate alınarak) Δ MRD1 ile Subjektif ameliyat başarısı arasında pozitif orta düzey, YZ başarısı arasında pozitif zayıf ilişki saptanmıştır (Tablo 12).

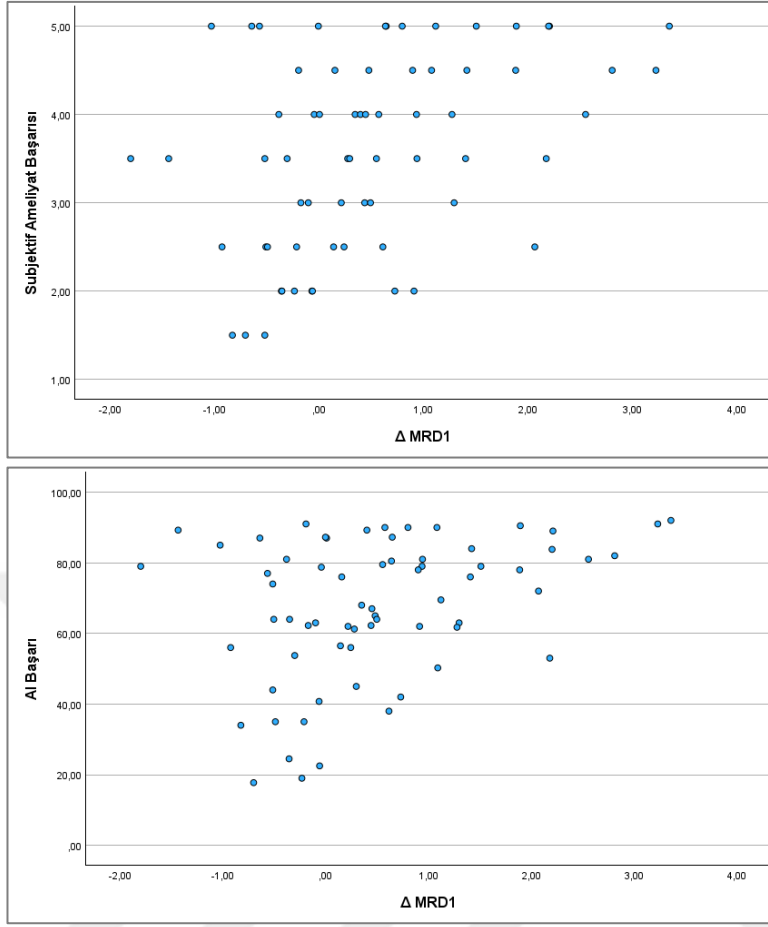
Tablo 12. Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı ile MRD1 Değişimi Arasındaki Korelasyonlar

		r	p	95% GA	
				Alt Sınır	Üst Sınır
Tek Göz n=35	Subjektif Ameliyat Başarısı - Δ	0,70	<,001*	0,462	0,841
	YZ Başarı - Δ MRD1	0,73	<,001*	0,518	0,858
Tek göz ve Bilateral n=67	Subjektif Ameliyat Başarısı - Δ MRD1	0,42	<,001*	0,188	0,603
	YZ Başarı - Δ MRD1	0,35	0,004*	0,109	0,547

r:Spearman Korelasyon Katsayısı (Spearman's rho), GA:Güven Aralığı *p<0,05



Şekil 5. Tek göze cerrahi uygulanan hastalarda Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı ile MRD1 Değişimlerine İlişkin Saçılım Grafiği (Scatter Plot)



Şekil 6. Hastaların Tamamında Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı ile MRD1 Değişimlerine İlişkin Saçılım Grafiği (Scatter Plot)

Tek taraflı cerrahi uygulanan hastalarda; subjektif ameliyat başarısının bağımlı değişken olduğu modelde bağımsız değişkenler bağımlı değişkendeki değişimin % 59'unu (adjusted R^2) açıklamaktadır. Kurulan modelde Δ MRD1 ve Postop POC değişkenlerinin subjektif ameliyat başarısı üzerinde anlamlı etkisi olduğu ($p=0,048$, $p=0,027$, sırasıyla) ve Δ MRD1'deki 1 birimlik artışın subjektif ameliyat başarısında 0,321 birimlik artışa, postop POC değişkenindeki 1 birimlik artışın subjektif ameliyat başarısında 0,455 birimlik artışa neden olduğu görülmektedir.

YZ başarısının bağımlı değişken olduğu modelde de benzer şekilde bağımsız değişkenler bağımlı değişkendeki değişimin % 67'sini (adjusted R^2) açıklamaktadır. Kurulan modelde Δ MRD1 ve postop POC değişkenlerinin YZ başarısı üzerinde anlamlı etkisi olduğu ($p=0,013$, $p=0,018$, sırasıyla) ve Δ MRD1'deki 1 birimlik artışın YZ başarısında 0,361 birimlik artışa, postop POC değişkenindeki 1 birimlik artışın YZ başarısında 0,437 birimlik artışa neden olduğu görülmektedir (Tablo 13).

Tablo 13. Tek Taraflı Cerrahi Uygulanan Hastalarda Subjektif Ameliyat Başarısı ve YZ Başarısı için Regresyon Analizleri

	β	p	95% GA		
			Alt sınır	Üst Sınır	
Bağımlı Değişken Subjektif Ameliyat Başarısı					F:9,016 P<0,001*
Yaş	,069	,602	-,012	,020	
Cinsiyet	-,071	,561	-,815	,452	
Operasyon Türü	,019	,878	-,564	,656	
Δ MRD1	,321	,048*	,003	,647	
Postop R2	,156	,386	-,187	,470	
Postop POC	,455	,027*	,003	,051	
Bağımlı Değişken YZ Ameliyat Başarısı					F:12,298 P<0,001*
Yaş	,126	,293	-,126	,404	
Cinsiyet	-,020	,848	-11,666	9,654	
Operasyon Türü	-,034	,758	-11,813	8,703	
Δ MRD1	,361	,013*	1,629	12,433	
Postop R2	,147	,365	-3,097	8,158	
Postop POC	,437	,018*	,093	,905	

GA: Güven aralığı, β : Standartlaştırılmış katsayı (beta). *p<0,05

5. TARTIŞMA

Pitozis cerrahisi sonrası estetik ve fonksiyonel başarı değerlendirmeleri genellikle cerrahların ve hastaların öznel değerlendirmeleri temel alınarak yapılmaktadır. Ameliyat öncesi ve sonrası yapılan bu değerlendirmeler, cerrahi sonuçları iyileştirmek ve hasta memnuniyetini artırmak açısından büyük önem taşır. Ancak öznel değerlendirmeler, kişisel beklentiler, ön yargılar ve algılama farklılıkları gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu durum, geleneksel değerlendirme yöntemlerinin ötesine geçerek çok boyutlu ve objektif analiz yöntemlerinin kullanılmasını gerekli kılmaktadır.

Pitozis cerrahileri sonrası elde edilen estetik ve fonksiyonel başarıların nesnel olarak ölçülmesi, cerrahların uyguladıkları cerrahi yöntemlerin etkinliğini değerlendirebilmesine ve sonuçları daha da iyileştirmesine imkân tanır. Ayrıca hastalar açısından, ameliyat sonrası iyileşmeye dair somut ve güvenilir veriler sunulması, cerrahi prosedüre yönelik memnuniyeti artırarak hastaların mükemmeliyetçi veya kararsız tutumlarından kaynaklanan etkileri azaltabilir. Objektif değerlendirme yöntemleri, farklı cerrahi tekniklerin etkinliğinin karşılaştırılmasını kolaylaştırarak akademik araştırmalarda da standart bir yaklaşım oluşturabilir.

Göz kapağı estetiği ve fonksiyonel değerlendirme süreçleri, tarihsel olarak MRD1 ve Çoklu Radyal Midpupiller Kapak Mesafeleri gibi basit, ancak sınırlı ölçüm yöntemleriyle yürütülmüştür. MRD1, üst göz kapağının merkezi yüksekliğini ölçen temel bir parametre olup, kapak yüksekliği ve pitozis değerlendirmesinde yaygın biçimde kullanılmıştır. Ancak, bu yöntem sadece kapak yüksekliğini merkezde değerlendirip kapak konturunun tamamını yansıtmaması nedeniyle sınırlıdır ve kapak simetrisini değerlendirmede yeterli değildir.

Geleneksel yöntemlerin yetersizliğini gidermek amacıyla Milbratz ve ark tarafından geliştirilen Çoklu Radyal Midpupiller Kapak Mesafeleri yöntemi, göz kapağı konturunun 15° aralıklarla çoklu radyal hatlarla ölçümünü sağlayarak kapak konturunun daha kapsamlı değerlendirilmesini mümkün kılmıştır ²⁵. Ancak Çoklu Radyal Midpupiller Kapak Mesafeleri'nin de, ölçüm noktalarının kişiden kişiye değişken olması ve şiddetli pitozis durumlarında uygulanmasının zorluğu gibi kısıtlılıkları bulunmaktadır.

Son yıllarda, kapak konturunun bütünsel ve detaylı değerlendirmesini sağlayan yeni yöntemler geliştirilmiştir. Bu bağlamda Bézier eğrileri, üst kapak konturunun matematiksel olarak tanımlanması ve konturun objektif bir biçimde değerlendirilmesi için önemli bir yenilik olarak öne çıkmıştır. Golbert ve ark; Bézier eğrileri kullanılarak elde ettikleri objektif simetri skorları ile, geleneksel yöntemlere göre kapak kontur anomalilerini ve göz kapağı simetrisini daha detaylı biçimde ortaya koymuşlardır. Bu yöntem ile göz kapağı simetrisini POC gibi hata metrikleri ile sayısal olarak ifade etmişlerdir ¹⁷.

Daha yakın zamanlarda Çabuk ve arkadaşları, üst kapak simetrisini değerlendirmek için istatistiksel hata metrikleri olan R^2 , RMSE, MAE ve MSE gibi parametrelerin kullanımını önermişlerdir. Bu parametrelerin subjektif değerlendirmeler ile yüksek korelasyon göstermesi, pitozis cerrahisi sonrası kapak kontur simetrisinin objektif değerlendirilmesinde yeni bir sayfa açmıştır⁴¹.

Tüm bu çalışmalar göstermektedir ki, MRD1 gibi geleneksel tek nokta ölçümlerinden kapak konturunu bütünsel olarak değerlendiren ve matematiksel olarak objektif simetri analizine imkan tanıyan yöntemlere doğru belirgin bir geçiş söz konusudur. Bu gelişmeler, pitozis cerrahisi sonrası başarı değerlendirmelerinin daha objektif, tekrarlanabilir ve tutarlı hale gelmesine olanak sağlayarak, klinik uygulamalarda ve bilimsel çalışmalarda standardizasyonun artmasını desteklemiştir.

Çalışmamızda pitozis ameliyatlarının başarısı değerlendirilirken, geleneksel olarak kullanılan MRD1 ölçümü ile subjektif göz kapağı ve kontur simetri değerlendirmelerinin ötesine geçilmiştir. Bu kapsamda, MATLAB yazılımı aracılığıyla Bezier eğrisi fonksiyonu kullanılarak hesaplanan hata metrikleri (RMSE, MAE, MSE, R^2 ve POC), yapay zekâ tabanlı algoritmadan elde edilen skorlar ve subjektif cerrah değerlendirmeleri birlikte incelenmiştir. Çalışma bulguları, güncel literatür ışığında yorumlanarak objektif ve kantitatif analizlerin ameliyat başarısını temsil etme gücü ve yapay zekâ algoritmalarının insan değerlendirmeleri ve kantitatif analizler ile uyumu değerlendirilmiştir.

Ameliyat sonrası dönemde MRD1 ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış ($p<0.001$) gözlenmiş, hata metriklerinde ise belirgin iyileşme saptanmıştır. Postop MAE, MSE ve RMSE değerleri anlamlı şekilde azalmış; R^2 ve POC değerleri

ise anlamlı düzeyde artmıştır. Bu sonuçlar, kontur analizi ile cerrahi başarının daha hassas ve çok boyutlu değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Golbert ve ark., göz kapağı simetrisinin yalnızca yükseklikle değil, kontur bütünlüğüyle de şekillendiğini gösterilmiştir. Kontur eğrilerinin analizinde Bézier eğrileri kullanılarak yapılan çalışmalar, MRD1 eşit olsa dahi kontur simetrisindeki farkların hastalar ve cerrahlar tarafından estetik olarak ayırt edilebildiğini ortaya koymuştur ^{17,42}.

Ameliyat sonrası ile öncesi arasındaki MRD1 farklarının cerrahi türüne göre karşılaştırıldığı analizde, levator rezeksiyonu uygulanan hastalarda Δ MRD1 değeri, blefaroplasti grubuna göre anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur ($p<0,001$).

Çalışmamızda, levator rezeksiyonu uygulanan olgularda gözlenen postoperatif MRD1 artışının, blefaroplasti grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,001$). Bu bulgu, levator cerrahisinin üst göz kapağı elevasyonuna doğrudan katkı sağlayan kas-aponevrotik yapılar üzerinde etkili bir düzeltme sağlamasıyla ilişkili olabilir. Nitekim Danesh ve ark. tarafından yapılan karşılaştırmalı bir çalışmada, levator cerrahisi uygulanan grupta postoperatif erken dönemde ölçülen MRD1 değerleri, KJM grubuna kıyasla anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, levator cerrahisinin özellikle erken postoperatif dönemde kapak yüksekliğini artırma konusunda daha belirgin bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir ⁴³. Moore ve ark, KJM ile birlikte uygulanan blefaroplastinin MRD1 üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik oluşturmadığını ve blefaroplastinin esas olarak dermatoşalazis onarımına yönelik estetik bir prosedür olarak sınırlı fonksiyonel etkiye sahip olabileceğini bildirmiştir ⁴⁴. Bu doğrultuda, bizim çalışmamızda da blefaroplasti grubunda daha düşük Δ MRD1 değerleri gözlenmesi, blefaroplastinin kapak yüksekliği üzerindeki fonksiyonel etkisinin levator cerrahilerine göre daha sınırlı olmasını desteklemektedir.

Çalışmamızda preoperatif dönemde subjektif kapak simetrisi ile MAE, MSE, RMSE arasında güçlü negatif; R^2 ile güçlü pozitif; POC ile orta düzeyde pozitif ilişkiler saptanmıştır. Postoperatif dönemde de subjektif kapak simetrisi puanları ile MAE, MSE ve RMSE arasında negatif; R^2 ve POC ile pozitif yönlü orta düzey ilişkiler saptanmıştır.

Benzer şekilde, Şerefoğlu Çabuk ve ark yaptığı çalışmada da hata metrikleri ile cerrahların subjektif değerlendirmeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler bildirilmiştir ⁴¹. Bu korelasyonlar, sayısal hata metriklerinin subjektif simetrik algıyla uyumlu olabileceğini ve değerlendirmelerde nesnel destek sağlayabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda postoperatif dönemde elde edilen hata metriklerinin, hem subjektif ameliyat başarısı hem de yapay zekâ tarafından belirlenen başarı skorlarıyla olan ilişkisi analiz edilmiştir. Bulgularımıza göre; postop MAE, MSE ve RMSE ile her iki başarı göstergesi arasında anlamlı ve orta düzeyde negatif korelasyon, postop R^2 ve POC ile ise orta düzey pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar saptanmıştır. Bu sonuçlar, hata metriklerinin cerrahi sonrası kapak pozisyonundaki küçük farklılıkları ayırt etme kapasitesini ortaya koymaktadır. Şerefoğlu Çabuk ve arkadaşlarının çalışmasında da benzer şekilde, bu metriklerin özellikle deneyimli cerrahların estetik değerlendirmeleriyle yüksek uyum gösterdiği ve kontur dışı parametrelerde dahi hassasiyet sağladığı vurgulanmıştır ⁴¹.

Çalışmamızda cerrahlar tarafından preoperatif ve postoperatif fotoğraflara dayanarak verilen subjektif ameliyat başarısı puanları ile, yapay zekâ algoritması tarafından geliştirilen ve MRD1 artışı (%40), kapak simetrisi (%30) ve kontur simetrisi (%30) parametrelerine dayanan çok kriterli ağırlıklı puanlama sistemi arasında anlamlı ve güçlü bir pozitif korelasyon saptanmıştır ($r = 0,804$; $p < 0,001$). Bu sonuç, yapay zeka tabanlı algoritmanın klinik değerlendirmelerde subjektif analizlerle yüksek düzeyde örtüşebileceğini göstermektedir. Benzer şekilde, Shao ve arkadaşları tarafından geliştirilen derin öğrenme tabanlı otomatik analiz sisteminin, MRD-1 ve MRD-2 ölçümlerinde uzman değerlendirmeleriyle yüksek uyum ($ICC=0.863-0.886$) gösterdiği; tekrar ölçümler arasında da yüksek düzeyde tekrarlanabilirlik sağladığı ($ICC=0.970-0.986$) bildirilmiştir ⁴⁵. Ayrıca Park ve arkadaşları, cerrahi sonrası kornea açıklık oranı değerlendirmesinde yapay zeka tabanlı analiz ile manuel ölçümler arasında $ICC=0.992$ düzeyinde uyum olduğunu ve tekrarlanan AI ölçümleri arasında tam korelasyon ($ICC=1,000$) elde edildiğini bildirmiştir ⁴⁶. Lee ve arkadaşları, yapay zeka tabanlı "Eyeball Exposure Rate" analizinin pitozis cerrahisinde yüksek doğruluk ve tekrarlanabilirlik sağladığını vurgulamıştır ($ICC=0.984-0.994$) ⁴⁷. Elde edilen bulgular, yapay zekâ sistemlerinin yalnızca MRD1 gibi lineer biyometrik ölçümleri

değil, aynı zamanda estetik kontur bütünlüğünü de güvenilir biçimde değerlendirme kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda kullanılan yapay zekâ modelinin, cerrahi başarıyı belirlemede gerçekleştirdiği analizler ile subjektif değerlendirmeler arasında saptanan güçlü korelasyon, yapay zeka sistemlerinin estetik ve fonksiyonel çıktıları bütüncül biçimde analiz edebileceğini desteklemektedir. Yapay zeka algoritmalarının çok boyutlu değerlendirme fonksiyonu, gelecekte klinisyenlere cerrahi planlamada ve cerrahi sonrası süreçte objektif karar desteği sağlayabilir.

Cerrahi türlerine göre yapılan alt grup analizinde, subjektif ameliyat başarısı ile yapay zekâ tabanlı başarı skorları arasındaki en yüksek korelasyon KJM grubunda saptanmıştır ($r = 0,86$; $p < 0,001$). Bu grubu sırasıyla LR ($r = 0,814$; $p < 0,001$) ve blefaroplasti ($r = 0,732$; $p < 0,001$) grupları takip etmiştir. KJM grubunda gözlenen yüksek korelasyon, bu cerrahi tekniğin özellikle simetri ve MRD1 artışı gibi parametreler üzerinde belirgin değişiklikler yaratmasına bağlanabilir. Nitekim bu parametreler, hem yapay zeka algoritmalarının değerlendirme sistematikteki temel kriterler arasında yer almakta hem de cerrahların subjektif değerlendirmelerinde estetik ve fonksiyonel başarı açısından öncelikli unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Öte yandan, blefaroplasti grubunda cerrahinin ana hedefi göz kapağındaki deri fazlalığının giderilmesi olduğundan, MRD1 değişimi veya kontur simetrisi gibi parametrelerde sınırlı değişiklik meydana gelmekte; bu da yapay zeka ve subjektif başarı skorları arasındaki korelasyonun görece daha düşük düzeyde kalmasına neden olabilmektedir.

Çalışmamızda tek taraflı ptozis cerrahisi uygulanan hastalarda, hem subjektif cerrah puanları hem de yapay zekâ başarı puanları ile kapak simetrisini ifade eden hata metrikleri (POC, RMSE, MSE, MAE, R^2) arasında anlamlı korelasyonlar gözlenmiştir. Buna karşılık bilateral cerrahi uygulanan olgularda, yalnızca yapay zeka puanlamalarıyla hata metrikleri arasında orta düzeyde ilişki saptanmış; subjektif skorlarla korelasyon istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Bu bulgu, literatürde de bildirilen göz estetiği algısındaki asimetric duyarlılıkla uyumludur. Liu Chen ve ark, tek taraflı blefaroptozis cerrahisi sonrası POC değerlerinde anlamlı artış ve MRD1 asimetrisinde azalma olduğunu ayrıca Bézier eğrileriyle yapılan kontur analizlerinin üst göz kapağının tepe noktasının yatay pozisyonunu da hesaba katması nedeniyle görsel simetrinin çok boyutlu

ölçülebildiğini göstermişlerdir ⁴⁸. Benzer şekilde, Dhaka ve ark, pitozis nedeniyle bilateral frontal askı cerrahisinin MRD1 ve kapak kıvrımı gibi kozmetik parametrelerde daha yüksek simetri sağladığını belirtmiştir. Ancak bu simetrisinin hasta tarafından her zaman fark edilmediği, subjektif algının daha çok tek taraflı düzensizliklerde belirginleştiği vurgulanmıştır ⁴⁹.

Hatton ve ark ise bilateral cerrahilerde postoperatif iyileşme sürecinde hastaların subjektif olarak sıklıkla asimetri bildirdiğini; ancak objektif ölçümlerin bu algıyı her zaman doğrulamadığını raporlamışlardır ⁵⁰. Bu durum, kontur simetrisinin subjektif algı ile olan ilişkisini tek taraflı olgularda daha güçlü kılmaktadır.

Çalışmamızda gözlenen tek taraflı cerrahilerdeki güçlü korelasyonlar, klinik olarak hem estetik farkındalığın hem de kontur analizi temelli algoritmaların doğruluğunun bu grupta daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bilateral cerrahilerde ise yapay zeka temelli algoritmaların hata metrikleriyle olan uyumu anlamlı düzeyde sürmekte olup, subjektif değerlendirmelere göre göz kapağı simetrisini değerlendirmede daha tutarlı bir araç olabilir.

Çalışmamızda subjektif kozmetik başarı skoru ≥ 4 olan olgular “başarılı”, <4 olanlar ise “başarısız” olarak iki kategoriye ayrılmış ve her iki grup için YZ puanı ile kontur temelli hata metrikleri arasındaki korelasyonlar incelenmiştir. Bulgular, başarılı grupta YZ başarı ile hiçbir hata metriği arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon olmadığını; buna karşın başarısız grupta YZ başarı skoru ile MAE, MSE ve RMSE arasında negatif yönlü orta düzey, R^2 ve POC ile ise pozitif yönlü orta düzey bir ilişki olduğunu göstermiştir. Kapak simetrisinin bozulmasının daha belirgin olduğu başarısız grupta, yapay zeka algoritmalarının hata metrikleri ile uyumlu puanlama yapması, bu sistemlerin düşük estetik başarıda simetrik farkları daha iyi yakalayabildiğini gösterirken başarılı grupta simetri algısının daha yetersiz kaldığı izlenmektedir. Bu bağlamda değerlendirildiğinde, yapay zekâ destekli analizlerin özellikle başarısız sonuçların ayırımında ve kantitatif desteklenmesinde önemli bir araç olarak kullanılabileceği, subjektif değerlendirmeye örtüşmeyen durumları ortaya çıkarmada anlamlı katkılar sunabileceği düşünülmektedir.

Cerrahi türlerine göre ameliyat başarı skorları ile hata metrikleri arasındaki korelasyonlar incelendiğinde; Blefaroplasti uygulanan hastalarda hata metrikleri ile subjektif ameliyat başarı ve yapay zekâ başarı puanları arasında anlamlı bir

korelasyon saptanmamıştır. Bununla birlikte, KJM uygulanan hastalarda hem subjektif ameliyat başarısı hem de yapay zeka başarı skorlarıyla MAE, MSE ve RMSE hata metrikleri arasında negatif yönlü güçlü korelasyonlar, R2 ve POC hata metrikleri ile ise pozitif yönlü güçlü korelasyon görülmüştür. Levator rezeksiyonu uygulananlarda ise subjektif ve YZ başarı skorlarıyla postop MAE, MSE ve RMSE arasında negatif yönlü orta düzey korelasyonlar, R2 ve POC ile ise pozitif yönlü orta düzey korelasyon saptanmıştır.

Farklı cerrahi yöntemlerde hata metrikleri ile başarı skorları arasındaki korelasyonların değişkenlik göstermesi, cerrahi müdahalenin anatomik etkileri ile açıklanabilir. Blefaroplasti uygulanan hastalarda, cerrahinin temel olarak deri fazlalığının alınmasına odaklanması ve kapak konturuna doğrudan etkinin sınırlı kalması nedeniyle, ameliyat sonrası hata metrikleri ile başarı skorları arasında anlamlı korelasyon bulunamamış olabilir. Bu sonuç, blefaroplastide ortaya çıkan kontur bozukluklarının genellikle periorbital cilt yapısına bağlı olması ve Bézier eğrisi tabanlı simetri ölçütlerinin sınırlı ayırt edici gücünden kaynaklanabilir. Şerefoğlu Çabuk ve ark. çalışmasında da belirtildiği üzere, KJM ve LR ameliyatları postoperatif POC'yi belirgin olarak artırmakta ve her iki göz kapağında simetrik sonuçlar elde edilebilmektedir. KJM grubunda bildirilen subjektif simetri oranının LR grubuna göre daha yüksek olması; KJM de sınırlı diseksiyon ve doğal konturun daha fazla korunmasına bağlı olabilir ⁵¹. Ayrıca aynı çalışmada, POC ile subjektif simetri arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur. Bu durum kontur simetrisinin estetik algı üzerindeki belirleyici rolüne işaret etmektedir. Bizim bulgularımızda da KJM grubunda YZ ve subjektif skorlar ile hata metrikleri arasında güçlü korelasyonlar bulunurken, LR grubunda bu korelasyonlar daha zayıftır. Bu farklılıklar cerrahi türlerinin kontur üzerindeki etkilerindeki farklılıklar ile ilişkilidir ve Şerefoğlu Cabuk ve ark.'nın bulgularıyla uyumludur ⁵¹.

Simetri duyarlılığı yüksek algoritmalar üzerine kurulan yapay zeka modellerinin, minimal invaziv cerrahi prosedürlerde (örneğin KJM) kontur uyumsuzluklarını daha hassas bir şekilde saptayabildiği gözlenirken; blefaroplasti gibi deri odaklı estetik girişimlerde bu algoritmaların hata metrikleri ile olan korelasyonu azalmaktadır. Yapay zeka sistemleri özellikle kontur tabanlı minimal invaziv cerrahi girişimlerde daha etkin ve güvenilir performans gösterebilir.

Çalışmamızda pitozis cerrahisi uygulanan olgularda, ameliyat gerçekleştirilen gözdeki MRD1 artışı (Δ MRD1) ile hem cerrahlar tarafından yapılan subjektif estetik başarı skorları hem de yapay zekâ algoritması tarafından hesaplanan başarı puanları arasında pozitif ve güçlü korelasyonlar saptanmıştır. Bu bulgu, MRD1 artışının estetik ve fonksiyonel başarıyı öngörmeye hâlen değerli bir biyometrik gösterge olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim Antus ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da cerrahi başarısızlıkla sonuçlanan ve revizyon önerilen pitozis olgularının %75'inde yetersiz MRD1 artışı gözlenmiş; takip eden nedenler arasında %16,7 oranında aşırı MRD1 artışı ve %8,3 oranında kapak asimetrisi bildirilmiştir ⁵². Bu veriler, MRD1 değerinin postoperatif değerlendirmede kritik rol oynadığını desteklemektedir. Benzer şekilde, Şerefoğlu Cabuk ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, levator rezeksiyonu ve konjonktivamüllerektomi uygulanan hastalarda postoperatif MRD1 artışı ile hem subjektif simetri skorları hem de POC hata metriği arasında anlamlı düzeyde korelasyonlar tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, cerrahi sonrasında MRD1 artışının yalnızca fonksiyonel değil, aynı zamanda estetik başarıyı da etkileyen çok boyutlu bir parametre olduğunu göstermektedir ⁵¹.

Çalışmamızda ameliyat olan gözlerdeki MRD1 artışı hem YZ ölçümlerinde hem de subjektif cerrahi başarının değerlendirilmesinde önemli bir gösterge olmuştur. Ayrıca çalışmamızda YZ algoritmasının da bu artışı benzer şekilde başarı olarak sınıflandırması, insan ve algoritmik değerlendirmeler arasındaki tutarlılığı destekleyebilir.

Tek taraflı cerrahi uygulanan olgulara yönelik oluşturulan çok değişkenli regresyon modelleri hem subjektif hem de yapay zekâ temelli cerrahi başarı skorlarının anlamlı prediktörlerini ortaya koymuştur. Subjektif başarıyı açıklayan modelde Δ MRD1 ve postoperatif POC değerleri anlamlı bağımsız değişkenler olarak saptanmış; bu iki değişken birlikte modelin varyansının %59'unu açıklamıştır (adjusted $R^2 = 0,59$). Δ MRD1'deki her bir birimlik artış subjektif başarı skorunda 0,321 birimlik artışla, postoperatif POC artışının ise subjektif başarıda 0,455 birimlik artışla ilişkili olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, YZ başarısını açıklayan modelde de Δ MRD1 ($\beta = 0,361$; $p = 0,013$) ve postoperatif POC ($\beta = 0,437$; $p = 0,018$) değişkenleri anlamlı prediktörler olarak tanımlanmış ve modelin toplam varyansın %67'sini açıkladığı hesaplanmıştır (adjusted $R^2 = 0,67$).

Bu bulgular, YZ algoritmasının yalnızca lineer kapak yüksekliği parametrelerini değil, aynı zamanda estetik kontur özelliklerini de başarıyla analiz edebildiğini göstermektedir. Nitekim çalışmamızda kullanılan çok kriterli ağırlıklı YZ modelinde MRD1 artışı %40, göz kapağı kontur simetrisi ise %30 ağırlıkla değerlendirme sistemine dâhil edilmiştir. Regresyon analizinde de bu değişkenlerin başarı skorlarına etkisinin sırasıyla yüksek ve model ağırlıklarıyla tutarlı olması, algoritmanın karar mekanizmasının subjektif değerlendirmelerle yüksek düzeyde örtüştüğünü göstermektedir. Bu uyum, YZ sistemlerinin insan temelli estetik değerlendirmelerle paralel biçimde çalışabildiğini ve gelecekte klinikte karar destek aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Öte yandan, POC değişkeninin her iki modelde de anlamlı ve pozitif etkisinin bulunması, kapak simetrisindeki bozulmaların hem cerrahlar hem de YZ algoritmaları tarafından estetik başarıyı olumsuz etkileyen bir unsur olarak algılandığını göstermektedir. Bu bulgu, Şerefoğlu Cabuk ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, POC sapmalarının kapak kontur simetrisindeki bozulmayı temsil ettiği yönündeki sonuçlarla da tutarlılık göstermektedir ⁵¹. Pitozis cerrahileri sonrası subjektif ve algoritmik değerlendirme kriterlerinin ortak belirleyicilere dayanması, YZ sistemlerinin cerrahi sonuçların objektif ölçütlerle değerlendirilmesinde güvenilir ve tekrar edilebilir bir alternatif sunabileceğini göstermektedir.

6. LİMİTASYONLAR

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. İlk olarak, araştırma tek merkezli ve sınırlı hasta sayısı ile yürütülmüştür; bu durum, elde edilen sonuçların genellenebilirliğini kısıtlayabilir. Farklı demografik özelliklere ve cerrahi tekniklere sahip daha geniş örneklemelerle yapılacak çok merkezli çalışmalar, bulguların geçerliliğini artıracaktır.

İkinci olarak, kullanılan yapay zekâ tabanlı analiz sistemi, belirli parametrelerle (MRD1 artışı, kontur simetrisi vb.) sınırlı bir değerlendirme yapmaktadır. Bu sistemin performansı, algoritmanın eğitildiği veri setine ve algoritmik ağırlıklandırmalara bağlı olup, farklı hasta gruplarında performans farklılıkları gösterebilir.

Üçüncü olarak, subjektif değerlendirmeler yalnızca uzman cerrahlar tarafından gerçekleştirilmiş olup hasta memnuniyetini doğrudan yansıtmamaktadır. Dolayısıyla estetik başarı değerlendirmelerinde, hastaya özgü algı ve beklentileri içeren veriler eksik kalmıştır.

Son olarak, göz kapağı kontur simetrisi analizinde kullanılan Bézier eğrisi tabanlı yöntemlerin manuel işaretleme gerektirmesi ve bu sürecin gözlemciye bağlı olması, ölçüm güvenilirliğini potansiyel olarak etkileyebilir. Bu nedenle, tam otomatik ve kullanıcıdan bağımsız analiz sistemlerinin geliştirilmesi, gelecekteki çalışmalarda ölçüm doğruluğunu artırabilir.

Bu çalışma, pitozis cerrahisi sonrası estetik ve fonksiyonel başarıyı değerlendirmede klasik ölçütlerin ötesine geçilerek, kontur simetrisine dayalı hata metrikleri ve yapay zekâ temelli puanlama sistemlerinin klinik değerlendirmeye entegre edilebileceğini göstermiştir. MRD1 gibi lineer ölçümlerin tek başına estetik sonucu yansıtmada yetersiz kalabildiği, buna karşılık kontur odaklı metriklerin ve yapay zekâ algoritmalarının özellikle başarısız ya da sınırda kalan olgularda daha yüksek ayırt edici güce sahip olduğu ortaya konmuştur. Subjektif değerlendirmeler ile kontur simetrisi arasında anlamlı ilişkiler kurulması, kontur analizine dayalı parametrik ölçüm sistemlerinin cerrahi sonuçların nesnel değerlendirilmesinde güçlü araçlar sunabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, okuloplastik cerrahi alanında yapay zekâ destekli kantitatif analizlerin, karar destek sistemlerine entegre edilerek

hem cerrahi planlamada hem de sonuç takibinde klinisyenlere destek olabileceđi düşünölmektedir.



7. SONUÇ

Bu çalışmada pitozis cerrahisi sonrası estetik ve fonksiyonel başarıyı değerlendirmek amacıyla hem subjektif değerlendirmeler hem de yapay zekâ destekli kontur analizlerinden yararlanılmıştır. Geleneksel MRD1 ölçümlerine ek olarak, Bézier eğrileri kullanılarak hesaplanan hata metrikleri (MAE, MSE, RMSE, R^2 , POC) sayesinde göz kapağı konturunun nicel olarak değerlendirilmesi sağlanmıştır. Elde edilen bulgular, geleneksel yöntemlerle yapay zekâ analizleri arasında güçlü bir korelasyon olduğunu ortaya koymuştur.

Çalışmada, tüm hastalarda postoperatif MRD1 değerlerinde anlamlı artış gözlenmiş; kontur simetrisine ilişkin hata metriklerinde belirgin iyileşmeler saptanmıştır. MAE, MSE ve RMSE değerleri ameliyat sonrası anlamlı şekilde azalırken, R^2 ve POC değerleri artmıştır. Özellikle levator rezeksiyonu uygulanan hastalarda MRD1 artışı en yüksek düzeyde bulunmuş ve bu grup fonksiyonel başarı açısından öne çıkmıştır.

Subjektif cerrah puanları ile YZ tabanlı başarı skorları arasında güçlü bir korelasyon tespit edilmiştir ($r = 0,804$; $p < 0,001$). Bu sonuç, YZ algoritmalarının insan değerlendirmeleri ile tutarlı sonuçlar verebildiğini ve estetik başarıyı çok boyutlu şekilde analiz edebildiğini göstermektedir. Alt grup analizleri, özellikle tek taraflı cerrahi uygulanan olgularda hata metrikleri ile hem subjektif hem de YZ başarı skorları arasında anlamlı korelasyonların olduğunu ortaya koymuştur. Buna karşın bilateral cerrahilerde bu korelasyon subjektif skorlar için zayıflamış, YZ analizleri ise istatistiksel anlamlılığını sürdürmüştür.

Cerrahi teknikler açısından yapılan karşılaştırmalarda; blefaroplastinin MRD1 ve kontur simetrisi gibi fonksiyonel parametrelerde sınırlı etkisi olduğu görülmüş, buna karşılık konjonktivamüllerektomi ve levator rezeksiyonu gruplarında estetik başarı ile hata metrikleri ve YZ skorları arasında güçlü korelasyonlar saptanmıştır. Sonuç olarak, kontur tabanlı hata metrikleri ve YZ destekli analizler, pitozis cerrahisinin başarısını değerlendirmede subjektif yöntemlere güçlü bir alternatif sunmakta; özellikle estetik başarısızlıkların tespitinde objektif ve tekrarlanabilir bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, YZ sistemleri klinik karar destek aracı olarak cerrahi planlama ve sonuç değerlendirme süreçlerine önemli katkılar

sağlayabilir. Gelecekte daha büyük ve heterojen örneklem gruplarıyla yapılacak çalışmalar, bu sistemlerin genellenebilirliğini ve klinik geçerliliğini güçlendirebilir.



9. KAYNAKÇA

1. Pauly M, Sruthi R. Ptosis: Evaluation and management. *Kerala Journal of Ophthalmology*. 2019;31(1):11. doi:10.4103/kjo.kjo_2_19
2. Finsterer J. Ptosis: Causes, Presentation, and Management. *Aesthetic Plast Surg*. 2003;27(3):193-204. doi:10.1007/s00266-003-0127-5
3. Ptosis Correction. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; July 10, 2023.
4. Golbert MB, Garcia DM, Akaishi PMS, e Cruz AAV. Upper eyelid contour symmetry measurement with Bezier curves. *Arq Bras Oftalmol*. 2020;83(1):28-32. doi:10.5935/0004-2749.20200002,
5. Aytogan H, Ayıntap E. Comparing the symmetry of upper eyelid following unilateral ptosis correction. *BMC Ophthalmol*. 2021;21(1). doi:10.1186/S12886-021-02208-7
6. Sweeney AR, Dermarkarian CR, Williams KJ, Allen RC, Yen MT. Outcomes After Müller Muscle Conjunctival Resection Versus External Levator Advancement in Severe Involutional Blepharoptosis. *Am J Ophthalmol*. 2020;217:182-188. doi:10.1016/j.ajo.2020.04.039
7. Thomas GN, Chan J, Sundar G, Amrith S. Outcomes of levator advancement and Müller muscle-conjunctiva resection for the repair of upper eyelid ptosis. *Orbit*. 2017;36(1):39-42. doi:10.1080/01676830.2017.1279650,
8. Fujiwara T, Matsuo K, Kondoh S, Yuzuriha S. Etiology and pathogenesis of aponeurotic blepharoptosis. *Ann Plast Surg*. 2001;46(1):29-35. doi:10.1097/00000637-200101000-00006,
9. Simon GJB, Lee S, Schwarcz RM, McCann JD, Goldberg RA. External levator advancement vs Müller's muscle-conjunctival resection for correction of upper eyelid involutional ptosis. *Am J Ophthalmol*. 2005;140(3):426-432. doi:10.1016/j.ajo.2005.03.033
10. Nabie R, Manouchehri V, Aminmozaffari S, Sakha H, Heidari N. Levator muscle resection for simple congenital ptosis: its impact on preoperative levator function and dose-response ratio. *Canadian Journal of Ophthalmology*. 2023;58(3):235-238. doi:10.1016/j.jcjo.2022.01.008
11. Young SM, Imagawa Y, Kim YD, Park JW, Jang J, Woo KI. Lagophthalmos after congenital ptosis surgery: comparison between maximal levator resection and frontalis sling operation. *Eye (Basingstoke)*. 2021;35(4):1261-1267. doi:10.1038/S41433-020-1081-Z,
12. Fogel Tempelhof O, Bachar Zipori A, Mezaad-Koursh D, et al. Congenital ptosis repair in children: comparison of frontalis muscle suspension surgery and levator muscle surgery. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2023;261(10):2979-2986. doi:10.1007/S00417-023-06105-1,
13. Bhattacharjee K, Sawarkar K, Soni D, Wavikar G. Journey of frontalis muscle advancement in severe blepharoptosis: Review of the techniques, modifications, and outcomes. *Indian J Ophthalmol*. 2024;72(11). doi:10.4103/IJO.IJO_357_24,
14. Sun Y, Huang X, Zhang Q, et al. A Fully Automatic Postoperative Appearance Prediction System for Blepharoptosis Surgery with Image-based Deep Learning. *Ophthalmology Science*. 2022;2(3). doi:10.1016/j.xops.2022.100169

15. Chun YS, Park HH, Park IK, Moon NJ, Park SJ, Lee JK. Topographic analysis of eyelid position using digital image processing software. *Acta Ophthalmol.* 2017;95(7):e625-e632. doi:10.1111/aos.13437
16. Gower EW, West SK, Cassard SD, Munoz BE, Harding JC, Merbs SL. Definitions and standardization of a new grading scheme for eyelid contour abnormalities after trichiasis surgery. *PLoS Negl Trop Dis.* 2012;6(6). doi:10.1371/JOURNAL.PNTD.0001713,
17. Golbert MB, Garcia DM, Akaishi PMS, e Cruz AAV. Upper eyelid contour symmetry measurement with Bezier curves. *Arq Bras Oftalmol.* 2020;83(1):28-32. doi:10.5935/0004-2749.20200002
18. Milbratz GH, Garcia DM, Guimares FC, Cruz AAV. Multiple radial midpupil lid distances: A simple method for lid contour analysis. *Ophthalmology.* 2012;119(3):625-628. doi:10.1016/j.opthta.2011.08.039
19. Lou L, Cao J, Wang Y, et al. Deep learning-based image analysis for automated measurement of eyelid morphology before and after blepharoptosis surgery. *Ann Med.* 2021;53(1):2278-2285. doi:10.1080/07853890.2021.2009127
20. Mocan MC, Ilhan H, Gurcay H, et al. The expression and comparison of healthy and ptotic upper eyelid contours using a polynomial mathematical function. *Curr Eye Res.* 2014;39(6):553-560. doi:10.3109/02713683.2013.860992
21. Aytogan H, Ayıntap E. Comparing the symmetry of upper eyelid following unilateral ptosis correction. *BMC Ophthalmol.* 2021;21(1). doi:10.1186/s12886-021-02208-7
22. Khalili Pour E, Mahmoudi T, Ahmadzadeh H, Rafizadeh SM, Riazi-Esfahani H. Quantitative analysis of the eyelid curvature in patients with blepharoptosis. *BMC Med Imaging.* 2024;24(1). doi:10.1186/s12880-024-01280-x
23. Serefoglu Cabuk K, Cengiz SK, Guler MG, et al. Chasing the objective upper eyelid symmetry formula; R2, RMSE, POC, MAE, and MSE. *Int Ophthalmol.* 2024;44(1). doi:10.1007/s10792-024-03157-y
24. Golbert MB, Garcia DM, Akaishi PMS, e Cruz AAV. Upper eyelid contour symmetry measurement with Bezier curves. *Arq Bras Oftalmol.* 2020;83(1):28-32. doi:10.5935/0004-2749.20200002
25. Milbratz GH, Garcia DM, Guimares FC, Cruz AAV. Multiple Radial Midpupil Lid Distances: A Simple Method for Lid Contour Analysis. *Ophthalmology.* 2012;119(3):625-628. doi:10.1016/J.OPHTHA.2011.08.039
26. Flynn TH, Rose GE, Shah-Desai SD. Digital image analysis to characterize the upper lid marginal peak after levator aponeurosis repair. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg.* 2011;27(1):12-14. doi:10.1097/IOP.0b013e3181eea2e3
27. Mario J, Malbouisson C, Baccega A, Cruz AA V. *The Geometrical Basis of the Eyelid Contour.* Vol 16.

28. Golbert MB, Garcia DM, Akaishi PMS, e Cruz AAV. Upper eyelid contour symmetry measurement with Bezier curves. *Arq Bras Oftalmol.* 2020;83(1):28-32. doi:10.5935/0004-2749.20200002
29. Aytogan H, Ayıntap E. Comparing the symmetry of upper eyelid following unilateral ptosis correction. *BMC Ophthalmol.* 2021;21(1). doi:10.1186/S12886-021-02208-7
30. Milbratz GH, Garcia DM, Guimares FC, Cruz AAV. Multiple radial midpupil lid distances: A simple method for lid contour analysis. *Ophthalmology.* 2012;119(3):625-628. doi:10.1016/j.ophtha.2011.08.039
31. Khalili Pour E, Mahmoudi T, Ahmadzadeh H, Rafizadeh SM, Riazi-Esfahani H. Quantitative analysis of the eyelid curvature in patients with blepharoptosis. *BMC Med Imaging.* 2024;24(1). doi:10.1186/S12880-024-01280-X,
32. Serefoglu Cabuk K, Cengiz SK, Guler MG, et al. Chasing the objective upper eyelid symmetry formula; R2, RMSE, POC, MAE, and MSE. *Int Ophthalmol.* 2024;44(1). doi:10.1007/s10792-024-03157-y
33. Serefoglu Cabuk K, Cengiz SK, Guler MG, et al. Chasing the objective upper eyelid symmetry formula; R2, RMSE, POC, MAE, and MSE. *Int Ophthalmol.* 2024;44(1). doi:10.1007/s10792-024-03157-y
34. Lou L, Cao J, Wang Y, et al. Deep learning-based image analysis for automated measurement of eyelid morphology before and after blepharoptosis surgery. *Ann Med.* 2021;53(1):2278-2285. doi:10.1080/07853890.2021.2009127
35. Bao XL, Sun YJ, Zhan X, Li GY. Orbital and eyelid diseases: The next breakthrough in artificial intelligence? *Front Cell Dev Biol.* 2022;10. doi:10.3389/fcell.2022.1069248
36. Lou L, Cao J, Wang Y, et al. Deep learning-based image analysis for automated measurement of eyelid morphology before and after blepharoptosis surgery. *Ann Med.* 2021;53(1):2278-2285. doi:10.1080/07853890.2021.2009127
37. Bao XL, Sun YJ, Zhan X, Li GY. Orbital and eyelid diseases: The next breakthrough in artificial intelligence? *Front Cell Dev Biol.* 2022;10. doi:10.3389/fcell.2022.1069248
38. Shao J, Cao J, Wang C, Xu P, Lou L, Ye J. Automatic Measurement and Comparison of Normal Eyelid Contour by Age and Gender Using Image-Based Deep Learning. *Ophthalmology Science.* 2024;4(5). doi:10.1016/j.xops.2024.100518
39. Chen HC, Tzeng SS, Hsiao YC, Chen RF, Hung EC, Lee OK. Smartphone-based artificial intelligence-assisted prediction for eyelid measurements: Algorithm development and observational validation study. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2021;9(10). doi:10.2196/32444
40. Chun YS, Park HH, Park IK, Moon NJ, Park SJ, Lee JK. Topographic analysis of eyelid position using digital image processing software. *Acta Ophthalmol.* 2017;95(7):e625-e632. doi:10.1111/AOS.13437,
41. Serefoglu Cabuk K, Cengiz SK, Guler MG, et al. Chasing the objective upper eyelid symmetry formula; R2, RMSE, POC, MAE, and MSE. *Int Ophthalmol.* 2024;44(1). doi:10.1007/s10792-024-03157-y

42. Serefoglu Cabuk K, Asik Nacaroglu S, Ozturk Karabulut G, et al. Muller muscle conjunctival resection or external levator advancement; a quantitative comparison of symmetry in unilateral ptosis *. *Eur J Ophthalmol*. 2022;32(4):2125-2132. doi:10.1177
43. Danesh J, Ugradar S, Goldberg R, Joshi N, Rootman DB. Significance of Early Postoperative Eyelid Position on Late Postoperative Result in Mueller's Muscle Conjunctival Resection and External Levator Advancement Surgery. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. 2018;34(5):432-435. doi:10.1097/IOP.0000000000001039
44. Moore GH, Rootman DB, Karlin J, Goldberg RA. Mueller's Muscle Conjunctival Resection With Skin-Only Blepharoplasty: Effects on Eyelid and Eyebrow Position. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. 2015;31(4):290-292. doi:10.1097/IOP.0000000000000312
45. Shao J, Cao J, Wang C, Xu P, Lou L, Ye J. Automatic Measurement and Comparison of Normal Eyelid Contour by Age and Gender Using Image-Based Deep Learning. *Ophthalmology Science*. 2024;4(5). doi:10.1016/j.xops.2024.100518
46. Chun YS, Park HH, Park IK, Moon NJ, Park SJ, Lee JK. Topographic analysis of eyelid position using digital image processing software. *Acta Ophthalmol*. 2017;95(7):e625-e632. doi:10.1111/AOS.13437
47. Lee B, Xu L, Oh SH, et al. AI-driven Eyeball Exposure Rate (EER) analysis: A useful tool for assessing ptosis surgery effectiveness. *PLoS One*. 2025;20(3):e0319577. doi:10.1371
48. Liu Y, Chen W, Chen X. Symmetry of upper eyelid after unilateral blepharoptosis repair with minimally invasive conjoint fascial sheath suspension technique. *Int J Ophthalmol*. 2023;17(1):53-60. doi:10.18240/IJO.2024.01.07,
49. Jyoti Dhaka, Ashok Kumar Grover. Unilateral Versus Bilateral Frontalis Suspension Sling Surgery for Correction of Severe Unilateral Congenital Ptosis. *Asian Journal of Medical Research*. 2020;9(1):OT05-OT08. doi:10.47009/AJMR.2020.9.1.OT2
50. Hatton MP, Kelley JM, Rubin PAD. Symmetry in healing after bilateral eyelid surgery. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. 2006;22(4):266-268. doi:10.1097/01.IOP.0000225747.29778.3B,
51. Serefoglu Cabuk K, Asik Nacaroglu S, Ozturk Karabulut G, et al. Muller muscle conjunctival resection or external levator advancement; a quantitative comparison of symmetry in unilateral ptosis *. *Eur J Ophthalmol*. 2022;32(4):2125-2132. doi:10.1177
52. Antus Z, Salam A, Horvath E, Malhotra R. Outcomes for severe aponeurotic ptosis using posterior approach white-line advancement ptosis surgery. *Eye*. 2017;32(1):81. doi:10.1038/EYE.2017.128