

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MERAM TIP FAKÜLTESİ
GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

ANABİLİM DALI BAŞKANI
Prof. Dr. Ahmet ÖZKAĞNICI

**PEDİATRİK OLGULARDA EL OTOREFRAKTOMETRESİNİN
(PLUSOPTİX A09) KIRMA KUSURLARININ BELİRLENMESİNDEKİ
YERİ VE GÜVENİLİRLİĞİ**

Dr. Ayşe ÖZPINAR

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Nazmi ZENGİN

KONYA

2011

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
KISALTMALAR	iv
TABLolar DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Işığın Fiziksel Özellikleri	2
2.2. İnsan Gözünün Optiği	2
2.3. Gözün Optik Elemanları ve Görsel Çözünürlüğe Etkileri	4
2.3.1. Korneaya ait faktörler	4
2.3.2. Pupillaya ait faktörler	5
2.3.3. Kristalin lens faktörleri	5
2.3.4. Oküler aberasyonlar	6
2.3.4.1. Sferik aberasyon	6
2.3.4.2. Kromatik aberasyon	6
2.3.4.3. Koma (comma) aberasyonu	8
2.3.4.4. Yüksek değerli aberasyon	8
2.3.4.5. Işık saçılması	8
2.3.5. Retinal faktörler	9
2.3.6. Difraksiyon	9
2.4. Pinhole Optiği	9
2.5. Gözün Refraktif Durumları	10
2.6. Kırma Kusurlarının Epidemiyolojisi	10
2.7. Kırma Kusurları	13

2.7.1 Miyopi	13
2.7.1.1. Miyopinin optik sınıflandırılması	13
2.7.1.2 Miyopinin klinik sınıflandırılması	14
2.7.2. Hipermetropi	15
2.7.2.1. Hipermetropinin optik sınıflandırılması	15
2.7.2.2. Hipermetropinin klinik sınıflandırılması	16
2.7.2.2.1. Basit hipermetropi	16
2.7.2.2.2. Patolojik hipermetropi	17
2.7.3. Astigmatizma	17
2.8. Akomodasyon	20
2.8.1. Akomodasyon amplitüdü	22
2.9. Sikloplejik ve Sikloplejik Olmayan Refraksiyon	23
2.10. Refraksiyon Kusurlarının Muayene Yöntemleri	25
2.10.1. Subjektif yöntemler	25
2.10.1.1. Sferik değerin belirlenmesi	25
2.10.1.2. Astigmat değerin belirlenmesi	25
2.10.2. Objektif yöntemler	26
2.10.2.1. Retinoskopi	26
2.10.2.2. Otorefraktometre	28
2.11. Fotorefraktör	31
2.11.1. Ölçüm sonuçları	32
2.11.2. Fotorefraktörün özellikleri	35
3. GEREÇ VE YÖNTEM	36
4. BULGULAR	38
5. TARTIŞMA	45
6. SONUÇ	51

7. ÖZET.....	52
8. SUMMARY.....	53
9. EK.....	54
10. KAYNAKLAR.....	55
11. TEŞEKKÜR.....	65

KISALTMALAR

CP: Silindirik güç

D: Dioptri

n: Sayı

OR: Otorefraktometre

PÖT: Prizma örtme testi

PWR: Powerrefraktor

RPE: Retina pigment epiteli

SE: Sferik ekivalan

SP: Sferik güç

SPSS: Statistical package for social science

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1: Siklopleji için kullanılan farmakolojik ajanlar	24
Tablo 2: Fotorefraktör ile lenssiz ve +3.00 D lens ile ölçüm	34
Tablo 3: Fotorefraktörün özellikleri	35
Tablo 4: Siklopleji öncesi OR ve Fotorefraktör sferik, sferik ekivalan, silindirik ve aks ölçümlerinin karşılaştırılması.....	39
Tablo 5: Siklopleji sonrası OR ve Fotorefraktör sferik, sferik ekivalan, silindirik ve aks ölçümlerinin karşılaştırılması.....	40
Tablo 6: Siklopleji öncesi ve sonrası Fotorefraktör sferik, sferik ekivalan, silindirik ve aks ölçümlerinin karşılaştırılması.....	41
Tablo 7: Siklopleji öncesi ve sonrası OR sferik, sferik ekivalan, silindirik ve aks ölçümlerinin karşılaştırılması	42
Tablo 8: Siklopleji sonrası OR ile siklopleji öncesi Fotorefraktör sferik, sferik ekivalan, silindirik ve aks ölçümlerinin karşılaştırılması	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Gullstrand'ın şematik gözünün optik sabitleri	3
Şekil 2: İndirgenmiş şematik gözün boyutları	4
Şekil 3: Sferik aberasyon	6
Şekil 4: Astigmatizmada ışınların odaklanması ve sturm konoidi	18
Şekil 5: Çeşitli astigmatizmalarda Sturm Konoidi	20
Şekil 6: Scheiner'in disk deneyi	21
Şekil 7: Helmholtz Teorisi	21
Şekil 8: Akomodasyonda Schachar modeli	22
Şekil 9: Miyopi ve hipermetropide akomodasyon alanı	23
Şekil 10: Optometre ilkesi	29
Şekil 11: Schneider ilkesi	30
Şekil 12: Pluspotix A09	31
Şekil 13: Simetrik korneal refle	33
Şekil 14: Asimetrik korneal refle	33

1. GİRİŞ

Ambliyopi, çocukluk çağında çok sık görülen ve kalıcı olabilen bir sağlık problemidir. Okul öncesi çocuklarda tahmini prevalansı % 3'dür.¹ Belirgin kırma kusuru ve şaşılık önemli ambliyojenik risk faktörüdür.² Down sendromu, fizikomotor retardasyon, prematürite gibi sağlık problemi olan çocuklar daha yüksek risk altındadırlar.³⁻⁵ Pek çok çalışma ambliyopinin erken tespit edilmesinin tedavide yüksek oranda etkili olduğunu göstermiştir.⁶⁻⁹ Bu yüzden gelişmiş ülkelerde, çocuk sağlığı koruma programlarının içinde göz taraması da vardır. Hollanda'da doğumdan 8 yaşına kadar 8 kez görme fonksiyonu değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme sırasında, kırmızı refleye, glob hareketlerine, kayma olup olmamasına ve 3 yaşın üzerindeki çocuklarda alınabiliyorsa görme keskinliği ve stereopsisine bakılır.¹⁰

Düzeltilmemiş en iyi görme keskinliği kişilerin refraktif durumunu yansıtmaktadır. Düzeltilmiş en iyi görme keskinliğini değerlendirebilmek için ise kişilerin subjektif veya objektif yöntemler ile muayene edilmesi gerekmektedir. Günlük poliklinik pratiğinde otorefraktometreler hızlı, doğru ve tekrarlanabilir sonuçlar verdiği için yaygın olarak kullanılmaktadır. Çocuklarda ve genç erişkinlerde lensin uyum yeteneği yüksektir ve ölçümlerde hatalara sebep olmaktadır. Muayenede hatalara yol açabilen uyum yeteneğini ortadan kaldırmak için sikloplejik ilaçlar kullanılmaktadır. Ancak bunlar da pupilla dilatasyonu yaparak astigmat ve aks ölçümlerinde hatalara yol açmaktadır. Sikloplejik retinoskopi, refraktif durumu belirlemede altın standart olarak kabul edilmektedir. Siklopleji yapmadan refraktif durumu belirlemek için birçok yeni teknoloji geliştirilmiştir. Fotorefraktör bunlardan biri olup, sikloplejik retinoskopiden daha hızlı ve daha az invazivdir. Hastadan 1 m uzaktan ölçüm alabildiği için çocuk ve ölçüme uyumsuz hastalarda kırma kusurunu belirlemede kullanım kolaylığı sağlar. Sikloplejik ajan kullanılmaması nedeniyle de çocuk dostudur. Hasta kafasını kapalı bir yere koymak zorunda değildir.

Bu çalışmada 6ay ile 10 yaş aralığındaki çocuklarda kırma kusurlarının ölçümünde fotorefraksiyon yöntemi ile çalışan bir el otorefraktometresi ile konvansiyonel masaüstü otorefraktometre cihazının siklopleji öncesi ve sonrası değerleri karşılaştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Işığın Fiziksel Özellikleri

'Işık nedir?' sorusu yüzyıllardır büyük merak uyandıran önemli bir tartışma konusudur. XVII. yüzyılda bir bilim okulu, Christian Huygens tarafından ortaya atılıp, Young ve Maxwell tarafından genişletilen dalga teorisini desteklemiştir. Daha sonra ise Newton tarafından ortaya atılıp Plank tarafından desteklenen parçacık teorisi savunulmuştur. Plank'ın kuantum teorisi ile ışığın hem parçacık hem de dalga boyu özelliklerinin kavranması ile doğal ışığın yapısı ortaya konmuştur.

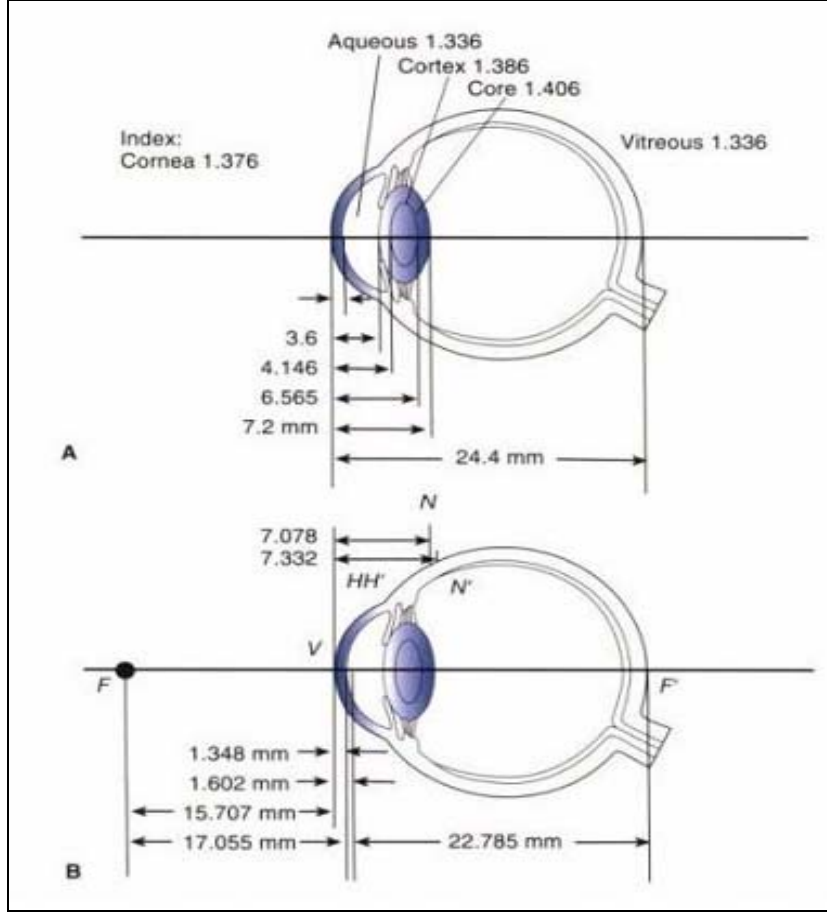
Optik, ışığı fiziksel optik, geometrik optik, kuantum optiği olarak 3 farklı modelle ele alır. Fiziksel optik, ışığın dalga özelliklerini inceler. Geometrik optik, ışığın objeden görüntüye hareket ederken takip ettiği yolların geometrisi üzerine kuruludur. Işığı, ışınma ve dağılım karakterleri ile lens ve aynaların görüntü özellikleri zemininde incelemektedir. Kuantum optiği ise ışık ile cisim arasındaki ilişkiyi irdelemekte ve ışığın hem dalga hem de parçacık (foton) karakteristiği gösterdiğini belirtmektedir.¹¹

2.2. İnsan Gözünün Optiği

Gözümüz etrafımızdaki dünyayı inceleme yeteneğimizde temel rol üstlenmekte ve optik bir aygıt ile benzer prensiplere göre çalışmaktadır. Gözün optik sistemi ile ilgili olarak yıllar içinde, dikkatli anatomik ölçümlere ve dengeli tahminlere dayanan pek çok matematiksel model geliştirilmiştir.

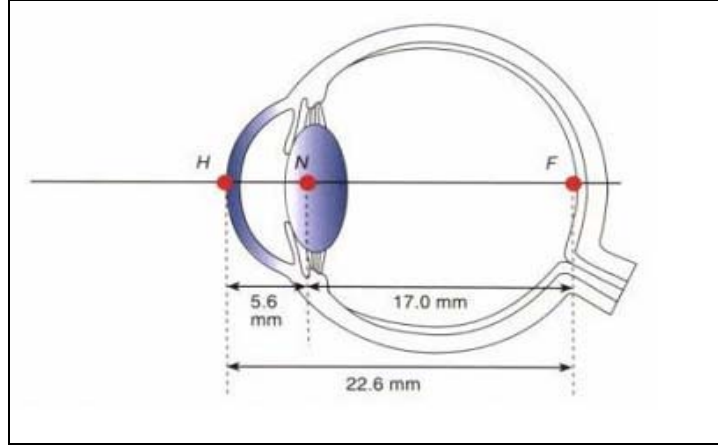
Geometrik optikte görüntülerin boyut ve yerleşimlerinin hesaplanabilmesi için, nasıl ışığın gerçek özellikleri yerine doğrusal tarzda hareket eden teorik çizgilerden oluştuğu varsayılmakta ise anatomik olarak da gerçek göz yerine de hesaplamalarda kullanılmak üzere kırıcı yapıların yeri ve kırıcılık katsayıları teorik olarak belirlenmiş göz çizimleri kullanılmaktadır. Hesaplamalar için kurgulanmış, çizimleri matematiksel temellere göre yapılmış olan bu göze de 'şematik göz' denmektedir.

Şematik göz, dinamik yaşayan göz için sınırlı fakat oldukça kullanışlı bir betimleme sunar. Şematik gözler Listing ve Tscherning tarafından bulunmuş, Helmholtz'un yaptığı katkılar, gözün optik yapısının önemli derecede anlaşılmasını sağlamıştır. Ancak en güvenilir olanı Gullstrand tarafından geliştirilmiştir. İsveçli bir oftalmoloji profesörü olan Gullstrand geliştirdiği insan gözüne çok yakın olan şematik göz modeli ile 1911 yılında Nobel ödülünü kazanmıştır. Gullstrand'ın şematik gözünün boyutları Şekil 1'de gösterilmiştir.¹²



Şekil 1: Gullstrand'ın şematik gözünün optik sabitleri

Gullstrand'ın şematik gözü 6 refraktif yüzey içerdiğinden, hesaplamaları kolaylaştırmak amacıyla, tüm refraktif yüzeylerin bir tek optik ortam gibi ele alındığı ve obje-görüntü ilişkisini belirleyen kardinal noktaları da en aza indirgeyen daha basit bir şematik göz modeli oluşturulmuştur. En büyük basitleştirme işlemi Listing tarafından yapılan hesaplamalarla elde edilmiştir. Listing, şematik gözü, verteksi temel düzlemde ve nodal noktası eğriliğinin merkezinde yer alan tek refraktif yüzeye indirgemıştır¹² (Şekil 2).



Şekil 2: İndirgenmiş şematik gözün boyutları

İndirgenmiş şematik göz kavramının kullanımı ile Snellen karakteri gibi uzaydaki bir objenin retinal görüntü büyüklüğü kolayca hesaplanabilir. Bu hesap için ışığın göze girerken veya gözü terk ederken kırılmadan içinden geçtiği basitleştirilmiş nodal nokta kavramı kullanılır. Retina görüntüsü büyüklüğü (mm cinsinden) geometrideki benzer üçgenler prensibi ile aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir.¹²

$$\text{Retinadaki görüntü yüksekliği} = \frac{\text{Snellen harf yüksekliği} \times \text{Nodal nokta ile retina arası mesafe}}{\text{Eşel ile göz arası mesafe}}$$

2.3. Gözün Optik Elemanları ve Görsel Çözünürlüğe Etkileri

2.3.1. Korneaya ait faktörler

Kornea ön yüzeyi yaklaşık olarak sferiktir ve eğrilik yarıçapı genel olarak 8 mm'dir. Bu yüzey gözün refraktif gücünün yaklaşık 2/3'ünden sorumludur. Retinada yüksek kalitede görüntü oluşumu için korneal stroma şeffaf olmalıdır. Oysa normal insan korneası gelen ışığın % 10'unu dağıtır.¹³ Korneanın asferik ön yüzey şekli retinadaki görüntü kalitesini etkiler. Astigmatizma bu yüzeyin farklı meridyenlerinde farklı eğrilik yarıçapına sahip olması sonucudur. Normal göz incelendiğinde hemen hemen her insanda en az 0.25-0.50 dioptri (D) korneal astigmatizma vardır.¹⁴ Sferik aberasyon pupil santralinden pupil kenarına kadar olan mesafede değişen eğrilik yarıçapı nedeniyle oluşur. Kornea tarafından katkıda bulunulan sferik aberasyon miktarı pupilla açıklığı ve korneanın şekil farklılıklarına göre değişir. 4 mm çaplı pupillada, spesifik kornea şekline bağlı olarak sferik aberasyon +0.21 D ile +1.62 D arasında değişir.¹⁵

2.3.2. Pupillaya ait faktörler

Göze rengini veren iris genişleyerek veya küçülerek göze giren ışık miktarını kontrol eder. İris tarafından oluşturulan pupil çapı, loş ışıkta 8 mm iken çok aydınlık ortamda yaklaşık 1.5 mm çapındadır.¹⁶ İris bir diafram gibi davranarak göze giren ışığı kontrol eder. Bu ayarlama yaklaşık 1 saniye kadar bir sürede gerçekleşir ve retinaya ulaşan ışığın şiddetini 10 kata kadar değiştirebilir.¹⁷

Sferik aberasyon gibi optik aberasyonlar tarafından belirlenen retinal görüntü kalitesi, pupil çapının azalmasına bağlı olarak düzelme eğilimindedir, çünkü pupil çapının küçülmesiyle optik aberasyonlar azalır. Çoğu gözlerde en iyi retinal görüntü, pupil çapının 2.4 mm olduğu durumda elde edilir.¹³

2.3.3. Kristalin lens faktörleri

Kristalin lens, gözün refraktif gücünün 1/3'ünden sorumludur. İris ve pupilin arkasına yerleşmiş, zonüler lifler yardımıyla yerinde tutulan tamamen şeffaf, bikonveks avasküler bir yapıdadır. Lens yaklaşık 10 mm çapında ve 5 mm kalınlığındadır. Lensin ön ve arka yüzlerinin eğrilikleri küresel değil, paraboliktir. Ön yüzün eğrilik yarıçapı 10 mm, arka yüzün eğrilik yarıçapı 6 mm'dir.¹⁸ Akomodasyon esnasında ön ve arka yüzlerin eğriliği eşit olur.¹⁹

Lensin çözülebilen proteinleri ince elastik bir kapsül ile çevrilidir. Lens kapsülünün intrinsik elastikyeti, lensin sferik bir şekil almaya meyletmesini sağlar. Ancak akomodasyon yapmadığında bu durum zonül liflerinin gerginliği ile önlenir. Lensin iç dokularının elastikyeti çözülemeyen proteinlerin artması yüzünden yaş ile birlikte giderek azalır.¹⁷

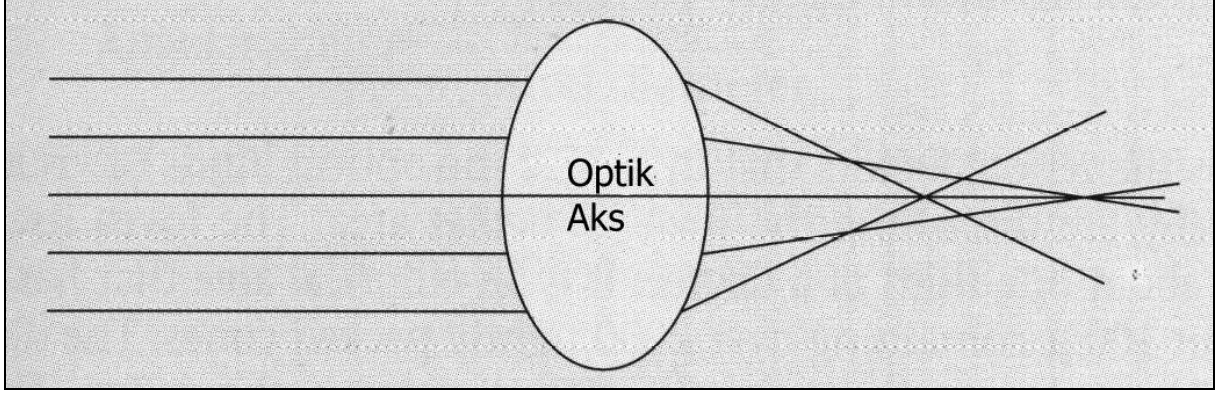
20 yaşındaki bireyin kristalin lensi gelen ışığın yaklaşık % 20'sini yansıtır. Bu saçılma oranı 60 yaşındaki bir bireyde 2 kattan fazladır.²⁰ Fazla miktardaki saçılma kontrast duyarlılığını azaltır.²¹ 20 yaşında normal bir insanın lensi gelen mavi ışığın % 30'unu absorbe eder. 60 yaşında bu absorpsiyon yaklaşık % 60'a çıkar.²² 60 yaşında mavi ışık absorpsiyonundaki bu artış kromatik aberasyon azalmasına ek olarak renk ayırımında azalmayla sonuçlanır.

İnsan lensinin yapısı, sıklıkla soğan tabakalarına benzetilir. Tabakalı yapı, derin katlara ilerledikçe daha sıkı (yoğun) bir yapıya dönüşür. Refraktif indeks de derin katlara indikçe yükselir. Kristalin lensin refraktif indeksindeki bu değişim korneadan kaynaklanan sferik aberasyonun nötralizasyonundan sorumludur.¹³

2.3.4. Oküler aberasyonlar

2.3.4.1. Sferik aberasyon

Optik merkeze uzak gelen ışınların, optik merkeze yakın gelen ışıklardan daha fazla kırılmaya uğramasına sferik aberasyon denir (Şekil 3).



Şekil 3: Sferik aberasyon

Gözün sferik aberasyonu pupil çapına ek olarak korneanın şekline, akomodatif duruma ve lensin yaşına bağlıdır.²³ Kornea, tamamen sferik bir yüzey yapısında değildir. Kornea periferi santralindeki gibi sferik olmayıp daha düzdür. Böylelikle kornea periferinden gelen ışınlar (marjinal ışınlar), santralden gelen ışınlar kadar fazla kırılmazlar. Eğer korneanın parasantral ve hatta periferik zonları da, düzgün bir sferik yapıda olduğu gibi, kornea merkezi kadar kırıcı olsaydı, sferik aberasyon kaçınılmaz olurdu.

Lensin dış katmanlarının refraktif indeksi iç katmalarınınkinden daha düşüktür. Bu da marjinal ışınların daha az kırılmasını sağlamaktadır. Bu iki karşıt etki sferik aberasyonu düzeltmektedir. Pupillanın küçülmesi de en azından aydınlık ortamlarda sferik aberasyonu azaltan bu mekanizmaları tamamlamaktadır. Gayet iyi bilindiği gibi bu durum görme keskinliğinin artmasında önemli bir rol oynamaktadır.²⁴ Normal fotopik gözde sferik aberasyon yaklaşık olarak 0.25 D – 2.0 D arasında değişir.¹⁵

2.3.4.2. Kromatik aberasyon

Gözden eşit uzaklıktaki renkli objelerin retinadaki görüntüleri farklı mesafelerde olur, çünkü dalga boyu ile oküler komponentlerdeki refraktif indeksler farklıdır. Bu fenomen aksiyel kromatik aberasyon olarak adlandırılır. İnsan gözünde kromatik aberasyon yaklaşık 3.0 D'dir.²⁵ Çalışmalarda insan gözünün çoğu zaman dalga boyu 560 nm olan sarı yeşil ışığa, kırmızı ya da mavi ışıktan daha duyarlı olduğu gösterilmiştir.¹⁵ Bunun nedeni dalga boyu

kısalдықça oküler optik ortamın kırıcı indeksinin, indeks arttıkça da gözün kırıcılık gücünün artmasıdır.

Wald'a göre göz kromatik aberasyonun görüntüyü bulanıklaştırıcı bu etkisini üç mekanizmayla azaltmaktadır:

1) Kristalin lens bir ultraviyole süzgeci gibi hareket ederek 400 nm'den kısa dalga boylu ışınların geçişini engeller. Işık spektrumunun en hızlı kromatik aberasyon gösteren bu bölümü böylelikle rod ve kon hücrelerine ulaşamamış olur.

2) Ortam aydınlığı arttıkça gözün düşük keskinlikteki rod görmesinden, yüksek keskinlikteki kon hücrelerine ait görmeye otomatik geçişini sağlayan duyarlılık farkıdır. Diğer bir deyişle, rod ve kon hücrelerinin dalga boyu duyarlılık farkı kromatik aberasyonu azaltmaktadır. Rod hücrelerinin en duyarlı olduğu dalga boyu 500 nm olup mavi-yeşil renge denk gelir. Foveal kon hücrelerinin en duyarlı oldukları dalga boyu 562 nm olup, sarı-yeşil renge karşılık gelir. Kromatik aberasyonun daha yavaş artış gösterdiği uzun dalga boylarında, foveal kon hücreleri yanıt verirken, kromatik aberasyonun hızlı artış gösterdiği bölgede rod hücreleri yanıt vermekte duyarlılık seviyeleri arasındaki fark kromatik aberasyon üzerinde anlamlı bir karşıt mekanizma haline gelmektedir.

3) Wald, makula bölgesindeki kon hücreleri ile retinanın renksiz bölgelerindeki kon hücrelerinin ışık spektrumuna olan duyarlılık farklarını araştırmış, makuladaki pigmentin lens tarafından süzülerek önemli oranda düşük değerlere indirgenmiş viyole ve mavi renkli ışık spektrumunu absorbe ettiğini bulmuştur. Böylelikle makula lutea kromatik aberasyonun yüksek olduğu ışık spektrumunun santral retinaya ulaşmasını engellemiş olmaktadır.²⁶

Emetrop gözde sarı ışık retinada odaklanır, kırmızı ve mavi ışıklarda ise kayda değer olmayan bir bulanıklık üst üste gelmekte ve çakışmaktadır. Absolu hipermetrop gözde (retinaya odaklanmanın akomodasyon ile de yapılamadığı hipermetropide) mavi ışık ışınları retinada bir noktada odaklanırken mavi noktanın etrafını bulanık, kırmızı bir halo çevreler. Miyopide kırmızı ışık ışınları retinada bir noktada odaklanır, etrafını mavi bir halo çevreler. Bu nedenle miyoplar kırmızı neon lambalardan yapılmış işaret ve yazıları daha keskin görürken, akomodasyon yapmamış hipermetroplar mavi neonları keskin görürler. Miyop ve hipermetroplar noktaların etrafında bu şekilde kırmızı ve mavi ışıkların ışınsal tarzda saçıldığı renkli halolar görür.²⁷

2.3.4.3. Koma (comma) aberasyonu

Gözümüz, görmeyi ve netliğini belirleyen birkaç eksene sahiptir. Kornea ve lensin optik merkezleri ile foveadan geçen hat 'optik eksen' olarak tanımlanır. Pupillanın anatomik orta noktasından korneaya dik olarak geçen hat ise 'pupilla ekseni' olarak adlandırılmaktadır. Bakılan cisim ile fovea arasındaki hattı tanımlayan 'görsel eksen' pupillanın kusursuzca merkezi bir yerleşim göstermemesi ve lensin korneaya göre bir miktar desantralize olması nedeniyle diğer eksenler ile birebir örtüşmemektedir.²⁸ Optik merkezlerin kaymalarından kaynaklanan ve klinikte 'kappa açısı' olarak da bildiğimiz bu doğal durum kendisini desantralize bir küresel aberasyon gibi gösterir ve noktasal cisimlerin virgül ya da kuyruklu yıldız gibi algılanmalarına neden olur. Bu duruma koma (comma) aberasyonu denir. Virgül biçimindeki bu aberasyonda kuyruk iki gözde zıt yöndedir, binoküler bakışta zıt yöndeki kuyruklar ortadan kalkar ve üst üste denk gelen noktasal görüntü güçlenir; bu durumun derinlik algısında bir yarar sağladığı dahi düşünülebilir.²⁹

2.3.4.4. Yüksek değerli aberasyon

Primer aberasyon olarak da adlandırılan yüksek değerli aberasyon astigmat, sferik aberasyon ve comma'yı içerir. Wave front ile ölçülebilir.¹³

2.3.4.5. Işık saçılması

Göz içine giren ışıktaki saçılma, görmeye neden olan bir diğer önemli optik faktördür. Işık saçılmasının mekanizması aberasyonlardan farklıdır.¹³ Işığın saçılması parçacık ve benzeri gibi ışık yolundaki düzensizliklerden oluşmaktadır. Kısa dalga boyunda daha fazla saçılma olmaktadır. Gökyüzünün mavi görünmesinin sebebi güneşteki mavi ışığın uzun dalga boyundaki güneş ışığından daha fazla saçılmasıdır.

Oküler dokularda ışığın saçılması pek çok patolojik durum sonucunda oluşabilmektedir. Kornea ödeminde stromada çok düzenli bir yapı gösteren kapalı-paket kollajen yapısı bozulmaktadır. Kataraktın erken döneminde geniş moleküller saçılmaya yol açmaktadır. Hümör aközdeki proteinler ön kamara bulanıklığına neden olmaktadır.

Bu saçılma yapan maddeler görmeyi iki yolla etkilemektedir. Bunun birinci etkisi kamaşma, yıldız patlaması ve halodur. İkinci etkisi eğer saçılma yoğun ise önem arz etmekte olup retina üzerinde görüntü oluşması için gerekli ışığın azalmasıdır.¹¹

2.3.5. Retinal faktörler

Bir görüntüye ait en iyi detay foveal alanda sağlanabilir. Bu alan yaklaşık 1.5 mm'lik genişlikte eliptik bir zondur ve gözün görme aksıyla yaklaşık 0.3 derecelik bir açıya sahiptir.³⁰ 2000'den fazla sıkıca paketlenmiş ışığa duyarlı konları içerir. Konların çapı 1-2 mikrometredir ve 0.5 mikrometrelik aralıklarla birbirinden ayrılır.³¹ Konların boyutu çözünürlükte önemli bir faktördür. Her kon ışığı, gözün ikinci nodal noktasına ileten bir fiber optik gibi işlev görür. Bu konumlanma görüntü oluşturan optimal ışık alımını sağlarken, komşu konlara ışık saçılımını kısmen önler.³²

Görmeyi düzeltmede retinaya ait bir diğer önemli faktör, küçük konkavite şeklinde olan foveal çukurun konfigürasyonudur. Bu çöküntünün duvarı gözdeki düzensiz ışınlarla engel olarak parlaklığı önleyici bir aygıt işlevi görür. Son olarak sarı maküler pigmentin kromatik aberasyonu sınırlayan mavi filtre görevi gördüğü düşünülebilir. Ağırlıklı olarak kısa dalga boylu saçılmış ışınları absorbe eder.¹³

2.3.6. Difraksiyon

Difraksiyon, ışığın geçişine izin veren optik açıklık veya lens kenarı nedeniyle saçılmaya uğramasıdır. Hiçbir aberasyonu bulunmayan en mükemmel lensin dahi difraksiyon nedeniyle ışığı bir tek noktaya odaklaması mümkün değildir. Pupilla veya bir yuvarlak açıklığı bulunan lensin ortaya çıkardığı difraksiyona uğramış görüntü noktasının gerçek deseni birbirini çevreleyen koyu ve açık renkli bir grup halkadan oluşmaktadır. Difraksiyon, insan gözünden en gelişmiş teleskoplara kadar birçok optik sistemin rezolüsyonunu sınırlayan bir faktördür. Normal göz 2.4 mm pupilla açıklığında yaklaşık 1 dakikalık açıyı ayırt edebilme gücüne sahip bulunmaktadır ki, bu gözün ayırt edebilme gücünün teorik sınırına denk gelmektedir. Görme fizyolojisinde 1 dakikalık açıyı ayırt edebilen gözden 'Tam' gören göz veya 10/10 ya da 20/20 gibi ifadelerle bahsedilir. Pupilla açıklığının, difraksiyon ve sferik aberasyon arasındaki dengeyi sağlamak üzere en verimli olduğu çap 2.4 mm'dir. Difraksiyonun en az olduğu ışık rengi sarı ışık olup dalga boyu 555-560 nm'dir.³³

2.4. Pinhole Optiği

Retinadaki bulanık bölge pupilla çapı büyüdükçe genellikle artar. Gözün önüne bir pinhol (iğne deliği açıklığı) yerleştirildiğinde ise bu yapay bir pupilla olarak davranır ve bulanık alanın boyutları uygun şekilde küçülür.

İğne deliği açıklığı klinik olarak pinhol görme keskinliği ölçümünde kullanılır. Eğer pinhol kullanıldığında görme keskinliği artıyorsa genellikle bir kırma kusuru mevcuttur. Bu nedenle pinhol, kırma kusuru varlığının hızlıca taranmasında kullanılabilir. Genel klinik kullanım (-5.00 D ile +5.00 D arası kırma kusurları) için en kullanışlı iğne deliği çapı 1.2 mm'dir. İğne deliği açıklığının miktarı azaltıldığında, açıklığın kenarlarından olan difraksiyona bağlı bulanıklaşma etkisi küçük pupillanın görüntü netleştirme etkisini bastırır. 5.00 D'nin üzerindeki kırma kusurlarında iyi bir iğne deliği görme kalitesi elde etmek için, iğne deliğine ilave olarak kırma kusurunun çoğunu düzelten bir lens kullanmak gerekir.²⁸

2.5. Gözün Refraktif Durumları

Akomodasyon yapmaksızın uzağa bakan bir gözde retina üzerinde net bir hayal oluşturan noktaya uzak nokta (punktum remotum) denilir. Uzak noktadan gelen ışınlar gözün kırıcı ortamlarından geçtikten sonra retina üzerinde fokus oluştururlar ve bu noktaların oluşturduğu düzleme uzak nokta düzlemi denilir. Uzak noktadan göze doğru yaklaşıldıkça akomodasyonla gözün kırıcılığı arttırılarak fokus retina üzerinde tutulmaya çalışılır. Maksimum akomodasyon yapılarak net görülebilen en yakın mesafe ise yakın nokta (punktum proksimum) olarak adlandırılır.³⁴

Gözün refraktif durumu uzak noktanın yerleşimine göre değerlendirilen bir kavramdır. Buna göre emetropi hiçbir refraktif kusuru olmayan gözün refraktif durumudur. Böyle bir gözde göze paralel gelen ışınlar akomodasyona gerek kalmadan gözün kırıcı ortamlarında kırılarak retina üzerinde fokus oluştururlar. Bu nedenle emetrop gözde uzak nokta düzlemi sonsuzdadır.³⁵

Göze paralel gelen ışınların retina üzerinde fokus edilememesi durumu ise ametropi olarak isimlendirilir ve bu durumda uzak nokta sonsuz ile göz arasında ya da göz arkasında yer alır. Ametropi göze paralel gelen ışınların oluşturduğu fokusun retina düzlemine olan konumlarına göre 3'e ayrılır ve bunlar kırma kusurları olarak bilinir. Gözün dioptrik sisteminin tüm meridyenlerinde benzer olduğu miyopi ve hipermetropi sferik ametropiler olarak tanımlanır. Meridyenlerin dioptrik gücü farklı ise buna astigmatik ametropi adı verilir.³⁴

2.6. Kırma Kusurlarının Epidemiyolojisi

Korneal kırıcılık gücü, lens gücü, ön kamara derinliği ve aksiyel uzunluk arasındaki karşılıklı etkileşimler, bireyin refraktif durumunu belirler. Bu dört eleman göz büyüdükçe sürekli değişir.²⁸ Gözün birinci yaş sonundaki uzunluğu 16 mm ve göz merceğinin kırma gücü

+36.0 dioptridir. Buna karşın korneanın daha dik olması nedeni ile bebeklerin % 85'i kısa gözlü ve hipermetroptur (ametrop). 4 yaşında göz 20 mm uzunluğa ulaşmasına karşın göz merceğinin kırıcı gücü daha çabuk azaldığı için 3 ile 6 yaş arasında hipermetropide artış olmaz, aksine biraz azalır. 3 ile 14 yaş arasında göz ancak 1 mm daha uzayarak 24 mm'ye ulaşır. Bu dönemde +4.0 D'e kadar olan hipermetropiler puberte ile emetropiye döner. Buna karşın genetik geçiş, beslenme, ırksal bazı faktörlerin etkisiyle göz uzamaya devam edip 24 mm'yi aşar ve kompensatuvar elemanlar buna uyum gösteremez ise göz bu dönemden sonra miyopi olarak adlandırılan ametropik duruma geçer.³⁶

Çalışmalar hipermetropinin en az görüldüğü yaş aralığının 25-35 yaşları arası olduğunu, bu dönemden sonra ise 70 yaşına kadar arttığını bildirmektedir.^{37,38} Sonuç olarak erişkin bir toplumda hipermetropi % 10-15, miyopi % 15-25 sıklıktadır. Geri kalan çoğunluk ise emetroptur. Yetişkinlerde beklenenden daha yüksek oranda emetropi ya da düşük hipermetropi oluşumunu sağlayan komponentlerin işbirliği emetropizasyon olarak adlandırılır. Emetropizasyon net bir görüntü oluşturmak üzere her bir komponentin kendini ayarlamasını sağlayan retina-beyin kompleksi koordinasyonu ile sağlanır. Bununla beraber karanlıkta büyüyen ya da optik siniri kesilmiş bebek maymunlar üzerinde yapılan çalışmalar emetropizasyonun büyük oranda genetik olarak belirlendiğini göstermiştir. Daha ileri çalışmalar erken büyüme döneminde kapakların sütüre edilmesi, korneal opasite varlığı gibi retinal görüntü oluşumunu belirgin engelleyen olayların aksiyel büyüme sürecini etkilediğini göstermiştir. Bu tip opasifikasyonlar aksiyel uzunluğu belirgin şekilde arttırıp 12 D' ye varan miyopiler oluşturmaktadır. Böyle aşırı görüntü bozukluğu emetropizasyon sürecine baskın çıkarak ileri derecede aksiyel miyopiyle sonuçlanır. Şekil yoksunluğuna bağlı proteoglikanların sentezindeki azalmaya bağlı posterior skleral dokunun yeniden şekillenmesinin bu sürecin biyolojik mekanizmasını oluşturduğu düşünülmektedir.^{39,40}

İsveç'te genel popülasyonu yansıtan bir grupta yapılan çalışmada % 29 düşük miyopi (<2 D), % 7 orta derecede miyopi (2-6 D) ve % 2.5 oranında yüksek miyopi (6 D) saptanmıştır. Grubun büyük çoğunluğu emetropi ile 2 D hipermetropi aralığında iken geri kalanı da yüksek hipermetroplar ve afaklardan oluşmaktaydı.⁴¹

İngiltere'de gözlük dağılımı ile ilgili ortalama bir göz kliniğinde yapılan Bennett'in çalışmasında yaklaşık % 20 oranında miyopi saptanmış ve bunların % 75'inde -0.50 ile +8.00 D arasında gözlük gerekmiştir.⁴²

Curtin patolojik miyopinin popülasyonda % 2-3 arasında olduğunu tahmin etmiştir.⁴³ Bu grup Stenstrom'un 6 D üzerindeki miyopi grubuna uymaktadır.⁴¹ Bu hastalarda koroid ve

retina dekolmanı, glokom ve stafilom daha sık görüldüğü için patolojik terimi kullanılır. Günümüzde yüksek miyopi (>6 D) cinsiyete bağlı resesif bir hastalık olarak kabul edilmektedir.⁴⁴

Miyopların büyük çoğunluğunu 2.0 D ve altındaki miyoplar oluşturur. Bu tip miyopiye de fizyolojik veya okul çağı miyopisi denir.⁴¹ Onlu yaşların başından yirmili yaşların ortasına kadarki sürede artan süreyle okumanın miyopi gelişiminde etkili olduğuna dair sağlam kanıtlar mevcuttur. Bu konuda çalışan yazarlardan biri tıp fakültelerindeki sınıfların % 60'ından fazlasının miyop olduğunu gözlemlemiştir.⁴⁵ Uzun süre bifokal gözlükle birlikte atropin damla kullanımının miyopiyi stabilize etmesi bu fikri desteklemektedir.⁴⁶ Bununla beraber yakın çalışma fizyolojik miyopinin tek nedeni değildir. Irksal ve etnik çalışmalar miyopinin Asyalılar ve Yahudilerde daha sık, Afrikalı Amerikalılarda daha az olduğunu göstermiştir. Tayvan'da yapılan bir çalışmada miyopi insidansı 6 yaş ve altında % 12, 12 yaş ve altında % 55, 15 yaş ve altında % 76 ve 18 yaş üstünde % 84 olarak saptanmıştır.⁴⁷ Sonuç olarak kalıtsal bir yatkınlıkla birlikte öğrencilik yıllarında aşırı yakın çalışma fizyolojik miyopiyi tetiklemektedir.

Hipermetropinin etyolojisi ile ilgili olarak miyopiye göre bilinenler daha azdır. Buna rağmen üzerinde daha az araştırma yapılmaktadır. Nükleer sklerotik katarakt gelişenler haricinde, erişkin hipermetropi prevalansında yaş ile birlikte artış olduğu görülmektedir.⁴⁸ Beyaz ırkta hipermetropi prevalansı 40 yaşlarında % 20'den 70-80'li yaşlarda % 70'e kadar artmaktadır.⁴⁹ Nükleer skleroz ise miyopik kayma nedenidir. Miyopinin tam tersine hipermetropi daha düşük eğitim seviyesi ile ilişkilidir.⁵⁰

Zamanında doğan bebeklerin yaklaşık yarısında ilk yaşlarında 1 D üzerinde astigmatizma mevcuttur. Bu rektus kaslarının narin bebek sklerasını çekmesi sonucu meydana gelebilir çünkü astigmatizma farklı bakış yönlerinde değişmektedir.⁵¹ Howland ve ark. bebekteki yüksek astigmatın akomodasyonu öğrenirken en iyi fokus pozisyonunu bulmasına yardım ettiğini ileri sürmektedir.⁵² Yetişkinlerde astigmatizma insidansı azalır. Çalışmalar yetişkin nüfusun yaklaşık % 15'inde 1 D'nin üstünde ve sadece % 2'sinde de 3 D'nin üstünde astigmatizma olduğunu göstermektedir.¹⁵ Toplumun % 42'sinde 0.5 D ve daha fazla bir astigmatizma bulunur. % 20'sinde astigmatizma 1 D üstündedir ve optik düzeltme gerektirir. Afrikalı çocuklarda en sık görülen kırma kusuru olduğu bildirilmesine rağmen⁵³ Amerika'da yapılan bir prevalans çalışmasında astigmatizmanın en sık Asya (% 33.6) ve İspanyol (% 36.9) ırkında, en az ise Afrika kökenli Amerikalılarda (% 20) görüldüğü bunu Amerikalı beyazların (% 26.4) takip ettiği gösterilmiştir.⁵⁴ Çinli infantlarda da oldukça yüksek

oranda (% 44.4) görüldüğü ve bunun Çinlilerdeki kapak yapısından kaynaklanabileceği bildirilmiştir.⁵⁵

Yurdumuzda kırma kusurlarının % 39'unu miyopi, % 26'sını hipermetropi, % 35'ini astigmatizmanın oluşturduğu bildirilmiştir.³⁴ Ülkemizde genç erişkin erkeklerin değerlendirildiği bir çalışmada yüksek miyopinin yüksek hipermetropiye göre daha sık olduğu görülmüştür. Astigmatizmanın yüksek miyoplarda daha sık ve daha şiddetli olduğu tespit edilirken, yine aynı grupta anizotropinin de yüksek olduğu görülmüştür. Ambliyopinin ise tam tersi yüksek hipermetropilerde daha sık ve şiddetli olduğu saptanmıştır.⁵⁶ İlköğretim dönemindeki çocuklar arasında ise % 8.3-12.8 oranında kırma kusuru saptanmaktadır.^{57,58} Bu yaş grubunda kırma kusurlarının % 25'ini miyopi, % 27'sini miyop astigmat, % 24'ünü hipermetropi, % 20'sini hipermetrop astigmat, % 4'ünü mikst astigmat oluşturmaktadır.⁵⁹

2.7. Kırma Kusurları

2.7.1 Miyopi

Miyopi terimi eski Yunancadaki myein (kapalı) ve ops (göz) kelimelerinin birleştirilmesi ile türetilmiş bir sözcüktür. Bu terim, miyopik kişinin göz kapaklarını kısip pinhol etkisinden yararlanarak daha net görmeye çalışmasından esinlenmektedir.⁶⁰ Gallen tarafından kırma kusuru ve gözdeki sıvıların içeriğindeki anormallik olarak tanımlanmıştır.

Gözdeki kırılmanın tarifi XVII. yüzyılda Kepler tarafından yapılmış ve miyopik göze gelen paralel ışınların kırıldıktan sonra retina önünde odaklandığı bildirilmiştir. Miyop gözün normalden uzun olduğu XVIII. yüzyılda saptanmıştır. Göz muayene aletlerinin XIX. ve XX. yüzyıllarda gelişmesi ile konu hakkındaki bilgilerimiz modern şeklini almıştır.⁶¹ Miyopi halk arasında uzağı iyi görememe olarak bilinir. Uzaktaki cisimlerden gelen paralel ışınların retinanın önünde, yakındaki cisimlerden gelen diverjan (birbirinden uzaklaşan) ışınların retina üzerinde odaklaştığı durumdur. Uzaktaki cisimler net görülemezken yakındaki cisimlerin görüntüsü nettir.

2.7.1.1. Miyopinin optik sınıflandırılması

Aksiyel miyopi: En sık görülen tipidir. Gözün kırıcılık gücü normaldir fakat ön-arka uzunluğu normalden fazla olduğu için uzak cisimlerden gelen ışınlar retinanın önünde odaklaşmaktadır.

Kurvatur miyopisi: Gözün boyutları normaldir fakat ya kornea ya da lensin eğimindeki artış paralel ışınları fazla kırarak retinanın önünde odaklaşmasına neden

olmaktadır. Kornea daha dik (keratokonus) ya da göz merceği eğriliğinin normalden fazla ve yuvarlak (lentikonus, sferofaki) olması sonucudur.

İndeks miyopisi: Yaşla birlikte göz merceğinin merkezinde meydana gelen sertleşme (katarakt başlangıcı) gözün kırıcılığını arttırabilir. Lensin içeriğindeki yapısal değişikliklere bağlı olarak kırıcılık indeksinin değişmesiyle meydana gelen miyopilere indeks miyopileri adı verilir. Kaynaklarda -36 D'ye kadar miyopi bildirilmiştir. Bu tür katarakt başlayan kişiler bu yeni ortaya çıkan miyopiden dolayı daha iyi okuyabildiklerini söyleyebilirler. Diabette glikoz düzeyleri çok yükselirse göz içi sıvısındaki glikoz miktarı da artacağından benzer şekilde gözün kırıcılığı geçici olarak artar. Bu da geçici bir miyopiye neden olur. Bu hastalara kan glikoz düzeyleri normale geldikten sonra gözlük muayenesi yapılmalıdır.

İatrojenik miyopi: Yapay gözyaşı uygulaması da gözün refraktif durumunu geçici olarak miyopiye kaydırmaktadır. Gözlük reçetesi yazarken ve özellikle de refraktif cerrahi planlarken daha güvenilir sonuçlar için, hastanın yapay gözyaşı damlası kullanıp kullanmadığının sorgulanması gerekmektedir.⁶² Aspirin, kortizon ve pilokarpin gibi ilaçların uzun süreli kullanılmasıyla ortaya çıkan gelip geçici miyopiler de tarif edilmiştir.

Diabetik ayak ülseri, kronik osteomyelit gibi hastalıkları nedeniyle uzun süre her gün hiperbarik oksijen tedavisine alınan hastaların % 20-40'ında, özellikle 50 yaşın üzerindeki kişilerde 2-4 hafta sonra başlayan progressif miyopi geliştiği hipermetrop olanlarda ise kırma kusurunun hafiflediği bilinmektedir.³⁶

Gece miyopisi: Loş ışıkta, alacakaranlıkta ve akşam saatlerinde ortaya çıkan gece miyopisinin nedeni sferik aberasyondur. Pupillanın genişlemesi ile birlikte kornea ve lensin periferik kısımlarından geçen ışınlar daha fazla kırılarak retinanın önünde odaklanırlar ve miyopi bulgularına benzer bir durum ortaya çıkar.

2.7.1.2 Miyopinin klinik sınıflandırılması

Basit miyopi: Kırılma kusuru -6 D'ye kadar olan miyopiye genellikle basit miyopi denir. Fizyolojik miyopi, okul çağı miyopisi, benign miyopi gibi isimlerle de anılır. Göz 26 mm'den kısadır. Asya kökenlilerde 4-5 yaş gibi erken dönemlerde, beyaz ırkta ise 7 yaşından sonra ortaya çıkar. 1 D'yi aşınca ve kişi bulanık gördüğünü fark edinceye kadar olaydan yakınmaz. Türkiye'de okul çağında yapılan çalışmalarda ortalama % 24.5 basit tip miyopi saptanmıştır (% 15-% 38). Brown ve Krönfeld en çok diyoptrik artışın 13 yaş civarında olduğunu belirtmektedir. Hızlı artış 7 ile 13 yaş arasında görülmekte ve tüm miyopik artışın %

63' ünü kapsamaktadır. 13 yaşından sonra senelik artış 0.25-0.50 D ilerleme ile 20 yaşında zirve yapar. Bu tip miyopiler 20-25 yaş arasında durgunlaşarak ileri yaşlara kadar sabit kalır.⁶¹

Dejeneratif miyopi (Patolojik miyopi): Dejeneratif miyopiye ilerleyici miyopi, malign miyopi ve fort miyopi gibi isimler de verilmiştir. Çeşitli ülkelerde yapılan çalışmalarda dejeneratif miyopi prevalansı geniş varyasyonlar göstermektedir. Ülkemizde bu oran % 0.9' dur.⁶³

Aksiyel uzunluk belirgin olarak artmıştır ve olay ilerleyicidir. Görme keskinliği refraktif düzeltme ile dahi 10/10'a ulaşmaz. Kadınlarda biraz daha sıktır. Göz küresi şekil olarak arka kutup uzaması nedeni ile yumurta şeklini almıştır. Sklera incelmıştır. Koroidal atrofi vardır. Koriokapillaris tabakası tamamen kaybolabilir. Retina pigment epiteli (RPE) atrofisi, fotoreseptör hücre atrofisi, Bruch membranında çatlaklar görülebilir. Foveal alanda RPE hiperplazisine bağlı 'Fuchs lekesi' oluşur. Periferik kistoid retina dejenerasyonu ve Blessig kistleri oluşabilir. Retina altında kanamalar, posterior stafilomalar görülebilir.

Aksiyel uzunluğu 26.5 mm'den uzun olan gözlerin % 5-10'unda koroidal neovaskülarizasyon gelişir. Miyopik neovasküler membranların prognozu kötüdür. % 60'ında görme keskinliği 1/10'un altındadır.⁶⁴

2.7.2. Hipermetropi

Hipermetropide gözün kırma gücü ile eksen uzunluğu arasında, paralel ışınların retinanın arkasında toplanmasına neden olan bir uyumsuzluk vardır. Hipermetropi akomodasyon yapmayan gözde 6 m'den uzaktan gelen ışık ışınlarının retinal düzlemin arkasında odaklanmasıdır.³⁴ Gözün santral uzak noktası retinanın arkasında yer alır. Retina üzerinde sadece konverjan olarak giren ışınlar toplanır. Bu durum kırma gücü normal olan aşırı kısa bir gözde olabileceği gibi (aksiyel hipermetropi = eksen hipermetropisi) daha nadir olarak kırma gücü yetersiz normal boyutlarda bir gözde de (refraktif hipermetropi) görülebilmektedir. Eksen hipermetropisi genellikle doğumsal olup dar bir ön kamara ve kalın sklera ile karakterizedir.

2.7.2.1. Hipermetropinin optik sınıflandırılması

Aksiyel hipermetropi: En sık görülen tiptir. Göz aksiyel uzunluğunun normalden kısa olmasına bağlıdır. Yenidoğanda genellikle hipermetropi bulunmasının da nedeni budur.

Kurvatür hipermetropisi: Gözün kırıcı ortamları olan kornea ve lensin kurvatür değişikliklerine bağlıdır. Korneanın göreceli olarak düz olduğu kornea plana (düz kornea)

denilen hastalıkta hipermetropi bu kurvatür anomalisine bağlıdır. Ön kamaranın normalden daha derin olması da korelasyon hipermetropisine neden olur.

İndeks hipermetropisi: Lensin refraktif indeksindeki değişikliklere bağlı olarak gelişen hipermetropidir. Yaşlılık ve diabet ile ilgili olarak gelişebilir. Klinik açıdan en belirgin örneği kan şekeri düşen diabetik hastaların daha hipermetrop hale gelmeleri veya miyopilerinin azalmasıdır.⁶⁵

2.7.2.2. Hipermetropinin klinik sınıflandırması

2.7.2.2.1. Basit hipermetropi

Gözün optik sisteminin komponentlerinin çoğu normal olduğu halde, yukarıda sayılan nedenlerden birine bağlı olarak gelişen hipermetropidir. Dominant kalıtımı olduğu düşünülmektedir. Bu tür hipermetropiler sadece kırma kusuru olarak kabul edilir, hastalık sayılmazlar. Hipermetropi komponentleri:

Total hipermetropi: Siklopleji ile belirlenen refraksiyondur. Latent ve manifest hipermetropinin toplamıdır.

Manifest hipermetropi: Sikloplejisiz iken tolere edilebilen maksimum (+) cam dioptrisidir.

Latent hipermetropi: Akomodasyon gücü ile istemsiz olarak düzeltilen hipermetropi miktarıdır. Sadece latent hipermetropisi olanlarda akomodasyon bu durumu kompanse ettiği için konveks merceklere gerek kalmadan net görme sağlanır. Hatta konveks mercekler görmeyi bulandırır. Sikloplejik refraksiyon ile ölçülen toplam hipermetropiden, manifest hipermetropinin çıkarılması ile bulunur.

Absolü (Mutlak) hipermetropi: Akomodasyon ile düzeltilemeyen hipermetropidir. Klinik ifadeyle, kişinin uzağı iyi görmesini sağlayan en düşük (+) cam dioptrisidir.

Fakültatif hipermetropi: Manifest hipermetropi ile absolu hipermetropi arasındaki farktır.

Akomodasyonun güçlü olduğu gençlerde hipermetropiye bağlı olarak görsel semptomlar ortaya çıkmazken, akomodasyonun aşırı kullanımına veya konverjans ile akomodasyon arasındaki dengesizliğe bağlı olarak *akomodatif astenopi* olarak adlandırılan semptomlar görülür. Bu semptomlar temel olarak yakın çalışma ve zayıf aydınlatmada ortaya çıkan göz ağrısı, yanma, kuruluk hissi, sık göz kırpmaya ihtiyacı, kapaklarda kaşıntı, sulanma,

konjonktival hiperemi ve frontal baş ağrısı gibi şikayetlerdir ve genellikle şikayetlerin şiddetiyle, hipermetropi derecesi arasında korelasyon yoktur. İleri yaşlarda akomodasyon yeteneğinin azalması ile astenopik şikayetler azalarak yerini görsel şikayetlere bırakır ve yakın gözlük ihtiyacı yaşlılarına göre daha erken yaşlarda açığa çıkar.⁶⁵ Hipermetropideki artmış akomodasyona bağlı olarak refleks konverjansın aşırı stimülasyonu çocuklarda ezotropyanın ve deprivasyon ambliyopisinin yaygın sebeplerindendir. Ambliyopi görülmesi bile yüksek hipermetroplarda görme keskinliği genellikle tam olmaz.

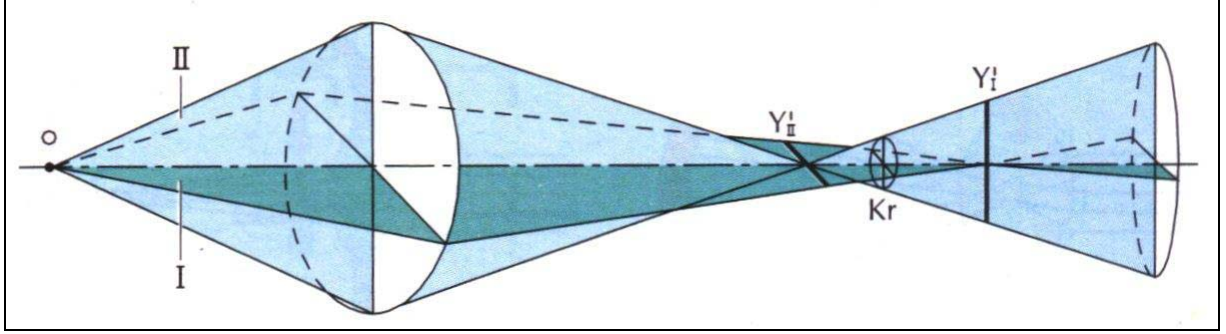
2.7.2.2. Patolojik hipermetropi

Nadir görülür. Basit hipermetropiden farkı bu grupta yer alan hipermetropilerin kırılma kusuru olmak yanında, tıbbi veya cerrahi tedavi gerektiren birer hastalık olmalarıdır. Göz küresinin bir deformasyonu (şekil bozukluğu) sonucu oluşurlar. Bu deformasyon genelde aksiyel uzunluğun kısalmasına, bazen de korneanın düzleşmesine neden olur. Aksiyel uzunlukta 1 mm'lik kısalma 3 D hipermetropiye neden olur. Bir gelişim anomalisi olan mikroftalmik gözler genellikle hipermetropiktir. Nanofthalmus diye adlandırılan tabloda ise bu kısalık daha fazladır, gözün aksiyel kısalığına göz içi yapıları ve özellikle lens paralellik göstermemektedir. Bu nedenle rölatif olarak büyük yapıdaki lens, ön kamarayı daha daraltır, bu olgularda tedavisi çok daha zor olan bir dar açılı glokom gelişir.³⁶

2.7.3. Astigmatizma

Astigmatizma, Yunancada nokta anlamına gelen stigma sözünden gelir ve bir odak noktasının olmaması anlamındadır. Hastalık refraktif ortamın eksenler arası kurvatur farklılığı ile karakterizedir ve bu nedenle gelen paralel ışınlar bir noktada toplanmak yerine iki ayrı yerde birer çizgi oluşturacak şekilde odaklanır, iki odak noktası arasında koniye benzer bir şekil oluştururlar. Astigmatik gözün kırıcı ortamları sferik olmayıp birbirine dik olan iki meridyende kırma gücü farklıdır. Bu durum, iki odak noktasının oluşmasına neden olur. Böylece nokta şeklindeki bir objeden gelen ışınlar, her iki meridyenin odak noktalarında birbirine dik açılı iki keskin çizgi şeklinde odaklanırlar. Bu iki çizgisel odak noktası arasındaki mesafeye 'Sturm Aralığı', bu aralığın tam ortasında bulunan daireye de 'en az bulanıklık halkası' adı verilir.⁶⁶ Bunun anlamı, bu bölgede görüntünün tüm yönlerde en az bozulmaya uğramış olması, yani görüntünün en az bulandığı bölge olmasıdır. Şekil 4'de görüldüğü gibi 'en az bulanıklık halkası' dairesel, yani tamamen sferik şekillidir. Bu sferik şeklin yeri mevcut ametropinin sferik eşdeğerine denk gelir. Her iki gözde de astigmatizma varsa eksenleri genellikle simetri gösterir. Kornea ön yüzünde genellikle vertikal eksen

horizontal eksenden daha diktir. Dolayısıyla kırıcılığı daha fazladır (0.50-0.75 D'ye kadar). Bu durum fizyolojiktir ve kurala uygun astigmatizma denir. Bu durumun aksine eğer horizontal eksenin kırıcılığı daha fazla ise kurala aykırı astigmatizma adını alır. Kornea arka yüzünde normalde 0.25 ile 0.50 D kadar bir kurala aykırı astigmatizma vardır. Bu durum kurala uygun astigmatizmayı dengeler. Erken çocuklukta sağlıklı bir şekilde çalışan bu dengeleme sisteminin 30 yaşından sonra bozulmaya başladığına yönelik yayınlar yapılmıştır.⁶⁷



Şekil 4: Astigmatizmada ışınların odaklanması ve Sturm konoidi

Astigmatizma herhangi bir oküler refraktif elemana bağlı meydana gelebileceği gibi % 90 olguda korneayla ilişkili bir nedenle oluşur. Kırıcı ortamların bileşenlerinin her bir astigmatik bileşeninin toplamı gözün toplam astigmatizmasını oluşturur. Bu ortamlar:

- Korneanın ön yüzü
- Korneanın arka yüzü
- Lensin ön yüzü
- Lensin arka yüzü
- Retina olabilir.

Astigmatizma kırıcılığın en yüksek olduğu meridyene göre adlandırılır:

Kurala uygun astigmatizma: En sık şeklidir. En fazla kırma gücüne sahip olan eksen, dik eksendir (70 ila 110 derece arasında).

Kurala aykırı astigmatizma: Daha fazla kırma gücüne sahip olan eksen yatay eksendir (160 ile 180 derece ve 0 ile 20 derece arasında).

Oblik (Eğik) astigmatizma: Daha fazla kırma gücüne sahip olan eksen eğik meridyendedir (20 ile 70 veya 110 ile 160 dereceler arasında). Buraya kadar örneklenenler, farklı kırıcılıktaki eksenlerin birbirine dik (birbirine 90 derecelik açı ile yerleşmiş) olması

durumunda geçerlidir. Bu şekilde aksları birbirine dik (90 derece uzaklıktaki) astigmatizmaya düzenli astigmatizma denir.

Düzensiz astigmatizma: Kırıcı ortamın eğriliği (kurvatürü) düzensiz olduğunda, kırma gücü de düzensizdir ve farklı kırıcılıktaki eksenlerin birbirine 90 dereceden farklı eksenlerde yerleştiği bu tabloya düzensiz astigmatizma denir. Düzensiz astigmatizmaya neden olan durumlar:

—Korneal skar

—İleri keratokonus

—Katarakt

—Lentikonus

Düzeltilici camlara göre astigmatizma çeşitleri:

Basit silindirik:

—Hipermetropik: Reçetede sadece artı silindirik cam ve aksı vardır.

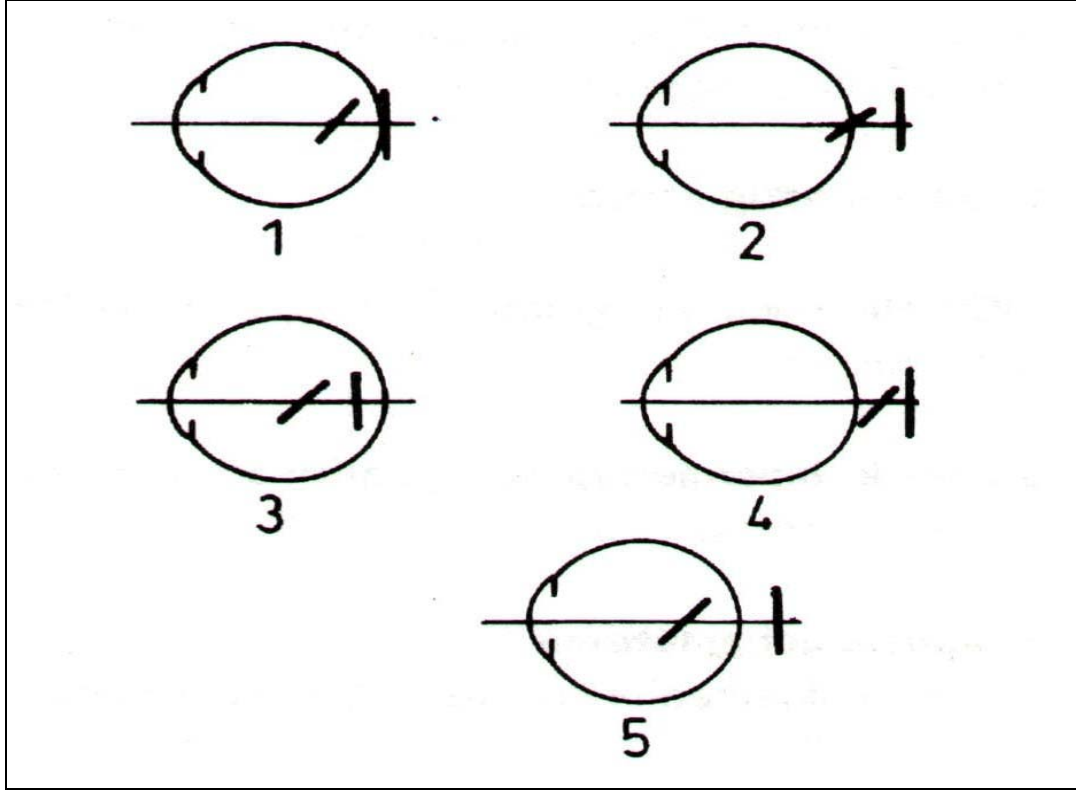
—Miyopik: Reçetede sadece eksi silindirik cam ve aksı vardır.

Bileşik (Sferosilindirik):

—Hipermetropik: Reçetede artı sferik cama ek olarak, artı silindirik cam ve aksı vardır. Görüntü bir aksta daha fazla olmak üzere her iki ekseninde de retinanın arkasında odaklanmaktadır.

—Miyopik: Reçetede eksi sferik cama ek olarak, eksi silindirik cam ve aksı vardır. Görüntü bir aksta daha fazla olmak üzere her iki ekseninde de retinanın önünde odaklanmaktadır.

—Karma: Reçetede sferik cam ile silindirik camın işaretleri farklıdır. Sferik artı silindirik eksi cam olabileceği gibi sferik eksi silindirik artı cam da olabilir. Karışık astigmatizmada görüntü bir ekseninde retinanın arkasında bir ekseninde önünde odaklanmaktadır.



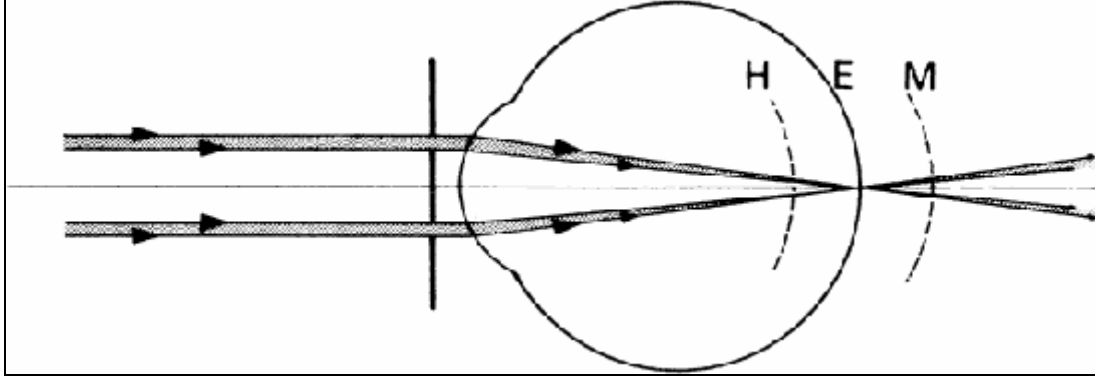
Şekil 5: Çeşitli astigmatizmalarda Sturm konoidi fokal çizgilerinin retina konumları: 1. Basit miyopik, 2. Basit hipermetropik, 3. Kompoze miyopik, 4. Kompoze hipermetropik, 5. Mikst astigmatizma

2.8. Akomodasyon

Gözün kırma gücü sabit bir değer değildir. Değişik uzaklıktaki objeleri net olarak görmek için kırma gücünü değiştirir. Gözün iki temel refraktif ortamından biri olan kornea statik ve sabit bir yüzey iken; lens gücünü değiştirebilir. Değişik uzaklıktaki objeleri net görebilmek için, lenste meydana gelen bu güç değişikliği akomodasyon (uyum) adını alır. Akomodasyon lens, zonül lifleri ve silyer kasla sağlanır.⁶⁸

Gerçekte uzak bir görüntü net bir şekilde görüldüğünde göze yakın tutulan ince bir iğne çift görülecektir. Benzer olarak göz iğneye odaklanırsa uzaktaki görüntü çift görülecektir. İki iğne deliği göze girip odak oluşturacak iki küçük ışın demeti yayar. Bu odak retinaya düşerse iki demet bir noktada birleşir ve gözlemci tek bir nokta algılar. Bu odak retina önüne ya da arkasına düşerse bu iki demet retina üzerindeki iki farklı noktada kesişir ve görüntü çift olarak algılanır (Şekil 6). Scheiner bunu gözün akomodasyonunu ölçmekte kullanmıştır. Basitçe açıklanacak olursa uygun bir uzaklıktaki nesne gözün daha yakınına getirilmiştir. Göz akomode edildiği sürece odaktaki nesne korunur ve tek başına algılanır. Nesne yakın noktaya yaklaştığında akomodasyon gösterebileceği en fazla çabayı gösterir.

Nesnenin daha fazla yaklaştırılması, çift görünmesine sebep olur. İlk çift algılama noktası akomodasyonun yakın noktası olarak adlandırılır.⁶⁹

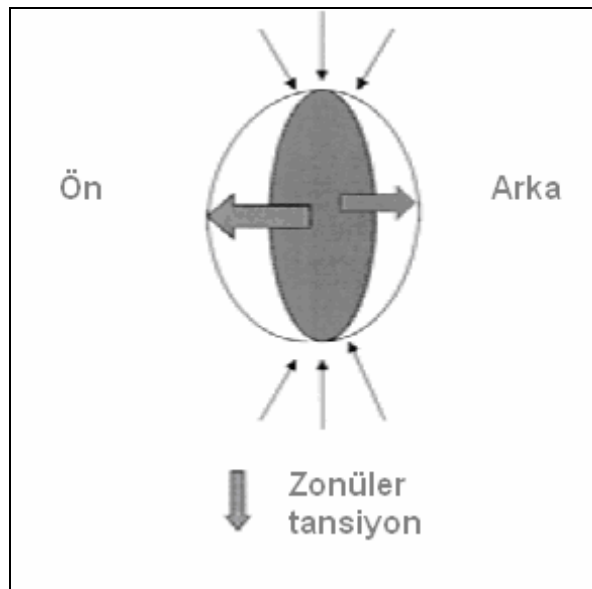


Şekil 6: Scheiner'in disk deneyi

Kısaca ortaya atılmış akomodasyon teorilerini şu şekilde özetleyebiliriz.

- Kapsüler teori: Helmholtz, Fincham, Fisher
- Vitreus desteği teorisi: Cramer, Pflugk, Tscherning
- Zonüler teori: Schachar, Rohen
- Suspensiyon (Catenery) teorisi: Coleman

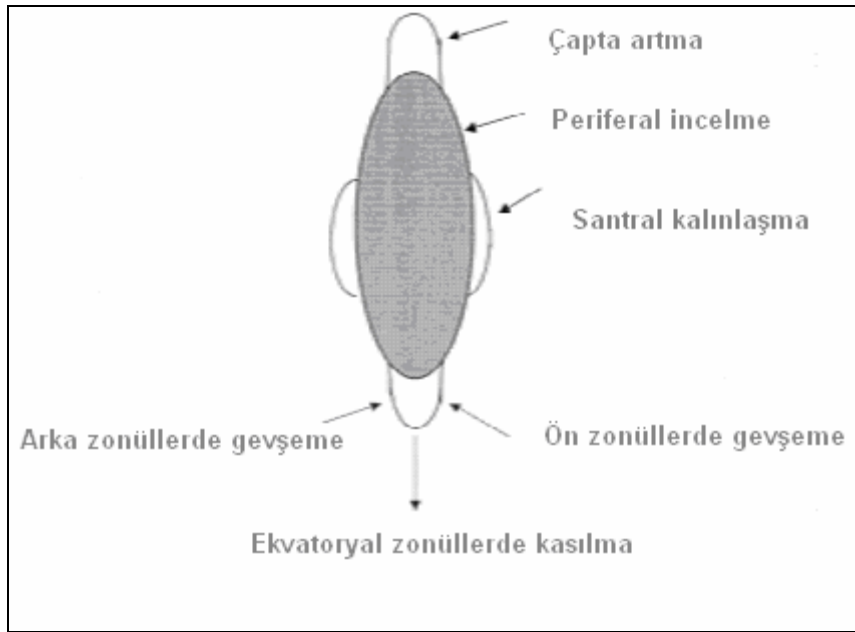
Helmholtz hipotezi, siliyer kas kasılmasıyla zonüllerin gevşemesi ve lensin ön arka kalınlığının değişmesi sonucu relatif olarak ön ve arka lens yüzeyinde eğriliğin değişmesi sonucuna dayanır (Şekil 7). Aynı şekilde presbiyopi lens fiberlerinin ve kapsülünün elastikliğinin azalmasından dolayı akomodasyon kaybı şeklinde tanımlanmıştır.⁷⁰



Şekil 7: Helmholtz Teorisi

Fincham akomodasyonda lens kurvatüründeki bombeleşmenin lens kapsülündeki elastisite artışından çok kapsüldeki uniform olmayan kalınlığa bağlı olduğu sonucuna varmıştır.⁷¹

Schachar'ın ileri sürdüğü teoride silyer cismin üç komponenti (longitudinal, radyal, sirküler lifler) uyumlu şekilde çalışarak ön ve arka zonüllerin geriliminde azalma ve ekvatoryal zonüllerin geriliminde artma yapacak şekilde hareket ederler (Şekil 8). Böylece dinamik iç hacim değişikliklerinden ötürü merkezdeki kalınlığın artması ve periferdeki kalınlığın azalmasıyla lens çapının uzaması söz konusudur. Sonuç olarak gözdeki refraksiyon gücü oldukça artmaktadır.⁷²



Şekil 8: Akomodasyonda Schachar modeli

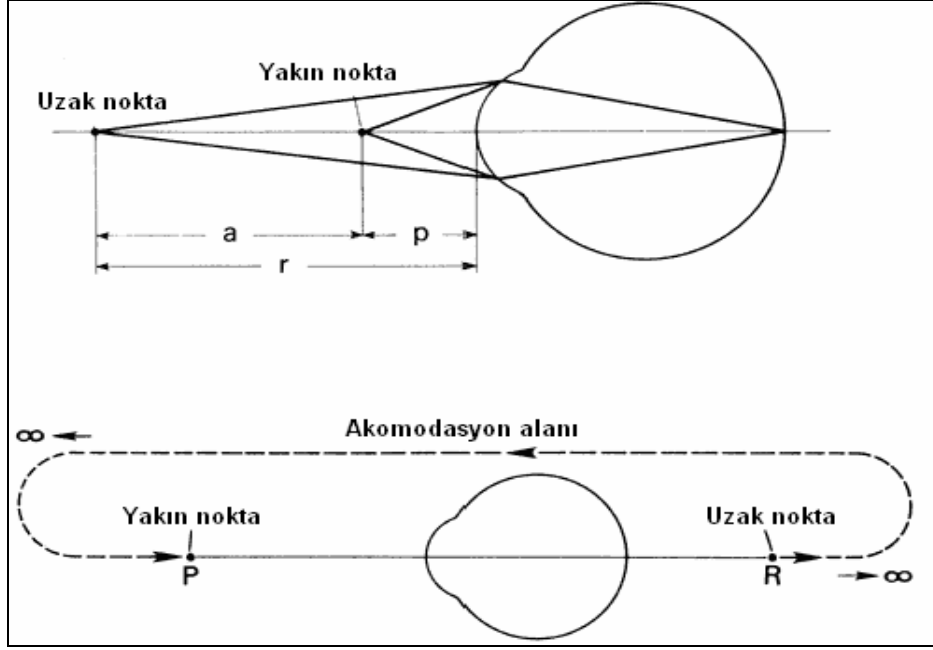
Eğer akomodasyonun bu yeni teorisi doğru ise presbiyopi lens fiberlerinin ve kapsülün sadece skleroze olmasıyla açıklanamaz. Lens ekvatorunun arka kamaraya doğru genişlemesindeki yetersizliğinden dolayı gözün akomodasyon gücünde azalma olmalıdır.

2.8.1. Akomodasyon amplitüdü

Gözün refraktif gücünde lensin akomodasyon ile oluşturabildiği dioptri cinsinden artı güç aralığıdır. Kişinin net olarak görebildiği en yakın nokta punktum proksimum (*akomodasyonun yakın noktası*) adını alır. Kişinin net olarak görebildiği en uzak nokta ise punktum remotum (*akomodasyonun uzak noktası*) adını alır. Obje akomodasyonun yakın noktasında iken yapılan akomodasyon miktarı maksimumdur. Çocukluktan 75 yaşına kadar

akomodasyon amplitüdünde progresif bir azalma yaşanır. Akomodasyon amplitüdü azaldıkça gözün yakın noktası uzaklaşır.⁷³

Akomodasyon amplitüdü pratik olarak $D= 1/f$ formülünden (D; refraktif güç, f; metre cinsinden mesafe) en yakın noktanın dioptrik karşılığından, en uzak noktanın dioptrik karşılığı çıkarılarak bulunur (yaklaştırma metodu).



Şekil 9: Miyopi ve hipermetropide akomodasyon alanı

2.9. Sikloplejik ve Sikloplejik Olmayan Refraksiyon

İdeal şartlarda, refraksiyon hataları, akomodasyon saf dışı bırakılarak ölçülür. Alışkanlık derecesindeki uyum tonusu, kişiden kişiye değişir hatta aynı birey için farklı zaman ve yaşlarda değişiklik göstermektedir. Muayene esnasında bu değişkeni tam olarak denetim altına almak mümkün olmadığı için, zaman zaman sikloplejik ajanlar kullanılır. Uygun tür ve dozaj, hastanın yaşı, uyum şiddeti ve göz bozukluğu derecesine bağlıdır.

Tatminkar bir refraksiyon değeri elde etmek için basit bir yaklaşım, bariz refraksiyonu bulanıklaştırmak ya da sikloplejik olmayan yöntemlerle uyum ölçülerek belirlemektir. Sonuçlar tutarsız ya da değişkense, sikloplejik refraksiyon uygulanmalıdır. İki yöntemle elde edilen değerler uyum gösteriyorsa reçete bulgulara göre yazılır. Uymuyorlarsa siklopleji sonrası değerlendirme gerekebilir.

Bütün sikloplejik ajanlar, siklopleji yanında midriazis yaratır. Ancak bütün midriatik ajanların siklopleji oluşturmadığı dikkate alınmalıdır. Örneğin fenilefrin gibi sempatomimetik

ajanlar akomodasyon üzerinde ciddi herhangi bir etki yapmadan midriazis meydana getirirler. Sikloplejik ajanların etkileri de şiddeti ve yoğunluğu yönünden de farklılık gösterir. Her bir durumda siklopleji midriazisten daha uzun sürer. Siklopleji için kullanılan etken maddeler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1: Siklopleji için kullanılan farmakolojik ajanlar

İlaç	Doz	Uygulama	Siklopleji başlangıcı	Etki süresi
Atropin	% 0.5-1.0	3 gün 1x1 damla	2-3 gün	1-2 hafta
Homatropine	% 5.0	15 dk ara ile 6 kez	1 saat	1-3 gün
Siklopentolat	% 0.5–1.0	5 dk ara ile 2 kez	30-40 dakika	8-24 saat
Skopolamin	% 0.25	5 dk ara ile 2 kez	1 saat	4-7 gün
Tropikamid	% 1.0	5 dk ara ile 2 kez	25-30 dakika	4-8 saat

Genelde nazolakrimal mukozada emilmeden, bazen de idiyosinkratik tepkimeden dolayı bu ajanların hepsinde yan tesirler olabilir.⁷⁴

Sikloplejik ilaçların olası yan etkileri:

1. Allerjik reaksiyonlar

2. Doza bağlı toksik yan etkiler: Yüzde kızarıklık, ateş, taşikardi, davranış bozukluğu, hipnotik etkiler, delirium, hallüsinasyonlar, oryantasyon bozukluğu görülebilir. Solunum depresyonu, koma gibi ciddi yan etkiler oluştuğunda tedavide fizostigmin kullanılır.⁷⁵

Kullanılacak sikloplejik ilacın seçimi:

Prematüre bebekte: % 0.25 siklopentolat ve % 1.0 fenilefrin, 0-6 aylık iken: % 0.5 siklopentolat, risk grubu (epilepsi, kardiyovasküler hastalık) 6 aylıktan büyüklerde: % 1.0 tropikamid, 6 aylıktan büyük normal hastada: % 1.0 siklopentolat kullanılması önerilir.⁷⁶

2.10. Refraksiyon Kusurlarının Muayene Yöntemleri

2.10.1. Subjektif yöntemler

2.10.1.1. Sferik değerin belirlenmesi

Sislendirme testi: Uyumun devreye girmesini engellemek için muayene edilen gözde görme keskinliğini 0.4-0.5 düzeyine düşüren artı cam ilavesi yapılır. Bu şekilde görüntünün retinanın önüne düşmesi ve miyopi oluşturulmaya çalışılır. Buna sislendirme-bulanıklaştırma (fogging) denir. Uyumun gevşemesi için 1-2 dakika beklenir. ± 0.25 D sferik ilaveler yapılarak görme artışı sağlanmaya çalışılır. Görme keskinliği 1.0 seviyesinde bırakılmayıp 1.2-1.5'e kadar çıkarılmaya çalışılmalıdır. En fazla görme keskinliği sağlayan en yüksek (+) ve en düşük (-) sferik değer sağlandıktan sonra, duokrom testi ile değerin doğruluğu kontrol edilir. Bu teknik günümüzde muayene amaçlı kullanılmamakta olup objektif muayene yöntemlerinde uyumun kaldırılması için kullanılmaktadır.⁷⁷

Duokrom testi: Kromatik aberasyon temeline dayanır. Hasta vertikal olarak iki ayrı renge bölünmüş eşele bakar. Kırmızı ışık en uzun dalga boyunda ve en az kırılan ışıktır. Yeşil ışık ise en kısa dalga boyunda ve en çok kırılan ışıktır. Miyop bir kişi kırmızıyı daha net görecektir. Hastanın gözü (+) değerli cam koyulduğunda hasta miyop hale geldiği için kırmızıyı daha net görür. Sonra her iki renk eşit görülene dek sferik değer azaltılır.⁷⁸

Binoküler balans testi: Amaç her iki gözde eşik akomodatif tonus varken en iyi görmeyi sağlamaktır. Her iki gözün refraksiyon farkları en çok 1 D olmalıdır. Sağ göz önüne 3 D tabanı yukarıda prizma, sol göz önüne 3 D tabanı aşağıda prizma yerleştirilir. Hastanın vertikal diplopsi olacaktır. Sağ göz aşağıdaki görüntüyü, sol göz yukarıdaki görüntüyü görür. Her iki gözün önüne +0.75 D'lik mercek konularak bulandırma yapılarak 20/40 sırasına baktırılır. Her iki görüntü eşit netlikte olana dek sferik değer azaltılır. Eşitlik sağlanınca prizmalar çıkarılır.⁷⁴

2.10.1.2. Astigmat değerin belirlenmesi

Astigmatik kadran testi: Hastanın gözü yaklaşık 20/50 görecekte şekilde miyopik hale getirilerek akomodasyon engellenir. Hasta astigmatik diale bakarak en koyu ve en keskin gördüğü çizgiyi söyler. Sonra ekseni bu eksene dik gelecek şekilde (-) silindirik değerlikli mercekler yerleştirilerek tüm çizgilerin aynı koyulukta görülmesi sağlanır.⁷⁹

Çapraz silindir testi: Birbirine 90 derece açılı eşit güçteki Jackson çapraz silindirleri denilen planokonveks (beyaz noktalı) ve planokonkav (kırmızı noktalı) silindirlerden oluşur.

Lens güçleri ± 0.25 D'den ± 1.00 D'ye kadar değişir. Hastanın silindirik mercek ekseninin doğru olup olmadığını belirlemek için çapraz silindir kulpu deneme silindirik merceği eksenine paralel olacak şekilde deneme çerçevesine yerleştirilir. Çapraz silindir kulbundan sıra ile her iki yöne çevrilir. Hangi tarafa doğru görme netleşiyorsa, deneme çerçevesi de o tarafa doğru çevrilerek kontrol edilir. Her iki yöne doğru harekette de görme bulanıyorsa eksen doğru demektir. Silindirik merceğin gücünün doğru olup olmadığını anlamak için de çapraz silindir kulbu, deneme çerçevesindeki merceklerle 45 derece açı yapacak şekilde yerleştirilir. Böylece çapraz silindirin bir eksenini denenen silindirik merceğin eksenine paralel olacak, diğer eksenini deneme merceğinin eksenine dik olacaktır. Deneme merceği ile aynı tip (- veya +) olan eksen deneme merceğinin eksenine paralel iken görme netleşiyorsa deneme merceğinin gücü artırılmalı demektir. Aksi durumda tersi geçerlidir.⁷⁹

2.10.2. Objektif yöntemler

2.10.2.1. Retinoskopi

Retinoskopi işlemi temelde, hastanın gözüne yönlendirilen ışığın gözün kırıcı ortamlarından geçip retinadan yansması ve bu yansımanın izlenerek gözün kırma durumu ile kırıcı ortamlar hakkında tahminde bulunulması işlemidir. Aynı anlamda kullanılan skiaskopi ise (skiya-gölge) gölgenin gözlenmesi şeklinde bir terimdir. Gözün optik ortamı hakkında bilgi edinilmesi ile kırma kusuru derecesi ve varsa astigmatizma ekseninin objektif olarak belirlenmesinde retinoskopi oldukça yararlıdır. Retinoskopi ayrıca gözün uyumunu dinamik olarak gözlemeyi de sağlayabilir.

Retinoskopinin erken şekilleri 1800'lü yılların ikinci yarısından itibaren kullanılmıştır. Ülkemizde göz hekimi Esat (Işık) Paşa tarafından XX. Yüzyılın başında tasarlanıp üretilmiş olan 'ayna' lar yakın zamana kadar kırma kusuru muayenesi için de kullanılmıştır. Günümüzde ise benzer ilkeler ile üretilmiş retinoskoplar başta otorefraktometre ile muayene edilemeyen hastalar olmak üzere kırma kusurunun objektif olarak belirlenmesinde hekimlere yardımcı olmaktadır.

Retinoskopi ile hastanın gözünde kırma kusurları açısından aşağıdaki bilgiler edinilebilir:

- a- Kırma kusurunun varlığı
- b- Kırma kusurunun miyopi ya da hipermetropi yönünde olması ve derecesi
- c- Gözde astigmatizmanın varlığı

d- Astigmatizmanın iki temel ekseninin hangi temel meridyenlerde olduğu

e- Astigmatizma var ise gözdeki sferik ve silindirik kusurların dereceleri

f- Astigmatizmanın düzenli ya da düzensiz olması

Bu önemli bilgileri veren retinoskopinin işlevine uygun olarak 'çizgisel ışık' üreten bir ışık kaynağı vardır. Bu ışık kaynağı 360 derece döndürülebilecek şekildedir ve böylelikle gözün tüm meridyenleri çizgisel ışık ile taranıp kırma gücü hakkında fikir edinilebilir. Cihazın çizgisel ışığı cihazın içindeki bir mercek sistemi ve bir ayna yardımı ile muayene edilecek göze yönlendirilir. Hasta ile hekim arasındaki çalışma uzaklığı belirlenir. Genel olarak kol uzunluğu sayılabilecek olan 66 cm çalışma uzaklığı tercih edilir. Farklı kol uzunluklarına veya tercihe göre 50 cm, 1 m gibi sabit bir çalışma uzaklığı seçilir ve muayene boyunca bu uzaklık sabit tutulur. Hekim çalışma uzaklığını 50 cm, 66 cm veya 1 m olarak belirlediği durumlarda, sırasıyla -2, -1.5 ve -1 D'lik 'Çalışma uzaklığı düzeltme değeri' bulunduğu denklik/nötralizasyon değerine ekleyerek, kırma kusurunun gerçek değerine ulaşacaktır.

Işık tam olarak pupilla alanına yönlendirildiğinde pupilla alanı açık kırmızı bir çizgi ve bu çizginin çevresinde nispeten koyu gölge alanlarından oluşan bir yansıma/refle izlenir. Yansıma görüntüsünün fark edilmesi sonrası yansımanın hareketinin özellikleri değerlendirilir. Retinoskopun yer düzlemine (veya temel eksene) dik olan ışığı tüm pupillayı tarayacak şekilde pupilla boyunca el bileği hareketleri ile sağa ve sola doğru hafifçe hareket ettirilir. Bu hareket sırasında pupilla alanındaki çizgisel yansıma izlenir. Birinci olasılık bu yansımanın göze yönlendirilen çizgisel ışığın hareketi ile aynı yönde hareket etmesidir. Buna 'aynı yönde hareket' adı verilir. İkinci olasılık yansımanın göze yönlendirilen ışığın hareketine karşı/zıt yönde hareket etmesidir. Bu harekete ise 'karşı yönde hareket' adı verilir. Üçüncü olasılık ise çizgisel ışığın tüm gözbebeği alanını doldurarak neredeyse hiç hareket etmemesidir. Bu duruma ise 'denklik/nötralizasyon durumu' veya 'denge/donma noktası' adı verilir.

Aynı yönde hareket eden yansıma var ise retinoskopi cetvelindeki (+) hipermetrop mercekler 0.5 diyoptriden başlayıp giderek arttırılarak, yansımanın pupilla alanını doldurduğu ve hareket etmediği mercek değeri bulunmaya çalışılır. Bu işlem için retinoskopu tutan el bileğini hafif hareketleri ile pupilla alanı çizgisel ışık ile yatay (180 derece) eksen sağa ve sola devamlı taranır. Aynı anda diğer bir elde bulunan retinoskopi cetvelindeki +0.50 değerli mercek pupilla alanı önüne, mümkün olduğunca göze yakın tutulur. Aynı yönde hareketli olan yansıma +0.50 D mercek ile yine aynı yönde harekete devam ederse cetvelde sırası ile artan

derecede (+) mercekler gözün önünde getirilir. Belirli bir değerde artık yansımanın hareket etmediği ve tüm pupilla alanını doldurduğu izlenebilir. Bu nokta nötralizasyon/denklik/denge noktası olarak adlandırılır. Denkliği sağlayan mercek değerine, çalışma uzaklığına göre düzeltme değeri eklenerek yatay eksendeki kırma kusuru değeri bulunur.

Eğer retinoskopide yansımanın, ışığın hareket yönüne karşı yönde hareket ettiği saptanırsa, -0.50 D ile başlanır ve dereceleri giderek artan miyopik mercekler göz önüne getirilir. Retinoskopun çizgisel ışığı ile pupilla alanı sağa sola hareketlerle taranır ve karşı yönde hareketin durup pupilla alanının yansıması ile tam olarak dolduğu mercek derecesi bulunur. Bu mercek derecesine belirlenmiş olan çalışma uzaklığı dikkate alınarak düzeltme değeri eklenerek yatay eksendeki kırma kusuru belirlenir.

Retinoskopide yansımanın hareketsiz kaldığı düzeltme değerinden daha büyük mercek değeri göz önüne getirilirse bu kez de nötralizasyon/denklik öncesi hareketin karşıtı yönünde bir hareket başlar. Bu durumda fazla düzeltme olduğu anlaşılabilir bir önceki mercek değerine dönülmesi gerekir.

Retinoskopi ile astigmatizma ekseninin bulunması

Astigmatizması olan kişilerin retinal yansımalarının bazı özellikleri ile silindirik eksen (astigmatik eksen) bulunabilir. Bu özellikler şunlardır:

a- Kırılma: Göz bebeği alanından yansıyan çizgi şeklindeki ışığın yönü ile cihazdan yönlendirilen ışığın yönü devamlılık göstermez. Bu durum kırılma olarak adlandırılır ve eksen üzerinde olunmadığının en önemli göstergesi sayılabilir. Retinoskopun bileziği çevrilerek, pupilla alanından yansıyan çizgi ışık ile göze yönlendirilen çizgi ışık aynı hizaya getirilir. İki çizgi ışığın aynı hizaya üst üste geldiği meridyen temel astigmatik eksenlerden birisidir.

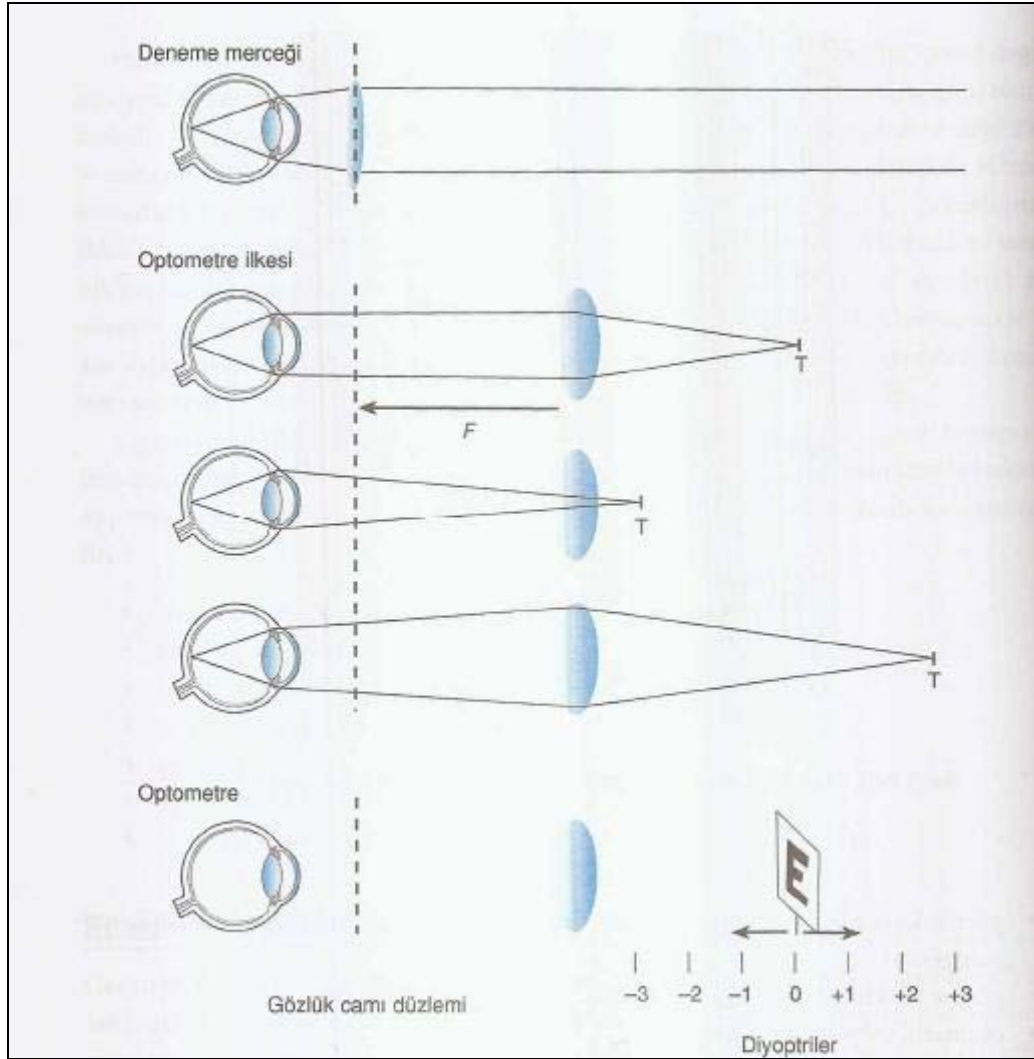
b- Genişlik: Retinadan yansıyan çizgi ışığın genişliği astigmatik eksen ile aynı hizaya geldiğinde en ince durumdadır.

c- Çarpık hareket: Göze yönlendirilen ışık çizgisi astigmatizma ekseninin dışında olduğunda yansıyan ışık ile farklı yönlerde çarpık bir hareket gösterebilir. Işık çizgisinin eksen ile astigmatizma eksenini üst üste geldiğinde bu çarpık hareket düzelir.⁸⁰

2.10.2.2. Otorefraktometre

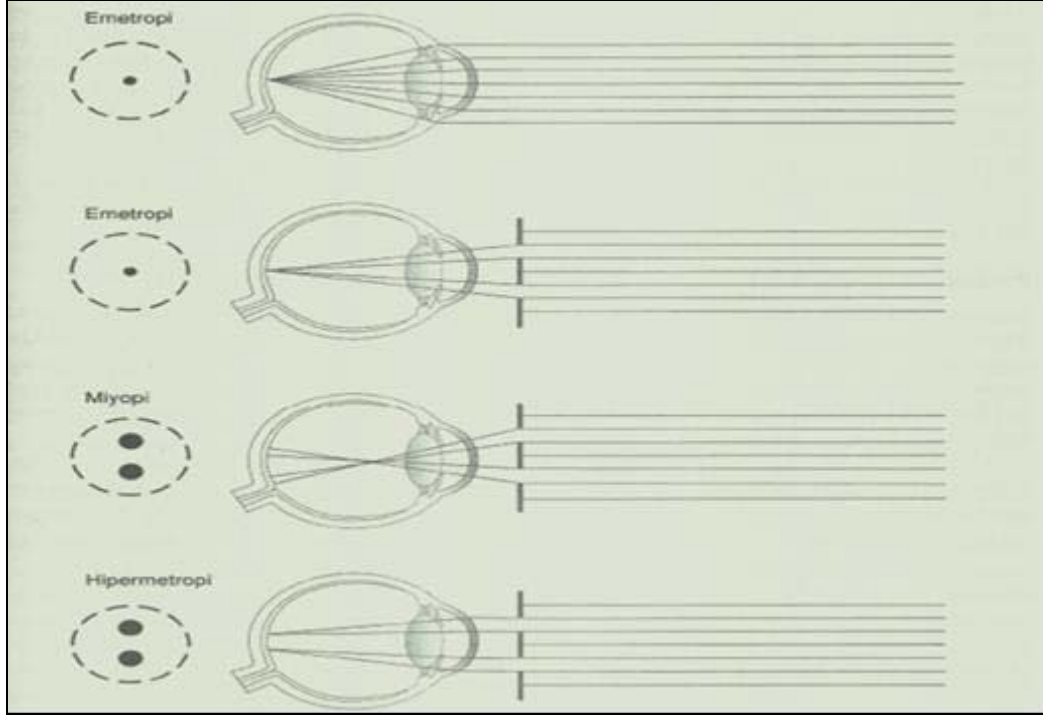
Ölçüm için infrared ışınları kullanılır. Çoğu optometre ve Schneider ilkesi temeline dayanır. Kırma kusurunun nötralizasyonu için verjans değiştirilir.

Optometre ilkesi: Değiştirilebilir deneme mercekleri yerine gözlük düzleminde odak uzaklığı mesafesine tek bir yoğunlaştırıcı mercek kullanılır. Hedeften gelen ışın hedefin yerine bağlı olarak farklı miktarlarda verjans etkisi ile göz içine girer (Şekil 10).⁸¹



Şekil 10: Optometre ilkesi

Schneider çift iğne deliği ilkesinin değişimleri odaklama son noktası yerine aynı hizaya getirme son nokta ölçümünü elde etmek için kullanılır. Ancak göz optiğinin küçük bir parçası sayesinde kırma kusuru ölçümü sağlar ve farklı ölçüm açıklıklarının hastanın pupillası ile aynı hizada olması önem taşır (Şekil 11).⁸²



Şekil 11: Schneider ilkesi: Çift iğne deliği açıklığı iki küçük ışın demetini izole eder. Retinaya düşmeyen görüntü bulanık görülmek yerine çift olarak görülür

Günümüzde kullanılan otorefraktometreler (OR) iki gruba ayrılabilir. Bunlardan biri masaüstü sabit ve yakından ölçüm yapan konvansiyonel OR'ler, diğeri ise taşınabilir ve belirli mesafeden ölçüm yapan OR'lerdir.⁸¹

Sabit OR'ler kendi içlerinde alt bölümlere ayrılabilir;

- a- manuel objektif OR
- b- otomatik retinoskop olarak tanımlanan otomatik objektif OR
- c- görme keskinliği ölçebilen otomatik objektif OR
- d- otomatik subjektif OR
- e- uzaktan kumandalı konvansiyonel objektif OR.

OR'lerin çoğu sadece objektiftir ve görme keskinliği ölçüm özellikleri yoktur. Bazılarında ise subjektif ölçüm özelliği de vardır. Bunlar daha çok hasta uyumu gerektirir ancak kırma kusuru ve tashih işleminin bir parçası olan subjektif ölçümü de yapabilir. Yeni nesil konvansiyonel OR'de kızıl ötesi ışık otomatik olarak retinaya düşürülür ve yansıyan ışıkla ölçüm yapılır.

Bu çalışmada kullanılan otorefraktometre Schneider' in çift iğne deliği ilkesine göre çalışır. Schneider'in pinhole açıklığını simüle eder tarzda 2 ışık kaynağı pupil düzleminde görüntü oluşturur. Bir fotodetektör fundustaki iki imajın çakışma derecesini izler. Fokus, illuminasyon ve detektör sistemine aksiyel yerleşimli olarak ayarlanmıştır. İlk olarak Badal sistemi bir meridyende fokus yapar ve prizmatik sistemi 180 derece döndürerek ölçüme devam eder. Akomodasyonu engellemek için bir 'fogging' hedefi kullanılır. Ölçüm aralığı sfer için -25.00 D ile +22.00 D arasında, silindir için ± 8.00 D'dir. 0.12 veya 0.25 D'lik artış gösterir. Akslar için 1°'lik artışlar gösterir.⁸³

Belirli mesafeden ölçüm yapan taşınabilir OR'ler ise kendi içlerinde

a- Sabit OR deki sisteme benzer kızılötesi ışınların gönderilmesi ve geri yansıyan ışınların değerlendirilmesi ile çalışan el otorefraktometresi

b- Aberasyon ölçümünü değerlendiren cihazlar

c- Fotoretinoskopi tekniğini kullanan cihazlar olarak üç gruba ayrılmaktadır. Bu cihazlar kullanıcının cihaz-hasta mesafesini ayarlaması ve cihazın optimal mesafeye geldiğinde kilitlenerek ölçüm ışınlarını otomatik olarak göndermesi şeklinde çalışmaktadır.

2.11. Fotorefraktör



Şekil 12: Fotorefraktör

Fotorefraktör, kırma kusurunu, korneal refle asimetrisini, pupil genişliğini ve pupiller arası mesafeyi aynı anda ölçer. Çocuklarda her iki gözden aynı anda 1 m mesafeden ölçüm alınabilir. Fotorefraktör ile miozisde binoküler ölçüm ile anizometri tespit edilebilir. Bu durumda çocuğun akomodasyon yapması önemli değildir, çünkü her iki göz arasındaki refraktif fark aynı kalacaktır. Ölçümler 1 m mesafeden yapıldığı için, alınan sonuç 1 D'lik akomodasyon farkını da içerir.

Ölçüm esnasında, kamera, çocuktan yaklaşık 1.2 m öteden göz hizasında tutularak tetiğine basılır. Cihaz çocuğun dikkatini çekebilmek için kuş sesi gibi ses çıkarır. Çocuğun monitörü izlemesine engel olunur. Çocuklarda dikkat oldukça kısadır, o yüzden ölçüm esnasında odada dikkatini çekebilecek başka bir şey veya kişi olmamalıdır.

Eğer cihaz sonuç vermeden durursa aşağıdakilerden herhangi biri sebep olmuş olabilir:

-Pupil kenarında beyaz bir işaret varsa 1 m olan ölçüm mesafesi dışındayız demektir.

-Pupil kenarında kırmızı bir işaret varsa pupil çok küçüktür. Oda ışığını azaltıp pupilin genişlemesi sağlanarak ölçüme devam edilir.

-Eğer cihaz 20 sn içinde pupilleri bulamazsa ölçüm otomatik olarak durur. Bunun en sık sebepleri;

-Pupillerden biri veya her ikisi de tamamen ekrana girmemiş olabilir, kirpikler veya göz kapakları pupili kısmen kapatıyor olabilir.

-Kornea reflelerinden biri kırmızı diğeri yeşil ise korneal refle asimetrisi 10 dereceden fazladır. Bu durumda binoküler ölçüm alınmaz. Gözler tek tek ölçülmelidir.

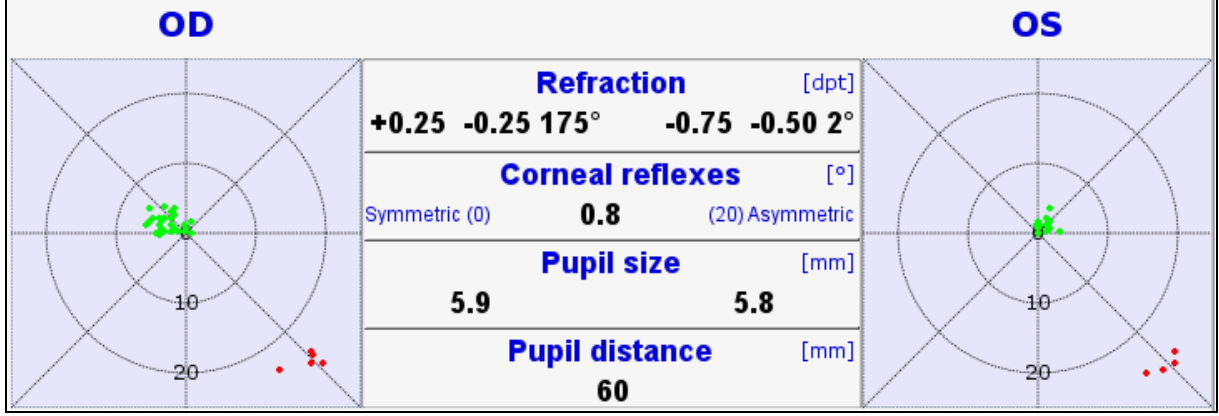
-Bir veya her iki pupil değişik parlaklık gösteriyorsa (vitre bulanıklığı, kornea hasarı, yabancı cisim veya diğer sebepler) cihaz ölçüm almayı kesebilir.

2.11.1. Ölçüm sonuçları

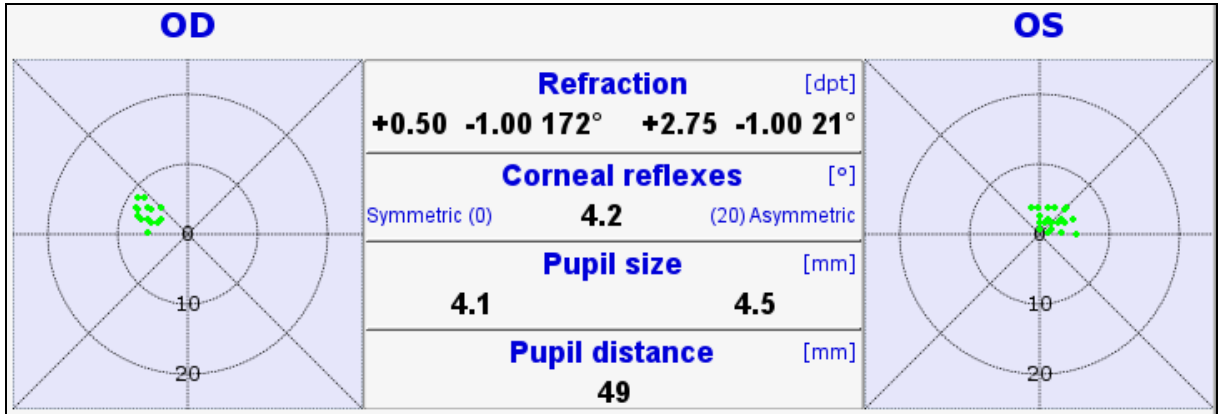
Miyop ve astigmatizma: Ne miyopi ne de astigmatizma akomodasyondan etkilenmez. Bundan dolayı, sikloplejik retinoskopi ile bu ölçüm değerleri arasında, % 80'ninde ± 0.50 , % 20'sinde max. ± 1.00 D sapma mevcuttur.

Anizometri: Binoküler ölçüm ile akomodasyondan bağımsız bir şekilde anizometri tespit edilebilir.

Küçük açılı kaymalar: Her ölçüm sırasında kornea refleksi her iki gözde aynı anda sergilenir. Kornea reflelerinde asimetri varsa çocukta bir şaşılık mevcut olabilir (Şekil 13-14). 2 derecenin altındaki kaymaları tespit etmesi zordur.



Şekil 13: Simetrik kornea refleksi



Şekil 14: Asimetrik kornea refleksi

Hipermetropi: Hipermetropi akomodasyon nedeniyle tamamen veya kısmen kompanse edilebilir. Bu nedenle miyozisde ölçümler gerçekçi olmayabilir. Yine de 2 yaşından büyük çocuklarda göz önüne koyulacak +3 D'lik bir lens ile yapılan ikinci bir ölçüm ile hipermetropi tespit edilebilir. Örnekleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2: Fotorefraktör ile lenssiz ve +3.00 D lens ile ölçüm

Lenssiz ölçüm	+3.00 lens ile ölçüm	Açıklama
+0.75 D	-2.25 D	İlk ölçümde akomodasyon yok: çocuğun yaklaşık +0.75D hipermetropisi var
+0.75 D	+0.75 D	İlk ölçüm sırasında +3.00 D veya üzerinde bir akomodasyon var: çocuğun +3.75 D veya üzerinde bir hipermetropisi var
0.00 D	-1.00 D	İlk ölçüm sırasında yaklaşık 2.00 D'lik bir akomodasyon var: çocuğun yaklaşık +2.00 D hipermetropisi var.
0.00 D	-3.00 D	İlk ölçüm sırasında akomodasyon yok: çocuk emetrop

2 yaşından küçük çocuklarda +3.00 D lens ile ölçüm almak mümkün değildir. Bu çocuklarda siklopleji sonrası pupiller 8 mm üzerinde değilse Fotorefraktör ile ölçüm alınmalıdır. Ölçülen sferik değerden miozis esnasında 1 metreden alınan ölçüm sırasında eklenen 1 D çıkarılmalıdır.

Ortam opasitesi: Pupil mesafesinde değişik parlaklıkta yapılar veya siyah noktalar saptanırsa, ortam opasiteleri, yabancı cisim veya korneal hasarlardan herhangi biri mevcut olabilir.

Nistagmus: Fotorefraktör ile nistagmus saptanabilir.

Anizokori: Fotorefraktör ile pupil çapları ölçülerek anizokori tespit edilebilir.

Ölçüm aralığı: Fotorefraktörün ölçüm aralığı -7.00D ve +5.00 D'dir. Bu ölçüm aralığı ± 3.00 D miyop veya hipermetrop lens kullanılarak arttırılabilir.⁸⁴

2.11.2. Fotorefraktörün özellikleri

Tablo 3: Fotorefraktörün özellikleri

Refraksiyon	Binoküler ve monoküler
Sferik aralık	+5.00/-7.00 D, 0.25 D artışlarla
Silindirik aralık	+5.00/-7.00 D 0.25 D artışlarla
Aks	1-180° , 1° artışlarla
Pupil çapı	4.0 – 8.0 mm, 0.1 mm artışlarla
Pupil mesafesi	mm cinsinden 1.0 mm artışlarla
Ölçüm süresi	0.02 s
Ölçüm mesafesi	1 m (±5 cm)
Fiksasyon hedefi	Kuş sesi
Ölçüm prensibi	Binoküler, dinamik fotoskiaskopi

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmaya Aralık 2010 ve Nisan 2011 tarihleri arasında Selçuk Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Polikliniği ve Şaşılık Birimine başvuran 6 ay ve 10 yaş aralığındaki 91 çocuğun 182 gözü dahil edildi. Çalışma için Selçuk Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Etik Kurul Başkanlığı'ndan 28 Nisan 2010 tarihli, 2010/140 sayılı çalışma onamı alındı. Randomize olarak seçilen hasta dosyaları retrospektif olarak incelendi.

Çalışma grubundaki hastaların yaşları, cinsiyetleri, tashihsiz ve tashihli görme keskinlikleri, biyomikroskop bulguları, fundus bulguları ve varsa prizma örtme testi ile kayma dereceleri kaydedildi. Refraksiyon ölçümünde hataya sebep olabilecek geçirilmiş cerrahi öyküsü, ptozis, nistagmus, kornea yüzey hastalıkları, katarakt, vitreus opasitesi, retina dekolmanı gibi ön segment ve fundus patolojisi bulunanlar, cihazlardan birisi ile ölçüm alınamayan hastalar dahil edilmedi. Refraksiyon ölçümleri her seferinde aynı tıbbi teknisyen tarafından siklopleji öncesi ve sonrası hem fotorefraktör (Plusoptix A09[®], Plusoptix GmbH, Nuernberg, Germany) hem de otorefraktometre (Topcon KR8100[®], Topcon Corp., Japan) ile ölçüm alınan hastalar dahil edildi. Siklopleji uygulaması için 10 dakika aralıklarla her iki göze 3 kez damlatılan Siklopentolat HCl % 1.0 damla kullanıldı. Son damladan 45 dakika sonra ölçümler yapıldı

Siklopleji öncesi ve sonrası her iki cihaz ile elde edilen sferik ve silindirik değerler ile silindirik aks, sferik ekivalan değerleri kaydedildi. Ölçülen bütün (+) silindirik değerler (-) değerlere çevrildi. Fotorefraktör ile alınan değerlerin binoküler mi monoküler mi alındığı kaydedildi. Siklopleji sonrası fotorefraktör ile alınan sferik değerlerden 1 D'lik akomodasyon farkı çıkarıldı.

Sferik ekivalan (SE) tespiti için 'SE=SR+CP/2' formülünden yararlanıldı. Bu formülde SR sferik refraksiyonu, CP ise silindirik gücü temsil etmektedir.

Amerikan Pediatrik Oftalmoloji ve Şaşılık Derneğinin 2003'te yayınladığı ambliyopi kriterlerine göre iki göz arasında 1.5 D ve üzerinde sferik ve silindirik farka sahip anizometropik hastalar, 3.5 D üzerinde hipermetropi, 3 D üzerinde miyopi, 1.5 D üzerinde astigmatizması olanlar ambliyopi açısından risk grubu olarak değerlendirildi.⁸⁵ Hastalar görme keskinliğine göre 0.6-0.8 arası hafif, 0.3-0.5 arası orta, 0.2 ve altı derin ambliyop olarak ayrıldı.

Tüm veriler SPSS 17.0 (Statistical Package for Social Science, Worldwide Headquarters SPSS Inc.) paket programına aktarıldı. Verilerin dağılımlarının normal olup olmadığına One-Sample Kolmogorov-Smirnov testi ile bakıldı, tüm verilerin nonparametrik

dağılım gösterdiği görüldü. Elde edilen veriler Wilcoxon testi kullanılarak karşılaştırıldı. $P < 0.05$ bulunması sonucun istatistiksel olarak anlamlı olduğu şeklinde yorumlandı.

4. BULGULAR

Çalışmaya alınan 91 olgunun 48'i erkek, 43'ü kız olup yaş ortalaması 5.58 ± 2.63 yıl (6 ay - 10 yıl arası) idi. Görme keskinliği alınabilen 64 olgunun düzeltilmiş en iyi görme keskinliği ortalaması 0.9 idi. Olguların 3'ünde derin, 6'sında orta, 8'inde hafif olmak üzere toplam 17'sinde (% 26.56) ambliyopi tespit edildi. Bunlardan 6'sında anizometropik, 7'sinde ametropik, 3'ünde strabismik, 1'inde de meridyonel ambliyopi mevcuttu.

Olguların 28'inde ezotropya mevcut iken ortalama kayma açısı alternan prizma örtme testi (PÖT) ile 19.6 prizm dioptri idi. 9'unda ekzotropya mevcuttu ve ortalama kayma açısı PÖT ile 20 prizm dioptri idi. Kayma açısı 8 prizm dioptrinin altında olan 3 olgudan fotorefraktör ile binoküler ölçüm alınabilmesine rağmen diğerlerinde ölçümler monoküler olarak alındı.

182 gözün birinde yüksek miyopi, 11'inde yüksek hipermetropi nedeniyle fotorefraktör ile ne siklopleji öncesi ne de sonrası ölçüm alınmadığı için bu gözler istatistiğe dahil edilmedi.

Siklopleji öncesi 170 gözün, ortanca sferik kırma kusuru: OR ile +0.71 D (minimum: -3.92, maksimum: +7.0); fotorefraktör ile +1.42 D (minimum: -4.83, maksimum: +4.33) idi. OR'nin siklopleji öncesi 0.39 D daha fazla miyopiye kaydığı görüldü. Fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P=0.000$, Tablo 4).

Siklopleji öncesi, ortanca sferik ekivalan değeri: OR ile +0.29 D (minimum: -4.12, maksimum: +6.62); fotorefraktör ile +0.93 D (minimum: -5.21, maksimum: +3.75) idi. Fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($P=0.000$, Tablo 4).

OR ile 170 gözün 145'inde fotorefraktör ile 166'sında -0.25 D üzerinde astigmatizm tespit edildi. Her iki cihazla da -0.25 D üzerinde astigmatizm tespit edilen 143 göz istatistiğe dahil edildi. Siklopleji öncesi OR ile ölçülen silindirik değer ortancası -0.75 D (minimum: -0.25, maksimum: -5.42), aksların ortanca değeri ise 110° idi (minimum: 5, maksimum: 180), Fotorefraktör ile ortanca silindirik değer -0.83 D (minimum: -0.25, maksimum: -7.08), ortanca aks ise 66.67° idi (minimum: 5, maksimum: 180). Siklopleji öncesi fotorefraktörün silindirik değeri OR'den 0.10 D daha yüksek ölçtüğü görüldü. Fark diyoptri bazında istatistiksel olarak anlamlı iken ($P=0.008$) derece bazında anlamlı değildi ($P=0.606$, Tablo 4)

Tablo 4: Siklopleji öncesi OR ve Fotorefraktör sferik, sferik ekivalan, silindirik ve aks ölçümlerinin karşılaştırılması

Siklopleji öncesi	OR	Fotorefraktör	P değeri
Sferik Median (D) (min, max) (D) (n)	+0.71 (-3.92, +7.0) 170	+1.42 (-4.83, +4.33) 170	0.000
SE Median (D) (min, max) (D) (n)	+0.29 (-4.12, +6.62) 170	+0.93 (-5.21, +3.75) 170	0.000
Silindirik median (D) (min, max) (D) (n)	-0.75 (-0.25, -5.42) 143	-0.83 (-0.25, -7.08) 143	0.008
Aks Median (min, max) (n)	110° (5, 180 °) 143	66.67° (5, 180 °) 143	0.606

Siklopleji sonrası 170 gözün 38'inden yüksek hipermetropi, 25'inden ise pupillerin büyük olması nedeniyle (n: 63, % 37) fotorefraktör ile ölçüm alınamamıştır. Ölçüm alınamayan bu gözler istatistiğe dahil edilmedi.

Siklopleji sonrası ortanca sferik kırma kusuru OR ile +1.08 D (minimum: -3.5, maksimum: +7.75), fotorefraktör ile +1.83 D (minimum: -5.42, maksimum: +4.08) idi. Fotorefraktörün siklopleji sonrası sferik değerleri +0.23 D daha yüksek ölçtüğü görüldü. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı (P=0.000, Tablo 5).

Siklopleji sonrası ortanca sferik ekivalan değeri: OR ile +0.75 D (minimum: -3.75, maksimum: +7.5); fotorefraktör ile +1.29 D (minimum: -6.08, maksimum: +3.83) olarak saptandı. Bulunan fark istatistiksel olarak anlamlıydı (P=0.001, Tablo 5).

Siklopleji sonrası fotorefraktör ile ölçüm alınamayan 63 göz ve -0.25 D'nin altında astigmatı olan 23 göz silindirik değer ve aks ortalamasına dahil edilmedi. Her iki cihazda da -0.25 D'nin üzerinde astigmat tespit edilen 84 göz üzerinden yapılan değerlendirme sonucunda silindirik kırma kusuru ortancası OR ile: -0.67 D (minimum: -0.25 , maksimum: -5.5), aksların ortancası 125.84° idi (minimum: 5° , maksimum: 180°), Fotorefraktör ile silindirik değer ortancası -0.79 D (minimum: -0.25 , maksimum: -7.75), aks ortancası ise 129.17° idi (minimum: 5° , maksimum: 180°). Siklopleji sonrası da fotorefraktörün silindirik değeri OR'den 0.15 D daha yüksek ölçtüğü görüldü. Fark diyoptri bazında istatistiksel olarak anlamlı iken ($P=0.009$), derece bazında anlamlı bulunmadı ($P=0.635$, Tablo 5).

Tablo 5: Siklopleji sonrası OR ve Fotorefraktör sferik, sferik ekivalan, silindirik ve aks ölçümlerinin karşılaştırılması

Siklopleji sonrası	OR	Fotorefraktör	P değeri
Sferik Median (D) (min, max) (D) (n)	+1.08 (-3.5, +7.75) 107	+1.83 (-5.42, +4.08) 107	0.000
SE Median (D) (min, max) (D) (n)	+0.75 (-3.75, +7.5) 107	+1.29 (-6.08, +3.83) 107	0.001
Silindirik Median (D) (min, max) (D) (n)	-0.67 (-0.25 , -5.5) 84	-0.79 (-0.25 , -7.75) 84	0.009
Aks Median (min, max) (n)	125.84° (5° , 180°) 84	129.17° (5° , 180°) 84	0.635

Siklopleji öncesi ve sonrası fotorefraktör ile ölçüm alınabilen 107 gözün sferik ölçümleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı idi ($P=0.000$). Siklopleji sonrası sferik değerler 0.41 D daha yüksek ölçüldüğü görüldü.

Siklopleji öncesi ve sonrası her iki ölçümde de -0.25 D üzerinde astigmat saptanan 100 göz değerlendirildi. Siklopleji öncesi -0.67 D (minimum: -0.25, maksimum: -7.08), olan silindirik değer ortancasının siklopleji sonrası -0.58 D (minimum: -0.25, maksimum: -7.75), olduğu görüldü. Aksların siklopleji öncesi ortanca değeri 86.67° (minimum: 5° , maksimum: 180°) iken siklopleji sonrası ortanca aks değeri 112.50° (minimum: 5° , maksimum: 180°) bulundu. İstatistiksel olarak siklopleji öncesi ve sonrası hem silindirik değerlerde hem de akslar arasında anlamlı bir fark saptanmadı (Tablo 6).

Tablo 6: Siklopleji öncesi ve sonrası Fotorefraktör sferik, sferik ekivalan, silindirik ve aks ölçümlerinin karşılaştırılması

Fotorefraktör	Siklopleji öncesi	Siklopleji sonrası	P değeri
Sferik Median (D)	+1.08	+1.83	0.000
(min, max) (D)	(-4.83, +3.83)	(-5.42, +4.08)	
(n)	107	107	
SE Median (D)	+0.79	+1.29	0.006
(min, max) (D)	(-5.21, +2.62)	(-6.08, +3.83)	
(n)	107	107	
Silindirik Median (D)	-0.67	-0.58	0.427
(min, max) (D)	(-0.25, -7.08)	(-0.25, -7.75)	
(n)	100	100	
Aks Median	86.67°	112.50°	0.183
(min, max)	(5° , 180°)	(5° , 180°)	
(n)	100	100	

Siklopleji öncesi ve sonrası OR ile yapılan sferik ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (P=0.000). Siklopleji öncesi OR ölçümlerinin -1.09 D miyopiye kaydıği görüldü.

Siklopleji öncesi ve sonrası -0.25 D üzerinde astigmat tespit edilen 131 göz istatistiğe dahil edildi. Silindirik ölçümler ve akslar arasında anlamlı bir fark saptanmadı (Tablo 7).

Tablo 7: Siklopleji öncesi ve sonrası OR sferik, sferik ekivalan, silindirik ve aks ölçümlerinin karşılaştırılması

OR	Siklopleji öncesi	Siklopleji sonrası	P değeri
Sferik Median (D)	+0.71	+1.71	0.000
(min, max) (D)	(-3.92, +7.00)	(-3.5, +8.25)	
(n)	170	170	
SE Median (D)	+0.29	+1.37	0.000
(min, max) (D)	(-4.12, +6.62)	(-3.75, +7.67)	
(n)	170	170	
Silindirik Median (D)	-0.75	-0.75	0.772
(min, max) (D)	(-0.25, -5.42)	(-0.25, -5.5)	
(n)	131	131	
Aks Median	108.33°	125°	0.124
(min, max)	(5°, 180°)	(5°, 180°)	
(n)	131	131	

Siklopleji öncesi fotorefraktör ile siklopleji sonrası OR değerleri karşılaştırıldı. Silindirik değer ve akslar her iki cihazda ortak olarak -0.25 D üzerinde astigmat tespit edilen 140 gözde değerlendirmeye alındı. Sferik ve silindirik değerler arasında anlamlı fark bulunurken, akslar arasında anlamlı bir fark yoktu. Fotorefraktör ile sferik değerde 0.70 D,

sferik ekivalanda 0.77 D miyopiye kayış olduğu gözlendi. Silindirik değerin fotorefraktör ile 0.09 D daha yüksek ölçüldüğü görüldü (Tablo 8).

Tablo 8: Siklopleji öncesi Fotorefraktör ile siklopleji sonrası OR ile sferik, sferik ekivalan, silindirik ve aks ölçümlerinin karşılaştırılması

	Siklopleji öncesi Fotorefraktör	Siklopleji sonrası OR	P değeri
Sferik Median (D)	+1.42	+1.71	0.000
(min, max) (D)	(-4.83, +4.33)	(-3.50, +8.25)	
(n)	170	170	
SE Median (D)	+0.94	+1.37	0.000
(min, max) (D)	(-5.21, +3.75)	(-3.75, +7.67)	
(n)	170	170	
Silindirik Median (D)	-0.83	-0.75	0.022
(min, max) (D)	(-0.25, -7.08)	(-0.25, -5.5)	
(n)	140	140	
Aks Median	68.33°	125.84°	0.139
(min, max)	(5°, 180°)	(5°, 180°)	
(n)	140	140	

Ambliyojenik risk faktörlerinin tespiti açısından sikloplejili OR ile sikloplejisiz Fotorefraktör ölçümleri karşılaştırıldı. OR ile 19 olguda 3.5 D ve üzerinde hipermetropi tespit edilirken, Fotorefraktör ile bunlardan 11'inde yüksek hipermetropi tespit edildi. Kalan 8 gözün 4'ünde fotorefraktörün daha miyopik ölçüm aldığı, diğer 4'ünde ise sferik anizometri olduğu tespit edildi. Anizometri tespit edilen bu 4 olgudan şaşılık nedeniyle ölçümlerin monoküler alındığı saptandı. 1 olguda da OR ile emetropi saptanmasına karşın fotorefraktör ile yüksek hipermetropi görüldü. Hem OR ile hem de fotorefraktör ile yalnızca tek olguda 3 D üzerinde miyopi saptandı.

OR ile 6 olguda sferik anizometri saptanırken fotorefraktör ile bunlardan 4'ünde anizotropik, 2'sinde emetropik ölçüm alındığı görüldü. Bu 2 olguda da ölçümlerin monoküler alındığı görüldü. Yine fotorefraktör ile ölçümlerin monoküler alındığı 6 olguda sferik anizometri saptanırken OR ile bunların emetrop olduğu görüldü. OR ile 6 olguda 1.5 D üzerinde astigmat tespit edilirken yalnızca 1 olguda iki göz arasında 1.5 D üzerinde silindirik güç farkı olduğu bulundu. Aynı olgular fotorefraktör ile de doğru olarak tespit edildi.

5. TARTIŞMA

Ambliyopi çocuklarda görme kaybının en sık rastlanan sebebidir. Ambliyojenik faktörler olan anizometri, hipermetropi ve astigmatizma erken çocukluk çağında sıkça görülebilmektedir ve tedavinin etkili olacağı dönemden önce tespit edilemeyebilir.

Yüksek derecelerde hipermetropiye erken çocuklukta % 5 oranında rastlanmaktadır.⁸⁶ Bu çalışmadaki olguların ise % 20.8'inde 3.50 D ve üzerinde hipermetropi saptanmış olup bunun sebebi şaşılık biriminde takip edilen olguların da çalışmaya dahil edilmesine bağlandı.

Atkinson ve ark. yüksek hipermetropisi olan çocukların kontrol grubuna göre kognitif ve motor yeteneklerinin daha düşük olduğunu ortaya koymuştur.⁸⁷ Yaşları 7 ile 11 arasında değişen çocuklarda sikloplejik refraksiyon kusurlarının ölçüldüğü bir çalışmada hipermetropik çocukların miyoplara göre daha kötü bir öğrenme performansı gösterdikleri ve daha düşük zeka seviyesine sahip oldukları ayrıca kognitif ve motor yeteneklerini kapsayan defisitlerin daha çok görüldüğü açıklanmış ancak aşırı miyopinin de hipermetropilere benzeyen sonuçlar gösterdiği saptanmıştır.⁵⁰ Hipermetrop çocukların yakın mesafeli çalışmalardan uzak durduğu bunun da beyin ve göz gelişimini etkilediği düşünülmektedir. Daha az öğrenen çocuğun neticede santral sinir sistemindeki gelişiminin ve aksonal bağlantı sisteminin daha az gelişeceği fikri kabul görmektedir.⁸⁸ Orta düzeyde miyopik olan çocuklarda bu defisitlere daha az rastlanmaktadır. Ancak literatürde bunu desteklemeyen araştırmalar da mevcuttur.^{89,90}

Shankar ve ark. emetrop ve hipermetrop çocuklar üzerinde yaptığı çalışmada orta derecede hipermetropi ile azalmış öğrenme performansı arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulmuşlardır.⁹¹ Orta derecedeki asemptomatik hipermetropinin bile öğrenme ve okul başarısını etkileyen sonuçlar gösterdiği yönünde yayınlar da yapılmıştır.⁹² Bu nedenle refraksiyon kusurlarının erken tanısı ve tedavisi için okul öncesi dönemde tüm çocukların göz taramasından geçmesi gerekmektedir. Bu taramalarda özellikle de taşınabilir otorefraktometreler, uygulama kolaylığı ve uzman gereksinimi olmaksızın yapılabilmesi nedeniyle öne çıkmışlardır.⁹³

Gerek subjektif gerek objektif ölçümler yapılırken akomodasyon komponenti muayenede hatalara sebep olmaktadır. Optik cihazlarla ölçüm yapılırken oluşabilen akomodasyon refleksi alet miyopisi olarak tanımlanmıştır ve engellemek amacıyla değişik yöntemler denenmiştir.⁹⁴

Bunlar hastanın gözlemcinin gerisindeki bir noktaya dalgın baktırılması, diğer göze (+) güçteki lens konularak görüntünün sislendirilmesi, yansıtıcı aynalar yoluyla görüntünün 6 metre ileriye alınması, cihazların belli bir ölçüm mesafesinde kullanılması ve hastaya hedefin binoküler gösterilmesi gibi yöntemlerdir. Bu yöntemler erişkinlerde işe yaramakta ve alet miyopisini azaltmaktadır, çocuklarda ise etkinliği azdır.⁹⁵ Bu yöntemler ile akomodasyonun sadece dinamik komponentini kısmi olarak bloke edebilmektedir. Özellikle hipermetrop ve genç hastalardaki siliyer kasın devamlı bir tonus halinde bulunması şeklinde tarif edilebilen statik komponentin bloke edilmesi ancak sikloplejik ilaçların kullanımıyla sağlanabilmektedir.⁹⁶

Okul öncesi çocuklarda refraktif kusurun saptanmasında retinoskopi geleneksel bir yöntemdir ve altın standarttır.⁹⁷ Litmann tarafından retinoskopinin en doğru tekniklerden biri olduğu gösterilmekle birlikte yine de siklopleji öncesi miyopik kayma görülmüştür. Bu çalışmanın sonuçları akomodasyonun statik komponentinin sikloplejisiz bloke edilemeyeceğini ortaya koymaktadır.⁹⁸ Sikloplejisiz retinoskopinin çocuklarda ve genç erişkinlerde akomodasyon amplitüdü nedeniyle hipermetropiyi gösterme etkinliği yeterli değildir. Hipermetropik durum olduğundan daha az değerlendirilmektedir. Bu nedenle özellikle küçük yaş guruplarında yüksek sferik kusuru olan olgularda yapılan ölçümlerin retinoskopi yöntemiyle ve siklopleji uygulaması yapılarak değerlendirilmesi önerilmiştir.⁹⁹⁻¹⁰²

Retinoskopi tekniğini uygulayanlar arasında da değişken ölçümler görülmektedir. Retinoskopinin doğru uygulanabilmesi için profesyonel eğitim ve doğru veriyi elde edene kadar çocukların dikkatini çekerek oyalamak gerekmektedir.⁹⁷ Bu zorluklar tarama programlarında uzman olmayanların uygulayabileceği sensitif ve spesifik otorefraktometrelerin geliştirilmesi gereğini ortaya çıkarmıştır.⁹³ Çalışmanın dayandığı kayıtlarda retinoskopi tek bir uzman tarafından yapılmadığı için bu sonuçlar çalışmaya dahil edilmemiştir.

Sikloplejili otorefraktometre ile yapılan incelemelerin sikloplejili retinoskopiden farklı olmadığı bildirilmiştir.¹⁰³ Apaydın ve ark. sikloplejisiz OR ölçümlerinin hastanın gerçek refraksiyon durumuna oranla miyoplarda daha fazla miyop, hipermetroplarda ise mevcut değerinin daha az hatta miyop şeklinde sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. Bu bilgiyi cihaz miyopisi olarak değerlendirmişlerdir.¹⁰⁴ Bu çalışmada OR ile yapılan sikloplejisiz ölçümlerde anlamlı miyopiye kayma saptandı.

Fotoretinoskopi, akomodasyon, verjans ve pupil çaplarının iki gözde eş zamanlı, uzaktan ölçülmesine olanak sağlayan bir yöntemdir. Fotoretinoskopinin, eş zamanlı ölçüm

yapabilmesi sayesinde her iki gözdeki akomodasyon aynı seviyede saptanabilir. Bu bize ambliyopinin sık nedenlerinden biri olan anizometropinin^{105,106} saptanmasında akomodatif etkinliği elememizi sağlar. Fotoretinoskopi yöntemini kullanan ilk ticari cihaz ‘powerrefraktör’dür (PWR).¹⁰⁷⁻¹¹⁰ Daha sonra Plusoptix®(Plusoptix GmbH, Nuernberg, Germany) cihazı piyasaya sürülmüştür. Bu cihazların kitle taramalarında kullanımı önerilmiştir.^{107,108} Bu çalışmada sikloplejinli OR ile anizometri tespit edilen 8 olgunun 4’ünde ve emetropi tespit edilen 6 olguda fotorefraktör ile anizometri saptandı. OR’den farklı sonuç alınan bu olguların hepsinde ölçümlerin monoküler alındığı görüldü. Monoküler ölçümlerde iki gözde aynı anda ölçüm yapılmadığı için akomodasyon farklılık gösterdiğinden hatalı anizometropik ve emetropik sonuç verme olasılığı artmaktadır.

Abrahamsson ve ark. fotorefraktör (PWR) ile sikloplejili ve sikloplejisiz olarak yapılan ölçümler arasında hem sferik hem de silindirik değerler açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu vurgulamışlardır. Siklopentolat % 1.0 ve tropikamid % 0.5 ile yapılan ölçümler arasında ise fark olmadığı belirtilmiştir.¹¹⁰ Bu çalışmadaki tüm sikloplejik ölçümler siklopentalat % 1.0 ile yapılmıştır.

Schimitzek ve Lagreze, yaşları 2 ile 81 arasında değişen 104 olgunun 192 gözü üzerinde fotorefraktör (PWR) ile retinoskopi arasında siklopleji ile yaptıkları ölçümlerde sferik ekivalan değerlerini ortalama -0.12 D, 46 olgunun 83 gözünde sikloplejisiz yaptıkları ölçümlerde ortalama sferik ekivalan farkını -0.73 D daha düşük saptamışlardır.¹¹¹

Allen ve ark. yaşları 16 ile 61 arasında değişen 50 normal yetişkin ile yaptıkları çalışmada sikloplejisiz olarak yapılan powerrefraktometre ölçümlerinin otorefraktometreden 0.32 D daha hipermetropik olduğunu göstermiştir. Bu durum cihazın daha hipermetropik ölçüm yaptığı şeklinde değil miyopik kaymanın fotorefraktör ölçümünde daha az olduğu şeklinde değerlendirilmiştir.¹¹² Bu çalışmada sikloplejisiz ölçümlerde fotorefraktörün OR’den 0.39 D daha hipermetropik sonuç verdiğini saptanmıştır. Sikloplejili OR değerleri ile kıyaslandığında ise fotorefraktörün 0.70 D daha miyopiye kaydığı gözlendi. Farkın bu kadar yüksek olması bu çalışmaya alınan olguların yaş aralığının akomodasyonun en güçlü olduğu 6 ay ile 10 yaş arasında olmasına bağlanabilir.

Hunt ve ark. ise yetişkin olgulardan elde ettikleri fotorefraktör (PWR) ölçümlerini, otorefraktometre (Shin-Nippon SRW-5000®) ölçümleri ile karşılaştırmış, ortalama sferik değer farkını -0.14 D, sferik ekivalan farkını -0.20 D olarak bulmuşlar ve sonucun istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermişlerdir.¹⁰⁹

Abrahamsson ve ark. yaşları 6 ay ile 5 yaş arasında değişen 150 olguda fotorefraktör (PWR) ile retinoskopi ya da otorefraktometre (Topcon RM A2000®) ile elde edilen refraksiyon değerlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında 142 olguda (sikloplejili ve sikloplejisiz) sferik ekivalan değerlerindeki farkın 1 D'nin (ortalama sferik ekivalan farkı +0.42 D) altında olduğunu tespit etmişlerdir.¹¹⁰ Bu çalışmada siklopleji öncesi ve sonrası ortalama sferik değer ve sferik ekivalan açısından anlamlı farklar tespit edilmiştir. Sikloplejisiz ölçümlerde en fazla miyopiye kayışın otorefraktometrede olduğu görülmüştür. Fotorefraktör ölçümlerinde de sikloplejili otorefraktometre ölçümlerine göre miyopiye kayış görülmesine rağmen bu kayma sikloplejisiz otorefraktometre ölçümlerine nazaran daha az bulunmuştur. Bu nedenle çocuklarda fotorefraktörün otorefraktometreden daha az akomodatif uyarıya neden olduğu söylenebilir.

Astigmatik refraksiyon kusurlarının dağılımı yaşa göre farklılık arz etmektedir. Bir yaşına kadar olan çocuklarda 1 D astigmatizma insidansı yaklaşık olarak % 50 seviyesindedir. Bu oranda yaşla beraber azalma gözlenmekte ve 18-42 ay arasında fizyolojik değerine ulaşmaktadır. Okul çağı çocuklarında 0.75 D astigmatizma sıklığı 6.5 yaşında % 4.2, 12.5 yaşında % 6 olarak saptanmıştır. Yetişkinlerde ise aynı astigmatik değerlerin sıklığı % 8 olarak ifade edilmiştir.¹¹³ Bu çalışmada 6ay 10 yaş aralığındaki olgu grubunda 1.5 D ve üzerinde astigmatizma sıklığı % 7.6 olarak hesaplanmış olup, bu oran 0.75 D ve üzeri için % 31.0 idi.

Çalışmalarda astigmatizmanın genel olarak yaşla beraber azaldığı ifade edilmesine karşın^{51,114,115} diğer bazı çalışmalarda çocuklarda ilk yaşta saptanan astigmatizmanın korunduğu ve hatta bazı çocuklarda artış olduğu vurgulanmıştır.^{113,116} Düzeltilmemiş astigmatizmanın sıklıkla meridyonel ambliyopiye yol açabileceği belirtilmiştir. Bu yüzden çocukluk çağında yapılan refraksiyon ile ilgili taramalarda astigmatizmanın varlığının saptanması önemlidir.^{113,117-119} Klinik kullanımdaki cihazların astigmatizma saptanmasındaki etkinlikleri değişkenlik göstermektedir.

Givazda ve Weber üç farklı otorefraktometreyi değerlendirdikleri çalışmalarında Canon® otorefraktometre ile ölçtükleri silindirik değerlerin Nidek® ve Grand Seiko® otorefraktometreler ile uyumlu olmadığını belirlemişlerdir.¹²⁰

Gekeler ve ark. ise fotorefraktör ve otorefraktometre (Canon®) ile ölçülen silindirik güç ve aks değerlerinin korele olduğunu belirlemişlerdir. Fotorefraktör ile sikloplejik kullanılmadan yapılan silindirik güç ve aks ölçümleri yüksek doğrulukla gerçekleştirilirken

siklopleji kullanarak yapılan silindirik güç ve aks ölçümlerinin hatalı olması dilate pupillada oluşan periferik aberasyonların ölçümleri etkilemesi ile açıklanmaktadır.¹²¹

Schimitzek ve Lagreze'nin fotorefraktör (PWR) ile yaptıkları ölçümlerde silindirik güç ve aks değerlerinin retinoskopi ile yapılan ölçümlere göre siklopleji sonrası etkilendiğini ve silindirik gücün retinoskopiden 0.17 D daha düşük saptanırken silindirik aksın vektöryel analizinde yaklaşık 0.44 D (13°) fark bulmuşlardır.¹¹¹ Bu çalışmada ise silindirik değerlerde ve silindirik akslarda her iki cihaz kendi içlerinde karşılaştırıldığında siklopleji öncesi ve sonrası istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmazken birbirleriyle kıyaslandığında fotorefraktörün silindirik gücü siklopleji öncesi 0.10 D sonrası 0.15 D daha yüksek ölçtüğü akslarda anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Siklopleji öncesi fotorefraktör ile siklopleji sonrası otorefraktometre silindirik değerleri karşılaştırıldığında ise fotorefraktörün silindirik değerlerinin yine otorefraktometreden 0.09 D daha yüksek olduğu bulunmuştur. Aksları arasında ise anlamlı fark bulunmamıştır. Bu bilgiler ışığında, cihazların aks ölçümlerinin birbiriyle korele olduğu ancak fotorefraktörün astigmatı otorefraktometreden daha yüksek ölçtüğü kanısına varılmıştır.

Erdurmuş ve ark. yaşları 3 ile 14 arasında değişen 45 çocuğun 90 gözünden aldığı ölçümlerde fotorefraktör (Plusoptix CR03®) ile siklopleji öncesi fotorefraksiyon ve otorefraksiyon ile siklopleji sonrası otorefraksiyon ölçümlerini karşılaştırmışlardır. Siklopleji öncesi her iki cihaz ile miyopiye kayma olduğunu ancak fotorefraktörde kaymanın daha az olduğunu göstermişlerdir. Silindirik değer ve akslarda ise anlamlı değişikliğe rastlamamışlardır. Altın standart olarak sikloplejili ölçümü önermişlerdir.¹²² Bu çalışmada da sferik değerler paralellik gözlenirken, silindirik değerler fotorefraktörde daha yüksek ölçülmüştür. Akslar arasında ise anlamlı bir farklılık saptanmamıştır.

Çalışmada kullanılan fotorefraktörün ideal ölçüm aralığı sferik ve silindirik değerler için +5.0 D ile -7.0 D olarak tanımlanmıştır. Çalışmada ölçülen sferik değerler + 5.08 D ile - 5.42 D arasında değişmekteydi. Fotorefraktör ile belirtilen refraksiyon aralığının üzerinde refraksiyon kusuru olan olgularda belirli dioptrik güçte gözlük takılarak refraksiyonun ölçüm yapılan sınırların arasına çekilmesiyle ölçüm gerçekleştirilebilir. Ancak gözlük camları pupilla önünde infrared ışınların dağılımında bozukluğa yol açarak ölçüm kalitesini etkileyebilmektedir. Satiani ve Mutti'nin 200 yeni doğan üzerinde siklopleji ile fotorefraktör (PWR) ve retinoskopiye karşılaştırdıkları çalışmada ilk ölçümde fotorefraktör ile +2 D üzerinde hipermetropi saptanan olgulardaki ölçümleri +4.50 D ilave cam kullanarak tekrar etmişler ve elde ettikleri sonuçların sikloplejik retinoskopi ile uyumlu olduğunu

görmüşlerdir.¹²³ Schaeffel ve ark. okul çağındaki 736 çocuk üzerinde yaptıkları taramada birinci kuşak fotorefraktör ile sikloplejisiz ölçümlerin sikloplejik retinoskopiye göre daha az hipermetropik olduğunu görmüşlerdir. +3.00 D cam ilavesinin fotorefraktörün hipermetropiyi saptamadaki oranını değiştirmediğini belirtmişlerdir.¹²⁴ Bu çalışmada da sikloplejili fotorefraktör değerlerinin OR değerlerinden yüksek olduğu bulundu ancak fotorefraktör ile +5.00 D üzerinde kırma kusuru olanlarda (+) cam ilavesi kullanılmadığı için ölçüm alınamadı ve bu olgular istatistiğe dahil edilemedi.

Fotorefraktör ile sağlıklı binoküler ölçüm yapılabilmesi için gözlerin bakış deviasyonları arasındaki aç 10°'den daha az olmalıdır. Çalışmada 8°'den daha yüksek kayma açısı bulunanlarda binoküler ölçüm alınamadığı görüldü.

Fotorefraktör pupil çapının 4 mm'nin altında olduğu durumlarda ölçüm yapmamaktadır. Pupil çapı 8 mm üzerinde olan olgularda ise lens aberasyonları karıştığından ölçüm yapmak oldukça zordur. Bu çalışmadaki olguların da 28'inde (% 16) siklopleji sonrası pupil büyüklüğü nedeniyle ölçüm alınamadığı görüldü. Bu durum fotorefraktör ile siklopleji altında ölçüm yapmanın oldukça zor ve gereksiz olduğunu düşündürmektedir. Gözün optik ortamları olan kornea veya lens opasitesi varlığında da refraksiyon ölçümü yapılamaması cihaza bağlı diğer bir sınırlamadır. Tüm bunlara rağmen, fotorefraktör temas olmaksızın ölçüm yaptığından cihazlarla temasta bulunmaktan korkan çocuklarda refraksiyonun değerlendirilmesinde ve hem binoküler hem monoküler ölçüme olanak sağlaması sebebiyle kısa süren muayeneye imkan vermesi nedeniyle de avantajlı gözükmektedir.

Bulgular pediatrik olgularda refraksiyon kusurlarının belirlenmesinde yeni jenerasyon fotorefraktörlerden olan Plusoptix A09® cihazının, otorefraktometreye (Topcon KR 8100®) göre siklopleji öncesi anlamlı olarak daha iyi sonuç verdiğini, ancak siklopleji sonrası otorefraktometreye göre daha miyopik ölçüm yaptığını göstermektedir. Siklopleji sonrası ise pupil büyüklüğü nedeniyle her olguda ölçüm alınamaması ve ölçüm aralığının dar olması cihazın kullanımını kısıtlamaktadır. Bu nedenle fotorefraksiyon tekniğiyle çalışan bu cihazın geniş toplum taramalarında sikloplejisiz otorefraktometreden daha güvenli ve hızlı ölçüm alabilmesi nedeniyle tercih edilebileceğini ancak cihazın sınırlamalarına bağlı olarak yüksek miyop ve hipermetropisi bulunan şaşılık nedeniyle ölçümlerin binoküler yapılamadığı ve ambliyopi riski taşıyan tüm olgularda sonuçların sikloplejili inceleme ile konfirme edilmesi gerekir.

6. SONUÇ

Siklopleji öncesi cihazların sferik değerlerinin karşılaştırılmasında otorefraktometre verileri, fotorefraktometreye göre daha fazla miyopiye kayma göstermiştir. Siklopleji sonrası fotorefraktör sferik değerleri yine otorefraktometreye göre daha yüksek bulunmuştur. Siklopleji öncesi ve sonrası hem otorefraktometre ile hem de fotorefraktör ile sferik değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Her iki cihazda da siklopleji öncesi miyopiye kayma olduğu görülmüştür. Ancak otorefraktometrenin fotorefraktöre göre daha fazla bir miyopik kayma gösterdiği saptanmıştır. Siklopleji öncesi fotorefraktör sferik değerleri ile siklopleji sonrası otorefraktometre sferik değerleri karşılaştırıldığında ise fotorefraktörün 0.70 D daha fazla miyopiye kaydığı görülmektedir. Yine de damla gerektirmemesi, 1 m mesafeden uygulanabilmesi ve kısa sürede binoküler ölçüm alabilmesi fotorefraktörü toplumda göz taramalarında cazip konuma getirmektedir. Siklopleji sonrası sferik değerlerinin de sikloplejik otorefraktometre değerlerinden yüksek olması hipermetropiyi saptamadaki güvenilirliğini arttırmaktadır. Ancak fotorefraktörün siklopleji sonrası pupil büyüklüğü ve ölçüm aralığının -7.00 D ile +5.00 D arasında sınırlı olması nedeniyle kullanımı kısıtlıdır. Ölçüm aralığının artırılması ve pupil büyüklüğü, ortam opasitesi gibi nedenlerle cihaza bağlı kısıtlamaların ortadan kaldırılması ile fotorefraktör geniş toplum taramalarında çok daha etkin bir şekilde kullanılabilir.

7. ÖZET

Amaç: Pediatrik olgularda el otorefraktometresinin (Plusoptix A09[®]) kırma kusurlarının belirlenmesindeki yeri ve güvenilirliğini saptamak

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya kırma kusuru ve şaşılık dışında ek göz hastalığı olmayan 91 çocuğun 182 gözü, olguların dosyaları retrospektif olarak incelenerek dahil edildi. Kırma kusuru hem fotorefraktör (Plusoptix A09[®]) hem de otorefraktometre (Topcon KR8100[®]) ile sikloplejisiz ve sikloplejili ölçüldü. Her iki cihazla elde edilen sferik, silindirik güç, silindirik aks ve sferik ekivalan değerleri istatistiksel olarak karşılaştırıldı.

Bulgular: Olguların ortalama yaşı 5.5 ± 2.63 (6 ay-10 yıl) yıl idi. Siklopleji öncesi sferik ve silindirik güç ortanca değeri fotorefraktör ile +1.42 D ve -0.83 D, OR ile +0.71 D ve -0.75 D idi. Siklopleji sonrası sferik ve silindirik güç ortanca değeri fotorefraktör ile +1.83 D ve -0.79 D, OR ile +1.08 D ve -0.67 D idi. Siklopleji öncesi ve sonrası her iki cihaz ile sferik ve silindirik güçler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($P < 0.05$) silindirik akslarda belirgin fark yoktu.

Sonuç: Siklopleji öncesi fotorefraktörde cihaza bağlı akomodasyon refleksi daha az görülürken otorefraktometre yakın mesafeden ölçüm yaptığı için ölçümlerinde miyopiye kayma daha fazla görüldü. Siklopleji sonrası OR değerlerinin sikloplejisiz fotorefraktör değerlerinden daha hipermetropik olduğu görüldü. Bu bulgularla pediatrik olgularda akomodasyon nedeniyle sikloplejisiz fotorefraktör ölçümleri yüksek hipermetropiyi saptamada yetersiz kalabilir. Ancak 1 m mesafeden damlasız binoküler ve kısa sürede ölçüm alabilmesi nedeniyle toplumda göz taramalarında tercih edilebilir.

Anahtar kelimeler: Akomodasyon, fotorefraktör, refraksiyon kusurları

8. SUMMARY

Purpose: The aim of this study is to confirm the clinical use and reliability of hand-held autorefractometer (Plusoptix A098[®]) for the measurement of refractive errors in pediatric subjects.

Material and Method: One hundred eighty two eyes of 91 children who did not have ocular pathology apart from refractive error and strabismus were included in the study by retrospectively analyzing the patient records. The refractive errors were measured with and without cycloplegia by using photorefractor (Plusoptix A09[®]) and autorefractometer (Topcon KR8100[®]). The measurements of spherical and cylindrical power, cylindrical axis and spherical equivalent obtained by the two devices were statistically compared.

Results: Mean age of patients was 5.5 ± 2.6 years (range 6 month-10 years). Mean spheric power (SP) and cylindric power (CP) before cycloplegia were +1.42 D and -0.83 D with photorefractor, +0.71 D and -0.75 D with autorefractometer. Mean SP and CP after cycloplegia were +1.83 D and -0.79 D with photorefractor, +1.08 D and -0.67 D with autorefractometer. The differences in SP and CP measured by the two devices before and after cycloplegia were found statistically significant ($P < 0.05$), however there was no significant difference in cylindric axis.

Conclusions: While accommodation reflex caused by the device was less common with photorefractor before cycloplegia, because of its close-range measurements, myopic shift was most seen with autorefractometer. Autorefractometer measurements with cycloplegia were more hypermetropic than photorefractor measurements without cycloplegia. With these findings, photorefractor may be inadequate for identification of high hypermetropia in pediatric cases because of accommodation. However it may be preferred for screening because it provides binocular measurements from 1 m distance without eye drops in a short period.

Key Words: Accommodation, photorefractor, refraction errors

9. EK

Bu araştırmanın planlanması, uygulanması, değerlendirilmesi ve yayınlanması aşamalarında, araştırma yaptığım kişilerle veya herhangi bir kuruluşla ticari, kişisel nedenlerle araştırmanın bilimsel ve etik yönlerine zarar verebilecek hiçbir bağlantı bulunmamaktadır.

10. KAYNAKLAR

1. Webber AL, Wood J. Amblyopia: Prevalence, natural history, functional effects, and treatment. *Clin Exp Optom* 2005;88:365-75.
2. Pediatric Eye Disease Investigator Group. The clinical profile of moderate amblyopia in children younger than 7 years. *Arch Ophthalmol* 2002;120:281-7.
3. Haugen OH, Hovding G. Strabismus and binocular function in children with Down syndrome: A population-based, longitudinal study. *Acta Ophthalmol Scand* 2001;79:133-9.
4. Woodhouse JM, Pakeman VH, Clegg M, Saunders KJ, Parker M, Fraser WI, et al. Refractive errors in young children with Down syndrome. *Optom Vis Sci* 1997;74:844-51.
5. van Splunder J, Stilma JS, Bernsen RM, et al. Prevalence of ocular diagnoses found on screening 1539 adults with intellectual disabilities. *Ophthalmology* 2004;111:1457-63.
6. Wu C, Hunter DG. Amblyopia: Diagnostic and therapeutic options. *Am J Ophthalmol* 2006;141:175-84.
7. Simons K. Preschool vision screening: Rationale, methodology, and outcome. *Surv Ophthalmol* 1996;41:3-30.
8. Doshi NR, Rodriguez ML. Amblyopia. *Am Fam Physician* 2007;75:361-7.
9. Eibschitz-Tsimhoni M, Friedman T, Naor J, Eibschitz N, Friedman Z. Early screening for amblyogenic risk factors lowers the prevalence and severity of amblyopia. *J AAPOS* 2000;4:194-9.
10. van Velzen-Mol HMW. JGZ Standaard opsporing visuele stoornissen 0-19 jaar. 2002. Bohn Stafleu Van Loghum. Utrecht: JGZ Standaard opsporing visuele stoornissen.
11. American Academy of Ophthalmology. Optik fizik. In: Çeviri Ed: Aydın PO. Klinik Optik. *Güneş Tıp Kitapevleri* 2008:3-24.
12. Eğrilmez S. Geometrik optik. *Türk Oftalmoloji Derneği Eğitim Yayınları Optik Refraksiyon Rehabilitasyon Temel Bilgiler* 2010;48-71.
13. M. Yanoff, J.S.Duker, T. Bavbek (editor). Normal gözün optiği. *Ophthalmology* 2. Baskı. *Hayat tıp kitapçılık* 2007;59-67.

14. Borish IM. Clinical refraction, vol 1, ed 3. Chicago: Professional Press 1970:83-114.
15. Benneth AG, Rabetts RB. Clinical visual optics, ed 2. London: Butterworths 1988.
16. Kaufman SE, ed. IES lighting handbook, ed 4. New York: Illumination Engineering Society 1966:2-10.
17. Lang GK (Çeviri: Sezen F). Optik ve kırılma kusurları. Göz hastalıkları el kitabı-atlas. Ankara: Palme Yayıncılık 2001;423-58.
18. Lang GK (Çeviri: Sezen F). Lens. Göz hastalıkları el kitabı-atlas. Ankara: Palme Yayıncılık 2001;165-97.
19. Apaydın C. Temel göz hastalıkları'nda anatomi. Aydın P, Akova YA (Editörler). Ankara: Güneş Kitabevi 2001;3-27.
20. Hemenger RP. Intraocular light scatter in normal lens with age. Appl Opt 1984;23:1972-4.
21. Owsley C, Sekuler R, Siemsen D. Contrast sensitivity throughout adulthood. Vision Res 1983;23:689-99.
22. Said FS, Weale RA. The variation with age of the spectral transmissivity of the living human crystalline lens. Gerontologia 1959;3:213-31.
23. Glaser A, Campbell MC. Presbyopia and the optical changes in the human crystalline lens with age. Vision Res 1998;38:209-29.
24. Smith G, Cox M.J. The spherical aberration of the crystalline lens of the human eye. Vision Research 2001;2:235-43.
25. Wald G, Griffin DR. The change in refractive power of the human eye in dim and bright light. J Opt. Soc Am 1947;37:321-36.
26. Wald G. Human vision and the spectrum. Science 1945;101:653-8.
27. Atchison D, Smith G. Chromatic dispersions of the ocular media of human eyes. Journal of the Optical Society of America 2005;22:29-37.
28. American Academy of Ophthalmology. İnsan Gözünün Optiği. In: Çeviri Ed: Aydın PO. Klinik Optik. Güneş Tıp Kitapevleri 2008:105-23.
29. Eğrilmez S. Geometrik Optik, Gözün Kırıcı Yapılar, Alan Derinliği; gözün yüksek aberasyonları. Türk Oftalmoloji Derneği 30. Ulusal Oftalmoloji Kursu 23-38.

30. Wassle H, Reiman HJ. The mosaic of nerve cells in mammalian retina. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 1978;200:441-61.
31. Gregory RL. *Eye and brain*. New York: World University Library McGraw-Hill Book Company 1973.
32. Enoch JM. Vertebrate rod receptors are directionally sensitive. In : Snyder A, Menzel R, eds. *Photoreceptor optics*. Berlin: Springer-Verlag 1975:17-37.
33. Saxby G. Diffraction in: *Diffraction and limitation*. Barker C ed. New York, CRC Press 2002:1-57.
34. Güler C. Gözün Refraktif Durumu, Muayene Yöntemleri, Bölüm 4, Temel Göz Hastalıkları, 1. Baskı, Aydın P, Akova YA eds, Ankara, Güneş Kitabevi 2001:93-102.
35. Thall EH, Miller KM, Rosenthal P, Schechter RJ, Steinert RF, Beardsley TL, The human eye as an optical system, Chapter 3, *Optics, Refraction and Contact Lenses*, Section 3, Basic and Clinical Science Course, Denny M, Taylor F, eds, San Francisco, American Academy of Ophthalmology 1999-2000:98-115.
36. Yağcı A, Eğrilmez S. Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Optisyenlik Bölümü. *Görme Optiği* s: 8-10.
37. Hashemi H, Iribarren R, Morgan IG, Khabazkhoob M, Mohammad K, Fotouhi A. Increased hyperopia with ageing based on cycloplegic refractions in adults: the Tehran Eye Study. *Br J Ophthalmol* 2009;18.
38. Schellini SA, Durkin SR, Hoyama E, Hirai F, Cordeiro R, Casson RJ, Selva D, Padovani CR. Prevalence of refractive errors in a Brazilian population: the Botucatu eye study. *Ophthalmic Epidemiol* 2009;16:90-7.
39. Rada JA, Niickla D, Troila D. Decreased proteoglycan synthesis associated with form deprivation in mature primate eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;41:2050-8.
40. McBrien NA, Lawlor P, Gentle A. Skleral remodeling during the development and recovery from axial myopia in the tree shrew. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000;41:3713-19.
41. Stenstorm S. Untersuchungen über die Variation and Kovariation des optischen Elemente des menschlichen Auges. *Acta Ophthalmol*. English translation by Woolf D. *Am J Optom* 1948;25:218-32.

42. Bennett AG. Lens usage in the supplementary ophthalmic service. *Optician* 1965;149:131-7.
43. Curtin BJ. *The myopias: basic science and clinical management*. Philadelphia: Harper&Row 1985:277-385
44. Wold KC. Hereditary myopia. *Arch Ophthalmol* 1949;42:225-35.
45. Hepsen IF, Evereklioglu C, Bayramlar H. The effect of reading and near work on the development of emmetropic boys: a prospective, controlled, three year follow up study. *Vision Res* 2001;41:2511-20.
46. Syninuta LA, Isenberg SJ. Atropine and bifocals can slow the progression of myopia in children. *Binocul Vis Strabismus Q* 2001;16:203-8.
47. Lin LL, Shih YF, Tsai CB, Chen CJ, Lee LA, Hung PT, Hou PK. Epidemiological study of ocular refraction amount school children in Taiwan in 1995. *Optom Vis Sci* 1999;76:275-81.
48. Attebo K, Ivers RQ, Mitchell P. Refractive errors in an older population: the Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology* 1999;106:1066-72.
49. Katz J, Tielsch JM, Sommer A. Prevalance and risk factors for refractive errors in adult inner city population. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997;38:334-40.
50. Williams SM, Sanderson GF, Share DL, Silva PA. Refractive error, IQ and reading ability: a longitudinal study from age seven to 11. *Dev Med Child Neurol* 1988;30:735-42.
51. Mohindra I, Held R, Gwiazda J, Brill S. Astigmatism in infants. *Science* 1978;202:329-31.
52. Howland HC, Atkinson J, Braddick O, French J. Astigmatism measured by photorefraction. *Science* 1978;202:331-3.
53. Anera RG, Soler M, de la Cruz Cardona J, Salas C, Ortiz C. Prevalence of refractive errors in school-age children in Morocco. *Clin Experiment Ophthalmol* 2009;37:191-6.
54. Kleinstein RN, Jones LA, Hullett S, Kwon S, Lee RJ, Friedman NE, Manny RE, Mutti DO, Yu JA, Zadnik K. Collaborative longitudinal evaluation of ethnicity and

- refractive error study group. Refractive error and ethnicity in children. Arch Ophthalmol 2003;121:1141-7.
55. Thorn F, Held R, Fang LL. Orthogonal astigmatic axes in Chinese and Caucasian infants. Invest Ophthalmol Vis Sci 1987;28:191-4.
56. Erdoğan MG, Çelik Y, Durukan AH. Genç erişkin erkeklerde yüksek refraksiyon kusurları ve eşlik eden astigmatizma. M N Oftalmoloji 2007;14:271-5.
57. Işıklı B, Kalyoncu C. Eskişehir kırsal kesim ilköğretim öğrencilerinde görme kusurları. Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi (STED) 2007;16:95-9.
58. Şahin HA, Sucaklı MH, Özdemir M. Van ili merkez ilköğretim öğrencilerinde refraksiyon kusuru ve diğer göz patolojilerinin prevalansı. Anadolu Tıp Dergisi 2003;5:106-10.
59. Öztürk F, Kurt E. Kayseri ve Manisa merkez ilkokullarında yapılan göz muayenesi sonuçları. MN Oftalmoloji 1999;6:77-9.
60. Yanoff M, Duker JS. Optics and refraction. Ophthalmology Mosby London 1998;8.2.
61. Özçetin H, Şener B. Gözde kırılma kusurları ve uyum. Miyopi ve Tedavisi. Nobel Tıp Kitabevleri, Bursa 2002:63-95.
62. Karadayı K, Çiftçi F, Akın T, Yıldız T, Bilge AH. Yapay gözyaşı ile refraksiyon değişikliği. T Oft Gaz 2005;35:191-6.
63. Elçioğlu M, Elçioğlu T, Soylu T. Okul çocuklarında göz hastalıklarının taranması. 26.Ulusal Türk Oftalmoloji Kong. Bült. Bursa 1992;76-9.
64. Goss D. Myopia In: American Optometric Association optometric clinical practice guideline care of the patient with myopia reference guide for clinicians. Grosvenor T, Keller J eds. St. Louis, AOA press 1997:12-50.
65. Moore B. Hyperopia In: American Optometric Association optometric clinical practice guideline care of the patient with hyperopia reference guide for clinicians. Augsburger A, Ciner E eds. St. Louis, AOA press 1997:14-35.
66. Askovitz S. I. The Circle of Least Confusion on Sturm's Conoid of Astigmatism AMA Arch Ophthalmol 1956;56:691-7.

67. Asano K, Nomura H, Iwano M, Ando F, Niino N, Shimokata H, Miyake Y. Relationship between astigmatism and aging in middle-aged and elderly Japanese. *Jpn. J. Ophthalmol* 2005;49:127–33.
68. Coleman DJ. Unified model for the accommodative mechanism. *Am J Ophthalmol* 1970;69:1063-79.
69. Katz M, Kruger P. The human eye as an optical system. In: *Duane's Ophthalmology* 2006 Ed. Lippincott William&Wilkins Inc.
70. Fukasaku H, Marron JA. Anterior ciliary sclerotomy with silicone expansion plug implantation: Effect on presbiopia and intraocular pressure. *Int Ophthalmol Clin* 2001;41:133-41.
71. Bailey LB, Lovey JE. New design principles for visual acuity letter charts. *Am J Optom Physiol Opt* 1976;53:740.
72. Schachar RA. Histology of the ciliary muscle- zonular connection. *Ann Ophthalmol* 1996; 28:70–9.
73. Glasser A, Kaufman PL. The mechanism of accomodation in primates. *Ophthalmolgy* 1999;106:863-72.
74. American Academy of Ophthalmology. Klinik refraksiyon. In: Çeviri Ed: Aydın PO, editor. *Klinik Optik Güneş Tıp Kitapevleri* 2008:125-71
75. Bartlett JD. Administration of and adverse reactions to cycloplegic agents. *Am J Optom Physiol Opt* 1978;55:227-33.
76. Foggitt D. K. Mydriasis and Cycloplegia. *Br J Ophthalmol* 1963;4:253.
77. Alp M. N, Huban A, Erkam N. A comparative study of refraction in emmetropic eyes with automated refractometer and retinoscopy. *T Klin Oftalmoloji* 1998;7:178-83.
78. Colligon-Bradley P. Red-green duochrome test. *J Ophthalmic Nurs Technol* 1992;11:220-2.
79. Michaels DD. Visual optics and Refraction In: *A Clinical Approach*(3rd edition). Michaels DD ed. St Louis, Mosby 1985:319-22.
80. *Duane's Ophthalmology*, CD-ROM 2002 edition; Wirtschafter JD, Schwartz GS. Retinoscopy, Vol 1. Chap.37. Whitmore WG, Curtin BJ. *The Optica of Myopia*. Vol 1. Chap 42.

81. Guyton D L. Automated clinical refraction In: Clinical ophthalmology. Duaue T, Jaeger P A, eds. Philadelphia, Harper and Row Publishers Inc 1988:1-43.
82. Howland HC. Physiological optics In: Principles and practice of ophthalmology. Albert D M, Jakobicc PA eds. Philadelphia, WB Saunders Company 1994:261-8.
83. Pesudovs K, Weisinger HS. A Comparison of Autorefractor Performance. *Optometry and Vision Science* 2004;81:554-8.
84. Pediatric autorefractometer Plusoptix A09 instruction manual. Plusoptix GmbH, Nuernberg, Germany 2009.
85. Donahue SP, Arnold RW, Ruben JB. Preschool vision screening: what should we be detecting and how should we report it? Uniform guidelines for reporting results of preschool vision screening studies. *J AAPOS* 2003;7:314-6.
86. Atkinson J. Infant vision screening: prediction and prevention of strabismus and amblyopia from refractive screening in the Cambridge Photorefraction Program. In: Simons K, ed. *Early Visual Development: Normal and Abnormal*. Oxford: Oxford University Press 1993:335-48.
87. Atkinson J, Anker S, Nardini M, Braddick O, Hughes C, Rae S, Wattam-Bell J, Atkinson S. Infant vision screening predicts failures on motor and cognitive tests up to school age. *Strabismus* 2002;10:187-98.
88. Storfer M. Myopia, intelligence, and the expanding human neocortex: behavioral influences and evolutionary implications. *Int J Neurosci* 1999;98:153-276.
89. Helveston EM, Weber JC, Miller K, Robertson K, Hohberger G, Estes R, Ellis FD, Pick N, Helveston BH. Visual function and academic performance. *Am J Ophthalmol* 1985;99:346-55.
90. Kohler L, Stigmar G. Testing for hypermetropia in the school vision screening programme. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1981;59:369-77.
91. Shankar S, Evans M, Bobier W. Hyperopia and emergent literacy of young children: Pilot Study. *Optometry and Vision Science* 2007;84:1031-8.
92. Rosner J. The relationship between moderate hyperopia and academic achievement: how much plus is enough? *J Am Optom Assoc* 1997;68:648-50.

93. El-Defrawy S, Clarke WN, Belec F, Pham B. Evaluation of a handheld autorefractor in children younger than 6. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 1998;35:107-9.
94. Bobrow JC. Mechanics of ophthalmology: Office instrumentation In: Stamper R L , editor. *Ophthalmology Clinics of North America*. Office management of refractive error. Philadelphia: WB Saunders Company 1993;6:515-23.
95. Wesemann W, Dick B. Accuracy and accommodation capability of a handheld autorefractor. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:62-70.
96. Loewen N, Barry JC. The use of cycloplegic agents. Results of a 1999 survey of German-speaking centers for pediatric ophthalmology and strabology. *Strabismus* 2000;8: 91-9.
97. Zadnik K, Mutti DO, Adams AJ. The repeatability of measurement of the ocular components. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1992;33:2325-33.
98. Littmann H. Foveale Prazisionsskiaskopie. *Albrecht von Graefes Arch Ophthalmol* 1949; 149:520-39.
99. Chan OY, Edwards M. Comparison of cycloplegic and noncycloplegic retinoscopy in Chinese pre-school children. *Optom Vis Sci* 1994;71:312-18.
100. Young FA, Leary GA, Box RA, Harris E, Baldwin WR, West DC, Johnson C. Comparison of cycloplegic and non-cycloplegic refractions of Eskimos. *Arch Am Acad Optom* 1971;48:814-25.
101. Hiatt RL, Braswell R, Smith L, Patty JW. Refraction using mydriatic, cycloplegic, and manifest techniques. *Am J Ophthalmol* 1973;76:739-44.
102. Shultz L. Variations in refractive change induced by Cyclogyl upon children with differing degrees of ametropia. *Am J Optom Physiol Opt* 1975;52:482-84.
103. Choon YF, Chen AH, Goh PP. A Comparison of autorefraction and subjective refraction with and without cycloplegia in primary school children. *Am J Ophthalmol* 2006;142:68-74.
104. Apaydın KC, Karslıoğlu Ş, Yardımsever M. Objektif otorefraksiyon (objektif otorefraktometre sonuçlarının konvansiyonel klinik refraksiyon verileri ile üç yönlü mukayesesi). *Türk Oft Gaz* 1989;19:515-25.

105. Ingram RM, Walker C, Wilson JM, Arnold PE, Dally S. Prediction of amblyopia and squint by means of refraction at age 1 year. *Br J Ophthalmol* 1986;70:12-15.
106. Abrahamsson M, Fabian G, Sjorstrand J. A longitudinal study of a population based sample of astigmatic children: II. The changeability of anisometropia. *Acta Ophthalmol* 1990;68:435-40.
107. Schimitzek T, Haase W. Efficiency of a videoautorefractor used as a screening device for amblyogenic factors. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2002;240:710-6.
108. Choi M, Weiss S, Schaeffel F, Seidemann A, Howland H, Wilhelm B & Wilhelm H. Laboratory, clinical and kindergartentests of a new eccentric infrared photorefractor. *Optom Vis Sci* 2000;77:537-748.
109. Hunt OA, Wolffsohn JS, Gilmartin B. Evaluation of the measurement of refractive error by the PowerRefractor: a remote, continuous and binocular measurement system of oculomotor function. *Br J Ophthalmol* 2003;87:1504-8.
110. Abrahamsson M, Ohlsson J, Maria Bjorndahl M, Abrahamsson H. Clinical evaluation of an eccentric infrared photorefractor: The PowerRefractor. *Acta Ophthalmol Scand* 2003;81:605-10.
111. Schimitzek T, Lagreze WA. Accuracy of a new photorefractometer. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005;243:637-45.
112. Allen PM, Radhakrishnan H & O'Leary DJ. Repeatability and validity of the PowerRefractor and the Nidek AR600- A in an adult population with healthy eyes. *Optom Vis Sci* 2003;80:245-51.
113. Saunders KJ. Early refractive development in humans. *Surv Ophthalmol* 1995;40:207-16.
114. Gwiazda J, Schieman M, Mohindra I, Held R. Astigmatism in children: Changes in axis and amount from birth to six years. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984;25:88-92.
115. Howland HC, Sayles N. Photorefractive measurements of astigmatism in infants and young children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984;25:93-102.
116. Abrahamsson M, Fabian G, Sjorstrand J. Changes in astigmatism between the ages of 1 and 4 years: a longitudinal study. *Br J Ophthalmol* 1988;72:145-9.

117. Cordonnier M, Dramaix M. Screening for refractive errors in children: accuracy of the hand held refractor Retinomax to screen for astigmatism. *Br J Ophthalmol* 1999;83:157-61.
118. Gwiazda J, Bauer J, Thorn F, Held R. Meridional amblyopia does result from astigmatism in early childhood. *Clin Vis Sci* 1986;1:145-52.
119. Atkinson J, Braddick O, Robier B, Anker S, Ehrlich D, King J, Watson P, Moore A. Two infant screening programmes: prediction and prevention of strabismus and amblyopia from videorefractive screening. *Eye* 1996;10:189-98.
120. Gwiazda J, Weber C. Comparison of spherical equivalent refraction and astigmatism measured with three different models of autorefractors. *Optom Vis Sci* 2004;81:56-61
121. Gekeler F, Schaeffel F, Howland HC, Wattam-Bell J. Measurement of astigmatism by automated infrared photoretinoscopy. *Optom Vis Sci* 1997;74:472-82.
122. Erdurmuş M, Yağcı R, Aydın B, Karadağ R, Durmuş M. Çocuklarda fotorefraksiyon ve otorefraksiyon ölçümlerinin karşılaştırılması. *MN Oftalmoloji* 2006;13:263-7.
123. Satiani NG, Mutti DO. Screening for hyperopia in infants using the PowerRefractor. *Optom Vis Sci* 2011;88:905-11.
124. Schaeffel F, Mathis U, Brüggemann G. Noncycloplegic photorefractive screening in pre-school children with the "PowerRefractor" in a pediatric practice. *Optom Vis Sci* 2007;84:630-9.

11. TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca klinik ve cerrahi tecrübemin gelişmesinde büyük emeği olan birlikte çalışmaktan onur duyduğum bütün hocalarıma, günlere gelmemde büyük pay sahibi olan desteğini her zaman yanımda hissettiğim anne ve babama, varlığı benim için bir aramağan olan kardeşim Dr. Yasin Özpınar'a ve sevgili dostumuz Ferdi Gümüşkaya'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.