

KLİNİK OPTİK
VE
GÖRME REHABİLİTASYONU:
Oftalmoloji Sınavlarına Hazırlık

KATKIDA BULUNAN YAZARLAR

Op. Dr. Merve Temmuz AYDUĞAN, FEBO
SBÜ Ulucanlar Göz EAH, Ankara
temmuzbostan@gmail.com

Op. Dr. Mehmet Canleblebici, FRCS Glasgow
Ophth, MRCSED, FEBO, FICO, TOYET
Kayseri Devlet Hastanesi, Kayseri
mehmetcl@hotmail.com

Op. Dr. Gökhan ÇELİK, FEBO, CertRCOphth
Tarsus Devlet Hastanesi, Mersin
gkhncik057@gmail.com

Prof. Dr. Nedime Şahinoğlu Keşkek, MSc
Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Antalya
nedime_sahin@yahoo.com

Doç. Dr. Pınar Bingöl Kızıltunç, PhD, FEBOS-SP, FICO
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları
Anabilim Dalı, Ankara
pinarbingol84@gmail.com

Doç. Dr. Deniz Altınbay, PhD, MSc
Özel Nivgöz Merkezi, Adana-Mersin
Toros Üniversitesi SHMYO Optisyonluk Programı,
Mersin
denizaltinbay01@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe Horozoglu Ceran, FEBO
Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi,
Afyonkarahisar
tugcehorozoglu00@gmail.com

Op. Dr. Hilal Nalcı Baytaroğlu, FEBO, FICO, MRCSEd
SBÜ Ulucanlar Göz EAH, Ankara
hilalnalc@hotmail.com

Op. Dr. Kübra GÜL ÖLKE
Mersin Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Mersin
kubragul90@hotmail.com

Op. Dr. Yeşim Gedik Oğuz, FEBO
Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara
yesimgedik@gmail.com

Doç. Dr. Çağrı İlhan, FICO
Dünyagöz Hastanesi
cagriilhan@yahoo.com

Doç. Dr. Mehmet Fatih Kağan Değirmenci
SBÜ Ulucanlar Göz EAH, Ankara
mfkdegirmenci@outlook.com

Doç. Dr. Esra Şahlı, PhD, FEBO
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları
Anabilim Dalı Görme Araştırmaları ve Az Görme
Rehabilitasyonu Birimi, Ankara
esracansizoglu@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Püren Işık Eker, FEBO, FICO
Çukurova Üniversitesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı,
Adana
purenisik@gmail.com

İÇİNDEKİLER

1. Geometrik Optik.....	1
<i>Dr. Merve Temmuz AYDUĞAN</i>	
2. Fizik Optik.....	15
<i>Dr. Mehmet Canleblebici</i>	
3. İnsan Gözünün Optiğı	29
<i>Dr. Gökhan ÇELİK</i>	
4. Akomodasyon, Konverjans ve Presbiyopi	45
<i>Dr. Nedime Şahinoğlu Keşkek</i>	
5. Refraksiyon Kusurları ve Reçetelendirilmesi	53
<i>Dr. Pınar Bingöl Kızıltunç</i>	
6. Klinik Refraksiyon	65
<i>Dr. Deniz ALTINBAY</i>	
7. Gözlük Camları ve Optik Özellikleri	83
<i>Dr. Tuğçe Horozoğlu Ceran</i>	
8. Kontakt Lensler	99
<i>Dr. Hilal Nalcı Baytaroğlu</i>	
9. İntraoküler Lensler	113
<i>Dr. Kübra GÜL ÖLKE</i>	
10. Lazerler.....	133
<i>Dr. Yeşim Gedik Oğuz</i>	
11. Keratorefraktif Cerrahi.....	141
<i>Dr. Çağrı İlhan</i>	
12. Optik Cihazlar.....	151
<i>Dr. Mehmet Fatih Kağan Değirmenci</i>	
13. Az Görme Rehabilitasyonu	165
<i>Dr. Esra Şahlı</i>	
14. Örnek Sorular.....	181
<i>Dr. Püren Işık Eker</i>	

GEOMETRİK OPTİK

Dr. Merve Temmuz AYDUĞAN, FEBO
SBÜ Ulucanlar Göz EAH, temmuzbostan@gmail.com

GEOMETRİK OPTİK NEDİR?

Geometrik optik, bir kaynaktan çıkan ışığın çeşitli ortamlarda yayılması, arayüzlerde kırılması ve yansması ile ilgilenen optik dalıdır. Işığın dalga yapısını ihmal ederek ışık ışınlarının çizgisel olarak yayıldığını farz eder. Çizgisel yayılan ışık ışınlarının ayna, mercek ve prizmalardan oluşan optik sistemlerle aktarılmasını konu alır.

IŞIĞIN ARAYÜZLERDE DAVRANIŞI

Işık, iki ortam arasındaki arayüze geldiğinde iki farklı davranış gösterebilir;

- Geldiği ortama geri yansıyabilir (refleksiyon).
- Bir ortamdan diğerine geçerken kırılabilir (refraksiyon).

1. YANSIMA (REFLEKSİYON)

Işık, tüm arayüzlerde az da olsa mutlaka yansımaya uğrar. Bu bir miktar yansımaya sayesinde çevredeki cisimler görülebilir. Örneğin cam bir kapının varlığı yansımaya sayesinde fark edilebilir.

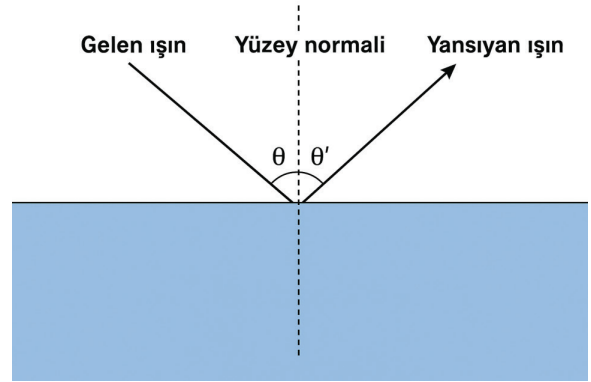
- **Düzenli yansımaya:** Ayna gibi kusursuz yansıtıcı yüzeylerde gerçekleşen yansımadır.
- **Dağınık yansımaya (Diffüz refleksiyon):** Düzensiz yüzeylerde gerçekleşen, ışığın birçok yöne dağıldığı yansımadır.

Yansımaya Kanunları

- **Birinci Kanun:** Gelen ışın, yansıyan ışın ve yansıtıcı yüzeye çizilen dik (normal), aynı düzlem üzerindedir.
- **İkinci Kanun:** Geliş açısı, yansımaya açısına eşittir. (Şekil 1)

Düzlem aynadan yansımaya

- Düzlem aynalarda oluşan görüntü **dik**, **sanal** ve **yatay olarak ters çevrilmiştir** (ayna simetrisi)



Şekil 1. Işığın arayüzde yansımaya

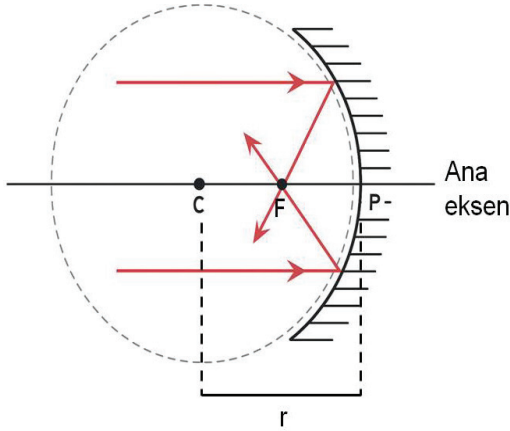
- Görüntü, aynanın arkasında, nesne ile ayna arasındaki uzaklık ile aynı uzaklıkta oluşur.
- Ayna kendi ekseninde θ açısı kadar dönerse, aynanın merkezine gelen ışınlar için yansıyan ışın 2θ kadar sapar.

Küresel aynalardan yansımaya

- **Çukur (konkav) ayna:** Işınları odak noktasına toplar.
- **Tümsek (konveks) ayna:** Odak noktası sanal olup ışınları dağıtır.

Küresel aynalar için terimler:

- **Eğrilik merkezi (C):** Aynanın parçası olduğu kürenin merkezidir.
- **Tepe noktası (P):** Yansıtıcı yüzeyin tam ortasındaki noktadır.
- **Eğrilik yarıçapı (r):** C ile P noktaları arasındaki mesafedir.
- **Ana eksen:** C ve P'den geçen doğrudur.
- **Odak noktası (F):** Ana eksene paralel ışınların odaklandığı nokta ($F = r/2$) (Şekil 2)
- **Aynanın gücü (P):**
 - o Konveks aynalar için $P = -1/F = -2/r$ ($F = r/2$)
 - o Konkav aynalar için $P = 1/F = 2/r$



Şekil 2. Bir konkav aynaya ait eğrilik merkezi (C), tepe noktası (P), eğrilik yarıçapı (r), ana eksen ve odak noktası (F)

Küresel aynalarda Görüntü Oluşumu

ARA NOT: Bir nesnenin görüntüsünün nerede ve ne şekilde olacağını belirlemek için iki ışın çizip bunların kesişim noktasını belirlemek esastır;

- İlk ışın, nesnenin tepe noktasından ana eksene paralel çizilen ışındır. Bu ışın, konkav aynada odak noktasından geçer. Konveks aynalar için ise ışının izdüşümü odak noktasından geçecek şekilde dağılır.
- İkinci ışın, nesnenin tepe noktasından çıkıp merkez C'den geçen ışındır. Bu ışın, kendi doğrultusunda geri yansır.

(Konunun ileriki kısmında anlatılacak olan mercekler için de yine benzer iki ışın çizilir)

ARA NOT: İşaret kuralı

- Işık optik sistemde soldan sağa doğru ilerler. Buna göre ışığın geliş yönündeki, yani soldan sağa olan mesafeler (+), ters yöndekiler (-) olarak alınır.
- Dik görüntüler (+), ters görüntüler (-) ile ifade edilir.

Konkav aynada görüntü

- **Nesne C dışındaysa:** Görüntü gerçek, ters, küçük, C ve F arasında (Şekil 3a)
- **Nesne C ile F arasındaysa:** Görüntü gerçek, ters, büyük, C dışında (Şekil 3b)
- **Nesne F önündeyse:** Görüntü sanal, dik, büyük (Şekil 3c)

Konveks aynada görüntü

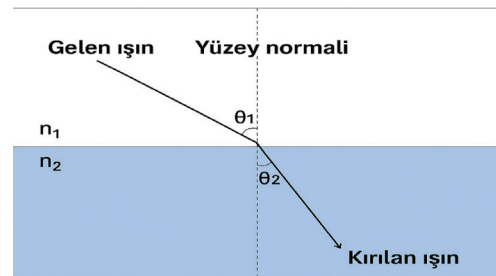
- Görüntü her zaman sanal, dik ve küçük (Şekil 3d)

2. KIRILMA (REFRAKSİYON)

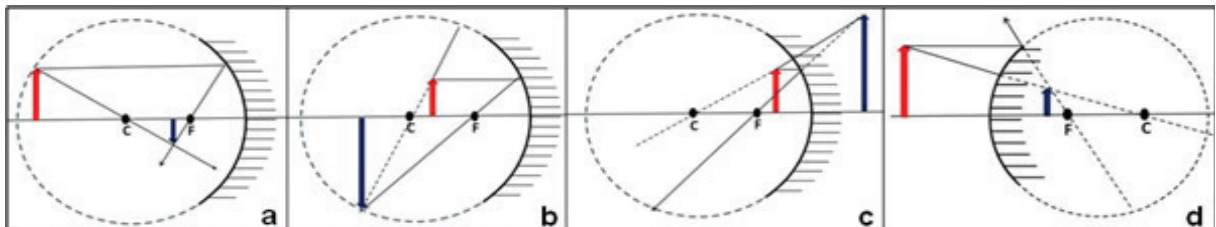
Işığın bir saydam ortamdan diğer bir saydam ortama geçerken yön değiştirmesi olayıdır. Işığın farklı ortamlarda farklı hızlarda yayılmasından kaynaklanır. Optik yoğunluğu yüksek ortamda ışık hızı daha yavaştır.

Kırılma Kanunları

- **Birinci Kanun:** Gelen ışın, kırılan ışın ve yüzeye çizilen dik (normal), aynı düzlem üzerindedir. (Şekil 4)
- **İkinci Kanun:** Geliş açısının sinüsü ile kırılma açısının sinüsünün oranı sabittir.



Şekil 4. Işığın bir ortamdan diğerine geçerken kırılması (Kırılma indeksi düşük olan(n_1) ortam az yoğun, kırılma indeksi yüksek olan(n_2) ortam çok yoğun ortamdır)



Şekil 3. Konkav ve konveks aynalarda nesnenin konumuna göre görüntünün özellikleri (Nesne kırmızı, görüntü mavi ok ile gösterilmiştir)

FİZİK OPTİK

Dr. Mehmet Canleblebici, FRCS Glasgow Ophth, MRCSED, FEBO, FICO, TOYET, MD

Kayseri Devlet Hastanesi, mehmetcl@hotmail.com

Giriş

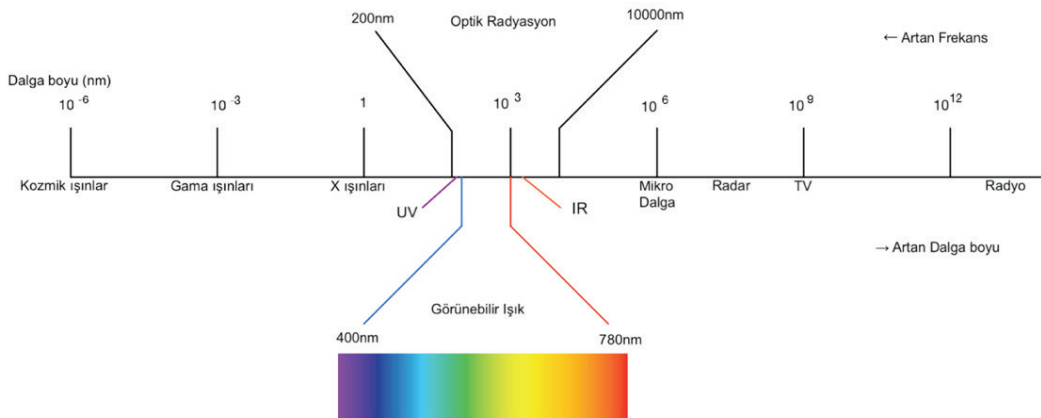
İnsan gözü tarafından algılanabilen elektromanyetik radyasyon, ışık olarak ifade edilmektedir. Işık kısmen dalga, parçacık ve ışın şeklinde farklı davranışlar göstermektedir. Geometrik optik, ışığın özelliklerini ele alırken dalga boyunu ve foton özelliklerini göz önünde bulundurmamaktadır. Fizik optik ise, ışığın sadece doğrusal yollar izlediğini varsayan geometrik optiğin açıklayamadığı fiziksel fenomenleri, elektro manyetik dalgalar gibi ışığın daha küçük ölçeklerdeki özelliklerini değerlendirerek açıklamayı amaçlamaktadır. Bu bölümde, fizik optik başlığı altında ışığın dalga şeklindeki hareketi, girişim, kırınım ve polarizasyon gibi fizik optiğin açıkladığı temel olguların, oftalmolojik örnekleriyle tartışılması amaçlanmaktadır.

Görünebilir Işık ve Optik Radyasyon

Elektromanyetik spektrumda optik radyasyon yedi dalga bandına ayrılmıştır. Bu her bir dalga bandı, beraber dalga boylarını oluşturur ve her biri benzer biyolojik reaksiyonlar ortaya çıkar-

maktadırlar. Oftalmik optikte ise ışık ifadesi genel olarak görünebilir ışığı tanımlar. Bu spektrumda aslında gözle algılanabilen aralık, spektrumun çok dar bir alanıdır. Görünebilir ışık, X ışınları ile mikrodalga ışınları arasında, optik radyasyonun içinde uzanım göstermektedir. (Resim 1)

Optik radyasyon 200 ve 10000 nm dalga boyları arasında tanımlanmaktadır. Yedi dalga bandında Ultraviyole (morötesi) (UV) C 200-280 nm, UV-B 280-315 nm, UV-A 315-400 nm dalga boyları arasındadır. Görünebilir ışık ise, 400 ile 780 nm arasını oluşturmaktadır ve bu aralıkta yansıyan veya emilen dalga boyları ışığın renklerini meydana getirmektedir. (Tablo 1) Infrared (kızılötesi) (IR) A ise 780-1400 nm, IR-B 1400-3000 nm ve IR-C 3000-10000 nm dalga boylarındadır. Skalanın alt tarafında enerjisi yüksek, dalga boyu kısa X ışınları, Gama ışınları ve Kozmik ışınlar bulunurken, üst tarafında tam tersi enerjisi düşük, dalga boyu uzun Mikrodalga, radar, televizyon ve radyolarda kullanılan dalga boyu aralıkları bulunmaktadır.



Resim 1: Elektromanyetik spektrumun içinde, optik radyasyon ve görünebilir ışığın konumu

Işığın frekansı (ν) ve dalga boyunun çarpımı (λ), ışık hızı sabitine yani $c=3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 'ye eşittir ve bütün dalga boyları bu formül ile birbirine bağlıdır ($\nu \cdot \lambda = c$).

Genel ifade ile dalga boyu kısaldıkça ışıının yüksek enerjili olmaktadır. Örnek olarak Gama ve X ışınlarının kısa dalga boyları olduğu için radyoaktifler ve yüksek enerji barındırırlar. Televizyon ve Radyo dalgaları ise uzun dalga boyuna sahiptirler ve enerjileri düşüktür. Aynı şekilde morötesi ışıklar kızılötesine göre yüksek enerji içermektedirler.

UV-B, UV-C ve IR-B, IR-C kornea ve sklera tarafından absorbe edilmektedir. UV-A ise kristalin lens tarafından emilir. 400 ve 1400 nm aralığındaki dalga boylarındaki ışıklar ise retinaya ulaşmaktadır. Görünür dalga boyları (400-780 nm) retinadaki fotoreseptörleri uyarak renkli görme ve ışık hissiyatını oluştururlar. UV maruziyeti kaynak işçilerinde görülen veya kardan yansıma nedeniyle meydana gelebilen fotokeratite yol açabilir. Uzun dönemde bu maruziyet nedeniyle göz yüzeyinde ise pterijum, katarakt ve kapak cilt kanseri sıklığı artabilmektedir. IR'ye yakın dalga boyları ise, güneş tutulmasında termal hasar oluşturabilir. Tutulma esnasında ortam aydınlığının az olması nedeniyle dilate halde bulunan pupil, bu zararlı ışınların retinaya ulaşmasını engelleyememektedir. Afaki durumunda ise, UV emilim olamayacağından morötesi ışınlar algılanabilir. Termal görüntüleme, IR dalga boylarını tespit ederek ısısal bir görüntüleme imkânı sunar. UV ışınlar ise, sterilizasyon işlemlerinde yüksek enerjileri nedeniyle kullanılmaktadırlar.

Renkli Görme

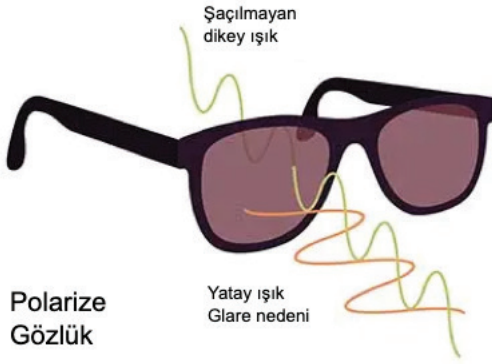
Herhangi bir objenin rengi, yüzeyinden yansıyan ışığın dalga boyuna bağlıdır. Beyaz ışık aslında görünür spektrumdaki dalgaların bir karışımıdır. Renkli görme bilindiği üzere, kısa dalga boyundan oluşan mavi, orta dalga boyundan oluşan yeşil ve uzun dalga boyundan oluşan kırmızı ışığın, bu dalga boylarını algılayan farklı koni hücrelerini uyarması sonucu meydana gelmektedir. (Resim 2) Konjenital renk görme defektleri bu nedenle belirli dalga boylarını, başka bir ifade ile belirli renk algılarını etkiler. Bu koni hücre gruplarından, yeşil dalga boyunu algılayan konlar tamamen eksik olursa dötranopi, fonksiyonunda bozukluk olursa dötranoanomi izlenir. Benzer şekilde bu durumlar kırmızı için protonopi ve protoanomi, mavi için ise tiritanopi ve tritanomi olarak adlandırılırlar. (Resim 3) Akromatopsi ise total renk körlüğü durumudur. Yeşil ve kırmızı pigment genleri X kromozomu ile taşınır. Erkeklerde %5, kadınlarda %0,3 ile dötranomi en sık izlenen renk görme bozukluğudur. Tritan defektleri nadirdir.

Edinsel renkli görme problemleri ise bazı bölgelerde belirgin olsa da spektrumda daha farklı prezente olabilir. Edinilmiş optik sinir hastalıkları kırmızı yeşil renk görme defektleri yaparken, glokom, edinilmiş retinal hastalıklar ve otozomal dominant optik nöritte sarı mavi renk görme defektleri ön plandadır. Kon distrofisi ve Stargardt hastalığı ise kırmızı yeşil defekt yapabilirler.

Tablo 1: Görünebilir ışığın dalga boyu, enerji aralığı ve özelliklerine göre sınıflandırılmasını göstermektedir.

Renk	Dalga Boyu Aralığı (nm)	Enerji (yaklaşık, eV)	Özellikler
Mor	400 – 450	3.26 – 2.75	En kısa dalga boyu, en yüksek enerji
Mavi	450 – 495	2.75 – 2.51	Soğuk ve yoğun enerji
Yeşil	495 – 570	2.51 – 2.17	Gözün en hassas olduğu bölge (yaklaşık 555 nm)
Sarı	570 – 590	2.17 – 2.10	Sıcak renk tonları başlar
Turuncu	590 – 620	2.10 – 2.00	
Kırmızı	620 – 780	2.00 – 1.65	En uzun dalga boyu, en düşük enerji

polarizasyon izlenir, dolayısıyla yansıyan bu ışık polarize ve polarize olmayan ışınların karışımıdır. Günlük hayatta karşılaşılan çoğu yüzey yataydır. Bu yansıyan yatay ve polarize olmayan ışığı, engellemek için polarize filtreler güneş gözlüklerinde kullanılmaktadır (Resim 15). Bu gözlükler denizden, araç yüzeylerinden ve yollardaki ıslaklıklardan gelen yansımayı (ki glare/parlama oluşur) azaltmada çok etkilidirler.



Resim 15: Polarize güneş gözlüğündeki saçılan ışıkların engellenmesi

Birefringence (Çift Kırılma)

Kuvars kristalleri gibi bazı materyaller kendi yapılarına paralel gelen ışık dalgalarını iletirken yapılarına dik bir düzlemde gelen ışık dalgalarını yönlendiren bir moleküler yapıya sahiptir. Bu özellik, çift kırılma olarak tanımlanmıştır. Gelen polarize olmayan ışığı farklı yönlerde hareket eden iki polarize ışına böldükleri için, bu maddeler iki kırılma indisine sahiptirler.

Dikroizm

Dikroik objeler, kendi yapısına hizalı olmayan ışınları absorbe ederek tamamen engelleyen materyallerdir. Böylece yalnızca bir tane polarize ışın hüzmesi bu objeden geçer. Bu geçen hüzme yoğunluk olarak zayıflamıştır. Turmalin ve polaroid (plastik içine gömülmüş ince iyot ve kinin sülfat kristallerinden yapılır) dikroik maddelerdir. Bu maddelerden polaroid genellikle güneş gözlüklerinde kullanılır.

Polarize ışın oftalmolojik pratikte binoküler görmenin değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır. Titmus testinde kullanılan özel polarize gözlükler sayesinde iki göz arasında görüntü disosiyasyonu (ayrıştırılır) (Resim 16).



Resim 16: Titmus Wirt sinek (fly) testi

İNSAN GÖZÜNÜN OPTİĞİ

Dr. Gökhan ÇELİK, FEBO, CertRCophth

Tarsus Devlet Hastanesi, Mersin, Türkiye, gkhncik057@gmail.com

İnsan gözünün optiğini oluşturan en büyük iki yapı kornea ve lenstir. Ayrıca pupilla ve retina-nın bu sürece adaptasyonu insan gözünün optiğ-i-ne önemli bir katkı sağlar. Kitabın bu bölümünde insan gözünün optik özelliklerini sağlayan ya-pılar ve bu yapıların çalışma mekanizmaları ele alınacaktır. Öncelikle korneanın optik özellikleri-ne, lensin optik özelliklerine, pupilla ve retinanın optik özelliklerle ilişkisine, en çok bilinen insan gözü optiği modellerine, görme keskinliğinin de-ğerlendirilmesine, temel eşellerin kullanımına ve kontrast sensitivitesine değinilecektir.

1- Korneanın Optik Özellikleri

1.a-Korneanın Kırıcılık Yarıçapları

Kornea gözün ön yüzeyinde yer alan bir yapıdır. Gözyaşı ve korneanın ön yüzeyi arasındaki or-tam, ışığın göze girerken ilk kırıldığı yerdir. Kor-ne-a oldukça yüksek bir eğrilığe (curve) sahiptir.

Korneanın bu özelliği gözün tüm kırma gücünün %70'nin korneadan kaynaklanmasını sağlar. Kor-neanın ön ve arka yüzeyi ayrı ayrı değerlendiril-diğinde ön yüzeyi oldukça yüksek bir eğrilik ya-rıçapına (radius of curvature) sahipken (7.7mm), arka yüzeyi daha düşük bir eğrilik yarıçapına (6.8mm) sahiptir. Bu durum anterior yüzeyin posterior yüzeyden daha az kavise (curve) sahip olmasına neden olur. Göze ait diğer yapılarının eğrilik yarıçapları **Tablo 1**'de verilmiştir.

1.b-Korneanın Kırma Gücü

Ön korneadan kaynaklanan kırıcılık 48 diyoptri (D) iken arka korneadan kaynaklanan kırıcılık -5D'dir. Standart bir gözün kırma gücünün yakla-şık 60D (kimi kaynaklara göre 58.6D) olduğu var-sayıldığında, kornea toplamda yaklaşık 43D'lik (60Dx%70 $\cong$ 43D) bir kırma gücüne sahiptir. Gö-zün diğer yapılarının kırma gücü **Tablo2**'de veril-miştir.

Tablo 1: Gözdeki refraktif yapıların eğrilik yarıçapları

Eğrilik Yarıçapı (Radius of Curvature)	Minimum Akomodasyonda Eğrilik Yarıçapı (mm)	Maximum Akomodasyonda Eğrilik Yarıçapı (mm)
Kornea Ön Yüzeyi	7.7	7.7
Kornea Arka Yüzeyi	6.8	6.8
Lens Ön Yüzeyi	10	5.33
Lensin Merkezinin Ön Yüzeyi	7.911	2.655
Lensin Merkezinin Arka Yüzeyi	-5.76	-2.655
Lensin Arka Yüzeyi	-6	-5.33

Tablo 2: Gözdeki refraktif yapıların kırma güçleri

Kırma Gücü (Refractive Power)	Minimum Akomodasyonda Kırma Gücü (D)	Maximum Akomodasyonda Kırma Gücü (D)
Kornea Ön Yüzeyi	48.83D	48.83D
Kornea Arka Yüzeyi	-5.88D	-5.88D
Lens Ön Yüzeyi	5D	9.375D
Lensin Merkezi	5.985D	14.96D
Lensin Arka Yüzeyi	8.33D	9.375D

REFRAKSİYON KUSURLARI VE REÇETELENDİRİLMESİ

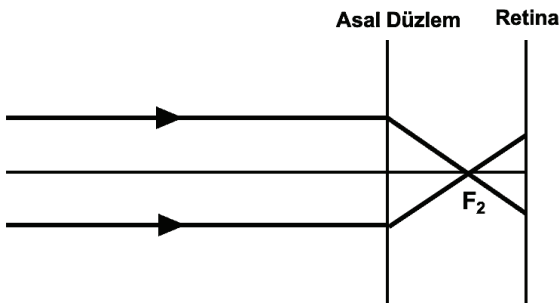
Dr. Pınar Bingöl Kızıltunç, PhD, FEBOS-SP, FICO

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, pinarbingol84@gmail.com

Altı metreden daha uzaktan gelen ışınların sonsuzdan geldiği kabul edilmektedir ve sonsuzdan gelen paralel ışınlar akomodasyon yapmayan istirahat halindeki bir gözde retina üzerinde odaklanır ve bu durum emetropi olarak adlandırılır. Işınların retinada odaklanmamasına ise ametropi denir. Ametropi kendi içinde miyopi, hipermetropi ve astigmatizma olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır.

Miyopi

Miyopide dinlenme durumundaki bir gözde (akomodasyon yapmayan göz) sonsuzdan gelen ışınlar retinanın önünde odaklanır yani F_2 (ikinci asal odak) retina önündedir (Şekil-1) ve buna bağlı olarak uzaktaki nesneler bulanık görünür. Nesne göze doğru yaklaştırılınca diverjan ışınlar retinada odaklanır ve böylelikle nesne net görünür. Miyopi derecesi arttıkça nesnenin net görüldüğü mesafenin göze olan uzaklığı azalır. Bu nedenle miyop gözler yakındaki bir nesneye herhangi bir akomodasyon çabası olmadan odaklanabilir. Yakında akomodasyon çabasının olmaması miyoplarda konverjans yetmezliği ve ekzoforia gelişimine neden olur.



Şekil-1: Miyopide sonsuzdan gelen ışınların retina önünde odaklanması

Oluşum Mekanizmasına Göre Sınıflandırma

Miyopi oluşum mekanizmasına göre aksiyel ve refraktif miyopi olmak üzere iki gruba ayrılır.

1. Aksiyel Miyopi

Aksiyel miyopide göz küresinin aksiyel uzunluğunun artmasına bağlı olarak göze gelen ışınlar retina önünde odaklanır. En sık izlenen miyopi türü aksiyel miyopidir. Aksiyel uzunluktaki her 1 mm artış yaklaşık 3 diyoptri (D) miyopik kaymaya yol açar. Çocukluk çağı miyopisi aksiyel uzunlukta artışa bağlı gelişir. Aksiyel miyopinin diğer nedenleri arasında konjenital glokom, posterior stafilom ve yüksek miyopi yer almaktadır.

2. Refraktif Miyopi

Gözün refraktif elemanlarının kırıcılığının artmasına bağlı gelişen miyopiye refraktif miyopi denir. Refraktif miyopi kendi içinde kurvatür miyopisi ve indeks miyopi olmak üzere 2 alt gruba ayrılır.

- Kurvatur Miyopisi:** Gözün refraktif yüzeylerinin kurvatüründe artışa bağlı gelişir. Bu yüzeyler kornea başta olmak üzere lens ön yüzeyi ve lens arka yüzeyidir. Keratokonus, keratoglobus ve mikrokornea kornea kırıcılığında artışa bağlı olarak refraktif miyopiye yol açar. Sferofaki, mikrofaki, lens subluksasyonu, anterior/posterior lentikonus ve anterior/posterior lentiglobusta ise lens kırıcılığı artmaktadır.
- İndeks Miyopi:** Ortamların refraktif indeksindeki değişikliğe bağlı gelişir. Nükleer katarakta lensin refraktif indeksinin değişmesi sonucu indeks miyopi izlenir. Diyabetik hastalarda lensin osmotik basıncındaki değişiklikler lenste şişme veya dehidrasyona neden olur ve buna bağlı olarak lens kalınlığında, kurvatüründe ve/veya refraktif indeksinde

değişikler gelişir ve bu durum sıklıkla miyopi şeklinde refraktif değişiklikler ile sonuçlanır.

Başlangıç Yaşına Göre Sınıflandırma

1. **Konjenital Miyopi (İnfanıl Miyopi):** Doğumdan itibaren mevcut olup, unilateral veya bilateral izlenebilir. Konjenital miyopide progresyon çocukluk ve ergenlik döneminde devam eder.
2. **Okul Çağı Miyopisi (Jüvenil Miyopi)** Sıklıkla 6-12 yaş arasındaki çocuklarda okul döneminde yakın çalışmanın fazla olması ile başlar ve yaşla beraber aksiyel uzunluktaki artışa bağlı olarak ergenlik döneminde artış devam eder.
3. **Erişkin Başlangıçlı Miyopi:** 20-40 yaş arasında başlayan miyopi erken erişkin başlangıçlı miyopi olarak adlandırılırken, 40 yaşından sonra başlayan miyopiye geç erişkin başlangıçlı miyopi denilmektedir.

Klinik Sınıflandırma

1. **Basit Miyopi:** Basit miyopi gözün gelişimi sırasında izlenen normal biyolojik varyasyonlar sonucu gelişir. En sık izlenen miyopi türüdür. Basit miyopide kırma kusuru - 6.00 D'den daha azdır ve gözde herhangi bir dejeneratif değişiklik izlenmez.
2. **Dejeneratif Miyopi:** Patolojik miyopide kırma kusuru - 6.00 D'den yüksek ve aksiyel uzunluk 26.5 mm'den uzundur. Patolojik miyopiye posterior stafilom, miyopik makülopati gibi dejeneratif değişiklikler eşlik ettiği zaman dejeneratif miyopi olarak adlandırılmaktadır. Bu dejeneratif değişikliklerle ilişkili olarak görme keskinliğinde azalma, görme alanı değişiklikleri görülebilir. Bu tür miyopi progresif olarak kötüleşir.
3. **Gece Miyopisi (Noktürnal Miyopi):** Aydınlatık ortamda net görme mevcutken, illüminasyonun azaldığı karanlık ortamda uzağı görmede zorluk yaşanır. Karanlıkta gelişen midriyazise bağlı olarak ortaya çıkan kromatik aberasyon (karanlıkta göz ışığın mavi dalga boyuna odaklanma eğilimindedir) sonucu oluşur. Gençlerde daha sık izlenmektedir. Bu kişiler aslında miyop değildir ya da çok düşük dereceli miyopiye sahiptir.
4. **Psödomiyopi:** Fazla akomodasyon yapılması sonucu gelişir. Kişi sadece fazla akomodasyon

yaptığı zaman miyopik olduğu için psödomiyopi olarak adlandırılmaktadır.

5. **İndüklenmiş Miyopi:** Kullanılan ilaçlara, glikoz seviyesindeki yükselmeye, nükleer skleroz ve oksijen toksisitesine (hiperbarik tedavi, su altı dalış) bağlı gelişir. Sülfonamid tedavisi siliyer cisimde ödem sonucu lensin öne yer değiştirmesine neden olur. Kan glikoz seviyesinde artış ise lenste sorbitol birikimi sonucu lensin su çekerek şişmesine yol açar.
6. **Uzay Miyopisi (Boş Alan Miyopisi):** Görsel alanda odaklanacak belirgin bir nesne veya görsel ipucu bulunmadığında gözlerin otomatik olarak birkaç metre ötedeki bir mesafeye odaklanması durumudur. Bu görüş alanı dışındaki nesnelerin algılanması gecikir.

Refraksiyon Derecesine Göre Sınıflandırma

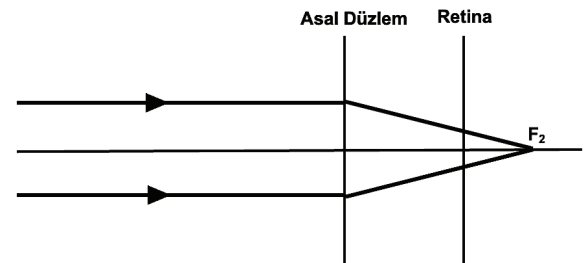
1. **Hafif (Düşük) Miyopi:** - 0.50 D ila - 3.00 D arası miyopidir.
2. **Orta Dereceli Miyopi:** - 3.00 D ila - 6.00 D arası miyopidir.
3. **Yüksek Dereceli Miyopi:** Kırma kusuru > -6.00 D veya aksiyel uzunluk > 26.5 mm olan miyopidir.

Hipermetropi

Hipermetropide dinlenme durumundaki bir gözde (akomodasyon yapmayan göz) sonsuzdan gelen ışınlar retinanın arkasında odaklanır yani F_2 (ikinci asal odak) retina arkasındadır (Şekil-2).

Oluşum Mekanizmasına Göre Sınıflandırma

1. **Aksiyel Hipermetropi:** Aksiyel hipermetropi gözün aksiyel uzunluğunun normalden kısa olması sonucu gelişir. Aksiyel uzunlukta 1 mm azalma 3.00 D hipermetropiye neden olur. Nanoftalmus aksiyel hipermetropi nedenidir.



Şekil-2: Hipermetropide sonsuzdan gelen ışınların retina arkasında odaklanması