

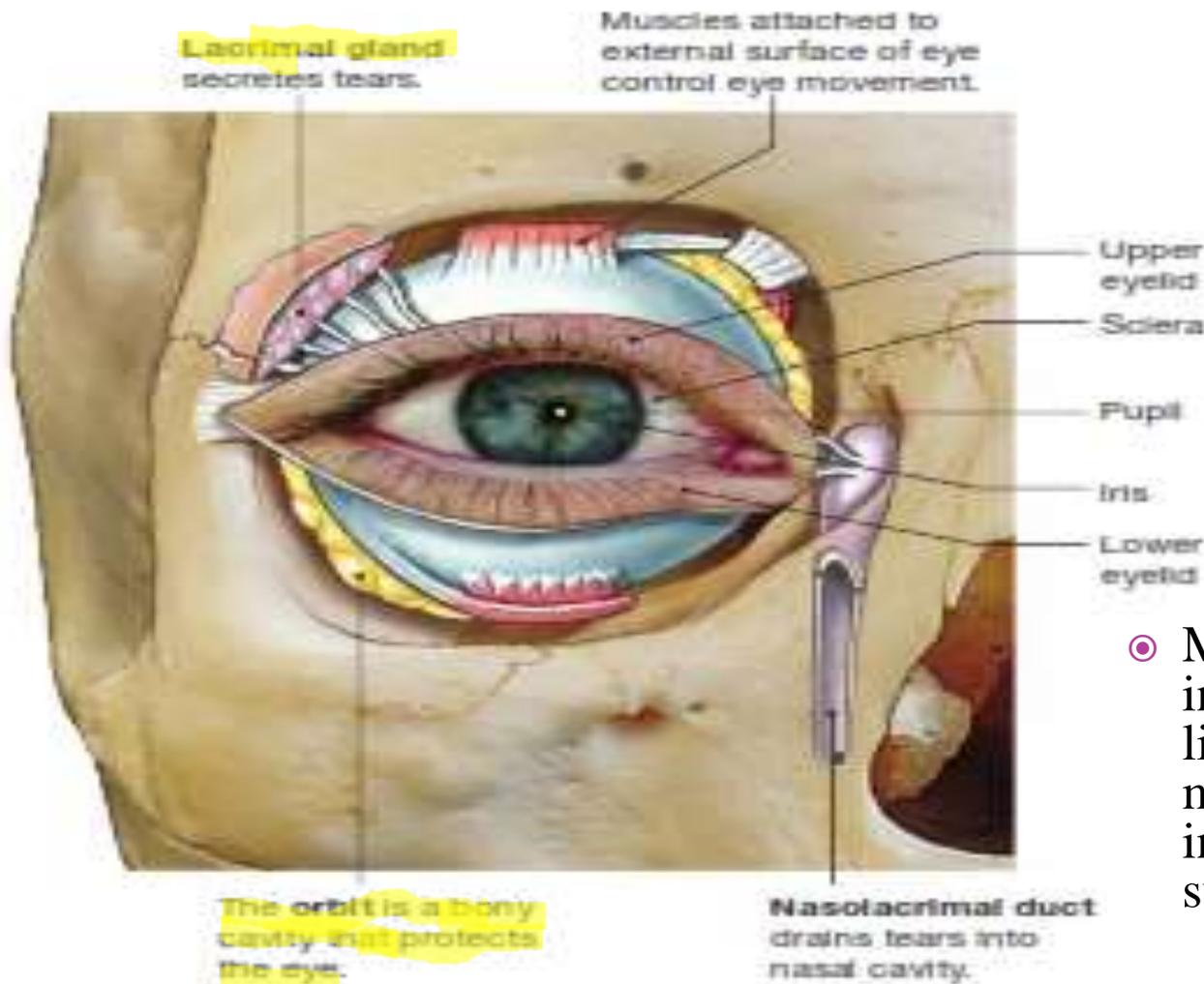
FISIOLOGI PENGLIHATAN

Dr. Hanna Cakrawati
Laboratorium Fisiologi
UMM

GOAL

- ⦿ Menjelaskan berbagai bagian mata dan mencantumkan fungsi masing-masing
- ⦿ Menjelaskan susunan retina
- ⦿ Menjelaskan bagaimana berkas cahaya di lingkungan di fokuskan di retina dan peran akomodasi dalam proses ini
- ⦿ Mendefinisikan hyperopia, myopia, astigmatisme, presbyopia, dan strabismus

ANATOMI MATA

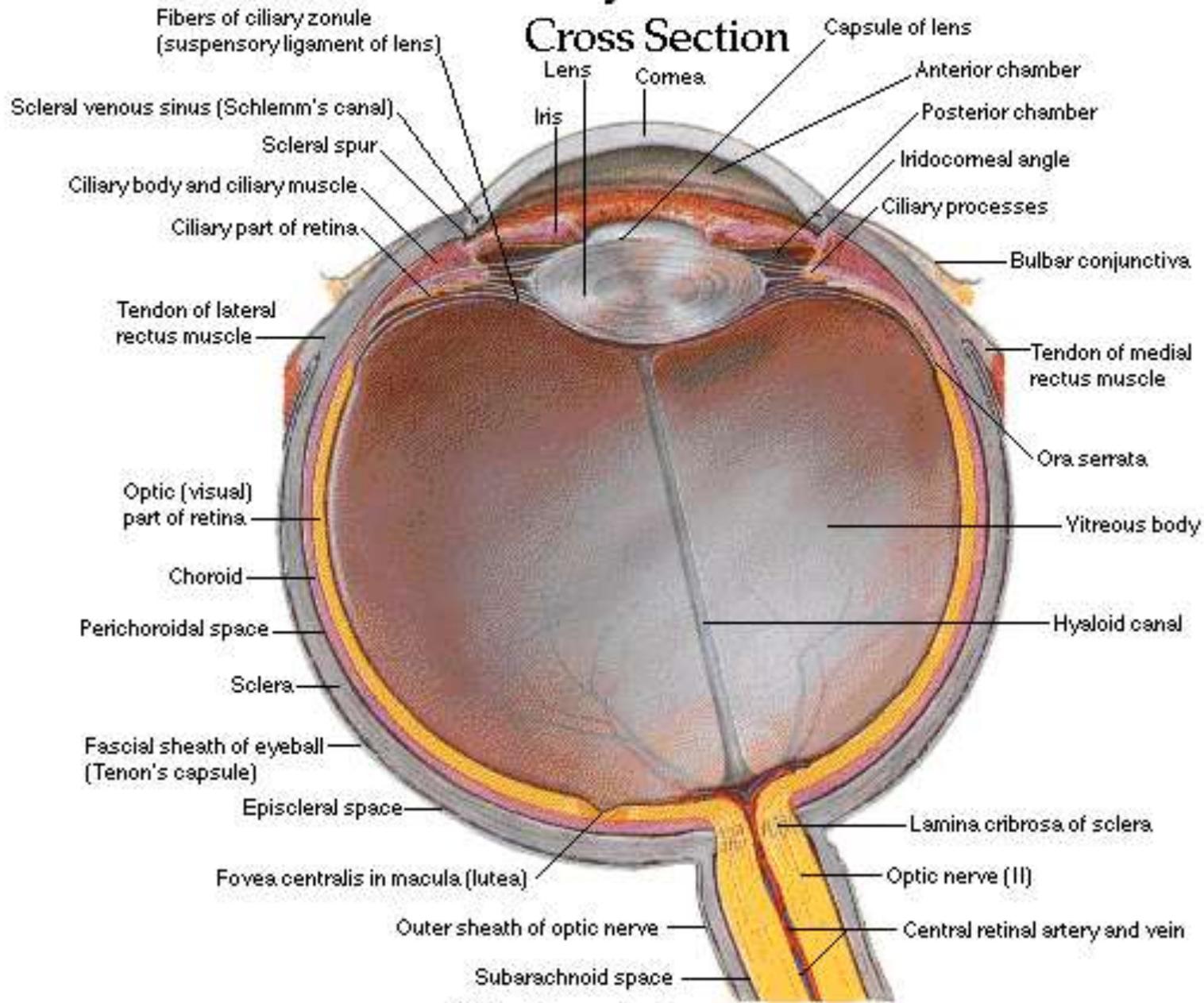


- ◉ Mata → menghimpun informasi mengenai lingkungan dan otak menginterpretasikan informasi untuk membentuk suatu bayangan

● **FIGURE 10-29** *External anatomy of the eye*

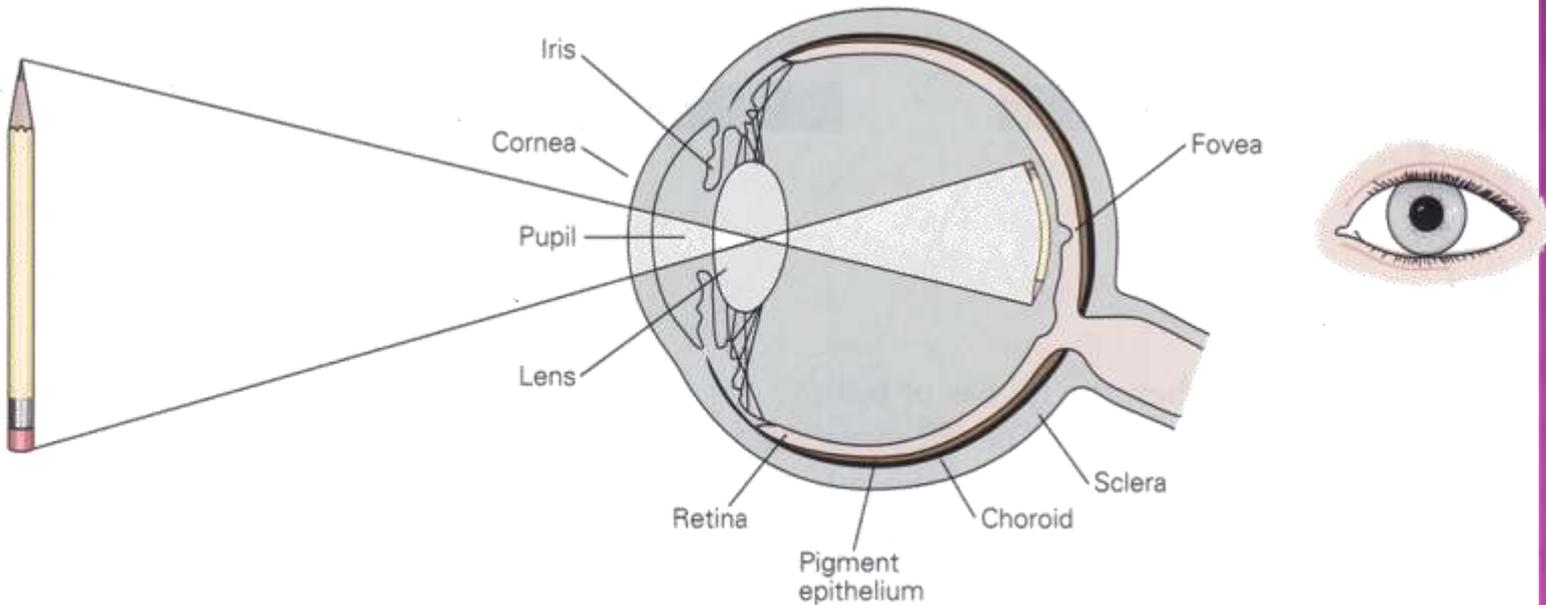
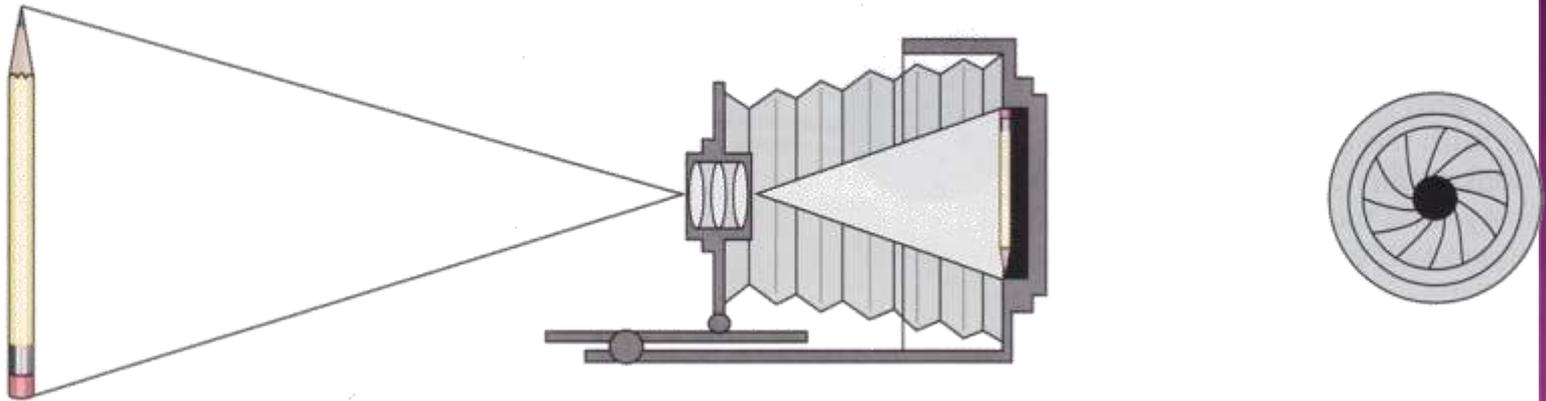
Eyeball

Cross Section



Horizontal section

MATA DIBANDINGKAN DENGAN KAMERA



MATA LEBIH CANGGIH DARI KAMERA

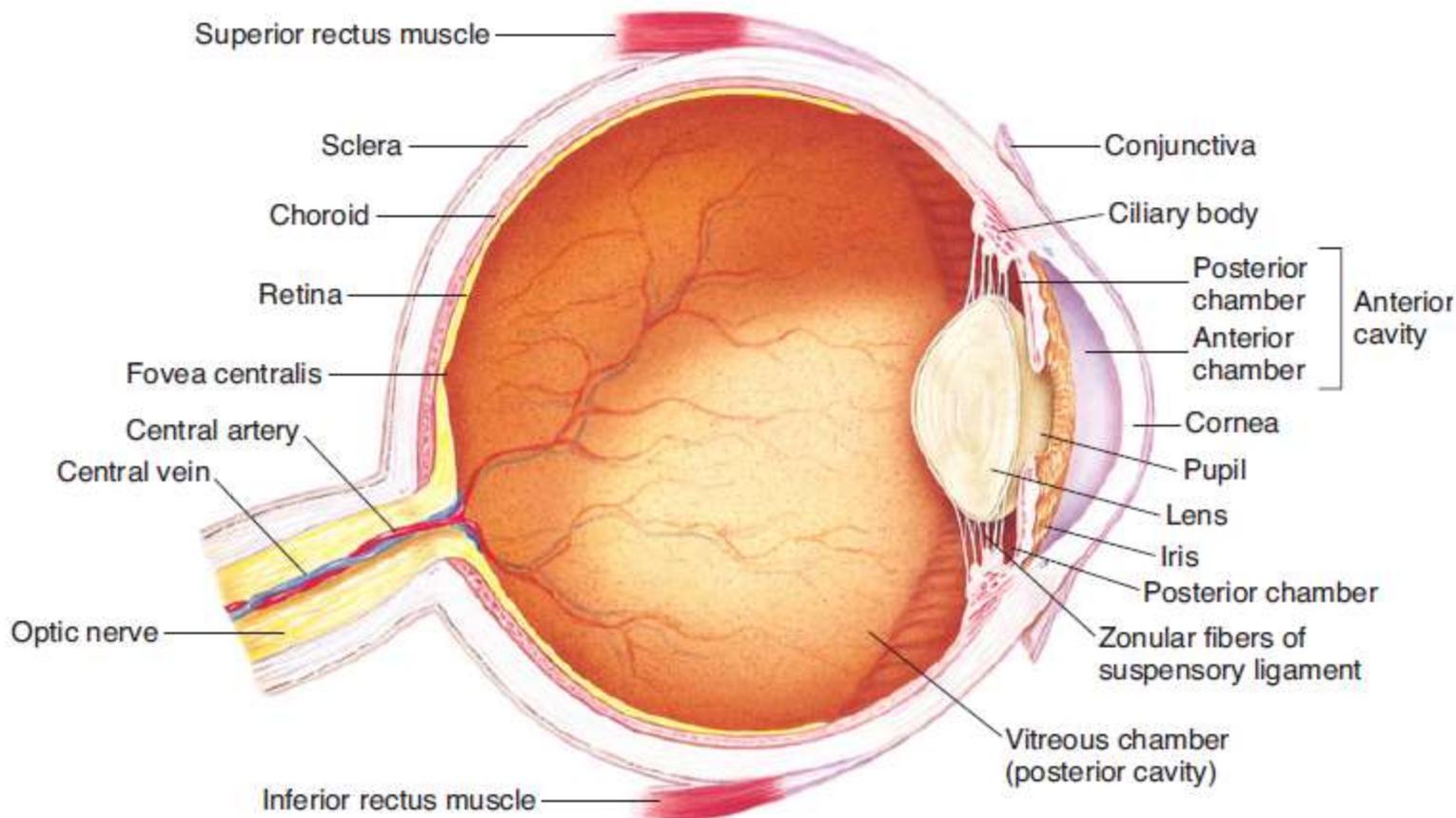


FIGURE 12-1
The internal anatomy of the eye. (From Fox SI, *Human Physiology*. McGraw-Hill, 2008.)

- ◉ **Skelra** (bag. putih mata) → pelindung luar bola mata, mengalami modifikasi di anterior → **Kornea** → transparan avascular → **konjungtiva** (batas lateral kornea) → membrane mukosa jernih menutupi skelra. **Koroid** (bagian dalam skelra) → vascular yg menyalurkan O₂ dan nutrisi u/mata. **Retina** → jaringan saraf yg mengandung fotoreseptor. Lensa kristalina →

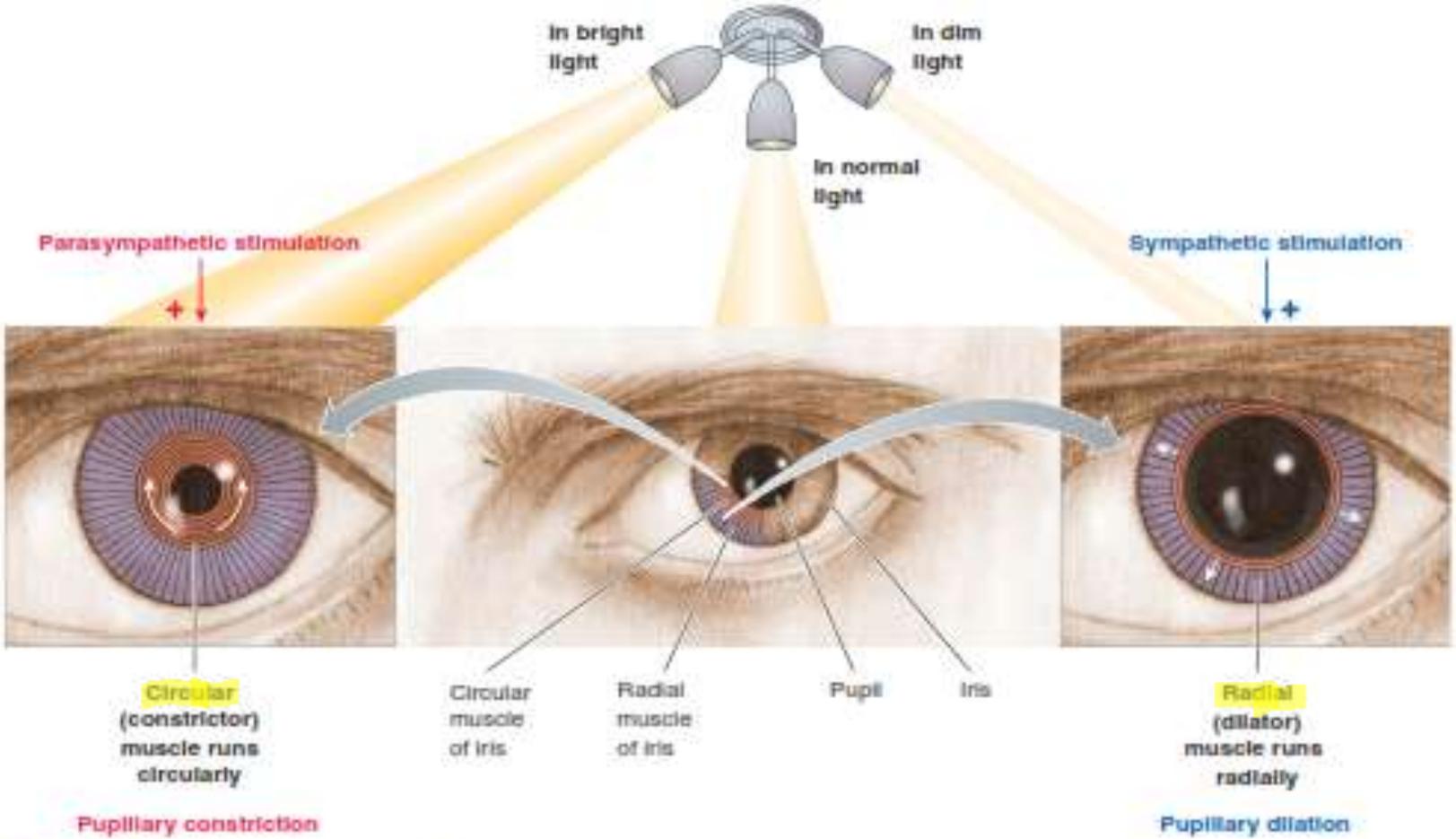
STRUKTUR ANATOMIS BOLA MATA

- ▣ 3 lapisan yang melapisi media refraksi:
 - Sklera & kornea → terluar
 - Koroid, badan siliaris & iris → tengah, vaskuler
 - Retina → terdalam
- ▣ Media refraksi/sistem optik:
 - Kornea
 - Aqueous humor → mengisi *anterior & posterior chambers*
 - Lensa → ditunjang oleh zonula² yang terikat pada badan siliaris
 - Badan vitreous

IRIS DAN PUPIL

- ◉ Fungsi utama iris → ↑ jml cahaya masuk ke mata pada waktu gelap dan mengurangi jml cahaya yang masuk ke mata pada waktu terang.
- ◉ Jumlah cahaya yang masuk melewati pupil sebanding dengan daerah pupil atau dengan kuadrat dari diameter pupil. Diameter mata manusia bisa menjadi 1,5 mm - 8 mm.
- ◉ Jml cahaya memasuki mata dapat berubah 30x akibat perubahan pupil. Sistem Lensa ↑ dengan ↓ diameter pupil.

Iris mengandung serat otot sirkular dan radial



● **FIGURE 6-13** Control of pupillary size.

- ◉ **Parasympathetic** activation by bright light causes constriction (miosis)
- ◉ **Sympathetic** activation in response to dim light causes dilation (mydriasis)
- ◉ An increase in light in one retina results constriction of its pupil (direct light response); it also causes identical constriction in the other eye (consensual light response)

◉ This response not only regulates the total amount of light that enters the eye, but affects the quality of the retinal image



KEDALAMAN FOKUS

Gambar :

Mata atas → Pembukaan pupil kecil

Mata bawah → Pembukaan besar

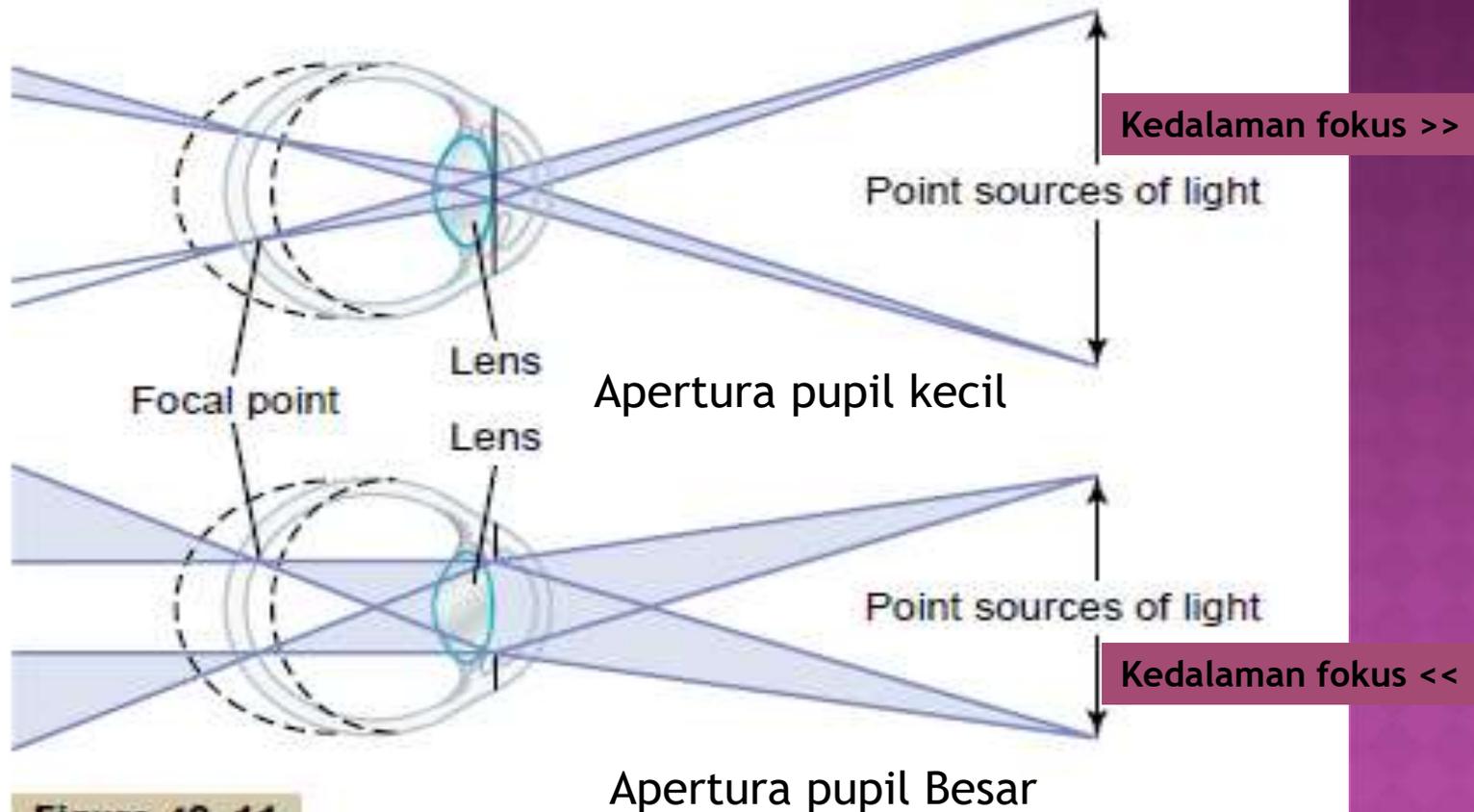


Figure 49-11

Effect of small (*top*) and large (*bottom*) pupillary apertures on "depth of focus."

Diameter Pupil

“Kedalaman fokus” sistem lensa meningkat dengan menurunnya diameter pupil

- Cahaya melewati pembukaan pupil dan berfokus pada retina → retina melihat dua titik cahaya pada fokus sempurna.
- jika **retina** bergerak maju atau mundur ke posisi tidak-fokus, ukuran masing-masing tempat tidak akan banyak berubah di gamb.mata bagian atas, tapi di gamb. mata bawah ukuran masing-masing tempat akan sangat meningkat, menjadi "blur circle."
- **Sistem lensa** atas memiliki kedalaman fokus jauh lebih besar dibandingkan dengan sistem lensa bawah. Ketika sistem lensa memiliki kedalaman fokus besar, retina dapat dipindahkan jauh dari bidang fokus atau kekuatan lensa dapat mengubah jauh dari normal dan gambar masih akan tetap.

SISTEM CAIRAN MATA- CAIRAN INTRAOKULAR

- Mempertahankan tekanan yang cukup dalam bola mata.
- Cairan dibagi dua : cairan didepan lensa dan vitreous humor antara permukaan posterior lensa dan retina.
- Keseimbangan antara pembentukan dan reabsorpsi aqueous humor mengatur volume total dan tekanan dari cairan intraokular.

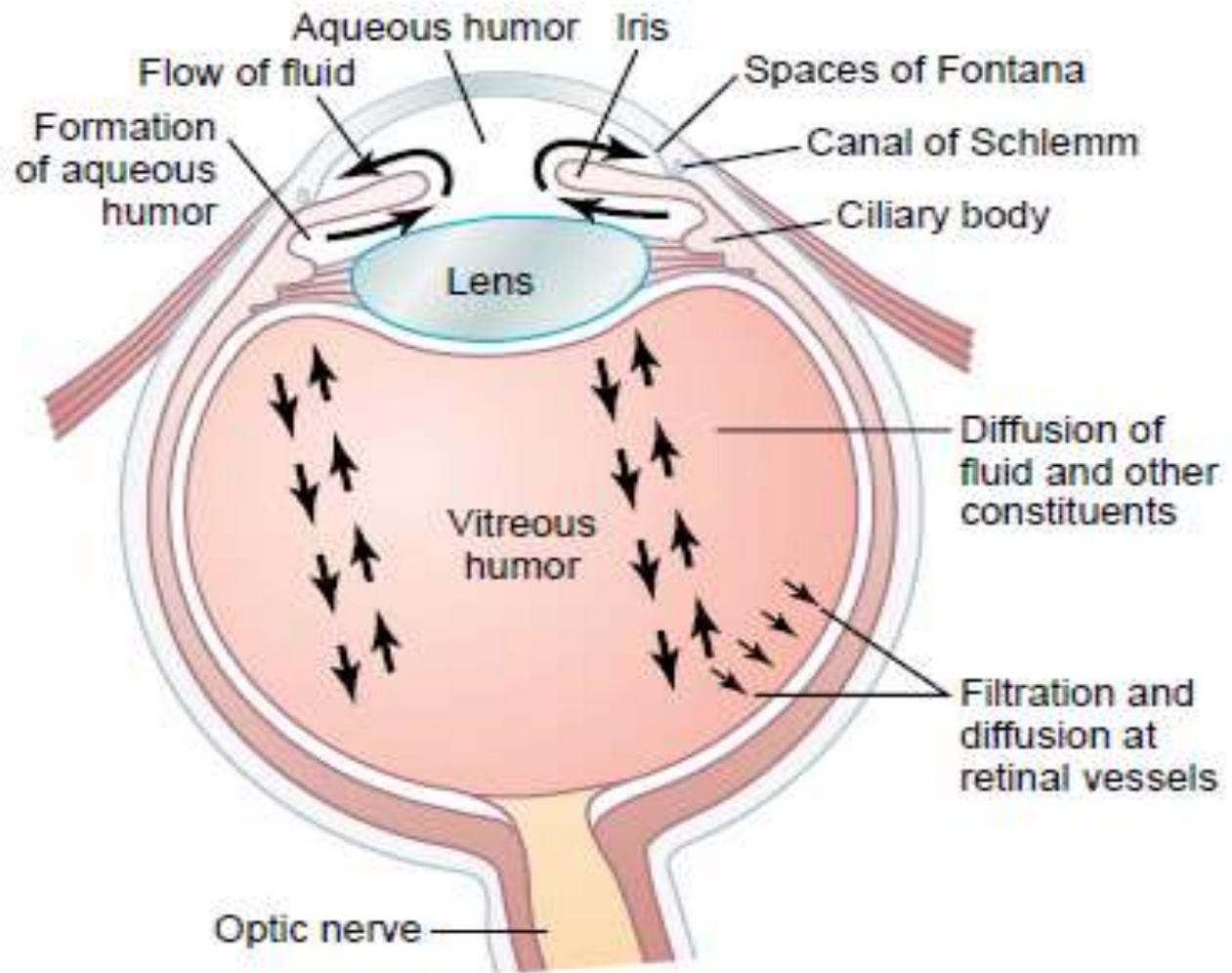


Figure 49-19

Formation and flow of fluid in the eye.

PEMBENTUKAN HUMOR AQUOSUS OLEH BADAN SILIAR

- Aqueous humor sekresi oleh prosesus ciliary dan merupakan cairan bebas protein.
- Sekresi dimulai dengan transpor aktif ion natrium ke dalam ruang antara epitel natrium cells. Ion menarik ion klorida dan bikarbonat bersama mereka untuk menjaga netralitas listrik. Maka semua ion ini bersama-sama menyebabkan osmosis air dari kapiler darah di bawah ke dalam epitel antarsel yang sama spasi, dan larutan yang dihasilkan mencuci dari ruang proses ciliary ke dalam ruang anterior mata.

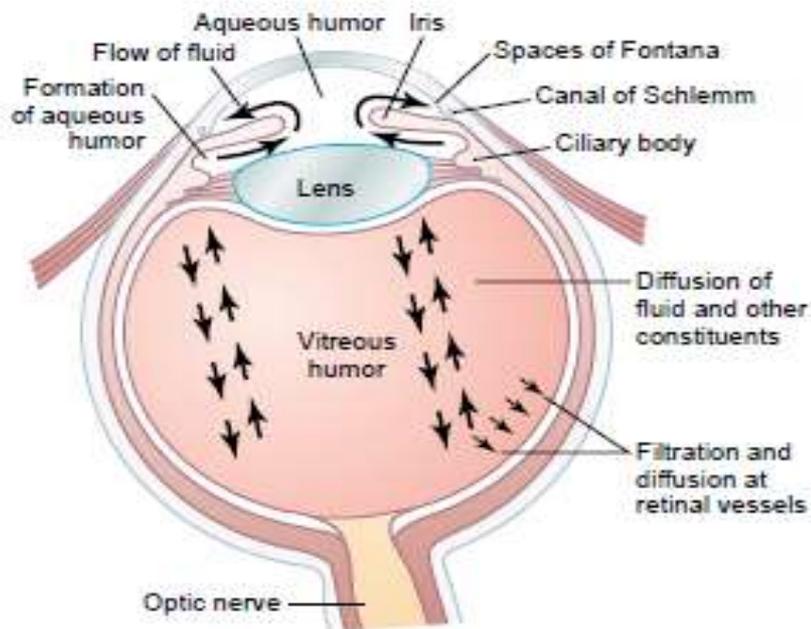


Figure 49-19

Formation and flow of fluid in the eye.

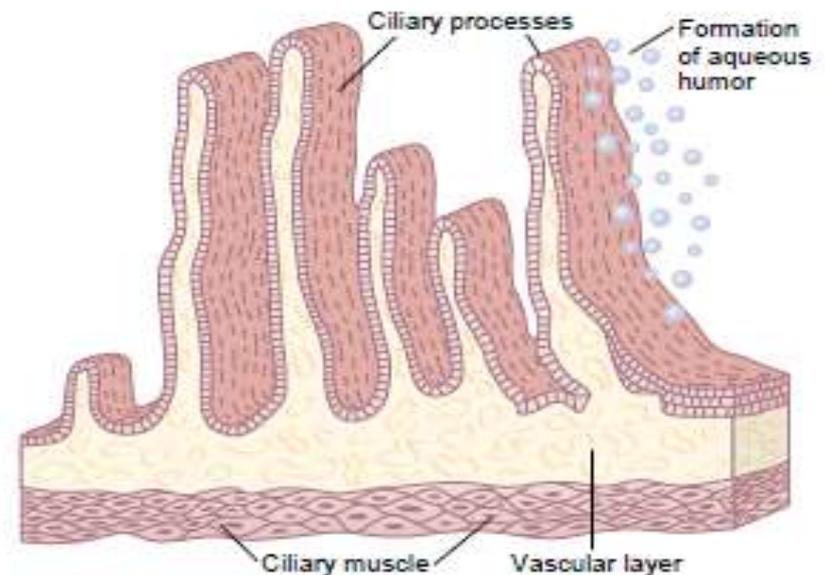
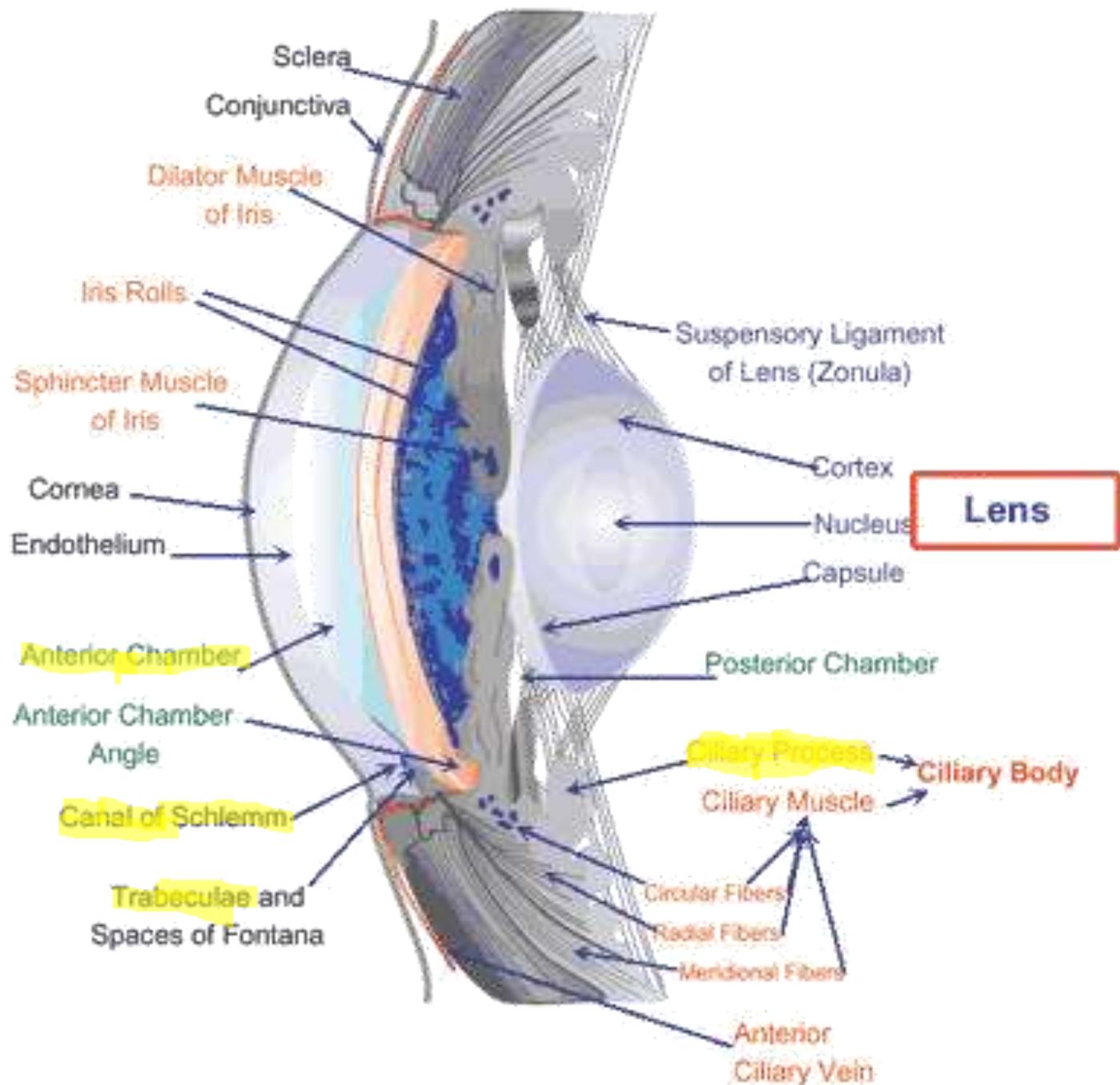


Figure 49-20

Anatomy of the ciliary processes. Aqueous humor is formed on surfaces.



ALIRAN KELUAR HUMOR AQUOSUS

- Setelah aqueous humor dibentuk oleh proses ciliary, itu mengalir pertama melalui pupil ke ruang kamera okuli anterior. Dari sini, cairan mengalir ke bagian anterior lensa dan ke dalam sudut antara kornea dan iris, kemudian melalui retikulum trabekula, dan akhirnya memasuki kanal schlem, yang kemudian dialirkan ke dalam vena ekstraokular

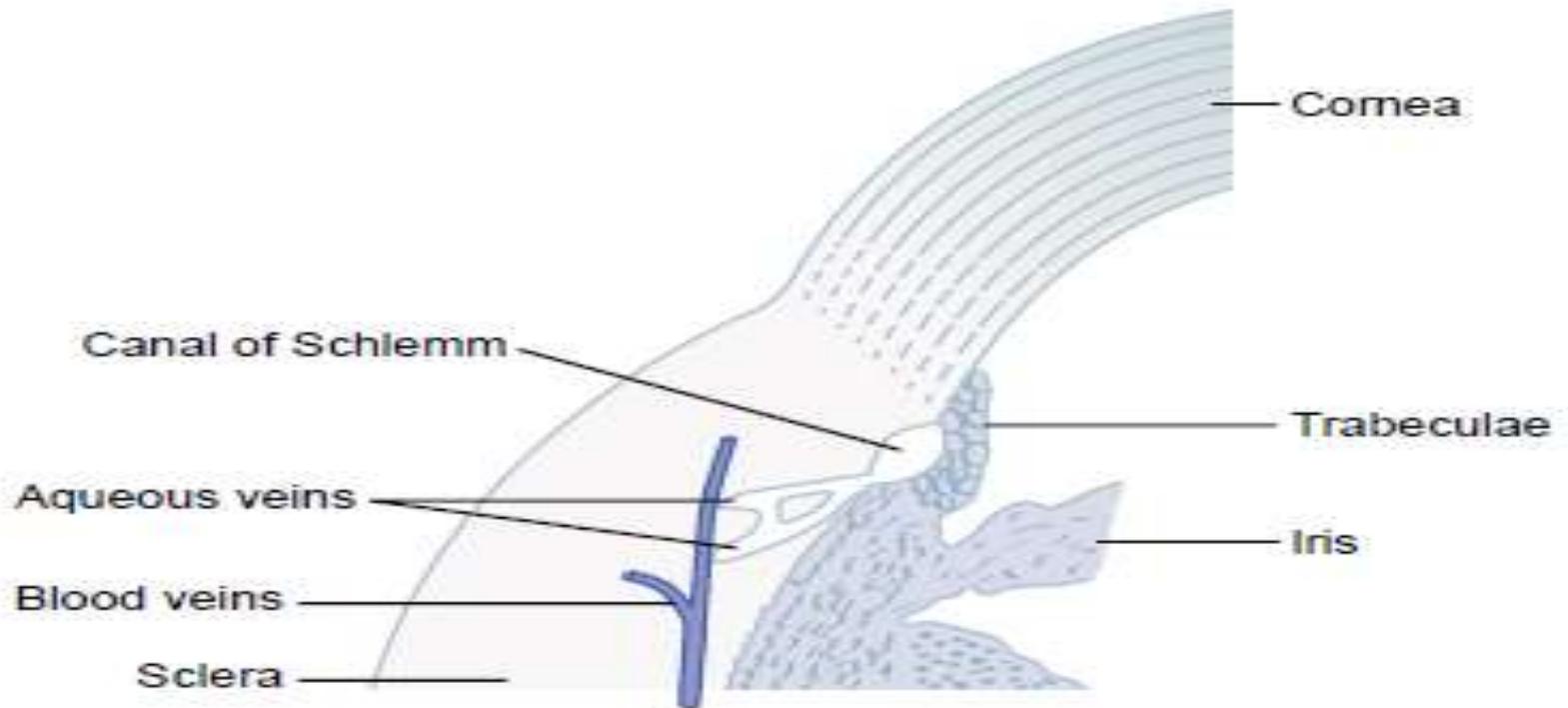


Figure 49–21

Anatomy of the iridocorneal angle, showing the system for outflow of aqueous humor from the eyeball into the conjunctival veins.

RESEPTOR DAN FUNGSI NEURAL RETINA

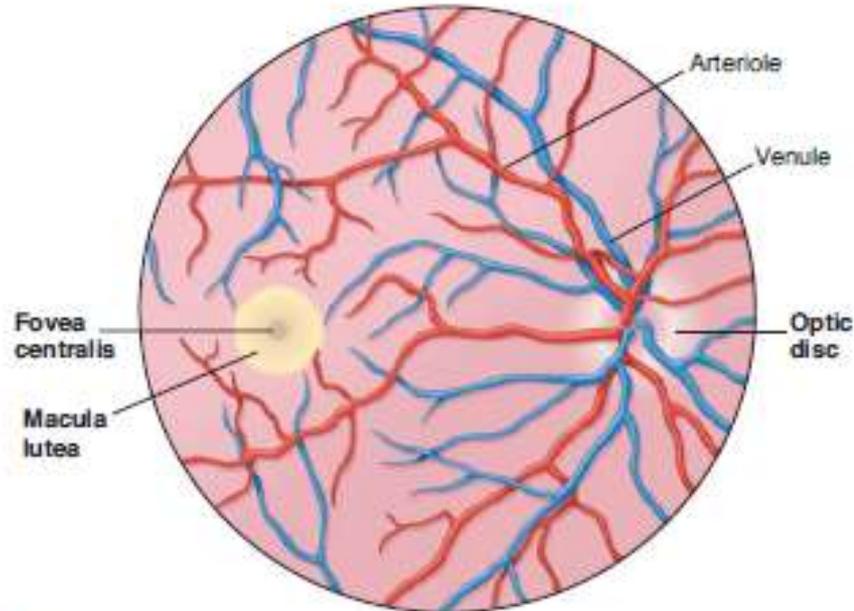
RETINA

- Bagian mata yang peka terhadap cahaya, mengandung:
 - Sel-sel krucut (penglihatan warna)
 - Sel-sel batang (deteksi cahaya redup dan penglihatan warna hitam dan putih dan penglihatan didlm gelap)
- Bila sel terangsang → sinyal dihantarkan melalui lapisan sel saraf yg berurutan dlm retina → nervus optikus → korteks serebri.

RETINA DILIHAT DENGAN OPHTHALMOSCOPE



(a)



(b)

FIGURE 12-3 Retina seen through the ophthalmoscope in a normal human. (a) A photograph and (b) an illustration of the optic fundus (back of the eye). Optic nerve fibers leave the eyeball at the optic disc to form the optic nerve. The arteries, arterioles, and veins in the superficial layers of the retina near its vitreous surface can be seen through the ophthalmoscope. (From Fox SI, *Human Physiology*. McGraw-Hill, 2008.)

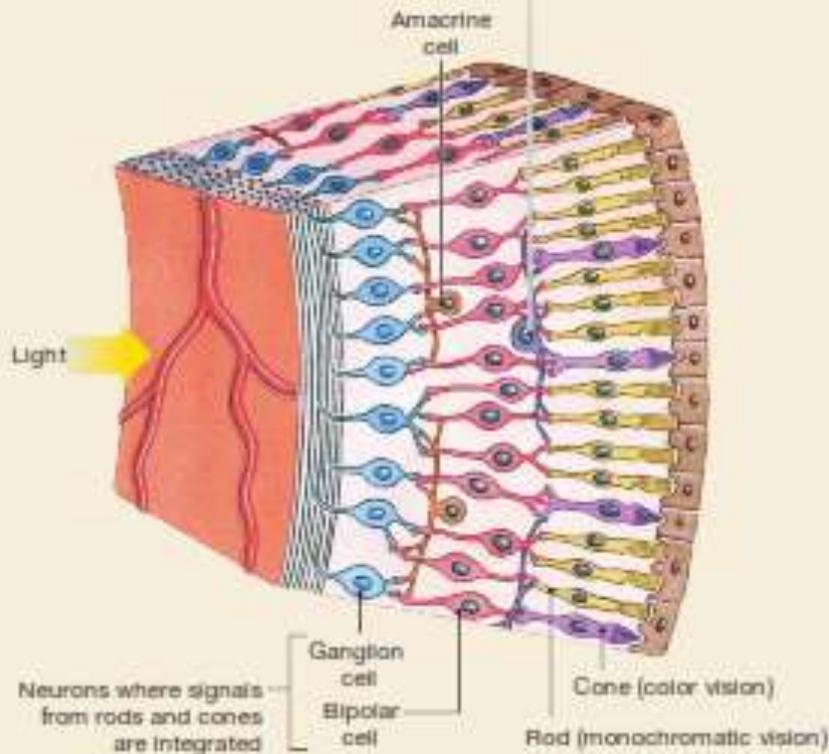
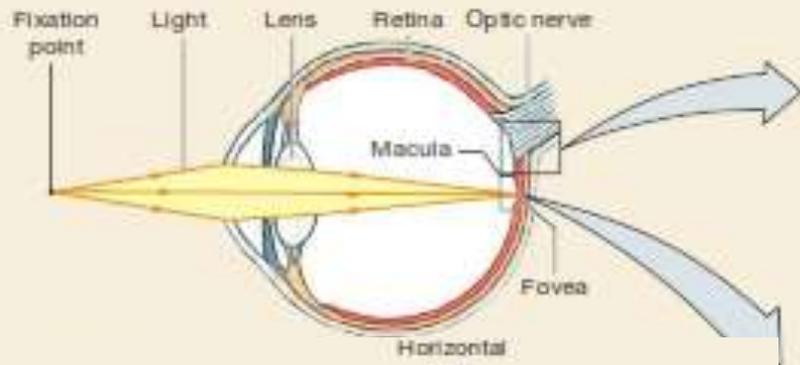
Blind spot

Titik ketajaman tertinggi

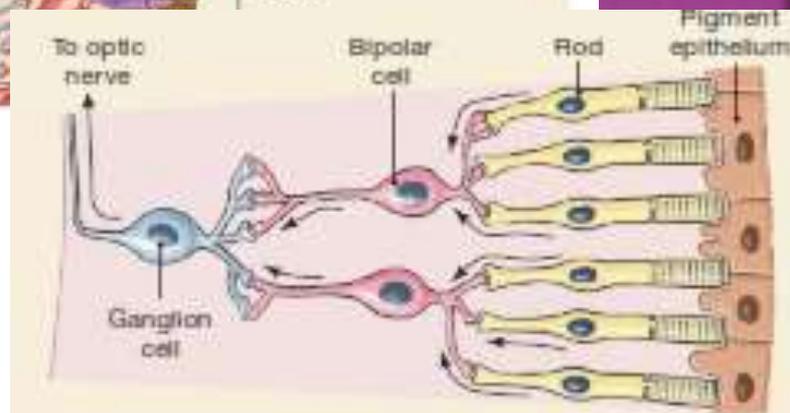
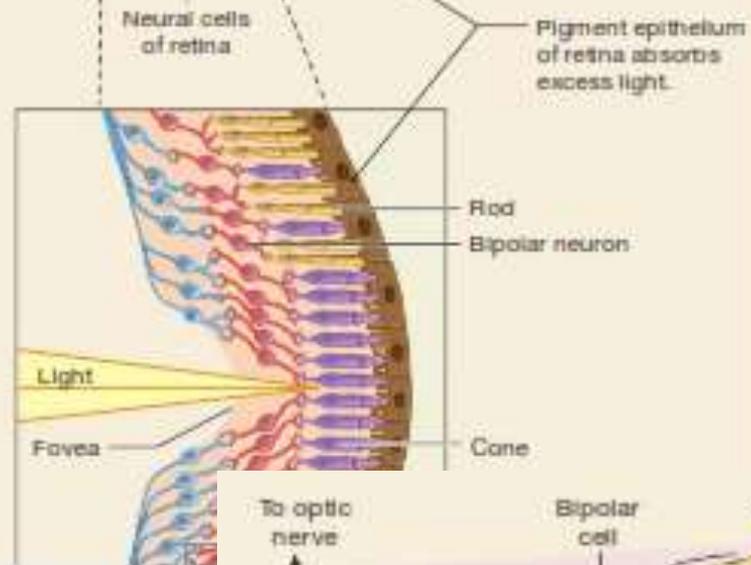
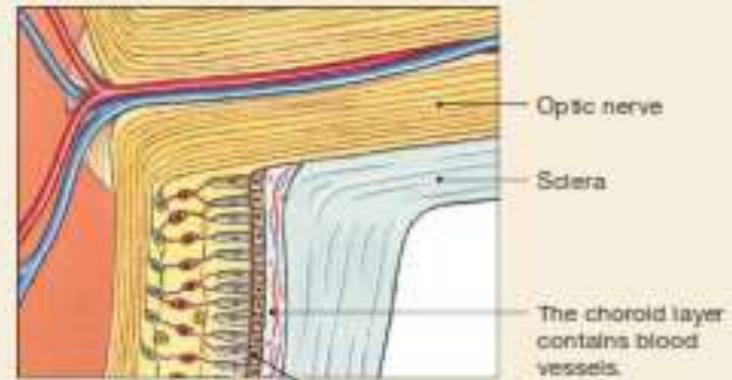
Pembuluh retina mendarahi sel bipolar dan sel ganglion

Pleksus kapiler di koroid → reseptor

THE RETINA



(b) Axons from the retina exit via the optic nerve.



(d) Retinal photoreceptors are organized into layers.

(e) Convergence in the retina

ANATOMI DAN FUNGSI UNSUR STRUKTUR RETINA

Cahaya melewati susunan lensa mata → humor vitreous → retina

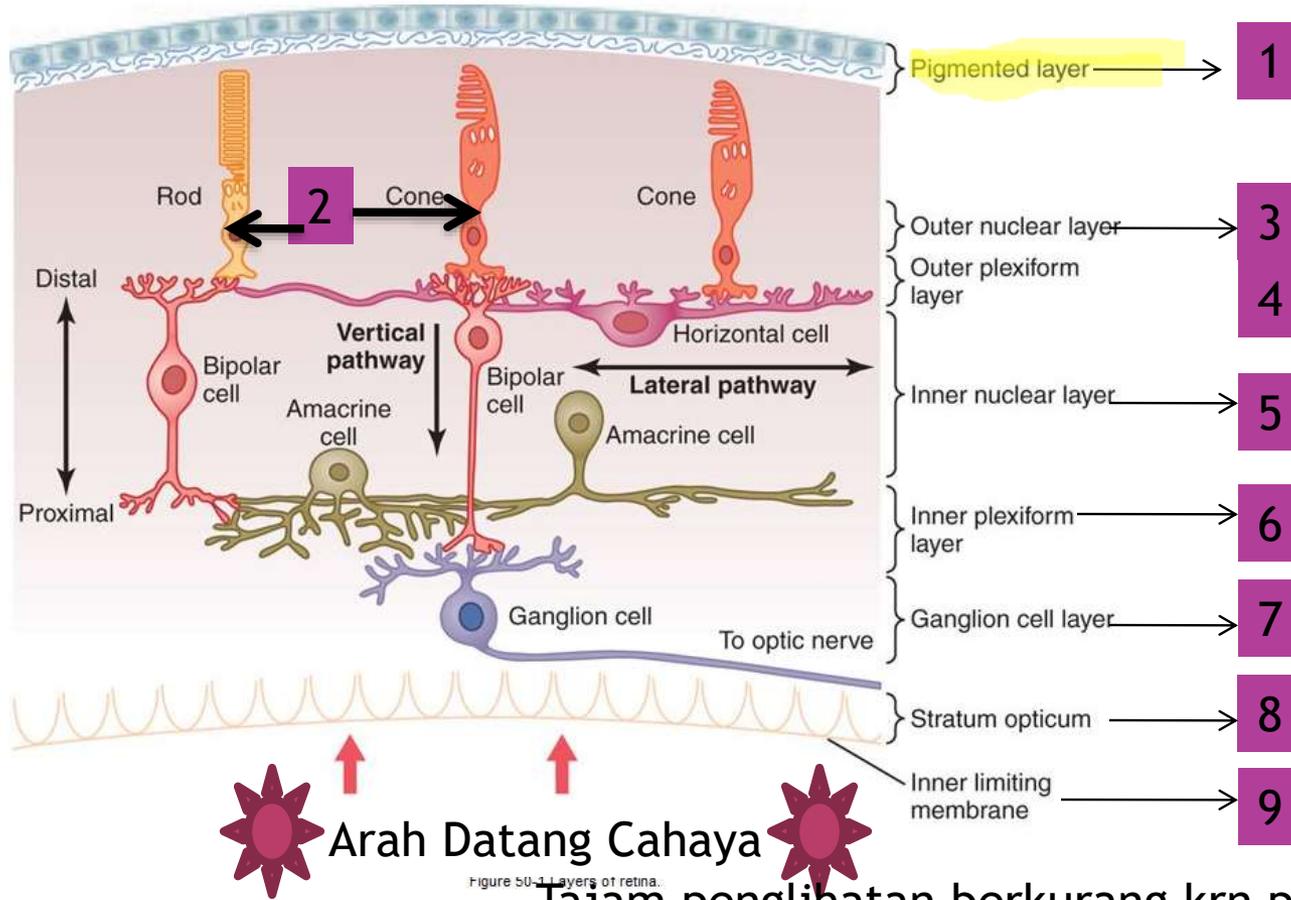
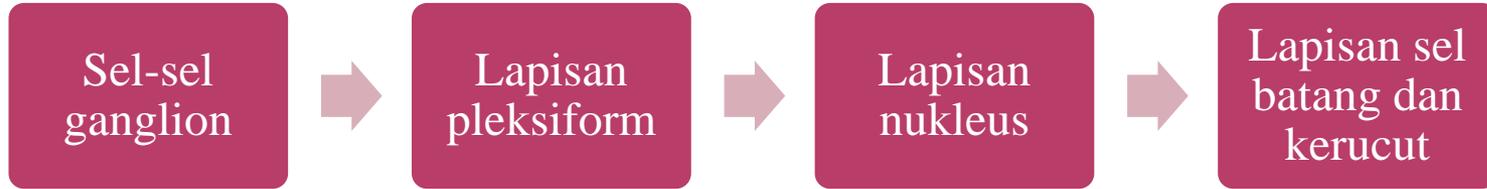


Figure 50-1 Layers of retina.

Tajam penglihatan berkurang krn perjalanan melalui jaringan non-homogen ini

Lapisan Retina

- ◉ **SEL BIPOLAR**

Penghantar utama signal dari sel rods dan cones ke sel ganglion

- ◉ **SEL GANGLION**

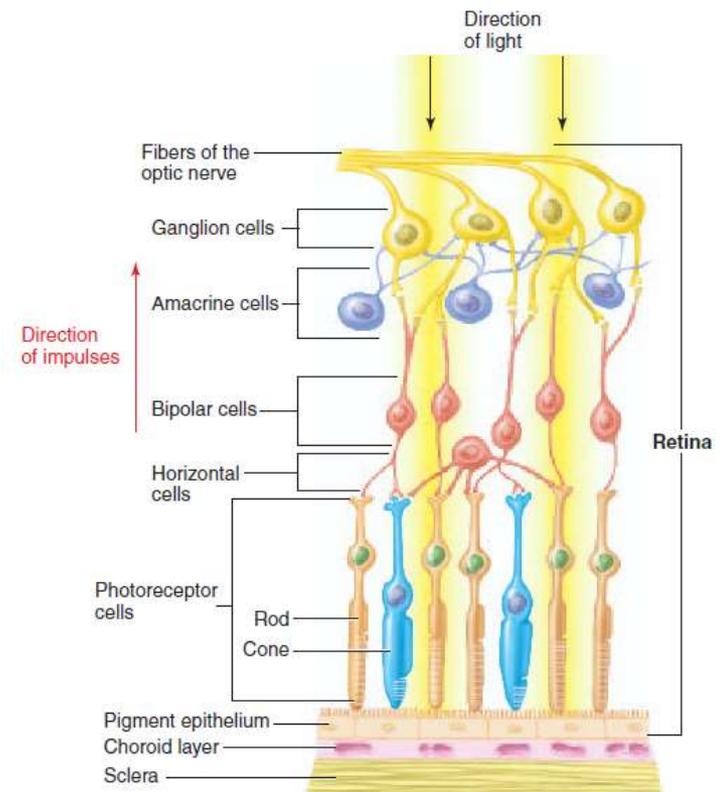
Aksonnya berkonvergensi dan meninggalkan mata sebagai N.optikus

- ◉ **SEL HORIZONTAL**

Penghubung antar sel reseptor

- ◉ **SEL AMACRIN**

Menghantarkan signal antar sel ganglion



■ **Figure 10.35** Layers of the retina. Since the retina is inverted, light must pass through various layers of nerve cells before reaching the photoreceptors (rods and cones).

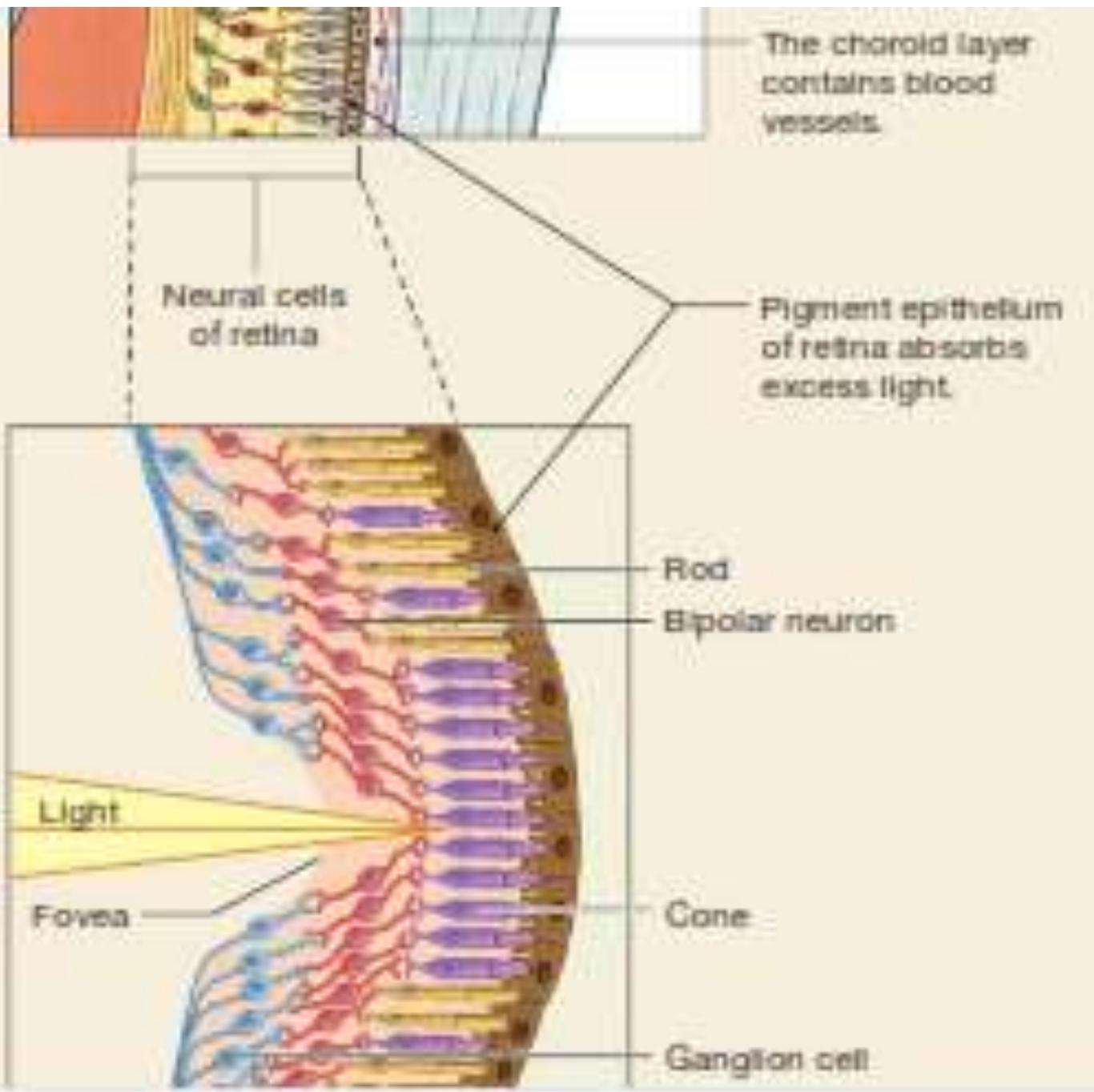
DAERAH FOVEA RETINA DAN PERANANNYA DALAM TAJAM PENGLIHATAN

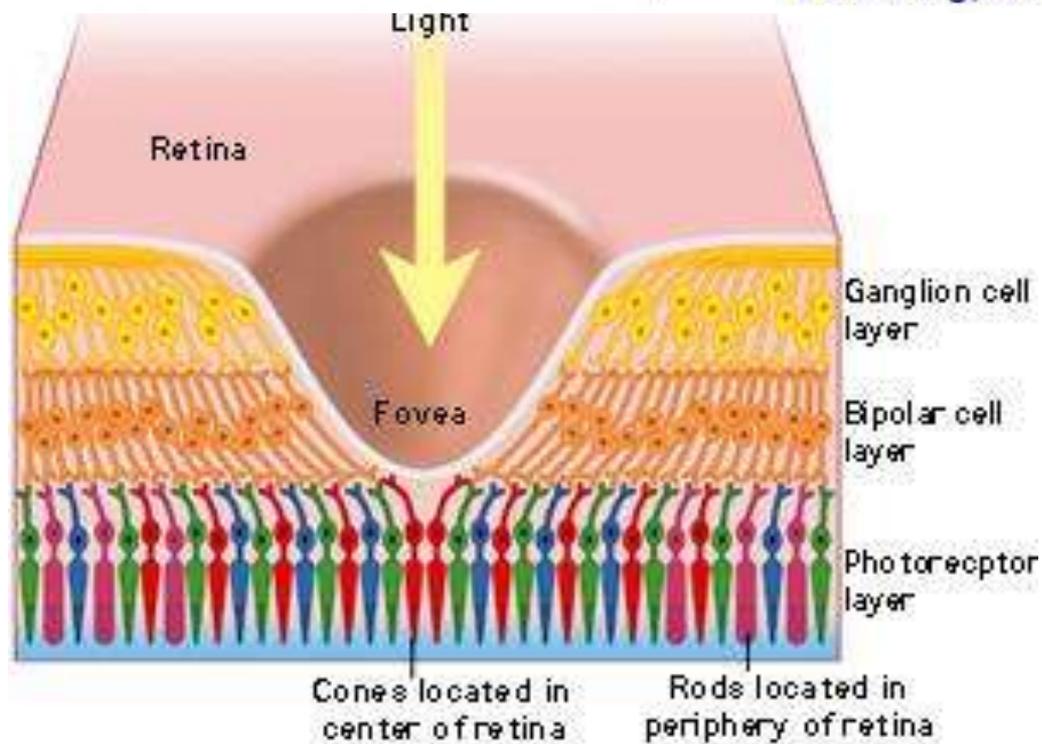
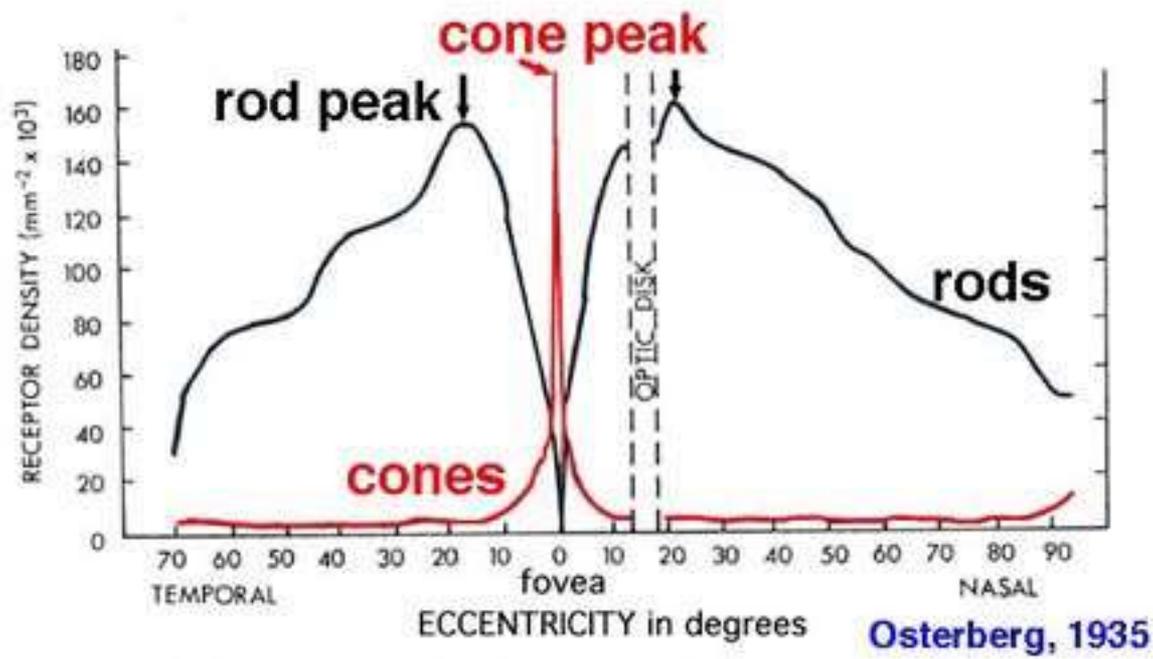
- ◉ Suatu bagian daerah kecil di bag. tengah retina.
- ◉ Fungsi → pengeliatan cepat dan detail.
- ◉ Diameter 0,3 mm di dominasi sel-sel kerucut → membantu mendeteksi bayangan penglihatan lbh detail.
- ◉ Di bagian fovea, pembuluh-pembuluh darah, sel-sel ganglion, lapisan sel-sel inti dalam dan lapisan pleksiform tersingkap kesamping dan tidak terletak tepat di atas sel kerucut → memungkinkan cahaya sampai di kerucut tanpa hambatan.



Hall: Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12th Edition
Copyright © 2011 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

Figure 50-2 Photomicrograph of the macula and of the fovea in its center. Note that the inner layers of the retina are pulled to the side to decrease interference with light transmission. (From Fawcett DW: Bloom and Fawcett: A Textbook of Histology, 11th ed. Philadelphia: WB Saunders, 1986; courtesy H. Mizoguchi.)





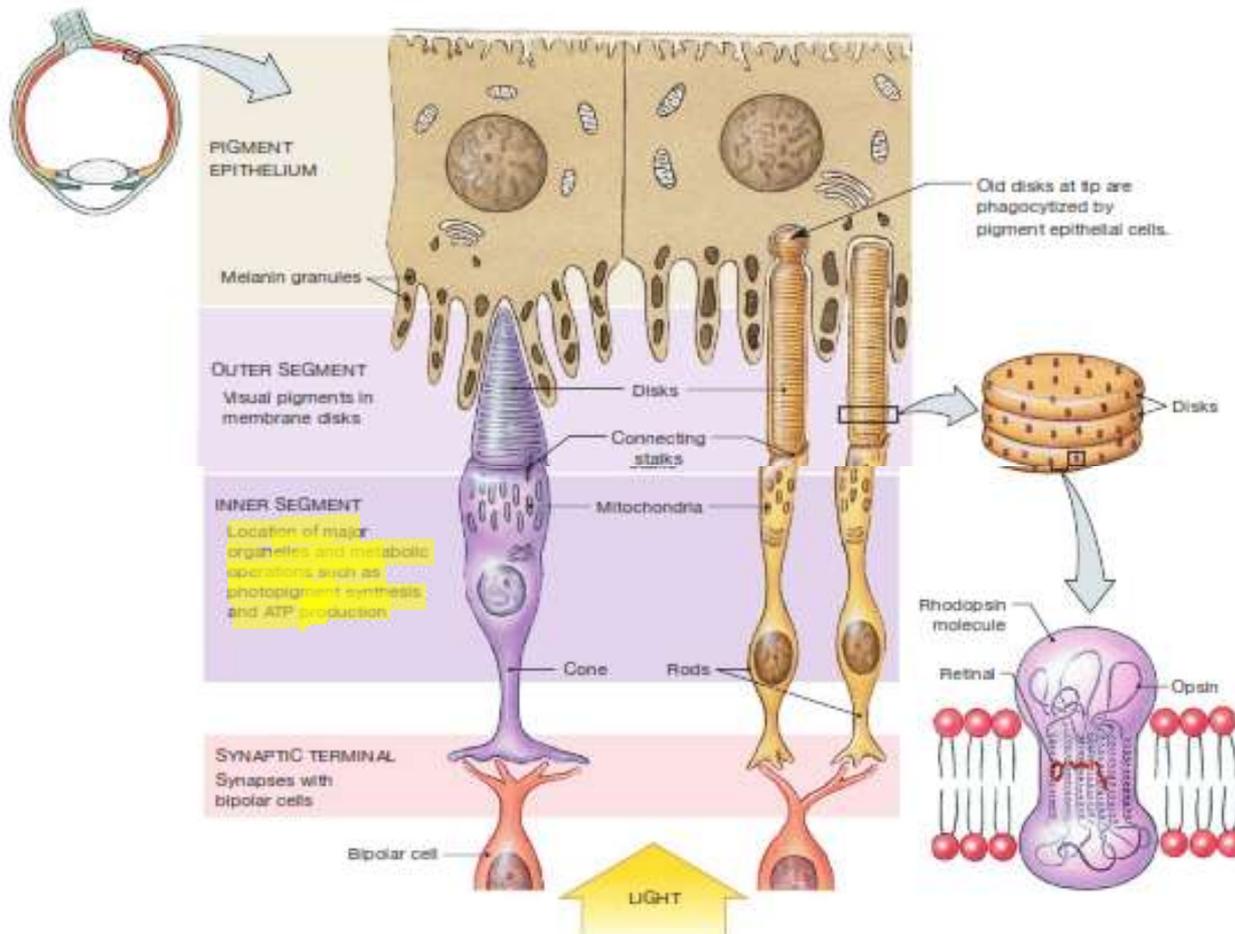
LAPISAN PIGMEN RETINA (EPITEL PIGMEN)

- ◉ Pigmen hitam melanin → mencegah pemantulan cahaya dari lengkung bola mata. → penglihatan lbh jelas.
- ◉ Albino (kekurangan pigmen melanin) → cahaya terang → dipantulkan ke segala arah dlm bola mata dan menyebabkan penyebaran sinar di retina (membentuk bayangan yg tdk tepat) → merangsang banyak reseptor sel batang dan sel kerucut → tajam penglihatan menurun.
- ◉ Lapisan pigmen menyimpan sejumlah besar vitamin A (prekursor penting bahan kimia sel batang dan kerucut)

SUPLAI DARAH RETINA-ARTERI RETINA SENTRALIS DAN KOROID

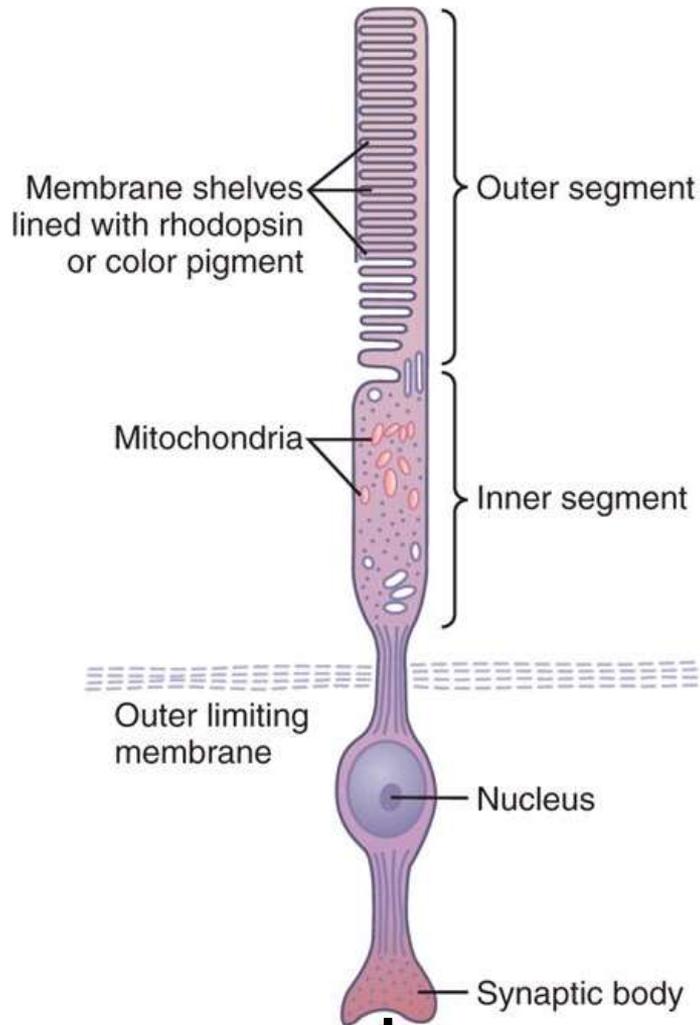
- ◉ Suplai darah bernutrisi untuk lapisan dalam retina → arteria retina sentralis.
- ◉ Lapisan dalam retina mempunyai suplai darah sendiri yg terlepas dari struktur lain pada mata.
- ◉ Lapisan luar retina (terutama segmen luar sel batang dan kerucut) melekat pada koroid → jar.kaya pembuluh darah diantara retina dan sklera.

FOTORESEPTOR



● **FIGURE 10-39 Photoreceptors: rods and cones.** The dark pigment epithelium absorbs extra light and prevents that light from reflecting back and distorting vision. Light transduction takes place in the outer segment of the photoreceptor. Changes in photoreceptor membrane potential alter neurotransmitter release onto bipolar cells.

SEL BATANG DAN KERUCUT



Segmen fungsional utama sel batang dan sel kerucut:

- segemen luar → fotokimia peka cahaya (rodopsin pada sel batang, pigmen warna pada sel kerucut)
- segmen dalam → penyedia energi untuk fungsi fotoreseptor
- nukleus dan
- badan sinaps → berhubungan dgn sel neuron berikutnya → sel horisontal dan sel bipolar

Gambaran diagramatik komponen utama fotoreseptor (baik sel batang dan sel kerucut)

sel horisontal dan sel bipolar

FOTOKIMIA PENGLIHATAN

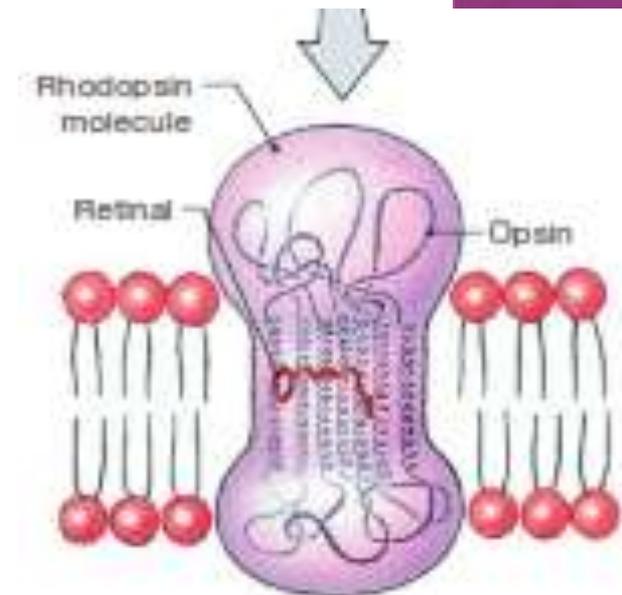
•Lipatan membran sel (sel batang) →

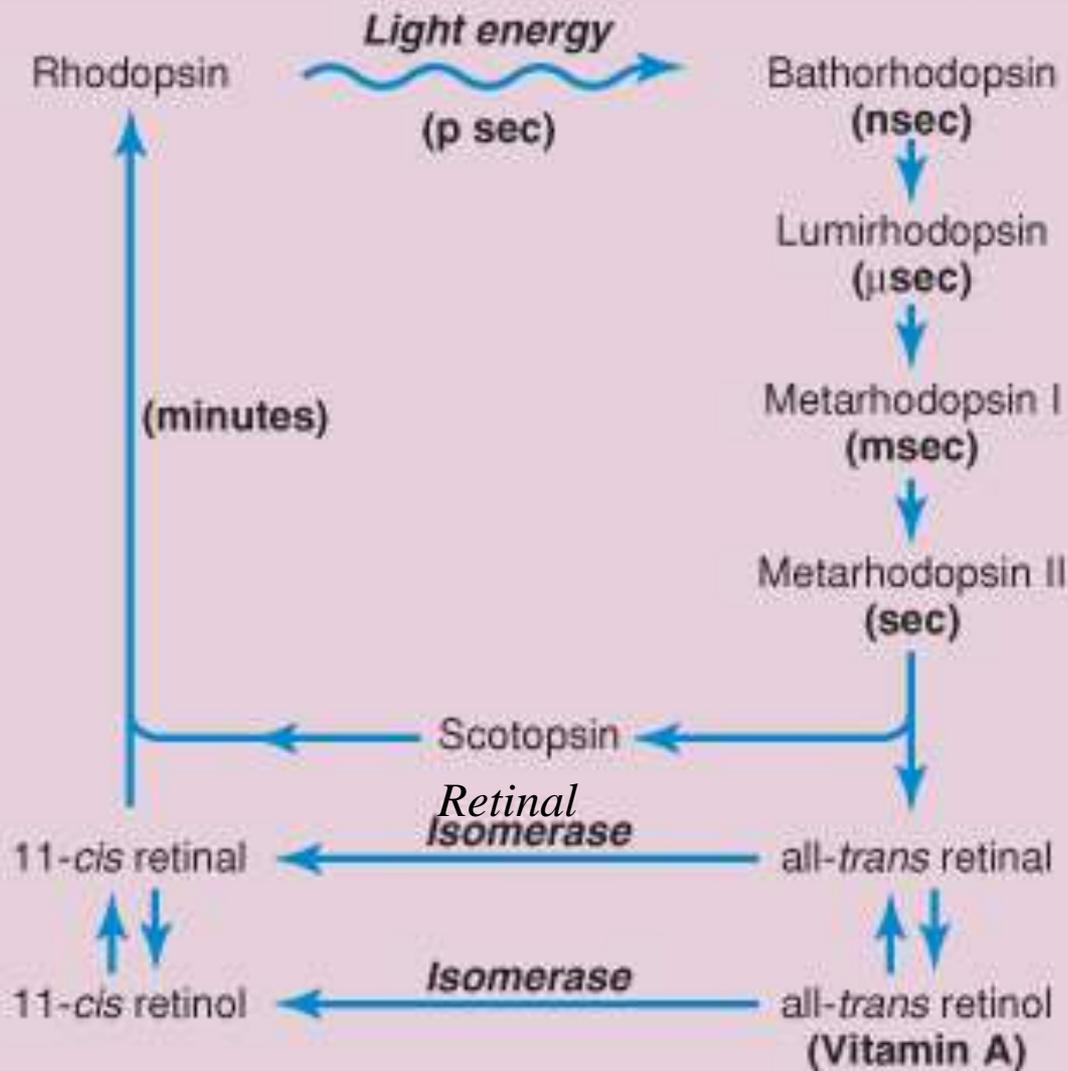
•Mengandung 40% rodopsin (visual purple)

•Kombinasi skotopsin dgn karotenoid retinal (11-cis retinal)

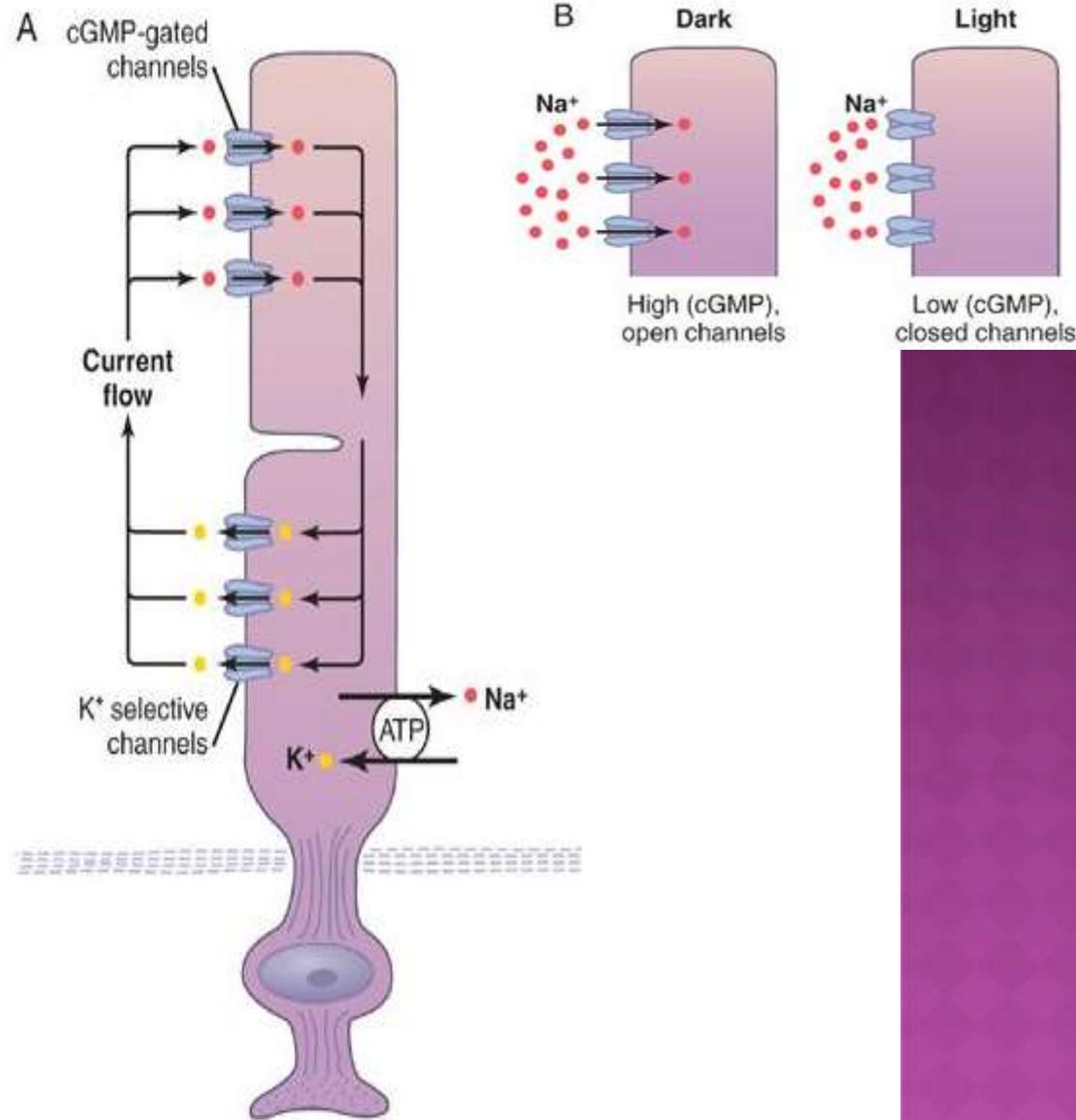
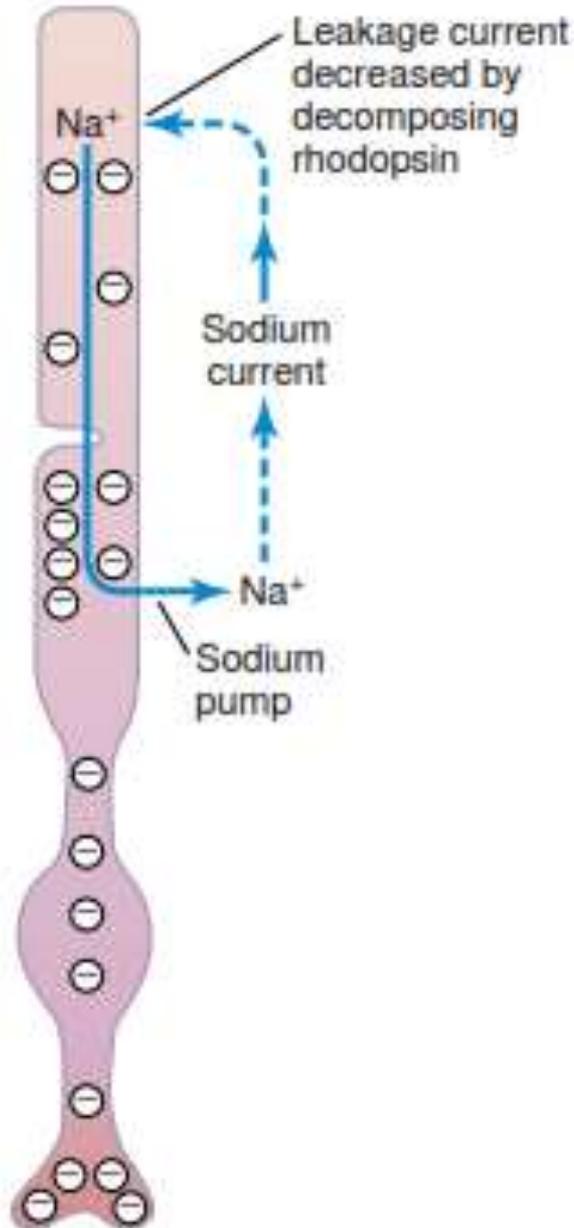
→ Lipatan membran sel

Segmen Luar sel batang dan kerucut

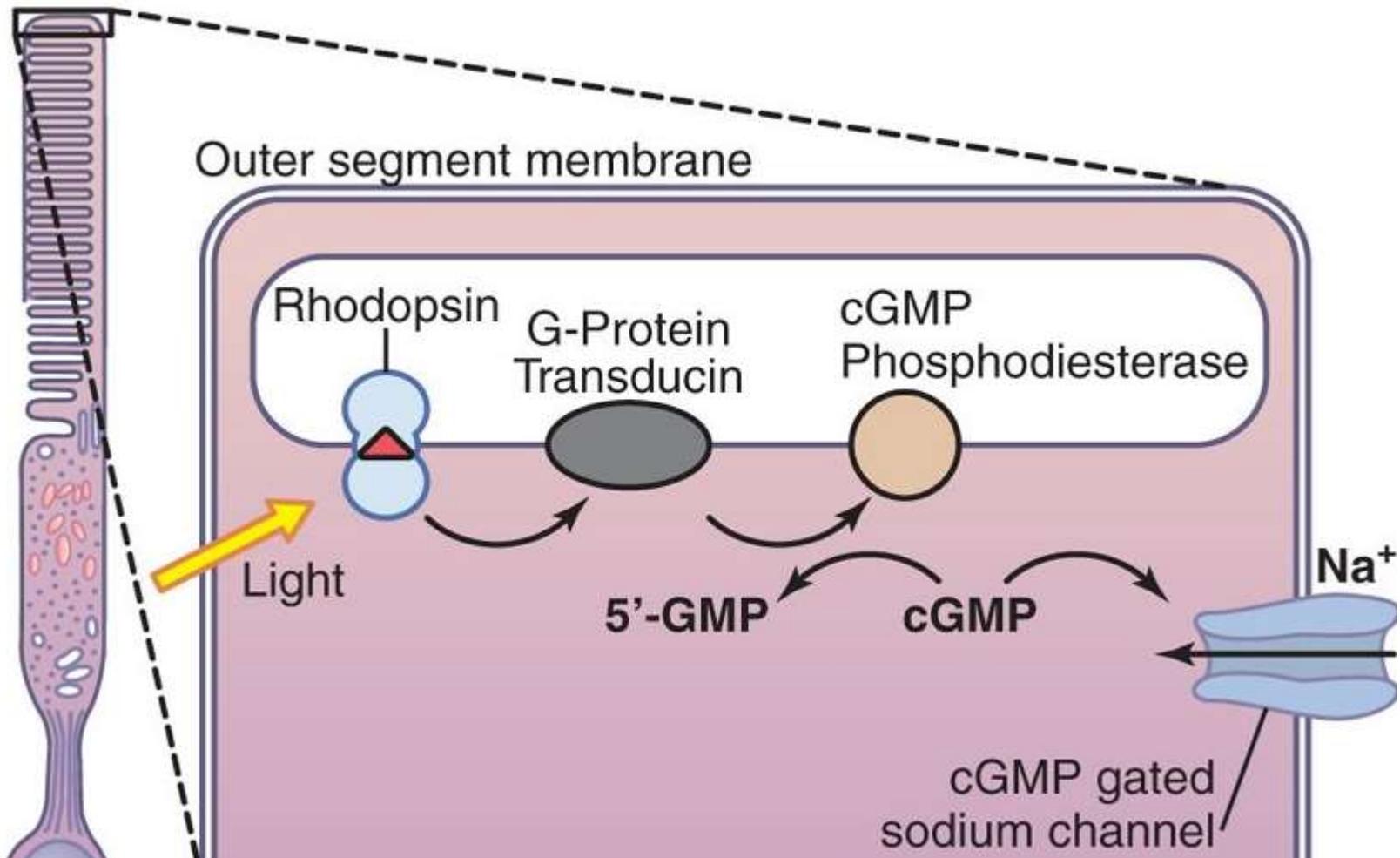




Rhodopsin teraktivasi
 Merangsang perubahan listrik dlm sel batang yg kemudian menghantarkan bayangan penglihatan ke sistem saraf pusat



Pada keadaan gelap normal, bila sel batang tidak dirangsang, terjadi pengurangan muatan elektronegativitas di sisi dalam membran sel batang

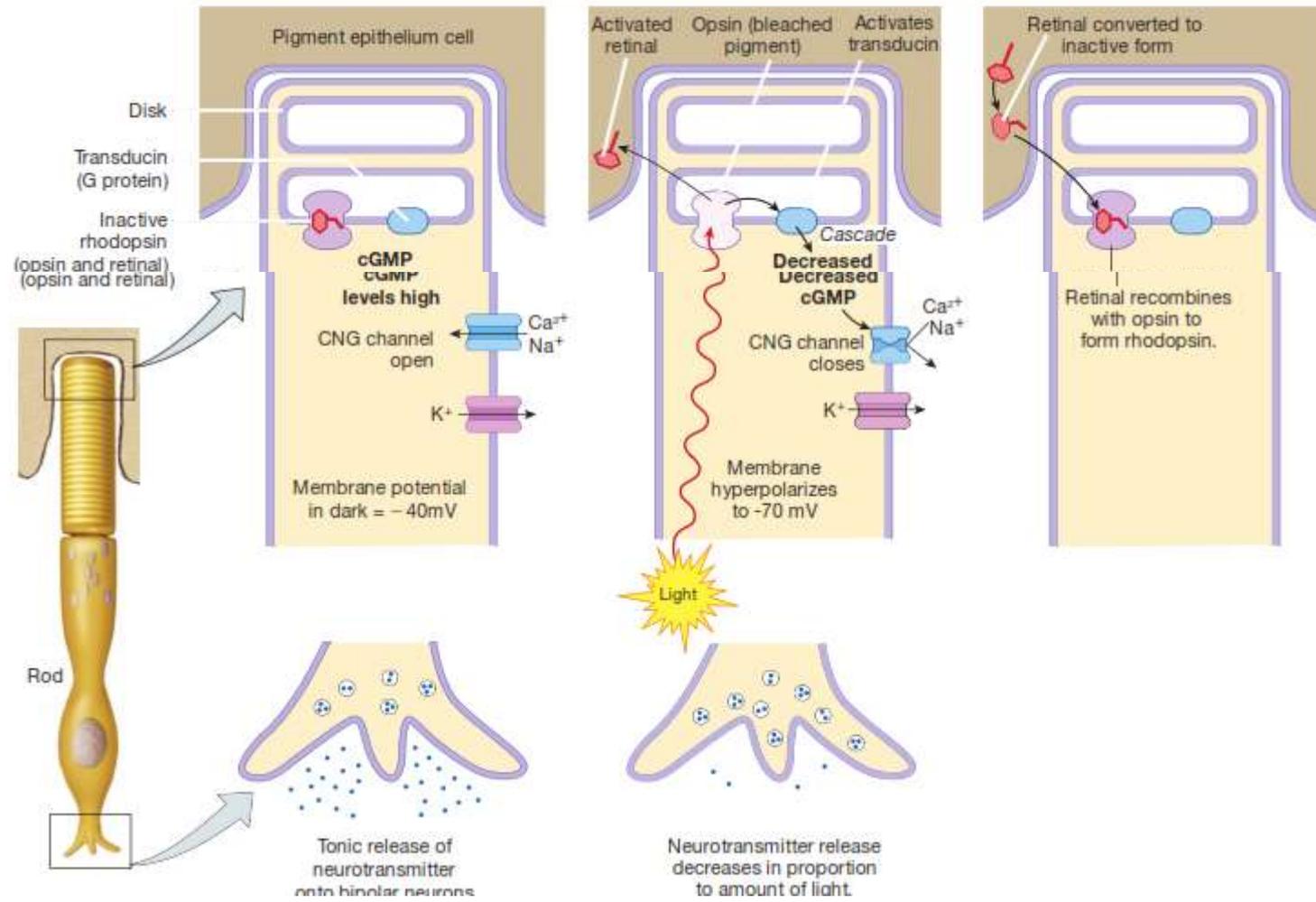


Fototransduksi di segmen luar membran fotoreseptor (batang atau kerucut). Bila cahayanya mengenai fotoreseptor (misalnya sel batang), bagian retinal rodopsin teraktivasi. Hal ini merangsang transdusin, suatu G-protein yg kemudian akan mengaktifkan fosfodiesterase cGMP. Enzim ini mengkatalisis pemecahan cGMP menjadi 5'-GMP. Penurunan cGMP menyebabkan penutupan kanal natrium, yg kemudian menimbulkan hiperpolarisasi fotoreseptor.

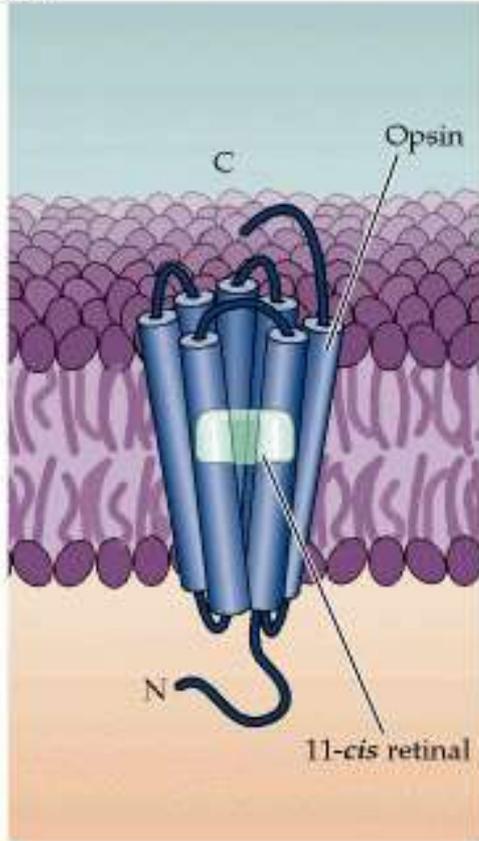
(a) In darkness, rhodopsin is inactive, cGMP is high, and CNG and K^+ channels are open.

(b) Light bleaches rhodopsin. Opsin decreases cGMP, closes CNG channels, and hyperpolarizes the cell.

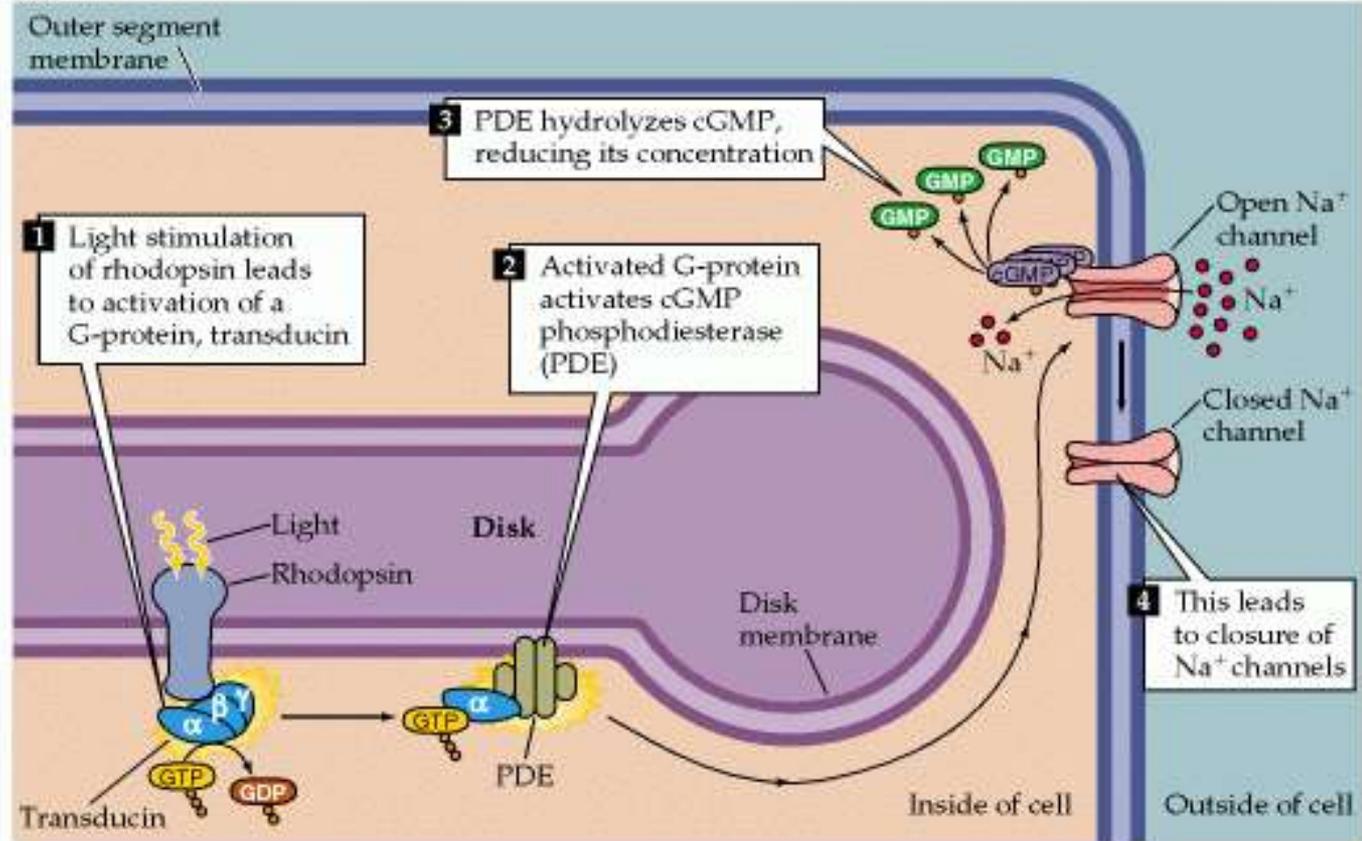
(c) In the recovery phase, retinal recombines with opsin.



(A)



(B)



DISTRIBUSI FOTORESEPTOR

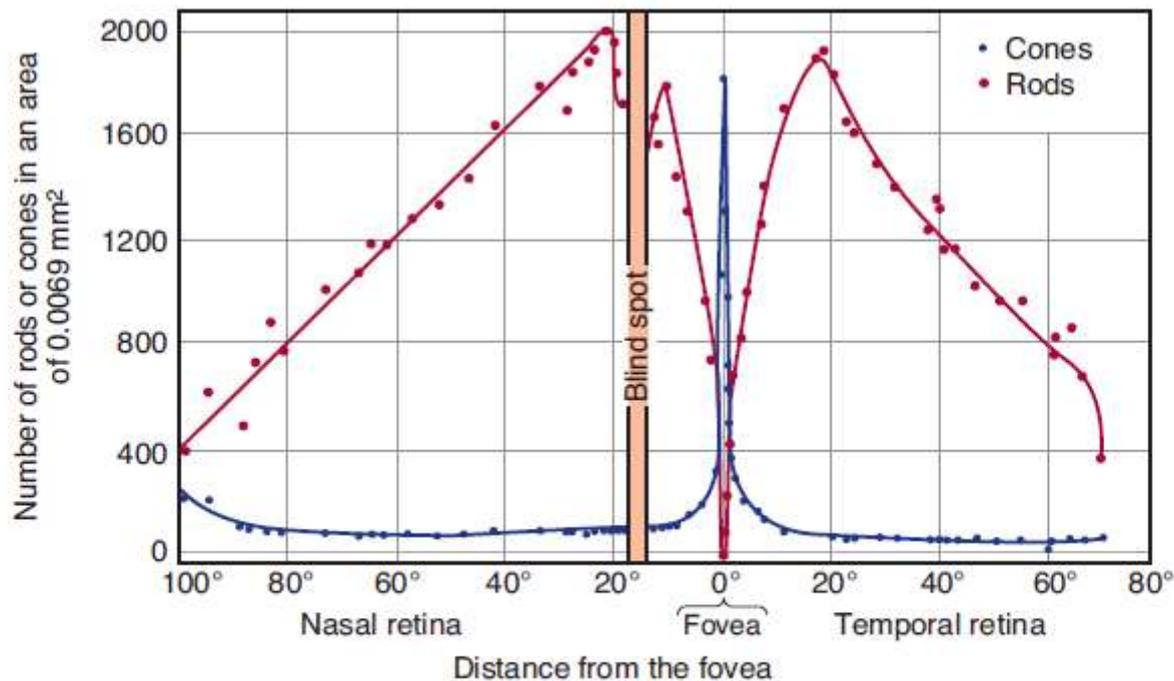


FIGURE 12-7 Rod and cone density along the horizontal meridian through the human retina. A plot of the relative acuity of vision in the various parts of the light-adapted eye would parallel the cone density curve; a similar plot of relative acuity of the dark-adapted eye would parallel the rod density curve.

DISTRIBUSI FOTORESEPTOR

- ⊙ Daerah perifer retina:
 - Memiliki rasio sel batang > sel kerucut
 - Memiliki rasio fotoreseptor > sel ganglion
- > sensitif terhadap cahaya, sebab:
 - Sel batang terspesialisasi untuk cahaya intensitas rendah
 - Terdapat > fotoreseptor untuk mengantarkan informasi ke setiap sel ganglion

DISTRIBUSI FOTORESEPTOR

- ⊙ Daerah sentral retina → fovea:
 - Merupakan penipisan retina di pusat makula → seperti lubang, karena pergeseran lateral dari sel-sel di atas fotoreseptor → cahaya dapat langsung mengenai fotoreseptor tanpa melewati lapisan retinal lain → **memaksimalkan ketajaman penglihatan** di fovea
 - Hanya terdiri dari sel kerucut, tidak ada sel batang

MEKANISME PEMBENTUKAN BAYANGAN



Panjang gelombang cahaya sekitar 397-723 nm

PRINSIP-PRINSIP OPTIK

THE EYE AS A CAMERA

- ◉ Optik setara dengan kamera foto biasa.
- ◉ Memiliki sistem lensa, pupil (diafragma) dan retina (film).
- ◉ Mata terdiri dari empat permukaan bias /refraksi:
 - (1) Permukaan antara udara dan anterior kornea
 - (2) Permukaan antara posterior kornea dan aqueous humor
 - (3) Permukaan antara aqueous humor dan anterior lensa mata
 - (4) Permukaan antara posterior lensa dan vitreous humor

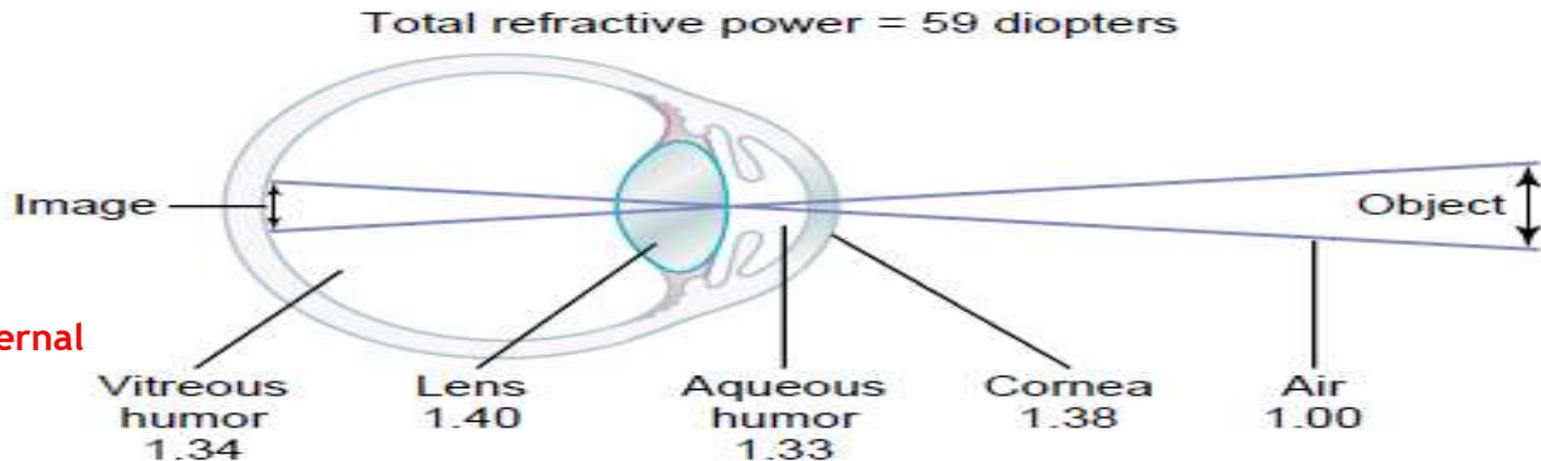


Figure 49-9

The eye as a camera. The numbers are the refractive indices.

PEMBIASAN CAHAYA

- ◉ Indeks Bias Substansi/ Zat Transparan
 - **Cahaya melalui udara 300,000 km/sec**, lebih lambat melalui lapisan padat dan cair.
 - Indeks bias substansi transparan: rasio kecepatan cahaya melalui udara dan kecepatan dlm substansi itu.
 - **Indeks bias udara 1**. Jika cahaya melalui jenis kaca kecepatannya 200.000 km/sec, indeks biasnya $\rightarrow 300.000/200.000 = 1.50$
- ◉ **Pembiasan Cahaya pada permukaan dua media dengan Indeks Bias Berbeda**

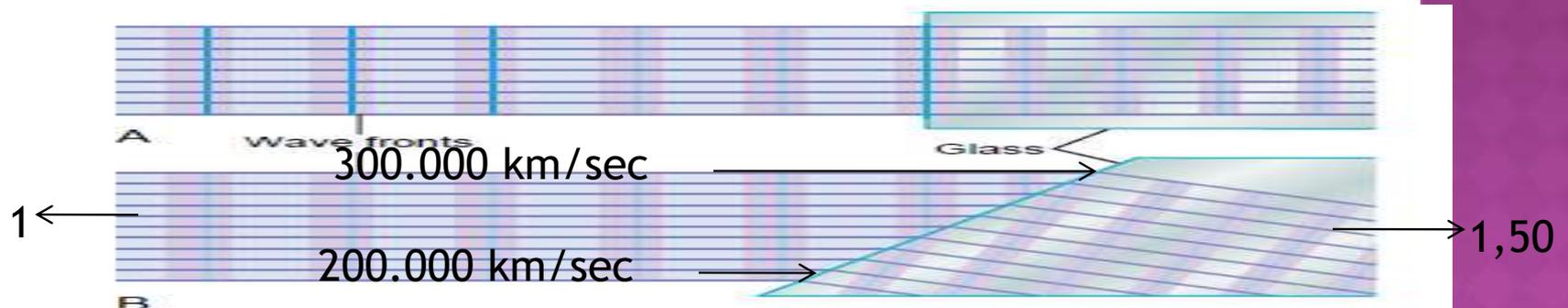


Figure 49-1

Light rays entering a glass surface perpendicular to the light rays (A) and a glass surface angled to the light rays (B). This figure

Arah rambat cahaya selalu tegak lurus terhadap bidang gelombang

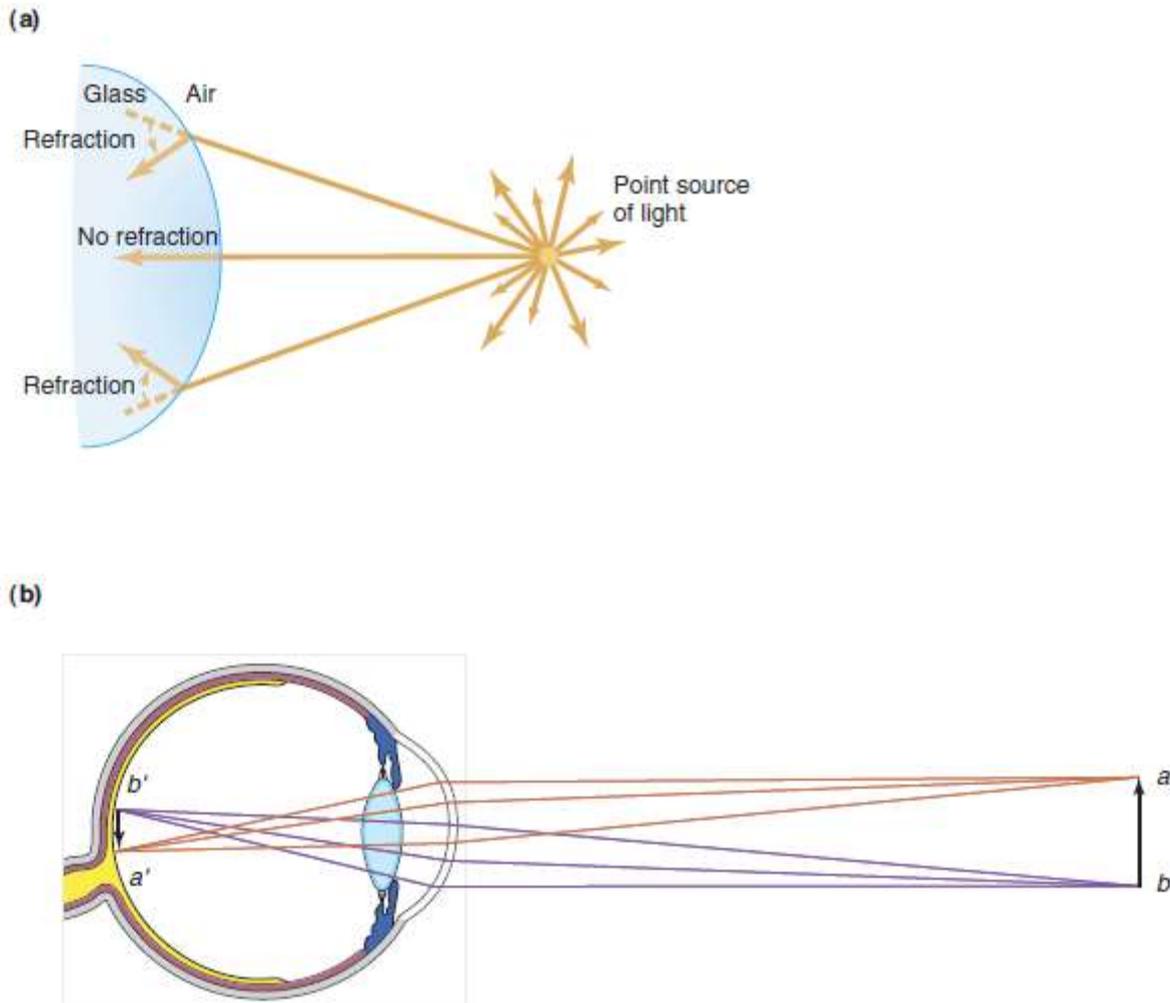
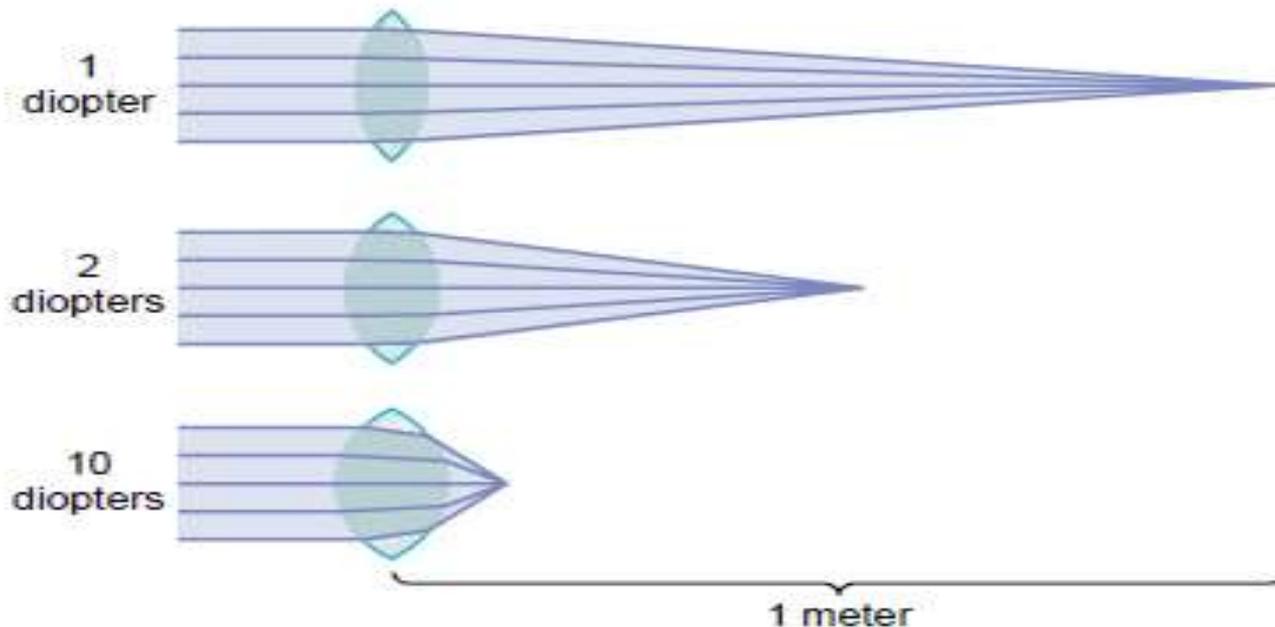


FIGURE 12–8 Focusing point sources of light. (a) When diverging light rays enter a dense medium at an angle to its convex surface, refraction bends them inward. (b) Refraction of light by the lens system. For simplicity, refraction is shown only at the corneal surface (site of greatest refraction) although it also occurs in the lens and elsewhere. Incoming light from *a* (above) and *b* (below) is bent in opposite directions, resulting in *b'* being above *a'* on the retina. (From Widmaier EP, Raff H, Strang KT: *Vander's Human Physiology*, 11th ed. McGraw-Hill, 2008.)

UKURAN DAYA BIAS LENSA- “DIOPTRI”

Makin besar sudut pembelokkan cahaya yang diakibatkan oleh sebuah lensa (refraksi), makin besar ‘daya bias’ lensa tersebut. Ukuran daya bias lensa disebut sebagai dioptri.

Gambar 8. Efek kekuatan lensa terhadap jarak focus



PENERAPAN PRINSIP PEMBIASAN PADA LENSA

- ◉ **Lensa Konveks memfokuskan Berkas Cahaya**

Cahaya sejajar memasuki lensa convex melewati bag tengah lensa tegak lurus kearah permukaan lensa, tanpa dibiaskan.

Sinar yang menuju lebih tepi lensa, semakin dibelokkan ke tengah → konvergensi.

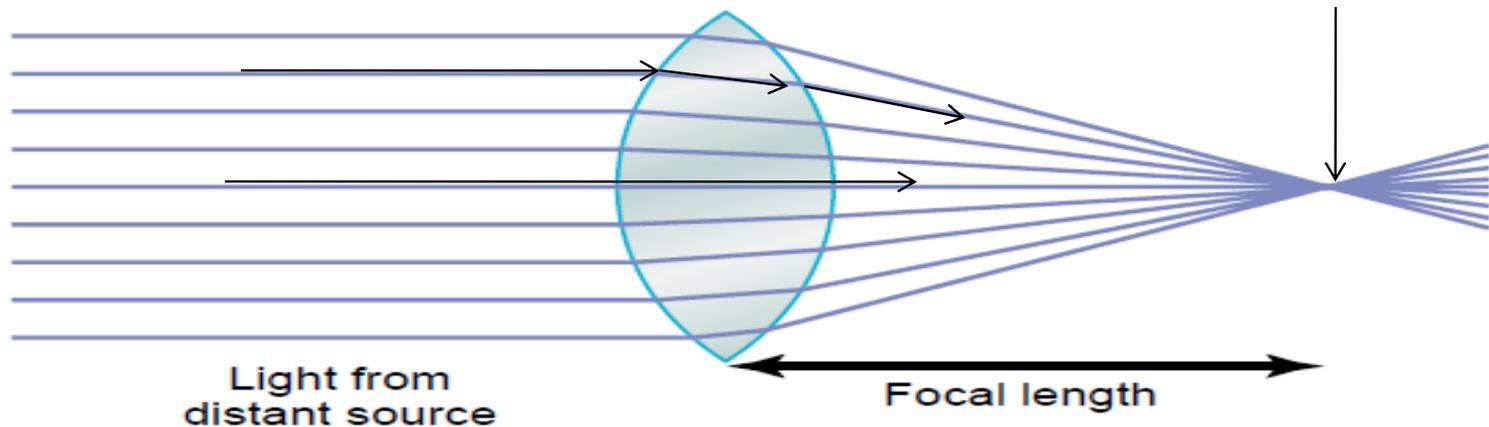


Figure 49–2

Bending of light rays at each surface of a convex spherical lens, showing that parallel light rays are focused to a *focal point*.

Berkas cahaya dari sebuah objek mengenai lensa dari jarak lebih daripada 6 m (20 kaki) dianggap sejajar

LENSA KONKAF MENYEBARKAN BERKAS CAHAYA

- ◉ Sinar masuk tegak lurus terhadap lensa, tidak dibiaskan. Sinar ditepi lensa memasuki kepala lensa. Hal ini berlawanan dengan efek lensa cembung

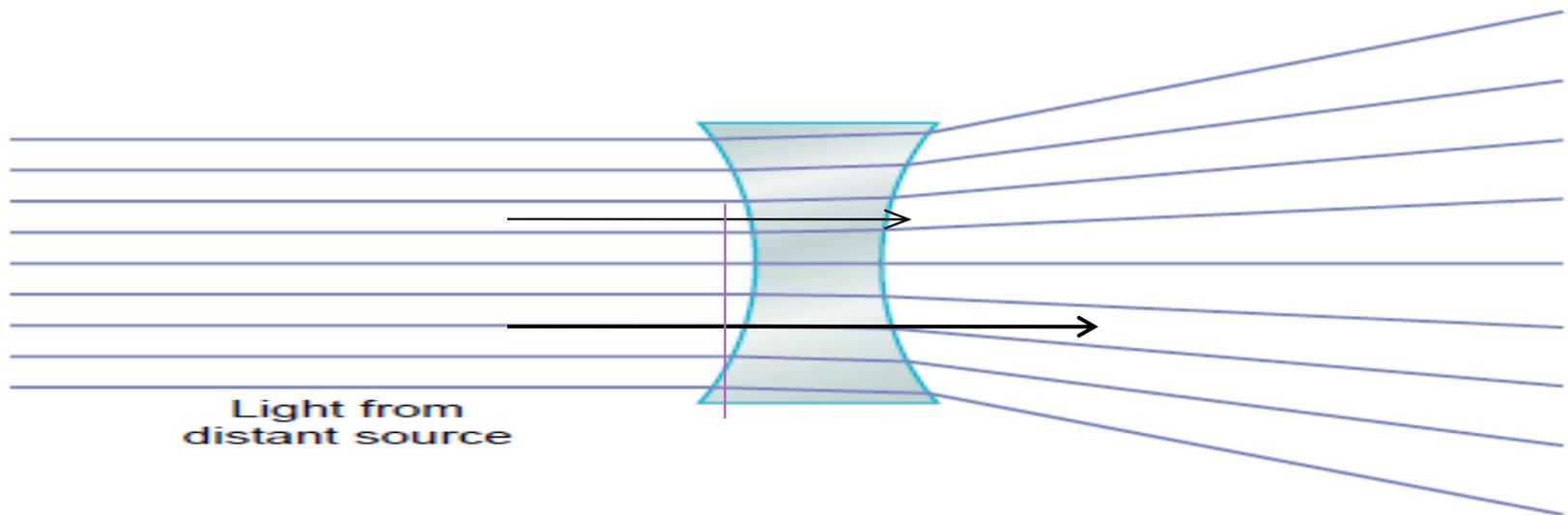


Figure 49–3

Bending of light rays at each surface of a concave spherical lens, showing that parallel light rays are *diverged*.

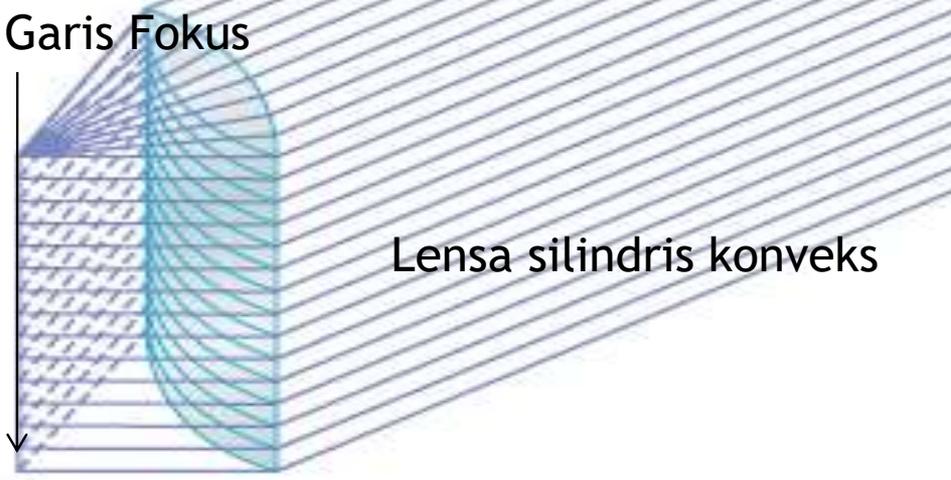
LENSA SILINDRIS MEMBELOKKAN BERKAS CAHAYA HANYA DALAM SATU BIDANG- PEMBANDINGAN DENGAN LENS A SFERIS

Lensa silindris membelokkan cahaya yg datang dari kedua sisi lensa, tdk dari atas/bawah → garis fokus

Lensa sferis dibiaskan pada semua sisi lensa → titik fokus



A



B

Figure 49-4

A, Point focus of parallel light rays by a spherical convex lens. B, Line focus of parallel light rays by a cylindrical convex lens.

PEMBENTUKKAN BAYANGAN OLEH LENS KONVEKS

- Setiap benda yg terletak di depan lensa pada kenyataannya merupakan kumpulan dari beberapa titik sumber cahaya.
- Setiap titik sumber cahaya membentuk titik fokus yg berbeda pada sisi lain lensa yg segaris dengan pusat lensa.

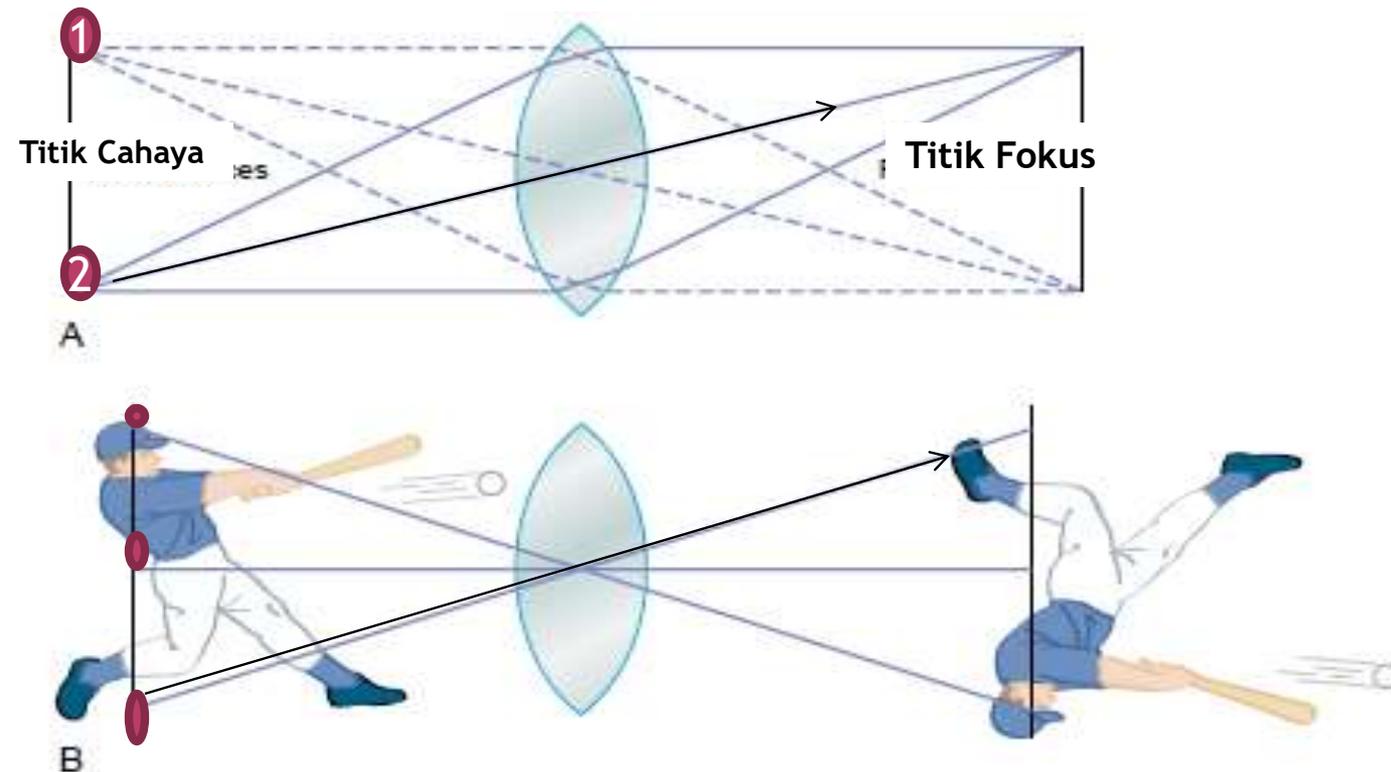


Figure 49-7

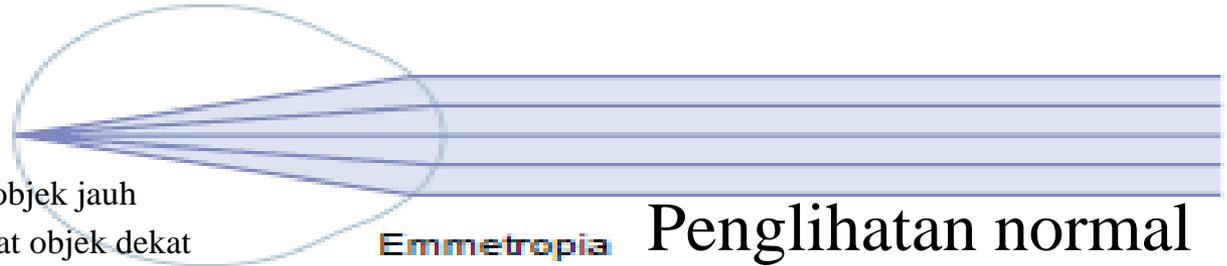
A, Two point sources of light focused at two separate points on opposite sides of the lens. B, Formation of an image by a convex spherical lens.

Formation of an Image on the Retina.

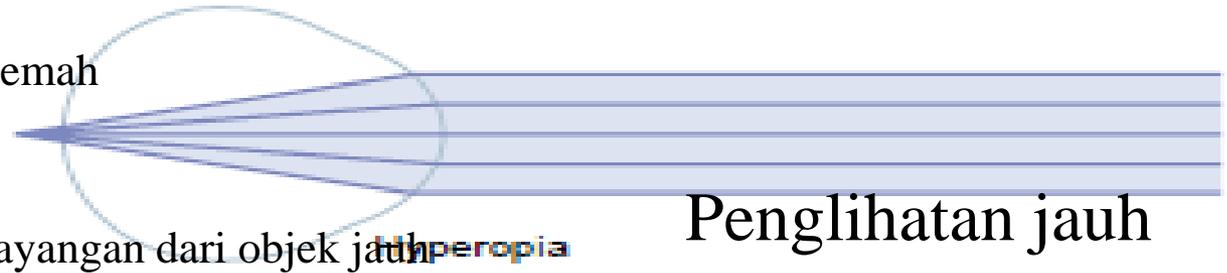
- ◉ Lensa kaca dapat memfokuskan gambar pada selembar kertas, sistem lensa mata memfokuskan gambar pada gambar retina. Bayangan terbalik dibandingkan dengan objek. Namun, pikiran merasakan obyek dalam posisi tegak meskipun orientasi terbalik pada retina karena otak terlatih untuk mempertimbangkan sebuah gambar terbalik sebagai normal.
- ◉ Sejak lahir setiap bayangan terbalik di retina akan dipandang sebagai bayangan tegak dan diproyeksikan ke lapang pandang di sisi berlawanan dari daerah retina yang dirangsang. Persepsi ini sudah ada pada masa bayi dan bersifat bawaan.

KELAINAN PEMBIASAN

- Otot siliaris relaksasi total saat melihat objek jauh
- Dapat melakukan akomodasi saat melihat objek dekat



- Bola mata terlalu pendek
- Daya bias sistem lensa terlalu lemah
- Otot siliaris berkontraksi (mekanisme akomodasi)
- mekanisme u/memfokuskan bayangan dari objek jauh



Dapat melakukan akomodasi saat melihat objek dekat

- Bola mata terlalu panjang
- Daya bias sistem lensa terlalu kuat
- Tidak ada mekanisme u/memfokuskan bayangan dari objek jauh

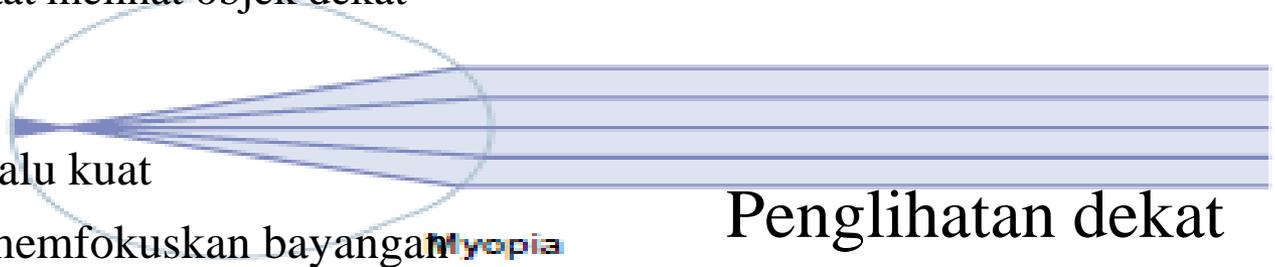
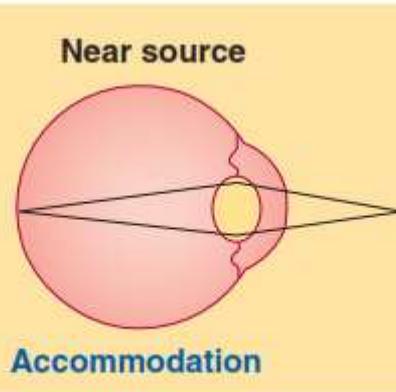
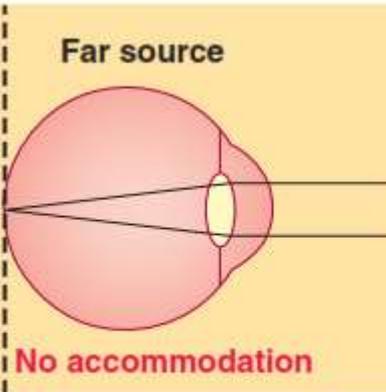


Figure 49-12

- Dapat melakukan akomodasi saat melihat objek dekat

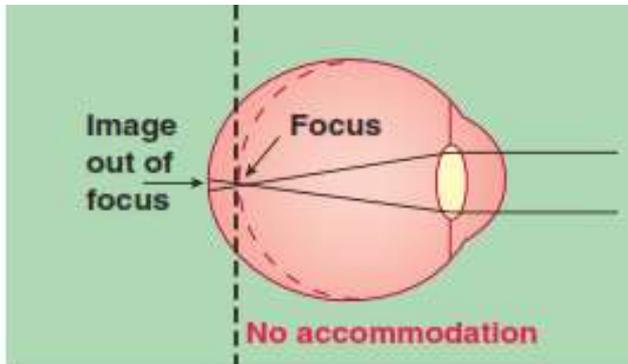
Parallel light rays: focus on the retina in emmetropia, behind the retina in hyperopia, and in front of the retina in myopia.



Far source focused on retina without accommodation

Near source focused on retina with accommodation

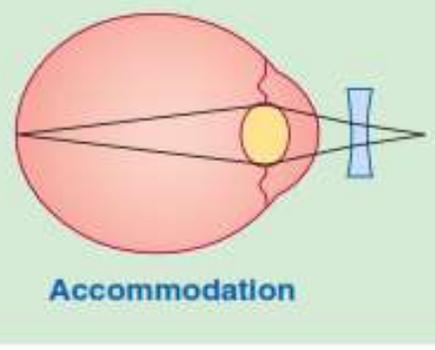
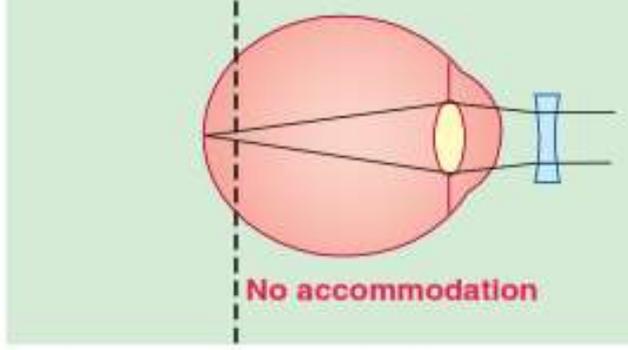
(a) Normal eye (Emmetropia)



1. Uncorrected

Far source focused in front of retina (where retina would be in eye of normal length)

Near source focused on retina without accommodation

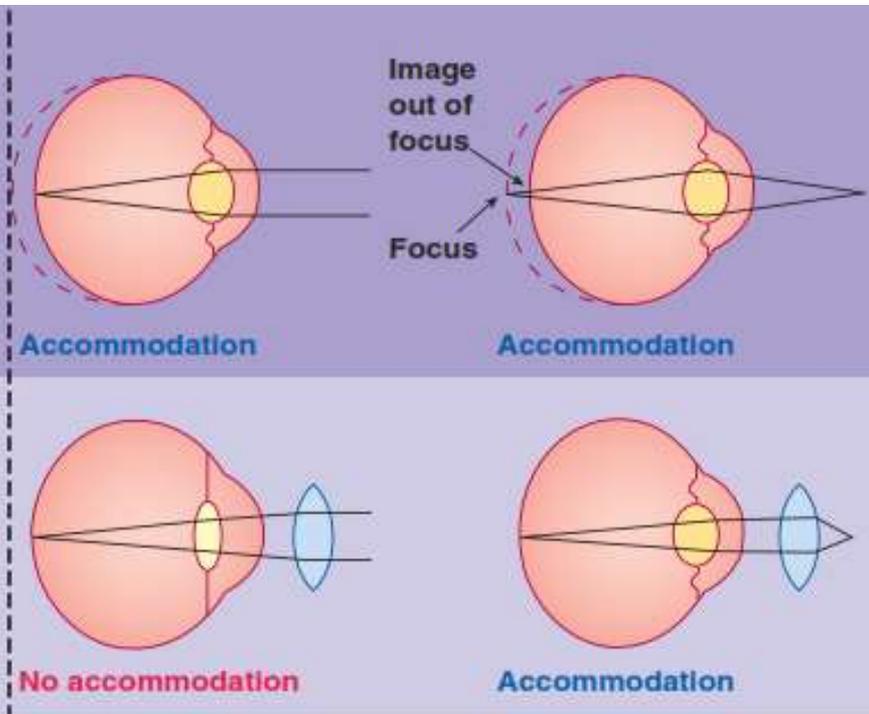


2. Corrected with concave lens, which diverges light rays before they reach the eye

Far source focused on retina without accommodation

Near source focused on retina with accommodation

(b) Nearsightedness (Myopia)



1. Uncorrected

Far source focused on retina with accommodation

Near source focused behind retina even with accommodation

2. Corrected with convex lens, which converges light rays before they reach the eye

Far source focused on retina without accommodation

Near source focused on retina with accommodation

(c) Farsightedness (Hyperopia)

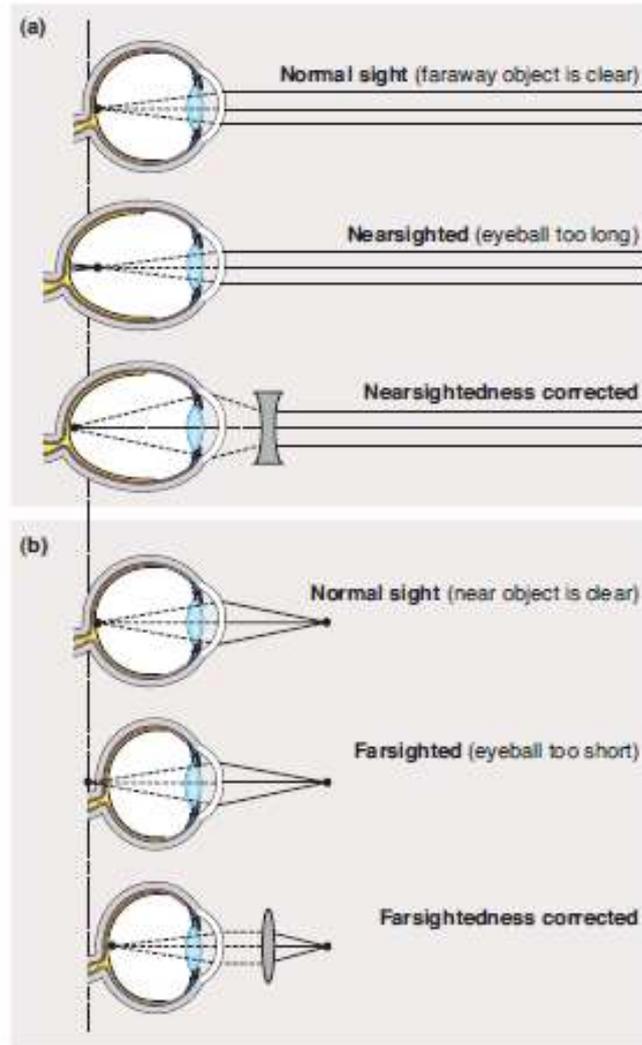


FIGURE 12-9 Common defects of the optical system of the eye. In hyperopia (farsightedness), the eyeball is too short and light rays come to a focus behind the retina. A biconvex lens corrects this by adding to the refractive power of the lens of the eye. In myopia (near-sightedness), the eyeball is too long and light rays focus in front of the retina. Placing a biconcave lens in front of the eye causes the light rays to diverge slightly before striking the eye, so that they are brought to a focus on the retina. (From Widmaier EP, Raff H, Strang KT: *Vander's Human Physiology*, 11th ed. McGraw-Hill, 2008.)

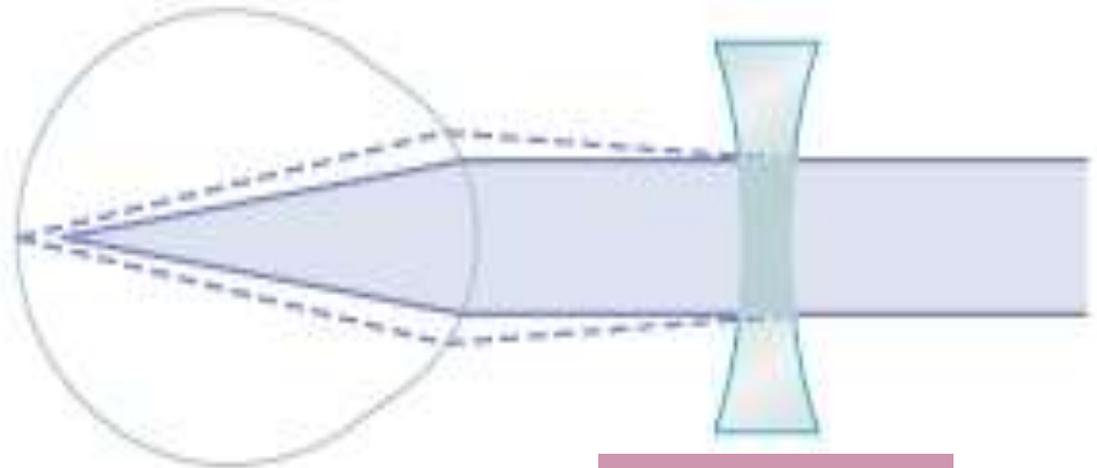
KOREKSI

MIOPIA

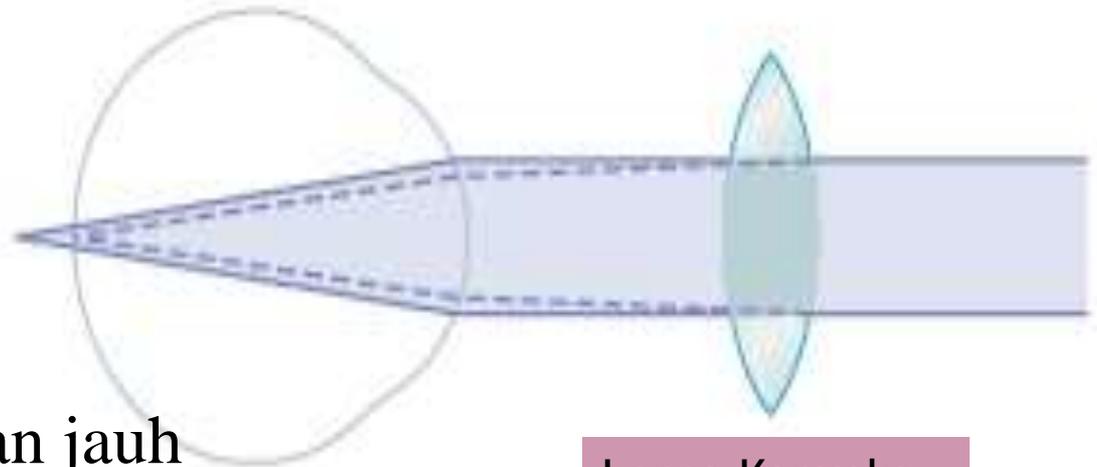
Penglihatan dekat

DAN

HIPEROPIA



Lensa Konkaf

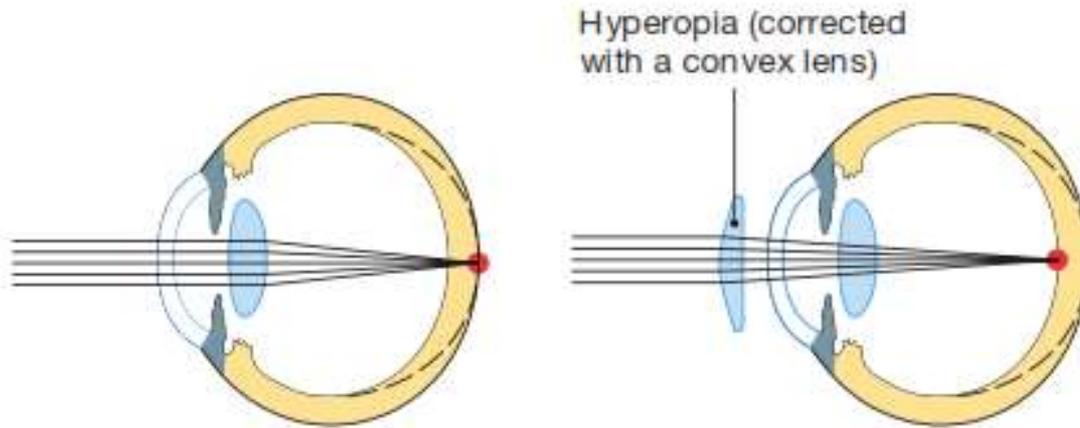


Lensa Konveks

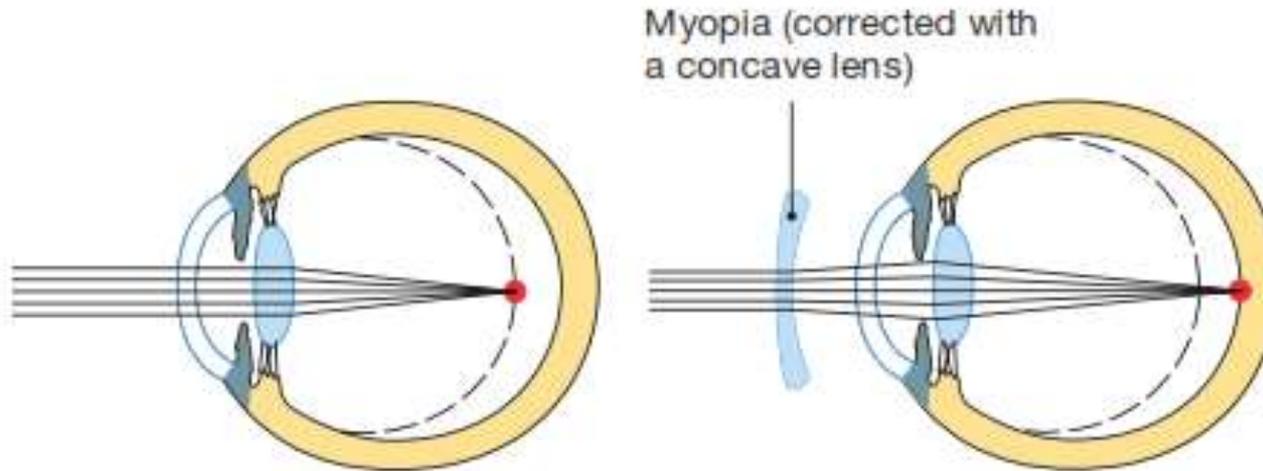
Penglihatan jauh

Figure 49-13

Correction of myopia with a concave lens, and correction of hyperopia with a convex lens.



(a) Hyperopia, or far-sightedness, occurs when the focal point falls behind the retina.



(b) Myopia, or near-sightedness, occurs when the focal point falls in front of the retina.

ASTIGMATISM

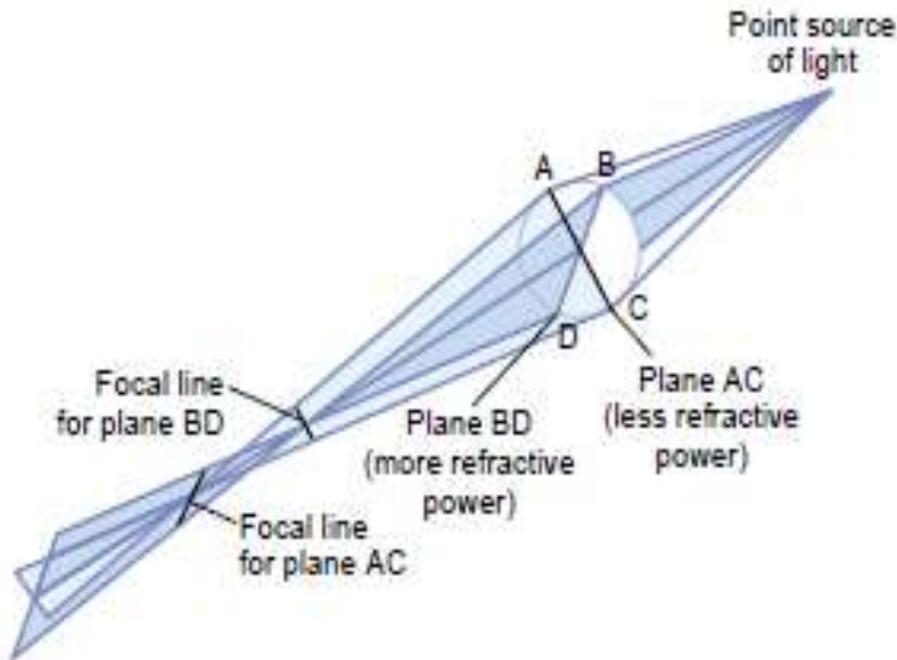


Figure 49-14

Astigmatism, demonstrating that light rays focus at one focal distance in one focal plane (plane AC) and at another focal distance in the plane at a right angle (plane BD).

- Kelainan refraksi mata yg menyebabkan bayangan penglihatan pada satu bidang difokuskan pada jarak yg berbeda dari bidang yang tegak lurus → >> lengkung kornea pada salah satu bidang di mata
- Paling sering disebabkan oleh terlalu besarnya lengkung kornea pada salah satu bidang di mata.
- Daya akomodasi tdk dpt mengkompensasi kelainan ini.

KOREKSI ASTIGMATISMA DGN LENSA SILINDRIS

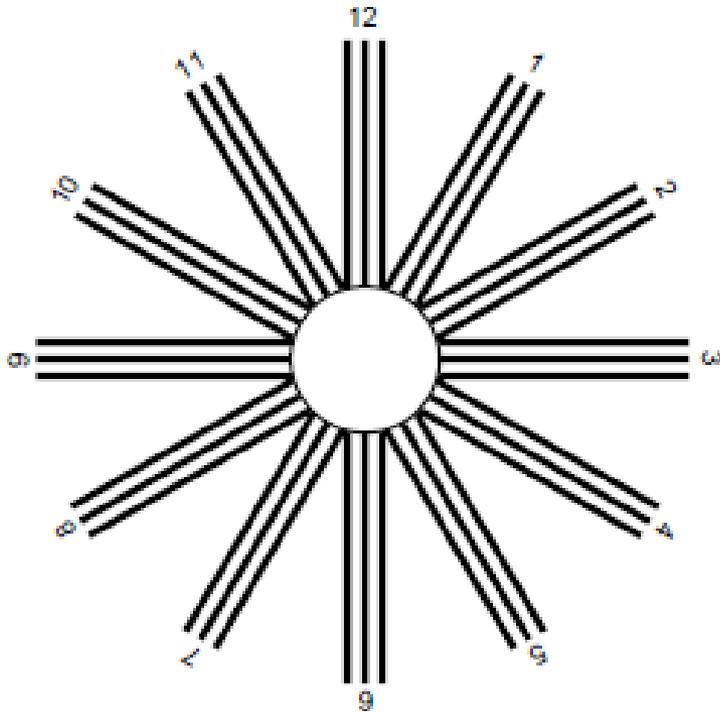


Figure 49-15

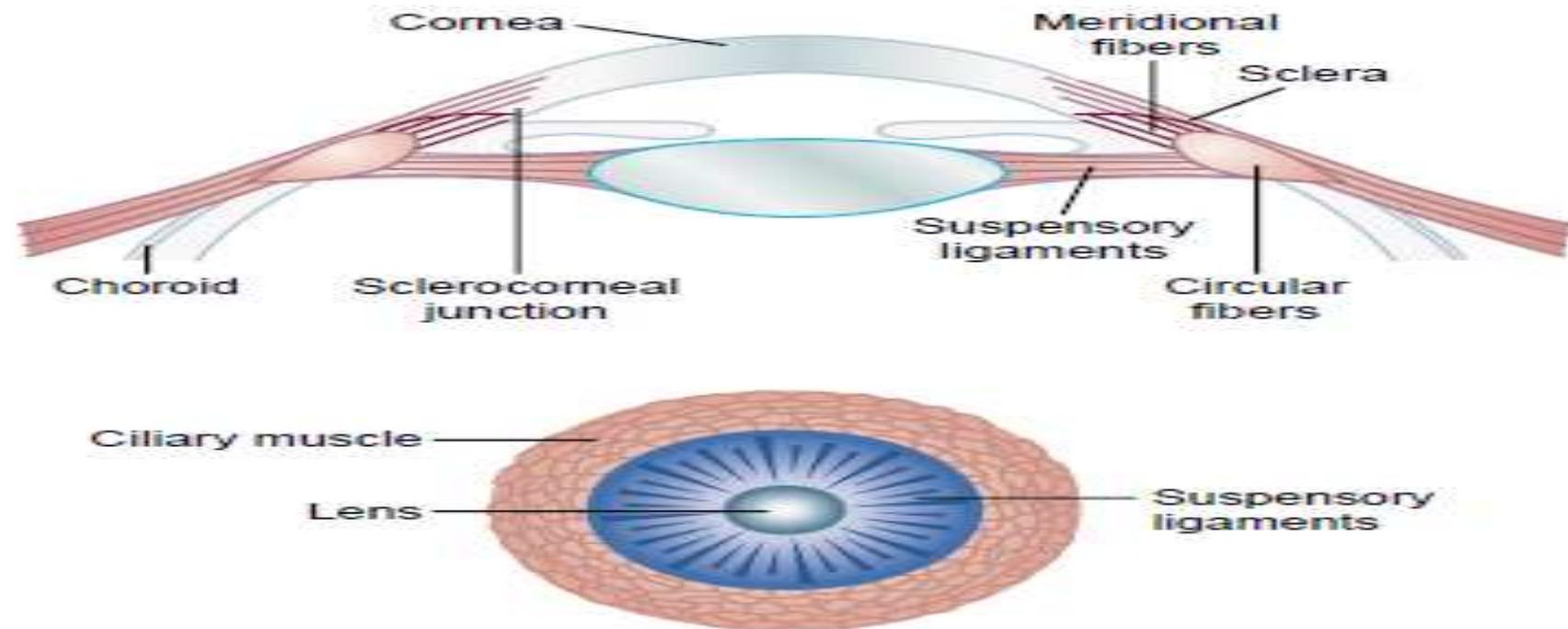
Chart composed of parallel black bars at different angular orientations for determining the axis of astigmatism.

Gambar berupa garis-garis hitam paralel pada berbagai orientasi sudut untuk menentukan sumbu astigmatisme

- ⊙ Trial and error → koreksi sferis
- ⊙ **Sumbu dan kekuatan** lensa silindris harus ditetapkan → koreksi silindris
- ⊙ Sumbu bidang silindris mata yg tidak terfokus sejajar dgn garis yg terlihat kabur

MECHANISM OF “ACCOMMODATION”

- Lensa berubah cembung (proses kelengkungan ditingkatkan) → akomodasi.
- Lensa terdiri dari kapsul elastis kuat berisi protein kental (cairan transparan). Bila lensa dalam keadaan rileks tanpa ketegangan pada kapsul, bentuknya hampir sferis.
- Terdapat 70 lig. Suspensorium melekat disekeliling lensa, menarik tepi lensa ke arah luar bola mata. Regangan pada lig ini menyebabkan lensa datar dlm keadaan mata istirahat.
- Otot siliaris → serat meridional (kontraksi: tertarik ke medial ke tepi kornea) mengurangi regangan ligamen terhadap lensa. Serat sirkular (kontraksi: mengurangi diameter lingkaran pelekatan ligamen) tarikan ligamen trhdp kapsul lensa berkurang. → lensa akan berbentuk lebih cembung.



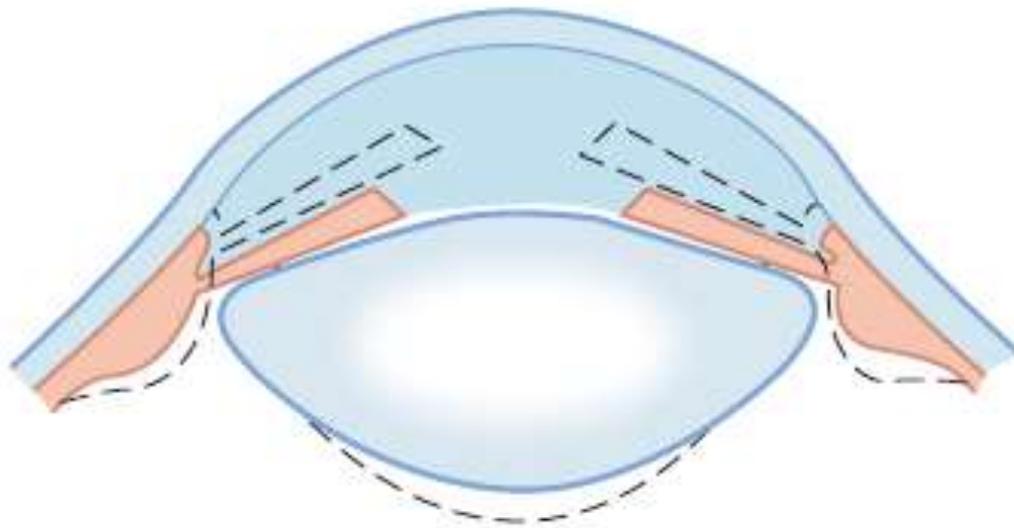
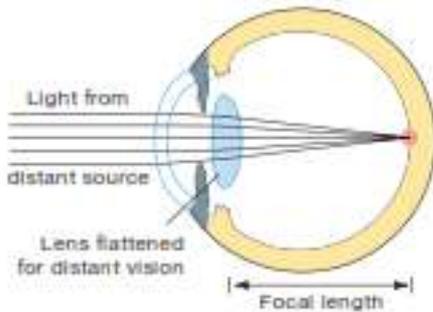
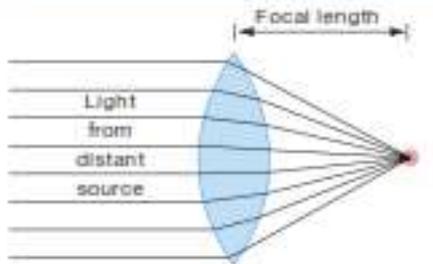


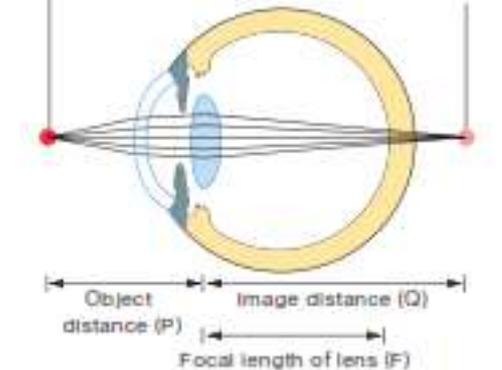
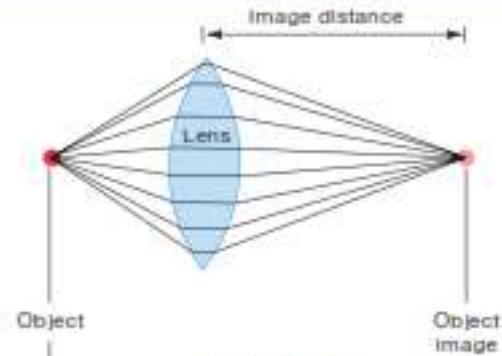
FIGURE 12-10 Accommodation. The solid lines represent the shape of the lens, iris, and ciliary body at rest, and the dashed lines represent the shape during accommodation. When gaze is directed at a near object, ciliary muscles contract. This decreases the distance between the edges of the ciliary body and relaxes the lens ligaments, and the lens becomes more convex.

PRINSIP PADA AKOMODASI

(a) Parallel light rays pass through a flattened lens and the focal point falls on the retina.

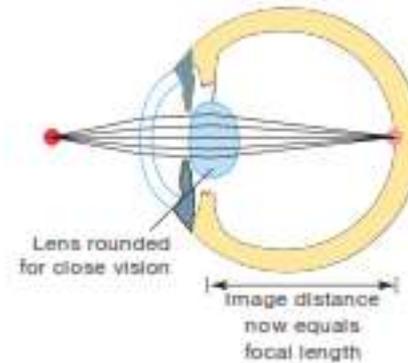
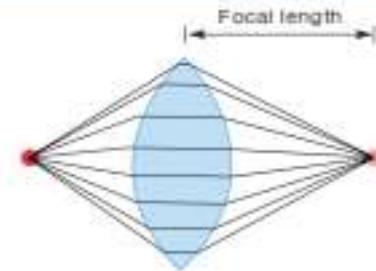


(b) For close objects, the light rays are no longer parallel.



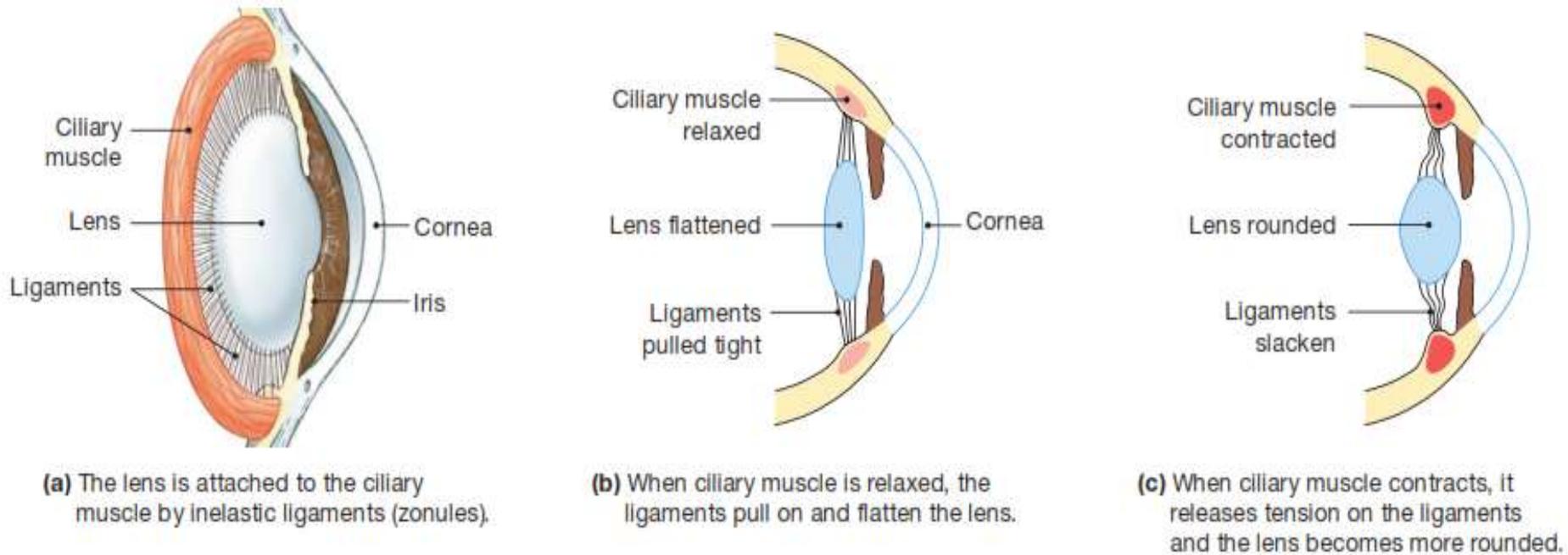
The lens and its focal length have not changed but the object is seen out of focus because the light beam is not focused on the retina.

(c) Rounding a lens shortens its focal length.



To keep an object in focus as it moves closer, the lens becomes more rounded.

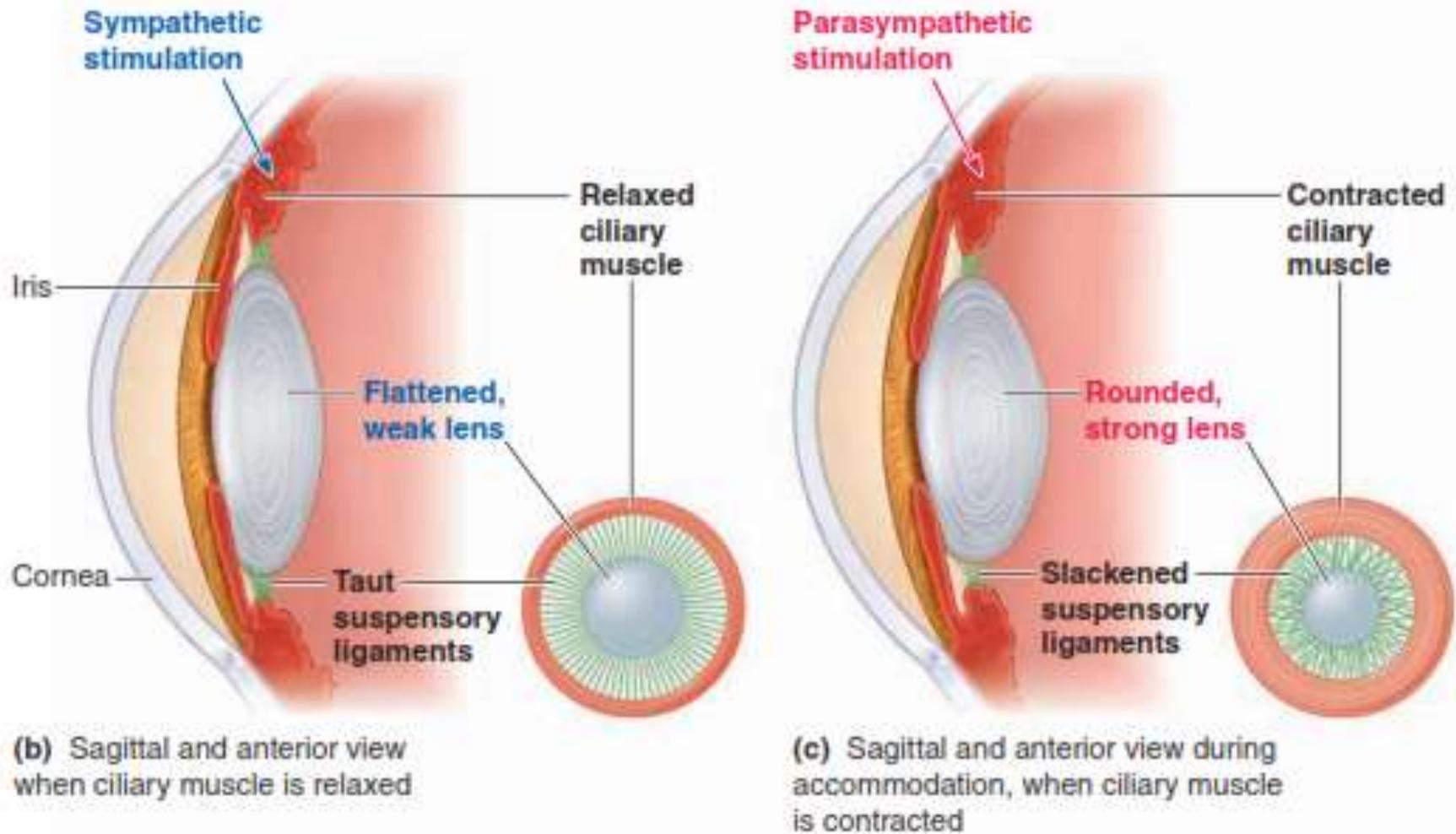
PROSES AKOMODASI



● **FIGURE 10-34** *Changes in lens shape are controlled by the ciliary muscle.*

ACCOMMODATION IS CONTROLLED BY PARASYMPATHETIC NERVES

- Otot ciliary dikendalikan saraf parasimpatis → sinyal ditransmisikan ke mata melalui saraf kranial III dan nukleus saraf III pada batang otak.
- Stimulasi kontraksi saraf parasimpatis serat otot ciliary, merenggangkan ligamen lensa → lensa menjadi lebih tebal dan daya bias ↑ (mata mampu melihat objek lbh dekat)
- sebuah objek bergerak mendekat ke arah mata → jumlah impuls parasimpatis pada otot ciliary harus semakin ditingkatkan → agar objek tetap dpt dilihat dgn jelas.



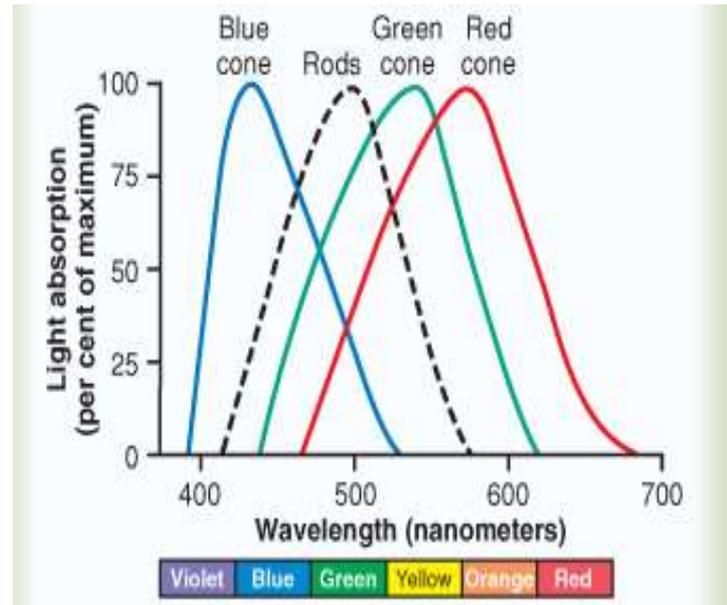
- FIGURE 6-21 Mechanism of accommodation.** (a) Suspensory ligaments extend from the ciliary muscle to the outer edge of the lens. (b) When the ciliary muscle is relaxed, the suspensory ligaments are taut, putting tension on the lens so that it is flat and weak. (c) When the ciliary muscle is contracted, the suspensory ligaments become slack, reducing the tension on the lens, allowing it to assume a stronger, rounder shape because of its elasticity.

PRESBIOPIA- HILANGNYA DAYA AKOMODASI LENSA

- ◉ Meningkatnya usia → lensa semakin besar, menebal dan kurang elastis → sebagian karena denaturasi progresif protein lensa.
- ◉ Daya akomodasi menurun dari sekitar 14 dioptri pada anak menjadi kurang dari 2 dioptri pada saat seseorang mencapai 45 sampai 50 tahun, kemudian menurun menjadi 0 dioptri pada usia 70 tahun. Setelah itu, lensa tetap hampir sepenuhnya non akomodasi → "presbiopia." mata terfokus permanen pada suatu jarak tertentu.
- ◉ Mata tidak bisa lagi menampung penglihatan baik dekat dan jauh. Untuk melihat dengan jelas baik di kejauhan dan di dekatnya, orang tua harus memakai kacamata bifokus dengan segmen difokuskan untuk lihat jauh dan segmen bawah difokuskan untuk lihat dekat (Cth : membaca)

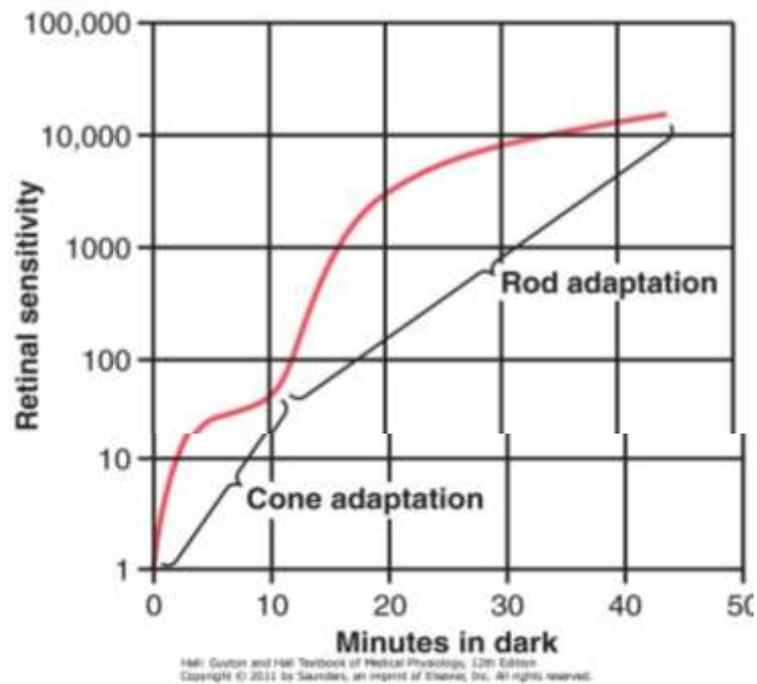
FOTOKIMIA PENGLIHATAN WARNA OLEH KERUCUT

- ⦿ Fotokimia dlm sel kerucut = sel batang
- ⦿ Perbedaan pada protein-fotopsin.
- ⦿ Pigmen peka terhadap warna dan sel kerucut merupakan kombinasi antara retinal dan fotopsin



Pigmen peka warna biru: 445
Pigmen peka Warna hijau 535
Pigmen peka Warna merah 570
Rodopsin 505

ADAPTASI DALAM GELAP DAN TERANG



- Kurva adaptasi gelap.
- Orang berada di tempat terang yg cukupn lama kmdn ke tempat gelap.
- Sensitifitas retina sangat rendah sewaktu awal di tempat gelap.
- Adanya inflasi pada kurva

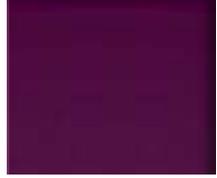
ADAPTASI TERANG-GELAP

- Transisi dari penglihatan terang (semua sel kerucut) ke penglihatan gelap (semua sel batang) membutuhkan waktu (\pm 20-25 menit) \rightarrow adaptasi gelap (*dark adaptation*) \rightarrow terjadi peningkatan sensitivitas terhadap cahaya $>$ 1 juta kali, karena:
 - Dilatasi pupil \rightarrow $m\uparrow$ sensitivitas 16 kali
 - Regenerasi sel batang yang belum ter-*bleaching*
 - Penyesuaian sirkuit fungsional retina \rightarrow informasi dari $>$ sel batang tersedia untuk tiap sel ganglion

ADAPTASI TERANG-GELAP

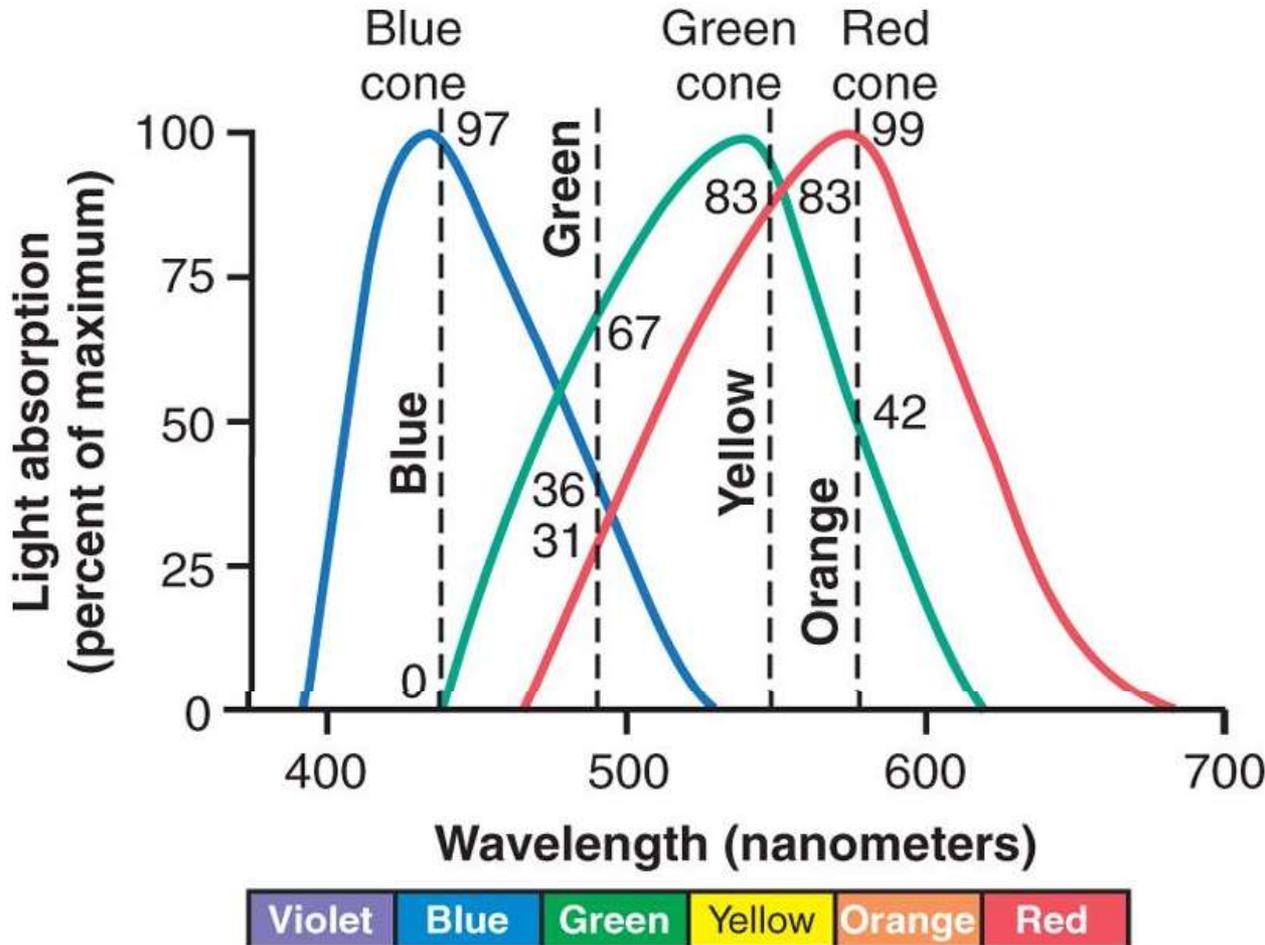
- Transisi dari penglihatan gelap ke penglihatan terang membutuhkan waktu (\pm 5-10 menit) → adaptasi terang (*light adaptation*) → P↑
sensitivitas pada adaptasi gelap membuat fotoreseptor tersaturasi sesaat saat terkena cahaya terang
- Adaptasi terang-gelap memungkinkan sistem visual manusia bekerja pada berbagai intensitas cahaya

PENGLIHATAN WARNA



- Sistem saraf akan menginterpretasikan susunan rasio

Sel krucut merah:
sel krucut hijau:
sel krucut biru



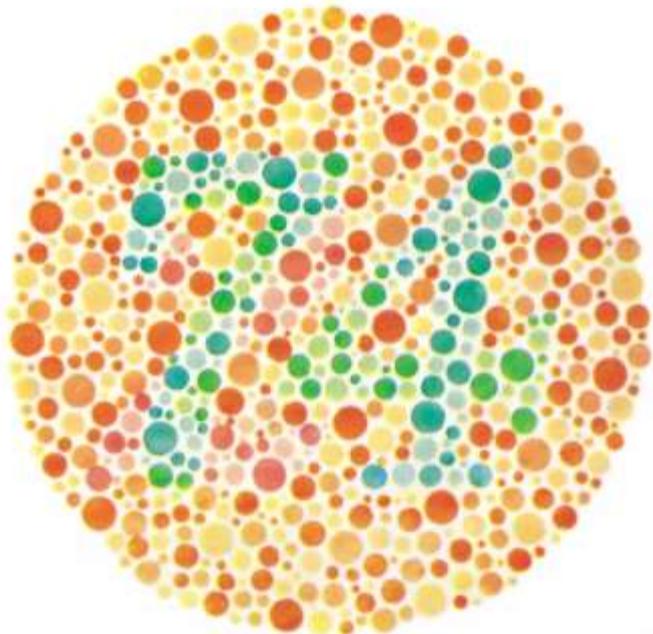
Hall: Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12th Edition
Copyright © 2011 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.



BUTA WARNA

Jika salah satu dari sel kerucut hilang → tidak dapat membedakan warna.

- ⊙ sel kerucut merah (-): protanopia
- ⊙ Sel kerucut hijau (-) : deuteranopia

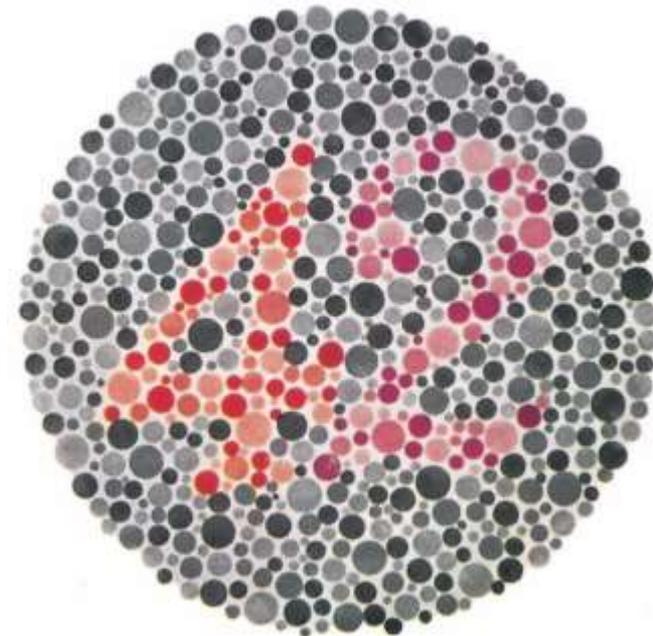


N → 74

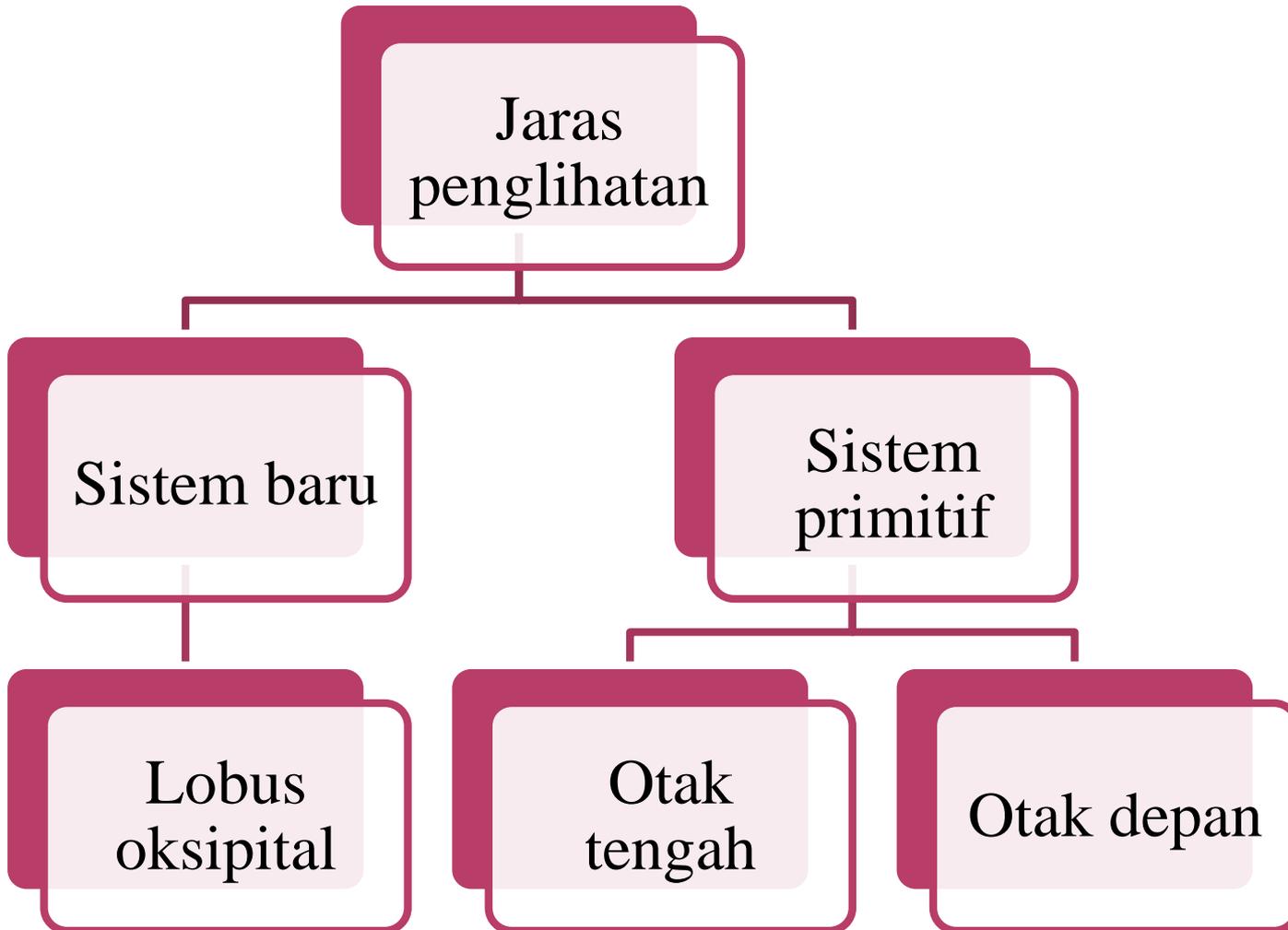
- ⊙ Buta merah-hijau → 21

N → 42

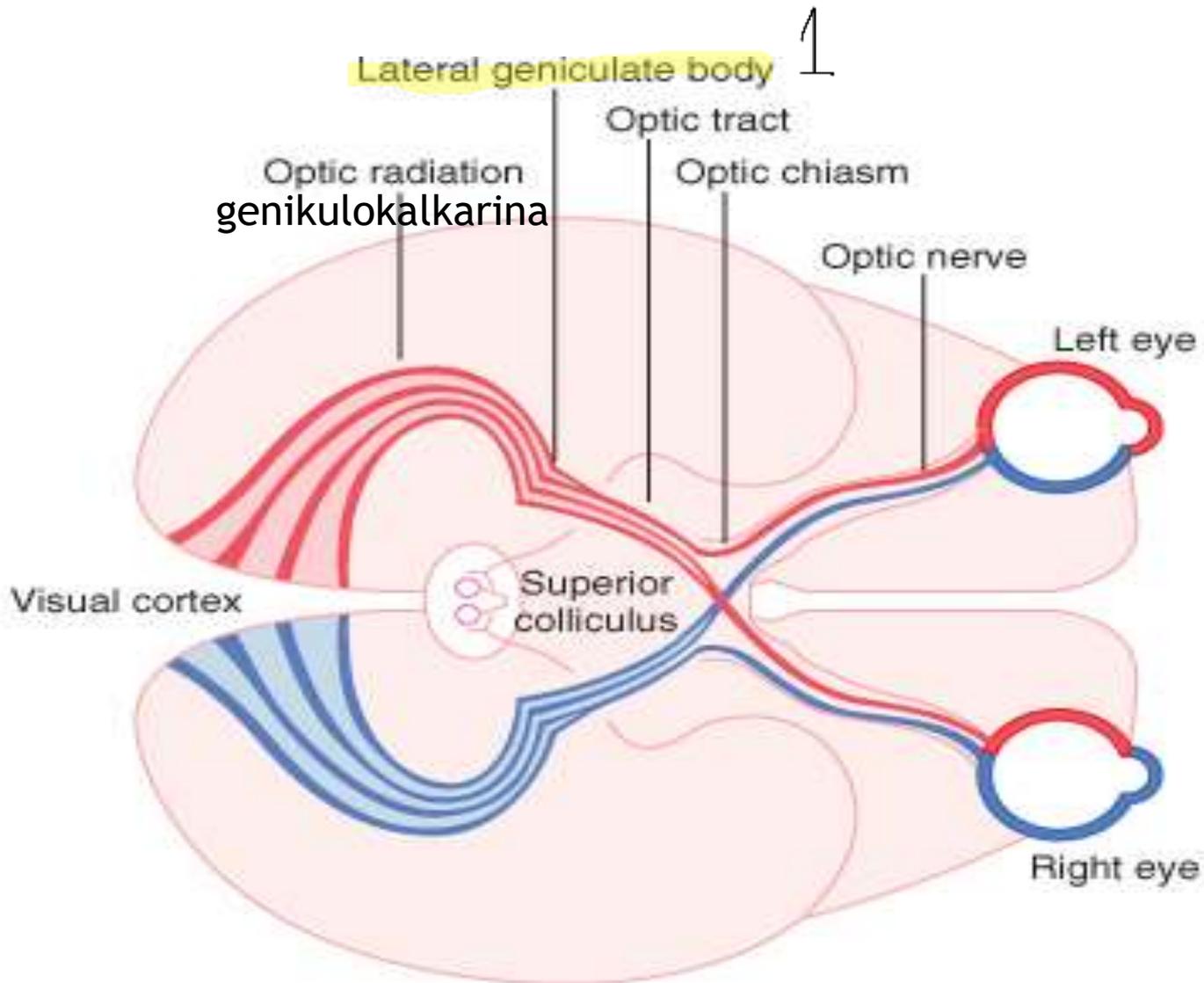
- ⊙ Buta merah → 2
- ⊙ Buta hijau → 4

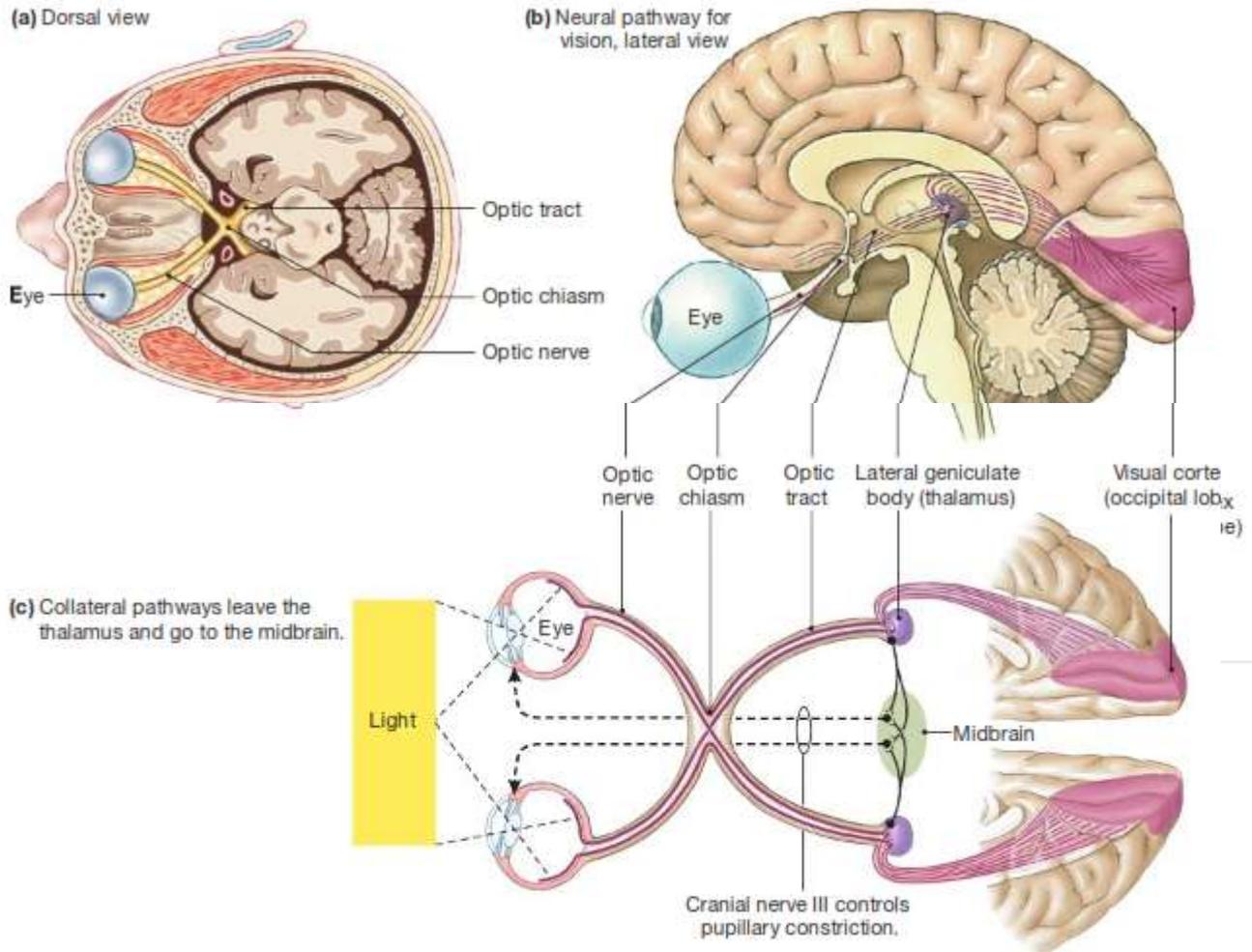


NEUROFISIOLOGI PENGLIHATAN SENTRAL



Jaras Penglihatan Sistem baru





● **FIGURE 10-31** *Neural pathways for vision and the pupillary reflex.*

Collateral pathways synapsing in the midbrain control constriction of the pupils.

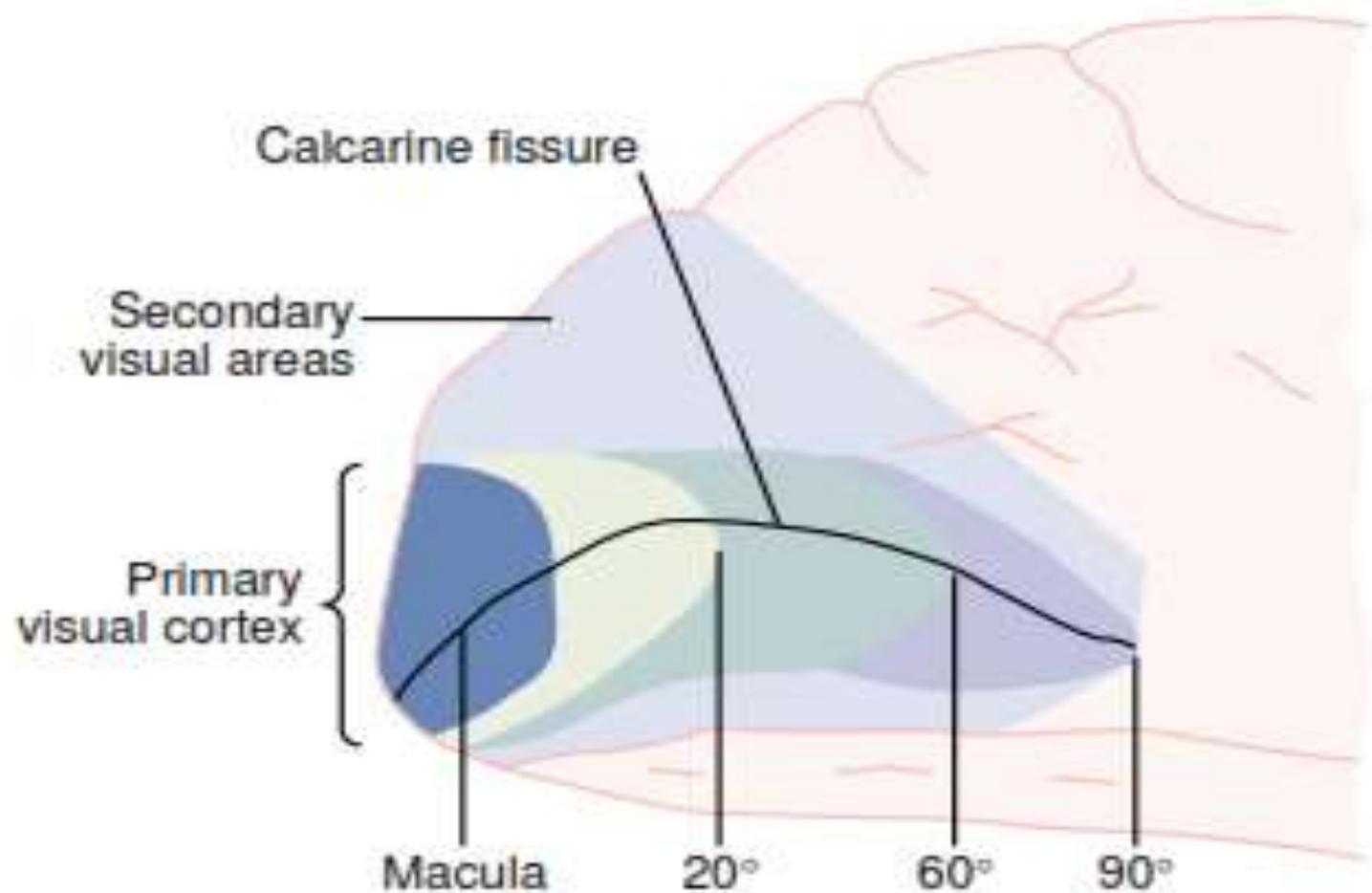


Figure 51-2

Visual cortex in the *calcarine fissure* area of the *medial occipital cortex*.

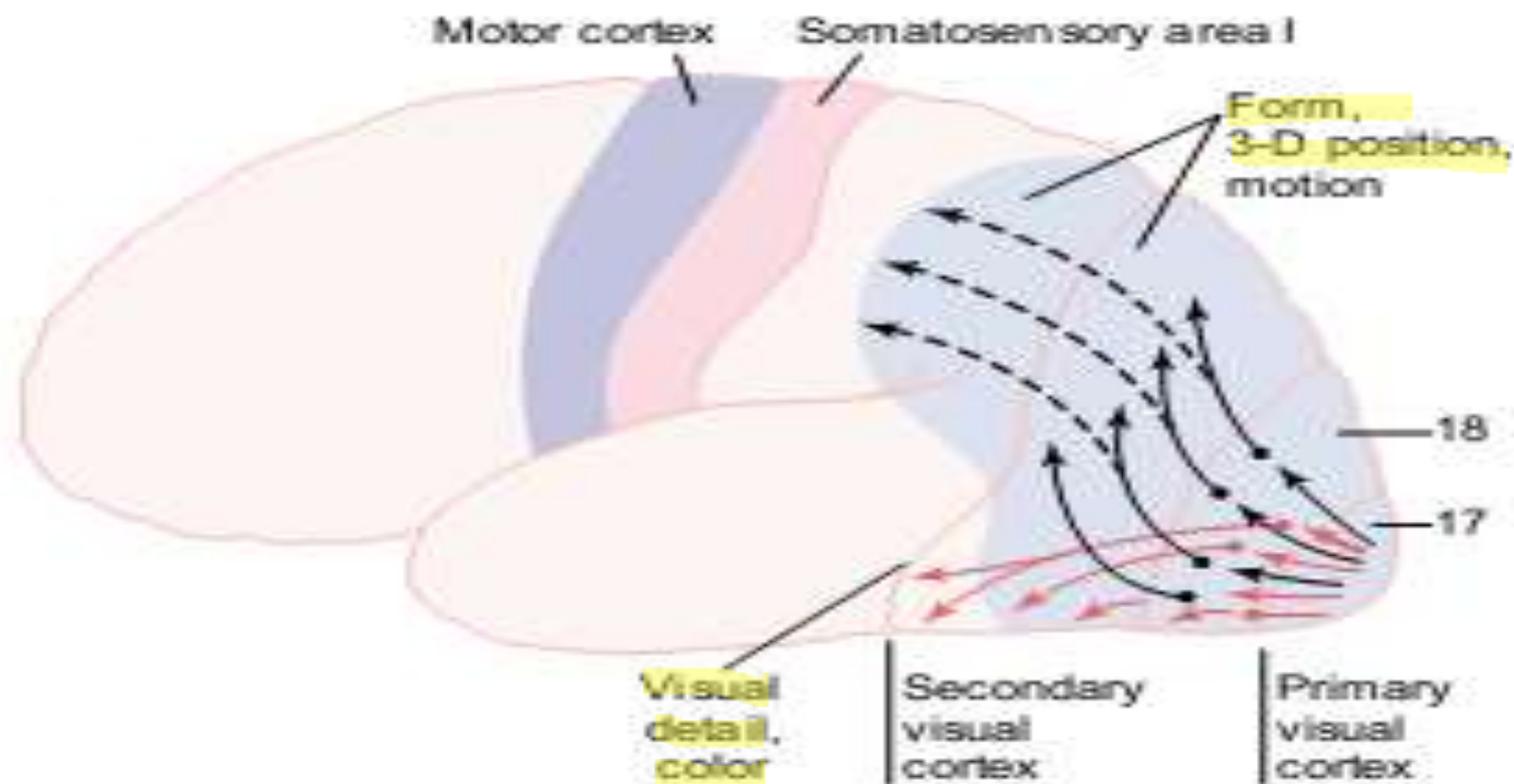


Figure 51-3

Transmission of visual signals from the primary visual cortex into secondary visual areas on the lateral surfaces of the occipital and parietal cortices. Note that the signals representing form, third-dimensional position, and motion are transmitted mainly into the superior portions of the occipital lobe and posterior portions of the parietal lobe. By contrast, the signals for visual detail and color are transmitted mainly into the anteroventral portion of the occipital lobe and the ventral portion of the posterior temporal lobe.

DUA JARAS UTAMA UNTUK ANALISIS PENGLIHATAN:

Setelah meninggalkan korteks primer (area 18 Brodman) informasi penglihatan dianalisis dlm 2 jaras utama pada daerah penglihatan sekunder (area asosiasi penglihatan) :

1. Analisis Posisi tiga dimensi.

jaras ini menganalisis bentuk fisik umum, posisi objek dan gerakan objek dalam penglihatan.

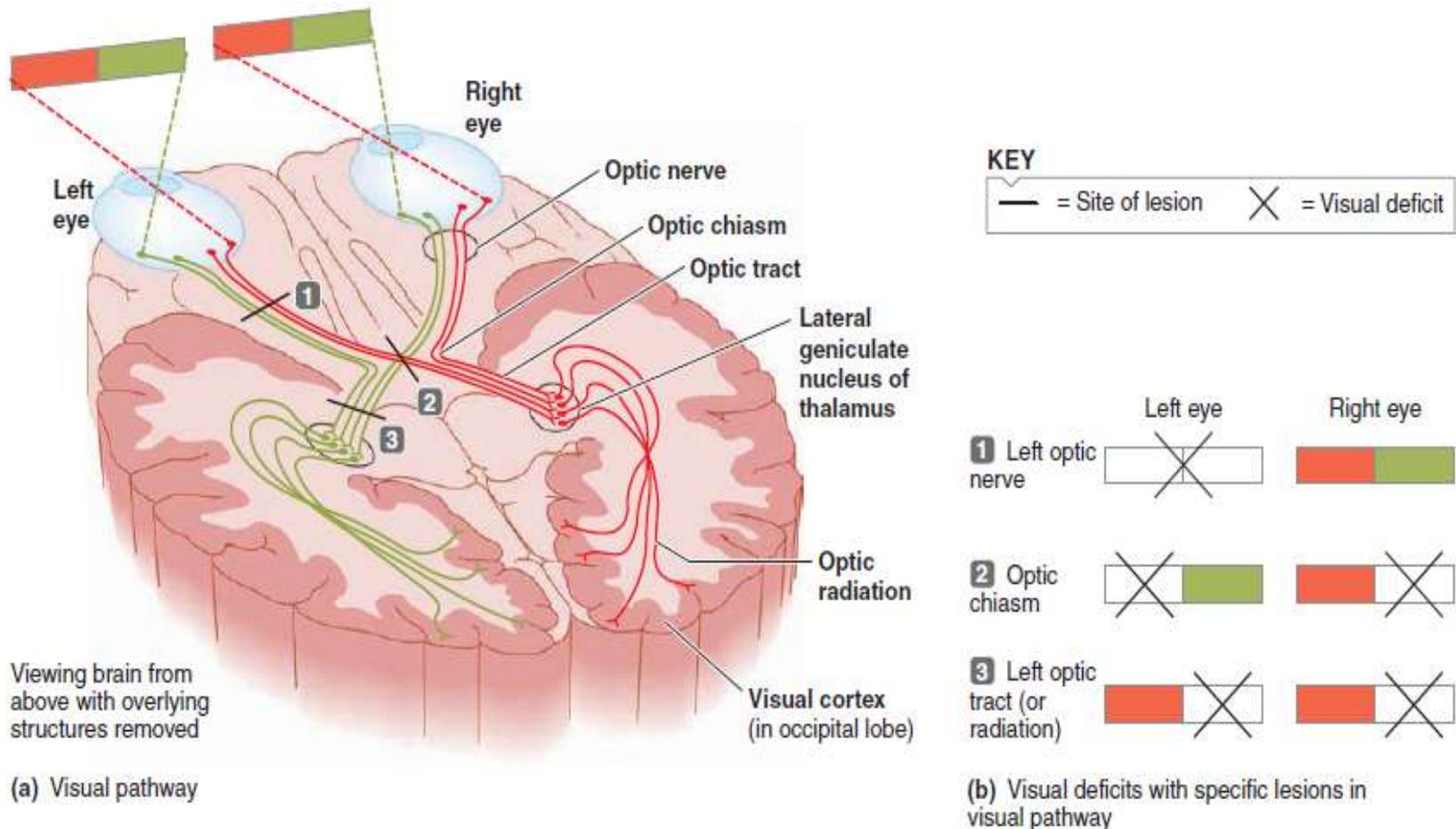
2. Analisis rincian penglihatan dan warna

Jaras ini secara spesifik menganalisis rincian warna , juga dikaitkan dgn mengenali huruf, tekstur permukaan, dan menguraikan semua informasi untuk menentukan “apa” objek tsb dan apa maknanya.

SERABUT PENGLIHATAN JUGA MELALUI BEBERAPA DAERAH YANG LEBIH PRIMITIF DI OTAK YAITU MENUJU :

- **Nukleus suprakiasmatis** di hipotalamus → pengaturan irama sirkadian yg menyinkronisasikan berbagai perubahan fisiologi tubuh dgn siang dan malam
- **Nuklei pretektalis** di otak tengah → gerakan refleks mata agar mata dpt difokuskan ke arah objek yg penting dan u/mengaktifkan refleks pupil thdp cahaya
- **Kolikulus superior** → pengaturan pergerakan arah kedua mata dgn cepat
- **Nukleus genitakulum lateralis ventralis** di talamus dan daerah basal otak sekitarnya → membantu mengendalikan beberapa fungsi sikap tubuh

EFEK LESI DI JARAS OPTIK



● **FIGURE 6-31 The visual pathway and visual deficits associated with lesions in the pathway.** (a) Note that the left half of the visual cortex in the occipital lobe receives information from the right half of the visual field of both eyes (in green), and the right half of the cortex receives information from the left half of the visual field of both eyes (in red). (b) Each visual deficit illustrated is associated with a lesion at the corresponding numbered point of the visual pathway in part (a).

JARAS SARAF UNTUK PENGATURAN GERAKAN MATA

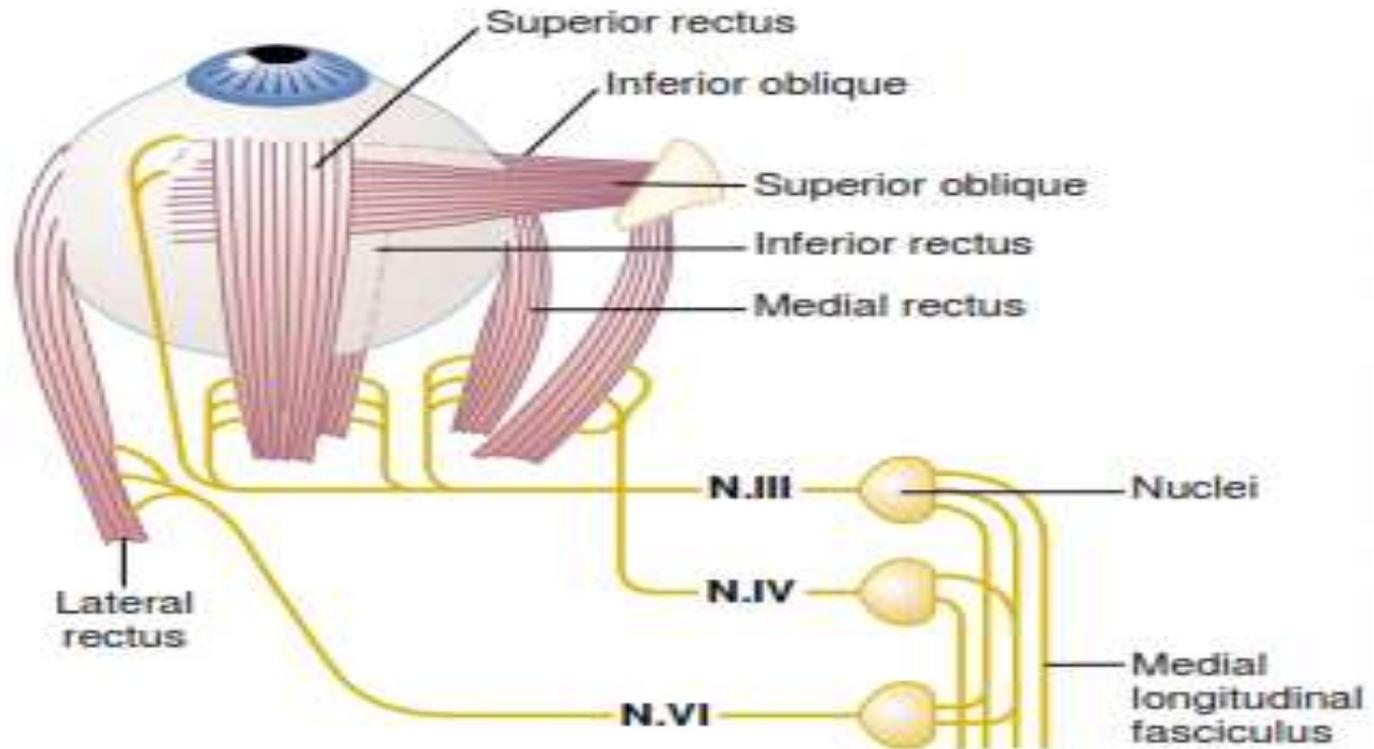
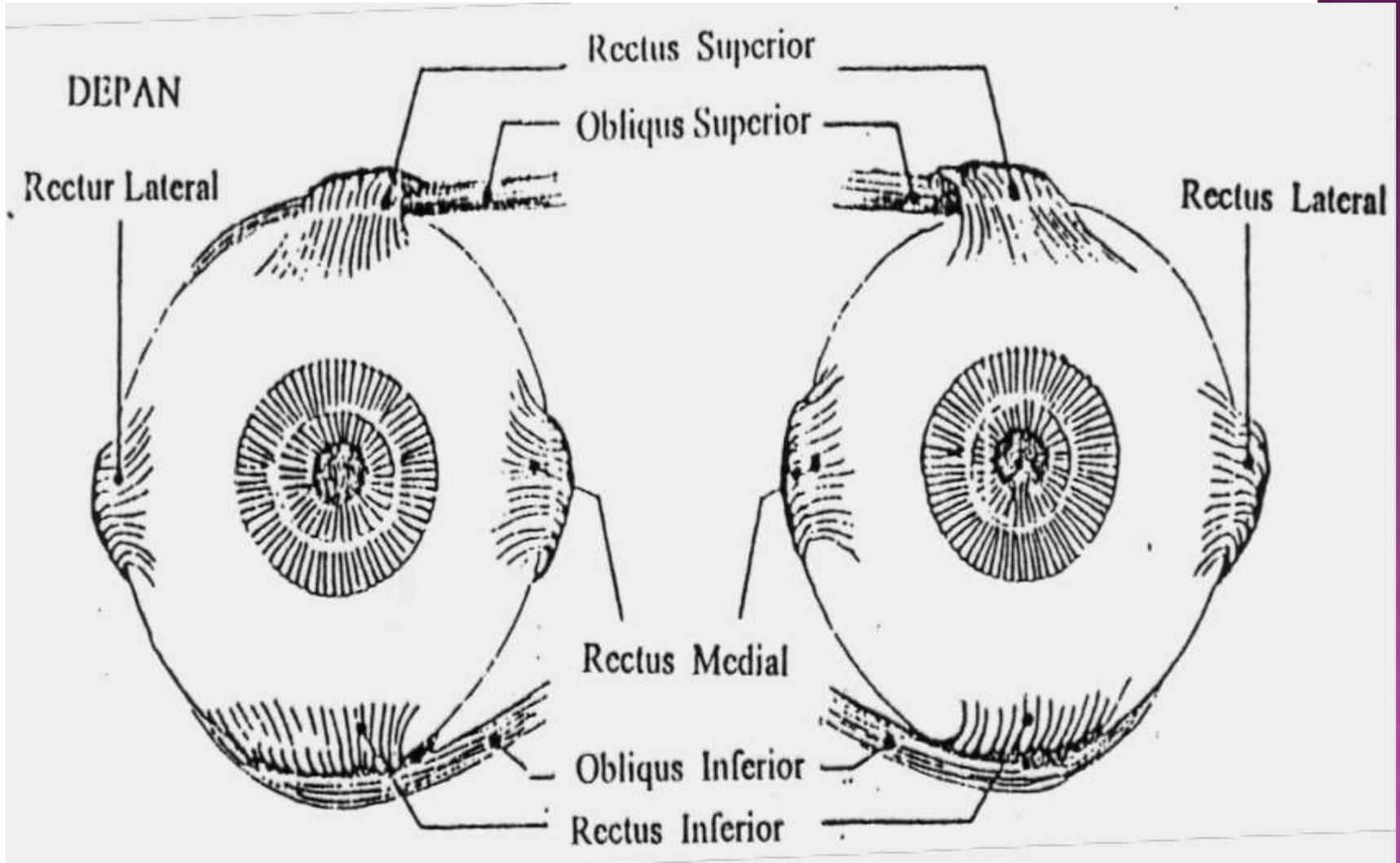


Figure 51-7

Extraocular muscles of the eye and their innervation.

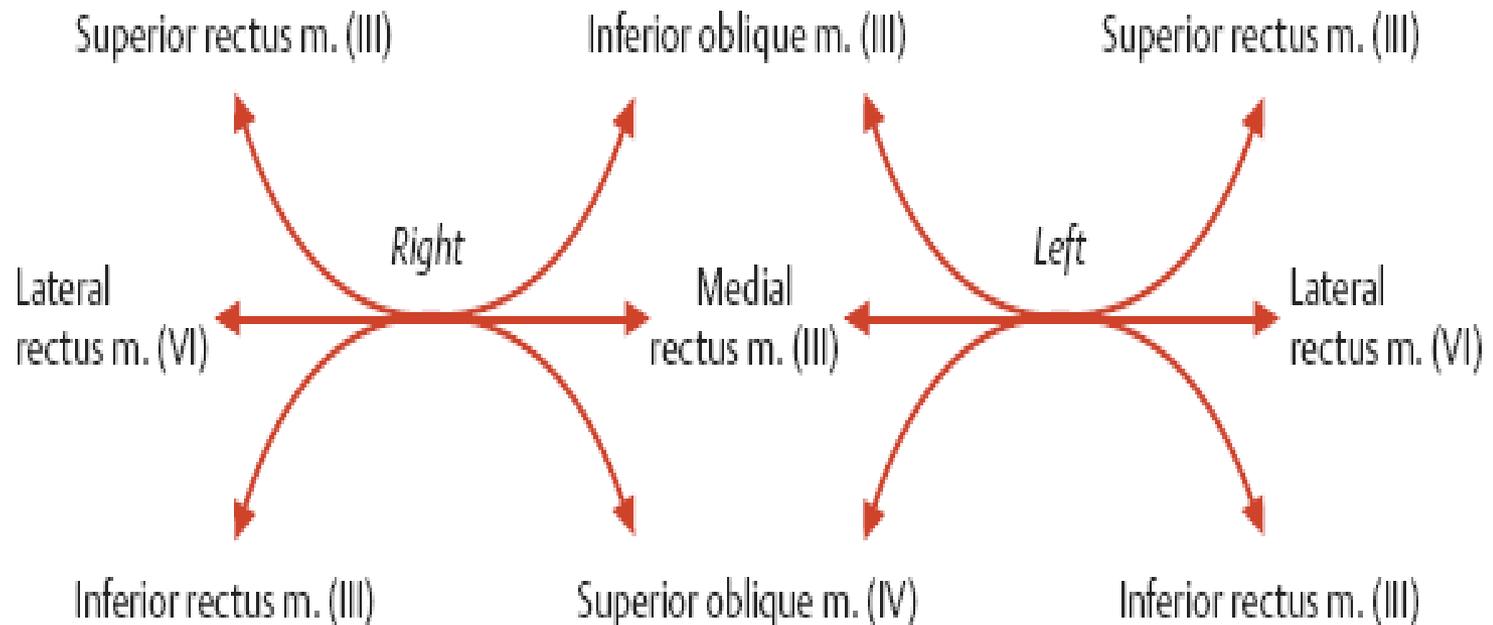
OTOT EKSTRA OKULI



GERAKAN MATA

GERAKAN	OTOT	PERSYARAFAN
Putaran mata pd sumbu datar	Rectus medialis Rectus lateralis	N III N VI
Putaran mata pada sumbu tegak	Obliquus superior Obliquus inferior Rectus superior Rectus inferior	N IV N III N III N III

GERAKAN BOLA MATA



ARAH GERAKAN

- ◉ Kanan atas : RS OD+OI OS
- ◉ Kanan : RL OD + RM OS
- ◉ Kanan bawah : RI OD+OS OS
- ◉ Kiri atas : OI OD+RS OS
- ◉ Kiri : RM OD+RLOS
- ◉ Kiri bawah : OS OD+RI OS

Gaze upward and to the right



Superior
rectus m. (III)



Inferior
oblique m. (III)



Gaze upward and to the left



Inferior
oblique m. (III)



Superior
rectus m. (III)

Rightward gaze



Lateral
rectus m. (VI)



Medial
rectus m. (III)



Leftward gaze



Medial
rectus m. (III)



Lateral
rectus m. (VI)

Gaze downward and to the right



Inferior
rectus m. (III)



Superior
oblique m. (IV)



Gaze downward and to the left

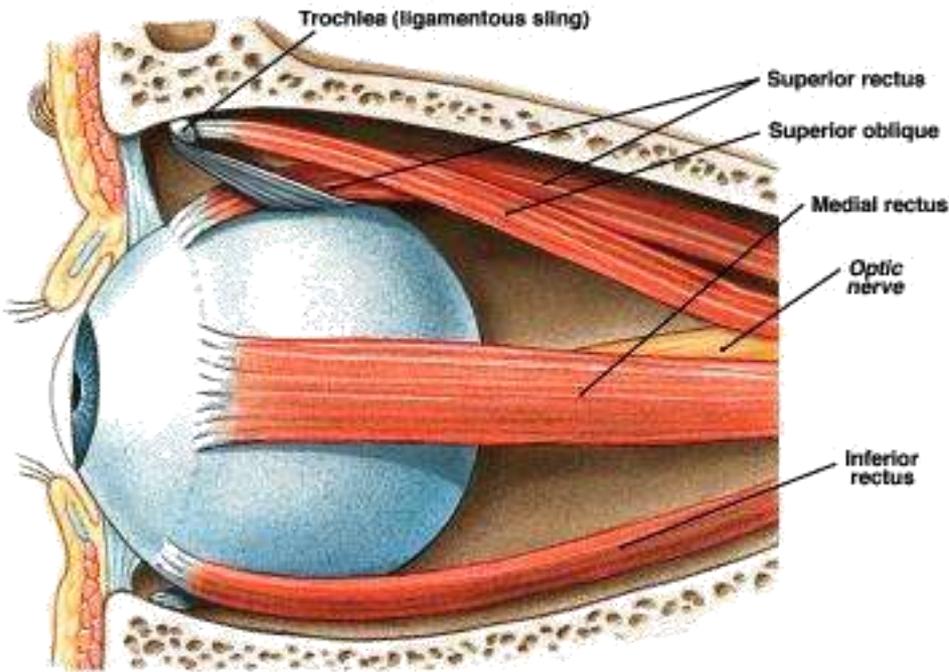


Superior
oblique m. (IV)

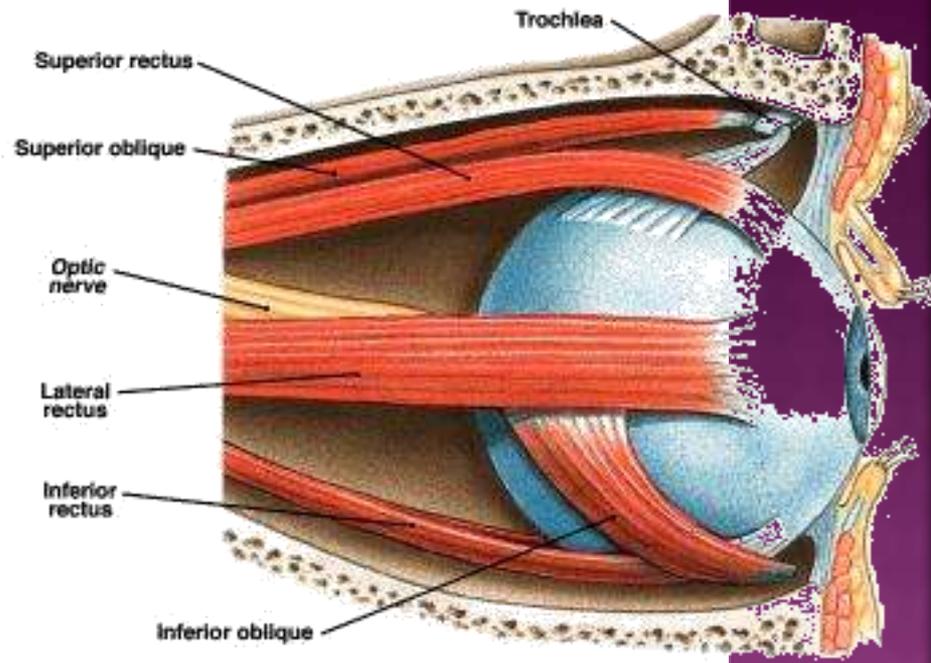


Inferior
rectus m. (III)

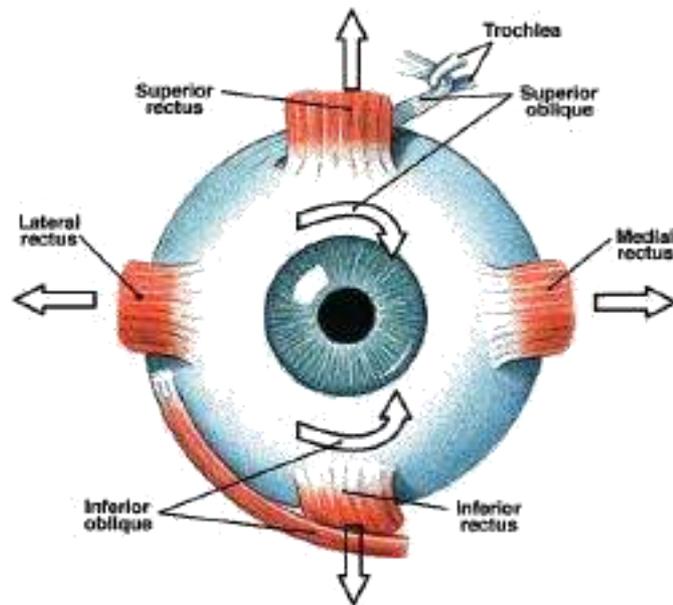
TERIMA KASIH



Medial surface, right eye



Lateral surface, right eye



Anterior view, right eye

ANATOMY SUMMARY

THE EYE

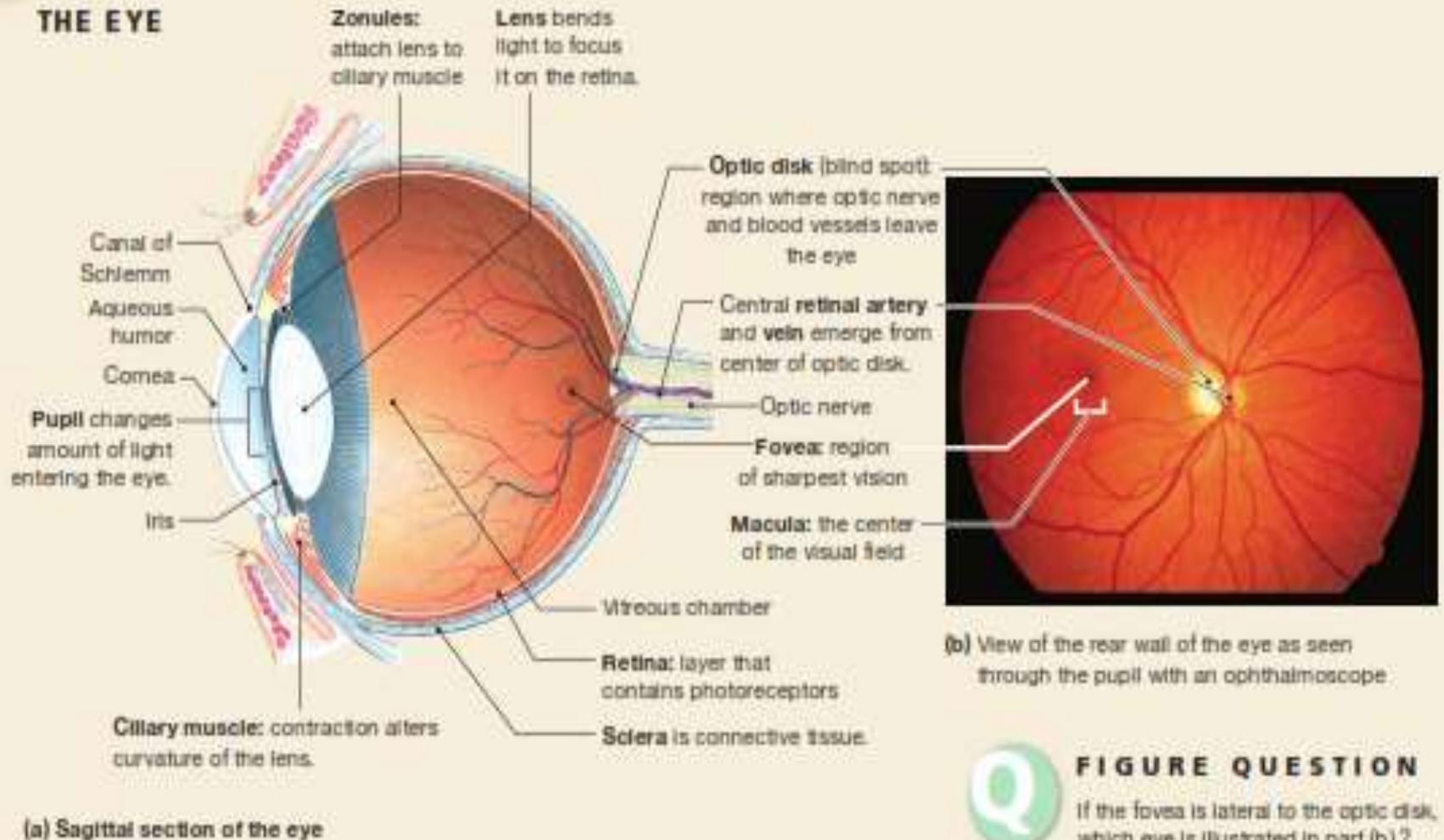


FIGURE QUESTION

If the fovea is lateral to the optic disk, which eye is illustrated in part (b)?