



SENSORIK & PANCAINDERA

Tim Anatomi Fisiologi Manusia
Program Studi Sarjana
Fakultas Farmasi Universitas Pancasila



Pendahuluan

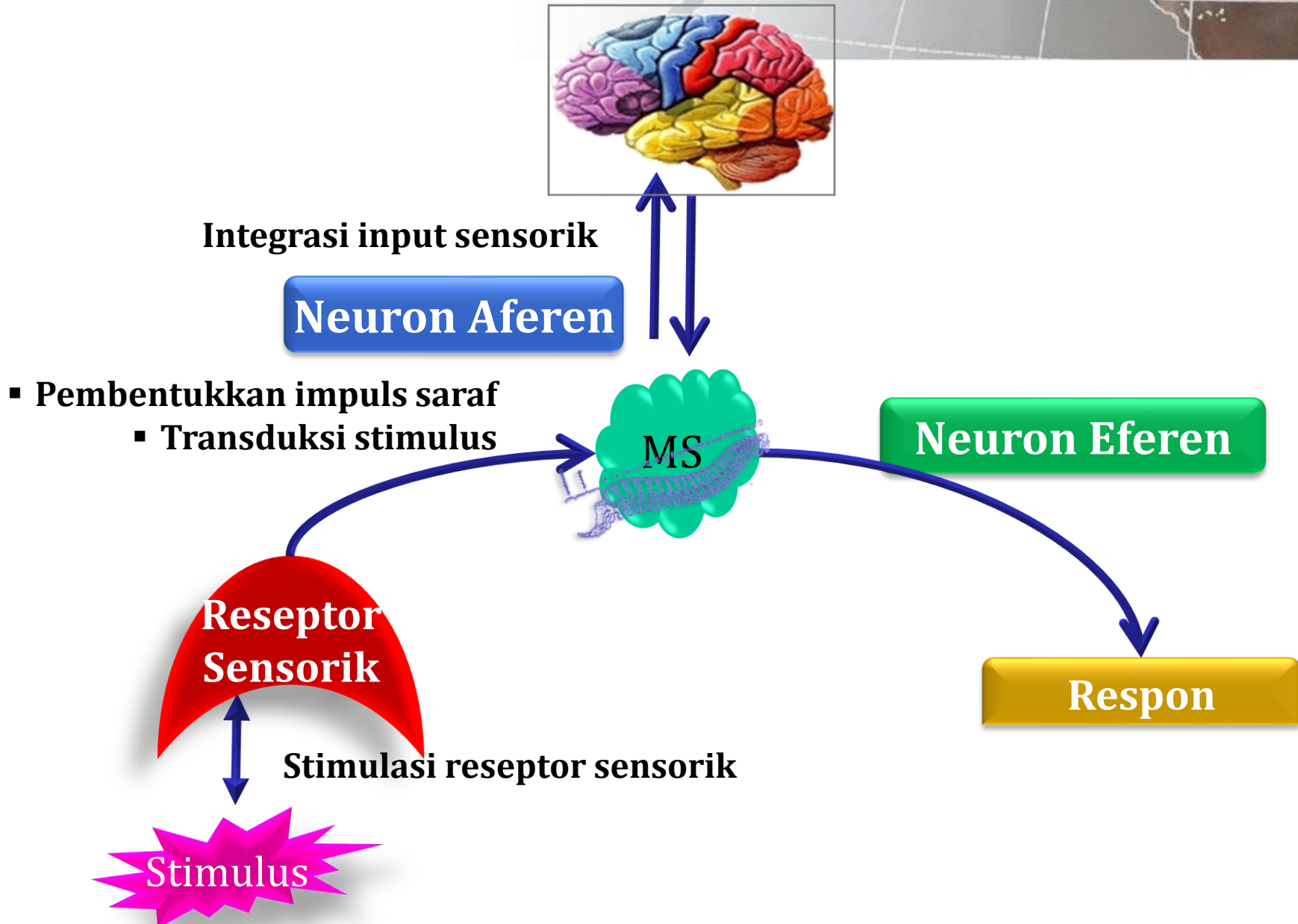
- ✦ **Sensasi**: proses dimana **reseptor sensorik** menerima **stimulus** dan meneruskan **impuls** ke **SSP**.
- ✦ **Persepsi**: proses pengaturan dan peng-**intepretasi**-an informasi sensorik yang memungkinkan kita untuk **mengenali** arti suatu objek atau suatu kejadian → **Fungsi korteks serebral**



MODALITAS SENSORI

- ✦ Jenis sensasi yang 'unik' (sentuhan, sakit, penglihatan, pendengaran) → *Special senses/Five senses*
 - ✦ **Sensasi umum**
 - ✦ **Sensasi Somatik**
 - ✦ Sensasi **taktil** (sentuhan, tekanan, getaran, rasa gatal/geli)
 - ✦ Sensasi **termal** (panas, dingin)
 - ✦ Sensasi **sakit/nyeri**
 - ✦ Sensasi **proprioceptive** (posisi dan gerakan tubuh)
 - ✦ **Sensasi Viseral**: informasi mengenai kondisi organ internal
 - ✦ **Sensasi khusus**: penciuman, rasa, penglihatan, pendengaran, keseimbangan.

Proses & Respon terhadap Sensasi



Klasifikasi Reseptor Sensorik

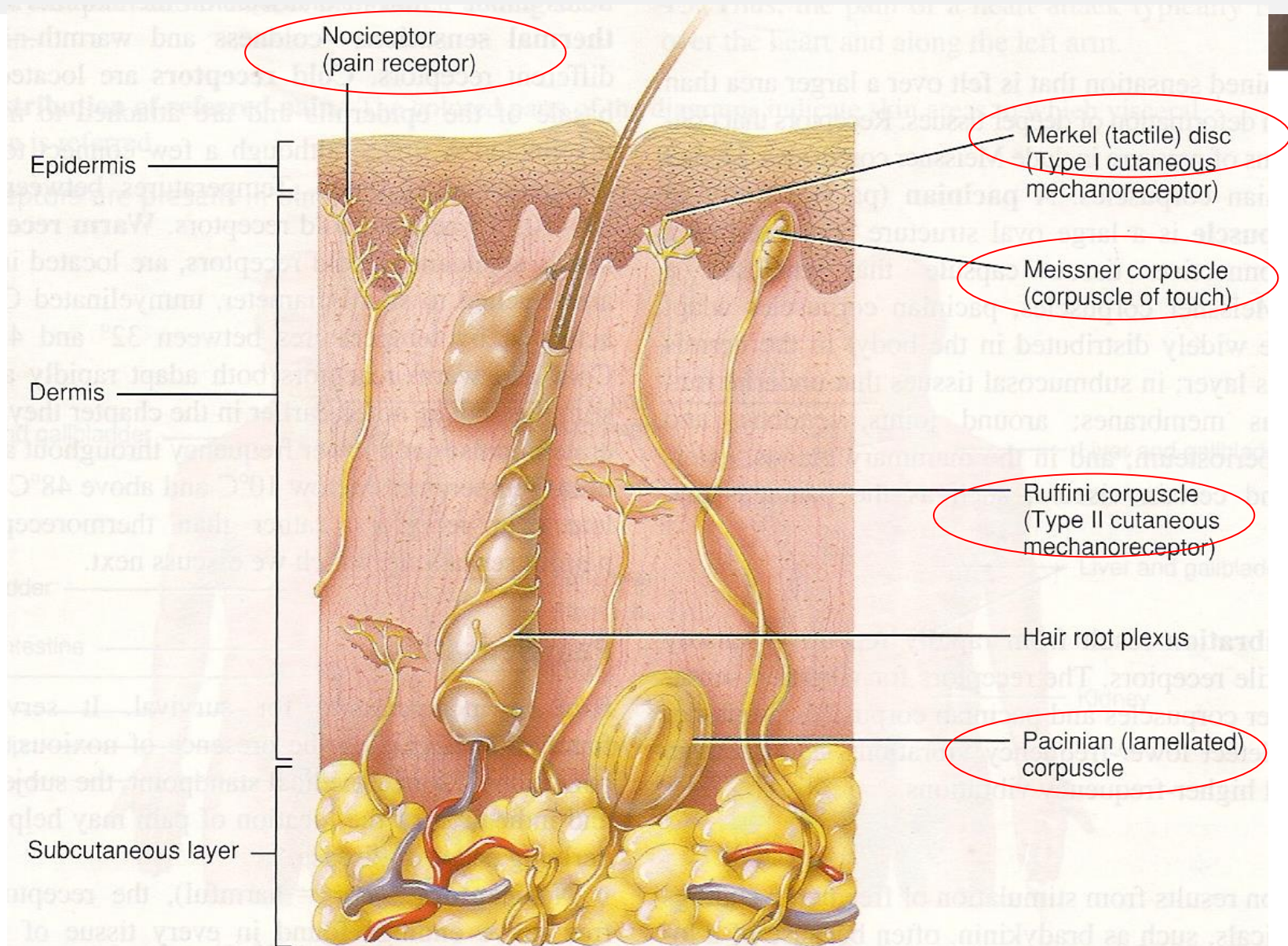
LOKASI RESEPTOR & AKTIVASI STIMULUS

Nama Reseptor	Lokasi & Stimulus
Exteroceptor	Permukaan tubuh; sensitif terhadap stimulus yang berasal dari luar tubuh → menyediakan informasi mengenai lingkungan eksternal meliputi sensasi visual, bau, rasa, sentuhan, tekanan, getaran, suhu
Interoceptor	Pembuluh darah, organ viseral dan sistem saraf; menyediakan informasi mengenai lingkungan internal; impuls diterima secara tidak sadar & dirasakan sebagai nyeri atau tekanan.
Proprioceptor	Otot, tendon, sendi, telinga bagian dalam; menyediakan informasi mengenai posisi tubuh, ketegangan otot, posisi & pergerakan sendi

JENIS STIMULUS

Nama Reseptor	Deteksi Stimulus
Mechanoreceptor	Stimulus mekanik; sensasi sentuhan, tekanan, getaran, proprioceptor, pendengaran dan keseimbangan; memonitor
Thermoreceptor	Perubahan temperatur
Nociceptor	Stimulus nyeri karena adanya kerusakan fisik/kimia dari jaringan
Photoreceptor	Mendeteksi cahaya yang mengenai retina
Chemoreceptor	Mendeteksi 'kimia' pada mulut (rasa), hidung (bau) dan cairan
Osmoreceptor	Mendeteksi tekanan osmotik dari cairan tubuh

Struktur dan Lokasi Reseptor Sensorik pada Kulit



BEBERAPA RESEPTOR SENSASI SOMATIK

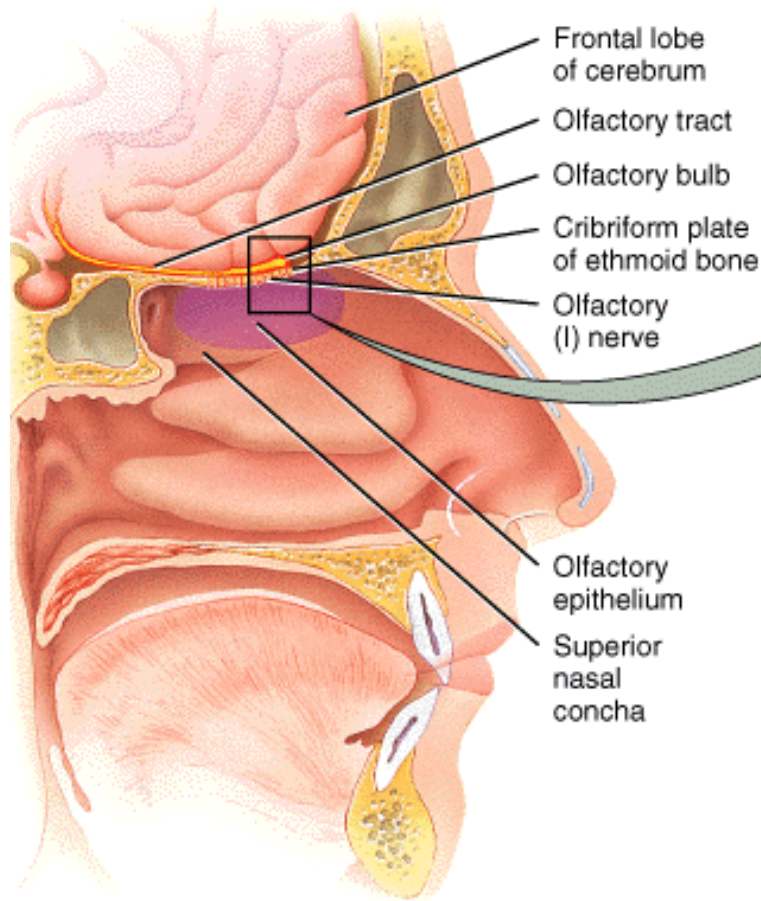
Jenis Reseptor	Lokasi	Sensasi	Kec. Adaptasi
TACTILE RECEPTOR			
Meissner corpuscles	Kulit (papillae)	Sentuhan, tekanan & getaran lambat	Cepat
Merkel discs	Epidermis	Sentuhan, tekanan	Lambat
Ruffini corpuscles	Dermis, ligament dan tendon	Regangan	Lambat
Pacinian corpuscles	dermis, lapisan sub-kutan, jaringan sub-mukosa, sendi, periosteum	Tekanan, getaran cepat	Cepat
THERMORECEPTOR			
Warm & Cold receptor	Membran mukosa mulut, vagina dan anus	hangat atau dingin	Cepat → lambat
PAIN RECEPTOR			
Nociceptor	Setiap jaringan, kec. otak	Nyeri	Lambat
PROPRIOCEPTOR			
Muscle spindles	Otot rangka	Perpanjangan otot	Lambat
Tendon organ	Antara tendon dan otot	Regangan otot	Lambat



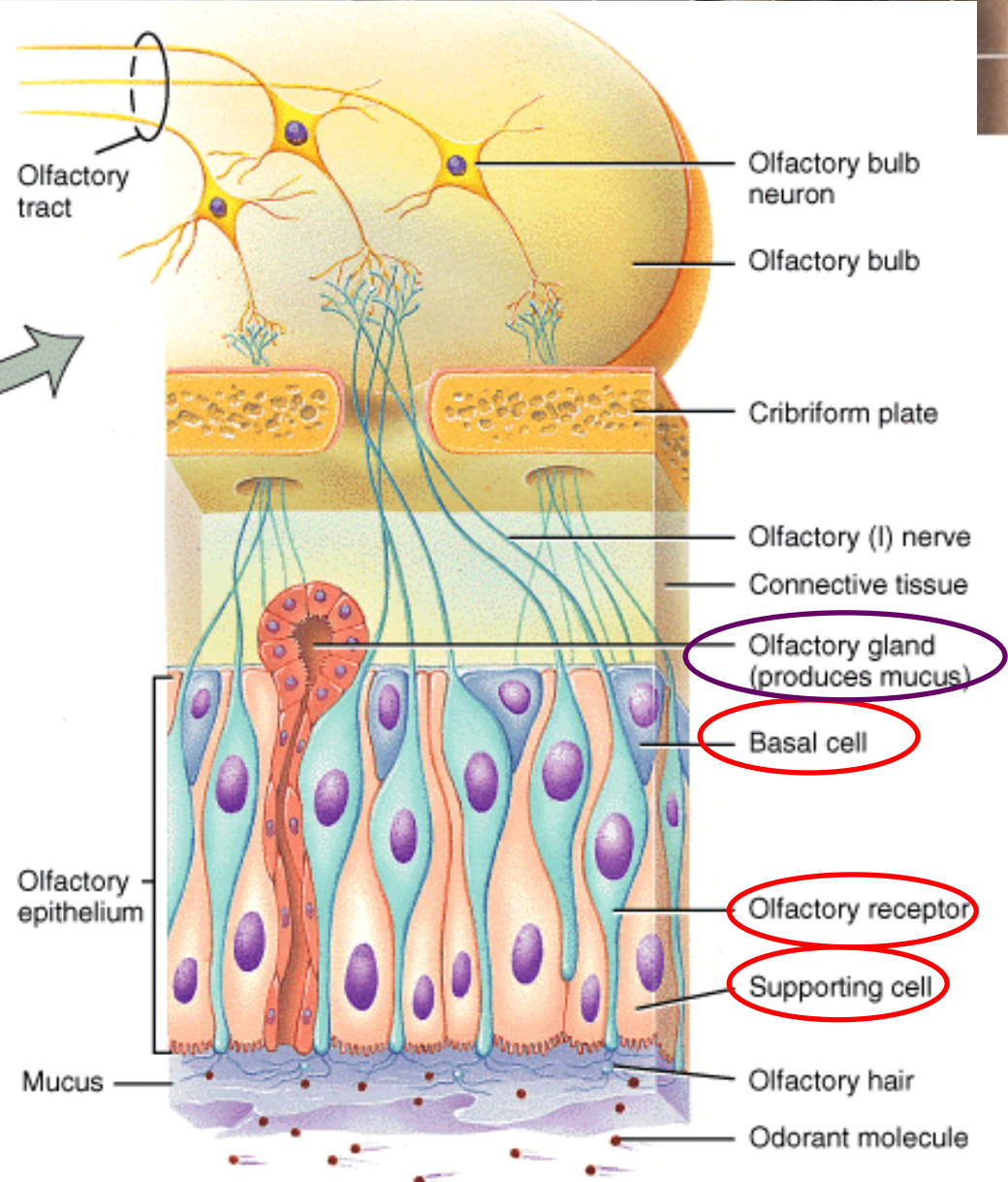
NOSE & OLFACTION

- SENSE OF SMELL -

OLFACTORY EPITHELIUM & RECEPTORS



(a) Lokasi epitelium olfactory di dalam rongga hidung.



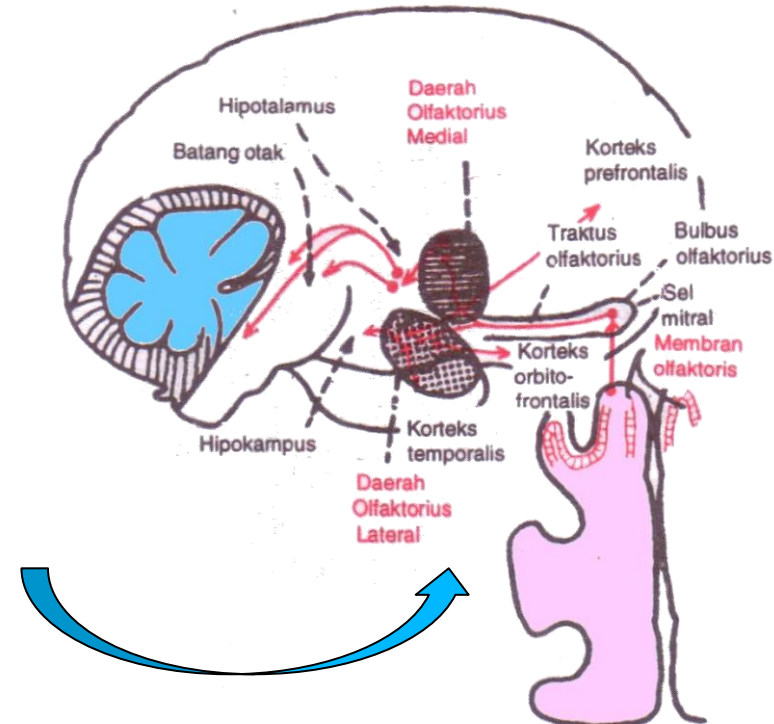
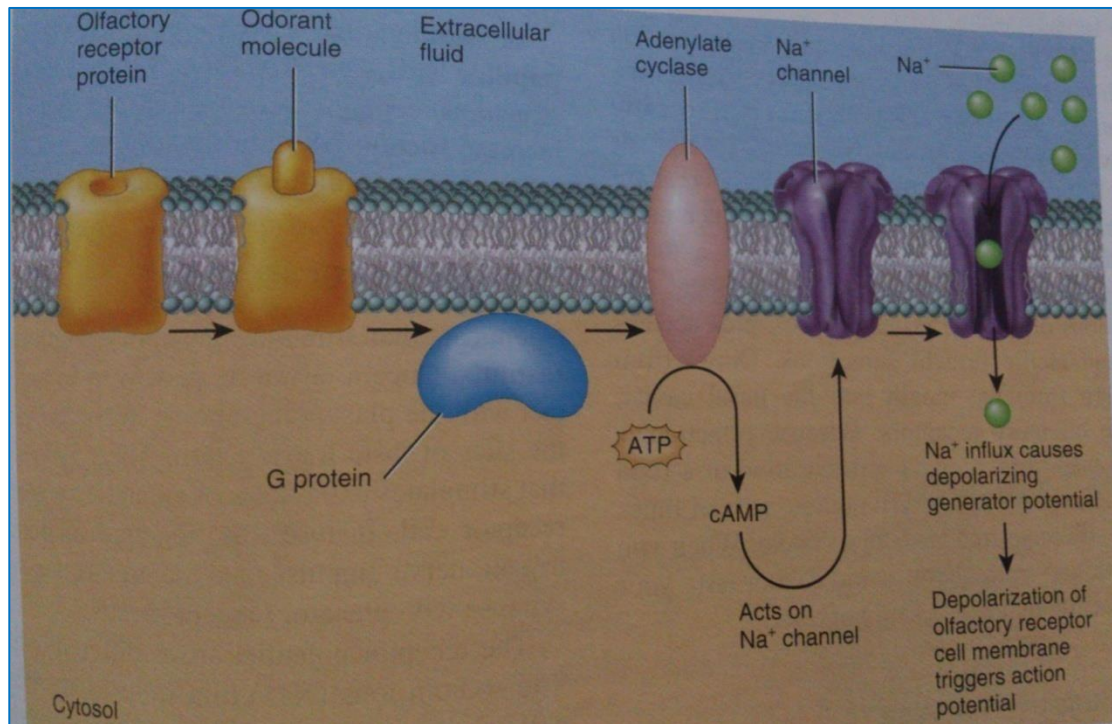
(b) Anatomi reseptor olfactory

OLFACTORY PROCESS

Molekul pemicu bau berdifusi meluas di dalam mukus → Interaksi dgn silia

Proses transduksi → Eksitasi sel olfaktorius

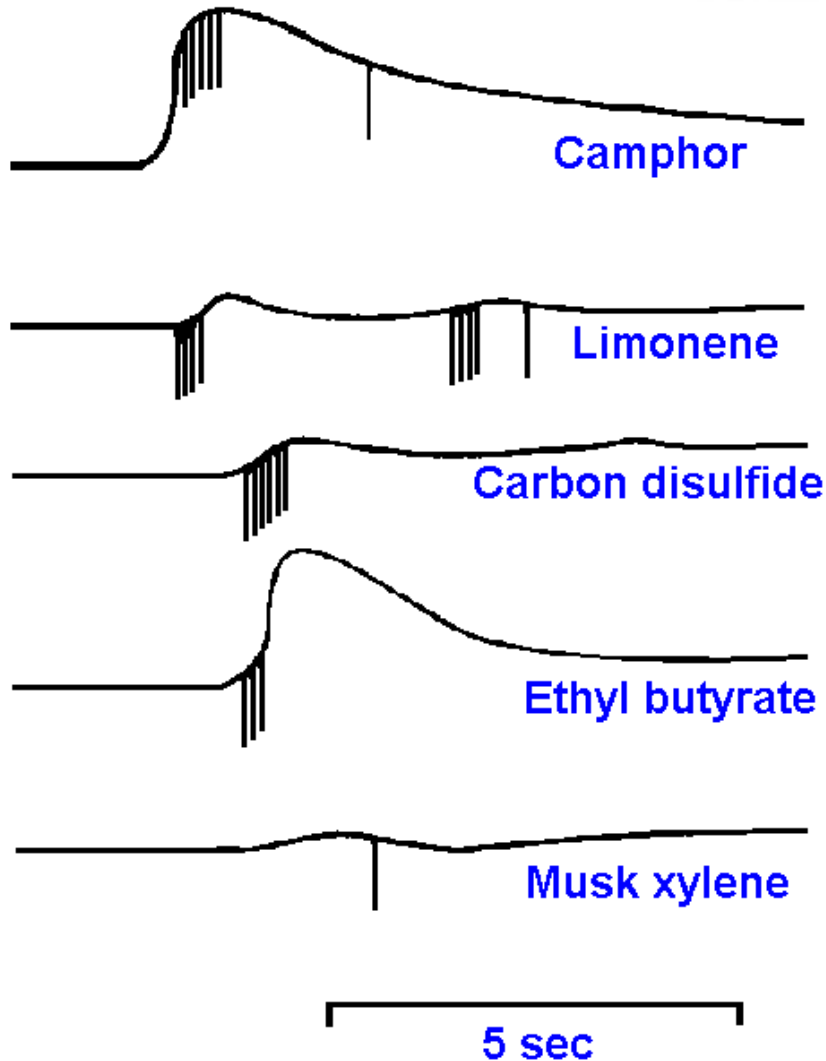
Pembentukan impuls syaraf → area olfaktorius di korteks serebral



SENSE OF SMELL

- ✦ **Olfaktorius medial** → respon menjilat bibir, salivasi dan respon makan lain yang diinduksi oleh bau makanan.
- ✦ **Olfaktorius lateral** → respon **mengingat** makanan apa yang disukai dan tidak disukai, sensasi mual atau muntah terhadap makanan tertentu yang sangat tidak disukai
 - ✦ Transmisi impuls olfaktorius lateral yang berakhir di lobus frontalis/prefrontalis korteks serebri → menganalisis bau makanan yang dilakukan secara sadar

SENSE OF SMELL



- ✦ Terdapat >10,000 sensasi penciuman
- ✦ Beberapa sensasi penciuman utama:
 - ✦ Sangat samar (ethereal)
 - ✦ Bau menyengat (purgent)
 - ✦ Busuk (putrid)
 - ✦ Harum Bunga (floral)
 - ✦ Peppermin
 - ✦ Camphoraceous
 - ✦ Musky

SENSE OF SMELL

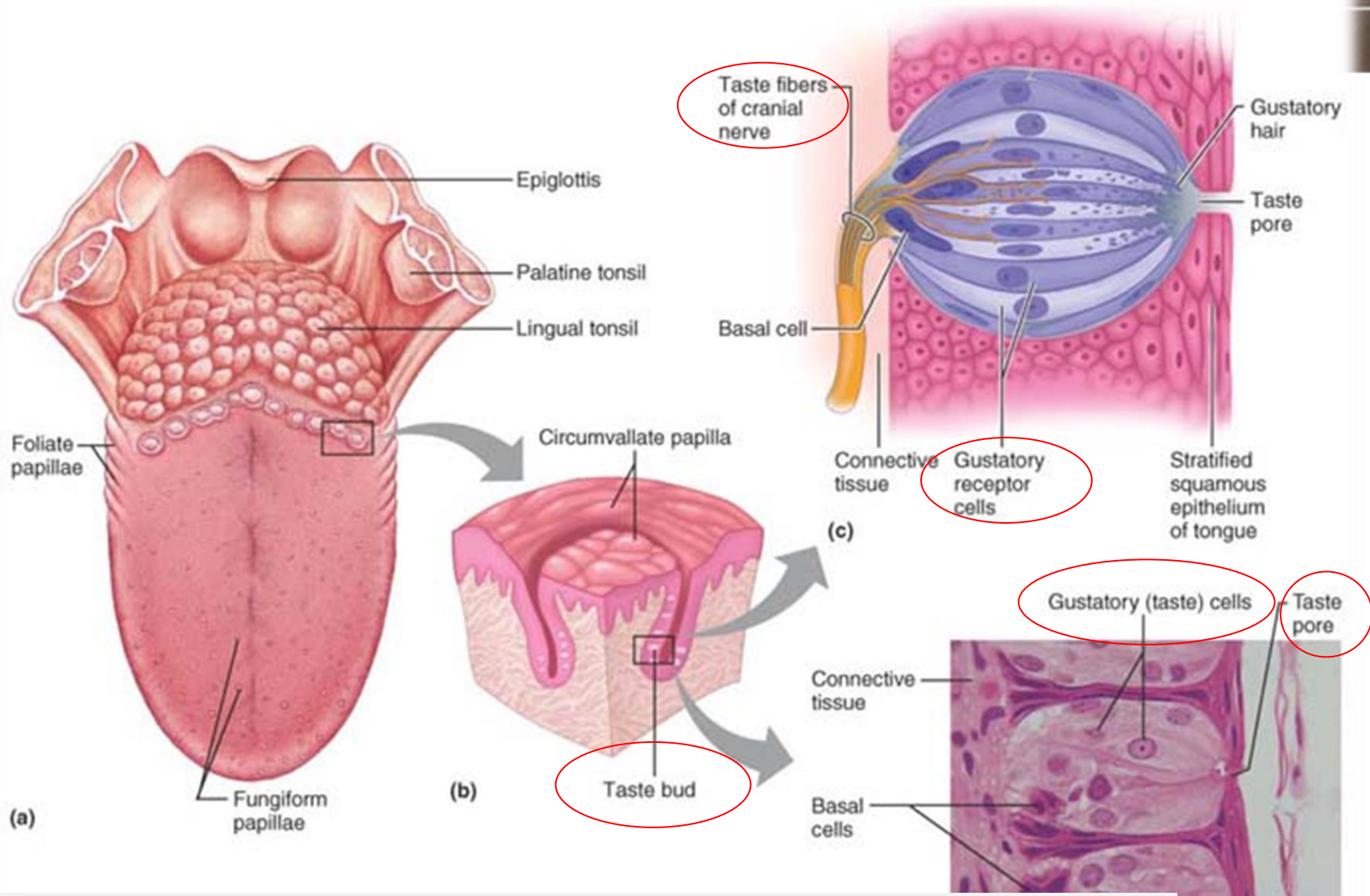
- ✦ Adaptasi bau terjadi dengan **cepat** (50% pd detik pertama), adaptasi lengkap terjadi dalam 1 menit setelah paparan.
- ✦ Ambang batas deteksi odor sangat rendah (**sensitif**) → beberapa molekul saja yang dibutuhkan untuk direspon.
- ✦ Reseptor olfaktori dapat memberikan respon terhadap lebih dari 1 odoran sehingga dapat menjadi **jenuh** setelah paparan → sensitifitas seseorang terhadap bau menurun.
- ✦ **Reseptor olfaktori** setelah 1 bulan akan mengalami **regenerasi** melalui proliferasi sel basal.



TONGUE & GUSTATION

- SENSE OF TASTE -

Topografi Reseptor Rasa Kecap



- Masing-masing taste bud mengandung sekitar 10.000 reseptor.
- Sel-sel di dalam taste buds memiliki usia hidup 10 hari

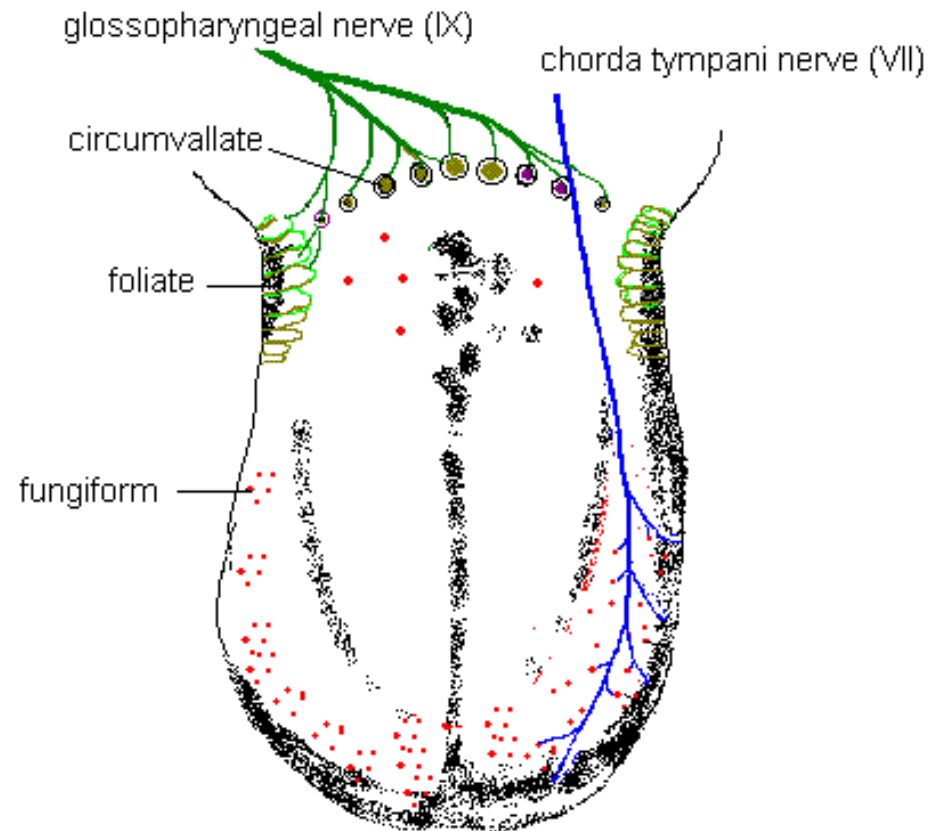
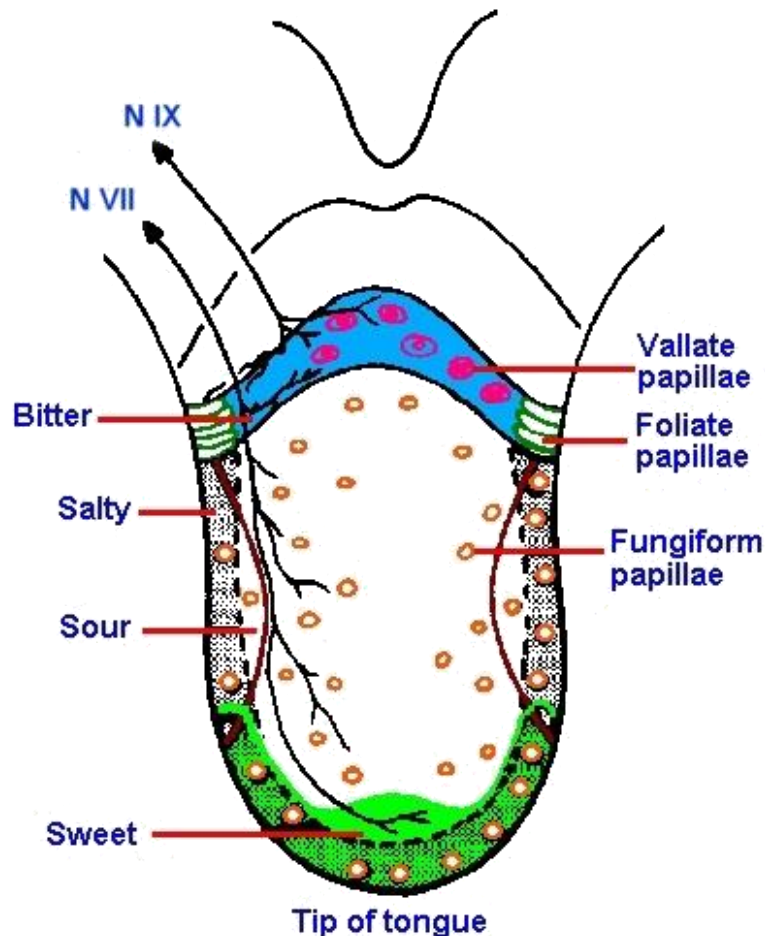
SENSASI & RESEPTOR PENGECAPAN

- ✦ Sensasi pengecapan merupakan fungsi utama dari *taste bud*
- ✦ Stimulus pada sensasi rasa → kimiawi
- ✦ Reseptor pada sensasi rasa → **kemoreseptor**, banyak terdapat pada *taste bud*.

KEMORESEPTOR	JUMLAH
Natrium	2
Kalium	2
Manis	2
Pahit	2
Klorida	1
Hidrogen	1
Glutamat	1
Adenosin	1
Ionosin	1

TOPOGRAFI RESEPTOR RASA KECAP

- Pola perbedaan **pengecapan rasa** ~ **penetapan warna** pada retina mata
- Variasi rasa merupakan hasil kombinasi dari 5 macam sensasi rasa dasar: **Manis, Asam, Asin, Pahit & Umami**

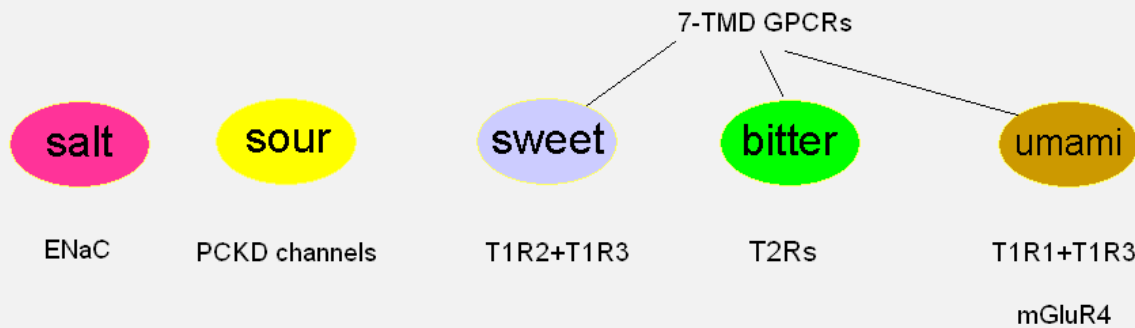


Kemikostimuli (Stimulasi kimiawi)

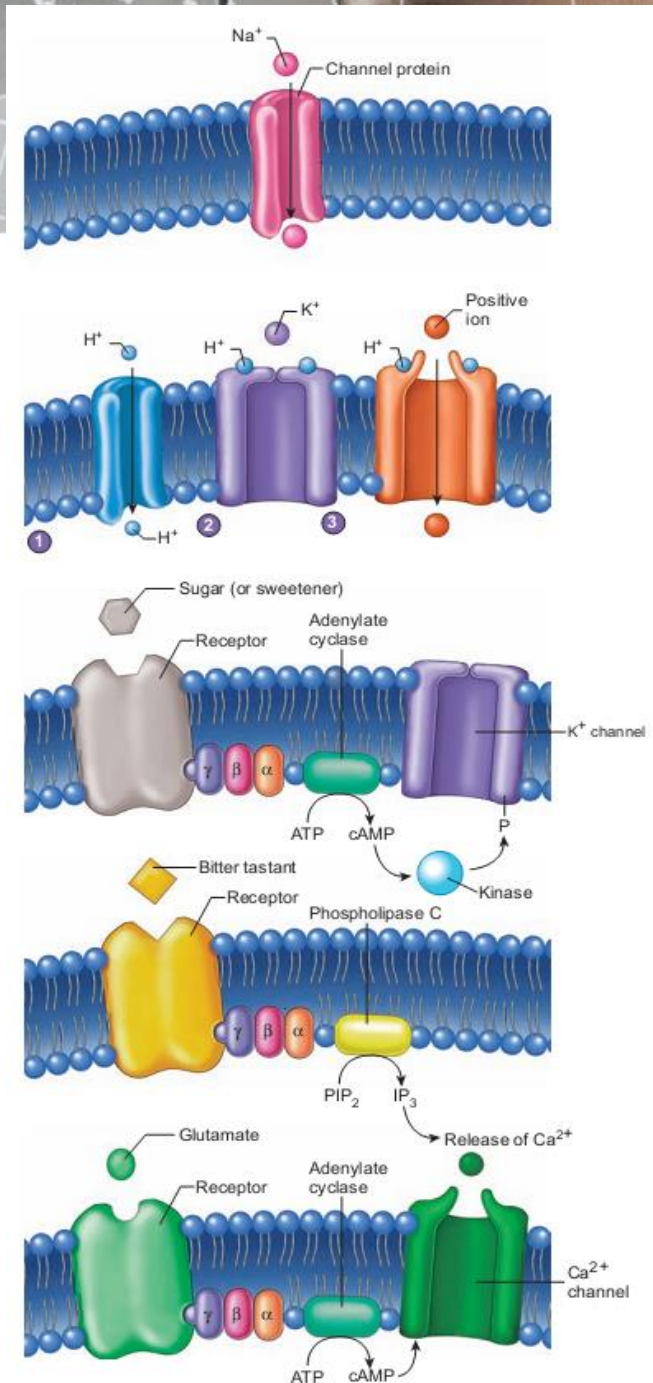
- ✦ **Asam** (Sour): sensasi rasa yang terkait dengan ion hidrogen
- ✦ **Asin** (Salt) terkait garam-garam yang terionisasi, terutama kation; Sensitivitas rendah
- ✦ **Manis** (Sweet) terkait substansi organik seperti gula, glikol, alkohol, aldehid, keton, amida ester, asam sulfonat, asam halogenasi, garam anorganik dari Pb dan Be; Sensitivitas rendah
- ✦ **Pahit** (Bitter) terkait substansi organik rantai panjang yang mengandung nitrogen serta alkaloid (kuinin, kafein, nikotin, striknin dll)
 - ✦ Sensitivitas reseptor paling tinggi → alkaloid banyak yang bersifat toksik
- ✦ **Umami** (Gurih) terkait dengan asam amino tertentu (glutamat pada MSG, aspartat, dll)

Manusia cenderung mencari makanan yang manis, asin, dan umami dikarenakan kebutuhan tubuh terhadap protein, karbohidrat dan mineral cukup tinggi.

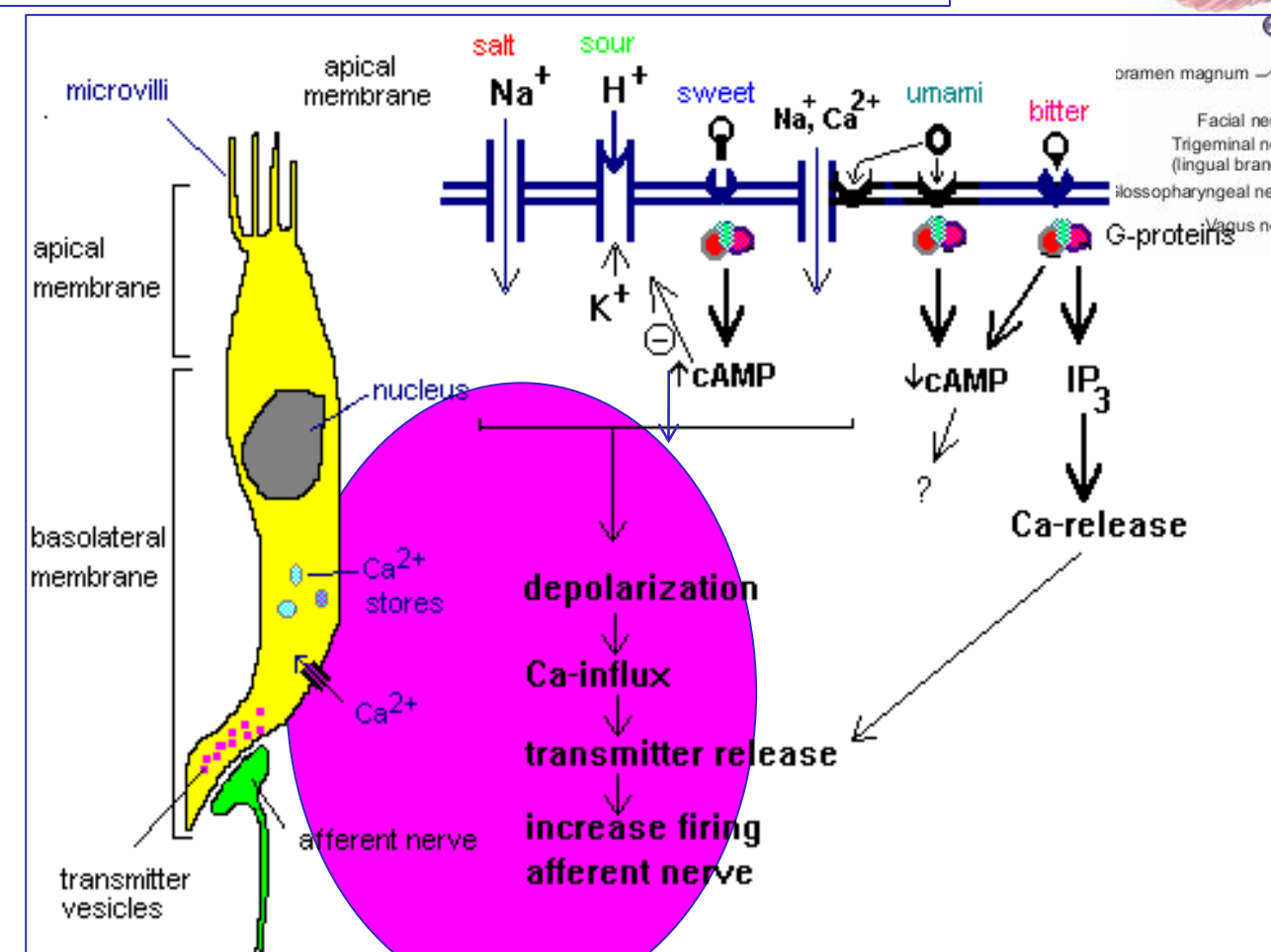
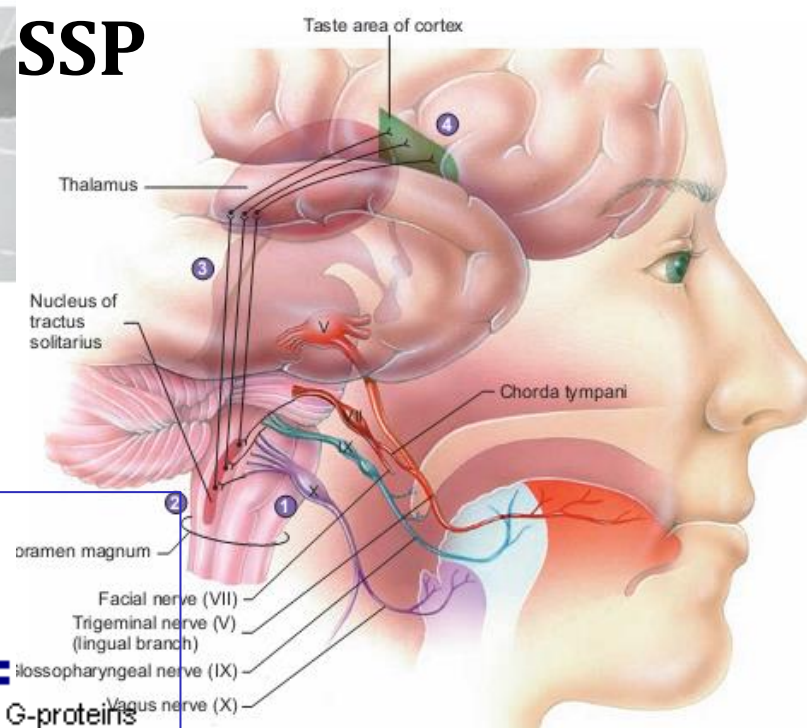
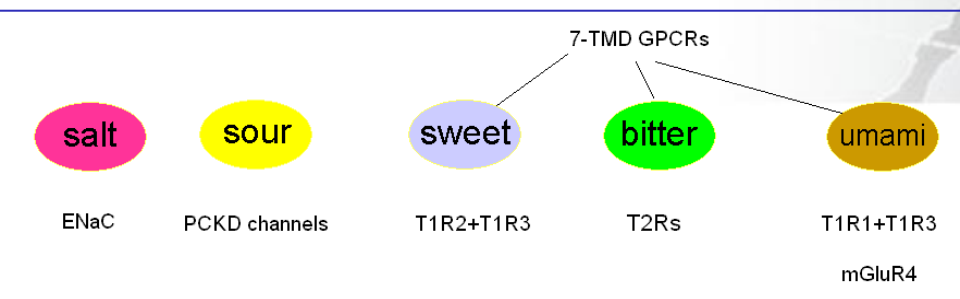
KEMORESEPTOR & AKTIVASI



- (a) **Salt:** Sodium ions diffuse through Na^+ channels, resulting in depolarization.
- (b) **Sour (acid):** Hydrogen ions (H^+) from acids can cause depolarization by one of three mechanisms: (1) They can enter the cell directly through H^+ channels, (2) they can bind to gated K^+ channels, closing the gate, and preventing K^+ from entering the cell, or (3) they can open ligand-gated channels for other positive ions.
- (c) **Sweet:** Sugars, such as glucose, or artificial sweeteners bind to receptors and cause the cell to depolarize by means of a G protein mechanism. The α subunit of the G protein activates adenylate cyclase, which produces cAMP. cAMP activates a kinase that phosphorylates K^+ channels. The K^+ channels close, resulting in depolarization.
- (d) **Bitter:** Bitter tastants, such as quinine, bind to receptors and cause depolarization of the cell through a G protein mechanism. The α subunit of the G protein activates phospholipase C, which converts phosphoinositol (PIP_2) to inositol triphosphate (IP_3). IP_3 causes Ca^{2+} release from intracellular stores and depolarization of the cell.
- (e) **Glutamate (umami):** Amino acids, such as glutamate, bind to receptors and cause depolarization through a G protein mechanism. The α subunit of the G protein activates adenylate cyclase, which catalyzes the conversion of ATP to cAMP. cAMP opens Ca^{2+} channels. The influx of Ca^{2+} causes depolarization of the cell.



TRANSDUKSI SINYAL MENUJU SSP



PENGECAPAN

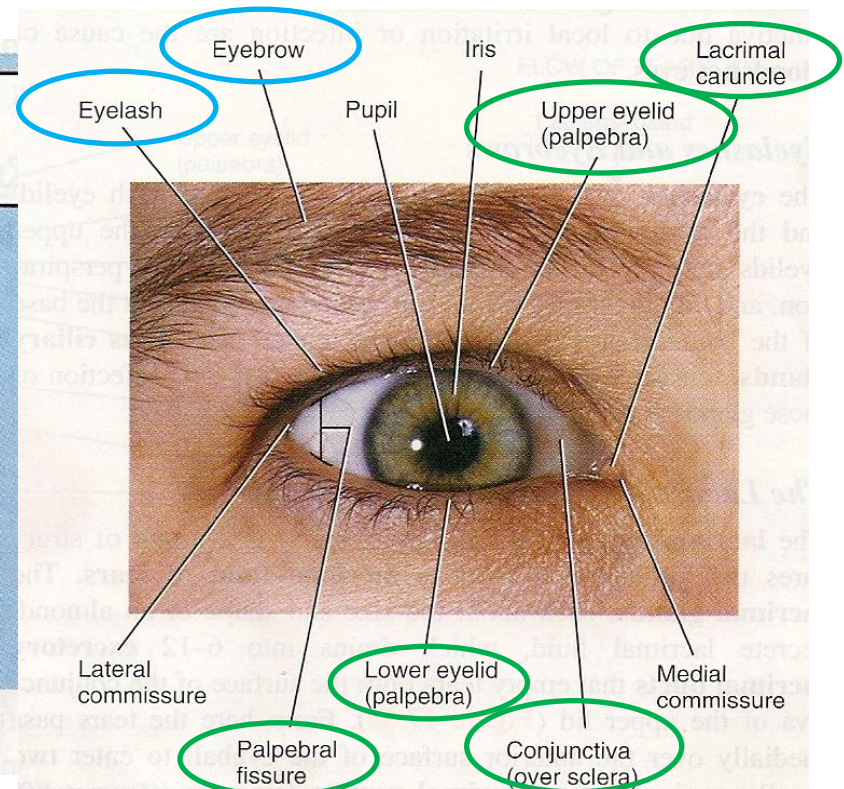
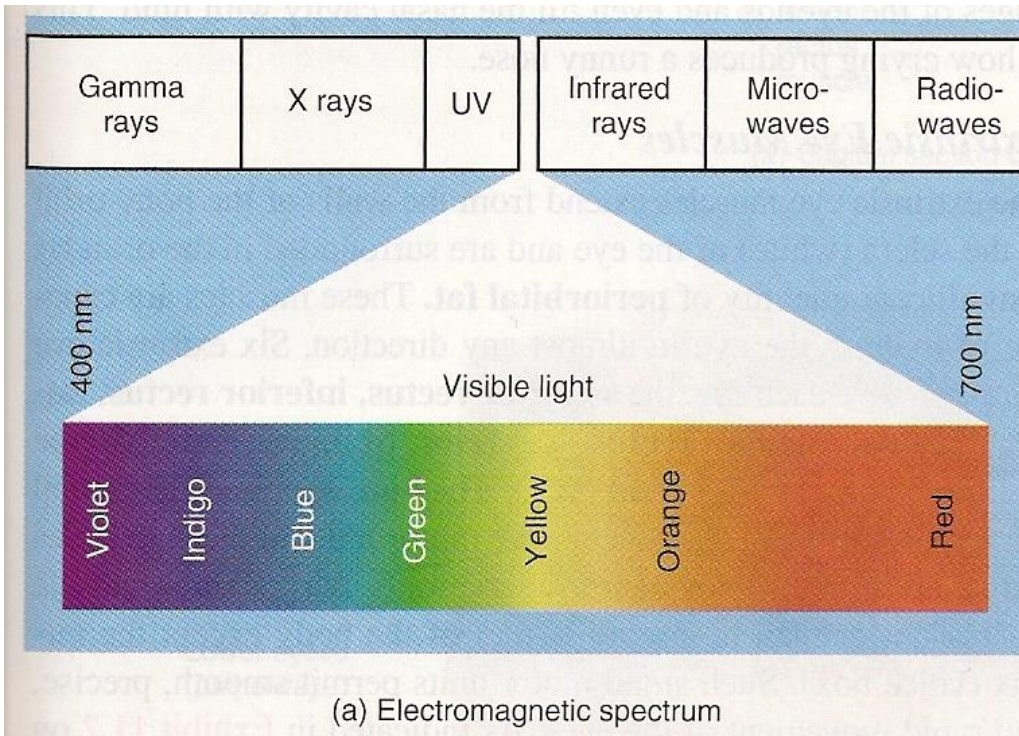
- ✦ **Tekstur makanan** di dalam rongga mulut mempengaruhi persepsi terhadap rasa.
 - ✦ Apabila cairan dingin dimasukkan ke dalam mulut, badan akan menghangatkannya dan rasa makanan akan menjadi lebih tajam.
- ✦ **Adaptasi** terjadi dalam waktu **1-2 detik** setelah sensasi rasa dan prosesnya akan lengkap dalam waktu 5 menit.
- ✦ Sensasi terhadap rasa secara kuat dipengaruhi oleh **sensasi olfaktorius** → flu/hidung tersumbat, sensasi rasa menjadi berkurang
- ✦ **Saraf** yang ditransmisikan pada hipotalamus, amigdala dan insula akan mempengaruhi **tingkah laku, sekresi gastrik, sekresi saliva & perilaku makan.**



- VISION – PENGLIHATAN

Vision = Penglihatan

- ✦ Lebih dari $\frac{1}{2}$ reseptor sensorik tubuh terdapat pada mata.
- ✦ Mata bertanggungjawab mendeteksi *visible light*
- ✦ Spektrum elektromagnetik dgn λ 400 - 700nm $\rightarrow$ warna



Anatomi permukaan mata

Aksesori Struktur Mata

✦ Eye lids (Palpebrae)

- ✦ Penutup mata: pelindung dr cahaya yg berlebihan/obyek asing dan menyebarkan sekret (lubrikan) bola mata.
- ✦ **Meimobian gland**: sekresi cairan yg mencegah lengketnya eyelids
- ✦ **conjunctiva**: membran mukosa yg tersusun dari epitel silindris berlapis banyak tidak berkeratin dan sel goblet dan didukung oleh jaringan konektif areolar.

✦ Eyelashes dan Eyebrows

- ✦ Pelindung mata dr obyek asing, keringat dan sinar matahari
- ✦ **Sebaceous ciliary gland**: terdapat pd dasar folikel rambut bulu mata

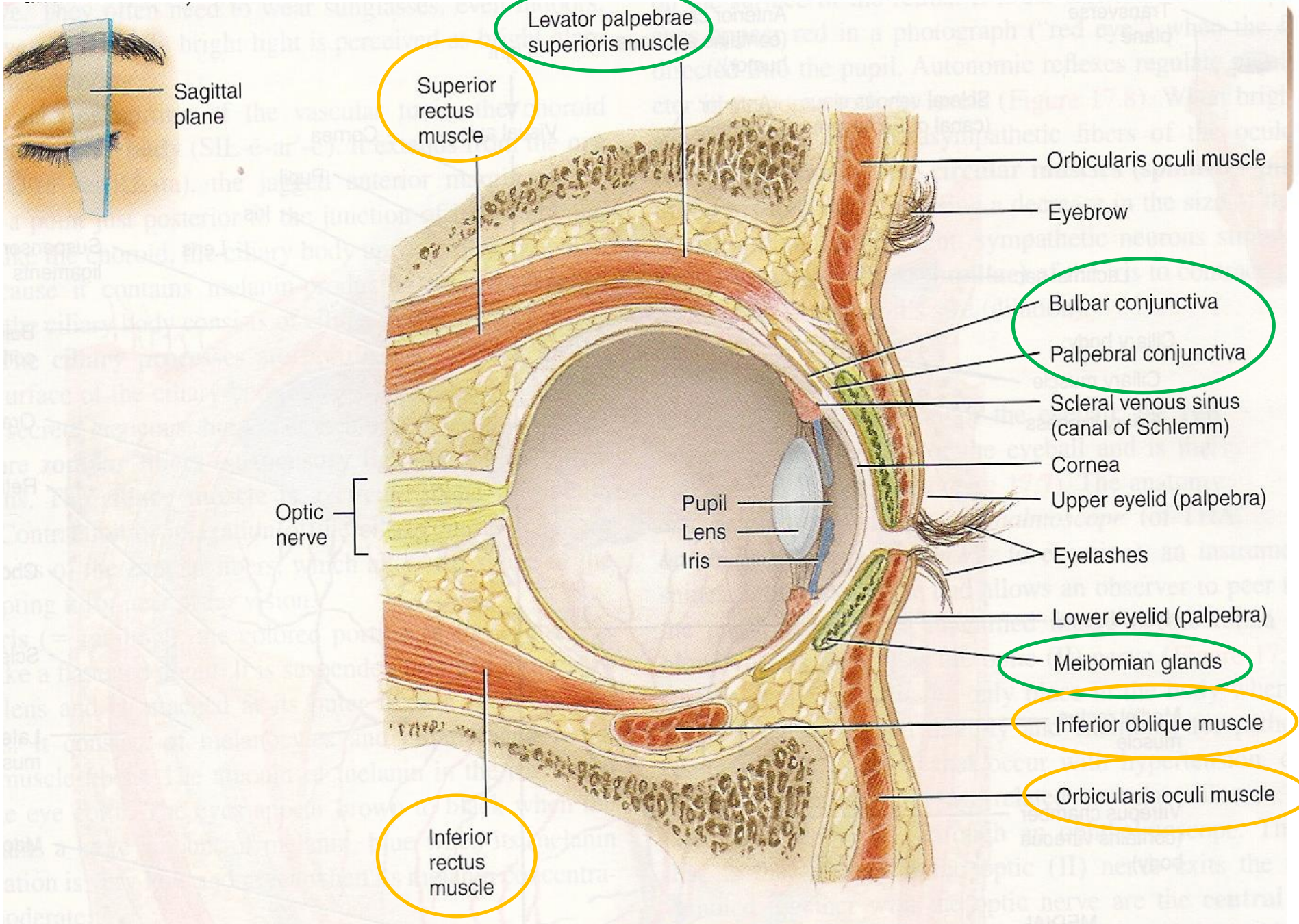
✦ Lacrimal apparatus

Struktur yg menghasilkan dan men-drainase air mata (lacrimal fluid)

✦ Otot mata

Superior, inferior, lateral dan medial **rectus**; superior dan inferior **oblique**

Eye twitching → stress and fatigue



(a) Sagittal section of eye and its accessory structures

Fisiologi Mata

- ✦ **Kornea dan Sklera:** Pelapis bola mata dan **pelindung** lensa mata
- ✦ **Pupil:** mengatur **jumlah cahaya** yang masuk ke dalam mata dan mengenai retina pada proses pembentukan bayangan
- ✦ **Lensa:** berperan penting dalam proses **pembentukan bayangan benda**; merupakan **lensa cembung** dengan kemampuan untuk dapat **berakomodasi** sehingga bayangan yang terbentuk dapat jatuh di retina
- ✦ **Retina:** banyak mengandung **reseptor dan saraf** penglihatan untuk **menerima cahaya dan pembentukan bayangan benda** yang selanjutnya akan diubah menjadi sinyal untuk **ditransduksikan** ke SSP

Summary of the Structures of the Eyeball

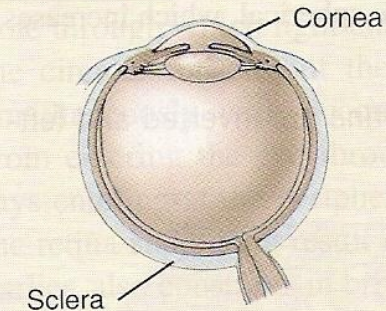
STRUCTURE

Fibrous tunic

FUNCTION

Cornea: Admits and refracts (bends) light.

Sclera: Provides shape and protects inner parts.

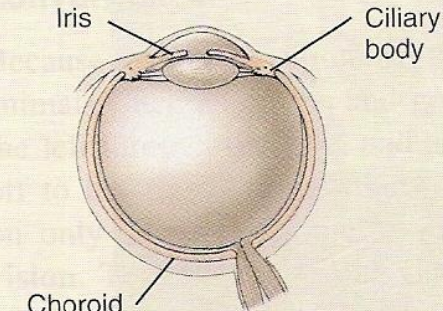


Vascular tunic

Iris: Regulates amount of light that enters eyeball.

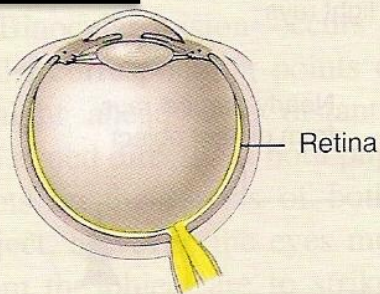
Ciliary body: Secretes aqueous humor and alters shape of lens for near or far vision (accommodation).

Choroid: Provides blood supply and absorbs scattered light.



Retina

Receives light and converts it into receptor potentials and nerve impulses. Output to brain is via axons of ganglion cells, which form the optic (II) nerve.



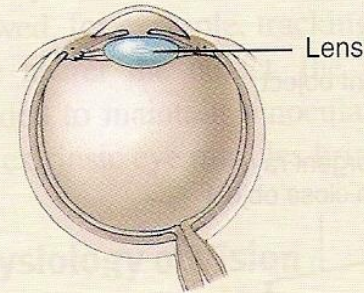
Summary of the Structures of the Eyeball

STRUCTURE

Lens

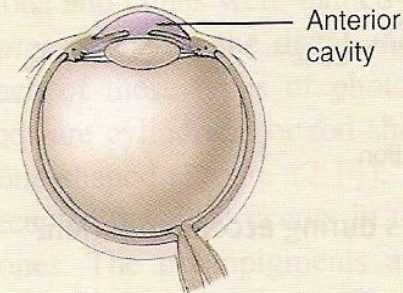
FUNCTION

Refracts light.



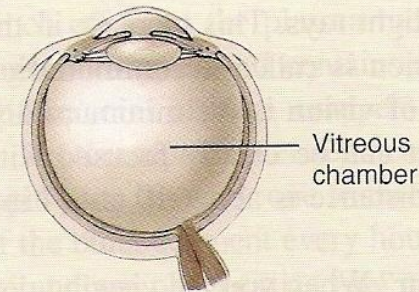
Anterior cavity

Contains aqueous humor that helps maintain shape of eyeball and supplies oxygen and nutrients to lens and cornea.



Vitreous chamber

Contains vitreous body that helps maintain shape of eyeball and keeps the retina attached to the choroid.



PROSES MELIHAT



Menerima pantulan cahaya
suatu benda

Membentuk
bayangan benda

Menafsirkan warna
dari
pantulan cahaya
suatu benda

Meneruskan sinyal
dan menafsirkan
bayangan benda yang
terbentuk

Menentukan benda tersebut

- ✦ Membutuhkan **cahaya/pantulan cahaya** dari benda

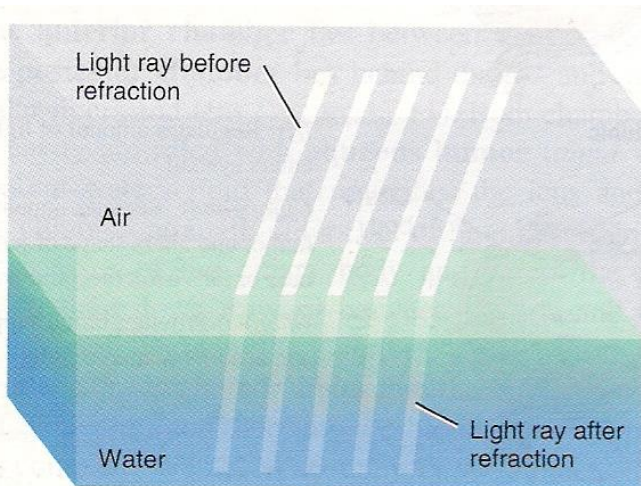
- ✦ Pada medium yang sama cahaya akan merambat lurus sementara pada **medium yang berbeda cahaya mengalami refleksi dan refraksi**

- ✦ Cahaya:

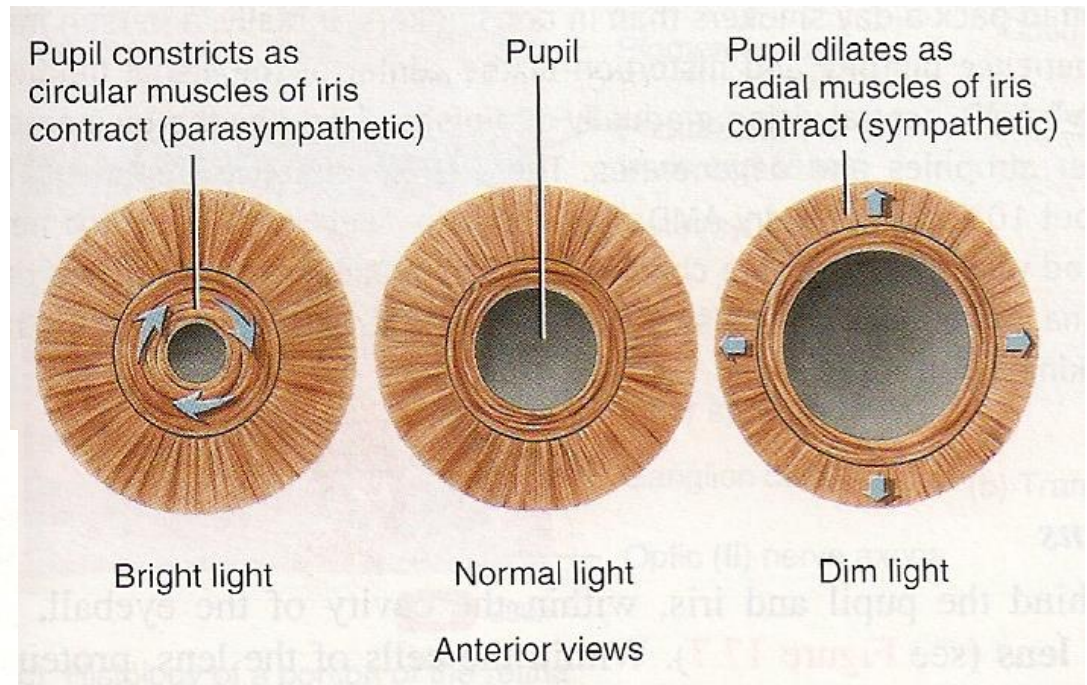
- ✦ dipantulkan (**refleksi**),
- ✦ dipadukan (**interferensi**),
- ✦ dibiaskan (**refraksi**),
- ✦ dilenturkan (**difraksi**),
- ✦ diuraikan (**dispersi**),
- ✦ dikutubkan (**dipolarisasi**)

Formasi Gambar

1. Refraksi oleh lensa dan kornea
2. Konstriksi pupil
3. Akomodasi



(a) Refraction of light rays



miosis

midriasis

Konstriksi Pupil

Akomodasi Mata

- ✦ **Perubahan kecembungan lensa** untuk memfokuskan bayangan sehingga jatuh pada **retina**.
- ✦ Pada akomodasi akan menyebabkan pergeseran atau perubahan letak bayangan di dalam mata.

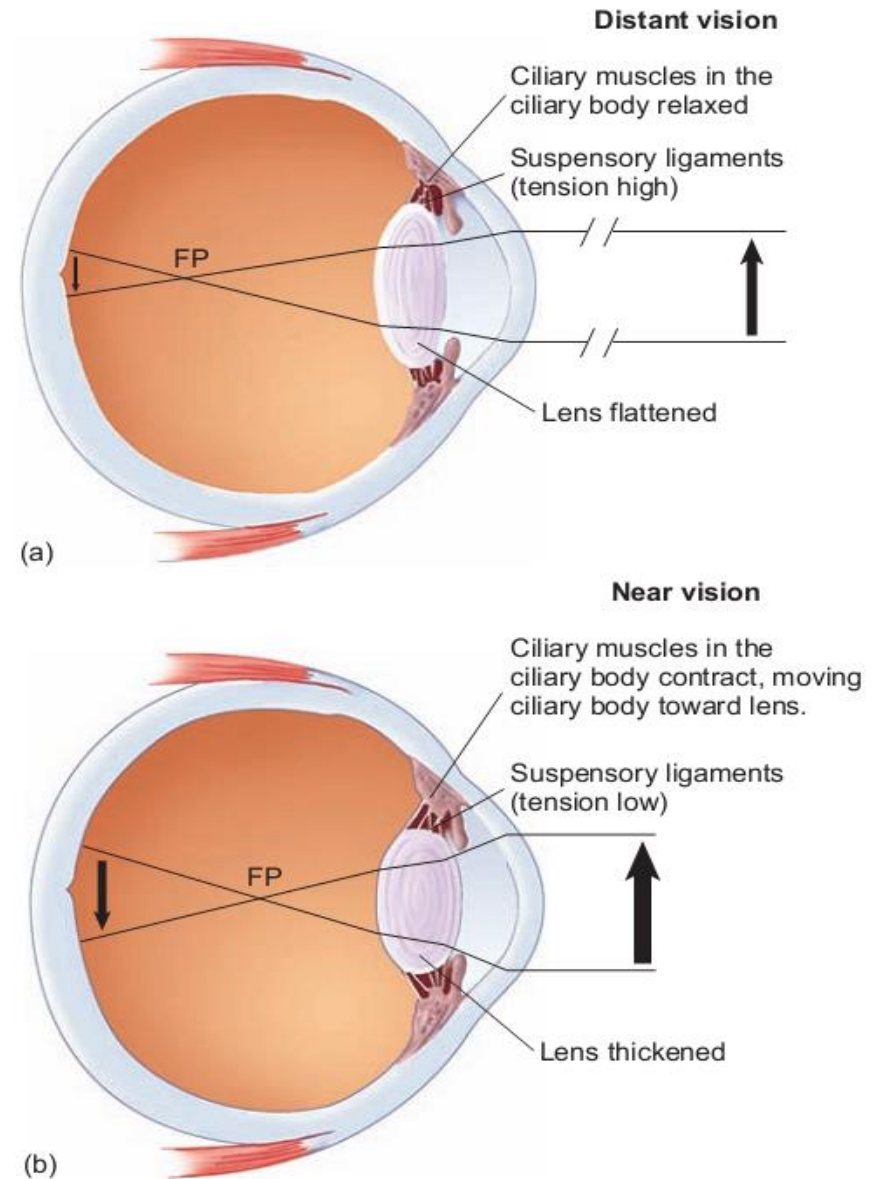


FIGURE 15.16 Focus and Accommodation by the Eye

The focal point (FP) is where light rays cross. (a) Distant image. The lens is flattened, and the image is focused on the retina. (b) Accommodation for near vision. The lens is more rounded, and the image is focused on the retina.



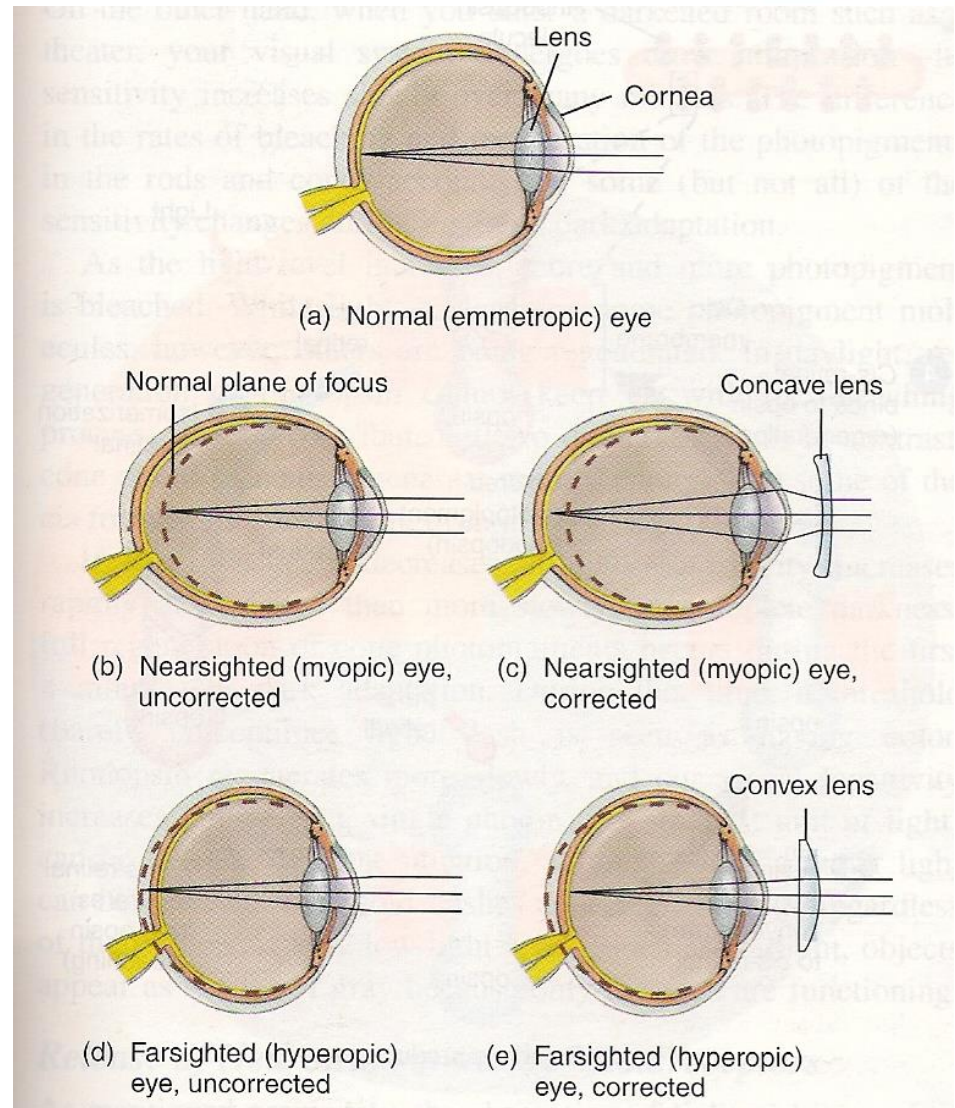
Konvergensi

- ✦ **Pergerakan** ke dua bola mata dalam mengamati objek menuju **arah medial**.
- ✦ Semakin dekat objek, maka semakin besar **derajat konvergensi** yang dibutuhkan untuk menjaga *binocular vision* (kedua mata hanya dapat fokus pada satu set objek).

Kelainan pada Penglihatan

✦ Kelainan karena pembiasan

- ✦ **Hipermetropi:** bola mata pendek, lensa mata tipis dan bayangan jatuh di belakang retina → Koreksi dg lensa cembung (+)
- ✦ **Miopi:** bola mata panjang, lensa mata tebal dan bayangan jatuh di depan retina → Koreksi dg lensa cekung (-)



Kelainan pada Penglihatan

✦ Kelainan karena bentuk lensa mata

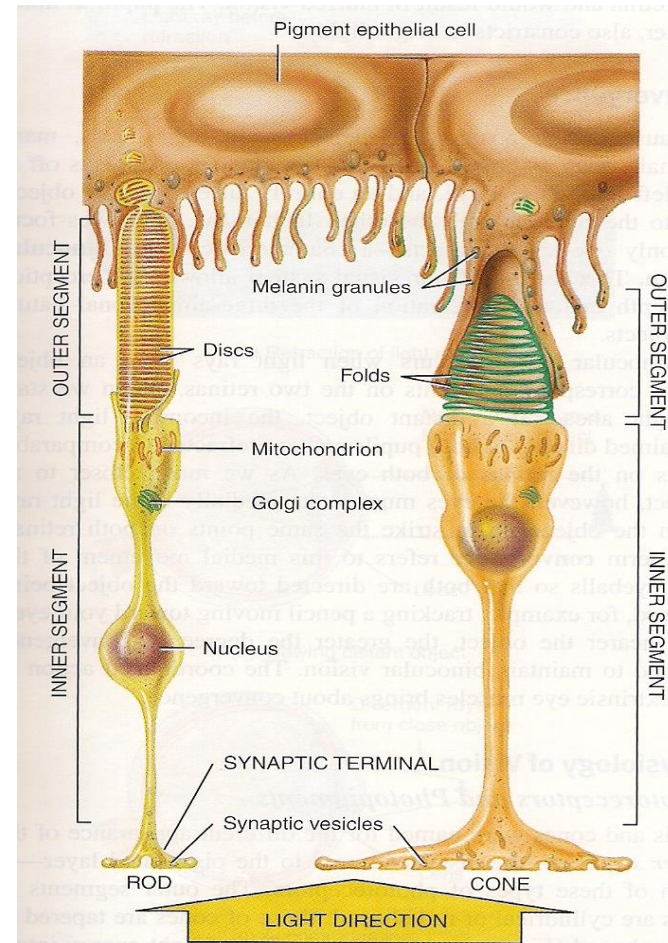
- ✦ **Astigmatisma:** lengkung kornea/lensa abnormal shg tdk dpt fokus dan pandangan kabur/distorsi Koreksi dg lensa silindris

✦ Kelainan karena ketajaman fokus akibat hilangnya daya akomodasi

- ✦ **Presbiopi:** lensa semakin besar, menebal dan kurang elastik → daya akomodasi berkurang
 - ✦ usia 45-50: 14 dioptri menjadi 12 dioptri
 - ✦ Usia 70 thn: 0 dioptri → tdk dpt berakomodasi
- Koreksi dg lensa cembung/cekung (bifokus)

Photoreceptor

- **Reseptor** pada retina yang mengkonversi sinar cahaya menjadi impuls syaraf.
- Dua tipe sel:
 - **Rods** (sel batang)
 - Sangat peka cahaya & reseptor untuk penglihatan malam (**skotopik**)
 - Putih, hitam, abu-abu
 - **Cones** (sel kerucut)
 - reseptor untuk penglihatan terang (**fotofik**)
 - memiliki **pigmen warna** untuk membedakan warna cahaya
 - merah, hijau & biru
- Fotopigmen tersusun dari **opsin** dan **retinal**
 - Retinal → bagian yg menyerap sinar
 - Opsin → menyerap gelombang warna cahaya
- Pigmen pada sel batang yang peka terhadap stimulus cahaya: **Rhodopsin**



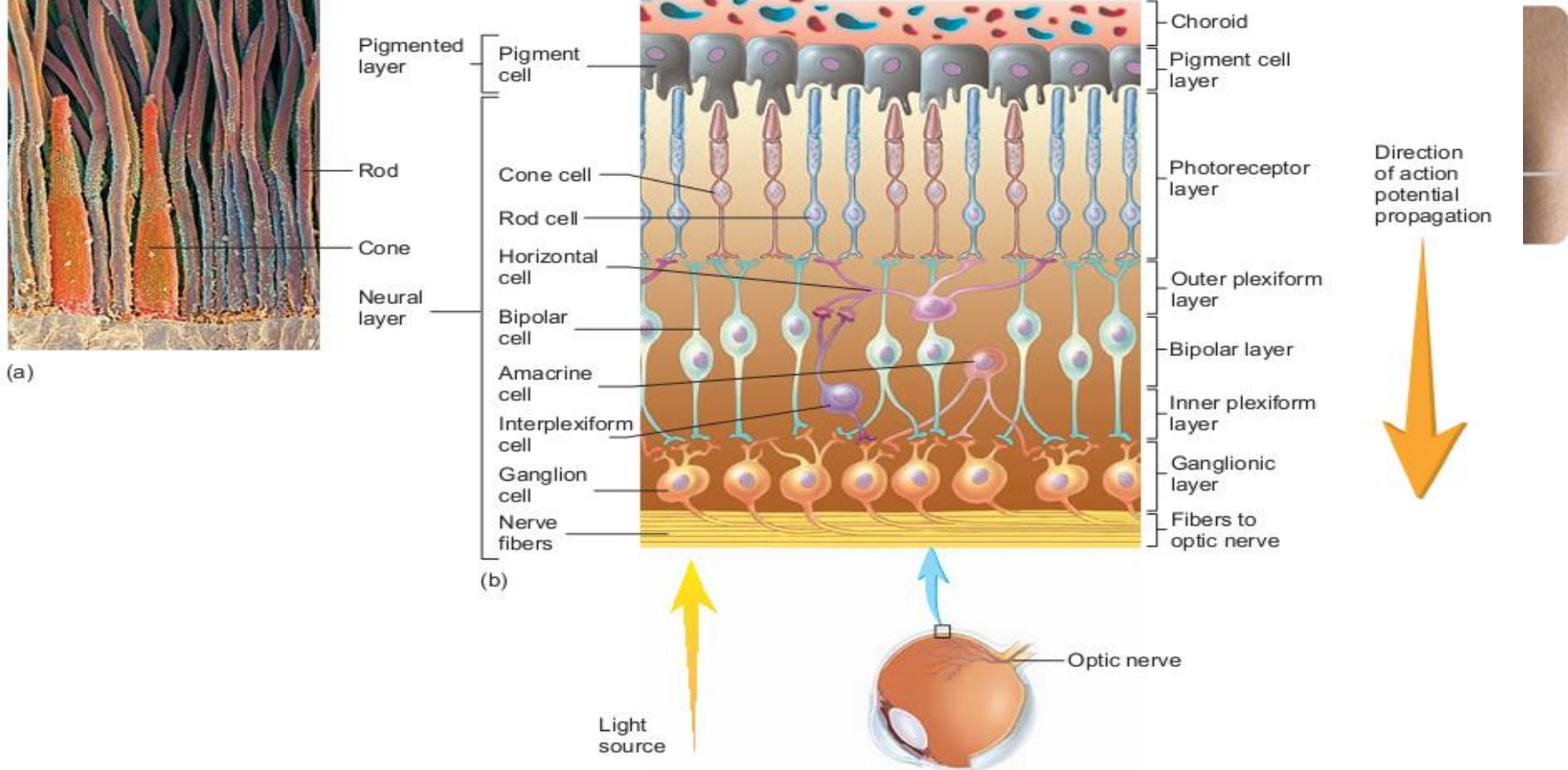


FIGURE 15.17 Retina

(a) Colorized electron micrograph of rods and cones. (b) Section through the retina with its major layers labeled.

- **Sel horisontal**: menghubungkan atau membentuk **sinaps** antara sel reseptor batang dan kerucut → **sinyal ke sel bipolar**.
- **Neuron bipolar**: menerima rangsang (**presinaps**) dari sel batang dan sel kerucut → **sinyal ke sel ganglion**
- **Sel amakrin**: menghubungkan atau **membentuk sinaps** diantara sel ganglion maupun melakukan hubungan **presinaps-postsinaps** antara sel bipolar – sel amakrin – sel ganglion sehingga banyak terbentuk konvergensi neuron
- **Sel ganglion**: sinyal dari sel bipolar → sinyal keluar dari mata dan **bersinaps dengan nervus optikus** (nervus okulomotorius) → **sinyal ke otak**



Adaptasi Terang dan Gelap

Adaptasi terang

Pada cahaya terang, **rodopsin** akan berada dalam jumlah banyak dan **dipecah** agar potensial aksi tidak terjadi dan mata dapat beradaptasi terhadap cahaya.

Fungsi sel batang menurun dan sel kerucut meningkat → sel batang sensitif terhadap cahaya sehingga rodopsin akan rusak lebih cepat daripada sel kerucut.

Adaptasi Gelap

Pada ruangan gelap **rodopsin diproduksi lebih banyak** sehingga retina menjadi lebih sensitif terhadap cahaya

Adaptasi gelap-terang melibatkan **reflex pupil**.



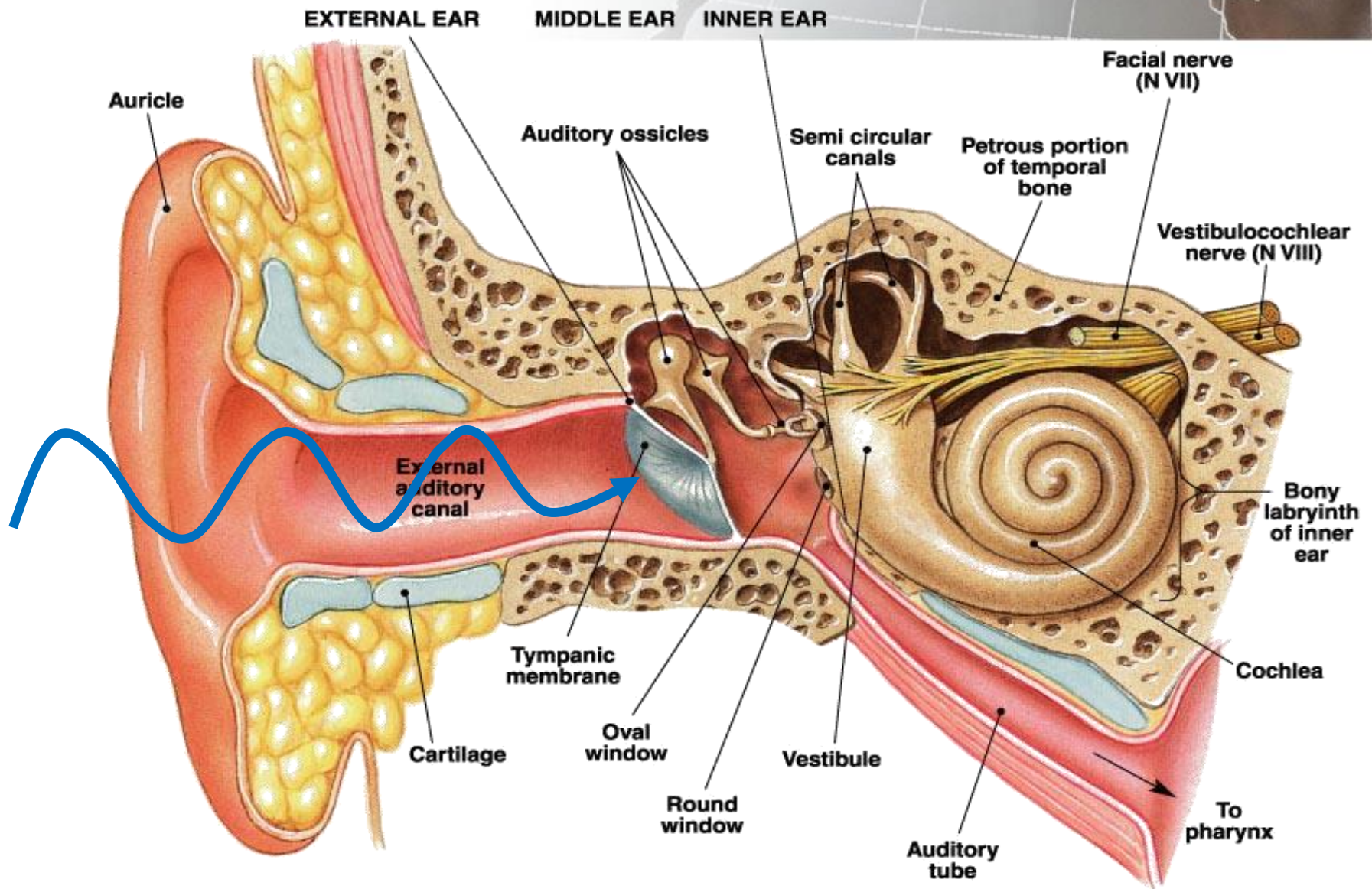
- HEARING - Kesetimbangan (Equilibrium)

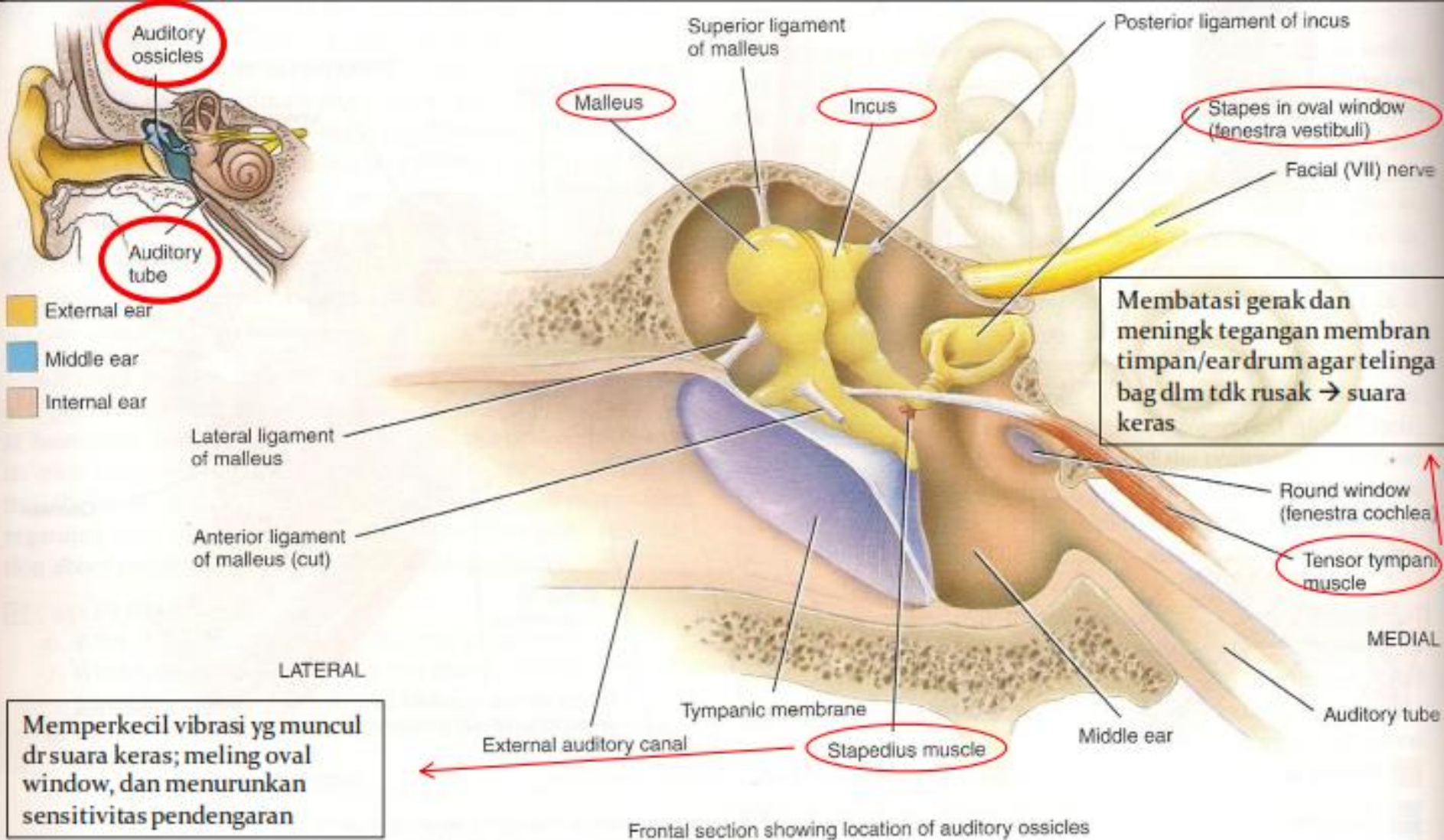


PENDENGARAN

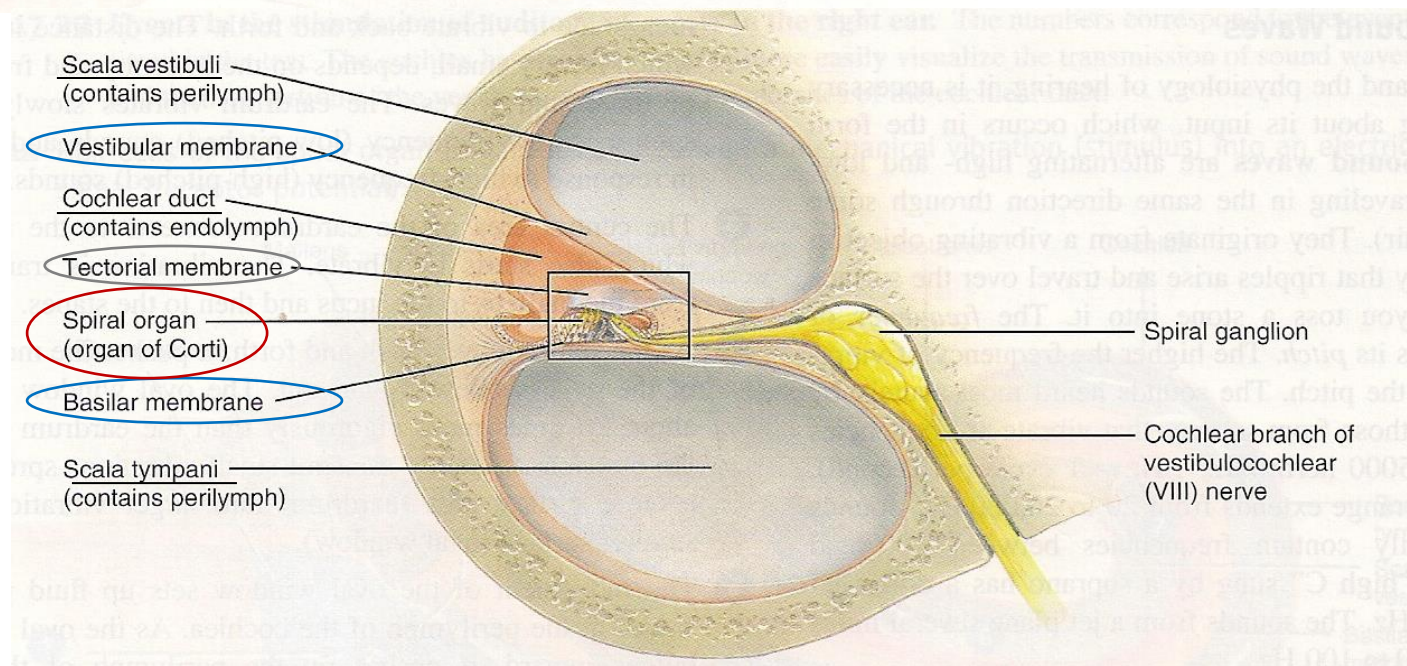
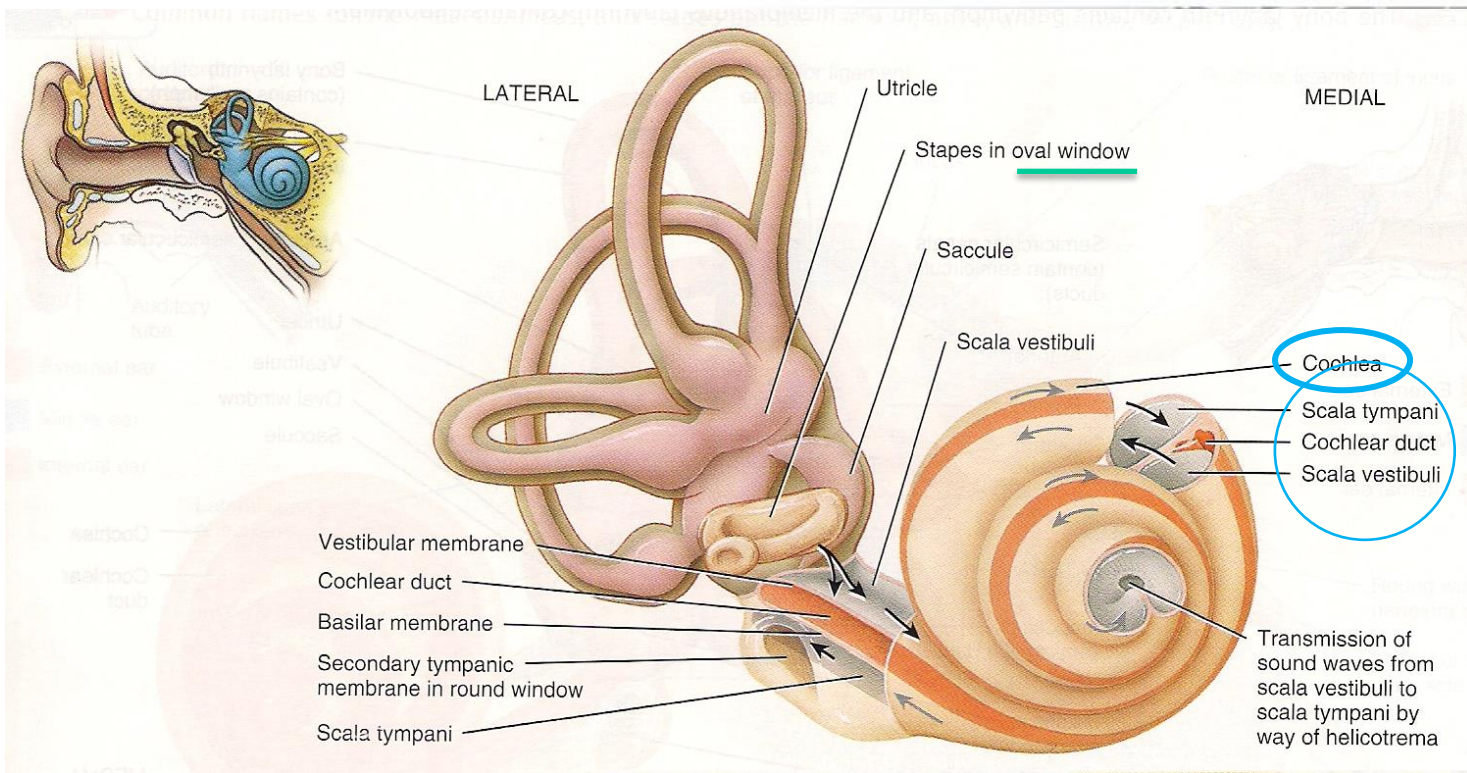
- ✦ Bunyi atau suara merupakan **getaran mekanik**, sehingga untuk dapat mendengar perlu:
 - ✦ **Sumber** bunyi
 - ✦ **Medium** perantara untuk merambat
 - ✦ **Alat pendengar**, yaitu telinga
- ✦ Sifat gelombang bunyi/suara: diserap dan dipantulkan, dibelokkan (defraksi) dan dapat mengalami interferensi (penting untuk amplifikasi)
- ✦ **Konduksi**: perambatan getaran/berjalannya gelombang mekanik melalui media perantara
- ✦ **Resonansi**: ikut bergetarnya suatu benda akibat getaran benda lain disekitarnya yang memiliki frekuensi sama

Anatomi Telinga





Anatomi Telinga Tengah dan Auditory Ossicles





Mekanisme Pendengaran

Mekanisme Pendengaran Perifer

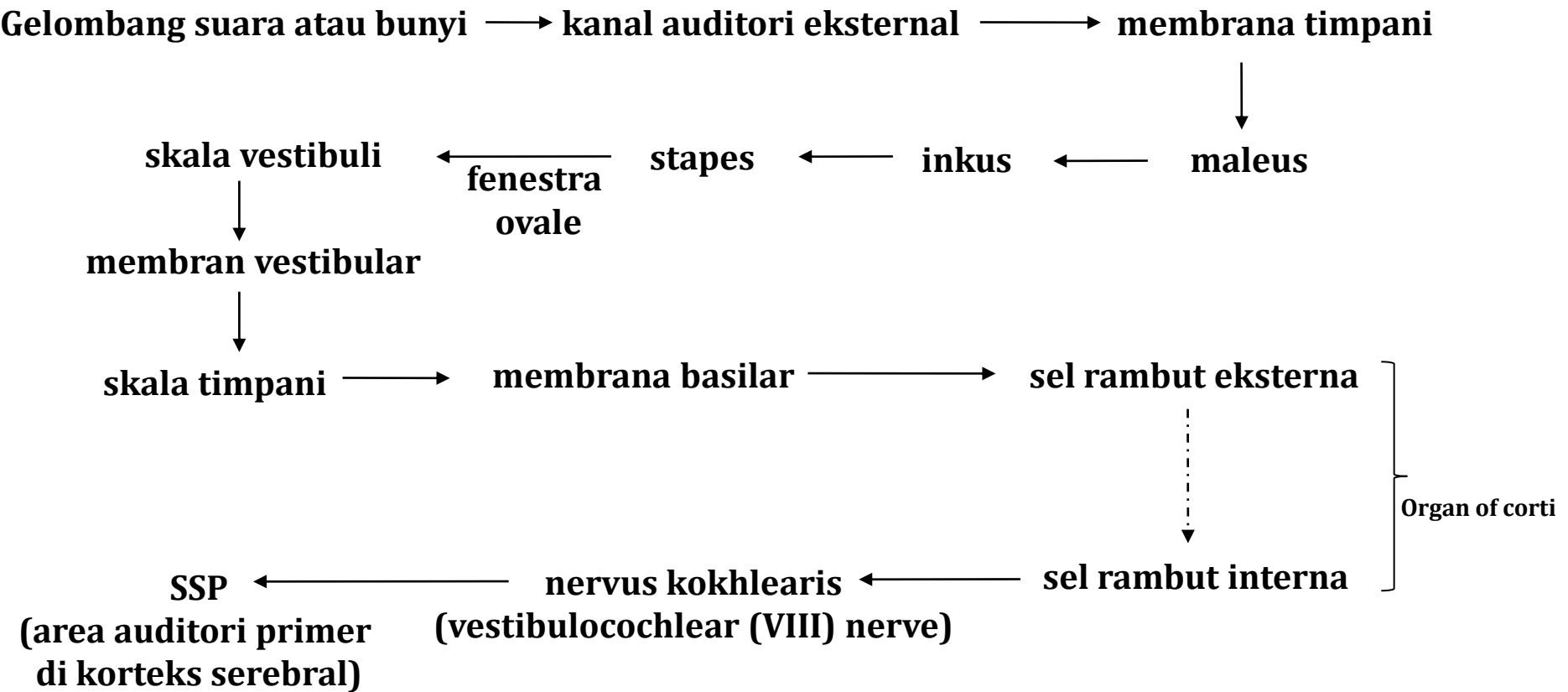
Mekanisme **Resonansi - Konduktif** → telinga luar dan telinga tengah

Mekanisme **Sensorineural** → telinga dalam dan nervus kokhlearis

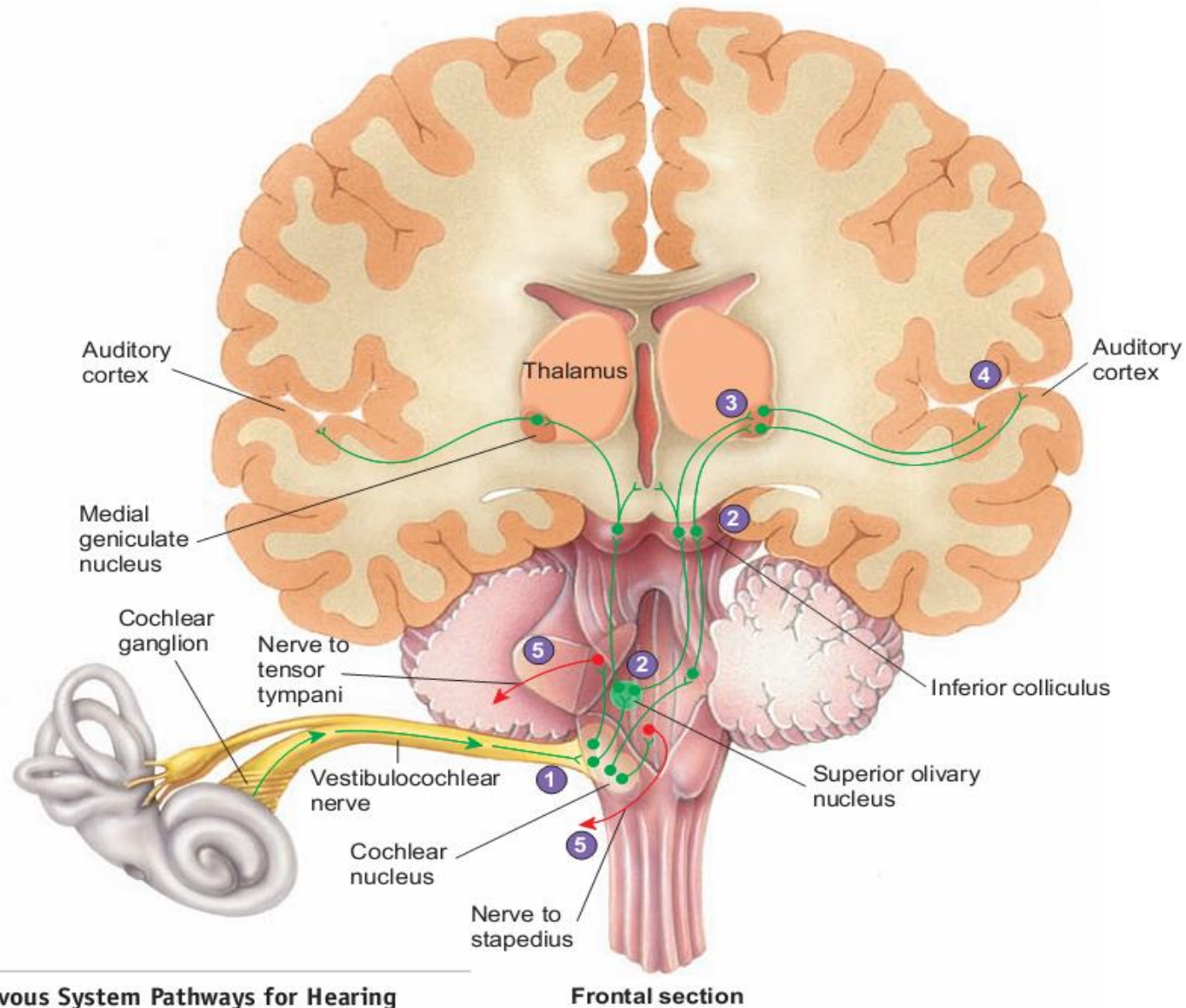
Mekanisme Pendengaran Audio Sentral

Melibatkan berbagai jalur **transduksi sinyal auditroius**

Ringkasan Fisiologi Pendengaran



1. Sensory axons from the cochlear ganglion terminate in the cochlear nucleus in the brainstem.
2. Axons from the neurons in the cochlear nucleus project to the superior olivary nucleus or to the inferior colliculus.
3. Axons from the inferior colliculus project to the medial geniculate nucleus of the thalamus.
4. Thalamic neurons project to the auditory cortex.
5. Neurons in the superior olivary nucleus send axons to the inferior colliculus, back to the inner ear, or to motor nuclei in the brainstem that send efferent fibers to the middle ear muscles.



PROCESS FIGURE 15.34 Central Nervous System Pathways for Hearing

Deafness (Tuli)



✦ Tuli konduksi

- ✦ Kehilangan pendengaran akibat kerusakan sistem mekanik yang menghantarkan gelombang suara ke koklea.

✦ Tuli saraf

- ✦ Kehilangan pendengaran akibat kerusakan sel reseptor pada koklea atau pada saraf pendengaran.

KESEIMBANGAN

Vestibular Apparatus :

- Otolithic Organ: Saculle dan Utricle → Macula
static/gravitational equilibrium
 - menjaga posisi tubuh (kepala) thd kekuatan gravitasi
- Semisircular ducts →
dynamic/rotational equilibrium
 - menjaga kekuatan tubuh (kepala) thd gerakan rotasi

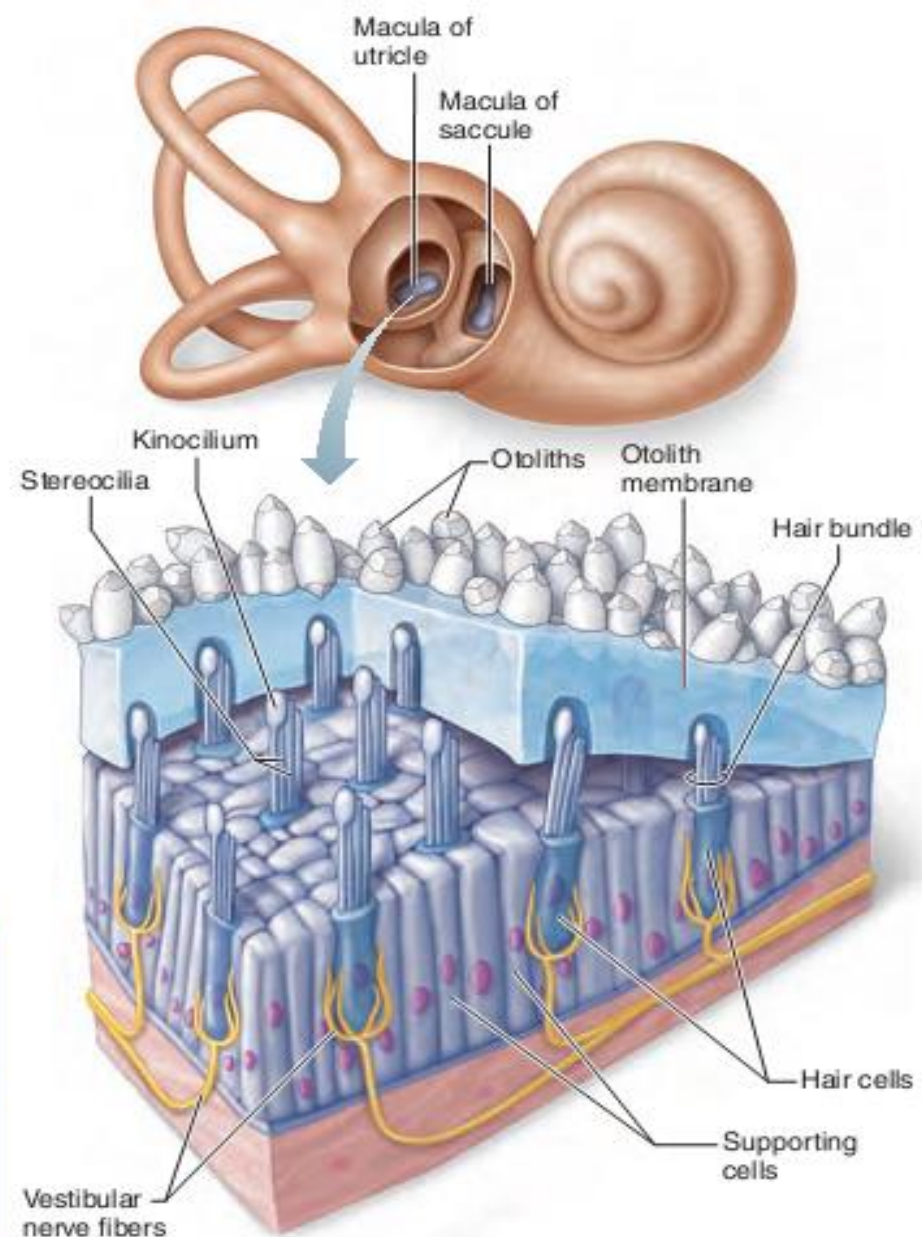


Figure 15.33 Structure of a macula. The “hairs” of the receptor cells of a macula project into the gelatinous otolith membrane. Vestibular nerve fibers surround the base of the hair cells.

KESEIMBANGAN

Hair cells → (channel transduksi terbuka) → depolarisasi/hiperpolarisasi reseptor → neurotransmitter lepas → potensial reseptor bangkit → impuls syaraf → syaraf vestibulocochlear (VII) → vestibular area pd cerebral cortex

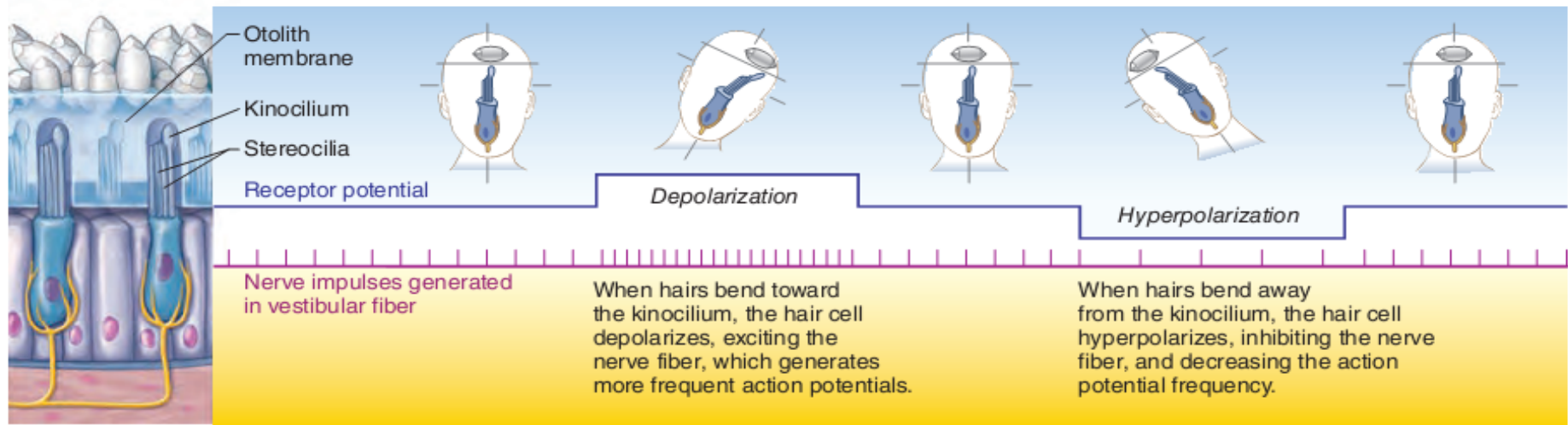


Figure 15.34 The effect of gravitational pull on a macula receptor cell in the utricle.



TERIMA KASIH