

Fisiologi Pendengaran dan Keseimbangan



UNIVERSITAS TRISAKTI

Mustika Anggiane Putri

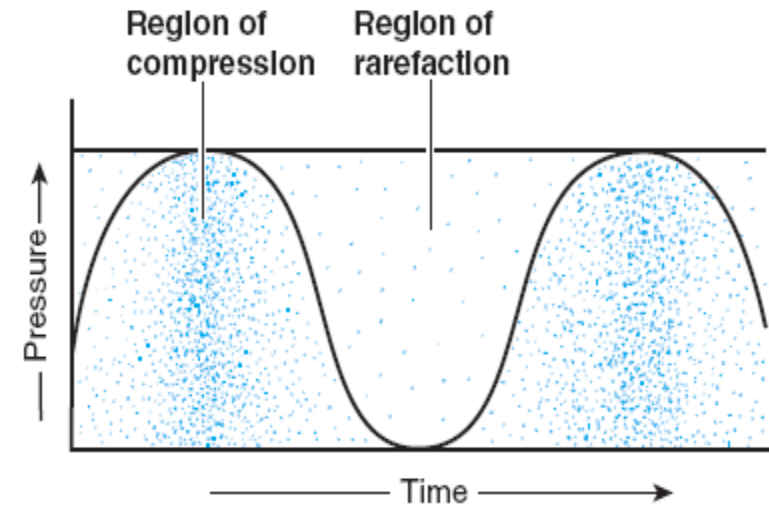
TELINGA

Pada Telinga terdapat 2 sistem sensorik :

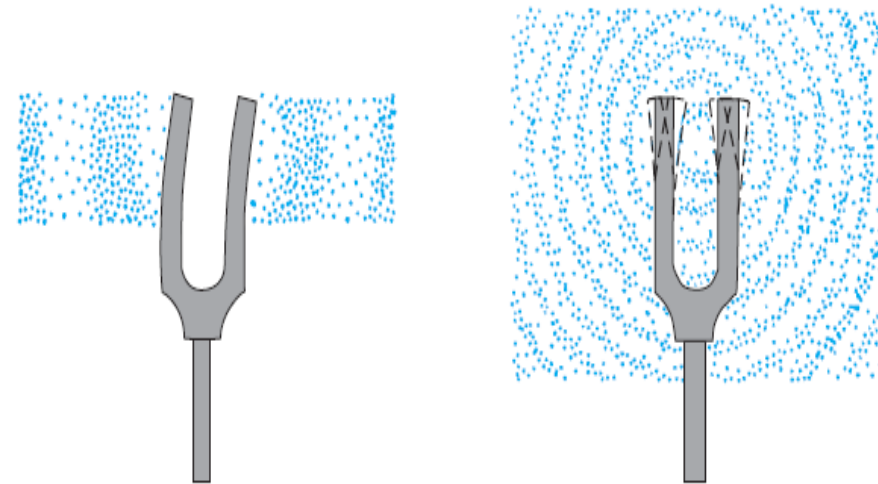
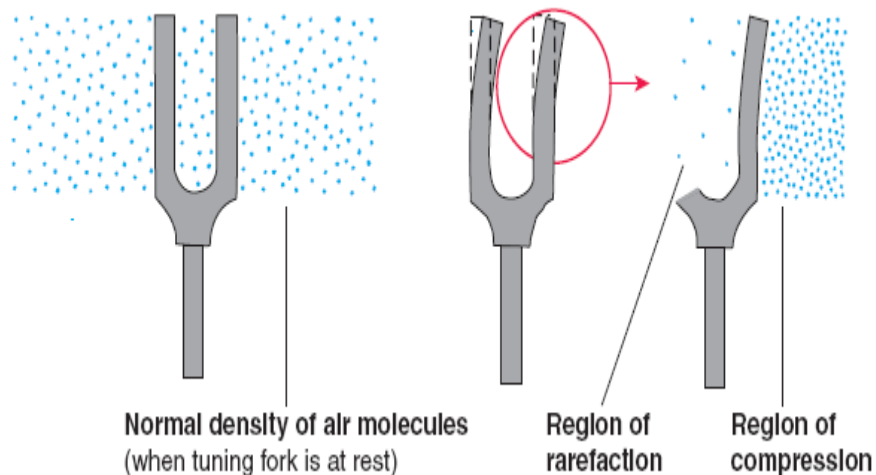
1. Pendengaran (koklea)
 2. Keseimbangan (aparatus vestibularis)
- Pendengaran : Persepsi saraf mengenai energi suara

Gelombang Suara

- Gelombang suara : getaran udara yang merambat yang terdiri dari daerah pemadatan dan daerah peregangannya molekul udara yang berselang – seling.



(a) Sound waves



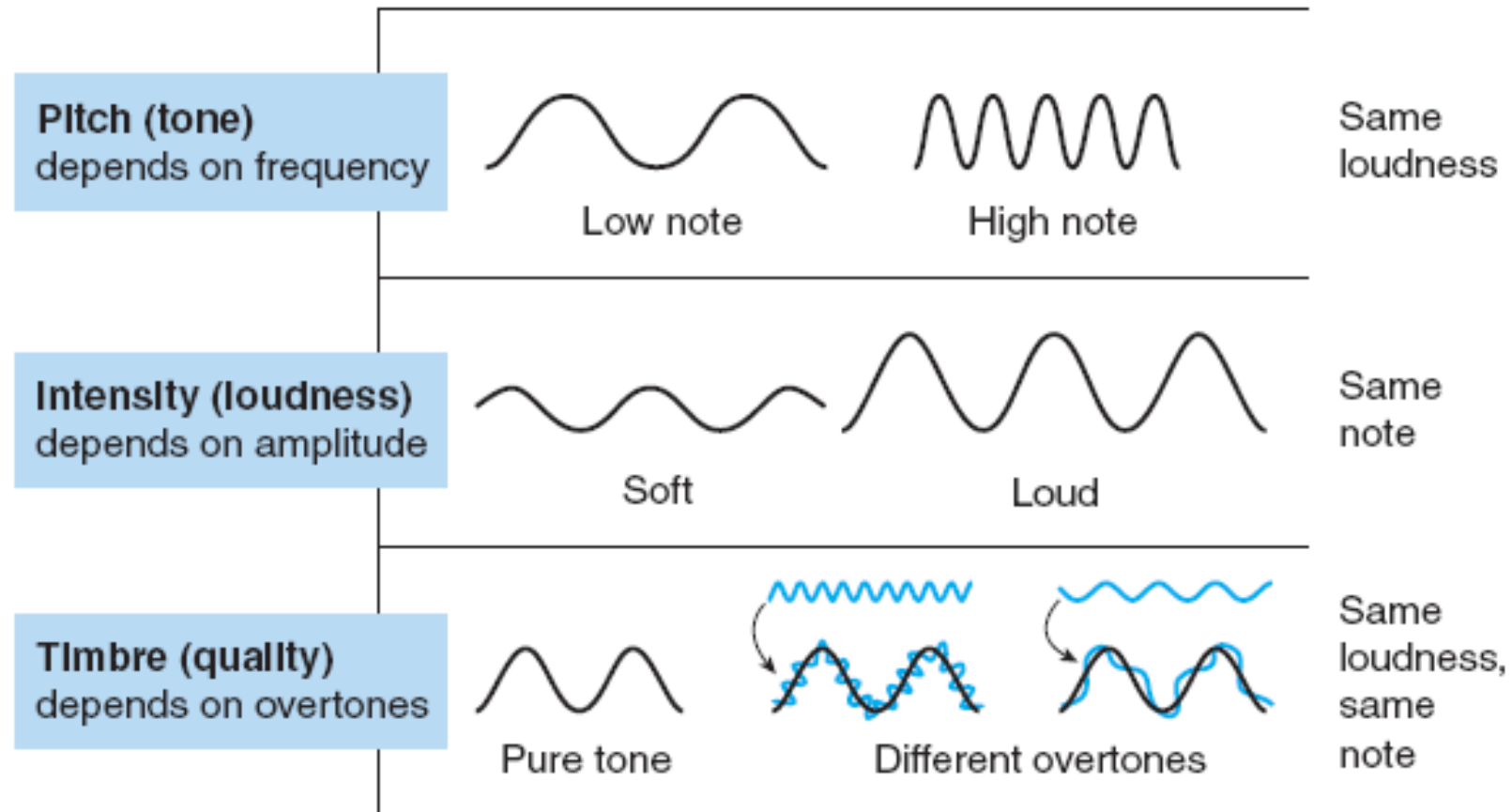
Pendengaran

- Gelombang suara ini memerlukan media : udara dan air
- Suara ditandai oleh :
 - Nadanya (*tone*)
 - Intensitas(kekuatan, keras-lembutnya)
 - Kualitas suara atau warna nada (*timbre*)

- Nada :
 - Ditentukan frekuensi getaran. Makin tinggi frekuensi → nada makin tinggi
 - Telinga manusia mendeteksi gelombang suara dengan frekuensi 20-20000 siklus perdetik, paling peka 1000-4000 siklus perdetik
- Intesitas (Kekuatan) :
 - Bergantung pada amplitudo gelombang suara
 - Makin besar amplitudo → makin keras suara
 - Satuan intensitas : dB

- Telinga manusia dapat mendeteksi intensitas suara dalam rentang luas : dari suara bisikan terhalus sampai suara jet lepas landas yang memekakan
- Suara yang lebih kuat dari 100 dB dapat merusak organ sensorik dikoklea
- Kualitas suara/warna nada (timbre) :
 - Bergantung pada frekuensi (nada) tambahan yg mengenai nada dasar.
 - nada tambahan menyebabkan perbedaan yang khas pada suara alat musik atau suara manusia.
 - Setiap sumber suara menghasilkan pola nada tambahan yg berbeda.

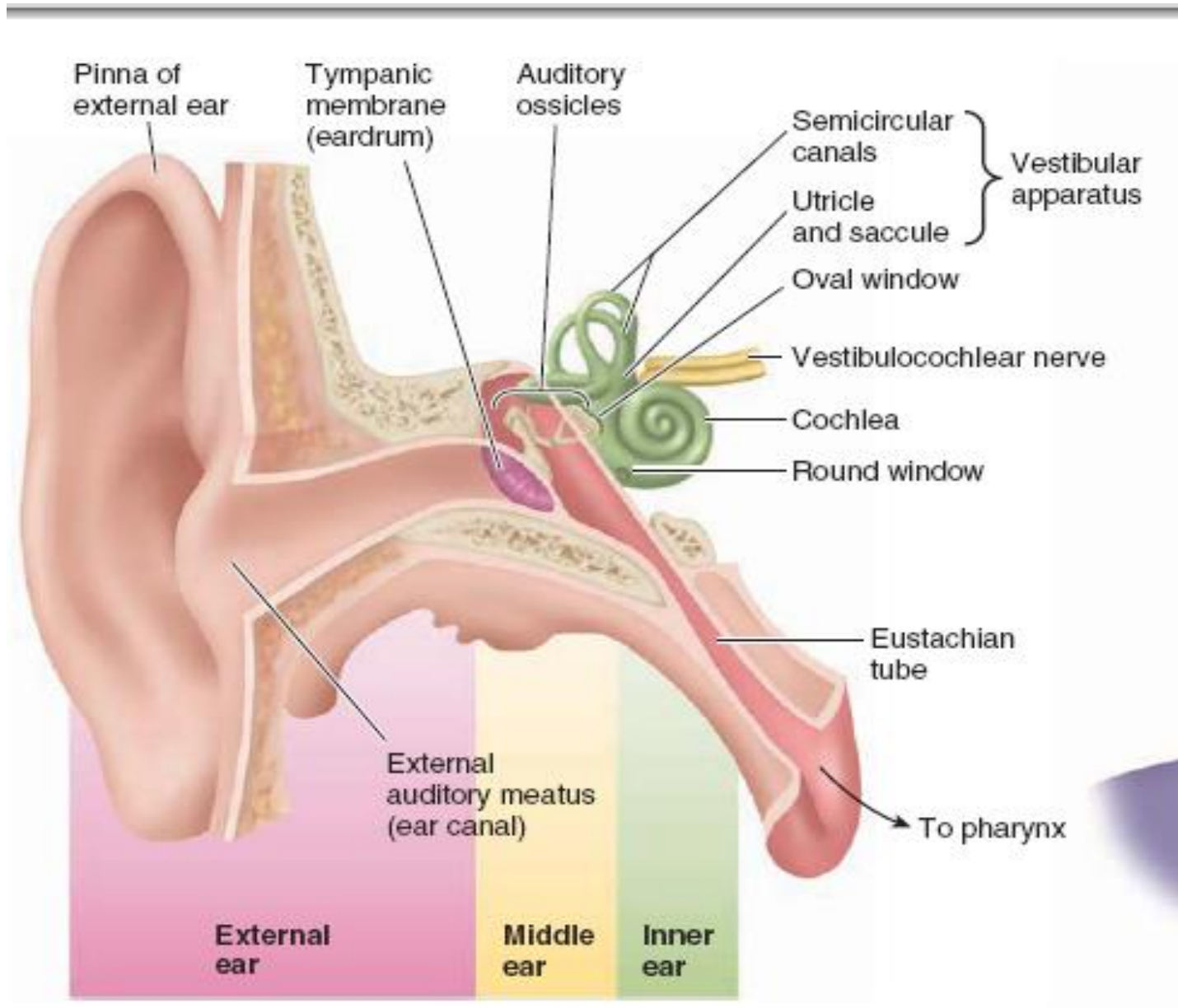
Sifat Gelombang Suara



Anatomi dan Fungsi

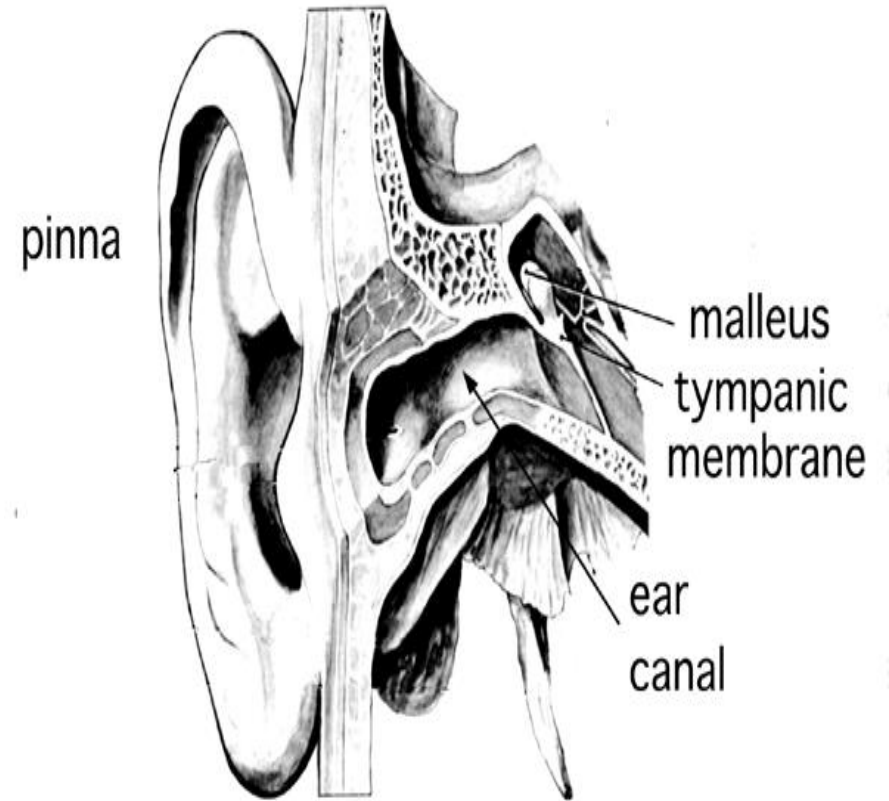
- Komponen penting pada mekanisme pendengaran :
 - Telinga luar, tengah ,dalam
 - Pusat pendengaran
- Telinga luar dan tengah menyalurkan gelombang suara dari udara ke telinga dalam yang berisi cairan
- Telinga dalam berisi 2 sistem sensorik :
 - Koklea : reseptor untuk gelombang suara
 - Aparatus vestibular : keseimbangan

ANATOMY OF THE HUMAN EAR

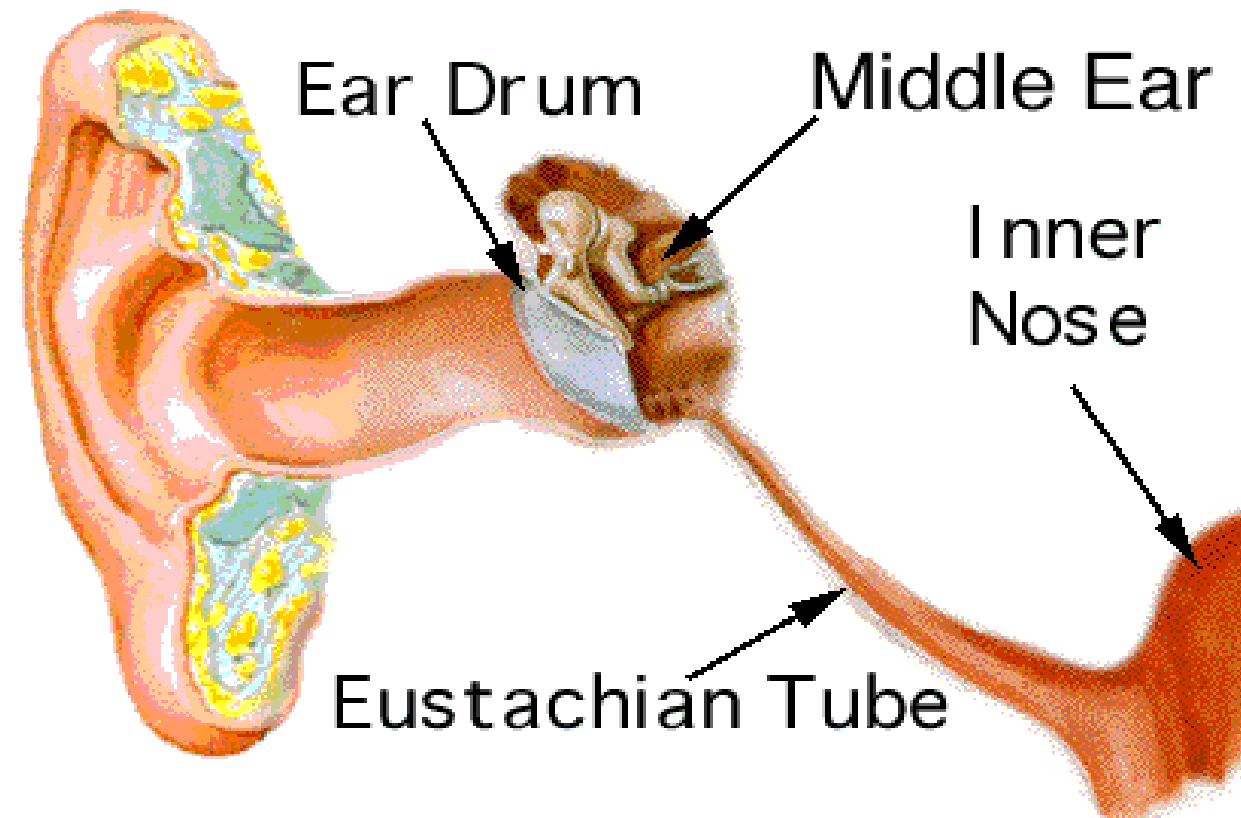


Telinga Luar

- Telinga Luar :
 - Pinna (daun telinga, auricula)
 - Meatus auditorius externus (sal.telinga)
- Pinna : mengumpulkan gelombang suara dan menyalurkan ke saluran telinga luar.
- Panjang $\pm 1 \frac{1}{4}$ inchi, berbentuk S
- Terdapat rambut-rambut halus dan kelenjar yang menghasilkan serumen
- Rambut dan serumen : mencegah benda asing masuk kedalam saluran telinga
- **Fungsi menyalurkan gelombang suara ketelinga tengah.**



- Membran timpani:
 - Terletak antara telinga luar dan tengah
 - Bergetar saat ada gelombang suara masuk
 - Bagian luar membran timpani dipengaruhi oleh tekanan atmosfer
 - Bagian dalam berhadapan dengan rongga telinga tengah dan juga tekanan atmosfer melalui tuba eustachius (auditoria)



- Tuba Eustachius :
 - Menghubungkan telinga tengah ke faring
 - Dalam keadaan normal : tertutup, dapat dibuka : menelan, mengunyah, menguap
 - **Tujuan pembukaan** : tekanan udara ditelinga tengah = tekanan atmosfer → sehingga tekanan di kedua sisi membran setara.
 - Perubahan tekanan eksternal cepat (pesawat lepas landas), gendang telinga cenderung terdorong ke luar → nyeri karena tekanan diluar berubah dan didalam cenderung tetap.
 - Dengan menguap maka tuba akan terbuka sehingga tekanan pada 2 sisi membran seimbang.

TELINGA TENGAH

- Telinga tengah :

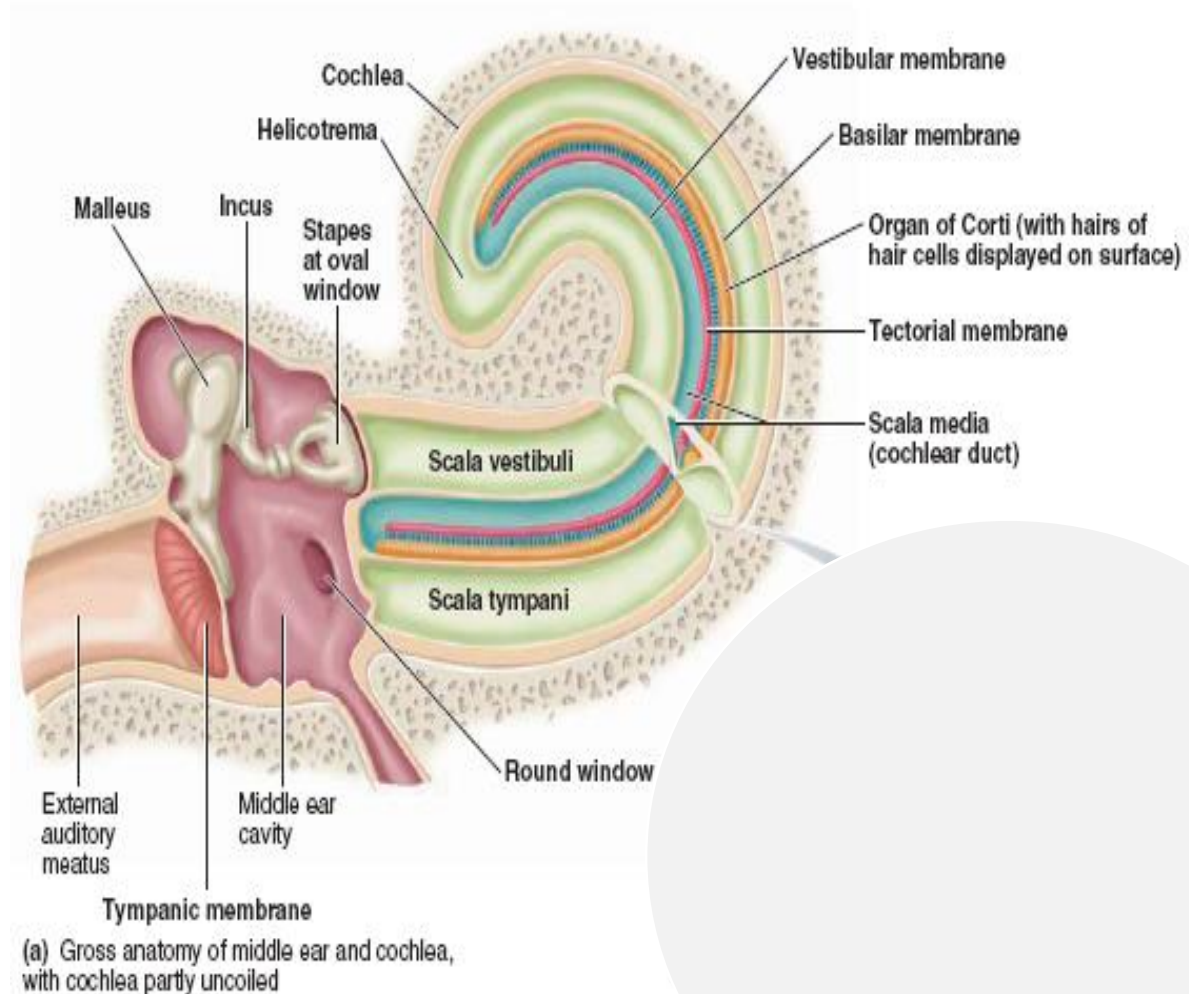
Terdiri : 1. Tulang-tulang pendengaran
(Osikula): Maleus, incus, stapes

2. Otot-otot pendengaran : M. tensor
timpani dan M. stapedius

- Fungsi Osikula : mempermudah pemindahkan gerakan bergetar membran timpani ke cairan telinga dalam
- Tulang yang menempel pada membran timpani adalah : Maleus
- Tulang yang berhubungan dengan telinga dalam : Stapes

Telinga Tengah

- Membran timpani bergetar → rantai tulang pendengaran bergetar dgn frekuensi yg sama → memindahkan frekuensi getaran dari membran timpani ke jendela ovale → cairan telinga dalam bergerak .



- Penghantaran suara dari telinga luar ke telinga dalam memerlukan tekanan yang besar hal ini disebabkan karena :
 - Perbedaan media antara keduanya :telinga luar media udara, telinga dalam media : cairan
- 2 Mekanisme untuk memperbesar tekanan:
 - Tulang pendengaran sebagai pengungkit
 - Luas permukaan membran timpani lebih besar dibandingkan foramen ovale
- Kedua hal tersebut meningkatkan gaya pada foramen ovale sebesar 20X lipat

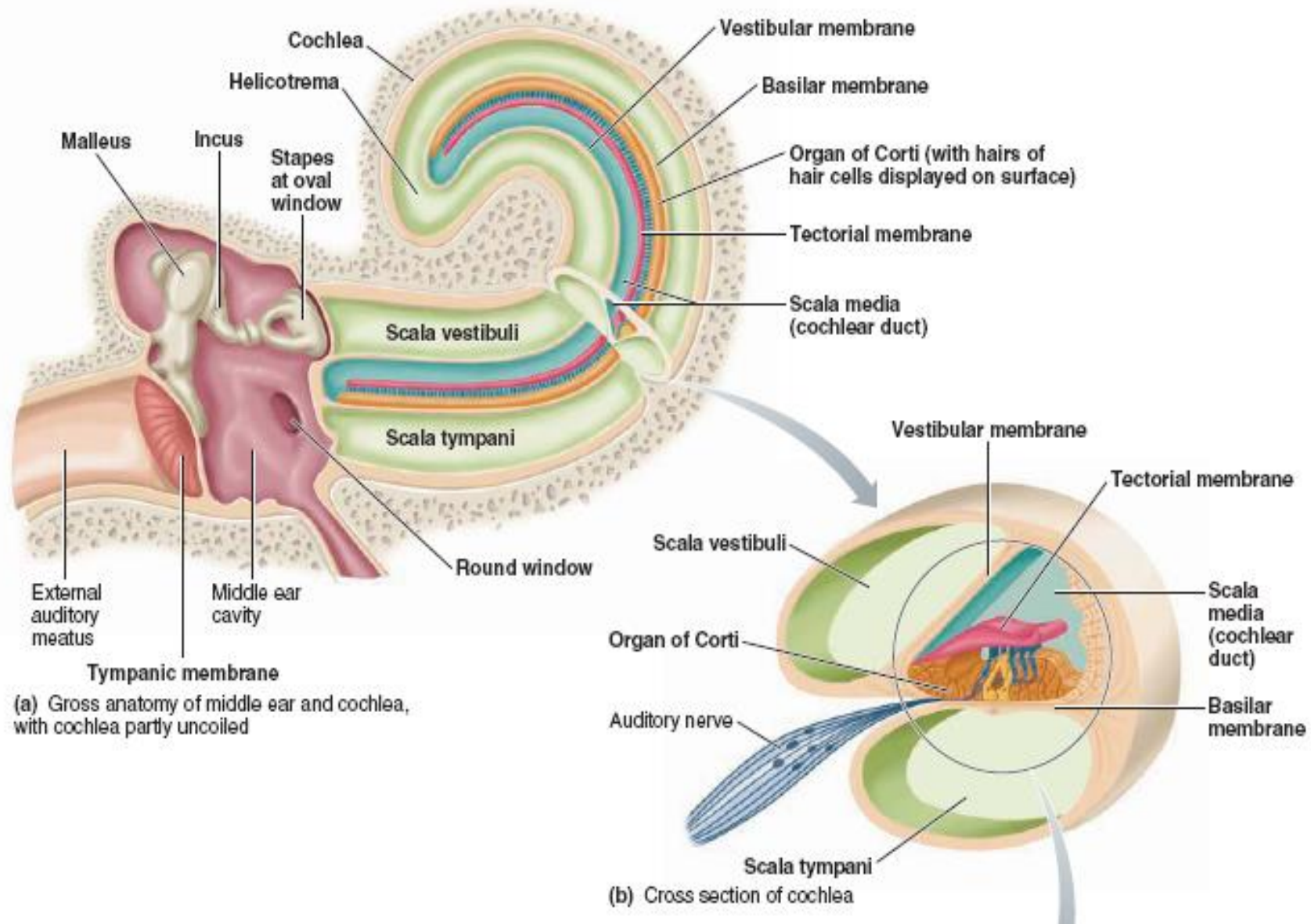
- Fungsi otot-otot pendengaran :
 - Melindungi telinga dari suara yang keras
- Cara:
 - Menegangkan membran timpani
 - Pergerakan Osikula dibatasi, sehingga menghilangkan transmisi suara keras ke organ sensorik telinga dalam

TELINGA DALAM

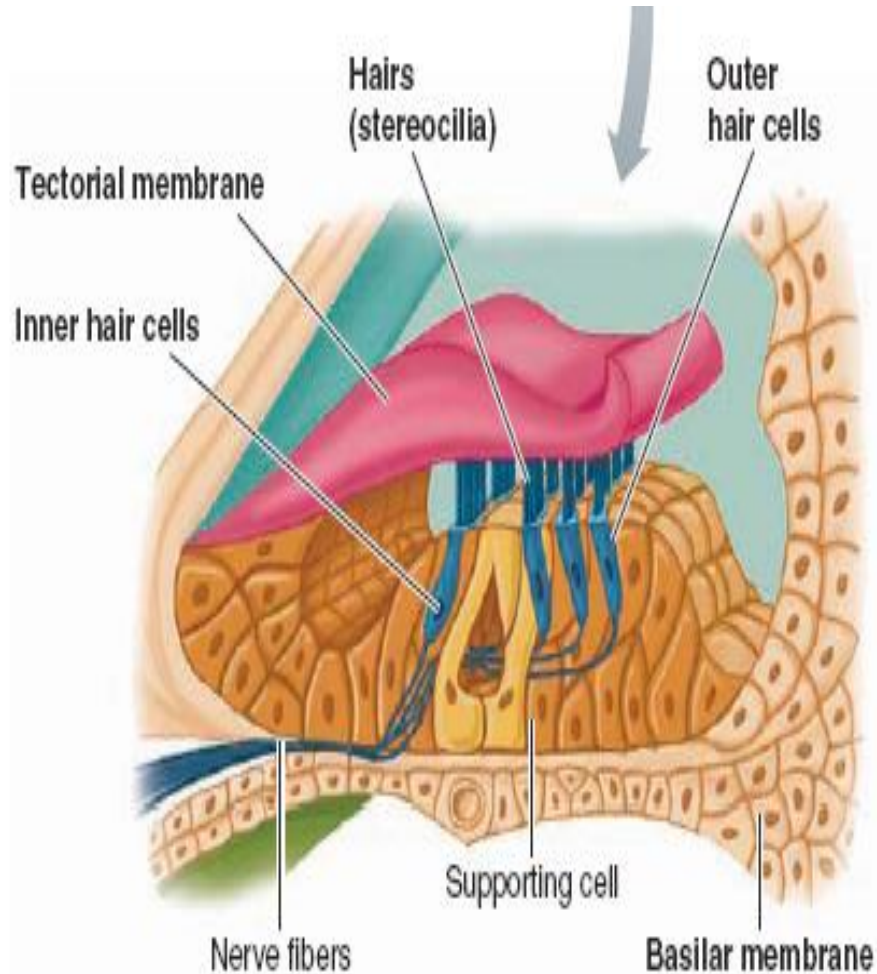
- Telinga Dalam :
 - Membentuk seperti rumah siput (2/3 kumparan), terletak didalam tulang temporalis → koklea
 - KOKLEA → bagian telinga dalam yg “mendengar”
 - Didalam koklea , dibagi 3 ruangan yang berisi cairan :
 - Skala vestibuli
 - Skala media
 - Skala timpani
 - Pintu masuk pada koklea : foramen ovale

- Membrana vestibularis : perbatasan antara skala vestibuli dengan skala media
- Membrana basilaris : perbatasan antara skala media dengan skala timpani
- Cairan :
 1. perilimfe → pada skala vestibuli dan skala timpani
 2. endolimfe → cairan pada skala mediahelikotrem → tempat cairan di kompartemen atas dan bawah berhubungan
- Di atas membrana basilaris mengandung → **organ corti** : yang mengandung sel-sel rambut (reseptor suara)

Anatomi telinga dalam



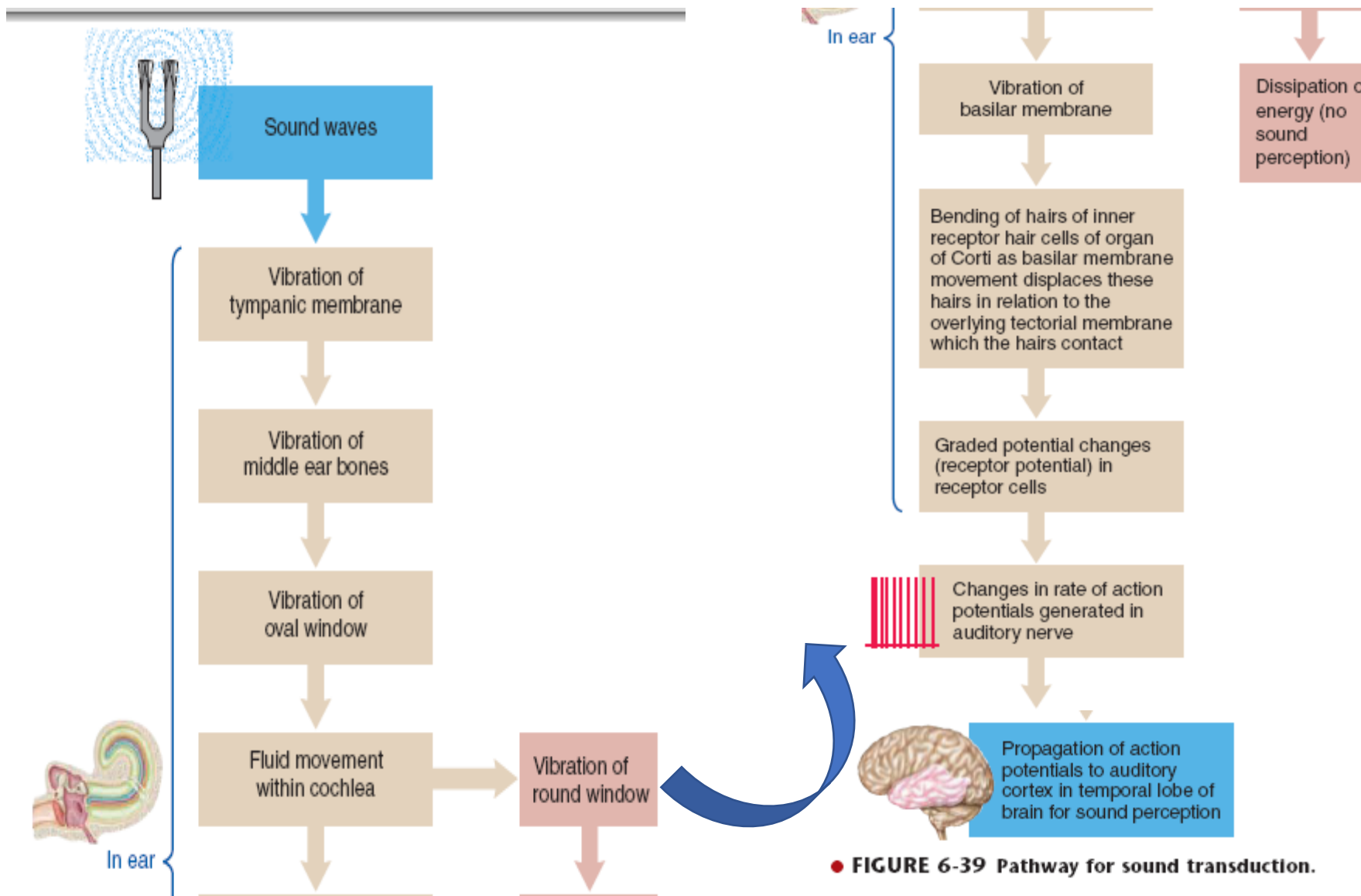
Anatomi telinga dalam



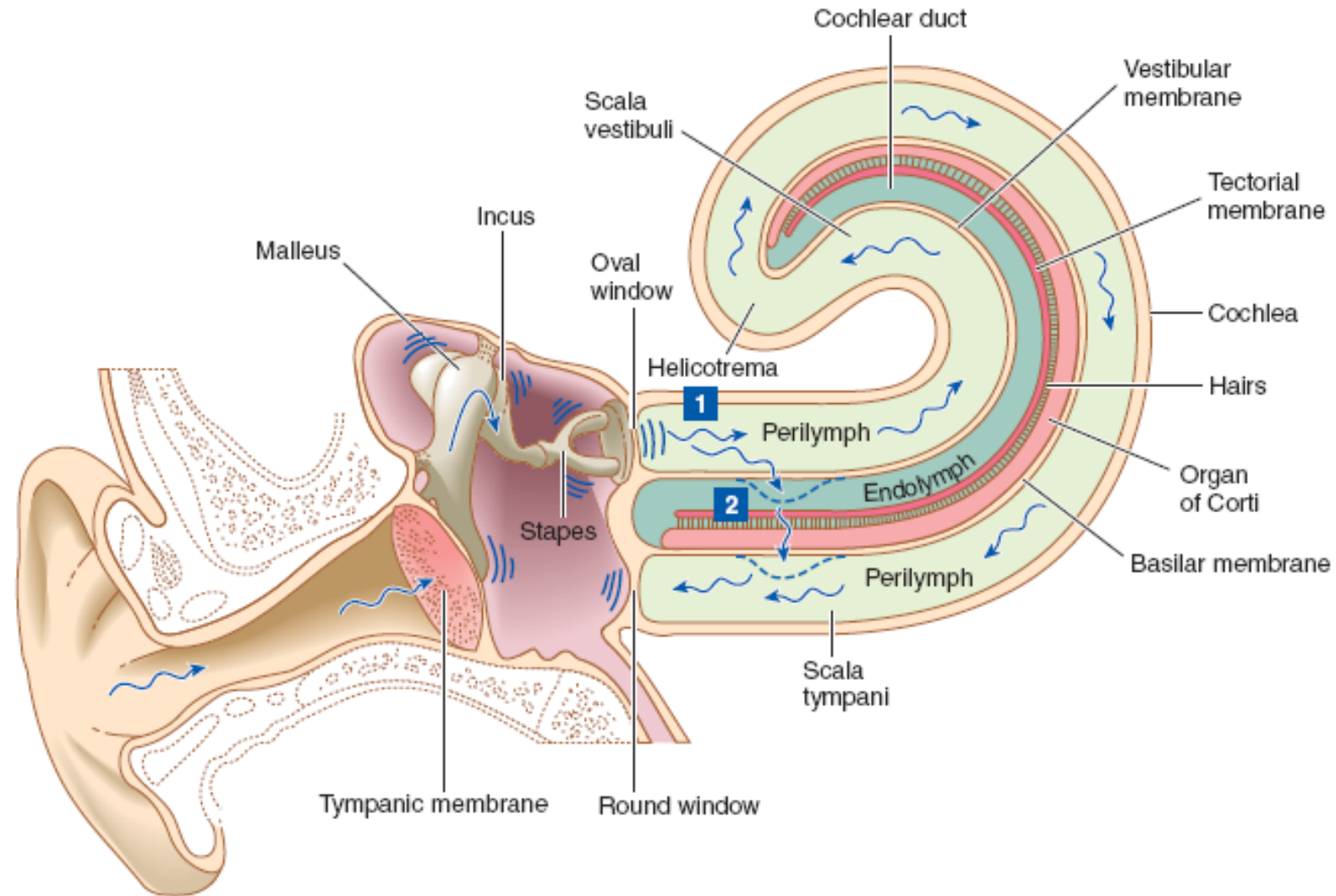
(c) Enlargement of organ of Corti

- Stereosilia (± 100 /sel rambut) → rambut menonjol di permukaan sel rambut (mikrovilus yg dibuat kaku oleh adanya aktin)
- Sel rambut menghasilkan sinyal saraf jika stereosilia mengalami perubahan bentuk scr mekanis akibat gerakan cairan telinga dalam.
- Satu baris sel rambut dalam → mengubah gaya mekanis suara mjd impuls listrik
- Tiga baris sel rambut dalam → elektromotilitas

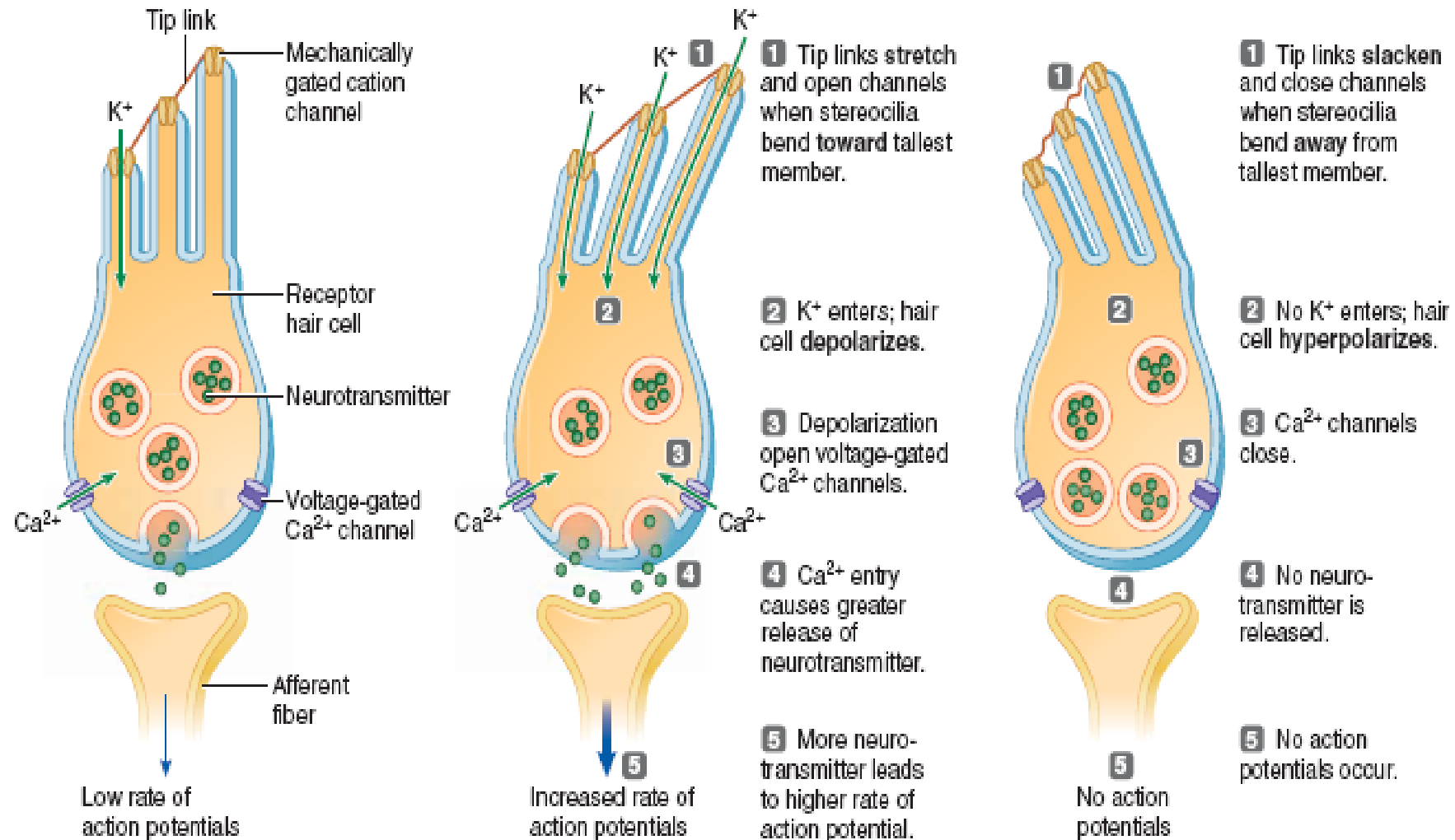
Transduksi suara



Transduksi suara



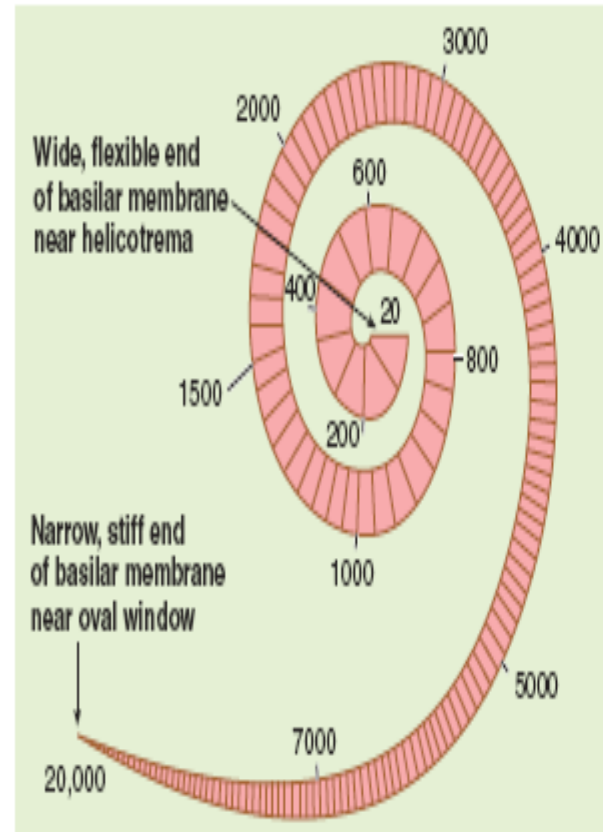
Peran Stereosilia dalam Transduksi Suara



(c) Depolarization and hyperpolarization of receptor hair cell

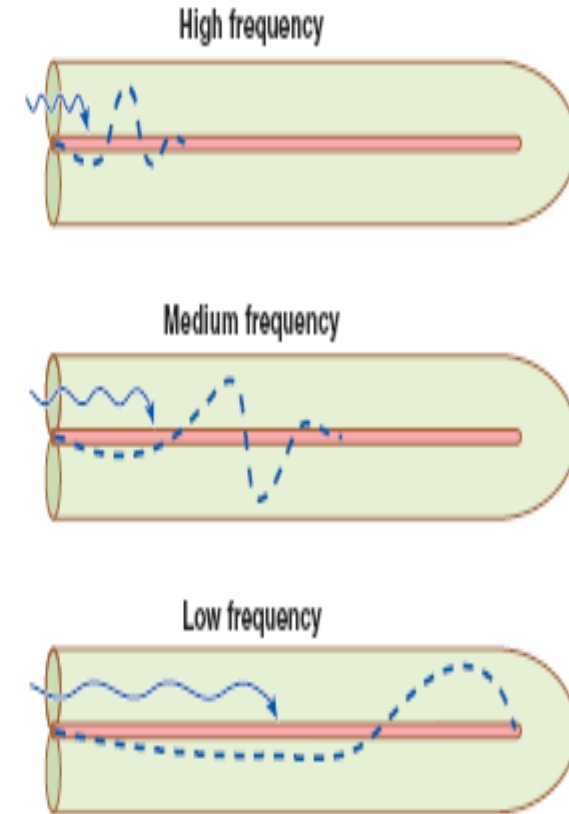
Diskriminasi nada

- Diskriminasi nada tergantung pada bagian membran basilaris yang bergetar.
- Setiap bagian membran basilaris memiliki frekuensi getaran maksimal.



The numbers indicate the frequencies of sound waves in cycles per second with which different regions of the basilar membrane maximally vibrate.

(b) Basilar membrane, partly coiled



(c) Basilar membrane, completely uncoiled

Membran Basilaris

- Suara frekuensi tinggi → defleksi maksimal di basis → memb > tegang
→ respons suara frekuensi tinggi
- Frekuensi sedang → tengah
- Frekuensi rendah → apeks

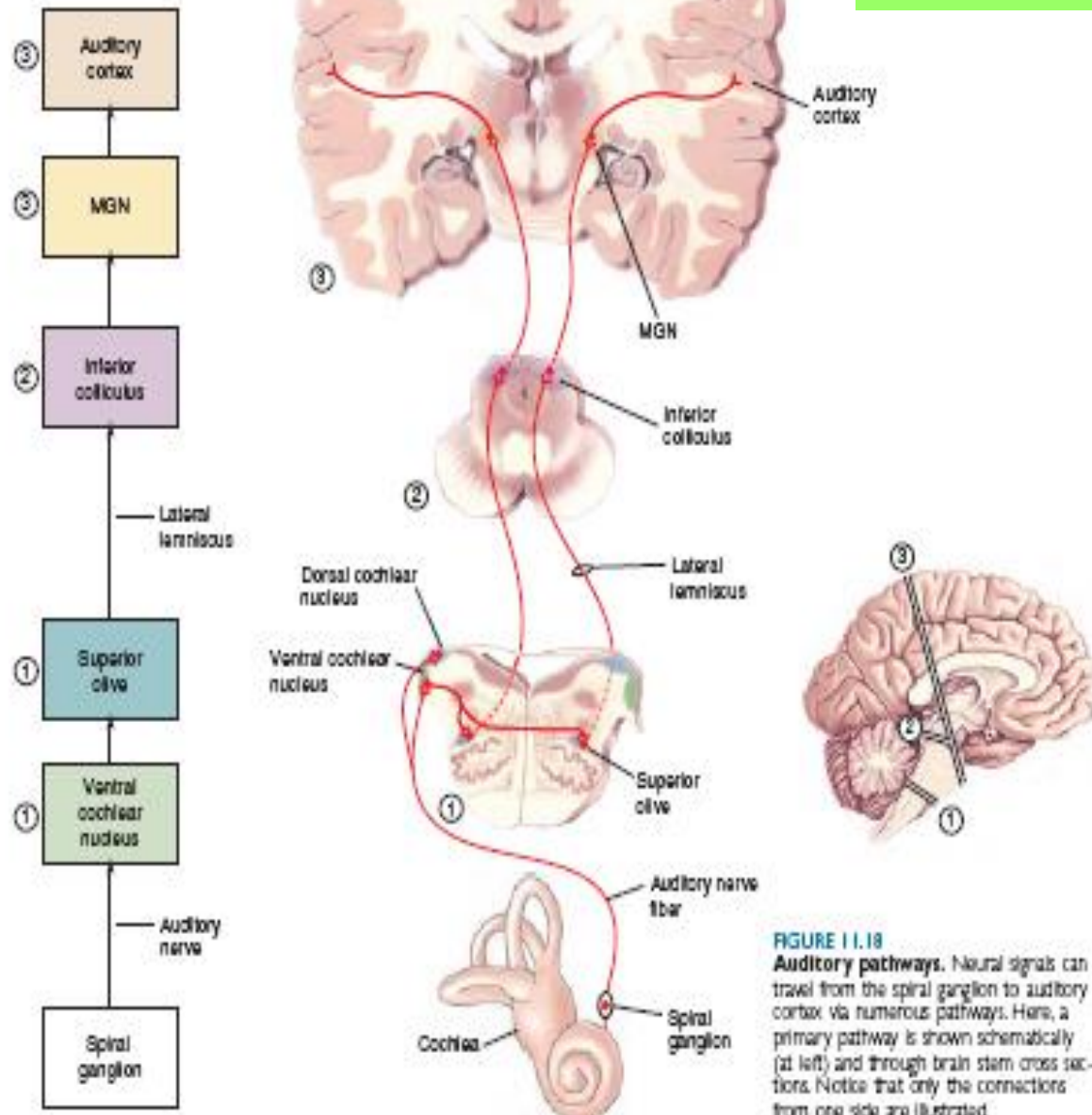
Hearing mechanism

- https://www.youtube.com/watch?v=m_9SsIQ0BQQ

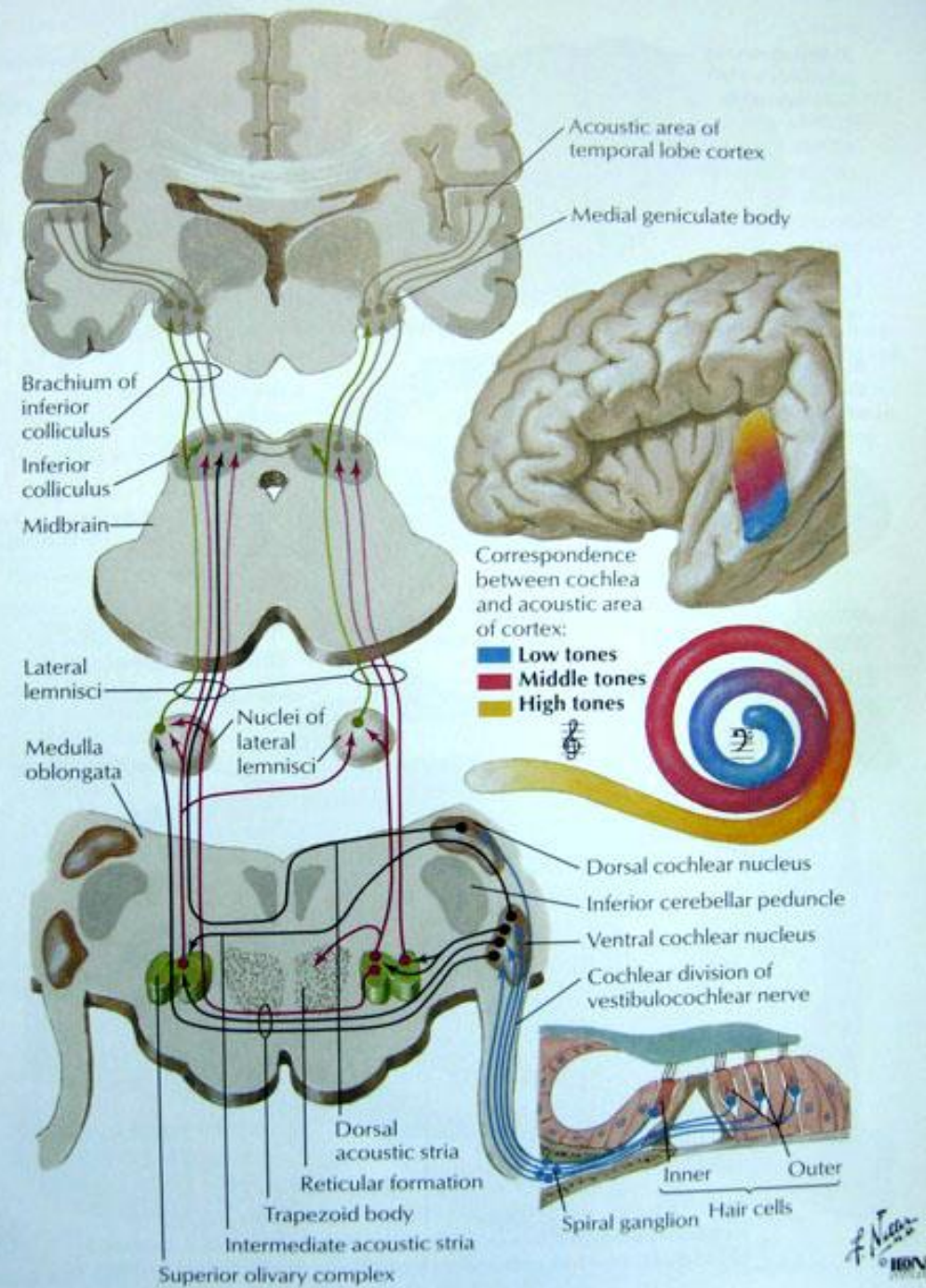
Diskriminasi Kekuatan

- Bergantung dr amplitudo
- Suara keras → amplitudo tinggi → membran timpani bergetar lebih kuat → peningkatan gerakan membran basilaris → SSP menginterpretasikan sbg suara yang keras.

AUDITORY PATHWAY



AUDITORY PATHWAY



Saraf pendengaran

- Getaran yang menyebabkan sel-sel rambut bergetar → impuls pada N.VIII (rangsang mekanik → rangsang listrik)
- Impuls tersebut dihantarkan via Nervus cochlearis → ganglion spiralis corti → Nucleus Cochlearis dorsal dan ventralis yang terletak di medula oblongata
- Medula oblongata : Serat saraf yang bersinap pada Nucleus Cochlearis dorsal dan ventralis sisi yang sama , akan menyebrang kesisi sebelahnya melalui Trapezoid body → nucleus olivatorius superior

- Medulla oblongata → midbrain via lemnikus lateralis. Lemnikus lateralis kanan-kiri saling berhubungan melalui komisura
- Di mid brain bersinap di colliculus inferior. Colliculus inferior kanan-kiri saling berhubungan melalui Komisura Colliculus inferior
- Mid brain → thalamus. Dithalamus bersinap di corpus geniculatum medialis
- Corpus geniculatum medialis → korteks auditif primer (brodman 41) → korteks auditif asosiasi (brodman 42)
- Brodman 39 - Gyrus Angularis (bagian dari [Area Wernicke](#))
- *Brodman 40* - Gyrus Supramarginalis (bagian dari Area Wernicke)

KORTEKS PENDENGARAN

- Setiap bagian membran basilaris berhubungan dgn regio spesifik korteks pendengaran primer.
- Neuron korteks tertentu hanya diaktifkan oleh nada tertentu.
- Korteks pendengaran primer → lobus temporalis.

KORTEKS PENDENGARAN

- Kortek pendengaran dibagi :
 - Primer : mengetahui bunyi/suara
 - Asosiasi : pengidentifikasi kata/bunyi
- Kortek pendengaran asosiasi → Wernicke → Broca → motorik primer proses berbicara
- Wernicke : pemahaman kata
- Broca : mengatur aktivitas motorik untuk berbicara

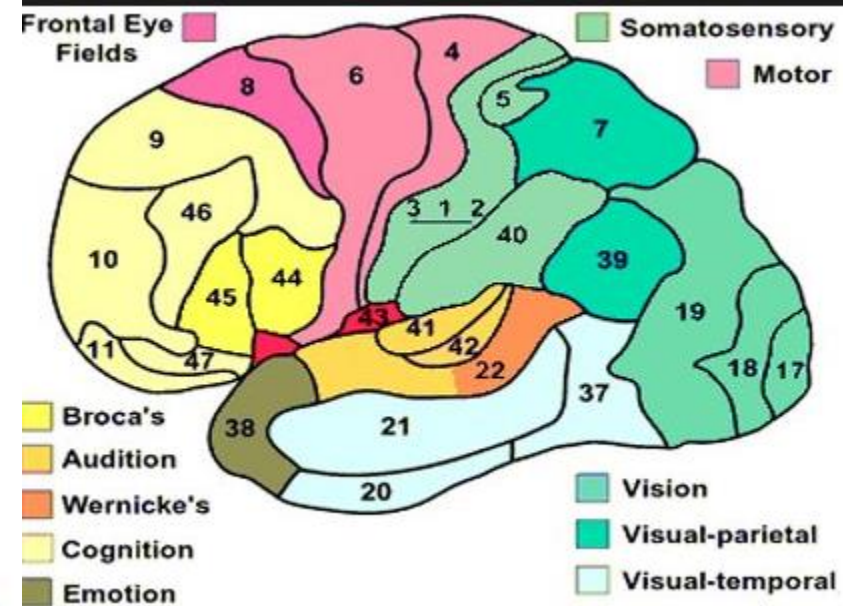
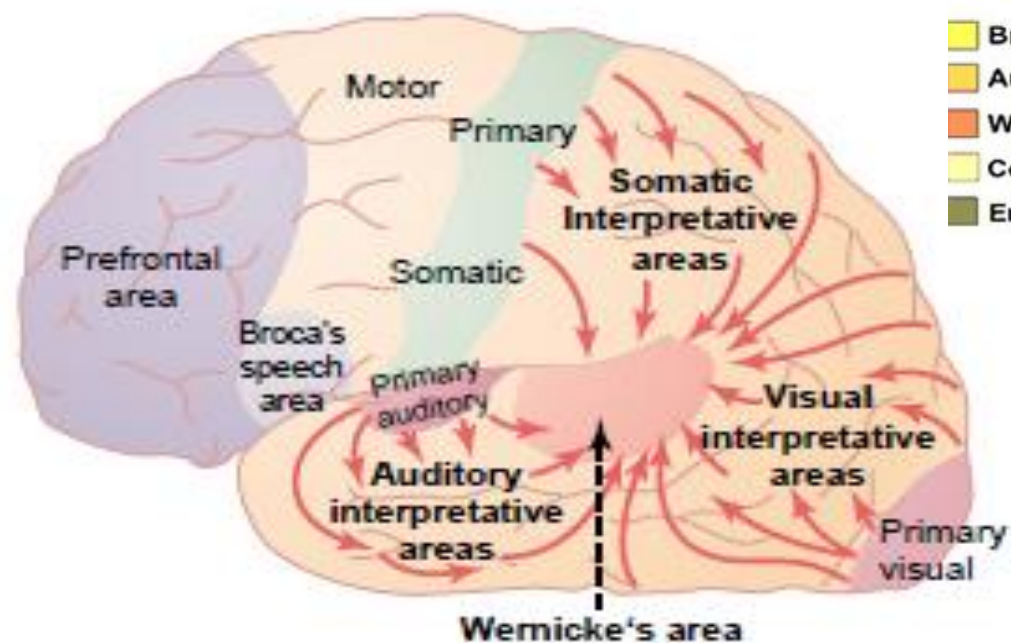


Figure 57-7

Organization of the somatic auditory and visual association areas into a general mechanism for interpretation of sensory experience. All of these feed also into *Wernicke's area*, located in the postero-superior portion of the temporal lobe. Note also the prefrontal area and *Broca's speech area* in the frontal lobe.

Pemeriksaan Pendengaran

1. Garpu tala (Penala) → kualitatif
jenis tuli
tempat kerusakan
2. Audiometer → kuantitatif
jenis tuli
tempat kerusakan
derajat tuli
frekuensi suara yg terganggu

Video fisiologi pendengaran

- <https://www.youtube.com/watch?v=zxu-UAxnIP0>

KESEIMBANGAN

- Aparatus vestibularis :
Organ sensoris yang mendeteksi sensasi keseimbangan
- Yang mempertahankan keseimbangan :
 - Vestibularis
 - Penglihatan
 - Propioseptif
 - Eksteroseptif

KESEIMBANGAN

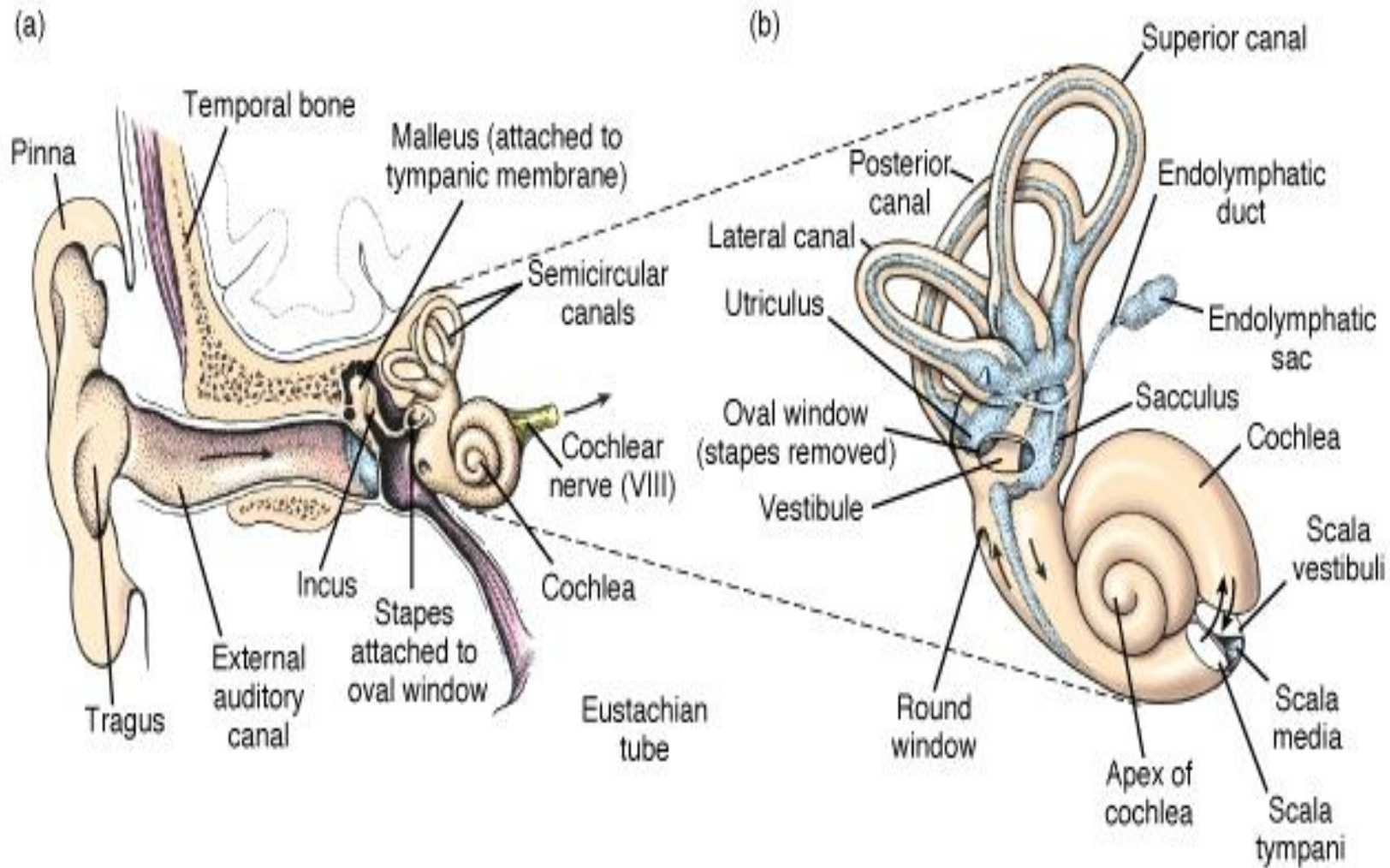
- Keseimbangan dibagi 2 macam:
 - **Keseimbangan statis** :keseimbangan ini berhubungan dengan gerak kepala dan badan yang **tetap atau lurus**. Co : menggerakkan kepala depan –belakang, bangun dari tempat tidur, naik lift, naik turun tangga, loncat-loncat, berjalan dsb
 - **Keseimbangan dinamik** :keseimbangan ini berhubungan dengan pergerakan kepala dan badan terhadap **gerakan rotasi**, co : kepala diputar

KESEIMBANGAN

- Organ vestibuler terletak pada telinga dalam
- Terdiri atas :
 - utricle
 - Sacculus
 - Canalis semicircularis
- Keseimbangan statis : utricle dan sacculus
- Keseimbangan rotasi : canalis semicircularis

Aparatus vestibularis

- Aparatus vestibularis → mendeteksi perubahan posisi dan gerakan kepala.
- Mengandung endolimfe & dikelilingi perilimfe
- Mengandung sel rambut yg berespon thdp deformasi mekanis yg dipicu o/ gerakan spesifik endolimfe.
- Sebagian besar informasi yg dihasilkan o/ aparatus vestibularis → **tidak mencapai tingkat kesadaran.**



Keseimbangan statis

UTRIKULUS dan SAKULUS

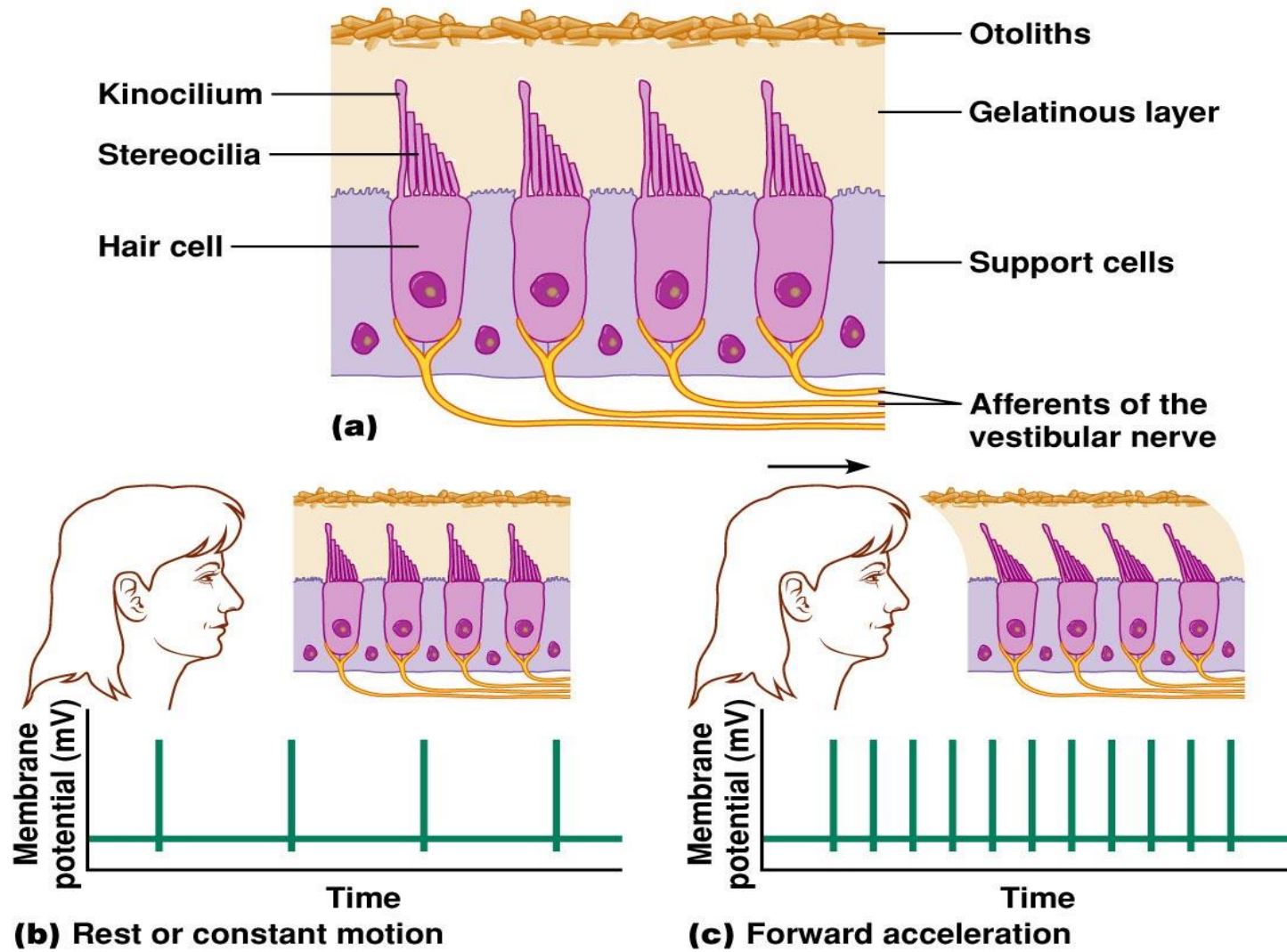
Fungsi : mempertahankan keseimbangan statis

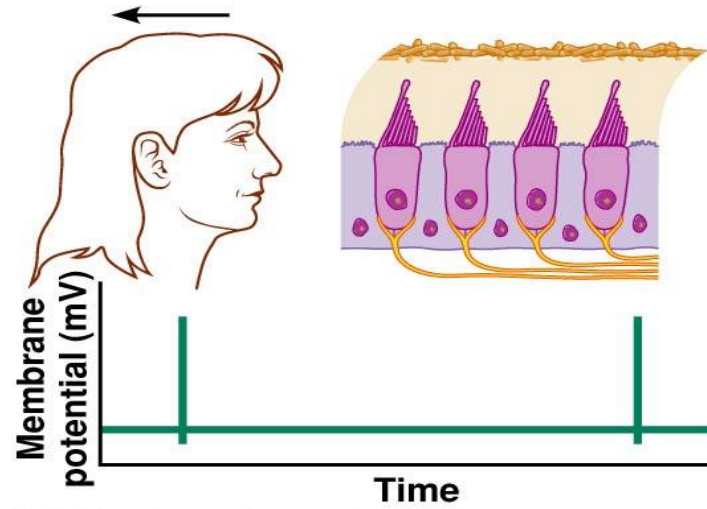
Reseptor → makula (daerah sensorik yg mendeteksi orientasi kepala yg berhubungan dg pengaruh gravitasi / gaya percepatan)

Rangsangan pd makula → impuls → saraf keseimbangan (N.Vestibularis) → pusat keseimbangan (lob temporalis)

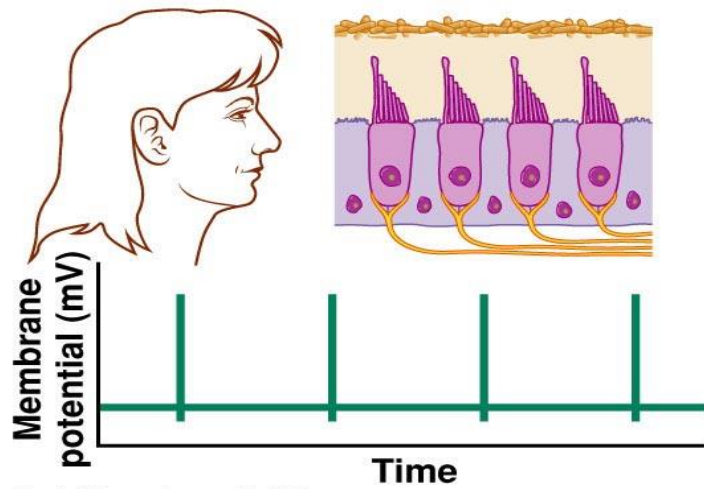
Peran Organ Otolit

- Utriculus dan saculus disebut organ otolit
- Utrikulus dan sakulus → struktur berbentuk kantung yg berada di dlm ruang bertulang di antara kanalis semisirkularis dan koklea.
- Kinosilium & stereosilia menonjol ke dlm suatu lembaran gelatinosa di atasnya.
- Gerakan rambut → merubah potensial sel rambut.
- Di dlm lap. gelatinosa : terbenam byk kristal kecil kalsium karbonat- **otolit (batu telinga)** → menyebabkan lap. Ini lbh berat & inersinya lbh besar dibandingkan cairan sekitar.
- **Dlm posisi tegak** → rambut dlm utrikulus berorientasi vertikal & rambut sakulus horizontal.

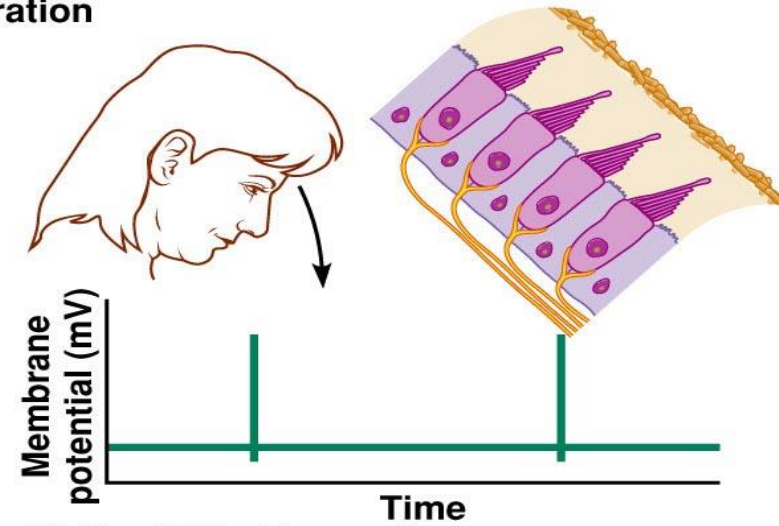




(d) Backward acceleration



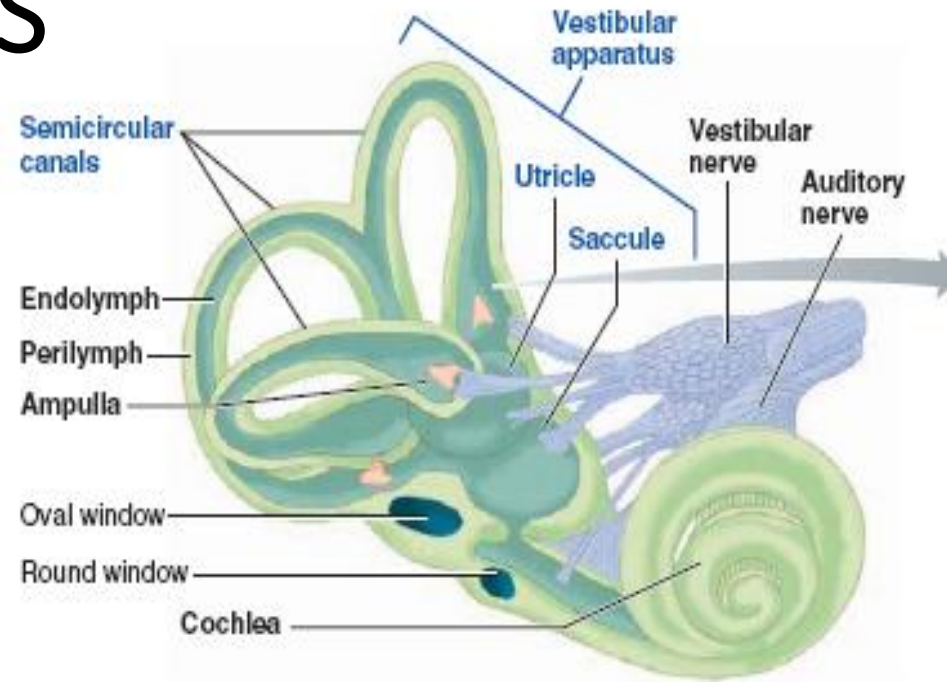
(e) Head upright



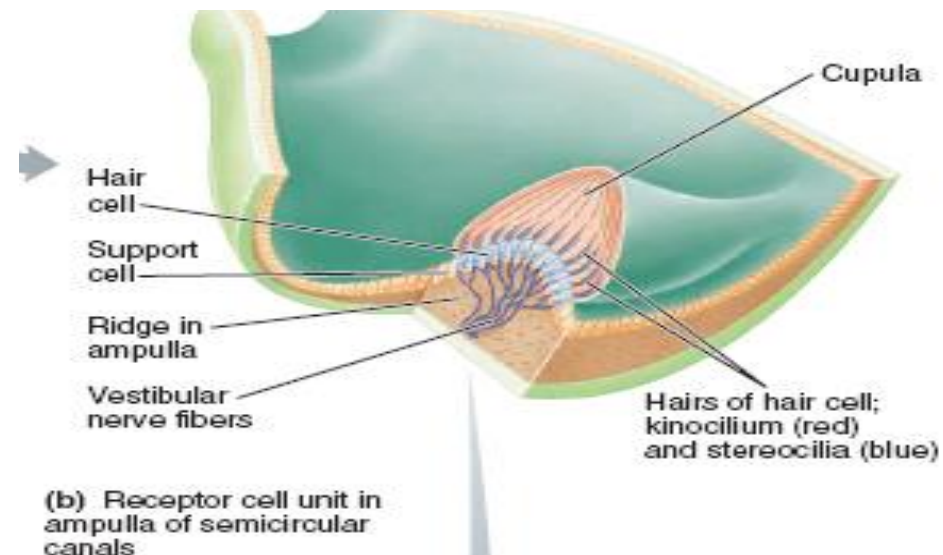
(f) Head tilted forward

KANALIS SEMISIRKULARIS

- Mendeteksi akselerasi atau deselerasi kepala rotasional atau angular (berputar, jungkir balik, menengok)
- **Ampula / crista ampularis**
- Sel rambut terbenam di dlm **kupula** (lapisan gelatinosa menonjol ke dlm endolimfe di dlm ampula)



(a) Gross anatomy of vestibular apparatus



(b) Receptor cell unit in ampulla of semicircular canals

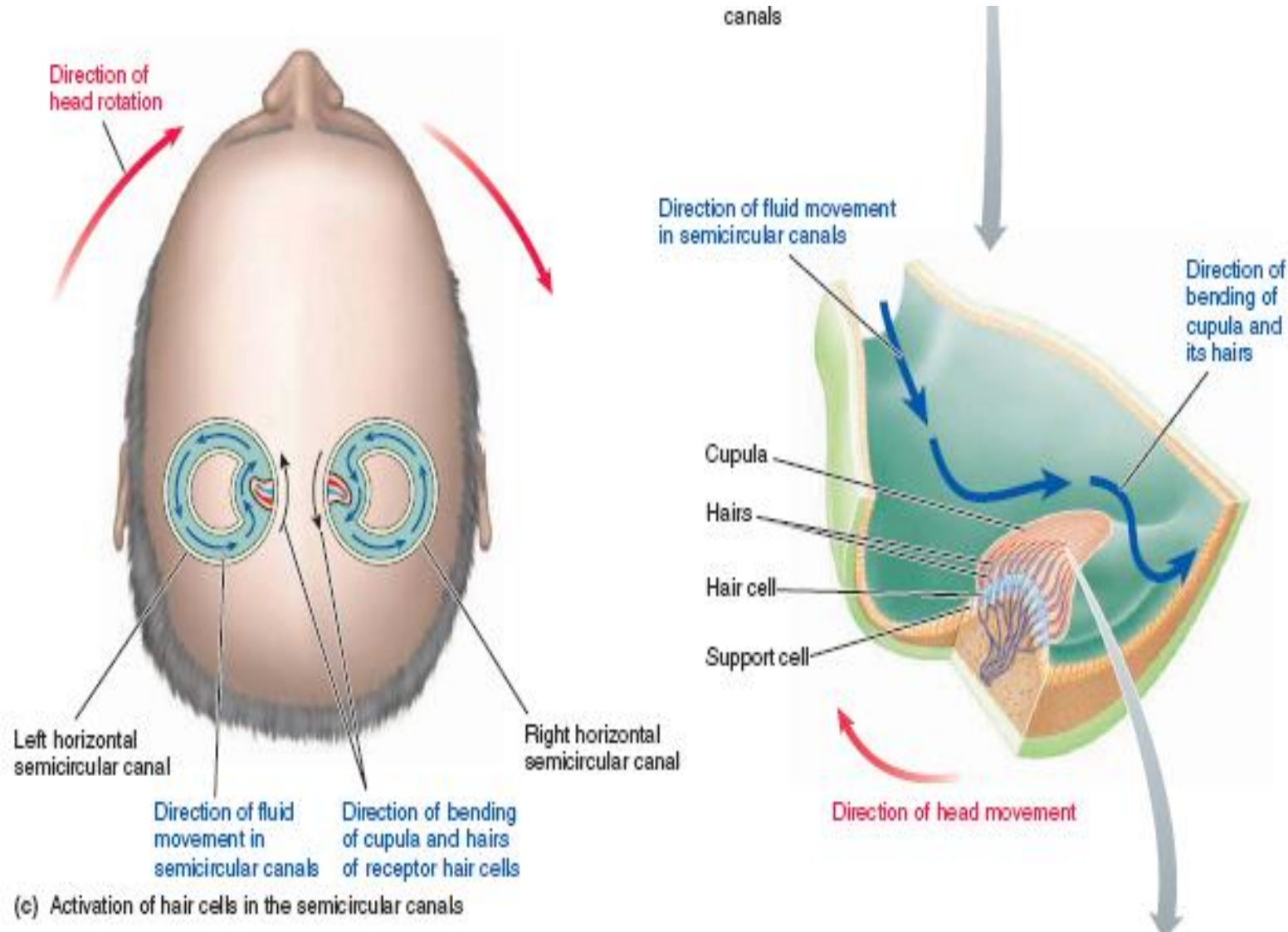
PENGAKTIFAN SEL RAMBUT DI KANALIS SEMISIRKULARIS

- Sel rambut membentuk sinaps dgn ujung terminal neuron aferen yg aksonnya menyatu dgn akson struktur vestibularis lain → nervus vestibularis → nervus vestibulokoklearis.

PENGAKTIFAN SEL RAMBUT DI KANALIS SEMISIRKULARIS

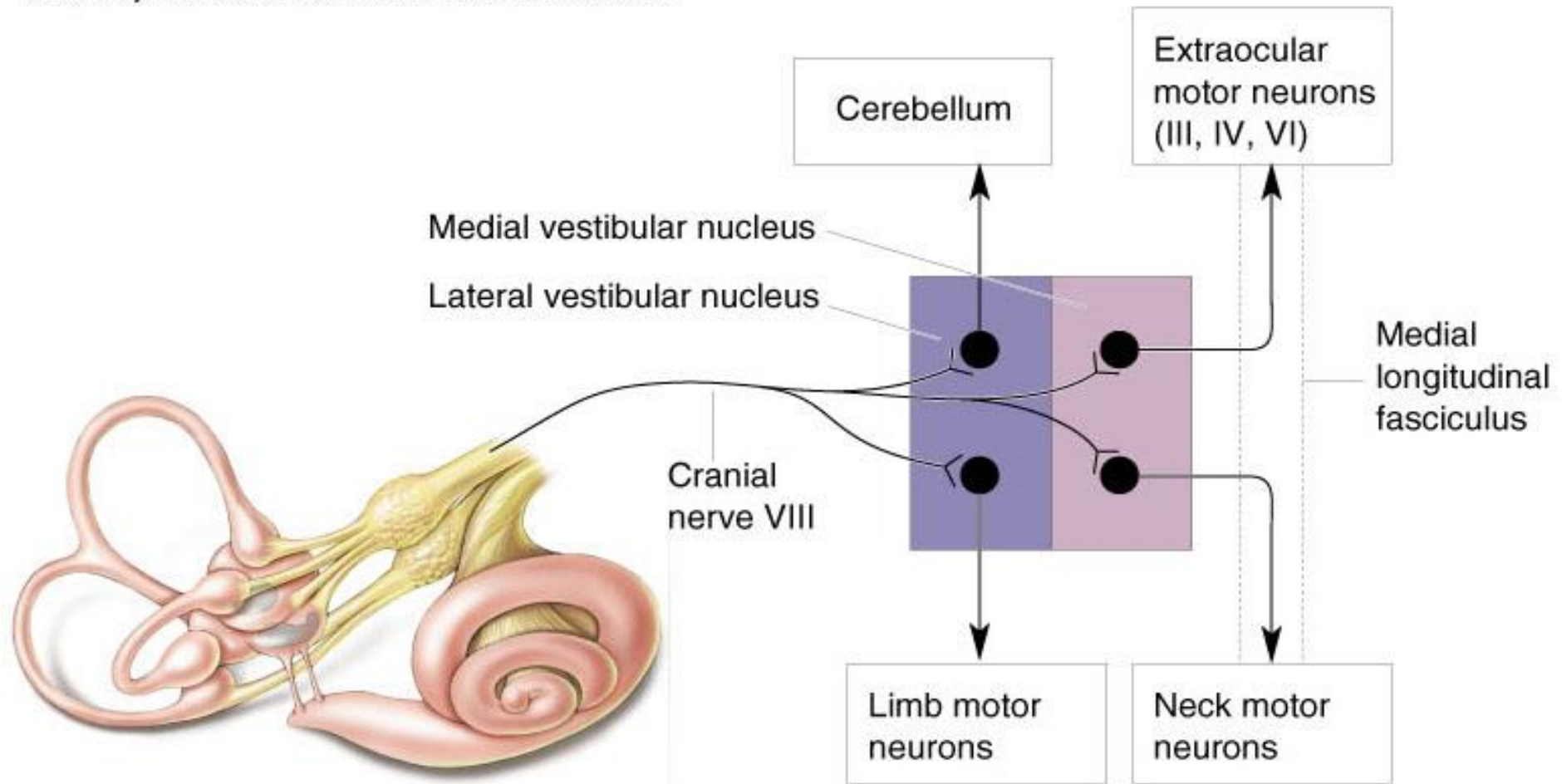
- Akselerasi atau deselerasi sewaktu rotasi kepala dalam arah apapun menyebabkan gerakan endolimfe paling tidak pada salah satu kanalis semisirkularis.
- Ketika mulai menggerakkan kepala → awalnya cairan dlm kanalis tdk bergerak searah dgn rotasi tetapi tertinggal di belakang → bergerak berlawanan dgn gerakan kepala → rambut sensorik menekuk.
- Selanjutnya jika gerakan kepala berlanjut dlm arah & kecepatan yg sama → endolimfe akan menyusul & bergerak bersama → rambut sensorik kembali ke posisinya dan tdk menekuk.

PENGAKTIFAN SEL RAMBUT DI KANALIS SEMISIRKULARIS

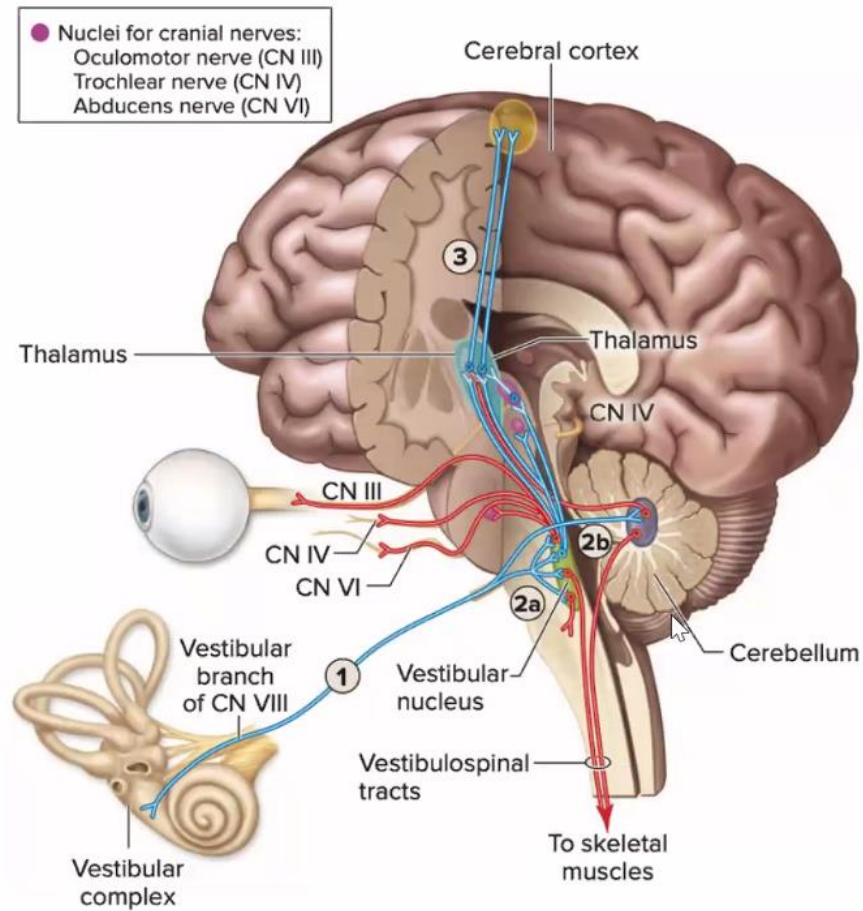


- Perjalanan saraf N. vestibularis:
 - Rangsangan sensorik dari canalis semisircularis maupun utriculus-sacculus → merangsang N. vestibularis
 - N. vestibularis akan berjalan keatas bersinap → dinucleus vestibularis (suatu kelompok badan sel saraf di batag otak) dan serebelum.
- Di nukelus vestibularis informasi vestibularis diintegrasikan dgn masukan dr permukaan kulit, mata, sendi dan otot utk :
 1. mempertahankan keseimbangan dan postur
 2. Mengontrol otot mata eksternal shg mata terfiksasi ke satu titik, meskipun kepala bergerak
 3. Mempersepsikan gerakan & orientasi

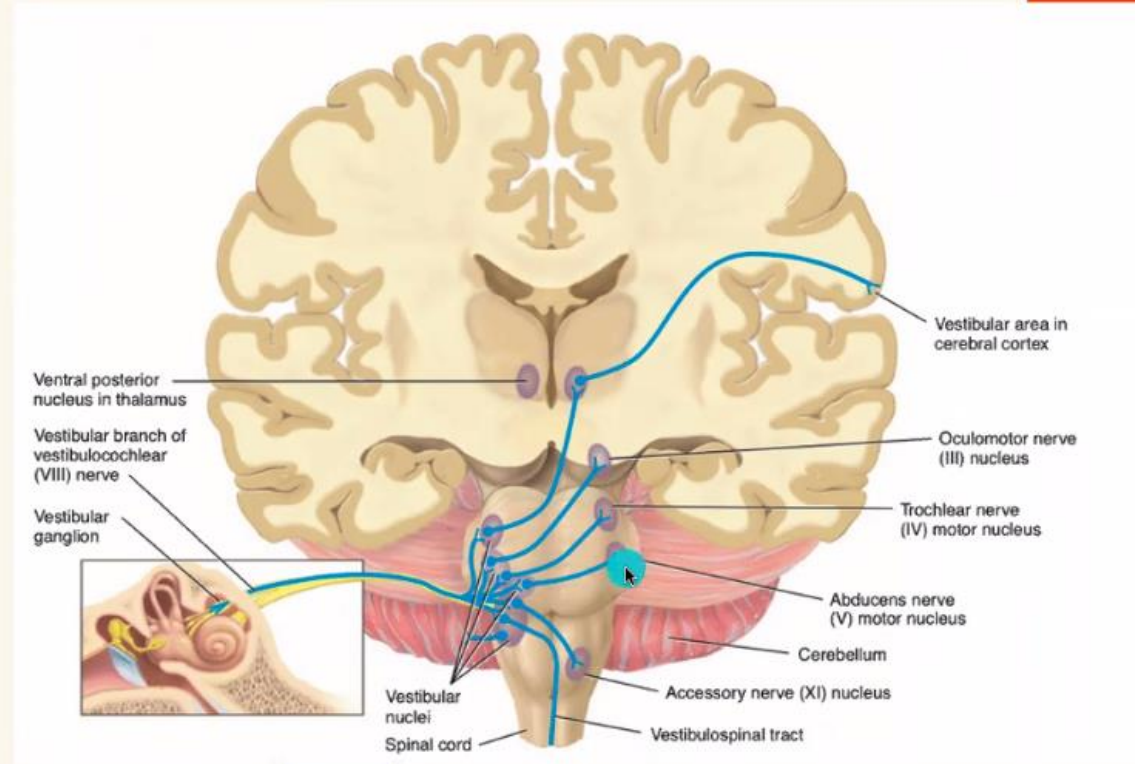
Figure 11.36
A summary of the central vestibular connections from one side.



Hubungan keseimbangan antara vestibular, visual, cerebellum, musculoskeletal



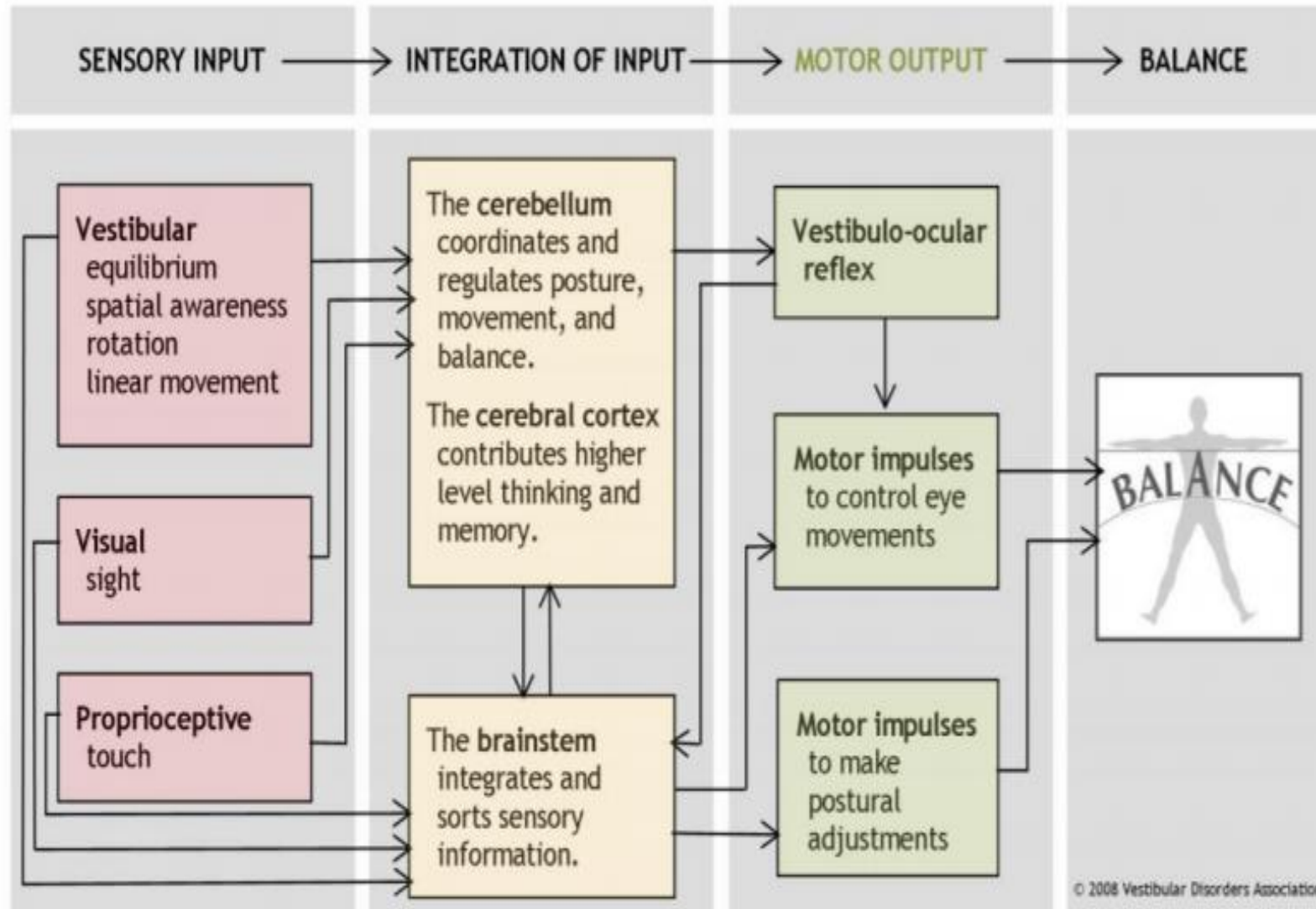
Menjelaskan fisiologi keseimbangan (berkaitan dengan 3 organ tersebut, sistem sarafnya, dan sistem muskuloskeletal)



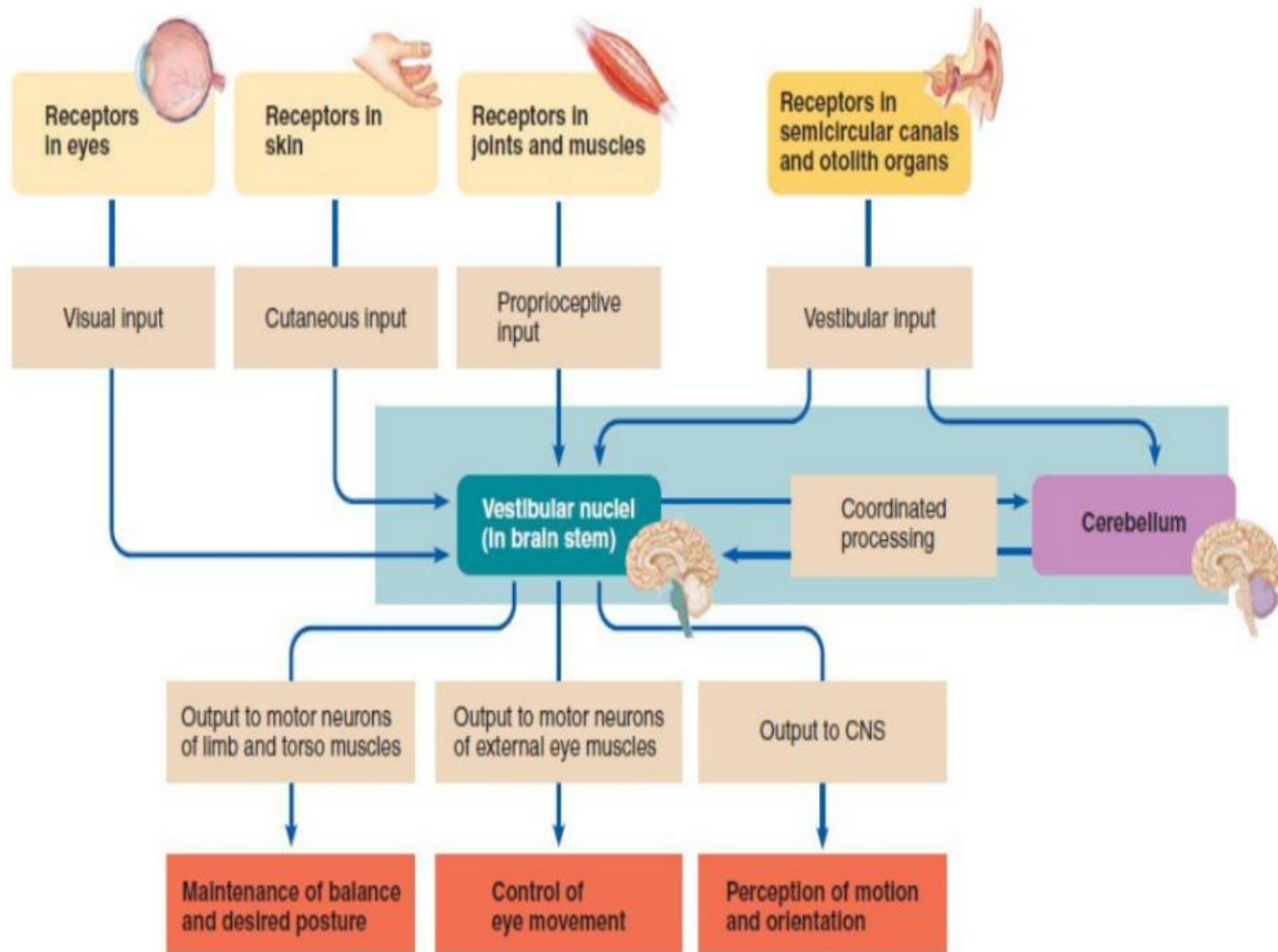
Refleks Keseimbangan

Impuls desendens melalui :

1. Traktus retikulospinal → mengatur otot-otot ekstensor
2. Traktus vestibulospinal → mengatur keseimbangan



Gambar 2.1 Proses Fisiologi Keseimbangan (Watson, *et al.*, 2016)



Proprioception

The Brain receives and interprets information from multiple inputs:

Vestibular organs in the inner ear send information about rotation, acceleration, and position.

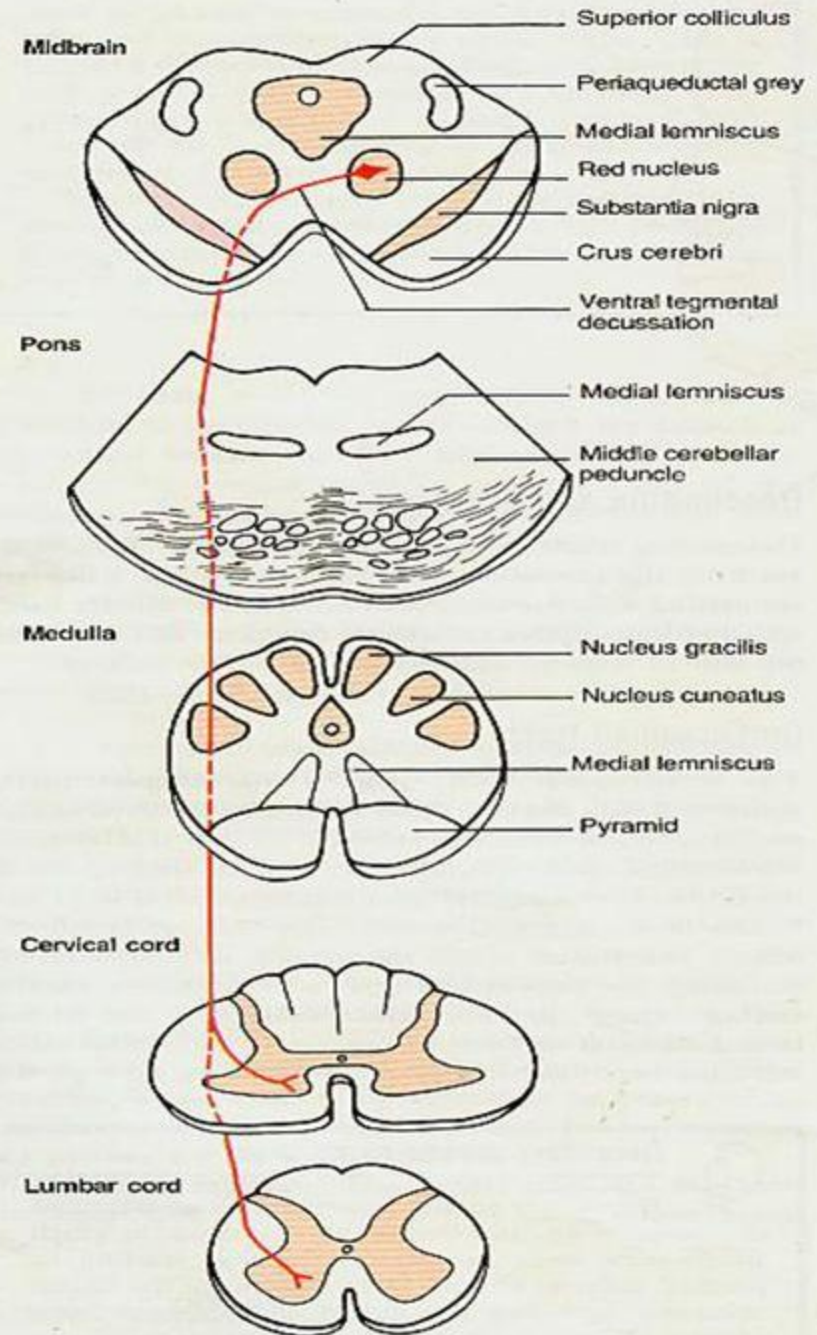
Eyes send visual information.

Stretch receptors in skin, muscles & joints send information about the position of body parts.



Rubrospinal Tract

- Originate from nerve cells in red nucleus
 - nerve fibres / axons
 - cross the mid line
 - descend as rubrospinal tract
 - through pons and medulla oblongata
- Terminate in the anterior grey column of spinal cord
 - (facilitate the activity of flexor muscles)



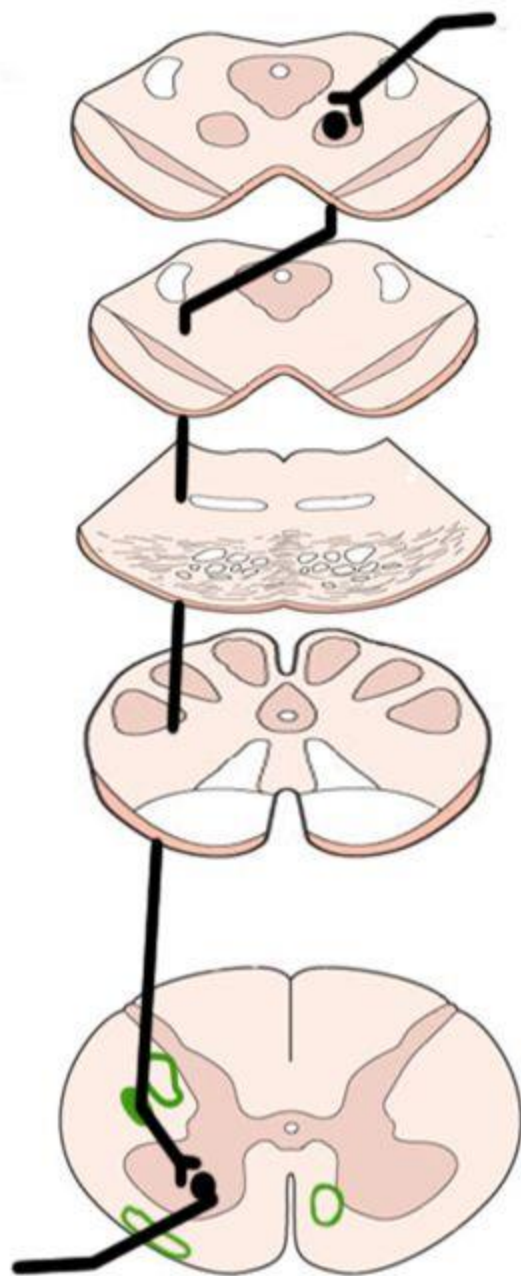
Descending Tracts: **Rubrospinal**

Function:

- **Mediates excitation of flexor muscles.**

Cord tracts @ risk in:

- **Vascular injury:** anterior spinal a.



@ Midbrain:

- Arises from **Red Nucleus**
- Receives input from cerebellum (via sup. cerebellar peduncle)
- Decussates to descend in **Rubrospinal Tract**, ipsilateral to effector

@ Pons:

- Descends in **Rubrospinal Tract**

@ Medulla:

- Descends in **Rubrospinal Tract**

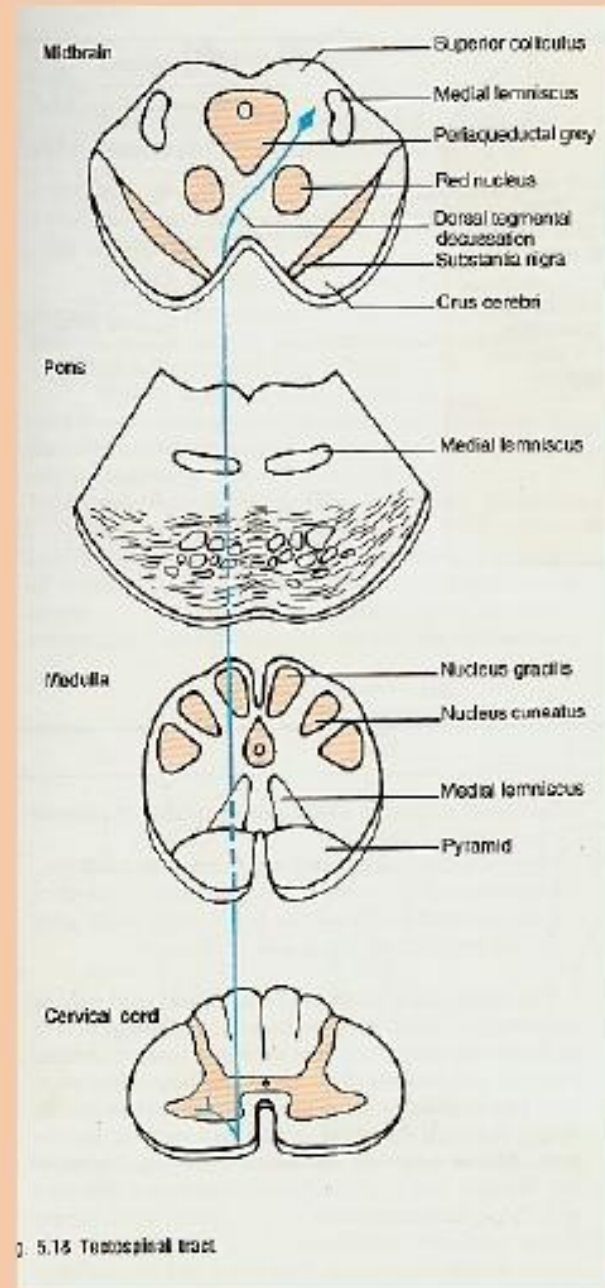
@ Spinal Level

- Synapse with LMN in Ventral Horn

Tectospinal tract

- nerve cells in superior colliculus of the midbrain
- nerve fibres/ axons
 - cross the mid line
 - descend close to medial longitudinal fasciculus
- terminate in the anterior gray column of upper cervical segments of spinal cord

(responsible for reflex movement of head & neck in response to visual stimuli)



Nistagmus

- Nistagmus = gerakan bola mata yang tersentak-sentak pada awal dan akhir putaran (rotasi).

Terdiri dr 2 fase, fase lambat dan cepat

Fase lambat = Rx vestibuler thd rangsangan

Fase cepat = Rx kompensasinya

- Nistagmus merupakan suatu parameter utk menentukan aktivitas sistem vestibular

Pemeriksaan keseimbangan

1. Uji Romberg

OP berdiri tegak sempurna dengan kedua matanya ditutup, tangan dilipat.

Keseimbangan normal : dapat berdiri > 30 menit

2. Stepping test (uji berjalan)

Jalan ditempat 50 langkah → gangguan vestibuler (+) bila tempat berubah > 1m dan badan berputar > 30 derajat

3. Tes Barany

Untuk memeriksa kanalis semisirkularis kiri dan kanan secara bersamaan

4. Tes Kalori

Tes Barani



praktikum

1. Memeriksa KS horizontalis

OP duduk kepala tunduk 30 derajat →
diutar kekanan → nistg post rotatory →
horizontal.

Nistagmus disebut sesuai dg komponen
cepatnya

Tes Barani

- Memeriksa KS posterior

OP duduk kepala tunduk 120 der atau tengadah 60 der → diputar ke kanan

Nistagmus berputar

Tes Barani

Memeriksa KS anterior dan posterior

- OP duduk kepala miring 90 der ke bahu kanan atau kiri.
- Nistagmus : vertikal

Terima kasih