

KONTROL SIKAP DAN KESEIMBANGAN TUBUH

Dr. Hanna Cakrawati

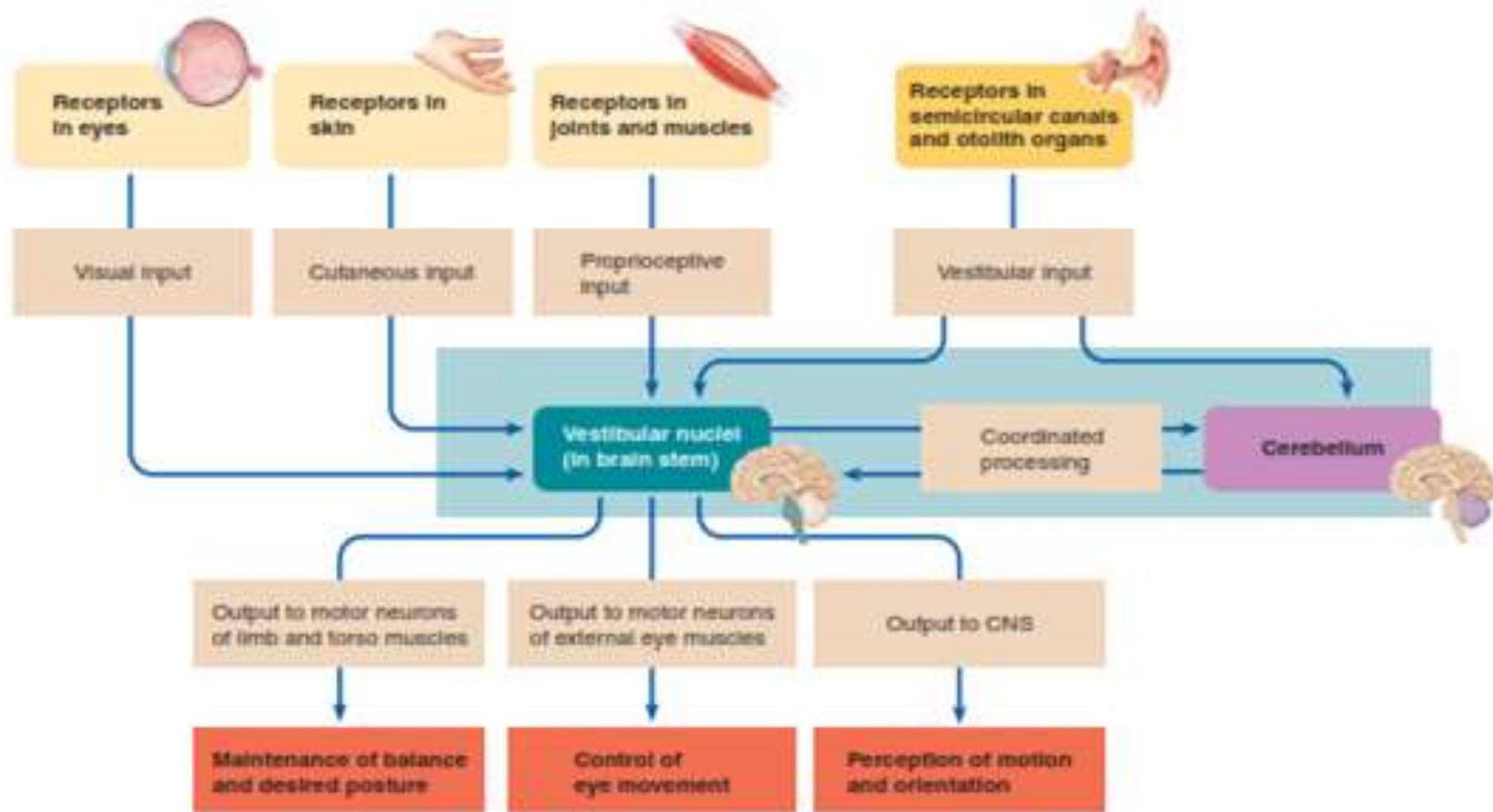
Keseimbangan terbagi menjadi:

- Keseimbangan statis adalah kemampuan untuk mempertahankan posisi tubuh dimana *Center of Gravity* tdk berubah. statis saat berdiri dengan satu kaki, menggunakan papan keseimbangan.
- Keseimbangan dinamis adalah kemampuan untuk mempertahankan posisi tubuh dimana (COG) selalu berubah. Keseimbangan dinamis berfungsi untuk bergerak, mengidentifikasi orientasi dengan terhadap gravitasi, menentukan arah dan kecepatan gerakan, dan membuat penyesuaian otomatis postural untuk mempertahankan postur dan stabilitas di berbagai kondisi dan kegiatan.

KONTROL SIKAP DAN KESEIMBANGAN TUBUH

- ◎ Keseimbangan merupakan integrasi yang kompleks dari system terdiri dari 3 komponen sistem:
 - Deteksi sensoris dari pergerakan tubuh
 - Visual
 - Vestibular
 - Somatosensory inputs (proprioseptif dan eksteroseptif)
 - Integrasi informasi sensorimotor dalam sistem syaraf pusat (peran serebelum dan batang otak)
 - Execution respon musculoskeletal (otot, sendi jaringan lunak)

MASUKAN DAN KELUARAN NUKLEUS VESTIBULARIS



● FIGURE 6-43 Input and output of the vestibular nuclei.

PROPRIOCEPTION

- ⦿ Proprioception adalah persepsi rangsangan yang berhubungan dengan posisi, postur tubuh, keseimbangan, atau kondisi dalam tubuh.
- ⦿ Kemampuan untuk merasakan posisi bagian sendi atau tubuh dalam gerak
- ⦿ Beberapa jenis reseptor sensorik di seluruh kulit, otot, kapsul sendi, dan ligamen memberikan tubuh kemampuan untuk mengenali perubahan lingkungan baik internal maupun eksternal pada setiap sendi dan akhirnya berpengaruh pada peningkatan keseimbangan.

- Proprioception dihasilkan melalui respon secara simultan, visual, vestibular, dan sistem sensorimotor, yang masing-masing memainkan peran penting dalam menjaga stabilitas postural.
- Paling diperhatikan dalam meningkatkan proprioception adalah fungsi dari sistem sensorimotor.
- Meliputi integrasi sensorik, motorik, dan komponen pengolahan yang terlibat dalam mempertahankan homeostasis bersama selama tubuh bergerak, sistem sensorimotor mencakup informasi yang diterima melalui reseptor saraf yang terletak di ligamen, kapsul sendi, tulang rawan, dan geometri tulang yang terlibat

SISTEM VESTIBULARIS (APARATUS VESTIBULARIS)

Memberikan informasi posisi (orientasi) dan pergerakan kepala, keseimbangan, membantu mengkoordinasikan pergerakan kepala dan mata dan menyesuaikan sikap tubuh

Organ vestibuler terletak pada telinga dalam

Aparatus vestibular terdiri dari:

- ⦿ Kanalis semisirkularis dan
- ⦿ Organ otolit □ utrikulus dan sakulus

SISTEM VESTIBULARIS

Organ yang berperan:

Kanalis semisirkularis:

- Terdiri dari canalis horizontal, canalis vertikal superior dan canalis vertikal inferior
- sensitif terhadap rotasi kepala

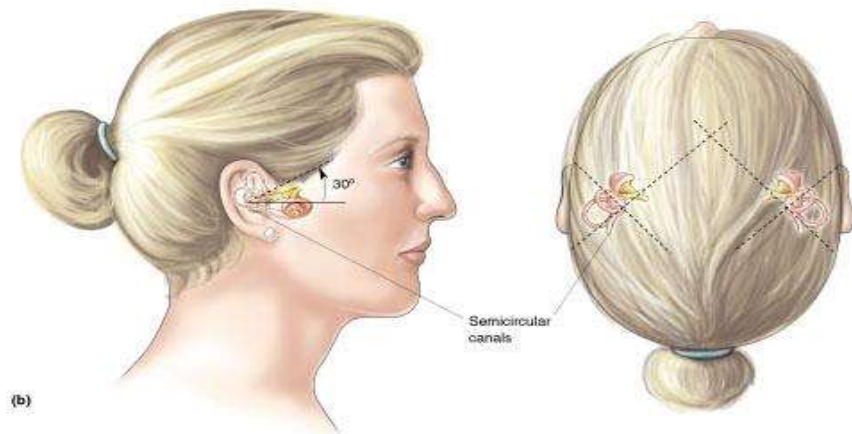
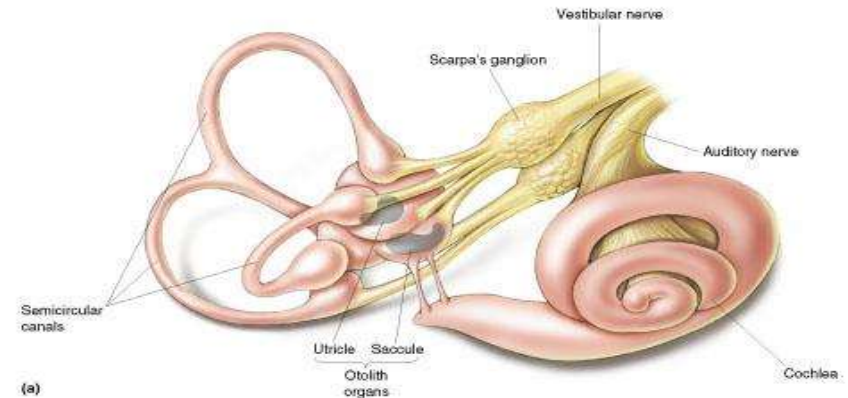
Organ otolith:

- Terdiri dari saculus dan utriculus
- mendeteksi gaya gravitasi dan kemiringan kepala

Keseimbangan statis : urticulus dan sacullus

Keseimbangan rotasi : canalis semisirkularis

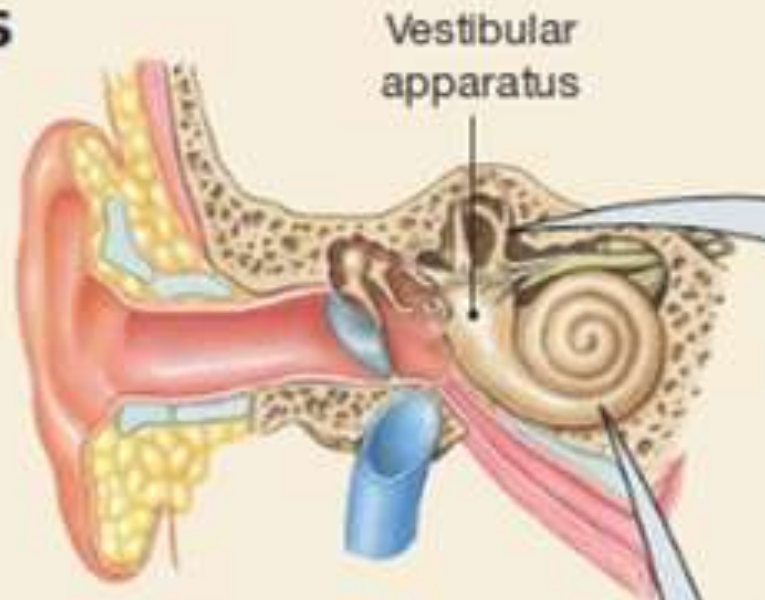
Figure 11.31
The vestibular labyrinth. (a) Locations of the otolith organs (utricle and saccule) and semicircular canals. (b) A vestibular labyrinth resides on each side of the head, with the semicircular canals arranged in parallel planes.



KANALIS SEMISIRKULARIS

KANALIS SEMISIRKULARIS

THE VESTIBULAR APPARATUS



SEMICIRCULAR CANALS



(a) The vestibular apparatus of the inner ear responds to changes in the body's position in space. The cristae are sensory receptors for rotational acceleration. The maculae

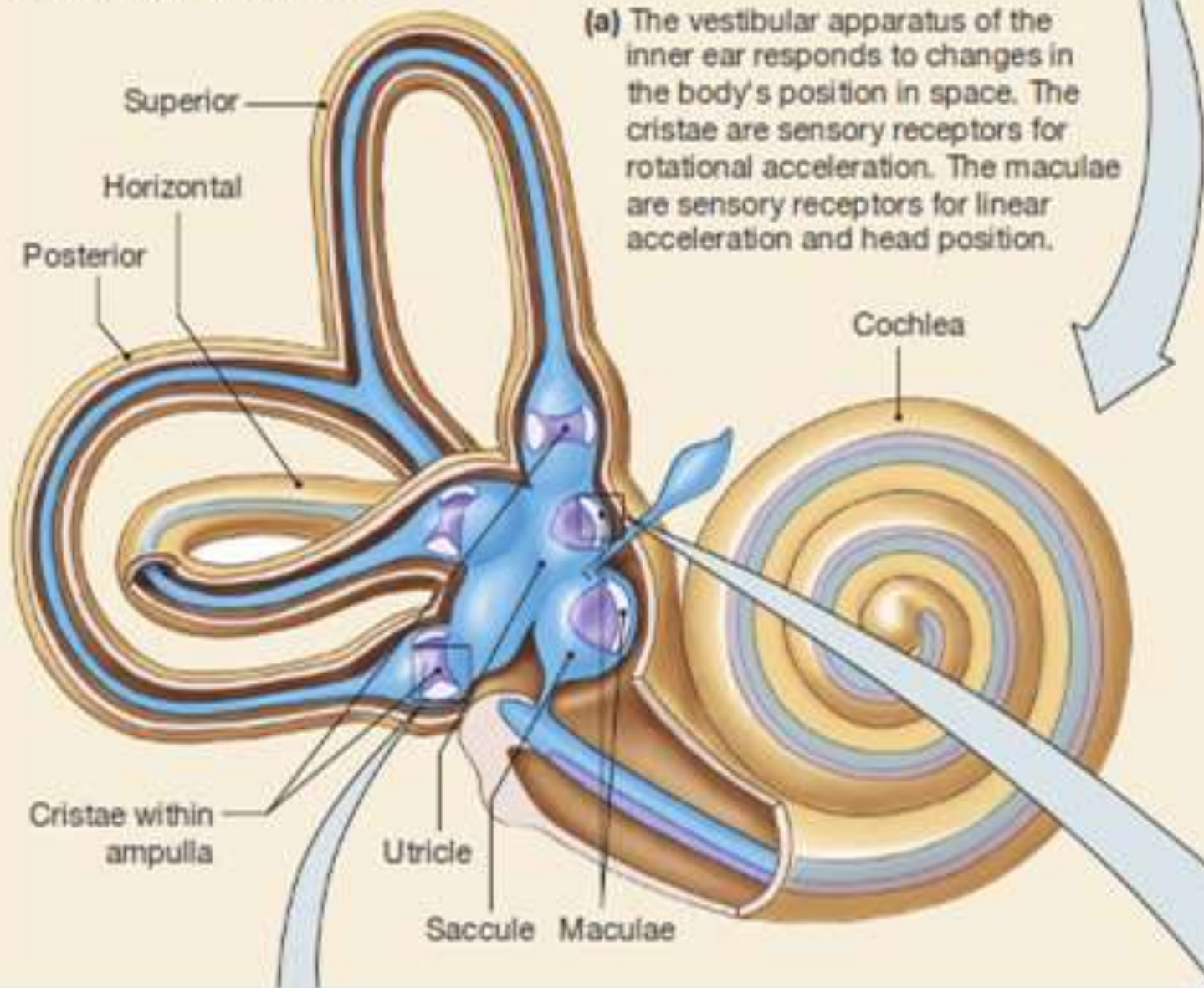
Mendeteksi akselerasi atau deselerasi kepala rotasional atau angular.

Kanalis sirkularis:

- ⦿ Tersusun dlm bidang 3 dimensi tegak lurus satu sama lain.
- ⦿ Krista ampularis □ Sel-sel rambut terletak di ampula (pembesaran di dasar kanalis) □ rambut terbenam di lap.gelatinosa (kupula) yg menonjol ke dlm endolimfe di dlm ampula. Kupula bergoyang sesuai arah gerak cairan.

SEMICIRCULAR CANALS

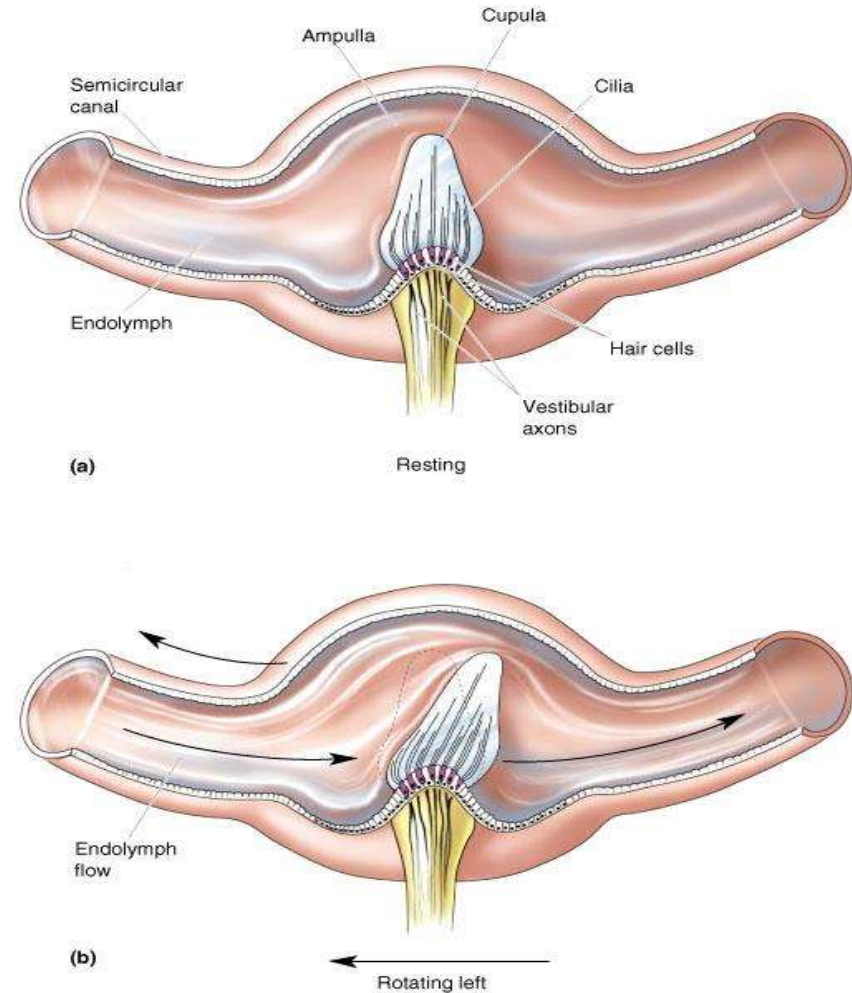
(a) The vestibular apparatus of the inner ear responds to changes in the body's position in space. The cristae are sensory receptors for rotational acceleration. The maculae are sensory receptors for linear acceleration and head position.

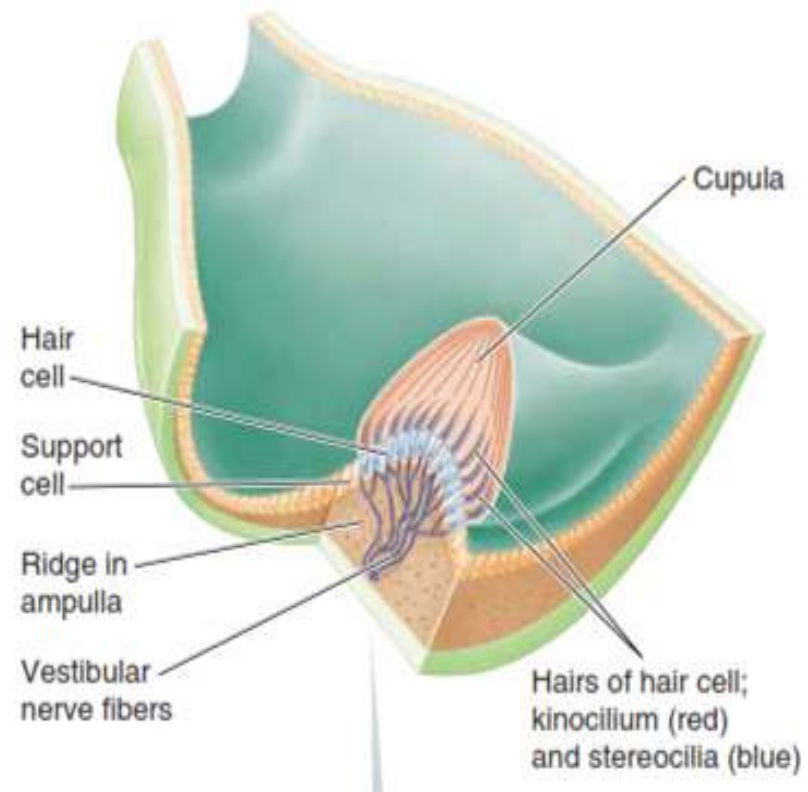
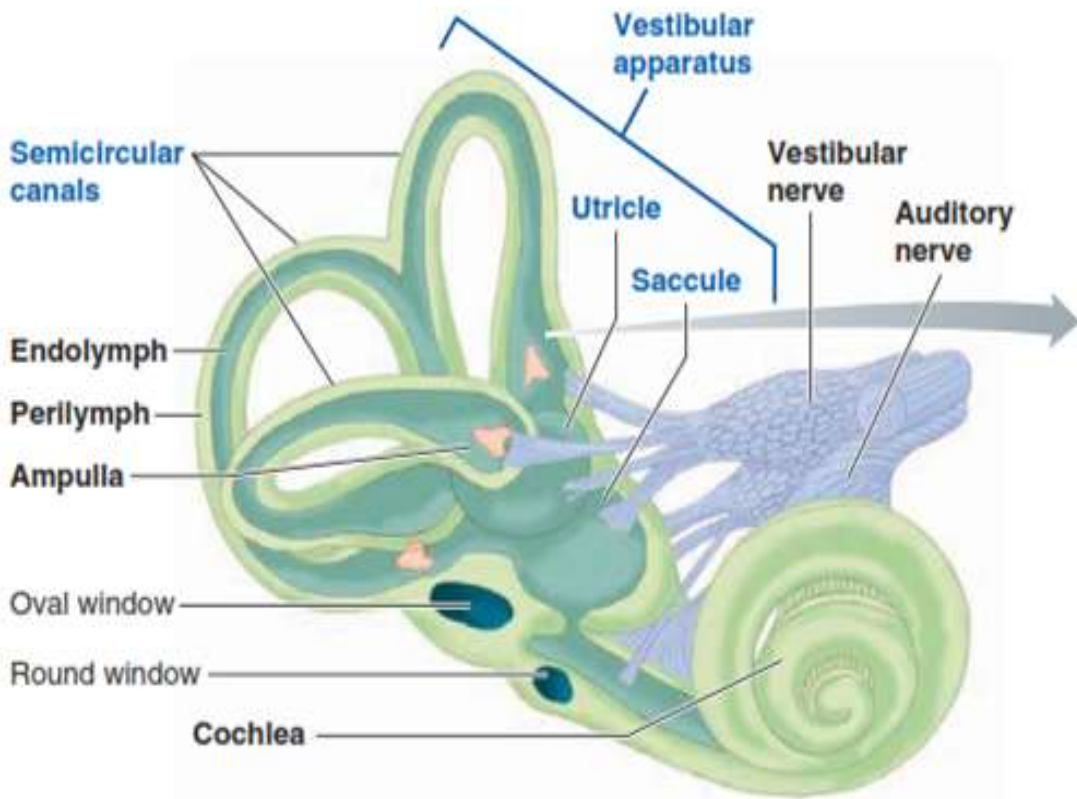


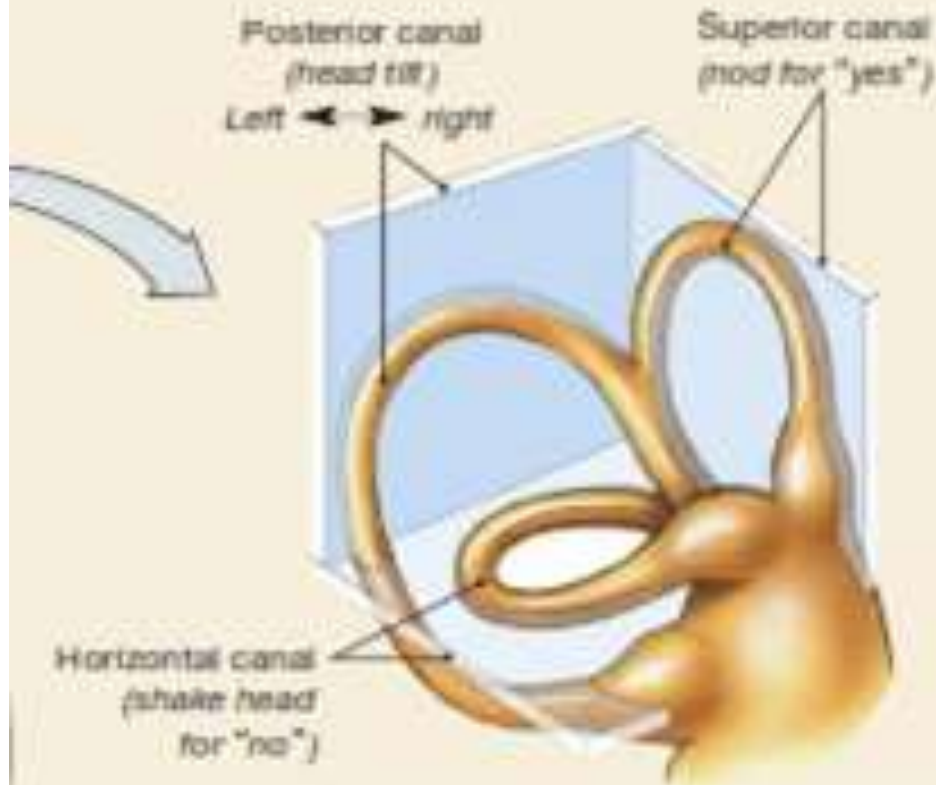
CANALIS SEMISIRKULARIS

- Mendeteksi angular atau rotatory acceleration.
- Sel rambut berada pada membran yang menaik (crista) dan menempel pada gelatinous cupula.
- Accelerasi menyebabkan cairan tertinggal dibelakang (karena inertia) dan bengkokan cilia sel rambut
- Rotasi yang sesuai dari kepala dalam satu arah membengkokkan cilia dengan arah yang berlawanan sehingga mendepolarisasi sel

Figure 11.34
A cross section through the ampulla of a semicircular canal. (a) The cilia of hair cells penetrate into the gelatinous cupula, which is bathed in the endolymph that fills the canals. (b) When the canal rotates leftward, the endolymph lags behind and applies force to the cupula, bending the cilia within it.





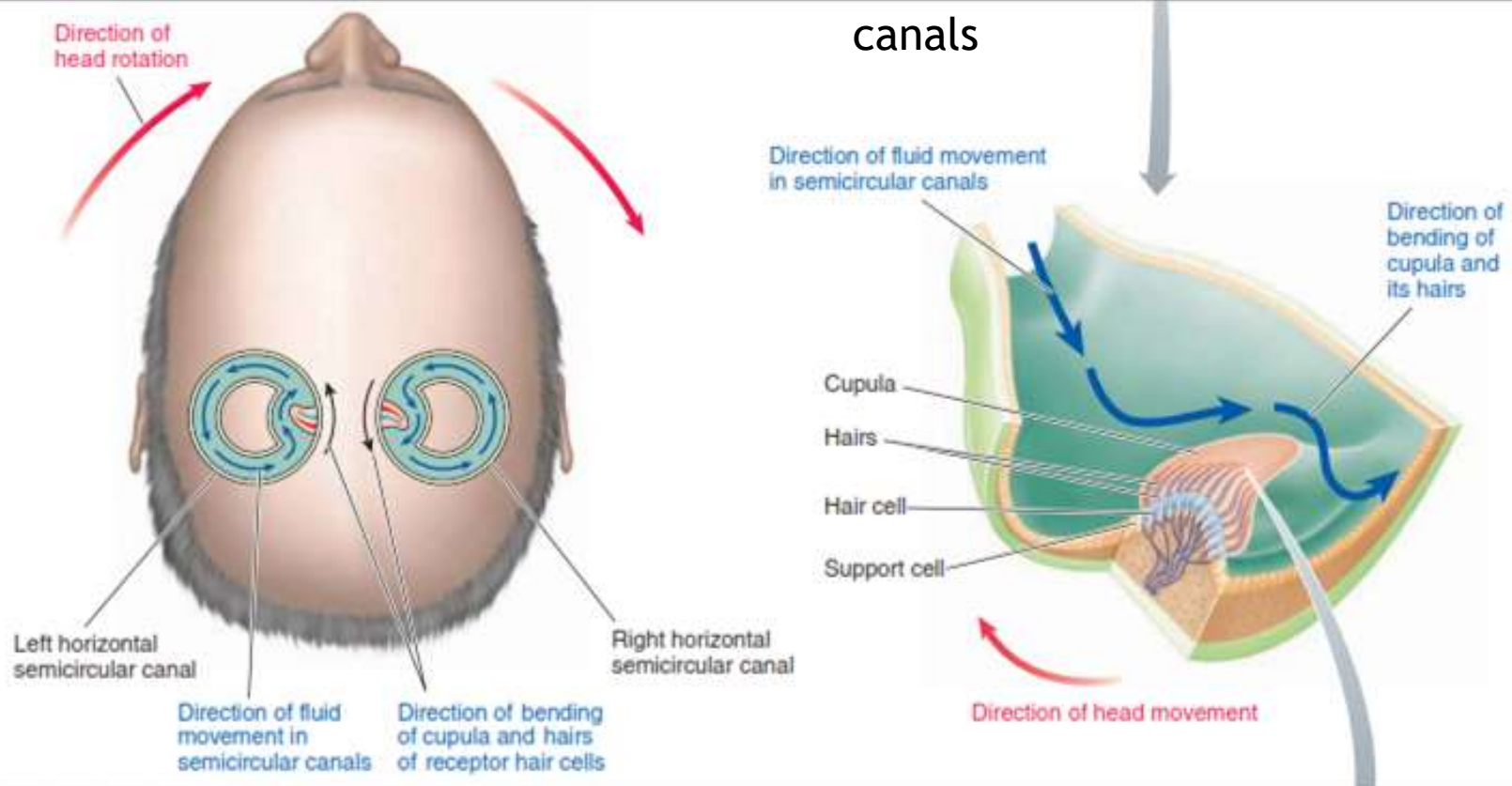


(b) The posterior canal of the vestibular apparatus senses the tilt of the head toward the right or left shoulder. The superior canal senses rotation of the head from front to back, such as that which occurs when nodding "yes." The horizontal canal senses rotation of the head as it turns left or right, such as that which occurs when shaking the head "no."

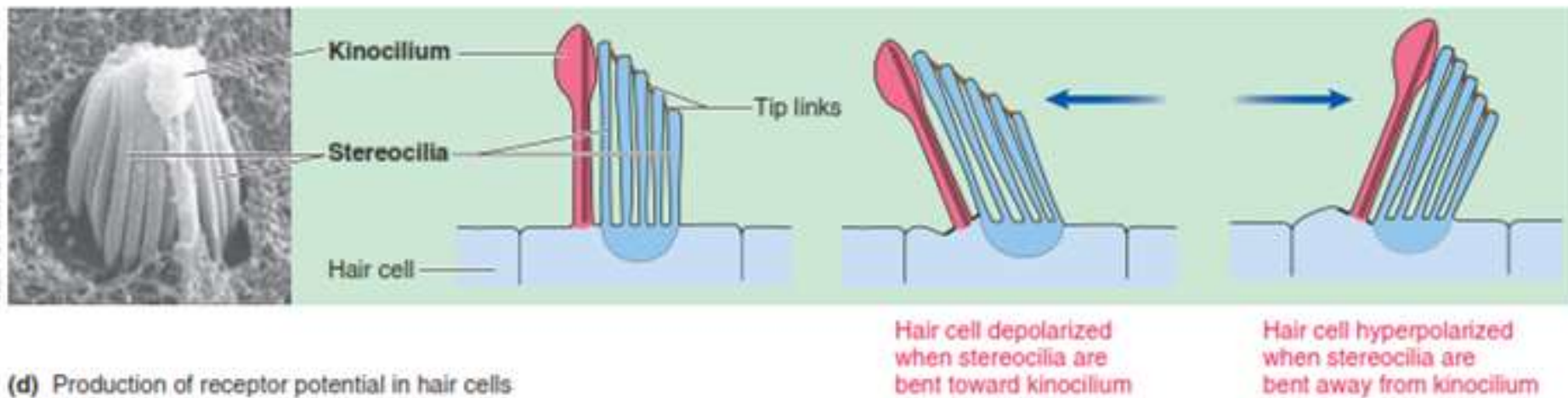
- Mendeteksi perubahan sudut kepala dan percepatan linear (linear acceleration) kepala

- Cairan di kanalis semisirkularis tdk melekat ke tengkorak □ (rotasi kepala) tdk bergerak searah dgn rotasi ttp tertinggal di belakang akibat inersia □ kupula miring dlm arah berlawanan.
- Jika gerakan kepala berlanjut dgn kecepatan dan arah yg sama □ endolimfe akan menyusul dan bergerak bersama dgn kepala □ rambut kembali ke posisi semula □

Activation of hair cells in the semicircular canals



- ⦿ Ketika kepala melambat dan berhenti □
endolimfe sesaat melanjutkan gerakan ke arah rotasi (kepala melambat untuk berhenti) □
kupula dan rambut-rambutnya secara transien melengkung ke arah putaran sebelumnya (berlawanan dgn arah lengkung sewaktu akselasi)



● **FIGURE 6-41 Structure and activation of vestibular apparatus.** The scanning electron micrograph shows the kinocilium and stereocilia on the hair cells within the vestibular apparatus.

Rambut-rambut di sel vestibular terdiri dari:

- Kinosilium
- Stereosilia- tautan ujung- jembatan molekular halus antara stereosilia yg berdekatan.
- Depolarisasi □ stereosilia menekeuk ke arah kinosilium □ meningkatkan pelepasan neurotransmitter dari sel rambut □ peningkatan frekuensi lepas muatan serat aferen
- Hiperpolarisasi □ arah berlawanan □ mengurangi frekuensi potensial aksi di serat aferen

MAKULA DAN ORGAN OTOLIT

⦿ Peran makula untuk menjaga keseimbangan statik

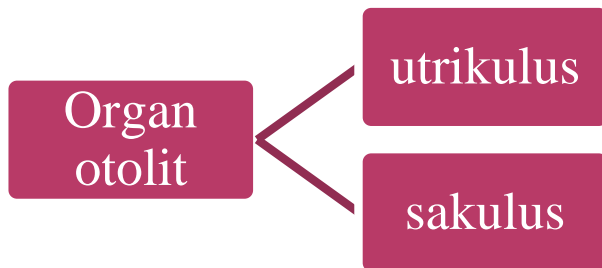
- Sel rambut dalam makula utrikulus dan sakulus diletakkan pada bermacam-macam arah, sehingga pada berbagai posisi kepala akan terangsang bermacam-macam sel rambut □ mengabarkan posisi kepala sehubungan dengan gaya gravitasi bumi, sehingga sistem motorik vestibular, serebelar dan retikuler akan merangsang otot-otot yang menjaga keseimbangan

⦿ Peran makula menjaga keseimbangan selama percepatan linear

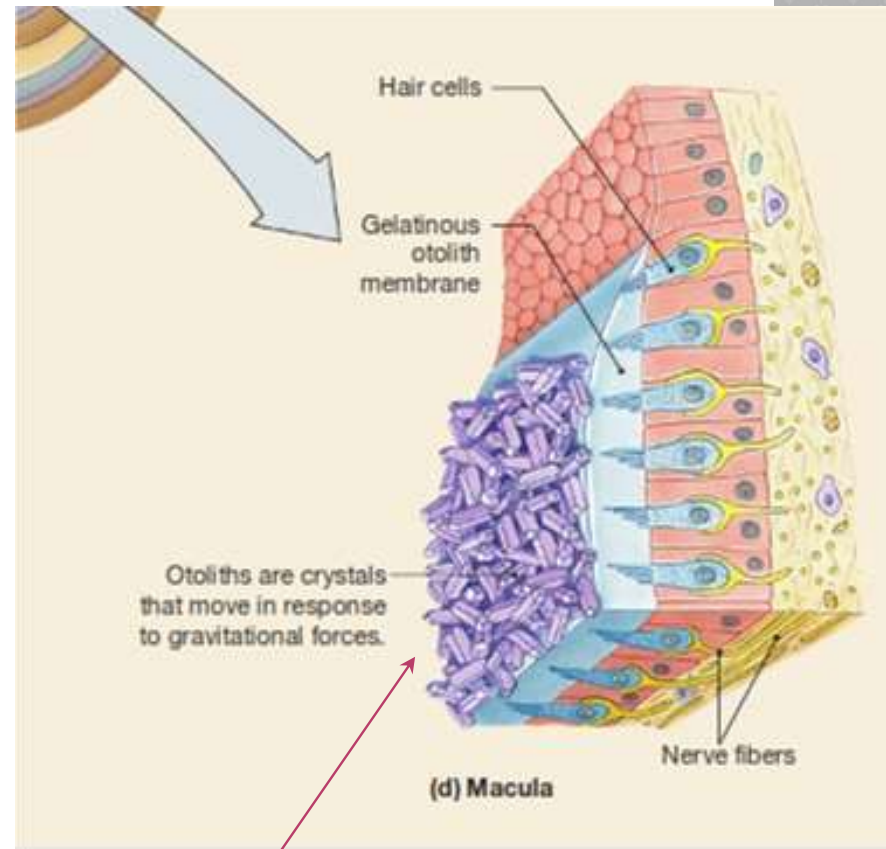
- Bila tubuh tiba-tiba terdorong dengan kasar ke depan, yakni sewaktu tubuh mengalami percepatan maka stakonia yang memiliki kelembaman yang lebih besar dari cairan sekelilingnya akan jatuh kebelakang, yakni ke silia sel-sel rambut, dan informasi mengenai ketidak seimbangan dikabarkan ke pusat-pusat saraf, shg org merasa seperti jatuh ke belakang sehingga orang secara otomatis mencondongkan badannya ke depan sampai pergeseran stakonia akibat pergerakan condong sama dengan kecenderungan stakonia untuk jatuh ke belakang

PERAN ORGAN OTOLIT

- Memberikan informasi ttg posisi kepala relatif thdp gravitasi (kepala miring statik) dan mendeteksi perubahan kecepatan gerakan lurus (bergerak dlm garis lurus ke manapun arahnya)
- Kemiringan kepala menggerakkan otolith karena gravitasi dan bengkokan sel rambut cilia

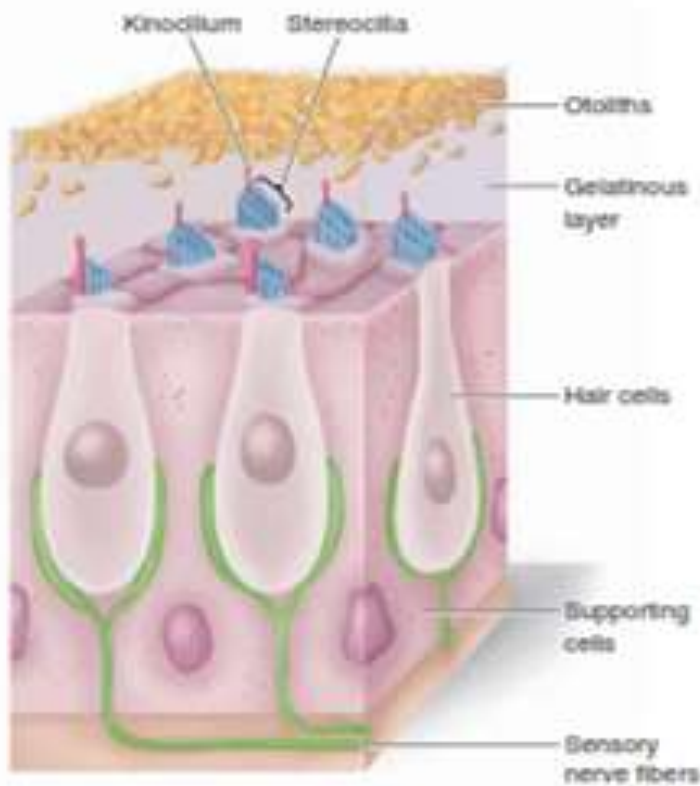


- Mengandung epitel sensoris: Makula (di dalamnya terdapat sel rambut), berada dalam posisi vertikal dalam utrikulus dan horizontal dalam sakulus □ berdiri tegak



Kristal kecil kalsium karbonat-**otolit-**

UNIT RESEPTOR DI UTRIKULUS



(a) Receptor cell unit in utricle

● **FIGURE 6-42** structure and activation of a receptor cell unit in the utricle.

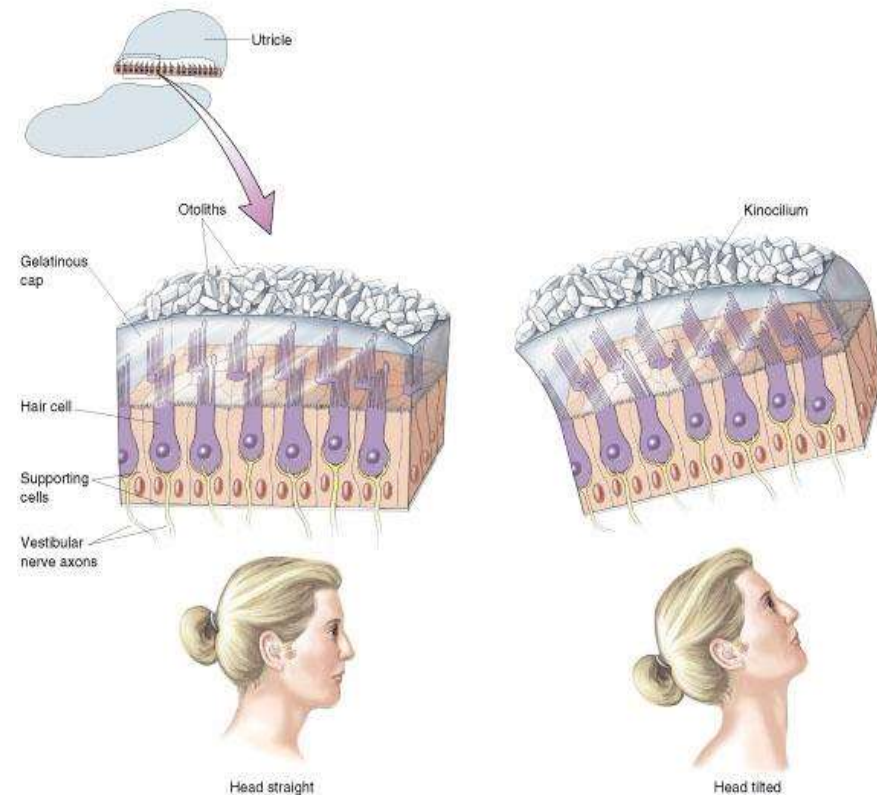
Pengaktifan utrikulus oleh perubahan posisi kepala (selain lurus naik-turun), rambut akan menekuk sesuai dgn arah kemiringan krn gaya gravitasi yg mengenai lapisan gelatinosa □ menimbulkan hiperpolarisasi/depolarisasi. Pengaktifan krn gerakan linear horizontal (bergerak lurus kedepan, kebelakang, kesamping).

ORGAN OTOLIT PADA MAKULA UTRIKULUS

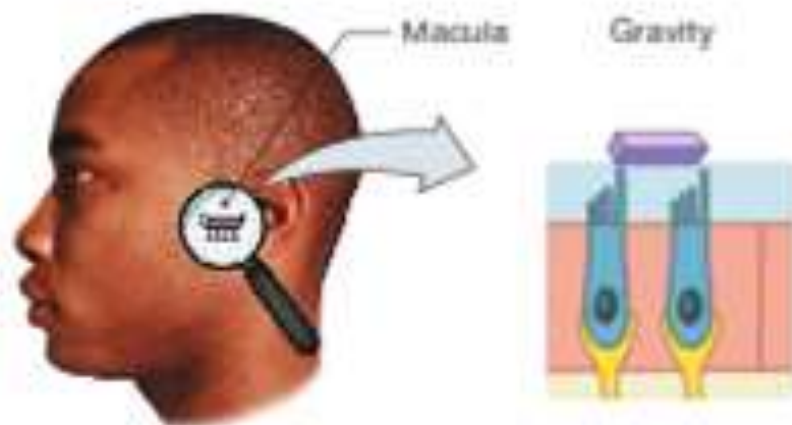
- Sel rambut cilia melekat pada membran otolitik gelatinosa (di atas makula) ditutupi dengan partikel kalsium karbonat (otocania atau otolit).
- Saat istirahat, cilia utrikulus dalam posisi lurus keatas
- Kemiringan kepala menyebabkan dorongan gaya gravitasi menarik gelatinous cap dan terjadi bengkokan sel rambut cilia
 - depolarisasi sel rambut

Figure 11.32

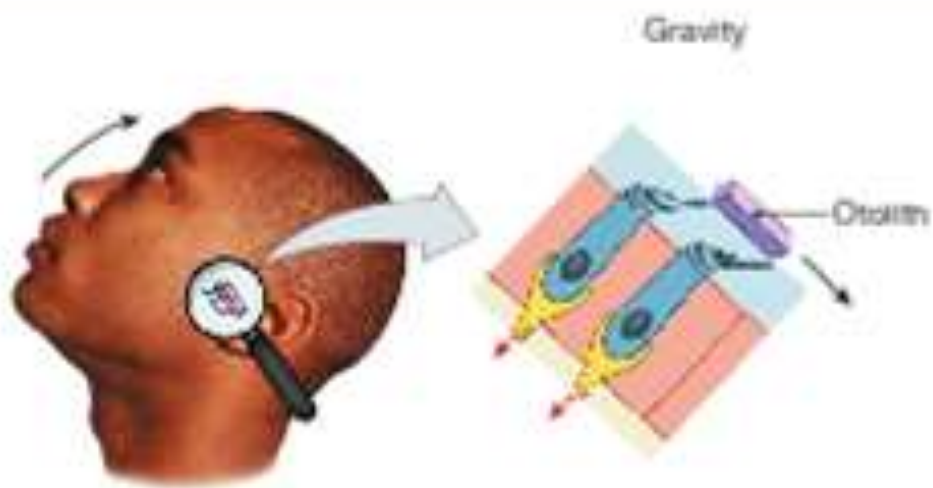
Macular hair cells responding to tilt. When the utricular macula is level (the head is straight), the cilia from the hair cells also stand straight. When the head and macula are tilted, gravity pulls the otoliths, which deform the gelatinous cap, and the cilia bend.



(a) Head in neutral position

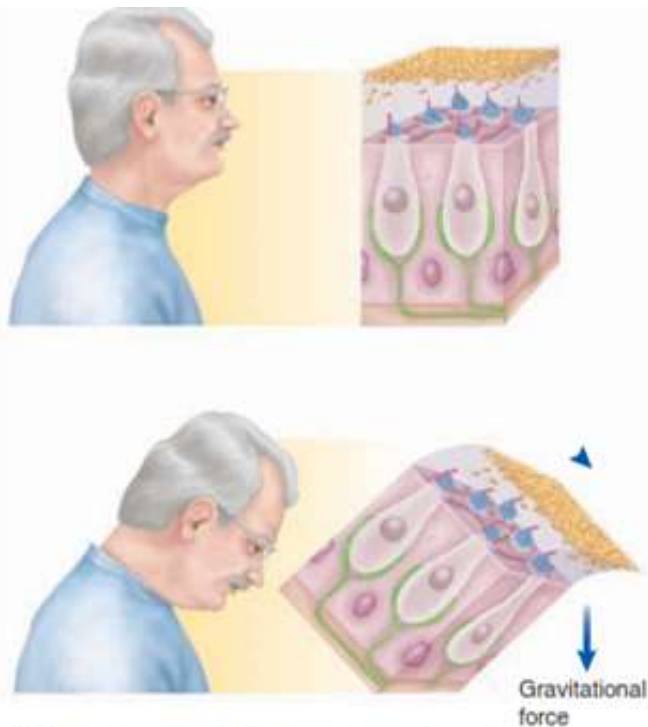


(b) Head tilted posteriorly



● **FIGURE 10-27** *Otoliths move in response to gravity or acceleration.*

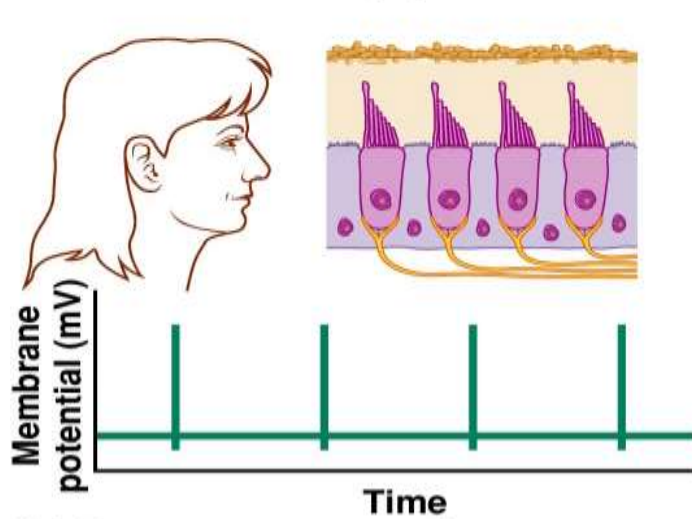
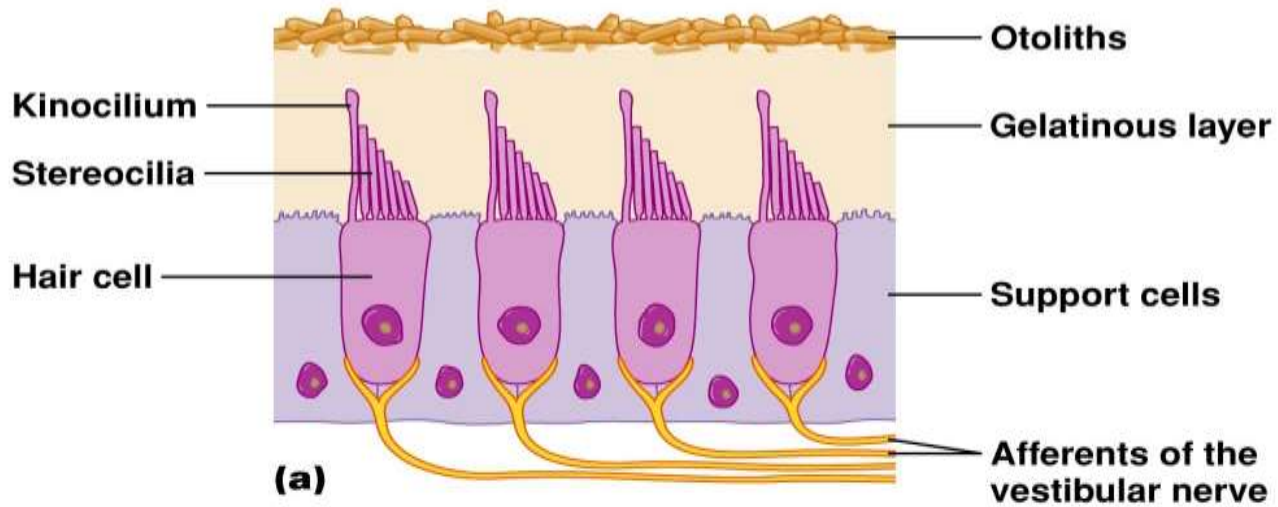
- Awal jalan □ membran otolit tertinggal di belakang (inersia > besar), rambut menekan ke belakang dan berlawanan dgn gerak maju kepala.
- Jika mempertahankan kecepatan langkah maka lapisan gelatinosa segera menyamai dan bergerak dgn kecepatan yg sama dgn kepala □ rambut tdk tertekuk.
- Saat melambat dan berhenti □ otolit tetap bergerak maju sesaat, menekuk rambut ke depan.



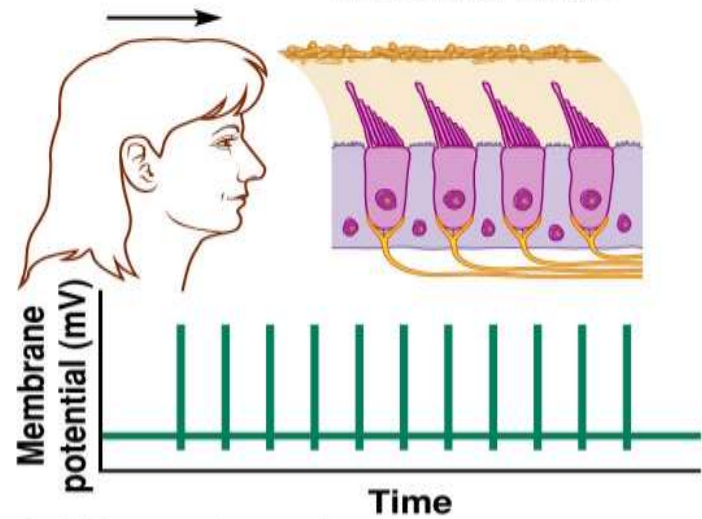
(b) Activation of utricle by change in head position



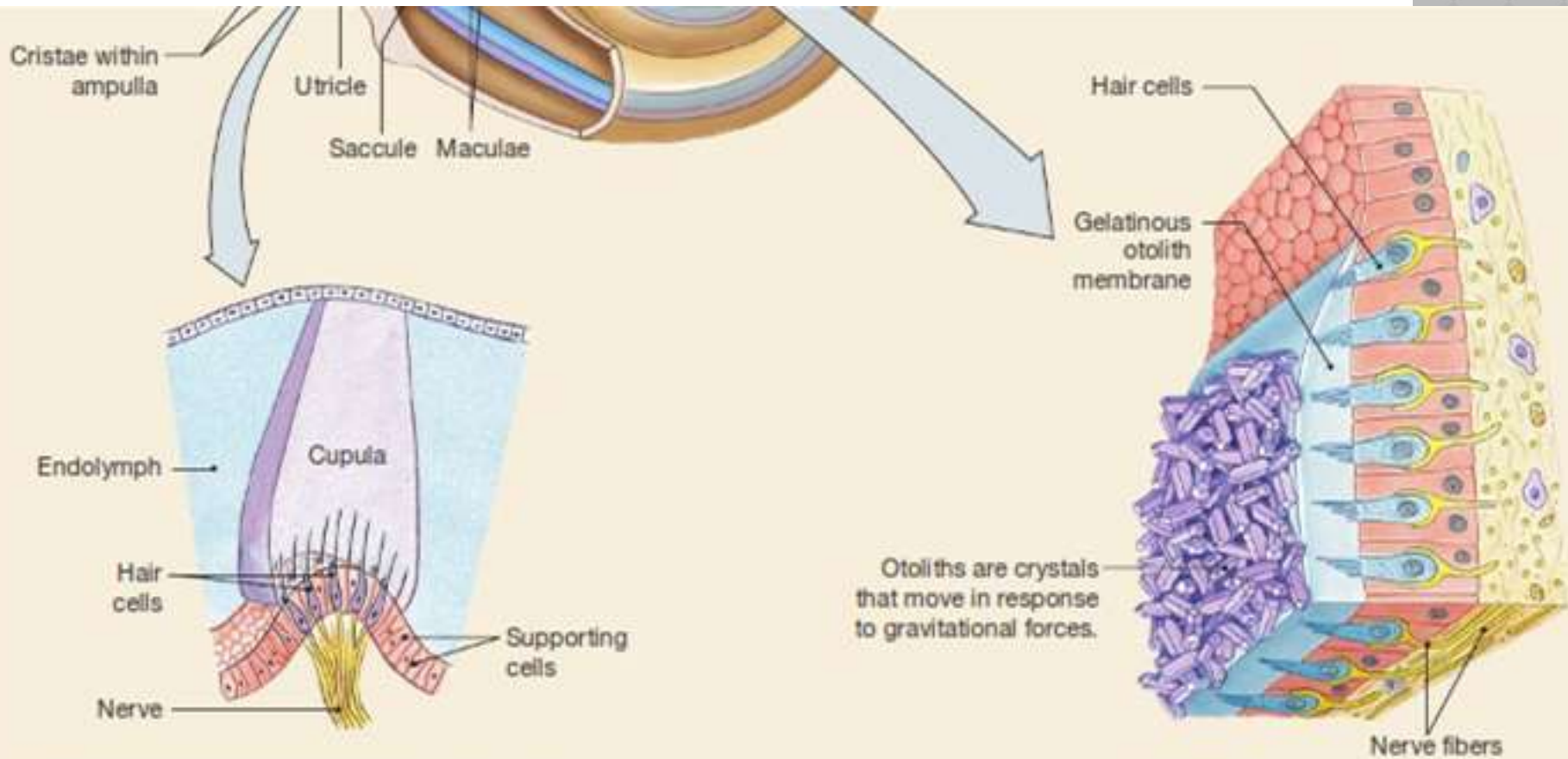
(c) Activation of utricle by horizontal linear acceleration



(b) Rest or constant motion



(c) Forward acceleration



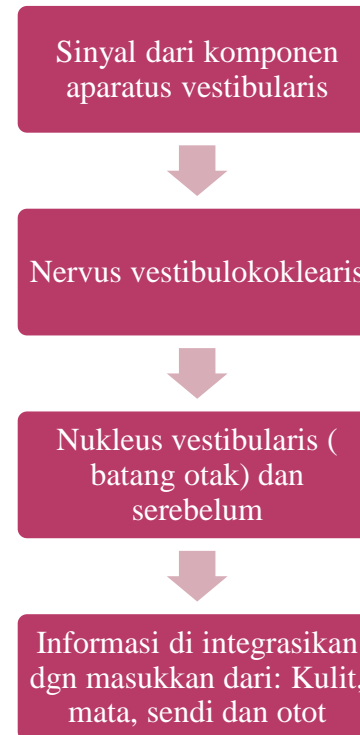
(c) Movement of the endolymph pushes on the gelatinous cupula and activates the hair cells.

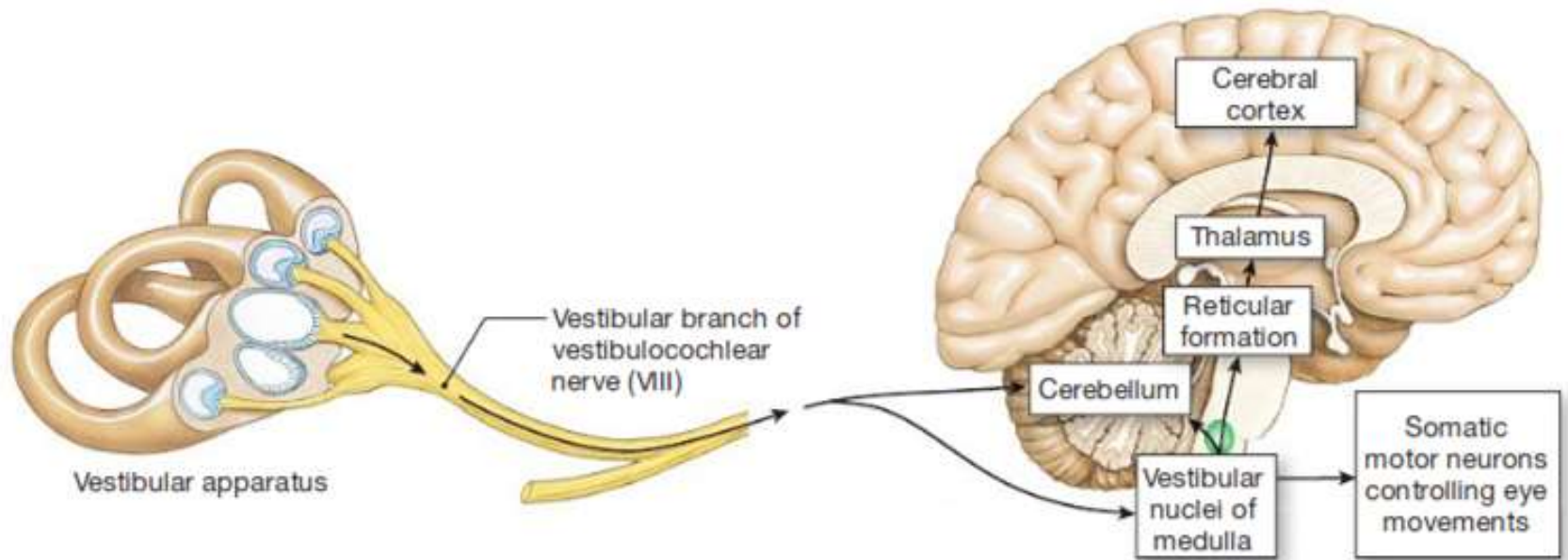
(d) Macula

ORGAN OTOLIT PADA MAKULA SAKULUS

- Sakulus berfungsi serupa dgn utrikulus, berespon trhdp gerakan miring kepala menjauhi posisi horizontal (bangun dari tidur) dan trhdp akselerasi dan deselerasi linier vertikal (meloncat naik-turun atau naik tangga berjalan).

1. Mempertahankan keseimbangan dan postur yg di inginkan
2. Mengontrol otot mata eksternal sehingga mata terfiksasi ke satu titik
3. Mempersepsikan gerakan dan orientasi





● **FIGURE 10-28** *CNS pathways for equilibrium*