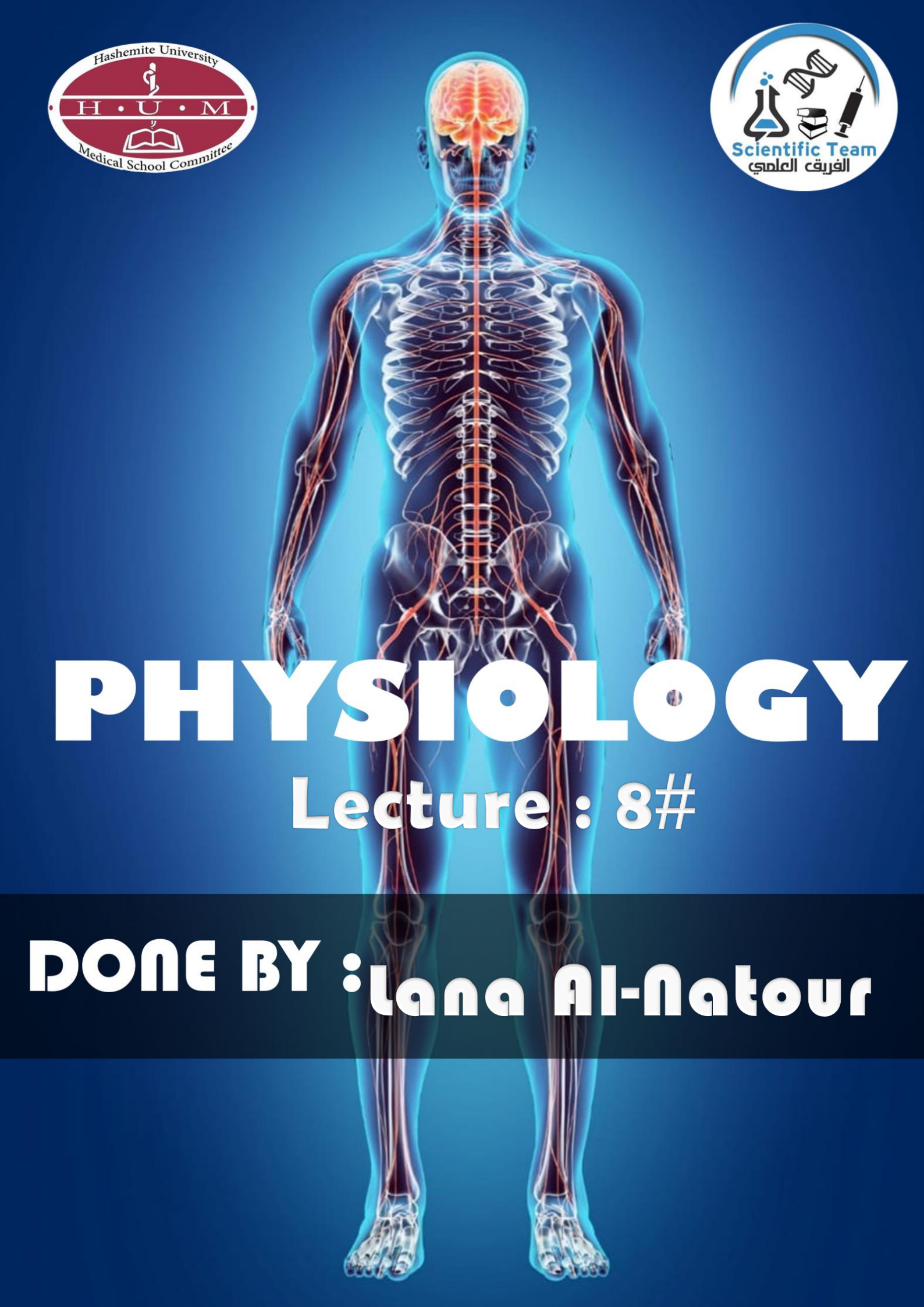


PHYSIOLOGY

Lecture : 8#

DONE BY : Lana Al-Natour

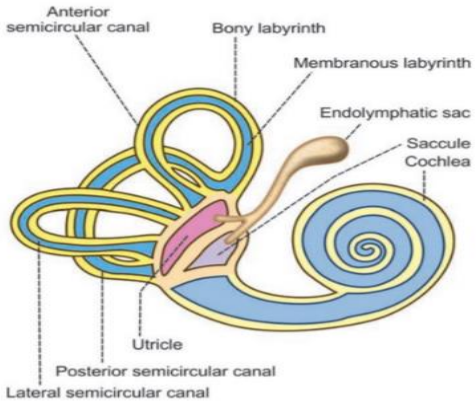
Balance and equilibrium

التلخيص عبارة عن سلايدات الدكتورة وتحتها كل **الشرح باللون الازرق**

VESTIBULAR APPARATUS

- sensory organ for equilibrium
- In bony labyrinth
- functional part is membranous labyrinth

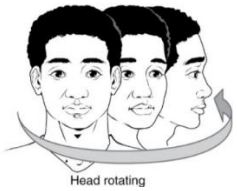
Components
1- semicircular canals
2- otolith (utricle & saccule)



هلا بدنا نعرف انه vestibular apparatus هو يلي بحس بال positions of the body mainly the head and send it to the CNS to maintain equilibrium
vestibular apparatus موجود في bony labyrinth ما اخذنا بالاناتومي انه جوا bony labyrinth في membranous labrynith عنا ((يلي بتكون من 3 semicircular canal / otolith يلي بتكون من utricle متصل مع canals و saccule بكون جهة cochlea))

semicircular canals

- semicircular canals →respond to **rotatory movements** or **angular acceleration** of the head.

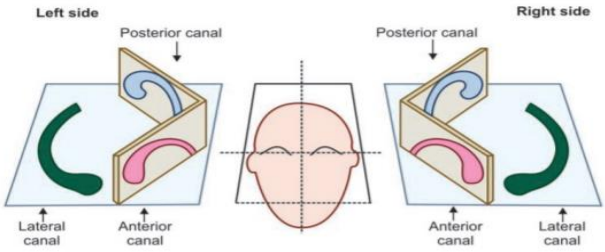


طيب هلا نبلش بجزء جزء شو فائدة semicircular canals ؟ بحدد position of the head ويحدد اتجاه rotation of the head يعني باختصار بحدد اي جهة بتلف

Semicircular Ducts

three semicircular ducts

- A are in vertical planes project forward & 45 degrees outward
- P are in vertical planes project backward & 45 degrees outward.

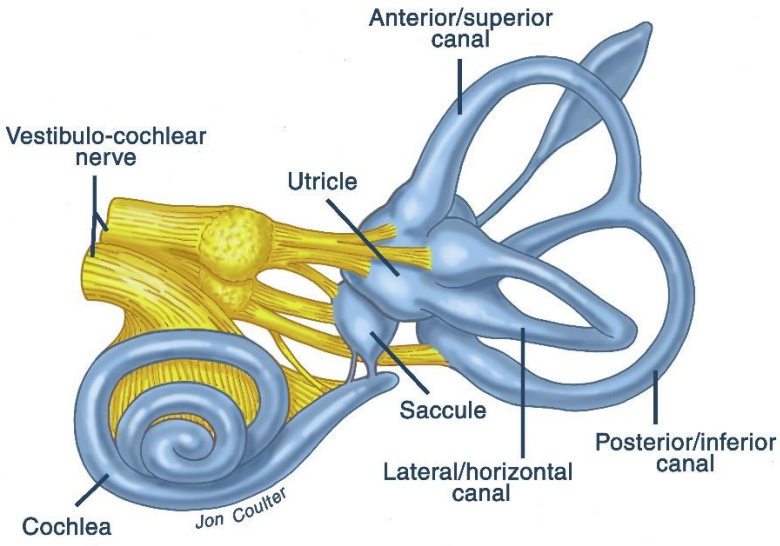


هلا مثلا خلينا نشوف left side منلاقي انه على plane رح يكون anterior canal and posterior canal perpendicular to each other وهدول canals 2 مه بعض بكونوا perpendicular على lateral canal

اذا بكل ear عنا 3 canals

Note : anterior canal (forward) make 45 degree with the midline and posterior canal (backward) make 45 degree with midline

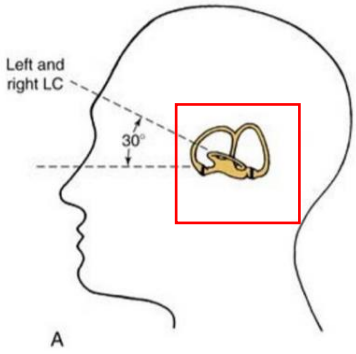
Google : ((semicircular canals anatomy))



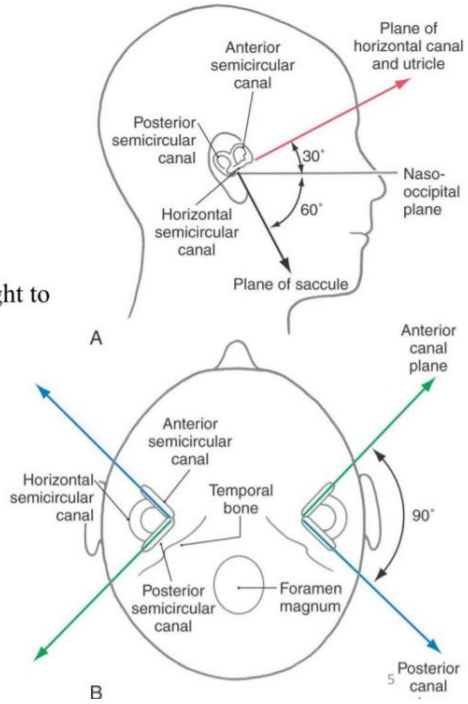
Semicircular Ducts

three semicircular ducts

- anterior (A)→ respond to front to back movements (nodding)
- posterior (P)→ When head is rotated from shoulder to shoulder
- lateral/horizontal (H) → side to side movements (left to right or right to left-shaking the head while saying 'no – no'.).



Dr Iman Aolymat

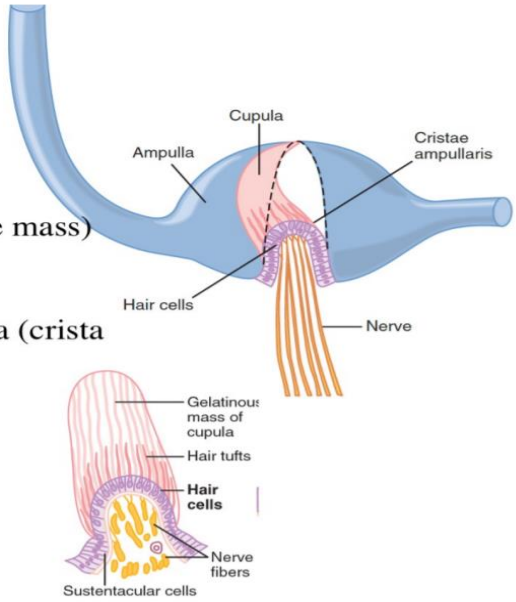


the lateral ducts مايلة ب 30 degree عن horizontal line وبالتالي اذا بدي اعملها هاي canal بالزبط
على horizontal لازم تنزل رسك 30 degree
***في الصورة B اذا نظرنا من فوق منلاقي انه كل canals عموديين على بعض**
طيب هلا ليش عنا 3 canals?
الجواب:عشان كل canal الها وظيفة معينة (مكتوب بالسلايد)
بس ملاحظة على shoulder to shoulder يعني مثلا تلف راسك كامل على اليمين باتجاه shoulder او على اليسار
بينما left to right لما احرك راسي وانا بحكي no

وهاد فيديو دقيقتين تقريبا للتوضيح canals :
https://www.youtube.com/watch?v=YMIMvBa8XGs

Semicircular Ducts

- enlargement at its ends: **ampulla**
- Receptor→ crista ampullaris→ **cupula** (gelatinous tissue mass) on top .
- ducts and ampulla are filled with endolymph.
- Flow of endolymph excites sensory organ of the ampulla (crista ampularis)



طيب كيف هدول canals بحسوا بهاد rotation ؟

بنهاية كل canal عنا انتفاخ منسمي ampulla وفيها receptor organ يلي بتحسس بحركة head وهدول canals اصلا فيهم endolymph وبالتالي receptor هو يلي بتحرك مع حركة endolymph وبتتحرك hair cells وهون حسب الصورة اذا كبرنا (receptor(crista ampullaris منشوف hair cells and cilia وفوقهم gelatinous membrane (capula) هاد غشاء بيتحرك بحركة endolymph يا بروح بنفس الاتجاه او عكسه بصير depolarization or hyperpolarization لانه مع تحرك غشاء cilia بتتحرك معاه

وطبعا منلاقي sensory nerve متصلة مع hair cells عشان توصل لل CNS

Hair Cells

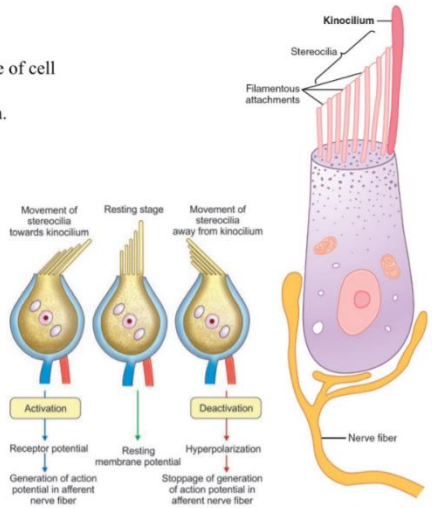
- 50-70 stereocilia: become progressively shorter toward other side of cell
- 1 kinocilium: located to one side
- filamentous attachments connect tips of stereocilia & kinocilium.

Under normal resting conditions →**continuous** nerve impulses.

Movement toward kinocilium→ **opens positive ions** channels in cell membrane→depolarization→ ↑impulse.

Opposite movement →closes ion channels→ receptor hyperpolarization→↓impulse

Changing head orientation →signals are transmitted via vestibular nerveto → to control equilibrium.



زي ما حكينا هدول hair cells طالع منهم cilia وهدول cilia طولهم مش متساوي بزيدوا باتجاه على جنب واطول وحدة فيهم هي kinociluim وكلهم متصلين مع بعض ب filametous عشان كلهم يتحركوا مع بعض وبالتالي اما باتجاه kinociluim او عكسها

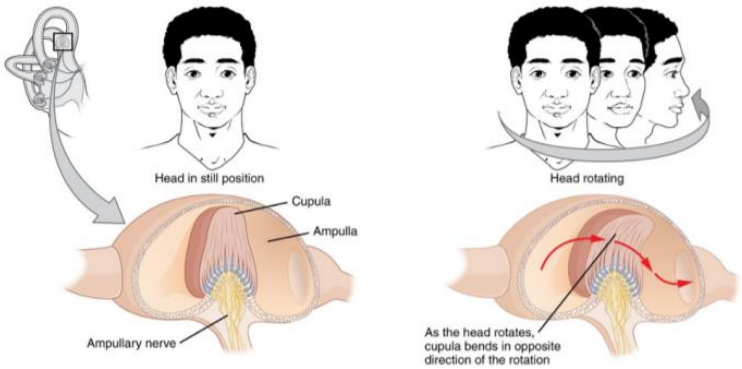
_هلا بالوضع الطبيعي كلهم بكونوا in the mid position زي الرسمة واقفين كلهم بس بكون عنا continues impulse مش يعني اذا ما في signal يعني ما في impulses بتوصل لل CNS (continues impulses)

_هلا اذاصارت عنا الحركة وتحركت باتجاه kinociluim رح يصير عنا depolarization ونفس يلي بصير في inner ear زي بمحاضرات الميد و هاد بصير بسبب potassium influx+ calcium entry

_ واذا صار الحركة عنا عكس kinociluim بصير hypepolarization and stoppage of AP

وكل حركة بفسرها CNS وبفهم على اساسها equilibrium

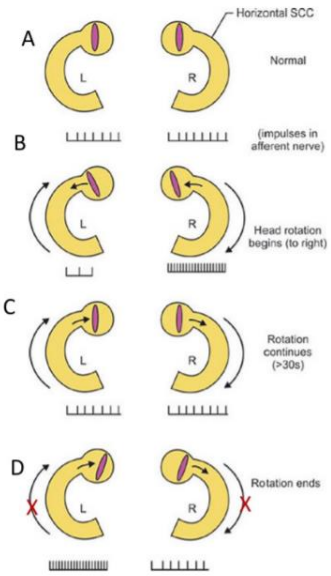
Responses to rotational acceleration



وبالتالي زي ما حكينا انه semicircular canals respond to rotation عن طريق حركة endolymph يلي بتصير ووبتحرك gelatinous membrane وبتتحرك معها cilia على حسب direction

Mechanism of Stimulation of Receptor Cells in Semicircular Canal

Position	SSC movement direction	Endolymph movement direction	Cupula position In right	Crista position In left	sensation
A-Resting	-	-	midposition	midposition	No sensation of rotation
B-beginning of movement	To right	Left (inertia)	toward U-depolarization	Away from U-hyperpolarized	Rotation to right (true)
C-continuation of movement (constant speed)	To right	To right (inertia overcome)	midposition	midposition	No sensation of rotation
D-stop of movement	No movement	To right (momentum)	Away from U-hyperpolarized	toward U-depolarization	Rotation to left (false)=vertigo



هدول زي scenarios انه ايش بصير بال canals من اول ما تبدأ الحركة لتخلص :

A – هون رح نلاقي resting ورح يكون endolymph ساكن وampulla في الوسط يعني (ما في اي حركة لا يمين ولا شمال) عنا لسا continues impulses كمان

وهلا بناء على حركة endolymph بقدر احدد اتجاه capula عشان نعرف اذا صار عنا AP ولا لا ومنعرف بعدها sensation of the position

هلا لو صار بدي الف راسي لليمين او احرك جسمي كله لليمين بداية movement :

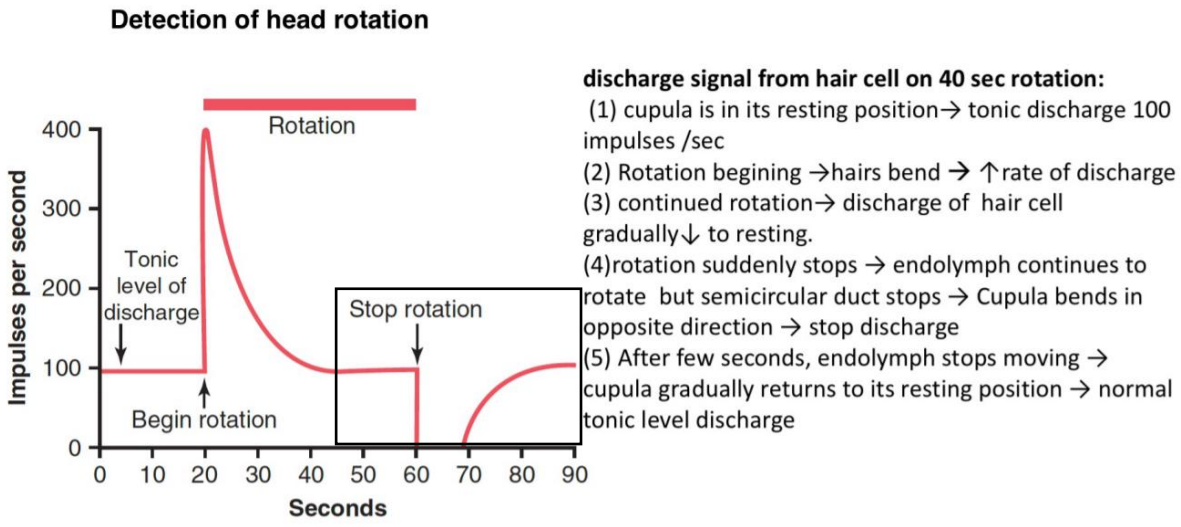
B- حركة semicircular canals لليمين و endolymph رح تتحرك عكس اتجاه حركة canals عشان inertiaوcapula تحركت باتجاه utricle معناها رح يصير DEPOLARIZATION وبالصورة منلاقي AP كثير zone signaling وصارلها activation طيب هلا جهة left رح تتحرك بعيد عن urticle وبالتالي ويلي شغال هو right semicircular canal فأنا بعرف اني بلف to the right direction inhibition

طيب لو بدي اكمل movement واضلني ألف in constant speed:

C- هلا رح تتحرك canals باتجاه اليمين ورح تتغلب على inertia وبالتالي endolymph بتكون مع حركة canals وبيرجعوا capula و crista لل mid position وبرجع زي resting potential لانه left and right الاثنين عم بطلعوا نفس AP وهون بفقد الاحساس ب rotation

طيب لو لفيت ووقفت فجأة :

D- هلا canals وقفت حركتهم ولكن endolymph رح يلف بنفس الاتجاه نتيجة momentum و cupula جهة اليمين رح يصيرلها deactivated وجهة left بتروح باتجاه urticle وبصير depolarization وبيجي signaling لل CNSمعناها انا بحس انه بلف للشمال وهاد احساس خاطىء لانه انا واقف ما بتحرك ومنسميه physiological vertigo وبعدين بترجع الامور لوضعها الطبيعي



discharge signal from hair cell on 40 sec rotation:
(1) cupula is in its resting position→ tonic discharge 100 impulses /sec
(2) Rotation begining →hairs bend → ↑rate of discharge
(3) continued rotation→ discharge of hair cell gradually↓ to resting.
(4)rotation suddenly stops → endolymph continues to rotate but semicircular duct stops → Cupula bends in opposite direction → stop discharge
(5) After few seconds, endolymph stops moving → cupula gradually returns to its resting position → normal tonic level discharge

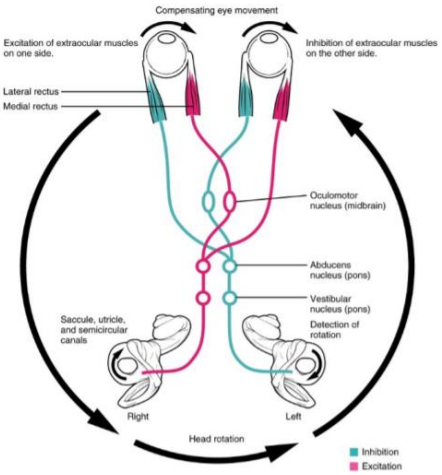
وهاد chart بيلخص زي ما شرحنا قبل شوي ((هلا زي ما منشوف محرد ما يصير rotation رح يصير فيه زيادة في signaling وبعدين بصير عنا constant speed وبتخف signaling لحتى ترجع ل resting potential بنفس الجهة يلي بلف فيها ((البوكس الاسود)) وبرجع لل resting))

طبعا tonic impulses =100 per second

فيديو عن angular rotation (semicircular canal):
https://www.youtube.com/watch?v=uCRx5pr1n2I

Vestibular Mechanisms for Stabilizing the Eyes

- Sudden head rotation →signals from **semicircular ducts** cause the eyes to rotate in direction equal and **opposite** to rotation of head.
- reflexes transmitted through vestibular nuclei & medial longitudinal fasciculus → oculomotor nuclei→ inhibition of extraocular muscles on <u>one side</u> and activation on the extraocular muscles <u>on the other side</u>.



حركة eyes خلال body rotation فيه عنا reflexes ويلي هو vestibule-ocular reflex لما يصير عنا Rotation لل body مثلا جهة الشمال ببلشوا eyes يلفوا بالعكس على جهة اليمين طيب كيف بصير هاد ? reflex عن طريق signals جاي من semicircular canals // involuntary reflexes

Vestibulo-Ocular Reflexes

movement of head→ vestibular reflexes

<u>1-nystagmus</u>
in response to angular/rotational acceleration
initially → slow component of =nystagmus eyes move in **opposite direction** of the rotation to maintain a constant direction of gaze.

Followed by → rapid component of nystagmus= rapid eye movement in **same** direction as the head's rotation because eyes approach the limit of their lateral movement→ eyes fix on new position.

rotation is stopped→ postrotatory nystagmus= eyes move in opposite direction to rotation
person tends to fall in **the direction** of the original rotation (due to stimulation of **contralateral extensor muscles**) because the person thinks he or she is **spinning in the opposite direction**.

هلا كل هاد physiological (ايشي طبيعي) رح تتحرك عكس اتجاه rotation بعدين بصير فيه rapid movement للاتجاه نفسه عشان خلص ocular muscles have limited movements والآن لما توقف rotation بتعاند eye وبتروح على جهة opposite ومنسميه post rotatory nystagmus

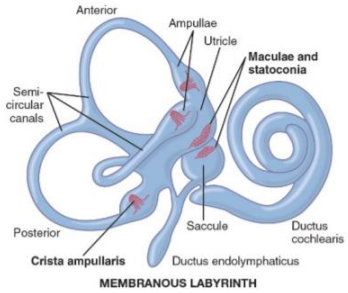
مثلا انت لما تلف كثيرحوالين حالك بتحس انك رح توقع ليش ؟لانه فيه signals بتنرسل لل CNS وفيه imbalance بصير stimulation contralateral extensor muscles وبحس ب false sensation انه بلف بالعكس وهو فعليا ثابت عشان momentum

RECEPTOR ORGAN IN OTOLITH ORGAN – MACULA

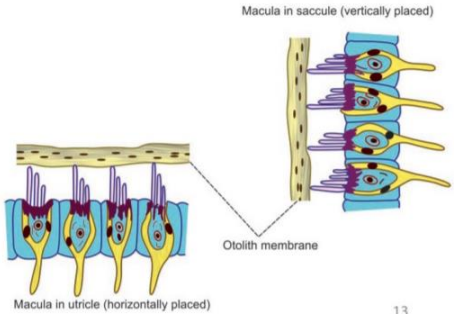
Located on the inside surface of each utricle and saccule

macula of utricle
Horizontal plane
determines orientation of head when the head is **upright**

macula of saccule
Vertical plane
determines orientation when person is **lying down**



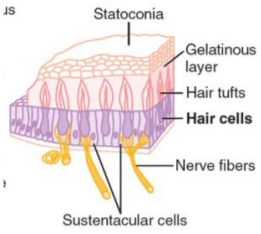
MEMBRANOUS LABYRINTH



في عنا receptors موجودين عند urticle وsaccule هلا وطبعا على surface عنا otolith membrane
(وهاد membrane غني ب calcium carbonate crystals)

Maculae

- covered by gelatinous layer rich in calcium carbonate crystals (statoconia)
- cilia of hair cells project up into gelatinous layer.
- hair cells synapse with sensory endings of vestibular nerve.
- weight of statoconia bends cilia in the direction of gravitational pull.



هلا maculae فوقهم gelatinous layer فيو statoconia يلي بتحرك مع حركة endolymph واكثر ايشي بتأثروا بال gravity وطبعا هدول statoconia بتسحب cilia باتجاه يلي بتأثر الجاذبية عليها وبالتالي اذا سحبتها باتجاه kinocilieum بصير depolarization واذا away بصير hyperpolarization

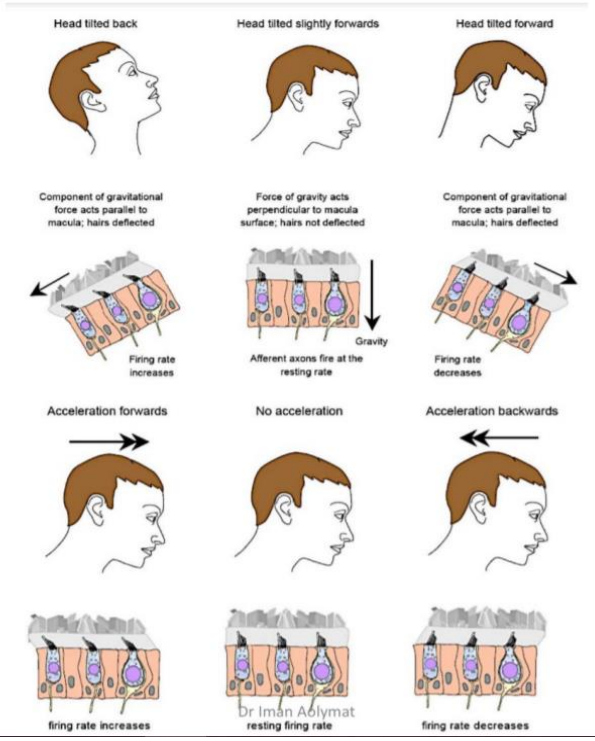
utricle & saccule →respond to **linear acceleration** of head.

Detection of linear acceleration by the utricle and saccule

- Utricle for horizontal acceleration
- Saccule for vertical acceleration

- Forward acceleration of the body →statoconia fall backward → information of disequilibrium is sent into brain → **leaning forward** response until anterior shift of statoconia exactly matches the backward shift because of acceleration.

هلا نبلش مثلا your head tilt back على نتيجة gravity رح تكون انه statoconia رح تتحرك باتجاه kinociliem باتجاه hair cells رح تسحب gravity ورح يصير activation وحسيت حالي بدي اوقع لوراء بقدم راسي لقدام (reflex)عشان يصير في balance ونحرك statoconia ونرجع لل resting position



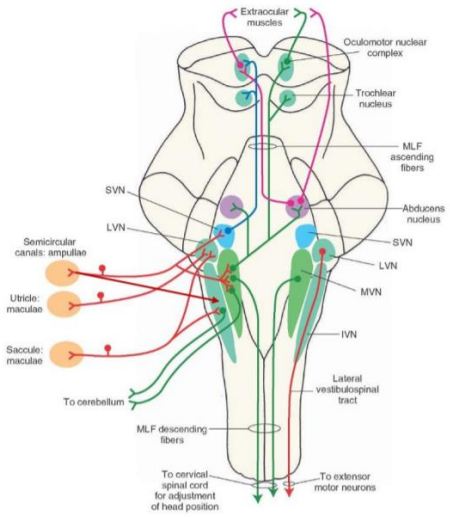
اما اذا tilting forward رح تكون gravity بتسحب statoconia و cilia رح تتحرك away from kinociliem ورح يصير hyperpolarization و deactivation

اما بالنسبة لل linear acceleration زي لما اكون راكب سيارة وتحركت فجأة رح يصير forward (depolarization) بينما backwards زي بالقطارات الكرسي بكون مش لقدام بكون بالعكس وبالتالي بس يمشي القطار راسك برجع لورا وحركة بالعككس وبصير hyperpolarization

فيديو عن linear rotation:
https://www.youtube.com/watch?v=5iZAnn5HlVw

vestibular, cerebellar & reticular motor nerve systems excite appropriate postural muscles to maintain proper **equilibrium**.

Neuronal Connections of the Vestibular Apparatus With the Central Nervous System



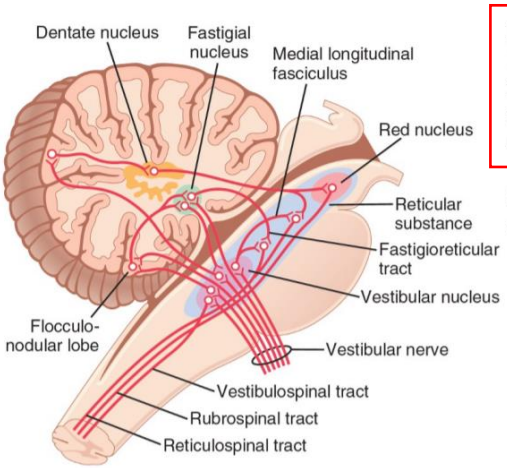
Most of vestibular nerve fibers terminate in **ipsilateral** vestibular nuclei

four vestibular nuclei in medulla→superior, inferior, lateral & medial

Superior & medial →from **crista ampullaris** of semicircular canals.
Lateral →from **maculae** of otolith organ
inferior → from both crista ampullaris and maculae.

هاد vestibular nerve بتروح على جهة نفسها تاعت nuclei وعنا 4 nuclei وكل واحد من nuclei بيجيها signals من مكان معين

Neuronal Connections of the Vestibular Apparatus With the Central Nervous System



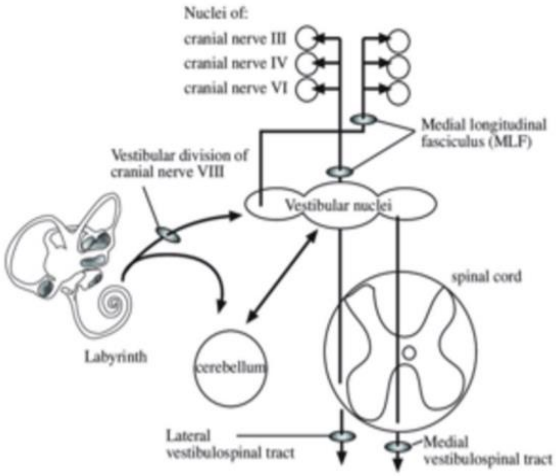
From vestibular nuclei→ synapse with
1-cerebellum
2-vestibulospinal tracts
3-medial longitudinal fasciculus
4-reticular nuclei

Some fibers pass directly to reticular nuclei/ cerebellar, fastigial, uvular, and flocculonodular lobe nuclei **without** synapsing.

يعني هدول fibers بروحوا على هدول اماكن من غيرما يعملوا synapsing مع vestibular nuclei

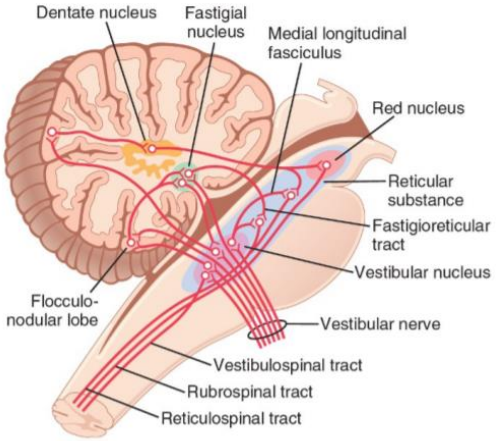
Tracts form vestibular nuclei

1. **Vestibulo-ocular Tract**
- through *medial longitudinal fasciculus* → nuclei of III, IV and VI cranial nerves.
- concerned with eye movements in relation to the position of the head.



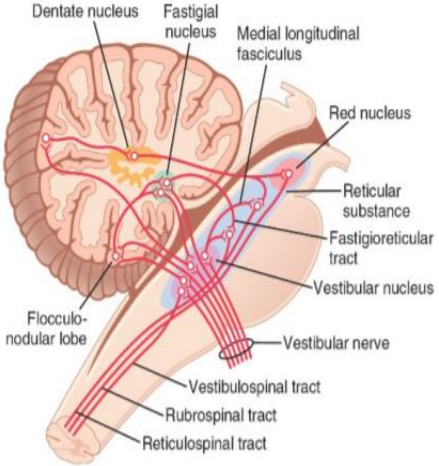
فيديو osmosis عن هادreflex :
https://mega.nz/folder/LqB1yKCA#CJZx31S_CCub58X_7iE_5g/file/n3YkxaCA

2. **Vestibulospinal Tract**
- from **lateral** nucleus→ descend downwards and form the vestibulospinal tract/ascend upward and join medial longitudinal fasciculus.
- Involved in **reflex movements of head and body** during postural changes.



3. **Vestibuloreticular Tract**
- vestibular nuclei →reticular formation of brainstem.
- concerned with the **facilitation of muscle tone**.

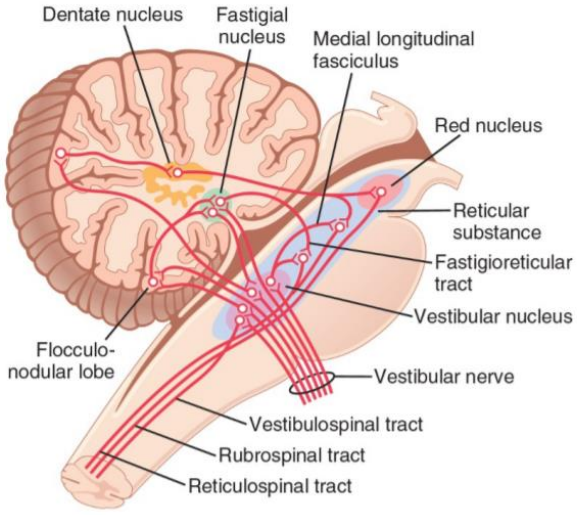
4. **Vestibulocerebellar Tract**
- Fibers rom all four vestibular nuclei and terminate in flocculonodular lobe and fastigial nuclei of cerebellum.
- involved in **coordination of movements** according to body position.



equilibrium reflexes

equilibrium reflexes pathways begins in
vestibular nerves →
vestibular nuclei & cerebellum →
reticular nuclei & spinal cord by
vestibulospinal & reticulospinal tracts.

signals to cord control antigravity muscles→controlling equilibrium.



control for all over the body هون حتى يصير

Vestibular disorders

1-**unilateral lesion in the vestibular pathway**→ **nystagmus** is reduced or absent on the side of the lesion

2-**Benign paroxysmal positional vertigo**

بتصير نتيجة تغيير body position

- the most common vestibular disorder
- characterized by episodes of vertigo that occur with particular changes in body.

3- **Ménière disease**

- abnormality of the inner ear that causes vertigo, tinnitus, hearing loss, and sensation of pressure or pain in the affected ear.

4- **motion sickness**

- nausea, sweating, pallor, and vomiting
- occur when conflicting information is fed into the vestibular and other sensory systems.

--بالعادة حكينا nystagmus is physiological reflex ولكن اذا صار unilateral lesion بصير ما في nystagmus

- motion sickness بتصير لانه inner ear صار فيها اهتزاز قوي و cns بطل يميز اتجاه الحركة

سامحونا اذا في أي خطأ غير مقصود في التلخيص

AND GOOD LUCK IN THE LAST SYSTEM ☺