



SISTEMA SANITARIO REGIONALE

AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA  
POLICLINICO UMBERTO I

Dipartimento Testa e Collo  
UOC di Otorinolaringoiatria



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

**Giuseppe Attanasio**

# I NUCLEI E LE VIE VESTIBOLARI CENTRALI



# UN SISTEMA 3D

Il sistema vestibolare garantisce un insieme di coordinate tridimensionali nel quale lo stimolo è la risultanza di una serie di impulsi di segno opposto provenienti dalle cellule ciliate dei due lati



Quando l'attività elettrica di una serie aumenta, quella della controlaterale diminuisce



L'ampiezza dello stimolo è data dal rapporto tra queste due attività



Stabilizza il sistema contro modificazioni del livello **totale** di

- sensibilità
- attività elettrica delle HCs

Per determinare il movimento del corpo il sistema vestibolare deve monitorare le informazioni che provengono da ognuno dei movimenti nei '6 gradi di libertà' delle 3 dimensioni dello spazio

3 movimenti di traslazione (in linea retta)

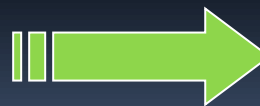
- ✓ Su e giù (gravità)
- ✓ Destro-sinistra
- ✓ Avanti e indietro



**UTRICOLO E  
SACCULO**

3 movimenti di rotazione sull'asse:

- ✓ Orizzontale (giravolta): yaw
- ✓ Sagittale (capriola): pitch
- ✓ Frontale (ruota): roll



**CANALI  
SEMICIRCOLARI**

# Sistema vestibolare: due funzioni sensoriali

- Funzione dinamica
  - Il sistema rileva informazioni sul movimento del capo nello spazio
    - canali semicircolari per i movimenti rotatori e organi otolitici per le traslazioni lineari
    - è fondamentale per il mantenimento dell'equilibrio durante il movimento del corpo e per la stabilizzazione dello sguardo durante il movimento della testa.
- Funzione statica

# Sistema vestibolare: due funzioni sensoriali

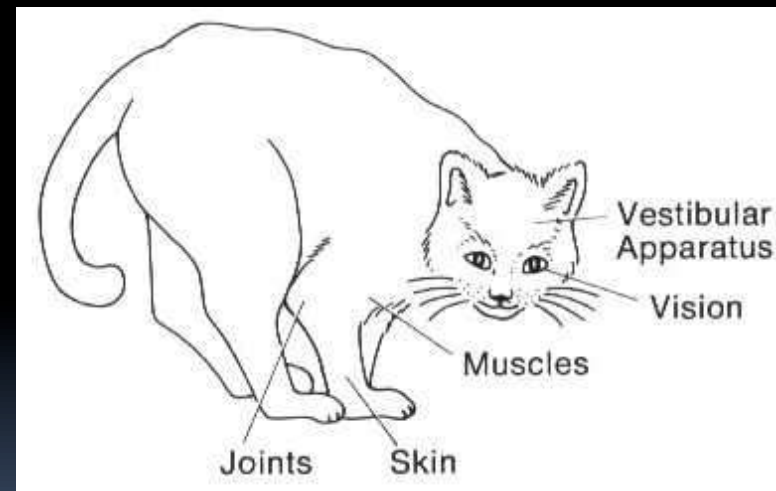
- Funzione dinamica
- Funzione statica
  - permette di conoscere in ogni momento la posizione della testa e del corpo nello spazio
  - organi otolitici
  - è fondamentale per il mantenimento degli atteggiamenti posturali

# IL SISTEMA VESTIBOLARE

**Agisce in sinergia con altri due apparati che mantengono l'equilibrio corporeo:**

- **somatosensitivo (muscoli, tendini, articolazioni, cute)**
- **visivo**

**Nell'uomo, in condizioni fisiologiche, il sistema vestibolare sembra essere il meno importante dei tre.**



# SISTEMA VESTIBOLARE CENTRALE

- Nervo vestibolare
- Nuclei vestibolari
- Vie vestibolari centrali
- Cervelletto
- Sostanza reticolare
- Ippocampo/paraippocampo
- Corteccia

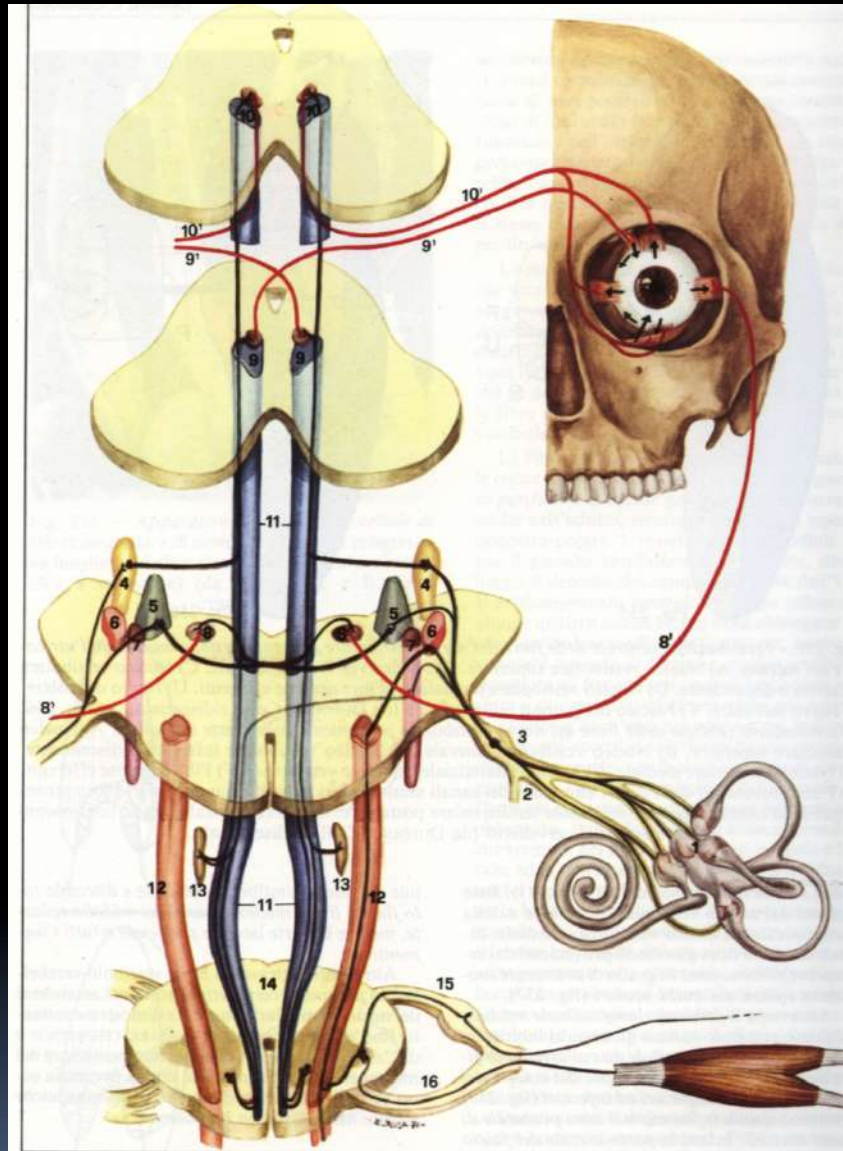
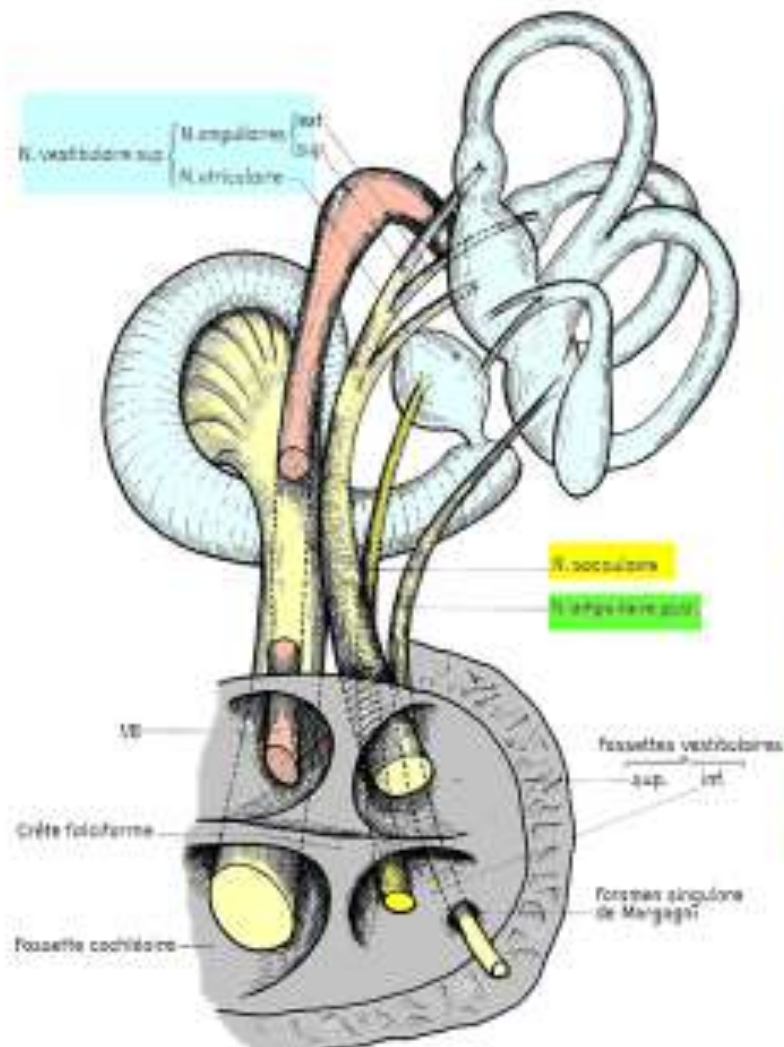


Fig. 257. — Vie e centri nervosi del riflesso nistagmico e del controllo labirintico del tono posturale dei muscoli scheletrici. 1) Macule dell'utricolo e del sacco e creste ampollari dei canali semicircolari; 2) ramo vestibolare del nervo acustico; 3) ganglio di SCARPA; 4) nucleo vestibolare superiore; 5) nucleo vestibolare mediale; 6) nucleo vestibolare laterale; 7) nucleo vestibolare inferiore; 8) e 8') nucleo e fibre del nervo abducente; 9) e 9') nucleo e fibre del nervo trocleare; 10) e 10') nucleo e fibre del nervo oculomotore comune; 11) fascicolo longitudinale mediale; 12) fascio vestibolo-spinale; 13) nucleo di origine delle fibre della radice spinale del nervo accessorio; 14) midollo spinale; 15) radice posteriore e 16) radice anteriore di un nervo spinale.

# Nervo vestibolare



Il nervo vestibolare **superiore** è costituito dalle fibre provenienti dalla macula utricolare e dalle ampolle dei canali semicircolari laterale e superiore.

Le fibre provenienti dalla macula sacculare costituiscono invece il nervo vestibolare **inferiore** (o sacculare).

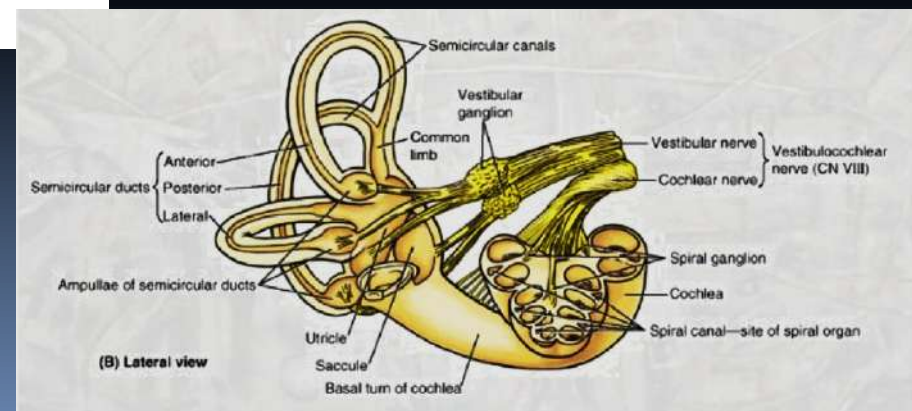
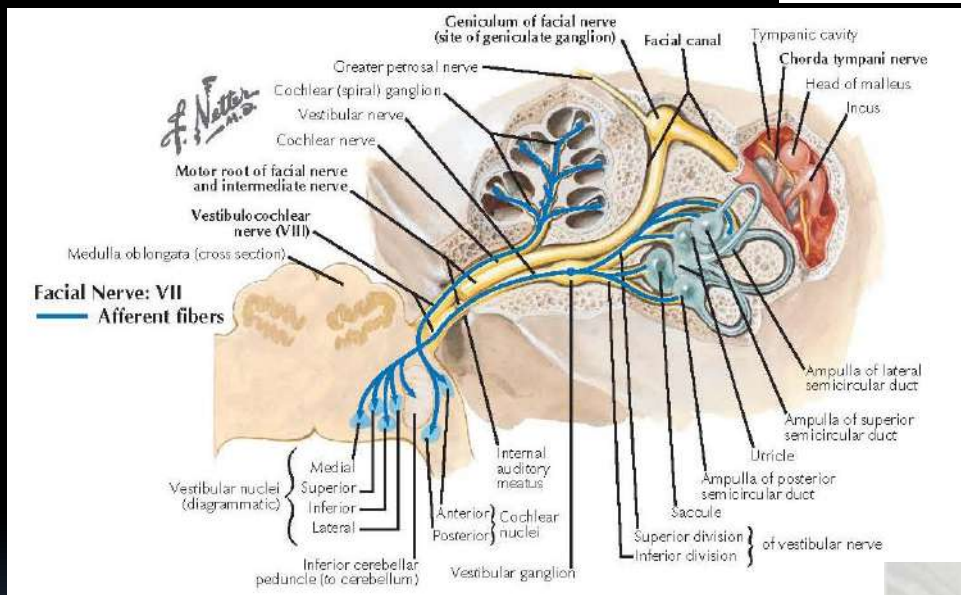
Quelle derivate dall'ampolla del canale semicircolare posteriore decorrono separatamente.

Il neurone di primo ordine è bipolare ed ha il corpo cellulare nel ganglio di Scarpa (nel CUI).



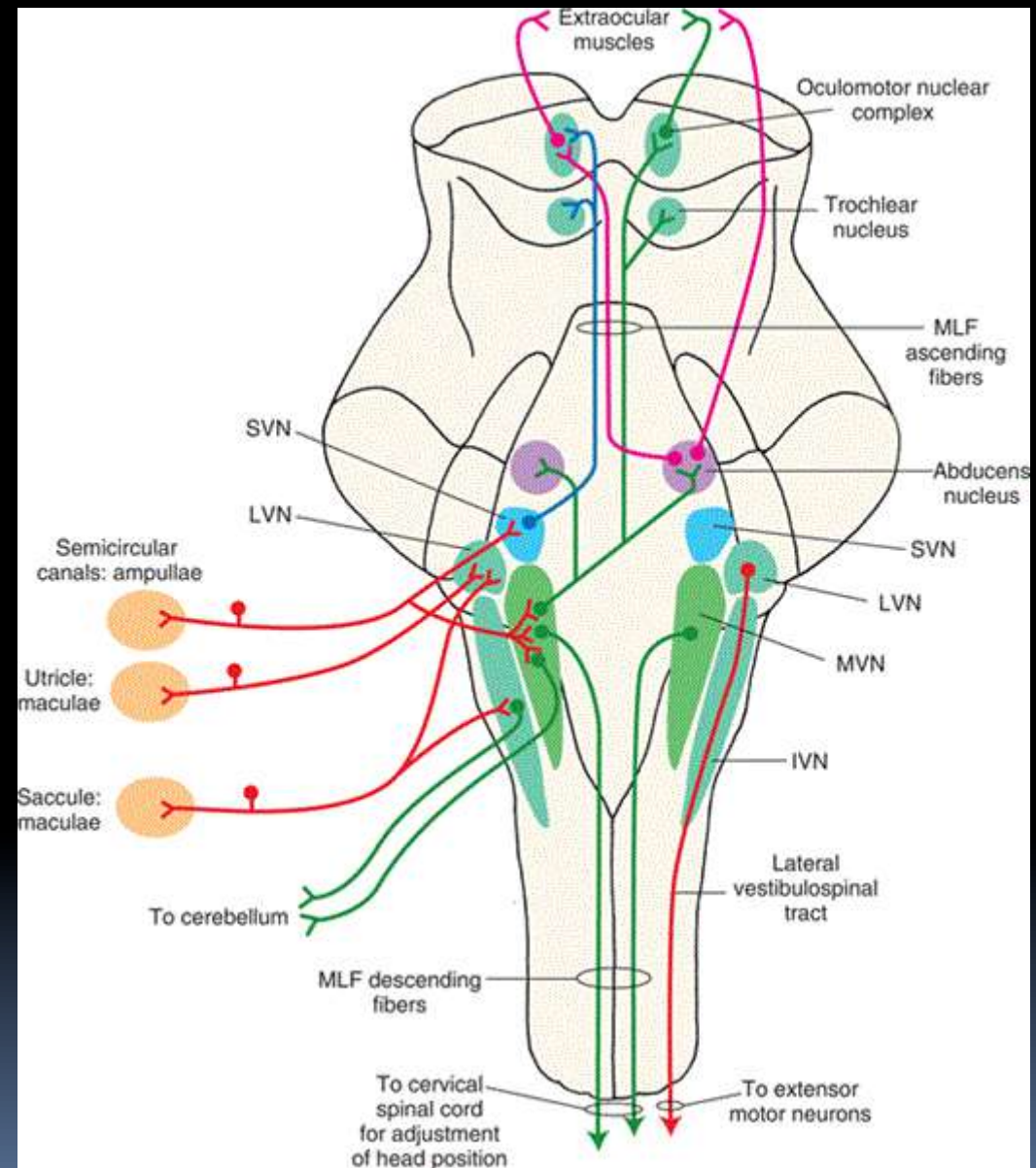
# Il ganglio di Scarpa

parte superiore (macula dell'utricolo, porzione anteriore della macula del sacculo, ampolle dei canali laterale e superiore)  
 parte inferiore (porzione posteriore della macula del sacculo, ampolla del canale posteriore)



# I nuclei vestibolari

- Laterale
- Mediale
- Superiore
- Inferiore
- Minori



# I nuclei vestibolari

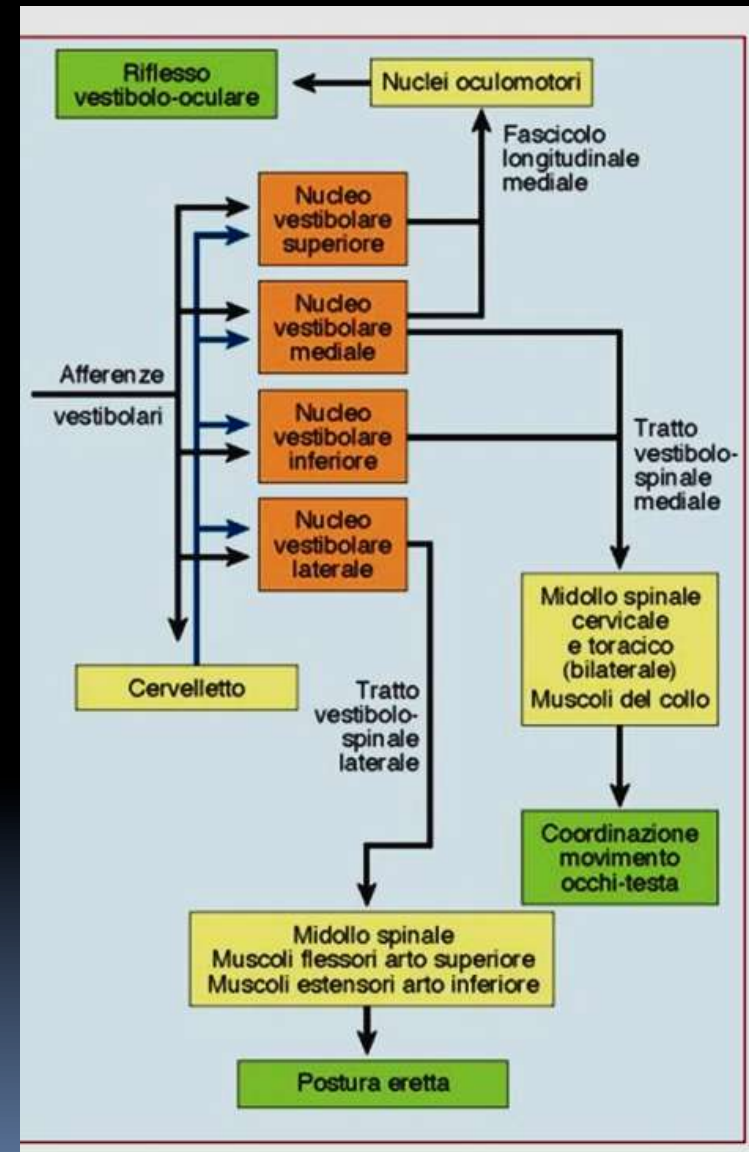
- SUPERIORE (di Bechterew) – 20.000 neuroni

## AFFERENZE:

- Recettori ampollari
- Cervelletto

## EFFERENZE

- Fascicolo longitudinale mediale
  - Nuclei oculomotori (III, IV, VI)



# I nuclei vestibolari

- MEDIALE (di Schwalbe o nucleo triangolare) – 125.000 neuroni

## AFFERENZE:

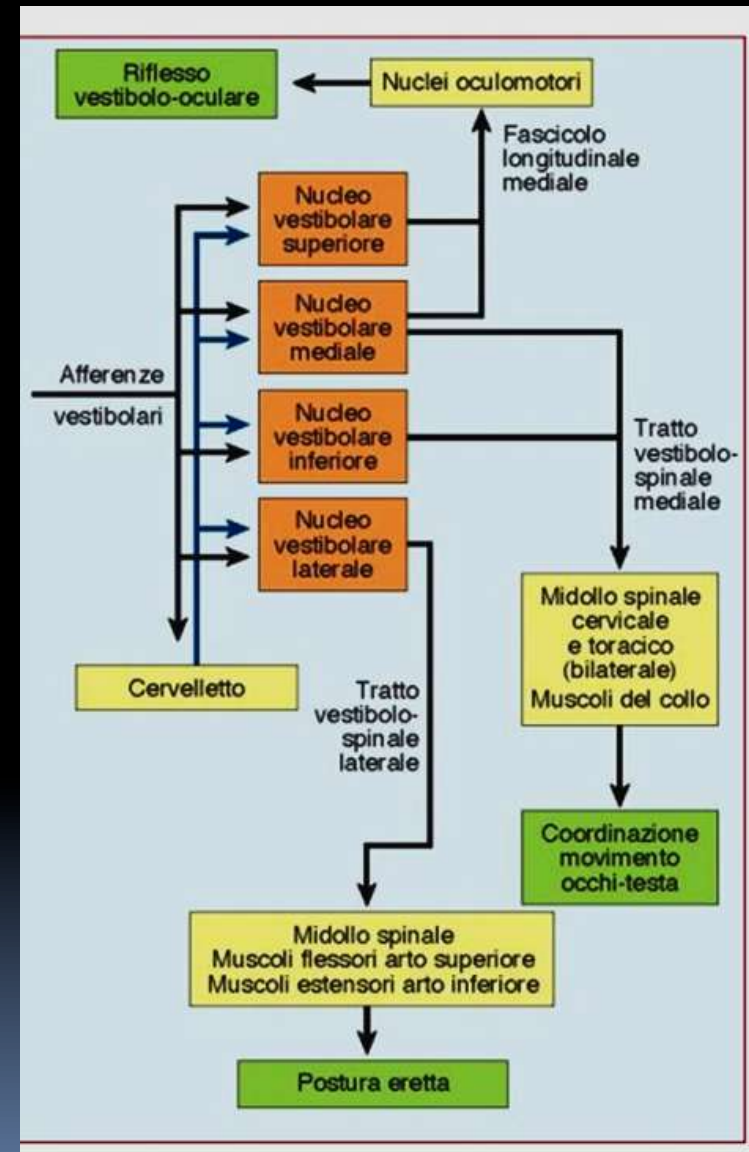
- Prevalentemente recettori ampollari
- Cervelletto

## EFFERENZE

- Fascicolo longitudinale mediale ascendente, bilateralm.
  - Nuclei oculomotori (III, IV, VI)
- Cervelletto
- Fascicolo longitudinale mediale discendente ai segmenti spinali cervicali e toracici (Fascio vestibolo-spinale mediale)
- Formazione reticolare
- Nuclei vestibolari controlaterali



**PROCESSI DI COMPENSO DOPO LESIONE VESTIBOLARE PERIFERICA**



# I nuclei vestibolari

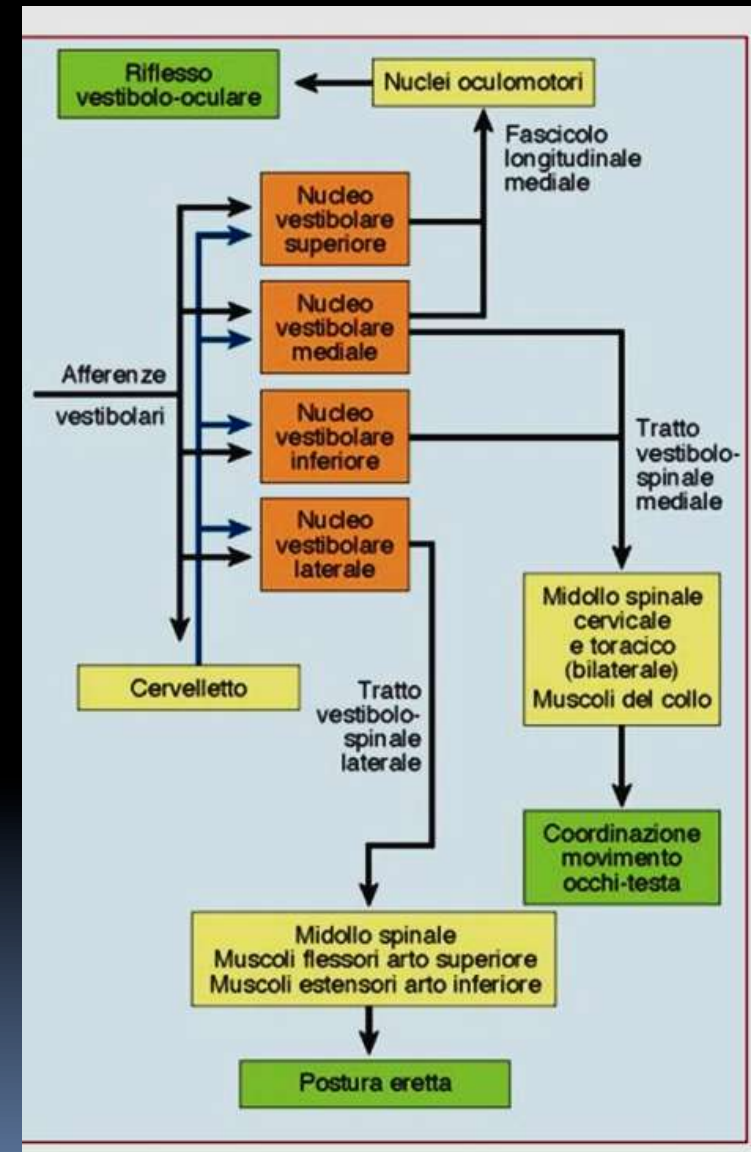
- INFERIORE – 55.000 neuroni

## AFFERENZE:

- Recettori maculari e ampollari
- Cervelletto
- Midollo spinale (tratto lombare), in minima parte

## EFFERENZE

- Cervelletto
- Fascicolo longitudinale mediale discendente ai segmenti spinali cervicali e toracici (Fascio vestibolo-spinale mediale)
- Formazione reticolare



# I nuclei vestibolari

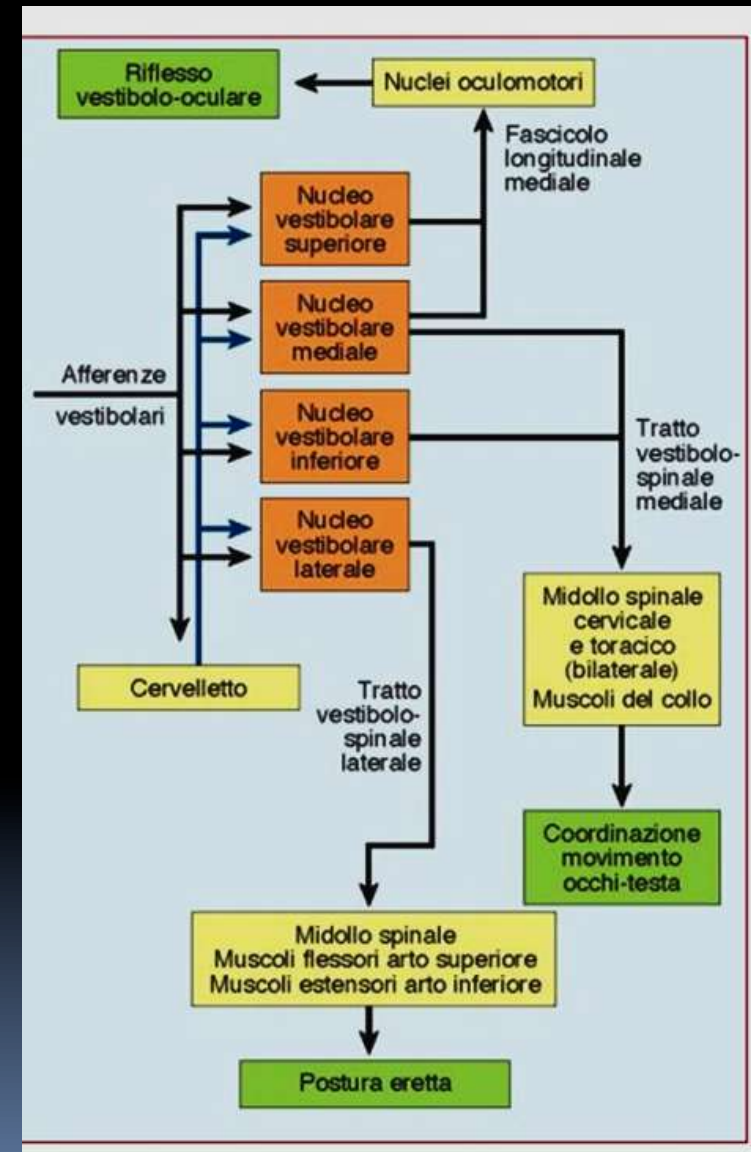
- LATERALE (di Deiters) – 25.000 neuroni

## AFFERENZE:

- Prevalentem. recettori maculari, meno ampollari
- Midollo spinale
- Cervelletto (inibizione dalle cellule del Purkinje della corteccia vermiana)

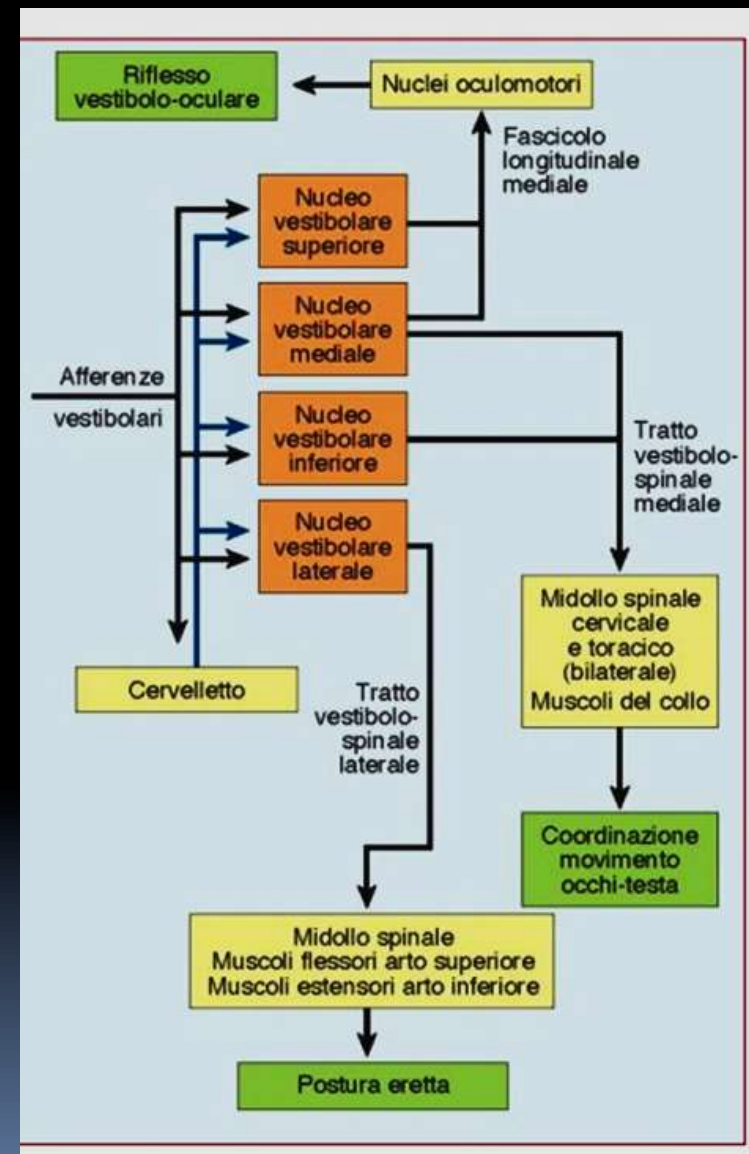
## EFFERENZE

- Tratto vestibolo-spinale laterale
  - Facilitazione tonica della muscolatura antigravitazionale ( ++ estensori arto inferiore e flessori arto superiore) → postura e stazione eretta



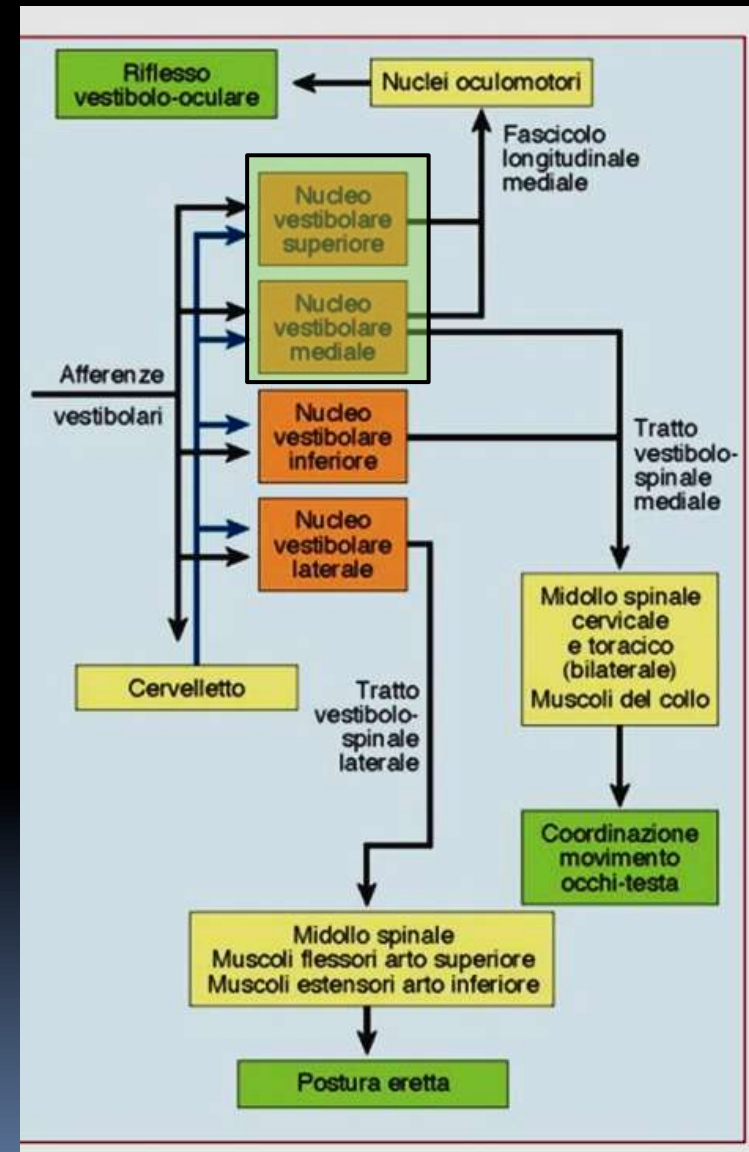
# I nuclei vestibolari

- MINORI – x, p, f, m, ed altri
  - Nucleo interstiziale
    - Afferenze maculari
    - Efferenze al fascicolo longitudinale mediale → nuclei oculomotori



# I nuclei vestibolari

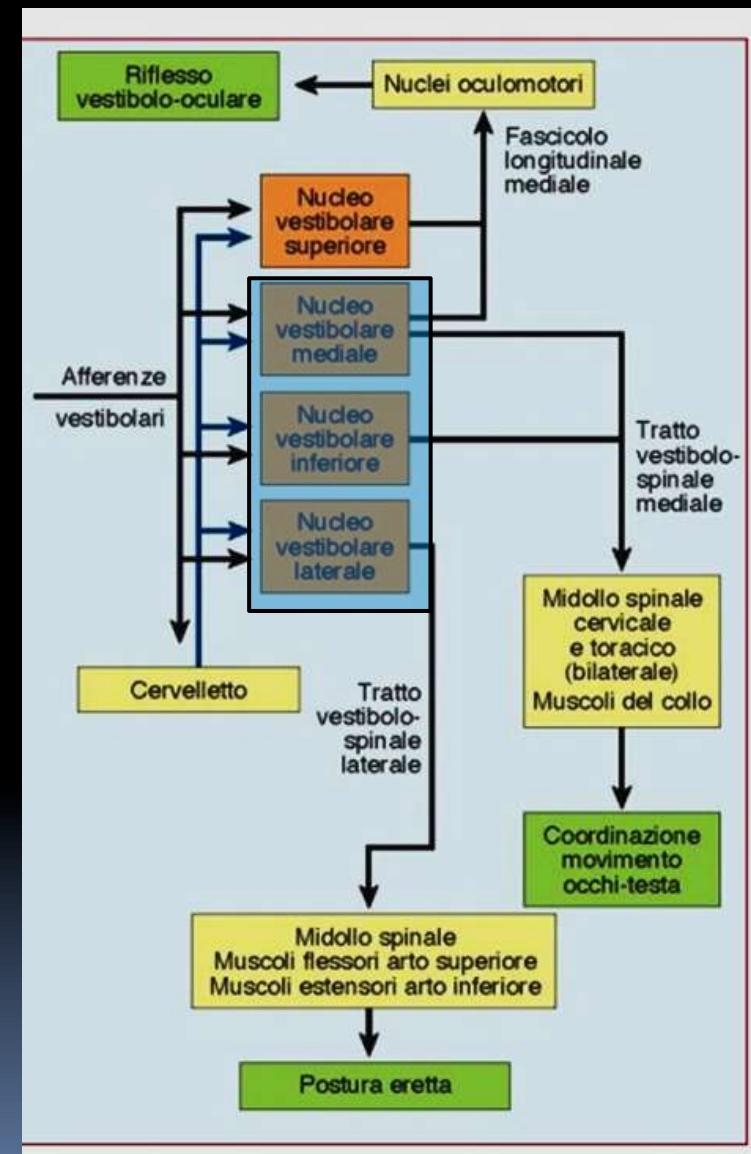
- **Il NVS E IL NSM sono maggiormente implicati nel VOR**
- Il NVM, il NMI e in minor misura il NVI sono coinvolti nei riflessi vestibolo-spinali
- I nuclei vestibolari sono interconnessi tramite fibre commissurali che sono spesso mutuamente inibitorie
  - Scambio di informazioni tra i due lati
  - Meccanismi di accoppiamento *push-pull*
  - Meccanismi di compenso dopo danno periferico





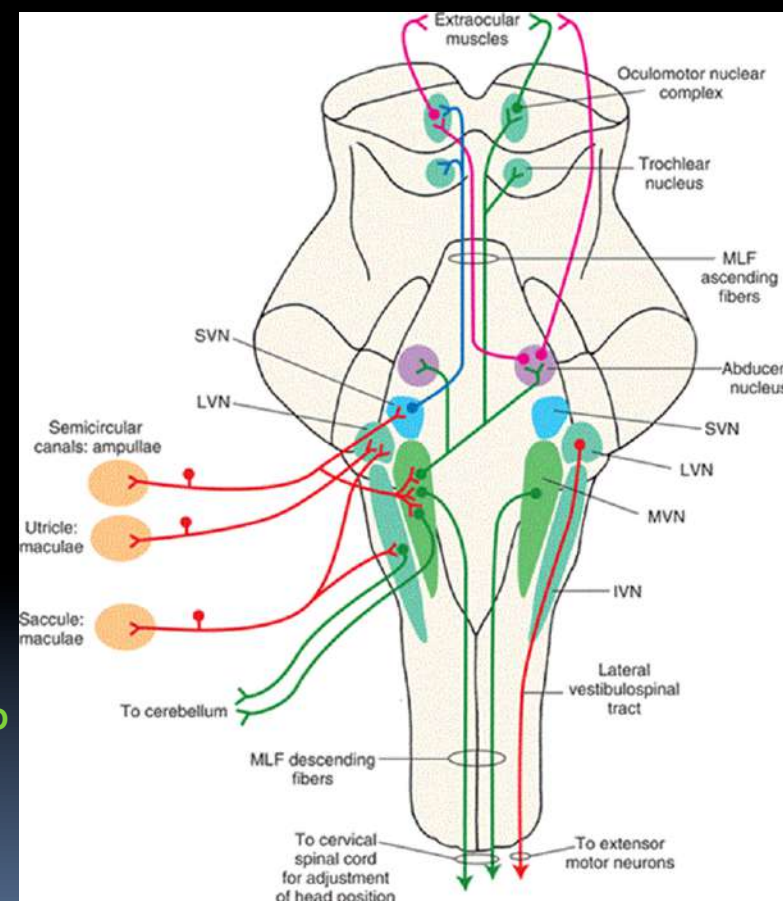
# I nuclei vestibolari

- Il NVS E IL NSM sono maggiormente implicati nel VOR
- Il NVM, il NVL e in minor misura il NVI sono coinvolti nei riflessi vestibolo-spinali
- I nuclei vestibolari sono interconnessi tramite fibre commissurali che sono spesso mutuamente inibitorie
  - Scambio di informazioni tra i due lati
  - Meccanismi di accoppiamento *push-pull*
  - Meccanismi di compenso dopo danno periferico



# I nuclei vestibolari

- Il NVS E IL NSM sono maggiormente implicati nel VOR
- Il NVM, il NVL e in minor misura il NVI sono coinvolti nei riflessi vestibolo-spinali
- **I nuclei vestibolari sono interconnessi tramite fibre commissurali che sono spesso mutuamente inibitorie**
  - Scambio di informazioni tra i due lati
  - Meccanismi di accoppiamento *push-pull*
  - Meccanismi di compenso dopo danno periferico



# Fibre vestibolo-cerebellari

- Il cervelletto riceve fibre afferenti dal complesso dei nuclei vestibolari e direttamente dal nervo vestibolare e proietta a sua volta ai nuclei vestibolari, esercitando per lo più un'azione inibitoria. Le fibre del nervo vestibolare dirette al cervelletto bypassano il complesso dei nuclei vestibolari e si portano direttamente al cervelletto, attraverso il peduncolo cerebellare inferiore.
- In particolare,
  - i canali semicircolari proiettano a flocculo, nodulo e uvula
  - sacco e utricolo solo a nodulo e uvula

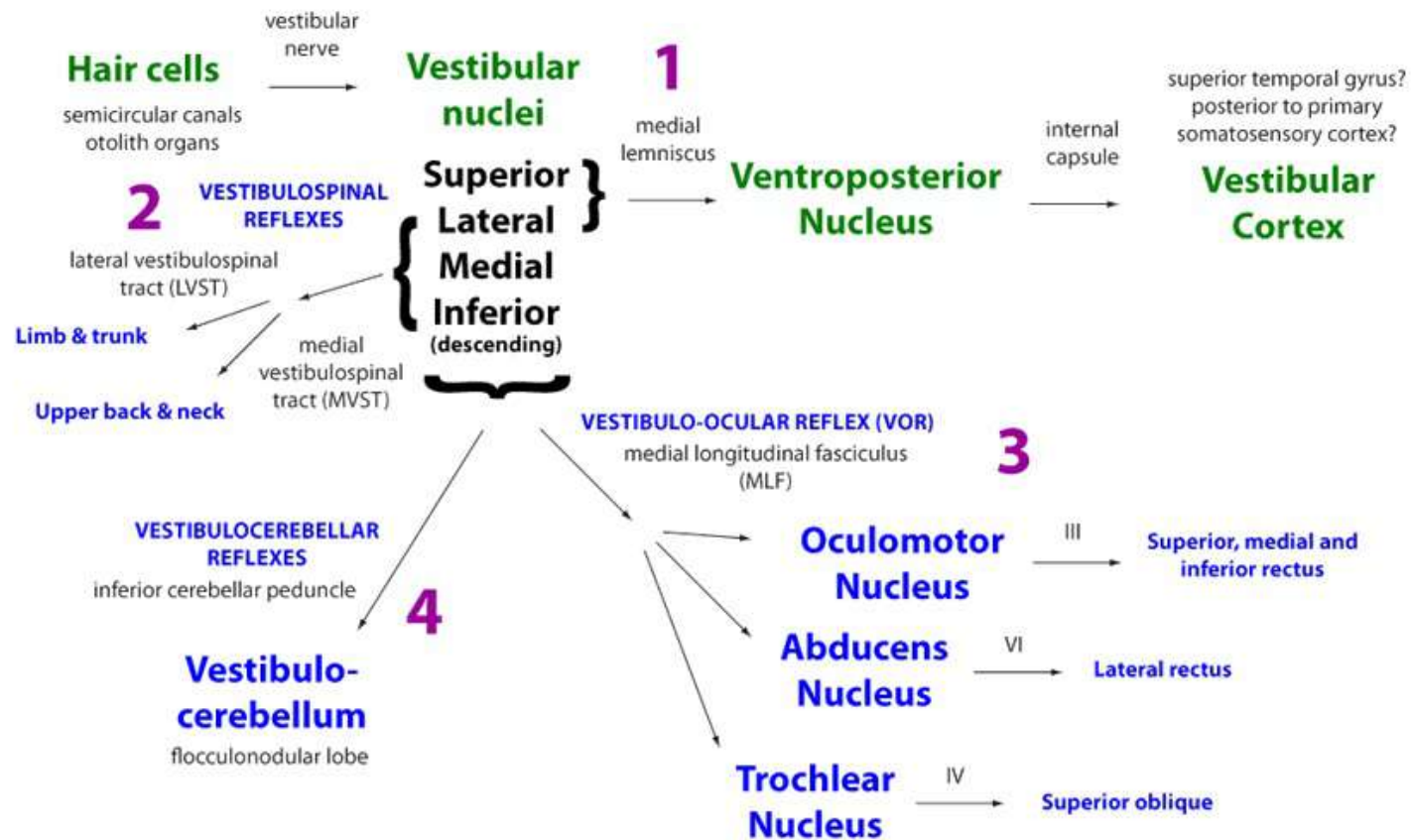
# Nuclei vestibolari

- **Cellule di tipo I, eccitatorie**
  - Neuroni ad attività tonica
    - La latenza è tanto più breve quanto maggiore è l'intensità dello stimolo
    - La scarica di base aumenta fino a raggiungere il massimo, rimane costante per tutta la durata dello stimolo e poi decresce rapidamente
  - Neuroni ad attività fasica
    - Latenza maggiore, assenza di attività di base e la latenza aumenta e decresce rapidamente
- **Cellule di tipo II, inibitorie**

# Nuclei vestibolari: mediatori chimici

- **Neurotrasmettitori**
  - **GABA (azione inibitoria)**
  - **GLUTAMMATO**
  - **GLICINA**

## Vestibular Pathways



# Ippocampo/para-ippocampo

- Dove le funzioni vestibolari cognitive quali la memoria spaziale, l'orientamento e la direzione sono processate.
- L'organizzazione del sistema vestibolare può essere suddiviso in tre gruppi funzionali principali:
  - il controllo riflesso sensorimotorio dello sguardo e dell'equilibrio a livello cerebellare e del ponte.
  - La percezione del movimento e il controllo sensorimotorio del movimento volontario e dell'equilibrio a livello corticale e sottocorticale.
  - Funzioni vestibolari più alte nelle quali la coscienza o i sensi non vestibolari sono coinvolti (disordini di Room tilt illusion).

# Processi integrati

- Queste tre maggiori funzioni non operano indipendentemente una con l'altra. Per esempio il controllo dei riflessi sensori motori dello sguardo e dell'equilibrio devono essere integrati con i movimenti volontari e con la andatura.
- Allo stesso modo la semplice percezione della posizione e del movimento è sempre parte di funzioni cognitive più alte quali l'attenzione, l'orientamento e la direzione



# Peculiarità del sistema vestibolare

- Tutti gli stimoli vestibolari fisiologici sono multimodali. Stimolano organi sensoriali multipli allo scopo di mediare la percezione della posizione del corpo e del movimento.
- Afferenze sensoriali multiple convergono a tutti i livelli del sistema vestibolare centrale. Questo sistema è l'unico che ha perso una propria corteccia sensoriale primaria → tutti i neuroni della corteccia vestibolare rispondono anche a stimoli motori provenienti da altri sensi

# Peculiarità del sistema vestibolare

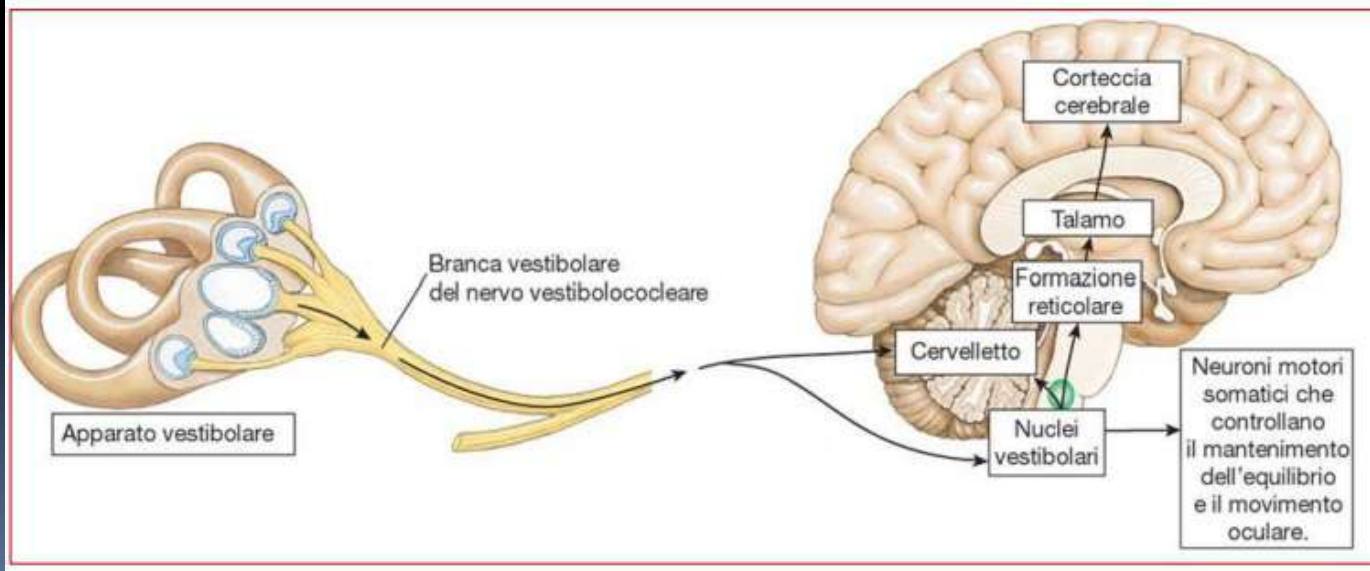
- La percezione vestibolare della posizione del corpo e del movimento in 3D è sempre esocentrica cioè è relativa allo spazio circostante. A differenza delle percezioni visive e uditive che sono sempre egocentriche cioè sono relative al soggetto all'interno dello spazio.
- Le aree della corteccia vestibolare sono rappresentate in entrambi gli emisferi, Tuttavia l'input ipsilaterale dall'organo periferico stimolato è l'input più forte. Nonostante questo c'è solo una singola percezione vestibolare globale perché la persona non percepisce due differenti posizioni del corpo o movimenti del corpo allo stesso momento. L'informazione circa l'input sensoriale che proviene dai due lati della testa richiede comunicazioni callose interemisferiche.



le proiezioni dai nuclei vestibolari arrivano anche all'ipotalamo, alla formazione reticolare, al talamo (complesso ventrale posteriore)

le afferenze corticali arrivano in prossimità dell'area di rappresentazione della faccia (area somatosensoriale primaria), ed in una zona tra aree corticali somestesica e motoria

le aree corticali sono coinvolte nella percezione (cosciente) della posizione del corpo e testa nello spazio





there are 4 vestibular nuclei on each side of the brainstem:  
**superior, medial, lateral** and **inferior** (also called descending)

- they all receive input from both the semicircular canals and the otolith organs
- they all project to all pathways
- some projections/connections from some nuclei are more important (or maybe just better understood) than others

there are 4 **important vestibular pathways** to consider:

- the **primary sensory pathway** from the vestibular nuclei (particularly the superior and lateral) to the VP nucleus of the thalamus and then to cortex
  - ✓ there is debate over exactly where the vestibular cortex is: some people put it close to auditory cortex in the superior temporal gyrus, others at the end of somatosensory cortex where it joins with motor cortex
- vestibulospinal reflexes
- the vestibulo-ocular reflex (VOR)
- vestibulo-cerebellar connections

### riflessi vestibolari

#### riflessi statotonic

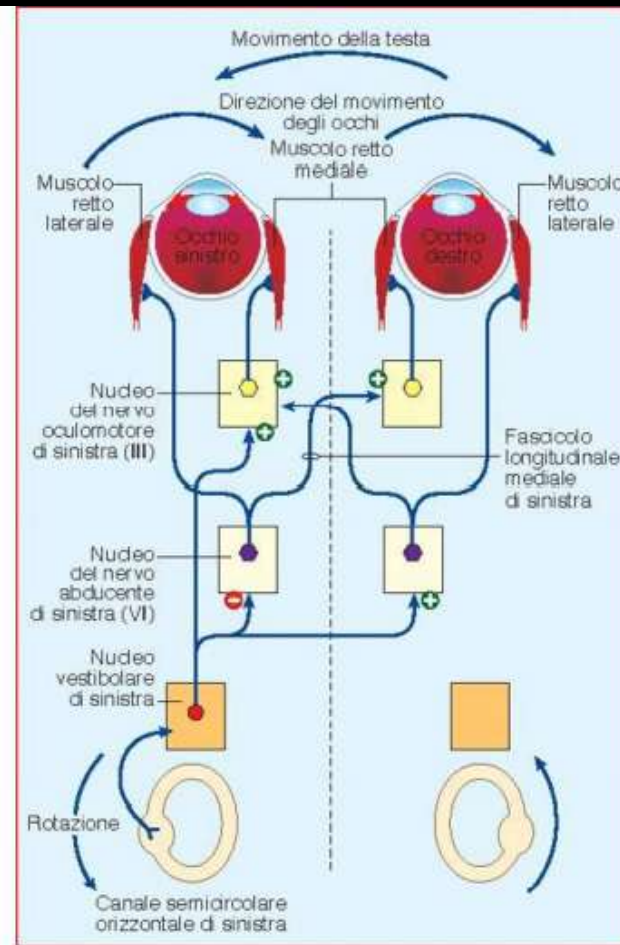
originano dagli organi otolitici  
mantenimento della postura e della stazione eretta  
controllo della direzione dello sguardo durante la flessione della testa

#### riflessi statocinetici

movimenti lineari e angolari  
durante i movimenti lineari si attivano risposte posturali  
durante i movimenti angolari orizzontali si attiva il **riflesso vestibolo-oculare**

#### nistagmo vestibolare

fase lenta (inseguimento)  
fase rapida (fissazione)



## vie vestibolari centrali

### funzione dinamica e funzione statica

#### ganglio di Scarpa:

parte superiore (macula dell'utricolo, porzione anteriore della macula del sacculo, ampolle dei canali laterale e superiore)

parte inferiore (porzione posteriore della macula del sacculo, ampolla del canale posteriore)

nuclei vestibolari (parte dorsale del midollo allungato e del ponte)

proiezioni del nervo VIII anche al lobo flocculonodale del cervelletto

nucleo laterale (**nucleo di Deiters**): anche afferenze cerebellari di tipo inibitorio tonico (fibre vermiane di Purkinje)

