



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

L'equilibrio: generalità

Giovanni Ralli

Dipartimento di Organi di Senso , Università di Roma

“La Sapienza”

L'uomo come tutti gli esseri viventi è in grado di **adattarsi** alle caratteristiche dell'ambiente.

L'**adattamento** consiste nella capacità di cogliere le caratteristiche dell'ambiente e assumere le posizioni più consone alla situazione e alle proprie esigenze .

L'atteggiamento conseguente viene denominato "**postura**" e corrisponde ad una strategia che consente l'equilibrio in risposta la forza di gravità o a perturbazioni ambientali .

La postura è dunque la posizione assunta dal corpo attraverso la distribuzione del tono muscolare nei vari segmenti .

Diversi atteggiamenti posturali sono possibili in relazione alla massima economicità energetica , il massimo confort e la massima efficacia .

Essa rappresenta un compromesso tra esigenze ambientali, forza di gravità , situazione osteo-muscolare e stato psicologico .



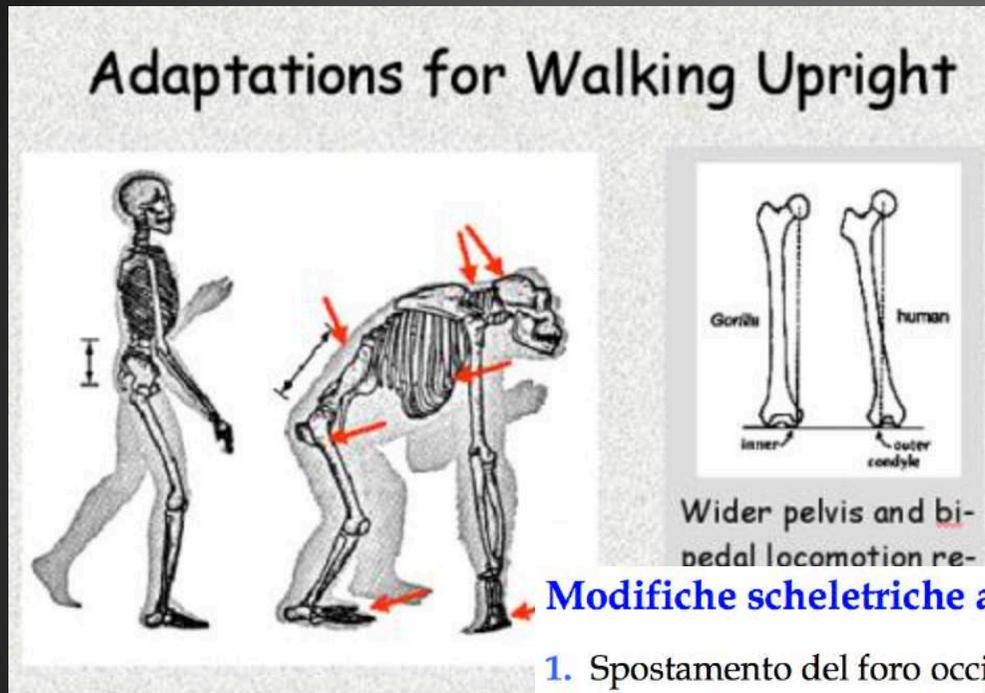
“L'equilibrio” è una funzione che permette di mantenere il centro di massa all'interno della base di appoggio sia in condizione di quiete che durante il moto in presenza della forza gravitazionale o presenza-assenza di altre forze esterne.



L'evoluzione per l'adattamento alle condizioni del pianeta terra ha perfezionato un **sistema complesso** che opera per il mantenimento dell'equilibrio.



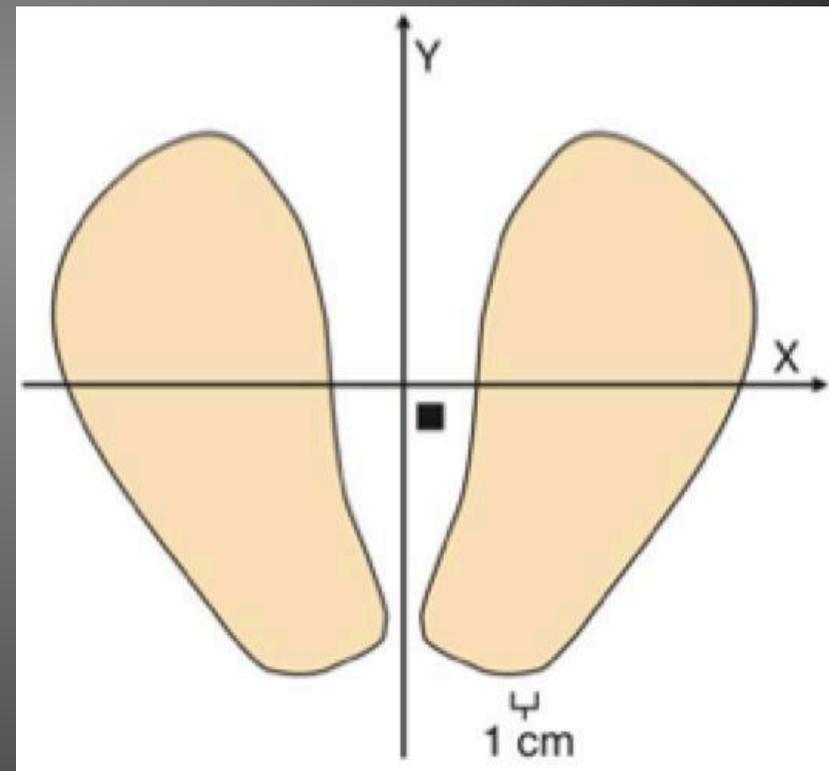
Questo compito è diventato più complesso con l'acquisizione della **stazione eretta bipodolica**



Modifiche scheletriche associate all'acquisizione della postura eretta:

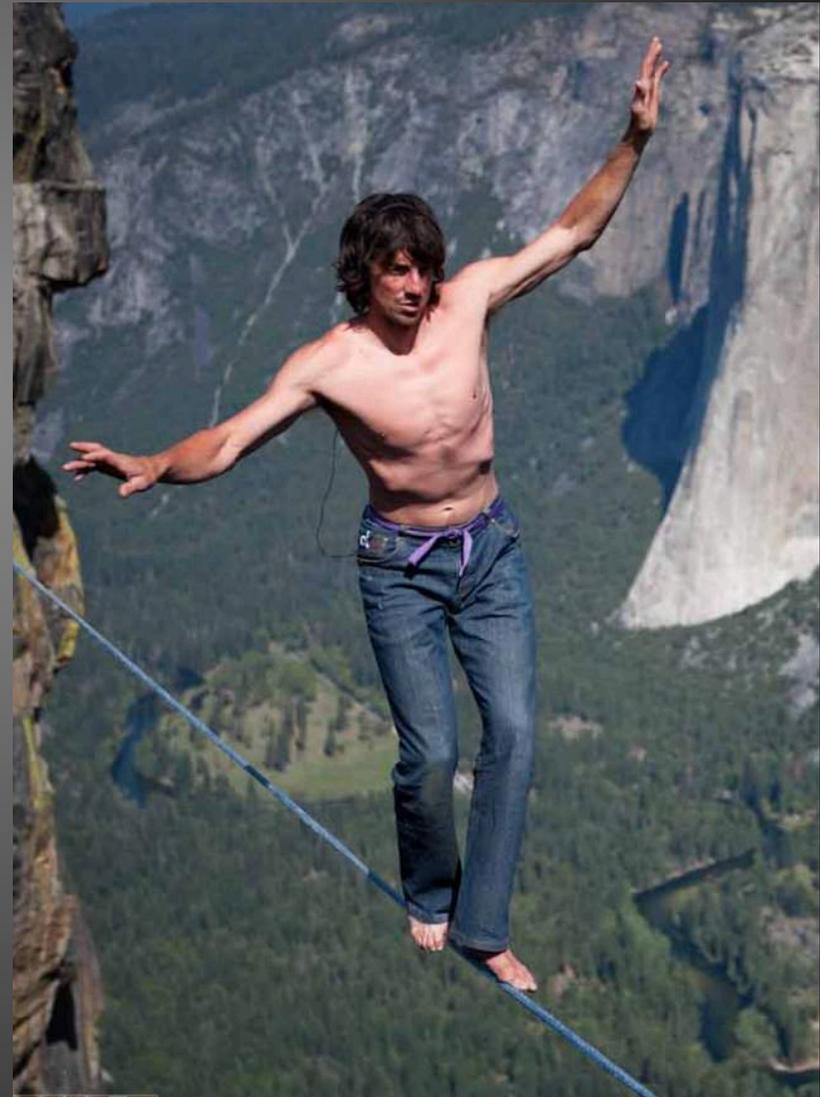
1. Spostamento del foro occipitale (*foramen magnum*) in avanti
2. Cambiamento della forma della cassa toracica
3. Acquisizione di curvature da parte della colonna vertebrale
4. Modifiche delle ossa dell'anca
5. Gambe più lunghe delle braccia
6. Modifiche dell'articolazione del ginocchio e angolatura del femore
7. Modifiche delle ossa del piede

In queste condizioni uno dei più importanti compiti del **sistema di controllo dell'equilibrio** è quello di bilanciare il corpo su una piccola base di appoggio rappresentata dal poligono di sostegno delimitato dai piedi.



Un corpo si dice in equilibrio quando **la linea verticale** che passa per il centro di gravità (baricentro) cade all'interno della sua base d'appoggio.

Se il baricentro esce dalla base d'appoggio, il corpo tende a **cadere** ma, entro ampi limiti, l'equilibrio viene ristabilito da una redistribuzione delle masse parziali attuata mediante contrazione dei muscoli per permettere al baricentro di riportarsi all'interno della nuova base d'appoggio



In generale, il baricentro del soggetto non si trova in uno stato di rigida fissità ma si sposta nei limiti di stabilità consentiti dalla base di appoggio .

Normalmente il baricentro oscilla con una ampiezza che non è maggiore della superficie di una moneta da 10 cent.

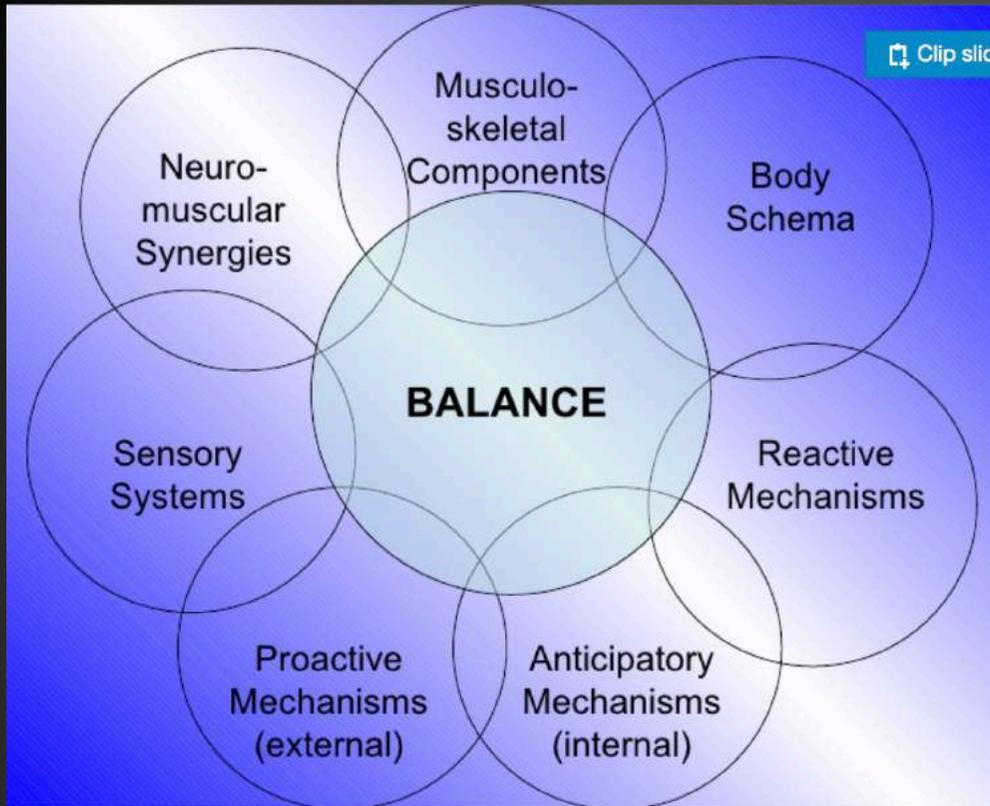


La redistribuzione della contrazione muscolare è primariamente rivolta a trovare la postura desiderata che, a sua volta, è compatibile con la situazione di nuovo equilibrio.

Ciò si ottiene attraverso **meccanismi riflessi** che spesso sono sotto l'azione di un controllo cosciente.

I riflessi che mantengono una postura corretta vengono chiamati **riflessi posturali**.

La postura, tuttavia, dipende anche da processi di controllo nervoso centrale che tendono a mantenere le relazioni spaziali desiderate tra i vari segmenti corporei.



Il controllo dell'equilibrio prevede l'intervento di tre sistemi sensoriali : il labirinto dell'orecchio interno (sistema vestibolare periferico), il sistema propriocettivo e il sistema visivo .

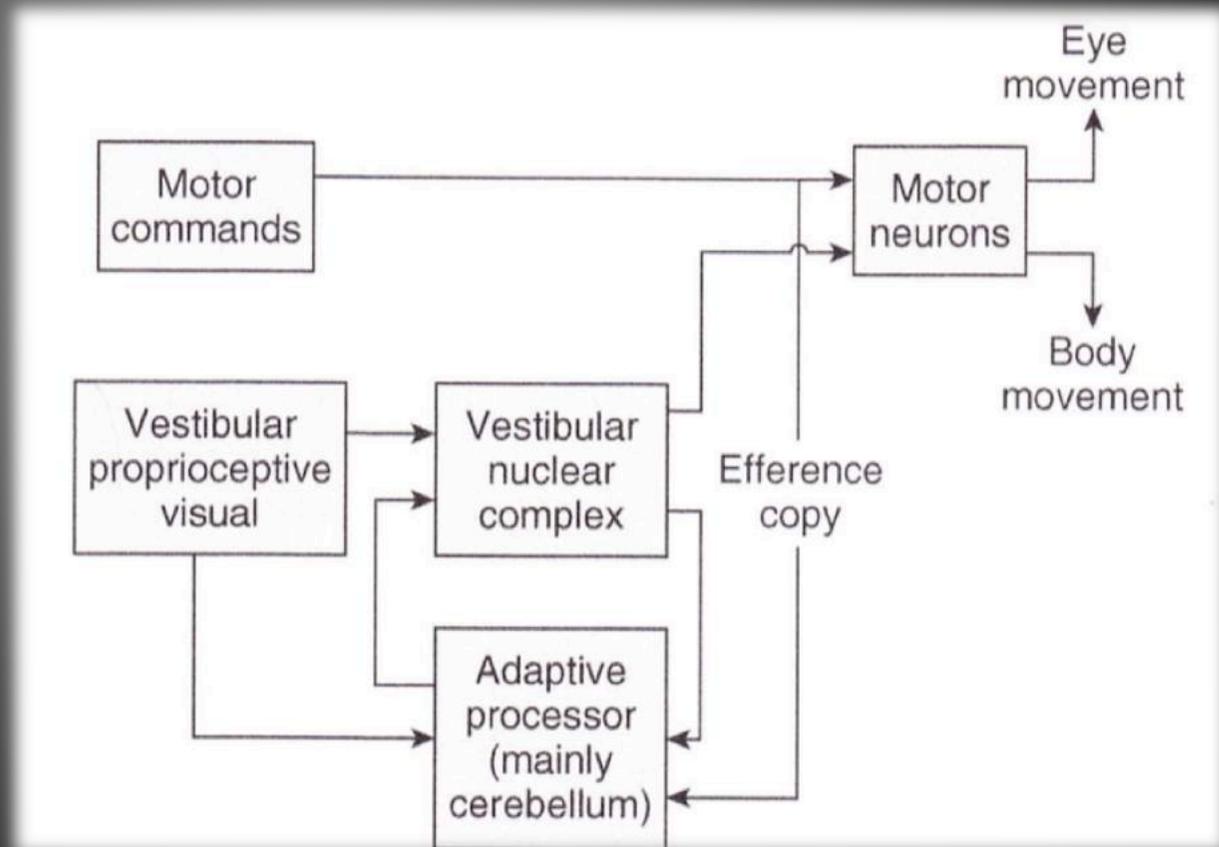
Gli input dei tre sistemi raggiungono i nuclei vestibolari dove vengono integrati dagli input di diverse strutture centrali (corteccia vestibolare - cervelletto) .

I nuclei vestibolari generano impulsi motori ai muscoli degli occhi e a quelli del corpo.

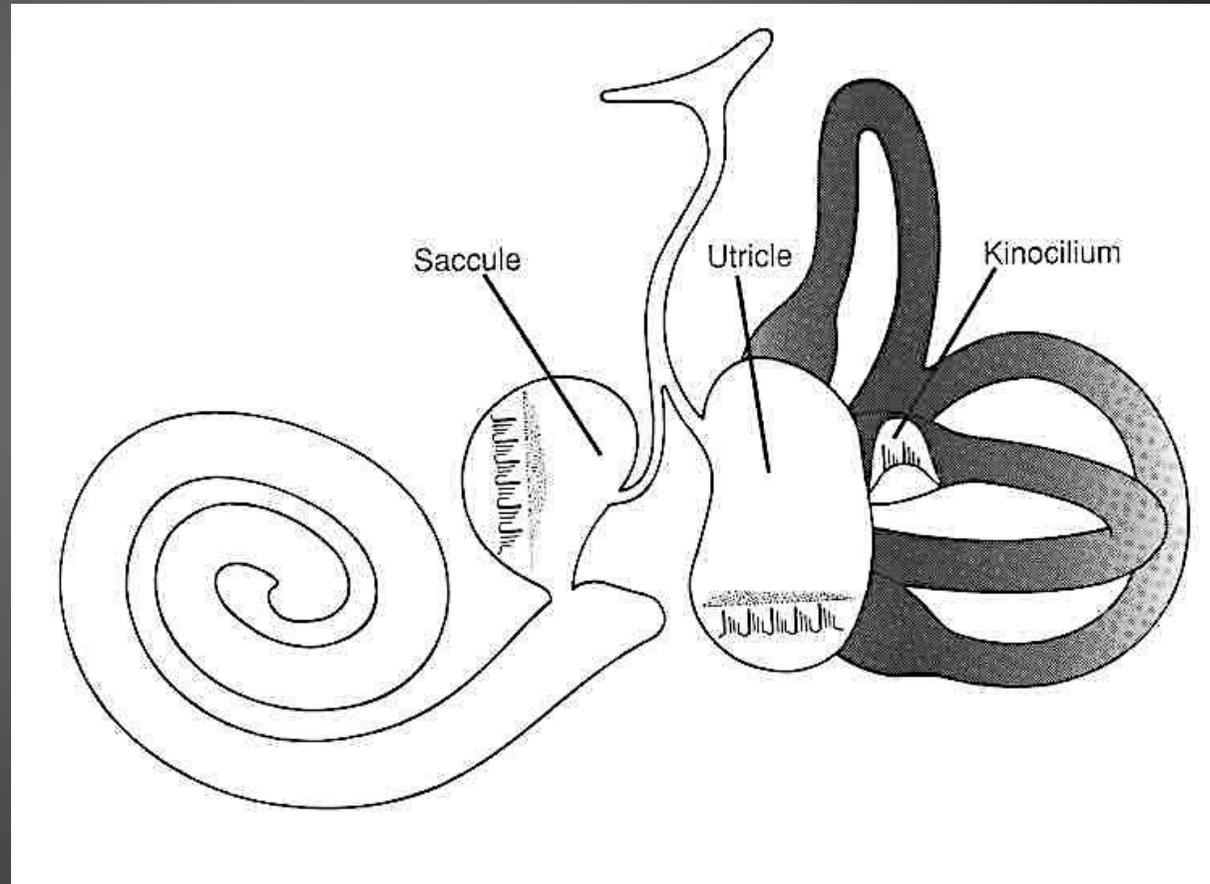
Sono presenti anche segnali utili alla acquisizione della esperienza e percezione motoria .

Per lavorare con il massimo della precisione, l'attività dei nuclei vestibolari viene monitorata e calibrata dal cervelletto.

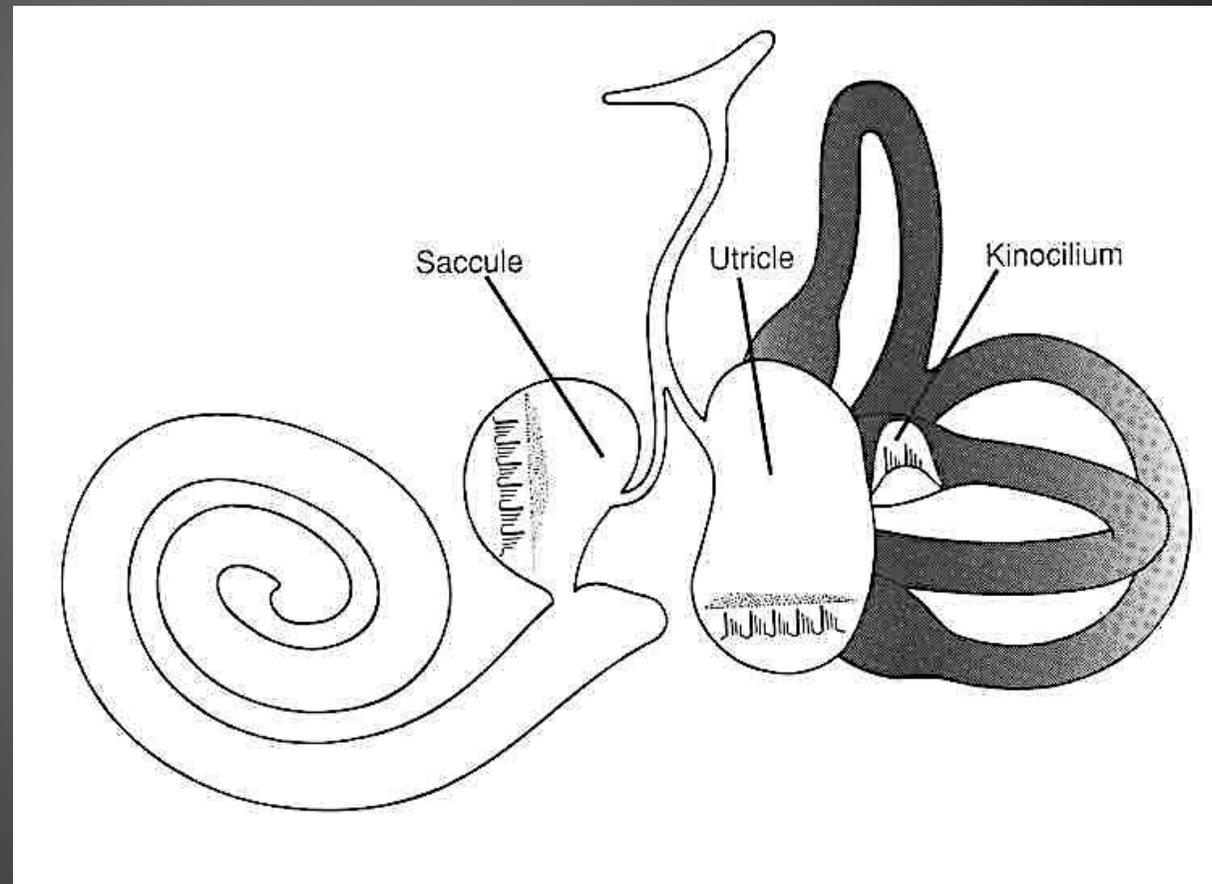
Il cervelletto è il maggiore recipiente del flusso di informazioni che arrivano dai nuclei vestibolari. E' esso stesso una principale fonte di output.



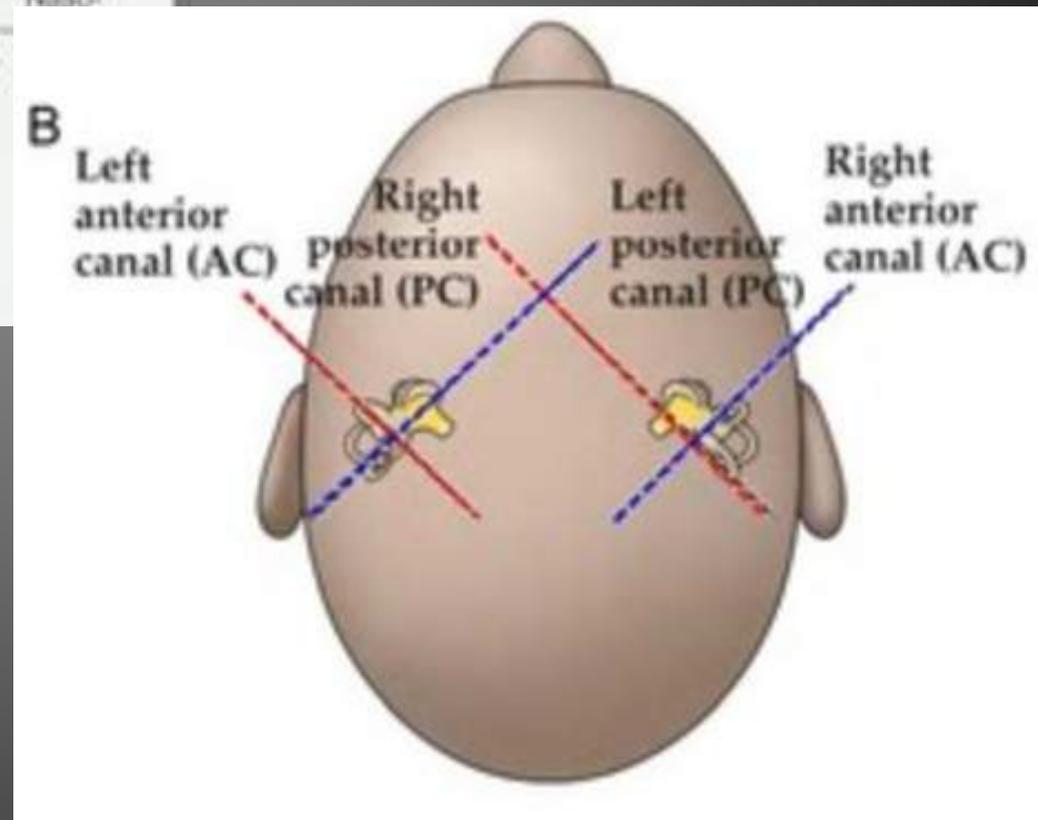
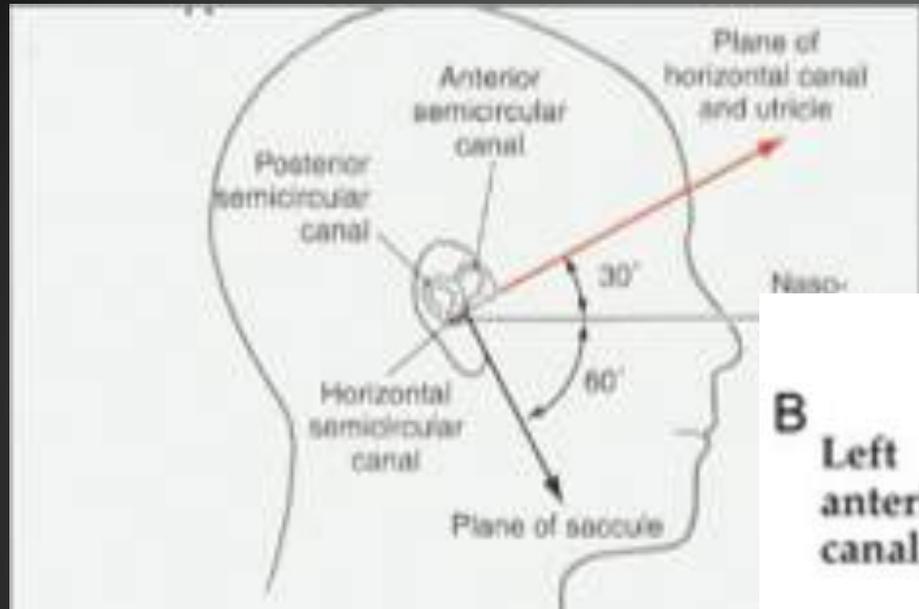
Il labirinto dell'orecchio interno (**sistema vestibolare periferico**) è un sistema sensoriale formato dai tre canali semicircolari che contengono i **recettori ampollari** e dal sacco e dall'utricolo che contengono i **recettori maculari** .



I **recettori ampollari** sono sensibili alle accelerazioni angolari mentre i **recettori maculari** sono sensibili alle accelerazioni lineari .



I tre canali sono disposti secondo tre piani perpendicolari tra loro con una inclinazione di circa 30° sul piano orizzontale .



Il sistema vestibolare periferico svolge differenti ruoli .

Contribuisce alla percezione della posizione del corpo in quiete e in movimento .

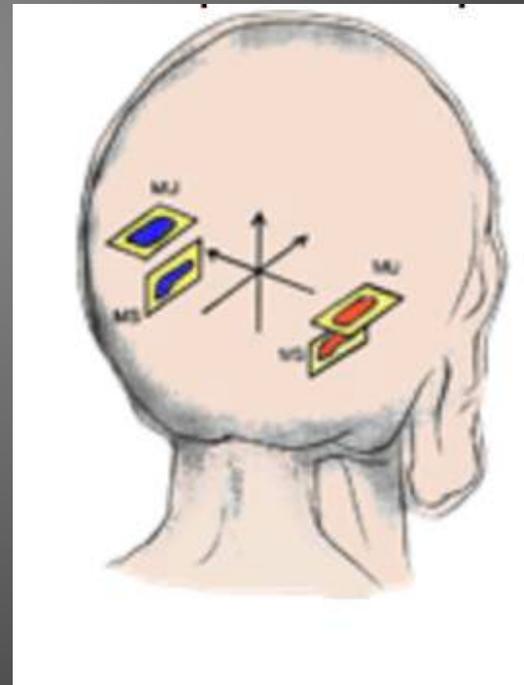
Contribuisce alla mantenimento del corpo in posizione verticale

Contribuisce alla mantenimento della posizione del centro di massa del corpo sia in quiete che in movimento

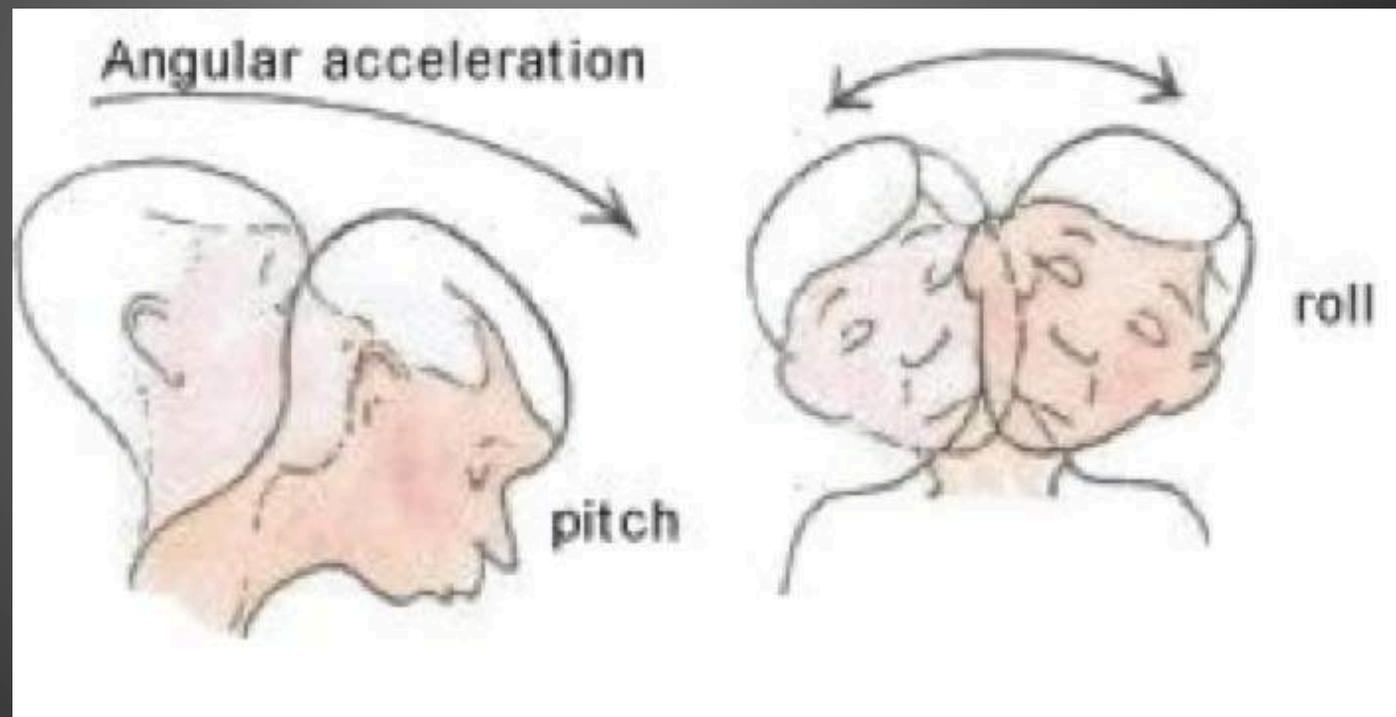
Contribuisce alla stabilizzazione del capo e degli occhi durante i movimenti

Contributo alla percezione della posizione del corpo in quiete e in movimento .

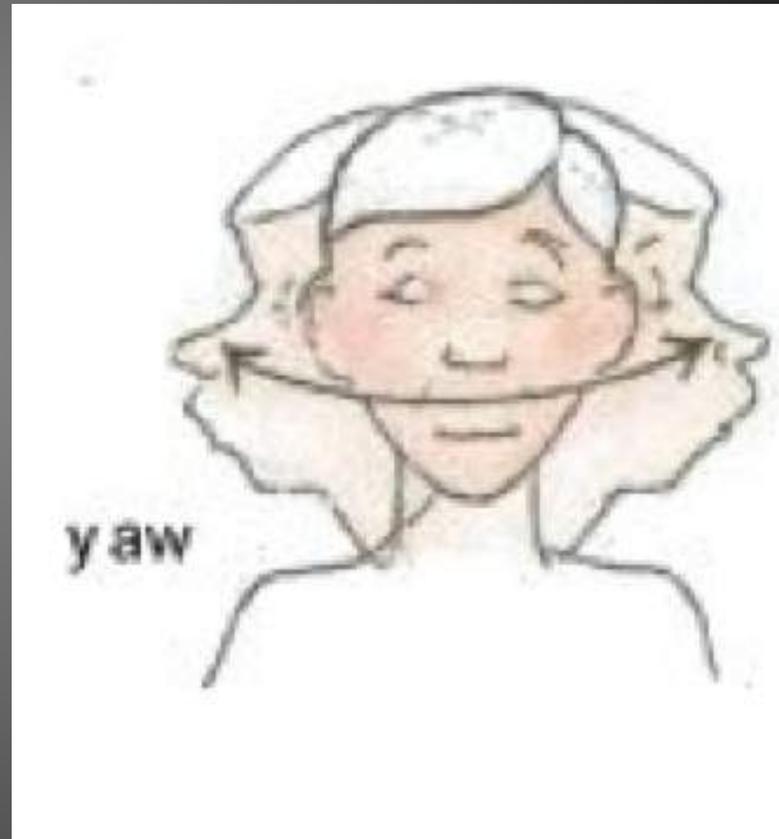
Il sistema vestibolare produce informazioni circa il movimento del **capo** e della sua posizione rispetto la forza di gravità o altre forze interagenti.



In condizione di quiete o di movimento lento o veloce, i movimenti prevalenti del capo sono quelli sagittali e frontali. In questo caso vengono attivati i canali semicircolari verticali e le macule utili al mantenimento della postura.



I movimenti orizzontali del capo attivano prevalentemente i canali semicircolari orizzontali utili alla stabilità visiva e, poiché la stabilità del campo visivo regola l'orientamento spaziale e l'equilibrio, anche al mantenimento della postura.





Le buche di Roma

L'accelerazione lineare è captata dalle macule dell'utricolo .

Gli organi otolitici danno informazione sulla direzione della gravità che è una accelerazione lineare e produce un segnale che cambia con il tilt del capo .

Il sistema nervoso centrale utilizza questi segnali per determinare l'allineamento del capo rispetto al tronco e rispetto la verticale gravitazionale .

L'importanza degli organi otolitici nella percezione dell'orientamento nello spazio può essere vista studiando come si percepisce la verticale soggettiva nei soggetti con danno unilaterale o bilaterale .

Il soggetto sano riesce a indicare la direzione della gravità con un errore di 1 grado.

I pazienti con danno bilaterale incorrono in grossolani errori mentre quelli con danno unilaterale percepiscono la verticale soggettiva orientata nella direzione del lato lesso .

Poiché gli organi sensoriali del labirinto sono collocati all'interno del capo, questi informano solo sui movimenti della testa e non della posizione o movimenti della testa sul tronco o di altri segmenti corporei .

Il sistema vestibolare non distingue tra un tilt del capo su un tronco stabile da un tilt del corpo poiché entrambi i movimenti attivano nello stesso modo i recettori dei canali semicircolari e degli otoliti .

I recettori otolitici non distinguono il tipo di accelerazione se gravitazionale o lineare . Il tilt della testa a sinistra produce la stessa stimolazione di una accelerazione lineare a sinistra.

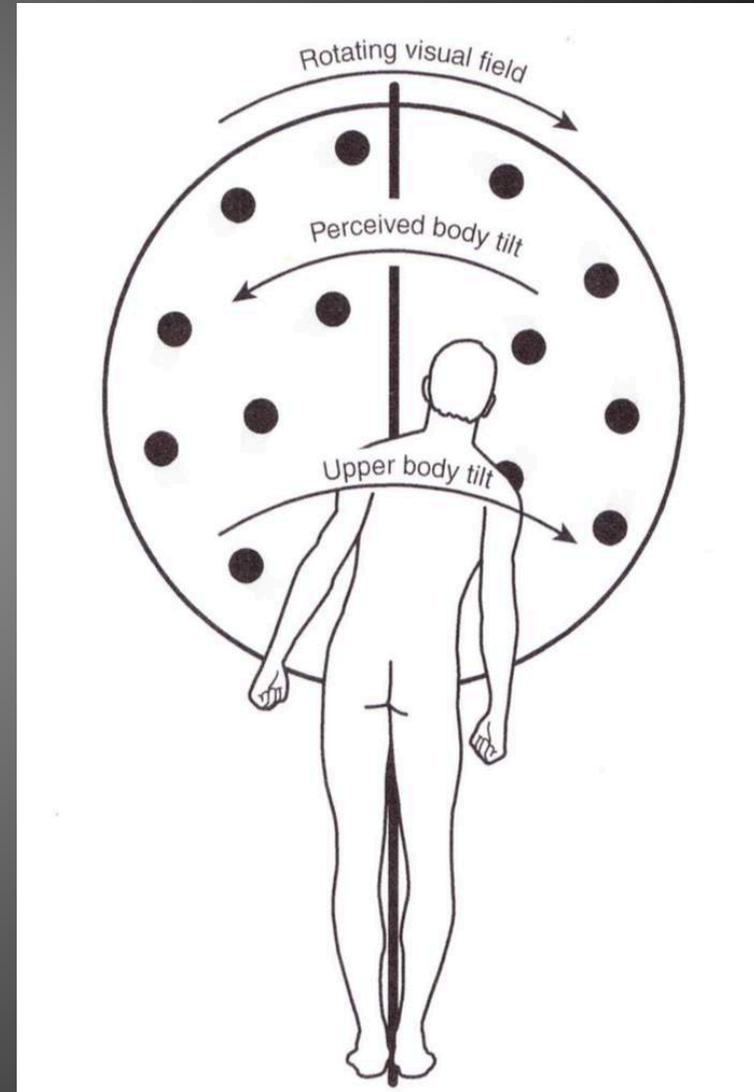
Pertanto, gli input vestibolari da soli possono dare informazioni false del movimento .

Questa ambiguità è risolta con il contributo degli altri sistemi sensoriali che contribuiscono con differenti informazioni alla percezione della posizione e dei movimenti del corpo.

Il sistema visivo informa il sistema nervoso centrale per determinare se i segnali otolitici corrispondono ad un tilt rispetto alla gravità o a una traslazione lineare del capo .

Una sensazione di tilt del corpo può essere prodotta presentando al soggetto una scena in movimento .

Se il movimento è rotante verso destra, il soggetto percepisce un tilt in direzione opposta alla rotazione e pertanto fa un tilt compensatorio .



Il sistema propriocettivo informa sulla posizione e movimento del corpo rispetto alla base di appoggio e rispetto alla posizione e movimenti dei segmenti corporei

Le informazioni propriocettive aiutano a distinguere se un segnale di rotazione della testa dei canali verticali è un movimento del capo sul collo o di caduta .

Il sistema somatosensoriale è particolarmente sensibile ai movimenti bruschi .

La percezione di movimento o di orientamento non dipende solo dai sistemi sensoriali.

Ciò che il soggetto predice e conosce circa l'ambiente sensoriale o ciò di cui ha esperienza nel passato (schema corporeo) contribuisce a come vengono interpretati i segnali sensoriali .

Due macchine al semaforo : se una si muove lentamente l'altro pigia il freno perché ha l'impressione di andare avanti .

Il central set del guidatore si aspetta che la macchina si muova e pertanto accetta gli input visivi in contrasto con gli input somatosensoriale e vestibolari che negano il movimento .

Se la testa si muove, l'immagine si muove nella direzione opposta . Quindi il sistema nervoso centrale mal interpreta lo stimolo visivo come un movimento nella direzione opposta

Anche la vibrazione prodotta sui muscoli cervicali può dare la sensazione di movimento perchè interpretato come uno stiramento muscolare

Il motociclista mantiene l'equilibrio integrando i segnali provocati dalla forza gravitazionale e dalla forza centripeta del sistema vestibolare e somatosensoriale insieme con l'orientamento visivo .





SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

L'equilibrio: generalità

Giovanni Ralli

Dipartimento di Organi di Senso , Università di Roma

“La Sapienza”