

Fisiologia vestibolare: basi anatomiche, cellulari, immunoistochimiche ed elettrofisiologiche

M. Lévêque, L. Seidermann, E. Ulmer, A. Chays

La conoscenza della fisiologia vestibolare è un prerequisito fondamentale per analizzare e trattare le vertigini e i disturbi dell'equilibrio. Questo articolo propone uno sviluppo dettagliato sulla fisiologia dei recettori vestibolari al fine di apprendere le possibili cause della loro disfunzione. Viene fornita una visione più globale delle vie vestibolari centrali e dei diversi attori dell'equilibrio al fine di integrare il vestibolo nel sistema più complesso della percezione del movimento di sé nell'ambiente. Infine, questo articolo propone un'applicazione dei dati fisiologici all'esame vestibolare clinico.

© 2010 Elsevier Masson SAS. Tutti i diritti riservati.

Parole chiave: Vestibolo; Canali semicircolari; Utricolo; Sacculo; Sacco endolinfatico; Cellule ciliate vestibolari; Liquidi endolinfatici; Potenziale endolinfatico; Potenziale del recettore; Equilibrio; Movimento; Vertigini; Videonistagmografia

Struttura dell'articolo

| | |
|--|----|
| ■ Introduzione | 1 |
| ■ Differenti attori della funzione vestibolare | 1 |
| Labirinto posteriore membranoso | 1 |
| Diversi epiteli | 2 |
| Liquido endolinfatico | 3 |
| ■ Cellule ciliate vestibolari | 4 |
| Morfologia delle cellule di tipo I e di tipo II | 4 |
| Meccanotrasduzione | 5 |
| Sinapsi vestibolare | 6 |
| Sistema efferente | 7 |
| ■ Fisiologia delle macule otolitiche e delle creste ampollari | 7 |
| Anatomia funzionale delle macule otolitiche | 7 |
| Anatomia funzionale delle creste ampollari | 9 |
| Integrazione multisensoriale dell'equilibrio | 11 |
| ■ Fisiologia e applicazione pratica alla valutazione funzionale vestibolare | 12 |
| Legge di Ewald | 12 |
| Studio dei nistagmi | 12 |
| Riflesso vestibolo-oculare | 12 |
| Prove rotatorie | 12 |
| Test otolitici | 13 |
| Interesse delle alte frequenze | 13 |
| Limiti dell'esplorazione funzionale vestibolare | 13 |

■ Introduzione

Il sistema vestibolare è filogeneticamente la parte più antica dell'orecchio interno. Già presente nei pesci primitivi, è essenziale per la regolazione del movimento e per il controllo dello spostamento.

Nell'uomo il vestibolo concorre a tre grandi funzioni. Realizza la codificazione del movimento della testa nei tre piani dello spazio e i suoi sei gradi di libertà (tre lineari, alto-basso, destra-sinistra, avanti-indietro, e tre rotazionali, vale a dire uno orizzontale e due verticali). Esso partecipa anche al controllo

posturale e permette l'adattamento oculomotorio essenziale alla stabilità dello sguardo durante il movimento (riflesso vestibolo-oculare).

Queste funzioni si basano sulla capacità del sistema vestibolare di percepire le forze gravitazionali e di accelerazione grazie all'utilizzo di un sistema specifico di massa inerziale secondo la legge di Newton (forza = massa × accelerazione).

Esiste un sistema vestibolare su entrambi i lati della testa e ciascuno possiede due tipi di recettori sensoriali: le macule otolitiche per codificare le accelerazioni lineari e la forza gravitazionale e i canali semicircolari per codificare le accelerazioni rotatorie. Le informazioni così captate sono trasmesse a livello centrale, dove convergono anche afferenze visive e propriocettive per una regolazione multisensoriale della postura e dello spostamento.

Lo scopo di questo capitolo è quello di descrivere in modo dettagliato la codificazione del movimento da parte di questi recettori periferici e le basi cellulari della loro regolazione. Dopo un richiamo anatomico delle diverse componenti dell'organo vestibolare affronteremo le basi fisiologiche della codificazione del movimento su scala cellulare, per studiare poi l'anatomia funzionale delle macule e delle cupole.

■ Differenti attori della funzione vestibolare

Labirinto posteriore membranoso (Fig. 1)

Il labirinto membranoso è un lungo tubo di origine ectodermica. Il labirinto posteriore membranoso comunica direttamente con il labirinto anteriore (rampa timpanica della coclea) attraverso il ductus reuni. Ne condivide dunque certe caratteristiche, in particolare l'omeostasi del suo mezzo interno, l'endolinfa. La membrana propriamente detta, che delimita i compartimenti peri- ed endolinfatico, è composta da un epitelio di sostegno formato da cellule cubiche e, in varie zone, da epiteli specialistici. Il labirinto membranoso posteriore include

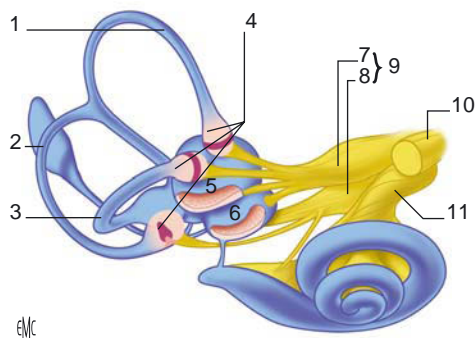


Figura 1. Epiteli neurosensoriali del vestibolo. 1. Canale semicircolare anteriore; 2. canale semicircolare posteriore; 3. canale semicircolare laterale; 4. ampolle dei canali semicircolari; 5. macula utricolare; 6. macula sacculare; 7. nervo vestibolare superiore; 8. nervo vestibolare inferiore; 9. nervo vestibolare; 10. nervo facciale; 11. nervo cocleare.

i tre canali semicircolari, l'utricolo, il sacco e le vie endolinfatice.

Canali semicircolari

Si tratta di tre tubi membranosi localizzati nei loro omologhi ossei, di cui occupano meno di un terzo della sezione. Ogni canale è collegato alla cavità vestibolare da due estremità, di cui una sola è dilatata, l'ampolla. L'altra estremità è un semplice collegamento al sacco utricolare, isolato per il canale laterale e comune per i canali anteriore e posteriore (crus commune). L'ampolla non mette in comunicazione il vestibolo e il canale: si tratta di un «vicolo» dove ha sede l'epitelio neurosensoriale proprio del canale, la cresta ampollare. Da qui originano le fibre afferenti di ciascun nervo ampollare.

Utricolo

L'utricolo è una vescicola allungata, appoggiata sulla sua faccia mediana alla fossetta ovoide del vestibolo osseo. Su questa vescicola si innestano i tre canali semicircolari. Essa presenta un'apertura posteriore, il ramo utricolare, che raggiunge il canale endolinfatico e mette così in comunicazione l'utricolo con il sacco. Si descrive tipicamente che il ramo utricolare possiede un percorso lungo e sottile sotto l'utricolo; il suo sbocco molto stretto forma la valvola di Bast, plica che isolerebbe in parte l'utricolo dal canale endolinfatico e dal sacco. Infine, l'utricolo presenta sulla sua faccia inferiore un epitelio specializzato e neurosensoriale, la macula utricolare, da cui fuoriescono le fibre afferenti del nervo utricolare.

Sacculo

Il sacco è una vescicola più piccola, tondeggiante e situata sotto l'estremità anteriore dell'utricolo e medialmente. È annidato nella fossetta emisferica del labirinto osseo. Sulla sua faccia mediana si trova la macula sacculare, posta verticalmente e da dove fuoriescono, attraverso la fossetta emisferica, le fibre del nervo sacculare. Il sacco è collegato alla rampa cocleare da uno stretto canale, il ductus reuni, e al canale endolinfatico (e quindi all'utricolo) dal ramo sacculare del canale endolinfatico.

Vie endolinfatice

Sono formate dal canale e dal sacco endolinfatico.

Il canale endolinfatico origina dalla riunione delle branche utricolare e sacculare, da cui la sua denominazione di «canale utriculosacculare». Il canale utriculosacculare, dilatato nella sua porzione vestibolare, si restringe penetrando nell'acquedotto del vestibolo.

Il sacco endolinfatico termina il canale a valle dell'acquedotto del vestibolo e costituisce un prolungamento endocranico del labirinto membranoso.

Diversi epiteli

L'insieme del tubo membranoso è formato da un tessuto connettivo sul quale si appoggia una membrana basale che sostiene delle cellule epiteliali di tipo pavimentoso. Alcune parti del labirinto possiedono un epitelio specializzato, neurosensoriale o secernente, così come cellule immunitarie e macrofagiche.

Epiteli neurosensoriali

Se ne distinguono due tipi: le macule otolitiche e le creste ampollari. Ogni neuroepitelio è formato da due tipi cellulari specializzati, le cellule di tipo I e le cellule di tipo II, esposti nei capitoli successivi.

Le macule otolitiche sono organi neurosensoriali localizzati nell'utricolo e nel sacco che codificano le accelerazioni e la forza gravitazionale.

La macula utricolare è in un piano piuttosto orizzontale, a forma di cuore; è leggermente convessa in basso e in avanti. La macula sacculare si trova, dal canto suo, in un piano verticale, sulla faccia mediana del sacco. Ha una forma di uncino ed è convessa verso l'avanti e l'interno. Ogni macula possiede un epitelio neurosensoriale sul quale poggia la membrana otolitica, strato eterogeneo gelatinoso cosparso di otoconi che rappresentano una massa inerziale. È grazie a questa inerzia che avviene la codifica dell'accelerazione e della gravità attraverso le forze di taglio indotte tra il neuroepitelio e la membrana otolitica.

Le creste ampollari sono gli organi neurosensoriali delle ampolle dei canali semicircolari. Ogni cresta ampollare è formata da un epitelio neurosensoriale che forma una plica perpendicolare al canale. Questo tipo di epitelio sensoriale è sormontato da una massa gelatinosa fissata all'ampolla, sulla quale si ripercuote e si amplifica il movimento endolinfatico, il che permette di codificare le accelerazioni rotatorie. La cresta ampollare chiude l'ampolla impedendo ogni comunicazione con la cavità vestibolare.

Epiteli secretori

Si riscontrano in ogni parte del vestibolo epiteli specializzati nel mantenimento dell'omeostasi dei liquidi del labirinto. Si tratta delle cellule scure vestibolari, delle cellule transizionali, delle cellule canalari e delle cellule del sacco endolinfatico. Il ruolo delle cellule scure vestibolari è la produzione dell'endolinfina a partire dalla perilinfina e il mantenimento della sua omeostasi. Le cellule scure sono situate alla periferia degli epiteli neurosensoriali maculari e ampollari. Il loro funzionamento è simile a quello delle cellule marginali della stria vascolare e consiste principalmente in una secrezione attiva di ioni K^{+} ^[31]. Le cellule transizionali, situate tra le cellule scure e gli epiteli neurosensoriali, svolgono un ruolo più modesto nel riassorbimento dei cationi. Anche le cellule canalari che si ritrovano nei canali semicircolari hanno un'azione sul liquido endolinfatico per secrezione di anioni Cl^{-} ^[15]. Le cellule del sacco endolinfatico hanno un ruolo nel mantenimento della composizione ionica dell'endolinfina e regolano la secrezione di ioni K^{+} , Ca^{2+} e l'acidità relativa dell'endolinfina (pH = 7) mediante la secrezione di protoni ^[1]. Il sacco concorre quindi direttamente alla regolazione della pressione osmotica dell'endolinfina. Questo ruolo è particolarmente dimostrato nei modelli sperimentali di idrope labirintica per otturazione del sacco endolinfatico.

Cellule immunocompetenti

L'orecchio interno è un tessuto in grado di lottare localmente contro le particelle estranee e di scatenare una risposta immunitaria. Il sacco endolinfatico sembra essere un elemento chiave di questa risposta. Vi si ritrovano, in effetti, alcune cellule immunocompetenti ed è la prima struttura sede dell'infiammazione nelle labirintiti sperimentali. È anche stato suggerito che l'idrope della malattia di Ménière, in cui il ruolo del sacco endolinfatico sembra importante, possa essere secondaria a un fenomeno disimmunitario.

Cellule fagocitiche

Alcuni macrofagi endoluminali sono presenti nel labirinto membranoso e, più precisamente, nel sacco endolinfatico.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/4109514>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/4109514>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)