Fisiología vestibular

Vestibular physiology

Fisiología vestibular

Prof. Ana Carolina Binetti (1)

Resumen

INTRODUCCION:

El sistema del equilibrio permite nuestro movimiento en el espacio. Además se han descripto funciones relacionadas con la memoria espacial y de objetos y el aprendizaje, o sea con funciones cognitivas. Se realiza una exposición sobre las bases fisiológicas que competen a la funcionalidad Vestibular tanto periférica como central, y se actualizan nuevos conceptos.

METODOS: Monografía. Recopilación de datos bases PUBMED; OVID; Scielo, PMC

RESULTADOS: El sistema del equilibrio está conformado por receptores vestibulares periféricos, que tienen la capacidad de sensar los movimientos de la cabeza en los diferentes planos del espacio, cuya información es integrada en el sistema nervioso central con la proveniente de otros sistemas sensoriales. Dicha integración permite que se generen patrones de respuesta ante los movimientos corporales, las posiciones del cuerpo y la atracción gravitacional, entre otros, asi como las habilidades de marcha y movimiento y los estados conscientes de percepción del propio cuerpo en el espacio y del mismo respecto al medio. Interviene entonces en los procesos de cognitividad y memoria y permitiendo el desarrollo de habilidades motrices y adaptativas al medio.

CONCLUSIONES: El sistema Vestibular permite que el individuo se adapte al medio, controlando la estabilidad visual y corporal por medio de reflejos, sin embargo su función incluye también la cognitividad del individuo en cuanto a memoria espacial y procesamiento de propia ubicación en el medio y auto conciencia corporal.

Palabras clave: Fisiología Vestibular, Navegación espacial, VOR, VER

ABSTRACT

INTRODUCTION

Our system of balance allows us to move in space. Its role has also been described in such cognitive functions as spatial memory, the memory of objects, and the memory of lessons learned. This review examines the physiological bases of the peripheral and central vestibular functions and provides an update on new related concepts.

METHODS: Review; data search from PUBMED; OVID; SCIELO; PMC

RESULTS: Our system of balance consists of peripheral vestibular receptors which have the ability to sense movements of the head in different planes of space. Information from these receptors is integrated in the central nervous system with information from other sensory systems. This integration makes possible the generation of patterns of response to positions and movements of the body and to the force of gravity, and also, the abilities to walk and move and the conscious perception of our own body in space and in our surroundings. It intervenes, then, in cognitive processes and in memory and thus allows for the development of motor and adaptive abilities.

CONCLUSIONS:

The vestibular system allows us to adapt to our surroundings by using the reflexes to achieve visual and corporal ability However, it also plays a role in our cognitive capacity for spatial memory, for the processing of information on our location within our surroundings, and for consciousness of the position of our body.

KEY WORDS: Vestibular Physiology, Spatial Navigation, VOR, VER

Resumo:

Introdução: O sistema do equilíbrio permite o nosso movimento no espaço. Ademais, foram descritas

(1) Medica, especialista en Otorrinolaringologia. Prof. Adjunta ORL UCA, Staff ORL Hospital Británico de Buenos Aires, Directora Medica Vestibular Argentina.

Perdriel 74, CABA. Tel 43096400. Hospital Británico de Buenos Aires

acbinetti@vestibularargentina.com.ar

funções relacionadas com a memória espacial e de objetos e a aprendizagem, ou seja, com funções cognitivas. Realiza-se uma exposição sobre as bases fisiológicas que competem à funcionalidade vestibular tanto periférica como central e atualizam-se novos conceitos.

Métodos: Monografia. Recompilação de dados bases PUBMED; OVID; Scielo, PMC
Resultados: O sistema do equilíbrio está conformado por receptores vestibulares periféricos, que têm a capacidade de sentir os movimentos da cabeça nos diferentes planos do espaço, cuja informação é integrada no sistema nervoso central com a proveniente de outros sistemas sensoriais. Essa integração permite que sejam gerados padrões de resposta frente aos movimentos corporais, as posições do corpo e a atração gravitacional, entre outros, assim como as habilidades de marcha e movimento e os estados conscientes de percepção do próprio corpo no espaço e do mesmo respeito ao meio. Intervém, então, nos processos de cognitividade e memória e permitindo o desenvolvimento de habilidades motrizes e adaptativas ao meio.
Conclusões: O sistema vestibular permite que o indivíduo se adapte ao meio, controlando a estabilidade visual e corporal por meio de reflexos, no entanto, a sua função inclui também a cognitividade do indivíduo quanto à memória espacial e processamento da própria localização no meio e autoconsciência corporal.
Palavras-chaves: fisiologia vestibular, navegação espacial, VOR, VER

INTRODUCCION

Mantenernos en equilibrio nos permite la biepedestacion y deambulacion por el espacio. La navegación espacial se logra gracias a la integración de información Vestibular, ocular, cerebelosa, auditiva, muscular, somatoestesica y a la concientización de la posición individual y del objetivo a lograr. Se trata, por consiguiente de un complejo sistema, en el cual la información proveniente de ambos oídos es clave. Cuando los receptores vestibulares o sus vías fallan y dan información errónea al sistema, la sensación del individuo puede variar desde un mareo vago e inespecífico, a un vértigo intenso e incapacitante, así como puede producir desorientación espacial y caídas.

Es entonces de suma importancia, conocer los mecanismos fisiológicos que conforman la vía desde sus receptores periféricos ubicados en ambos oídos internos, hasta su compleja integración central que comienza en el tronco cerebral y conforma caminos ascendentes hasta la corteza cerebral y descendentes a la medula espinal, la que finaliza regulando funciones musculares en cuello, tronco y miembros superiores e inferiores. Como todos los sistemas sensoriales, cuenta con aferencias (Información que se captura en los receptores sensoriales y se envía al sistema nervioso central (SNC) y aferencias (información que proviene desde el SNC hacia los receptores periféricos).

Para estar equilibrados, recibimos información parcialmente redundante, de tal forma que siempre dos o tres sentidos pueden proveer información simultánea sobre una misma acción. Gracias a esta superposición de sus rangos funcionales, es posible para un sensor sustituir, al menos parcialmente, las deficiencias de otros (1).

Para una clara comprensión de la fisiología Vestibular y la asociada capacidad para navegar espacialmente, realizare inicialmente una descripción de la función de los receptores vestibulares periféricos y, en una segunda parte, explicare cual es mi comprensión de la integración de las vías centrales, así como una actualización en conceptos de fisiología para la integración central del equilibrio.

PARTE I. FISIOLOGIA DEL SISTEMA VESTIBULAR PERIFERICO

Los oídos constan de 5 receptores vestibulares en cada uno de ellos. Tres canales semicirculares y dos receptores otoliticos por cada oído.

Los canales semicirculares conforman 2/3 de círculo, pero junto con el utrículo llegan a conformar un círculo completo. Para mi comprensión, siempre he interpretado que el utrículo se comporta en determinadas áreas como las corrientes marinas, por eso, sin limitación membranosa, u ósea, una parte del utrículo continuaría con la "corriente" de los 2/3 de círculo que conforman los canales semicirculares y así se completaría un círculo completo. Estos canales tienen una porción dilatada llamada ampolla, la ampolla contiene las células receptoras de los conductos semicirculares. Las mismas son neuronas que están soportadas en una saliencia de tejido conectivo llamada cresta, tienen prolongaciones, las más largas denominadas estereocilios inmersas en una malla que proviene de la otra cara de la ampolla, llamada cúpula. Entre la cresta, la cúpula y el espacio entre las mismas que contiene a

las neuronas receptoras, se conforma un sistema que bloquea el flujo libre de endolinfa de uno a otro lado del canal y que tiene la propiedad de tener cierta elasticidad. Esto permite que ocurra lo siguiente: cuando giramos la cabeza en el plano de uno de los canales, la endolinfa sufre un ligero retraso respecto a la velocidad con que se mueve la cabeza, este retraso, denominado corriente endolinfática de inercia (2), hace que este sistema elástico que bloquea la ampolla se deflexione, esto deflexiona los cilios de las células ciliadas (neuronas receptoras) y así se inicie un complejo mecanismo celular de apertura y cierre de determinados canales iónicos cambiando el ritmo de descarga neuronal de base. Normalmente las neuronas de ambos oídos tienen un ritmo de descarga constante llamado tono, este tono puede variar en más o en menos y esta información se transmite al sistema nervioso para que tengamos noción del sentido en que nos movemos y la velocidad con que lo hacemos. La orientación en canales verticales y horizontales, y la diferencia de orientación de los kinocilios en estos receptores, permitió la formulación de las leyes de Ewald, que denotan el sentido que generará excitabilidad o inhibición, de acuerdo a la disposición de cada canal.

Los receptores vestibulares son acelerómetros, miden la aceleración con que nos movemos, cuando después de un tiempo la aceleración se mantiene constante (mas de 30 segundos), la endolinfa alcanza la velocidad de los canales óseos y deja de deflexionar la cúpula, entonces los receptores de los canales dejan de dar información de aceleración al sistema y regresan a su tono de base.

Si, en cambio, la persona ha girado y sigue girando aumentando la velocidad cada vez mas, el sistema seguirá deflexionado y cuando el movimiento repentinamente cese, la deflexión será en sentido inverso porque nuevamente la endolinfa se estará moviendo a un ritmo diferente al de la estructura ósea, ya que continuara con su inercia de movimiento, cuando el cráneo se haya detenido repentinamente.

Los canales semicirculares sienten los movimientos angulares de la cabeza y para ello se disponen en los tres planos del espacio. Las maculas de los receptores otoliticos sienten en cambio las aceleraciones lineales (ej. ascensor, tren, gravedad, entre otras). La gravedad es esencial para la percepción espacial, el equilibrio postural y la generación de movimientos, y el sistema Vestibular es el principal aparato orgánico capaz de sensar dicha aceleración (3), la misma también puede ser sensada por receptores ubicados en diferentes vísceras abdominales.

Para poder sensar las aceleraciones lineales, las maculas (áreas sensoriales) de los receptores otoliticos poseen un área de tejido conectivo que sostiene a las neuronas sensoriales, las cuales poseen cilios en su superficie apical y, en un extremo, una estructura algo diferenciada a los cilios, inmóvil y de mayor tamaño, denominada estereocilio. Los estereocilios entran en contacto con una malla de estructura viscoelastica similar a la cúpula de los canales semicirculares, que apoya sobre ellas. Esta malla, es para mi imaginación como una gran red en tres dimensiones, en su porción apical, contiene concreciones de calcio de diferentes y variadas formas denominadas otolitos y en su porción basal apoya sobre el receptor, pero solo relacionándose con él por medio los extremos libres de los estereocilios de las neuronas receptoras.

El peso que le dan a la malla los otolitos, hace que el peso específico de la misma sea mayor al del medio circundante, lo que es diferente en los canales semicirculares donde la cúpula tiene un peso similar a la endolinfa. Este cambio en el peso de la malla otolítica, provoca un estimulo constante que nos permite sentir la atracción gravitacional de la tierra, ya que la gravedad atraerá a los otolitos y deflexionara los esterocilios y, a la vez, ante cualquier aceleración en línea el ligero retraso de la malla respecto a la aceleración cefálica produce un retraso relativo de la misma y con esto desplaza los estereocilios estimulando a los receptores. A este ligero retraso se le denomina fuerza de cizallamiento (2) y así se estimulan estos receptores, con movimientos en plano principalmente horizontal al utrículo y en plano fundamentalmente vertical al sáculo.

Las neuronas receptoras (células ciliadas tipo I y II) poseen cilios móviles y en un extremo de la célula un estereocilio, como ya fue descripto. El movimiento de los cilios hacia el estereocilio genera un estimulo que despolariza la célula y los movimientos en sentido contrario, la hiperpolarizan. De este modo, el estimulo mecánico de movimiento ciliar, estimula la apertura o cierre de determinados canales iónicos y así el estimulo mecánico se transforma en químico- eléctrico y se traduce la información para ser enviada al sistema nervioso central. Por lo tanto, los movimientos en dirección “on” aumentan las descargas (deflexión ciliar hacia el estereocilio) , mientras que los movimientos en dirección “off” las disminuyen (deflexión ciliar en sentido contrario al estereocilio) (3). El estereocilio se encuentra en un extremo celular y la disposición de dicha polaridad celular es diferente en los distintos receptores, en los canales laterales se sitúa en la parte superior de la superficie celular mas próximo al utrículo, mientras

que en las crestas superior y posterior está en la porción mas alejada. Dicha disposición es la base fisiológica por la que Ewald pudo formular las leyes de funcionamiento de los canales, las que básicamente dicen que en los canales horizontales, los estímulos ampulípetos son estimulantes (excitadores), mientras que los ampulífugos son inhibidores y que este comportamiento es inverso en los canales verticales. Por otra parte, en la macula del utrículo los quinocilios están en la parte de la célula mas próxima la estriola al contario que en la macula sacular.

Durante los movimientos de la cabeza, la fuerza (F) ejercida sobre los receptores vestibulares (desde el Segundo Principio de Newton) es igual al producto de su masa (m) y su aceleración (a), por tanto F= ma. Como la masa del órgano receptor es constante, la fuerza asociada a la aceleración cefálica genera una señal en el laberinto que es proporcional a la aceleración de la cabeza (4).

La orientación multitudinal de las células ciliadas asegura la transducción de las fuerzas iniciales en todas las orientaciones del espacio en 3D. Existe, como ya se explico, un tono Vestibular, generado por las descargas permanentes de las neuronas del oído interno que ocurren incluso sin que la cabeza sea sometida a movimiento alguno y esto explica por qué las personas que padecen un fallo Vestibular unilateral agudo, sienten vértigo aun sin moverse, porque existe una asimetría súbita en dicho tono neural y el sistema asume que la cabeza esta rotando (5).

Un movimiento en el plano puro sagital de cabeza hacia abajo, estimula a ambos canales semicirculares anteriores e inhibe a ambos canales posteriores, los movimientos de la cabeza hacia arriba, provocan lo contrario. A su vez un movimiento de rolido o roll a la derecha, por ejemplo acercando la oreja derecha al hombro homolateral, provoca un estimulo de los canales anterior y posterior derechos y una inhibición de los mismos canales en el oído izquierdo (3).

Las aferencias vestibulares periféricas pueden ser categorizadas en regulares e irregulares, basadas en sus ritmos de descarga de reposo. A pesar de que sus descargas varían en relación a movimientos, las aferencias irregulares sufren una variación de descarga mas pronunciada ante un estímulo, respecto a su descarga basal. Esta estrategia seria ventajosa para sensar movimientos con componentes de alta frecuencia débiles provenientes de estímulos vestibulares naturales, que fácilmente podrían confundirse con "ruido" del medio (6).

El nervio Vestibular superior contiene aferentes de los canales superior o anterior y horizontal y del utrículo. El nervio Vestibular inferior lleva las fibras del canal posterior y el sáculo (5). Al llegar al ganglio de Scarpa, ambos nervios se unen y junto al nervio coclear, conforman el VIII par. El suministro vascular, sigue a la inervación neural y es por esto que las alteraciones vasculares pueden involucrar preferencialmente a la coclea o al vestíbulo. La irrigación proviene de la arteria cerebelosa anterior inferior, o menos frecuentemente, de la arteria basilar.

PARTE II. FISIOLOGIA DEL SISTEMA VESTIBULAR CENTRAL

Una vez traducido el estimulo desde los canales y desde las maculas, es transportado por el nervio Vestibular superior e inferior primero y luego por el 8vo par hacia el tronco cerebral. Las vías vestibulares centrales se inician con la primera neurona Vestibular en el ganglio de Scarpa dentro del hueso temporal. Que proyecta hacia las neuronas secundarias en el tronco cerebral. Allí se encuentran los núcleos vestibulares que son 4: superior, lateral, medial y descendente. En el núcleo lateral la información recibida es fundamentalmente homolateral. Cuando, por algún motivo, este núcleo es afectado exclusivamente, respetando a las otras estructuras centrales, el cuadro clínico es similar al de una lesión Vestibular periférica. Esto nos induce a solicitar siempre imágenes de tronco cerebral, aunque la clínica Vestibular sea periférica pura.

Los núcleos del tronco tienen interacción con el centro del vomito y los centros autonómicos, de la sensibilidad propioceptiva y con el cerebelo, encargado de la orientación espacial del cuerpo, entre otras funciones. Sobre una misma neurona pueden converger aferencias de múltiples sistemas que interactúan modulando los reflejos vestibuloespinales y vestibulooculares. En los núcleos vestibulares hay variantes neuronales, están las activadoras de tipo I y las inhibidoras de tipo II. Las de tipo I se dividen en neuronas cinéticas y tónicas, las cinéticas reciben impulsos monosinapticos desde la periferia y no tienen actividad espontanea, sin embargo si tienen un umbral de excitabilidad alto. Las tónicas, reciben impulsos a través de circuitos multisinapticos, tienen actividad espontánea y umbral de excitabilidad bajo (7).

Poco después de entrar en el tronco del encéfalo, cada fibra se divide en una rama ascendente y otra descendente, constituyendo el conjunto de las mismas el llamado tracto Vestibular (6). Ver figura 1.

A través de la información que circula por estas vías, se generan rápidos reflejos que son muy útiles para la bipedestación, la estabilidad visual y el equilibrio general del individuo: son los reflejos vestibuloocular, vestibulocolico y vestibuloespinal. Si la información supera los niveles talamicos y llega hasta la corteza cerebral, se toma conciencia de movimiento y posición a través de estas vías.

El cerebelo recibe información de los núcleos vestibulares, la mayor parte de estas proyecciones terminan en el nódulo y la úvula. Otro grupo de proyecciones se dirigen bilateralmente al floculo y núcleo fastigio, núcleo interposito y vermis posterior.

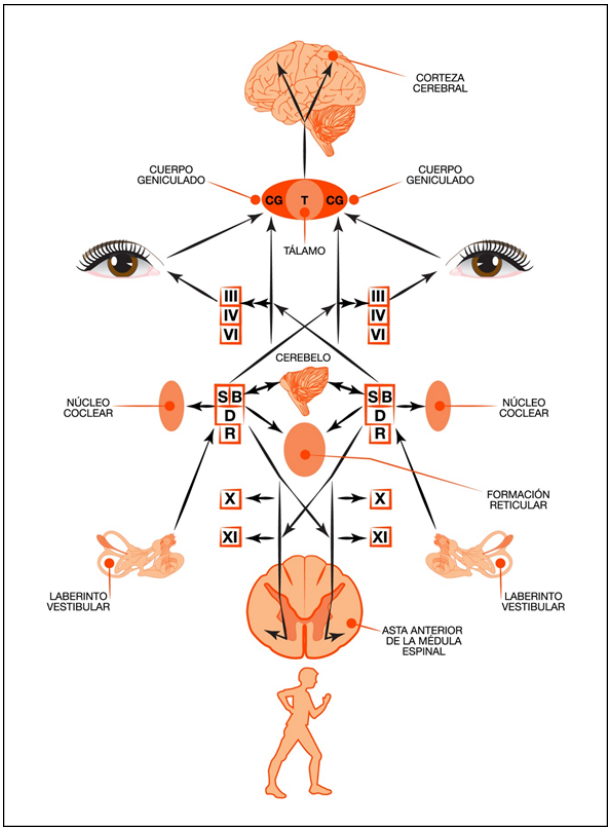

Figura 1. Vía vestibular, conexiones y vías reflejas.

REFLEJOS VESTIBULARES

Los elementos básicos de un arco reflejo Vestibular son la célula ciliada en el oído interno, una neurona aferente bipolar, una interneurona y la neurona efectora (4).

REFLEJO VESTIBULOOCULAR (VOR)

Es un reflejo que mantiene de la estabilidad ocular durante los movimientos cefálicos a fin de conservar la agudeza visual. Cada plano de movimiento es controlado por los canales semicirculares o en conjunto el utrículo y sáculo combinados. Los canales o receptores otoliticos que están en el plano del movimiento generado, son los encargados de controlar que se genere el reflejo apropiado en dicho plano. La mayoría de los movimientos que realizamos son combinados en los diferentes planos del espacio, o sea que al mismo tiempo más de un receptor resulta estimulado o inhibido.

Excepto cuando apoyamos la cabeza contra un soporte estático, nuestra cabeza siempre se mueve, sea al ritmo del latido cardiaco, sea por nuestros pasos, sea porque la hemos movido intencionalmente, por lo que este reflejo es muy importante para poder sostener la imagen visual lo más estable posible en la fovea y no ver todo borroso.

Como reflejo, tiene una latencia que se ha reportado tan corta como de 5 a 7 milisegundos (8), es uno de los mas rápidos del cuerpo humano y ocurre cuando información proveniente de los oídos, llega a los núcleos vestibulares, donde establecen sinapsis con neuronas que se proyectan a los núcleos oculomotores y luego a los músculos perioculares. Llega a los músculos perioculares básicamente por medio de dos circuitos: uno directo moninaptico y otro indirecto, multisinaptico, y provoca que los músculos perioculares que resulten inhibidos o estimulados a contraerse, generando ajustes de la posición ocular de acuerdo al plano estimulado. En el caso de los canales semicirculares horizontales, las aferentes vestibulares primarias del canal hacen sinapsis con el núcleo Vestibular medial y ventrolateral ipsilaterales. Algunas de las neuronas vestibulares secundarias, que reciben inervación del laberinto ipsilateral, tienen axones que se decusan y hacen sinapsis con el núcleo abducens contralateral, mientras que otras ascienden ipsilateralmente al núcleo oculomotor. Las motoneuronas del núcleo abducens y la subdivisión del recto medio del núcleo oculomotor, hacen sinapsis entonces en la unión neuromuscular de los músculos recto medio y lateral. Similares patrones presentan los otros canales (9).

En respuesta a la rotación cefálica, los canales semicirculares proveen información aferente para generar las fases lentas del reflejo vestibuloocular angular, ajustando así los movimientos oculares con las fases lentas compensatorias (10). Ver figura 2.

REFLEJO VESTIBULOESPINAL (VER)

El reflejo vestibuloespinal se produce por información proveniente de los oídos que, por vía refleja, brinda información a las motoneuronas del asta anterior de la medula espinal, y controla a través suyo la contracción de la musculatura antigravitacional.

Este reflejo permite la bipedestación, la realización de diversos movimientos como giros

corporales, saltos o desplazamientos, evitando la caída. Es vital para la deambulacion del individuo.

La información circula por el fascículo vestibuloespinal lateral que desciende homlateralmente por el cordón anterolateral de la medula, terminando en interneuronas y en motoneuronas alfa del asta anterior de misma. La porción rostroventral del núcleo lateral se proyecta sobre la medula cervical y la dorsocaudal sobre la medula lumbar (5).

El fascículo vestibuloespinal medial se origina en el tercio rostral del núcleo medial y en la porción rostral del núcleo lateral proyectándose bilateralmente, si bien con predominio homolateral. Cada axón emite colaterales a motoneuronas que inervan diferentes músculos cervicales para realizar movimientos compensadores de la cabeza en el plano del conducto semicircular estimulado.

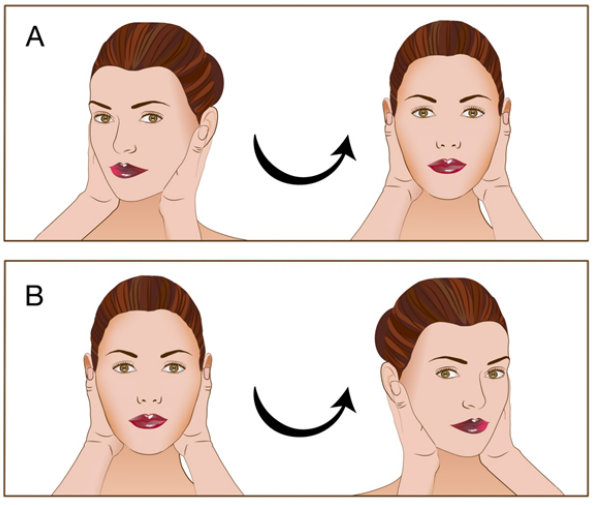

Figura 2. Examen del Reflejo vestibuloocular, se puede realizar desde una posición excéntrica de la cabeza y llevarla al centro o a la inversa, del centro a una posición excéntrica.

REFLEJO VESTIBULOCOLICO

Es vestigial en los seres humanos. El reflejo generado por una vía de tres neuronas, provoca la contracción de los músculos cortos del cuello en reacción a estímulos vestibulares, Permite la estabilización de la cabeza en el espacio, lo que es necesario no solo para mantener el equilibrio al estar de pie o marchar, sino también, para permitir una adecuada percepción de información visual y auditiva (1).

El sistema Vestibular parece trabajar de una forma que se ha denominado "top-down", en que el cerebro prestaría particular atención a la posición de la cabeza en el espacio, en relación a la orientación del tronco, es un sistema anclado en la estabilidad de mirada fundamentalmente (1).

COORDINACION DE LA NAVEGACION ESPACIAL

Orientación, es conocer la posición que ubicamos en el espacio y saber dónde estamos en cada instante. Equilibrio, es la capacidad de mantener la posición deseada, adoptando posturas corporales aprendidas que proyectan siempre el centro de gravedad dentro de los límites de estabilidad (10). La capacidad de navegación espacial, es la capacidad que tenemos de desplazarnos en el espacio. Ocurre por integración en vías centrales, mediadas por vías relacionadas a los núcleos vestibulares, el cerebelo, el hipocampo y la corteza cerebral, entre otros. El hipocampo se encuentra muy desarrollado en aves, que tienen grandes desplazamientos espaciales con rápidos movimientos asociados. En seres humanos el hipocampo es capaz de responder volumétricamente a cambios en el entrenamiento de navegación en el espacio. Luego de hacer varias pruebas y estudios, se demostró que personas con mayor entrenamiento para desplazarse en el espacio, o sea entrenadas para sostenerse en equilibrio en ambientes dificultosos, o en situaciones de mucho movimiento, respecto a grupos control, mostraron mayor desarrollo del hipocampo con una volumetría mayor y mejor tolerancia a ejercicios de equilibrio, con mayor rapidez en desenvolvimiento del propio movimiento y orientación en el espacio, junto a mejor memoria espacio - visual (11).

El sistema nervioso central sabe en qué plano la cabeza se ha desplazado y a qué velocidad lo hizo, gracias a la información proveniente de los nervios vestibulares y de la deflexión de los cilios en las neuronas de ambos oídos internos. Dichas neuronas pueden sensar movimientos lentos, rápidos y muy rápidos. Al sensar y percibir las aceleraciones lineales o las lateralizaciones de la cabeza, ocurren movimientos compensatorios y de balanceo de los ojos, la cabeza y el cuerpo, así como ocurre la generación de respuestas autonómicas, particularmente la regulación de la presión sanguínea y de la distribución del volumen sanguíneo, los que a su vez son también críticamente dependientes de la orientación en el espacio del cuerpo. Esta sensibilidad se ve severamente afectada bajo el agua, por lo que los buzos pueden perder por completo su sensación de orientación espacial cuando se encuentran sumergidos a gran profundidad (12).

Existe considerable superposición entre los procesos de orientación espacial y control postural, tanto los sistemas visual, propioceptivo y Vestibular operan en niveles motores espinales y perceptuales – corticales (4). Tanto el control postural como la orientación espacial comparten los mismos inputs

sensoriales, entonces, y la misma integración central. En sujetos normales, cualquier conflicto entre las diferentes aferencias sensoriales hacia los núcleos vestibulares, es transitorio y se resuelve rápidamente, generalmente a favor de la sensación laberíntica, pero en algunas situaciones el sentido de la vista puede dominar inapropiadamente al receptor Vestibular y provocar sensaciones falsas de movimiento (9).

A su vez, las percepciones visuales de distancias y profundidad, se ven afectadas por la posición cefálica. Una percepción correcta de profundidad, que nos permite conocer, por ejemplo, el tamaño de los objetos, se basa en una integración apropiada de la orientación tridimensional de la cabeza y de los ojos. Se cree que el sistema visual debe recalibrarse en relación a la orientación tridimensional para percibir las profundidades cuando el individuo toma una posición supina, ya que la sensación de profundidad de los objetos varía ante dicha posición corporal y ello podría tener relación con la información brindada por el sistema otolítico (13).

El balance corporal en bipedestación se ve afectado por las diferentes posiciones de la cabeza y por el entorno visual. Personas con trastornos vestibulares, cerebelosos o propioceptivos padecen un aumento del balanceo corporal. Sin embargo si la percepción sensorial visual se encuentra conservada, la mayoría de las personas mejoraran su estabilidad postural, hasta incluso, niveles normales (14). La información visual y vestibular se integra en el sistema nervioso central para permitir tener una sensación de roll- tilt apropiada, sensación que puede variar en diferentes frecuencias de movimiento, lo que significaría que usan vías de percepción diferenciadas (15).

El cerebelo está íntimamente relacionado a la sensibilidad Vestibular y a la orientación espacial, existen teorías de que el mismo colaboraría con la discriminación de sensación Vestibular propia del individuo o generada por estímulos del medio (16).

Diversas investigaciones han asociado la autoconciencia corporal al procesamiento e integración de señales corporales multisensoriales en las cortezas temporoparietales, premotoras, parietal posterior y extraestriatales. Estudios en los cuales los sujetos reciben información multisensorial ambigua, sobre la localización y apariencia de su propio cuerpo, reflejan que estas áreas reflejan la experiencia consciente de identificación con el propio cuerpo, también denominada propiedad del cuerpo, la experiencia de reconocer donde están en el espacio, y la experiencia de la posición desde la cual se percibe al espacio de en derredor (17).

El cortex parieto Vestibular es usualmente descripto como la corteza Vestibular principal, ya que un tercio de sus neuronas son sensibles a los estímulos vestibulares. La ubicación de dicho cortex en humanos no ha sido exactamente definida, pero estudios por fMRI muestran activación de la unión temporoparietal. Estas neuronas también reciben estímulos propioceptivos mayormente durante el movimiento corporal, e independientemente del movimiento cefálico, lo que le permite integrar el movimiento corporal a la información Vestibular. El sistema Vestibular tendría entonces una función cognitiva asociada relacionada a la sensación de movimiento propio del individuo, a la memoria espacial, a la navegación en el espacio, a la autoconciencia corporal, al aprendizaje espacial y a la memoria de reconocimiento de objetos (18).

Bibliografía

1. *Brandt Th. Introduction. En Brandt Th. Vertigo, its multisensory syndromes, 2nd Edition. London: Springer-Verlag; 2003: 3-19.*
2. *Bartual Pj, Perez Fernandez N. Anatomia y Fisiología del Sistema Vestibular Periferico. En El sistema Vestibular y sus alteraciones. Vol. I. Barcelona: Masson; 1999: 21-51*
3. *Lacquaniti F. et al. Multisensory integration and internal models for sensing gravity effects in primates. Biomed Res Int 2014; vol 2014, 1-10.*
4. *Baloh R. W., Honrubia V. Vestibular function: an overview. En Baloh R.W., Honrubia V. Clinical Neurophysiology of the Vestibular System. Philadelphia: F.A. Davis Company; 1990; 3-19.*
5. *Bronstein A., Lempert Th. Essential anatomy and functions of the balance system. En: Bronstein A., Lempter Th. Dizziness .Cambridge: Cambridge University Press; 1997: 1-22.*
6. *Carriot J. et al. Statistics of the vestibular input experienced during natural self-motion: implications for neural processing. J Neurosc 2014; 34(24): 8347 – 8357.*
7. *Suarez Nieto C. Morfologia y function del sistema Vestibular. En: Ramirez Camacho R.Trastornos del equilibrio. Madrid: Mc Graw- Hill Interamerica 2003: 3-21.*
8. *Schubert M.C., Shepard N.T. Practical Anatomy and Physiology of the Vestibular System. En Jacobson G.P., Shepard N.T. Balance Function Assessment and Management. San Diego, Oxford Plural Publishing Inc. 2008: 1-11.*
9. *Baloh R.W., Fife T.D., Furman J.M., Zee D.S. Pathophysiology of vestibular symptoms and signs: the clinical examination. En Baloh R.W., Fife T.D., Furman J.M., Zee D.S. Continuum: Neurootology 1996 : 9-24.*
10. *Pastor J. B. Tiempo, espacio, orientación y equilibrio. En Barona Guzman R., Algarra J.M., Perez Fernandez N. Vértigo: valoración y tratamiento. Valencia: Universidad Católica de Valencia "San Vicente Mártir", Monografías. 2009:17-37.*
11. *Hüfner K. et al. Structural and functional plasticity of the hippocampal formation in professional dancers and slacklíners. Hippocaumpus 2010; 21(8): 855-865.*

12. *Harris L. R., Mander C. Perceived distance depends on the orientation of both the body and the visual environment. J Vision. Oct 2014; 15: 14 (12): 1-8.*
13. *Glasauer S. et al. How the eyes move the body. Neurology 2005; 65: 1291 – 1293.*
14. *Mardirossian, V., Karmali F, Merfeld D. Thresholds for human perception of Roll-Tilt motion: Patterns of variability based on visual, vestibular and mixed cues. Otol Neurootology 2014, Vol 35, Issue 5: 857-860.*
15. *Gresty M.A., Lempert Th. Pathophysiology and Clinical Testing of Otolith Dysfunction. Adv Otorhinolaryngol 2011; Vol 58: 15-33.*
16. *Rochfort C, et al. The Cerebellum: a new key structure in the navigation system. Frontal neural Circuits 2013. 7:35. Doi 10.3389/fncir.2013.00035. eCollection 2013*
14. *Blanke O. Review: Multisensory brain mechanisms of bodily self-consciousness. Nature reviews/neuro 2012; Vol 13, 556 – 571.*
18. *Hitier M., Besnard S., Smith P.F. Vestibular pathways involved in cognition. Fr Integrative Neurosc 2014; Vol 8, Art 59, 2-16.*