

# Integración del sistema vestibular en los centros superiores

## Integration of the vestibular system in higher centers

Silvia Donoso-Troncoso<sup>1</sup> e Ignacio Novoa C.<sup>2</sup>

*The literature usually tells about the contribution of the vestibular system for the maintenance of stability and balance. However, many studies have described its contribution to a variety of cognitive processes such as visuospatial ability, attention, memory and self-perception. This study gives an introductory reference of the contribution of the vestibular system in the aforementioned processes, the evaluation and influence of these on the risk of falls as well as a solution to this condition that usually occurs in patients with alterations of the vestibular system.*

**Key words:** Vestibular, cognition, superior centers.  
*Rev Chil Neuro-Psiquiat 2019; 57 (1): 19-24*

### Introducción

En la literatura se suele relatar acerca de la contribución del sistema vestibular para el mantenimiento de la estabilidad y el balance. Sin embargo, muchos estudios han descrito la contribución de éste a una variedad de procesos cognitivos, que incluyen la capacidad perceptual/visoespacial, la memoria, la atención y la función ejecutiva<sup>1,2</sup>. Esta revisión busca entregar una variable nueva a la interpretación de un paciente con alteración de la percepción del movimiento.

Existen aspectos “superiores” adicionales de la función y disfunción vestibular que resultan de la integración de la red vestibular en las funciones cognitivas a nivel cortical y dentro del sistema del hipocampo, límbico, entre otros. Estos aspectos corresponden a la representación interna del esquema del cuerpo y el modelo interno del espacio circundante, así como la percepción del movimien-

to multisensorial, la atención, la memoria espacial y la navegación. Cada uno de estos complejos procesos necesita variadas vías y áreas del sistema nervioso central para su correcta función, entre ellos el sistema vestibular tanto en su zona periférica como central<sup>3</sup>.

El concepto de cognición vestibular se entiende como todas las funciones “superiores” en las cuales existe influencia del sistema vestibular y sus vías<sup>2</sup>.

### Vías y áreas corticales en las que influyen las aferencias vestibulares

Las bases anatómicas de estas funciones cognitivas han sido estudiadas con imágenes contrastadas, electrofisiología, inmunohistoquímica, imagen funcional, pero también de manera indirecta a través de estudios conductuales. Se han propuesto cuatro vías diferentes para la transmisión de la

Recibido: 20/03/2019

Aceptado: 02/04/2019

Los autores no presentan ningún tipo de conflicto de interés. No existió fuente de financiamiento para este trabajo.

<sup>1</sup> Kinesióloga Universidad Finis Terrae. Chile.

<sup>2</sup> Kinesiólogo Marina Médica Viña del Mar. Chile.

información vestibular a centros corticales implicados en la cognición: A) la vía vestibulo-tálamo-cortical; B) una vía desde el núcleo tegmental dorsal a través del núcleo mamilar lateral, el núcleo anterodorsal del tálamo hasta la corteza entorrinal; C) una vía a través del núcleo reticularis pontis oralis, el núcleo supramamilar y el tabique medial al hipocampo; y D) una vía posible a través del cerebelo y el núcleo lateral ventral del tálamo<sup>4</sup>.

Se ha mostrado en estudios que hay múltiples regiones de la corteza cerebral humana que reciben señales aferentes del sistema vestibular. Anatómicamente, estas proyecciones parecen ser principalmente a través del tálamo. Las regiones activadas vestibularmente de la corteza incluyen áreas de las cortezas somatosensoriales y parietales, así como una región insular posterior correspondiente a la corteza vestibular parieto-insular de los primates (PIVC). Además, se han encontrado áreas que muestran actividad vestibular relacionada en el lóbulo frontal premotor y la corteza visual, recibiendo en estas áreas aferencias convergentes del sistema visual, somatosensorial y vestibular<sup>5</sup>.

Hasta la fecha, sin embargo, los conocimientos que se tienen de la cognición vestibular siguen siendo un conjunto de fenómenos conectados de manera poco clara<sup>6</sup>.

### 1. Capacidad visoespacial

La capacidad visoespacial es un término usado para describir cómo la mente organiza y comprende dos espacios tridimensionales. Incluye una variedad de habilidades que incluyen memoria espacial, imágenes mentales, rotación, percepción de distancia, profundidad, navegación y construcción visoespacial<sup>1</sup>.

Para lograr una correcta percepción del movimiento y orientación espacial, las vías periféricas del sistema vestibular envían señales hacia el sistema nervioso central, organizándose la información de ambos hemisferios en el tronco cerebral pontomesencefálico y el tálamo, las cuales se proyectan a varias áreas corticales multisensoriales en las regiones tèmpero-parietales y la ínsula posterior<sup>3</sup>.

Para la evaluación de este sistema, estudios actualizados recomiendan la evaluación de las

“agnosias” con algunos test entre los cuales están el test de Poppelreuter que consiste en 2 láminas, las cuales contienen figuras superpuestas y el sujeto tiene que identificar todos los objetos que aparecen en cada una de las láminas. Cada una de las láminas contiene 5 dibujos. En total hay 10 dibujos. También existe el test de los 15-Objetos, el cual es similar al anterior, pero evalúa la discriminación de 15 objetos –de ahí su nombre– presentados de manera superpuesta. Se muestra al sujeto una lámina (modelo A o B indistintamente) y se le solicita que enumere, designe y señale uno a uno cada uno de los objetos de la lámina hasta un total de 15 elementos<sup>7</sup>.

### 2. Atención

Otra dimensión de la función cognitiva que se ve afectada por la alteración vestibular es la atención, siendo ésta un recurso limitado para un individuo; cuando a éste se le somete al desafío de una tarea dual existe una disminución en el rendimiento ya que los pacientes con estos deterioros requieren recursos cognitivos adicionales para mantener un adecuado balance<sup>1</sup>.

Estudios de individuos sanos han utilizado tareas duales para examinar el control postural y el reflejo vestibulo oculomotor (VOR), como pedirle al participante que presione un botón en respuesta a estímulos auditivos o cuente hacia atrás de tres en tres. Estos estudios han demostrado consistentemente aumentos en la latencia y/o disminuciones en la precisión de las pruebas cognitivas exigentes de atención en el contexto de desafíos concurrentes posturales o vestibulares<sup>1</sup>.

La literatura sobre los efectos de las tareas cognitivas sobre el rendimiento del equilibrio muestra de manera bastante consistente que el equilibrio de los sujetos mayores se ve más afectado que el de los sujetos más jóvenes cuando realizan al mismo tiempo una tarea cognitiva<sup>8</sup>.

Además de lo explicado anteriormente, lo cual es únicamente la influencia indirecta del sistema vestibular en la atención, es decir, la dificultad de la mantención del balance y orientación que puede desviar la atención de una tarea cognitiva, se ha descrito que existe una dependencia directa

entre varias operaciones cognitivas y el sistema vestibular<sup>5</sup>.

Para la evaluación de esta habilidad se ha tomado en cuenta la influencia de la realización de actividades de la vida diaria las cuales generalmente desafían al individuo con varias tareas a la vez, o como se conoce en la terapia “tareas duales”. Variados estudios recomiendan la evaluación completa de todos los sistemas que influyen en el balance, sistema biomecánico, estrategias de movimiento (respuestas posturales automáticas y ajustes posturales anticipatorios), orientación en el espacio, control dinámico o estabilidad en la marcha, procesos cognitivos y estrategias sensoriales<sup>9,10</sup>. Dentro de esas evaluaciones se encuentra el Best-test<sup>11</sup> y la Functional Gait Assessment. En un estudio realizado por Leddy A., Crouner B. y Earhart G. (2010)<sup>12</sup>, comparan estas dos evaluaciones en pacientes con alteraciones del balance que sufrieron caídas y se concluyó que ambas son igualmente fiables y válidas, pero que el Best-test identifica de mejor manera a los pacientes que caen.

Si se requiere un *screening* de un paciente para saber si presenta caídas o tiene riesgo de presentarlas, la prueba *Timed up and go* (TUG) es particularmente útil para detectar trastornos del balance y de marcha, ya que requiere sólo unos minutos para ser administrada y determinar si una persona está con riesgo de caídas, sobre todo en la población mayor a 60 años<sup>13</sup>, ya que está recomendada por la Guía de Práctica Clínica de la APTA<sup>14</sup> para pacientes con trastornos vestibulares, en donde se presenta una breve lista de evaluaciones que se recomiendan como claves, donde dentro de la dimensión de actividades y participación se encuentran el TUG para evaluar movilidad y riesgo de caídas.

La evaluación de atención en estos pacientes se puede considerar el TUG cognitivo, en el cual el paciente realiza una tarea dual mientras realiza el test anteriormente mencionado<sup>15</sup>.

Otra forma de evaluar la atención en pacientes que tengan problemas en miembros inferiores para realizar marcha, además de evaluar memoria, es el recuerdo inmediato de 5 palabras, el recuerdo retrasado de 5 palabras (memoria de trabajo verbal). En un estudio realizado para el recuerdo inmediato

de palabras, a los pacientes se les dijo 5 palabras (cara, terciopelo, iglesia, margarita, rojo) lenta y claramente 1 vez y se les indicó que repitieran verbalmente las 5 palabras inmediatamente. Para la recuperación de palabras retrasada, se les pidió a los pacientes que recordaran la mayor cantidad de las 5 palabras posibles después de realizar una tarea de distracción que duró aproximadamente 1,5 min<sup>16</sup>.

Por último, una evaluación más profunda es el test neuropsicológico de atención y memoria el cual incluye varias medidas que se basan en principios y procedimientos desarrollados en neurociencia cognitiva. Evaluando dominios como orientación, atención y concentración, funciones ejecutivas, memoria de trabajo, memoria verbal inmediata, memoria verbal retrasada, memoria visual inmediata y memoria visual diferida, cada uno con sus propias subpruebas. Cada área incluye la evaluación de diferentes aspectos de ese dominio cognitivo particular. Por lo tanto, la evaluación de la atención incluye el nivel de alerta, la amplitud o la eficiencia de la vigilancia-concentración y la atención selectiva. La evaluación de la función ejecutiva consiste en entrenamiento, flexibilidad, inhibición y varias tareas de programación del motor. La evaluación de la memoria incluye el recuerdo inmediato y diferido del funcionamiento auditivo-verbal y visual-no verbal<sup>17</sup>.

### 3. Memoria

En la memoria espacial participan varias áreas cerebrales, entre las cuales el hipocampo juega un papel importante en el almacenamiento transitorio y la consolidación de la memoria. Además, el hipocampo está involucrado en mapas cognitivos, orientación y tareas de memoria espacial en humanos<sup>18</sup>.

Recientemente se ha demostrado que la falta de información sensorial vestibular disminuye el rendimiento de la memoria espacial e induce cambios bioquímicos en el hipocampo en los roedores<sup>18</sup>. A su vez, se ha visto que los pacientes con vestibulopatía bilateral tienen importantes déficits de memoria espacial y navegación, así como atrofia del hipocampo<sup>19</sup>. Los estudios han identificado al

hipocampo como parte integral de la construcción y memoria de mapas espaciales y la capacidad de navegar a través de entornos conocidos. Del mismo modo, los experimentos conductuales han demostrado que los animales con daño vestibular periférico tienen un rendimiento bajo en diversas tareas de aprendizaje y memoria<sup>5</sup>.

Los síntomas que son típicamente asociados a la disfunción vestibular incluyen mareo, inestabilidad y vértigo. Se ha establecido una conexión entre la disfunción vestibular, deterioro cognitivo, las quejas de pérdida de memoria y “brainfog” (niebla del cerebro) en pacientes con vértigo y enfermedad vestibular<sup>1</sup>.

Para la evaluación de esta función cognitiva superior se puede considerar el test antes mencionado neuropsicológico de atención y memoria, el cual incluye una evaluación de memorias: corto y de largo plazo, de trabajo y sensorial. Pero si se requiere una evaluación para pacientes adultos mayores, se recomienda el test Mini-mental, siendo un método valioso, constante y rápido para la evaluación rutinaria de cabecera del estado cognitivo. Además, es aplicado en la evaluación del Examen de Medicina Preventiva del Adulto Mayor (EM-PAM) en Chile. El Mini-mental evalúa orientación temporal y espacial a través del conocimiento del mes, día del mes, año y día de la semana. También memoria a corto plazo con recuerdo inmediato de 3 palabras. Evalúa atención, concentración, abstracción, comprensión, memoria e inteligencia mediante el recuerdo y repetición de números impares. Luego, tiene un ítem de evaluación de función ejecutiva para luego pasar a evaluar memoria a largo plazo pidiendo al paciente que repita las palabras que dijo en el ítem de memoria de corto plazo para confirmación de consolidación. Finalmente, se encuentra el ítem de capacidad visoconstructiva. El puntaje total es de 19 puntos con un corte de 13 puntos<sup>16,20,21</sup>.

Sin embargo, un estudio considera el mini-mental como un test adecuado para descartar el diagnóstico de demencia en la comunidad y en la atención primaria. Para todos los demás usos, recomienda que se combine o reemplace por otros métodos<sup>22</sup>.

#### 4. Autopercepción

Otros estudios sugieren que las señales vestibulares son esenciales para calcular representaciones cognitivas más abstractas del cuerpo, siendo relacionado incluso con la “cognición” somática. Por ejemplo, la estimulación vestibular calórica (CVS) puede tener efectos dramáticos en los trastornos neurológicos que implican una conciencia corporal alterada, incluida la falta de posesión de partes del cuerpo, somatognosia y anosognosia. Por ejemplo, en un estudio, la entrada vestibular influyó en la localización de inputs táctiles en la mano con estimulación eléctrica galvánica vestibular: los toques en el dorso de la mano se percibían como desplazados hacia la muñeca<sup>23</sup>.

Además, se ha demostrado que las señales vestibulares también son fundamentales para un mayor control sensoriomotor. Estudios relatan que al realizar movimientos como, por ejemplo, de un brazo, se requieren movimientos compensatorios que se basan en transformaciones vestibulo-motoras eficientes<sup>2</sup>.

Para la evaluación de la autopercepción en pacientes con alteraciones de balance, una evaluación rápida y que se encuentra dentro del Best-test antes mencionado es el test de interacción sensorial modificado, el cual consiste en 4 estadios en el cual el paciente se ve sometido a: primero la mantención del bípedo con superficie estable y ojos abiertos; segundo a mantención de bípedo en superficie estable con ojos cerrados; tercero en superficie inestable con ojos abiertos y por último superficie inestable con ojos cerrados. Esta evaluación sirve como un buen *screening* para evaluar los tres sistemas de integración sensorial que influyen en el balance, sistema visual, somatosensorial y vestibular<sup>11</sup>.

#### Riesgo de caídas

La incidencia de caídas es mayor en individuos con hipofunción vestibular que en individuos sanos de la misma edad que viven en la comunidad. Se ha reportado que las personas con trastornos vestibulares tienen un aumento de 8 veces su riesgo de caídas, lo cual es motivo de preocupación

debido a la morbilidad y mortalidad asociada con éstas<sup>14</sup>.

Las caídas, en la población de edad avanzada, pueden ocasionar costosos, debilitantes y catastróficos resultados llevando a una limitación de la movilidad y pérdida de independencia<sup>24,25</sup>.

¿Existe solución en caso de encontrar deterioros?

La rehabilitación vestibular es una intervención terapéutica enfocada en ejercicios que abordan los síntomas, signos y las limitaciones secundarias a una lesión en el sistema vestibular y que han logrado demostrar una disminución en el mareo, aumento de la estabilidad postural y agudeza visual<sup>14</sup>. Todo gracias a la neuroplasticidad, la cual se divide en la neuroplasticidad estructural y funcional. La

neuroplasticidad estructural implica cambios en el número y la ubicación de las sinapsis, la migración neuronal y también la neurogénesis. La neuroplasticidad funcional cae dentro del ámbito del aprendizaje y la memoria. Durante estos procesos, se producen cambios permanentes en las sinapsis entre las neuronas debido al ajuste estructural o procesos bioquímicos intracelulares<sup>26</sup>.

Los clínicos deben considerar estas variantes en la atención a un paciente para su pesquisa diagnóstica como para su posterior intervención; son elementos fundamentales para disminuir sintomatología del paciente, riesgos de caída, tiempos de tratamiento, aumentar seguridad personal, habilidades y, finalmente, mejorar la autopercepción de su condición de salud.

### **Resumen**

*La literatura generalmente habla sobre la contribución del sistema vestibular para el mantenimiento de la estabilidad y el equilibrio. Sin embargo, muchos estudios han descrito su contribución a una variedad de procesos cognitivos como la capacidad visuoespacial, la atención, la memoria y la autopercepción. Este estudio proporciona una referencia introductoria de la contribución del sistema vestibular en los procesos mencionados, la evaluación e influencia de estos en el riesgo de caídas, así como una solución a esta condición que generalmente ocurre en pacientes con alteraciones del sistema vestibular.*

**Palabras clave:** *Cognición, vestibular, centros superiores.*

### **Referencias bibliográficas**

1. Bigelow R, Agrawal Y. Vestibular involvement in cognition: Visuospatial ability, attention, executive function, and memory. *J Vestib Res* 2015; 25: 73-89.
2. Ferré E, Harris L. Introduction to Vestibular Cognition Special Issue: Progress in Vestibular Cognition. *Multisens Res* 2015; 28: 393-6.
3. Brandt T, Strupp M, Dieterich M. Towards a concept of disorders of "higher vestibular function". *Front Integr Neurosci* 2014; 8 (47): 1-8.
4. Hitier M, Besnard S, Smith P. Vestibular pathways involved in cognition. *Front Integr Neurosci* 2014; 8 (59): 1-16.
5. Hanes D, McCollum G. Cognitive-vestibular interactions: A review of patient difficulties and possible mechanisms. *J Vestib Res* 2006; 16: 75-91.
6. Ellis A, Mast F. Toward a Dynamic Probabilistic Model for Vestibular Cognition. *Front Psychol* 2017; 8 (138): 1-7.
7. Ortega G, Alegret M, Espinosa A, Ibarria M, Canabate P, Boada M. Valoración de las funciones viso-perceptivas y viso-espaciales en la práctica forense. *Rev Esp Med Legal* 2014; 40 (2): 83-5.
8. Andersson G, Hagman J, Talianzadeh R, Svedberg A, Larsen H. Dual-Task Study of Cognitive and Postural Interference in Patients with Vestibular Disorders. *Otol Neurotol* 2003; 24: 289-93.
9. Horak, B. Postural orientation and equilibrium:

- what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing* 2006; 35 (2): ii7-ii11.
10. Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor Control translating research into clinical practice. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
  11. Horak F, Wrisley D, Frank J. The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to Differentiate Balance Deficits. *Phys Ther* 2009; 89 (5): 484-98.
  12. Leddy A, Crouner B, Earhart G. Functional Gait Assessment and Balance Evaluation System Test: Reliability, Validity, Sensitivity, and Specificity for Identifying Individuals With Parkinson Disease Who Fall. *Phys Ther* 2010; 91: 102-13.
  13. Bradley S. Falls in Older Adults. *Mt Sinai J Med* 2011; 78: 590-5.
  14. Hall C, Herdman S, Whitney S, Cass S, Clendaniel R, Fife T, et al. Vestibular Rehabilitation for Peripheral Vestibular Hypofunction: An Evidence-Based Clinical Practice Guideline. *APTA* 2016; 40: 1-33.
  15. Hofheinz M, Schusterschitz C. Dual task interference in estimating the risk of falls and measuring change: a comparative, psychometric study of four measurements. *Clin Rehabil* 2010; 24: 831-42.
  16. Stegemoller E, Nocera J, Malaty I, Shelley M, Okun M, Hass C, et al. Timed Up and Go, Cognitive, and Quality-of-Life Correlates in Parkinson's Disease. *Arch Phys Med Rehabil* 2014; 95: 649-55.
  17. Gómez E, Ostrosky F. Attention and Memory Evaluation Across the Life Span: Heterogeneous Effects of Age and Education. *J Clin Exp Neuro-psychol* 2007; 28: 477-94.
  18. Besnard S, Machado M, Vignaux G, Boulouard M, Coquerel A, Bouet V, et al. Influence of Vestibular Input on Spatial and Nonspatial Memory and on Hippocampal NMDA Receptors. *Hippocampus* 2015; 22: 814-26.
  19. Brandt T, Schautzer F, Hamilton D, Bruning R, Markowitsch H, Kalla R, et al. Vestibular loss causes hippocampal atrophy and impaired spatial memory in humans. *Brain* 2005; 128: 2732-41.
  20. MINSAL. Manual de Aplicación del Examen de Medicina Preventiva del Adulto Mayor. Programa de Salud del Adulto Mayor División de Prevención y Control de Enfermedades 2014; 1: 1-16.
  21. Dick J, Guiloff R, Stewart A, Blackstock J, Bielawska C, Paul E, et al. Mini-mental state examination in neurological patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1984; 47: 496-9.
  22. Mitchell A. A meta-analysis of the accuracy of the mini-mental state examination in the detection of dementia and mild cognitive impairment. *J Psychiatr Res* 2009; 43: 411-31.
  23. Ferrè E, Vagnoni E, Haggard P. Vestibular contributions to bodily awareness. *Neuropsychologia* 2013; 51: 1445-52.
  24. Lin H, Bhattacharyya N. Impact of Dizziness and Obesity on the Prevalence of Falls and Fall-Related Injuries. *Laryngoscope* 2014; 124: 2797-801.
  25. Fernández L, Breinbauer H, Delano P. Vertigo and dizziness in the elderly. *Front Neurol* 2015; 6: 144.
  26. Demarin V, Morovic S, Bene R. Neuroplasticity. *Periodicum Biologorum* 2014; 116 (2): 209-11.

---

Correspondencia:

Silvia Donoso Troncoso  
 Juan Francisco González 937, La Reina,  
 Región Metropolitana, Santiago de Chile.  
 Código postal: 7860213.  
 Email: sdonosot@uft.edu