

# Reflexiones sobre rehabilitación vestibular a propósito de un caso con uso de paradigma de tareas dobles

## Insights on vestibular rehabilitation concerning one case with the use of dual task paradigm

Elvira Cortese S.<sup>1,2</sup>, Camila López G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Atención Fonoaudiológica, Universidad de Valparaíso. Valparaíso, Chile.

<sup>2</sup>Escuela de Fonoaudiología, Facultad de Medicina, Universidad de Valparaíso. Valparaíso, Chile.

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Recibido el 8 de octubre de 2019. Aceptado el 12 de enero de 2020.

Correspondencia:  
Elvira Cortese S.  
Angamos 680, Reñaca, Viña del Mar.  
Centro de Atención Fonoaudiológica, Universidad de Valparaíso.  
Valparaíso, Chile.  
Email: elvira.cortese@uv.cl

### Resumen

Se presenta una reflexión producto de la introducción del paradigma de tareas dobles en el abordaje terapéutico en un caso de vestibulopatía unilateral periférica. Se aplicaron pautas de autovaloración de la discapacidad y riesgo de caídas, complementándose con una completa evaluación del equilibrio funcional y la marcha. Se planificó una terapia personalizada, jerarquizándose objetivos con un criterio funcional. Se incorporó el paradigma de tareas dobles, incluyéndose tareas cognitivas simples a la terapia tradicional de rehabilitación vestibular, con el fin de reducir la influencia cortical sobre la ejecución motora, potenciar la ganancia y funcionalidad de los reflejos remanentes, estimular funciones cognitivas superiores y potenciar procesos atencionales subyacentes, necesarios para lograr la compensación. Los resultados de la reevaluación mostraron una evolución favorable, con remisión de la sintomatología, disminución significativa de los puntajes obtenidos en las diferentes pautas empleadas y una mejoría subjetiva en el equilibrio y marcha funcional después de la terapia. Lo anterior se asoció a la recuperación de la autonomía e independencia para la ejecución de actividades diarias, incidiendo favorablemente en la calidad de vida de la paciente. Los hallazgos confirman los beneficios del programa de rehabilitación vestibular diseñado. Se requieren estudios adicionales, orientados a evidenciar y corroborar el impacto específico de la incorporación del paradigma de tareas dobles en la rehabilitación de los trastornos del equilibrio y especialmente, en procesos de estimulación o rehabilitación vestibular en adultos mayores.

**Palabras clave:** tareas dobles, rehabilitación vestibular, inhibición cortical, automatización motora, estimulación cognitiva, adulto mayor.

### Abstract

*This article presents the analysis and reflections evoked from an experience in vestibular rehabilitation with the introduction of the paradigm of dual task in a unilateral peripheral vestibulopathy case. First, disability self-assessment guidelines, risk of falls scales and assessment tools of functional balance and gait were applied in order to determine the main symptoms and the main difficulties observed. Afterwards, a personalized therapy was planned, in which work objectives were hierarchized based on a functional criterion, introducing "dual-task" strategies as tools for diminish cortical influence on motor performances, allowing the automation of the required task; enhance the gain and functionality of the remaining reflexes, especially vestibulo ocular and vestibulospinal reflex and stimulate superior cognitive functions and underlying attentional processes, necessary to achieve central compensation. The final assessment showed a favorable evolution, with a significant decrease in the after-therapy scores obtained in fear of falling and disability self-perception protocols, before and after therapy and, finally, an improvement in functional balance and gait, through the pre and post therapy performance in the timed up and go and assessment of unipedal stand tests. This allowed the patient to regain her autonomy and independence in daily life activities improving her quality of life, confirming the benefits of the designed*

*vestibular rehabilitation program. However, more studies are needed to corroborate the specific contribution of the dual-task paradigm in vestibular rehabilitation and specially, in vestibular stimulation or rehabilitation processes in older adults.*

**Keywords:** *dual-task, vestibular rehabilitation, cortical inhibition, motor automatization, cognitive stimulation, older adults.*

## Introducción

La función del balance y el equilibrio en el ser humano resulta de la integración neurosensorial central de tres sistemas principales: visual, propioceptivo y vestibular<sup>1</sup>. La vestibulopatía unilateral periférica, se manifiesta clásicamente como un síndrome vestibular agudo, siendo una de las consultas más frecuentes en otorrinolaringología<sup>2</sup>. Se presenta por una lesión de la porción sensorial vestibular que puede afectar parcial o totalmente al laberinto posterior y/o nervios vestibulares. Su etiología multifactorial se relaciona frecuentemente con procesos infecciosos y/o inflamatorios de vías aéreas superiores, procesos autoinmunes, traumatismos, entre otros. Algunos de los síntomas más frecuentes que presentan estos pacientes corresponden a vértigo, síntomas neurovegetativos, desequilibrio y dificultad al caminar, por la tendencia a caer constantemente hacia el lado afectado.

El proceso de recuperación que tiene lugar luego de una lesión recibe el nombre de compensación vestibular y engloba una serie de procesos de neuroplasticidad que ocurren a nivel de sistema nervioso central (SNC)<sup>3,4</sup>. La compensación se puede inducir mediante estimulación y potenciación de reflejos y habilidades remanentes, a través de diversas estrategias aplicadas a la terapia de rehabilitación vestibular, como la habituación, adaptación y sustitución<sup>5</sup>.

De esta forma, mediante la repetición de ejercicios de habituación se logra la reintegración de las informaciones de entrada al sistema nervioso central, junto al equilibrio de la actividad de núcleos vestibulares; utilizando estrategias de adaptación se busca potenciar los reflejos remanentes, especialmente del reflejo vestíbulo-ocular, aumentando su ganancia y precisión; mientras que activando y estimulando los receptores periféricos de los sistemas complementarios del equilibrio, como el uso de claves visuales y somatosensoriales a través

de estrategias de sustitución, se integran las señales sensoriales, potenciando la función vestibular disminuida<sup>4-6</sup>.

Con el propósito que la información de entrada sea integrada y coordinada a nivel de sistema nervioso central para lograr las complejas funciones relacionadas a la orientación espacial y la mantención de la postura en el espacio, se requiere de la participación de múltiples y diversas estructuras. Estudios realizados en modelos animales han ido progresivamente develando las redes anatómicas que conforman la denominada "cognición vestibular"<sup>7</sup>. Hasta el momento, se han descrito varias áreas de proyección vestibulo-cortical, tales como: vías vestibulo-talámico-corticales (VTC), que transmiten información espacial del entorno mediante conexiones con la corteza parietal, entorrinal, perirrinal e hipocampo, con rol en la autopercepción y percepción de movimiento de objetos en el entorno; vías entre núcleo dorsal tegmental hacia el núcleo anterodorsal del tálamo y la corteza entorrinal (VNDT-NADT+CE), que informan acerca del movimiento de la cabeza; vías entre los núcleos reticularis pontis oralis, supramamilar y septo medio del hipocampo (NRPO+SM-SMHC), que transmiten información sobre ritmo theta y memoria en hipocampo; una posible vía entre cerebelo y núcleo ventro-lateral del tálamo hacia el córtex parietal (CB+NVLTP-CP), que transmite información para el aprendizaje espacial y, por último, una posible nueva ruta propuesta, que llevaría información relativa a aprendizaje espacial y memoria a través de los ganglios basales<sup>7</sup>.

Adicionalmente, se ha planteado que diversas áreas de la corteza participarían en procesos de retroalimentación sobre centros inferiores, especialmente con acción reguladora, mediante el control postural sobre los reflejos vestíbulo espinales<sup>7</sup>. Al respecto, ya los primeros trabajos en modelos animales identificaron la corteza parietal anterior como una zona altamente responsiva frente a estimulación vestibular, la que

## CASO CLÍNICO

se ha planteado como un centro de integración de información vestibular con diversos inputs somato sensoriales provenientes de la cabeza, el cuello y las extremidades superiores<sup>8-11</sup>.

Por otra parte, la corteza parieto-insular vestibular (PIVC), se ha vinculado a múltiples procesos en la mantención de la postura y el equilibrio en el humano, tanto a nivel de planificación motora, como en la coordinación e integración de la información. Aunque su localización exacta aún no está del todo clara, se ha podido identificar mediante resonancia magnética funcional (fMRI) una activación de la zona de unión temporoparietal frente a estimulación vestibular calórica<sup>12,13</sup>. La PIVC estaría vinculada a la integración de información vestibular y propioceptiva durante el movimiento, independiente del movimiento cefálico<sup>9,11,14-17</sup>. Adicionalmente, la corteza parietal posterior también es conocida como un integrador multimodal, que jugaría un papel en la representación espacial y en la autopercepción de movimiento y aceleración. El giro cingulado y el córtex retrosplenial (Brodmann 29-30) tendrían un rol en la navegación espacial, mientras que las cortezas hipocampal y parahipocampal serían zonas donde se integrarían los mapas cognitivos que se construyen en base a información proveniente de diversos grupos celulares del hipocampo, como las neuronas de lugar o "place cells", las "border cells" y las neuronas de dirección cefálica o "head direction cells"<sup>7</sup>. En grupos de pacientes con hipofunción vestibular bilateral, se ha demostrado atrofia hipocampal bilateral y problemas en habilidades de memoria espacial<sup>12,13,18,19</sup>. Por último, otras funciones se han visto alteradas en pacientes con lesiones vestibulares, como las habilidades de reconocimiento de objetos y la cognición numérica, las que podrían vincularse con los déficits en la percepción espacial presentes en dichos casos<sup>7,20</sup>.

La mayoría de las actividades de la vida diaria, como cruzar la calle, tomar el bus o coger un objeto del suelo, requieren del trabajo conjunto de múltiples sistemas y del manejo apropiado de no una, sino dos o varias tareas simultáneas<sup>21</sup>. Como se mencionó anteriormente, para lograr el equilibrio y balance en situaciones de mayor exigencia sensorial, se requiere de la integración cortical de las diversas aferencias, para la planificación y ejecución

del movimiento<sup>21,22</sup>. El paradigma de tarea doble (*dual task* en inglés) consiste en realizar dos tareas simultáneamente, para evaluar, por ejemplo, el efecto de una tarea cognitiva sobre una tarea primaria motora<sup>23,24</sup>. Este paradigma, estudiado en humanos, ha demostrado que al introducir una tarea cognitiva a una tarea motora - como son las tareas de equilibrio - la ejecución de la tarea motora se dificulta. Por otra parte, se ha demostrado que la práctica de este tipo de tareas generaría diversos mecanismos y estrategias de control postural. El entrenamiento y la práctica de tareas dobles provocaría una mejoría y automatización de los actos motores y de las funciones de balance y equilibrio, entre otros factores<sup>21,25</sup>. Se ha propuesto que ello se debe a la activación de procesos atencionales subyacentes, que, al parecer, tendrían un rol en lograr y mantener la compensación central<sup>24,25</sup>.

Si bien, en el último tiempo se ha observado un creciente interés por develar la naturaleza de los vínculos entre el sistema vestibular y ciertas funciones cognitivas como la atención o la memoria visuo-espacial para la planificación y ejecución del acto motor final, aun no se ha logrado esclarecer cuáles serían efectivamente dichas interrelaciones o su grado de dependencia<sup>26</sup>. En este contexto, estudios que han utilizado el paradigma de tareas dobles, han evidenciado que el efecto de interferencia de una inhibición cortical programada, sobre la ejecución motora, pareciera ser transversal cuando lo que se mide es la precisión o el impacto en la oscilación del paciente o "sway", afectando de forma similar a sujetos controles como a pacientes con lesiones vestibulares; sin embargo, el impacto de incluir una tarea doble sobre el tiempo de reacción, pareciera tener efectos específicos de mayor significancia cuando se evalúa en grupos de sujetos con patología vestibular<sup>23,24</sup>. Estos hallazgos, en cuanto a la compensación vestibular, refuerzan su carácter central, relevando el rol continuo de las funciones atencionales sobre el estado compensado. Lo anterior se manifiesta de forma evidente en grupos de pacientes con cierta alteración en las capacidades cognitivas superiores y/o disminución de los recursos atencionales, como ocurre en adultos mayores<sup>27</sup>. En consecuencia, la dependencia de la compensación central con recursos atencionales podría explicar que

sujetos que han manifestado lesiones vestibulares que se encuentran ya compensadas clínicamente, suelen manifestar variables retrocesos (que en la clínica suelen referirse como “descompensaciones”) frente a estados ansiosos, depresivos o de estrés; los que, de forma directa o indirecta, intervienen sobre los estados atencionales del paciente.

Sugerimos que la introducción del paradigma de tareas dobles en la terapia de rehabilitación vestibular sería un elemento positivo facilitador del proceso de compensación central, tanto en pacientes con lesiones vestibulares no compensadas o parcialmente compensadas, especialmente en pacientes adultos mayores, en quienes se potenciarían en paralelo funciones vestibulares, propioceptivas y de control postural junto a funciones cognitivas en proceso de deterioro. Lo anterior se abordará en mayor detalle en el apartado final de discusiones. El presente trabajo presenta el análisis y reflexiones emanadas luego de la introducción del paradigma de tareas dobles a la terapia de rehabilitación vestibular tradicional (TRV), en un caso de vestibulopatía unilateral periférica atendido en el Centro de atención fonoaudiológica de la Universidad de Valparaíso, entre los meses de octubre y diciembre de 2017.

## Caso Clínico

Se presenta una experiencia en el abordaje de un caso de vestibulopatía unilateral periférica, mediante terapia de rehabilitación vestibular con introducción del paradigma de tareas dobles. El trabajo considera la aplicación de una evaluación inicial mediante pautas de autovaloración de la discapacidad y el riesgo de caídas, descripción de sintomatología característica y principales dificultades observadas; además de una evaluación del equilibrio funcional y la marcha. En una segunda fase se considera la aplicación de un programa de TRV con paradigma de tareas dobles y, finalmente, una reevaluación del equilibrio para establecer la evolución y efecto de la TRV.

### Selección del paciente

Para llevar a cabo la selección del participante, se tomaron en consideración los

siguientes criterios de inclusión: Ser adulto, presentar diagnóstico médico otorrinolaringológico de vestibulopatía unilateral periférica, presentar derivación desde especialista otorrinolaringólogo para recibir TRV en el Centro de atención fonoaudiológica de la Universidad de Valparaíso (CAFUV). Se solicitó la participación voluntaria por parte del paciente, mediante la firma de un consentimiento informado. La paciente fue una mujer de iniciales P.V., de 60 años, diagnosticada con vestibulopatía unilateral periférica a izquierda de un 26%. Valor obtenido a través de evaluación de VIII par con registro video-nistagmográfico y cálculos realizados mediante fórmula de Jonkees en base a parámetro de velocidad de la componente lenta del nistagmo (VCL). La paciente fue derivada para realizar terapia de rehabilitación vestibular en CAFUV.

### Evaluación

A su ingreso, se evaluó la discapacidad asociada al cuadro de hipofunción, mediante aplicación de pautas de autovaloración de la discapacidad y observación clínica del equilibrio funcional y la marcha. Ingresa al programa de TRV con paradigma de tareas dobles. Se utilizaron pautas de autovaloración de la discapacidad y pruebas funcionales para valorar el reflejo vestibulo-espinal y riesgo de caídas, las cuales fueron analizadas con el fin de obtener información de la queja y sintomatología característica de la paciente.

*Dizziness handicap inventory (DHI)*<sup>28</sup>: Homologación lingüística nacional<sup>29</sup> (cuestionario autoaplicado, que mide la discapacidad subjetiva generada por el mareo o la inestabilidad). Consta de 25 ítems, donde la puntuación se divide en aspectos funcionales, físicos y emocionales. A mayor puntaje obtenido en la prueba mayor será el nivel de discapacidad, donde un puntaje entre 16-34 puntos es un nivel leve de discapacidad, entre 36-54 puntos, un nivel moderado y un puntaje igual o mayor a 54 puntos, correspondería a un grado severo de discapacidad asociada; consolidando un total de 100 puntos como máxima discapacidad percibida. El tiempo de aplicación promedio de esta prueba es de 5 minutos.

*Falls efficacy scale-international (FES-I)*<sup>30</sup>: Es una herramienta corta y fácil de autoadmi-

## CASO CLÍNICO

nistrar que mide el nivel de preocupación de caer durante las actividades físicas y sociales, dentro y fuera del hogar, mientras la persona realiza la actividad. El nivel de preocupación se mide en una escala *Likert* de cuatro puntos (desde 1 = no está preocupado a 4 = muy preocupado). Consta de dieciséis ítems y puede resultar en: bajo nivel de preocupación (16 a 19 puntos), moderado nivel de preocupación (20 a 27 puntos) y alto nivel de preocupación (28 a 64 puntos). El tiempo de aplicación para esta prueba es en promedio 5 minutos.

*Timed up and go (TUG)*<sup>31</sup>: Es una prueba cronometrada, rápida y fácil de realizar, que solo requiere una silla y tres metros de espacio para caminar. Se utiliza para evaluar de forma objetiva el riesgo de caídas y la capacidad de vivir independientemente en población mayor, y ha sido identificada como un predictor de la supervivencia global. Mide funciones simples, pero importantes, entre ellas: estar de pie, caminar, cambiar de dirección, caminar de nuevo y sentarse. En adultos mayores sanos, una ejecución en menos de 20 segundos se correlaciona con movilidad funcional conservada. Se ha propuesto como criterio de corte una ejecución menor o igual a 15 segundos<sup>32</sup>. El tiempo de aplicación promedio de esta prueba es de 5 minutos.

*Prueba de apoyo unipodal (AU)*: Consiste en mantener el equilibrio corporal el mayor tiempo posible, apoyado en una extremidad inferior. Para esta evaluación, el usuario debe vestir calzado cómodo, estar en posición de pie, con los brazos cruzados delante del tórax y apoyados en los hombros, y no puede solicitar o utilizar ayuda para mantenerse en la posición indicada. Los criterios de corrección de la prueba consideran: “equilibrio normal” para aquella persona capaz de mantener la posición descrita por más de 5 segundos y “equilibrio alterado” para la persona que registra menos de 4 segundos de estabilidad en la posición. Los criterios de suspensión de la prueba son: que las extremidades inferiores se toquen entre sí, el pie evaluado toque el suelo o el usuario pierda el equilibrio y descruce los brazos buscando apoyo. Esta prueba fue incluida en la guía clínica para la prevención de caídas en adultos mayores del Ministerio de Salud<sup>33</sup>.

*Anamnesis específica*: entrevista semiestructurada, elaborada por el equipo de fonoaudiólogos especialistas en el área de Otoneurología de la Universidad de Valparaíso y, especialmente, diseñada para pacientes derivados a terapia de rehabilitación vestibular, por lo que ha sido enfocada en los principales síntomas de la vida diaria y su contexto de aparición. Recoge datos clínicos relevantes, que permitirán estructurar la terapia y jerarquizar objetivos de la misma. Su tiempo de aplicación promedio es de 5 minutos. Tras la firma del consentimiento informado se procedió a la obtención de datos mediante anamnesis específica, pautas de autovaloración de la discapacidad y riesgo de caídas, y evaluación funcional del equilibrio y la marcha mediante aplicación de la batería de pruebas: test de Romberg, test de Unterberger, marcha libre, marcha en una línea con ojos abiertos, prueba de Babinski-Weil, AU, TUG y evaluación del equilibrio sobre superficie irregular. En la evaluación del equilibrio dinámico y la marcha se consideró, entre otras variables: precisión de los movimientos, presencia de desviaciones o pulsiones, inestabilidad, aumento de base de sustentación, velocidad de la marcha, rango y estabilidad de la zancada, rigidez cervical, tendencia a girar en bloque, necesidad de apoyos, entre otros.

### Resultados de la evaluación inicial

En la evaluación del equilibrio estático, mediante test de Romberg, se observó inestabilidad y tendencia a oscilar. La paciente refirió inseguridad, sensación de oscilación del entorno y temblor en extremidades inferiores. No se observaron lateropulsiones evidentes. En el test de Unterberger, se observó la desviación sistemática del eje central a izquierda, mayor a 45° (sin desplazamiento), mientras que, en evaluación de la marcha, si bien no se observaron desviaciones significativas del eje central, se evidenció una asimetría de hombros con inclinación cefálica y del tronco a izquierda, inseguridad y aumento en la base de sustentación. La aplicación del TUG evidenció giros en bloque, tendencia a utilizar las manos como apoyo para poder levantarse y sentarse, y un tiempo promedio de ejecución de 18 segundos en tres intentos. En prueba de apoyo unipodal, se evidenció marcada dificultad

tad para mantener el balance, lo que se tradujo en tiempos muy breves de ejecución correcta (4-5 segundos de postura mantenida sin ayuda), con una mayor dificultad para mantener el AU a derecha, resultados no acordes a lo esperado para su edad. Adicionalmente, la paciente refirió molestia en la zona cervical, asociada a una marcada rigidez muscular, evidenciada mediante palpación y movimiento. Lo anterior se traducía en una tendencia a girar en bloque durante la marcha.

En cuanto a la autovaloración de la discapacidad asociada y riesgo de caídas, evaluados al momento de iniciar la terapia, se obtuvieron los siguientes resultados: 84 puntos en la pauta DHI, lo que correspondió a una discapacidad severa; 47 puntos en la pauta de confianza en el equilibrio FES-I, lo que indica un elevado riesgo de caídas. La sintomatología vertiginosa, junto al trastorno del equilibrio y la marcha evidenciados, generaban un amplio impacto en la mayoría de las actividades de la vida diaria, lo que se acompañaba de la preocupación constante al realizarlas, por miedo a caer. Los resultados de la evaluación inicial y final se resumen en la Tabla 1.

Se planificó un programa de TRV, jerar-

quizando objetivos y contenidos a trabajar en base a un criterio funcional, a los síntomas y signos característicos del paciente, y siguiendo una progresión de complejidad creciente. En una primera fase se priorizó el trabajo de ejercicios orientados a potenciar RVO y disminuir sintomatología, mediante estrategias de adaptación y habituación, para ir incorporando gradualmente ejercicios de control postural (RVE) y trabajo de sistemas complementarios mediante estrategias de sustitución. Con fin de aumentar la complejidad y automatizar el control postural, se fueron integrando tareas cognitivas que debían ser realizadas en forma paralela a los ejercicios motores, utilizando el paradigma de tarea doble (Tabla 2). Otro elemento que se abordó como objetivo transversal fue la dismovilidad cervical, característica en pacientes que sufren de alteraciones vestibulares. En este sentido, se entregaron ejercicios específicos de elongación para las zonas cervical, torácica y lumbar, los que se realizaron y revisaron sesión a sesión junto a la paciente para ir normalizando la tonicidad muscular y el rango de movimiento, rompiendo el círculo vicioso de la rigidez cervical y el vértigo cervicogénico. En cada sesión se le entregó una

**Tabla 1. Comparación de resultados de evaluación pre-TRV y post-TRV**

RES	Ev - Inicial	Valoración	Ev - Final	Valoración
DHI	84 puntos	Discapacidad severa	8 puntos	Discapacidad leve mejoría significativa. Variación > a 18 puntos entre resultados pre y postterapia <sup>28</sup>
FES-I	47 puntos	Alto riesgo de caídas	18 puntos	Bajo riesgo de caídas; < 23 puntos
TUG	18 s promedio en 3 intentos	Riesgo de caídas	< 10 s promedio 3 intentos	Desempeño normal < 15 s
ROMBERG	Oscilante	(+)	No oscila	(-)
UNTERBERGUER	Giro > 45° a izq.	(+)	No desvía de eje central	(-)
AU	4-5 s promedio en 3 intentos	Riesgo de caídas	18 s promedio 3 intentos	Desempeño normal > a 5 s

Resumen de resultados obtenidos antes y después de la terapia: En DHI se evidencia una mejoría significativa de acuerdo a los autores, con una variación mayor a 18 puntos entre resultados pre y postterapia<sup>28</sup>, resultados compatibles con evolución evidenciada mediante aplicación de pauta de riesgo de caídas FES-I, donde en la reevaluación se obtuvo un puntaje menor a 23 puntos, que sitúa a la paciente en un rango de bajo riesgo, mientras que en las pruebas de evaluación funcional, TUG y AU, el desempeño postterapia situó a la paciente en un rango de normalidad.

## CASO CLÍNICO

Tabla 2. Estructura base del programa de TRV con tareas dobles (TD)					
Nº Sesión	Actividad	Serie (SR)	Estímulo visual (EV)	Condición propioceptiva (CP)	Tarea doble (TD)
Sesión 1	E1. Estabilización de la mirada / RVO con movimientos cefálicos horizontales y verticales	3 x 15 5 veces por día	Tarjeta con fondo blanco	Sobre superficie firme Pies juntos	NO
	E2. Cancelación del RVO (velocidad mínima: ej.: metrónomo entre 5-15 bpm ida y vuelta)	3 x 15 5 veces por día	Tarjeta con fondo blanco	Sobre superficie firme Pies juntos Velocidad mínima	NO
	E3. Seguimiento lento en dirección horizontal y vertical	3 x 15 5 veces por día	Tarjeta con fondo blanco	Sobre superficie firme Pies juntos	NO
Sesión 3	E1. Estabilización de la mirada / RVO con movimientos cefálicos en dirección diagonal a ambos lados	3 x 15 5 veces por día	Tarjeta con fondo visual ajedrez simple	Sobre colchoneta Pies separados ancho de los hombros Progresar juntando los pies	NO
	E2. Sacádicas con 4 estímulos (metrónomo: bpm 90-100)	3 x 15 5 veces por día	Tarjeta con fondo visual ajedrez simple	Sobre colchoneta Pies separados ancho de los hombros Progresar juntando los pies	NO
	E3. Cancelación del RVO (metrónomo: entre 10-20 bpm)	3 x 15 5 veces por día	Fijando mirada en pulgares al centro	Sobre colchoneta Pies separados ancho de los hombros Progresar juntando los pies	NO
Sesión 4	E1. Ejercicio de reflejo optokinético. Con generador OKN y aVOR	2 series de 1 minuto a derecha y 2 series de 1 minuto a izquierda 5 veces por día	Generador OKN y aplicación aVOR	Sobre colchoneta Pies juntos	Conteo regresivo desde 100, en pares
	E2. Estabilización de la mirada, con movimientos cefálicos en plano horizontal vertical y diagonal, en velocidad	3 x 15 5 veces por día	Tarjeta con fondo ajedrez simple	Sobre colchoneta Pies juntos	Conteo regresivo desde 100, en pares
	E3. Marcha con movimientos de cabeza en plano horizontal	5 series ida y regreso 5 veces por día	Blanco en muro para fijación de la mirada	En corredor de 3 a 4 mt de largo Superficie regular	Conteo regresivo desde 100, en pares
	E4. Movimientos sacádicos con 4 estímulos (metrónomo: bpm 110-150)	2 series de 1 minuto a derecha y 2 series de 1 minuto a izquierda 5 veces por día	4 blancos en muro para fijación de la mirada	Sobre colchoneta Pies juntos	Conteo regresivo desde 100, en pares
Sesión 4	E1. Ejercicios de punta-talón con fijación de la mirada	3 x 15 5 veces por día	Tarjeta con fondo visual complejo +	Superficie regular Pies juntos	Conteo regresivo desde 100, de tres en tres Fluidez verbal-semántica

Tabla 2. Estructura base del programa de TRV con tareas dobles (TD) (continuación)					
Nº Sesión	Actividad	Series (SR)	Estímulo visual (EV)	Condición propioceptiva (CP)	Tarea doble (TD)
Sesión 4	E2. Lanzar y atrapar un balón con fijación de la mirada	3 x 15 5 veces por día	Fijando la mirada en balón	Superficie regular Pies juntos	Conteo regresivo desde 100, de tres en tres Fluidez verbal semántica
	E3. Recoger objetos del suelo y recoger de a uno, fijando mirada al subir	5 veces por día	30 perros de ropa de colores, para fijación de la mirada	Superficie regular Pies juntos	Conteo regresivo desde 100, de tres en tres Fluidez verbal semántica
	E4. Marcha con movimientos cefálicos en plano horizontal y vertical, en velocidad	5 series ida y regreso 5 veces por día	Blanco en muro para fijación de la mirada	En corredor de 3 a 4 m de largo Superficie regular	Evocando números impares
	E1. Ejercicio de punta talón mantenido + traspaso del balón alrededor del cuerpo y fijación de la mirada	3 x 15 5 veces por día	Blanco para fijación de mirada en muro Fondo visual	Sobre colchoneta Pies separados al ancho de los hombros	Cálculo mental simple Evocar
Sesión 5	E2. Ejercicio de mover balón en círculos sobre la cabeza y hasta tocar el suelo, con fijación de la mirada	3 x 15 5 veces por día	Complejo ++	Progresar juntando los pies	Meses del año en orden reverso
	E3. Marcha con movimientos de cabeza en plano horizontal y vertical y detenciones rápidas	3 x 15 5 veces por día	Blanco para fijación de mirada en muro Fondo visual	Sobre colchoneta Pies separados al ancho de los hombros	Cálculo mental simple Evocar meses del año en orden reverso
	E4. Cancelación del RVO (metrónomo: entre 20-30 bpm)	3 x 15 5 veces por día	Fijando mirada en pulgares al centro	Sobre colchoneta Pies juntos	Cálculo mental simple Evocar meses del año en orden reverso
	E1. Estabilización de la mirada/RVO, con movimientos cefálicos en plano horizontal, subiendo y bajando escabel	3 x 15 5 veces por día	Blanco en muro para fijación de mirada Fondo visual	Escala o escabel Sobre superficie firme Colchoneta y pies juntos	Conteo regresivo desde 200, de tres en tres Fluidez verbal semántica Fluidez verbal fonológica
Sesión 6	E2. Marcha con movimientos de cabeza en plano horizontal y vertical, pasando sobre obstáculos y colchoneta	3 x 15 5 veces por día	Blanco en muro para fijación de mirada Fondo visual	Superficie firme Colchoneta Caja de zapatos	Conteo regresivo desde 200, de tres en tres Fluidez verbal semántica Fluidez verbal fonológica
	E3. Transferencia de peso en apoyo unipodal y estabilización de la mirada/RVO con movimientos cefálicos en plano horizontal y vertical	3 x 15 5 veces por día	Blanco en muro para fijación de mirada Tarjeta sobre fondo visual complejo +++	Escala o escabel, sobre superficie firme Caja de zapatos	Conteo regresivo desde 200, de tres en tres Fluidez verbal semántica Fluidez verbal fonológica
	Reevaluación: evaluación final post-TRV				

SR: series y repeticiones, EV: estímulo visual, CP: condición propioceptiva, TD: tarea doble. Todos los ejercicios debían ser realizados 5 veces al día. Los ejercicios fueron denominados con la letra E más un número correlativo por sesión. Aquellos que se realizaron sobre una colchoneta fueron indicados para su ejecución domiciliaria utilizando un cojín. Se entregaron indicaciones a la paciente para los ejercicios domiciliarios, progresando en dificultad. Se denota con + a +++ el grado de complejidad de la progresión correspondiente, en cada sesión. Las aplicaciones utilizadas ("metrónomo beats" y "aVOR"), se descargan desde Play store.



## CASO CLÍNICO

serie de ejercicios para trabajo domiciliario, los cuales debían ser realizados diariamente. Cada semana se revisó la ejecución correcta de los ejercicios entregados, se orientó a la paciente acerca de la relevancia y función de los distintos ejercicios abordados, en el contexto de su patología y, se le retroalimentó acerca de la importancia de su rol activo en la terapia. La estructura base del programa de TRV personalizado, con introducción de tareas dobles, se resume en la Tabla 2. Conforme a los avances evidenciados hacia la quinta sesión, se realizó una reevaluación a la sexta semana. Los resultados de ambas evaluaciones, inicial y final, se resumen en la Tabla 1.

### Resultados de la evaluación final

Los resultados de la reevaluación final, fueron los siguientes: En la pauta *DHI* se obtuvo 8 puntos, lo que correspondió a una disminución significativa de la discapacidad asociada al cuadro, mientras que en la pauta *FES-I* se obtuvo 18 puntos de un mínimo de 16, lo que se relaciona con un incremento de confianza en el equilibrio y una reducción en el riesgo de caídas, al quedar bajo los 23 puntos. En la evaluación del equilibrio estático, test de Romberg en condición de pies juntos y ojos cerrados, se evidenciaron pequeñas oscilaciones, mientras que en el equilibrio funcional y la marcha, se observaron mejorías evidenciables en un mejor control postural, lo que se tradujo en la ausencia de desviaciones corporales del eje central, la disminución de la base de sustentación en bipedestación y marcha, la recuperación del balanceo natural de brazos y tronco durante la marcha y la normalización del tono muscular cervical durante las actividades diarias, evidenciada además, por la ausencia de giros en bloque durante actividades de marcha con giros. A este respecto, la paciente refirió una disminución del dolor y las molestias cervicales, junto a un aumento en el rango de movimiento, en las actividades diarias. En la prueba TUG, se evidenció una ejecución rápida (menor a 10 segundos promedio en tres intentos), sin uso de apoyos, marcha segura y giros rápidos. En prueba de apoyo unipodal, logró mantener el balance por períodos más largos de tiempo (promedio 18 segundos, en tres intentos), con disminución de la asimetría. Los resultados se resumen en la Tabla 1.

### Discusión

La rehabilitación vestibular es una terapia no invasiva, orientada a lograr la compensación central en pacientes con disfunciones vestibulares. Se caracteriza por requerir un corto período de terapia, con sesiones de control semanal y ejercitación diaria en el hogar. La ejercitación debe ser periódica, con un avance controlado, adaptada al entorno y realidad de vida de cada paciente (ecológica) y personalizada a los síntomas y características del sujeto, siendo de vital importancia la motivación y compromiso de éste en los posibles avances a conseguir. El proceso de evaluación inicial, al momento de ingresar un nuevo paciente a terapia, es fundamental, ya que a través de éste se obtiene toda la información requerida en cuanto a sintomatología, discapacidad asociada, riesgo de caídas y el rendimiento funcional del paciente en distintos contextos y en las actividades diarias. Contar con dicha información en tiempo cero y justo antes del alta, es indispensable para la retroalimentación de los avances en el proceso de terapia. En este sentido, es importante contar con una evaluación funcional del RVO, mediante el test de la agudeza visual dinámica (AVD). La AVD evalúa de forma subjetiva, la capacidad para mantener la mirada estable durante movimientos de cabeza, función dependiente de la indemnidad del reflejo vestibulo-ocular bilateral. Dicha función se ve afectada claramente en sujetos con lesión vestibular bilateral, existiendo clara evidencia de su mejoría luego de procesos de terapia que inducen la compensación central. En esta experiencia no se consideró la evaluación de la AVD en primera instancia, por tratarse de una paciente con diagnóstico de vestibulopatía unilateral periférica, sin embargo, considerando la utilidad e importancia de esta prueba en el contexto terapéutico, pensamos que debiera considerarse su aplicación independiente del diagnóstico otoneurológico asociado, sobre todo si tomamos en cuenta que es una prueba sencilla y fácil de ejecutar, que no requiere de equipamiento sofisticado o de elevado costo<sup>34</sup>. Por último y si fuese posible, lo ideal sería incluir también la evaluación objetiva del reflejo vestibulo-ocular mediante prueba del impulso cefálico (*video head impulse*, vHIT, por su sigla del inglés) lo

que permitirá una retroalimentación objetiva de la funcionalidad del RVO, de acuerdo a la evolución de los parámetros de velocidad y ganancia del reflejo, la presencia o ausencia de sacadas compensatorias, entre otros<sup>35</sup>.

## Conclusiones

En cuanto a los resultados evidenciados en este caso, es importante mencionar que la paciente asistió a todas las sesiones supervisadas y realizó diariamente los ejercicios entregados, contribuyendo así significativamente en su recuperación. Los resultados obtenidos luego de la terapia de rehabilitación vestibular muestran una mejora significativa de la sintomatología en un período de tiempo acotado a seis sesiones, lo que le permitió recuperar la autonomía e independencia en la realización de tareas de la vida diaria. En cuanto a la integración de tareas cognitivas en la terapia, si bien en una primera instancia una tarea doble se presentó como una actividad más complicada para la paciente, se evidenciaron buenos resultados a largo plazo, mejorando progresivamente su desempeño en la realización de diversas acciones simultáneas.

Como se mencionó en el apartado teórico, la tarea de “mantener el equilibrio” siempre está acompañada de algún otro tipo de actividad a nivel cognitivo. Si bien existe poca evidencia sobre la contribución de tareas duales en la rehabilitación vestibular, Useros y cols. en 2015, plantean que al focalizar la atención fuera de la propia postura se facilitan los reflejos subyacentes al control postural, por lo que al momento de rehabilitar el equilibrio sería recomendable explorar tanto la capacidad de mantener una postura, como la capacidad para mantenerla al mismo tiempo que se realiza una tarea cognitiva<sup>21</sup>. En este contexto, investigaciones orientadas a evaluar funciones cognitivas en pacientes con trastornos vestibulares, han evidenciado la presencia de alteraciones particulares, tales como defectos en la memoria, aprendizaje y navegación espacial, y especialmente, mayores tiempos de reacción frente a tareas de tipo espaciales y no espaciales<sup>20,23,24,36</sup>. Por otra parte, se han descrito vías nerviosas específicas que conectan al sistema vestibular periférico, con centros superiores a distinto nivel, a través de la corteza parietal,

entorrinal y perirrinal. Estas vías conducen información asociada principalmente a la representación espacial, aprendizaje y memoria espacial y reconocimiento de objetos<sup>7</sup>.

Diversos estudios que han utilizado el paradigma de tarea doble, han referido un efecto sobre la ejecución motora, que pareciera ser transversal cuando lo que se mide es la precisión o el impacto en la oscilación del paciente o “*sway*”, afectando de forma similar a sujetos controles como a pacientes con lesiones vestibulares; sin embargo, la acción específica evidenciada sobre el tiempo de reacción utilizado en la tarea solicitada, pareciera ser de mayor significancia cuando se evalúa en grupos de sujetos con patología vestibular. Estos hallazgos, en cuanto a la compensación vestibular, refuerzan su carácter central, relevando el rol continuo de las funciones atencionales sobre el estado compensado<sup>7</sup>. La dependencia de la compensación central con recursos atencionales, podría explicar, por ejemplo, que sujetos con lesiones vestibulares que se encuentran ya compensadas clínicamente, suelen manifestar variables retrocesos, que en la clínica son a menudo referidos como “descompensaciones”. Dichas descompensaciones ocurren a menudo en estados ansiosos, depresivos o de estrés, condiciones que, de forma directa o indirecta, intervienen sobre los estados atencionales del paciente.

Si bien, los positivos resultados observados luego de la terapia de rehabilitación vestibular corresponden a lo descrito en la bibliografía en cuanto a rehabilitación de lesiones vestibulares periféricas en sujetos jóvenes, el objetivo de este trabajo no fue presentar la introducción del paradigma de tarea doble como determinante de los cambios o éxitos conseguidos, sino presentar esta experiencia con objeto de abrir una puerta al uso del paradigma de tareas dobles en la práctica terapéutica en lesiones vestibulares y, especialmente, en el abordaje de la presbiestasis y la hipofunción vestibular bilateral del adulto mayor. En este sentido, la experiencia descrita cumple con dicho objetivo, al presentar un tema poco abordado en nuestro país.

Otro aspecto que mencionar con respecto a la presente experiencia es que tanto en hipofunción vestibular bilateral como unilateral se sugiere orientar el trabajo a intervenir de

## CASO CLÍNICO

forma progresiva la contribución de procesos atencionales durante la terapia, con objeto de potenciar la compensación central, de forma independiente. De esta forma, factores como el estrés, cuadros depresivos, estados ansiosos o el simple cansancio, tendrían menos impacto a futuro, sobre las funciones del balance y equilibrio ya restablecidas en el paciente, logrando una mayor estabilidad del estado “compensado” alcanzado. Uno de los importantes beneficios esperados al introducir este abordaje al manejo de los trastornos de balance y equilibrio, es la reducción en los tiempos de reacción empleados en tareas motoras o de balance, sobre todo cuando se desarrollan bajo el paradigma de tareas dobles, lo que puede ser determinante a la hora de enfrentar condiciones de mayor demanda, habituales en las AVD como, por ejemplo, ocurre al cruzar la calle, tomar el bus, esquivar obstáculos o desniveles en la vereda mientras vamos conversando, entre otras.

De la misma forma, lo anterior es aplicable al abordaje de los trastornos del balance y equilibrio en adultos mayores sanos, en los que el cuadro de inestabilidad característico de la presbiestasis se potencia por el deterioro normal y progresivo de las funciones cognitivas superiores y, por ende, de una menor disponibilidad de los recursos atencionales necesarios para lograr y mantener la compensación central. De esta forma, el trabajo directo sobre estas funciones, mediante la integración del paradigma de tarea doble, podría contribuir en el abordaje de este grupo de pacientes, haciéndolos menos vulnerables frente a condiciones de mayor demanda, disminuyendo el riesgo de caídas en dichos contextos.

Las observaciones derivadas de esta experiencia confirman los beneficios del programa de rehabilitación vestibular diseñado, sin embargo, se requieren estudios adicionales especialmente orientados a evidenciar y corroborar el impacto específico de la incorporación del paradigma de tarea doble en la rehabilitación de los trastornos del equilibrio y, especialmente, en procesos de estimulación o rehabilitación vestibular en adultos mayores. Esperamos contribuir al desarrollo de la investigación en el área, estimulando el interés de nuevos grupos de trabajo en utilizar y aplicar las tareas dobles en rehabilitación, con miras

a potenciar las estrategias de abordaje, en el contexto del tratamiento de trastornos del balance y equilibrio, tanto de sujetos jóvenes, como en el grupo de adultos mayores con patología vestibular. Por otro lado, interesante sería también, la introducción del paradigma de tareas dobles en el manejo de los trastornos cognitivos-comunicativos en el adulto mayor donde, por ejemplo, la tarea doble pudiese ser una tarea motora.

Considerando los hallazgos observados en grupos de pacientes con lesión vestibular unilateral, planteamos que una inhibición dirigida de la actividad cortical durante la ejecución de tareas de balance, equilibrio y/o control postural, en este grupo de pacientes, podría ser una herramienta útil, en el proceso de compensación, potenciando la automatización de las respuestas motoras, integrándolas y generalizándolas en el contexto ecológico del paciente. Así, la inclusión de tareas dobles mediante actividades paralelas de conteo regresivo, cálculo mental simple, memoria auditiva y visuo-espacial, entre otras, contribuiría en la consecución de objetivos planteados, disminuyendo el riesgo de caídas y contribuyendo a mejorar la calidad de vida del paciente, a la vez que se posibilita el estimular funciones cognitivas superiores y procesos atencionales subyacentes, que al parecer de acuerdo a la evidencia, serían un requisito para lograr y mantener un estado “compensado”.

Por otra parte, si analizamos el presente trabajo y extrapolamos sus posibles beneficios a la luz de los principios o postulados de la teoría de aprendizaje Hebbiano, o postulado de aprendizaje de Hebb, donde se establece que “grupos neuronales que disparan juntos, permanecen conectados”<sup>37</sup>, podemos inferir que si dos procesos como los mencionados, que presentan conexiones anatómicas y fisiológicas, se estimulan de forma paralela, se potencian de mejor manera que si se trabajaran por separado. Lo anterior, releva la importancia de introducir el paradigma de *tareas duales* a la terapia de rehabilitación vestibular, potenciando en paralelo las funciones cognitivas que se vinculan al control postural y a la vez mejorando el desempeño de éste en situación de atención dividida<sup>37</sup>. En este contexto, la introducción práctica del paradigma de doble tarea, específicamente en cuanto al tipo de estímulos o

tareas a utilizar, también ha de ser objeto de futuras investigaciones, sin embargo, planteamos que, en una primera instancia, el uso de tareas cognitivas que involucren habilidades de orientación o memoria espacial, podrían ser útiles en el objetivo de potenciar un aprendizaje Hebbiano<sup>37</sup>, activando simultáneamente zonas del SNC que, en condiciones normales, se interconectan para lograr la mantención del equilibrio y la marcha funcional.

Para concluir, considerando el patrón de envejecimiento sostenido que ha venido experimentando nuestra población, cada vez cobra mayor relevancia el estudio de las múltiples interacciones entre las funciones aludidas, con miras a optimizar resultados en la terapia de estimulación y/o rehabilitación del balance y el equilibrio, de la mano de potenciar las funciones cognitivas, entregando nuevas y mejores herramientas para el abordaje de los problemas de salud en el adulto mayor. Es indispensable continuar indagando los aportes de este tipo de estimulación en diversas áreas. Desde ya vislumbramos que la aplicación de dichas estrategias retribuirá importantes beneficios, no sólo en el ámbito de la rehabilitación del balance y equilibrio en sujetos jóvenes, sino también y especialmente en el abordaje de los trastornos del balance y equilibrio en adultos mayores, por lo que hemos comenzado a considerarlas en el trabajo habitual con pacientes derivados al centro de atención fonoaudiológica de nuestra Universidad.

## Bibliografía

- Peterka RJ. Sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol* 2002;88:1097-1118.
- Yin M, Ishikawa K, Wong WH, Shibata Y. A clinical epidemiological study in 2169 patients with vertigo. *Auris Nasus Larynx* 2009;36:30-35. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.anl.2008.03.006>
- Tighilet B, Bordiga P, Cassel R, Chabbert C. Peripheral vestibular plasticity vs central compensation: evidence and questions. *J Neurol* 2019;266:27-32. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s00415-019-09388-9>.
- Riveros H, Correa C, Anabalón JL, Aranís C. Efectividad de la rehabilitación vestibular en una serie clínica Effectiveness of vestibular rehabilitation in a clinical series. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello* 2007;67:229-236.
- Herdman S. (2007). FA Davis Company. (ISBN13: 9780803613768). Vestibular Rehabilitation (Contemporary Perspectives in Rehabilitation).
- Cerda L. Manejo del trastorno de marcha del adulto mayor. *Rev Med Clin Condes* 2014;25:265-275.
- Hitier M, Besnard S, Smith PF. Vestibular pathways involved in cognition. *Front Integr Neurosci* 2014;8:59. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fnint.2014.00059>.
- Odvist L, Larsby B, Fredrickson JM. Projection of the vestibular nerve to the SI arm field in the cerebral cortex of the cat. *Acta Otolaryngol* 1975;79:88-95. Disponible en <https://doi.org/10.3109/00016487509124659>.
- Akbarian S, Grüsser OJ, Guldin WO. Corticofugal projections to the vestibular nuclei in squirrel monkeys: further evidence of multiple cortical vestibular fields. *J Comp Neurol* 1993;332:89-104. Disponible en <https://doi.org/10.1002/cne.903320107>
- Guldin WO, Akbarian S, Grüsser OJ. Cortico-cortical connections and cytoarchitectonics of the primate vestibular cortex: a study in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *J Comp Neurol* 1992;326:375-401. Disponible en <https://doi.org/10.1002/cne.903260306>
- Akbarian S, Grüsser OJ, Guldin WO. Corticofugal connections between the cerebral cortex and brainstem vestibular nuclei in the macaque monkey. *J Comp Neurol* 1994;339:421-437. Disponible en <https://doi.org/10.1002/cne.903390309>.
- Fasold O, von Brevern M, Kuhberg M, et al. Human vestibular cortex as identified with caloric stimulation in functional magnetic resonance imaging. *Neuroimage* 2002;17:1384-1393. Disponible en <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1241>.
- Suzuki M, Kitano H, Ito R, et al. Cortical and subcortical vestibular response to caloric stimulation detected by functional magnetic resonance imaging. *Brain Res Cogn Brain Res* 2001;12:441-9. Disponible en [https://doi.org/10.1016/s0926-6410\(01\)00080-5](https://doi.org/10.1016/s0926-6410(01)00080-5).
- Robinson CJ, Burton H. Organization of somatosensory receptive fields in cortical areas 7b, retroinsula, postauditory and granular insula of *M. fascicularis*. *J Comp Neurol* 1980;192:69-92. Disponible en <https://doi.org/10.1002/cne.901920105>.
- Schneider RJ, Friedman DP, Mishkin M. A modality-specific somatosensory area within the insula of the rhesus monkey. *Brain Res* 1993;621:116-120. Disponible en [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(93\)90305-7](https://doi.org/10.1016/0006-8993(93)90305-7).
- Björnsdotter M, Löken L, Olausson H, Vallbo A, Wessberg J. Somatotopic organization of gentle touch processing in the posterior insular cortex. *J Neurosci* 2009;29:9314-9320. Disponible en <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0400-09.2009>.
- Shinder ME, Taube JS. Differentiating ascending vestibular pathways to the cortex involved in spatial

## CASO CLÍNICO

- cognition. *J Vestib Res* 2010;20:3-23. Disponible en <https://doi.org/10.3233/VES-2010-0344>.
18. Vitte E, Derosier C, Caritu Y, Berthoz A, Hasboun D, Soulié D. Activation of the hippocampal formation by vestibular stimulation: a functional magnetic resonance imaging study. *Exp Brain Res* 1996;112:523-526. Disponible en <https://doi.org/10.1007/BF00227958>.
  19. Dieterich M, Bense S, Lutz S, et al. Dominance for vestibular cortical function in the non-dominant hemisphere. *Cereb Cortex* 2003;13:994-1007. Disponible en <https://doi.org/10.1093/cercor/13.9.994>
  20. Brandt T, Schautzer F, Hamilton DA, et al. Vestibular loss causes hippocampal atrophy and impaired spatial memory in humans. *Brain* 2005;128:2732-2741. Disponible en <https://doi.org/10.1093/brain/awh617>.
  21. Useros-Olmo AI, Perianez JA, Miangolarra-Page JC. Efectos de la actividad motora en el rendimiento cognitivo de pacientes con traumatismo craneoencefálico durante tareas duales. *Rev Neurol* 2015;61:202-210.
  22. Shumway Cook A, Woollacott M. Motor control. Translating Research into Clinical Practice. (Lippincott Williams & Wilkins).
  23. Redfern MS, Talkowski ME, Jennings JR, Furman JM. Cognitive influences in postural control of patients with unilateral vestibular loss. *Gait Posture* 2004;19:105-114. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(03\)00032-8](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(03)00032-8).
  24. Yardley L, Gardner M, Bronstein A, Davies R, Buckwell D, Luxon L. Interference between postural control and mental task performance in patients with vestibular disorder and healthy controls. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2001;71:48-52. Disponible en <https://doi.org/10.1136/jnnp.71.1.48>.
  25. Deshpande N, Hewston P, Yoshikawa M. Age-associated differences in global and segmental control during dual-task walking under sub-optimal sensory conditions. *Hum Mov Sci* 2015; 40:211-219. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.12.006>.
  26. Enríquez-Reyna MC, Cruz-Quevedo JE, Celestino-Soto MI, Garza-Elizondo ME, Salazar-González BC. Función ejecutiva, velocidad de marcha y tarea doble en adultos mayores mexicanos. *Rev Iberoam Psicol Ejerc Deporte* 2013; 8:345-357.
  27. Casas Herrero Á, Martínez Velilla N, Alonso Renedo FJ. Deterioro cognitivo y riesgo de caída en el anciano. *Rev Esp Geriatr Gerontol* 2011;46:311-318.
  28. Jacobson GP, Newman CW. The development of the Dizziness Handicap Inventory. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1990; 116:424-427. Disponible en <https://doi.org/10.1001/archotol.1990.01870040046011>.
  29. Peña A. Homologación lingüística nacional del Dizziness Handicap Inventory (test de discapacidad vestibular). *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello* 2011;71:85-88.
  30. Yardley L, Beyer N, Hauer K, Kempen G, Piot-Ziegler C, Todd C. Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). *Age Ageing* 2005;34:614-619. Disponible en <https://doi.org/10.1093/ageing/afi196>.
  31. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991;39:142-148. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>.
  32. Kang L, Han P, Wang J, et al. Timed Up and Go Test can predict recurrent falls: a longitudinal study of the community-dwelling elderly in China. *Clin Interv Aging* 2017;12:2009-2016. Disponible en <https://doi.org/10.2147/CIA.S138287>.
  33. Ortega, A. Prevention of falls in the elderly: a review of new concepts based on the evidence. *Eur J Investig Heal Psychol Educ* 2016;6:71-82.
  34. Santos-Gorjón P. Revisión sobre la agudeza visual dinámica. *Rev ORL* 2018;9:121-126.
  35. Halmagyi GM, Chen L, MacDougall HG, Weber KP, McGarvie LA, Curthoys IS. The Video Head Impulse Test. *Front Neurol* 2017;8:258. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00258>.
  36. Schautzer F, Hamilton D, Kalla R, Strupp M, Brandt T. Spatial memory deficits in patients with chronic bilateral vestibular failure. *Ann N Y Acad Sci* 2003;1004:316-324. Disponible en <https://doi.org/10.1196/annals.1303.029>.
  37. Zenke F, Gerstner W, Ganguli S. The temporal paradox of Hebbian learning and homeostatic plasticity. *Curr Opin Neurobiol* 2017;43:166-176. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.conb.2017.03.015>.