

Evaluación del mantenimiento del equilibrio con la técnica de la posturografía

Evaluation of balance maintenance with posturography technique

Eulalia Alfonso Muñoz ^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-3218-4708>

Leonel Téllez Traba¹ <https://orcid.org/0000-0002-9862-4641>

Bárbaro N. Socarras Hernández² <https://orcid.org/0000-0001-7924-1226>

¹Hospital Militar Central “Dr. Carlos J. Finlay”. La Habana, Cuba.

²Centro de Investigación, Desarrollo y Producción “Grito De Baire”. La Habana, Cuba.

*Autor para correspondencia: eulaliaam@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: El equilibrio humano es mantenido por la información que envían a los núcleos vestibulares de la protuberancia tres sistemas: el visual, el propioceptivo músculo tendinoso, principalmente de los pies y la cabeza, y el vestibular. Estas señales viajan a través de las vías vestibulares e informan al sistema nervioso central qué posición tiene el cuerpo. La posturografía permite medir el control postural estático y dinámico que poseen los sujetos ante diversas situaciones que simulan las encontradas en la vida diaria.

Objetivo: Profundizar en los conocimientos teóricos y las posibilidades diagnósticas y terapéuticas de la técnica de la posturografía.

Métodos: Se realizó una revisión bibliográfica de textos impresos y búsqueda en internet sobre estos temas.

Síntesis de la información: La posturografía comprende todas las técnicas utilizadas para la evaluación y análisis del equilibrio y la postura, y basados en el registro y cuantificación de los desplazamientos del centro de gravedad. Actualmente se ha introducido la realidad virtual en la implementación de la posturografía, tanto como prueba diagnóstica como para la terapia rehabilitadora.

Conclusiones: Dominar estos conocimientos ayuda a mejorar el arsenal científico de los profesionales que asumen la atención de los enfermos con estas afecciones; así como crea espacios para la innovación tecnológica que tanto necesita el sistema de salud cubano.

Palabras clave: sistema vestibular; posturografía; equilibrio.

ABSTRACT

Introduction: Human balance is kept by the information that three systems send to the vestibular nuclei of the bulge: the visual, the tendon proprioceptive muscle, mainly of the feet and head, and the vestibular. These signals travel through the vestibular pathways and inform the central nervous system what position the body has. Posturography allows measuring the static and dynamic postural control that the subjects have before different situations that simulate those found in daily life.

Objective: To deepen the theoretical knowledge and diagnostic and therapeutic possibilities of the posturography technique.

Methods: A bibliographic review of printed texts and internet search on these topics was carried out.

Synthesis of information: Posturography includes all the techniques used for the evaluation and analysis of balance and posture, based on the recording and quantification of displacements of the center of gravity. Currently, virtual reality has been introduced in the implementation of posturography, both as a diagnostic test and for rehabilitative therapy.

Conclusions: Mastering this knowledge helps to improve the scientific arsenal of professionals who take care of patients with these conditions; as well as creating spaces for technological innovation that the Cuban health system so much needs.

Keywords: vestibular system; posturography; balance.

Recibido: 14/06/ 2019

Aceptado: 16/08/2019

Introducción

El equilibrio mecánico se define como la nulidad de la resultante de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo. Los seres vivos nunca están en un completo estado de equilibrio mecánico, pues no son rígidos por lo que buscan constantemente este estado, y cuando lo pierden tratan de volver al mismo, lo que se conoce como estabilidad o control postural. Por tanto, esta condición en el hombre, durante la deambulación, bipedestación o sedestación, representa la habilidad para mantener el centro de presiones dentro de los límites de estabilidad.^(1,2)

El cuerpo humano se considera normalmente en equilibrio cuando su centro de gravedad se sitúa dentro de su base de sustentación, tanto si está en reposo como en movimiento.

La posturografía comprende todas las técnicas utilizadas para la evaluación y análisis del equilibrio y la postura, basado en el registro y cuantificación de los desplazamientos del centro de gravedad. Para ello se utilizan equipos que, en dependencia de sus condiciones, serán de posturografía estática o dinámica. En la estática se evalúa al paciente en posición bípeda mediante una plataforma fija, que calcula el desplazamiento del centro de gravedad del paciente. En el caso de la dinámica, la plataforma puede inclinarse y el entorno visual es móvil también.

El equilibrio, y en un sentido más amplio, el control postural, están constituidos por una compleja interacción multifactorial en la que intervienen diversas aferencias sensoriales. El procesamiento, integración e interpretación de estas aferencias por diferentes estructuras del sistema nervioso central (SNC) conduce a la generación de una respuesta neural hacia el sistema músculo-esquelético que, finalmente, desencadena una acción biomecánica. Por tanto, este sistema de control postural incluye componentes neurales centrales y periféricos, componentes sensoriales y músculo-esqueléticos.⁽³⁾

El sistema vestibular contiene una parte periférica, que son los receptores sensoriales y vías nerviosas aferentes y eferentes, y una parte central formada por los núcleos vestibulares centrales (ubicados a nivel protuberancial) y sus conexiones secundarias con el córtex cerebral y otras regiones encefálicas.

El objetivo de este trabajo es profundizar en los conocimientos teóricos y las posibilidades diagnósticas y terapéuticas de la posturografía.

Métodos

Se realizó una revisión sobre los trastornos del equilibrio y las pruebas útiles para su diagnóstico. Se buscaron artículos de los últimos diez años en CUMED, LILACS, PubMed y Cochrane Library, en los idiomas español, inglés y portugués. Se utilizaron un total de 21 referencias bibliográficas.

Síntesis de la información

Existen dos tipos de receptores vestibulares: las crestas ampulares, ubicadas en los conductos semicirculares (CSC), y las máculas acústicas, situadas en los órganos otolíticos, utrículo y sáculo; cada receptor contiene dos tipos de células ciliadas, las tipo I y las tipo II.^(4,5)

La célula ciliada de tipo I, en su superficie apical presenta una banda de estereocilios (80-100) dispuestos en hileras, con una longitud que se incrementa escalonadamente a medida que se aproxima hacia el quinocilio, este es una estructura ciliar única y más larga, que emerge del cuerpo basal de la célula, el cual es el responsable de la polaridad.

La célula ciliada tipo II, contacta en sus superficies basales con terminaciones nerviosas aferentes y eferentes.

Las células ciliadas son las encargadas de transformar la energía de los estímulos mecánicos en bioeléctrica, y producen potenciales de acción. La estimulación de las estas produce una respuesta de excitación o inhibición según el desplazamiento de los estereocilios con respecto al quinocilio.⁽⁶⁾

La energía mecánica del flujo endolinfático produce el desplazamiento o inclinación de los estereocilios en dirección hacia el quinocilio. Esto induce la entrada de sodio en la célula y provoca una excitación celular positiva (pasa de -80mV a -60mV), así como una despolarización hacia su polo basal. Se libera así el contenido en neuromedadores (glutamato) de las vesículas que rodean la barrera sináptica, con la consecuente descarga de las fibras aferentes. El movimiento en el sentido contrario produce una hiperpolarización (interior celular más negativo -120mV) y, como consecuencia, una inhibición de la liberación de mediadores sinápticos con la consiguiente disminución de descargas nerviosas o inhibición de estas. La endolinfa se cree que es la responsable de producir las fuerzas inerciales que excitan los receptores vestibulares.^(7,8,9)

Los conductos semicirculares perciben la aceleración angular de la cabeza, su disposición espacial en planos perpendiculares entre sí permite detectar las aceleraciones angulares sobre cada uno de los tres ejes; mientras que los órganos otolíticos (receptores maculares) perciben la aceleración lineal de la cabeza y la posición de esta con respecto a la gravedad.

Las máculas acústicas del utrículo y del sáculo informan a través de sus vías nerviosas de los movimientos lineales y de la posición de la cabeza (aceleración lineal). En bipedestación la mácula del utrículo, se excita con el movimiento lineal horizontal (paralelo a la superficie de la tierra) y la mácula del sáculo, con el movimiento lineal vertical (perpendicular a esta).

Al actuar una aceleración lineal determinada sobre el utrículo y el sáculo, se produce una dispersión de masas en su interior. Los otolitos tienen mayor densidad que la endolinfa; por ello, en un movimiento lineal de la membrana otolítica se van a desplazar más enérgicamente que la endolinfa. La membrana con los otolitos sufre un movimiento tangencial a la superficie de las células sensoriales, y tracciona lateralmente los estereocilios en una u otra dirección. Como ocurre en los canales semicirculares, la inclinación de los cilios hacia el kinocilio excita el sistema y la inclinación en sentido opuesto, lo inhibe.⁽¹⁰⁾

Esta compleja información pasa a través de los nervios vestibulares superiores (desde el utrículo, CSC anterior y CSC horizontal) e inferiores (desde el sáculo y CSC posterior) al ganglio de Scarpa (donde se sitúa la primera neurona), y de aquí a los núcleos vestibulares a nivel de la protuberancia. Estos núcleos son el superior, el lateral, el medial y el descendente, otoneurologicamente no tiene mucha significación individualizarlos.^(8,11)

Aunque el mecanismo de estimulación es diferente en crestas ampulares que en máculas acústicas, el fundamento de activación es el mismo: un fenómeno de transducción, liberación de un neurotransmisor y la creación de un potencial de acción en el nervio utricular o sacular.

Desde distintos niveles de la médula salen aferencias a los núcleos vestibulares; la mayoría se originan en los segmentos cervicales y son fibras propioceptivas de ligamentos y articulaciones vertebrales, por lo que existen conexiones tanto ipsilaterales como contralaterales. El importante papel que juegan los propioceptores cervicales en el control postural y los movimientos óculo-cefálicos han sugerido que la mayor parte de las aferencias espinales hacen escala en la formación reticular. El cerebelo es una de las principales fuentes de información de los núcleos vestibulares.^(12,13)

En resumen, los núcleos vestibulares establecen numerosas conexiones con otras estructuras del SNC; las más importantes se realizan con los núcleos de la musculatura del globo ocular, corteza cerebral, médula espinal, cerebelo, formación reticular, tálamo e hipotálamo.

Neurotransmisores del sistema vestibular^(14,15)

El glutamato es el principal neurotransmisor excesor del sistema vestibular y el ácido aminobutírico (GABA), el inhibidor. La glicina está en los núcleos vestibulares, distribuida de forma difusa junto con el GABA. Se cree que es el neurotransmisor inhibidor en la regulación del reflejo vestíbulo-ocular horizontal.

Los efectos de la Histamina son excitatorios y mediados por los receptores H1 y H2. Existe una producción endógena de serotonina en los núcleos vestibulares, que inhibe la actividad neuronal en el núcleo vestibular medial a través de los receptores 5-HT1A.^(1,6)

El óxido nítrico es un radical libre implicado en la regulación del sistema cardiovascular, el sistema inmune y el SNC. Se relaciona con procesos de plasticidad neuronal vestibular.

Sistema de control postural y motor⁽¹⁶⁾

La actividad de la corteza motora relacionada con el control postural y motor está regulada principalmente por el sistema somatosensorial y en menor grado por el vestibular y visual. La información obtenida de estos sistemas es procesada por la corteza, en asociación con los ganglios basales y el cerebelo, para determinar la acción motora adecuada.

El sistema piramidal es la vía motora más importante. El haz córtico-espinal o piramidal se origina en la corteza cerebral y se dirige por el tallo cerebral. La mayor parte de las fibras se decusan y descienden por los haces córtico-espinales laterales de la médula para terminar principalmente en la sustancia gris medular, otras terminan en neuronas de conexión sensoriales del asta dorsal. Las fibras que inicialmente no se decusan forman los haces córtico-espinales ventrales de la médula y se entrecruzan distalmente en la médula espinal a nivel del cuello o parte alta de la región dorsal.^(4,9)

El sistema extrapiramidal está constituido por otras estructuras del tronco-encéfalico que contribuyen al control motor y no pertenecen al sistema piramidal. Incluye a los ganglios basales, formación reticular, núcleos vestibulares y núcleo rojo. Este sistema se encarga de los movimientos groseros y potentes, fundamentalmente reflejos y de ajuste postural.⁽¹⁷⁾

Los ganglios basales se localizan alrededor del tálamo y tienen una íntima relación con el control motor; funcionan en estrecha relación con la corteza cerebral en actividades de regulación motora o sensorial. Una de las principales funciones es el control subconsciente de patrones complejos de actividad motora aprendidos.

El cerebelo juega un papel importante en la sincronización de las actividades motoras, y en la progresión rápida y suave del movimiento de un músculo a otro. También interviene en el control de la intensidad de la contracción muscular cuando cambia la carga muscular y regula la interacción rápida entre grupos musculares agonistas y antagonistas. No participa directamente en la estimulación muscular.^(6,19)

Las vías que conectan los núcleos vestibulares con las células del asta anterior de la médula son las siguientes:

- El tracto vestibulo-espinal lateral recibe la mayor parte de la información de los otolitos y del cerebelo. Su función principal es generar actividad motora postural antigravitatoria.⁽²⁾
- El tracto vestibulo-espinal medial es responsable de los cambios posturales en respuesta a la información sensorial de los CSC (movimiento angular de la cabeza). Desciende por la médula espinal cervical, forma el fascículo longitudinal medial y activa la musculatura cervical axial.
- El tracto retículo-espinal recibe información sensorial de todos los núcleos vestibulares, así como de otros sistemas sensoriales y motores implicados en el mantenimiento del equilibrio. Está probablemente implicado en la mayoría de acciones reflejas motoras del equilibrio, e incluye ajustes posturales en respuesta a la información sensorial de tipo extravestibular (auditiva, visual y estímulos táctiles).^(2,20)

Todos estos factores intervienen en la función de mantenimiento del equilibrio, por tanto, hay que tenerlos en cuenta a la hora de su evaluación e interpretación de los diferentes resultados que se obtienen en su medición.

Antecedentes históricos del estudio postural^(6,21)

Desde finales del siglo XIX ha existido dos tendencias para el registro del control postural y las oscilaciones posturales:

1. Registrar las oscilaciones posturales a nivel de la cabeza u otros segmentos corporales.
2. Registrar los movimientos del centro de gravedad del sujeto a través del centro de presiones en los pies.

En 1853, *Romberg* identificó la presencia de una alteración somatosensorial en personas con sífilis. Percibió que estas mantenían bien el equilibrio en posición de bipedestación con los ojos abiertos, pero tenían dificultades para permanecer de pie e incluso algunos tenían tendencia a caer cuando cerraban los ojos.⁽⁸⁾

Robert Barany (1876-1936), describió la inestabilidad postural y exploró la función vestíbulo-espinal en personas con lesión vestibular. Observó la tendencia de estos a caer hacia el lado afecto, es decir, en el sentido del componente lento del nistagmus, a diferencia de los sujetos con enfermedad cerebelosa.

En 1886, *Mitchell* y *Lewis* fueron los primeros que objetivaron las oscilaciones posturales mediante la colocación de barras horizontales con escalas graduadas en pulgadas a la altura de los oídos del sujeto, pero separadas de él, de tal forma que su visión a cierta distancia (y sentado para minimizar la propia oscilación) permitiera cuantificar la oscilación postural antero-posterior y lateral.^(6,11)

En 1887, *Hinsdale* colocó un carboncillo en un casco sobre la cabeza del sujeto a estudio, y por encima un papel en el que el carboncillo inscribía las oscilaciones posturales. Estudiaba sujetos atáxicos, por lo que este dispositivo lo llamó “ataxiógrafo”, y a los gráficos obtenidos, “gráficos de ataxia”, los cuales representaban la oscilación postural en las diferentes direcciones del plano horizontal en función del tiempo; fueron los primeros estatoquinesigramas.⁽¹⁹⁾

Este mismo autor,⁽¹⁹⁾ prefería otro método que consistía en colocar unos cables finos que partían de la cabeza del sujeto, a través de poleas movían agujas inscriptoras sobre unos tambores rodantes con papel, uno para el eje anteroposterior y otro para el mediolateral; fueron los primeros estabilogramasógráficos que representaban la oscilación postural anteroposterior o mediolateral en función del tiempo. El centró sus observaciones en el rango extremo de oscilación.^(12,21)

Este método fue ampliamente empleado hasta que, en 1922, *Miles* diseñó el “ataxiómetro” que tenía la ventaja de permitir la lectura directa en milímetros de la cantidad total de oscilación en cualquier eje. Estos sistemas fueron posteriormente modificados, se les añadió al final de las poleas, dinamómetros o potenciómetros eléctricos conectados a galvanómetros, pero todos ellos cargaban al sujeto y requerían un cuidadoso ajuste.⁽⁹⁾

En solución a estos problemas, *Claussen* en 1970, describió la craneocorpografía, que consiste en el registro fotoóptico de los movimientos de la cabeza y los hombros durante los test de Romberg y Unterberger. Para realizarla se coloca un casco sobre la cabeza del sujeto provisto de dos lámparas (una anterior que corresponde a la frente del individuo y otra posterior que correspondería al occipucio), con dos bombillas sobre los hombros. Hay dispuesto un espejo convexo fijado al techo de la habitación, que deberá estar sin luz, a unos tres metros del suelo, para que refleje una imagen virtual, derecha, no invertida y de menor tamaño del sujeto explorado. Una cámara Polaroid se disparará varias veces a lo largo de la prueba. El sujeto se sitúa con los pies juntos de manera que esté centrado bajo el espejo y la cámara. En primer lugar se realiza el registro foto-óptico del test de Romberg, y en segundo lugar se registra el test de Unterberger, durante un minuto y efectúa de ochenta a cien pasos.^(15,20)

Son valorados siete parámetros, tres para el test de Romberg (oscilación anteroposterior y mediolateral y ángulo cabeza-tronco o ángulo de tortícolis) y cuatro para el de Unterberger (desplazamiento lineal, oscilación lateral, desviación angular, rotación corporal), que se comparan con los valores obtenidos previamente en sujetos normales y que constituyen el banco de datos. Recientemente se ha añadido una cámara de vídeo al registro, es la vídeo-craneocorpografía computarizada.⁽⁴⁾

Se denomina posturografía al conjunto de técnicas que analizan el comportamiento postural del individuo. Otras denominaciones son: estabilografía y estatoquinesimetría.^(8,9)

Aunque posturografía es un término que incluiría todas aquellas técnicas de estudio y registro de la postura humana, actualmente se utiliza para referirse a aquellos métodos que analizan el control postural del individuo a través de los movimientos del centro de presiones durante la realización del test de Romberg, y permiten la valoración objetiva del reflejo vestíbulo-espinal mediante plataformas dinamométricas.⁽⁹⁾

Las primeras plataformas dinamométricas se describieron en el siglo XIX, pero no es hasta 1952, en que se desarrollan con elementos eléctricos, en la Universidad de Berkeley, California, EE.UU.⁽¹²⁾

Las plataformas dinamométricas son sistemas de análisis del movimiento que permiten medir las fuerzas que el pie ejerce sobre el plano de apoyo durante la bipedestación estática o durante la marcha.

Esta técnica tiene su fundamento en la tercera ley de Newton, “principio de acción-reacción”, que expone que por cada fuerza que actúa sobre un cuerpo (empuje), este realiza una fuerza de igual intensidad, pero de sentido contrario sobre el cuerpo que la produjo. Toda fuerza aplicada sobre una plataforma dinamométrica producirá una señal eléctrica proporcional a la fuerza que se haya aplicado y que se proyectará en el espacio en sus tres ejes (x, y, z).⁽⁸⁾

Nashner y *Black* en 1986 comercializan un sistema que pretende evaluar la capacidad del sujeto para integrar los tres sistemas responsables del mantenimiento de la postura ortostática (vestibular, visual y propioceptivo). Además, permite aislar y valorar la contribución relativa de cada uno de ellos, para crear situaciones de conflicto sensorial, al eliminar o reducir la contribución del resto.

Este sistema utiliza una plataforma dinamométrica montada sobre un soporte capaz de trasladarse horizontalmente, inclinarse adelante o atrás, y/o rotar alrededor de un eje colinear con los tobillos. En algunos casos, el movimiento está acoplado al del sujeto para mantener constante el ángulo del tobillo con la finalidad de disminuir la información de los propioceptores de esta articulación, pero también pueden estar rodeadas de un entorno visual capaz de desorientar al sujeto.^(6,14)

Las plataformas dinamométricas, sensibles a las fuerzas horizontales y verticales a las que son sometidas, se conectan a un sistema informático que muestra diferentes parámetros, tales como el área de la superficie descrita por el movimiento del centro de gravedad, la distancia recorrida en su movimiento, la velocidad (distancia por unidad de tiempo), la posición dominante del “punto de gravedad”, la frecuencia y amplitud de la oscilación del estabilograma, entre otros.⁽²⁾

Progresivamente se han ido estudiando sus posibilidades y modificando la batería de tests utilizados. Por ejemplo, *Romberg* con ojos abiertos, con ojos cerrados, con la cabeza retroflexionada que provocaría una distorsión de la información otolítica y de los propioceptores del cuello, cuya finalidad es crear una situación de “visión estabilizada”, consistente en proporcionar una información visual errónea al no corresponderse la sensación propioceptiva y vestibular con la visual. Estas combinaciones hacen que el individuo tenga que confiar en su información vestibular para mantenerse estable.⁽¹⁶⁾

Actualmente se ha introducido la realidad virtual (RV) en la implementación de la posturografía, tanto como prueba diagnóstica como para la terapia rehabilitadora. Este término fue empleado por primera vez por *J. Lamier* en 1986, quien la definió como simulación de un entorno real generado por un ordenador, en la que a través de una interfaz hombre-máquina se va a permitir al usuario interactuar con ciertos elementos dentro del escenario simulado, este concepto ha tenido múltiples cambios, a medida que se han ido desarrollando nuevas tecnologías en tres dimensiones.

Cuando se utiliza la RV, los ambientes y los objetos virtuales proporcionan al usuario información visual, auditiva, táctil, olfativa, o de movimiento (que puede presentarse a través de un dispositivo instalado en la cabeza, un sistema de proyección o una pantalla plana).⁽²⁰⁾

Los ambientes virtuales varían según el grado de inmersión que tenga el usuario, esto no es más que la percepción por parte del sujeto de encontrarse físicamente en el mundo virtual en lugar de en el mundo real y depende del diseño del programa y del equipo a emplear. Puede ser de dos tipos: sistemas de RV inmersivos, en el que el usuario está integrado totalmente dentro del ambiente virtual, ve solo las imágenes generadas por el ordenador y bloquea el resto del mundo físico; y sistemas de RV semiinmersivos o no inmersivos, en los cuales la persona percibe parte del mundo real y parte del mundo-entorno virtual.^(7,18)

La realidad virtual permite recrear al máximo la sensación de interacción del individuo con la computadora. Permite introducirse en un mundo ilusorio, donde la percepción del entorno se modifica por un estímulo sensorial artificial, que puede causar un conflicto vestibulo-ocular y un cambio en la ganancia de este mismo reflejo.

La posturografía con estímulos de realidad virtual contribuye a la identificación de las manifestaciones relacionadas con el desequilibrio, a través del empleo estímulos sensoriales proyectados en gafas de realidad virtual que simulan situaciones de la vida real. También puede contribuir a la rehabilitación vestibular, causando situaciones que causan mareos o vértigo, lo que conduciría a la adaptación del sistema vestibular.⁽⁹⁾

La realidad virtual aplicada a la rehabilitación vestibular se puede aplicar a cualquiera de los sistemas que participan en el mantenimiento del equilibrio y la información al sistema nervioso central, por ejemplo, en la estimulación oculomotora la finalidad es incrementar, a través de la adaptación, la ganancia del reflejo vestibulo-ocular para estabilizar la mirada. En estos casos la realidad virtual puede ser útil al inducir un conflicto visuo-vestibular, que mejora la dependencia visual por habituación, los estímulos utilizados pueden ser patrones

optoquinéticos o de efecto túnel, pero también se puede situar al paciente en entornos virtuales similares a los que le provocan mareo en la vida real; un supermercado, una calle con mucha gente, entre otros.

En el medio virtual el estímulo es de intensidad controlada y gradual, lo cual permite que las actividades tengan una estructura escalonada y que la complejidad de los ejercicios pueda ser progresiva.

Recientemente, se han hecho investigaciones con realidad aumentada, un tipo de realidad mixta donde se combinan elementos virtuales en un entorno real. Son sistemas complejos a la hora de su aplicación, pero ya existen gafas que con cristales especiales o se recrea el entorno con cámaras, pueden añadir elementos virtuales a lo que existe objetivamente. Este sistema podría facilitar la aplicación de terapias de estimulación oculomotora en un medio conocido, como pueda ser la casa, la ciudad e inclusive se aprovecha el teléfono móvil, pueden realizarse estas técnicas en el domicilio.⁽²¹⁾

La utilización de la realidad virtual en la rehabilitación vestibular aún se encuentra en investigación. No existen muchos artículos científicos que afirmen su eficacia; no obstante, la mayor parte concluyen que este tipo de tratamientos son seguros, útiles para mejorar el equilibrio y valorados positivamente por los pacientes. Todavía surgen muchas dudas acerca de sus indicaciones y efectos adversos, pues puede provocar síntomas similares a la cinetosis, cambios oculomotores transitorios, inducir una desviación postural y un incremento en la oscilación corporal, la prevalencia de estos efectos no deseados está poco documentada en muchos estudios y la explicación de los efectos rehabilitadores serían los fenómenos de compensación vestibular a nivel del cerebelo.^(2,7,19)

Se concluye que poseer estos conocimientos ayuda a mejorar el arsenal científico de los profesionales que asumen la atención de los enfermos con estas afecciones, y crea espacios para la innovación tecnológica que tanto necesita el sistema de salud cubano.

Referencias bibliográficas

1. Hain T. Virtual reality for Vestibular rehabilitation treatment. 2019 [acceso 1/07/2019]. Disponible en: https://www.dizziness-andbalance.com/treatment/rehab/virtual_reality.html
2. Yamamoto M, Ganança C. Posturografia com estímulos de realidade virtual nas diferentes disfunções vestibulares. Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2012;17(1):54-60.

3. Trueblood P, Rivera M, Lopez C, Bentley C, Wubenhurst N. Age-based normative data for a computerized dynamic posturography system that uses a virtual visual surround environment. *Act Oto-Laryngological*. 2018;138(7):597-602.
4. Domènech E, Aguilera G, Sánchez C, Batuecas Á, Guajardo C, Pérez N et al. Normative data for static balance testing in healthy individuals using open source computerized posturography. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2018;276(1):41-8.
5. Albiol S, Gil J, Alcañiz M, Llorens R, Colomer C. Use of the Wii balance board system in vestibular rehabilitation. *Proceedings of the 13th International Conference on Interaction Persons-computed*. Spain; 2012
6. Clark R, Pua Y. SeeSway – A free web-based system for analysing and exploring standing balance data. *Comput Methods Programs Biomed*. 2018;159:31-6.
7. Sienko K, Seidler R, Carender W, Goodworth A, Whitney S, Peterka R. Potential Mechanisms of Sensory Augmentation Systems on Human Balance. *Control Front Neurol*. 2018;9(1):16-21
8. Dozza M, Chiari L, Horak F. Audio-Biofeedback Improves Balance in Patients with Bilateral Vestibular Loss. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(7):1401-3.
9. Brugnera C, Bittar R, Greters M, Basta D. Effects of vibrotactile vestibular substitution on vestibular rehabilitation – preliminary study. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2015;81:616-21.
10. Ganança M, Caovilla H, Ganança F, Doná F, Branco F, Paulino CA, et al. Como diagnosticar e tratar vertigem. *Rev Bras Med*. 2008;65(1):6-14.
11. Sataloff R, Hawkshaw M, Mandel H, Zwislewski A, Armour J, Mandel S. Abnormal computerized dynamic posturography findings in dizzy patients with normal ENG results. *Ear Nose Throat J*. 2005;84(4):212-4.
12. Norré M, Forrez G. Posture testing (posturography) in the diagnosis of peripheral vestibular pathology. *Arch Otorhinolaryngol*. 2016;243(3):186-9.
13. Alvarez R. Revisión sobre la aplicación de la realidad virtual en la rehabilitación vestibular. España: Complejo Asistencial Universitario de Palencia; 2014 [acceso 16/06/2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.14201/orl.21215>
14. Darekar A, McFadyen B, Lamontagne A, Fung J. Efficacy of virtual realitybased intervention on balance and mobility disorders post-stroke: a scoping review. *J Neuroengineering and Rehabilitation*. 2015;12(1):46-51

15. Mao Y, Chen P, Li L, Huang D. Virtual reality training improves balance function. *Neural Regeneration Research*. 2014;9(17):1628-34.
16. Teo W, Muthalib M, Yamin S, Hendy A, Bramstedt K, Kotsopoulos E, et al. Does a combination of virtual reality, neuromodulation and neuroimaging provide a comprehensive platform for neurorehabilitation? A narrative review of the literature. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2016;10:284-7
17. Howard M. A meta-analysis and systematic literature review of virtual reality rehabilitation programs. *Computers in Human Behavior*. 2017;70:317-27.
18. Kim N, Park Y, Lee B. Effects of community-based virtual reality treadmill training on balance ability in patients with chronic stroke. *J Physical Therapy Science*. 2015;27(3):655-58.
19. Lee M, Shin D, Song C. Canoe game-based virtual reality training to improve trunk postural stability, balance, and upper limb motor function in subacute stroke patients: a randomized controlled pilot study. *J Physical Therapy Science*. 2016;28(7):2019-24.
20. Viñas S, Sobrido M. Realidad virtual con fines terapéuticos en pacientes con ictus: revisión sistemática. *Neurología*. 2016;31(4):255-77.
21. Zur O, Dickstein R, Dannenbaum E, Carmeli E, Fung J. The influence of visual vertigo and vestibulopathy on oculomotor responses. *J Vestib Res Equilib Orientat*. 2014;24(4):305-11.

Conflicto de intereses

Los autores no refieren conflicto de intereses.