

# **Dispositivos de realidad virtual para la evaluación y mejoramiento del balance postular en adultos mayores. Estado del arte.**

**Virtual reality devices for the evaluation and improvement of the postulate balance in older adults. State of art.**

**Juan Cartes-Velásquez<sup>1</sup>.**

---

**Cartes-Velásquez, J.** Dispositivos de realidad virtual para la evaluación y mejoramiento del balance postular en adultos mayores. Estado del arte. *Int. J. Med. Surg. Sci., 4(4):1266-1273, 2017.*

**RESUMEN:** Los procesos cognitivos y el sistema motor del ser humano comienzan a deteriorarse progresivamente con la edad, por lo que las acciones posturales que se ejecutan para mantener el equilibrio se vuelven ineficaces. La realidad virtual puede ser eficazmente implementada como un método de diagnóstico, entrenamiento y rehabilitación de adultos mayores. La literatura reciente muestra que la posturografía dinámica permite detectar y clasificar el riesgo de caída. Por otro lado, la utilización de sensores vestibles permite enriquecer el entrenamiento basado en la realidad virtual, siendo la consola más utilizada, la Nintendo Wii. Las mejoras logradas mediante entrenamiento virtual son significativas y similares a las obtenidas mediante ejercicios convencionales. Además, la implementación del entrenamiento virtual incrementa la adherencia al tratamiento, pero la efectividad del entrenamiento radica en la elección de los protocolos correctos. La mantención de las mejoras dependerá de la demanda cognitiva del entrenamiento. Actualmente, los sistemas en desarrollo buscan integrar la realidad virtual con sensores vestibles y equipamiento médico. En el futuro, la realidad virtual podrá ser utilizada como base para el desarrollo de sistemas de tele-rehabilitación.

**PALABRAS CLAVE:** Realidad virtual; caídas; adulto mayor; prevención; consolas.

---

## **INTRODUCTION**

Producto del envejecimiento, los procesos cognitivos y el sistema somatomotor del ser humano comienzan a deteriorarse progresivamente, por lo tanto, las acciones posturales que se ejecutan para mantener el equilibrio se vuelven ineficaces. En consecuencia, la población de la tercera se enfrenta a un alto riesgo de perder el equilibrio y caer. Debido a lo anterior, en los últimos años se han realizado investigaciones que tienen como foco estudiar las causantes de una pérdida de equilibrio; como también mejorar y desarrollar nuevas técnicas y/o sistemas de: diagnóstico, prevención y rehabilitación de la población afectada. Por ejemplo, en base a los datos obtenidos mediante técnica de densidad espectral basada en EEG, es posible definir las características espacio temporales de la modulación neuromuscular ejercida para mantener

el equilibrio en condiciones dinámicas y estáticas. A continuación, se describen algunos de los estudios, técnicas y tecnologías que se han desarrollado e implementado en los últimos años en el mundo.

## **DISPOSITIVOS DE REALIDAD VIRTUAL**

Gracias a la posibilidad de combinar el equipamiento médico con otros dispositivos de estimulación sensorial, es posible investigar los mecanismos de modulación cortical motora en la población de la tercera que presentan distintos riesgos de caída. Beneficiándose de dicha oportunidad, científicos llevaron a cabo un experimento consistente en la integración de la realidad virtual con la posturografía dinámica computarizada (CDP). En él participaron un total de 31 personas mayores de 65 años, las que fueron categorizadas en dos grupos de interés: alto riesgo de caída (HF) y bajo riesgo de caída (LF).

<sup>1</sup> Ingeniero Civil Biomédico, Fundación Kimntrum. Concepción, Chile.

El sistema implementado estaba conformado por: una plataforma Stewart de 6 grados de libertad, dispositivo utilizado para generar las perturbaciones del movimiento en múltiples direcciones; sistema de control de la perturbación, elemento que controló el movimiento realizado por la plataforma según el protocolo establecido; un arnés de cuerpo completo, elemento de seguridad implementado para evitar la caída de la persona; un display montable en la cabeza, aparato utilizado para proyectar una escena de realidad virtual, y una gorra EEG, dispositivo que registró la actividad eléctrica cerebral. Se debe destacar que en este trabajo se implementó una CDP, puesto que su sensibilidad para diagnosticar el riesgo de caída es superior a la técnica de equilibrio estático; mientras que la realidad virtual se implementó, ya que está permite simular con gran precisión tareas cotidianas sin los riesgos que éstas pueden provocar en el mundo real; característica que mejora la incentivación de los pacientes a participar en los procesos de rehabilitación. Durante la experimentación, se le pidió a cada participante que subiera a la plataforma descalzo/a y tratará de mantener su equilibrio postural mientras que la tarima se movía. En dicho ejercicio se registró la actividad cerebral bajo dos condiciones distintas: con realidad virtual y sin realidad virtual; en ambos casos todos los dispositivos funcionaron de forma sincronizada. Dentro de los resultados de este estudio, se muestra que los estímulos visuales y una coordinación somatosensorial deficiente, provoca que el nivel de respuesta cortical sea más alto, para así mantener el equilibrio postural. También se registró que los pacientes del grupo LF presentan una correlación fuerte y significativa entre las regiones corticales relacionadas con el mantenimiento de la postura. En cambio, dicha relación no se observa en las personas del grupo HF. Además, fue posible clarificar el rol de distintas ondas cerebrales en el funcionamiento del control motor. Finalmente, los resultados sugieren que una modulación central inefectiva generada durante condiciones posturales complejas es un factor que incrementa el riesgo de caída, aunque el individuo no presente deficiencias neurológicas. También se propone que el entrenamiento realizado para mejorar la integración somatosensorial coordinada, puede ser de utilidad para reducir el riesgo de caída en adultos mayores o individuos que presenten una deficiencia neurológica (Chang *et al.*, 2016).

De forma similar al caso anterior, algunos investigadores han estudiado los efectos de la técnica de entrenamiento del equilibrio basado en perturbaciones (PTB). Ésta consiste en la exposición del paciente a perturbaciones repetitivas de la postura, para así lograr evocar rápidamente

reacciones de balance. Su objetivo es lograr que la persona mejore el control de su postura mediante la práctica de dichas reacciones. A diferencia del caso anterior, las perturbaciones en estos trabajos son producidas por mecanismos manuales (por ejemplo: empujar a la persona) o automáticos (equipos fisioterapéuticos o plataformas automatizadas). Este método ha sido evaluado en personas de la tercera edad o padecen síndrome de Parkinson. Finalmente, se ha evidenciado que los participantes que de terminan estos programas son menos propensos a sufrir una caída, lo cual es un indicador de mejora en control de la postura (Mansfield *et al.*, 2015).

## **USO DE CONSOLAS DE VIDEOJUEGOS.**

Otra de las metodologías que se ha utilizado en la prevención y tratamiento de un déficit del equilibrio, es la basada en la utilización de las consolas de videojuegos, ya que éstas permiten interactuar con la realidad virtual (exergaming). Esta tecnología, como se mencionó anteriormente, permite simular tareas cotidianas con una alta precisión y evitar los peligros asociados a dichas labores. También posibilita ejecutar aplicaciones cuyo diseño está orientado a las necesidades de cualquier grupo de personas, lo que permitiría ayudar a mantener la independencia de la población. Por ejemplo, aquellas aplicaciones basadas en el concepto "Ageing in place", tienen como objetivo el mantener la independencia de los adultos mayores en sus hogares. Además, diversos estudios han demostrado que el entrenamiento mediante el exergaming tiene un efecto positivo sobre la mantención de la masa muscular, el control y confianza en el equilibrio, la confianza en la caminata, disminuye el miedo a caer y mitiga la ansiedad durante la rehabilitación. Debido a lo anterior, se considera que la realidad virtual es un método que posee un elevado potencial para desarrollar sistemas enfocados en el diagnóstico, entrenamiento y rehabilitación, presencial o a distancia, de la población que presenta riesgo y/o antecedentes de caída (Pietrzak *et al.*, 2014; Liang 2015; Levy *et al.*, 2016; Giotakos *et al.*, 2007).

Si se comparan los efectos del entrenamiento basado en realidad virtual (VRT) sobre la eficiencia del equilibrio, el riesgo de caída y la movilidad funcional en personas de la tercera edad sanas; con los obtenidos en programas alternativos de entrenamiento (AT) y los conseguidos al no realizar ninguna intervención (CON); se reporta entre los resultados que: los efectos de VRT sobre la eficiencia del equilibrio y la movilidad funcionalidad son significativamente mayores a los obtenidos cuando no se realizan intervenciones. En cambio, los efectos de los programas AT sobre la movilidad

funcionalidad son más pronunciados que los generados por el VRT. Sin embargo, se reveló una ventaja pequeña del programa AT sobre la VRT cuando se compararon los efectos sobre el equilibrio permanente. A partir de lo anterior, se concluye que el entrenamiento basado en realidad virtual es un método aceptable para mejorar la eficiencia del equilibrio y la movilidad funcional en población saludable, por lo tanto, es una técnica alternativa y/o complementaria que podría servir para entrenar a adultos mayores (Schoene *et al.*, 2014).

En la actualidad, existen distintas consolas comerciales o plataformas que permiten generar una escena virtual. Siendo una alternativa, la Xbox 360 y su tecnología Kinect. Ésta reconoce gestos y movimientos de las personas, para interactuar con la realidad virtual. Por ello, algunos investigadores desarrollaron su propio exergaming basado en las características del sensor Kinect, para luego analizar los efectos de este tipo de entrenamiento sobre la fuerza muscular y el equilibrio en adultos mayores sanos. Dentro de los resultados registrados se encuentran: una mejoría de la función motora, un aumento de la fuerza muscular y una mejora de los movimientos durante la marcha. En base a dichos registros, el exergaming basado en Kinect demostró ser una alternativa viable para el tratamiento de ancianos sanos (Chao *et al.*, 2015).

A Pesar de que la Nintendo Wii es una consola que presenta una baja de procesamiento y resolución gráfica, en comparación con sus competidoras, es una de las plataformas más utilizadas en el entrenamiento virtual. Éstas permiten lograr beneficios significativos relacionados con el entrenamiento del equilibrio, ya sea en personas de la tercera edad susceptibles a caerse o que presentan alguna patología que afecta el balance postural. En consecuencia, es una alternativa que permite mejorar la calidad de vida, la adherencia a los tratamientos, las funcionalidades: físicas, cognitivas y sociales; y disminuir la depresión en la población antes mencionada (Sato *et al.*, 2015).

A continuación, se describen algunas de las investigaciones que incluyen la implementación dicha consola:

En base a lo anterior, uno de los principales focos de estudio ha sido definir el potencial de los efectos positivos del entrenamiento basado en el biofeedback entregado por el Nintendo Wii. Es por ello, que en esta investigación se analizaron los efectos generados por este tipo de ejercitación sobre el equilibrio postural y la fuerza muscular en adultos mayores. En ésta participaron en total 58 personas; las que fueron separadas en dos grupos: 28 de ellas conformaron el grupo de entrenamiento mediante la consola; mientras que el resto conformó

el grupo de control. Se observó que los participantes del programa de exergaming presentaron una mayor fuerza de contracción voluntaria máxima y no existió diferencia del momento de velocidad del centro de presión entre los 2 grupos. Del análisis de las evaluaciones pre y post intervención se concluyó que los ancianos entrenados presentaron cambios favorables en la puntuación de los tests: Timed Up and Go, 30-repeated Chair Stand y en la escala internacional de eficacia de caída corta. Además, el programa de entrenamiento fue calificado como altamente motivador por los partícipes, resultado que puede asegurar una alta adherencia al entrenamiento en el hogar. Finalmente, se destaca que un programa de entrenamiento basado en la utilización de una Nintendo Wii, produce mejoras significativas de la fuerza máxima de la pierna y rendimiento general funcional de la persona (Jorgensen *et al.*, 2013).

También se ha buscado definir la eficacia de un programa basado en la Wii sobre el riesgo de caída de adultos mayores que habitan en hogares de ancianos. Para ello se realizó una intervención en la que participaron individuos mayores de 65 años. En los estudios analizado se describe que las personas fue separadas en dos conjuntos: grupos de entrenamiento mediante Wii y un grupo de control entrenado mediante ejercicios convencionales. Los resultados mostraron que la incidencia de caída en ambos grupos mejoró notablemente, pero la correspondiente al grupo ejercitado virtualmente fue significativamente mayor. Debido a lo anterior, se concluye que el entrenamiento de personas de la tercera edad que residen en hogares de ancianos es más efectivo al implementar una de estas consolas (Fu, *et al.*, 2015).

Otros investigadores se han centrado en la realización de revisiones sistemáticas de la literatura, para lograr definir los efectos de la utilización de la Nintendo Wii sobre el control del equilibrio. En una de estas revisiones, de los trabajos recopilados solo 7 fueron considerados como relevantes, por lo tanto, el total de participantes analizados asciende a 285; todos ellos lograban caminar de forma independiente. Se debe destacar que las personas fueron separadas en dos clases de grupos: de entrenamiento virtual, basado en la utilización de Wii Balance Board y el control Wiimote; y de control. La edad media del grupo en de los partícipes es mayor a 70 años. Dentro de los resultados de la mayoría de los trabajos analizados, se reporta que el ejercicio alternativo basado en la utilización de éstos consola, tiene un efecto positivo significativo sobre el equilibrio en adultos mayores. Sin embargo, en los restantes estudios se describe que dicha mejora del equilibrio no es significativa o es similar

a la lograda con ejercicios convencionales. En consecuencia, estas consolas son una alternativa útil para la realización de ejercicios enfocados a mejorar el control del equilibrio, pero su eficacia está limitada por el diseño y tipo de videojuego que se utiliza para entrenar a la persona.

Es posible que el uso de una Nintendo Wii no sea una solución óptima para mejorar el control del equilibrio, pero su principio de funcionamiento es una alternativa atractiva que es mejorable mediante la integración de otras tecnologías, la supervisión de un profesional de la salud) y la aplicación de los protocolos correctos (diseño y supervisión del entrenamiento)(Laufer *et al.*, 2014).

A pesar de lo descrito en el párrafo anterior, otros científicos han determinado que la ejercitación no supervisada de ancianos independientes basada en el juego Wii Fit y su consola, es una modalidad de entrenamiento efectiva para mejorar el equilibrio de éstas personas. Lo anterior se debe a que los cambios registrados en los test: timed up-and-go, left single-leg balance, lateral reach y gait speed; demuestran la existencia de una mejora significativa en la mantención del equilibrio. Dicha mejora es mayor a la obtenida al implementar un entrenamiento convencional.

Además, se reporta que los participantes disfrutaban en mayor medida el entrenamiento virtual (Nicholson *et al.*, 2015).

Uno de los aspectos importantes que se debe considerar, es la posible equivalencia entre los efectos logrados por la utilización del Nintendo Wii; y los producidos por un método validado y confiable, en este caso se seleccionó el programa "Matter Of Balance". Para ello se implementó un análisis ANOVA que consideró las puntuaciones logradas durante los test de: Berg Balance Scale (BBS), evaluación de marcha y balance de Tinetti. En este caso, no se observaron mejoras estadísticamente significativas para ninguno de los métodos. Sin embargo, los participantes mencionaron en sus auto informes que la utilización de la Nintendo Wii es una plataforma agradable para ejercitarse(Franco *et al.*, 2015).

Con respecto a los juegos disponibles para la consola de interés, estudios han demostrado que los más utilizados son: Table tilt, Soccer Heading, Ski Slalom y Ski jump; los que forman parte del programa Wii Fit. De la utilización de éstos se concluyó que pueden ser considerados como una herramienta alternativa atractiva y útil para el entrenamiento del equilibrio en adultos mayores, puesto que los resultados obtenidos evidencian una mejora de la puntuación en: Berg Balance Scale, Star Excursion Balance Test y test de alcance multidireccional. También se menciona que se debe contar con las medidas de seguridad necesarias y

establecer un protocolo de dosificación eficaz para este tipo de intervención (Manlapaz *et al.*, 2017; Roopchand-Martin *et al.*, 2015).

En relación a la predicción de caídas, se ha determinado que la velocidad de oscilación anteroposterior, es un nuevo parámetro que permite complementar las mediciones clínicas existentes para predecir futuras caídas de adultos mayores. Se llegó a esta conclusión, luego de observar que el incremento de esta variable está asociada a una mayor probabilidad de caída(Kwok *et al.*, 2015).

Como información complementaria, se puede mencionar que otras investigaciones en las basadas en el uso de la Nintendo Wii como una herramienta de entrenamiento virtual en adultos mayores, han reportado resultados similares a los descritos anteriormente. Por ejemplo, se han observado mejoras significativas en los registros de los test: 8-foot Up & Go test (Rendon, *et al.*, 2012), Berg Balance Scale (Bieryla, *et al.*, 2013), Dynamic Gait Index (Clark, *et al.*, 2009), posturografía dinámica (Pluchino, *et al.*, 2012). Dichos progresos reafirman que el entrenamiento basado en esta tecnología genera una mejora en: el equilibrio dinámico y estático, la confianza en el balance postural; por lo tanto, es posible que su implementación disminuya el riesgo de caídas en ancianos. Sin embargo, la capacidad de mantener dichas mejoras, luego del entrenamiento, depende en gran medida de la demanda cognitiva del juego implementado, por lo tanto, se debe seleccionar este software en base al estado de la funcionalidad cognitiva del paciente (dos Santos Mendes *et al.*, 2012). Finalmente, en otros estudios se ha observado que las mejoras producidas solo por la terapia física convencional, son mayores a las logradas al implementar solo un entrenamiento basado en la consola japonesa (Bateni *et al.*, 2012; Toulotte *et al.*, 2012).

La Nintendo Wii no solo ha sido implementada en investigaciones relacionadas con problemas de equilibrio que afectan a los ancianos, puesto que también se ha utilizado en estudios enfocados en otras patologías o condiciones que alteran el equilibrio en otros grupos etarios.

Un ejemplo de lo anterior, son los estudios efectuados sobre los efectos del entrenamiento que utiliza esta consola sobre el equilibrio en niños que presentan parálisis cerebral leve (CP). Para ello, en la presente investigación, los pacientes pediátricos afectados por CP fueron separados en dos grupos: el primero participó en un entrenamiento convencional del equilibrio; en cambio, el segundo fue entrenado mediante videojuegos ejecutados por esta consola. Se debe destacar que todos los pacientes recibieron tratamiento de neuro-desarrollo. Luego del entrenamiento, se observaron cambios significativos en

las puntuaciones de las pruebas relacionadas con el balance y el nivel de independencia en ambos grupos. Sin embargo, las mejoras relacionadas con los test de balance registradas en el segundo grupo fueron estadísticamente significativas. En consecuencia, un programa de ejercicios basado en la Nintendo Wii combinado con un tratamiento de neuro desarrollo, logra mayores mejoras del rendimiento y el equilibrio estático en niños con parálisis cerebral leve (Tarakci *et al.*, 2016).

El equilibrio de una persona no solo puede ser alterado por una parálisis cerebral, deficiencia neurológica o por el deterioro neuronal producido por la vejez, sino que también puede ser afectado por la amputación de una extremidad inferior. Debido a que esta última condición influye en el riesgo de caída, se ha investigado los posibles efectos del entrenamiento con una Nintendo sobre el balance postural en adultos mayores con una pierna amputada.

Para ello se realizaron dos tipos actividades: sesiones de juego basados en la Nintendo Wii, combinada con barras paralelas como soporte de seguridad; y un entrenamiento de la marcha, en él se utilizó un soporte de peso corporal (arnés) por razones de seguridad. Producto de la combinación de estos procedimientos, los participantes presentaron una mejora en su: balance dinámico, confianza en el equilibrio, parámetros espacio-temporales durante la marcha y economía del movimiento.

En consecuencia, el entrenamiento basado en la Nintendo Wii y un sistema de soporte del peso corporal es eficaz para mejorar la confianza en la marcha, reducir la dependencia de dispositivos de asistencia y mejorar la eficiencia de la caminata en usuarios de una prótesis transfemoral o transtibial (Miller *et al.*, 2012).

Otra área en la que se ha investigado los efectos de la implementación de este dispositivo, es la rehabilitación virtual de personas que padecen de hemiparesia producto de un infarto cerebral. Concluyéndose que un tratamiento basado en el uso de esta tecnología alcanza una eficiencia similar a la de un método convencional, ya que se logran mejoras equivalentes sobre el movimiento pasivo, las puntuaciones de dolor, la función motora del miembro superior, el equilibrio, la funcionalidad física y la vitalidad (da Silva Ribeiro *et al.*, 2015).

También se han estudiado los posibles beneficios que esta plataforma puede transmitir a pacientes que presentan una lesión incompleta de la médula espinal. Reportándose que un tratamiento que incluye la Nintendo Wii, genera cambios estadísticamente significativos en la velocidad de marcha y el alcance funcional. Además, otras evidencias sugieren la existencia de la mejora del

equilibrio, resistencia y movilidad durante tareas cotidianas (Wall *et al.*, 2015).

Finalmente, se debe destacar que la consola Nintendo Wii es considerada una herramienta válida y confiable para definir el desplazamiento del centro de presión (CoP) en adultos mayores. Esto se concluyó luego de comparar y analizar las mediciones obtenidas mediante esta consola y una placa de fuerza de laboratorio (Modelo 4090NC). Específicamente, los gráficos de Bland-Altman mostraron una buena concordancia y una pequeña diferencia de la media en las medidas de ambos dispositivos; y el análisis de regresión realizado indicó una validez concurrente excelente. Además, se observaron errores estándar y resoluciones similares en ambos casos (Scaglioni-Solano *et al.*, 2014).

## **DISPOSITIVOS DE REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA**

Otro de los desarrollos que se basa en la utilización de la realidad virtual, es el sistema italiano BTS NIRVANA. Este se basa en la proyección de una escena virtual dinámica sobre una mesa, el piso, una gran pantalla o una pared; que permite estimular, guiar o entrenar al paciente durante la sesión. Además, es posible de aplicar otros tipos de estímulos (audio) durante las sesiones, lo que transforma el entrenamiento en una acción realmente inmersiva. El dispositivo está conformado por un computador, un proyector y una cámara infrarroja. Esta última permite registrar los movimientos del paciente, para posteriormente analizarlos mediante procesamiento de imágenes. Esta tecnología se puede implementar en cualquier centro de rehabilitación de pacientes que presente déficits motores o cognitivos. Se ha demostrado que este dispositivo es realmente eficaz para el tratamiento del deterioro neuronal causado por la edad o patologías que provocan un daño a nivel neuronal central. [Available at: <http://neuro-solutions.ca/bts-nirvana/>; Available at: <http://www.btsbioengineering.com/products/nirvana/>].

Es por ello, que se ha estudiado los posibles efectos que provoca este método sobre el equilibrio en adultos mayores que residen en hogares de cuidado para ancianos. Debido a lo anterior, se estudiaron individuos separados en dos grupos: de entrenamiento mediante BTS NIRVANA, y de entrenamiento mediante ejercicios convencionales. Dentro de los resultados de las pruebas realizadas, se obtuvo que el puntaje del test: BBS, presentó mejoras significativas en ambos grupos; one-leg Stance (OLS), solo mejoró en ambos grupos durante la ejercitación de la pierna izquierda bajo condición de ojos cerrados; Up and Go y Tamden

stance, solo se registraron mejoras significativas en ambos grupos bajo la condición de ojos cerrados. Por lo tanto, es posible concluir que la utilización del sistema BTS NIRVANA o un programa de ejercicios convencionales producen mejoras similares del equilibrio y riesgo de caída, al ser implementado en un hogar de ancianos. Además, se debe tener en consideración que los dos tipos de entrenamiento deben ser idealmente supervisados por un profesional de la salud, debido a las características de los participantes (Yeşilyaprak *et al.*, 2016).

Dentro de las algunas intervenciones, es posible encontrar la incorporación de los sensores vestibulares. Estos dispositivos se han desarrollado ampliamente en el último tiempo, permitiendo generar nuevas soluciones a diversas problemáticas. Gracias a su bajo costo, pequeñas dimensiones, bajo peso, adaptabilidad funcional y versatilidad; ha sido posible desarrollar o integrar dispositivos enfocados a diferentes líneas de investigación. Para el estudio de un equilibrio deficiente, son de interés aquellos que permiten medir con precisión los movimientos, el equilibrio y la marcha del cuerpo humano; ya que de esta manera es posible incentivar y proporcionar retroalimentación al usuario. Se ha demostrado que la integración de estos aparatos en programas de realidad virtual ha posibilitado mejorar la retroalimentación entregada al paciente, desarrollar intervenciones de estimulación multisensorial más avanzadas e incrementar su seguridad y diversión. Incluso ha sido posible determinar la fragilidad de un paciente, mediante test de corta duración que incorporan estos elementos. Además, producto de este tipo de entrenamiento se ha observado una disminución del balanceo de la cadera, del tobillo y del centro de masas; y una mejoría significativa de la puntuación en los test: de marcha rápida, de paso alterno y Timed Up and go. Estos resultados fueron registrados bajo la condición de ojos abiertos y ojos

cerrados. En conclusión, los adultos mayores con problemas de equilibrio pueden beneficiarse de la combinación de estos elementos portátiles con un programa de entrenamiento virtual. Lo anterior, puede considerarse como un precedente para el desarrollo de sistemas que integren la realidad virtual y sensores vestibulares (Schwenk *et al.*, 2014). [Available at: <https://news.engineering.arizona.edu/news/wearable-sensors-virtual-reality-give-seniors-new-lease-life/>].

Un ejemplo de la integración descrita en el párrafo anterior, es el sistema que se basa en las características de los elementos que componen el Oculus Rift: Sensores de medición de movimiento inercial, un display montable en la cabeza, juegos de realidad virtual y softwares de recopilación de datos. Debido a que el objetivo de este proyecto es estudiar el equilibrio en los adultos mayores, mientras interactúan con escenas de realidad virtual; dentro del trabajo futuro se menciona la integración de otros sensores y equipamiento (EEG, placas de fuerza, etc), para así potenciar la capacidad de análisis del sistema y enriquecer la interacción con la realidad virtual.

## CONCLUSIÓN

Existen varios dispositivos de realidad virtual disponibles para mejorar el balance postural en adultos mayores, previniendo las caídas, así como mejoras cognitivas y en la adherencia a los tratamientos. Muchos de estos dispositivos, como las consolas de videojuegos, son relativamente accesibles y han demostrado efectividad en la mejora del balance postural, especialmente la Nintendo Wii. Actualmente, hay otros dispositivos en desarrollo, que esperan mejorar aún más la efectividad, especialmente con el uso de realidad virtual inmersiva.

---

**Cartes-Velásquez, J.** Virtual reality devices for the evaluation and improvement of the postulate balance in older adults. State of art. *Int. J. Med. Surg. Sci.*, 4(4):1266-1273, 2017.

**SUMMARY:** The cognitive processes and the motor system of the human being begin to deteriorate progressively with age, so that the postural actions that are executed to maintain balance become ineffective. Virtual reality can be effectively implemented as a method of diagnosis, training and rehabilitation of older adults. Recent literature shows that dynamic posturography can detect and classify the risk of falling. On the other hand, the use of wearable sensors allows to enrich the training based on virtual reality, being the most used console, the Nintendo Wii. The improvements achieved through virtual training are significant and similar to those obtained through conventional exercises. In addition, the implementation of virtual training increases adherence to treatment, but the effectiveness of training lies in the choice of the correct protocols. Maintaining the improvements will depend on the cognitive demand of the training. Currently, the systems under development seek to integrate virtual reality with wearable sensors and medical equipment. In the future, virtual reality can be used as a basis for the development of tele-rehabilitation systems.

**KEYWORDS:** Virtual reality; falls; elderly; prevention; consoles.

## REFERENCIAS

- Bateni, H. Changes in balance in older adults based on use of physical therapy vs the Wii Fit gaming system: a preliminary study. *Physiotherapy*, 98(3):211-6, 2012.
- Bieryla, K.A., Dold, N.M. Feasibility of Wii Fit training to improve clinical measures of balance in older adults. *Clin Interv Aging*, 8:775-81, 2013.
- Clark, R., & Kraemer, T. Clinical use of Nintendo Wii bowling simulation to decrease fall risk in an elderly resident of a nursing home: a case report. *J Geriatr Phys Ther.*, 32(4):174-80, 2009.
- Chang, C.J., Yang, T.F., Yang, S.W., & Chern, J.S. Cortical Modulation of Motor Control Biofeedback among the Elderly with High Fall Risk during a Posture Perturbation Task with Augmented Reality. *Front Aging Neurosci* 8:80, 2016.
- Chao, Y.Y., Scherer, Y.K., & Montgomery, C.A. Effects of using Nintendo Wii™ exergames in older adults: a review of the literature. *J Aging Health*, 27(3):379-402, 2015.
- da Silva Ribeiro, N.M., Ferraz, D.D., Pedreira, É., Pinheiro, Í., da Silva Pinto, A.C., Neto, M.G., Dos Santos, L.R., Pozzato, M.G., Pinho, R.S., & Masruha, M.R. Virtual rehabilitation via Nintendo Wii® and conventional physical therapy effectively treat post-stroke hemiparetic patients. *Top Stroke Rehabil.*, 22(4):299-305, 2015.
- dos Santos Mendes, F.A., Pompeu, J.E., Modenesi Lobo, A., Guedes da Silva, K., Oliveira Tde, P., Peterson Zomignani, A., & Pimentel Piemonte, M.E. Motor learning, retention and transfer after virtual-reality-based training in Parkinson's disease--effect of motor and cognitive demands of games: a longitudinal, controlled clinical study. *Physiotherapy*, 98(3):217-23, 2012.
- Fu, A.S., Gao, K.L., Tung, A.K., Tsang, W.W., & Kwan, M.M. Effectiveness of Exergaming Training in Reducing Risk and Incidence of Falls in Frail Older Adults With a History of Falls. *Arch Phys Med Rehabil.* 96(12):2096-102, 2015.
- Franco, J.R., Jacobs, K, Inzerillo, C., & Kluzik, J. The effect of the Nintendo Wii Fit and exercise in improving balance and quality of life in community dwelling elders. *Technol Health Care.*, 20(2):95-115, 2012.
- Giotakos, O., Tsirgogianni, K., & Tarnanas, I. A virtual reality exposure therapy (VRET) scenario for the reduction of fear of falling and balance rehabilitation training of elder adults with hip fracture history. *IEEE Xplore Digital Library*, 2007.
- Jorgensen, M.G., Laessoe, U., Hendriksen, C., Nielsen, O.B., & Aagaard, P. Efficacy of Nintendo Wii training on mechanical leg muscle function and postural balance in community-dwelling older adults: a randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.*, 68(7):845-52, 2013
- Kwok, B.C., Clark, R.A., Pua, Y.H. Novel use of the Wii Balance Board to prospectively predict falls in community-dwelling older adults. *Clin Biomech.*, 30(5):481-4, 2015.
- Laufer, Y., Dar, G., & Kodesh, E. Does a Wii-based exercise program enhance balance control of independently functioning older adults? A systematic review. *Clin Interv Aging.* 9:1803-13, 2014.
- Levy, F., Leboucher, P., Rautureau, G., Komano, O., Millet, B., & Jouvent. R. Fear of falling: efficacy of virtual reality associated with serious games in elderly people. *Neuropsychiatr Dis Treat.* 12:877-81, 2016.
- Liang, S. Research Proposal on Reviewing Augmented Reality Applications for Supporting Ageing Population. *ScienceDirect.* 3(2015):219-26, 2015.
- Manlapaz, D.G, Sole, G., Jayakaran, P., & Chapple, C.M. A Narrative Synthesis of Nintendo Wii Fit Gaming Protocol in Addressing Balance Among Healthy Older Adults: What System Works? *Games Health J.*, 6(2):65-74, 2017.
- Mansfield, A., Wong, J.S., Bryce, J., Knorr, S., & Patterson, K.K. Does perturbation-based balance training prevent falls? Systematic review and meta-analysis of preliminary randomized controlled trials. *Phys Ther.*, 95(5):700-9, 2015.
- Miller, C.A., Hayes, D.M., Dye, K., Johnson, C., & Meyers, J. Using the Nintendo Wii Fit and body weight support to improve aerobic capacity, balance, gait ability, and fear of falling: two case reports. *J Geriatr Phys Ther.*, 35(2):95-104, 2012.
- Nicholson, V.P., McKean, M., Lowe, J., Fawcett, C., & Burkett, B. Six weeks of unsupervised Nintendo Wii Fit gaming is effective at improving balance in independent older adults. *J Aging Phys Act.* 23(1):153-8, 2015
- Pietrzak, E., Cotea, C., & Pullman, S. Using commercial video games for falls prevention in older adults: the way for the future? *J Geriatr Phys Ther.*, 37(4):166-77, 2014.

Pluchino, A., Lee, S.Y., Asfour, S., Roos, B.A., Signorile, J.F. Pilot study comparing changes in postural control after training using a video game balance board program and 2 standard activity-based balance intervention programs. *Arch Phys Med Rehabil.*, 93(7):1138-46, 2012.

Roopchand-Martin, S., McLean, R., Gordon, C., Nelson G. Balance Training with Wii Fit Plus for Community-Dwelling Persons 60 Years and Older. *Games Health J.*, 4(3):247-52.2015.

Rendon, A.A., Lohman, E.B., Thorpe, D., Johnson, E.G., Medina, E., & Bradley, B. The effect of virtual reality gaming on dynamic balance in older adults. *Age Ageing.* 41(4):549-52. 2012.

Sato, K., Kuroki, K., Saiki, S., & Nagatomi, R. Improving Walking, Muscle Strength, and Balance in the Elderly with an Exergame Using Kinect: A Randomized Controlled Trial. *Games Health J.*, 4(3):161-7, 2015.

Schoene, D., Valenzuela, T., Lord, S.R., & de Bruin, E.D. The effect of interactive cognitive-motor training in reducing fall risk in older people: a systematic review. *BMC Geriatrics.*, 14:107 2014.

Scaglioni-Solano, P., & Aragón-Vargas, L.F. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board to assess standing balance and sensory integration in highly functional older adults. *Int J Rehabil Res.*, 37(2):138-43, 2014

Schwenk, M., Grewal, G.S., Honarvar, B., Schwenk, S., Mohler, J., Khalsa, D.S., Najafi, B. Interactive balance training integrating sensor-based visual feedback of movement performance: a pilot study in older adults. *J Neuroeng Rehabil.*, 13;11:164 2014.

Tarakci, D., Ersoz Huseyinsinoglu, B., Tarakci, E., & Razak Ozdinciler, A. Effects of Nintendo Wii-Fit® video games on balance in children with mild cerebral palsy. *Pediatr Int.*, 58(10):1042-1050, 2016.

Toulotte, C., Tournel, C., & Olivier, N. Wii Fit® training vs. Adapted Physical Activities: which one is the most appropriate to improve the balance of independent senior subjects? A randomized controlled study. *Clin Rehabil.* 26(9):827-35, 2012.

Yeşilyaprak, S.S., Yıldırım, MŞ., Tomruk, M., Ertekin, Ö., & Algun, Z.C. Comparison of the effects of virtual reality-based balance exercises and conventional exercises on balance and fall risk in older adults living in nursing homes in Turkey. *Physiother Theory Pract.*, . 32(3):191-201, 2016.

Wall, T, Feinn, R, Chui, K, Cheng, MS. The effects of the Nintendo™ Wii Fit on gait, balance, and quality of life in individuals with incomplete spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.*, 38(6):777-83, 2015.

#### **Autor de correspondencia:**

Juan Cartes-Velásquez.  
Fundación Kimntrum.  
Beltrán Mathieu 7, Concepción, Chile.

Tel.: (+56-9) 71003862

E-mail: jcartesv@kimntrum.org

Conflictos de interés: None.  
Financiamiento: None.

Recibido: 05-12-2017

Aceptado: 10-01-2018