

## Efectividad del tratamiento con realidad virtual en pacientes con ataxia cerebelosa

### *Effectiveness of exergames treatment in patients with cerebellar ataxia*

Vázquez-Rodríguez I, Avenza-Jaén M

Servicio de Rehabilitación. Hospital Universitario La Paz-Cantoblanco-Carlos III. Madrid. España

**Correspondencia:**

Irene Vázquez Rodríguez  
irene-varo@hotmail.com

Recibido: 9 junio 2017

Aceptado: 13 noviembre 2017

#### RESUMEN

*Introducción:* no existe tratamiento para la ataxia. El objetivo de este estudio es examinar la efectividad del tratamiento habitual de manera aislada y combinado con realidad virtual. *Material y método:* se trata de un ensayo clínico aleatorizado simple, en el que 11 pacientes emplearon ambos tratamientos y 10 sólo el tratamiento habitual, consistente en un programa de ejercicios de Frenkel. Se valoraron los resultados mediante la escala SARA antes y después del tratamiento y durante un periodo de seguimiento, a los 1, 3 y 6 meses de su finalización. *Resultados:* todos los individuos estudiados mejoraron significativamente y los que realizaron el tratamiento experimental mostraron mejores resultados absolutos. Después de 6 meses seguían presentando mejoría más notable, superando en más de medio punto a la obtenida en el grupo control, aunque estas diferencias no fueron significativas, posiblemente debido a limitaciones metodológicas y de tamaño muestral. *Conclusiones:* la rehabilitación es una herramienta fundamental para la disminución de síntomas y estabilización de los pacientes con ataxia cerebelosa progresiva. Los ejercicios de Frenkel son efectivos y los sistemas de realidad virtual pueden servir de apoyo, aunque se requiere más investigación que lo corrobore.

**Palabras clave:** ataxia cerebelosa, rehabilitación, ejercicios, realidad virtual.

#### ABSTRACT

*Introduction:* there is no treatment for ataxia. The aim of this study is to examine the effectiveness of the usual treatment in isolation and combined with exergames. *Material and method:* It is a prospective randomized clinical trial in which 11 patients used both treatments and 10 the usual treatment only, consisting of a Frenkel exercises program. The results were evaluated using the SARA scale before and after treatment and during a follow-up period, 1, 3 and 6 months after completing the treatment. *Results:* every patients studied improved significantly and those who performed the experimental treatment showed better absolute results. After 6 months they continued presenting a more remarkable improvement, exceeding in more than half a point to that obtained in the control group. Although these differences were not significant, it was possibly due to methodological limitations and sample size. *Conclusions:* rehabilitation is a fundamental tool for the reduction of symptoms and stabilization of patients with progressive cerebellar ataxia. Frenkel exercises are effective and virtual reality systems can be supportive, but more research is needed to support this.

**Keywords:** cerebellar ataxia, rehabilitation, physical exercises, video games.

## INTRODUCCIÓN

La ataxia no se considera una enfermedad en sí misma, sino un síntoma característico de múltiples procesos que presentan además otras muchas alteraciones<sup>(1)</sup>. El concepto de ataxia se define como falta de orden (del griego *a-* que significa «negativo» o «sin» y *taxiā* que significa «orden»); descoordinación en el movimiento de las partes del cuerpo y dificultades para mantener el equilibrio, sin debilidad motora.

Los sistemas que participan en la ejecución coordinada de los movimientos son tres: el cerebelo, el sistema vestibular y el sistema propioceptivo. La afectación de cualquiera de ellos puede producir ataxia, que en cada caso presentará una sintomatología diferente.

Existen alrededor de 200 tipos de ataxias distintas y su clasificación es muy compleja, pudiendo aludir a diferentes aspectos; la causa que las produce y la zona de afectación, así como una gran variedad de los signos y síntomas que presentan<sup>(2)</sup>. Según su etiología se diferencian en ataxias hereditarias; autosómicas dominantes y recesivas, o no hereditarias; adquiridas por un traumatismo, lesión nerviosa, o provocada por sustancias tóxicas. De todas ellas, en casi 160 se conoce su localización cromosómica<sup>(2)</sup>.

Este trabajo se centra en los pacientes con ataxia cerebelosa progresiva, causada por la pérdida de función del cerebelo. Su lesión produce síntomas como hipotonía, asinergia, dismetría, discronometría y disdiadococinesia, además de afasia, trastornos oculares y aumento de la fatigabilidad.

El síntoma más evidente y más limitante en la mayoría de los casos es la marcha atáxica<sup>(3)</sup>, caracterizada por un aumento de la base de sustentación, pasos desiguales y tambaleo irregular. La ataxia empeora gradualmente y se propaga lentamente a los brazos y, luego, al tronco. Con el tiempo, los músculos comienzan a debilitarse y a atrofiarse, en especial en los pies, las zonas distales de las piernas y las manos, y aparecen deformidades.

Aproximadamente 1 de cada 90 norteamericanos de origen europeo porta el gen afectado. En el caso de España, hay más de 8.000 casos de ataxia diagnosticados hasta 2014, según datos recogidos por la SEN (Sociedad Española de Neurología)<sup>(2)</sup>. Sin embargo, es reconocida como enfermedad rara por FEDER (Federación Espa-

ñola de Enfermedades Raras) y, en general, existe un profundo desconocimiento social, que condiciona que no se destinen suficientes medios para su investigación y consecuente desarrollo de tratamientos<sup>(4)</sup>.

Las ataxias hereditarias generalmente son enfermedades progresivas, altamente discapacitantes (muchos pacientes ya necesitan utilizar silla de ruedas en la infancia y adolescencia) y con un elevado coste. Sólo los costes totales para pacientes con ataxia espinocerebelosa alcanzan más de 167 millones de euros, de los cuales unos 21 corresponderían a costes sanitarios directos<sup>(5)</sup>. El Dr. Francisco Javier Arpa, Coordinador de la Comisión de Estudio de Ataxias y Paraplejías Espásticas Degenerativas de la SEN, señala: *Estamos hablando por lo tanto de unas enfermedades muy crueles, que conllevan una gran carga social y que necesitan adquirir la visibilidad que se merecen*<sup>(2)</sup>.

En cuanto a su terapia, ciertos tipos de ataxias no hereditarias pueden ser tratadas suprimiendo las causas que la provocan o eliminando tóxicos. Sin embargo, en el caso de la ataxia cerebelosa, no cuenta con un medicamento o tratamiento cien por cien efectivo para su curación<sup>(6)</sup> y las investigaciones para descubrirlo son una constante. El tratamiento farmacológico ha demostrado baja efectividad y la Fisioterapia intensiva con ejercicios de coordinación y equilibrio, un nivel moderado de aumento en las habilidades funcionales de estos pacientes<sup>(8-10)</sup>, sin evidencia científica demostrada<sup>(10)</sup>.

La actividad física regular puede mejorar los síntomas<sup>(12, 13)</sup>. En la actualidad, el tratamiento fisioterapéutico más empleado consiste en la realización de una serie de ejercicios propuestos por Heinrich Sebastian Frenkel en Suiza entre los años 1884 y 1913, y cuyos principios esenciales son concentración de la atención, precisión y repetición, con el objetivo final de lograr la regulación del movimiento<sup>(13)</sup>. Consiste en un programa individualizado y progresivo según el grado de la incapacidad. La progresión se realiza modificando la postura, alterando la rapidez, amplitud y complejidad del ejercicio y reduciendo el apoyo visual<sup>(14, 15)</sup>. Los estudios científicos que corroboran su efectividad son escasos<sup>(16)</sup>.

Las líneas actuales de investigación, según recoge la Sociedad Española de Neurología (SEN), tratan de buscar dianas terapéuticas que puedan, al menos, frenar la progresión de la enfermedad de los pacientes afecta-

dos, centrándose para ello en aspectos hasta ahora no estudiados como las células madre o la terapia génica<sup>(17)</sup>. En todo caso, los esfuerzos dedicados al estudio de estas enfermedades son insuficientes, sobre todo en comparación con los dedicados a otros procesos neurológicos. Es fundamental impulsar la investigación básica, traslacional y clínica de estas enfermedades y fomentar el desarrollo e incrementar los recursos asistenciales. Actualmente solo existen en España cinco unidades de referencia para ataxias hereditarias, cuando se estima que al menos se necesitarían otras tres.

Una posible vía alternativa de tratamiento podría ser el empleo de realidad virtual, investigada en otros problemas neurológicos como esclerosis múltiple o ictus<sup>(18)</sup> y en población infantil<sup>(19)</sup> con buenos resultados. En el caso de la ataxia existe poca bibliografía y los resultados no son concluyentes<sup>(20-22)</sup>.

La finalidad de este proyecto, al margen del tratamiento farmacológico, es demostrar que la Fisioterapia aumenta las habilidades funcionales del paciente y que los sistemas de realidad virtual pueden ser considerados una nueva técnica de abordaje a considerar en el tratamiento del paciente con ataxia cerebelosa progresiva.

Aprovechando las nuevas tecnologías y el amplio abanico de videojuegos que utilizan el equilibrio y la coordinación como forma lúdica, consideramos que los pacientes atáxicos pueden usar esta tecnología en base a la precisión, concentración y repetición, siendo este objetivo lúdico un tratamiento mucho más divertido y con un *feedback* mucho más eficaz que los ejercicios hasta ahora utilizados.

## MATERIAL Y MÉTODO

El trabajo consiste en un ensayo clínico controlado y aleatorizado de corte longitudinal desarrollado en el Servicio de Fisioterapia, con la colaboración del Servicio de Neurología y Rehabilitación en un Centro Sanitario de la Comunidad de Madrid durante el año 2016.

### Participantes

Se realizó un muestreo no probabilístico por cuotas, seleccionando 21 pacientes diagnosticados de ataxia ce-

rebelosa progresiva que acudían al centro. La muestra, estuvo constituida por 10 hombres y 11 mujeres, con edades comprendidas entre 36 y 75 años, con una media de 54,8 años, y con una evolución de la enfermedad entre 2 y 18 años, con una media de 6,65 años de enfermedad. La edad de comienzo de la enfermedad se situaba entre 22 y 72 años, con una media de 48,15 años.

Los 21 pacientes que constituían la muestra fueron distribuidos aleatoriamente mediante el programa Excel, empleando la fórmula “=ALEATORIO.ENTR(0,1)”, entre un grupo de estudio de 11 participantes y un grupo control de 10.

### Criterios de inclusión

- Ataxia cerebelosa degenerativa.
- Con síntomas de marcha atáxica y déficit de equilibrio.
- Puntuación en Escala SARA igual o inferior a 3 en los ítems 1 y 2 .

### Criterios de exclusión

- Incapacidad de asumir bipedestación sin apoyos.
- Deficiencias visuales.
- Capacidad cognitiva insuficiente, valorada con el MEC (Mini Examen Cognoscitivo).
- Incapacidad de adaptación a videojuego (WII)

Todos los pacientes recibieron un consentimiento informado, en el cual se detalla todo el estudio, y con su firma y aceptación entraron a formar parte del proyecto. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética competente, con el código HULP PI-2247.

### Intervención

Se llevó a cabo un programa de rehabilitación diferente para cada grupo durante 8 semanas, con frecuencia de 2 días a la semana:

- Grupo control: realizó en cada sesión 30 minutos de ejercicios de Frenkel: tratamiento de coordinación y

equilibrio que hasta el momento es el que ha demostrado mayor efectividad. Consiste en ejercicios sistemáticos y graduados diseñados para el tratamiento de la incoordinación resultante de muchas enfermedades. Se basan en concentración de la atención, precisión y repetición. Se realizaron siguiendo las pautas establecidas por el autor; comenzando por los ejercicios en decúbito supino y después sedestación, bipedestación y marcha progresivamente y aumentando la dificultad disminuyendo los apoyos físico y visual<sup>(16)</sup>.

- Grupo experimental: además de los ejercicios de Frenkel, emplearon durante 20 minutos más: videoconsola *Nintendo Wii*; videojuego *Wii Fit*, diseñado para entrenar la forma física y coordinación. Se divide en ejercicios de Yoga, Tonificación, Ejercicios Aeróbicos y Equilibrio. Se emplearon los ejercicios específicos para desarrollar el equilibrio; y *Wii Balance Board*, una báscula capaz de medir el peso y el centro de gravedad del usuario y controlar la ejecución de los ejercicios por parte del paciente.

### Variables

Consideramos como variable independiente el tipo de tratamiento asignado, ejercicios de Frenkel o realidad virtual, y como variables dependientes las manifestaciones clínicas cerebelosas, medidas mediante la Escala SARA.

Se consideraron como variables moduladoras la edad, el sexo, el tiempo de evolución de la enfermedad y su edad de aparición, los antecedentes familiares y traumatológicos y los incidentes acaecidos durante la intervención.

### Instrumentos de medición

- Escala de SARA (*Scale for Assessment and Rating of Ataxia*). Valorada por el neurólogo habitual de los pacientes. Consta de 8 ítems y valora cuantitativamente las manifestaciones clínicas cerebelosas, sin considerar otros síntomas. Se considera actualmente la escala más cómoda y fiable para ataxias cerebelosas de cualquier origen<sup>(23)</sup>.

- MEC (mini-examen cognoscitivo). Test de cribado de demencias. Valorado por los fisioterapeutas que llevaron a cabo el estudio. Se empleó la versión de 35 puntos. Sus ítems exploran 5 áreas cognitivas: Orientación, Fijación, Concentración y Cálculo, Memoria y Lenguaje<sup>(23)</sup>.

### Seguimiento

Se valoraron los resultados antes y después del tratamiento y durante un periodo de seguimiento a los 1, 3 y 6 meses.

### Análisis de datos

Los datos se procesaron informáticamente mediante una base de datos en formato Microsoft Excel, que más tarde fue importada para su tratamiento estadístico en el programa SPSS versión 20.

En primer lugar se realizó un análisis descriptivo de la situación inicial o línea base en el grupo de estudio y en el grupo control. Las comparaciones entre los dos grupos independientes de tratamiento se realizaron fundamentalmente mediante una técnica no paramétrica (U de Mann-Whitney). El análisis de la evolución temporal entre momentos de las variables cuantitativas, se realizó de forma pareada, mediante el test no-paramétrico de Wilcoxon (test de los signos). En ambos casos se consideró un nivel alfa de 0,05.

### RESULTADOS

Teniendo en cuenta el total de participantes, los valores absolutos en la Escala SARA comparando antes y después de la intervención mostraron una mejoría significativa en los síntomas atáxicos en ambos grupos (-2,37;  $p = 0,001$ ), la cual se mantiene a los 6 meses de seguimiento (-1,75;  $p = 0,001$ ),

Las comparaciones entre los dos grupos independientes de tratamiento se realizaron mediante U de Mann-Whitney y el seguimiento mediante el test no-paramétrico de Wilcoxon (test de los signos). Comparando con la

prueba U de Mann-Whitney los grupos control y experimental no encontramos significación estadística ( $p = 0,48$ ). Aun así se observan diferencias en los valores absolutos de mejoría del grupo WII frente al de ejercicios de Frenkel exclusivamente (2,68 frente a 1,7), que aun no siendo significativos estadísticamente son claramente observables, tal y como se muestra en la figura 1.

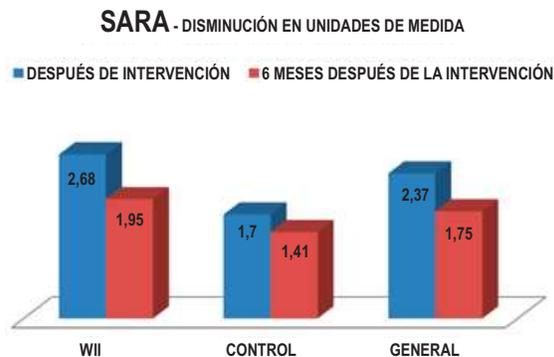


FIGURA 1. **Mejoría en los síntomas atáxicos medidos con la escala Sara.**

En la Escala SARA los pacientes del grupo experimental mejoraron durante la intervención de media 0,98 puntos más que el grupo control y pasados 6 meses, siguen presentando mejoría más notable en este grupo, superando en más de medio punto (1,95 frente a 1,41).

## DISCUSIÓN

Tanto la Escala SARA como el MEC están validados y comprobada su validez y consistencia interna, tanto en su versión original como en su versión española.

La escasez de estudios anteriores hace que resulte complicado comparar con otros resultados obtenidos anteriormente. El tratamiento con ejercicios, aceptado en la práctica asistencial como la mejor opción hasta el momento, dispone de pocos ensayos clínicos<sup>(24)</sup> que lo corroboren. Y en cuanto a la realidad virtual, los estudios encontrados respecto al tema se centran en otros tipos de patologías neurológicas diferentes a la ataxia<sup>(25, 26)</sup>, por lo que no se pueden establecer comparaciones con nuestros pacientes, o se trata de estudios de entre uno y cuatro casos<sup>(27, 28)</sup> en la mayoría de las ocasiones.

A la vista de los resultados obtenidos en el presente estudio, y teniendo en cuenta que todos los participantes obtuvieron mejoría, se podría considerar que el tratamiento fisioterapéutico realizado constituye una herramienta útil para la disminución de los síntomas y la estabilización de los pacientes con ataxia cerebelosa progresiva.

Por otra parte, los sistemas de realidad virtual pueden ser un apoyo a los ejercicios, ya que, aunque no han demostrado una significación estadística, los pacientes que combinaron los dos tratamientos consiguieron mejores resultados, observándose clínicamente una mayor disminución de los síntomas neurológicos.

Estimamos que es importante mencionar que los sujetos asignados al grupo experimental refirieron mayor satisfacción con la realización de la intervención, aunque ello no formaba parte de nuestro estudio, lo que podría aumentar la adherencia al tratamiento.

Durante la realización del estudio se encontraron diversas limitaciones, entre las cuales el tamaño reducido de la muestra, que además presenta una gran variabilidad, reduciendo la potencia del estudio; ausencias y muerte experimental por diversas causas como inicio laboral o problemas personales y antecedentes traumáticos; intervenciones quirúrgicas previas e incidentes durante la intervención debido a la alta ocurrencia de caídas en estos pacientes (en concreto dos sujetos sufrieron accidentes de bicicleta y uno un ataque de gota) que dificultaron la realización del programa de ejercicios y la valoración de la marcha y el equilibrio.

Consideramos que sería recomendable continuar en esta línea de investigación salvando las limitaciones observadas, realizando nuevos estudios con muestras de mayor tamaño y más homogéneas, y con mayor tiempo de intervención.

## RESPONSABILIDADES ÉTICAS

**Protección de personas y animales.** Los procedimientos seguidos en el presente estudio han cumplido las normas de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, en su actualización de 2013 y que el estudio ha sido evaluado y autorizado previamente por el Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Universitario La Paz, con el código HULP: PI-2247.

**Confidencialidad y consentimiento informado.**

Los autores declaran que todos los pacientes incluidos en el estudio han recibido información suficiente y han dado su consentimiento informado por escrito para participar en dicho estudio.

**Privacidad.**

Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes y que en este artículo no aparecen datos personales de los sujetos de estudio.

**Financiación.**

La investigación no ha recibido ningún tipo de financiación ni ayuda económica.

**Conflicto de intereses.**

No existe ningún conflicto de intereses laboral, de investigación, económico ni moral.

**Contribuciones de autoría.**

Todos los autores declaran haber participado en la concepción, diseño y realización del estudio además de en sus revisiones una vez finalizado, así como aprobado la versión finalmente enviada para su publicación.

**Agradecimientos**

Queremos agradecer la valiosa e imprescindible colaboración prestada por parte de los doctores Susana Chajma, Rehabilitadora, y Francisco Javier Rivera, Neurólogo, en la selección, valoración y seguimiento de los pacientes; al Hospital La Paz, y en concreto al servicio de Estadística que contribuyó con el análisis estadístico.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Restrepo CEN, González HS. Neurocirugía para médicos generales. Universidad de Antioquia; 2006.
- Psiquiatría.com- Más de 8.000 personas padecen algún tipo de ataxia hereditaria en España [Internet]. Psiquiatría.com. 2017 [cited 6 November 2017]. Available from: [https://www.psiquiatría.com/neurología\\_general/mas-de-8-000-personas-padecen-algun-tipo-de-ataxia-hereditaria-en-espana/](https://www.psiquiatría.com/neurología_general/mas-de-8-000-personas-padecen-algun-tipo-de-ataxia-hereditaria-en-espana/).
- Cerdá L. Evaluación del paciente con trastorno de la marcha. *Rev Hosp Clín Univ Chile*. 2010; 21: 326–36.
- Estudio sobre situación de Necesidades Sociosanitarias de las personas con Enfermedades Raras en España: Estudio ENSERio. Obra social de Caja Madrid. 2009. Disponible en [https://www.enfermedades-raras.org/images/stories/documentos/Estudio\\_ENSERio.pdf](https://www.enfermedades-raras.org/images/stories/documentos/Estudio_ENSERio.pdf)
- Martínez-Vila E. Investigación de enfermedades neurológicas en España. Madrid: Luzán 5; 2011.
- García AV. Ataxia cerebelosa. *REDUCA*. 2011; 3(1): 144–55.
- Ilg W, Brötz D, Burkard S, Giese MA, Schöls L, Synofzik M. Longterm effects of coordinative training in degenerative cerebellar disease. *Movement Disorders*. 2010; 25(13): 2239–46.
- Ilg W, Synofzik M, Brotz D, Burkard S, Giese MA, Schols L. Intensive coordinative training improves motor performance in degenerative cerebellar disease. *Neurology*. 2009 Dec 1; 73(22): 1823–30.
- Miyai I, Ito M, Hattori N, Mihara M, Hatakenaka M, Yagura H, et al. Cerebellar ataxia rehabilitation trial in degenerative cerebellar diseases. *Neurorehabil Neural Repair*. 2012 Jun; 26(5): 515–22.
- Marsden J, Harris C. Cerebellar ataxia: pathophysiology and rehabilitation. *Clin Rehabil*. 2011; 25(3): 195–216.
- Pérez-Ávila I, Fernández-Vieitez J, Martínez-Góngora E, Ochoa-Mastrapa R, Velázquez-Manresa M. Efectos de un programa de ejercicios físicos sobre variables neurológicas cuantitativas en pacientes con ataxia espinoce-rebelosa tipo 2 en estadio leve. *Rev Neurol*. 2004; 39(10): 907–10.
- Synofzik M, Ilg W. Motor training in degenerative spinoce-rebellar disease: ataxia-specific improvements by intensive physiotherapy and exergames. *Biomed Res Int*. 2014; 2014:583507. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/583507>
- Gardiner M. Manual de ejercicios de rehabilitación. Barcelona: Jims; 1986. p. 256-261.
- Downie P. Neurología para fisioterapeutas. Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana; 2001. p.158-159.
- Ejercicios de Frenkel [Internet]. eFisioterapia. 2017 [cited 3 November 2017]. Available from: <https://www.efisioterapia.net/articulos/ejercicios-frenkel>.
- Urrutia Villarroel AE. Método Frenkel en ataxia cerebelosa de adultos mayores del centro gerontológico del buen vivir Patate. 2017. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25190>

17. Estado de la terapia génica y sus perspectivas en ataxia [Internet]. Ataxia-y-ataxicos.es. 2017 [cited 3 November 2017]. Available from: <http://www.ataxia-y-ataxicos.es/FOLLFA/B40-GENI.htm>.
18. Peñasco Martín B, De los Reyes-Guzmán A, Gil-Agudo Á, Bernal-Sahún A, Pérez-Aguilar B, De la Peña González AI. Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación. *Rev Neurol*. 2010; 51: 481–8.
19. Ilg W, Schatton C, Schicks J, Giese MA, Schols L, Synofzik M. Video game-based coordinative training improves ataxia in children with degenerative ataxia. *Neurology*. 2012 Nov 13; 79(20): 2056–60.
20. Synofzik M, Schatton C, Giese M, Wolf J, Schöls L, Ilg W. Videogame-based coordinative training can improve advanced, multisystemic early-onset ataxia. *J Neurol*. 2013; 260(10): 2656–8.
21. Gatica-Rojas V, Méndez-Rebolledo G. Virtual reality interface devices in the reorganization of neural networks in the brain of patients with neurological diseases. *Neural Regen Res*. 2014 Apr 15; 9(8): 888–96.
22. Gatica Rojas V, Elgueta Cancino, E, Vidal Silva C, Cantin López M, Fuentealba Arcos J. Impacto del entrenamiento del balance a través de realidad virtual en una población de adultos mayores. *Int J Morphol*. 2010; 28(1): 303–8.
23. Bermejo Pareja F, Porta Etessam J, Díaz Guzmán J, Martínez Martín P. Más de cien escalas en neurología. Madrid: Grupo Aula Médica; 2008.
24. Marquer A, Barbieri G, Pérennou D. The assessment and treatment of postural disorders in cerebellar ataxia: a systematic review. *Ann Phys Rehab Med*. 2014 Mar; 57(2): 67–78.
25. Mousavi Hondori H, Khademi M. A review on technical and clinical impact of microsoft kinect on physical therapy and rehabilitation. *J Med Eng*. 2014; 2014: 846514.
26. Sveistrup H, McComas J, Thornton M, Marshall S, Finestone H, McCormick A, et al. Experimental studies of virtual reality-delivered compared to conventional exercise programs for rehabilitation. *Cyberpsychol Behav*. 2003 Jun; 6(3): 245–9.
27. Schiavinato AM, Baldan C, Melatto L, Lima LS. Influência do Wii Fit no equilíbrio de paciente com disfunção cerebelar: estudo de caso. *J Health Sci Inst*. 2010; 28(1): 50–52.
28. Simone Zeigelboim B, Dias de Souza S, Mengelberg H, Ghizoni Teive HA, Noronha Liberalesso PB. Reabilitação vestibular com realidade virtual na ataxia espinocerebelar. *Audiol Commun Res*. 2013; 18(2): 143–7.