

Revisión

Evaluación de la marcha en pacientes con ataxia espinocerebelosa tipo 2: fundamentos teóricos

Evaluation of the march in patients with type espinocerebelosa ataxia 2: Theoretical foundations

Susana Ramírez González. Universidad de Holguín. Holguín. Cuba.

[\[sramirez@uho.edu.cu\]](mailto:sramirez@uho.edu.cu) 

Darvin Manuel Ramírez Guerra. Universidad de Holguín. Holguín. Cuba.

[\[dramirezg@uho.edu.cu\]](mailto:dramirezg@uho.edu.cu) 

Roberto Rodríguez Labrada. Instituto de Neurociencias de Cuba. La Habana. Cuba.

[\[sramirez@uho.edu.cu\]](mailto:sramirez@uho.edu.cu) 

Recibido: 5 de abril de 2021 / **Aceptado:** 3 de julio de 2021

Resumen

En el presente trabajo se exponen los resultados de una revisión bibliográfica realizada sobre los métodos más empleados para la evaluación de la marcha humana, tanto normal como patológica. Se particulariza en aquellos más utilizados en Cuba, específicamente en la provincia de Holguín, en pacientes con ataxia espinocerebelosa tipo 2, ya que esta región presenta la tasa más elevada a nivel internacional de personas con esta enfermedad. El estudio de la marcha humana tiene gran importancia, pues su trastorno se reconoce como uno de los síntomas iniciales de la ataxia y su afectación progresiva resulta un indicador significativo del tránsito de un estadio a otro de la enfermedad. Los métodos para la evaluación de la marcha humana son variados y se pueden agrupar en cinemáticos y cinéticos. Algunos autores también se refieren a test, escalas e índices como métodos, cuando en realidad son instrumentos de medición que arrojan resultados cuantificables. Se destaca el empleo del Mobility Lab, como instrumento de avanzada tecnología que se emplea a nivel clínico y que proporciona resultados cuantificables, en tiempo real, de la mayoría de los indicadores que caracterizan a la marcha humana.

Palabras claves: ataxia espinocerebelosa tipo 2, marcha humana, métodos de evaluación

Abstract

The present work presents the results of a bibliographic review carried out on the methods most used for the evaluation of human gait, both normal and pathological. It is particularized in those most used in Cuba, in patients with Type 2 Spinocerebellar Ataxia, specifically in the Holguín province, which has the highest international rate of people with this disease. The study of

human gait requires great importance, whose disorder constitutes one of the initial symptoms when the patient begins to debut with ataxia, and its involvement is so progressive that it significantly influences the transition from one stage of the disease to another. The methods for evaluating human gait are varied, and can be grouped into kinematic and kinetic. Some authors refer to tests, scales and indices as methods, when in reality they are measurement instruments that yield quantifiable results. Those of greater application have a qualitative origin, a reason that limits their comparison with the patterns of normal human gait, and to be able to know the level of affectation of each patient, particularized by each indicator that characterizes locomotion. The use of the Mobility Lab stands out as an advanced technology instrument used at the clinical level. This provides quantifiable results, in real time, of most of the indicators that characterize human gait, through the placement of sensors in various parts of the patient's body.

Key words: spinocerebellar ataxia type 2, human gait, evaluation

Introducción

La posibilidad de desplazamiento, es decir, de trasladarse de un sitio a otro, es una de las características inherentes al ser humano. Su manera más común es a través de la marcha, también conocida como caminata humana o marcha bípeda, medio mecánico de locomoción, donde el cuerpo, en posición erecta, se desplaza en el espacio. En lo adelante, siempre que se haga mención a la marcha, se estará haciendo referencia solo a la humana.

Diversos autores coinciden en que: “En el ser humano, forma y función, anatomía y fisiología, arquitectura y biomecánica van indisolublemente unidas, una condiciona a la otra y por lo tanto deben estudiarse conjuntamente” (Herrera y Gómez, 2016, p. 2).

Existen dos requisitos básicos que cualquier tipo de marcha bípeda debe cumplir, aun cuando esté distorsionada por cualquier inhabilidad física: el mantenimiento de las fuerzas de reacción del piso sobre la extremidad de soporte y el movimiento periódico de cada pierna desde una posición de apoyo a otra, en la dirección del movimiento. Estos dos requisitos dan origen a tres desviaciones o movimientos diferentes; así, con cada paso las velocidades del cuerpo aumentan y disminuyen ligeramente, el cuerpo se eleva y desciende unos pocos centímetros y oscila levemente de un lado a otro (Contreras et al., 2012. p. 29).

De lo anterior se infiere que la marcha humana requiere de un control preciso de los movimientos de las extremidades, de la postura y del tono muscular. Es este un proceso extraordinariamente complejo que involucra a todo el sistema nervioso, en el que grupos

especializados de neuronas de la médula espinal y del tronco encefálico, generan una actividad rítmica que estimula las neuronas motoras, las cuales, a su vez, activan los músculos de las extremidades.

Las anomalías en cualquier parte del sistema nervioso pueden dar lugar a un trastorno de la marcha, aunque es más frecuente en personas que padecen determinadas patologías en el sistema nervioso central. Las ataxias suelen condicionar dichos trastornos.

La ataxia espinocerebelosa tipo 2 (SCA2) se encuentra incluida dentro de un grupo heterogéneo de afecciones neurodegenerativas provocadas por una anomalía del ácido desoxirribonucleico (ADN), consistente en una expansión intergeneracional del número de trinucleótidos CAG (citosina – adenina - guanina), repetida en la zona de codificación del gen Ataxina 2 (ATNX2) y que resulta común con las ataxias de tipo SCA (Velázquez y Medina, 1998; Velázquez y Orozco, 1999).

Autores como Martínez, Paz y Vega (2015) coinciden en que, desde el punto de vista neuropatológico, la SCA2 representa la forma más grave de ataxia hereditaria. En la última encuesta epidemiológica realizada en Cuba (Velázquez et al, 2020), se reportó que la ataxia espinocerebelosa tipo 2 (SCA2) fue el subtipo más común, con mayor prevalencia en la provincia de Holguín (47,86 / 100.000) y con una amplia dispersión por todo el país.

El aumento documentado de su prevalencia sentó las bases para el desarrollo de estrategias de investigación y atención médica de mayor alcance, apoyadas en redes de investigación colaborativa. La amplia variedad epidemiológica y clínica de dicha población, así como su caracterización genética, identifican esta cohorte homogénea como una fuente necesaria para las futuras investigaciones clínico-genéticas y terapéuticas.

Desde un enfoque clínico, la SCA2 se caracteriza por un grupo amplio de manifestaciones motoras y no motoras, que la califican como una enfermedad multisistémica. Sus principales manifestaciones clínicas motoras están relacionadas con el síndrome cerebeloso, con una sintomatología dada por ataxia de la marcha, inestabilidad postural, dismetría, disartria cerebelosa, y adiadococinesia. Según Orozco et al. (1989) así como Velázquez et al. (2009), el primer síntoma es el más frecuente y se presenta en el 95,5% de los pacientes.

Los trastornos de la marcha, en pacientes con ataxia, son causados por una disfunción del cerebelo o de sus conexiones con otras partes del cerebro. Como el hallazgo más consistente se establece la presencia de un paso más amplio y variable, que tiene como resultado la

lentitud de la marcha y caídas. La evaluación clínica de la capacidad para caminar forma parte de las escalas de calificación comúnmente utilizadas para este trastorno (Schmitz-Hübsch et al, 2016).

Debido a la necesidad de sistematizar y contextualizar el conocimiento existente sobre la evaluación biomecánica de la marcha en pacientes con SCA2 con el fin de efectuar valoraciones clínicas y físicas más efectivas y, de esa forma, poder establecer una estrategia de rehabilitación coherente, se introduce, en el presente artículo, la revisión bibliográfica sobre el tema como antecedente de un proceso práctico a implementar en la provincia de Holguín.

Desarrollo

El análisis del movimiento humano, y más concretamente de la marcha, ha sido motivo de estudio desde tiempos muy antiguos. Existen referencias por parte de Aristóteles, Leonardo da Vinci, Hipócrates, entre otros. Al respecto, (Mademli y Morey 2015, p. 661) aseveran que aunque el interés por estudiar la marcha humana tiene sus raíces en un pasado muy lejano, los primeros experimentos objetivos sobre la marcha humana los realizaron los hermanos Weber en Alemania a mediados del siglo XIX (1836).

Por su parte, (Haro 2014, p. 238) considera que la marcha humana corresponde a una secuencia de movimientos coordinados y alternantes que nos permite desplazarnos. Es un proceso complejo que requiere del adecuado funcionamiento e interacción de diferentes estructuras tales como un sistema de control a cargo del Sistema Nervioso Central, palancas que provean el movimiento correspondiente a los huesos y fuerzas para mover las palancas a cargo del sistema muscular. Alteraciones a cualquiera de estos niveles puede determinar alteraciones de la marcha.

Como se mencionó con anterioridad, en el caso de la ataxia espinocerebelosa tipo 2, el trastorno de la marcha es una característica clínica que abarca desde de los primeros síntomas de aparición de esta patología hasta diversos grados de gravedad. Velázquez et al. (2000) identifica los síntomas según los grados:

Grado 1. Corresponde a una ataxia ligera que se hace evidente cuando el paciente camina con un pie delante y otro detrás. El paciente puede valerse por sí mismo para las actividades de la vida diaria tanto personales como sociales.

Grado 2. El paciente presenta un grado mayor de la enfermedad, no puede ejecutar la marcha con un pie delante del otro y tiene imposibilidad para realizar movimientos o acciones motoras que requieran de gran precisión.

Grado 3. El paciente necesita apoyo para caminar o no deambula, así como no puede valerse por sí mismo para las actividades de la vida diaria.

La enfermedad es inexorablemente progresiva, hasta llegar a la invalidez total y al fallecimiento del enfermo; la evolución y el pronóstico son variables y dependen del tamaño de la mutación. En los estadios iniciales, los pacientes presentan trastornos ligeros de la marcha, así como pueden desempeñar, de forma independiente, las actividades básicas e instrumentadas de la vida diaria. Con el transcurso del tiempo, la enfermedad progresa y los pacientes necesitan de apoyo externo para caminar. Comienzan a utilizar bastones o andadores.

En esta etapa, tienen dependencia parcial de otras personas para la ejecución de algunas de las actividades básicas de la vida diaria. Con posterioridad, no logran trasladarse, son dependientes para realizar todas las actividades de la vida diaria y están confinados en una cama o a una silla de ruedas.

Al igual que muchas enfermedades degenerativas del sistema nervioso, actualmente no hay una cura eficaz o un tratamiento para la SCA2. No obstante, muchos de sus síntomas y complicaciones pueden ser tratados con el fin de ayudar a los pacientes a mantener un funcionamiento óptimo por el mayor tiempo posible. Para ello son esenciales las sesiones de rehabilitación, por lo que el análisis exhaustivo de la marcha se constituye en un pilar a ponderar durante las evaluaciones a los pacientes.

El examen de la marcha proporciona una visión importante del estado funcional del individuo, por lo que los estudios exigen que este reconocimiento sea cada vez más detallado y concreto, en aras de abarcar la mayor cantidad de información posible. Asimismo, la relación entre los programas de intervenciones terapéuticas y de rehabilitación a pacientes con SCA2 y el estudio de la marcha es directa. Previo a cada intervención terapéutica y de rehabilitación, debe hacerse una valoración detallada de los pacientes para conocer las características de la ataxia y, a su vez, la información existente sobre la afectación del equilibrio, así como sobre la capacidad de la marcha y su calidad.

Muchos autores han realizado estudios relacionados con la evaluación de la marcha, al igual que ha sido reportada una amplia variedad de métodos para, de una manera u otra, informar

sobre su comportamiento. Se ha llegado al consenso de clasificarlos en dos grandes grupos: cinemáticos y cinéticos, en dependencia de los indicadores que permiten evaluar. Aquellos basados en la electromiografía, en los sistemas de análisis, en los métodos estadísticos (anova, sistema VICON) y los apoyados en test, escalas, índices, etcétera, se reservan para realizar las mediciones o evaluaciones en correspondencia con las técnicas e instrumentos específicos que utilizan.

Métodos para la medición de la marcha en pacientes con SCA2

Los métodos cinemáticos están enfocados en el estudio del movimiento, pero no de las fuerzas que lo originan. Saucedo (2009) considera que permiten analizar características espaciales, temporales y espacio-temporales, tales como los ángulos articulares, la velocidad, la aceleración, las posiciones, el tiempo y la frecuencia de los movimientos.

Opina que la marcha puede ser estudiada a través de la inspección, método que consiste en la simple observación del individuo mientras camina (inspección). Puede observarse de manera general para así valorar la longitud de la zancada, el paso y su anchura, la cadencia y la velocidad. Según Saucedo: “El examen se realiza con el sujeto desvestido y descalzo, aunque también se puede estudiar cómo camina con ropa y calzado y observar cómo estos factores modifican algunas características de su patrón de marcha” (2009, p.18).

Entre los instrumentos y métodos reportados por este autor y que se emplean con mayor frecuencia para una evaluación cuantitativa de indicadores cinemáticos, se encuentran:

Goniómetros: miden la movilidad angular de una determinada articulación durante la marcha. La goniometría articular, bi o tridimensional, mide directamente los ángulos articulares y su variación durante el curso del movimiento.

Electrogoniómetros: son sistemas de medida electrónicos basados en los goniómetros. Se trata de potenciómetros que, sujetos a los dos segmentos articulares y alineados sus centros con el eje de movimiento de la articulación, permiten obtener el rango de amplitud articular tanto activo como pasivo. Mantienen un voltaje continuo a través del engranaje de unión de ambos brazos y con el movimiento de uno de los segmentos articulares, puede producirse un cambio de potencial que va a depender del ángulo articular. Los electrogoniómetros son transductores de ángulos (generalmente potenciómetros lineales), es decir, instrumentos que transforman el ángulo medido en una señal eléctrica.

Huellas podográficas: es un método que consiste analizar las huellas de los pies dejadas por el individuo al caminar, generalmente sobre tinta o grasa, para obtener datos sobre la longitud del paso, la anchura y la base de la marcha, la simetría de la misma y el área del pie en contacto con la superficie del suelo.

En otros estudios consultados (Sánchez, 1993 y Mademli y Morey, 2015) se confirma que la videografía, la videofotografía o videofotogrametría, como técnica videográfica, tiene marcada influencia en los análisis realizados sobre la marcha humana.

A la luz de la primera década de este siglo, se combina con plataformas dinamométricas para la evaluación cinética y con la unión a sistemas de registro de EMG (electromiografía) dinámica para la cinemática. Es una técnica de análisis que permite, a partir de un movimiento real, estudiar sus diferentes parámetros o indicadores biomecánicos, combinando sus aspectos cuantitativos con los cualitativos.

Mediante esta técnica se pueden valorar objetivamente las alteraciones funcionales en los diferentes segmentos de las extremidades inferiores, superiores y la columna, así como las distintas fases de la marcha; de igual forma, puede evaluarse la evolución del tratamiento prescrito: si es positiva o negativa, así como cuantificar dicha evolución. Por último, se valora el rango articular de movilidad y de columna (segmentos dorsal, lumbar, etc.). Estos últimos datos son imprescindibles y de gran utilidad para un correcto diseño de los ejercicios de columna.

En Cuba se han realizado múltiples estudios, a partir de la videografía, tanto para la marcha normal como para la patológica, en sujetos sanos, en adultos mayores, en personas con deformidades del cuerpo, ya sean congénitas o adquiridas, y con enfermedades neurodegenerativas, sometidos o no a alguna actividad física. Sin embargo, existen muy pocas referencias a investigaciones, a través de la videografía, de la marcha en pacientes con ataxia espinocerebelosa tipo 2.

Investigadores del Centro de Biofísica Médica, de la Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba y de la Universidad de Oriente (Novo *et al.*, 2016), realizaron una descripción cinemática de la marcha en pacientes con esta enfermedad degenerativa y reportaron los escasos trabajos existentes al respecto. Estos autores, mediante la implementación de un método cubano, obtuvieron un grupo reducido de parámetros espacio-temporales relacionados con la marcha en los pacientes afectados con SCA2 en Santiago de Cuba y afirmaron, además, que fue la primera vez que en la isla se implementó la técnica videográfica con ese fin.

De manera general, con la investigación pudo concluirse que, al no poder contar con un método cuantitativo para la evaluación de los trastornos cinemáticos de la marcha, se dificulta la determinación del planeamiento rehabilitador que debe aplicarse con mayor eficacia en los pacientes con SCA2.

Posterior a esta fecha, se tiene constancia de un estudio biocinemático realizado en la provincia de Holguín a la marcha en pacientes con SCA2, que asistían sistemáticamente a las sesiones de rehabilitación comunitaria en el Centro para la Investigación y Rehabilitación de las Ataxias Hereditarias (CIRAH) (Ramírez-González *et al.*, 2019b).

En él también fue aplicado el método videográfico para el estudio de la marcha y se realizó la cuantificación de parámetros espaciales, temporales y espacio-temporales, previamente seleccionados por los investigadores Ramírez-González, Gómez, Vázquez Ramírez-Guerra (2019a). Se encontró una alta correlación entre el ángulo de la rodilla con respecto al tiempo de evolución que tenía cada paciente; además, la fase de oscilación y la cadencia se comportaron de igual forma a las obtenidas con la prueba del SARA (escala de evaluación y clasificación de la ataxia utilizada por el personal de la clínica).

Por su parte, los métodos cinéticos se encargan de estudiar la marcha y las causas físicas que la originan (las fuerzas). El movimiento del sistema músculo - esquelético es el resultado de un equilibrio entre fuerzas internas y externas que actúan sobre él, las cuales se pueden analizar mediante los sistemas de estudio cinético. Entre los instrumentos más utilizados, reportados por Saucedo (2009) se encuentran:

Podómetro electrónico: consiste en dos láminas superpuestas entre las que se dispone una tercera de polímero semiconductor, con un gran número de sensores piezorresistivos (más de 1 o 2 sensores por cm cuadrado); es decir, de 100 a 2048 en total. Cuando se presiona sobre el sensor, la conductividad del polímero varía y convierte la presión entre el pie y el suelo en una señal eléctrica. La distribución de presiones, así como la localización de la presión máxima, se puede visualizar en dos o tres dimensiones. También es posible conocer el porcentaje de presión soportada por el antepié y el retropié, la presión ejercida por cada metatarsiano y el porcentaje relativo al total de carga del antepié. Al trabajar con frecuencias de muestreo bajas (25 Hz), solo pueden utilizarse para estudios estáticos o dinámicos de baja velocidad.

Plantillas dinamométricas: son sistemas de medición del apoyo plantar mediante sensores piezorresistivos, colocados estratégicamente en las siete áreas de mayor carga y objeto de

patologías: en la planta del pie, el talón, la cabeza de los cinco metatarsianos y el primer dedo. Se introducen en el calzado habitual para analizar la variación en el valor de la resistencia de la presión ejercida sobre los sensores entre el pie y el calzado. Permiten observar la distribución y la secuencia de presiones (g/cm^2) de cada sensor o por zonas determinadas; por ejemplo, dividir el apoyo en las tres zonas básicas: retropié, mediopié y antepié.

Existen varias formas de graficar la información: curva presión/tiempo, barras o mapas de presiones (escala de colores asociada a la escala de presiones; esos mapas se pueden visualizar en 2 o 3 dimensiones, fotograma a fotograma o animados. También se puede cuantificar el tiempo que mantiene cada sensor en contacto con el suelo, el valor máximo, el valor promedio y su localización espacial y temporal; además, se puede observar la evolución de la posición del centro de presiones del individuo a lo largo del tiempo.

Plataformas dinamométricas: las plataformas de fuerzas son sistemas de análisis del movimiento, a través de las cuales se pueden medir las fuerzas externas que se ejercen sobre el pie durante la marcha, la carrera o el salto. Todas ellas se basan en la tercera ley de Newton, o principio de acción-reacción, y se puede obtener el valor de la fuerza externa ejercida sobre una superficie al igual la fuerza que la origina, igual en magnitud y dirección, pero en sentido contrario.

Dentro de ellas están las de galgas extensiométricas, las que se utilizan para obtener la fuerza resultante y sus tres componentes espaciales. También se puede determinar el punto de aplicación de dicha fuerza en cada momento del apoyo.

Las piezoeléctricas se basan en el mismo principio de cambio de resistencia eléctrica, pero en su diseño se emplea un material con propiedades piezoeléctricas, lo que tiene como consecuencia la creación de pequeñas cargas de electricidad estática dentro del material como respuesta a la presión.

Otros métodos para el estudio de la marcha en pacientes con SCA2 son la electroneurografía (ENG) y la electromiografía (EMG). Ambos se emplean para la medición indirecta de la actividad eléctrica del músculo.

La electroneurografía (ENG) consiste en la valoración de las conducciones y respuestas nerviosas ante estímulos motores y sensitivos en nervios periféricos y centrales. Por su parte, la electromiografía (EMG) resulta la valoración electrofisiológica de los músculos.

La electromiografía se refiere al análisis de las actividades del músculo y a la determinación de la duración y la intensidad relativa de la actividad muscular. Los registros de EMG proporcionan un medio útil para determinar patrones de activación muscular durante la marcha. La actividad de los músculos superficiales puede ser registrada con electrodos de superficie y la de los músculos profundos con electrodos de alambre fino. (Agudelo 2013 p. 36)

Desde la posición de Saucedo (2009), las fuerzas internas ejercidas por el aparato locomotor se pueden estudiar mediante la dinamometría y le electromiografía de superficie (EMG-S). El control neurológico deficitario se puede presentar tanto por las patologías del sistema nervioso central como del periférico y aparecen alteraciones con diferentes niveles de intensidad, entre las que se encuentran la espasticidad y las alteraciones de la coordinación; esta última le causa al paciente el descontrol del tiempo y de la intensidad de la acción muscular.

También los patrones reflejos primitivos son un caso de un control neurológico deficitario, así como la alteración de la propiocepción, la cual le que impide al paciente tener conocimiento de la información sobre la posición articular y la sensación de contacto con el suelo.

Evaluación por escalas de la marcha en pacientes con SCA2

En el caso de los pacientes con SCA2, evaluados en el CIRAH, la valoración de la marcha se realiza mediante diferentes escalas de medición, entre las que se destacan:

- Sara (Scale for the Assessment and Rating of Ataxia): se emplea para conocer la severidad de la ataxia. Valora diferentes parámetros como la marcha, el equilibrio, la alteración del habla y la coordinación. Es una escala clínica desarrollada por Schmitz-Hübsch *et al* (2016), que evalúa una variedad de deficiencias en la ataxia cerebelosa. La escala se compone de 8 ítems relacionados con la marcha, la postura, la posición sentada, el habla, la prueba de persecución de dedos, la prueba de la nariz y los dedos, los movimientos alternos rápidos y la prueba de talón-espinilla. La escala SARA fue desarrollada para la evaluación y calificación de la ataxia como una alternativa a la Escala de calificación de ataxia cooperativa internacional (ICARS), debido a que el uso diario de esta última en pacientes con ataxia se dificultaba por los múltiples elementos de evaluación. La nueva herramienta, con menos elementos, facilita una evaluación diaria de la ataxia.
- Escala de Valoración Funcional de la Marcha (FAC): determina la calidad y capacidad de marcha del paciente, de forma que permite tanto establecer las pautas de su tratamiento, como conocer su evolución. Esta herramienta, descrita por Holden en 1984, es

frecuentemente utilizada para evaluar la marcha y clasifica la habilidad en 6 niveles distintos. Es un instrumento fácil de emplear y de interpretar, que requiere poco tiempo, así como posee un bajo costo, ya que únicamente se necesitan 15 metros de terreno llano y unas escaleras. Esta escala ha demostrado ser fiable y válida en pacientes que han sufrido un ictus (Carrasco, 2019. p. 32).

- Time Up and Go (TUG): "cronometrada y listo", ofrece medidas basadas en el rendimiento clínico y de la función de las extremidades inferiores, la movilidad y el riesgo de caídas. El TUG se ha utilizado en poblaciones de edad avanzada y en diversas afecciones patológicas, como en pacientes con enfermedad de Parkinson. Se emplea para evaluar los parámetros espacio - temporales de la marcha, principalmente la velocidad, la longitud del paso y la cadencia.
- Marcha en Tándem 10 metros: ideal para la exploración neurológica, que valora la estática, la postura y la marcha. Se coloca el talón de un pie por delante de la punta del pie contrario.
- Escala de equilibrio de Berg: la escala de equilibrio o test de Berg fue desarrollada en 1989 como una medida cuantitativa del estado funcional del equilibrio del anciano, es reproducible y con una fuerte consistencia interna. Es sensible a los cambios clínicos y tiene una buena fiabilidad intra e inter observadora en la población mayor. Se ha considerado útil en la predicción de caídas. Consta de 14 tareas que valoran aspectos estáticos y dinámicos del control postural puntuadas de 0 a 4. El valor máximo de 56 expresa un equilibrio óptimo.
- Escala de Tinetti: inicialmente fue desarrollada para ancianos muy discapacitados (Tinetti, 1986). Posteriormente, entre los años 1998 y 2002, fue modificada por la Asociación Americana de Geriátrica y quedó adaptada para todo tipo de ancianos. En ella se ofrecen una serie de indicadores a observar en cada paciente, a los cuales, los especialistas que realizan esta prueba, les otorgan un valor numérico en dependencia de cómo ejecuten determinados movimientos.

En la actualidad, Cuba cuenta con dos equipos de alta tecnología, denominados Mobility Lab™ de APDM (APDM Inc), para la medición y evaluación de indicadores que caracterizan a la marcha y el equilibrio. Uno se encuentra ubicado en la provincia de Holguín y otro en la Habana. Constituyen el primer laboratorio portátil de marcha y equilibrio construido para médicos e investigadores clínicos. Fue diseñado para optimizar la evaluación de la marcha y el equilibrio al facilitar la recopilación, almacenamiento, análisis e interpretación de datos.

De manera general, todas estas formas de evaluación de la marcha, anteriormente mencionadas, se cumplen en la práctica de manera independiente y responden a los intereses de investigación. Ha de agregarse, como elemento esencial, las posibilidades reales de accesibilidad la prueba.

En laboratorios más especializados para el estudio de este tipo de habilidad, todas se integran como pruebas fijas y se les agregan otras en consonancia con los especialistas y fines específicos. Como señala Haro (2014 p. 242): “[...] el laboratorio de análisis de marcha ha mostrado un rol fundamental en ayudar a comprender las alteraciones de la ambulación, planificar los tratamientos y controlar sus resultados en el tiempo”

Agudelo (2013 p. 38) refiere que un laboratorio de análisis de marcha puede ser considerado desde la perspectiva tecnológica como: “[...] un sistema multifactorial integrado que comprende básicamente tres bloques principales: un sistema tridimensional de captura de movimiento (cinemática), un sistema para la medición de fuerzas, momentos de fuerza y potencias involucradas en el movimiento (cinética) y un sistema de registro de la actividad de contracción relacionada a músculos individuales o grupos musculares (electromiografía dinámica)”.

Y para Cerda (2014 p. 269): El laboratorio de marcha consiste en un conjunto de instrumentos capaces de valorar distintos ámbitos de la biomecánica de la marcha (movimiento de las articulaciones, fuerzas, torques y energía mecánica y actividad eléctrica muscular). Es una evaluación de acceso restringido; sin embargo, la cantidad de información obtenida permite identificar con claridad los factores que afectan el rendimiento de la marcha y guía en forma muy clara las intervenciones terapéuticas.

En resumen, si se aplica lo expuesto con anterioridad, en correspondencia con los objetivos del estudio y los métodos con los que se cuente, puede realizarse una profunda evaluación de la marcha en pacientes con SCA2.

Por ello, se comparte la idea de Mademli y Morey (2015), quienes consideran que las desviaciones de los patrones cinemáticos, dinámicos, electromiográficos o podobarográficos normales, así como las posibles asimetrías, pueden ser utilizadas para un diagnóstico acertado, así como para la elección terapéutica y la evaluación del progreso del paciente.

Conclusiones

La revisión de las fuentes bibliográficas permitió conocer que los métodos más empleados para la evaluación de la marcha humana y utilizados específicamente en pacientes con ataxia

espinocerebelosa tipo 2, pueden agruparse según la naturaleza de los indicadores o características del movimiento que permiten obtener (cinemáticos y cinéticos) y según los instrumentos y técnicas en que se basan (electroneurografía y electromiografía y evaluación por escalas).

Se constató, además, que el uso de equipos de tecnología avanzada diseñados con este fin es limitado, al tener un costo elevado en el mercado internacional, por lo que se convierten en poco accesibles y generalizables a la población con ataxia. Es deseable contar con un laboratorio de la marcha como sistema multifactorial integrado donde puedan complementarse los diferentes métodos para su evaluación.

Referencias bibliográficas

- Agudelo, A. *et al.* (2013). Marcha: descripción, métodos, herramientas de evaluación y parámetros de normalidad reportados en la literatura. *Revista CES Movimiento y Salud*, 1(1), 29-43.
- Centro de Fisioterapia Marc. (2016, 29 de abril). *Biomecánica de la marcha*. <http://analdelamarcha/articulos/ilustrac/Biomecánica-de-la-marcha-Centre-Fisioterapia-Marc.html>
- Cerda, L. (2014). Manejo del trastorno de marcha del adulto mayor. *Revista de Medicina Clínica. Condes-2014*, 25(2), 265-275.
- Contreras, L. E., Trisancho, J. A. y Vargas, L.F. (2012, segundo semestre). Análisis biomecánico de la marcha humana a través de técnicas de modelaje. *Entre Ciencia e Ingeniería*, Año 6 (12), 29-35.
- Haro, M. (2014). Laboratorio de análisis de marcha y movimiento. *Revista de Medicina Clínica. Condes – 2014*, 25(2), 237-247.
- Herrera, M. y Gómez, A. (2016). *Análisis biomecánico de la marcha patológica: un estudio de caso* [ponencia]. Evento MCMA, FCF, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.
- Mademli, L. y Morey, G. (2015). Aplicaciones específicas. La marcha humana y la carrera. En Pérez-Soriano, P. y Llana, S. *Biomecánica básica aplicada a la actividad física y el deporte* (pp. 659 – 698). Valencia. España: Editorial Paidotribo.
- Martínez, J., Paz, J. y Vega, S. (2016, enero-marzo) Ataxia espinocerebelosa tipo 2. *Archivos de neurociencia*, 1(1). archivosdeneurociencia.com.
- Novo, C., Gámez, O., Montoya, P., Zulueta, A. y Zamora, L. (2016). Descripción cinemática de la marcha en pacientes con ataxia espinocerebelosa tipo 2. *versão* On-line ISSN 1029-3019. Meu SciELO.
- Orozco, D. G., Estrada, R., Perry, T., Araña, J. y Fernández, R. (1989). Dominantly inherited olivopontocerebellar atrophy from eastern Cuba. Clinical, neuropathological and biochemical findings. *Journal Neurology Science*, 93(1), 37-50. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2809629>

- RAMÍREZ-GONZÁLEZ, S., GÓMEZ, A., VÁZQUEZ, Y. y RAMÍREZ-GUERRA, D. (2019, octubre-diciembre). Indicadores biomecánicos para el estudio de la marcha en pacientes con ataxia espinocerebelosa tipo 2, en estadio I. *Olimpia*, 16(57), 161-171.
- Ramírez-González, S., Ramírez-Guerra, D. M., Gordo, Y. M., Gómez, A. P. y Rodríguez, R. (2019). Estudio biocinemático de la marcha en pacientes con ataxia espinocerebelosa tipo 2 [Tesis de maestría]. Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.
- Sánchez, J. (1993). *Biomecánica de la marcha humana normal y patológica*. Valencia, España: Instituto de Biomecánica de Valencia, Martín Impresores, S.L.
- Saucedo, M. A. (2009). Valoración de la marcha humana [Tesis doctoral]. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Schmitz-Hübsch, T., Brandt, A. U., Pfueller, C., Zange, L., Seidel, A., Kühn, A. A., PAUL, F., MINNEROPC, M. y DOSS, S. (2016). Accuracy and repeatability of two methods of gait analysis GaitRite™ und Mobility Lab™ – in subjects with cerebellar ataxia. <http://www.elsevier.com/locate/gaitpost> y <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.05.014>.
- Tinetti, M. (1986). Escala de Tinetti. Estados Unidos: Universidad de Yale.
- Velázquez, L. *et al.* (2000). Estudio clínico – neurofisiológico de 70 enfermos con ataxia espinocerebelosa tipo 2. <http://www.revneurolog.com>.
- Velázquez, L. y MEDINA, E. E. (1998). Evaluación neurofisiológica en pacientes afectados por ataxia espinocerebelosa tipo 2. *Revista de Neurología*, 27(160), 921-926.
- Velázquez, L., CRUZ, G. S., SANTOS, N., ALMAGUER, L., ESCALONA, K. y RODRÍGUEZ, R. (2009) Molecular epidemiology of spinocerebellar ataxias in Cuba: insights into SCA2 founder effect in Holguin. *Neuroscience Letters*, 454 (2),157-60. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19429075>.