

EVALUACIÓN DINÁMICA DE LA MARCHA EN PACIENTES CON ATAXIA ESPINOCEREBELOSA TIPO 2, EN LA PROVINCIA HOLGUÍN

DYNAMIC EVALUATION OF GAIT IN PATIENTS WITH SPINOCEREBELLAR ATAXIA TYPE 2, IN THE HOLGUIN PROVINCE

Autores: Lic. Susana Ramírez- González

Dr.C. Darvin Manuel Ramírez- Guerra²

MSc. Yusleidy Marlie Gordo- Gómez³

¹ Universidad de Holguín

^{2 y 3} Universidad de Holguín. Centro de Estudios de Actividad Física Terapéutica y Deportes de Combate (AFIT/COMB)

País. Cuba

RESUMEN

En la presente investigación se realiza un estudio del comportamiento de las características del movimiento a partir de la utilización de la energía mecánica almacenada en los músculos durante la marcha en pacientes con Ataxia Espinocerebelosa tipo 2. Se utilizó como instrumento de medición la Alfombrilla de contacto, similar a la utilizada por Bosco *et al.* (1982), que posibilitó realizar la evaluación de nueve pacientes que asisten sistemáticamente a la sala de rehabilitación del municipio Cacocum, provincia Holguín. Se utilizaron dos de los saltos propuestos en el test de Bosco *et al.*

(1982): el *Squat Jump* (SJ) o salto sin contramovimiento y el *Counter Movement Jump* (CMJ) o salto con contramovimiento. El procesamiento de los datos se realizó con el software *Wolfram Mathematic* 9.0.1. El análisis de los resultados permitió encontrar el valor de la energía mecánica almacenada en los músculos de las extremidades inferiores, así como, diagnosticar en qué por ciento se utiliza por cada paciente.

Palabras clave. Ataxia Espinocerebelosa Tipo 2, marcha humana, Biomecánica

ABSTRACT

In the present investigation a study of the behavior of the movement characteristics is made from the use of the mechanical energy stored in the muscles during the march in patients with Spinocerebellar Ataxia type 2. The contact mat was used as measurement instrument, similar to that used by Bosco et al. (1982), which made possible the evaluation of nine patients who systematically attend the rehabilitation ward of the Cacocum municipality, Holguín province. Two of the jumps proposed in the Bosco et al. Test were used. (1982): the Squat Jump (SJ) or jump without countermovement and the Counter Movement Jump (CMJ) or countermoving jump. The processing of the data was done with the Wolfram Mathematic 9.0.1 software. The analysis of the results allowed to find the value of the mechanical energy stored in the muscles of the lower extremities, as well as to diagnose in what percent is used by each patient.

Key words. Spinocerebellar Ataxia Type 2, human gait, Biomechanics

INTRODUCCIÓN

La marcha es un proceso de locomoción, en el que el cuerpo humano en posición erguida se mueve hacia delante, al ser el

peso soportado por ambas piernas, mientras el cuerpo se desplaza sobre la pierna de soporte, la otra pierna se balancea hacia delante como preparación para el siguiente apoyo.

La marcha constituye un complejo acto que permite el desplazamiento del individuo como resultado de una elaboración mental en la que participan diversos órganos, aparatos y sistemas. La alteración de cualquiera de estos elementos originará un trastorno de la marcha con peculiares características. Durante la marcha el movimiento que realiza el centro de gravedad es sinuoso y no rectilíneo, lo cual exige ciertos intercambios de energía entre los segmentos.

Los trastornos de la marcha son un problema frecuente en personas que padecen determinada patología provocada por el sistema nervioso central, con particulares características en cada una de ellas. En el caso de los pacientes con ataxia, los problemas de la marcha van condicionados por esta patología.

Las ataxias espinocerebelosas se caracterizan por una heterogeneidad clínico- genética. Hasta la fecha se han descrito alrededor de 30 formas

moleculares. Dentro de ellas, la SCA₂ (Spinocerebellar ataxia type 2) presenta la tasa de prevalencia más elevada de Cuba. Se han diagnosticado más de 1600 enfermos y existen cerca de 10000 descendientes en riesgo. Cada año se prescriben de 35 a 40 nuevos casos, nacen 22 con la mutación SCA₂ y fallecen 15 casos aproximadamente. (Velázquez y Rodríguez, 2012)

En Cuba se reportan las mayores tasas de incidencia y prevalencia a nivel internacional como resultado de un efecto fundacional de la mutación en la región de Holguín. La edad de inicio promedio es de 32 años aunque esta suele ser muy variable. Se caracteriza por una ataxia de carácter progresivo, debido a una lesión del cerebelo y de sus vías aferentes y eferentes, lo que se asocia con un enlentecimiento marcado de los movimientos oculares sacádicos horizontales, alteraciones de los reflejos osteotendinosos y en algunos casos manifestaciones de parkinsonismo.

Estudios electrofisiológicos han arrojado como resultados que el síntoma inicial más frecuente es la dificultad para la marcha, en el 94,28 % de los enfermos, mientras que el 5,72 % es la dificultad para hablar e incoordinación de los

movimientos alternativos de los miembros superiores.

El signo clínico cardinal para realizar el diagnóstico de la Ataxia Espinocerebelosa tipo 2 es la ataxia de la marcha. Este ha sido utilizado como un marcador para cuantificar el proceso neurodegenerativo a través del tiempo y establecer clasificaciones acerca de la evolución.

Según reportes de Velázquez, Pérez y La Hoz (2000) además de la ataxia estática existe una ataxia dinámica o cinética muy característica. Los pacientes incrementan la base de sustentación (las piernas separadas, los brazos en abducción) la mirada dirigida al suelo, la marcha no es en línea recta, sino experimenta desviaciones laterales (lateropulsión) que pueden ser hacia uno y otro lado; a cada paso parece que van a caer. Esta marcha se ha denominado marcha titubeante o de ebrio, o marcha cerebelosa.

Otros investigadores se destacan en los estudios sobre la Ataxia Espinocerebelosa tipo 2, entre ellos: Velázquez *et al.* (2000), Velázquez y Rodríguez (2012), Velázquez (2015), quienes han tratado el tema desde la caracterización integral, sus manifestaciones tempranas, los estudios

clínico- neurofisiológicos realizados, así como la nueva era en las investigaciones e intervención de la enfermedad. En el plano de la Cultura Física, los especialistas del Centro de investigación y rehabilitación de la Ataxia hereditaria (Cirah) de Holguín, Rodríguez- Díaz, Velázquez-Pérez y Rodríguez- Labrada (2017), refieren los efectos del ejercicio físico terapéutico en el mejoramiento de la marcha, el equilibrio y la coordinación en los atáxicos, esta resulta ser la referencia más cercana al presente estudio.

En las diferentes acciones motoras, como es el caso de la marcha humana, se produce la conversión de unos tipos de energía a otros (química en mecánica y calorífica) y la transformación de la energía mecánica (cinética en potencial y viceversa). La energía mecánica es la reserva de capacidad de trabajo del sistema biomecánico. El estudio de las fuentes de energía, de las vías de transición de esta, y a su vez de las condiciones de utilización individual y su consumo, es muy necesario para el perfeccionamiento de los sistemas de movimiento.

El movimiento mecánico del hombre va acompañado de un cambio de estado mecánico de su cuerpo, este estado se

determina por la energía del sistema biomecánico. La magnitud y el carácter del gasto energético durante los movimientos, dependen de las particularidades de estos. Con la misma rapidez con que se produce el gasto de energía, se necesita también el suministro de energía. (Donskoi y Zatsiorski, 1988).

En el caso de los pacientes con SCA₂ debido a su patología presentan trastornos evidentes en la marcha, esto trae consigo que se requiera mayor suministro de energía para cumplir con la tarea motora.

Para el análisis de la marcha se requiere de un detallado conocimiento de la locomoción normal, desde diferentes puntos de vista, ya sean, psicológicos, anatómicos, funcionales, biomecánicos. Con estas bases, se puede obtener una importante información acerca del paciente, mediante el estudio cuidadoso de su patrón de marcha y su nivel de afectación.

Uno de los factores fundamentales, desde el punto de vista biomecánico, que influye en la marcha de estos pacientes lo constituye la energía mecánica involucrada en los movimientos.

Con la aplicación de la Biomecánica se puede evaluar el comportamiento de las características cinemáticas y dinámicas, dígase velocidades, aceleraciones, trayectorias, potencia, energía mecánica, la fuerza, entre otras. Elementos de importancia a considerar a la hora de realizar estudios en pacientes con trastornos de la marcha.

Precisamente la investigación se enfoca en realizar un estudio biomecánico (dinámico) en pacientes con Ataxia Espinocerebelosa tipo 2.

En observaciones realizadas a pacientes con Ataxia Espinocerebelosa tipo 2 se pudo evidenciar una serie de alteraciones durante la marcha:

- Tendencia a la variación de la longitud del paso, con repercusión en la estabilidad postural.
- Incorrecta colocación del talón con la superficie de apoyo, durante la locomoción.
- Incompleta extensión de la rodilla, lo cual afecta la colocación del pie de manera adecuada, y poder transferir así el peso del cuerpo.

- Movimientos involuntarios del cuerpo que afectan a la estabilidad del paciente.
- Insuficiente balanceo de los brazos durante el movimiento.

Estas alteraciones en la marcha de los pacientes están condicionadas de manera general por la falta de coordinación y equilibrio del cuerpo, provocado por la ataxia, y constituyen elementos detallados (indicadores biomecánicos) para que su movimiento sea estudiado con mayor rigurosidad.

El análisis de las causas que generan las insuficiencias dio lugar a la identificación del problema de investigación: ¿Cuál es el comportamiento de los indicadores biomecánicos dinámicos de la marcha en pacientes con Ataxia Espinocerebelosa tipo 2? En su solución se realizó un diagnóstico del comportamiento de los indicadores biomecánicos, dinámicos, para la evaluación de la marcha en pacientes con Ataxia Espinocerebelosa tipo 2 que asisten a la sala de rehabilitación del municipio Cacocum, provincia Holguín.

METODOLOGÍA

Para realizar el estudio se seleccionaron 9 pacientes con Ataxia Espinocerebelosa tipo 2 en estadio 1, que asisten a la sala de rehabilitación del municipio Cacocum, provincia Holguín.

La valoración concreta de los factores neuromusculares que condicionan la energía, necesita de procedimientos de alta científicidad, lo que en muchas ocasiones no está al alcance para realizar las pruebas del control del entrenamiento.

Al considerar estas deficiencias el profesor Bosco *et al.* (1982) crea un test, mediante la ejecución de diferentes saltos, con el que se puede evaluar la contribución de los factores que condicionan el desarrollo de la fuerza, de hecho, se tiene la posibilidad de poder realizar, no solo en laboratorio, sino en las condiciones de terreno, con pruebas específicas adaptadas a las necesidades particulares de esta patología.

Según Bosco *et al.* (1982): “Las pruebas de salto implican complejos fenómenos neuromusculares que involucran, además del componente contráctil, el componente elástico, capaz de almacenar y reutilizar elevadas cantidades de energía”. (p.35) Cuando el músculo se excita, varía su

estado mecánico, estas variaciones son denominadas contracciones. La contracción se manifiesta en la variación de la tensión o la longitud del músculo (o ambas) así como, de otras de sus propiedades mecánicas, como la elasticidad. La acción fundamental de los músculos consiste en transformar la energía química en trabajo mecánico o fuerza.

Quetglas (2011) argumenta que para garantizar que en una acción motora se logre una buena utilización de la energía elástica almacenada, la duración del tránsito de la fase excéntrica a la fase concéntrica debe estar de acuerdo con el tiempo de vida de los puentes cruzados y el preestiramiento debe ser de poca amplitud y gran velocidad. El cumplimiento de estas condiciones crea las bases fisiológicas y mecánicas que facilitarán el mejor uso de la energía elástica almacenada durante la fase concéntrica.

La dinámica, desde el punto de vista físico, estudia los movimientos atendiendo la causa que lo origina, elemento indispensable para evaluar en pacientes con Ataxia Espinocerebelosa tipo 2, producto de las alteraciones que se evidencian durante la locomoción. A

través de observaciones a la marcha de estos pacientes son apreciables los constantes movimientos involuntarios que se producen, lo cual implica que se requiera mayor cantidad de energía en función de la tarea motora.

Se utilizaron dos de los saltos del test de Bosco *et al.* (1982): el *Squat Jump* (SJ) y el *Counter Movement Jump* (CMJ), que con el procesamiento de los datos permitieron evaluar la capacidad contráctil y la capacidad elástica.

Para valorar el comportamiento de la capacidad contráctil, como indicador de la fuerza explosiva, se tomaron los tiempos de vuelo, de cada paciente en el salto *Squat Jump* (SJ). El mismo consiste en efectuar un salto vertical partiendo de una posición con semiflexión de las rodillas (ángulo de 90°). El movimiento debe de efectuarse con las manos en las caderas durante la ejecución del salto, y el tronco debe permanecer recto. Donde no se permite realizar contramovimiento alguno.

Por ejemplo, en caso de que el SJ se ejecute con un ligero preestiramiento favorece el uso de la energía elástica que automáticamente contribuye a mejorar el resultado en el salto. En este caso, dicho resultado no es sólo el producto de la

contribución de los elementos contráctiles, sino también de los elásticos.

El otro salto, que se realizó para valorar el comportamiento de la capacidad elástica fue el *Counter Movement Jump* (CMJ). En esta prueba el sujeto se dispone en posición erguida con las manos en las caderas, donde debe realizar un salto vertical, igual que en el anterior, pero después del movimiento hacia abajo (las piernas deben llegar a flexionarse a un ángulo de 90° en la articulación de la rodilla). Durante la acción de flexión, el tronco debe permanecer lo más recto posible, las manos colocadas en las caderas.

En la investigación se utilizó la Alfombrilla de contacto, diseñada en la Fábrica de Componentes electrónicos de Pinar del Río, semejante a la creada por Bosco *et al.* (1982). Se empleó el software *Wolfram Mathematic* 9.0.1 y la escala de evaluación de los percentiles, se procedió a evaluar la contractibilidad y elasticidad del músculo, y el índice de elasticidad en cada paciente, partiendo del cálculo de la energía mecánica almacenada en los músculos de sus extremidades inferiores.

RESULTADOS

A través del uso del software *Wolfram Mathematic* 9.0.1 se evaluó la energía mecánica y el aprovechamiento de esta durante el ciclo estiramiento- acortamiento dado por el valor del índice de elasticidad. En la tabla 1 se muestran los resultados

de las mediciones realizadas a los nueve pacientes luego de la ejecución de cada uno de los saltos.

Tabla1. Valores obtenidos luego de la medición de la altura de los saltos y el tiempo de vuelo con la Alfombrilla de contacto, para cada paciente

Pacientes	Saltos	SJ		CMJ		IE
	m (kg)	tv (s)	EMc (J)	tv (s)	EMe (J)	
1	50	0.31	57.68	0.29	50.48	14
2	55	0.32	67.61	0.31	63.45	07
3	64.5	0.32	84.32	0.36	100.35	- 16
4	67	0.20	32.17	0.19	29.04	11
5	51.5	0.32	63.31	0.18	20.03	216
6	54	0.20	25.93	0.14	12.71	104
7	72	0.24	49.79	0.22	41.84	19
8	73	0.24	50.48	0.22	42.42	19
9	53.5	0.01	00.06	0.26	43.42	--

Fuente. Elaboración propia

Donde *EMc* es energía mecánica de la contracción, *EMe* es energía mecánica de la elasticidad, *IE* es el índice de elasticidad, *m* es masa del paciente, *tv* es el tiempo de vuelo de cada salto y *g* es la aceleración de la fuerza de gravedad.

Estas magnitudes están relacionadas según:

$$EMc = (m \cdot g^2 \cdot tv^2) / 8 \text{ (SJ)}$$

$$EMe = (m \cdot g^2 \cdot tv^2) / 8 \text{ (CMJ)}$$

$$IE = (EMc - EMe / EMe) \cdot 100$$

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En la realización de la prueba se pudo comprobar que todos los pacientes poseen una saltabilidad limitada por su enfermedad. Desatacándose los

pacientes cinco y seis, que los resultados son contradictorios y el paciente nueve que no pudo realizar el salto.

De los resultados del cálculo se observa que los valores de la energía mecánica elástica son bajos en comparación con pacientes sanos.

Otro elemento calculado fue el índice de elasticidad, que permite analizar en qué por ciento es utilizada (aprovechada) la energía mecánica almacenada en los músculos de los miembros inferiores, en función del movimiento. El tercer paciente estudiado no es capaz de utilizar la energía potencial elástica acumulada en los músculos, pues su índice de elasticidad resultó ser menor que cero. Los demás pacientes utilizan algo, pero muy limitado su aprovechamiento.

De forma general se puede concluir que los nueve pacientes tienen afectado el ciclo estiramiento- acortamiento de la contracción muscular de los miembros inferiores, que no le permite una mejor utilización de la energía mecánica elástica acumulada en los músculos.

CONCLUSIONES

El análisis biomecánico permitió evaluar el comportamiento de algunos indicadores dinámicos de la marcha en pacientes con

Ataxia Espinocerebelosa tipo 2. Específicamente en los pacientes 1, 2, 4, 7 y 8 resulta insuficiente el aprovechamiento de la energía mecánica pues sus resultados están muy por debajo de los índices normales y el paciente tres no la aprovecha en lo absoluto.

El análisis del comportamiento de las características biomecánicas permitió determinar los errores y limitaciones que presentan los pacientes estudiados, sus causas y consecuencias, así como proponer sugerencias para su corrección en el proceso de tratamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bosco, C. *et al.* (1982). Combined effect of elastic energy and mioelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiol Scand* 114, 557- 565.
- Donskoi. D., y Zatsiorski, V., (1988). *Biomecánica de los ejercicios Físicos*. La Habana, Cuba.
- Quetglas González, Z., (2011). *Evaluación de la capacidad elástica y reactiva en miembros superiores*. (Tesis de doctorado) Facultad de Cultura Física, Pinar del Río, Cuba.

Rodríguez- Díaz, J. C., Velázquez- Pérez, L. C. y Rodríguez- Labrada, R. (2017) El efecto del ejercicio físico-terapéutico en la Ataxia Espinocerebelosa Tipo 2. *Deporvida* Vol. 14 (31), 77-88 (abril-junio)

Velázquez Pérez, L. (2015) Nueva era en las investigaciones e intervención sobre la ataxia espinocerebelosa tipo 2. *CCM* 19 (4) 1-7

Velázquez Pérez, L. et al. (2011) Caracterización integral de la Ataxia Espinocerebelosa 2 en Cuba y su aplicación en proyectos de intervención. *Revista de Salud Pública* 37(3):230-244

Velázquez Pérez, L. y Rodríguez Labrada, R. (2012) *Manifestaciones tempranas de la Ataxia Espinocerebelosa tipo 2. De la fisiopatología a los biomarcadores preclínicos*. Holguín: Ediciones Holguín.

Velázquez, L. et al. (2000). *Estudio clínico- neurofisiológico de 70 enfermos con ataxia espinoicerebelosa tipo 2*.

Recibido: 23032018

Aprobado: 05072018

Datos de los autores:

Susana Ramírez González

Licenciada en Cultura Física

Profesora asistente

Universidad de Holguín. Facultad de Cultura Física

sramirez@uho.edu.cu

Darvin Manuel Ramírez Guerra

Doctor en Ciencias de la Cultura Física

Licenciado en Cultura Física

Profesor Titular

Universidad de Holguín. Centro de Estudios de Actividad Física Terapéutica y Deportes de Combate

dramirezg@uho.edu.cu

Yusleidy Marlie Gordo Gómez

Máster en Actividad Física en la Comunidad

Licenciada en Biología

Profesora Auxiliar

Universidad de Holguín. Centro de
Estudios Centro de Estudios de Actividad
Física Terapéutica y Deportes de
Combate

ygordo@uho.edu.cu