

Familiarización de la marcha en banda sinfín de individuos con enfermedad de Parkinson

Alberto Isaac Pérez-Sanpablo,* Claudia Hernández-Arenas,** Gerardo Rodríguez-Reyes,***
Ivett Quiñones-Uriostegui,* Aldo Alessi Montero,* Lidia Núñez-Carrera,* Marie Catherine Boll-Woehrle****,
Carlos Galván Duque-Gastelum***

* Laboratorio de Análisis de Movimiento Humano, ** Rehabilitación Neurológica,

*** Laboratorio de Ortesis y Prótesis, Instituto Nacional de Rehabilitación.

**** Neurología, Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía.

**Familiarization to treadmill walking
in unimpaired Parkinson's disease patients**

ABSTRACT

Familiarization to treadmill walking in unimpaired Parkinson's disease (PD) patients is assessed, across multiple treadmill walking sessions. Thirteen PD subjects were enrolled into the study (Eight were in a moderate stage of the disease, and 5 in an advanced stage). PD subjects attended a progressive program consisting of 12 sessions of 20 min. Walking speed, cadence, step length and coefficient of variation were assessed. ANOVA test were used to evaluate progression of disease and time influence over familiarization. PD Subjects baseline characteristics did not differ significantly between both groups and typical dependencies over progression of disease and velocity were found for cadence, step length and coefficient of variation. However, we showed that some PD subjects may require longer familiarization times and that familiarization is an adaptation process which involves parameters as velocity, cadence and gait stability. A better definition of familiarization to treadmill is needed since some parameters such as step length does not change significantly while others such as cadence, coefficient of variation and intraclass correlation coefficient does. Therefore familiarization to treadmill walking should remain on measures of velocity, cadence, reliability and variability. However, a bigger sample size is needed in order to improve the results of the present study.

Key words. Treadmill. Parkinson's disease. Familiarization. Adaptation. Gait.

RESUMEN

Se evaluó la familiarización a la banda sinfín en individuos con enfermedad de Parkinson (EP) a lo largo de múltiples sesiones de marcha. Se incluyeron en el estudio 13 sujetos con EP (ocho en estadio moderado y cinco en avanzado). Los sujetos realizaron un programa de entrenamiento de 12 sesiones de 20 min. Se midió velocidad, cadencia, largo de paso y coeficiente de variación. Se utilizaron pruebas ANOVA para evaluar la influencia del estadio de la enfermedad y el tiempo de entrenamiento sobre la familiarización. No hubo diferencias significativas entre las características iniciales de ambos grupos. Se observaron dependencias típicas de la cadencia, largo de paso y coeficiente de variación con respecto al estadio y velocidad. Los resultados mostraron que sujetos con EP pueden requerir tiempos de familiarización mayores a los reportados anteriormente y que dicha familiarización involucra un proceso de adaptación de la velocidad, cadencia y estabilidad de la marcha. Se observa la necesidad de una mejor definición de familiarización debido a que parámetros como largo de paso no son tan sensibles como la cadencia, el coeficiente de variación y el coeficiente de correlación intraclase a los cambios en la marcha. Por lo que la familiarización debería medirse por medio de la velocidad, cadencia, variabilidad y fiabilidad de la marcha. Sin embargo, es necesario incrementar el tamaño de la muestra para mejorar los resultados del presente estudio.

Palabras clave. Caminadora. Parkinson. Adaptación. Caminar.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Parkinson (EP) es una enfermedad progresiva y discapacitante que se relaciona con la vejez debido a que su incidencia aumenta grandemente a partir de la sexta década de la vida, aunque también existen pocos casos de personas con EP con edades mucho menores.¹ La incidencia en México se calcula en 50 casos por cada 100,000 personas. Las alteraciones de la marcha son una de las condiciones discapacitantes más comunes en las personas con EP. Los individuos con EP presentan inestabilidad postural y dificultades para iniciar la marcha, y la marcha está caracterizada por ser vacilante, con arrastre de pies y con pasos cortos y rápidos.²

El manejo actual de la enfermedad se enfoca en la terapia farmacológica; sin embargo, la terapia farmacológica no resuelve todas las alteraciones de la marcha.³ Es por ello que se han desarrollado terapias alternativas como la terapia de marcha sobre banda sinfín. Se ha demostrado que la terapia sobre banda sinfín mejora parámetros de la marcha como velocidad y largo de paso.³ Sin embargo, el mecanismo exacto detrás de esta mejoría no se conoce aún. Existen varias teorías al respecto, entre ellas se menciona que la banda sinfín funciona como un estimulador sensorial externo propioceptivo o visual usado como alternativa a los circuitos pálido-corticales internos dañados por la enfermedad.⁴ Otra teoría menciona que la banda sinfín facilita la activación de los generadores centrales de movimiento presentes en la médula espinal por medio del suministro apropiado de entradas sensoriales, correcta carga de peso en las piernas y facilitación muscular por estiramiento de los flexores de cadera y pie.^{4,5} Un conocimiento más específico sobre la influencia de la banda sinfín sobre la marcha del sujeto con EP podría ayudar a mejorar la comprensión de este fenómeno.

Un aspecto importante a considerar es la familiarización de los individuos con EP a la banda sinfín. Familiarización es un proceso de adaptación donde las mediciones repetidas de un parámetro específico se estabilizan hasta un nivel aceptable dentro de una sesión de evaluación.⁶ De esta forma mediciones cuantitativas para valorar la familiarización usadas son la ausencia de diferencias significativas entre las variables dependientes a lo largo del tiempo de medición, las diferencias en las variables dependientes evaluadas en momentos de tiempo consecutivos y la fiabilidad de las mediciones.⁷ A la fecha se han realizado estudios en adultos mayores que mencionan que la familiarización ocurre dentro de un pe-

riodo de 20 min.^{8,9} Otros estudios realizados en individuos con EP sugieren que la misma depende del estadio de la enfermedad.⁴ Los individuos incluidos en dichos estudios pueden considerarse como sujetos en muy buena condición física, ya que son capaces de caminar sobre la banda sinfín a la misma velocidad, que su velocidad confortable en piso (v_{conf}), sin necesidad de realizar alguna pausa por periodos de entrenamiento prolongados (20 min). La velocidad v_{conf} se considera como aquella velocidad a la que el costo energético por unidad de distancia recorrida por el individuo con EP es el menor. Sin embargo, la cantidad de tiempo empleado por cada sujeto con EP para familiarizarse a la banda sinfín no puede generalizarse a partir de estos resultados. Es de esperarse que el aprendizaje de una nueva tarea, como lo es caminar sobre la banda sinfín, pueda darse de forma más lenta en algunos sujetos debido a una diversidad de factores como: estadio de la enfermedad, condición física y estado anímico del individuo.

Además, durante la práctica clínica es común encontrar pacientes que no cuentan con tan buena condición física, pero que tampoco se encuentran impedidos para realizar una actividad física como caminar sobre la banda sinfín. Y estos sujetos también son candidatos a recibir los beneficios de la terapia en banda sinfín. Por otro lado, incrementar la duración de la terapia con fines de investigación puede no ser práctico debido a la fatiga que pueden experimentar los sujetos bajo estudio.⁸ Por lo tanto, en este estudio se consideró evaluar la familiarización de los sujetos con EP a lo largo de múltiples sesiones de marcha sobre banda sinfín.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el presente estudio se incluyeron 13 sujetos con diagnóstico de EP realizado por un neurólogo. Cinco hombres y ocho mujeres con un promedio de edad $\bar{X} = 66.8$ años y una desviación estándar $DE = 7.8$ años. Ocho sujetos 64 ± 8 años ($\bar{X} \pm DE$) se encontraban en un estadio moderado de la enfermedad. Los restantes cinco individuos, 71 ± 6 años, se encontraban en un estadio avanzado. La clasificación de los sujetos en grupos de estadio de la enfermedad se realizó usando la escala modificada de Hoehn y Yahr¹⁰⁻¹¹ (HY). Una calificación entre 1 y 2.5 puntos de dicha escala se considera como estadio moderado y puntuaciones por encima de 2.5 se clasifican como estadio avanzado. Ninguno de los sujetos reportó realizar con anterioridad marcha sobre una banda sinfín. Como criterios de inclusión se consideró la capacidad para caminar sin ayuda y estar bajo

tratamiento farmacológico estable. Los criterios de exclusión fueron: contar con historial de otras alteraciones neurológicas además de la EP; sufrir de enfermedades músculo-esqueléticas, cardiovasculares o sistémicas no controladas; presentar periodos largos e impredecibles de off, es decir, periodos de empeoramiento de los síntomas en los cuales el individuo no se beneficia de los fármacos que se le administran y donde generalmente el sujeto presenta rigidez, congelamiento o bradicinesia; éstos son valorados por el clínico a través de los ítems 37 y 39 de la escala unificada de Parkinson (UPDRS);¹² participar en algún otro programa institucional de terapia física o presentar alguna neurocirugía. Ningún sujeto presentó signos de demencia en sus evaluaciones usando el examen Mini-Mental.¹³ Todas las evaluaciones clínicas y funcionales se realizaron cuando los sujetos se encontraban en su periodo de on.

Todos los sujetos realizaron un programa de entrenamiento en banda sinfín progresivo de 12 sesiones sobre el equipo Gait Trainer 2 (Biodex Medical Systems., Shirley, NY, USA). La velocidad confortable de la marcha en piso de cada individuo se determinó en una prueba sobre el suelo, usando el tapete de marcha instrumentado GaitRite (CIR Systems Inc., Havertown, PA, USA). El tapete GaitRite es un sistema compuesto por sensores de presión en su superficie capaces de medir de forma automática parámetros espaciales y temporales de la marcha como velocidad de la marcha, largo de paso (LP) y cadencia. El tapete GaitRite tiene una región activa de longitud de 4.27 m, una frecuencia de muestreo de 120 Hz y una resolución y precisión espacial de 1.27 cm.¹⁴ La banda sinfín GaitTrainer 2 tiene una banda instrumentada en su interior que permite registrar automáticamente la longitud, velocidad y simetría de cada paso dentro de un rango de velocidad desde 1.28 km/h hasta 4.8 km/h.¹⁵ En la medida de lo posible se trató de que el sujeto caminara sobre la banda sinfín a la velocidad v_{conf} . Sin embargo, hubo sujetos que no lograron alcanzar sobre la banda sinfín la velocidad v_{conf} , por lo que el entrenamiento se realizó a la máxima velocidad tolerable por el individuo. Esta velocidad se incrementó gradualmente hasta alcanzar la velocidad v_{conf} . Todos los sujetos usaron un arnés de seguridad sobre la banda sinfín, como protección para prevenir caídas.

La velocidad de la marcha, la cadencia y la longitud de paso fueron medidas tanto en el suelo como sobre la banda sinfín. La cadencia sobre la banda sinfín GaitTrainer 2 se calculó como el número de pasos por minuto registrados por el equipo. Se calculó el coeficiente de variación porcentual de

la longitud de paso (CV) como los cambios paso a paso de esta variable para cada sujeto:

$$CV = \frac{100 * DE_{LP}}{\bar{X}_{LP}}$$

Donde DE_{LP} es la desviación estándar de la longitud de paso y $\bar{X}_{LP}$ el promedio de la misma. Posteriormente la velocidad, cadencia y largo de paso fueron normalizadas, para eliminar la influencia de la talla de los individuos, se usó el método descrito por Stansfield, 2003,¹⁶ y el dato de longitud de pierna de cada sujeto. En este método la velocidad es dividida entre la raíz cuadrada del producto de la longitud de la pierna por la aceleración de la gravedad, la cadencia se multiplica por la raíz cuadrada del cociente de la longitud de la pierna entre la aceleración de la gravedad y la longitud de paso es dividida entre la longitud de la pierna. Se obtuvo la longitud de paso promedio de ambos pies tanto en el tapete GaitRite como en la banda GaitTrainer2. Con los datos de la banda sinfín se calculó la longitud de paso, cadencia y el coeficiente de variación CV por bloques de 1 min, 2 min y durante toda la sesión de 20 min de marcha. Finalmente, se obtuvo la longitud de paso, cadencia y coeficiente de variación CV por sesión para el tapete GaitRite y la banda GaitTrainer2.

Las diferencias iniciales en edad, altura, duración de la enfermedad, largo de la pierna, puntuación de examen Mini-Mental, longitud de paso, cadencia y coeficiente de variación CV entre ambos grupos de sujetos con EP, clasificados de acuerdo con el estadio de la enfermedad, se evaluaron por medio de pruebas ANOVA de un factor. Se comparó la velocidad de marcha en piso previa al entrenamiento sobre banda sinfín contra la marcha en proceso de familiarización sobre la misma banda, en función del estadio de la enfermedad y de la sesión de entrenamiento, por medio de un modelo ANOVA de dos factores. El factor estadio de enfermedad constó de dos posibles valores: moderado avanzado. El factor tiempo poseyó 13 posibles valores: marcha sobre piso previa al entrenamiento en banda sinfín y sesiones 1 a 12 de marcha sobre banda sinfín. También se analizaron las posibles diferencias en cadencia, largo de paso y el coeficiente de variación CV para los factores estadio de enfermedad-tiempo de entrenamiento, controlando la probable influencia de la velocidad de la marcha de cada individuo al incluirla como covariable en la prueba ANOVA.

La marcha familiarizada a la banda sinfín se evaluó durante la primera sesión sobre la caminadora, donde el sujeto con EP fue capaz de caminar a su

velocidad v_{conf} durante los 20 min de entrenamiento. Aquí fue empleada una ANOVA de mediciones repetidas para cada parámetro de la marcha con los factores estadio de enfermedad (dos estadios) y bloques de 2 min de tiempo de entrenamiento sobre banda sinfín (10 bloques).

La fiabilidad de los parámetros de marcha entre bloques de tiempo consecutivos sobre la caminadora fue estudiada como una medida alternativa de familiarización, y fue calculada usando los coeficientes de correlación intraclase ICC(2,1) para las variables largo de paso, cadencia y coeficiente de variación CV.

Todo el análisis estadístico se realizó usando el paquete SPSS versión 15.0 (SPSS, Chicago, IL, USA). Cualquier valor $P < 0.05$ fue considerado como estadísticamente significativo.

RESULTADOS

No hubo diferencias estadísticamente significativas entre las características iniciales (previas al entrenamiento en banda sinfín) de los dos grupos de individuos con EP clasificados de acuerdo con el estadio de la enfermedad. La ANOVA de un factor no mostró diferencias estadísticamente significativas para edad, altura, largo de la pierna, puntuación de examen Mini-Mental, velocidad de marcha, largo de paso, cadencia y coeficiente de variación CV de ambos grupos (Cuadro 1). Únicamente se presentó diferencia estadísticamente significativa en el tiempo de diagnóstico de la enfermedad. Al final del entrenamiento 11 individuos alcanzaron su velocidad confortable v_{conf} sobre la banda sinfín. Los dos sujetos

que no alcanzaron su velocidad confortable v_{conf} pertenecían al grupo con estadio avanzado de la enfermedad. Sólo cinco individuos fueron capaces de caminar a su velocidad confortable v_{conf} durante la primera sesión de entrenamiento en la banda sinfín. Tres de ellos pertenecían al grupo en estadio de la enfermedad moderado y dos al grupo avanzado.

En análisis estadístico de la marcha a lo largo de las 12 sesiones reveló efectos principales del estadio de la enfermedad sobre la velocidad, cadencia y largo de paso (Cuadro 2). Los individuos en estadio más avanzado caminaron con menores velocidades, mayor cadencia y largos de paso más cortos. La velocidad también presentó efectos principales para cadencia, largo de paso y coeficiente de variación CV (Cuadro 2). En este análisis se utilizó el logaritmo natural de los coeficientes de variación CV para cumplir con los requisitos de normalidad y homocedasticidad de la prueba. Los individuos con enfermedad de Parkinson caminaron con mayor cadencia y longitud de paso, y menor coeficiente de variación CV a mayores velocidades (Figuras 1-3). Estos patrones observados en los diferentes parámetros de la marcha en función del estadio de la enfermedad y la velocidad de marcha son característicos del paciente con EP.⁴

Durante el análisis de familiarización de marcha a la banda sinfín por bloques de 2 min, el análisis estadístico mostró una tendencia efectos principales del tiempo para el coeficiente de variación CV ($P = 0.053$, $F = 3.049$, $PO = 0.610$, $\eta^2 = 0.253$). El estadio de la enfermedad por sí solo no reveló efectos significativos durante este análisis. El análisis *post hoc*

Cuadro 1. Características iniciales (previas a la banda sinfín) de ambos grupos de individuos con EP.

	Moderado ($\bar{X} \pm \text{DE}$)	Avanzado ($\bar{X} \pm \text{DE}$)	Significancia* (P)
N	8 5		
Hoehn & Yahr	2 (0.5)	3	
Edad	64 (8)	71 (6)	0.146
Sexo (M/F)	2/6	3/2	
Altura [m]	1.55 (0.09)	1.58 (0.09)	0.614
Duración de la enfermedad [años]	5 (3.8)	12 (7.5)	0.039
Largo de pierna [cm]	84 (5)	88 (9)	0.314
Mini-Mental Test	28.3 (1.4)	28 (2.4)	0.795
Velocidad [m/s]	0.83 (0.19)	0.75 (0.08)	0.423
Velocidad [adimensional]	0.29 (0.06)	0.26 (0.02)	0.299
Cadencia [pasos/min]	105.3(16)	107.0(14)	0.833
Cadencia [adimensional]	0.51 (0.08)	0.53 (0.05)	0.654
Largo de paso [cm]	47.7 (9.6)	42.9 (7.3)	0.348
Largo de paso [adimensional]	0.57 (0.11)	0.48 (0.04)	0.149
CV [%]	9.5 (5.4)	9.6 (8.1)	0.986

*Anova de un factor. $\bar{X}$: media. DE: desviación estándar.

Cuadro 2. Comparación de la marcha de los sujetos con EP en piso, contra la marcha en proceso de familiarización durante las 12 sesiones sobre la banda sinfín en función del estadio de la enfermedad y de la velocidad de la marcha.

	Estadio moderado ($\bar{X} \pm DE$)	Estadio avanzado ($\bar{X} \pm DE$)	Valor F	Significancia (P)	Tamaño del efecto η^2	Potencia observada PO
Estadio de la enfermedad						
Velocidad*	0.26 (0.06)	0.23 (0.05)	13.610	< 0.001	0.095	0.956
Cadencia*	0.44 (0.08)	0.45 (0.10)	18.401	< 0.001	0.132	0.989
Largo de paso*	0.61 (0.08)	0.52 (0.10)	15.556	< 0.001	0.114	0.975
Coefficiente de variación CV†	2.30 (0.62)	2.60 (0.90)	0.564	0.454	0.005	0.116
Velocidad de la marcha						
Cadencia*	-	-	146.35	< 0.001	0.547	1.000
Largo de paso*	-	-	38.73	< 0.001	0.242	1.000
Coefficiente de variación CV†	-	-	28.10	< 0.001	0.188	1.000

*Valores normalizados. †Valores logarítmicos. $\bar{X}$: media. DE: desviación estándar.

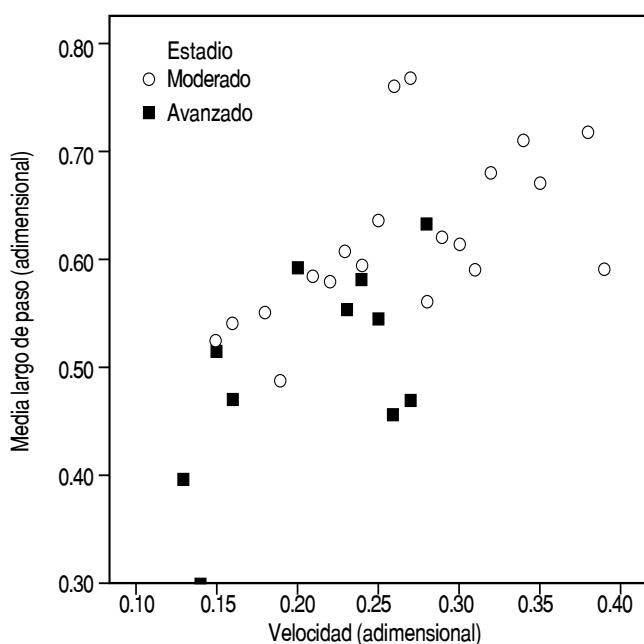


Figura 1. Adaptación de la longitud de paso del sujeto con EP sobre la banda sinfín ante aumento de la velocidad de la banda.

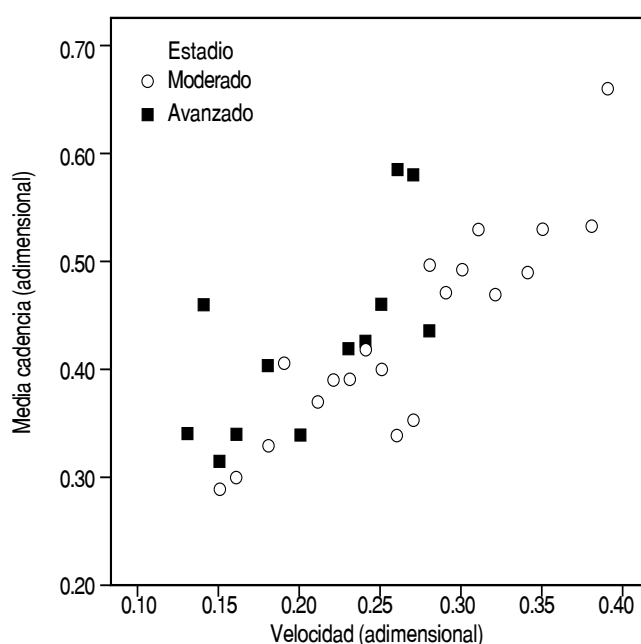


Figura 2. Adaptación de la cadencia del sujeto con EP sobre la banda sinfín ante aumento de la velocidad de la banda.

mostró diferencias estadísticamente significativas entre el coeficiente de variación CV de la marcha en piso y el mismo durante los primeros 2 min de la marcha sobre la banda sinfín. En este bloque los individuos mostraron un coeficiente de variación CV significativamente mayor ($P = 0.046$) sobre la banda sinfín a comparación del mismo en la marcha sobre piso. Posteriormente el coeficiente de variación CV disminuyó y se mantuvo sobre la banda sinfín por debajo de los valores de su contraparte en piso, aunque la diferencia no presentó significancia estadística. También se encontraron diferencias estadísticamente

significativas entre el coeficiente de variación CV del primer bloque de 2 min de entrenamiento sobre la banda sinfín comparado contra los bloques consecutivos. Durante los minutos 3 y 4 de entrenamiento, el coeficiente de variación disminuyó rápidamente para ubicarse incluso por debajo del valor de referencia para la marcha en piso, que como se mencionó previamente no alcanzó diferencias estadísticamente significativas. Esta disminución fue seguida de decrementos e incrementos de menor magnitud a los mencionados anteriormente, que pueden verse como pequeñas oscilaciones de su

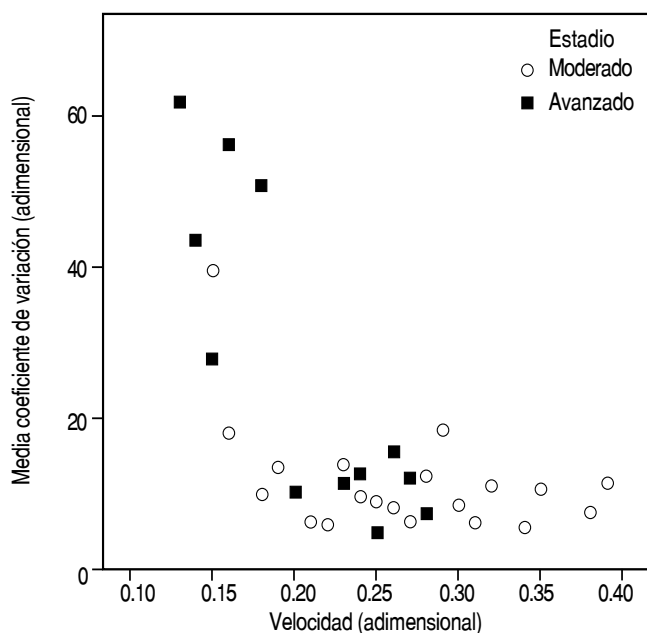


Figura 3. Adaptación del CV del sujeto con EP sobre la banda sinfín ante aumento de la velocidad de la banda.

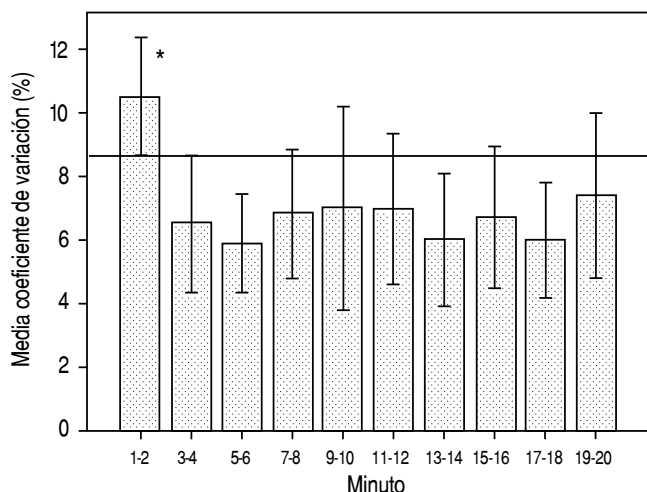


Figura 4. Coeficiente de variación (CV) promedio por bloques de 2 min durante el entrenamiento de 20 min en banda sinfín. La línea horizontal muestra el valor inicial sobre el piso previo al entrenamiento. Las líneas verticales muestran las barras de error con un intervalo de confianza del 95%. *Diferencias estadísticamente significativas.

valor por debajo del nivel de referencia en piso (Figura 4). Sin embargo, sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el coeficiente de variación CV del sexto bloque de 2 min contra el tercero, séptimo y noveno bloques (Figura 4).

La fiabilidad de cada variable dependiente durante los 20 min de marcha sobre la banda sinfín se repre-

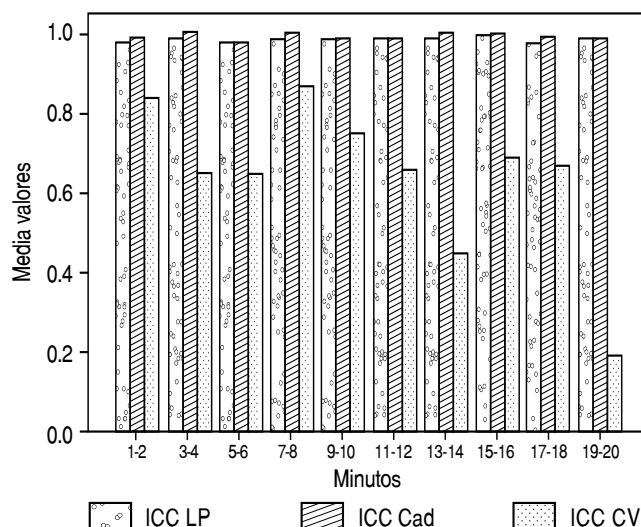


Figura 5. CCI(2,1) para largo de paso (LP), cadencia (Cad) y coeficiente de variación (CV) promedio por bloques de 2 min durante el entrenamiento de 20 min en banda sinfín.

sentan usando los valores de los coeficientes de correlación intraclase ICC(2,1). Coeficientes de correlación intraclase elevados [ICC(2,1) > 0.99] fueron obtenidos inmediatamente para el largo de paso y la cadencia. Sin embargo, para el coeficiente de variación CV sólo fue posible obtener coeficientes de correlación intraclase elevados [ICC(2,1) > 0.8] después de 6 min de marcha sobre la banda sinfín, presentándose decrementos significativos en los minutos 13 y 14 [ICC(2,1) < 0.5] (Figura 5). Este comportamiento oscilante corresponde al comportamiento del coeficiente de variación CV reportado previamente.

DISCUSIÓN

En estudios previos se ha reportado que la familiarización a la marcha en banda sinfín ocurre dentro de periodos de 20 min y que individuos en diferentes estadios HY presentan estrategias de familiarización diferentes.^{1,4,8,9} Los pacientes en estado avanzado incrementan su longitud de paso, disminuyen su cadencia y tienden a disminuir su coeficiente de variación CV. Mientras los individuos en estadio moderado sólo tienden a incrementar levemente su cadencia y disminuir su coeficiente de variación CV.¹ Estos estudios parten de poblaciones con diferencias iniciales en sus parámetros de marcha y con individuos capaces de alcanzar sobre la banda sinfín su velocidad confortable v_{conf} sobre piso. De esta forma los análisis se realizan sin variaciones de velocidad. En nuestro estudio se encontró una población sin

diferencias iniciales en sus parámetros de marcha, pero donde no todos lograron alcanzar su velocidad confortable v_{conf} sobre la banda sinfín. Esto dividió el proceso de habituación en dos fases: la primera a lo largo de las sesiones hasta que los individuos alcanzaron su velocidad v_{conf} , y la segunda a lo largo de los 20 min de la sesión donde los individuos caminaron a su velocidad confortable v_{conf} sobre la banda sinfín.

La primera fase del proceso de familiarización está gobernada por la adaptación de la velocidad. Demostrado por la dependencia directamente proporcional de cadencia y largo de paso respecto a la velocidad (Figuras 1 y 2) y aquella inversamente proporcional del coeficiente de variación CV (Figura 3), que corresponde con reportes anteriores.¹⁸ En este proceso se encontró evidencia que hace suponer la existencia de un proceso de familiarización más lento en el individuo en estadio avanzado comparado con el individuo en estadio moderado. Este mecanismo es posible de identificar por una estrategia diferente en el control de la cadencia para responder a la demanda de la velocidad, ya que como se mencionó las diferencias en la cadencia de ambos grupos tienden a acentuarse durante el proceso.¹

Una vez superada la primera fase se da lugar a un proceso de adaptación en el que no existen diferencias en individuos de diferentes estadios. En esta fase el coeficiente de variación CV y los coeficientes de correlación intraclase ICC(2,1) parecen ser los únicos parámetros suficientemente sensibles para evaluar el proceso.

En el presente estudio se realizó una serie de mediciones a lo largo de varias sesiones y durante el periodo completo de ejercicio, para evitar que los resultados fueran afectados por fenómenos como la fatiga o enmascarados por una selección *a priori* del momento en el que se lleva a cabo la familiarización. La presencia de fatiga es un asunto importante a considerar debido a que se ha reportado que hasta dos tercios de los sujetos con EP la presentan y ésta tiene gran relación con el desempeño motriz de los individuos con EP.¹⁷

Todo lo anterior permite pensar en la familiarización como un proceso compuesto gobernado primero por una adaptación de la velocidad y la cadencia, y una vez conseguido esto por una mejora en la estabilidad de la marcha medida a través del coeficiente de variación CV y los coeficientes de correlación intraclase ICC(2,1). De esta forma, al realizar un diseño de intervención con objeto de producir una mejora en la marcha de los individuos con EP usando la banda sinfín deben de considerarse tanto el estadio de la enfermedad, como la condición física del pa-

ciente. Debido a que resulta difícil establecer *a priori* si un sujeto con EP podrá caminar sobre la banda sinfín a su velocidad confortable y sostener esa velocidad por 20 min, ya que no existen factores predictivos específicos de este comportamiento para estos individuos y más aún sin que el sujeto tenga que realizar el ejercicio sobre la banda sinfín para obtener esos valores predictivos.

También resulta evidente la necesidad de elegir mejor las variables sobre las que se basará la estimación del grado de familiarización, debido a que hay variables como cadencia que puede detectar diferencias más generales en el proceso de familiarización y otras como el coeficiente de variación CV y el ICC(2,1) que puede detectar diferencias más finas. De esta forma valores de ICC(2,1) mayores a 0.5 podrían corresponder al fenómeno de familiarización.

En el último de los casos se reconoce la necesidad de extender el conocimiento que se tiene a la fecha sobre la familiarización a la banda sinfín en sujetos con EP hacia poblaciones más amplias con características diferentes, pero que pueden representar un aumento en el impacto del conocimiento y una extensión de los beneficios potenciales de los procedimientos bajo estudio hacia un número mayor de personas. Por lo tanto es necesario realizar más estudios con mayores tamaños de muestra que complementen y confirmen los resultados del presente y otros trabajos, debido a que la principal limitante para extender los resultados del presente estudio es el tamaño de la muestra.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al FOSISSS-CONACyT por su apoyo a través del proyecto SALUD-2010-01-139718.

REFERENCIAS

1. Van Den Eeden SK, Tanner CM, Bernstein AL, Fross RD, Leimpeter A, Bloch DA, et al. Incidence of Parkinson's Disease: Variation by Age, Gender, and Race/Ethnicity. *Am J of Epidemiol* 2011; 157(11): 1015-22.
2. Protas EJ, Mitchell K, Williams A, Qureshy H, Caroline K, et al. Gait and step training to reduce falls in Parkinson's disease. *Neurorehabilitation* 2005; 20(3): 183-190.
3. Mehrholz J, Friis R, Kugler J, Twork S, Storch A, Pohl M. Treadmill training for patients with Parkinson's disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2010; 1: CD007830.
4. Bello O, Sanchez JA, Fernandez-del-Olmo M. Treadmill walking in Parkinson's disease patients: adaptation and generalization effect. *Mov Disord* 2008; 23(9): 1243-9.
5. Chang MD, Shaikh S, Chau T. Effect of treadmill walking on the stride interval dynamics of human gait. *Gait Posture* 2009; 30(4): 431-5.

6. Matsas A, Taylor N, McBurney H. Knee joint kinematics from familiarized treadmill walking can be generalized to over-ground walking in young unimpaired subjects. *Gait Posture* 2000; 11(1): 46-53.
7. Lavcanska V, Taylor NF, Schache AG. Familiarization to treadmill running in young unimpaired adults. *Human Mov Sci* 2005; 24(4): 544-57.
8. Wass E, Taylor NF, Matsas A. Familiarisation to treadmill walking in unimpaired older people. *Gait Posture* 2005; 21(1): 72-9.
9. Schellenbach M, Lovden M, Verrel J, Kruger A, Lindenberger U. Adult age differences in familiarization to treadmill walking within virtual environments. *Gait Posture* 2010; 31(3): 295-9.
10. Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology* 1967; 17: 427-42.
11. Jankovic J, McDermott M, Carter J, Gauthier S, Goetz C, Golbe L, et al. Variable expression of Parkinson's disease: a baseline analysis of the DATATOP cohort. *Neurology* 1990; 50: 1529-34.
12. Movement Disorder Society Task Force on Rating Scales for PD. Unified Parkinson's disease rating scale: status and recommendations. *Mov Disord* 2003; 18(7): 738-50.
13. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. Mini-mental state. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975; 12(3): 189-98.
14. The GAITRite Electronic Walkway. GAITRite Operating Manual. CIR Systems Inc, Version 4.7.4, Jul 2012.
15. Biodex. Biodex Gait Trainer 2 Reference Manual. Biodex Medical Systems Inc, Rev 12/04-DV.
16. Stansfield BW, et al. Normalization of gait data in children. *Gait Posture* 2003; 17(1): 81-7. 2003.
17. Hagell P, Brundin L. Towards an understanding of fatigue in Parkinson disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2009; 80: 489-93.
18. Bryant MS, Rintala DH, Hou JG, Charness AL, Fernandez AL, et al. Gait variability in Parkinson's disease: influence of walking speed and dopaminergic treatment. *Neurological Research* 2011; 33(9): 959-64.

Reimpresos:

Alberto Isaac Pérez-Sanpablo

Torre de Investigación, Piso 7
Instituto Nacional de Rehabilitación
Av. México-Xochimilco, Núm. 289
Col. Arenal de Guadalupe
14389, México, D.F.
Tel.: 5999-1000, Ext. 19801
Correo electrónico: aisaacmx@gmail.com

*Recibido el 20 de febrero 2013.
Aceptado el 12 de septiembre 2013.*