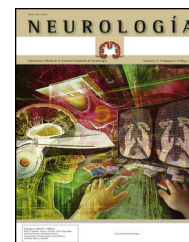




# NEUROLOGÍA

[www.elsevier.es/neurologia](http://www.elsevier.es/neurologia)



## REVISIÓN

# Efectos de los estímulos auditivos en la fase de iniciación de la marcha y de giro en pacientes con enfermedad de Parkinson

J. Gómez-González<sup>a</sup>, P. Martín-Casas<sup>b</sup> y R. Cano-de-la-Cuerda<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Rehabilitación y Medicina Física, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Rey Juan Carlos, Alcorcón, España

<sup>b</sup> Departamento de Medicina Física y de Rehabilitación, Hidrología Médica, Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

Recibido el 1 de septiembre de 2016; aceptado el 13 de octubre de 2016

### PALABRAS CLAVE

Estímulos auditivos;  
Enfermedad de  
Parkinson;  
Congelación;  
Giro;  
Marcha;  
Iniciación del  
movimiento

### Resumen

**Objetivo:** Revisar la evidencia científica sobre la efectividad de la aplicación de estímulos auditivos en la fase de iniciación de la marcha y giro en pacientes con enfermedad de Parkinson.

**Métodos:** Se realizó la búsqueda en las bases de datos Brain, PubMed, Medline, Cinahl, Scopus, Science Direct, Web of Science, Cochrane Database of Systematic Reviews, Biblioteca Cochrane Plus, CENTRAL, Trip Database, PEDro, DARE, OTSeeker y Google Académico. Se incluyeron estudios que analizaran la influencia de estímulos auditivos sobre el inicio y el giro de la marcha independiente en pacientes con enfermedad de Parkinson, publicados entre 2007 y 2016. Su calidad metodológica fue valorada mediante la escala Jadad.

**Resultados:** Se seleccionaron 13 artículos, todos ellos de baja calidad (Jadad  $\leq 2$ ) que mostraron resultados positivos en relación con el uso de estímulos auditivos a alta frecuencia e intensidad sobre el inicio de la marcha y la ejecución de giros. En concreto, 1) mejoraron los parámetros espaciotemporales y cinemáticos, 2) disminuyeron la congelación, el tiempo de giro y las caídas y 3) aumentaron la velocidad de iniciación de la marcha, la activación muscular y la velocidad y cadencia de la marcha en los pacientes con EP.

**Conclusiones:** Se requiere un mayor número de estudios y de mayor calidad metodológica para justificar y comprender en qué estadio los pacientes se beneficiarían más de esta señal sensorial, así como el tipo de guía auditiva y la frecuencia de estimulación más eficaz en la fase de iniciación de la marcha y de giro en pacientes con Parkinson.

© 2016 Sociedad Española de Neurología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [roberto.cano@urjc.es](mailto:roberto.cano@urjc.es) (R. Cano-de-la-Cuerda).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.nrl.2016.10.008>

0213-4853/© 2016 Sociedad Española de Neurología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

**KEYWORDS**

Auditory cues;  
Parkinson's disease;  
Freezing;  
Turning;  
Gait;  
Movement initiation

**Effects of auditory cues on gait initiation and turning in patients with Parkinson's disease****Abstract**

**Objective:** To review the available scientific evidence about the effectiveness of auditory cues during gait initiation and turning in patients with Parkinson's disease.

**Methods:** We conducted a literature search in the following databases: Brain, PubMed, Medline, CINAHL, Scopus, Science Direct, Web of Science, Cochrane Database of Systematic Reviews, Cochrane Library Plus, CENTRAL, Trip Database, PEDro, DARE, OTseeker, and Google Scholar. We included all studies published between 2007 and 2016 and evaluating the influence of auditory cues on independent gait initiation and turning in patients with Parkinson's disease. The methodological quality of the studies was assessed with the Jadad scale.

**Results:** We included 13 studies, all of which had a low methodological quality (Jadad scale score  $\leq 2$ ). In these studies, high-intensity, high-frequency auditory cues had a positive impact on gait initiation and turning. More specifically, they 1) improved spatiotemporal and kinematic parameters; 2) decreased freezing, turning duration, and falls; and 3) increased gait initiation speed, muscle activation, and gait speed and cadence in patients with Parkinson's disease.

**Conclusions:** We need studies of better methodological quality to establish the Parkinson's disease stage in which auditory cues are most beneficial, as well as to determine the most effective type and frequency of the auditory cue during gait initiation and turning in patients with Parkinson's disease.

© 2016 Sociedad Española de Neurología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

**Introducción**

La enfermedad de Parkinson (EP) es un proceso neurodegenerativo idiopático de evolución progresiva e insidiosa, cuyo principal hallazgo histológico es la muerte de las neuronas dopaminérgicas de la *pars compacta* de la sustancia negra y del núcleo estriado y la presencia de cuerpos de Lewy en diferentes regiones del cerebro<sup>1-3</sup>. Es la enfermedad neurodegenerativa más frecuente después de la enfermedad de Alzheimer y se inicia generalmente entre los 50 y 60 años. Su prevalencia aumenta en edades avanzadas, en torno al 1-2% en sujetos mayores de 65 años y 3-5% en sujetos de 85 años o más<sup>1,4,5</sup>.

Los síntomas cardinales de la EP incluyen la rigidez, la acinesia, el temblor en reposo y alteraciones de los reflejos de enderezamiento<sup>6</sup>. Los déficits motores no se traducen únicamente en alteraciones de aspectos cinemáticos del movimiento (velocidad o tiempo), sino también en aspectos relacionados con su variabilidad<sup>6-8</sup>.

Con la progresión de la enfermedad aparece la típica marcha del paciente con EP, conocida como «marcha festinante», con pasos cortos y acelerados arrastrando los pies, con una tendencia a girar en bloque, y con un incremento del riesgo de caídas<sup>6</sup>. El frecuente fenómeno de bloqueo o congelación (*freezing*) o la dificultad para iniciar o continuar un ritmo normal de pasos, parecen estar relacionados con los problemas para generar voluntariamente un ritmo endógeno, adecuado y necesario para ejecutar cualquier movimiento repetitivo, como la marcha<sup>7,9,10</sup>. De hecho, la dificultad a la hora de iniciar la marcha es uno de los problemas más comunes en las personas con EP. Además, más de la mitad de los pacientes presentan dificultad

a la hora de realizar giros, lo cual se asocia a caídas, con sus implicaciones sobre la calidad de vida<sup>11-14</sup>. Por ello, la iniciación de la marcha y los giros son dos fases críticas en los pacientes con EP.

En el proceso de rehabilitación en la EP se propone como tratamiento de elección la aplicación de estímulos externos de retroalimentación para la mejora de los trastornos de la marcha. Puesto que los ganglios basales desempeñan una función fundamental en el control de las secuencias motoras complejas, en su mayoría automáticas, se ha planteado el uso de dichos estímulos externos auditivos (a modo de metrónomos o golpes rítmicos en el suelo) o visuales (huellas o líneas perpendiculares marcadas en el suelo), en aras de activar otras vías implicadas y eludir los circuitos dañados en la generación de movimientos rítmicos en la EP<sup>8,15-17</sup>.

El objetivo de esta revisión sistemática es estudiar la evidencia científica sobre la efectividad de la aplicación de los estímulos auditivos sobre la fase de iniciación de la marcha y giro en pacientes con EP.

**Material y métodos****Metodología de búsqueda**

Se realizó una búsqueda bibliográfica para identificar todos los posibles estudios originales que pudieran dar respuesta a la pregunta de investigación planteada. Las bases de datos empleadas fueron: Brain, PubMed, Medline, Cinahl, Scopus, Science Direct, Web of Science, Cochrane Database of Systematic Reviews, La Biblioteca Cochrane Plus, CENTRAL, Trip Database, PEDro, DARE, OT Seeker y Google Académico. Se

consideraron los años de publicación comprendidos entre enero del 2007 y el 2016 para poder recopilar un mayor número de artículos científicos, al tratarse de dos fases muy específicas de la marcha.

Los términos Medical Subject Headings (MESH) y palabras clave utilizadas en la estrategia de la búsqueda fueron: «Parkinson's disease», «auditory cues», «cueing», «audio biofeedback», «externally cued», «sensory stimuli», «sensory guides», «freezing», «gait», «turning», «turn», «gait initiation». Cuando las bases de datos permitían detallar límites de búsqueda, esta se restringió a estudios controlados aleatorizados, estudios clínicos originales con pacientes y actas de congresos. También fueron identificados estudios a través de las listas de referencias bibliográficas empleadas en los artículos identificados en las diferentes bases de datos y que cumplieran con los requisitos de la búsqueda. El idioma de los estudios debía ser español o inglés.

### Crterios de inclusión

Los pacientes incluidos en los estudios debían poseer 1) diagnóstico clínico de EP de acuerdo con los criterios del *United Kingdom Parkinson's Disease Society Data Bank*<sup>18</sup>, 2) capacidad de deambulación de forma independiente, 3) episodios de congelación (opcional). Los criterios de exclusión fueron 1) no ingreso previo, ni haber estado sometido a intervención quirúrgica que pudieran modificar el patón de marcha, 2) presencia de otras alteraciones neurológicas, vestibulares o del equilibrio. La intervención debía estar basada en la aplicación de estímulos auditivos, comparando esta intervención con otras modalidades de estímulos sensoriales, otras medidas de tratamiento neurorrehabilitador en la EP o la falta de aplicación de tratamiento. Los resultados debían estar relacionados específicamente con las fases de giro e iniciación de la marcha.

### Selección de los artículos y evaluación de la calidad metodológica

Se realizó un cribado de los títulos y resúmenes de las búsquedas electrónicas como medida de selección de los artículos a incluir en la presente revisión sistemática. En función de su contenido, se decidió qué estudios podían cumplir potencialmente los criterios de inclusión. Posteriormente, se procedió a determinar la relevancia de los artículos mediante la lectura de los trabajos a texto completo.

Se realizó una extracción de la información de manera estandarizada de acuerdo con la Consolidated Standards of Reporting Trials Statement<sup>19,20</sup>. De cada trabajo se extrajo la siguiente información: criterios de inclusión y exclusión, diseño metodológico, aleatorización (si era aplicable), descripción del estudio, enmascaramiento (si era aplicable), medidas de resultado, descripción de la intervención terapéutica y resultados. Para garantizar una evaluación crítica y objetiva de los estudios incluidos, se empleó la escala de calidad metodológica Jadad. Esta escala considera aspectos relacionados con los sesgos, utilizando una serie de ítems referidos a la aleatorización, el enmascaramiento de los pacientes y del investigador al tratamiento, y la

descripción de las pérdidas de seguimiento. Puntuaciones mayores indican una mayor calidad metodológica, con una máxima puntuación posible de 5 puntos<sup>21</sup>.

## Resultados

### Resultados de la búsqueda

Se localizaron un total de 32 artículos relacionados con la materia de estudio. Se descartaron 15 estudios en los que se aplicaban estímulos sensoriales pero no se relacionaban con ninguna de las dos fases investigadas (fases de giro e iniciación de la marcha)<sup>22-36</sup>. De los 17 artículos seleccionados, tras aplicar los criterios de selección específicos, se excluyeron 4 trabajos<sup>37-40</sup>. Finalmente, 13 artículos fueron incluidos<sup>41-53</sup> (fig. 1).

En la tabla 1 se encuentra una descripción detallada de las características de los artículos incluidos en la presente revisión sistemática (con un total de 546 participantes), especificando los autores, el número de participantes y la fase en la que se encontraban con respecto a la medicación, en el caso de los pacientes con EP, la metodología empleada, resultados más destacables y su puntuación según la escala Jadad.

### Aplicación de guías acústicas en las fases de iniciación de la marcha y giro

En relación a las características generales de los trabajos incluidos, todos los pacientes presentaban EP idiopática, siendo capaces de caminar 10 metros sin ayuda y los pacientes sin congelación, presentaban una puntuación de 0 en el ítem 3 del *Freezing of Gait Questionnaire*. Solamente en tres estudios se indicó el tiempo medio del inicio de la enfermedad. Además, los pacientes presentaban entre 1-16 años de evolución desde el diagnóstico de la enfermedad. Los pacientes se encontraban en fase ON u OFF de la medicación.

El material empleado con mayor frecuencia para proporcionar estimulación auditiva rítmica era un metrónomo, aunque también se utilizaron otros como grabación de audio, auriculares y altavoces. Se realizaron un total de 3 ensayos previos a cada tarea o condición en la mayoría de los trabajos, tanto en la fase de iniciación de la marcha, como en la fase de giro, con el fin de obtener valores objetivos de las diferentes variables cinemáticas. El orden de los ensayos fue al azar y se proporcionaron periodos de descanso para evitar la fatiga entre repeticiones. Cabe destacar que en la mayoría de los casos no se indicaba el tiempo, número de semanas o meses de tratamiento.

Las escalas más empleadas para la valoración y/o clasificación de los pacientes fueron la *Unified Parkinson's Disease Rating Scale*, especialmente la sección III; la clasificación en estadios de *Hoehn y Yahr*, encontrándose los pacientes principalmente en estadio II (afectación bilateral sin alteración del equilibrio) y III (afectación leve a moderada; cierta inestabilidad postural pero físicamente independiente; necesita ayuda para recuperarse en la «prueba del empujón»); *Mini-Mental State Exploration* > 24 puntos y el *Freezing of Gait Questionnaire*.

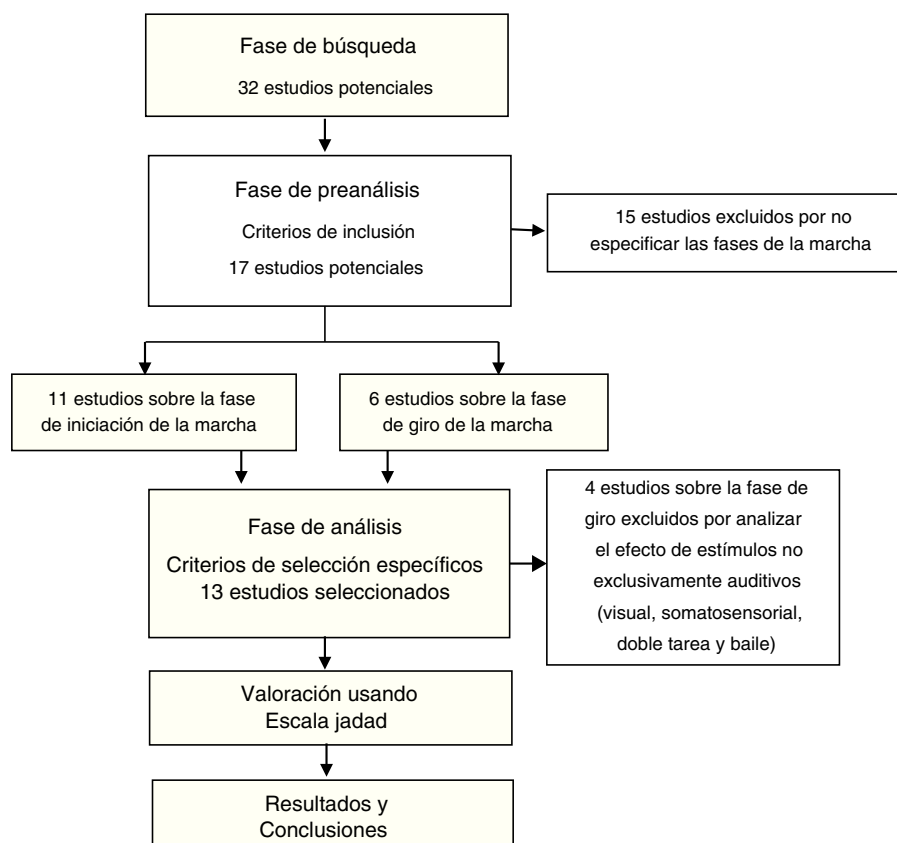


Figura 1 Diagrama de flujo.

Las frecuencias de los materiales empleados para producir estimulación auditiva rítmica más utilizadas fueron: frecuencia de 100 Hz (> 10% de la frecuencia normal de pasos del paciente); < 10% de la frecuencia o cadencia de paso preferida del paciente; o bien a un ritmo cómodo de frecuencia de paso preferida del paciente, mientras camina en línea recta.

La valoración instrumental de los resultados se realizó mediante sistemas de análisis de movimiento con cámaras de VICON 3D; marcadores retrorreflectantes; plataformas de fuerza; electromiografía de superficie; y programas de *software* específicos para la visualización de los episodios de FOG y para definir los primeros contactos del pie.

Los resultados principales sobre la eficacia del uso de las guías acústicas en la fase de iniciación de la marcha y giro en pacientes con EP se indican a continuación: 1) *cuando se aplican estímulos auditivos rítmicos a una alta frecuencia*, se obtienen mejores resultados, tanto en la fase de iniciación de la marcha: aumento significativo de la velocidad de iniciación de la marcha con la cadencia más rápida (115%)<sup>50</sup> e inicio más rápido de la actividad del tibial anterior y recto femoral con un estímulo auditivo de sobresalto<sup>53</sup>, como en la fase de giro: reducción del número y duración de episodios de congelación, aumento de la velocidad y la cadencia y disminución del tiempo de giro a >10% de la frecuencia de paso normal del paciente<sup>43</sup>. 2) *A una frecuencia de paso cómoda y preferida por el paciente*, las señales auditivas solo redujeron el coeficiente de variación de la duración de paso durante el giro, pero no otros parámetros de la marcha<sup>44</sup>. 3) *A < 10% de la frecuencia de paso preferida por*

*el paciente*, los pacientes con EP disminuyeron su cadencia, y por tanto, aumentó la duración del giro<sup>46</sup>. La velocidad de iniciación de la marcha para la cadencia lenta (85%), fue similar a la normal (100%)<sup>50</sup>.

Los estímulos auditivos parecen mejorar la preparación de los primeros pasos (ajustes posturales anticipatorios y grado de vacilación inicial). En relación al fenómeno de congelación, la estimulación auditiva unilateral parece reducir la aparición de congelación durante la fase de giro, siendo el lado a estimular el hemicuerpo más afecto por la EP<sup>46</sup>. Sin embargo, otro estudio señaló que la señal auditiva unilateral reducía la congelación durante el giro, independientemente del lado en el que se aplicara dicha señal<sup>47</sup>. Los efectos conseguidos no parecen mantenerse al retirar la estimulación<sup>46,47</sup>.

### Calidad metodológica de los estudios incluidos

Según la escala Jadad, la puntuación de los estudios incluidos en la presente revisión sistemática indicó una calidad metodológica baja. Solo tres trabajos obtuvieron una puntuación de 2, dos una puntuación de 1 y 8 trabajos una puntuación de 0, por lo que todos los estudios evaluados se consideran de baja calidad metodológica<sup>21</sup> (tabla 1).

### Discusión

En nuestro conocimiento, esta es la primera revisión sistemática que estudia la evidencia científica en relación con

**Tabla 1** Descripción de los artículos incluidos

Estudios	Participantes	Metodología	Resultados	Puntuación Jada
Visser JE et al., 2007 <sup>41</sup>	49 (24 casos en fase ON y 25 controles)	<p>Caminar 6 m., giro de 180° (normal, rápido, tras una señal auditiva y con doble tarea) y vuelta, 3 veces.</p> <p>Se valoró la duración de giro y las velocidades angulares del tronco, utilizando dos transductores de velocidad situados en la espalda</p>	<p>Mejores resultados en la duración del giro y las velocidades angulares del tronco para los cuatro tipos de giro.</p> <p>El giro rápido provocó el máximo rendimiento en los controles, pero no en los EP, quienes lograron mejorar aún más con una señal auditiva</p>	1
Spildooren J et al., 2013 <sup>42</sup>	41 (27 casos en fase OFF: 13 con congelación y 14 sin congelación; 14 controles)	<p>Caminar 5 m., giro de 180° y vuelta. Giro realizado con y sin una doble tarea audio-cognitiva, mediante una cinta de audio cada 2". Cada condición se realizó 3 veces.</p> <p>Se midió la rotación de la cabeza, el tronco y la pelvis al inicio y durante un giro de 180° en los casos, y la influencia de la velocidad de giro en la rotación axial en los controles</p>	<p>En los controles y sujetos sin congelación se alcanzó antes la máxima separación entre cabeza-pelvis que en los sujetos con congelación durante el giro, pues la rotación de la cabeza precedía a la del tórax y pelvis. Este retraso se correlacionó con un aumento de la rigidez de cuello en presencia de congelación</p>	0
Arias P et al., 2010 <sup>43</sup>	29 (19 casos en fase OFF: 10 con congelación y 9 sin congelación; 10 controles)	<p>Caminar por un pasillo con una puerta en medio, y dar la vuelta tocando los botones situados en las paredes, con y sin estimulación auditiva rítmica, por medio de auriculares, a una frecuencia de 100A (&gt;10% de la frecuencia de pasos normal del paciente). Se realizaron 4 ensayos (2 sin estimulación auditiva, y 2 con estimulación auditiva) en dos días consecutivos.</p> <p>Se midió el número de episodios de congelación y su duración, la velocidad, cadencia, longitud de paso y tiempo de giro</p>	<p>El número y duración de episodios de congelación se redujeron cuando se aplicaron estímulos auditivos rítmicos.</p> <p>La velocidad y la cadencia aumentaron y el tiempo de giro disminuyó en todos los grupos</p>	2
Willems AM et al., 2007 <sup>44</sup>	29 (19 casos en fase ON: 9 con congelación y 9 sin congelación; 10 controles)	<p>Caminar por un pasillo, giro de 180° a la izquierda de un obstáculo y vuelta, con y sin una señal auditiva aplicada por un metrónomo, a un ritmo cómodo de frecuencia de paso preferida por el paciente al caminar en línea recta. Se repitió 3 veces.</p> <p>Examinaron las diferencias en los parámetros espaciotemporales de giro</p>	<p>Los sujetos con Parkinson utilizaron un arco de giro más amplio que los controles (más destacado en sujetos con congelación), mostraron pasos más cortos y estrechos, así como un alto coeficiente de variación de la duración del paso.</p> <p>Las señales auditivas redujeron el coeficiente de variación de la duración del paso en todos los sujetos con Parkinson durante el giro después de 4 semanas de un programa de entrenamiento</p>	0

Tabla 1 (continuación)

Estudios	Participantes	Metodología	Resultados	Puntuación Jada
Nieuwboer A et al., 2009 <sup>45</sup>	133 casos en fase ON (68 con congelación y 65 sin congelación)	<p>Caminar 6 metros hasta una silla, coger una bandeja con dos vasos de agua, girar 180° y volver. La prueba se repitió 8 veces en las diferentes condiciones de modalidades sensoriales. La señal auditiva se ofrecía a través de un auricular, a la frecuencia de paso preferida por el paciente.</p> <p>Se valoraron los diferentes efectos de las diferentes modalidades sensoriales (auditivas, visuales y somatosensoriales) en la duración de giro y si los efectos se mantuvieron sin señales</p>	<p>Todos los tipos de señales externas aumentaron la velocidad de giro en todos los sujetos, a excepción de la visual que solo mejoró el rendimiento en sujetos con congelación.</p> <p>La estimulación auditiva rítmica provocó un giro más rápido que las señales visuales, pero no que las somatosensoriales en sujetos con congelación. En sujetos sin congelación, las señales auditivas lograron mayores incrementos que los otros dos tipos de señales. El 68% de los sujetos eligieron la señal auditiva, ya que fue más fácil de usar; el 32% la somatosensorial; y ninguno tuvo preferencia por la visual.</p> <p>Los efectos de las señales se mantuvieron e incluso intensificaron durante el recorrido final sin señales, tras haber aplicado la estimulación sensorial</p>	2
Spildooren J et al., 2010 <sup>46</sup>	23 casos (12 con congelación y 11 sin congelación)	<p>Girar a ambos lados (derecha e izquierda) con y sin señal auditiva por el lado dominante y no dominante de la enfermedad, a una frecuencia de estimulación &lt;10% de la frecuencia de paso preferida por el paciente. No especificaron el tipo de señal auditiva ni el número de ensayos realizados.</p> <p>Se valoró la duración del giro, el número de pasos, la cadencia y el grado de congelación</p>	<p>Durante la estimulación auditiva ambos grupos disminuyeron su cadencia y necesitaron más pasos para girar hacia el lado dominante de la enfermedad.</p> <p>Los sujetos con congelación solo se beneficiaron de la señal auditiva cuando fue aplicada en el lado dominante de la enfermedad mientras giraban hacia ese lado. Los sujetos sin congelación, se beneficiaron de las señales auditivas aplicadas en ambos lados.</p> <p>El efecto no se mantuvo al retirar la estimulación</p>	0
Spildooren J et al., 2012 <sup>47</sup>	<p>Primer estudio: 26 casos en fase OFF (13 con congelación y 13 sin congelación).</p> <p>Segundo estudio: 30 casos en fase OFF (16 con congelación y 14 sin congelación)</p>	<p>Caminar 5 m, giro de 180 y 360° (hacia el lado dominante y no dominante de su enfermedad) con y sin una doble tarea (cognitiva-verbal) de clasificación de colores, 3 veces. La doble tarea y el giro se incluyeron para inducir congelación.</p> <p>Girar con y sin un estímulo auditivo unilateral a una frecuencia de &lt;10% de la cadencia de paso preferida por el paciente. No se especifica el tipo de señal auditiva y se realizó 3 veces.</p> <p>Se valoró el número de pasos, la duración del giro, la cadencia y los episodios de congelación</p>	<p>La cadencia y la duración de giro, pero no la frecuencia de congelación, eran más altas cuando giraban hacia el lado dominante de la enfermedad. La congelación comenzó con más frecuencia en el lado interno del ciclo de giro.</p> <p>La señal auditiva unilateral redujo la congelación durante el giro, independientemente del lado en el que se aplicara. El efecto desaparecía cuando se eliminaba el estímulo</p>	2

Tabla 1 (continuación)

Estudios	Participantes	Metodología	Resultados	Puntuación Jasad
Okada Y et al., 2011 <sup>48</sup>	14 (7 casos sin congelación en fase ON y 7 controles). Incluyeron 10 casos con congelación de un estudio anterior	<p>Iniciar la marcha con y sin una señal auditiva generada por un altavoz, hasta completar 3 pasos y sin especificar la frecuencia de estimulación auditiva. Los ensayos se repitieron hasta que los sujetos iniciaron con éxito la marcha 7 veces para cada tipo de iniciación.</p> <p>Se evaluó el desplazamiento del centro de presión, la posición del contacto de talón y parámetros espaciotemporales, así como las anomalías relacionadas con congelación</p>	<p>La señal externa normalizó algunos parámetros en los tres primeros pasos en los sujetos sin congelación, durante y después de la fase postural de iniciación de la marcha, como el tiempo y velocidad del primer paso y el desplazamiento del centro de presión. La variabilidad del lado de oscilación lateral inicial y el aumento de duración del apoyo de los dos pies durante el primer paso demostraron estar relacionadas con la congelación</p>	0
Deval A et al., 2014 <sup>49</sup>	90 (60 casos en fase ON y OFF: 30 con congelación y 30 sin congelación; 30 controles)	<p>Iniciar la marcha y dar 4 o 5 pasos tras una señal auditiva de 105 dB y 0,20 s. producida por un altavoz y comenzar a caminar lo más rápido posible en ausencia de dicha señal. Se realizaron al menos 3 ensayos consecutivos para cada condición.</p> <p>Se evaluó la velocidad, longitud y duración del primer paso, así como los ajustes posturales anticipatorios</p>	<p>Los estímulos auditivos mejoraron la preparación del paso (ajustes posturales anticipatorios, vacilación inicial), pero no su ejecución, pues no se produjo un efecto significativo en sus parámetros espaciotemporales</p>	0
Hyeong-dong K et al., 2007 <sup>50</sup>	2 casos en fase ON	<p>Caminar por un pasillo con un estímulo auditivo rítmico proporcionado por un metrónomo eléctrico, cuya velocidad se fijó en una cadencia de la marcha de 85% (condición lenta), 100% (condición normal) y 115% (condición rápida) para cada sujeto. No se indicó el número de ensayos realizados.</p> <p>Se evaluó la oscilación y postura del despegue de los dedos, y el tiempo de oscilación del choque de talón para determinar la velocidad de iniciación de la marcha</p>	<p>Los sujetos aumentaron significativamente la velocidad de iniciación de la marcha con la cadencia más rápida (115%), como resultado de la mejora en la modulación de las fuerzas de reacción de la extremidad de apoyo y de balanceo.</p> <p>La velocidad de iniciación de la marcha para la cadencia lenta del estímulo (85%), fue similar a la normal (100%)</p>	0

Tabla 1 (continuación)

Estudios	Participantes	Metodología	Resultados	Puntuación Jaded
McCandless PJ et al., 2016 <sup>51</sup>	20 casos con congelación en fase OFF	Levantarse de una silla, ponerse de pie en una plataforma de fuerza y caminar 3 m. a su propio ritmo, utilizando o no un estímulo sensorial al iniciar la marcha (bastón láser, metrónomo de sonido a 70 señales/s., metrónomo de vibración, y bastón). Se registraron al menos 3 intentos para cada tipo de condición. Se valoraron los episodios de congelación, la longitud del primer y segundo paso, la velocidad del centro de gravedad, el número de balanceos y la velocidad del centro de gravedad	El bastón láser fue el dispositivo más eficaz en la mejora de los movimientos y en el número de congelación, demostrando mayores beneficios en la longitud del primer paso y el número de balanceo hacia los lados. El metrónomo en modo vibración interrumpió el movimiento en comparación con el modo sonido en la misma frecuencia, mejorando este último la velocidad del centro de gravedad y el número de balanceos	1
McCandless P et al., 2011 <sup>52</sup>	24 casos con congelación	Investigaron los efectos de tres tipos de señales (visual, auditiva y somatosensorial), en el movimiento y el control muscular durante la iniciación de la marcha, utilizando o no un estímulo sensorial (bastón láser, metrónomo de sonido, metrónomo de vibración, y bastón). No especificaron la frecuencia de estimulación auditiva ni el número de ensayos realizados	El bastón láser resultó el dispositivo más eficaz para mejorar las dificultades en la iniciación de la marcha. Su empleo produjo mejoras significativas en el desplazamiento del centro de gravedad al igual que con la utilización del bastón, pero el bastón láser además produjo una mayor longitud de paso	0
Fernández-Del-Olmo M et al., 2012 <sup>53</sup>	26 (13 casos en fase ON y 13 controles)	Caminar hasta completar 3 pasos consecutivos, iniciando una marcha rápida con la pierna derecha en respuesta a tres estímulos diferentes: estímulo visual (cuadrado blanco sobre fondo negro en un ordenador), estímulo visual junto a estímulo auditivo bajo (LAS), y estímulo visual junto a estímulo auditivo alto (SAS). La señal auditiva consistía en ráfagas de 750 Hz, de una duración de 30 ms, 80 dB para el estímulo LAS y 130 dB para el estímulo SAS. Se realizaron 25 ensayos: 15 con estímulo visual, 5 con estímulo visual y LAS, y 5 con estímulo visual y SAS. Se evaluó el patrón electromiográfico y la duración del tiempo de despegue de los dedos durante la iniciación de paso	Se obtuvieron mejoras significativas al aplicar un estímulo auditivo bajo o alto junto con un visual (estimulación intersensorial), con respecto a la aplicación de un estímulo visual aislado. En todos los sujetos el inicio del tibial anterior y recto femoral fue más rápido con un estímulo auditivo alto comparado con un bajo, sin embargo, no se observaron diferencias en el inicio del sóleo y el despegue de los dedos en los sujetos con Parkinson, lo que los autores relacionaron con un acoplamiento desordenado entre los ajustes posturales anticipatorios y el movimiento para iniciar el despegue de los dedos	0



el uso de estímulos auditivos de manera específica en el inicio de la marcha y la ejecución de giros en la EP. El limitado número de artículos encontrados, así como su baja calidad, no permiten realizar recomendaciones terapéuticas con elevado nivel de evidencia. Sin embargo, los estudios analizados sugieren que con el uso de estímulos sensoriales de tipo auditivo a una alta frecuencia se obtienen los mejores resultados en ambas fases, disminuyendo la aparición de congelación y caídas en los pacientes con EP.

### Primeras aplicaciones, tipos de estímulos auditivos y justificación neurofisiológica

Las primeras aplicaciones terapéuticas realizadas para demostrar el efecto positivo de las señales auditivas sobre la marcha en la EP se deben a Thaut et al., en 1996<sup>54</sup>. Someteron a pacientes con EP a un entrenamiento que consistía en caminar en sincronía con un estímulo auditivo rítmico. Varios estudios posteriores parecían corroborar la mejora en la velocidad, amplitud y cadencia de la marcha en la EP<sup>7,55</sup>. La forma de señalización auditiva más utilizada y que ha demostrado mayores mejorías en los parámetros de marcha de los pacientes con Parkinson, es el metrónomo con una frecuencia > 10% de la cadencia habitual del paciente<sup>56–60</sup>.

La hipótesis más aceptada de cómo las guías sensoriales mejoran el patrón de marcha en la EP, postula que estos estímulos alcanzarían el córtex premotor y el área motora suplementaria por una vía alternativa a los ganglios basales, compensando así los mecanismos deficitarios<sup>61–64</sup>. Además, los estímulos auditivos podrían tener un efecto sobre los mecanismos atencionales del paciente y la ejecución de movimientos que requieren una mayor planificación<sup>45,63</sup>.

### Estímulos auditivos en la iniciación de la marcha y giros

La iniciación de la marcha se acompaña de ajustes posturales anticipatorios y la EP se caracteriza por la falta de preparación y ejecución de paso durante la iniciación de la misma, lo que podría explicar la pobre ejecución del primer paso (menor velocidad y longitud de paso)<sup>48,49</sup>. En este sentido, las señales externas mejoran las anomalías y disminuyen la duración de la fase postural de iniciación de la marcha en EP y aumentan la producción de fuerza y el desplazamiento del centro de presión durante esta fase<sup>48</sup>.

El giro es el acto motor que más frecuentemente desencadena el bloqueo de la marcha (63%), especialmente durante giros rápidos y completos (360°)<sup>42</sup>, pero el bloqueo o la congelación también aparece al inicio de la marcha (23%), al caminar a través de espacios estrechos (12%) y al llegar a destinos (9%)<sup>14</sup>. Los episodios de congelación también ocurren más frecuentemente a mitad de un giro de 180° cuando el paciente se dispone a dar la vuelta, es decir, ante un giro de 90° cuando la separación entre cabeza y pelvis es mayor y, posiblemente, el giro más inestable<sup>42</sup>. La evidencia parece indicar que, al girar hacia el lado más afectado, la cadencia y duración de giro son más altas; sin embargo, los pacientes sufren el mismo número de episodios de congelación independientemente del lado al que giren<sup>47</sup>. Los estímulos auditivos han demostrado

mejorar los movimientos en bloque durante el giro, así como los parámetros de la marcha<sup>42,48</sup>.

### Estímulos auditivos y comparación con otras modalidades sensoriales

Cuando se comparan diferentes tipos de condiciones de giro (giro normal, rápido, tras una señal auditiva y con doble tarea), los pacientes con EP consiguen el máximo rendimiento al aplicar una señal auditiva<sup>41</sup>. Y al valorar los efectos de las diferentes modalidades sensoriales, la estimulación auditiva rítmica provoca un giro más rápido que las señales visuales<sup>45</sup>. Cuando los pacientes inician la marcha utilizando diferentes estímulos sensoriales, el uso de un bastón láser resultó el dispositivo más eficaz, disminuyendo el número de episodios de congelación y aumentando principalmente la longitud del primer paso<sup>51,52</sup>. Además, un ensayo<sup>53</sup> mostró mejoras más significativas en la iniciación de la marcha al aplicar una estimulación intersensorial (visual junto con auditiva), que un estímulo visual solo.

Por tanto, la presente revisión sugiere que los estímulos auditivos (principalmente a > 10% de la frecuencia de paso) resultan más eficaces para la mejora de la cadencia de la marcha, implicando un aumento de la velocidad al hacer un giro, mientras que los estímulos visuales presentan mayor eficacia sobre el aumento de la longitud de paso, imprescindible para la iniciación de la marcha<sup>64–68</sup>. Los hallazgos sobre las dificultades para el mantenimiento del efecto en el tiempo podrían relacionarse con que el uso de señales externas puede redirigir la atención hacia los procesos de la marcha y mejorar su realización, pero este efecto se debilita a medida que pasa el tiempo<sup>49</sup>, como han expuesto diversos trabajos<sup>69–72</sup>.

Los resultados de la presente revisión sistemática sugieren que un programa de entrenamiento de la marcha a través de estímulos propioceptivos y exteroceptivos, con una frecuencia de tres sesiones por semana, de aproximadamente media hora de duración, provocaría una mejoría en la longitud de paso, la cadencia y velocidad de la marcha, así como en el número de episodios de congelación durante las fases de iniciación del paso y la realización de giros, limitando el riesgo de caídas y mejorando así la calidad de vida en la EP<sup>64</sup>. No obstante, la presente revisión sistemática adolece de una serie de limitaciones metodológicas, como el incluir únicamente trabajos publicados en inglés y español. Asimismo, el diseño y la metodología de la mayoría de los trabajos incluidos son heterogéneos y no permiten otorgar un grado de recomendación en función de su nivel de evidencia superior a razonable o aceptable.

### Conclusiones

La iniciación de la marcha y la realización de giros son desencadenantes importantes para sufrir episodios de congelación en pacientes con Parkinson. El uso de guías auditivas ha demostrado producir mejorías en los parámetros espacio-temporales y cinemáticos en ambas fases. Los mayores beneficios se obtienen con la aplicación de un metrónomo a una frecuencia de > 10% de la cadencia habitual del paciente, aumentando la velocidad de iniciación de la marcha, la activación muscular, la velocidad y cadencia de

marcha en la EP, así como disminuyendo la duración de la congelación de la marcha y el tiempo de giro, especialmente ante una alta intensidad del estímulo. No obstante, los estímulos visuales han demostrado una mayor eficacia sobre el aumento de la longitud de paso, imprescindible para la iniciación de la marcha.

La aplicación de estrategias terapéuticas como el uso de señales auditivas externas en combinación con el tratamiento rehabilitador convencional en EP, puede incrementar la calidad de vida de estos pacientes mejorando aspectos motores y minimizando el riesgo de caídas. Sin embargo, se requiere un mayor número de estudios y de mayor calidad metodológica para justificar y comprender qué pacientes se benefician más de esta señal sensorial, así como el tipo de guía auditiva y la frecuencia de estimulación más eficaz en la fase de iniciación de la marcha y de giro en pacientes con EP.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

- Kalia L, Lang A. Parkinson's disease. *Lancet*. 2015;386:896–912.
- Huang Y, Georgiev D, Foltynie T, Limousin P, Speekenbrink M, Jahanshahi M. Different effects of dopaminergic medication on perceptual decision-making in Parkinson's disease as a function of task difficulty and speed–accuracy instructions. *Neuropsychologia*. 2015;75:577–87.
- Coste C, Sijobert B, Pissard-Gibollet R, Pasquier M, Espiau B, Geny C. Detection of freezing of gait in Parkinson disease: Preliminary results. *Sensors (Basel)*. 2014;14:6819–27.
- Borrione P, Tranchita E, Sansone P, Parisi A. Effects of physical activity in Parkinson's disease: A new tool for rehabilitation. *World J Methodol*. 2014;4:133–43.
- Duncan RP, Leddy AL, Earhart GM. Five times sit-to-stand test performance in Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011;92:1431–6.
- Fernández-del Olmo M, Arias P, Cudeiro-Mazaira FJ. Facilitación de la actividad motora por estímulos sensoriales en la enfermedad de Parkinson. *Rev Neurol*. 2004;39:841–7.
- Seco-Calvo J, Gago-Fernández I, Cano-de-la-Cuerda R, Fernández-de-las-Peñas C. Efectividad de los estímulos sensoriales sobre los trastornos de la marcha en pacientes con enfermedad de Parkinson. *Estudio piloto*. *Fisioterapia*. 2012;34:4–10.
- Muñoz-Hellín E, Cano-de-la-Cuerda R, Miangolarra-Page JC. Guías visuales como herramienta terapéutica en la enfermedad de Parkinson. Una revisión sistemática. *Rev Esp Geriatr Gerontol*. 2013;48:190–7.
- Djuric-Jovicic MD, Jovicic NS, Radovanovic SM, Stankovic ID, Popovic MB, Kostic VS. Automatic identification and classification of freezing of gait episodes in Parkinson's disease patients. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2014;22:685–94.
- Tard C, Delval A, Devos D, Lopes R, Lenfant P, Dujardin K, et al. Brain metabolic abnormalities during gait with freezing in Parkinson's disease. *Neuroscience*. 2015;307:281–301.
- McNeely ME, Earhart GM. The effects of medication on turning in people with Parkinson disease with and without freezing of gait. *J Parkinsons Dis*. 2011;1:259–70.
- McNeely ME, Earhart GM. Lack of short-term effectiveness of rotating treadmill training on turning in people with mild-to-moderate Parkinson's disease and healthy older adults: A randomized, controlled study. *Parkinson's Dis*. 2012;2012:623985.
- Chou P, Lee S. Turning deficits in people with Parkinson's disease. *Tzu Chi Medical Journal*. 2013 12;25:200–2.
- Schaafsma JD, Balash Y, Gurevich T, Bartels AL, Hausdorff JM, Giladi N. Characterization of freezing of gait subtypes and the response of each to levodopa in Parkinson's disease. *Eur J Neurol*. 2003;10:391–8.
- Te-Woerd ES, Oostenveld R, Bloem BR, de Lange FP, Praamstra P. Effects of rhythmic stimulus presentation on oscillatory brain activity: The physiology of cueing in Parkinson's disease. *Neuroimage Clin*. 2015;9:300–9.
- Suteerawattananon M, Morris GS, Etnyre BR, Jankovic J, Protas EJ. Effects of visual and auditory cues on gait in individuals with Parkinson's disease. *J Neurol Sci*. 2004;219(1–2):63–9.
- Georgiou-Karistianis N, Scally K, Charlton JL, Iansek R, Bradshaw JL, Moss S. Impact of external cue validity on driving performance in Parkinson's disease. *Parkinson's Dis*. 2011;2011:159621.
- Hughes AJ, Daniel SE, Kilford L, Lees AJ. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: a clinicopathological study of 100 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1992;55:181–4.
- Moher D, Schulz F, Altman D. The CONSORT statement: revised recommendations for improving the quality of reports of parallel-group randomized trials. *JAMA*. 2001;285:1987–91.
- Moher D, Schulz KF, Altman DG, CONSORT GROUP (Consolidated Standards of Reporting Trials). The CONSORT statement: revised recommendations for improving the quality of reports of parallel-group randomized trials. *Ann Intern Med*. 2001;134:657–62.
- Jadad AR, Moore RA, Carroll D, Jenkinson C, Reynolds DJ, Gavaghan DJ, et al. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? *Control Clin Trials*. 1996;17:1–12.
- Kadivar Z, Corcos DM, Foto J, Hondzinski JM. Effect of step training and rhythmic auditory stimulation on functional performance in Parkinson patients. *Neurorehabil Neural Repair*. 2011;25:626–35.
- Nicolai S, Zijlstra A, Mirelman A, Herman T, Maetzler W, Becker C. Effect of audio-biofeedback on balance and gait in psp patients—a 6 weeks pilot study. *Parkinsonism Relat Disord*. 2010;16:572.
- Mirelman A, Herman T, Nicolai S, Zijlstra A, Zijlstra W, Becker C, et al. Audio-biofeedback training for posture and balance in patients with Parkinson's disease. *J Neuroeng Rehabil*. 2011;8:35.
- Contreras Lopez WO. Practical use of an auditory device to improve gait in patients with Parkinson's disease. *Basal Ganglia*. 2013;3:54.
- Rochester L, Baker K, Hetherington V, Jones D, Willems A, Kwakkel G, et al. Evidence for motor learning in Parkinson's disease: Acquisition, automaticity and retention of cued gait performance after training with external rhythmical cues. *Brain Res*. 2010;1319:103–11.
- Marano P, Seminara M. Use of visual and auditory cues in the freezing control in Parkinson's disease. *Basal Ganglia*. 2012;12:263, 2.
- Lopez WOC, Higuera CAE, Fonoff ET, de Oliveira Souza C, Albicker U, Martinez JAE. Listenmee® and Listenmee® smartphone application: Synchronizing walking to rhythmic auditory cues to improve gait in Parkinson's disease. *Hum Mov Sci*. 2014;37:147–56.
- Snijders AH, Jeene P, Nijkrake MJ, Abdo WF, Bloem BR. Cueing for freezing of gait: a need for 3-dimensional cues? *Neurologist*. 2012;18:404–5.

30. Lim I, van Wegen E, Jones D, Rochester L, Nieuwboer A, Willems AM, et al. Does cueing training improve physical activity in patients with Parkinson's disease? *Neurorehabil Neural Repair*. 2010;24:469–77.
31. Halbig SE. Effects of external cueing on gait parameters in Parkinson's disease patients. New Mexico: University of New Mexico School of Medicine; 2014.
32. Capato TTD, Tornai J, Ávila P, Barbosa ER, Piemonte MEP. Randomized controlled trial protocol: balance training with rhythmical cues to improve and maintain balance control in Parkinson's disease. *BMC Neurol*. 2015;15:162.
33. Fietzek U, Schroeteler F, Ziegler K, Zwosta J, Ceballos-Baumann A. Randomized cross-over trial to investigate the efficacy of a two-week physiotherapy programme with repetitive exercises of cueing to reduce the severity of freezing of gait in patients with Parkinson's disease. *Clin Rehabil*. 2014;28:902–11.
34. Nieuwboer A. Cueing for freezing of gait in patients with Parkinson's disease: a rehabilitation perspective. *Mov Disord*. 2008;23 Suppl 2:S475–81.
35. Velik R. Effect of on-demand cueing on freezing of gait in Parkinson's patients. *Int J Biomed Eng*. 2012;6:280–5.
36. Guimarães V, Castro R, Barros A, Cevada J, Bayés À, Garcá S, et al. Development of an auditory cueing system to assist gait in patients with Parkinson's disease. En: *Refereed proceedings: Third International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*. Granada: IWBBIO; 2015. p. 93–104.
37. Ashburn A, Kampshoff C, Burnett M, Stack E, Pickering RM, Verheyden G. Sequence and onset of whole-body coordination when turning in response to a visual trigger: Comparing people with Parkinson's disease and healthy adults. *Gait Posture*. 2014;39:278–83.
38. Yang W, Chen H, Hsu W, Lin K. Motion analysis of real-time somatosensory cue on freezing of gait during turning in people with Parkinson's disease. *Physiotherapy*. 2015;101(Suppl 1):880.
39. Spildooren J, Vercruyse S, Desloovere K, Vandenbergh W, Kerckhofs E, Nieuwboer A. Freezing of gait in Parkinson's disease: the impact of dual tasking and turning. *Mov Disord*. 2010;25:2563–70.
40. Hulbert S, Ashburn A, Roberts L, Verheyden G. Dancing with Parkinson's—the effects on whole body co-ordination during turning. *Physiotherapy*. 2015;101(Suppl 1):e612.
41. Visser JE, Voermans NC, Oude Nijhuis LB, van der Eijk M, Nijk R, Munneke M, et al. Quantification of trunk rotations during turning and walking in Parkinson's disease. *Clin Neurophysiol*. 2007;118:1602–6.
42. Spildooren J, Vercruyse S, Heremans E, Galna B, Vandenbossche J, Desloovere K, et al. Head-pelvis coupling is increased during turning in patients with Parkinson's disease and freezing of gait. *Mov Disord*. 2013;28:619–25.
43. Arias P, Cudeiro J. Effect of rhythmic auditory stimulation on gait in Parkinsonian patients with and without freezing of gait. *PLoS One*. 2010;5:e9675.
44. Willems AM, Nieuwboer A, Chavret F, Desloovere K, Dom R, Rochester L, et al. Turning in Parkinson's disease patients and controls: the effect of auditory cues. *Mov Disord*. 2007;22:1871–8.
45. Nieuwboer A, Baker K, Willems AM, Jones D, Spildooren J, Lim I, et al. The short-term effects of different cueing modalities on turn speed in people with Parkinson's disease. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009;23:831–6.
46. Spildooren J, Vercruyse S, Desloovere K, Vandenbergh W, Vandenbossche J, Nieuwboer A. Unilateral auditory cueing to improve freezing during turning in Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2010;25:5713.
47. Spildooren J, Vercruyse S, Meyns P, Vandenbossche J, Heremans E, Desloovere K, et al. Turning and unilateral cueing in Parkinson's disease patients with and without freezing of gait. *Neuroscience*. 2012;207:298–306.
48. Okada Y, Fukumoto T, Takatori K, Nagino K, Hiraoka K. Variable initial swing side and prolonged double limb support represent abnormalities of the first three steps of gait initiation in patients with Parkinson's disease with freezing of gait. *Front Neurol*. 2011;2:85.
49. Delval A, Moreau C, Bleuse S, Tard C, Ryckewaert G, Devos D, et al. Auditory cueing of gait initiation in Parkinson's disease patients with freezing of gait. *Clin Neurophysiol*. 2014;125:1675–81.
50. Hyeong-dong K. Effects of auditory cues on gait initiation in patients with Parkinson's disease: a preliminary study. *Phys Ther*. 2007;14:44–9.
51. McCandless PJ, Evans BJ, Janssen J, Selfe J, Churchill A, Richards J. Effect of three cueing devices for people with Parkinson's disease with gait initiation difficulties. *Gait Posture*. 2016;44:7–11.
52. McCandless P, Evans B, Richards J, Selfe J, Churchill A. The effectiveness of different cueing devices for people with Parkinson's disease and gait initiation difficulties. *Mov Disord*. 2010;25:S683.
53. Fernandez-Del-Olmo M, Bello O, Lopez-Alonso V, Andres Sanchez J, Santos-Garcia D, Valls-Sole J. The effects of auditory startle and nonstartle stimuli on step initiation in Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2012;27:1570–3.
54. Thaut MH, McIntosh GC, Rice RR, Miller RA, Rathbun J, Brault JM. Rhythmic auditory stimulation in gait training for Parkinson's Disease patients. *Mov Disord*. 1996;11:193–200.
55. Marchese R, Diverio M, Zucchi F, Lentino C, Abbruzzese G. The role of sensory cues in the rehabilitation of parkinsonian patients: a comparison of two physical therapy protocols. *Mov Disord*. 2000;15:879–83.
56. Miller RA, Thaut MH, McIntosh GC, Rice RR. Components of EMG symmetry and variability in parkinsonian and healthy elderly gait. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1996;101:1–7.
57. Gauthier L, Dalziel S, Gauthier S. The benefits of group occupational therapy for patients with Parkinson's disease. *J Neural Transm Suppl*. 1987;46:455–60.
58. Dam M, Tonin P, Casson S, Bracco F, Piron L, Pizzolato G, et al. Effects of conventional and sensory-enhanced physiotherapy on disability of Parkinson's disease patients. *Adv Neurol*. 1996;69:551–5.
59. Patti F, Reggio A, Nicoletti A, Sellaroli T, Deinite G, Nicoletti F. Effects of rehabilitation therapy on parkinsonians' disability and functional independence. *J Neurol Rehabil*. 1996;10:223–31.
60. Marrón LA, Gibraltar A, Montes M. La música y la señalización auditiva como adyuvantes en la rehabilitación de la enfermedad de Parkinson. Revisión sistemática cualitativa. *Rev Mex Med Fis Rehab*. 2011;23:20–9.
61. Jahanshahi M, Jenkins IH, Brown RG, Marsden CD, Passingham RE, Brooks DJ. Self-initiated versus externally triggered movements. I. An investigation using measurement of regional cerebral blood flow with PET and movement-related potentials in normal and Parkinson's disease subjects. *Brain*. 1995;118:913–33.
62. Brooks DJ. Functional imaging studies in Parkinson's disease. En: Lewitt P, Oerfel W, editores. *Parkinson's disease. The treatment options*. London: Martin Dunitz; 1999. p. 21–38.
63. Lewis SJ. Commentary: an evaluation of mechanisms underlying the influence of step cues on gait in Parkinson's disease. *J Clin Neurosci*. 2011;18:803.
64. Fernández Rodríguez IA. Eficacia de la utilización de estímulos externos durante el entrenamiento de la marcha en pacientes con enfermedad de Parkinson: una revisión sistemática [trabajo fin de Grado]. Cantabria: Escuelas Universitarias Gimbernat-Cantabria; 2014.
65. McIntosh GC, Brown SH, Rice RR, Thaut MH. Rhythmic auditory-motor facilitation of gait in patients with Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1997;62:22–6.

66. Howe TE, Lövgreen B, Cody FWJ, Ashton VJ, Oldham JA. Auditory cues can modify the gait of persons with early-stage Parkinson's disease: a method for enhancing parkinsonian walking performance? *Clin Rehabil.* 2003;17:363–7.
67. Del Olmo MF, Arias P, Furio MC, Pozo MA, Cudeiro J. Evaluation of the effect of training using auditory stimulation on rhythmic movement in Parkinsonian patients - a combined motor and [18F]-FDG PET study. *Parkinsonism Relat Disord.* 2006;12:155–64.
68. Richards CL, Malouin F, Bedard PJ, Cioni M. Changes induced by L-dopa and sensory cues on the gait of parkinsonian patients. En: Woollacott M, Horak F, editores. *Posture and Gait: Control mechanisms (vol. 2)*. Eugene OR: University of Oregon Books; 1992. p. 126–9.
69. Freedland RL, Festa C, Sealy M, McBean A, Elghazaly P, Capan A, et al. The effects of pulsed auditory stimulation on various gait measurements in persons with Parkinson's Disease. *Neurorehabilitation.* 2002;17:81–7.
70. McIntosh GC, Brown SH, Rice RR, Thaut MH. Rhythmic auditory-motor facilitation of gait patterns in patients with Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1997;62:22–6.
71. Mak MK, Yu L, Hui-Chan CW. The immediate effect of a novel audio-visual cueing strategy (simulated traffic lights) on dual-task walking in people with Parkinson's disease. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2013;49:153–9.
72. Kritikos A, Leahy C, Bradshaw JL, Iansek R, Phillips JG, Bradshaw JA. Contingent and non-contingent auditory cueing in Parkinson's disease. *Neuropsychologia.* 1995;33:1193–203.