



## REVISIÓN

## Guías visuales como herramienta terapéutica en la enfermedad de Parkinson. Una revisión sistemática

Elena Muñoz-Hellín, Roberto Cano-de-la-Cuerda\* y Juan Carlos Miangolarra-Page

Departamento de Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Medicina Física y Rehabilitación, Laboratorio de Análisis del Movimiento, Biomecánica, Ergonomía y Control Motor, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Rey Juan Carlos (URJC), Alcorcón, Madrid, España

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

*Historia del artículo:*

Recibido el 28 de diciembre de 2012

Aceptado el 1 de marzo de 2013

On-line el 2 de junio de 2013

*Palabras clave:*

Enfermedad de Parkinson

Estímulos visuales

Guías sensoriales

Trastornos de la marcha

## RESUMEN

Los estímulos o guías sensoriales se están utilizando como una herramienta terapéutica para la mejora de los trastornos de la marcha en los pacientes con enfermedad de Parkinson, pero la mayoría de los estudios parecen centrarse en el uso de estímulos auditivos. El objetivo del presente estudio fue realizar una revisión sistemática referente al uso de estímulos visuales sobre los trastornos de la marcha y la ejecución de tareas duales durante la misma, su influencia sobre los bloqueos motores y la incidencia de caídas en los pacientes con enfermedad de Parkinson, al objeto de poder extraer implicaciones terapéuticas. Se realizó una búsqueda bibliográfica sistemática en las principales bases de datos, como Cochrane Database of Systematic Reviews, TripDataBase, PubMed, Ovid MEDLINE, Ovid EMBASE, y Physiotherapy Evidence Database, durante el periodo 2005 al 2012, de acuerdo con las recomendaciones de la Consolidated Standards of Reporting Trials, valorando la calidad de los trabajos con el Quality Index de Downs y Black. Fueron incluidos 21 artículos en la presente revisión sistemática (con un total de 892 participantes), con calidad metodológica variable, obteniendo una puntuación media en el Quality Index de 17,27 puntos (rango: 11-21). Los estímulos visuales producen mejoras en parámetros temporoespaciales de la marcha, la ejecución de giros, disminuyendo la aparición de *freezing* y caídas en la enfermedad de Parkinson. Las tareas duales durante la marcha parecen beneficiarse mediante su uso, disminuyendo la interferencia de esta segunda tarea. Existe una necesidad de mayores estudios que determinen el tipo de estímulo preferente para cada estadio de la enfermedad.

© 2012 SEGG. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

### Visual cues as a therapeutic tool in Parkinson's disease. A systematic review

## ABSTRACT

Sensory stimuli or sensory cues are being used as a therapeutic tool for improving gait disorders in Parkinson's disease patients, but most studies seem to focus on auditory stimuli. The aim of this study was to conduct a systematic review regarding the use of visual cues over gait disorders, dual tasks during gait, freezing and the incidence of falls in patients with Parkinson to obtain therapeutic implications. We conducted a systematic review in main databases such as Cochrane Database of Systematic Reviews, TripDataBase, PubMed, Ovid MEDLINE, Ovid EMBASE and Physiotherapy Evidence Database, during 2005 to 2012, according to the recommendations of the Consolidated Standards of Reporting Trials, evaluating the quality of the papers included with the Downs & Black Quality Index. 21 articles were finally included in this systematic review (with a total of 892 participants) with variable methodological quality, achieving an average of 17.27 points in the Downs and Black Quality Index (range: 11-21). Visual cues produce improvements over temporal-spatial parameters in gait, turning execution, reducing the appearance of freezing and falls in Parkinson's disease patients. Visual cues appear to benefit dual tasks during gait, reducing the interference of the second task. Further studies are needed to determine the preferred type of stimuli for each stage of the disease.

© 2012 SEGG. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

*Keywords:*

Parkinson's disease

Visual cues

Sensory stimuli

Gait disorders

### Introducción

Los trastornos de la marcha y la inestabilidad postural presentan una causalidad multifactorial en la enferme-

\* Autor para correspondencia.

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

dad de Parkinson (EP), relacionándose con una alteración de los reflejos de enderezamiento, la rigidez y la acinesia<sup>1</sup> y con repercusiones sobre la calidad de vida relacionada con la salud<sup>2,3</sup>. Entre las características de los trastornos de la marcha de la EP se ha descrito cómo en los miembros inferiores aparece variabilidad temporal y espacial de los parámetros, acortamiento de la longitud del paso, escasa elevación de los pies del suelo, disminución de la velocidad o su incremento a expensas del incremento la cadencia. El resultado es el patrón conocido como marcha festinante<sup>1</sup>.

Diferentes publicaciones<sup>4-9</sup> han sugerido la necesidad de realizar un examen diferencial entre la presencia de acinesia, la existencia de bloqueos y la dificultad para continuar un ritmo normal de pasos, el cual parece estar relacionado con la dificultad para generar voluntariamente un ritmo endógeno, adecuado y necesario para ejecutar cualquier movimiento repetitivo como la marcha.

A medida que avanza la enfermedad, los trastornos de la marcha pueden agravarse, lo que se traduce en un incremento en el riesgo de caídas. Previamente a estos episodios parece que existe una dificultad por parte del paciente con EP para mantener una correcta estabilidad temporal de su marcha, es decir, para mantener una baja variabilidad en el tiempo entre paso y paso, en cada una de las fases que componen el ciclo de la misma<sup>10</sup>. Por tanto, parece que los déficits motores en los pacientes con EP no solo se limitan a aspectos cinemáticos (velocidad o tiempo de ejecución), sino también a lo que se denomina *timing* del movimiento, es decir, aspectos relacionados con la estabilidad temporal determinada por un teórico marcapasos interno, constituido por grupos neuronales que se comportarían como un oscilador<sup>11</sup>.

En este sentido, el uso de estímulos sensoriales externos al paciente se están utilizando como una herramienta rehabilitadora en la mejora de los trastornos de la marcha en los pacientes con EP<sup>12</sup>. Puesto que los ganglios basales desempeñan una función fundamental en secuencias motoras complejas, en su mayoría automáticas y estando estas afectadas en la EP, se ha planteado el uso de estímulos externos auditivos (como metrónomos o golpes rítmicos en el suelo) o visuales (huellas o líneas perpendiculares marcadas en el suelo), al objeto de activar otras vías implicadas y eludiendo los circuitos dañados en la generación de movimientos rítmicos, como la marcha, en la EP<sup>13</sup> (fig. 1).

Sin embargo, la mayoría de los estudios parecen centrarse en el uso de estímulos auditivos, no siendo tan prolija la información referente al uso de estímulos visuales. El objetivo del presente estudio es realizar una revisión sistemática referente al uso de estímulos visuales sobre los trastornos de la marcha, la ejecución de tareas duales durante la misma, su influencia sobre la aparición

de bloqueos motores y sobre la incidencia de caídas en los pacientes con EP, al objeto de poder extraer implicaciones terapéuticas en la EP.

## Material y métodos

### Pregunta clínica

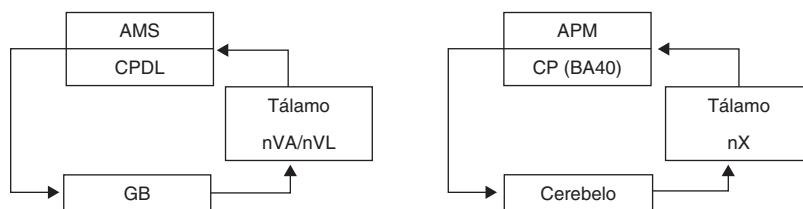
Los criterios de inclusión fueron definidos mediante la pregunta modelo de Población, Intervención, Comparación y Resultados (PICO). Los pacientes del estudio debían poseer un diagnóstico clínico de EP de acuerdo con los criterios del United Kingdom Parkinson's Disease Society Data Bank<sup>14</sup>.

La intervención tenía que estar mediada por la aplicación de estímulos visuales, comparando dicho tipo de intervención con la no aplicación de estímulos visuales, otras modalidades de estímulos sensoriales, medidas de tratamiento neurorrehabilitador en la EP convencionales o la no aplicación de tratamiento. Los resultados a tener en cuenta debían estar relacionados con escalas o medidas cualitativas o cuantitativas sobre los parámetros de la marcha, aspectos cinéticos o cinemáticos de la marcha, la funcionalidad de los miembros inferiores o mejoras en aspectos relacionados con la calidad de vida relacionada con la salud.

### Bases de datos

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 en la presente revisión sistemática fueron: Cochrane Database of Systematic Reviews, Cochrane Collaboration Trials Register, Trip-DataBase, PubMed, Ovid MEDLINE, Ovid EMBASE, Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature y Physiotherapy Evidence Database. Los años de búsqueda establecidos fueron entre el 2005 y el 2012, pues existía una revisión sistemática previa sobre estímulos sensoriales (auditivos, visuales y somatosensoriales) publicada en el 2005<sup>15</sup>.

Los términos Medical Subject Headings (MESH) y palabras clave utilizadas en la estrategia de búsqueda fueron: «Parkinson's disease», «visual cues», «visual stimuli», «gait impairments», «freezing», «gait parameters», «functional status» y «health-related quality of life». Cuando las bases de datos permitían detallar límites de búsqueda, esta se restringió a estudios controlados aleatorizados o estudios clínicos originales con pacientes. 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 criterios de búsqueda. El idioma de los estudios debía ser español o inglés. Las publicaciones en actas de



Izquierda: movimiento rítmico generado internamente. Derecha: movimiento rítmico generado externamente; este circuito podría ser el responsable de los efectos obtenidos con la estimulación externa (visual o auditiva). AMS: área motora suplementaria; CPDL: corteza premotora dorsolateral; APM: área premotora; CP: corteza parietal; BA40: área 40 de Brodman; GB: ganglios basales; nVA: núcleo ventral anterior; nVL: núcleo ventral lateral; nX: núcleo X.

**Figura 1.** Representación esquemática de los 2 posibles circuitos implicados en la realización de movimientos rítmicos con y sin guía sensorial. Modificada de Brooks<sup>57</sup>, y Kritikos et al.<sup>58</sup>

congresos o resúmenes de manuscritos, sin posibilidad de acceso a texto completo, fueron excluidas.

### Selección de los artículos

Como medida de selección de los artículos a incluir en la presente revisión sistemática, 2 investigadores de manera independiente revisaron los estudios potencialmente de interés para el presente trabajo. Así, un investigador realizó un primer cribado de los títulos y los resúmenes de las búsquedas electrónicas y, en función de su contenido, decidió qué estudios podían cumplir potencialmente los criterios de elección, y para analizar este punto, se procedió a obtener los trabajos completos. Un segundo investigador realizó la búsqueda de todos los trabajos completos, recuperados para comprobar su relevancia y cualquier desacuerdo acerca de la elección de los estudios fue dirimido por un tercer investigador. Los trabajos definitivamente consensuados se clasificaron en función de los objetivos planteados en los mismos.

Se realizó una metodología estandarizada de extracción de la información para cada estudio, mediante la cual se determinó cada uno de los componentes de la pregunta clínica, en formato PICO, de acuerdo con la Consolidated Standards of Reporting Trials statement<sup>16,17</sup>. De cada trabajo se extrajo la siguiente información: criterios de inclusión y exclusión, diseño metodológico, aleatorización (si era aplicable), descripción del estudio, cegamiento (si era aplicable), medidas de resultado, descripción de la intervención terapéutica y resultados.

### Evaluación de la calidad metodológica

Generalmente, las revisiones sistemáticas se han centrado exclusivamente en ensayos clínicos aleatorizados (ECA), por lo que descartan los estudios observacionales debido en parte a las dificultades en su evaluación de la calidad metodológica. No obstante, en muchas áreas de la salud existe una carencia de ECA de calidad, y para garantizar una evaluación crítica y objetiva de trabajos no incluidos en esta categoría se dispone de herramientas contrastadas, como es el *Quality Index* de Downs y Black<sup>18</sup>. Si bien es cierto que el diseño de ECA, de los estudios de cohortes o de casos-control presenta diferencias fundamentales, en todos ellos es necesario analizar las características de la intervención, los factores de confusión y los resultados. En la presente revisión sistemática, teniendo en cuenta el tipo de estudios incluidos, se utilizó el *Quality Index* de la herramienta Downs y Black, para evaluar la calidad metodológica de los mismos. La herramienta consta de 27 ítems que valoran: la calidad de los contenidos (10 ítems), la validez externa (3 ítems) e interna y sesgos (7 ítems) y factores de confusión (6 ítems), además de ponderar la potencia estadística (un ítem). Puntuaciones mayores indican una mayor calidad metodológica, con una máxima puntuación posible de 27 puntos.

## Resultados

### Resultados de la búsqueda

Se localizaron un total de 32 referencias de artículos relacionados con la materia de estudio. Se descartaron 5 artículos tras la lectura del abstract, según el procedimiento descrito en el apartado de selección de los manuscritos, pues uno estaba escrito en alemán<sup>19</sup>, uno solamente se centraba en los fenómenos de congelación de la marcha sin aplicación de estímulos sensoriales<sup>20</sup> y 3 eran revisiones narrativas<sup>21-23</sup>. De los 27 artículos seleccionados, tras aplicar los criterios de inclusión específicos, se excluyeron 6 artículos<sup>24-29</sup>. Toda la información sobre los estudios no incluidos puede encontrarse en el diagrama de flujo de la figura 2. Finalmente, 21 artículos fueron incluidos en la presente revisión sistemática.

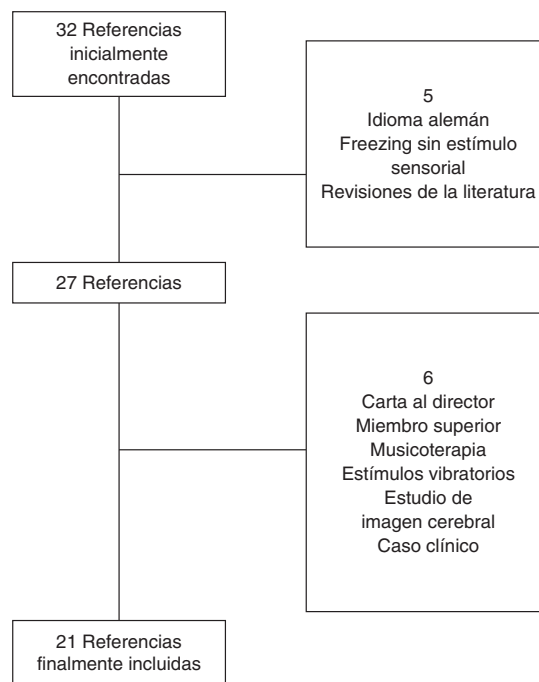


Figura 2. Diagrama de flujo.

### Descripción de los artículos incluidos

En la tabla 1 puede encontrarse una descripción detallada de las características de los 21 artículos incluidos en la presente revisión sistemática (con un total de 892 participantes), especificando los autores, el número de participantes, el tipo de intervención acometida, la comparación de dicha intervención con otras metodologías terapéuticas, en los casos en las que era aplicable, los resultados más destacables en cada uno de ellos y una breve descripción de las conclusiones:

- Dos artículos<sup>30,31</sup> (con un total de 48 participantes) se centraron en evaluar la eficacia del uso de estímulos visuales sobre los fenómenos de congelación de la marcha o *freezing*, de manera específica, en pacientes con EP.
- Cinco artículos<sup>32-36</sup> (con un total de 171 participantes) se centraron en el uso de los estímulos visuales, de manera específica, sobre los trastornos de la marcha en pacientes con EP.
- Cinco artículos<sup>37-41</sup> (94 participantes en total) estuvieron relacionados con la aplicación de estímulos sensoriales mediante el uso de gafas instrumentadas, específicamente diseñadas a tal efecto.
- Un estudio<sup>42</sup> (133 participantes) fue diseñado para evaluar el efecto de los estímulos visuales sobre la frecuencia de caídas en pacientes con EP.
- Un artículo<sup>43</sup> (7 participantes) fue hallado para comprobar la efectividad de los estímulos sensitivos a la hora de realizar giros en pacientes con EP.
- Tres artículos<sup>44-46</sup> (con un total de 57 participantes) fueron diseñados específicamente para comprobar la efectividad de los estímulos visuales, en comparación con otras modalidades sensitivas (auditivas o somatosensoriales) sobre diferentes parámetros de marcha en la EP.
- Finalmente, 5 artículos científicos<sup>47-50</sup> (con un total de 382 participantes) estudiaron la interferencia de los estímulos visuales, entre otras modalidades de guías sensitivas, en la mejora de la realización de tareas dobles, en el aprendizaje motor de la ejecución de secuencias de movimiento o en el control motor de las mismas.

**Tabla 1**  
Descripción de los artículos incluidos

Estudio	Participantesn	Intervención/valoración	Resultados	Calidad (Quality Index)
Lee et al., 2012 <sup>30</sup>	35	Caminaron 7 m ida y vuelta de manera normal, con señales visuales y con señales auditivas Se valora la marcha con sistema tridimensional computarizado	EP con <i>freezing</i> mejoran aspectos viso-espaciales y cinemáticos, sobre todo con guías visuales. Sujetos sanos y EP sin <i>freezing</i> disminuye la velocidad de marcha con guías visuales	19
Espay et al., 2010 <sup>31</sup>	13	Tratamiento domiciliario con guías visuales y auditivas 2 sem/2 veces/30 min Se utilizó un dispositivo electrónico portátil y se administró el Freezing of Gait Questionnaire pre y postintervención	Se evidencian cambios en la velocidad de marcha y en la longitud de paso, mantenidos en el tiempo tras retirar los dispositivos. También los pacientes mejoraron la puntuación en el Freezing of Gait Questionnaire	21
Luessi et al., 2012 <sup>32</sup>	36	Marcha sobre tapiz rodante a 3 velocidades/3 condiciones Se utilizaron sensores de presión dinámica integrados en una cinta de marcha	Las guías visuales redujeron la cadencia, incrementaron la longitud de la zancada y el tiempo de paso, mientras se mantuvo la velocidad de marcha en ambos grupos Las guías visuales muestran un efecto velocidad-dependiente	15
Almeida y Bhatt, 2012 <sup>33</sup>	42	Marcha con marcadores visuales y marcha sobre cinta con marcadores 6 sem/3 sesiones a la semana Se emplearon la UPDRS III, TGU&G, 30-Second Chair Stand Test y la alfombra instrumentada GAITRite Walking pre- y postintervención	Se obtuvieron mejoras en el uso de guías visuales (longitud de paso y velocidad) Guía visual en superficie normal solo mejoró TGU&G. Guía visual + cinta mejoró la UPDRS III	19
De Melo-Roiz et al., 2011 <sup>34</sup>	12	Se analizó la marcha mediante un sistema de fotogrametría. Deambularon en distintas condiciones: normales, marcadores visuales transversales y longitudinales Los pacientes fueron evaluados con la Hoehn y Yahr modificada y con la escala UPDRS III	Los resultados mostraron que la velocidad de la marcha fue mayor con la ayuda de ambas guías con marcas visuales. La longitud de la zancada fue significativamente mayor con el uso de guías transversales	14
Lebold y Almeida, 2010 <sup>35</sup>	47	Los sujetos fueron evaluados caminando en 3 condiciones diferentes: alfombra instrumentada con un ancho estrecho, con marcas delimitando espacios estrechos y alfombra instrumentada con láser que delimitaba espacios estrechos	La longitud de paso en los pacientes con EP con <i>freezing</i> , solo mejoraron cuando se delimitaron los espacios estrechos con líneas (segunda condición), mientras que la condición con láser aumentó la variabilidad de la marcha y el tiempo de doble apoyo	19
Lebold y Almeida, 2011 <sup>36</sup>	33	Se evalúa el patrón de marcha, en pacientes con EP y sujetos sanos, y su modificación ante distintas condiciones para indicar la señal de paso Todos los sujetos de estudio deambularon sobre una alfombra instrumentada	La longitud del paso mejora en pacientes con EP, independientemente de la guía visual empleada. Sin embargo, cuando la visión de los miembros inferiores se retira (ambiente oscuro) la mejora de la longitud de paso desaparece	19
McAuley et al., 2009 <sup>37</sup>	15	Pacientes valorados sin ayuda y con ayuda de un dispositivo portátil (gafas) que proporcionaban una guía auditiva y visual, en un perímetro de 30 m en un ambiente externo y real	Ocho de los 15 pacientes mejoraron significativamente el tiempo empleado en caminar la distancia marcada. La guía visual aislada, con una marca horizontal en la lente, produjo mayores mejoras en el tiempo en caminar la distancia indicada	20
Ferrarin et al., 2008 <sup>38</sup>	25	Se utilizó un dispositivo portátil (Optical Stimulating Glasses), tipo gafa instrumentada, con 2 modalidades distintas de estimulación óptica: flujo óptico bilateral y continuo, o flujo óptico unilateral, recíproco, y sincronizado con cada paso	Los resultados mostraron que pacientes con estadios leves respondieron mejor en el incremento de la cadencia de la marcha y velocidad, mientras que los pacientes en etapas avanzadas tienden a ser más sensibles a la estrategia de atención	15
Van Wegen et al., 2006 <sup>39</sup>	28	Los sujetos fueron suspendidos mediante un sistema de suspensión parcial del peso, sobre un tapiz rodante en condiciones cambiantes de un ambiente virtual Los sujetos fueron valorados con el test de los 10 m de marcha, el TGUG y la escala de Berg	Se demostró que una luz intermitente rítmica (gafas instrumentadas), así como una proyección de rayas virtuales pueden ser utilizadas para mejorar la longitud de zancada de los pacientes con EP	18

Tabla 1 (continuación)

Estudio	Participantesn	Intervención/valoración	Resultados	Calidad (Quality Index)
Griffin et al., 2011 <sup>40</sup>	26	Se evaluaron pacientes «off» y «on», en un laboratorio que simulaba desafíos de la vida real. También se emplearon gafas de realidad virtual (con flujo rítmico, visual y las señales estáticas placebo), y líneas transversales en el suelo sobre la pista de marcha Se valoró el tiempo de finalización de tareas, la velocidad, la cadencia, la longitud de zancada, la frecuencia de bloqueo; así como la autopercepción del miedo a caer	Las señales visuales virtuales mejoraron marginalmente el tiempo para completar la tarea Las líneas transversales mejoraron sustancialmente la marcha, reduciendo la cadencia, aumentando la longitud de zancada y disminuyendo el <i>freezing</i>	18
Donovan et al., 2011 <sup>41</sup>	26	Se valoró la eficacia de las guías visuales sobre la frecuencia de caídas y la congelación de la marcha en pacientes con EP Los sujetos utilizaron durante 2 meses una muleta o andador sin guía visual, para posteriormente usar durante mes el mismo producto de apoyo, con guía visual a través de un láser	Disminución del 39% de las caídas en los sujetos con Parkinson que empleaban guías visuales con láser y que habían experimentado al menos una caída en su historial previo de caídas	19
Nieuwboer et al., 2009 <sup>42</sup>	133	Se evaluaron los efectos de diferentes modalidades de guías sensitivas, en los giros de pacientes con EP con y sin congelación. Se utilizaron 3 modalidades sensitivas como guías (visual, auditiva y somatosensorial). Se midió el tiempo de la tarea mediante un sistema electrónico	Todas las modalidades sensitivas mejoraron la velocidad de giro de los pacientes con EP. No hubo diferencias entre los pacientes con fenómenos de congelación y aquellos que no presentaban congelación Las guías auditivas produjeron mejores resultados (mayor velocidad de giro), en comparación con las guías visuales, pero no comparadas con las guías somatosensoriales, excepto en los pacientes sin congelación	16
Lowry et al., 2010 <sup>43</sup>	7	Se valoró la estabilidad de la marcha en el plano anteroposterior, vertical y medio lateral, así como parámetros de velocidad como la longitud de paso, cadencia y tiempo Se utilizaron señales visuales, señales verbales y señales cognitivas	Las guías verbales y cognitivas produjeron mayores mejoras, en el plano anteroposterior, y con mayores beneficios en la longitud de paso y en la velocidad de marcha. Ninguna guía afectó a la estabilidad en el plano mediolateral.	14
Frazzitta et al., 2009 <sup>44</sup>	40	Se investigó la eficacia de una nueva estrategia de rehabilitación basada en el entrenamiento en un tapiz rodante, asociado a señales visuales y auditivas. Se establecieron 2 grupos: tapiz rodante, asociado a señales visuales y auditivas, y sin el tapiz rodante Se utilizó la UPDRS III, en el cuestionario del bloqueo de la marcha, el test 6MWT, velocidad de la marcha y el ciclo de paso	Todos los participantes mejoraron su velocidad y longitud de paso Los pacientes tuvieron mejoras significativas en todas las variables, sobre todo con la utilización de tapiz rodante. Mejoras importantes en el 6MWT	19
Iansek et al., 2006 <sup>45</sup>	10	En este estudio se investigó el efecto sobre la amplitud de paso, con presencia clínica de festinación y bloqueo en la marcha. Cuatro condiciones fueron examinadas: «Off» levodopa, «Off» con estrategias de atención, «Off» con señales visuales y «On» levodopa	Los participantes mostraron un efecto significativo debido al uso de guías visuales. Tanto la medicación, como las estrategias de atención y las guías visuales, mejoraron la hipocinesia	15
Rochester et al., 2010 <sup>46</sup>	153	Se establecieron 3 tareas: tarea individual, automatización (doble tarea) y la retención de los resultados en una sesión de seguimiento con una tarea individual y una tarea doble. Los pacientes recibieron 3 semanas de entrenamiento de la marcha, con guías sensitivas Se evaluaron los cambios en el rendimiento de la marcha, mediante 3 señales rítmicas externas (auditivas, visuales y somatosensoriales) durante las tareas simples o dobles. Los sujetos estaban en fase «on» de la medicación y fueron evaluados con acelerómetros para registrar la velocidad de marcha, la longitud del paso y la frecuencia de paso	La velocidad y la longitud del paso aumentaron significativamente, con todas las guías sensitivas empleadas, tanto durante la marcha simple, como en la tarea doble. Estos efectos se mantuvieron en el tiempo	20

Tabla 1 (continuación)

Estudio	Participantes	Intervención/valoración	Resultados	Calidad (Quality Index)
Rochester et al., 2007 <sup>47</sup>	153	Se evaluó el rendimiento de la marcha bajo 3 señales (auditivas, visuales y somatosensitivas) sensitivas diferentes. Se evaluó una tarea simple de marcha y una tarea doble, durante la marcha, en el domicilio de los pacientes. Fueron valorados mediante acelerómetros.	La ejecución de la marcha en tarea simple pareció empeorar, mediante el uso de guías sensitivas. Durante la tarea dual de la marcha, los sujetos con EP mejoraron en la velocidad y en la longitud del paso, con el uso de guías rítmicas.	18
Jiang y Norman, 2006 <sup>48</sup>	14	Se evaluó el efecto de las guías visuales y auditivas en la iniciación de la marcha en la EP. Se valoraron aspectos cinemáticos (tiempo y longitud de paso y velocidad de marcha) y cinéticos (plataforma dinamométrica).	Las magnitudes sobre la longitud de la primera y segunda zancada, sobre la fuerza de empuje y sobre la velocidad de la marcha global fue significativamente mayor mediante el uso de una señal visual, en comparación con la condición basal, mientras que no hubo un efecto significativo de la señal auditiva sobre estas medidas. Ninguna guía sensitiva tuvo efecto sobre la cronología ( <i>timing</i> ) de los eventos clave que tienen lugar en el inicio de la marcha.	17
Galletly Brauer, 2005 <sup>49</sup>	32	Todos los sujetos realizaron la prueba de TGUG en tarea individual (TUG) y doble (TUG cognitive y TUG motor). Los sujetos con EP fueron evaluados en subescala II y III de la UPDRS.	Los sujetos con EP mostraron una mayor reducción de la longitud del paso con la tarea de cálculo y la del lenguaje, en comparación con las tareas motoras. Cuando las señales visuales se añadieron a las tareas, no hubo un deterioro observable en la velocidad de la marcha, longitud del paso o en la cadencia de las personas con EP.	16
Rochester et al., 2005 <sup>50</sup>	30	Los sujetos realizaron una tarea simple y funcional como caminar, así como una tarea motora doble. La tarea funcional se realizó con y sin guías sensitivas externas (auditivas y visuales). Durante la realización de la tarea se valoró la velocidad de marcha, la longitud del paso y la frecuencia de paso. Además se administraron tests para valorar las funciones ejecutivas (Hayling y las pruebas de Brixton), la ansiedad y la depresión (Hospital Anxiety and Depression Scale) y la fatiga (Inventario de Fatiga Multidimensional).	El uso de señales auditivas, durante una doble tarea en la marcha, reduce el efecto de interferencia en la tarea, aumentando significativamente la longitud del paso en los sujetos con EP. Las señales visuales también mostraron una tendencia a mejorar la velocidad de marcha hacia adelante, durante la realización de una tarea motora dual.	18

6MWT: test de los 6 metros de marcha. EP: enfermedad de Parkinson; TGUG: Test Get Up & Go; UPDRS: Unified Parkinson's disease Rate Scale.

### Calidad metodológica de los estudios

La puntuación media, según el Quality Index, para los estudios incluidos en la presente revisión sistemática fue de 17,27 puntos (rango: 11-21). Las puntuaciones individuales de cada uno de los estudios pueden contemplarse en la [tabla 1](#).

### Discusión

La presente revisión sistemática encontró 21 artículos de calidad metodológica variable en los que se sugiere que el uso de estímulos sensoriales de tipo visual pueden mejorar aspectos relacionados con el inicio de la marcha, parámetros temporoespaciales de la misma y la ejecución de giros, disminuyendo la aparición de *freezing* y caídas en los pacientes con EP. En nuestro conocimiento, esta es la primera revisión sistemática que valora el uso de estímulos visuales de manera específica en la EP.

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

Martin fue el primero en demostrar el efecto positivo de las señales visuales sobre la marcha en la EP en 1967<sup>51</sup>, comprobando cómo una serie de líneas de colores dispuestas en suelo de forma perpendicular a la dirección de movimiento mejoraban las

características ambulatorias de estos pacientes. Varios estudios<sup>52-54</sup> parecían corroborar posteriormente lo ya apuntado por Martin, indicando cómo las señales visuales son efectivas en la mejora de la longitud, velocidad y cadencia del paso, permitiendo a los pacientes ejecutar patrones de marcha similares a los de los sujetos normales.

La separación de las marcas en el suelo (líneas o huellas pintadas) debe establecerse en función de la amplitud media de paso o con relación a la altura de los pacientes, aunque en otras ocasiones la información visual la proporciona un bastón que lleva el propio paciente y acaba en su extremo distal en forma de L, o por aparatos más sofisticados con dispositivos láser o gafas instrumentadas<sup>55</sup>.

Durante muchos años, los profesionales sanitarios han intentado comprender el papel que los estímulos visuales ofrecen en la mejora de los trastornos de la marcha en los pacientes con EP. Se ha descrito que la depleción de la dopamina del núcleo estriado en la EP compromete los mecanismos internos de conducción que regulan los automatismos de la marcha, predisponiendo a los pacientes a ser más susceptibles ante estímulos externos que funcionarían como mecanismos extrínsecos de conducción, que operarían a un nivel cortical. En la misma línea, es conocido el papel de los ganglios basales en el control motor (selección del programa motor y ajustes temporoespaciales del movimiento), así como que su alteración en la EP repercute en movimientos excesivamente lentos y desajustados. La hipótesis más aceptada de cómo las guías

sensoriales mejorarían dichos movimientos en la EP postula que estos estímulos alcanzarían el córtex premotor y el área motora suplementaria «*bypaseando*» a los ganglios basales, compensando así los mecanismos deficitarios<sup>56,57</sup>. Además, los estímulos externos, como por ejemplo la visualización de líneas marcadas en el suelo, podrían tener un efecto en mecanismos atencionales del paciente y en la ejecución de movimientos que requieran una mayor planificación<sup>24</sup>.

#### *Estímulos visuales, resultados clínicos y comparación con otras modalidades sensoriales*

El uso de las señales visuales al objeto de mejorar el movimiento de los pacientes con EP se ha empleado, principalmente, en los movimientos secuenciales y en la marcha. De este modo, se ha comprobado que los pacientes con EP en presencia de estas señales reducen el tiempo de movimiento, el tiempo de transición entre submovimientos y el número de errores en la ejecución de movimientos secuenciales<sup>58,59</sup>.

Los resultados de la presente revisión sistemática muestran que los estímulos visuales tradicionales (líneas o huellas pintadas en el suelo) mejoran los parámetros de marcha, en comparación con otras modalidades, como las gafas instrumentadas o los productos de apoyo conláser incorporado, dentro de este mismo tipo de estímulos sensoriales, evidenciándose en la mayoría de los trabajos publicados que el paciente puede visualizar la posición y el movimiento de los miembros inferiores, con respecto al espacio circundante<sup>31-40</sup>. Serán los pacientes en estadios iniciales los que más se beneficiarán de los flujos ópticos continuos, mientras que los pacientes en estadios más avanzados se beneficiarán de flujos ópticos unilaterales, por mediación de estrategias atencionales<sup>43-45</sup>.

Los estudios incluidos en la presente revisión sistemática apuntan a que los estímulos sensoriales mejoran los parámetros de marcha, así como la ejecución de esta mientras se ejecuta una tarea doble, aumentando la velocidad y longitud de paso, manteniéndose estas mejoras en el tiempo. Serían los estímulos auditivos los que aportarían mayores beneficios en la secuenciación del movimiento, durante una tarea dual de tipo motor, en comparación con los estímulos visuales.

Existen beneficios en tareas duales de tipo cálculo o lenguaje a favor de las guías visuales. Además, estas parecen mostrar mayores beneficios en los parámetros relacionados con el control motor de inicio la marcha, en comparación con otras modalidades sensoriales<sup>46-50</sup>.

#### *Estímulos visuales en el freezing, caídas y giros*

Casi la mitad de los pacientes en estadios avanzados de la EP pueden sufrir episodios de congelación, en los que se produce una completa paralización del patrón de marcha. De manera muy interesante, un trabajo publicado en el 2009 en la revista *Brain*<sup>60</sup> demostró que reducciones en la longitud de la zancada en los pacientes con EP puede disparar episodios de *freezing*, por lo que la relevancia clínica para comprender los mecanismos para mejorar la longitud de la zancada en la EP, y los mecanismos neurofisiológicos subyacentes, son de especial importancia para los profesionales que trabajan en el campo de la neurorrehabilitación y el Parkinson.

En este sentido, los resultados de esta revisión sistemática apuntan a que los estímulos sensoriales, visuales y auditivos, mejoran los parámetros de marcha, tanto en pacientes con *freezing*, como en aquellos que no lo presentan<sup>29,30</sup>, mejorando así la velocidad de giro<sup>42</sup> y disminuyendo la frecuencia de caídas<sup>41</sup>.

#### *Estímulos visuales y procesos atencionales*

Nuevas líneas de investigación muestran que los parámetros de marcha no parecen mejorar con el uso de estímulos visuales en condiciones ambientales de oscuridad, en las cuales los pacientes no pueden obtener información visual de la posición articular de sus miembros inferiores o del resto del ambiente, por lo que se sugiere que los pacientes podrían a la vez estar centrados en el posicionamiento articular de los miembros inferiores, y por tanto, estar teniendo una influencia sobre un procesamiento propioceptivo alterado, como consecuencia de la EP<sup>35</sup>. Además, la atención puede desempeñar un papel fundamental en el control de la marcha, fundamentalmente durante la realización de movimientos simultáneos. Por un lado, es sabido que los pacientes con EP son más dependientes de la información visual, posiblemente debido a una disminución de la información propioceptiva de tipo articular<sup>61-63</sup>, mientras que, por otro, hay autores que consideran que los aspectos atencionales y visuales producen mejoras en la longitud de la zancada, compartiendo ambas estrategias el mismo mecanismo de acción, el centrar la atención en la longitud del paso<sup>22</sup>.

La presente revisión sistemática adolece de una serie de limitaciones metodológicas. En primer lugar, únicamente fueron incluidos aquellos trabajos publicados en inglés y español, además no se tuvieron en cuenta las publicaciones en actas de congresos o resúmenes de manuscritos sin posibilidad de acceso a texto completo. En segundo lugar, el tipo de diseño metodológico de la mayoría de los trabajos incluidos no permite otorgar un grado de recomendación, o su correspondencia a un nivel de evidencia, superior a razonable o aceptable. Por lo tanto, un mayor número de estudios son necesarios en aras de poder justificar y comprender el tipo de guía visual, el estadio más adecuado y su coste, en el tratamiento de los trastornos de la marcha y su repercusión sobre la calidad de vida, en los pacientes con EP.

#### **Conclusiones**

Los estímulos visuales producen mejoras en el inicio de la marcha, en parámetros temporoespaciales de la misma y la ejecución de giros, disminuyendo la aparición de *freezing* y caídas en los pacientes con EP. Sin embargo, existen diferentes dispositivos para proveer estímulos visuales, desde los más tradicionales, hasta los que incluyen un diseño tecnológico más avanzado, por lo que es necesario determinar el protocolo y la instrumentación necesaria para cada paciente con EP.

Las tareas duales durante la marcha parecen beneficiarse de la utilización de estímulos visuales, puesto que disminuyen la interferencia de la segunda tarea, en beneficio del patrón de marcha. Se han propuesto diferentes modalidades de estímulos visuales, como aquellas que proporcionan un flujo continuo, intermitente o invertido, existiendo beneficios derivados de su uso sobre los trastornos de la marcha, debido a la mediación de los procesos atencionales y al aumento del flujo visual; sin embargo, existe una necesidad de mayores estudios que determinen el tipo de estímulo preferente para cada estadio de la EP.

#### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

#### **Bibliografía**

1. Parkinson J. An essay on the shaking palsy. London: Sherwood, Neely, and Jones; 1817.
2. Stern GM, Franklyn SE, Imms FJ, Prestidge SP. Quantitative assessments of gait and mobility in Parkinson's disease. *J Neural Transm Suppl.* 1983;19:201-14.
3. De Dreu MJ, van der Wilk AS, Poppe E, Kwakkel G, van Wegen EE. Rehabilitation, exercise therapy and music in patients with Parkinson's disease: a meta-analysis

- of the effects of music-based movement therapy on walking ability, balance and quality of life. *Parkinsonism Relat Disord.* 2012;18 Suppl 1:S114–9.
4. Duncan RP, Earhart GM. Measuring participation in individuals with Parkinson disease: relationships with disease severity, quality of life, and mobility. *Disabil Rehabil.* 2011;33:1440–6.
  5. Johnsen EL, Mogensen PH, Sunde NA, Østergaard K. Improved asymmetry of gait in Parkinson's disease with DBS: gait and postural instability in Parkinson's disease treated with bilateral deep brain stimulation in the subthalamic nucleus. *Mov Disord.* 2009;15:590–7.
  6. Mirek E, Rudzińska M, Szczudlik A. The assessment of gait disorders in patients with Parkinson's disease using the three-dimensional motion analysis system Vicon. *Neurol Neurochir Pol.* 2007;41:128–33.
  7. Krystkowiak P, Blatt JL, Bourriez JL, Duhamel A, Perina M, Blond S, et al. Effects of subthalamic nucleus stimulation and levodopa treatment on gait abnormalities in Parkinson disease. *Arch Neurol.* 2003;60:80–4.
  8. Defebvre LJ, Krystkowiak P, Blatt JL, Duhamel A, Bourriez JL, Périna M, et al. Influence of pallidal stimulation and levodopa on gait and preparatory postural adjustments in Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2002;17:76–83.
  9. Krystkowiak P, Blatt JL, Bourriez JL, Duhamel A, Perina M, Kemoun G, et al. Chronic bilateral pallidal stimulation and levodopa do not improve gait in the same way in Parkinson's disease: a study using a video motion analysis system. *J Neurol.* 2001;248:944–9.
  10. Hausdorff JM, Cudkowicz ME, Firtion R, Wei JY, Goldberger AL. Gait variability and basal ganglia disorders: stride-to-stride variations of gait cycle timing in Parkinson's disease and Huntington's disease. *Mov Disord.* 1998;13:428–37.
  11. Marder E, Calabrese RL. Principles of rhythmic motor pattern generation. *Physiol Rev.* 1996;76:687–717.
  12. Arias P, Cudeiro FJ. Effects of rhythmic sensory stimulation (auditory, visual) on gait in Parkinson's disease patients. *Exp Brain Res.* 2008;186:589–601.
  13. 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.
  14. Hughes AJ, Daniel SE, Kilford L, Lees AJ. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: a clinico-pathological study of 100 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1992;55:181–184.
  15. Lim I, van Wegen E, de Goede C, Deutekom M, Nieuwboer A, Willems A, et al. Effects of external rhythmical cueing on gait in patients with Parkinson's disease: a systematic review. *Clin Rehabil.* 2005;19:695–713.
  16. 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.
  17. 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.
  18. Downs S, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both randomised and no-randomised studies of health care interventions. *J Epidemiol Community Health.* 1998;52:377–84.
  19. Schroeteler F, Ziegler K, Fietzek UM, Ceballos-Baumann A. [Freezing of gait: phenomenology, pathophysiology, and therapeutic approaches]. *Nervenarzt.* 2009;80:693–9.
  20. Okuma Y. Freezing of gait in Parkinson's disease. *J Neurol.* 2006;253 Suppl 7:27–32.
  21. Okuma Y, Yanagisawa N. The clinical spectrum of freezing of gait in Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2008;23 Suppl 2:S426–30.
  22. Azulay JP, Mesure S, Blin O. Influence of visual cues on gait in Parkinson's disease: contribution to attention or sensory dependence? *J Neurol Sci.* 2006;248:192–5.
  23. Piper M, Abrams GM, Marks Jr WJ. Deep brain stimulation for the treatment of Parkinson's disease: overview and impact on gait and mobility. *NeuroRehabilitation.* 2005;20:223–32.
  24. 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.
  25. Nieuwboer A, Verbruggen S, Feys P, Levin O, Spildooren J, Swinnen S. Upper limb movement interruptions are correlated to freezing of gait in Parkinson's disease. *Eur J Neurosci.* 2009;29:1422–30.
  26. Satoh M, Kuzuhara S. Training in mental singing while walking improves gait disturbance in Parkinson's disease patients. *Eur Neurol.* 2008;60:237–43.
  27. Wang C, Wai Y, Weng Y, Yu J, Wang J. The cortical modulation from the external cues during gait observation and imagination. *Neurosci Lett.* 2008;443:232–5.
  28. VanWegen E, de Goede C, Lim I, Rietberg M, Nieuwboer A, Willems A, et al. The effect of rhythmic somatosensory cueing on gait in patients with Parkinson's disease. *J Neurol Sci.* 2006;248:210–4.
  29. Sidaway B, Anderson J, Daniels G, Martin L, Smith G. Effects of long-term gait training using visual cues in an individual with Parkinson disease. *Phys Ther.* 2006;86:186–94.
  30. Lee SJ, Yoo JY, Ryu JS, Park HK, Chung SJ. The effects of visual and auditory cues on freezing of gait in patients with Parkinson disease. *Am J Phys Med Rehabil.* 2012;91:2–11.
  31. Espay AJ, Baram Y, Dwivedi AK, Shukla R, Gartner M, Gaines L, et al. At-home training with closed-loop augmented-reality cueing device for improving gait in patients with Parkinson disease. *J Rehabil Res Dev.* 2010;47:573–81.
  32. Luessi F, Mueller LK, Breimhorst M, Vogt T. Influence of visual cues on gait in Parkinson's disease during treadmill walking at multiple velocities. *J Neurol Sci.* 2012;314:78–82.
  33. Almeida QJ, Bhatt H. A manipulation of visual feedback during gait training in Parkinson's disease. *Parkinsons Dis.* 2012;2012:508720.
  34. De Melo-Roiz R, Azevedo-Cacho EW, Cliquet Jr A, Barasnevicius-Quagliat EM. Analysis of parallel and transverse visual cues on the gait of individuals with idiopathic Parkinson's disease. *Int J Rehabil Res.* 2011;34:343–8.
  35. Lebold CA, Almeida QJ. Evaluating the contributions of dynamic flow to freezing of gait in Parkinson's disease. *Parkinsons Dis.* 2010;24:1–7.
  36. Lebold CA, Almeida QJ. An evaluation of mechanisms underlying the influence of step cues on gait in Parkinson's disease. *J Clin Neurosci.* 2011;18:798–802.
  37. McAuley JH, Daly PM, Curtis CR. A preliminary investigation of a novel design of visual cue glasses that aid gait in Parkinson's disease. *Clin Rehabil.* 2009;23:687–95.
  38. Ferrarin M, Rabuffetti M, Tettamanti M, Pignatti R, Mauro A, Albani G. Effect of optical flow versus attentional strategy on gait in Parkinson's disease: a study with a portable optical stimulating device. *J Neuroeng Rehabil.* 2008;5:3.
  39. Van Wegen E, Lim I, de Goede C, Nieuwboer A, Willems A, Jones D, et al. The effects of visual rhythms and optic flow on stride patterns of patients with Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord.* 2006;12:21–7.
  40. Griffin HJ, Greenlaw R, Limousin P, Bhatia K, Quinn NP, Jahanshahi M. The effect of real and virtual visual cues on walking in Parkinson's disease. *J Neurol.* 2011;258:991–1000.
  41. Donovan S, Lim C, Diaz N, Browner N, Rose P, Sudarsky LR, et al. Laser light cues for gait freezing in Parkinson's disease: an open-label study. *Parkinsonism Relat Disord.* 2011;17:240–5.
  42. 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.
  43. Lowry KA, Carrel AJ, McIlraith JM, Smiley-Oyen AL. Use of harmonic ratios to examine the effect of cueing strategies on gait stability in persons with Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91:632–8.
  44. Frazzitta G, Maestri R, Uccellini D, Bertotti G, Abelli P. Rehabilitation treatment of gait in patients with Parkinson's disease with freezing: a comparison between two physical therapy protocols using visual and auditory cues with or without treadmill training. *Mov Disord.* 2009;24:1139–43.
  45. Iansek R, Huxham F, McGinley J. The sequence effect and gait festination in Parkinson disease: contributors to freezing of gait? *Mov Disord.* 2006;21:1419–24.
  46. Rochester L, Baker K, Hetherington V, Jones D, Willems AM, Kwakkel G, et al. Evidence for motor learning in Parkinson's disease: acquisition, automaticity and retention of cue gait performance after training with external rhythmical cues. *Brain Res.* 2010;1319:103–11.
  47. Rochester L, Nieuwboer A, Baker K, Hetherington V, Willems AM, Chavret F, et al. The attentional cost of external rhythmical cues and their impact on gait in Parkinson's disease: effect of cue modality and task complexity. *J Neural Transm.* 2007;114:1243–8.
  48. Jiang Y, Norman KE. Effects of visual and auditory cues on gait initiation in people with Parkinson's disease. *Clin Rehabil.* 2006;20:36–45.
  49. Galletly R, Brauer SG. Does the type of concurrent task affect preferred and cued gait in people with Parkinson's disease? *Aust J Physiother.* 2005;51:175–80.
  50. Rochester L, Hetherington V, Jones D, Nieuwboer A, Willems AM, Kwakkel G, et al. The effect of external rhythmic cues (auditory and visual) on walking during a functional task in homes of people with Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:999–1006.
  51. Martin JP. The basal ganglia and posture. London: Pitman; 1967.
  52. Morris ME, Iansek R, Matyas T, Summers J. Stride length regulation in Parkinson's disease. Normalization strategies and underlying mechanisms. *Brain.* 1996;119:551–68.
  53. Lewis GN, Byblow WD, Walt SE. Stride length regulation in Parkinson's disease: the use of extrinsic, visual cues. *Brain.* 2000;123:2077–90.
  54. Azulay JP, van den Brand C, Mestre D, Blin O, Sangla I, Pouget J, et al. Analyse cinématique de la marche du parkinsonien: effets de la levodopa et de stimulations visuelles. *Rev Neurol (Paris).* 1996;152:128–34.
  55. Kompolti K, Goetz CG, Leurgans S, Morrissey M, Siegel IM. «On» freezing in Parkinson's disease: resistance to visual cue walking devices. *Mov Disord.* 2000;15:309–12.
  56. 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.
  57. Brooks DJ. Functional imaging studies in Parkinson's disease. In: Lewitt P, Oerfel W, editors. *Parkinson's disease. The treatment options.* London: Martin Dunitz; 1999. p. 21–38.
  58. Kritikos A, Leahy C, Bradshaw JL, Iansek R, Phillips JG, Bradshaw JA. Contingent and non-contingent auditory cueing in Parkinson's disease. *Neurophysiol.* 1995;33:1193–203.
  59. Georgiou N, Iansek R, Bradshaw JL, Phillips JG, Mattingley JB, Bradshaw JA. An evaluation of the roles of internal cues in the pathogenesis of parkinsonian hypokinesia. *Brain.* 1993;116:1575–87.
  60. Chee R, Murphy A, Danoudis M. Gait freezing in Parkinson's disease and the stride length sequence effect interaction. *Brain.* 2009;132:2151–60.
  61. Demirci M, Grill S, McShane L, Hallett M. A mismatch between kinesthetic and visual perception in Parkinson's disease. *Ann Neurol.* 1997;6:781–8.
  62. Klockgether T, Borutta M, Rapp H, Spieker S, Dichgans J. A defect of kinesthesia in Parkinson's disease. *Mov Disord.* 1995;4:460–5.
  63. Mesure S, Darmon A, Blin O. Imbalance of attentional and sensory inputs on gait. In: Ruzicka E, Hallett M, Jankovic J, editors. *Gait disorders.* Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001. p. 243–9.