

Estimulación cerebral profunda para enfermedad de Parkinson: experiencia, beneficios y limitaciones en un centro en Latinoamérica

Deep brain stimulation for Parkinson's disease: experience, benefits and limitations in a center in Latin America

Óscar F. Zorro-Guío¹, Manuel A. Ardila-Martínez^{1,2}, Álvaro Bedoya-Gómez^{1,2}, Héctor F. Restrepo³, Jhon E. Mosquera-Sinisterra^{4,5}, Cristian Páez¹, Jonathan Lee¹, Jorge A. Romo-Quebradas^{1,2*} y Edgar G. Ordóñez-Rubiano¹

¹Departamento de Neurocirugía, Hospital de San José, Sociedad de Cirugía de Bogotá, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud (FUCS);

²Departamento de Neurocirugía, Hospital Infantil Universitario de San José, FUCS; ³Vicerrectoría de Investigaciones, Hospital de San José, Sociedad de Cirugía de Bogotá, FUCS; ⁴Departamento de Neurología, Hospital Infantil Universitario de San José, FUCS; ⁵Departamento de Neurología, Hospital de San José, Sociedad de Cirugía de Bogotá, FUCS. Bogotá, Colombia

Resumen

Antecedentes: La enfermedad de Parkinson está poco estudiada en Colombia. Es de manejo farmacológico, pero para casos refractarios la cirugía es una opción terapéutica que impacta positivamente en la calidad de vida. **Objetivo:** Determinar el impacto de la estimulación cerebral profunda como manejo en el control de la progresión en pacientes con enfermedad de Parkinson atendidos nuestra institución entre los años 2014 a 2020. **Método:** Estudio descriptivo de corte retrospectivo con pacientes recolectados entre los años 2014 y 2020 sometidos a cirugía de estimulación cerebral profunda. Se aplicó la MDS-UPDRS (Movement Disorder Society-Sponsored Revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale) en el pre- y el posoperatorio, y se compararon los resultados. **Resultados:** Se incluyeron 21 pacientes y se les aplicó la MDS-UPDRS, encontrando una disminución en las puntuaciones en el posoperatorio. Un paciente presentó infección del sitio operatorio. **Conclusiones:** Hubo mejoría en la puntuación de la MDS-UPDRS, con baja tasa de complicaciones. El tiempo de realización del procedimiento fue prolongado desde la valoración preoperatoria. La estimulación cerebral profunda es el manejo de elección para la enfermedad de Parkinson refractaria. Los pacientes de esta serie mostraron mejoría en sus síntomas. Desafortunadamente, existen limitaciones para la realización de este procedimiento en Colombia, como el retraso en la autorización del procedimiento.

Palabras clave: Enfermedad de Parkinson. Estimulación cerebral profunda. Temblor.

Abstract

Background: Parkinson's disease is poorly studied in Colombia. It is pharmacologically managed, but for refractory cases, surgery is a therapeutic option, positively impacting on quality of life. **Objective:** To determine the impact of deep brain stimulation as management in the control of progression in patients with Parkinson's disease attended our institution between the years 2014 to 2020. **Method:** Descriptive retrospective study, with patients collected between 2014 and 2020 undergoing deep brain stimulation surgery. The MDS-UPDRS (Movement Disorder Society-Sponsored Revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale) was applied in the pre- and postoperative period, and the results were compared.

*Correspondencia:

Jorge A. Romo-Quebradas

E-mail: jorgeromo1995@hotmail.com

0009-7411/© 2022 Academia Mexicana de Cirugía. Publicado por Permayer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 30-08-2022

Fecha de aceptación: 03-11-2022

DOI: 10.24875/CIRU.22000438

Cir Cir. 2024;92(3):362-368

Contents available at PubMed

www.cirurgiaycirujanos.com

Results: 21 patients were included and the UPDRS was applied, finding a decrease in scores in the postoperative period. One patient had an operative site infection. **Conclusions:** There was an improvement in the MDS-UPDRS score, with a low rate of complications. The procedure time was prolonged from the preoperative evaluation. Deep brain stimulation is the management of choice for refractory Parkinson's disease. The patients in this series showed improvement in their symptoms. Unfortunately, there are limitations to perform this procedure in Colombia, such as the delay in the authorization of the procedure.

Keywords: Parkinson Disease. Deep brain stimulation. Tremor.

Introducción

La enfermedad de Parkinson (EP) fue descrita por primera vez en el año 1817 por James Parkinson¹. Constituye la segunda enfermedad neurodegenerativa más frecuente en todo el mundo, con una prevalencia de 150 casos por cada 100,000 habitantes^{2,3}. La prevalencia en los países europeos varía entre 65.6 y 12.500 casos por cada 100,000 habitantes³. En Colombia, el estudio EPINEURO realizado en el año 2003 reportó una prevalencia de 4.4 casos por cada 100.000 habitantes⁴, y en otro estudio realizado en la región de Antioquia en el año 2004 se reportó de 30.7 casos por cada 100,000 habitantes⁵. Fisiológicamente, en la EP se produce una disfunción de los ganglios de la base secundaria a la depleción de dopamina⁶. En este circuito, los principales núcleos involucrados son el núcleo estriado (caudado y putamen), el núcleo subtalámico (NST), el globo pálido externo (GPe), el globo pálido interno (GPi) y la sustancia *nigra*⁷ (Fig. 1). A su vez, las vías están segregadas en cinco grandes vías: 1) el motor, el cual tiene posición dorsolateral con proyecciones hacia la corteza motora primaria y el área motora suplementaria; 2) el asa oculomotora, que tiene como centro el núcleo caudado, conectando con los campos oculares frontales; 3) el asa prefrontal dorsolateral, que conecta también el caudado con la corteza prefrontal dorsolateral y parietal posterior; 4) el asa orbitofrontal, la cual genera conexión principalmente del caudado con la corteza orbitofrontal, y 5) el asa límbica, que conecta con el cíngulo anterior, el lóbulo temporal y la corteza orbitofrontal con los ganglios basales⁸.

Adicionalmente, dentro de los ganglios basales se conocen clásicamente tres grandes vías: la directa, que se encarga principalmente de la estimulación del movimiento, y las vías indirecta e hiperdirecta, que contrario a la directa se encargan de inhibir el movimiento⁸. En la EP, la falta de dopamina se traduce en hiperactividad del NST y del complejo GPi/sustancia *nigra* reticular, lo que conlleva la inhibición talamocortical y un desbalance entre las vías directa, hiperdirecta

e indirecta^{9,10}, traducándose clínicamente en bradicinesia, rigidez muscular, temblor en reposo e inestabilidad postural, entre otras manifestaciones.

Si bien hoy en día el tratamiento farmacológico de la EP continúa siendo el estándar, existe un número de casos no despreciable en los cuales se presenta refractariedad al mismo durante la primera y la segunda décadas de la enfermedad, lo que ha llevado a desarrollar nuevas técnicas terapéuticas como la estimulación cerebral profunda (ECP, *deep brain stimulation*). La ECP es un procedimiento que consiste en la estimulación de una de las tres dianas terapéuticas: el núcleo ventral intermedio, el GPi o el NST^{7,11}. Por su parte, la ECP ha demostrado producir mejoría tanto en el control del movimiento como en la espasticidad¹², mejorando la calidad de vida del paciente y de su familia.

En Colombia, al igual que en muchos países de bajos y medianos ingresos, existen múltiples limitaciones, principalmente asociadas al costo elevado que implica realizar esta cirugía. En Colombia, el sistema de salud está compuesto por dos regímenes: privado contributivo y público subsidiado. A su vez, existen diferentes empresas prestadoras de salud (EPS) que se encargan de administrar las diferentes instituciones prestadoras de salud con el fin de brindar todos los servicios de salud. Para poder realizar una ECP en Colombia se requiere una autorización por parte de la EPS, lo cual en muchos escenarios puede retrasar la realización del procedimiento.

Por todo lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar el impacto que tiene la ECP en el control de la progresión de los síntomas en una serie de pacientes con EP atendidos en nuestra institución, así como describir las limitaciones para poder realizar este procedimiento en una institución en Colombia.

Método

Se realizó un estudio de tipo descriptivo de corte retrospectivo. Los criterios de inclusión fueron: pacientes mayores de 18 años con EP, con refractariedad al tratamiento médico, sin presencia de síndrome demencial asociado, en los que no se hubiera realizado

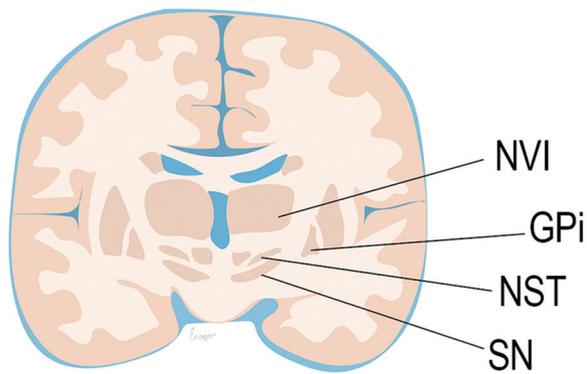


Figura 1. Dianas para la estimulación cerebral en la enfermedad de Parkinson. GPi: globo pálido interno; NST: núcleo subtalámico; NVI: núcleo ventral intermedio; SN: sustancia nigra.

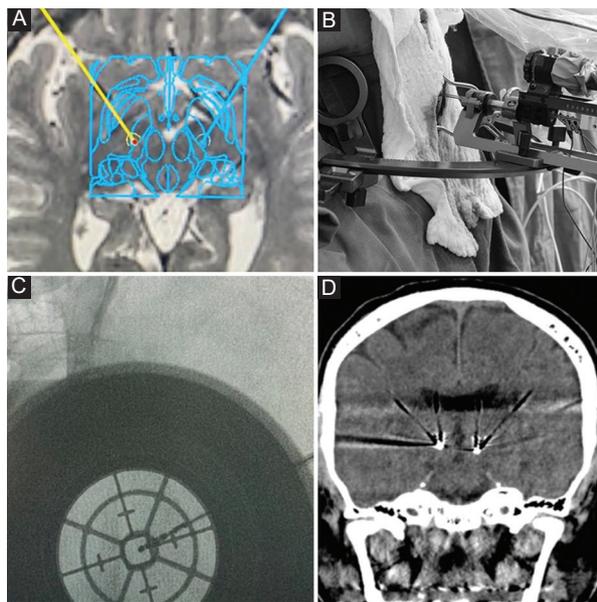


Figura 2. Imágenes pre-, intra- y posoperatorias de estimulación cerebral profunda para enfermedad de Parkinson. **A:** planeamiento para la localización del núcleo subtalámico de forma bilateral. **B:** fotografía intraoperatoria con el montaje del arco de estereotaxia de Leksell para el macro- y microrregistro. **C:** confirmación radiológica intraoperatoria de localización estereotáctica de la punta de los electrodos. **D:** tomografía posoperatoria para evaluar las correctas trayectoria y localización de los electrodos.

previamente tratamiento quirúrgico con ECP y que se les hubiera realizado ECP de forma unilateral o bilateral en nuestra institución entre los años 2014 y 2020. Todos los procedimientos fueron realizados por un neurocirujano funcional (OZ) y llevados a estimulación con macro- y microrregistro (Fig. 2).

El procedimiento fue realizado en dos tiempos. Primero, la estimulación con registro, en la cual se utiliza

un marco de Leksell, guiada por imágenes preoperatorias de tomografía computarizada y resonancia magnética, ambas con protocolo de cortes finos para cirugía de Parkinson; se hace el registro y se llega a la diana terapéutica en cuestión. Posteriormente se procede a la colocación del generador, que de acuerdo a la experiencia del cirujano puede ser recargable o no recargable.

Se excluyeron los pacientes que tuvieron ECP extrainstitucional previa y aquellos con otros trastornos del movimiento. A los pacientes, mediante la revisión de historias clínicas vía electrónica, se les realizó la recolección de datos demográficos tales como sexo, edad, lateralidad, características de la presentación clínica de la patología y si hubo complicaciones quirúrgicas o no quirúrgicas. Para el seguimiento objetivo de la sintomatología se utilizaron la MDS-UPDRS (*Movement Disorder Society-Sponsored Revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale*) y la escala de Hoem y Yarh, dejando registrados cada uno de sus ítems en tres momentos: preoperatorio, a los 30 días del posoperatorio y a los 60 días del posoperatorio.

Toda la información se depositó en una tabla en Excel, con espacio y codificación para cada una de las variables para su posterior análisis estadístico en Stata 17.0. Dicho análisis constó de dos partes: 1) inicialmente, para las variables de tipo cuantitativo se emplearon media e intervalos de confianza, y para el análisis de las cualitativas, frecuencia y porcentaje con sus respectivos intervalos de confianza, y 2) se obtuvieron las medias de los puntajes de la escala MDS-UPDRS en el momento preoperatorio, a 30 días y a 60 días de posoperatorio, y se compararon para evaluar si hubo disminución en dichos puntajes (mediante la prueba t pareada).

Resultados

Se incluyeron 21 pacientes con una edad media de 53.71 ± 9.93 años, siendo la mayoría de sexo masculino (61.9%). Todos los pacientes pertenecían al régimen contributivo dentro del sistema de salud, provenientes de EPS privadas. El 100% de los pacientes presentaba en el estadio preoperatorio una evolución del cuadro clínico de la enfermedad con una media de 10 ± 3.47 años (rango: 6-20). De los 21 pacientes, se realizó la cirugía utilizando generador recargable en el 47.6% y no recargable en el 52.4%, de acuerdo con la preferencia del cirujano. Cabe aclarar que en la cirugía de ECP se utiliza un generador

de pulsos que es el que envía la energía a la diana terapéutica, y este puede ser recargable, el cual tiene una duración más larga (aproximadamente 9 años) respecto al no recargable, que dura normalmente entre 3 y 5 años antes de tener que realizar el cambio. Además, dentro de las variables evaluadas se incluyeron el uso de medicamentos en el preoperatorio y el posoperatorio, y no se observó disminución en el uso de levodopa y carbidopa, pero sí se evidenció una tendencia a la disminución en el uso del resto de los fármacos evaluados (amantadina, biperideno, entacapone, pramipexol, rotigotina y rasagilina), pero sin significancia estadística ($p > 0.05$). También se documentó una tendencia a la disminución en la cantidad de medicamentos utilizados por los pacientes al comparar el estado pre- y posoperatorio, sin ser estadísticamente significativa ($p > 0.05$).

Adicionalmente se evaluaron los aspectos clínicos del paciente: el temblor, la rigidez y la bradicinesia. Los tres síntomas se encontraban en el 100% de los pacientes en el estado preoperatorio. Se observó mejoría en los pacientes, con una disminución del 71.4% para el temblor, del 57.1% para la rigidez y del 71.4% para la bradicinesia ($p = 0.0010$) (Tabla 1).

También se realizó un análisis de los datos obtenidos al aplicar la MDS-UPDRS en los pacientes en los tres distintos momentos evaluados (preoperatorio, 30 días y 60 días del postoperatorio), y se aplicaron la prueba t pareada y la prueba de Wilcoxon para comparar: 1) el estado preoperatorio con el estado a los 30 días de posoperatorio, 2) el estado preoperatorio con el estado a los 60 días de posoperatorio y 3) los dos estados posoperatorios. Al comparar el estado preoperatorio con el estado a los 30 días se observó una diferencia con disminución en las medias de los pacientes en la MDS-UPDRS: 58.8 ± 21.2 vs. 45.9 ± 11.2 . Al comparar con el estado a los 60 días también se evidenció una disminución en la escala de 58.8 ± 21.2 a 34.0 ± 12.7 . Finalmente, al comparar los dos estadios postoperatorios se encontró una disminución entre ellos de 45 ± 11.2 a 34.04 ± 12.7 . Dentro de la MDS-UPDRS, los hallazgos que más generaron cambios en estas cifras fueron los aspectos relacionados tanto con sintomatología como con exploración física del aspecto motor, principalmente en las partes de temblor, rigidez y bradicinesia, que corresponden a los tres síntomas principales de la enfermedad. Todos estos resultados se hallaron con un valor de $p < 0.005$ (Tabla 2).

Por último, cabe señalar que de los 21 pacientes evaluados en el estudio, durante todo el seguimiento

Tabla 1. Comparación de resultados para temblor, rigidez y bradicinesia en los pacientes entre el estado preoperatorio y el posoperatorio

Aspecto clínico	Preoperatorio	Posoperatorio	p
Temblor			0.0001
Proximal	-	1 (5%)	
Distal	21 (100%)	5 (24%)	
Sin temblor	-	15 (71%)	
Rigidez			0.0001
Sí	21 (100)	9 (43%)	
No	-	12 (57%)	
Bradicinesia			0.0001
Sí	21 (100)	6 (29%)	
No	-	15 (71%)	

Tabla 2. Resultados de las medias de los puntajes en la escala MDS-UPDRS aplicada en el preoperatorio y a los 30 y 60 días de posoperatorio

Variable	Pacientes	Media	DE	IC95%
Preoperatorio vs. 30 días				
Preoperatorio	21	58.8	21.2	49.15-68.46
30 días	21	45	11.2	40.83-51.06
Diferencia	21	13.8	12.5	7.16-18.54
Preoperatorio vs. 60 días				
Preoperatorio	21	58.8	21.2	49.15-68.46
60 días	21	34	12.7	28.22-39.86
Diferencia	21	24.7	22.3	14.61-34.91
30 vs. 60 días				
30 días	21	45.9	11.2	40.83-51.06
60 días	21	34	12.7	28.22-39.86
Diferencia	21	11.9	1.5	6.11-17.69

DE: desviación estándar; IC95%: intervalo de confianza del 95%.

que se realizó hasta los 60 días, solo uno presentó una complicación (4.8%), que correspondió a una infección del sitio operatorio. También, de los 21 pacientes evaluados, al 100% se les realizó ECP de manera bilateral en los NST, logrando así la estimulación en las dianas terapéuticas.

Discusión

En el presente estudio se encontró que la edad de presentación promedio fue por encima de los 50 años (53.7 años), con ligera predilección por el sexo masculino. Por su parte, en el estudio EPINEURO se documentó la EP en personas mayores de 60 años, principalmente del noroccidente de Colombia, con una predilección por los hombres con respecto a las mujeres⁴. Sin embargo, al observar el número de

pacientes documentados en ambos trabajos se debe aclarar que aún no se pueden sacar conclusiones frente a la condición de la población colombiana, la cual se encuentra sesgada por su localización geográfica y el estado de la enfermedad. Por otra parte, en todo el mundo, se conoce que esta patología afecta aproximadamente a una o dos personas por cada 1000 habitantes y que compromete al 1-3% de la población por encima de los 60 años¹³. Para el presente estudio se encontró que en primer lugar comprendió pacientes quirúrgicos que fueron referidos a nuestra institución basados en el contrato con su EPS. Este estudio también evaluó el tiempo transcurrido entre la primera atención por parte del grupo de neurocirugía funcional en la que se indicó el procedimiento y el momento en que este se realizó, y se encontró que en promedio el tiempo de espera de los pacientes en la institución fue de 6.2 meses. Adicionalmente, es importante mencionar que algunos de los pacientes que no se incluyeron en el estudio no lograron la autorización o tuvieron que ser referidos a otra institución.

Por otra parte, los pacientes de nuestro estudio presentaron mejoría clínica (71.4% para el temblor, 57.1% para la rigidez y 71.4% para la bradicinesia; $p = 0.001$) y tuvieron una disminución en el uso de medicamentos posterior a la cirugía, lo cual implica una mayor calidad de vida para el paciente, que además se reflejó en una mejor adherencia al tratamiento farmacológico y una disminución de los efectos adversos derivados de esta terapia, tales como náuseas, hipotensión, cefalea y edema de miembros inferiores, entre otros.

Con respecto a la evaluación con la MDS-UPDRS, un metaanálisis de 16 estudios mostró que existe eficacia estadísticamente significativa, con disminución de 4 puntos en la escala después de realizar ECP en el GPi o en el NST¹⁴. En nuestro estudio no se evidenció ningún cambio para el componente emocional (depresión y ansiedad), ya que ninguno de los pacientes presentó síntomas de este tipo en el preoperatorio ni en el posoperatorio. Sin embargo, en la literatura mundial se sabe que la ECP, principalmente aquella en la que se estimula el GPi, se relaciona con una mejoría de las alteraciones del ánimo y del comportamiento¹⁵. En cuanto a la condición clínica del paciente evaluada con la MDS-UPDRS, encontramos que sí hay mejoría estadísticamente significativa tanto en los síntomas como en la calidad de vida. De igual manera, el metaanálisis publicado por Bratsos et al.¹⁶ encontró una mejoría general del

puntaje MDS-UPDRS en los pacientes que se sometieron a ECP, en comparación con aquellos bajo terapia médica óptima. Sin embargo, vale la pena aclarar que, si bien este tipo de manejo ofrece mejoría sintomática, no influye en la evolución natural ni en el desarrollo de la enfermedad; por ende, no tiene una intención curativa¹⁷.

Por otro lado, se ha visto que en términos generales la cirugía es un procedimiento seguro. La complicación más frecuente es la sobreestimulación del tejido cerebral circundante (50%), seguida por la hemorragia cerebral y la infección, que son muy infrecuentes¹³. En nuestro estudio no se evidenció ningún tipo de complicación vascular ni por sobreestimulación; únicamente hubo un caso de infección del sitio operatorio, lo cual es esperable en nuestra serie y es comparable con lo reportado en otros estudios.

Por último, es importante recordar que la cirugía de ECP es un tratamiento de tipo paliativo, es decir, que sirve para mejorar la calidad de vida y los síntomas de los pacientes, pero no modifica la evolución de la enfermedad. Al final, esta condición continuará de manera irremediable su progresión, y por eso es menester aclarar que en el presente estudio se hace seguimiento hasta 60 días, tiempo durante el cual sí se observó mejoría, pero en caso de realizar un estudio a más largo plazo se observaría el desarrollo de la enfermedad que se manifestaría con el deterioro de los pacientes.

ECP en Colombia y América latina

Existen distintos equipos de neurocirugía funcional en la región, destacando los grupos de México^{18,19}, Argentina²⁰ y Chile^{21,22}, entre otros. El desarrollo de grupos multidisciplinarios, incluyendo neurólogos, psiquiatras y neurocirujanos, ha permitido el progreso de la subespecialidad. A pesar de que la incidencia y la prevalencia de la enfermedad no son tan altas, y el número de pacientes que requieren manejo quirúrgico tampoco es tan alto, otros trastornos del movimiento diferentes de la EP, así como el desarrollo de la cirugía de la epilepsia y de la cirugía para el dolor, han generado un aumento en la realización de procedimientos como la ECP y la cirugía de epilepsia en Latinoamérica.

Actualmente, la cirugía de ECP se realiza en diferentes lugares del país, como Barranquilla²³, Bucaramanga²⁴, Medellín, Pereira, Cali y Bogotá²⁵. A pesar de que el procedimiento se realiza de manera amplia en todas las ciudades grandes del país, el acceso a través del sistema de salud es bajo debido a los altos costos

del procedimiento. Cada cirugía puede costar alrededor de 30,000 USD, que comparativamente representa más de 100 veces el salario mínimo en Colombia. A pesar de estos costos, una revisión sistemática mostró que diferentes estudios han evidenciado que la cirugía de ECP es costo-efectiva en comparación con el mejor tratamiento médico²⁶. Por este motivo, debe seguirse considerando la cirugía de ECP como la mejor alternativa a pesar de todas las limitaciones que se encuentren en países de bajos y medianos ingresos, como Colombia.

Limitaciones para realizar la ECP en un país de medianos ingresos

En primer lugar, se debe mencionar que una de las primeras limitantes que se encuentran para realizar este procedimiento en un país de medianos ingresos es la falta de equipos multidisciplinarios para llevar a cabo todo el abordaje y manejo del paciente con esta condición. Dado que este es un procedimiento de alto nivel de especialización, son pocos los centros que cuentan con el personal y los recursos necesarios para poder realizar la cirugía y el seguimiento adecuado. En segundo lugar, es importante recalcar que la ECP es un procedimiento de alto costo, pues solo el estimulador puede llegar a costar hasta 20.000 USD, lo que implicando dificultades en las autorizaciones para el procedimiento. Por último, este procedimiento normalmente requiere controles periódicos para el seguimiento adecuado del paciente, y en varias ocasiones se encuentra el problema de que los controles son llevados a cabo en instituciones diferentes de aquella donde se hizo la cirugía, o los pacientes regresan a su sitio de origen, que puede ser en regiones rurales, lo que conlleva no solo una dificultad para el manejo posoperatorio integral del paciente, sino también una pérdida de este a la adherencia al seguimiento. Esto resulta en un entorpecimiento de la continuidad clínica y epidemiológica de los pacientes.

Limitaciones del estudio

La primera limitación de este estudio es que la información recolectada fue tomada de manera retrospectiva y es posible que algunos de los datos no se encontraran de manera completa para poder realizar el análisis adecuado de todas las variables. La segunda es que, debido a múltiples factores, muchos de los pacientes se pierden durante el seguimiento y no es

posible realizar controles a plazos más largos, lo que permitiría hacer un análisis más extenso y riguroso hacia el futuro. Aún falta la realización de estudios adicionales en nuestro país que no solo sean descriptivos, sino que también tengan el componente de seguimiento a más largo plazo y con mayor cantidad de pacientes, con el fin de poder establecer cifras estandarizadas adaptadas a nuestro contexto nacional y regional. A pesar de dichas limitaciones, consideramos que este estudio representa la caracterización y la evaluación de muchos obstáculos que se presentan en los países latinoamericanos para realizar ECP en pacientes con EP.

Conclusiones

La experiencia de nuestro centro demuestra que la ECP es una opción viable y eficiente para la mejoría de los síntomas y a su vez de la calidad de vida de los pacientes con EP. A pesar del retraso en la realización del procedimiento debido a las autorizaciones por las EPS, los pacientes presentaron una mejoría clínica estadísticamente significativa y una tendencia a disminuir la cantidad de fármacos posterior a la intervención. A futuro se necesitan estudios multicéntricos regionales que permitan evidenciar todas las limitaciones que existen para realizar ECP en los países de Latinoamérica.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Javier Gustavo Patiño Gómez.

Financiamiento

Los autores declaran no haber recibido ningún financiamiento.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido la aprobación del Comité de Ética para el análisis y publicación de datos clínicos obtenidos de forma rutinaria. El consentimiento informado de los pacientes no fue requerido por tratarse de un estudio observacional retrospectivo.

Bibliografía

1. Parkinson J. An essay on the shaking palsy. London: Sherwood Neely & Jones; 1817.
2. Cohen RM. Epidemiology and clinical diagnosis: Alzheimer disease. *PET Clin.* 2013;8:391-405.
3. Chen S, Tsai S. The epidemiology of Parkinson's disease. *Tzu Chi Med J.* 2010;22:73-81.
4. Pradilla G, Vesga BE, León-Sarmiento F; GENEKO. Estudio neuroepidemiológico nacional (EPINEURO) colombiano. *Rev Panam Salud Publica.* 2003;14:104-11.
5. Sánchez JL, Buritica O, Pineda D, Uribe CS, Palacio LG. Prevalence of Parkinson's disease and parkinsonism in a Colombian population using the capture-recapture method. *Int J Neurosci.* 2004;114:175-82.
6. Martínez-Fernández R, Gasca-Salas CC, Sánchez-Ferro A, Ángel Obeso J. Actualización en la enfermedad de Parkinson. *Rev Med Clin Las Condes.* 2016;27:363-79.
7. Sako W, Miyazaki Y, Izumi Y, Kaji R. Which target is best for patients with Parkinson's disease? A meta-analysis of pallidal and subthalamic stimulation. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2014;85:982-6.
8. Afifi AK, Bergman RA, editores. *Neuroanatomía funcional. Texto y atlas.* Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana; 2020.
9. Zhang QJ, Liu X, Liu J, Wang S, Ali U, Wu ZH, et al. Subthalamic neurons show increased firing to 5-HT_{2C} receptor activation in 6-hydroxy-dopamine-lesioned rats. *Brain Res.* 2009;1256:180-9.
10. Vitek JL, Giroux M. Physiology of hypokinetic and hyperkinetic movement disorders: model for dyskinesia. *Ann Neurol.* 2000;47(4 Suppl 1):S131-40.
11. DeLong MR, Wichmann T. Basal ganglia circuits as targets for neuromodulation in Parkinson disease. *JAMA Neurol.* 2015;72:1354-60.
12. Hariz MI, Hariz GM. Therapeutic stimulation versus ablation. *Handb Clin Neurol.* 2013;116:63-71.
13. Volkman J, Albanese A, Kulisevsky J, Tornqvist AL, Houeto JL, Pidoux B, et al. Long-term effects of pallidal or subthalamic deep brain stimulation on quality of life in Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2009;24:1154-61.
14. Zahodne LB, Okun MS, Foote KD, Fernández HH, Rodríguez RL, Wu SS, et al. Greater improvement in quality of life following unilateral deep brain stimulation surgery in the globus pallidus as compared to the subthalamic nucleus. *J Neurol.* 2009;256:1321-9.
15. Mirza S, Yazdani U, Dewey Iii R, Patel N, Dewey RB Jr, Miocinovic S, et al. Comparison of globus pallidus interna and subthalamic nucleus in deep brain stimulation for parkinson disease: an institutional experience and review. *Parkinsons Dis.* 2017;2017:3410820.
16. Bratsos S, Karponis D, Saleh SN. Efficacy and safety of deep brain stimulation in the treatment of Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Cureus.* 2018;10:e3474.
17. Lee DJ, Lozano AM. The future of surgical treatments for Parkinson's disease. *J Parkinsons Dis.* 2018;8(s1):S79-83.
18. Pérez-de la Torre RA, Calderón-Vallejo A, Morales-Briceno H, Gallardo-Ceja D, Carrera-Pineda R, Guinto-Balazar G, et al. [Deep brain stimulation in Parkinson's disease. Preliminary outcomes]. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2016;54(Suppl 2):S124-31.
19. Castro G, Carrillo-Ruiz JD, Salcido V, Soto J, García-Gomar G, Velasco AL, et al. Optimizing prelemniscal radiations as a target for motor symptoms in Parkinson's disease treatment. *Stereotact Funct Neurosurg.* 2015;93:282-91.
20. Cuello-Oderiz C, Aberastury M, Besocke AG, Sinner J, Comas-Guerrero B, Ciralo CA, et al. Surgical treatment of focal symptomatic refractory status epilepticus with and without invasive EEG. *Epilepsy Behav Case Rep.* 2015;4:96-8.
21. Kunstmann C, Valdivia F, De Marinis A, Ayach F, Montes JM, Chana-Cuevas P. [Deep brain stimulation in Parkinson's disease]. *Rev Med Chil.* 2018;146:562-9.
22. Guevara C, de Grazia J, Vázquez P, Baabor P, Garrido C, Martínez M, et al. Deep brain stimulation surgery for Parkinson disease coexisting with communicating hydrocephalus: a case report. *Front Neurol.* 2018;9:1011.
23. Benedetti-Isaac JC, Camargo L, Gargiulo P, López N. Deep brain stimulation in the posteromedial hypothalamic nuclei in refractory aggressiveness: post-surgical results of 19 cases. *Int J Neuropsychopharmacol.* 2021;24:977-8.
24. Contreras López WO, Navarro PA, Crispin S. Effectiveness of deep brain stimulation in reducing body mass index and weight: a systematic review. *Stereotact Funct Neurosurg.* 2022;100:75-85.
25. Espinoza Martínez JA, Arango GJ, Fonoff ET, Reithmeier T, Escobar OA, Furlanetti L, et al. Deep brain stimulation of the globus pallidus internus or ventralis intermedialis nucleus of thalamus for Holmes tremor. *Neuro-surg Rev.* 2015;38:753-63.
26. Becerra JE, Zorro O, Ruiz-Gaviria R, Castañeda-Cardona C, Otálora-Esteban M, Henao S, et al. Economic analysis of deep brain stimulation in Parkinson disease: systematic review of the literature. *World Neurosurg.* 2016;93:44-9.