

Cuantificación del Temblor a partir de Trayectorias de Movimiento en Subtalamotomía por Radiofrecuencia: Reporte de Caso

Quantification of Tremor from Movement Trajectories in Radiofrequency Subthalamotomy: A Case Report

William Omar Contreras López, MD, PhD¹; Fabio Martínez, Ing, PhD²; Paula Alejandra Navarro, MD³; Melisa Ibarra Quiñonez, MD, MsC⁴; Erich Talamoni Fonoff, MD, PhD⁵; Luis Guayacan Ing, Msc⁶.

1- Departamento de neurocirugía, División de neurocirugía funcional, Clínica FOSCAL internacional. Centro internacional de investigación NEMOD, Bucaramanga, Colombia, Universidad Autónoma de Bucaramanga. Departamento de neurocirugía, división de neurocirugía funcional, Centro colombiano y Fundación de Epilepsia y Enfermedades Neurológicas: FIRE, Cartagena de Indias, Colombia

2- Laboratorio de Imagen Biomédica, Visión y Aprendizaje (BIVL2ab). Universidad Industrial de Santander (UIS). Bucaramanga, Colombia

3- Departamento de neurocirugía, División de neurocirugía funcional, Clínica FOSCAL internacional. Centro internacional de investigación NEMOD, Bucaramanga, Colombia, Universidad Autónoma de Bucaramanga.

4- Centro internacional de investigación NEMOD, Bucaramanga, Colombia, Universidad Autónoma de Bucaramanga

5- Departamento de Neurología, División de Neurocirugía Funcional del Instituto de Psiquiatría, Universidad de Sao Paulo, Facultad de Medicina, Sao Paulo, Brasil

6- Laboratorio de Imagen Biomédica, Visión y Aprendizaje (BIVL2ab). Universidad Industrial de Santander (UIS). Bucaramanga, Colombia

Resumen

Objetivo: Describir el efecto de la subtalamotomía bilateral por radiofrecuencia (RF) mediante la cuantificación del temblor en mano a partir de trayectorias de movimiento.

Reporte de caso: Paciente femenina de 83 años de edad, con antecedente de enfermedad pulmonar obstructiva crónica, bajo peso (IMC: 16) y Enfermedad de Parkinson (EP) Hoehn & Yahr II. Presentaba 5 años de temblor en reposo, de alta frecuencia y gran amplitud, de predominio en mano derecha con limitación significativa de la calidad de vida. Había recibido tratamiento con levodopa/carbidopa, la cual suspendió por manifestar náuseas y prurito, posteriormente recibió rotigotina y rasagilina sin control del temblor. Se decidió en junta neuroquirúrgica y comité de ética en la clínica FOSCAL internacional realizar una Subtalamotomía unilateral por RF (2 lesiones a 75°C, durante 60 segundos).

El temblor fue medido por un original método computacional, midiendo un conjunto de trayectorias de movimiento calculadas utilizando video. Las trayectorias fueron caracterizadas por un conjunto de cinemáticas, las cuales con un análisis estadístico permitieron cuantificar el temblor. Adicionalmente fue seguida con la parte 3.16 de la UPDRS, el cuestionario de la calidad de vida (PDQ-39) y la escala de temblor Fahn-tolosa antes y seis meses después del procedimiento.

Resultados: No existieron complicaciones. El temblor se

detuvo intraquirúrgicamente y dicho beneficio se mantuvo hasta la última visita. Las puntuaciones en UPDRS-3.16 disminuyeron en un 47.6%, en la escala de temblor Fahn-Tolosa en un 60% y también se observó una mejora concomitante en la calidad de vida con el cuestionario PDQ-39 en un 66%.

Discusión: Las técnicas ablativas por RF aun representan una excelente opción terapéutica en casos adecuadamente seleccionados. La cuantificación del temblor antes y después de cirugía demuestra de manera objetiva el adecuado control del temblor y debería documentarse siempre.

Conclusiones: La subtalamotomía por RF proporcionó un control significativo del temblor y la rigidez, mejorando significativamente la calidad de vida de una paciente de 83 años que por su estado nutricional no era candidata a Estimulación Cerebral Profunda (ECP) por riesgo de exposición del sistema. La aplicación de nuevas tecnologías cuantitativas permite una evaluación de resultados precisa, consideramos el método computacional para la evaluación del temblor como una alternativa segura y eficaz en la cuantificación a partir de trayectorias antes y después la subtalamotomía por RF.

Palabras clave:

Subtalamotomía, radiofrecuencia, trayectorias de movimiento, Enfermedad de Parkinson.

Introducción

La enfermedad de Parkinson es una de las enfermedades neurodegenerativas con mayores índices de prevalencia,¹ siendo sus principales síntomas la bradicinesia, hipocinesia, el temblor, la inestabilidad postural, el aumento involuntario de la contracción muscular.^{2,3,4} El temblor es uno de los principales síntomas y patrones relacionados con la EP, el cual es caracterizado por movimientos exagerados e involuntarios.

La cuantificación y análisis de movimientos anormales, relacionados con el Parkinson, permiten apoyar la valoración observacional, guiar los tratamientos y determinar la eficacia en ciertos procedimientos clínicos. Existen múltiples evidencias en la literatura de métodos y dispositivos que permiten la cuantificación motora de los patrones motores relacionados con la EP. Ejemplo de este gran esfuerzo se evidencia en los artículos de DeJong y de Alvarez,^{5,6} donde se realizan múltiples capturas de sensores y análisis de video para monitorear y detectar anomalías en la marcha y otras actividades en pacientes con afecciones neuronales. En los reportes de Reinertsen y Clifford,⁷ se usan sensores para cuantificar parámetros asociados a la hipocinesia (porcentaje de movimiento), bradicinesia (velocidad media), temblor (porcentaje de frecuencias pico alrededor de los 4 Hz). Estos métodos sin embargo aún pueden presentar limitaciones para hacer comparaciones en estudios longitudinales o para el desarrollo de valoraciones después de un procedimiento clínico.

Reporte de caso

Paciente femenina de 83 años, con antecedente de enfermedad pulmonar obstructiva crónica, bajo peso con índice de masa corporal (IMC) de 16 y EP, Hoehn & Yahr II. Presentaba 5 años de temblor en reposo de alta frecuencia y gran amplitud, de predominio en mano derecha con limitación significativa de la calidad de vida. Había recibido tratamiento con levodopa/carvidopa, la cual suspendió por manifestar náuseas y prurito, posteriormente recibió rotigotina y rasagilina sin control del temblor. Se decidió en junta

neuroquirúrgica y comité de ética en la clínica FOSCAL internacional realizar una Subtalamotomía unilateral por RF.

Se realizaron dos lesiones por radiofrecuencia con electrodo de 1,1 mm de diámetro y 2 mm de superficie activa (Stereotactic TC Electrodes, COSMAN Inc, USA); cubriendo las áreas de mayor actividad eléctrica del microregistro, permitiendo ajustar el volumen final de la lesión que oscila entre 50-80 mm. Se realizaron dos lesiones unilaterales por radiofrecuencia a 75° durante sesenta segundos, con el paciente despierto, evaluando permanentemente respuestas positivas, tomando como base la rigidez así como efectos adversos principalmente motores. Las coordenadas finales para la definición del área lesional se basaron, fundamentalmente, en un planeamiento imagenológico sumado a los hallazgos neurofisiológicos con mínimas correcciones ante efectos que sugieran proximidad a la cápsula por macroestimulación.

El temblor fue medido por un original método computacional, midiendo un conjunto de trayectorias de movimiento, calculadas utilizando video. Las trayectorias fueron caracterizadas por un conjunto de cinemáticas, las cuales con un análisis estadístico permitieron cuantificar el temblor. Adicionalmente fue seguida con la parte 3.16 de la UPDRS, el cuestionario de la calidad de vida (PDQ-39) y la escala de temblor Fahn-Tolosa antes y seis meses después del procedimiento.

No existieron complicaciones. El temblor se detuvo intraquirúrgicamente y dicho beneficio se mantuvo hasta la última visita (1 año). Las puntuaciones en UPDRS-3.16 disminuyeron en un 47.6%, en la escala de temblor Fahn-Tolosa en un 60% y también se observó una mejora concomitante en la calidad de vida con el cuestionario PDQ-39 en un 66%.

Este trabajo constituye la primera validación de la caracterización del temblor, usando trayectorias calculadas en video, antes y después de la intervención quirúrgica. La paciente fue capturada con secuencias de video en el miembro donde era notable el temblor característico de la

EP. Después de la intervención y bajo el mismo ambiente de captura, fueron capturadas secuencias de video para realizar las respectivas comparaciones cinemáticas del temblor. Las secuencias de video fueron caracterizadas calculando trayectorias de video, las cuales luego fueron caracterizadas con cinemáticas como la velocidad, la aceleración y la curvatura. Estas cinemáticas fueron estadísticamente comparadas para cotejar los dos estadios de la enfermedad.

Método computacional: Cuantificación de temblores a partir de cinemáticas de trayectorias como primitivas

Una estrategia sin marcadores apoya la cuantificación del temblor de mano parkinsoniano a partir de secuencias de vídeo. El método comienza calculando trayectorias salientes que representan densamente el movimiento en secuencias de vídeo.¹ Estas trayectorias siguen puntos salientes a nivel de píxel, durante la secuencia, permitiendo una representación cinemática densa del movimiento del temblor. Estos puntos consecutivos son estimados y agrupados de acuerdo al flujo óptico denso que extrae patrones de velocidad del movimiento del video. Cada trayectoria se codifica como un conjunto de coordenadas espaciales consecutivas de píxeles, definidas como $x(t) = \{x_1, x_2, \dots, x_t\}$, donde $x_i = (x, y)$ es la localización en el fotograma de i .

Por lo tanto, la representación del movimiento del temblor se consigue calculando la información cinemática de las trayectorias. Esta representación de movimiento permite observar mejor los comportamientos preoperatorios y postoperatorios. Para ello, un conjunto de videos son capturados en las extremidades donde el temblor es intenso. Luego, se aplica una sustracción de fondo basada en el color para capturar sólo las trayectorias en el brazo del paciente. A partir de trayectorias recuperadas se calcula la cinemática de primer orden como la velocidad ($s = ||v|| = ||x'(t)||$) que se relaciona con los desplazamientos de temblor de longitud local. Además, la aceleración tangencial ($a_T = ||s'(t)||$) fue

calculada a partir de trayectorias para estimar la intensidad del temblor, mientras que la aceleración normal ($a_N = \sqrt{||v'(t)||^2 - a_T^2}$) indica el cambio de dirección, es decir, cuán aleatorios e incontrolados son los movimientos asociados con el Parkinson. Finalmente, se calculó una estimación de la curvatura de las trayectorias como ($k = \frac{a_N}{||v^2||}$) para obtener cuán cerrados son los movimientos curvos del temblor.

En la figura 1 se ilustra el conjunto de trayectorias obtenidas para los pacientes antes y después del procedimiento quirúrgico. Como se pudo observar, este enfoque computacional resulta efectivo para caracterizar y cuantificar patrones de temblores. Mientras que antes de la cirugía existe una fuerte representación de trayectorias, con grandes desplazamientos y movimientos, después de este procedimiento, las trayectorias son escasas y de baja dimensión.

Evaluación y resultados del método computacional.

Como parte de la evaluación de la ganancia del procedimiento quirúrgico, con respecto a la reducción de los patrones de temblor, se obtuvo una cuantificación estadística de las trayectorias. En este caso, el paciente fue registrado en dos posiciones diferentes antes y después del procedimiento quirúrgico. En la primera posición, el paciente estaba acostado con el codo apoyado en la cama (ER). En la segunda posición el brazo del paciente fue levantado y estirado (RA) como se muestra en la figura 1.

El conjunto de trayectorias cinemáticas cuantificadas en cada video se utilizaron como entrada en un marco estadístico para resumir el comportamiento del movimiento del temblor.

En la tabla 1 se reportan los resultados cuantitativos de la comparación entre el preoperatorio y el postoperatorio logrados por el enfoque propuesto en términos de 4 índices cinemáticos.

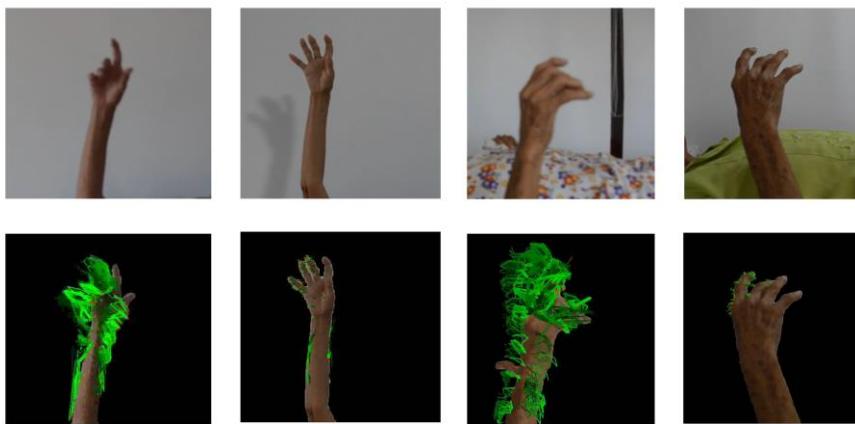


Figura 1. Comparación entre el temblor preoperatorio (primera y tercera columna) y el postoperatorio (segunda y cuarta columna). Las trayectorias permiten observar una clara disminución en la magnitud del temblor.

Tabla 1. Comparación entre los índices cinemáticos medios preoperatorios y postoperatorios.

Índice	Posición 1 (ER)		Posición 2 (RA)	
	Preoperatorio	Postoperatorio	Preoperatorio	Postoperatorio
s	20.844±19.539	1.558±1.901	12.480±10.526	1.623±2.892
aN	13.190±12.949	0.7278±1.064	8.5483±8.438	0.668±1.484
aT	0.133±12.449	0.0025±1.162	0.2253±6.418	0.002±1.852

Como se observa en la tabla de resultados, las cantidades cinemáticas siempre resultan de una mayor magnitud media en el procedimiento preoperatorio, con una notable mayor varianza en cada medida. Cabe señalar que, por ejemplo, para la velocidad se obtuvo una reducción de los patrones de trayectoria de alrededor del 92%.

Finalmente, la figura 2 y figura 3 resumen los resultados estadísticos, pero utilizando esquemas de diagramas de cajas. Estas cifras ilustran los valores medios y sus correspondientes cuartiles. Para una mejor observación de las diferencias, se eliminaron los valores atípicos de la ilustración. Las diferencias antes y después de la cirugía son significativas para casi todas las cinemáticas. Para la curvatura hay algunas similitudes, ya que quedan algunas trayectorias después de este procedimiento clínico.

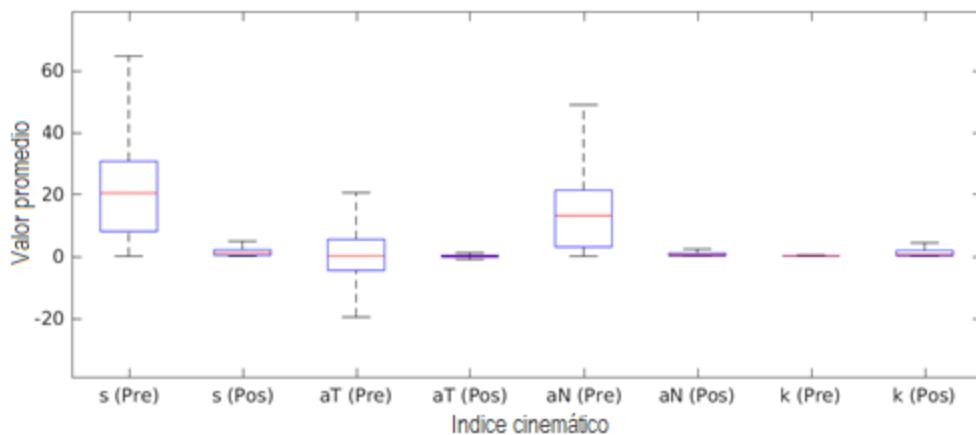


Figura 2. Resultados de la comparación entre el estado Preoperatorio (Pre) y Postoperatorio (Pos) para la Posición 1 (ER). Es posible apreciar cómo los índices de velocidad y aceleración son considerablemente mayores en la etapa preoperatoria. Por otro lado, la curvatura es mayor en el postoperatorio porque presenta movimientos mucho más cortos, por lo que se interpretan como curvas de menor radio que corresponden a una curvatura mayor.

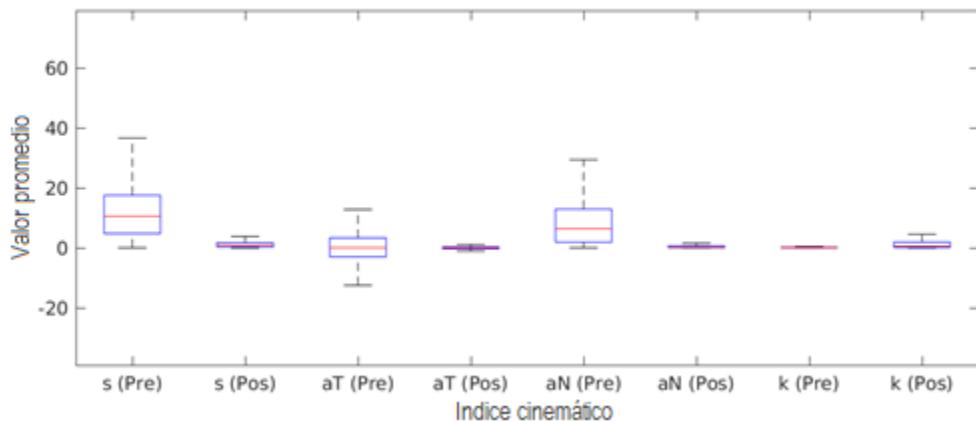


Figura 3. Resultados de la comparación entre el estado Preoperatorio (Pre) y Postoperatorio (Pos) para la Posición 2 (RA).

Conclusiones

El cálculo de descriptores de video, como las trayectorias de movimiento, resultan ser herramientas potentes para la cuantificación y evaluación de la efectividad de un procedimiento quirúrgico. En este trabajo se analizó un paciente, con un estadio avanzado de la enfermedad de Parkinson, el cual fue intervenido mediante un procedimiento quirúrgico de subtalamotomía unilateral por radiofrecuencia. Los resultados y la cuantificación del descriptor basado en trayectorias evidencian una notable mejora en la reducción de movimientos bruscos involuntarios. Además, se pudo cuantificar un patrón único de temblor mediante cinemáticas relacionadas como aceleración y velocidad características. Este trabajo abre la posibilidad a desarrollar seguimientos más robustos, basado en evidencias cuantitativas, que permitan evaluar la progresión de la enfermedad.

Referencias

1. Moraga P, & GBD 2016 Neurology Collaborators (2019). Global, regional, and national burden of neurological disorders, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet Neurology*, 18(5), 459-480. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(18\)30499-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(18)30499-X)
2. Berardelli A, Rothwell JC, Thompson PD, Hallett M. Pathophysiology of bradykinesia in Parkinson's disease. *Brain*. 2001; 124(11): 2131-2146, <https://doi.org/10.1093/brain/124.11.2131>
3. Elan D, Louis MD, FAAN MS. Diagnosis and Management of Tremor, Continuum (Minneapolis). *Movement Disorders*. 2019; 25(4): 959-975.
4. Peñas Domingo E, Gálvez Sierra M, Marín Valero M, Pérez Olivares Castiñeira M. El libro blanco del Parkinson en España. Madrid. Real Patronato sobre Discapacidad (Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad); 2015.
5. DeJong JD, Melvill Jones G. Akinesia, hypokinesia, and bradykinesia in the oculomotor system of patients with Parkinson's disease. *Experimental Neurology*. 1991; 32: 58-68
6. Alvarez F et al. Behavior Analysis through Multimodal Sensing for Care of Parkinson's and Alzheimer's Patients. *IEEE MultiMedia*. 2018; 25(1): 14-25. doi: 10.1109/MMUL.2018.011921232.
7. Erik Reinertsen, Gari D, Clifford A. Review of physiological and behavioral monitoring with digital sensors for neuropsychiatric illnesses. *Physiological Measurement*; 2018.

8. Noël LW, Keijzers Martin WM, Horstink Stan CM. Ambulatory Motor Assessment in Parkinson's Disease, Movement Disorders. 2006; 21(1): 34-44
9. Wang H, Schmid C. Action recognition with improved trajectories. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*. 2013: 3551-3558