

# Subtalamotomía por Radiofrecuencia: Aspectos Técnico-Quirúrgicos

Sergio Pampin, Santiago Driollet Laspiur, Fernando Leiguarda, Juan Pablo Travi, Dario Adamec  
Hospital Prof. Alejandro Posadas

## RESUMEN

**Objetivo:** Describir la técnica estereotáxica de subtalamotomía por radiofrecuencia utilizando microrregistro intraoperatorio con semimicroelectrodo.

**Descripción:** Se detalla la técnica efectuada sobre 51 subtalamotomías desde el año 2011, en pacientes con diagnóstico de Enfermedad de Parkinson (EP) refractaria al tratamiento. La técnica quirúrgica consta de tres etapas: adquisición de las imágenes estereotáxicas, localización anatómo-funcional de blanco quirúrgico y lesión por radiofrecuencia de la región sensitivo-motora del núcleo. Se describe el método utilizado para la exploración de la somatotopía del NST que permite la posterior lesión, confiriendo seguridad y efectividad al procedimiento.

**Conclusión:** La subtalamotomía constituye una técnica segura y efectiva realizada en grupos entrenados con los recursos técnicos necesarios, para el tratamiento de la EP refractario, constituyendo una alternativa adaptable a nuestro medio con el objetivo mejorar la calidad de vida.

**Palabras Clave:** Subtalamotomía, Núcleo Subtalámico (NST), Ablación, Radiofrecuencia, Enfermedad de Parkinson.

## ABSTRACT

**Purpose:** To describe the stereotaxic subthalamotomy technique with radiofrequency using intraoperative micro-recording with semimicroelectrodes.

**Description:** We depict the surgical technique used in 51 lesions affecting the STN in cases of advanced Parkinson's disease from 2011. This technique consists of three stages: acquisition of stereotactic images, anatomofunctional localization of surgical target, and lesioning by means of radiofrequency of the subthalamic nucleus (STN). We also describe the method for the somatotopic exploration of the STN in its posterior part and its lesion.

**Conclusion:** Subthalamotomy might be considered a safe surgical technique for the treatment of advanced Parkinson's disease symptoms. When performed by experienced surgical teams, it can result in a valid option for this group of patients.

**Key Words:** Subthalamotomy, STN, radiofrequency lesions, Parkinson's disease.

## INTRODUCCIÓN

Los considerables avances de la fisiología y fisiopatología de la Enfermedad de Parkinson (EP), paralelamente al desarrollo de técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas, centraron al núcleo subtalámico (NST) como el gold-standard en este tipo de procedimientos.<sup>1</sup> Este blanco por su localización, forma y posición espacial compleja, demanda un método de localización preciso ante el objetivo de un procedimiento ablativo. Las primeras experiencias de lesión de la región sensitivo-motora del NST han demostrado efectividad en mejorar los signos motores de la EP en monos MPTP (1-metil-4-fenil-1,2,3,6-tetrahidropiridina).<sup>1,2</sup> A partir de 1995 estos procedimientos fueron extrapolados a humanos, lográndose similares resultados.<sup>3-9</sup>

El presente reporte muestra nuestra experiencia desde junio de 2011 hasta marzo de 2013, en la Unidad de Neurocirugía Funcional del Hospital Nacional Alejandro Posadas donde se realizaron 51 subtalamotomías.

Sergio Pampin

sergio.pampin@hospitalposadas.gov.ar

## OBJETIVO

Describir la técnica quirúrgica de subtalamotomía por radiofrecuencia utilizada en la Unidad de Neurocirugía Funcional del Hospital Nacional Prof. Alejandro Posadas.

## DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA QUIRÚRGICA

### 1- Colocación del marco estereotáxico, y adquisición de imágenes

Se utiliza el marco de estereotaxia (ESTEREOFLEX, Tecnosuma, La Habana, Cuba), colocándolo bajo condiciones de asepsia y anestesia local, logrando el máximo paralelismo entre el plano del marco estereotáxico y el plano intercomisural (comisura anterior y comisura posterior). Esto se logra posicionando el marco perpendicular al plano medio-sagital y evitando la inclinación coronal del marco, al igual que se intenta lograr una inclinación sagital del anillo correspondiente a un ángulo de entre 10 y 15° entre este y la línea imaginaria orbitomeatal.

Se realiza tomografía helicoidal (TOSHIBA Aquilon 64) adquiriendo imágenes según un protocolo predeterminado (imágenes con matriz de 512-512 píxeles y un campo de visión de 240 mm, imágenes volumétricas de 1mm

de espesor).

## 2- Planificación de la trayectoria

Para la localización del núcleo subtalámico se utiliza el sistema STASSIS como software de planificación quirúrgica (CIREN La Habana, Cuba).<sup>10,11</sup>

Sobre las imágenes tomográficas, empleamos referencias anatómicas para determinar la localización de la comisura anterior (AC) y posterior (PC). En el programa STASSIS se incluye una versión digitalizada del atlas de Schaltenbrand y Wahren,<sup>12</sup> que se ajusta a la anatomía del paciente y se utiliza como guía para mostrar la orientación espacial del núcleo, con ayuda del cual, se traza la trayectoria adecuada para cada paciente<sup>13</sup> (Fig. 1).

Marcando el sitio de entrada (de preferencia un giro), la trayectoria se planifica evitando el sistema ventricular y el correcto abordaje al núcleo. Se localiza anatómo-funcionalmente el NST con registros electrofisiológicos de un solo trayecto de microrregistro a la vez. Se prefiere programar el primer trayecto de registro al centro anatómico tridimensional del NST (2-3 mm posterior al punto intermedio comisural, 4 mm inferior al plano intercomisural y entre 11-13 mm lateral a la línea media). Se realizan trayectorias parasagittales entre 0-15° con inclinación de 65° en la dirección antero-posterior en relación al plano IC.

En los casos que fue necesario completar la cirugía del lado contralateral resultó de gran interés el conocimiento de los valores de AC-PC del procedimiento previo, solamente como guía y sin mayor influencia en la determi-

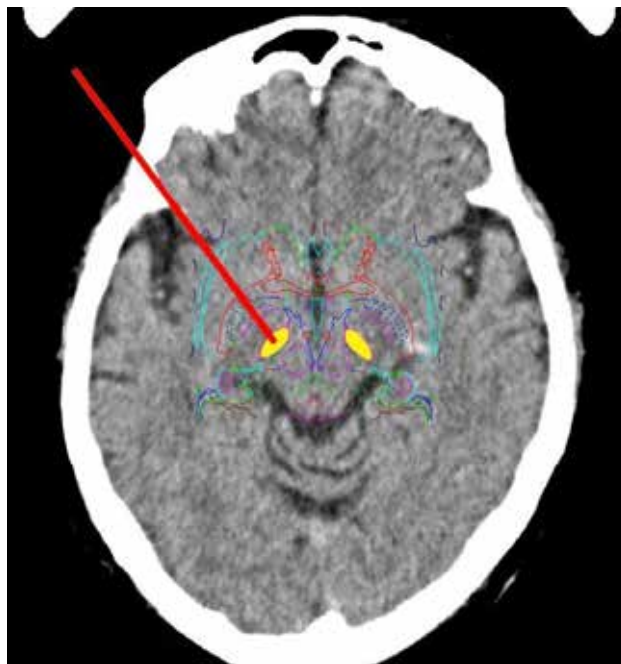


Figura 1: Fusión del Atlas de estereotaxia digitalizado de Schaltenbrand y Wahren con tomografía estereotaxica. Se observa la orientación espacial del Núcleo subtalámico y la planificación de la trayectoria del electrodo.

nación del target (ya que los puntos de referencia no son equiparables).

## 3- Localización del blanco

Se efectuaron un total de 51 subtalantomías en 41 pacientes (10 de ellos bilaterales).

Se realiza orificio de trepano (14 mm) con anestesia local en región precoronal, y posteriormente se introduce cánula con semi-microelectrodo bipolar concéntrico -Unique Medical Co. Ltd, Tokyo, Japón- ( $\varnothing$  0,3-0,4 mm, punta de 10-20, distancia interpolar 0,2-0,3 mm, 100 K $\Omega$ ). La actividad neuronal multiunitaria, se registra y visualiza con la ayuda del programa informático para registro y procesamiento digital NDRS (Neurosurgical Deep Recording System, CIREN, La Habana, Cuba).<sup>14-16</sup> Se avanza cuidadosamente bajo visión y audición de la actividad eléctrica multiunitaria desde un punto (25 mm) superior al blanco intentando reconocer con ayuda del microdriver las diferentes estructuras antes de su arribo al target. A 10 mm previos al blanco, el avance continúa cada 1 mm, finalizando 5 mm por debajo del mismo. Se realizan subsecuentes trayectos con desplazamientos anteriores de 2 mm buscando el borde anterior para luego, y en base a los mejores registros, desplazarnos 2 mm a 45° hacia el extremo lateral del núcleo (Fig. 2).

Durante el registro multiunitario la identificación del núcleo subtalámico se efectúa en base a los siguientes parámetros:

1. Actividad eléctrica aumentada caracterizada por una gran amplitud de descarga, siempre mayor a la actividad talámica y la sustancia negra pars reticulata.
2. Registro secuencial de las siguientes estructuras según avanza el electrodo: talámo anterior, zona inserta, NST, reticulata.
3. Las variaciones de amplitud de las descargas tanto como la distancia en mm de la actividad eléctrica integrada, son factores determinantes del límite de la estructura (Fig. 3).

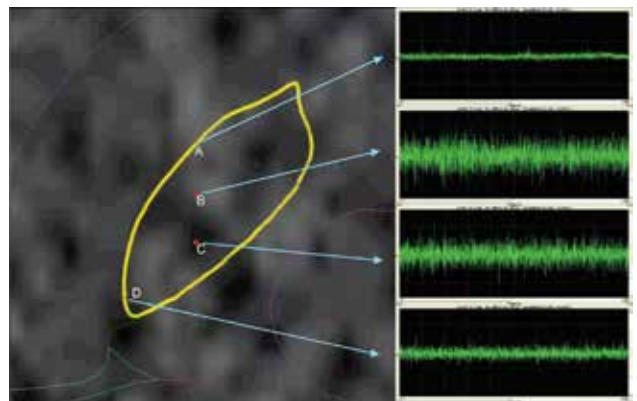


Figura 2: Nótese los diferentes puntos de registro electrofisiológico dentro del NST que definen sus diferentes regiones y el área sensitivo-motora a lesionar.

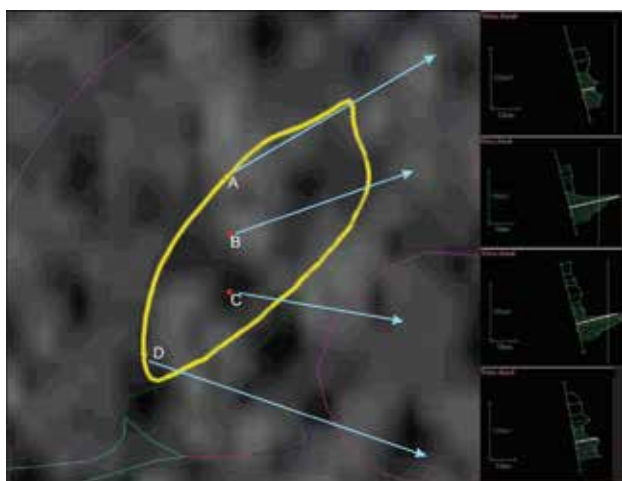


Figura 3: Se observa la representación del NST. A la derecha de la imagen se observan las integrales de cada una de las trayectorias (su descenso desde 25 mm previos y 5 mm por debajo del blanco).

#### 4- Microestimulación

La microestimulación eléctrica del NST no la realizamos como procedimiento de forma rutinaria y solo la reservamos para aquellos pacientes donde el microregistro ofrece dudas sobre la ubicación exacta del blanco. El objetivo es reconocer la posición de la cápsula interna, así como otras estructuras circundantes. Sin interés en la respuesta propia del blanco en lo que se refiere a síntomas cardinales de la enfermedad.

Los parámetros de estimulación utilizados fueron pulsos de corriente bipolar por medio del mismo electrodo de registro entre 0.1 y 5 mA, con incrementos de 0.1 mA, frecuencias de 60-180 Hz, con pulsos de 1s (Generador Cosman G4 Versión 2, USA).

#### 5-Macroestimulación

Una vez definida la representación tridimensional del núcleo y antes de proceder a la lesión, completamos con macroestimulación. El fin es verificar la posición espacial

exacta y su relación con las estructuras adyacentes, sin esperar efectos indeseables significativos; ya que en caso de que ello ocurriera deberíamos replantearnos, en primer lugar, las coordenadas de lesión. Lo mismo que para la microestimulación, no tenemos como objetivo evaluar efectos positivos sobre los síntomas sino definir su relación con la cápsula interna.

Nuestros parámetros de estimulación sensorial utilizados fueron de: 50 Hz, 0.5 ms y rangos escalonados de intensidad desde 0 mA hasta 4 mA. En base a esto la región lateral evocaría contracción muscular contralateral, derivada de la estimulación del haz corticoespinal, la región medial y posterior movimientos oculares (blefaroptosis y blefarodistasis por cercanía al III par y síntomas sensoriales ante proximidad del lemnisco medio), la desviación conjugada de la mirada se interpreta por activación de fibras del haz corticoespinal. En algunas ocasiones se obtiene interrupción del temblor en clara relación temporal durante el estímulo.

#### 6-Protocolo de Ablación

Las coordenadas finales para la definición del área lesional se basan, fundamentalmente, en los hallazgos neurofisiológicos con mínimas correcciones ante efectos que sugieran proximidad a la cápsula por macroestimulación.

Se completan dos lesiones por radiofrecuencia con electrodo de 1,1 mm de diámetro y 2 mm de superficie activa (Stereotactic TC Electrodes, COSMAN Inc, USA); a fin de cubrir, en la medida de lo posible, los puntos de mayor actividad eléctrica, permitiendo ajustar el volumen final de la lesión que oscila entre 50-80 mm<sup>3</sup>.<sup>13,17</sup>

Las lesiones se llevan a cabo con una potencia de 8-16 W, en cuatro ciclos que van desde 50° a 70-80° dependiendo del volumen del núcleo, durante sesenta segundos.<sup>18,19</sup> Este procedimiento se lleva a cabo bajo estricto control clínico con el paciente despierto, evaluando permanentemente respuestas positivas, tomando como base la rigidez

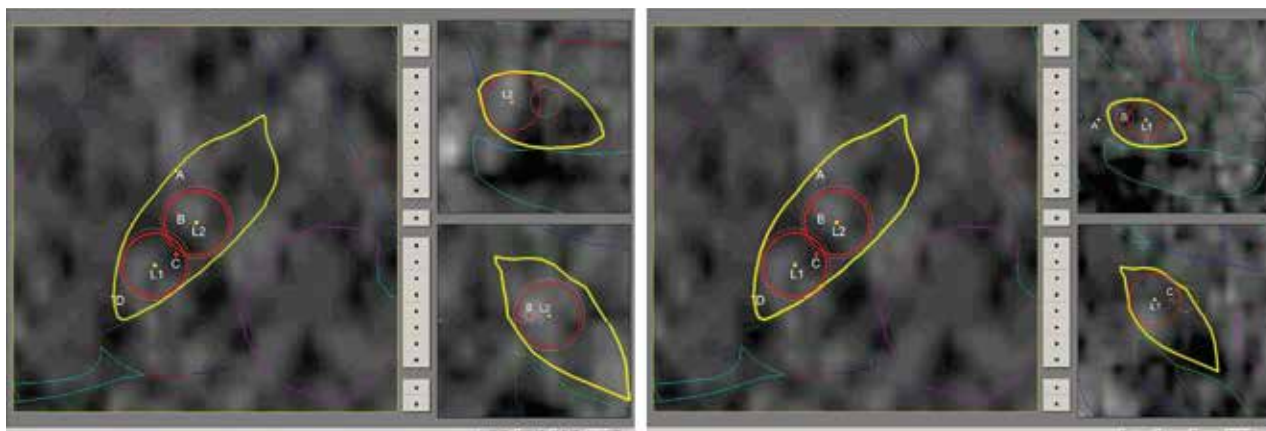


Figura 4: A: Planificación de las lesiones (Primera lesión, L1. Segunda lesión, L2). Se observa a la derecha la planificación de L1 en el plano sagital y coronal. B: Se observa planificación de L2 en los tres planos.

así como efectos adversos principalmente motores. Durante la primera lesión (la más dorsolateral), observamos respuesta positiva con una distribución somatotópica representada por cara y miembro superior, mientras que en la segunda lesión (más medial) obtenemos efectos sobre el miembro inferior (Fig. 4).

## DISCUSION

Las lesiones del área subtalámica tuvieron sus orígenes en la década del 60.<sup>20-23</sup> En aquellos años, no se disponía de métodos de localización precisa del blanco quirúrgico ni de estudios imagenológicos, que permitieran la corroboración del lugar real de las lesiones. Algunos estudios anatomopatológicos post-mortem, demostraron que las lesiones no fueron confinadas estrictamente al NST sino que también interesaban a la zona inserta, la sustancia negra pars reticulata, campos de Forel y al tálamo.<sup>22</sup>

Existen pocos artículos que describan procedimientos ablativos del NST,<sup>3-5,7,10,13,23-32</sup> lo que hace evidente que dicho método no ha tenido una mayor difusión por la posible asociación de complicaciones motoras, especialmente hipercinesias. Se le acusa a esta técnica quirúrgica la presencia de mayores efectos adversos en la cirugía bilateral, que en la estimulación cerebral profunda. En nuestra opinión, muchos de estos efectos adversos pueden estar relacionados con la localización y tamaños de las lesiones, más que con la propia bilateralidad del procedimiento, siendo esto avalado por diferentes publicaciones.<sup>3,21</sup> Coincidiendo con otros trabajos publicados,<sup>4,5,7,8,23,25</sup> las evidencias actuales han demostrado que las subtalamotomías bilaterales realizadas en dos tiempos (3-6 meses de diferencia entre ambas en nuestro caso), si bien pueden producir disquinesias, las mismas se autolimitan en un periodo de tiempo breve de algunas pocas semanas. En 51 subtalamotomías solo 8 pacientes (16%) desarrollaron discinesias de grado

variable, la mayoría de severidad I-II de la escala de Goetz (I-IV) y solo un paciente con grado IV, las que perduraron entre una y tres semanas desapareciendo en su totalidad en el control a los 6 meses post-operatorio.

La utilización del registro electrofisiológico y microestimulación<sup>33,34</sup> tiene como objetivo lograr una precisa representación anatómico-funcional del núcleo. Esto permite delimitar la región sensitivo motora a lesionar (dorso-lateral), evitando regiones circundantes al NST. Al igual que otros autores, hemos observado que la organización somatotópica del núcleo se ha mantenido constante, independientemente de la variabilidad individual. Se evidencia una mayor representación de las extremidades superiores en las regiones más laterales y de las inferiores, en las más mediales de la región dorsal.<sup>35</sup> En algunos pocos pacientes se observaron oscilaciones periódicas de baja frecuencia (4-8 Hz) correlacionadas con el temblor.<sup>36</sup> Dichos hallazgos facilitan la realización y precisión de las lesiones.

Los beneficios obtenidos con la subtalamotomía serían el resultado de modulación de circuitos neuronales al interferir con la hiperactividad del NST. El carácter irreversible del procedimiento ablativo, demanda un método preciso y seguro que garantice lesiones en las regiones deseadas con ajuste del volumen de las mismas, que permitan abarcar áreas con actividad relacionada al movimiento siguiendo su organización somatotópica, sin extenderse más allá de los límites deseados.

## CONCLUSIÓN

La subtalamotomía constituye una técnica segura y efectiva realizada por grupos entrenados con los recursos técnicos necesarios para el tratamiento de la EP refractaria, constituyendo una alternativa adaptable a nuestro medio con el objetivo de brindar calidad de vida.

## BIBLIOGRAFÍA

- Goetz CG, De Long MR, Penn RD, Bakay RA. Neurosurgical horizons in Parkinson's disease. *Neurology*. 1993 Jan;43(1):1-7.
- Guridi J, Herrero MT, Luquin R, Guillen J, Obeso JA. Subthalamotomy improves MPTP-induced parkinsonism in monkeys. *Stereotact Funct Neurosurg*. 1994;62(1-4):98-102.
- Obeso J, Alvarez L, Macias RJ, Guridi J, Tejeiros J, Juncos J, Rodriguez M, Ramos E, L inazasoro GJ, Goroskope A, DeLong M. Lesion of the subthalamic nucleus (SNT) in Parkinson's disease (PD). *Neurology* 1997; 48 (Suppl): A138.
- Alvarez L, Macias R, Lopez G, Alvarez E, Maragoto C, Tejeiro J, García A, Villegas A, Piedra J, León M, Rodríguez-Oroz MC, Guridi J, Obeso JA. Bilateral Subthalamotomy in Parkinson disease. *Mov Disord* 2000; 15 (3): 65.
- Alvarez L, Macias R, Guridi J, Lopez G, Alvarez E, Maragoto C, Tejeiro J, Torrez A, Pavaon A, Rodríguez-Oroz MC, Ochoa L, Hetherington H, Juncos J, DeLong MR, Obeso JA. Dorsal Subthalamotomy for Parkinson's Disease. *Mov Disord* 2001; 16 (1): 72-8.
- Su PC, Tseng HM, Liu HM, Yen RF, Tseng SH, Liou HH. Unilateral Subthalamotomy in the treatment of advanced Parkinson's disease. *Mov. Disord* 2000; 15 (3): 45.
- Gill SS, Heywood P. Bilateral dorsolateral subthalamotomy for advanced Parkinson's disease. *Lancet* 1997; 350: 1224.
- Tseng HM, Su PC, Liu HM, Liou HH. Bilateral subthalamotomy for advanced Parkinson disease. *Surg Neurol*. 2007;68 Suppl 1:S43-50; discussion S50-1.
- Patel NK, Heywood P, O'Sullivan K, McCarter R, Love S, Gill SS. Unilateral subthalamotomy in the treatment of Parkinson's disease. *Brain*. 2003 May;126(Pt 5):1136-45
- Carballo M, Rodríguez R, Lopez G, Torres A. Sistema tridimensional de planeamiento quirúrgico para PC. *Ingeniería electrónica automática y comunicaciones* 2005; 26 (1): 19-23.
- Torres Montoya A, Pereira J. Testing the precision of stereotactic planning systems. *Comput Med Imaging Graph*. 1998; 22: 317-321.

12. Schaltenbrand G, Wahren W. Atlas for stereotaxy of the human brain. New York: Georg Thieme; 1977.
13. López-Flores G, Miguel-Morales J, Teijeiro-Amador J, Vitek J, Pérez-Parra S, Fernández-Melo R, et al. Anatomic and neurophysiological methods for the targeting and lesioning of the subthalamic nucleus. Cuban experience and review. *Neurosurgery* 2003; 52: 817-31.
14. Teijeiro J, Macías R, Guerra E, Ochoa L, López G, Álvarez L, et al. Automatic anatomic-physiological correlation in three simultaneous planes using deep brain recording during stereotactic and functional neurosurgery. *Stereotact Funct Neurosurg* 1997; 67: 140.
15. Teijeiro J, Macías RJ, Morales JM, Guerra E, López G, Álvarez LM, et al. Personal computer based system for three dimensional anatomic-physiological correlations during stereotactic and functional neurosurgery. *Stereotact Funct Neurosurg* 2000; 5: 176-87.
16. Teijeiro J, Ohye C, Macías RJ, Ortega I, Alaminos A, Álvarez L, et al. Deep recording and digital processing system for brain electrical activity evaluation. *Stereotact Funct Neurosurg* 1994; 62: 198.
17. Giller CA, Dewey RB, Ginsburg MI, Mendelsohn DB, Berk AM. Stereotactic pallidotomy and thalamotomy using individual variations of anatomic landmarks for localization. *Neurosurgery* 1998; 42: 56-62.
18. Guridi J, Herrero MT, Luquin MR, Guillén J, Ruberg M, Laguna J, Vila M, Javoy-Agud F, Agud Y, Hirsch E, Obeso JA. Subthalamotomy in parkinsonian monkeys. Behavioural and biochemical analysis. *Brain*. 1996 Oct; 119 ( Pt 5): 1717-27.
19. Bergman H, Wichmann T, DeLong MR. Reversal of experimental parkinsonism by lesions of the subthalamic nucleus. *Science* 1990; 249: 1436-8.
20. Andy OJ, Jurko MF, Sias FR Jr. Subthalamotomy in treatment of parkinsonian tremor. *J Neurosurg* 1963; 20: 860-870.
21. Mundinger F. Subthalamotomy in the treatment of extrapyramidal motor disorders. *Germ Med Meth* 1965; 10: 440-443.
22. Spiegel EA, Wycis HT, Szekely EG, Adams J, Flanagan M, Baird HW III. Campotomy in various extrapyramidal disorders. *J Neurosurg* 1963; 20: 871-881.
23. Alvarez L, Macías R, López G, Alvarez E, Pavon N, Rodríguez-Oroz MC, Juncos J, Maragoto C, Guridi J, Litvan I, Tolosa ES, Koller W, Vitek J, DeLong MR, Obeso JA. Bilateral dorsal subthalamotomy in Parkinson's disease: Initial and long term response. *Brain* 2005; 128 (3): 570-583.
24. Rodríguez MC, Guridi OJ, Alvarez L, Mewes K, Macías R, Vitek J, DeLong MR, Obeso JA. The subthalamic nucleus and tremor in Parkinson's disease. *Mov Disord* 1998; 13: 111-118.
25. Alvarez L, Macías R, Rodríguez-Oroz MC, López G, Alvarez E, Guridi J, Juncos J, Tolosa ES, Koller WC, Litvan I, Vitek J, DeLong MR, Obeso JA. Bilateral subthalamotomy in Parkinson's disease. *Neurology* 2001; 56 (3): A273 (abstr).
26. López Flores G, Fernández R, Macías R, Álvarez L, Teijeiro Amador J, Alvarez E, Maragoto C, Cruz O, Fermín E, Jordán J, Palmero R, Rodríguez R, Carballo-Barreda M. Subtalomotomía Estereotáctica. *Nota Técnica. Revista CENIC Ciencias Biológicas* 2004; 35 (2): 45-56.
27. López Flores G, Miguel Morales J, Teijeiro Amador J, Fernández R, Álvarez L, Macías R, Cruz O, Fermín E, Palmero R, Rodríguez R, Carballo-Barreda M, Mosquera Betancourt G. Localización bilateral y simetría del núcleo subtalámico. *Rev Neurol* 2003; 37 (5): 404-412.
28. López Flores G, Fernández R, Álvarez L, Macías R, Teijeiro Amador J, Morales JM, Maragoto C, Alvarez E, Bouza W, Cruz O, Fermín E, Jordán J, Palmero R, Vitek J. Subtalomotomía selectiva en la enfermedad de Parkinson. Implementación y validación del método de lesión. *Rev Mex Neuroci* 2003; 4 (4): 213-226.
29. Su PC, Tseng H-M, Liu M-H, Yen F-R, Liou H-H. Subthalamotomy for advanced Parkinson's disease. *J Neurosurg* 2002; 97: 598-606.
30. Bhatt MH, Doshi PK. Subthalamic Nucleus lesioning for advanced Parkinson's disease. *Mov Disord* 2001; 15 (3): 200-204.
31. Barlas O, Hanagasi HA, Imer M, Sahin HA, Sencer S, Emre M. Do unilateral ablative lesions of the subthalamic nucleus in Parkinsonian patients lead to Hemiballism? *Mov Disord* 2001; 16: 306-310.
32. Filho VO, Silva JD. Unilateral Subthalamic nucleus lesioning. A safe and effective treatment for Parkinson's disease. *Arq Neuropsiquiatr* 2002; 60: 935-948.
33. López-Flores G, Miguel-Morales J, Teijeiro-Amador J, Vitek J, Pérez-Parra S, Fernández-Melo R. Anatomic and neurophysiological methods for the targeting and lesioning of the subthalamic nucleus. Cuban experience and review. *Neurosurgery* 2003; 52: 817-31.
34. Hutchison WD, Allan RJ, Opitz H, Levy R, Dostrousky JO, Lanj AE, et al. Neurophysiologic identification of the subthalamic nucleus in surgery for Parkinson's disease. *Ann Neurol* 1998; 44: 622-8.
35. Jonathan DC, Robert PI. Electrophysiological versus image-based targeting in the posteroventral pallidotomy. *Comput Aided Surg* 4: 93-100, 1999.
36. Rodríguez MC, Rodríguez M, Guridi J, Mewes K, Chockman V, Vitek J, et al. The subthalamic nucleus in Parkinson's disease: somatotopic organization and physiological characteristics. *Brain* 2001; 124: 1777-90.