

# Rizotomía por radiofrecuencia percutánea para el tratamiento de la paraplejía espástica severa en adultos.

Percutaneous radiofrequency rhizotomy for the management of severe spastic paraplegia in adults

Hernán Delso P,<sup>1</sup> Bayron Valenzuela C,<sup>1</sup> Marcos Baabor A<sup>2</sup>

(1) Residente de neurocirugía, Hospital Clínico de la Universidad de Chile, Santiago, Chile.

(2) Neurocirujano, Hospital Clínico de la Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Autor para correspondencia: Marcos Baabor Aqueveque. Médico Cirujano, Especialista en Neurocirugía. Profesor asociado. Director del Departamento de Neurología y Neurocirugía. Hospital Clínico de la Universidad de Chile.

Contacto: marcosbaabor@yahoo.com

## Resumen

**Introducción:** La paraplejía espástica severa es una condición frecuente en trauma raquímedular. Cuando falla el manejo médico, el tratamiento quirúrgico más común es la terapia intratecal de baclofeno y la rizotomía dorsal selectiva. Proponemos la lesión de la raíz a nivel foraminal mediante rizotomía percutánea con radiofrecuencia (RF-DRG) como una opción mínimamente invasiva, útil y de bajo costo.

**Material y Métodos:** Se describe la técnica quirúrgica en un caso, donde se realizó RF-DRG transforaminal, a un paciente con espasticidad severa de flexores / aductores de cadera asociado a espasmos severos y dolor que limita el cuidado personal. El paciente fue evaluado por equipo multidisciplinario durante toda su evolución con las escalas de Spasm Frequency Scale (SFS), Medical Research Council Scale (MRC), Modified Asworth Scale (MAS), Adductor Tone Rating (ATRS) y Global Pain Scale (GPS).

**Resultados:** El procedimiento se realizó una vez y encontramos una mejora mayor al 50% en SFS, MAS, ATRS y GPS. Esto le ha permitido mejorar su calidad de vida con respecto al cuidado personal y sexual. El paciente ha tenido un seguimiento a 5 años y no ha necesitado repetir RF-DRG.

**Discusión:** Se propone la RF-DRG para los pacientes parapléjicos severos (MRC 0), con espasmos, clonus y espasticidad severa incontrolable e intratable. La RF-DRG es una técnica mínimamente invasiva, muy útil y reproducible.

**Conclusiones:** La RF-DRG es una opción para pacientes parapléjicos secuestrados con espasticidad severa. Su efectividad en el tiempo deberá ser definida con estudios controlados a largo plazo.

**Palabras Claves:** paraplejía espástica, rizotomía, cirugía mínimamente invasiva.

## Abstract

**Introduction:** Severe spastic paraplegia is a common condition in spinal cord injury, when medical treatment fails, the most common surgical treatment is intrathecal baclofen therapy and selective dorsal rhizotomy. We propose the lesion of the root at the foraminal level by radiofrequency percutaneous rhizotomy (RF-DRG) as a minimally invasive, useful and low-cost option.

**Materials and methods:** The surgical technique is described in one case where foraminal RF-DRG was performed in a patient with severe flexor/adductor hip spasticity associated with severe spasms and pain that limits personal care. The patient was evaluated by a multidisciplinary team throughout its evolution using the scales of Spasm Frequency Scale (SFS), Medical Research Council Scale (MRC), Modified Asworth Scale (MAS), Adductor Tone Rating (ATRS) and Global Pain Scale (GPS).

**Results:** The procedure was performed once, and we found a 50% improvement in SFS, MAS, ATRS and GPS. This has enabled him to improve his quality of life with respect to personal and sexual care. The patient had a follow-up at 5 years and didn't need to repeat RF-DRG.

**Discussion:** RF-DRG is proposed for severe paraplegic patients (MRC 0), with spasms, clonus and severe uncontrollable and intractable spasticity. RF-DRG is a minimally invasive and reproducible technique.

**Conclusion:** RF-DRG is an option for sequential paraplegic patients with severe spasticity. Its effectiveness over time should be defined with long-term controlled studies.

**Key words:** Spastic Paraplegia, Rhizotomy, Minimally Invasive Surgery

## Introducción

La espasticidad es una consecuencia del daño en el sistema neurológico central que tiene un gran impacto en la rehabilitación y calidad de vida de los pacientes. Frecuentemente ocurre por patologías cerebrales como la parálisis cerebral (PC), accidente cerebrovascular (ACV), traumatismo encefalocraneano (TEC), tumores; y por patologías medulares como trauma raquímedular (TRM), enfermedades desmielinizantes, tumores entre otros. Se estima que aproximadamente un 53% de los pacientes con TRM va a desarrollar espasticidad, y de estos, entre 5-10% va a requerir tratamiento quirúrgico por espasticidad severa.<sup>1</sup> La espasticidad severa, que a veces acompaña a una paraplejía, tiene un gran impacto en las funciones normales, ya que impide el reposo con sedestación cómoda y útil, impide la correcta rehabilitación, favorece el desarrollo de malformaciones osteoarticulares, favorece el desarrollo de úlceras en la piel y dificulta los cuidados personales junto a los de enfermería.<sup>2</sup>

El tratamiento neuroquirúrgico es una opción por considerar ya que ayuda a reestablecer el equilibrio muscular e impide la evolución hacia deformidades. Las diferentes opciones quirúrgicas se emplean cuando no se tiene respuesta al tratamiento médico con fármacos orales (Ej. Baclofeno, diazepam, dantroleno, etc.) o inyectables, como la toxina botulínica.<sup>3</sup>

Las técnicas neuroquirúrgicas desarrolladas incluyen la neuromodulación, donde la principal técnica es la bomba intratecal de baclofeno con infusión continua (ITB) y las técnicas neurolesivas, a nivel medular (mielotomías y dreztomías), a nivel de la raíz (rizotomía posterior selectiva) y a nivel del nervio periférico (neurotomías).<sup>2,4</sup> En la actualidad la principal técnica usada en adultos es la ITB, sin embargo, tiene un alto costo y no está disponible en todos los centros.

La rizotomía percutánea con radiofrecuencia es una técnica mínimamente invasiva que ayuda reducir la espasticidad severa en adultos parapléjicos. Es una técnica quirúrgica ya descrita en 1980's en adultos, pero con pocas publicaciones en la actualidad. Es

de bajo costo, fácil de implementar y se puede repetir las veces que sea necesario.<sup>4,5,6</sup>

El propósito de este trabajo es describir la técnica quirúrgica de la RF-RDG (aportando detalles técnicos originales) y mostrar nuestros resultados, para ello se presenta el caso de un adulto con parálisis espástica, de 17 años de evolución, con importante aumento del tono a la movilización pasiva, con dolor y múltiples espasmos espontáneos que evoluciona sin respuesta al tratamiento médico y no es candidato a terapia intratecal con baclofeno, donde la rizotomía percutánea con radiofrecuencia alivio sus síntomas, objetivados en las escalas de espasticidad y dolor, lo que le permitió mejorar su calidad de vida y continuar con la rehabilitación.

## Materiales y Métodos

Hombre de 38 años, con paraplejía espástica severa de 17 años de evolución secundaria a trauma raquímedular cervical C6-C7 por accidente de tránsito. Ha sido evaluado por equipo multidisciplinario (neurólogo, neurocirujano y fisiatra) del Hospital Clínico de la Universidad de Chile y Hospital DIPRECA. Durante su tratamiento multidisciplinario ha requerido rehabilitación continua, manejo médico y en múltiples oportunidades inyecciones con toxina botulínica (Tabla 1). El objetivo principal del tratamiento fue objetivar la mejoría clínica y determinar la recurrencia. La severidad de la paraplejía espástica se basó en las escalas de Spasm Frequency Scale (SFS), Medical Research Council Scale (MRC), Modified Asworth Scale (MAS), Adductor Tone Rating Scale (ATRS) y Global Pain Scale (GPS) (Tabla 2a).

Debido a la severidad de la paraplejía espástica con falla al manejo con toxina botulínica y la dificultad para continuar con la rehabilitación y tratamiento, con empeoramiento progresivo de su calidad de vida por espasmos frecuentes y dolorosos, presentado posturas en flexión y aducción, se decide junto a comité multidisciplinario una rizotomía percutánea con radiofrecuencia. Técnica mínimamente invasiva que aborda las raíces a tratar a través del foramen. El procedimiento fue aceptado por el paciente y su familia.

El paciente fue evaluado en el preoperatorio y postoperatorio inmediato por equipo de neurología, y controles anuales durante 5 años para objetivar los cambios. La escala de Spasm Frequency Scale (SFS) es puntuada de 0 a 4 puntos, donde “0” representa sin espasmos y “4” representa 10 o más espasmos por día, o contracción continua, Medical Research Council Scale (MRC) de 0 a 5 en relación a la máxima fuerza esperada para ese músculo, Modified Asworth Scale (MAS) de 0 a 4 puntos, donde “0” representa tono normal y “4” rigidez en flexión o extensión, Adductor Tone Rating Scale (ATRS) de 0 a 4 puntos, donde “0” representa tono normal y “4” representa necesidad de dos personas para abducir las caderas a 45°; y la Global Pain Scale (GPS) de 0 a 100 puntos, donde “100” significa máximo dolor<sup>7, 8, 9, 10, 11</sup>

### Descripción de la técnica

La rizotomía se realizó en nuestro centro, en pabellón, máquina de Siemens (Arco C de rayos X), tabla fluoroscópica y paciente bajo sedación con 0,5-1 ug/mL de Propofol en TCI/CE, en decúbito prono.

Bajo visión de fluoroscopia, en proyección anteroposterior (AP) se marcan referencias para abordaje percutáneo transforaminal de las raíces L2 a L4 bilateral (Fig. 1a).

Se marca en piel con punto de entrada a 4-5 cm de línea media a nivel de la faceta inferior al foramen a abordar. Posteriormente se marca el ángulo de entrada a 25° en dirección superior (con respecto a la horizontal). Luego la región paraespinal fue preparada con solución de clorhexidina e instalación de paños quirúrgicos. Para este caso se usó el Sistema de Radiofrecuencia Radionic.

Las agujas espinales fueron posicionadas bajo fluoroscopia con dirección al foramen en la unión faceto-transversa L2-L3, L3-L4 y L4-L5 bilateral, corroboración en línea medio pedicular con visión AP y confirmación de su ubicación intraforaminal con visión lateral (Fig. 1b). Se inserta electrodo a través de la aguja espinal y se procede a la localización de la raíz con estimulación motora con radiofrecuencia, comenzando en 0.1 mV, aumentando el

estímulo en forma progresiva hasta observar la contracción muscular y/o clonus. Una vez ubicado el blanco (fig 1), sin mover la aguja, se aplica radiofrecuencia lesional a temperatura de 80° por 120 segundos, seguido de estimulación motora hasta obtener respuesta motora y/o clonus. Esto se repite hasta subir el umbral de estimulación motora de 2 a 3 veces con respecto al inicial. Por lo general, se debe lesionar el mismo blanco entre 3 a 7 veces para obtener el resultado buscado. La lesión fue considerada adecuada cuando se logró doblar o triplicar el umbral de respuesta motora, siempre debe haber respuesta motora; cuidado con eliminar la respuesta. Solo se busca disminuir la espasticidad. El tiempo de pabellón, incluido anestesia y neurocirugía, fue aproximadamente de 90 minutos. El paciente es trasladado a sala básica.

El paciente es evaluado en sala común al siguiente día por equipo de neurología, donde se le aplican nuevamente las escalas para objetivar la espasticidad; y es dado de alta para continuar con la rehabilitación multidisciplinaria.

### Resultados

El paciente fue evaluado al siguiente día por equipo de neurología, donde tuvo un alivio de dolor (GPS 0/100 puntos) y mejora clínica al evaluar la espasticidad en la flexión/aducción de cadera y extensión de rodilla. Una tabla comparativa incluye la evaluación postoperatoria de cada grupo muscular tratado (Tabla 2b).

En el postoperatorio no se reportó alodinia ni disestesia, debilidad excesiva ni disfunción eréctil. Se obtuvo una reducción significativa de los espasmos en la flexión de cadera y extensión de rodilla de ambas extremidades (SFS), y se obtuvo una reducción al menos del 50% en el tono de los cuádriceps (MAS). El paciente continuó en tratamiento con los equipos de fisioterapia y rehabilitación. El paciente ha tenido un seguimiento de 5 años y se encuentra en buenas condiciones, con leve aumento de la espasticidad en extremidad inferior derecha, manejable con manejo médico y kinésico, sin necesidad de reintervención hasta la fecha.

**Tabla 1.** Resumen de características clínicas del paciente.

Mediciones	Características
<b>Sexo</b>	Masculino
<b>Edad</b>	38 años
<b>Etiología</b>	Trauma
<b>Años de tratamiento</b>	17
<b>Clínica</b>	Silla de ruedas, postura viciosa de flexión/aducción de cadera con dolor, espasmos musculares que impiden actividad sexual y cuidado personal.
<b>Dolor (GPS)</b>	50/100 puntos
<b>Indicación de cirugía</b>	Falla al tratamiento médico con toxina botulínica (inyecciones) Alto costo económico de la bomba de baclofeno (ITB)

**Tabla 2a.** Puntuación en escalas de espasticidad preoperatorio.

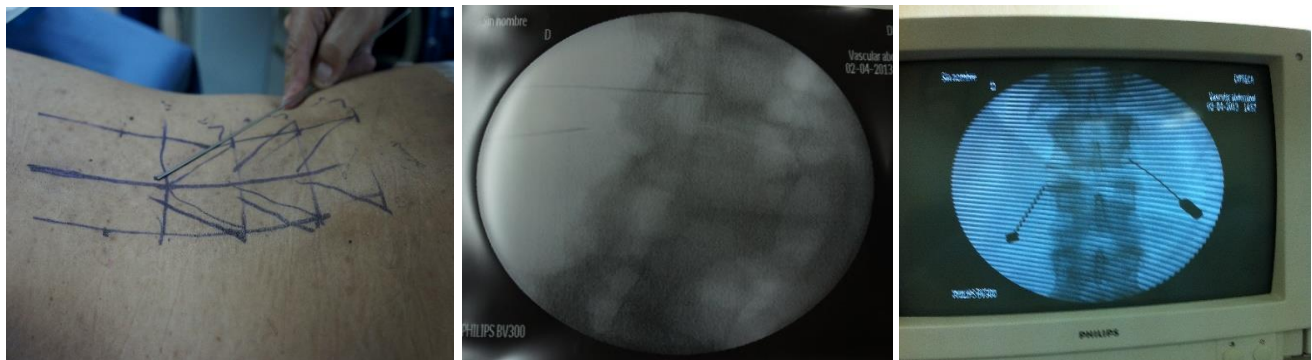
	Ileopsoas D/I	Cuadriceps D/I	Aductor D/I
<b>SFS</b>	3/3	4/4	0/0
<b>MRC</b>	0/0	0/0	0/0
<b>MAS</b>	1/1	2/2	1/1
<b>ATRS</b>	-	-	1/1

SFS: Spasm Frequency Scale

MRC: Medical Research Council Scale

MAS: Modified Asworth Scale

ATRS: Adductor Tone Rating

**Figura 1:** a) Referencias para abordaje, b) Aguja en visión de rayos lateral, c) electrodos en visión de rayos AP

**Tabla 2b.** Resultados de la Rizotomía percutánea con radiofrecuencia para el alivio de la espasticidad.

	<b>Pre-Op Ileopsoas D/I</b>	<b>Pre-Op Cuadriceps D/I</b>	<b>Pre-Op Adductor D/I</b>	<b>Post-Op Ileopsoas D/I</b>	<b>Post-Op Cuadriceps D/I</b>	<b>Post-Op Adductor D/I</b>
<b>SFS</b>	3/3	4/4	0/0	1/1	1/1	0/0
<b>MRC</b>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
<b>MAS</b>	1/1	2/2	1/1	1/1	1/1	0/0
<b>ATRS</b>	-	-	1/1	-	-	0/0

Pre-Op: preoperatorio, Post-Op: postoperatorio, SFS: Spasm Frequency Scale, MRC: Medical Research Council Scale, MAS: Modified Asworth Scale, ATRS: Adductor Tone Rating.

## Discusión

En la práctica clínica, el aumento del tono es lo que entendemos como espasticidad. Esta condición típica del síndrome de la neurona motora superior, tiene características especiales. Definida por Lance, en 1980, como: “Un trastorno motor caracterizado por un aumento, dependiente de velocidad, en el reflejo de estiramiento muscular, también llamado miotático, con movimientos exagerados en los tendones, que se acompaña de hiperreflexia e hipertonia, debido a la hiperexcitabilidad neuronal, siendo uno de los signos del síndrome de neurona motora superior”.

No está clara la fisiopatología de la espasticidad, modelos animales sugieren que existen alteraciones a diferentes niveles del sistema nervioso central. Se sugiere que aparece a las 6 semanas post injuria, donde los mecanismos involucrados producirían alteraciones en la excitabilidad motoneuronal, las vías parapiromidales y mayores aferencias con el estiramiento muscular, resultando así, en falta de inhibición y exceso de excitación.<sup>12</sup>

La evolución nos condujo a la bipedestación. En las extremidades inferiores los cuádriceps, los aductores, el tibial anterior, los peroneos y los extensores dorsales de los dedos de los pies, entre otros, son los músculos que se oponen a la fuerza de gravedad. No obstante, en las extremidades superiores son los deltoides, el bíceps, los supinadores, y los extensores de muñeca y dedos.<sup>13</sup> Por eso, la espasticidad es útil desde un concepto evolutivo, ya que nos ayuda a mantener la postura y la fuerza. Sin

embargo, cuando la espasticidad es severa puede presentar espasmos musculares, contracción simultánea de músculos agonistas/antagonistas, distonías y posturas anormales que dificultan la rehabilitación, produce complicaciones a largo plazo, dificulta el cuidado personal y los cuidados de enfermería, llevando al individuo al desarrollo de úlceras, crisis de dolor y el discomfort biopsicosocial.<sup>3,4,5,6, 14</sup>

En la actualidad, la mayoría de las publicaciones con respecto al tratamiento son en niños debido a los avances en el manejo de la parálisis cerebral. El tratamiento de la espasticidad puede incluir manejo con férulas, fisioterapia, terapia ocupacional, fármacos (baclofeno, gabapentina, diazepam, dantroleno, etc.), inyecciones con toxina botulínica A, cirugía ortopédica y procedimientos neuroquirúrgicos.<sup>15,16</sup>

Los procedimientos neuroquirúrgicos (5-10%) son considerados cuando hay falla al tratamiento médico lo que presenta un porcentaje muy pequeño de los pacientes con paraplejia espástica severa. Éste, busca reestablecer el equilibrio muscular e impedir el desarrollo de malformaciones osteoarticulares como pies equinos, aducción de muslos, aducción de caderas, etc. Los tratamientos quirúrgicos incluyen las técnicas de neuromodulación a nivel cerebral, cerebelosa o medular, donde la principal técnica desarrollada ha sido la bomba de infusión intratecal de baclofeno (ITB), y las técnicas neurolesivas a nivel cerebral o medular, donde se ha desarrollado la mielotomía, dreztomías (DREZL) y la rizotomía dorsal selectiva (SDR),

<sup>2,13,15</sup> donde esta última, SDR, ha sido ampliamente usada en la población pediátrica con buenos resultados a largo plazo de seguimiento. Sin embargo, es un procedimiento mayor e invasivo que puede producir complicaciones como incontinencia urinaria transitoria, lumbago crónico y deformidades espinales.<sup>15,16,17,18,19</sup>

Una alternativa simple, mínimamente invasiva, de bajo costo y con menos complicaciones para el tratamiento de la paraplejía espástica severa en adultos es la rizotomía percutánea con radiofrecuencia. Técnica reportada por Herz y Kasdon en la década de 1980 como una alternativa prometedora en adultos,<sup>3,4,5,6</sup> técnica que aún no logra explicar el mecanismo exacto de acción de la lesión termal.<sup>16</sup>

En este caso clínico, proponemos la técnica de rizotomía percutánea con radiofrecuencia debido a que ya había fallado a la inyección de toxina botulínica en múltiples instancias y al resto del tratamiento médico con empeoramiento progresivo de su calidad de vida. Cabe destacar que el paciente era portador de una paraplejía absoluta (MRC 0). Por lo tanto, se trata de un paciente parapléjico con gran morbilidad por trauma raquímedular C6-C7, en condición de severidad con alta incidencia de problemas como crisis de dolor, más de 10 espasmo espontáneos por hora y gran aumento de la resistencia muscular, sin avances en la rehabilitación, donde cualquier cambio modesto en el confort, cuidados de enfermería, capacidad de traslado en silla de rueda iban a significar una mejora en su calidad de vida. El paciente post rizotomía tuvo una disminución del dolor, de los espasmos y del tono muscular de las extremidades inferiores. No tuvo cambios con respecto al tránsito intestinal, vesical o disfunción sexual lo cual es una ventaja con respecto a la terapia intratecal u otros procedimientos más invasivos.<sup>3</sup> Además, no hubo complicaciones postoperatorias ni postanestésicas por lo que fue dado de alta al siguiente día. Esto representa una gran ventaja con respecto a la rizotomía dorsal selectiva (SDR) y la dreztomía (DREZL).

La literatura de 1980's reportan buenos resultados iniciales (84%) pero con aproximadamente un 40%

de recurrencia al año, quizás los criterios más rigurosos de selección de nuestro paciente han permitido su buen resultado en el tiempo, con un seguimiento a 5 años donde la lesión con radiofrecuencia ha mostrado ser efectiva en el tiempo.

El autor tiene una serie de 10 pacientes con resultados similares al caso clínico descrito, donde todos tuvieron falla al tratamiento médico y la rizotomía percutánea con radiofrecuencia fue una opción que alivio sus síntomas. De estos, 3 pacientes han recidivado y uno de ellos 2 veces, a los cuales se repitió la RF-DRG sin problemas y buenos resultados. A pesar de que estos pacientes pertenecen a una población cautiva, ya que son policías con un sistema de salud cerrado, el control de estos fue poco homogéneo y riguroso en aplicación de escalas objetivas de espasticidad. Creemos necesario un manejo multidisciplinario pre y postoperatorio con evaluaciones periódicas con escalas validadas y reproducibles para la espasticidad, para poder publicar una serie comparable y objetiva.

En todo caso, esto no invalida los buenos resultados clínicos y repetibles de esta técnica quirúrgica.

## Conclusiones

En conclusión, desprendemos de nuestro caso clínico que la rizotomía percutánea con radiofrecuencia es: 1) una técnica mínimamente invasiva, 2) representa una alternativa efectiva para la paraplejía espástica severa que no responde a terapia médica, 3) puede ser un procedimiento ambulatorio, 4) se puede repetir cuantas veces sea necesario, 5) es de bajo costo con respecto a otras técnicas más invasivas y 6) es fácil de implementar. Su efectividad en el tiempo deberá ser definida con estudios controlados a largo plazo.

## Referencias

1. Khurana SR, Garg DS. Spasticity and the use of intrathecal baclofen in patients with spinal cord injury. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2014;25(3):655-ix. doi: 10.1016/j.pmr.2014.04.008

2. Sitthinamsuwan B, Phonwijit L, Khampalikit I, Nitising A, Nunta-aree S, Suksompong S. Comparison of efficacy between dorsal root entry zone lesioning and selective dorsal rhizotomy for spasticity of cerebral origin. *Acta Neurochir (Wien)*. 2017 Dec;159(12): 2421-2430
3. Kasdon D, Lathi E. A Prospective Study of Radiofrequency Rhizotomy in the Treatment of Posttraumatic Spasticity. *Nerosurgery*, 1984. Vol. 15, N°4: 526-529
4. Herz D et al. The Management of Paralytic Spasticity. *Neurosurgery*, 1990. Vol. 26, N°2: 300-306
5. Herz D, Parsons K, Pearl L. Percutaneous Radiofrequency Foramenal Rhizotomies. *Spine*, 1893. Vol 8, N°7: 729-732
6. Kasdon D. Controversies in the Surgical Manegement of Spasticity. *Clin Neursurg*. 1896; 33:523-529
7. Penn RD. Intrathecal haclofen for severe spasricity. *Ann N Y Acad Sci* 1988; 53 I: I S7-66.
8. Medical Research Council. Aids to the examination of the peripheral nervous system, Memorandum no. 45, Her Majesty's Stationery Office, London, 1981.
9. Bohannon RW, Smith MB: Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther* 1987, 67(2):206-207
10. Snow BJ, Tsui JK, Bhatt MH, Varelas M, Hashimoto SA, Calne DB. Treatment of spasticity with botulinum toxin: a double-blind study. *Ann Neurol* 1990; 28: 512–515
11. Gentile DA, Woodhouse J, Lynch P, Maier J, McJunkin T. Reliability and validity of the Global Pain Scale with chronic pain sufferers. *Pain Physician*. 2011;14(1):61-70.
12. Lance JW. What is Spasticity? *The Lancet* 1980; 335: 606.
13. Silva, C., 2013. *Semiología Y Fundamentos De La Neurología Clínica*. 1st ed. Santiago: AMOLCA, pp.64-65.
14. Bolaños Jiménez R, et al. Espasticidad, conceptos fisiológicos y fisiopatológicos aplicados a la clínica. *Rev Mex Neuroci* 2011; 12(3): 141 148
15. Bellofatto M, De Michele G, Iovino A, Filla A and Santorelli FM (2019) Management of Hereditary Spastic Paraplegia: A Systematic Review of the Literature. *Front. Neurol*. 10:3. doi: 10.3389/fneur.2019.00003
16. Vles G, et al. Percutaneous radiofrequency lesions adjacent to the dorsal root ganglion alleviate spasticity and pain in children with cerebral palsy: pilot study in 17 patients. *BMC Neurology* 2010, 10:52
17. Farmer JP, Sabbagh AJ: Selective dorsal rhizotomies in the treatment of spasticity related to cerebral palsy. *Childs Nerv Syst* 2007, 23(9):991-1002.
18. Langerak NG, Lamberts RP, Fieggan AG, Peter JC, van der Merwe L, Peacock WJ, Vaughan CL: A prospective gait analysis study in patients with diplegic cerebral palsy 20 years after selective dorsal rhizotomy. *J Neurosurg Pediatr* 2008, 1(3):180-186.
19. Martínez I, Abad J, 2015. *Parálisis Cerebral Infantil. Manejo de las alteraciones musculoesqueléticas asociadas*. 1st ed. Madrid: Ergon, pp.41-50.