

Radiofrecuencia pulsada del ganglio de la raíz dorsal cervical: presentación de dos casos clínicos y revisión de la bibliografía.

**Dr. María José Otero¹, Dr. Santiago Ayala²,
Dra. Marta Surbano³, Dr. Pablo Castromán³.**

Referencias

1. Asistente. Departamento y Cátedra de Anestesiología. Hospital de Clínicas, Facultad de Medicina, Montevideo, Uruguay.
2. Profesor Adjunto. Departamento y Cátedra de Anestesiología. Hospital de Clínicas, Facultad de Medicina, Montevideo, Uruguay.
3. Profesor Agregado. Departamento y Cátedra de Anestesiología. Hospital de Clínicas, Facultad de Medicina, Montevideo, Uruguay.

Título en inglés

Pulsed radiofrequency of the cervical dorsal root ganglion: report of two cases and bibliography review

Correspondencia:

Dr. Pablo Castromán

Dirección:

Dr. José Aguirre y Lecube 4987.
CP: 11400. Montevideo, Uruguay.

Correo electrónico:

pablocastro227@gmail.com

Resumen

El tratamiento estándar del Dolor Radicular Cervical (DRC), que acompaña a la patología discal o la estenosis neuroforaminal, se realiza con un enfoque multidisciplinario, que incluye medicación efectiva para el dolor neuropático, fisioterapia y la inyección epidural de esteroides (IEC). Cuando el dolor es refractario a este tipo de abordaje, la cirugía se propone como opción terapéutica. La radiofrecuencia pulsada del Ganglio de la Raíz Dorsal (GRD) de las raíces afectadas es una alternativa válida para tratar el DRC refractario. Se presentan dos casos clínicos de DRC por estenosis neuroforaminal, donde se utilizó la radiofrecuencia pulsada del GRD con buenos resultados, evaluados mediante la versión en español del Brief Pain Inventory (BPI). Se realiza además una revisión bibliográfica sobre los resultados de la utilización de la técnica y sus posibles mecanismos de acción.

Palabras clave

dolor radicular cervical, radiofrecuencia pulsada, ganglio de la raíz dorsal, Inventario Abreviado del Dolor.

Summary

Standard treatment of Cervical Radicular Pain (CRP) due to cervical disc disease or neuroforaminal stenosis is performed utilizing a multidisciplinary approach, including neurophatic pain killers, physical therapy and epidural steroid injections (ESI). When CRP is refractory to this treatment approach, spine surgery is often proposed. Pulsed radiofrequency of the cervical Dorsal Root Ganglion (DRG) is a valid alternative treatment to refractory CRP. Two cases are reported, where pulsed radiofrequency of the DRG was used with good results, utilizing the Spanish version of the Brief Pain Inventory as an outcome evaluation tool. A review of the literature about the clinical result of the technique and its possible mechanisms of action is also presented.

Key words

cervical radicular pain, pulsed radiofrequency, dorsal root ganglion, Brief Pain Inventory.

Introducción

El Dolor Radicular Cervical (DRC) tiene una incidencia anual estimada en 1 a 3.5 cada 1000 personas, con un pico mayor entre los 40 y 50 años.^{1,2} Este se produce con más frecuencia por la irritación de una raíz nerviosa cervical por una hernia de disco, protrusión discal o la estenosis del neuroforamen.³ El tratamiento multidisciplinario, con una combinación de un esquema farmacológico para tratar el dolor neuropático, fisioterapia y la inyección epidural de esteroides (IEC) ha mostrado los mejores resultados.¹⁻³ Dentro de los procedimientos intervencionistas para el DRC, las IEC utilizando el abordaje interlaminar, es la opción que cuenta con mayor soporte de la evidencia y por lo tanto es la recomendada en los algoritmos propuestos para este

fin.^{4,5} La eficacia de estas intervenciones parece ser mayor cuando hay hernia de disco, en contraposición a estenosis foraminal, en pacientes jóvenes, con tiempo de evolución del dolor menor a 6 meses, excluido el componente facetario.⁵ Existe aproximadamente un 20% a 40% de pacientes, en los cuales, por distintos factores, las IEC por vía interlaminar, no son exitosas.^{1,6,7} Las IEC por vía transforaminal cervical, al igual que ocurre a nivel lumbar, se ha propuesto como una alternativa cuando fracasa la vía interlaminar.⁸ Sin embargo, las complicaciones neurológicas catastróficas observadas con el uso de esteroides particulados por vía foraminal, limitan esta opción terapéutica.^{1,9}

La radiofrecuencia pulsada del Ganglio de la Raíz Dorsal (GRD), tanto a nivel lumbar como cervical, se ha propuesto como una alternativa terapéutica cuando el dolor radicular es refractario a los tratamientos estándar propuestos.¹⁰

El objetivo de esta comunicación es la presentación de dos casos clínicos de DRC, en pacientes con estenosis neuroforaminal, resistentes a otros tratamientos, utilizando la versión en español del Brief Pain Inventory (BPI) como método de evaluación de eficacia analgésica. En nuestro servicio este instrumento se ha utilizado para evaluar los procedimientos intervencionistas indicados para el dolor lumbar.¹¹ Se realiza además, una revisión de la bibliografía sobre la eficacia del uso de la radiofrecuencia pulsada en el DRC y sus mecanismos de acción.

Caso 1.

Mujer de 59 años, con cervicobraquialgia intensa, 9/10 de la Escala Verbal Numérica (EVN) afectando territorio de raíces nerviosas C6 y C7, con impotencia funcional y sin alteraciones sensitivas. Una Resonancia Magnética Nuclear (RMN) de Columna Cervical mostró protrusiones discales circunferenciales a nivel de C5-C6 y de C7-T1. La figura 1 muestra las imágenes correspondientes al estudio señalado, en cortes sagital y axial. Se indica tratamiento diario con Gabapentina 900 mg, Amitriptilina 25 mg, Paracetamol 2 g, Ibuprofeno 1.2 g y Tramadol en gotas de rescate. Debido a la escasa mejoría con dicho tratamiento se realiza una IEC interlaminar, con punción bajo radioscopia a nivel de espacio C7-T1, que fue inefectiva. Finalmente, ante la escasa respuesta a los tratamientos realizados se propone una radiofrecuencia pulsada del GRD de C7. En block quirúrgico se coloca a la paciente en decúbito dorsal, con vía venosa periférica y monitorización estándar de los parámetros vitales. Luego de asepsia de piel y habón de anestesia local, se punciona con cánula de radiofrecuencia de 5 cm largo, punta activa 0.4 cm (PAJUNK®) a nivel de neuroforamen C6-C7 bajo radioscopia en posición inicial oblicua, utilizando la técnica de visión túnel hasta contactar la pared posterior del neuroforamen, aproximadamente a nivel de la hora 6 de las agujas del reloj (figura 2). En esta posición de la aguja, se reduce el riesgo de punción accidental de la

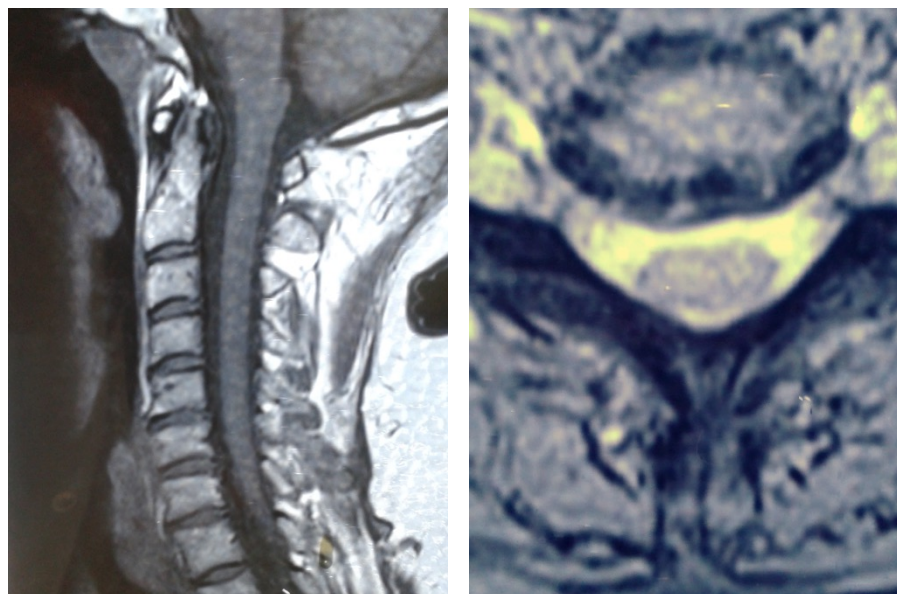
Figura 1.


Figura 1. Resonancia magnética nuclear de columna cervical en cortes sagital y axial, del Caso 1, que muestra protrusiones discales y estenosis neuroforaminal

Figura 2.


Figura 2. Enfoque radioscópico en posición oblicua de la columna cervical. La cánula de radiofrecuencia se encuentra colocada por delante de la pared posterior de la parte media del neurofóramen de C6-C7, zona aproximada donde se encuentra el Ganglio de la Raíz Dorsal correspondiente. Esta posición de la aguja reduce el riesgo de punción accidental de la arteria vertebral.

arteria vertebral. Con enfoque radioscópico anteroposterior, se avanzó la aguja hasta aproximadamente una línea imaginaria que divide el macizo facetario en dos partes iguales (ver figura 2). No sobrepasar este punto es importante para evitar una punción accidental de la médula espinal. Se utilizó un generador de radiofrecuencia de marca Cosman, modelo G4, y se realizó prueba sensitiva, con respuesta positiva a 0.35 mA y respuesta motora negativa a 0.7 mA. Se inyectó 1 cc de suero fisiológico con el fin de aumentar la conductancia y luego se realizaron 2 ciclos de radiofrecuencia pulsada de 120 segundos a 45V y 42°C sin incidentes. Al mes del procedimiento la paciente refiere franca mejoría, evaluada subjetivamente como de un 100%. En un segundo control a los 3 meses la paciente persistía sin dolor radi-

Figura 3.

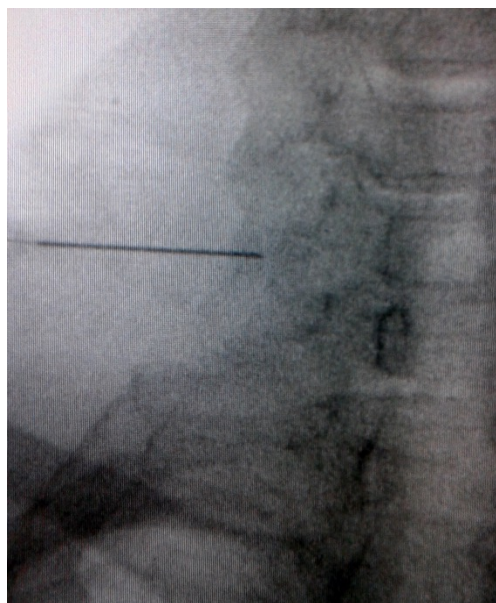


Figura 3.Enfoque radioscópico en posición anteroposterior de la columna cervical. La cánula de radiofrecuencia se encuentra colocada algo por fuera de una línea imaginaria que divide al macizo facetario de dos partes iguales, a nivel del neurofóramen de C6-C7, zona aproximada donde se encuentra el Ganglio de la Raíz Dorsal correspondiente. Esta posición de la aguja reduce el riesgo de punción accidental de la médula espinal.

cular, pero manifestaba dolor a nivel cervical axial, con contractura importante y puntos dolorosos gatillo, que mejoraron con infiltración de los mismos con anestésicos locales. La tabla 1 muestra los Scores de Intensidad e Interferencia basal, al mes y a los 3 meses así como el porcentaje de alivio referido por la paciente, evaluados con la versión en español del BPI. Es importante señalar que a los 3 meses la paciente no manifestaba dolor radicular alguno, pero si un dolor cervical axial, que determinó los Scores de Intensidad e Interferencia que se muestran en la tabla.

Caso 2.

Paciente de 64 años, que sufre accidente de tránsito en año 2009 con traumatismo raquímedular. Fractura de puño, cubito y radio derecho que requieren de cirugía. En el 2011 laminectomía C4 con artrodesis trans-articular C3-C4, por vía anterior. Desde hace 5 años dolor tipo urente en antebrazo derecho, de intensidad 10/10 por Escala Verbal Numérica, territorio radicular C7 y C8, acompañado de parestesias e impotencia funcional, con componente nocturno. Tratado con Gabapentina, Amitriptilina, Baclofeno, Ketoprofeno y Tramadol gotas. Fisioterapia y ejercicios. Sin mejoría. Se intenta con Metadona vía oral, que suspende por mala tolerancia. Estudio de conducción eléctrica muestra síndrome radicular C6 a T1 y denervación parcial de mediana a severa de los nervios mediano y cubital. Síndrome de Tunnel Carpiano y neuropatía del nervio cubital bilateral por atrapamiento en Canal de Guyón. RMN de columna lumbosacra muestra protrusiones circunferenciales C4-C5 C5-C6 y C6-C7, estrechamiento del canal raquídeo con compromiso neuroforaminal bilateral.

Se realizan dos bloqueos de ganglio estrellado que fueron ineffecti-

vos. Por tratarse de un dolor de larga evolución en un paciente con la columna operada con técnica instrumentada, se decide evitar, debido a los riesgos potenciales, la realización de una IEC interlaminar. Se plantea como alternativa, la realización de una radiofrecuencia pulsada a nivel de C7-T1, utilizando la misma técnica descrita para el caso anterior. La tabla 2 muestra los valores de los Scores de Intensidad e Interferencia basales, a la semana y al mes de realizado el procedimiento así como el porcentaje de alivio referido por el paciente en dichos controles, medidos con el BPI.

Tabla 1

	Basal	1 mes	3 meses
Porcentaje de Alivio		100%	40%
Score de Intensidad	8.75	1	7
Score de Interferencia	8	0.85	7.7

Tabla 1. Porcentaje de alivio del dolor y Scores de Intensidad e Interferencia del Caso 1 evaluados mediante la versión en español del Brief Pain Inventory (BPI), previamente al procedimiento y en los controles al mes y a los 3 meses del mismo.

Tabla 2

	Basal	1 mes	3 meses
Porcentaje de Alivio		70 %	40%
Score de Intensidad	10	5.5	5.3
Score de Interferencia	7.9	3.6	3.7

Tabla 2. Porcentaje de alivio del dolor y Scores de Intensidad e Interferencia del Caso 2 evaluados mediante la versión en español del Brief Pain Inventory (BPI), previamente al procedimiento y en los controles a la semana y al mes del mismo.

Discusión

Existe un porcentaje de pacientes con DRC con respuestas poco satisfactorias a la IEC, entendidas éstas como cambios menores de un 30% en los valores basales en la intensidad del dolor o su repercusión funcional luego de la realización de los procedimientos, pudiéndose clasificar a estos pacientes como no respondedores o refractarios.^{10,12} Los motivos de la escasa respuesta a las inyecciones de esteroides puede ser diversa, como la evolución crónica, con escasa participación de los fenómenos inflamatorios en su fisiopatología. En estos casos podría plantearse entonces que el dolor radicular es esencialmente neuropático.

Cuando el tratamiento no invasivo y las IEC fracasan en lograr una mejoría en los niveles de dolor de los pacientes con DRC, la cirugía de columna se ofrece con frecuencia como opción terapéutica.¹⁰ Una alternativa a la opción quirúrgica para el tratamiento del dolor radicular crónico, tanto cervical como lumbar, es la aplicación de radiofrecuencia pulsada sobre los GRD de las raíces involucradas.¹⁰

Sluijter y colaboradores describen en 1998 el tratamiento isotérmico

con radiofrecuencia, conocida como radiofrecuencia pulsada, variante no destructiva de la lesión neural por temperatura que produce la radiofrecuencia continua.¹³ Esta última, si bien se ha aplicado en pacientes con DRC, su uso se cuestiona en este escenario, debido las secuelas motoras a la que se expone el paciente frente a su aplicación, por lo que la radiofrecuencia pulsada, al no asociarse a lesión neural, tendría un perfil de mayor seguridad.^{10,13}

Existen varios reportes sobre el uso de esta técnica en el tratamiento del dolor radicular crónico, tanto cervical como lumbar con escasa respuesta a otras modalidades de tratamiento.¹⁴⁻²³ Los resultados de su utilización a nivel de la columna lumbar en cuanto a la mejoría del dolor y la repercusión funcional del mismo oscilan en un 60% a los 3 meses, no reportándose hasta el momento complicaciones con el uso de la técnica en esta modalidad.¹⁵

Los estudios sobre la eficacia analgésica de la radiofrecuencia pulsada sobre el GRD a nivel cervical no son abundantes. Se encontraron cuatro estudios prospectivos randomizados y controlados, seis estudios prospectivos de seguimiento y tres retrospectivos.¹⁴⁻²³ Van Zundert y colaboradores, estudiaron el efecto de la radiofrecuencia pulsada de los GRD cervical, en pacientes con cervicobraquialgia utilizando 42 grados de temperatura, a 45 voltios, durante 120 segundos, tomando como control un grupo de pacientes en los que se realizó la simulación del procedimiento (grupo sham) para descartar efecto placebo. Los autores encontraron una mejoría del dolor mayor a 50% en la escala visual análoga, estadísticamente significativa a los 3 meses, persistiendo la mejoría a los 6 meses sin alcanzar significancia estadística comparando con el grupo control. No se observaron efectos secundarios producidos por el tratamiento.¹⁴

Chalermkitpanit y cols. realizan un estudio prospectivo controlado y randomizado comparando el uso de radiofrecuencia pulsada del GRD cervical ecoguiada asociada a la inyección de dexametasona epidural versus la inyección epidural de dexametasona únicamente, con un seguimiento a nueve meses. Los autores encuentran una mejoría más prolongada del dolor en la escala visual análoga y en la funcionalidad medida por el Neck Disability Index, en el grupo que se realizó radiofrecuencia pulsada más inyección de dexametasona (6.0 ± 4.1 versus 2.3 ± 2.1 , respectivamente).¹⁵

Lee y colaboradores realizan un estudio comparando radiofrecuencia pulsada del GRD cervical combinada con la inyección transforaminal de dexametasona, con un seguimiento a tres meses. Los autores no encuentran diferencias estadísticamente significativas, en ningún momento del estudio, en el dolor medido por la escala visual análoga y en la funcionalidad medida por el Neck Disability Index entre los grupos. Concluyen que el procedimiento de radiofrecuencia pulsada del GRD es igual de efectivo que las inyecciones epidurales de esteroides

en el control del dolor radicular cervical, sin los potenciales riesgos neurológicos de los esteroides transforaminales.¹⁶

En un estudio prospectivo de seguimiento realizado por estos mismos autores utilizando la misma técnica en 18 pacientes con DRC crónico, se observó una mejoría de un 50% o más en las escalas de intensidad utilizadas, en 72% de los pacientes tratados.¹⁹ Choi y colaboradores encuentran tasas de mejoría similares a los tres meses, utilizando radiofrecuencia pulsada en pacientes con DRC sin respuesta a las IEC y 66% de respuestas favorables, definidas como mejoras de un 50% o más en las escalas de intensidad a los 12 meses, en un estudio de seguimiento más prolongado.^{17,18} En ningún caso ocurrieron complicaciones.

Kinci y colaboradores encuentran que la combinación de radiofrecuencia pulsada del GRD cervical combinada con la inyección transforaminal de dexametasona, logra un resultado considerado bueno por un 50% de los pacientes en un seguimiento a 6 meses, considerando dicha asociación, como una buena alternativa para tratar el dolor radicular cervical crónico.¹⁹

Esta evidencia científica, si bien pueda considerarse insuficiente para protocolizar su utilización, apoya la indicación de la técnica en el DRC crónico que no responde a las IEC o cuando los riesgos de éstas supera los beneficios esperados.

En el primer caso presentado, la paciente presentó un alivio del DRC estimado en aproximadamente 90%, utilizando los Scores de Intensidad y de Interferencia proporcionados por el BPI, mejorando tanto en lo que se refiere a la intensidad del dolor como a su interferencia en las actividades cotidianas. A los tres meses la paciente se mantuvo sin dolor radicular, pero manifestó un dolor cervical axial que determinó los puntajes observados en los scores señalados. En el segundo caso, la mejora los Scores de Intensidad y de Interferencia fue de 45 y 55% respectivamente al mes de realizado el procedimiento, considerándose una respuesta exitosa y condicionando la repetición de una radiofrecuencia pulsada del GRD al mismo nivel a los dos meses de la primera.

El mecanismo de alivio del dolor en el caso de la radiofrecuencia pulsada es aún objeto de discusión. En ésta, la aplicación de calor no produce lesión neural si no la generación de un campo magnético alrededor de la estructura neural expuesta, produciendo disrupción de las membranas neuronales, interfiriendo con la generación de potenciales de acción y de las descargas ectópicas neuronales.¹⁵ Higuchi y colaboradores mostraron que la aplicación radiofrecuencia pulsada del ganglio GRD de ratones aumenta la expresión del gen c-Fos a dicho nivel, hallazgo similar al observado por Van Zundert y colaboradores.^{21,22} La relación clínica entre la expresión de c-Fos y el alivio del dolor todavía no ha sido determinada, pero constituye un indicador de que la técnica actúa sobre la transmisión nociceptiva. Otros me-

canismos propuestos de la acción de la radiofrecuencia pulsada en modelos de dolor neuropático y radicular incluyen la interferencia con la liberación de sustancias pro-inflamatorias a nivel del conflicto disco-radicular, atenuación del mecanismo de sensibilización central a nivel del asta posterior medular y potenciación de los mecanismos descendentes de analgesia a través de la liberación de noradrenalina y serotonina.²³⁻²⁷

Conclusiones

Se presentan dos casos clínicos de dolor cervical crónico por estenosis neuroforaminal, refractarios a distintas opciones terapéuticas incluyendo tratamientos intervencionistas, tratados mediante la aplicación de radiofrecuencia pulsada sobre el GRD en los niveles afectados. Se obtiene franca mejoría del dolor radicular, tanto en los que se refiere a la intensidad como a la interferencia del mismo en la actividades diarias de los pacientes, evaluados mediante la utilización de la versión en español del BPI.

Referencias bibliográficas

1. Van Zundert J, Huntoon M, Patijn J. Cervical radicular pain. 2009 World Institute of Pain, Pain Practice, Volume 10, Issue 1, 2010 1–17
2. Cohen SP, Hayek S, Semenov Y et al. Epidural steroid injections treatment, or combination treatment for cervical radicular pain. A multicenter, randomized, comparative-effectiveness study. *Anesthesiology* 2014;121:1045-1055
3. Eubanks JD. Cervical radiculopathy: nonoperative management of neck pain and radicular symptoms. *American family physician* 2010;81:33-40
4. Benyamin RM, Singh V, Parr AT, Conn A, DiwanS, Abdi S. Systematic review of the effectiveness of cervical epidurals in the management of chronic neck pain. *Pain Physician* 2009; 12: 137-157.
5. Manchikanti L, Abdi S, Alturi S et al. An update of comprehensive evidence-based guidelines for interventional techniques in chronic spinal pain. Part II: guidance and recommendations. *Pain Physician* 2013, April 16:S49-S283
6. Slipman CW, Lipetz JS, Jakson HB, Rogers DP, Vresilovic EJ. Therapeutic selective nerve root block in the nonsurgical treatment of atraumatic cervical spondylotic radicular pain: a retrospective analysis with independent clinical review. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81: 741-746.
7. Saal JS, Saal JA, Yurth EF. Nonoperative management of herniated cervical intervertebral disc with radiculopathy. *Spine* 1996; 21: 1877-1883.
8. Rathmell J, Aprill C, Bogduk N. Cervical transforaminal injection of steroids. *Anesthesiology* 2004; 100:1595-1600.
9. Rathmell JP, Benzon HT, Dreyfuss P et al. Safeguards to prevent neurologic complications after epidural steroid injections. Consensus opinions from a Multidisciplinary Working Group and National Organizations. *Anesthesiology* 2015 May; 122(5):974-84
10. Abejón D, García del Valle S, Fuentes ML, Gómez- Arnau JI, Reig E, van Zundert J. Pulsed radiofrequency in lumbar radicular pain: clinical effects in various etiological groups. *Pain Practice* 2007;7(1):21-26
11. Surbano M, Antunez M, Coutinho I, Machado V, Castroman P. Uso del Brief Pain Inventory (BPI) para la evaluación de las técnicas intervencionistas en el tratamiento de la lumbalgia. *Revista El Dolor* 2014 (62): 10-14
12. Gatchel RJ, Mayer TG Choi YH, Chou CR. Validation of a consensus-based minimal clinically important difference (MCID) threshold using an objective functional external anchor.. *The Spinal Journal* 2013(13):889-893
13. Sluijter ME, Cosman E, Rittman I. The effects of pulsed radiofrequency field applied to the dorsal root ganglion-a preliminary report. *Pain Clin.* 1998;11:109-117
14. Van Zundert J, Patijn, Kessels A, Lamé I, Van Suijlekom H, van Kleef M. Pulsed radiofrequency adjacent to the cervical dorsal root ganglion in chronic cervical radicular pain: A double blind sham controlled randomized clinical trial. *Pain* 2007; 127:173-182
15. Chalermkitpanit P, Pannangpetch P, Kositworakitkun Y, Singhatanadgige W, Yingsakmongkol W, Pasuhirunnikorn P, Tanasansomboon T. Ultrasound-guided pulsed radiofrequency of cervical nerve root for cervical radicular pain: a prospective randomized controlled trial. *Spine J.* 2023 May;23(5):651-655
16. Lee DG, Ahn SH, Lee J. Comparative Effectiveness of Pulsed Radiofrequency and Transforaminal Steroid Injection for Radicular Pain due to Disc Herniation: a Prospective Randomized Trial. *J Korean Med Sci.* 2016 Aug;31(8):1324-30.
17. Van Boxem K, de Meij N, Kessels A, Van Zundert J, van Kleef M. Pulsed radiofrequency for chronic intractable lumbosacral radicular pain: a six month cohort study. *Pain Medicine* 2015; 16:1155-1162
18. Choi G, Ahn SH, Cho YW, Lee DG. Short-term effects of pulsed radiofrequency on chronic refractory cervical radicular pain. *Ann Rehabil Med* 2011; 35:826-832
19. Kinci A, Sari S, Ertlav E, Aydin ON. Efficacy of Combined Dorsal Root Ganglion Pulsed Radiofrequency and Cervical Epidural Steroid Injection on Radicular Neck Pain. *Turk Neurosurg.* 2023;33(1):58-62
20. Chao SC, Lee HT, Kao TH. Percutaneous pulsed radiofrequency in the treatment of cervical and lumbar radicular pain. *Surg Neurol* 2008; 70: 59-65.
21. Choi G, Ahn SH, Cho YW, Lee DG. Long-term effect of pulsed radiofrequency on chronic cervical radicular pain refractory to repeated transforaminal epidural steroid injections. *Pain Medicine* 2012;13:368-375
22. Van Zundert J, Lamé IE, Louw A de, Jansen J, Kessels F, Patijn J, van Kleef M. Percutaneous pulsed radiofrequency treatment of the cervical dorsal root ganglion in the treatment of chronic cervical pain syndromes: a clinical audit. *Neuromodulation* 2003; 6(1):6-14
23. Yoon YM, Han SR, Lee SJ et al. The efficacy of pulsed radiofrequency treatment of cervical radicular pain patients. *Korean J Spine* 2014; 11(3):109-112
24. Higuchi Y, Nashold BS Jr, Sluijter M. Exposure of the dorsal root ganglion in rats to pulsed radiofrequency currents activates dorsal horn lamina I and II neurons. *Neurosurgery* 2002; 50:850-855.
25. Van Zundert J, de Louw AJ, Joosten EA. Pulsed and continuous radiofrequency current adjacent to the cervical dorsal root ganglion of the rat induces late cellular activity in the dorsal horn. *Anesthesiology* 2005; 102: 125-131.

26. Park HW, Ahn SH, Kim SJ. Changes in spinal cord expression of fractalkine and its receptor in a rat model of disc herniation by autologous nucleus pulposus. *Spine* 2011; 36: 753–60.
27. Kim SJ, Kim WR, Kim HS, et al. Abnormal spontaneous activities on needle electromyography and their relation with pain behavior and nerve fiber pathology in a rat model of lumbar disc herniation. *Spine* 2011; 36: 1562–7.
28. Erdine S, Bilir A, Cosman ER, Cosman ER Jr. Ultrastructural changes in axons following exposure to pulsed radiofrequency fields. *Pain Pract* 2009; 9:407–17.
29. Hamann W, Abou-Sherif S, Thompson S, Hall S. Pulsed radiofrequency applied to dorsal root ganglia causes a selective increase in ATF3 in small neurons. *Eur J Pain* 2006; 10: 171–6.
30. Hagiwara S, Iwasaka H, Takeshima N. Mechanisms of analgesic action of pulsed radiofrequency on adjuvant-induced pain in the rat: Roles of descending adrenergic and serotonergic systems. *Eur J Pain* 2009; 13: 249–52.