

ORIGINAL

Tratamiento del dolor neuropático por desaferentización mediante lesión DREZ, resultados a largo plazo[☆]

F. Ruiz-Juretschke*, F. García-Salazar†, R. García-Leal, C. Fernández-Carballal, B. Iza, J.M. Garbizo, S. García-Duque y T. Panadero

Servicio de Neurocirugía, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid, España

Recibido el 25 de febrero de 2010; aceptado el 23 de septiembre de 2010
Accesible en línea el 8 de diciembre de 2010

PALABRAS CLAVE

Avulsión plexo
braquial;
Desaferentización;
Dorsal root entry zone;
Dolor;
Lesión medular

Resumen

Introducción: El dolor por desaferentización secundario a lesiones medulares, avulsión del plexo braquial y otras lesiones de nervios periféricos, es a menudo refractario a tratamientos convencionales. Este trabajo evalúa la eficacia a largo plazo de la cirugía de lesión DREZ (*Dorsal Root Entry Zone*) en diversos síndromes de dolor neuropático por desaferentización.

Pacientes y métodos: Se presenta una serie de 18 pacientes con dolor refractario por desaferentización tratados mediante lesión DREZ con radiofrecuencia. La eficacia inmediata y a largo plazo se valoró mediante la escala visual analógica (EVA) preoperatoria y postoperatoria, la valoración subjetiva del paciente, la reincorporación laboral y la reducción de la medicación analgésica.

Resultados: El dolor en la EVA disminuyó significativamente de 8,6 antes de la cirugía a 2,9 de media al alta ($p < 0,001$). A largo plazo, con un seguimiento medio de 28 meses (6-108), el dolor se mantuvo en 4,7 en la EVA ($p < 0,002$). El porcentaje de pacientes con un alivio moderado a excelente del dolor fue de 77% al alta y 68% a largo plazo. El 67% de los pacientes redujo la medicación analgésica y el 28% se reincorporó al trabajo. Los mejores resultados se obtuvieron en los pacientes con avulsión del plexo braquial con una mejoría significativa del dolor a largo plazo en todos los casos.

Conclusiones: La lesión DREZ por radiofrecuencia es un tratamiento eficaz y seguro para el dolor neuropático refractario por desaferentización.

© 2010 Sociedad Española de Neurología. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

* Ningún trabajo similar al presente manuscrito ha sido publicado o remitido para su publicación en otra revista. Parte de los datos de este trabajo fueron comunicados en el XIV Congreso de la Sociedad Española de Neurocirugía (SENEC) en Sevilla en mayo de 2009.

† Autor para correspondencia.

Correo electrónico: doc.fer@gmx.de (F. Ruiz-Juretschke).

† El Dr. Francisco García Salazar, principal impulsor de la cirugía del dolor en nuestro servicio y primer cirujano en todos los casos presentados en esta serie, falleció el 05.10.09 durante la elaboración de este manuscrito, D.E.P.

KEYWORDS

Brachial plexus avulsion;
Deafferentation;
Dorsal root entry zone;
Pain;
Spinal injury

Treatment of neuropathic deafferentation pain using DREZ lesions; long-term results**Abstract**

Introduction: Deafferentation pain secondary to spinal cord injury, brachial plexus avulsion and other peripheral nerve injuries is often refractory to conventional treatments. This study evaluates the long-term efficacy of spinal DREZ (*Dorsal Root Entry Zone*) lesions for the treatment of neuropathic pain syndromes caused by deafferentation.

Patients and methods: A series of 18 patients with refractory deafferentation pain treated with radiofrequency DREZ lesions is presented. The immediate and long-term efficacy was measured with the Visual Analogue Scale (VAS) before and after treatment, the patient's subjective evaluation, the percentage of patients returning to work and the reduction in pain medication. **Results:** Pain on the VAS significantly decreased from 8.6 preoperatively to 2.9 ($p < .001$) at discharge. Over the long-term, with a mean follow-up of 28 months (6-108) pain remained at 4.7 on the VAS ($p < 0.002$). The percentage of patients with moderate to excellent pain relief was 77% at discharge and 68% at the last follow-up. Pain medication was reduced in 67% of the patients and 28% returned to work. The best results were obtained in patients with brachial plexus avulsion, with a significant long-term pain relief in all cases.

Conclusions: Radiofrequency DREZ lesion is an effective and safe treatment for refractory neuropathic pain caused by deafferentation.

© 2010 Sociedad Española de Neurología. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La región DREZ (*dorsal root entry zone*) fue descrita por Sindou e incluye: la porción medial de la raíz dorsal, el tracto de Lissauer y el asta posterior de la médula¹. Diversos estudios en animales y en pacientes con sección medular demostraron una hiperactividad paroxística neuronal en esta región, lo cual podría ser la base fisiopatológica del dolor por desaferentación. En el año 1972 Sindou y Fisher publicaron la técnica de lesión microquirúrgica de la región DREZ para el tratamiento del dolor neuropático en un paciente con infiltración del plexo braquial por un tumor de Pancoast². Poco después, Nashold introdujo la técnica de lesión DREZ por termocoagulación con radiofrecuencia para el dolor asociado a la avulsión del plexo braquial³. Desde entonces, la técnica de lesión DREZ se ha empleado para el tratamiento del dolor neuropático en diversas situaciones como: avulsión de raíces cervicales del plexo braquial, neuralgia postherpética, lesión medular, cáncer y lesiones de nervio periférico. En este trabajo presentamos nuestra experiencia y resultados a largo plazo con la técnica de lesión DREZ para el tratamiento del dolor neuropático.

Pacientes y métodos

Se realizó una revisión retrospectiva de todos los pacientes con dolor neuropático por desaferentación refractario a otros tratamientos tratados mediante lesión DREZ espinal en el Hospital General Universitario Gregorio Marañón entre los años 1994 y 2009. En este período se realizaron 19 lesiones DREZ en 18 pacientes (7 hombres y 11 mujeres) con una edad media de 52 años (27-77). Los datos epidemiológicos, clínicos y quirúrgicos se recopilaron de la historia clínica. La evolución del dolor se registró a partir de los evolutivos del seguimiento en consultas de neurocirugía y de la unidad del dolor, así como mediante entrevista telefónica a pacientes sin seguimiento en nuestro centro.

La etiología del dolor neuropático fue: avulsión del plexo braquial (8 pacientes), infiltración neoplásica del plexo braquial (3 pacientes), traumatismo medular (2 pacientes) y dolor neuropático en otras localizaciones (5 pacientes). El nivel metamérico de la distribución del dolor fue cervical en 13 casos, dorsal en 4 casos y lumbosacro en un caso. La media de tiempo desde el inicio del dolor hasta la operación DREZ fue de 6 años (1-17). En ese tiempo los pacientes fueron tratados con múltiples terapias médicas sin controlar el dolor, así como diversos procedimientos quirúrgicos: estimulación de cordones posteriores (11), bomba de morfina intratecal (3), neurólisis del plexo braquial (2), amputación (3), estimulación cerebral profunda talámica (1). Las características clínicas de los pacientes se representan en la tabla 1.

La técnica quirúrgica se realizó bajo anestesia general en decúbito prono en 15 casos y en sedestación en 3. En los 11 casos con abordaje a la médula cervical se empleó el craneostato de Mayfield. La médula se expuso mediante una laminectomía bilateral de todos los segmentos afectados e incluyendo un segmento hacia rostral y otro hacia caudal. Los segmentos a ser lesionados se determinaron en función de los dermatomas con dolor irradiado, teniendo en cuenta el decalaje de los niveles medulares respecto a los niveles espinales especialmente a nivel torácico donde las raíces salen por los forámenes de conjunción 1 a 2 niveles más caudal. Bajo visión microscópica se procedió a la apertura dural en línea media y a la identificación a ambos lados de la entrada de las raíces a nivel del surco intermediolateral. Es especialmente importante la localización bilateral de la zona DREZ en las avulsiones de plexo, ya que la ausencia de raíces en el lado lesionado junto con la fibrosis aracnoidea, que dificulta la disección y puede rotar la médula, puede desorientar al cirujano. Una vez localizado el surco intermediolateral y disecada la aracnoides se realizó la lesión DREZ según los parámetros propuestos por Nashold a 75 °C durante 15 segundos con un electrodo de radiofrecuencia de punta de 2 mm (Radionics, Burlington, MA)³. Las lesiones se espaciaron 1 mm entre sí procediendo de caudal a rostral,

Tabla 1 Características clínicas y respuesta del dolor a la lesión DREZ, casos ordenados por tipo de síndrome doloroso

	Edad/sexo	Lesión	DREZ niveles	EVA		
				Previo	Al alta	Final
1	41/H	Avulsión plexo braquial	C5-C8	7	0	0
2	73/M	Avulsión plexo braquial	C5-T1	9	0	5
3	36/H	Avulsión plexo braquial	C5-T1	10	0	0
4	38/H	Avulsión plexo braquial	C5-T1	8	2	2
5	50/H	Avulsión plexo braquial	C4-C7	9	0	2
6	38/M	Avulsión plexo braquial	C5-T1	10	0	4
7	27/H	Avulsión plexo braquial	C5-T1	8	0	3
8	52/M	Avulsión plexo braquial	C5-T1	8	3	3
9	64/M	SDRC mano	C6-C7	8	4	ND
10	29/M	Causalgia pared abdomen	T12-L1	8	0	7
11	52/M	SDRC mano	C5-T1	10	10	10
12	66/M	Causalgia miembro inferior	Cono unilateral	8	8	8
13	48/M	Causalgia costal	T6-T8	10	0	2
14	56/M	Neoplasia plexo (Mama)	C4-T1	9	3	5
15	69/M	Neoplasia plexo (Sarcoma)	C5-T1	10	10	10
16	60/H	Neoplasia plexo (t. Pancoast)	C4-C6	6	6	6
17	77/H	Trauma medular D9-D11	T10-T12 bilateral	6	0	ND
18	60/M	Infarto medular D10-D12	T10-L1 bilateral	10	6	8

EVA: escala visual analógica; ND: no disponible; SDRC: síndrome de dolor regional complejo.

generando más de 50 lesiones para una extensión de C5 a T1 (**fig. 1**). Es importante la inserción del electrodo en la porción lateral de la zona DREZ en un ángulo de 45° para alcanzar el asta dorsal sin lesionar los cordones posteriores ni la vía piramidal. Una vez realizado el procedimiento se suturó la dura de forma hermética y la herida se cerró por planos anatómicos. Todos los pacientes recibieron corticoterapia profiláctica perioperatoria y postoperatoria con dexametasona.

El resultado se midió de forma subjetiva según la valoración del propio paciente considerando un resultado excelente la ausencia del dolor, bueno cuando el alivio del dolor era mayor a 75%, moderado cuando era de 25-75% y malo si el alivio obtenido con la cirugía era menor a 25%. Asimismo se registró el dolor preoperatorio, postoperatorio inicial en el momento del alta y postoperatorio tardío en la última revisión mediante la Escala Visual Analógica (EVA). Las medias de dolor según la EVA se compararon mediante una prueba no paramétrica para muestras pareadas de Wilcoxon, considerando significativa una $p < 0,05$. Otros indicadores de buen resultado analizados fueron la disminución significativa de la medicación analgésica (al menos un nivel en la escala de tratamiento del dolor de la OMS) y la reincorporación a la actividad laboral.

Por último se registró la mortalidad y morbilidad asociada al tratamiento.

Resultados

La media de dolor previo a la cirugía según la EVA fue de 8,6 y descendió significativamente hasta 2,9 en el momento del alta ($p < 0,001$). En el último seguimiento con una media de 28 meses (6-108) la media de EVA fue 4,7 ($p < 0,002$) (**fig. 2**). Dos pacientes se perdieron en el seguimiento, uno

de ellos por éxitus en el postoperatorio. El resultado según los pacientes fue excelente en 10 casos, bueno en 3, moderado en 1 y malo en 4 en el postoperatorio inicial, aunque a largo plazo pasó a considerarse excelente en 3, bueno en 6, moderado en 3 y malo en 6. La medicación analgésica se pudo reducir en 66,7% de los pacientes. Un 27,8% pudo reincorporarse a la vida laboral.

En cuatro (22,2%) pacientes se registraron complicaciones neurológicas postquirúrgicas. Estas consistieron en 3 casos en un cuadro transitorio de alteración sensitiva proprioceptiva y vibratoria por afectación cordonal posterior, sin que ello impidiese la deambulación. Únicamente en un caso se produjo una lesión medular permanente en un paciente con dolor secundario a una mielopatía postquirúrgica dorsal al que se realizó un DREZ dorsal bajo bilateral. Además aparecieron complicaciones menores asociadas a la herida en dos pacientes por fistulas de LCR que se resolvieron con reposo y drenaje lumbar en ambos casos. Un enfermo falleció a consecuencia de una neumonía nosocomial a los 9 días de la cirugía.

Discusión

La región DREZ es un importante centro de integración del estímulo doloroso. Las raíces dorsales penetran en el surco intermediolateral dividiéndose en 4-10 raicillas. En la porción lateral de las raíces dorsales se localizan las fibras nociceptivas que tienen su soma neuronal en el ganglio raquídeo y terminan en el asta dorsal. Antes de hacer sinapsis en las áreas 1,2 y 5 de Rexed del asta dorsal las fibras nociceptivas se extienden varios segmentos en dirección caudocraneal formando un haz que rodea el extremo postero lateral del asta dorsal: el tracto de Lissauer. Es conocida la capacidad moduladora del tracto de Lissauer y la lesión



Figura 1 Imagen intraoperatoria de una lesión DREZ cervical izquierda por avulsión del plexo braquial, la flecha gris señala las lesiones por radiofrecuencia a nivel del surco intermediolateral en el que faltan las raicillas avulsionadas. La flecha blanca señala raicillas cervicales bajas intactas.

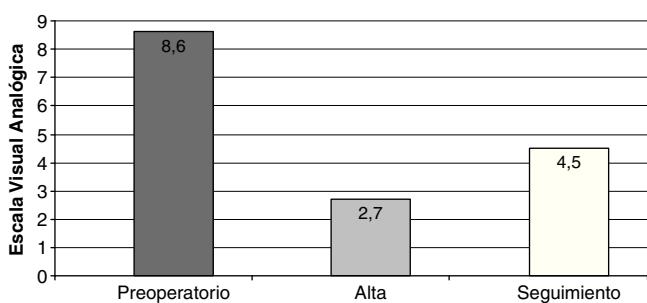


Figura 2 Comparación del dolor antes de la cirugía, al alta y a largo plazo según el valor medio en la escala visual analógica.

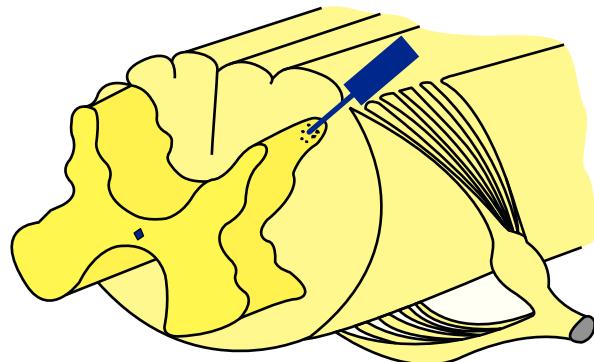


Figura 3 Imagen esquemática de la técnica de lesión DREZ por radiofrecuencia.

de su porción medial que vehicula las fibras nociceptivas reduce la excitabilidad dolorosa⁴. El dolor por desaferentización a nivel medular se cree debido a una hiperactividad espontánea de las neuronas nociceptivas que originan la vía espinotalámica y espinoreticular a nivel del asta dorsal, así como una hiperexcitabilidad de dichas neuronas al haberse perdido las aferencias inhibitorias^{3,5}. Se ha medido un aumento paroxístico de la actividad espontánea del asta dorsal en estudios en animales y humanos^{6,7}; y también un aumento de la respuesta evocada a estímulos nociceptivos⁸. La lesión DREZ es una técnica neuroablativa dirigida a la porción lateral de las raíces dorsales, la porción medial del tracto de Lissauer y el asta dorsal, preservando las fibras proprioceptivas lemniscales y la porción inhibitoria del tracto de Lissauer² (fig. 3).

La primera indicación establecida para la técnica DREZ fue el dolor por desaferentización en pacientes con avulsión del plexo braquial. Estos pacientes presentan dolor neuropático central crónico e intratable en un 20-30%. El dolor se instaura en los primeros diez días en la mitad de los casos y es raro que se inicie después de los primeros 6 meses⁹. Típicamente presenta dos componentes, un dolor crónico, quemante o punzante que característicamente no sigue una clara distribución metamérica y se localiza más en el antebrazo y la mano; y un dolor paroxístico breve sobreimpuesto al previo^{3,9,10}. El dolor llega a ser incapacitante y no responde a analgésicos, opiáceos ni bloqueos periféricos o simpáticos. La respuesta a antiepilepticos y a la estimulación eléctrica transcutánea suele ser parcial e insuficiente. Diversas cirugías ablativas como la cordotomía, talamotomía o cingulotomía y técnicas de estimulación de cordones posteriores o núcleos profundos han ofrecido resultados pobres¹⁰. La amputación de la extremidad no ofrece ningún tipo de alivio^{3,5}. Actualmente las técnicas de neurotización del plexo braquial consiguen devolver cierta sensibilidad de protección a la extremidad y varias series refieren una mejoría del dolor por desaferentización¹¹. La técnica DREZ ha demostrado buenos resultados en los pacientes con lesión del plexo braquial por avulsión con mejoría significativa del dolor, considerada como alivio > 50% en la EVA, en un 58-100% tras la cirugía^{5,9,10,12-16}. Además se ha visto una mejoría funcional en escalas de ansiedad y depresión, así como una reincorporación laboral en más de un tercio de los pacientes^{5,16}. Nuestra serie ofrece resultados comparables con una mejoría del dolor a largo plazo en el 100% de

pacientes con lesión por avulsión del plexo braquial. Los resultados del seguimiento a largo plazo en la literatura evi-dencian una recidiva del dolor en el 13-20% de los pacientes pasados 5 años, aunque manteniendo un alivio significativo en más del 60% de los casos^{14,17}. No se ha demostrado una asociación entre la eficacia del tratamiento y la duración del dolor, aunque sí se ha observado una mayor tasa de recidiva a largo plazo en pacientes con una duración del dolor menor a tres años^{5,14}.

El dolor por desaferentización aparece en un 10-25% de las lesiones medulares, distinguiéndose el dolor segmentario con distribución metamérica en los niveles medulares lesionados (*end-zone pain*) y el dolor difuso caudal al nivel de lesión medular. Diversos estudios han demostrado una eficacia del 41-75% con una respuesta claramente superior en los pacientes con dolor segmentario^{9,15,18-21}. El dolor difuso inferior al nivel de lesión sólo mejora en un 16-29% de los casos y no debe considerarse a la hora de indicar esta cirugía. Varios autores han descrito una mayor eficacia en los casos de lesión medular parcial^{22,23}. La lesión DREZ ofrece algunos beneficios añadidos en las lesiones medulares con disminu-ción de la espasticidad en extremidades y en el músculo detrusor vesical al interrumpir el reflejo miotáctico²⁴.

Otras aplicaciones de la lesión DREZ son la neuralgia post-herpética, las lesiones de nervio periférico, el síndrome de dolor regional complejo y la lesión del plexo braquial por infiltración tumoral o radioterapia. La mayoría de los datos publicados provienen de series reducidas y poco homogéneas que no permiten establecer el grado de eficacia en estas indicaciones. La mayoría de los autores coinciden en que la eficacia en casos de lesión tumoral del plexo braquial y de otras lesiones de nervio periférico es menor, menos duradera y menos predecible^{13,15,25,26}. Nuestros resultados no son favorables en estas indicaciones, con una mejoría sig-nificativa en el 38%, por lo que actualmente consideramos también otras opciones para estos tipos de dolor como la cor-dotomía en el dolor por cáncer de tipo predominantemente nociceptivo.

La técnica de lesión DREZ ha sido publicada con múltiples variaciones técnicas, desde la microcoagulación propuesta por Sindou y la termocoagulación por radiofrecuencia de Nashold, luego modificada por Friedmann y Thomas, a la lesión con láser o mediante ultrasonidos^{9,10,12,27}. Actualmente varios autores defienden la coagulación con bipolar bajo visión microscópica argumentando que no precisa ins-trumentación añadida y que la destrucción de la zona DREZ sería más completa que con lesiones puntuales con radio-frecuencia aumentando así la eficacia, aunque no existen estudios comparativos^{16,25}. En nuestra experiencia, la té-cnica por radiofrecuencia tiene una eficacia similar a lo publicado en la literatura con una baja tasa de complicaciones. Si se ha visto un beneficio en el uso de técnicas de monitorización y localización de la región DREZ mediante potenciales evocados motores y somatosensoriales^{14,28}. El registro directo de potenciales transcutáneos a nivel medular por encima y por debajo de la zona de lesión permite valorar durante la cirugía la integridad de los cordones posteriores, el haz corticoespinal lateral y el haz espinocerebeloso. También el registro de actividad medular espontánea o evocada en la región DREZ permite una localización más precisa de la misma y aumenta la eficacia del procedimiento. No disponer de neuromonitorización es una limitación

técnica de nuestra serie que esperamos corregir en próximos casos.

La tasa de complicaciones con déficit neurológico en esta serie fue del 22%, siendo transitorias en tres de los pacientes que presentaron trastornos sensitivos propioceptivos. Únicamente en un caso de lesión DREZ dorsal bajo bilateral en un paciente con lesión medular previa empeoró el déficit sensitivo y motor impidiendo la deambulación. Esto está en consonancia con las tasas de morbilidad de 15-30% de series recientes, siendo en la mayoría de los casos trastornos sen-sitivos por lesión cordonal posterior de carácter transitorio y que no impiden la deambulación^{5,13,14,16}.

En conclusión, la lesión DREZ espinal por radiofrecuencia es un tratamiento dirigido al dolor neuropático por desafe-rentización. Está especialmente indicada en la avulsión de plexo braquial y el dolor segmentario secundario a lesión medular, siendo su eficacia más variable en otras indica-ciones. El perfil de seguridad puede considerarse aceptable teniendo en cuenta que es una técnica de rescate en casos de dolor refractario incapacitante.

Conflictivo de intereses

No existe conflicto de intereses ni fuentes de financiación externa en el presente trabajo.

Bibliografía

- Sindou M, Quoix C, Baleydier C. Fiber organization at the posterior spinal cord-rootlet junction in man. *J Comp Neurol.* 1974;153:15-26.
- Sindou M, Fischer G, Goutelle A, Mansuy L. Selective surgery of posterior nerve roots. First results of surgery for pain. *Neuro-chirurgie.* 1974;20:391-408.
- Nashold Jr BS, Ostdahl RH. Dorsal root entry zone lesions for pain relief. *J Neurosurg.* 1979;51:59-69.
- Denny-Brown D, Kirk EJ, Yanagisawa N. The tract of Lissauer in relation to sensory transmission in the dorsal horn of spinal cord in the macaque monkey. *J Comp Neurol.* 1973;151:175-200.
- Samii M, Bear-Henney S, Ludemann W, Tatagiba M, Blomer U. Treatment of refractory pain after brachial plexus avulsion with dorsal root entry zone lesions. *Neurosurgery.* 2001;48:1269-75, discussion 75-7.
- Guenot M, Hupe JM, Mertens P, Ainsworth A, Bullier J, Sindou M. A new type of microelectrode for obtaining unitary recordings in the human spinal cord. *J Neurosurg.* 1999;91 Suppl:S25-32.
- Loeser JD, Ward Jr AA, White Jr LE. Chronic deafferentation of human spinal cord neurons. *J Neurosurg.* 1968;29:48-50.
- Fujioka H, Shimoji K, Tomita M, Denda S, Hokari T, Tohyama M. Effects of dorsal root entry zone lesion on spinal cord potentials evoked by segmental, ascending and descending volleys. *Acta Neurochir (Wien).* 1992;117:135-42.
- Friedman AH, Nashold Jr BS, Bronec PR. Dorsal root entry zone lesions for the treatment of brachial plexus avulsion injuries: a follow-up study. *Neurosurgery.* 1988;22:369-73.
- Thomas DG, Kitchen ND. Long-term follow up of dorsal root entry zone lesions in brachial plexus avulsion. *J Neurol Neu-ro-surg Psychiatry.* 1994;57:737-8.
- Terzis JK, Vekris MD, Soucacos PN. Outcomes of brachial plexus reconstruction in 204 patients with devastating paralysis. *Plast Reconstr Surg.* 1999;104:1221-40.

12. Dreval ON. Ultrasonic DREZ-operations for treatment of pain due to brachial plexus avulsion. *Acta Neurochir (Wien)*. 1993;122:76–81.
13. Kanpolat Y, Tuna H, Bozkurt M, Elhan AH. Spinal and nucleus caudalis dorsal root entry zone operations for chronic pain. *Neurosurgery*. 2008;62 Suppl 1:S235–242, discussion 42–4.
14. Prestor B. Microcoagulation of junctional dorsal root entry zone is effective treatment of brachial plexus avulsion pain: long-term follow-up study. *Croat Med J*. 2006;47:271–8.
15. Rath SA, Braun V, Soliman N, Antoniadis G, Richter HP. Results of DREZ coagulations for pain related to plexus lesions, spinal cord injuries and postherpetic neuralgia. *Acta Neurochir (Wien)*. 1996;138:364–9.
16. Zhang XH, Li YJ, Hu YS, Tao W, Zheng Z. Dorsal root entry zone coagulation for treatment of deafferentation pain syndromes. *Chin Med J (Engl)*. 2008;121:1089–92.
17. Chen HJ, Tu YK. Long term follow-up results of dorsal root entry zone lesions for intractable pain after brachial plexus avulsion injuries. *Acta Neurochir*. 2006;99:S73–75.
18. Denkers MR, Biagi HL, Ann O'Brien M, Jadad AR, Gauld ME. Dorsal root entry zone lesioning used to treat central neuropathic pain in patients with traumatic spinal cord injury: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27:E177–184.
19. Nashold Jr BS, Vieira J, el-Naggar AO. Pain and spinal cysts in paraplegia: treatment by drainage and DREZ operation. *Br J Neurosurg*. 1990;4:327–35.
20. Samii M, Moringlane JR. Thermocoagulation of the dorsal root entry zone for the treatment of intractable pain. *Neurosurgery*. 1984;15:953–5.
21. Sindou MP, Blondet E, Emery E, Mertens P. Microsurgical lesioning in the dorsal root entry zone for pain due to brachial plexus avulsion: a prospective series of 55 patients. *J Neurosurg*. 2005;102:1018–28.
22. Sampson JH, Cashman RE, Nashold Jr BS, Friedman AH. Dorsal root entry zone lesions for intractable pain after trauma to the conus medullaris and cauda equina. *J Neurosurg*. 1995;82:28–34.
23. Spaic M, Petkovic S, Tadic R, Minic L. DREZ surgery on conus medullaris (after failed implantation of vascular omental graft) for treating chronic pain due to spine (gunshot) injuries. *Acta Neurochir (Wien)*. 1999;141:1309–12.
24. Sindou M. Microsurgical DREZotomy (MDT) for pain, spasticity, and hyperactive bladder: a 20-year experience. *Acta Neurochir (Wien)*. 1995;137:1–5.
25. Prestor B. Microsurgical junctional DREZ coagulation for treatment of deafferentation pain syndromes. *Surg Neurol*. 2001;56:259–65.
26. Saris SC, Iacono RP, Nashold Jr BS. Dorsal root entry zone lesions for post-amputation pain. *J Neurosurg*. 1985;62:72–6.
27. Levy WJ, Nutkiewicz A, Ditmore QM, Watts C. Laser-induced dorsal root entry zone lesions for pain control. Report of three cases. *J Neurosurg*. 1983;59:884–6.
28. Falci S, Best L, Bayles R, Lammertse D, Starnes C. Dorsal root entry zone microcoagulation for spinal cord injury-related central pain: operative intramedullary electrophysiological guidance and clinical outcome. *J Neurosurg*. 2002;2 Suppl:S193–200.