

## DREZOTOMIE MICROCHIRURGICALE INDICATIONS ET RÉSULTATS

F. AICHAOUI, M. DEBBOU, A. KHELIFA, M. AL ZEKRI,  
M. MYARA, A. MORSLI

*Service de Neurochirurgie,  
Hopital Lamine Debaghine, Bab El Oued, Alger*

**RÉSUMÉ :** La DREZotomie (Dorsal Root Entry Zone tomy) est une technique neurochirurgicale antalgique. Elle a été évaluée à travers une étude prospective de 30 patients. Ces derniers sont atteints respectivement de douleurs chroniques réfractaires post avulsion du plexus brachial (66,6%), douleurs postzostériennes (10%), douleurs d'état hyperspastique (6,6%), douleur du membre fantôme (6,6%), douleur du moignon (6,6%) et douleur secondaire au traumatisme médullaire (3,3%). La douleur était évaluée à l'aide de l'échelle visuelle analogue (EVA). La DREZotomie microchirurgicale a permis un résultat excellent à bon sur la douleur globale chez 93% des patients à long terme (entre 12 et 60 mois). Quant aux composantes de la douleur, 96% de patients ont eu un résultat excellent à bon sur la douleur paroxystique et 84% sur la douleur continue à long terme (entre 12 et 60 mois). L'analyse par la courbe de Kaplan Meier montre un contrôle de la douleur globale (excellent à bon) à 75,5% à 60 mois. Il existe une différence statistiquement significative ( $p < 0,0001$ ) entre les courbes de Kaplan Meier des douleurs paroxystique et continue. Elles montrent un contrôle estimé respectivement à 82,8% et 51,7% sur une période de 60 mois. L'amélioration fonctionnelle de la douleur est estimée à plus 70%.

**Mots clés :** *Douleur neuropathique ; Douleur chronique ; Arrachement du plexus brachial ; Neurochirurgie de la douleur ; DREZotomie microchirurgicale*

**ABSTRACT** The DREZotomy (Dorsal Root Entry Zone tomy) is an analgesic procedure. The analgesic effect is evaluated on 30 patients with chronic pain resulting from respectively brachial plexus avulsion (66.6%), postherpetic pain (10%), hyperspastic states (6.6%), phantom pain (6.6%), the pain in the stump (6.6%) and spinal cord injuries (3.3%). Pain intensity was evaluated using a visual analogue scale (VAS). At last evaluation, between 12 and 60 months, after DREZotomy, 93% had a good or excellent global pain relief after surgery. According to the component types of pain, 9.6% of patients had good or excellent control of the paroxysmal pain, and 84% of the continuous pain. Kaplan–Meier prediction of lasting global pain control at 60 months of follow-up was calculated at 75.5%. Comparison of the 2 corresponding Kaplan–Meier curves at long term, namely, pain control in 82.8% for the paroxysmal component and in 51.7% for the continuous component, showed a statistically significant difference ( $P < 0.0001$ ). Functional effects are improved than 70%.

**Key words :** *Neuropathic pain ; Chronic pain ; Brachial plexus avulsion ; Neurosurgery of pain ; Microsurgical DREZotomy*

### INTRODUCTION

La douleur chronique est un problème majeur de santé publique, à l'origine d'une invalidité et d'une souffrance humaine considérable. Des états dépressifs s'y associent fréquemment ; sans compter les coûts de santé qu'elle engendre.

Il existe cependant des situations où les méthodes conservatrices tels que les médicaments et les psychothérapies classiques ne sont pas efficaces et où le recours à des interventions

neurochirurgicales « lésionnelles » peut apporter une solution efficace. Il en est ainsi de certaines techniques micro-chirurgicales dont la DREZotomie (DREZ : Dorsal Root Entry Zone). Cette technique consiste à interrompre les fibres dites nociceptives et détruire par coagulation les neurones hyperactifs situés dans la corne dorsale, correspondant au territoire de la douleur, en respectant les autres fibres. Elle s'est avérée efficace sur certains cas de douleurs chroniques [2-16,19,20].

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

Nous avons réalisé une étude prospective de 30 patients ayant bénéficié d'une DREZotomie microchirurgicale (DMC) pour douleur chronique rebelle au traitement médical. Ce travail a été réalisé entre juillet 2007 à janvier 2015.

Les patients repartis entre 2 femmes et 28 hommes avaient un âge moyen de 46 ans avec des âges extrêmes de 25 et 79 ans. Tous les patients ont eu une évaluation clinique détaillée incluant les caractéristiques de leur douleur, de l'intensité de celle-ci à l'aide de l'Echelle Visuelle Analogue (EVA) ainsi qu'une évaluation du retentissement psychologique de la douleur. Les investigations par imagerie et l'électrophysiologie ont été réalisées avant la DMC. L'imagerie, représentée par le CT scanner et/ou IRM médullaire, afin d'évaluer l'étendue des lésions.

### 2.1 ETIOLOGIES

Les douleurs chroniques qui ont concerné nos patients avaient pour origine des séquelles d'avulsion du plexus brachial (APB) dans 20 cas (66,6%), le zona dans 3 cas (10 %), la douleur du moignon dans 2 cas (6,6%), le membre fantôme dans 2 cas (6,6%), la spasticité dans 2 cas (6,6%) et un cas (3,3%) de traumatisme médullaire.

### 2.2 CARACTÉRISTIQUES DE LA DOULEUR

Dans notre étude, plus de la moitié des patients (56,7%) ont présenté des douleurs d'installation immédiate et 33,3% deux mois après le début des lésions. Le délai entre l'apparition de la douleur et l'intervention chirurgicale est en moyenne de  $5 \pm 1$  an.

Trois patients avaient un DN4 inférieur à 3 dont 2 atteints de douleurs du moignon et un patient atteint de douleurs du membre fantôme. En effet, à l'interrogatoire, nous avons noté chez 25 patients (83,3%) la présence des fourmillements et/ou des picotements. Ces derniers concernaient 18 patients atteints d'APB (90%), tous les patients atteints de zona, de traumatisme médullaire et un patient atteint de douleur du membre fantôme (50%).

L'engourdissement était rapporté chez 3 patients (10%) dont deux patients atteints d'APB (10%) et un patient atteint de spasticité (50%). La dysesthésie était présente chez un patient atteint d'APB. Echelle visuelle analogue (EVA) de nos patients était initialement en moyenne de  $9,20 \pm 1,06$  avec des valeurs extrêmes de 7 et de 10. Les composantes de la douleur étaient au nombre de deux notamment la douleur

paroxystique à type de décharge électrique et la douleur continue réalisant un fond douloureux le plus souvent à type de brûlure. Les deux composantes combinées étaient présentes chez 83% des patients. Les composantes paroxystiques et de fond seules avaient intéressé respectivement 6,7% et 10% des patients.

Dans l'APB, la douleur avait concerné les dermatomes C6 et C7 dans tous les cas, et les dermatomes C8 et T1, respectivement, dans 95% et 90% des cas. Pour la douleur du moignon, les dermatomes concernés par la douleur vont de C6 à T1. Pour le membre fantôme, les zones douloureuses s'étendent de C5 à T1. Chez les trois patients atteints de douleurs post-zostériennes, les dermatomes concernés s'étendent de C7 à T1 et de T3 à T8 à une fréquence de 33,33% cas chacun associée dans les cas à l'allodynie.

Chez le patient qui souffre de douleurs chroniques dues au traumatisme médullaire, les dermatomes impliqués vont de L2 à S2. Quant aux patients souffrant de douleurs spastiques, les dermatomes concernés sont L1 et L2 mais aussi L4, L5 et S1.

Quelque soit l'étiologie causale de la douleur chronique, il est noté un retentissement non négligeable sur plusieurs aspects de la vie aussi bien d'ordre individuel, social que professionnel. Tous nos patients ont bénéficié simultanément d'un traitement à base d'anticonvulsivants, de tricycliques et d'antalgiques de classe I et II de l'OMS. Néanmoins, on note que 5 (16,6%) de nos patients ont pris au moins occasionnellement des antalgiques majeurs de classe III de l'OMS au cours de leur prise en charge antérieure. Deux de nos trois patients souffrant de douleurs post-zostériennes ont eu recours à l'utilisation de la lidocaïne topique sous forme de patch au niveau des zones allodyniques. Bien que la durée du traitement ait été de  $5 \text{ ans} \pm 1 \text{ an}$ , il n'est pas rapporté une amélioration de la douleur.

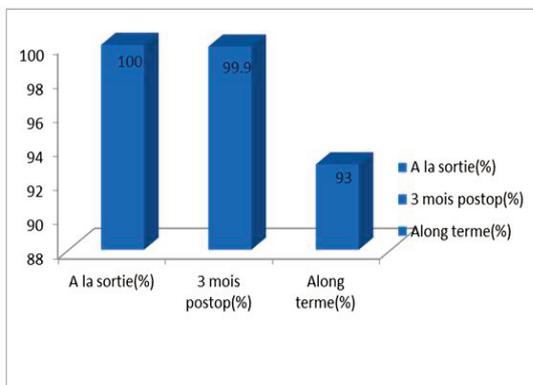
### 2.3 APPROCHE CHIRURGICALE

DREZotomy microchirurgicale a été réalisée sous anesthésie générale. Les patients ont été placés en décubitus ventral. La laminectomie a été homolatérale aux dermatomes douloureux correspondants et bilatérale quand la symptomatologie concernait les deux côtés. Après ouverture de la dure-mère, des micro-incisions sous microscope opératoire ont été réalisées au niveau du sillon dorso-latéral à l'entrée des

racines postérieures dans la moelle. Elles étaient de 2 mm de profondeur dans un angle de 35° en avant et en dedans quand il s'agissait régions cervicale et thoracique et 45° en avant et en dedans quand il s'agissait de la région lombaire. Ces micro-sections ont été suivies par micro-coagulations à basse intensité.

## RÉSULTATS

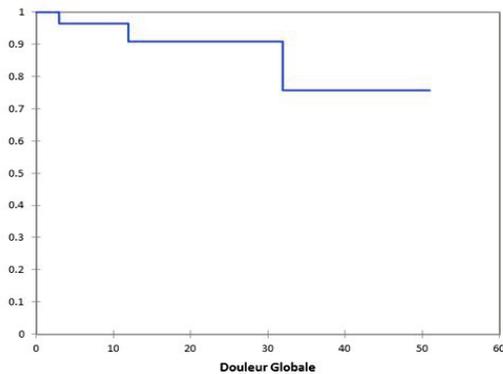
Les effets de la DREZotomie sur la douleur sont évalués à la sortie du patient de l'hôpital en moyenne 15 jours après l'intervention, mais aussi à 3 mois et à long terme (au delà de 6 mois). Quelque soit l'étiologie, les résultats de la DREZotomie sont majoritairement excellents pour 26 malades (86,6%) à la sortie, 25 (86,2%) d'entre eux à 3 mois et 20 (68,9%) d'entre eux à long terme (Fig1).



**Fig. 1: Résultats bon à excellent de la DREZotomie sur la douleur globale à la sortie, à 3 mois et à long terme toutes étiologies confondues. Excellent : Amélioration supérieure à 75% ; Bon : Amélioration comprise entre 75% et 50%.**

Les résultats bons ont intéressé 4 patients (13,3%) à la sortie, 4 (13,7%) à 3 mois et 7 (24,1%) à long terme. Les résultats faibles sont rares et ne concerne que 2 patients (6,8% ) à long terme. Le contrôle de la douleur globale à long terme définit par des résultats excellents à bon est étudié par la courbe de KAPLAN-MEIER. Celle-ci montre un contrôle de la douleur à 75,7% sur une période de suivi de 60 mois (Fig 2).

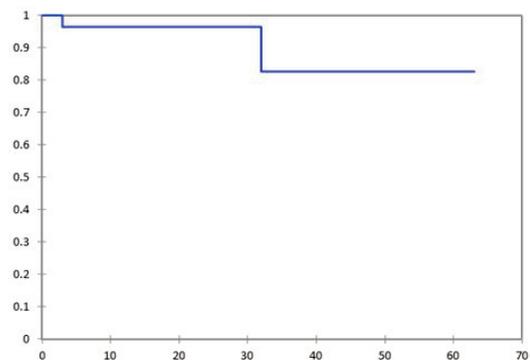
Dans notre étude, les résultats sont excellents sur l'allodynie notamment chez les patients atteints de zona. La corrélation entre le nombre de dermatomes douloureux et les résultats de la DREZotomie microchirurgicale est statistiquement significative ; moins est le nombre de dermatomes, plus les résultats de la DREZotomie sont excellents ( $p=0,0093$ ).



**Fig. 2 : Courbe de Kaplan Meier décrivant en pourcentage le contrôle de la douleur Globale (excellent à bon) à long terme. Le contrôle de la douleur est estimé à 75,7% sur une période suivi de 60 mois. Excellent : Amélioration supérieure à 75% ; Bon : Amélioration comprise entre 75% et 50%.**

Le contrôle des composantes de la douleur définis par des résultats excellents et bons est analysé au moyen de la courbe de KAPLAN-MEIER. Celle-ci montre que le contrôle des composantes paroxystique et continue s'estime respectivement à 82,8% et 51,7% sur une période de 60 mois (Fig.3 et 4).

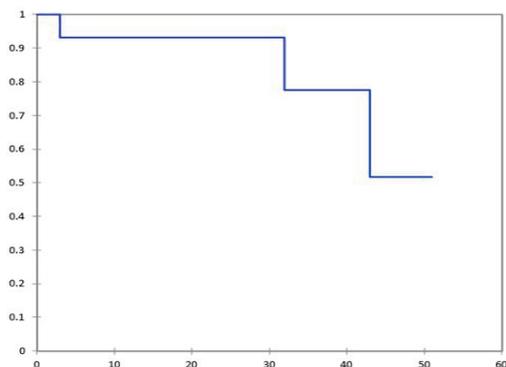
Cette analyse démontre l'efficacité de la technique sur les différentes composantes de la douleur avec une prédilection sur la composante paroxystique comparativement à la composante continue ( $p<0,0001$ ).



**Fig. 3 : La courbe de Kaplan Meier décrivant en pourcentage le contrôle de la composante paroxystique de la douleur (excellent à bon) à long terme. Le contrôle de la douleur est estimé à 82,8% sur une période de 60 mois. . Excellent : Amélioration supérieure à 75% ; Bon : Amélioration comprise entre 75% et 50%.**

La DREZotomie chirurgicale permet l'amélioration de la qualité de vie dans tous ses aspects et quelque soit l'étiologie. Cette amélioration est statistiquement significative dans tous les cas ( $p=0,00000$ ). Il est ainsi constaté une amélioration moyenne de

83±15% de l'activité quotidienne, de 79±14% de la marche, de 85±14% du moral, de 77±15% des relations sociales avec autrui, de 85±14% du sommeil. La diminution des doses des médicaments s'est faite progressivement jusqu'à l'arrêt, 3 à 4 semaines.



**Fig. 4 : La courbe de Kaplan Meier décrivant en pourcentage le contrôle de la composante continue de la douleur (excellent à bon) à long terme. Le contrôle de la douleur est estimé à 51,7 % sur une période de 60 mois. . Excellent : Amélioration supérieure à 75% ; Bon : Amélioration comprise entre 75% et 50%.**

Le traitement antalgique à de faibles doses a été maintenu chez 6 patients. après l'intervention. Les effets indésirables sont en général peu nombreux et rapidement résolutifs. Ils se résument essentiellement à des cervicalgies dans 15,4% des cas. Les autres, beaucoup plus rares, sont à type de fistule de LCR dans 3,3% des cas, ataxie avec hypoesthésie tactile et arthrokinesthésie transitoire et permanente dans 3,7% des cas chacune, des dysthésies transitoires (3,7%) et trouble moteur léger dans 3,7% des patients. Nous déplorons un décès survenu au cours de l'hospitalisation suite à une embolie pulmonaire.

## DISCUSSION

Nous pensons que l'efficacité de la DREZotomie sur la douleur renforce l'hypothèse selon laquelle la corne dorsale joue un rôle principal dans la genèse de la douleur [4]. Guenot et al [24] rapportent l'apparition de neurones hyperactifs après la rhizotomie expérimentale réalisée chez l'animal. La DREZotomie supprime de manière significative le comportement d'autotomie chez l'animal ayant subi une rhizotomie. Une hyperactivité des neurones a été également observée grâce aux enregistrements effectués à l'aide des microélectrodes implantées au niveau de la corne dorsale durant la procédure

de DREZotomie pour douleur de l'APB [23, 25, 27].

Le fait que la composante paroxystique soit souvent réduite par la DREZotomie, suggère que son origine prédomine au niveau de la corne dorsale. La sensibilisation centrale par le phénomène de dénervation ne peut à lui seul expliquer le mécanisme générateur de la douleur au sein de la corne dorsale. En effet, dans le traumatisme médullaire et l'APB, nous avons fréquemment observé comme d'autres auteurs [4,21,29] en peropératoire la présence de dépôts d'hémossidérine, des microcavitations et du tissu gliotique au sein de la substance grise de la corne dorsale dans le cas d'APB et traumatisme médullaire. Ces lésions peuvent être à l'origine d'une modification de l'activité normale au sein de cette région et entrainer par conséquent un dysfonctionnement des voies de la douleur au niveau médullaire ou cérébral [28, 33, 37,38]. Cependant, Il est tout à fait clair que les centres générateurs de la douleur ne siègent pas tous au niveau de la corne dorsale.

Quant au mécanisme de la composante continue, dominée par la sensation de brûlure qui est moins influencée par la DREZotomie que la composante paroxystique, il demeure moins clair. Cependant, plusieurs hypothèses peuvent être avancées. L'APB entraîne une nécrose plus au moins étendue des cellules appartenant à la corne dorsale qui participent dans la voie ascendante extralemniscale, ainsi que dans le cas du traumatisme médullaire. Ceci entraîne un certains degré de douleur spino-réticulo-thalamique responsable de la composante continue [4].

Les mécanismes des douleurs post-zostériennes sont similaires aux mécanismes sus-cités ; la présence du virus du zona (varicella zoster virus) dans les neurones sensitifs du ganglion dorsal [1] entraîne une inflammation et une destruction cellulaire en son sein [26, 36,18].

Le processus inflammatoire s'étend le long des fibres sensibles jusqu'à la corne dorsale entraînant des lésions semblables à celles observées dans l'APB [3], ce qui explique l'effet bénéfique de la DREZotomie sur les deux composantes en particulier la composante paroxystique ainsi que l'allodynie. La DREZotomie agit en supprimant les collatérales des fibres A $\beta$  qui bourgeonnent vers les couches nociceptives de la corne dorsale.

Plusieurs hypothèses sont suggérées lors des douleurs du moignon et du membre

fantôme. En effet, la perte de l'influx afférents de la périphérie entraîne une irritation des neurones de la corne dorsale et leurs hyperexcitabilité et réduction des processus inhibiteurs [22,30, 40]. Ce qui confère à la zone de DREZ un intérêt thérapeutique.

Selon les séries, les douleurs paraplégiques sont en majorité secondaires à la lésion du cône médullaire laquelle accompagne souvent le traumatisme rachidien [34], probablement, en rapport avec le siège correspondant à la jonction thoracolumbaire qui est exposée à des fractures fréquentes. La jonction thoraco-lombaire correspond à de nombreux segments médullaires condensés sur une petite partie de la moelle richement vascularisée (artère Adamkiewicz) expliquant leur atteinte concomitante lors du traumatisme.

Le mécanisme des douleurs spastique peut être lié à des spasmes douloureux, à une contracture douloureuse et à une douleur neuropathique [34] qui s'observe dans la sclérose en plaque [31,32] et le traumatisme médullaire [34]. Cette atteinte neuropathique est secondaire à une démyélinisation du faisceau spinothalamique [17,39] et la corne postérieure où les composantes paroxystique et continue sont habituellement présentes. L'effet bénéfique de la DREZotomie, sur les différentes composantes de la douleur en particulier la composante paroxystique a été obtenue en interrompant les fibres myotatiques (monosynaptiques) et les fibres nociceptives (polysynaptiques) privant ainsi les relais somatosensitifs de la corne dorsale de toutes les afférences excitatrices [35].

### CONCLUSION

DREZotomie est soldée d'un rapport bénéfice/risque opératoire satisfaisant avec peu d'effets secondaires. Elle est adaptée aux douleurs chroniques réfractaires de topographie périphérique et médullaire en particulier l'ABP et le traumatisme médullaire. Elle atténue de façon significative les douleurs chroniques dans ses composantes paroxystiques mais aussi continues avec une suprématie pour les douleurs paroxystiques, y compris dans les phénomènes allodyniques

*Conflit d'intérêt : aucun.*

### RÉFÉRENCES

- 1] ADA DELANEY, LESLEY A. COLVIN, MARIE T. FALLON,‡ ROBERT G. DALZIEL, RORY MITCHELL, AND SUSAN M. Fleetwood-Walker. Postherpetic Neuralgia : From Preclinical Models to the Clinic. Neurotherapeutics: The Journal of the American Society for Experimental Neuro-Therapeutics. October 2009. Vol. 6, 630–637.
- 2] ADAM F. ET LE BARS D. Voies de la douleur. In: Martin C., Riou B. et Vallet B. (2006). Physiologie humaine appliquée. Arnette, Rueil-Malmaison, 845-857.
- 3] ALLAN H. FRIEDMAN, M.D., BLAINE S. NASHOLD, JR., M.D., AND JANICE OVELMEN-LEVITT, PH.D.. Dorsal root entry zone lesions for the treatment of post-herpetic neuralgia. J Neurosurg 60:1258-1262, 1984.
- 4] AICHAOUI F, MERTENS P, SINDOU M. Dorsal root entry zone lesioning for pain after brachial plexus avulsion: Results with special emphasis on differential effects on the paroxysmal versus the continuous components. A prospective study in a 29-patient consecutive series. PAIN-152 (2011) 1923–1930
- 5] ANDERSON P, ECCLES JC, SEARS TA. Cortically evoked depolarization of primary afferent fibers in the spinal cord. J Neurophysiol 1964; 27:63-77.
- 6] ARFAT WAHEED & SHAKURA BHAT & ABDUL HAMEED & VELAYAT NABI. Quality of Life in Patients with Chronic Pain- A Study in Indian Population Using European Organization for Research and Treatment of Cancer(EORTC) Questionnaire. Applied Research Quality Life (2013) 8:77–86.
- 7] ASTRID K. WAHL Æ TONE RUSTØEN Æ BERIT ROKNE Æ ANNERS LERDAL Æ ØISTEIN KNUDSEN Æ CHRISTINE MIASKOWSKI Æ TORBJØRN MounThe complexity of the relationship between chronic pain and quality of life: a study of the general Norwegian population. Qual Life Res (2009) 18:971–980.

- 8] BARRETT, H., MCCLELLAND, RUTKOWSKI, S.B. & SIDDALL, Pain characteristics in patients admitted to hospital with complications after spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine of Rehabilitation*, (2003); 84(6), 789-95.
- 9] BEHAR M, MAGORA F, OLSHWANG D, DAVIDSON IT. Epidural morphine in treatment of pain. *Lancet*. 1979;1:527.
- 10] BLAIR H SMITH, NICOLA TORRANCE, JANICE A FERGUSON, MICHAEL I BENNETT<sup>2</sup>, MICHAEL G SERPELL<sup>3</sup> AND KATE M DUNN. Towards a definition of refractory neuropathic pain for epidemiological research. An international Delphi survey of experts. *BMC Neurology* 2012, 12:29.
- 11] BOIVIE J, MEYERSON BA. Correlative anatomical and clinical study of pain suppression by deep brain stimulation. *Pain*. 1982 ; 13 : 113-126.
- 12] BRAGIN EO, YELISEEVA ZV, VASILENKO GF, MEIZEROV EE, CHUVIN BT, DURINYIN RA : Cortical projection to the peri aqueductal grey in the cat : a retrograde horseradish peroxidase study. *Neurosci Lett* 1984;51:271-5.
- 13] BRUGGEMANN J, GALHARDO V, APKARIAN AV. Immediate reorganization of the rat somatosensory thalamus after partial ligation of sciatic nerve. *J Pain* 2001;2:220-8.
- 14] CESARO P, AMSALLEM B, POLLINB, NGUYEN-LEGROS J, MORETTI JL *Rev Neurol* 1986 ; 142 297-302 [Organization of the median and intralaminar nuclei of the thalamus : hypotheses on their role in the onset of certain central pain.
- 15] CHEEMA SS, RUSTIONI A, WHITSEL BL. Light and electron microscopic evidence for a direct corticospinal projection to superficial laminae of the dorsal horn in cats and monkeys. *J Com Neurol* 1984; 225:276-90.
- 16] CHRISTENSEN BN, PERL ER. Spinal neurons specifically excited by noxious or thermal stimuli : marginal zone of the dorsal horn. *J Neurophysiol* 1970; 33: 293-307.)
- 17] DAHM.P.O, NITESCU.P.V, APPELGREN. L. K AND CURELARU. L. Long-term intrathecal (i.t.) infusion of bupivacaine relieved intractable pain and spasticity in a patient with multiple sclerosis. *European Journal of Pain* (1998) 2: 81-85.
- 18] D'HARDEMARE VINCENT, MARGOT-DCLOT ANNE, BRUXELLE JEAN, BACHELART *Chirurgie de la douleur de la lésion à la neuromodulation*. Springer 2014 33 :374-387.
- 19] DEVOR M. Sodium channels and mechanisms of neuropathic pain. *J Pain* 2006;7(Suppl. 1): S3-12.
- 20] DICKENSON A. The inhibitory effects of thalamic stimulation on the spinal transmission of nociceptive information on the rat) Inhibition of primate spinothalamic tract neurons by stimulation in ventral posterior lateral (VPLc) thalamic nucleus : possible mechanisms. *J Neurophysiol* 1983 ; 49 :406-23.
- 21] DREVAL ON. Ultrasonic DREZ-operations for treatment of pain due to brachial plexus avulsion. *Acta Neurochir* 1993;122:76-81.
- 22] FLOR H. Phantom-limb pain: characteristics, causes, and treatment. *Lancet Neurol* 2002 ; 1 :182 9.
- 23] GUENOT M, BULLIER J, ROSPARS JP, LANSKY P, MERTENS P, SINDOU M. Single-unit analysis of the spinal dorsal horn in patients with neuropathic pain. *J Clin Neurophysiol* 2003;20:143-50.
- 24] GUENOT M, BULLIER J, SINDOU M. Clinical and electrophysiological expression of deafferentation pain alleviated by dorsal root entry zone lesions in rats. *J Neurosurg* 2002 ; 97:1402-9.
- 25] GUENOT M, HUPE JM, MERTENS AINSWORTH A, BULLIER J, SINDOU M. A new type of micro electrode for obtaining unitary recordings in the human spinal cord. *J Neurosurg Spine* 1999;91:25-32.
- 26] HÖKFELT T, ZHANG X, WIESENFELD-HALLIN Z. Messenger plasticity in primary sensory neurons following axotomy

- and its functional implications. Trends Neurosci 1994;17:22-30.
- 27] JEANMONOD D, SINDOU M, MAGNIN M, BOUDET M. Intra-operative unit recordings in the human dorsal horn with a simplified floating microelectrode. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1989;72:450-4.
- 28] KANDEL EI, OGLEZNEV KIA, DREVAL ON. Destruksiia vkhodnoi zony zadnykh koreshkov kak metod lecheniia khronicheskoi boli pri traumaticheskikh povrezhdeniakh plechevnogo spleteniia. Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko 1987 ; 6 : 20-7.
- 29] KERR, 1975A. SNYDER, 1977 ; livre ablative.
- 30] LAZORTHES Y, SALLERIN-CAUTE B, VERDIE JC, ET AL: Chronic intrathecal Baclofen administration for control of severe spasticity. J Neurosurg. 1990; 72:393-402.
- 31] PENN RD, KROIN JS: Continuous intrathecal baclofen for severe spasticity. Lancet 2:125-127, 1985) (Lazorthes Y, Sallerin-Caute B, Verdie JC, et al: Chronic intrathecal Baclofen administration for control of severe spasticity. J Neurosurg 72:393-402, 1990.
- 32] RINALDI PC, YOUNG RF, ALBEFESSARD D, CHODAKIEWITZ J. Spontaneous neuronal hyperactivity in the medial and intralaminar thalamic nuclei of patients with deafferentation pain. J Neurosurg 1991;74:415-21.
- 33] SINDOU MARC P., AND MERTENS PATRICK. Surgery in the Dorsal Root Entry Zone for Spasticity in Adults. Operative Technique in Neurosurgery.2005. Elsevier. Inc.
- 34] SINDOU.M, M.D., D.SC., E BLONDET, M.D., E EMERY, M.D., PHD., AND P MERTENS, M.D., Microsurgical lesioning in the dorsal root entry zone for pain due to brachial plexus avulsion : a prospective series of 55 patients. J Neurosurg 102 : 1018-1028. 2005.
- 35] SMITH MT, EDWARDS RR, MCCANN UD, HAYT HORNTHTWAITE JA. The effects of sleep deprivation on pain inhibition and spontaneous pain in women. Sleep 2007;30:494-505.
- 36] TASKER RR. Deafferentation. In: Wall PD, editors. Textbook of pain. Edinburgh: Churchill-Livingstone; 1984.p.119-32.
- 37] TASKER RR. Percutaneous Cordotomy. In : Lozano AM, Gildenberg PL, Tasker RR (ed). Textbook of Stereotactic and Functionnal Neurosurgery, Vol1. 2009. Berlin, Heidelberg, p2137.
- 38] THOMAS RJ. Excitatory amino acids in health and disease. J Am Geriatr Soc 1995;43:1279-89.
- 39] WOOLF CJ, MA Q. Nociceptors-Noxious stimulus detectors. Neuron 2007 ; 55 : 353-64.