

CLINICAL STUDIES / ETUDES CLINIQUES

LA RHIZOTOMIE DORSALE SELECTIVE DANS LE TRAITEMENT DE LA PARAPLEGIE SPASTIQUE.

SELECTIVE DORSAL RHIZOTOMY IN THE TREATMENT OF SPASTIC PARAPLEGIA

MAHFOUF Lila ¹
 ABDENNEBI Ben Aissa ¹

1. Service de neurochirurgie, Hôpital Salim-Zemirli, Alger, Algérie

Mots clefs : Rhizotomie dorsale sélective - paraplégie spastique - neurochirurgie fonctionnelle - réadaptation physique

RESUME

Introduction

La spasticité est un désordre moteur caractérisé par une augmentation du réflexe tonique d'étirement, associé à une exagération des réflexes tendineux. C'est l'une des composantes séquelle de l'atteinte du neurone moteur central. Dans certains cas cette séquelle est utile dans la mesure où elle supplée à la perte de la force musculaire. Chez d'autres patients dont le nombre est non négligeable, les composantes spastiques deviennent excessives et donc handicapantes qui sont à l'origine d'une aggravation des pertes fonctionnelles. Le but de ce travail est d'objectiver les effets de cette procédure sur le confort, le nursing, l'hygiène et l'habillement.

Matériels et méthodes

Nous rapportons une série de quarante neuf (49) patients qui ont présenté une paraplégie spastique handicapante et rebelle à toutes thérapeutiques médicamenteuses et kinésithérapiques, qui ont été opérés et suivis sur une période de 12 ans (2002- 2014). L'ensemble des patients candidats à la chirurgie ont été sélectionnés après une évaluation clinique et analytique par une équipe multidisciplinaire. L'âge de nos patients varie entre 30 et 65 ans, avec une nette prédominance masculine (32 cas =65,30%). L'étiologie de la paraplégie spastique est dominée par les traumatismes vertébro-médullaires (36 cas 73,46%).

Résultats

Les résultats ont été jugés « Bons » dans 09 cas (18,36%), chez les patients dont l'évaluation clinique et analytique post opératoire a retrouvé un score d'Ashworth passé de 3-4 à 1, un score de Tardieu de 3-4 à 1, et un score de Penn de 3-4 à 1 voire 0 se traduisant traduit par une diminution significative du tonus musculaire rendant la mobilisation passive plus aisée, une nette régression du clonus inépuisable à l'étirement avec une diminution des spasmes induits à la mobilisation passive. Les résultats ont été jugés « efficaces » chez 28 patients (57,14%) chez lesquels les transferts fauteuil - lit ainsi que le nursing ont été facilement réalisables avec un score d'Ashworth passé de 3-4 à 2, un score de Tardieu de 3-4 à 2 et un score de Penn non inchangé, non significatif. Les résultats ont été « nuls » dans 12 cas (24,48%) chez des patients qui pour des raisons familiales n'ont suivi aucun programme de soins en réadaptation physique. Nous n'avons déploré aucune morbidité ni de mortalité dans notre série. Le taux d'efficacité globale de cette procédure incluant les deux premières catégories au nombre de 37 cas (28+9) est de (75,51%).

Conclusion

La rhizotomie dorsale sélective pour le traitement de la spasticité rebelle des deux membres inférieurs a démontré son efficacité à court, à moyen et à long terme. La qualité des résultats de la rhizotomie dorsale sélective dépend principalement de la qualité de la sélection des patients par l'équipe multidisciplinaire par la précision et la parfaite connaissance de la technique opératoire et l'obligation d'un programme de réadaptation physique post opératoire précoce et intensif. La chirurgie de la spasticité concourt à l'amélioration de la qualité de vie.

INTRODUCTION

La spasticité est un désordre moteur caractérisée par une augmentation du réflexe tonique d'étirement, associé à une exagération des réflexes tendineux. C'est l'une des composantes séquelle de l'atteinte du neurone moteur central [3, 11,33]. Dans certains cas, cette séquelle est utile dans la mesure où elle supplée à la perte de la force musculaire. Chez d'autres patients dont le nombre est non négligeable, les composantes spastiques deviennent excessives et donc handicapantes à l'origine d'une aggravation des pertes fonctionnelles. Dans ce cadre, la neurochirurgie intervient afin de lutter contre les désordres fonctionnels, contre les postures anormales ainsi que les déformations de l'appareil locomoteur. La prise en charge de la spasticité associe médecin rééducateur, l'orthopédiste et le neurochirurgien dans la multidisciplinarité [1, 5,7]. La plus récente définition de la spasticité est celle de LANCE (1980). Il s'agit d'un désordre moteur caractérisé par une augmentation de la vitesse dépendante du réflexe tonique d'étirement et des réflexes tendineux exagérés aboutissant à un clonus [4, 7,33] Le mécanisme répond à une hyperexcitabilité du réflexe d'étirement par perte des influences inhibitrices descendantes des structures supra spinales démontré par les travaux de Sherrington chez l'animal décérébré. BABINSKI a décrit trois types cliniques de contractures : la contracture tendineuse réflexe où prédomine l'hyperexcitabilité du réflexe myotatique, la contracture réflexe secondaire à une hyperactivité dominante des réflexes polysynaptiques de défense en flexion avec phénomène de triple retrait, et la contracture nucléaire suite à une atteinte intra médullaire par altération des interneurons médullaires inhibiteurs [12,17 ,32]. Il n'y a donc pas de mécanisme univoque de la spasticité mais plusieurs mécanismes plus ou moins intriqués correspondants à plusieurs expressions cliniques. Tout le processus physiopathologique tourne autour du réflexe myotatique ou le REM. Il s'agit d'un reflexe d'étirement musculaire monosynaptique et homolatéral. Comme tout réflexe, deux bras interviennent, un afférent et l'autre efférent. L'interruption de l'un de ces bras entraîne une aréflexie

- ▶ le bras afférent comprend un fuseau musculaire (récepteur) et un neurone du ganglion de la racine dorsale avec sa fibre la.
- ▶ le bras efférent correspond à un motoneurone de la corne ventrale qui assure l'innervation du muscle strié (effecteur) (Fig. 1).

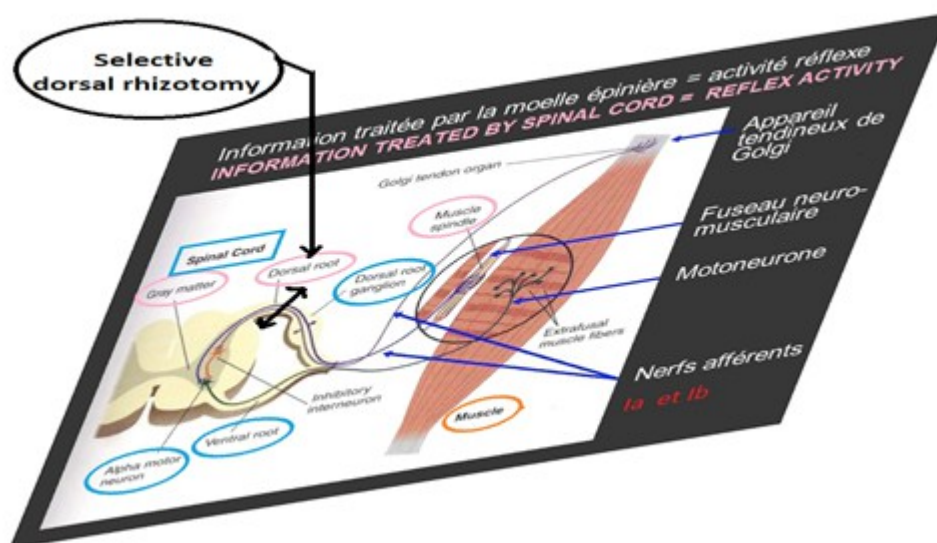


Figure a

Schéma du reflexe myotatique avec ses différents constituants fonctionnels

Le principe physiologique de la rhizotomie dorsale sélective consiste à interrompre de façon sélective un certain nombre de radicelles responsables des composantes spastiques invincibles. Les premiers travaux sur la paraplégie spastique reviennent à FASANO et coll. qui proposèrent en 1976 la méthode qualifiée de « Radicotomie dorsale fonctionnelle » [4, 10,19]. Celle-ci fut fondée sur la stimulation per opératoire bipolaire des radicelles postérieures combinée à l'observation des réponses cliniques des membres inférieurs. Plus tard, KOOTKE et HEIMBURGER rapportèrent la possibilité de diminuer la spasticité des membres supérieurs par rhizotomie dorsale sélective au niveau cervical de C1 à C3 [3, 33].

MATERIELS ET METHODE

Nous rapportons une série de quarante neuf (49) qui ont présenté une paraplégie spastique handicapante et rebelle à toutes thérapeutiques médicamenteuses et kinésithérapiques qui ont été opérés et suivis sur une période de 12 ans (2002- 2014). L'âge de nos patients varie entre 30 et 65 ans, avec une nette prédominance masculine (32 cas = 65,30%). L'étiologie de la paraplégie spastique est dominée par les traumatismes vertébro-médullaires (36 cas = 73,46%). Le tableau suivant résume les autres étiologies :

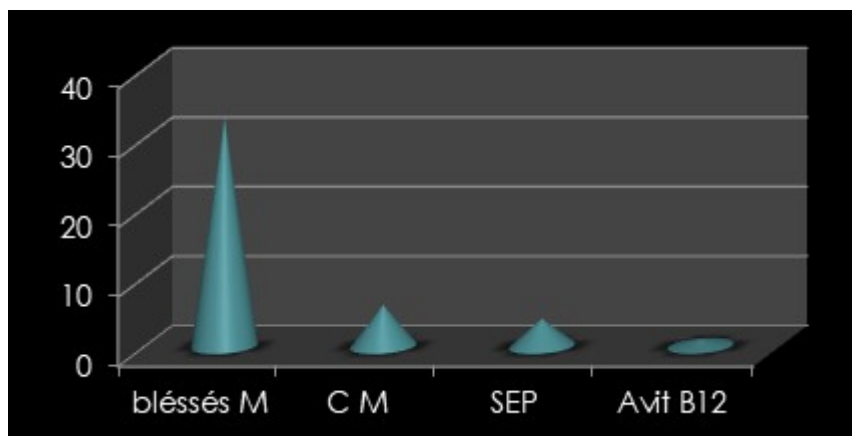


Figure b

Tableau récapitulatif des différentes étiologies :

CM : compression médullaire

SEP : sclérose en plaque

Avit B12 : avitaminose B12

Les patients ont été sélectionnés par une équipe multidisciplinaire : un médecin réadaptateur physique, un neurologue et un orthopédiste. La sélection a été réalisée après un bilan d'évaluation neurologique effectuée par les différentes échelles d'Ashworth, de Tardieu et de Penn :

Echelle d'Ashworth : Etude le tonus musculaire.

	Ashworth 0	Ashworth1	Ashworth2	Ashworth3	Ashworth4	Total
Nombre de patients	00	03	09	31	06	49

La grande majorité de nos patients présentaient un score d'Ashworth à 3 ce qui correspond à une augmentation importante du tonus rendant la mobilisation passive difficile.

Echelle de Tardieu : Etude la résistance à la mobilisation

	Tardieu 0	Tardieu 1	Tardieu 2	Tardieu 3	Tardieu 4	Total
Nombre de patients	02	03	11	26	07	49

La plupart des patients avaient un score de Tardieu à 3 correspondant au clonus inépuisable < 10 s lorsque on maintient l'étirement à un angle précis.

Echelle de Penn : pour évaluer le nombre de spasmes induits par des stimulations sensorielles ou par la mobilisation passive.

	Penn 0	Penn 1	Penn 2	Penn3	Penn 4	Total
Nombre de patients	04	23	09	07	06	49

La majorité des patients ont présenté un score de Penn à 1 ce qui correspond à un spasme induit par la mobilisation passive.

La rhizotomie dorsale sélective est la technique opératoire de choix qui permet de réduire les composantes spastiques diffuses, rebelles et invalidantes des membres inférieurs rendant le nursing ainsi que les transferts fauteuil- lit très difficiles (Fig 1). Elle est réalisée sous anesthésie générale sans curare ou avec un curare à action courte, ce qui permet d'apprécier les réponses motrices à la stimulation monopolaire, bipolaire et tripolaire. L'anesthésie générale reste le meilleur test prédictif des résultats escomptés. En effet, elle permet de réaliser une évaluation per opératoire de la spasticité. On assiste alors à une disparition totale de l'ensemble des composantes spastiques ; ne persisteront que les troubles d'ordres orthopédiques tels que les rétractions musculo-tendineuses et les ankyloses (Fig2).

**Figure 1**

Attitude en adductum des cuisses et flexum des genoux.

**Figure 2**

Patient sous anesthésie générale. Relâchement musculaire total avec disparition de l'adductum des cuisses et du flexum des genoux.

Le patient est opéré en position ventrale, l'incision cutanée est linéaire, centrée sur D12 -L5 (fig3).

**Figure 3**

Incision cutanée centrée sur D12-L5

Après avoir réalisé une spinolaminectomie de D12 à L3, la dure mère est ouverte avec respect de l'arachnoïde (Fig 4, 5).

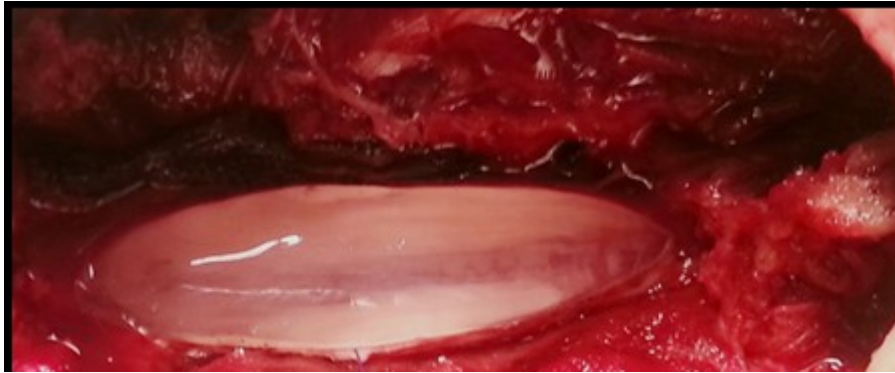


Figure 4
Ouverture de la dure mère avec respect de l'arachnoïde

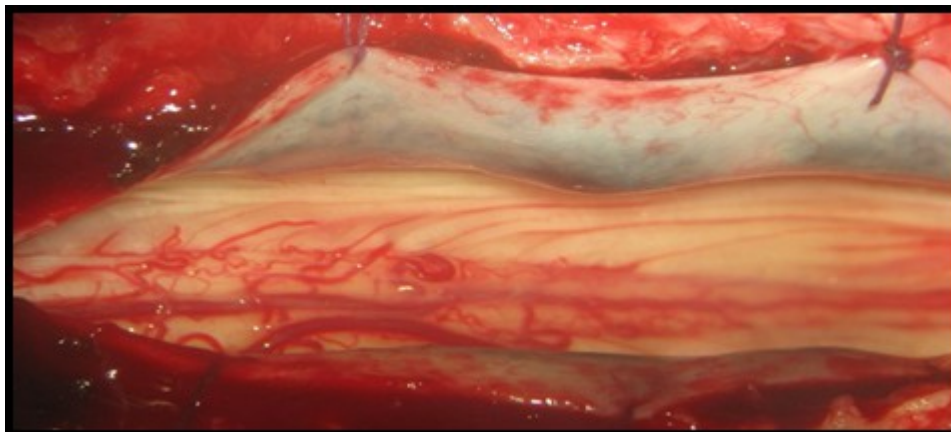


Figure 5
L'arachnoïde est disséquée

Sous microscope opératoire, à l'aide d'une instrumentation de microchirurgie et d'un stimulateur de nerfs périphérique, les racelles des différentes racines dorsales postérieures de chacun des étages sont identifiées. Le contingent postérieur est individualisé du contingent antérieur (Fig 6).

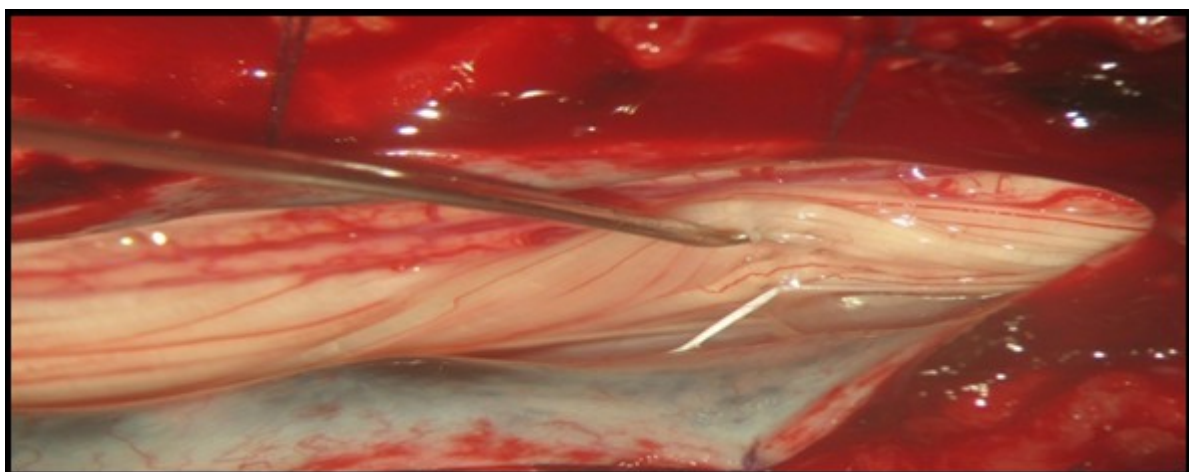


Figure 6
Le contingent postérieur des racelles est individualisé du contingent antérieur

Après plusieurs stimulations successives et répétées des radicelles à une intensité progressive, les réponses motrices sont perçues au travers du champ opératoire transparent. Les radicelles qui répondent par des contractions toniques et permanentes se prolongeant même après l'arrêt de la stimulation avec diffusion vers certains groupes musculaires distants, sont considérés comme vectrices des composantes spastiques et sont alors interrompus par micro section neurochirurgicale (fig7).

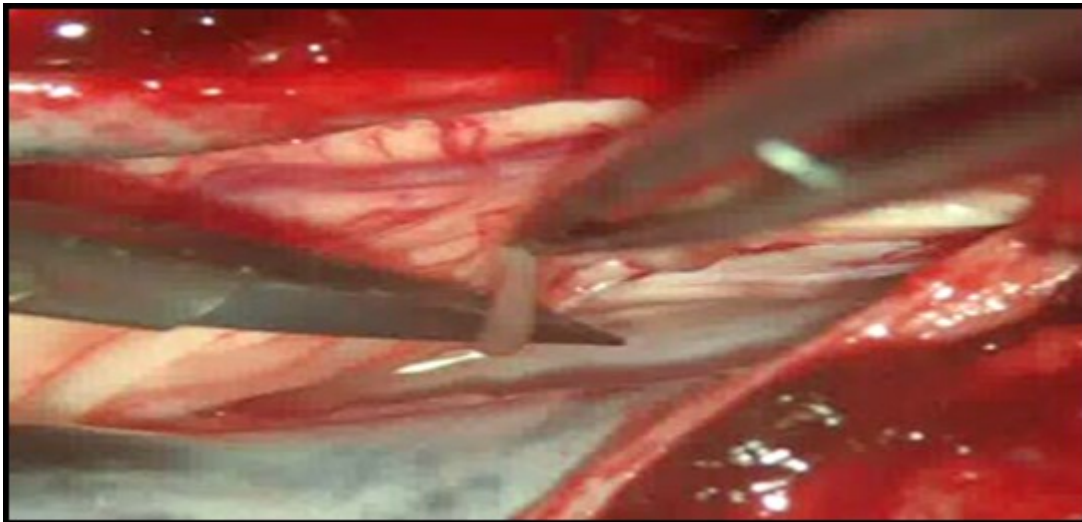


Figure 7
Microsection neurochirurgicale

RESULTATS

La qualité des résultats dépend de la précision du bilan d'évaluation clinique et analytique préopératoire réalisé par une équipe multidisciplinaire prenant en charge le patient spastique. Nos patients ont été évalués à court, à moyen et à long terme après plusieurs cures de réadaptations physiques. Les résultats sont jugés « Bons » dans 09 cas (18,36%) ; il s'agit d'un groupe de patient dont l'évaluation clinique et analytique post opératoire a retrouvé un score d'Ashworth passé de (3-4) à (1), un score de Tardieu de (3-4) à (1), et un score de Penn de (3-4) à (voir 0), qui s'est traduit par une diminution significative du tonus musculaire rendant la mobilisation passive plus aisée avec une nette régression du clonus inépuisable à l'étirement et une diminution des spasmes induits à la mobilisation passive. Chez ce groupe de patients, certaines performances motrices qui étaient masquées par les composantes spastiques handicapantes sont apparues après quelques séances de réadaptations physiques.

Les résultats ont été jugés « efficaces » chez 28 (57,41%) patients chez lesquels les transferts fauteuil - lit ainsi que le nursing sont facilement réalisables avec score d'Ashworth de (3-4) à (2), un score de Tardieu de (3-4) à (2) et un score de Penn non inchangé, non significatif. Les résultats ont été « nuls » dans 12 cas (24,48%). Il s'agit de patients qui pour des raisons familiales n'ont suivi aucun programme de soins en réadaptation physique. Aucune morbidité ni mortalité n'est déplorée dans notre série. Le taux d'efficacité globale de cette procédure incluant les deux premières catégories au nombre de 37 cas (28+9) est de (75,51%). Le tableau suivant récapitule les résultats de notre série :

RESULTATS	BON EFFICACE	NUL	Morbidité Mortalité
Nombre de patients	09+ 28=37 (75,51%)	12 (24,48%)	00 (0%)

Illustrations de quelques résultats de la rhizotomie dorsale sélective :

Patiente 1 : (Fig a et b)



Figure A

Image préopératoire d'une jeune femme âgée de 34 ans, paraplégique spastique séquellaire d'une sclérose en plaque : Flexum adductum des cuisses gênant le nursing et les transferts fauteuil-lit



Figure B

Image post opératoire immédiat de la même patiente : nette régression du flexum l'adductumdes cuisses.

Patiente 2 : (Fig c et d)



Figure C

Jeune femme âgée de 28 ans paraplégique spastique séquellaire d'une avitaminose B12 : flexum des genoux gênant les transferts fauteuil- lit.



Figure D

Post opératoire de la patiente 2 (1mois après une cure de réadaptation physique) : apparition de performances motrices masquées par des composantes spastiques.

Patient 3 : (Fig e)



Figure E

Jeune homme âgé de 26 ans paraplégique spastique séquellaire d'un traumatisme du rachis cervical.
Post opératoire immédiat (J4) : le patient est dans une position confortable.

Patient 4 : (Fig f et g)



Figure F



Figure G

Post opératoire à J6 : disparition de l'adductum des cuisses et du flexum des genoux.

DISCUSSION

Nos patients ont été opérés et suivis sur une période de 12 ans. Les techniques neurochirurgicales de sections ont toujours occupé une place importante dans le traitement de la spasticité handicapante. A cette démarche fait suite la définition des objectifs du traitement neurochirurgical de section. La rhizotomie dorsale a été appliquée chez nos patients grabataires dont la spasticité était invalidante, diffuse aux deux membres inférieurs avec ou sans troubles vésico-sphinctériens. Cette technique neurochirurgicale a pour but d'interrompre, sur le versant afférent ou efférent, le réflexe myotatique d'éirement ainsi que les réflexes polysynaptiques hyperactifs en cas de spasticité nuisible. Cette procédure est réalisée de telle manière que l'hypertonie spastique excessive soit réduite sans supprimer le tonus musculaire utile ni diminuer les possibilités motrices et les fonctions sensibles résiduelles. Ainsi, cette technique neuro-ablative doit être aussi sélective que possible elle est dite « hypersélective » elle est réalisée au niveau des racines spinales dorsales. Les composantes spastiques étaient dans la majorité des cas séquellaires d'une lésion médullaire post traumatique. Une laminectomie sur deux étages a été pratiquée chez nos patients comme le préconisent certains auteurs [28]. La section microchirurgicale a intéressé environ 70% de l'ensemble des radiculaires responsables du phénomène spastique. Il a été clairement établi dans de nombreux travaux de Frerebeau et Mertens [27,31] que pour atteindre un maximum d'efficacité, la rhizotomie dorsale sélective doit interrompre en moyenne 60% de l'ensemble des radiculaires vectrices des composantes spastiques nuisibles. Ces auteurs se rejoignent pour estimer que 60% à 90% des patients sont arrivés à avoir un tonus musculaire normal ou proche de la normal (Ashworth 0-1). Dans les travaux de Sindou et de Mertens, les résultats post opératoires ont été évalués après un recul de 12 ans à 78%. Dans notre série, le taux d'efficacité globale a été estimé à 75,51%, ce qui concorde clairement avec ceux retrouvés dans les différents travaux de la littérature [26, 31,32]. La spasticité et les spasmes ont diminué de façon significative voire supprimés. Un gain fonctionnel a été observé dans trois (3) cas. En effet, ce groupe de patients avait des performances motrices qui sont restées masquées par les composantes spastiques invalidantes et qui sont apparues en post opératoire après un programme de réadaptation physique. A partir des protocoles opératoires bien précis et bien définis pour chaque type de spasticité intéressant tel ou tel groupe musculaire que les techniques de sections sont réalisées.

Les complications post opératoires immédiates et à plus long terme ont été décrites par Arens et al [6] Elles sont d'ordres locales à type de douleurs au niveau de la cicatrice non observées chez nos patients. Lorsque certaines fibres nerveuses afférentes motrices des muscles para vertébraux ont été malencontreusement endommagées, une nette diminution du tonus musculaires sera constatée à l'origine de certaines déformations rachidiennes selon les travaux de Hodgkinson [29]. Cette complication n'a pas été retrouvée dans notre série. En revanche, nous avons recensé l'apparition de quelques paresthésies suivies de douleurs de déafférentations transitoires chez deux patients dont la section a intéressé accidentellement les fascicules sensitifs qui se sont greffées à l'handicap moteur, d'où l'importance d'une stimulation per opératoire successive, répétées et précises [31,33]. Les douleurs de déafférentations ont commencé à régresser au bout d'une semaine pour disparaître totalement sous antalgiques mineurs un mois après le geste opératoire. Il ne s'est produit aucune aggravation du status vésico-sphinctérien et sexuel chez l'ensemble de nos patients. Le gain post opératoire sur la spasticité s'est traduit par une amélioration significative des différents scores d'évaluations d'Ashworth, de Tardieu et de Penn chez les patients qui ont bénéficié d'un programme de soins de rééducation fonctionnelle aussi bien à domicile que dans les différentes structures spécialisées du territoire national. D'autres techniques neurochirurgicales ablatives peuvent être proposées pour le traitement de la spasticité telles que la Dreztomie microchirurgicale qui a fait ses preuves dans les cas de la spasticité diffuse, handicapante et douloureuse avec une atteinte sensitivo-motrice sévère. Le choix de la technique opératoire met souvent en balance la rhizotomie dorsale sélective, la Dreztomie et la pompe à Baclofen. Cette dernière a l'avantage d'être réversible, et moins invasive. Le risque le plus important lié à l'administration intrathécale de Baclofen est le surdosage qui conduit à un coma progressif et transitoire nécessitant un traitement symptomatique jusqu'à élimination du produit en l'absence actuelle d'une véritable molécule antagoniste. Ainsi, cette technique demande une application rigoureuse par des équipes spécialisées. Les complications les plus habituelles sont en fait de type infectieux et mécanique par dysfonctionnement du cathéter (migration, occlusion). L'avantage de cette méthode est le caractère modulable (en cas d'utilisation de pompe programmable) et réversible de ses effets. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que cette technique nécessite une équipe entraînée, capable d'assurer les remplissages itératifs du réservoir et nécessite un suivi régulier et rigoureux au long court pour le réglage et le remplissage de la pompe. Un taux de morbidité non négligeable a été retrouvée dans les travaux de Mertens et de Sindou [31,32].

La rhizotomie dorsale sélective permet d'obtenir une diminution importante du tonus musculaire qui peut intéresser certains groupes musculaires selon le protocole préopératoire établi par l'équipe multidisciplinaire tout en préservant d'autres, ce qui est quasiment impossible avec la pompe à Baclofen qui est réservée exclusivement aux patients avec une certaine capacité motrice fonctionnelle. Le taux d'efficacité en terme de réduction des composantes spastiques est similaire pour les deux techniques ablatives (Dreztomie -rhizotomie) qui sont proposées pour le traitement de la spasticité nuisible [31,33]. Il est clair que la rhizotomie nécessite un suivi post opératoire immédiat rigoureux Ces trois techniques neurochirurgicales quelles soient réversibles ou définitives sont considérées comme complémentaires avec des indications qui

leurs sont propres. On peut retenir comme démarche thérapeutique chez un patient spastique la gradation suivante : la rééducation fonctionnelle, les différents traitements médicamenteux, les injections de toxine botulique. Devant l'impasse thérapeutique, les techniques neurochirurgicales de section trouvent leur place dans le traitement de la spasticité handicapante avec un objectif d'amélioration fonctionnelle de la marche, du confort, de l'hygiène et de l'habillement nécessitant en post opératoire immédiat une prise en charge intensive et prolongée en rééducation fonctionnelle pour optimiser le résultat.

CONCLUSION

Dans des cas bien sélectionnés, la spasticité invalidante résistant aux thérapeutiques médicales et physiques peut bénéficier de la neurochirurgie fonctionnelle pour sortir d'une impasse thérapeutique et reprendre un programme précoce et actif de rééducation fonctionnelle. La rhizotomie dorsale sélective a démontré son efficacité à court, à moyen et à long terme. Il est important de rappeler que la spasticité ne présente pas que des inconvénients, elle s'avère même bénéfique si elle est peu invalidante et bien contrôlée par les médicaments : une spasticité utile. La qualité des résultats de la rhizotomie dorsale sélective dépend principalement de la qualité de la sélection des patients par une équipe multidisciplinaire, par la précision et la parfaite connaissance de la technique opératoire ainsi que l'obligation d'un programme de réadaptation physique post opératoire précoce et intensif dont le but principal est l'amélioration de la qualité de vie.

REFERENCES

1. ABDENNEBI B , FURAHAK, CHITTI M. Chirurgie à la jonction radicullo médullaire dans le traitement des douleurs chroniques et de la spasticité handicapante. *Neurochirurgie*1990;36,297-302.
2. ABOU R, KERAVEL Y, eds:Neurosurgery for spasticity. New York, Wien Springer-Verlag 1991:133-139.
3. ABBOTT R. FOREM S, JOHANN M. Selective posterior rhizotomy for the treatment of spasticity .a review *Childs Nerv Syst* 1989;5:337-346.
4. AKMAN.MN, BENGIR, KARATAS M. Assesment of spasticity using isokinetic dynamometry in patients with spinal injury. *Spinal cord* 1999;37:638-64.
5. ARENSLJ, PEACOCKWJ, PETER J. Selective posterior rhizotomy. A long term follow up study. *Child's nerv syst*1989 ;5 :148-152.
6. ASCHWORTH B. Preliminary trial of carisprodol in multiple sclerosis. *Practitioner* 1964;192:540-542.
7. BABINSKI J.Contracture tendino reflexe. *Rev Neurol* 1912;14:77-80.
8. BABINSKI J. Reflexe de défense. *Rev Neurol* 1922;8:1049-1081.
9. BACH Y, RITAP, ILLIS L S. Spinal shock: Possible role of receptor plasticity and non-synaptic transmission. *Paraplegia* 1993;31:82-87.
10. BAROLAT G. Dorsal selective rhizotomy through a limited exposure of the cauda equina at L1.Proceedings of the meeting of the American society for stereotaxic and functional neurosurgery .Pittsburgh PA.June1991:16-19. *Stereotact Funct Neurosurg* 1992;58-9
11. BENNETT WH. Extended posterior cervical rhizotomy for severe spastic syndromes with dyskinesias. *App neurophysiol* 1977;40:41-47
12. BECK AJ, GASPILL SJ, MARLINA E. Improvement in upper extremity function and trunk control after selective posterior rhizotomy. *Am J Occup Ther* 1993;47:704-7
13. BOBATH B. Adult hemiplegia: evaluation and treatment. 3rd edition. 1990, London Butterworth Heinemann
14. BOORMAN G , LEE RG , BECKER WJ, Windhorst UR. Impaired natural reciprocal inhibition in patients with spaticity due to incomplete spinal cord injury . *Electroencephalogram . Clin Neurophysiol* 1996;101:84-92.
15. BLOOM K, NAZAR GB. Functional assessment following selective posterior rhizotomy in spastic cerebral palsy. *Child's Nerv Syst* 1994 ; 10:84-6
16. BOSCARINO LF, OUNPU S, DAVISRB, GAGE JR, DELUCA P. Effects of selective dorsal rhizotomy on gait in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 1993;13:174-9
17. BROWN P. Pathophysiology of spasticity. *J Neurol Neurosurg Psych*1994; 57:773-777.
18. BUCKON, THOMASSS, AIONAMD, PIATT JH. Assessment of upper extremity function and activities of daily living in children with spastic diplegia pre and post selective dorsal rhizotomy. Annual meeting of the American academy for cerebral palsy and developmental medicine. *Dev Med Child Neurol* 1993;suppl 69-35
19. CAHAN LD,KUNDI MS,MC PHERSON ET All (1987). Electrophysiologic studies in selective dorsal rhizotomy for spasticity in children with cerebral palsy. *Appl Neurophysiol* 1987;50:459-682
20. CAHAN LD, ADAMJM, PERRY J, BEELERLM. Instrumented gait after selective dorsal rhizotomy. *Dev Med Child Neurol* 1990 ;32:1037-43
21. CORCOS DM, GOTTLEIB GL, PENN RD, MYKLEBUST B, AGARWAL GC: mouvement deficits caused by hyperexcitable stretch reflexes in spastic humans *Brain* 1986;109:1043-1058.
22. CUTTER NC, SCOTT DD, JOHNSON JC et al : Gabapentin effect on spasticity in multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehab* 2000;81:164-168 .
23. DAMIANO DL, QUILIVAN JM, OWEN BF,ET al :What does in Aschworth scale really measure and are instrumented measures more valid and precise ? *Dev Med childneurol* 2002;44 :112 -118.
24. DECQ P, MERTENS P : la neurochirurgie de la spasticité. *Neurochirurgie* 2003;49 :226-238.
25. DIETZ V, BERGER W. Cerebral palsy and muscle transformation. *Dev Med Child neurol* 1995 ;37 :180-4
26. FASANO VA, BROGGI G, ZEME S. Long- term results of posterior rhizotomy. *Acta Neurochir (Suppl)*1980;30:435-439
27. FREREBEAU P. Sectorial posterior rhizotomy for the treatment of spasticity in children with cerebral palsy.In: *Neurosurgery for spasticity.A multidisciplinary approach (SpringerVerlag,ed).Wien, 1991;145-147*
28. GAFFNEY P,MACCLURE S. Selective dorsal rhizotomy via limited laminectomy: Clinical advantages .Annual meeting of the American academy for cerebral palsy and developmental medicine ,1993, MAlexander. *Dev Med Child Neurol* 1993 ;suppl 69:35
29. HODGKINSON I, BÉRARD C, JINDRICH ML, SINDOU M, MERTENS P, BERARD J. Decision-Making for Treatment of Children with Disabling Spasticity. *Neurosurgery for Spasticity* 2014;181-189

30. LANCE JW. Symposium synopsis in: Koella WP, ed spasticity : disordred motor control Chicago: Year book medical publishers, 1980:485-494.
31. SINDOU M, MERTENS P. La spasticité. Neurochirurgie 2003;49:2-3:325-338
32. SINDOU M. La radicellotomie postérieure sélective dans le traitement de la spasticité. Neurochirurgie 1977;23:359-366.
33. SINDOU M, FISCHER G, GOUTELLE A, MANSUY L. La radicellotomie postérieure sélective dans la chirurgie de la douleur. Neurochirurgie 1974 ;20 : 391-408.