

Rizotomia dorsale del plesso brachiale nel trattamento del deficit funzionale degli arti superiori a seguito di lesione del SNC

Brachial plexus dorsale rhizotomy in the treatment of upper limb disfunction, after CNS injury

BERTELLI J.A.* **, GHIZONI M.F.* ** ***, MICHELS A.****

Presentato al: X Congresso della Società Brasiliana di Microchirurgia Ricostruttiva, 26-28 novembre 1998, Rio de Janeiro (Annali di Chirurgia Plastica Estetica 44:204-205, 1999). Simposio sulla chirurgia del plesso brachiale - A. Narakas Club, 13-14 marzo 1999, Barcellona, Spagna (Annali di Hand and Upper Limb Surgery 18:167-171, 1999), al XXII Meeting Annuale del Group for Advancement of Microsurgery, 30 aprile - 1 maggio, 1999, Parigi, Francia e al 5th European Federation of Societies for Microsurgery Congress, 1-4 giugno 2000, Coimbra, Portogallo.

Presented at: X Congress of the Brazilian Society of Reconstructive Microsurgery, November 26-28, 1998, Rio de Janeiro (Proceeding: Annales de Chirurgie Plastique Esthétique 44:204-205, 1999). Symposium on brachial plexus surgery - A. Narakas Club March 13 - 14, 1999, Barcelona, Spain (Proceeding: Annals of Hand and Upper Limb Surgery 18: 167-171, 1999), at XXII Annual Meeting of the Group for Advancement of Microsurgery, April 30 - May 1st, 1999, Paris, France and at the 5th European Federation of Societies for Microsurgery Congress, June 1-4, 2000. Coimbra, Portugal.

Parole chiave: Plesso brachiale, spasticità, rizotomia, sezione della radice dorsale, deaffermentazione
Key words: Brachial plexus, spasticity, rhizotomy, dorsal root section, deafferentation

SUMMARY

Sixty one spastic upper limbs were selected and prospectively studied. Brachial plexus dorsal rhizotomy was performed. Forty seven cases have a follow up longer than 6 months and will be the subject of this report. Two, three or four dorsal roots were entirely sectioned. A remarkable relief in spasticity was observed in all the cases. Recurrence was observed in only one case, due to insufficient dorsal root section. Functional improvement was observed in all the cases. Hand function improvement was related to the presence of active finger extension in the pre-operative period. Even when extended dorsal root section was performed, no hand anesthesia, totally or partially, was observed. No patients lost any movement in the post-operative period. No ataxic limbs were observed.

INTRODUZIONE

Un danno o una degenerazione del SNC possono produrre danni funzionali a carico degli arti superiori,

INTRODUCTION

Damage or degeneration of the CNS can produce abnormal upper limb function patterns secondary to

* Joana de Gusmão Children's Hospital, Florianópolis, SC, Brasile

** Governador Celso Ramos Hospital, Florianópolis, SC, Brasile

*** Nossa Senhora da Conceição Hospital, Tubarão, SC, Brasile

**** Associação Santa Catarina de Reabilitação, Florianópolis, SC, Brasile

secondarie alla spasticità, cui si associano gradi variabili di paralisi flaccida e paresi, disordini neurologici generali e disturbi della sensibilità della mano. Questi segni anomali evolvono verso una sindrome clinica sfaccettata, nota come sindrome del motoneurone superiore, le cui caratteristiche cliniche possono essere classificate in:

a) sintomi negativi: perdita di destrezza e debolezza muscolare

b) sintomi positivi: aumento del riflesso di stiramento, noto come spasticità, e liberazione del riflesso cutaneo di flessione;

c) modificazioni reologiche del muscolo spastico: rigidità, contrattura e fibrosi;

d) deformità secondarie dovute a contratture articolari e a deformità ossee. I movimenti in questi pazienti sono lenti e talvolta molto dolorosi e, per essere eseguiti, necessitano di un grande sforzo. Probabilmente la spasticità è la principale caratteristica di questa patologia suscettibile di trattamento, poiché i cambiamenti a carico della reologia muscolare e le deformità secondarie sono conseguenza dell'alterazione di funzione degli arti. La spasticità può impedire di eseguire un dato movimento, non soltanto perché il muscolo antagonista non può essere allungato, ma anche a causa della contrazione dei gruppi di muscoli agonisti e antagonisti. Sono state proposte parecchie alternative chirurgiche per il trattamento della spasticità degli arti superiori: release dei tessuti molli, allungamenti tendinei, interventi sulle ossa, neurectomie, compresa l'iponeurotizzazione, proposta da Stoffel (1) e recentemente modificata e diffusa da Brunelli (2) e le rizotomie posteriori.

La rizotomia posteriore nel trattamento della spasticità venne proposta per la prima volta in via sperimentale da Sherrington (3) nel 1898 e più tardi, nel 1908, il tedesco Foerster (4, 5) la introdusse nella pratica clinica. Negli ultimi dieci anni c'è stato un rinnovato interesse per tale procedimento chirurgico, anche se è stato utilizzato quasi esclusivamente a carico degli arti inferiori (6, 7, 8, 9, 10, 11).

Foerster ha affermato che era probabile che l'effetto della rizotomia posteriore fosse migliore nel trattamento della spasticità dell'arto inferiore rispetto a quello superiore (5).

Lo stesso Autore ha proposto per la spasticità degli arti superiori la rizotomia dorsale da C4 a T2, conservando C6 oppure, in alternativa, la rizotomia dorsale parziale di tutte queste radici.

Noi abbiamo dimostrato che, nel ratto, i neuroni propriocettivi sono posizionati allo stesso livello dei motoneuroni (12). Sulla base di tale conoscenza anatomica, nel presente studio, quando all'esame clinico si riscontra marcata spasticità a carico di spalla e gomito, si attua la completa sezione delle radici dorsali C5 e C6. Quando sono spastici il polso e le dita, si esegue la rizo-

spasticity; with variable degrees of flaccid paralysis and paresis, general neurologic disorders, and disturbances in hand sensibility. These abnormal signs evolve into a multifaceted clinical syndrome known as upper motoneuron syndrome. The clinical features of movement dysfunction in the upper motoneuron syndrome are classified into: a) negative symptoms: loss of dexterity and weakness, b) positive symptoms: enhanced stretch reflex, known as spasticity; and release of flexor cutaneous reflex, c) rheologic changes in spastic muscle: stiffness, contracture and fibrosis and d) secondary deformities due to articular contractures and bone deformities. Movements in these patients are slow contractures and bone deformities. Movements in these patients are slow and sometimes very painful and need a great effort to be performed. Probably the main treatable feature of this pathology is the spasticity since rheologic muscles changes and secondary deformities are consequence of limb dysfunction. Spasticity may prevent a given movement to be performed not only because the antagonist muscle can not be stretched but also because of co-activation of the agonist and the antagonist muscles groups. Several surgical alternatives for upper limb spasticity treatment have been proposed: soft tissue release, tendon lengthening, bone surgery, neurectomies including the hiponeurotization proposed by Stoffel (1) and recently modified and popularized by Brunelli (2) and posterior rhizotomy.

Posterior rhizotomy for relief of spasticity was first reported experimentally by Sherrington (3) in 1898 and later in 1908 Foerster (4,5) from Germany introduced it in the clinical practice. In the past ten years, there has been a major resurgence of interest in the procedure. However, this mode of treatment has been used almost exclusively in the lower limbs (6,7,8,9,1,11).

Foerster stated that the effect of posterior rhizotomy was likely to be better for the spasticity in the lower limb than for the upper limb (5). Foerster (5) proposed for upper limb spasticity the dorsal rhizotomy of C4 to T2 preserving C6, or alternatively partial dorsal rhizotomy of all these roots. In rats, we demonstrated that the proprioceptive neurons were located at the same level of the motoneuron pool (12). Based on this anatomical knowledge, in this study, when in the clinical examination the shoulder and elbow were detected to be spastic, C5 and C6 dorsal roots were completely divided. When the wrist and fingers were spastic, C7 and C8 dorsal rhizotomy was performed. To the best of our knowledge, no clinical series of brachial plexus dorsal rhizotomy for the treatment of upper limb spasticity has been published until recently when our first results were introduced in the medical literature (13).

tomia dorsale di C7 e C8. Fino a poco tempo fa, quando vennero riportati in letteratura i nostri primi risultati (13) non ci risultava che fossero stati pubblicati studi clinici sulla rizotomia dorsale del plesso brachiale per il trattamento della spasticità degli arti superiori.

MATERIALI E METODI

Abbiamo operato 61 pazienti, di cui 47 con follow-up superiore a sei mesi. Quindici pazienti erano adulti e 27 erano bambini. Cinque adulti presentavano i postumi di una paralisi cerebrale, tre di lesioni vascolari e sette di trauma cranico. Tra i bambini, tre erano portatori degli esiti di un trauma cranico, due dei postumi di un'infezione del SNC, uno di un tumore del SNC, mentre 21 erano affetti da paralisi cerebrale. L'età dei pazienti variava tra 2 e 47 anni. In sei pazienti la rizotomia dorsale è stata effettuata bilateralmente. Tutti i pazienti, tranne uno, erano in grado di comprendere ed eseguire gli ordini.

Sono state sezionate quattro radici dorsali del plesso brachiale (da C5 a C8) in 32 casi; tre in 11 casi e due in 4 casi. La funzione degli arti superiori nei pazienti prima e dopo l'intervento è stata valutata mediante:

- valutazione goniometrica dell'articolazione
- scala di Ashworth per la valutazione della spasticità (14),
- valutazione di Fugl-Meyer (15)
- valutazione funzionale dell'uso della mano nell'esecuzione delle mansioni giornaliere. Tale valutazione funzionale è stata da noi elaborata e si basa su un questionario a cui hanno risposto i genitori oppure i pazienti adulti. Tutti i pazienti sono stati filmati prima e dopo l'intervento chirurgico.

La sensibilità della mano è stata valutata prima e dopo l'intervento mediante il test di discriminazione tra due punti e mediante i monofilamenti di Semmes Weinstein.

Tecnica chirurgica

In anestesia generale, i pazienti sono stati messi in posizione prona con il capo posizionato sull'appoggiatesta di Mayfield. È stata eseguita un'incisione della linea mediana lungo la linea delle spinose in regione cervicale. Il processo spinoso di C7 è stato localizzato palpatariamente e confermato mediante fluoroscopia. In 41 pazienti è stata eseguita un'emilaminectomia di 2 o 3 spazi. In un paziente adulto è stata effettuata una laminectomia di tre spazi per eseguire una rizotomia bilaterale.

Nei bambini con interessamento bilaterale degli arti superiori, è stata effettuata una laminectomia en bloc, con successivo riposizionamento. Successivamente alla apertura della dura madre, sono state indivi-

MATERIAL AND METHODS

We have operated 61 patients and 47 have a follow up longer than 6 months.

Fifteen patients were adults and 27 were children. Five adults were victim of cerebral palsy; three of vascular injuries and 7 seven were victim of head trauma. Three children were victim of head trauma, two were victim of CNS infectio, one of CNS tumor and 21 were victim of cerebral palsy. The patient ages were between 2 and 47 years. In six patients the dorsal rhizotomy was performed bilaterally. All the patients were capable of obey and understand orders except one. Four dorsal roots of the brachial plexus (C5 to C8) were cut in 32 cases, three in 11 cases, and two in 4 cases.

Pre and post-operatively patients upper limb function was assessed by: goniometry; Ashworth scale for spasticity evaluation (14), Fugl-Meyer assessment (15) and a functional assessment of the use of the hand in daily tasks. This functional evaluation was elaborated by us and is based on a questionnaire answer by the parents or by the adult patients. All the patients were video-taped before and after surgery.

Hand sensibility was evaluated pre and post-operatively by two point discrimination test and Semmes Weinstein monofilaments.

Surgical technique

Under general anesthesia, the patients were placed in the prone position with their head in a Mayfield pin head-holder. A midline incision was made across the cervical region. The spinous process of C7 was located and confirmed by fluoroscopy. A hemilaminectomy of 2 or 3 levels was performed in forty one patients. A 3-level laminectomy was performed on one adult patient for bilateral rhizotomy. A en bloc laminectomy and replacement was carried out in the children with bilaterally-involved upper limbs. After durotomy, the dorsal roots were identified under the surgical microscope, and were then coagulated and sectioned. Major feeding arteries were always preserved. The duramater was closed watertight. The muscle and fascial layers were reapproximated and the skin was closed.

When a hemilaminectomy was performed, no additional immobilization was used. The patient who underwent a laminectomy used a cervical collar for 2 weeks, and the patients who were submitted to replacement laminectomy used post-operative immobilization for 8 weeks.

RESULTS

Resolution of spasticity partially or totally was ob-

duate al microscopio chirurgico le radici dorsali, che sono state poi coagulate e sezionate. Le maggiori arterie sono state sempre risparmiate; la dura madre è stata suturata, procedendo alla ricostruzione degli strati muscolari e fasciali ed alla sutura della cute.

Dopo semplice emilaminectomia, non è stata utilizzata ulteriore immobilizzazione. I pazienti sottoposti a laminectomia hanno portato un collare cervicale per 2 settimane, mentre i pazienti sottoposti a laminectomia e riposizionamento osseo hanno utilizzato una immobilizzazione post-operatoria per la durata di 8 settimane.

RISULTATI

In tutti i pazienti si è osservata una risoluzione parziale o totale della spasticità. Un miglioramento del movimento degli arti superiori e dell'uso della mano nelle attività giornaliere è stato dimostrato in tutti i pazienti, ad eccezione di tre. In questi pazienti la spasticità era stata in gran parte eliminata, ma i deficit funzionali nella mano erano così pronunciati, che i pazienti non la usavano. Comunque, l'assistenza è stata facilitata grazie alla libertà di manipolazione degli arti superiori. Il clono è stato eliminato in tutti i pazienti, parallelamente ad un miglioramento dell'atetosi. In questi casi è stato osservato un miglior controllo della mano, ad un anno dall'intervento chirurgico. Nessun paziente ha perso i movimenti presenti prima dell'intervento e nessun deficit sensoriale è stato aumentato dall'intervento. Successivamente all'intervento chirurgico è stato osservato un intorpidimento della mano che è scomparso nei 3-5 mesi successivi. Dopo sezione di quattro radici (da C5 a C8), si è osservato intorpidimento e anestesia prevalentemente sulla punta del quinto dito. La discriminazione sensitiva tra due punti è stata recuperata tra i 9 e i 12 mesi successivi all'intervento chirurgico. Non sono stati osservati anestesia completa della mano e dolore da deafferentazione, nè atassia.

Una recidiva è stata osservata tre mesi dopo, in un paziente colpito da lesione vascolare. Poiché in questo paziente, che fu uno dei primi casi operati, la sensibilità era conservata soltanto sul lato radiale della mano, è stato deciso di conservare la radice dorsale C6. Questo paziente è stato operato nuovamente, utilizzando un approccio sovraclavicolare ventrale per praticare la sezione della radice C6, ottenendo un miglioramento della spasticità e nessun ulteriore deficit sensoriale.

Una complicanza chirurgica si è verificata soltanto in un paziente, una bambina di due anni, che ha presentato la formazione di una fistola CFS, trattata con successo e in modo conservativo mediante l'applicazione di un drenaggio.

served in all the patients. Improvement in upper limb motion and in the use of the hand in daily activities was demonstrated in all patients except in three. In these patients spasticity was largely abolished however functional deficits in the hand were so pronounced that they do not use it. However, caregiving was facilitated because of freedom of upper limb manipulation.

Clonus was abolished in all patients. Improvement in athetosis was also observed. In these cases, better control of the hand was observed one year after surgery. No patient lost any movement present pre-operatively. No sensorial deficit was increased by surgery. After surgery, hand numbness was observed and it disappeared after 3 to 5 months later on. When four roots (C5-C8) were sectioned, numbness and anesthesia were predominantly observed in the tip of the little finger. Two point discrimination was recovered between 9 and 12 months after surgery. No complete hand anesthesia and deafferentation pain was observed.

No ataxic limb was observed.

Recurrence was observed 3 months later in a patient victim of a vascular injury. Since in this patient sensibility was preserved only on the radial side of the hand we decided to preserve C6 dorsal root. This was one of the first cases. This patient was operated again by a ventral supraclavicular approach and C6 was completely severed. We observed improvement in spasticity resolution and no further sensorial deficit.

Surgical complication occurred in only one patient, a 2 years-old girl. A CFS fistula was demonstrated and it was successfully treated conservatively by means of closed drainage.

The hospital stay was 2 to 3 days for the patients who were submitted to hemilaminectomy and 5 days for the patients who underwent laminectomy.

The child who developed a CFS fistula stayed in the hospital for ten days.

DISCUSSION

Dorsal root section was very effective in the treatment of upper limb spasticity.

Functional improvement was demonstrated in all the spastic shoulders and elbows. The recovery was fast, beginning on the day after surgery and finishing by the third month.

Functional recovery of the hand was also demonstrated, but it was clearly related to the presence of voluntary contraction of finger extensors before surgery. Improvement in hand function was observed even 1 year later.

Eighty % of patients improve the use of the hand in daily activities.

Parents estimated an overall improvement in function around 70%. All the patients and parents were

La permanenza in ospedale è stata di 5 giorni per i pazienti sottoposti a laminectomia. La bambina che ha sviluppato la fistola CFS è rimasta in ospedale per dieci giorni.

DISCUSSIONE

La sezione delle radici dorsali è molto efficace nel trattamento della spasticità degli arti superiori, apportando un miglioramento funzionale in tutte le spalle e i gomiti spastici. Il recupero è stato veloce, a partire dal giorno successivo all'intervento chirurgico, completandosi entro il terzo mese.

È stato evidenziato anche un recupero funzionale della mano correlato alla presenza di una contrazione volontaria degli estensori delle dita prima dell'intervento chirurgico. Il miglioramento della funzione della mano è stato osservato persino a distanza di 1 anno, con un miglioramento nell'uso della mano nelle attività giornaliere nell'80% dei pazienti, stimato dai genitori attorno al 70%. Tutti i pazienti e i genitori sono stati soddisfatti dell'intervento chirurgico, dichiarando che lo avrebbero fatto nuovamente e che lo raccomandavano. Un genitore era contento del risultato, anche se ha affermato chiaramente che si aspettava di più.

Da questo studio emergono tre aspetti principali.

Il primo è il miglioramento clinico della risoluzione della spasticità e della funzionalità degli arti superiori, come discusso precedentemente.

Il secondo aspetto è che nessun paziente presenta un arto atassico dopo la sezione delle radici dorsali del plesso brachiale. Infatti, gli effetti della sezione delle radici dorsali sul controllo degli arti sono estremamente controversi (16, 17). Vi sono grandi ritardi nella maggior parte degli archi riflessi sensitivo-motori, rendendo il controllo a "feedback" troppo lento per un rapido movimento. Il concetto di un modello interno, un sistema che simula il comportamento di un processo naturale, è adesso emerso come un concetto teorico importante nel controllo motorio. Il cervello è il sito proposto per il modello (18).

Il terzo punto interessante è la conservazione della sensibilità della mano, persino dopo la sezione delle radici dorsali da C5 a C8. Il primo giorno dopo l'intervento chirurgico poteva essere dimostrata una leggera sensibilità al tatto e dolore. Per il recupero della discriminazione tra due punti ci sono voluti alcuni mesi. Ciò suggerisce che la leggera sensibilità al tatto e la sensazione di dolore alla mano possono utilizzare altre vie afferenti, quali le radici dorsali toraciche e cervicali adiacenti o le radici ventrali del plesso brachiale. E' ben noto che le radici spinali ventrali dei mammiferi contengono un grande nume-

glad with the surgery and would do it again and recommend it. One parent was glad with the result by clearly stated that they expected more.

Three main features evolve from this study: The first, is the clinical improvement in spasticity resolution and upper limb function, which has been discussed above. The second feature is that no patient present an ataxic limb after brachial plexus dorsal root section. In fact, the effects of dorsal root section on limb control has been extremely controversial (16,17). The delays in most sensorimotor loops are large, making feedback control too slow for rapid movement. The notion of an internal model, a system that mimics the behavior of a natural process, has now emerged as an important theoretical concept in motor control. The cerebellum is the proposed site for the model (18). The third feature and interesting point is hand sensibility preservation, even after C5 to C8 dorsal root section.

Light touch and pain could be demonstrated on the first day after surgery.

The recovery of two-point discrimination took a few months. This suggests that light touch and pain sensation in the hand may use other afferent pathways, such as adjacent cervical and thoracic dorsal roots or the brachial plexus ventral root. It is well established that mammalian ventral spinal roots contain a large number of unmyelinated fibers which are sensory in function (19). The recovery of two-point discrimination probably involves some kind of plasticity.

Several investigators reported that removal of sensory input from the limb in adult and young animals by dorsal rhizotomy or dorsal column or spinal-nerve sectioning resulted in a major expansion of neighboring body-part representation into cortical areas previously served by deafferented limb (20). Cusick and colleagues (21) showed that a time course of 1-3 days was sufficient for total reorganization to occur in adult deafferents and the reorganization was stable at 8 months. The rapid cortical reorganization is probably due to activation of silent synapses (subthreshold input). For instance, Li and Waters (22) have demonstrated that the cortical region of digit III (D3) in the rat receives suprathreshold input not only from D3 but also subthreshold inputs from the remaining digits. This was suggestive that subthreshold input could play a role in rapid cortical reorganization following the loss of afferent input, whereby neurons in the deafferented cortex could become activated by inputs from neighboring digits.

To sum up, there is an overlapping in the exteroceptive and nociceptive cutaneous field from the periphery to the CNS. This overlapping is not so pronounced neither for the proprioceptive neurons of the muscle nor for its motoneurons (12,23). This is the reason that we obtained in our clinical cases improve-

ro di fibre amieliniche con funzione sensitiva (19). Il recupero della discriminazione tra due punti probabilmente comporta un certo tipo di plasticità.

Parecchi ricercatori hanno segnalato che la rimozione dell'afferenza sensoriale dall'arto negli animali adulti e giovani mediante rizotomia dorsale o sezione della colonna dorsale o dei nervi spinali, dava luogo ad una maggiore espansione della rappresentazione della parte corporea vicina nelle aree corticali precedentemente servite dall'arto deafferentato (20). Cusick e colleghi (21) hanno mostrato che un decorso di 1-3 giorni era sufficiente affinché si verificasse la riorganizzazione totale nelle deafferentazioni degli adulti e la riorganizzazione risultava stabile a 8 mesi. La riorganizzazione corticale rapida è probabilmente dovuta all'attivazione di sinapsi silenti (afferenza subliminale). Ad esempio, Li e Waters (22) hanno dimostrato che la regione corticale del terzo dito (D3) nel ratto riceve un'afferenza sopraliminale non soltanto da D3, ma anche da afferenze subliminali dalle dita restanti. Ciò indica che l'afferenza subliminale può svolgere un ruolo nella rapida riorganizzazione corticale, a seguito della perdita dell'impulso afferente, per cui i neuroni nella corteccia deafferentata possono essere attivati dalle afferenze dalle dite vicine.

Per riassumere, esiste una sovrapposizione nel campo cutaneo esterocettivo e nocicettivo dalla periferia verso il SNC. Tale sovrapposizione non è così pronunciata né per i neuroni propriocettivi del muscolo, né per i suoi motoneuroni (12, 23). Questo è il motivo per cui abbiamo ottenuto nei nostri casi clinici un miglioramento della spasticità, che è mediata dai neuroni dei muscoli propriocettivi, mentre è conservata la sensibilità della mano. È interessante osservare la conservazione della sensibilità della mano nei pazienti tetraplegici con lesioni del midollo spinale cervicale superiore (24). In questi pazienti il livello di paralisi motoria non è correlato al livello di perdita sensoriale che, in generale, viene conservata a livello distale (25).

In conclusione, la rizotomia dorsale del plesso brachiale è molto efficace nel trattamento della spasticità degli arti superiori e determina un certo miglioramento funzionale. Per la spalla e il gomito spastici suggeriamo le rizotomie dorsali da C5 a C7, mentre se è interessata anche la mano, si dovrà aggiungere anche la rizotomia dorsale C8. Se sono interessate soltanto la mano e il polso, dovranno essere effettuate le rizotomie di C7 e C8. La rizotomia dorsale non dovrà essere considerata come una modalità isolata nella ricostruzione dell'arto superiore spastico. A nostro parere, le rizotomie dorsali dovrebbero essere realizzate prima di qualsiasi procedura orto-

ment in spasticity, which is mediated by proprioceptive muscles neurons while hand sensibility was preserved. Of interest is the preserved hand sensibility in tetraplegic patients with upper cervical spinal cord lesions (24). In these patients, the level of motor palsy does not correlate with the level of sensory loss which is in general preserved distally (25).

In conclusion, brachial plexus dorsal rhizotomy is very effective in the treatment of upper-limb spasticity which leads to some functional improvement. We would suggest dorsal rhizotomies from C5 to C7 and C8 rhizotomies should be carried out. Dorsal rhizotomy should not be considered as an isolated modality in the reconstruction of the spastic upper limb. In our opinion, dorsal rhizotomies should be performed before any orthopaedic procedure. Articular and muscle contractures should be treated concomitantly to the dorsal rhizotomy procedure. Tendon transfer should be considered one year after the dorsal rhizotomies while tenotomies might be useful earlier.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

1. STOFFEL A: Zur behandlung des spastischen lahmen. Ztsch. F Orthop Chir 34: 124-134, 1914.
2. BRUNELLI G, BRUNELLI F: Hyponeurotisation selective microchirurgicale dans les paralysies spastiques. Ann. Chir Main, 3: 277-280, 1998.
3. SHERRINGTON CS: Decerebrate rigidity and reflex coordination of movements. J Physiol London 22:319-322, 1898.
4. FOERSTER O: Über eine neue operative methode der behandlung spastischer lahmen mittels resektion hinterer rückenmarkswurzeln. Z Orthop Chir 22:203-223, 1908.
5. FOERSTER O: On the indications and results of the excision of posterior spinal nerve roots in men. Surg Gynecol Obstetr 16:463-474, 1913.
6. ARENS LJ, PEACOCK WJ, PETER J: Selective posterior rhizotomy: a long-term follow-up study. Childs Nerv Syst 5:148-152, 1989.
7. LAITINEN LV, STEFAN N, FUGL-MEYER AR: Selective posterior rhizotomy for treatment of spasticity. J Neurosurg 58:895-899, 1983.
8. LAZAREFF JA, MATA-ACOSTA AM, GARCIA-MENDEZ MA: Limited posterior rhizotomy for the treatment of spasticity secondary to infantile cerebral palsy: a preliminary report. Neurosurgery 27:535-538, 1990.
9. OPPENHEIM WL: Selective posterior rhizotomy for spastic cerebral palsy: a review. Clin Orthop 253:20-29, 1990.
10. VAUGHAN CL, BERMAN B, STAUDT LA, PEACOCK WJ: Gait analysis of cerebral palsy in children before and after rhizotomy. Pediatr Neurosci 14:297-300, 1988.
11. XU L: Hyperselective posterior rhizotomy in the treatment of spasticity of paralytic limbs. Chung Hua Hsueh Chih 73: 92-94, 1993.
12. BERTELLI JA, TALEB M, SAADI A, MIRA JC, PECOT-DECHA-

pedica. Le contratture articolari e muscolari dovrebbero essere trattate in concomitanza alla procedura di rizotomia dorsale. I trasferimenti tendinei dovrebbero essere presi in considerazione a un anno dalla rizotomia dorsale, mentre le tenotomie potrebbero essere utili più precocemente.

RIASSUNTO

Sono stati selezionati e studiati in modo prospettico sessantun arti superiori spastici, trattati mediante rizotomia dorsale del plesso brachiale. Di questi casi quarantasette, trattati mediante sezione di tre o quattro radici dorsali, con follow-up maggiore di 6 mesi, saranno oggetto di questo studio. Un notevole sollievo dalla spasticità è stato osservato in tutti i casi. La recidiva è stata osservata soltanto in un caso, a causa della incompleta sezione delle radici dorsali. Un miglioramento della funzione della mano, correlato alla presenza di un'estensione attiva delle dita, è stato osservato in tutti i casi. Persino dopo sezione completa delle radici dorsali non è stata osservata anestesia parziale o totale della mano. Nessun paziente ha accusato limitazione del movimento nel periodo post-operatorio. Non sono stati osservati casi di atassia.

VASSINE M: The rat brachial plexus and its terminal branches: an experimental model for the study of peripheral nerve regeneration. *Microsurgery* 16:77-85, 1995.

13. BERTELLI JA, GUIZONI MF, MICHELS A: Brachial plexus dorsal rhizotomy in the treatment of upper limb spasticity. *J Neurosurg* 93:26-32, 2000.
14. ASHWORTH B: Preliminary trial of carisoprodol in multiple sclerosis. *Practitioner* 192:540-542, 1964.
15. DUNCAN PW, GOLDSTEIN LB, HORNER RD et al: Similar motor recovery of upper and lower extremities after stroke. *Stroke* 25: 11881-1188, 1994.
16. GANDEVIA SC, BURKE D. Does the nervous system depend on kinesthetic information to control natural limb movements? In Cordo P, Harnard S (ed): *Movement Control*. New York: Cambridge University Press, 1994, pp 13-30.
17. MARSDEN CD, ROTHWELL JC, DAY BL. The issue of peripheral feedback in the control of movement, in Evarts EV, Wise SP, Bousfield (ed). *The motor system in neurobiology*. New York: Elsevier Biomedical Press 1985, pp 215-222.
18. WOLPER DM, GHAMAMANI Z, JORDAN MI: An internal model for sensorimotor integration. *Science* 269:1880-1882, 1995.
19. COGGESHALL, RE: Law of separation of function of the spinal roots. *Physiol Rev* 60:716-755, 1980.
20. PEARSON PP, LI CX, WATERS R: Effects of large-scale limb deafferentation on the morphological and physiological organization of the forepaw barrel subfield in somatosensory cortex in adult and neonatal rats. *Exp Brain Res* 128:315-331, 1999.
21. CUSICK CG, WALL JT, SHITING JH JR, WILEY RG: Temporal progression of cortical reorganization following nerve injury. *Brain Res* 537:355-358, 1990.
22. LI CX, WATERS RS: In vivo intracellular recording and labelling of neurons in the forepaw barrel subfield (FBS) of rat somatosensory cortex: possible physiological and morphological substrates for reorganization. *Neuroreport* 7:2261-2272.
23. BERTELLI JA: Contribution a l'étude de la régénération nerveuse et de la réinnervation musculaire après réparation de lésions pré-et post-ganglionnaires du plexus brachial du rat adulte. PhD thesis, René Descartes University, Paris, 1993.
24. FREEHAFFER AA, KELLY CM, PECKHAM PH: Planning tendon transfers in tetraplegia: Cleveland technique. In Hunter JM, Schneider LH, Mackin E (ed): *Tendon surgery in the hand*. ST Louis: Mosby, 1987, p 506.
25. ZANCOLLI EA, ZANCOLLI ER Jr: Tétraplégies traumatiques. In Tubiana R (ed): *Traité de chirurgie de la main*. Paris: Masson, tome 4, 1991, p 587.

*Dr. Jayme Augusto Bertelli
Praça Getulio Vargas, 322
Florianópolis, SC, Brasile 88020030*