

IL TRATTAMENTO DEI NEUROMI DOLOROSI DEL RAMO SENSITIVO DEL NERVO RADIALE

R. ADANI, G. LEO, L. TARALLO, I. MARCOCCIO, U. FREGNI

Dipartimento delle Emergenze-Urgenze - Sezione di Ortopedia e Traumatologia - Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

Treatment of painful neuroma of the sensory superficial branch of the radial nerve

SUMMARY

Purpose: *A number of techniques have been developed to prevent or treat painful neuromas of the superficial branch of the radial nerve. This article evaluates one approach to the management of this problem which entails neuroma excision and placement of the proximal end of the nerve away from denervated skin and into a well vascularized environment: the muscle.* **Materials and methods:** *From 1994 to 2004, 13 patients with neuromas of the superficial branch of the radial nerve were treated by neuroma resection and soft tissue insertion of the nerve innervating the neuroma into the brachioradialis muscle. Preoperative diagnostic nerve blocks were performed on all patients to diagnose overlapping patterns of the cutaneous nerves in this region (superficial branch of the radial nerve and the lateral antebrachial cutaneous nerve).* **Results:** *All patients were evaluated with a mean follow-up of 48 months. The results demonstrated good to excellent results in 84% of the patients. Factors that were predictive of a poorer outcome were the duration of pain longer than 24 months pre-operatively, repeated surgeries, failure to identify the contributing cutaneous nerve pre-operatively and finally insertion of the superficial branch of the radial nerve on the "superficial" surface of the brachioradialis rather than on the under surface.* **Conclusions:** *We recommend this approach for painful dorsal wrist neuromas paying great attention to the entire surgical process described herein (pre and intraoperative).* Riv Chir Mano 2005; 3: 127-134

KEY WORDS

Superficial sensory branch of the radial nerve, neuromas, muscle insertion, brachioradialis muscle

RIASSUNTO

Scopo: *Differenti metodiche sono state descritte in questi anni per il trattamento dei neuromi dolorosi del ramo superficiale del nervo radiale. Questo articolo ne valuta una: asportazione del neuroma e impianto del nervo in un nuovo ambiente riccamente vascolarizzato come è quello muscolare, lontano dalla cute denervata.* **Materiali e metodi:** *Nel periodo compreso 1994-2004 sono stati trattati 13 pazienti con neuromi dolorosi del ramo superficiale del nervo radiale mediante asportazione del neuroma e posizionamento del nervo all'interno del muscolo brachioradiale. Tutti i pazienti sono stati studiati preoperatoriamente mediante blocchi anestetici diagnostici al fine di valutare la presenza di eventuali sovrapposizioni tra il ramo superficiale del nervo radiale e il nervo cutaneo laterale dell'avambraccio.* **Risultati:** *I pazienti sono stati rivalutati ad una distanza media di 48 mesi dall'intervento chirurgico; i risultati sono variati da ottimi a buoni nell'84% dei casi. I fattori responsabili del risultato insoddisfacente sono stati identificati nella durata preoperatoria del sintomo dolore per un periodo superiore ai 24 mesi, nell'aver effettuato ripetuti interventi chirurgici, nell'esecuzione errata dei blocchi diagnostici preoperatori ed infine nell'aver posizionato il nervo in sede troppo "superficiale" nel muscolo brachioradiale, durante l'esecuzione dell'intervento*

Arrived: 1 July 2005

Accepted: 10 September 2005

Correspondence: Dott. Roberto Adani, Clinica Ortopedica e Traumatologica- Policlinico, Largo del Pozzo 71, 41100 Modena

Tel: 059 4222549 - Fax: 059 4224313 - E-mail: adani.roberto@unimo.it

chirurgico, piuttosto che in profondità. Conclusioni: Riteniamo questa metodica utile in situazioni caratterizzate da neuromi dolorosi nella regione dorsale del polso, avendo però cura di eseguire con grande attenzione la tecnica descritta nelle sue varie fasi sia pre che intraoperatoriamente.

PAROLE CHIAVE

Ramo sensitivo superficiale del nervo radiale, neuromi, infossamento nel muscolo, muscolo brachioradiale

Il ramo sensitivo del nervo radiale risulta essere posizionato in una regione anatomica superficiale (1) e soprattutto esposta a possibili lesioni di natura traumatica o iatrogena (2-7); per tale motivo i neuromi del ramo sensitivo del nervo radiale sono più frequenti rispetto a quelli interessanti il ramo sensitivo dorsale del nervo ulnare o il ramo cutaneo palmare del nervo mediano (1).

La causa risiede nella limitata "escursione" del ramo sensitivo del nervo radiale in corso di neuroma (1). In situazione fisiologica infatti il nervo è fisso in un unico punto: all'emergenza tra il brachioradiale e l'estensore radiale lungo del carpo. In condizioni patologiche il nervo viene ad essere fissato, non più solo al terzo medio dell'avambraccio ma anche al polso, nel punto di formazione del neuroma. Questo determina la perdita della fisiologica escursione del nervo indispensabile durante i vari movimenti del polso, provocando un quadro ricollegabile ad una neuropatia da intrappolamento. La conseguenza è un aumento della tensione a carico del nervo stesso, responsabile a sua volta di una maggiore formazione di tessuto cicatriziale (8) che si traduce in un neuroma di aumentate dimensioni. L'intervento chirurgico ideale per il trattamento dei neuromi del ramo sensitivo del nervo radiale dovrebbe garantire la scomparsa della sintomatologia dolorosa e il ripristino della normale funzione sensitiva (9). Tali richieste sono solitamente soddisfatte ricorrendo agli innesti nervosi, quando però questi sono stati utilizzati per ricostruire il ramo sensitivo del nervo radiale i risultati riportati sono stati generalmente modesti ottenendo una buona ripresa della sensibilità ma un'incerta scomparsa della sintomatologia dolorosa (9-11). Le ragioni di tale insuccesso (9) sono da ricollegarsi a diversi fattori: la limitata quantità di tes-

suto sottocutaneo disponibile in un'area come la superficie dorso-radiale del polso, la contemporanea presenza di tessuto cicatriziale ben evidente soprattutto dopo le lesioni di natura traumatica e infine una cute sovrastante la lesione nervosa solitamente ipoestesica. L'innesto nervoso si viene pertanto a trovare in un "ambiente non idoneo" poco protetto e scarsamente vascolarizzato (12); se a questa situazione si aggiunge la limitata escursione del nervo (1), con il rischio di una possibile formazione di un nuovo neuroma sulle linee di sutura (9), si comprende perché gli innesti nervosi, per il trattamento dei neuromi del ramo sensitivo del nervo radiale, sono stati praticamente abbandonati (11). Un'ulteriore spiegazione per giustificare il fallimento della metodica risiederebbe in una sorta di "meccanismo centrale" (13) secondo il quale il sintomo dolore, se presente da parecchio tempo, diventa irreversibile, indipendentemente dalla metodica chirurgica impiegata.

Il trattamento dei neuromi del ramo sensitivo superficiale del nervo radiale rimane pertanto controverso e di non facile soluzione. Le metodiche utilizzate in questi anni sono state diverse: dall'asportazione del neuroma con posizionamento del nervo all'interno di diverse strutture tra cui l'osso (14, 15), il muscolo (16-18), la vena (19-21) fino ad arrivare al recente impiego delle anastomosi nervose termino laterali (22).

Scopo di questo lavoro è valutare i risultati ottenuti nel periodo 1994-2004 utilizzando la tecnica proposta da Dellon e Mackinnon (16-18) di asportazione del neuroma e posizionamento del moncone nervoso prossimale, libero da ogni tensione e lontano dalle zone di dolore, nel muscolo brachioradiale.

DIAGNOSI PREOPERATORIA

La sintomatologia è caratterizzata da un'area di deficit sensitivo variabile (Fig. 1), dall'ipoestesia all'anestesia nel territorio di distribuzione sensitiva del ramo superficiale del nervo radiale, accompagnata costantemente da dolore che limita notevolmente l'uso della mano nelle normali attività quotidiane (17). Il dolore è accentuato dalla pronazione dell'avambraccio in deviazione ulnare del polso (18) e soprattutto dalla palpazione dell'area sede del neuroma che evoca costantemente un segno di Tinel fortemente positivo (17). Dopo l'esecuzione dell'esame clinico risulta indispensabile lo studio preoperatorio mediante blocco anestetico del nervo cutaneo laterale dell'avambraccio e successivamente del ramo sensitivo del nervo radiale (18). Esiste infatti una stretta correlazione tra i due nervi, pur essendo il nervo cutaneo laterale posto più superficialmente e di minori dimensioni. Tale sovrapposi-



Figura 1. Area del deficit sensitivo cutaneo in paziente con neuroma del ramo sensitivo del nervo radiale.

zione sarebbe presente nel 75% dei casi (23) di cui nel 37% parziale e nel 38% completa; solo nel 25% dei casi innerverebbero due territori completamente distinti tra loro.

Il blocco anestetico è pertanto indicato per poter individuare in modo sufficientemente indicativo il nervo responsabile della sintomatologia evitando possibili errori diagnostici.

È stata utilizzata lidocaina all'1%.

Il nervo cutaneo laterale dell'avambraccio è anestetizzato a livello prossimale: la faccia volare dell'avambraccio viene divisa in tre parti in senso longitudinale, il nervo è localizzato vicino al decorso della vena cefalica, quest'ultima solitamente non visibile ma spesso palpabile (24). La vena cefalica giace alla giunzione tra il terzo laterale e il terzo medio sul bordo mediale del brachioradiale (Fig. 2A), e il nervo cutaneo laterale dell'avambraccio è situato in vicinanza, immediatamente sopra la fascia. Dopo circa 15-20 minuti il paziente è nuovamente rivalutato, riconsiderando il sintomo dolore e le sue eventuali modifiche.

Si procede successivamente al blocco del ramo sensitivo del nervo radiale (24), questo è effettuato dorsalmente alla giunzione muscolo tendinea del brachioradiale dove il ramo sensitivo diventa più superficiale, nell'intervallo tra il brachioradiale e l'estensore radiale lungo del carpo (Fig. 2B).

TECNICA CHIRURGICA

In anestesia periferica di plesso brachiale e mediante impiego del laccio emostatico, e con ausilio di mezzi ottici d'ingrandimento, si procede ad una prima incisione curvilinea sulla faccia dorso radiale del polso, dove si presume sia localizzato il neuroma (Fig. 3A). In base ai blocchi diagnostici preoperatori effettuati il chirurgo è già in parte orientato verso un interessamento del solo ramo sensitivo superficiale del nervo radiale o di un possibile coin-teressamento del nervo cutaneo laterale dell'avambraccio.

Una seconda incisione curvilinea (17, 18) è effettuata in regione prossimale dell'avambraccio sul bordo del brachioradiale (Fig. 3B); il ramo sensi-

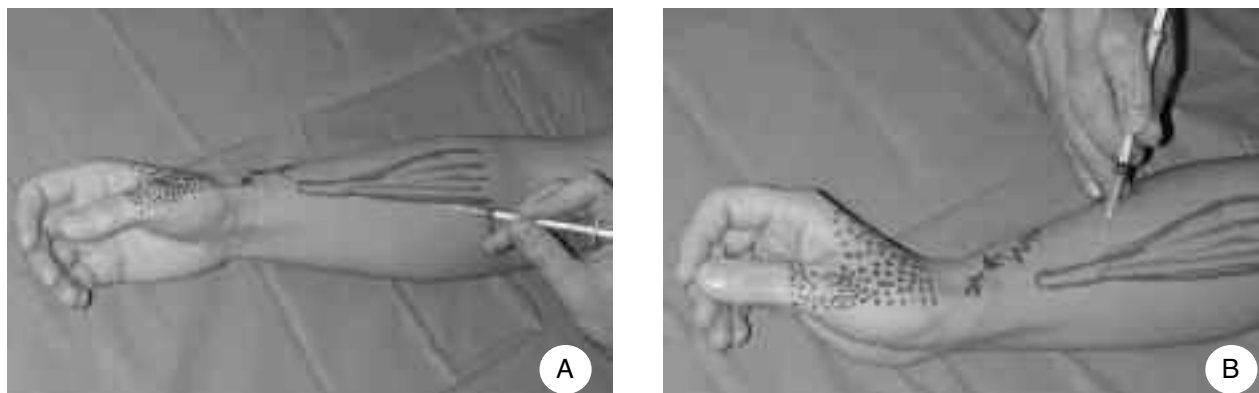


Figura 2. A, B) *Tecnica del blocco anestetico pre-operatorio del nervo cutaneo laterale dell'avambraccio e del ramo sensitivo del nervo radiale.*

vo del nervo radiale viene repertato in questa sede in stretta vicinanza con l'arteria radiale e le sue vene. Dopo aver isolato il nervo in senso prossimodistale e in senso disto-proximale dall'incisione a livello del polso, lo si porta mediante una modica trazione con l'ausilio di un passa-tendini, sul muscolo brachioradiale (Fig. 3C). Si procede quindi all'asportazione del neuroma e all'infossamento del nervo nel muscolo brachioradiale. Nel caso in cui vi sia un contemporaneo neuroma a carico del nervo cutaneo laterale dell'avambraccio, segnalato dal blocco diagnostico preoperatorio e sospettato nell'esplorazione chirurgica del polso, è necessario isolare il nervo in sede prossimale. Spesso l'incisione prossimale eseguita non consente, in quanto parzialmente volare, l'identificazione del nervo cutaneo laterale dell'avambraccio; si deve pertanto ricorrere all'effettuazione di una ulteriore incisione dorsale supplementare. Il riconoscere la vena cefalica può essere d'ausilio per ritrovare con maggiore facilità il nervo cutaneo laterale dell'avambraccio e anch'esso, come il ramo sensitivo superficiale del nervo radiale, viene trasferito in corrispondenza del muscolo brachioradiale (17, 18, 24).

Il ramo superficiale del nervo radiale (con eventualmente associato il nervo cutaneo laterale dell'avambraccio) viene alloggiato all'interno del muscolo brachioradiale con direzione in senso prossimale avendo cura di porlo in profondità e privo da ogni tensione (17, 18, 24).

Si è sempre ricorso alla sutura epinevriale del

nervo sul muscolo (Fig. 3D) e alla sutura delle fibre muscolari poste lungo il tragitto del nervo al fine di consentire uno stabile e duraturo ancoraggio e una sufficiente copertura. Al termine dell'intervento il gomito è posto in una doccia gessata in lieve flessione per una decina di giorni.

MATERIALI E METODI

Nel periodo compreso dal 1994 al 2004 sono stati trattati mediante la tecnica proposta da Dellon e Mackinnon 13 pazienti (8 donne e 5 uomini) di età compresa tra i 22 e i 49 anni (media 35 anni) per un persistente dolore legato alla presenza di un neuroma del ramo sensitivo del nervo radiale. La lesione iniziale era conseguenza di un precedente intervento in 11 pazienti (per morbo di De Quervain in sei casi, in esiti di neuroraffia del ramo sensitivo del nervo radiale in due casi e in un caso rispettivamente post-trapeziectomia, post asportazione di cisti artrogena e infine dopo sinoviectomia dei tendini estensori). In 2 casi la lesione del ramo superficiale del nervo radiale è stata conseguente a ferita da taglio in un paziente ed a trauma da schiacciamento nell'altro, in entrambi i casi inizialmente misconosciuta.

Quattro pazienti erano già stati trattati chirurgicamente nel tentativo di risolvere la sintomatologia dolorosa: due mediante neurolisi e 2 con asportazione del neuroma e cauterizzazione dello stesso. Prima di sottoporre il paziente a intervento chirur-

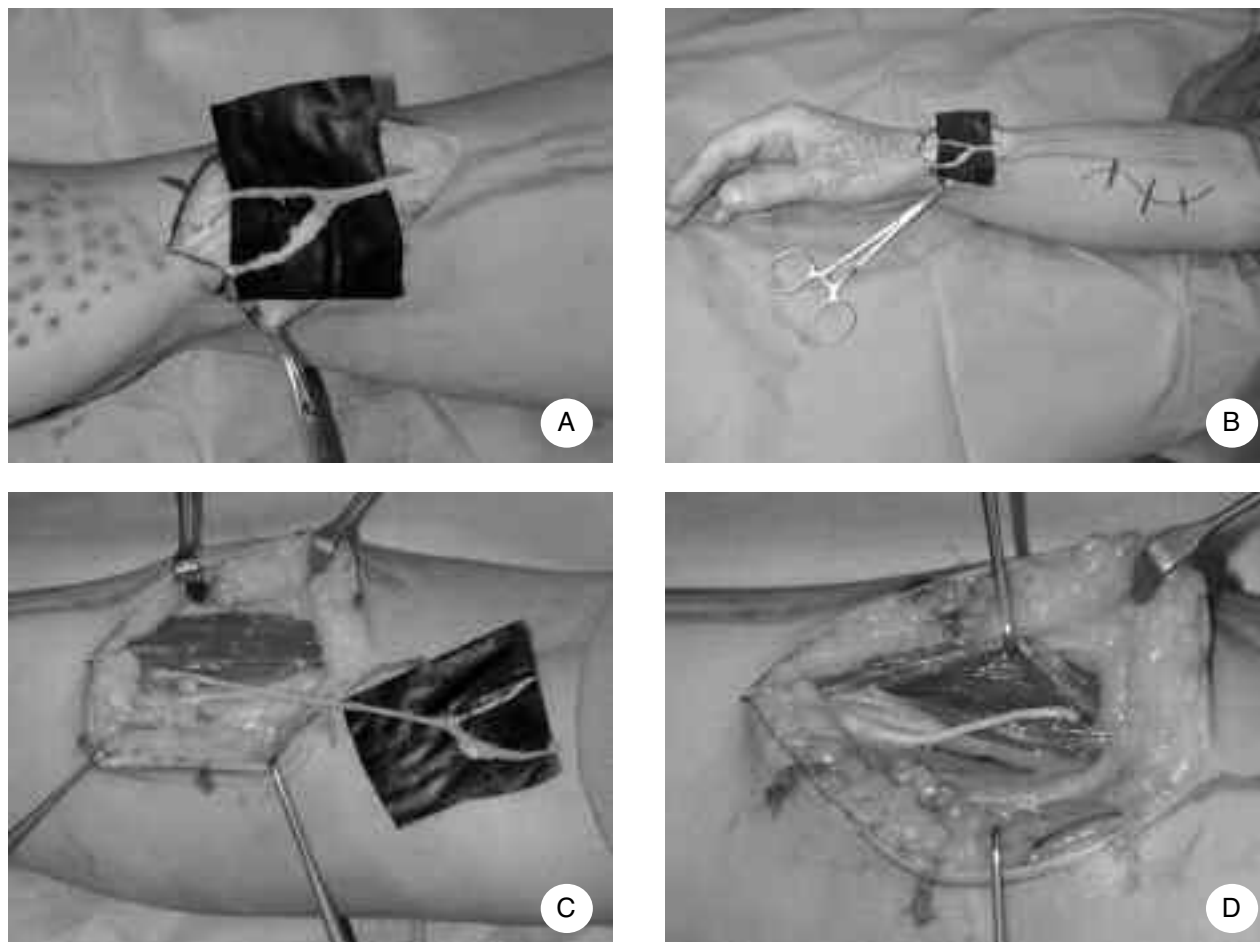


Figura 3. Particolare della tecnica chirurgica proposta da Dellon e Mackinnon di infossamento del neuroma del ramo sensitivo del nervo radiale all'interno del muscolo brachio-radiale.

gico è stato consigliato il trattamento fisioterapico per un periodo minimo di 6 mesi nel tentativo di migliorare la situazione locale.

Due pazienti presentavano un concomitante interessamento del nervo cutaneo laterale dell'avambraccio.

Il tempo trascorso tra la lesione iniziale e il trattamento chirurgico è variato dai 10 ai 30 mesi (media 17 mesi). I pazienti sono stati contattati telefonicamente e invitati a partecipare ad un questionario clinico. Tutti hanno risposto positivamente ad una distanza compresa tra 130 e 18 mesi dall'intervento chirurgico (media 48 mesi).

Si è valutato soggettivamente il sintomo dolore considerando tre differenti livelli (18, 25):

- cattivo: nullo o scarso miglioramento con si-

gnificativa persistenza della sintomatologia dolorosa;

- buono: miglioramento marcato del sintomo dolore ma non sua completa scomparsa;
- ottimo: assenza totale della sintomatologia dolorosa.

Si è inoltre considerata la capacità di tornare a svolgere le normali attività quotidiane e di lavoro (18, 25) considerando sempre tre differenti livelli:

- cattivo: impossibilità ad effettuare le normali attività della vita quotidiana e nel lavoro;
- buono: capacità di effettuare anche se talvolta con difficoltà le normali attività quotidiane e di lavoro;
- ottimo: ritorno al lavoro e alle normali attività di vita quotidiana senza nessun deficit.

RISULTATI

Il sintomo dolore, espresso in maniera soggettiva dal paziente, è risultato cattivo in 2 casi, buono in 4 e ottimo in 7. La maggior parte dei pazienti è tornata a svolgere le proprie attività in modo completo e senza difficoltà, in 8 casi il risultato è stato ottimo e in 4 buono; solo un paziente ha riferito impossibilità ad effettuare le normali attività quotidiane incluse quelle lavorative (si tratta di uno dei due casi caratterizzati da significativa persistenza della sintomatologia dolorosa).

COMPLICANZE

La maggior parte dei pazienti riferisce nei primi mesi dopo l'intervento chirurgico una positività del segno di Tinel alla palpazione del muscolo brachioradiale che tende a diminuire nel tempo fino a scomparire nella maggior parte dei casi entro l'anno (17, 18). In un caso si è riscontrato la persistenza di tale sintomatologia e in modo retrospettivo si è collegato l'insuccesso ad un errore di tecnica chirurgica avendo posizionato il nervo nel muscolo brachioradiale in sede eccessivamente superficiale. Il paziente ha sempre rifiutato ulteriori revisioni chirurgiche.

Una paziente ha continuato anche dopo l'intervento chirurgico a riferire la sintomatologia dolorosa sulla faccia dorsale del polso. Il blocco anestetico periferico del nervo cutaneo laterale dell'avambraccio, ripetuto più volte, ha evidenziato la remissione della sintomatologia. Si è pertanto eseguito un nuovo intervento chirurgico di asportazione del neuroma, passato inosservato durante il precedente intervento chirurgico, e suo infossamento nel muscolo. La sintomatologia dolorosa è regredita parzialmente solo per alcuni mesi, ripresentandosi successivamente in modo originario. Al controllo la paziente ha riferito la presenza di un intenso dolore che le impedisce di svolgere le normali attività della vita quotidiana; non è più tornata al lavoro originario. Il motivo di di tale insuccesso potrebbe essere ricollegabile a diverse ragioni: l'errore durante l'esecuzione dei blocchi anestetici diagnostici preopera-

tori che non ha consentito l'individuazione del neuroma a carico del nervo cutaneo laterale dell'avambraccio, i ripetuti interventi subiti dalla paziente (cinque!) e infine il tempo intercorso tra l'evento iniziale e il trattamento chirurgico, superiore ai 24 mesi.

DISCUSSIONE

L'indicazione chirurgica al trattamento dei neuromi del ramo sensitivo del nervo radiale deve essere posta in modo estremamente attento e selettivo e si basa su differenti criteri (26): sulla presenza di un dolore persistente, sull'evidenza clinica del neuroma con associata iperalgesia nel territorio di distribuzione del nervo e sull'inefficacia del trattamento riabilitativo. La scomparsa della sintomatologia dolorosa dopo l'esecuzione del blocco anestetico rappresenta una ulteriore indicazione chirurgica. Il paziente in cui il deficit sensitivo assume una rilevanza maggiore rispetto alla sintomatologia dolorosa non rappresenta un buon candidato per l'intervento chirurgico (24). Esiste infatti una rilevante sovrapposizione nervosa, fornita non solo dal nervo cutaneo laterale dell'avambraccio ma anche dai rami terminali del nervo interosseo posteriore (11), per cui la reale zona di ipoestesia è generalmente limitata a non tale da provocare rilevanti deficit funzionali.

Nella nostra casistica non si è mai ricorsi alla neurectomia distale del nervo interosseo posteriore come invece proposto da alcuni Autori (11) secondo cui gli impulsi disestesici dolorosi imputabili al neuroma del ramo sensitivo del nervo radiale raggiungerebbero il cervello attraverso le fibre nervose più profonde del nervo interosseo posteriore, con cui parzialmente il ramo superficiale del nervo radiale, si sovrappone.

La scelta della metodica chirurgica da adottare non è facile, l'intervento chirurgico "ideale" dovrebbe soddisfare alcuni requisiti.

Il nervo, dopo averne asportato il neuroma, dovrebbe essere posizionato lontano da tendini e da movimenti meccanici ripetuti, privo da eventuali tensioni e posto in un'area in cui sia improbabile

una rigenerazione nervosa, in un tessuto che minimizzi la formazione di cicatrice (1, 11, 12, 16).

È sulla base di queste considerazioni che riteniamo determinati provvedimenti chirurgici come il posizionamento del nervo all'interno della vena (19-21) o l'impiego della anastomosi termino-laterali (22) in una zona "difficile" come il dorso del polso, esposti a possibile rischio di insuccesso (19). Conserva sempre un ruolo importante nel trattamento dei neuromi dolorosi l'infossamento del nervo all'interno dell'osso (15), anche se molti Autori (10, 11, 16, 17, 19, 22) non lo ritengono l'ambiente più idoneo per alloggiarvi il nervo dopo asportazione del neuroma.

Il muscolo rappresenta un buon tessuto in cui impiantare il nervo, in quanto risponde molto bene alle suddette richieste, soprattutto se si tratta di un muscolo di buone dimensioni e con una limitata escursione, come il brachioradiale (17). È inoltre di fondamentale importanza, al fine di evitare insuccessi, come è avvenuto nella nostra casistica, posizionare il nervo in profondità nel muscolo brachioradiale e senza tensione per evitare stimoli troppo superficiali e sollecitazioni sul nervo durante i movimenti del muscolo.

I risultati ottenuti secondo la tecnica di Dellon e Mackinnon sono stati buoni ottenendo un miglioramento della sintomatologia nell'84% dei casi, anche se la completa scomparsa del dolore è avvenuta solamente nel 53% dei nostri pazienti. Tali risultati sono migliorabili evitando errori durante la diagnostica preoperatoria e durante l'intervento chirurgico. Accanto però ad eventuali errori di esecuzione esistono situazioni di non facile gestione soprattutto quando il dolore è presente da molto tempo (oltre i 24 mesi) e quando esistono concomitanti condizioni psicologiche, come la perdita dell'attività lavorativa, che possono predisporre verso l'insuccesso.

In conclusione riteniamo che la metodica proposta da Dellon e Mackinnon continui ad avere, dopo quasi vent'anni dalla sua descrizione originale, un suo spazio nel trattamento dei neuromi dolorosi del ramo superficiale del nervo radiale. Il limite maggiore della metodica risiede nelle molteplici incisioni chirurgiche (da 2 a 3) essenziali per poter ese-

guire l'intervento correttamente; infine il risultato è strettamente correlabile alla scrupolosa esecuzione della tecnica durante tutte le sue fasi sia pre che intraoperatoriamente.

BIBLIOGRAFIA

1. Dellon AL, Mackinnon SE. Susceptibility of the superficial sensory branch of the radial nerve to form painful neuromas. *J Hand Surg* 1984; 9B: 42-5.
2. Sanders RA, Keppel FR, Waldrop JL. External fixation of distal radius fractures: results and complications. *J Hand Surg* 1991; 16A: 385-91.
3. Abrams RA, Brown RA, Botte MJ. The superficial branch of the radial nerve: An anatomic study with surgical implications. *J Hand Surg* 1992; 17A: 1037-41.
4. Auerbach DM, Collins ED, Kunkle KL et al. The radial sensory nerve. An anatomic study. *Clin Orthop* 1994; 308: 241-9.
5. Steinberg BD, Plancher KD, Idler RS. Percutaneous Kirschner wire fixation through the snuff box: an anatomic study. *J Hand Surg* 1995; 20A: 57-62.
6. Hochwald NL, Levine R, Newark NJ, et al. The risks of Kirschner wire placement in the distal radius: a comparison of techniques. *J Hand Surg* 1997; 22A: 580-4.
7. Leroux M, Harris P, Fowles JV. Etude anatomique du nerf radial superficial et implications cliniques. *Ann Chir* 1998; 52: 736-43.
8. Bora FW, Richardson S, Black J. The biomechanical responses to tension in a peripheral nerve. *J Hand Surg* 1980; 5: 21-5.
9. Dellon AL, Mackinnon SE. Pain after radial sensory nerve grafting. *J Hand Surg* 1986; 11B: 341-6.
10. Withrington RH, Wynn Parry CB. Management of painful peripheral nerve disorders. *J Hand Surg* 1984; 9B: 24-8.
11. Lluch AL, Beasley RW. Treatment of dysesthesia of the sensory branch of the radial nerve by distal posterior interosseous neurectomy. *J Hand Surg* 1989; 14: 121-4.
12. Mackinnon SE, Dellon AL, Hudson AR, et al. Alteration of neuroma formation by manipulation of its microenvironment. *Plast Reconstr Surg* 1985; 76: 345-52.
13. Noordenbos W, Wall PD. Implications of the failure of nerve resection and graft to cure chronic pain produced by nerve lesions. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1981; 44: 1067-73.
14. Goldstein SA, Sturim HS. Intraosseous nerve transposition for treatment of painful neuromas. *J Hand Surg* 1985; 10A: 270-4.
15. Masquelet AC, Bellivet C, Nordin JY. Traitement des ne-

- vromes douloureux a la main par enfuissement intra-os-seux. *Ann Chir Main* 1987; 6: 64-6.
16. Dellon AL, Mackinnon SE, Pestronk A. Implantation of sensory nerve into muscle: preliminary clinical and experimental observations on neuroma formation. *Ann Plast Surg* 1984; 12: 30-40.
 17. Dellon AL, Mackinnon SE. Treatment of the painful neuroma by neuroma resection and muscle implantation. *Plast Reconstr Surg* 1986; 77: 427-38.
 18. Mackinnon SE, Dellon AL. Results of treatment of recurrent dorsoradial wrist neuromas. *Ann Plast Surg* 1987; 19: 54-61.
 19. Herbert TJ, Filan SL. Vein implantation for treatment of painful cutaneous neuromas. *J Hand Surg* 1998; 23B: 220-4.
 20. Koch H, Herbert TJ, Kleinert R. The influence of nerve stump transplantation into a vein on neuroma formation. *Ann Plast Surg* 2003; 50: 354-60.
 21. Koch H, Haas F, Hubmer M, et al. Treatment of painful neuroma by resection and nerve stump transplantation into a vein. *Ann Plast Surg* 2003; 51: 45-50.
 22. Al-Qattan MM. Prevention and treatment of painful neuromas of the superficial radial nerve by end-to-side nerve repair concept: an experimental study and preliminary clinical experience. *Microsurg* 2000; 20: 99-104.
 23. Mackinnon SE, Dellon AL. The overlap pattern of the lateral antebrachial cutaneous nerve and the superficial branch of the radial nerve. *J Hand Surg* 1985; 10B: 522-6.
 24. Mackinnon SE, Dellon AL. Painful sequelae of peripheral nerve injury. In Mackinnon SE, Dellon AL: *Surgery of the Peripheral Nerve*. New York: Thieme Medical Publishers, 1988: 455-521.
 25. Novak CB, Van Vliet D, Mackinnon SE. Subjective outcome following surgical management of upper extremity neuromas. *J Hand Surg* 1995; 20A: 221-6.
 26. Foucher G, Greant PH, Sammut D, et al. Nevrites et nevromes des branches sensibles du nerf radial. *Ann Chir Main* 1991; 10: 108-12.