

# NEURORRAFIA TERMINO-LATERALE DEL NERVO ULNARE SU NERVO MEDIANO IN UN REIMPIANTO D'ARTO SUPERIORE

P. PASTACALDI, F. CURINI-GALLETTI, R. BERNARDINI, A. IANDA<sup>1</sup>, P. ORSINI<sup>1</sup>, M. SECCIA<sup>2</sup>

UO di Chirurgia della Mano e Chirurgia Funzionale - Centro di Riferimento Regionale - Ospedale Cisanello - Az. Osp. Pisana

<sup>1</sup> UO Neurologia - Neurofisiopatologia Sez. Neuroriabilitazione, Recupero e Rieducazione Funzionale - Ospedale Cisanello - Az. Osp. Pisana

<sup>2</sup> UO Chirurgia Generale I - Sez. Chirurgia d'Urgenza e del Trauma - Dipartimento di Chirurgia dell'Università di Pisa

---

## *Ulnar nerve "end-to-side" neurorraphy on median nerve in a case of superior limb replantation.*

### SUMMARY

*"End-to-side" neurorraphy is a sperimental reinnervation technique whose validity has been demonstrated in laboratory animals with motor axons sprouting of a donor nerve in distal injured nerve. This technique should be considered as a potential alternative to traditional techniques (direct termino-terminal neurorraphy, nerve graft) when impossible to use them, even if clinical results are still not standardized and hard to define. We report a case of arm replantation, during which the ulnar nerve reconstruction wasn't possible because of prossimal avulsion. Five month later, after detecting the clinical and elettromyografic evidence of a median nerve reinnervation, an end-to-side neurorraphy was realized between median nerve and distal injured ulnar nerve. Six months later an initial functional recovery of muscles innervated by ulnar nerve was demonstrated. Later, an "end-to-side" neurorraphy, realized in the presence of a total ulnar nerve denervation and in the impossibility of using the traditional procedures, has yielded such interesting results that it may prove to be a viable alternative to nerve graft or nerve transfer in very selected cases. Riv Chir Mano 2003; 40: 145-150*

### KEY WORDS

End-to-side, replantation, ulnar nerve, median nerve, termino-lateral neurorraphy

---

### RIASSUNTO

*La neurorrafia termino-laterale o "end-to-side" è una tecnica di reinnervazione sperimentale la cui validità è stata dimostrata in animali di laboratorio, con la rigenerazione di assoni motori di un nervo donatore nel moncone distale del nervo leso. Tale tecnica può essere considerata una possibile alternativa alle tecniche tradizionali (neurorrafia termino-terminale diretta, innesto nervoso) quando queste non siano realizzabili, sebbene che i risultati clinici dopo "end-to-side" siano al momento non standardizzabili e difficili da determinare. Viene riportato un caso di macroreimpianto di arto superiore, nel quale non fu possibile durante l'intervento in urgenza la ricostruzione del nervo ulnare, avulso prossimamente per circa 25 cm. Cinque mesi dopo il reimpianto, quando fu documentabile clinicamente ed elettromiograficamente una reinnervazione del nervo mediano, si realizzò una "end-to-side" tra questo ed il moncone distale del nervo ulnare avulso. A distanza di circa sei mesi dal secondo intervento viene documentata con conferma elettromiografica, una iniziale ripresa funzionale della componente muscolare di pertinenza del nervo ulnare. Alla luce di questa esperienza ed in pieno accordo con i risultati riportati in letteratura circa le controindicazioni ad un macroreimpianto (situazioni associate con rischio di vita, gravi lesioni da schiacciamento,*

Arrived: 23 April 2003

Accepted: 5 June 2003

Corrispondence: Dott. Rico Bernardini, via Pindemonte, 30 - 57023 Cecina (LI) - Tel: 335-8195626 - E-mail: rico12@interfree.it

*contaminazione massiva, ischemia prolungata per oltre 6 ore, ecc.) è possibile affermare che il reimpianto di braccio in casi molto selezionati può permettere una completa conservazione anatomica dell'arto, con importanti risvolti psicologici, ma anche un recupero funzionale seppur limitato. A questo proposito, la successiva neurografia "end-to-side", effettuata in condizioni di completa denervazione del nervo ulnare e di impossibile riparazione mediante tecniche tradizionali, ha dimostrato risultati incoraggianti con un recupero motorio tuttora in miglioramento e può rappresentare quindi una procedura con potenziali applicazioni di entità clinica e capace di restaurare una funzione in condizioni impossibili da trattare con innesti nervosi*

## PAROLE CHIAVE

End-to-side, reimpianto, nervo ulnare, nervo mediano, neurografia termino-laterale

## INTRODUZIONE

La neurografia termino-laterale o "end-to-side", vede la sua prima descrizione come tecnica di riparazione nervosa almeno 100 anni fa, quando nel 1903 Balance et al. (1) riportarono l'utilizzo di questa tecnica nel recupero di paralisi del nervo facciale, dove il moncone distale del nervo leso veniva inserito sul nervo spinale accessorio omolaterale integro. Successivamente venne proposta la "end-to-side" del facciale sul nervo ipoglosso al fine di evitare la contemporanea contrazione dei muscoli mimici e del trapezio. Nello stesso anno Harris e Low (2) riferirono del trattamento di una avulsione alta del plesso brachiale con tecnica "end-to-side" di C5 su C6 o C7.

Anche in Italia nel 1938 Gatta (3) pubblicava uno studio sperimentale sulla anastomosi latero-terminale di tronchi nervosi.

Negli anni recenti è riemerso in letteratura un nuovo crescente interesse nei riguardi di questa tecnica, con numerosi articoli riportanti prevalentemente studi sperimentali di "end-to-side" su animali, mentre la segnalazioni di reali applicazioni cliniche sono rare.

La validità funzionale della tecnica è stata dimostrata in laboratorio principalmente dai lavori di Viterbo et al. i quali nel 1992 (4) confermarono che la neurografia "end-to-side" di un segmento nervoso distale su di un tronco nervoso integro attrae assoni motori dal tronco nervoso stesso. Nel 1994 lo stesso gruppo ha documentato (5, 6) nel ratto una ripresa funzionale dopo riparazione "end-

to-side" del nervo peroneo sul tibiale, dimostrando l'evidenza elettrofisiologica ed istologica di rigenerazione assonale (veniva raccomandata in tale occasione l'utilizzo di finestra epinevriale sul nervo donatore). Lundborg et al. (7) hanno valutato se la rigenerazione in questione poteva essere indotta allo stesso modo da un nervo periferico intatto, intuendo l'importanza di fattori derivati dalla degenerazione del moncone distale. Le conclusioni a cui giunsero furono che gli assoni rigenerati dopo "end-to-side" erano effettivamente in grado di reinnervare un territorio periferico diverso da quello originario, confermando la validità della tecnica. La ricrescita di assoni motori e sensitivi era però migliore in presenza di un frammento distale predegenerato rispetto ad uno fresco, ed in tale occasione venne inoltre dimostrato che il muscolo denervato e le cellule di Schwann trasferite sono in grado di indurre gemmazione in assoni intatti.

È stata a lungo dibattuta da vari Autori la necessità di realizzare una finestra epinevriale e/o perinevriale, e sebbene sia stato dimostrato che gli assoni rigeneranti possono attraversare l'endo, il peri e l'epinevrio (8), sembra ormai accertato che la rigenerazione assonale sia maggiore nella "end-to-side" realizzata con finestra epinevriale, la quale è indubbiamente meno lesiva per il nervo donatore (Fig. 1)

In un recente lavoro Yan (9) compara i risultati di "end-to-side" realizzate con piccola finestra epinevriale, con i risultati di neurografie elicoidali mediante larga finestra epinevriale, dimostrando un notevole incremento della rigenerazione assonale



Figura 1. *Tecnica di neurorrafia termino-laterale.*

all'interno del nervo ricevente nel secondo gruppo, nel quale anche il volume muscolare e la forza tetanica risultavano significativamente maggiori. Cederna (10), pur sottolineando che la neurorrafia diretta è sempre la tecnica ricostruttiva di scelta, quando possibile, ha ricercato potenziali sequele negative della "end-to-side", dimostrando che in acuto si determina una parziale denervazione, che recuperassero prontamente senza che nel tempo si abbiano documentabili deficit strutturali o funzionali cronici nei muscoli innervati dal nervo donatore. Ad analogo risultato giungono altri recenti lavori di Sanapanich (11) e di Giovanoli (12). Chiaramente il rischio di lesione assonale è molto più alto con la rimozione di epinevrio e perinevrio, e non è clinicamente accettabile determinare una lesione del nervo donatore con conseguente deficit funzionale nel territorio di distribuzione del nervo stesso.

Tham e Morrison (13) hanno valutato la rigenerazione di assoni motori ed hanno confermato che una reinnervazione del muscolo denervato può avere successo dopo "end-to-side" effettuata con finestra epineurale, suggerendo, per evitare effetti di co-contrazione di muscoli antagonisti di utilizzare un nervo donatore sinergico. A conferma del diffuso interesse verso la tecnica e della sua validità (14-18) ricordiamo per completezza anche il lavoro di Papalia (19, 20) circa la possibile neurotizzazione muscolare diretta mediante innesto nervoso suturato con tecnica "end-to-side". Secondo Millesi (21) però, i risultati della tecnica quando applicata nella ricostruzione di nervi misti, non sono ancora del tutto comprovati.

## CASO CLINICO

Riportiamo il caso di un giovane (BM, anni 21) che a seguito di incidente stradale (impatto moto-ciclo-auto) ha riportato un'amputazione netta al terzo medio del braccio dominante con avulsione del nervo ulnare ma senza altre lesioni associate (Fig. 2).

La parte amputata venne correttamente trattata in ipotermia e l'emorragia arrestata sul luogo dell'incidente mediante tourniquet. La procedura operatoria è iniziata 2 ore dopo l'arrivo in pronto soccorso (circa 3 ore dall'evento traumatico) mediante la attivazione multidisciplinare di chirurgo vascolare, ortopedico e chirurgo plastico-ricostruttivo: un'équipe chirurgica provvede al clampaggio dell'arteria brachiale ed al reperimento delle strutture anatomiche del moncone mentre una seconda équipe preparava la porzione amputata che venne perfusa a bassa pressione con soluzione fisiologica eparinata ed antibiotico mediante incannulamento dell'arteria.

Dopo regolarizzazione delle superfici ossee ed impianto di fissatore esterno, la rivascularizzazione arteriosa e venosa (distretto profondo e superficiale) venne realizzata mediante innesti di safena invertita. La neurorrafia del nervo mediano venne effettuata direttamente, la neurorrafia del nervo radiale mediante innesto nervoso dal cutaneo laterale dell'avambraccio, mentre il nervo ulnare, avulso per oltre 20 centimetri, venne soltanto riposizionato a livello para-ascellare mediante tunnel sottocutaneo. Venne effettuata ricostruzione dei muscoli bicipite, braccio-radiale e tricipite ed effettuata estesa fascio-



Figura 2. *Amputazione al terzo medio di braccio con avulsione del nervo ulnare.*



Figura 3. Aspetto dell'arto tre settimane dopo il reimpianto.

mia. Il decorso post-operatorio fu regolare con medicazioni giornaliere ed un monitoraggio continuo della mioglobinuria e della funzione renale. Il paziente fu sottoposto precocemente ad un protocollo di riabilitazione destinato a mantenere un buon trofismo delle masse muscolari ed a prevenire l'edema ed eventuali retrazioni muscolo-tendinee. I movimenti passivi del braccio nei tre gradi di libertà non sono stati permessi. Solo dopo tre settimane è cominciata la rieducazione passiva a livello della spalla, escludendo inizialmente le rotazioni (Fig. 3).

Cinque mesi dopo il reimpianto, quando fu documentabile clinicamente ed elettromiografica-

mente una valida reinnervazione del nervo mediano, il paziente venne sottoposto ad un secondo intervento finalizzato alla reinnervazione della componente ulnare. A tale proposito, con accesso attraverso la preesistente cicatrice della fasciotomia, distalmente alla piega del gomito, vennero isolati il nervo mediano ed il nervo ulnare: quest'ultimo, previa resezione prossimale, venne trasferito con neurorrafia "end-to-side" sul nervo mediano attraverso una finestra epinevriale (Fig. 4).

## RISULTATI

La valutazione attuale ad un anno dal reimpianto e a sette mesi e mezzo dalla "end-to-side" evidenzia una ipomiotrofia che interessa tutti i segmenti dell'arto superiore destro. La flessione delle dita lunghe non è ancora completa ma il movimento avviene per variazione angolare distribuita a tutte e tre le sedi articolari del dito. Lo stesso accade per l'estensione delle dita lunghe, che mostra una incompleta escursione, ma interessa tutte le articolazioni. A livello del primo dito si osserva un movimento di estensione dell'articolazione carpo-metacarpale e di flessione dell'articolazione interfalan-

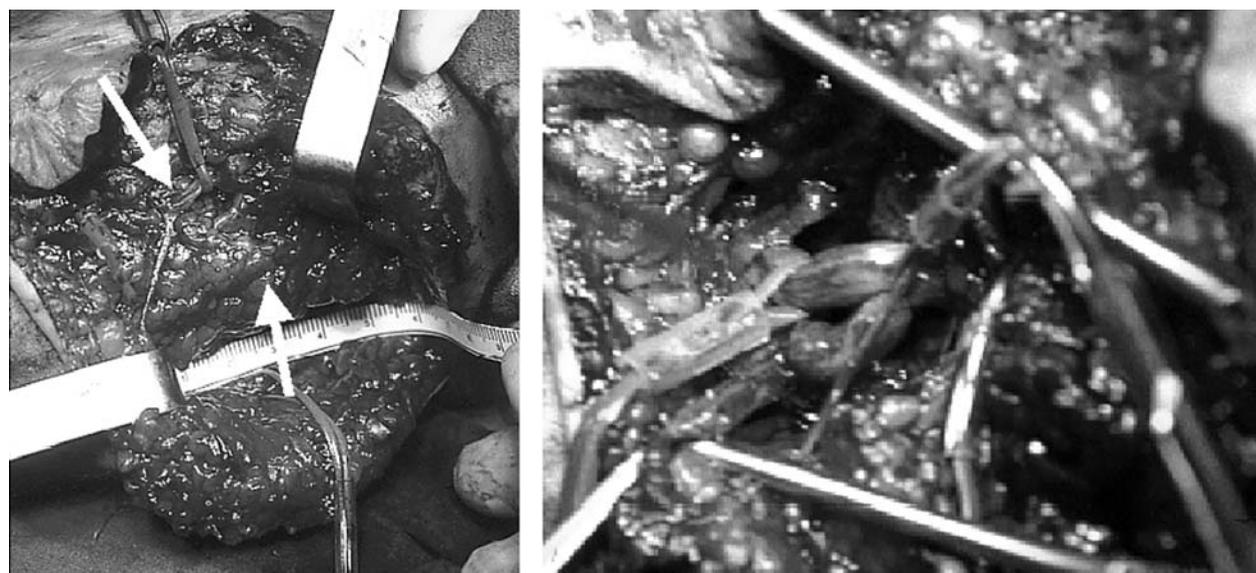


Figura 4. Isolamento dei nervi mediano ed ulnare e neurorrafia termino-laterale.

gea la quale si associa ad un accenno di flessione delle dita lunghe.

È altresì comparsa l'estensione, l'abduzione e, soprattutto, l'adduzione del quinto dito. Controlli elettromiografici confermano una iniziale reinnervazione nel territorio del nervo ulnare.

La sensibilità termica è normale per il caldo ed accentuata per il freddo rispetto alla mano sinistra. Sono ancora presenti disestesie e parestesie tattili, mentre non è ancora comparsa la capacità a localizzare stimoli tattili e cinestesici.

Nei compiti della vita quotidiana il soggetto coordina ed integra i movimenti dell'arto reimpiantato con quelli dell'arto opposto integro. Questa attività bimanuale, al di là della sua completezza motoria e della capacità effettiva a soddisfare scopi specifici, denota il mantenimento di uno schema corporeo normale.

Il paziente attualmente non è ancora completamente indipendente nelle attività della vita quotidiana, la sua motilità articolare attiva è al di là del 30% alla spalla ed al gomito, e lo è solo per alcuni movimenti al polso ed alla mano. La sensibilità è scarsa ma con funzioni di protezione. Nella scala di valutazione del recupero funzionale secondo Chen, il paziente attualmente è più vicino al grado 3.

## DISCUSSIONE

Alla luce di questa esperienza ed in pieno accordo con i risultati riportati in letteratura circa le controindicazioni ad un macroimpianto (situazioni associate con rischio di vita, gravi lesioni da schiacciamento, contaminazione massiva, ischemia prolungata per oltre 6 ore, ...) è possibile affermare che il reimpianto di braccio in casi molto selezionati può permettere una completa conservazione anatomica dell'arto, con importanti risvolti psicologici, ma anche un recupero funzionale seppur limitato. A questo proposito, la successiva neurografia "end-to-side", effettuata in condizioni di completa denervazione del nervo ulnare e di impossibile riparazione mediante tecniche tradizionali, ha dimostrato risultati incoraggianti con un recupero moto-

rio tuttora in miglioramento e può rappresentare quindi una procedura con potenziali applicazioni di entità clinica capace di restaurare una funzione in condizioni impossibili da trattare con innesti nervosi.

Dalla letteratura attuale e dalla nostra esperienza possiamo pertanto estrapolare i seguenti concetti che costituiscono la base della tecnica di riparazione "end-to-side":

- la neurografia "end-to-side" può rappresentare una valida alternativa quando le condizioni non sono ottimali alla neurografia termino-terminale tradizionale e a tecniche standard (innesti o trasferimenti nervosi);
- esistono premesse documentate che la neurografia "end-to-side" possa permettere un parziale recupero motorio;
- rimuovere l'epinevrio non danneggia il nervo donatore e non crea denervazione dei muscoli corrispondenti;
- i risultati clinici che possiamo aspettarci dopo "end-to-side" sono comunque al momento non standardizzabili e difficili da determinare.

## BIBLIOGRAFIA

1. Balance CA, Balance HA, Steward P. Remarks on the operative treatment of chronic facial palsy of peripheral origin. *Br Med J* 1903; 1: 1009-13.
2. Harris W, Low VW. On the importance of accurate muscular analysis in lesions of brachial plexus and the treatment of Erb's palsy and infantile paralysis of the upper extremity by cross-union of the nerve roots. *Br Med J* 1903; 24: 1035-8.
3. Gatta R. Sulla anastomosi latero-terminale dei tronchi nervosi. *Atti dell'Istituto di Patologia Chirurgica della Regia Università di Padova*, 1938; 155-64.
4. Viterbo F, Trindade JC, Hoshino K, et al. Lateroterminal neuroorrhaphy without removal of the epineural sheath: experimental study in rats. *Sao Paulo Medical Journal (Rev Paul Med)* 1992; 110: 267-75.
5. Viterbo F, Trindade JC, Hoshino K, et al. Two end-to-side neuroorrhaphies and nerve graft with removal of the epineural sheath: experimental study in rats. *Br J Plast Surg* 1994; 47: 75-80.
6. Viterbo F, Trindade JC, Hoshino K, et al. End-to-side neuroorrhaphy with removal of the epineural sheath: expe-

- rimental study in rats. *Plast Reconstr Surg* 1994; 94: 1038-47.
7. Lundborg G, Zhao Q, Kanje M, et al. Can sensory and motor collateral sprouting be induced from intact peripheral nerve by end-to-side anastomosis? *J Hand Surg* 1994; 19B: 277-82.
  8. Zhang Z, Soucacos PN, Bo J, et al. Reinnervation following end-to-side nerve coaptation in a rat model. Presented at Joint Annual Meeting of AAHS/ASRM, Scottsdale, AZ, 1998
  9. Yan JG, Matloub HS, Sanger JR, Zhang LL, Riley DA, Jaradeh SS. A modified end-to-side method for peripheral nerve repair: large epineurial window helicoid technique versus small epineurial window standard end-to-side technique. *J Hand Surg* 2002; 27A: 484-92.
  10. Cederna PS, Kalliainen LK, Urbanek MG, Rovak JM, Kuzon WM. "Donor" muscle structure and function after end-to-side neurotization. *Plast Reconstr Surg* 2001; 107: 789-96.
  11. Sanapanich K, Morrison WA, Messina A. Physiologic and morphologic aspects of nerve regeneration after end-to-side or end-to-end coaptation in a rat model of brachial plexus injury. *J Hand Surg* 2002; 27A: 133-42.
  12. Giovanoli P, Koller R, Meuli-Simmen C, et al. Functional and morphometric evaluation of end-to-side neurotization for muscle reinnervation. *Plast Reconstr Surg* 2000; 106: 383-92.
  13. Tham SKY, Morrison WA. Motor collateral sprouting through an end-to-side nerve repair. *J Hand Surg* 1998; 23A: 844-51.
  14. Frey M. End-to-side neurotization in clinical application- A new option for motor or sensory reconstruction in the upper extremity. 8<sup>th</sup> congress of IFSSH, Istanbul 2001.
  15. Kalliainen LK, Cederna PS, Kuzon WM. Mechanical function of muscle reinnervated by end-to-side neurotization. *Plast Reconstr Surg* 1999; 103: 1919-27.
  16. Liu K, Chen LE, Seaber AV, Goldner RV, Urbaniak JR. Motor functional and morphological findings following end-to-side neurotization in a rat model. *J Orthop Res* 1999; 17: 293-300.
  17. Mennen U. End-to-side suture (ETSNS) in clinical practice. 8<sup>th</sup> congress of IFSSH, Istanbul 2001.
  18. Urbaniak JR, Zhang ZJ, Seaber AV, Chen LE. End-to-side neurotization with two recipient sites. 8<sup>th</sup> congress of IFSSH, Istanbul 2001
  19. Papalia I, Lacroix C, Brunelli F, d'Alcontres FS. Direct muscle neurotization after end-to-side neurotization. *J Reconstr Microsurg* 2001; 17: 237-46.
  20. Papalia I, Stagno d'Alcontres F. Il recupero del tono e del trofismo muscolare mediante innesto di nervo suturato con tecnica termino-laterale. *Studio sperimentale. Riv Chir Mano* 2001; 38: 14-22.
  21. Millesi H, Turkof E. Experience with terminolateral coaptation in brachial plexus surgery. 8<sup>th</sup> congress of IFSSH, Istanbul, 2001
  22. Chen YG, Brushart TM. The effect of denervated muscle and Schwann cells on axon collateral sprouting. *J Hand Surg* 1998; 23A, 6: 1025-33.
  23. McCallister WV, Tang P, Smith J, Troumble TE. Axonal regeneration stimulated by the combination of nerve growth factor and ciliary neurotrophic factor in an end-to-side model. *J Hand Surg* 2001; 26A, 3: 478-88.
  24. Ramon y Cayal S. Degeneration and regeneration of the nervous system. London: Oxford University Press, 1928
  25. Rowan PR, Chen LE, Urbaniak JR. End-to-side nerve repair. A review. *Hand Clin* 2000; 16: 151-9
  26. Sunderland S. Nerves and nerve injuries, ed 2. Edinburgh: Churchill-Livingstone, 1978.
  27. Tarasidis G, Watanabe O, Mackinnon S, et al. End-to-side neurotization resulting in limited sensory axonal regeneration in a rat model. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1997; 106: 506-12.
  28. Tarasidis G, Watanabe O, Mackinnon S, et al. End-to-side neurotization: A long term study of neural regeneration in a rat model. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1998; 119: 337-41
  29. Zhang Z. One donor nerve with two recipient sites of end-to-side neurotization. 8<sup>th</sup> congress of IFSSH, Istanbul, 2001