

Les transferts nerveux

Nerve transfers

J. Bahm, W. El Kazzi et F. Schuind

Service d'Orthopédie-Traumatologie, Cliniques Universitaires de Bruxelles, Hôpital Erasme

RESUME

Les transferts nerveux constituent une technique chirurgicale récente pour « réanimer » un nerf sensitif ou moteur au départ d'un autre nerf ou de fascicules nerveux intacts, déplacés et co-aptés par une anastomose termino-terminale, ou parfois termino-latérale sélective. Cette technique trouve son utilité si la partie proximale du nerf périphérique est détruite ou de mauvaise qualité histologique (avulsion d'une racine plexuelle, moignon proximal enfoui dans une cicatrice), lointaine (grande perte de substance), ou inaccessible. Le transfert nerveux s'avère particulièrement utile dans les réparations microchirurgicales des plexus brachial et lombo-sacré, et dans certaines lésions des nerfs périphériques au niveau des extrémités : rupture du nerf axillaire dans l'espace quadrilatère, lésion irréversible du tronc primaire supérieur, chirurgie du nerf facial.

Rev Med Brux 2011 ; 32 : S 54-7

ABSTRACT

Nerve transfers are recent surgical techniques where an unaffected nerve or part of its fascicles is transferred onto another nerve and co-apted end-to-end, or sometimes end-to-side, in order to « reanimate » sensitive or motor deficits. The technique is indicated when the proximal nerve stump has been destroyed or is of bad histological quality (brachial plexus root avulsion, or stump hidden in an extended scar), far from the target (important loss of substance), or difficult to access. Nerve transfers may be indicated for the microsurgical repair of brachial or lumbo-sacral plexus lesions, and in specific upper and lower limb peripheral nerve injuries : rupture of the axillary nerve in the quadrilateral space, irreversible lesion of the upper trunk of the brachial plexus, and in facial nerve surgery.

Rev Med Brux 2011 ; 32 : S 54-7

Keywords : nerve transfer, end-to-side co-aptation, brachial plexus, microsurgery

INTRODUCTION

Depuis une quarantaine d'années, la microchirurgie permet une réparation des lésions traumatiques des nerfs périphériques au niveau des extrémités et des nerfs crâniens au visage. Les techniques de neurolyse, de suture primaire épi- ou épi-périneurale et l'utilisation de greffons autologues sont devenues de routine¹ et offrent d'assez bons résultats fonctionnels, sensitifs et moteurs, à condition que le délai de réparation soit réduit (endéans les trois à six mois), que les tranches de section proximale et distale soient de bonne qualité et que les sutures soient réalisées sans tension. L'histopathologie peropératoire¹ permet d'analyser la qualité du moignon distal et surtout proximal et peut suggérer une recoupe afin d'améliorer la surface de contact. Comme la réinnervation se produit au départ de la tranche de section proximale, le résultat fonctionnel dépend beaucoup de ce moignon et des fibres nerveuses à l'origine des cônes de réinnervation. Plus ce moignon est fibrosé, pauvre en fibres, plus il est proche de la moelle (aggravation des phénomènes d'apoptose, si la lésion axonale est très proche du corps cellulaire²) ou éloigné de sa cible, moins bonne sera la réinnervation et le résultat fonctionnel.

Il existe au niveau des nerfs périphériques mixtes une certaine redondance : plusieurs groupes fasciculaires semblent véhiculer la même fonction motrice ou sensitive, ce qui permet l'extraction de certains d'entre eux afin de servir de « donneur d'influx » pour des cibles aussi bien motrices

(muscles de proximité) que sensitives.

De cette conjoncture - manque de donneurs fasciculaires de qualité, redondance relative au niveau des nerfs mixtes sains - est né le concept du transfert nerveux sélectif (ou neurotisation neuro-neurale) afin de réanimer des nerfs dont le moignon proximal est soit perdu (avulsion radiculaire), soit de mauvaise qualité (fibrose importante, névrome avec mini-fascicules), soit trop éloigné, la réinnervation se faisant à la vitesse de 1 à 2 mm par jour, et le délai maximum de dénervation tolérable pour un muscle adulte étant d'environ six mois, au maximum d'un an. La co-aptation termino-latérale d'un nerf déconnecté à un nerf sain de voisinage, ouvert par une fenêtre épineurale latérale, où l'on espère un bourgeonnement collatéral au départ des fascicules sains, constitue l'ultime variante du transfert nerveux (figure 1)³.

INDICATIONS ET TECHNIQUE CHIRURGICALE

Les indications sont strictes. Tout transfert nerveux doit poursuivre un but fonctionnel précis, soit de réanimer un ou plusieurs muscles, soit de suppléer une sensibilité défaillante. L'intervention se déroule en un temps et comprend : la dissection du nerf donneur et du nerf receveur ; la sélection des fascicules donneurs après neurolyse interfasciculaire (figure 2) ; en cas de transfert nerveux moteur, la stimulation électrique sélective avec courant dégressif (figure 3), afin d'identifier le ou les fascicules redondants ; et, finalement, la

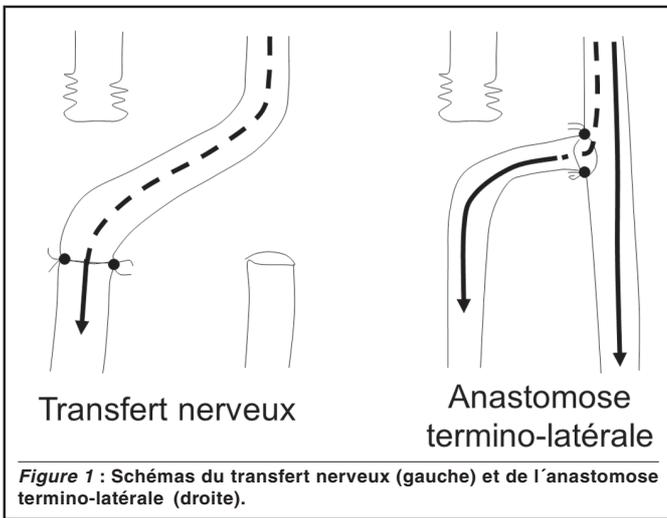


Figure 1 : Schémas du transfert nerveux (gauche) et de l'anastomose termino-latérale (droite).

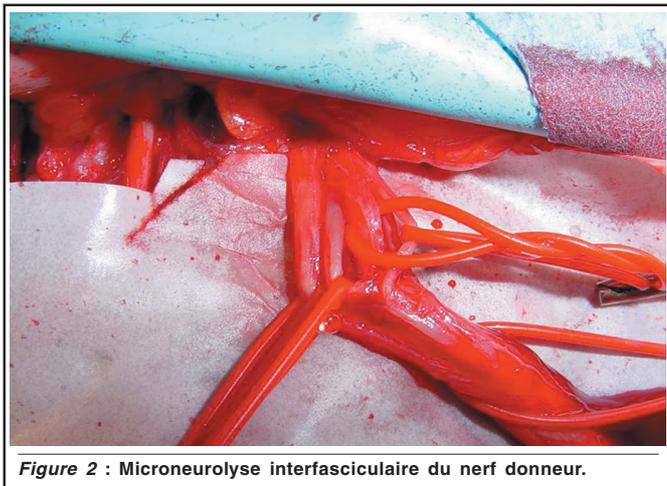


Figure 2 : Microneurolyse interfasciculaire du nerf donneur.



Figure 3 : Stimulateur nerveux.

co-aptation des fascicules donneurs sur le moignon proximal du nerf à reconstruire (figure 4), le plus souvent le plus près du muscle à réinnervier afin de diminuer le temps de réinnervation et donc de l'hypotrophie de dénervation du muscle dénervé. Les mêmes principes s'appliquent aux transferts sensibles, plus rares et en général effectués au départ de nerfs purement sensitifs, et aux anastomoses termino-latérales, d'indications exceptionnelles et très spécifiques. Le tableau 1 reprend les principales techniques de transfert nerveux, en fonction des nerfs à réinnervier.



Figure 4 : Co-aptation termino-terminale entre les fascicules donneurs et le nerf moteur du muscle biceps, dans un cas de transfert nerveux selon Oberlin.

Tableau 1 : Récapitulatif des techniques de transfert nerveux moteur (ou à prépondérance motrice)

Nerf donneur	Nerf receveur	Auteur
XI	SSC (spinati)	Malessy ¹⁰ , Bahm 2005 ²⁰
XI	MC (biceps)	Narakas ²¹
IC	MC (biceps)	Malessy ⁹
IC	AX (deltoïde)	Malungpaishrope ²²
U	MC (biceps ou brachialis)	Oberlin ¹¹ , Liverneaux ²³
U	R (triceps)	Gilbert ²⁴
M	MC (biceps ou brachialis)	Oberlin ¹²
M	R (PIN)	Mackinnon ²⁵ , Bertelli ²⁶
R	AX (deltoïde)	Leechavengvongs ⁷ , Colbert ²⁷ , Bertelli ²⁸
MC (brachialis)	M (flexion doigts)	Palazzi ²⁹
ThD	ThL (serratus antérieur)	Uerpaiojkit ³⁰
Ph	MC	Gu ³¹ , Siqueira ¹³
Ph	SSC	Sinis ³²
cC7	Multiples	Gu ^{6,19}

Abréviations :

XI : nerf spinal accessoire ; SSC : nerf suprascapulaire ; MC : nerf musculocutané ; IC : nerfs intercostaux ; AX : nerf axillaire ; U : nerf ulnaire ; R : nerf radial ; M : nerf médian ; PIN : nerf interosseux postérieur ; ThD : nerf thoracodorsal ; ThL : nerf long thoracique ; Ph : nerf phrénique ; cC7 : racine C7 controlatérale.

La revalidation postopératoire, après une immobilisation d'en général deux semaines (protection de la suture nerveuse), est spécifique par rapport à la fonction ciblée, en tenant compte de la réadaptation corticale. Par exemple, les nerfs intercostaux sont sous gouvernance de centres moteurs topographiquement éloignés de ceux du bras, et de nouvelles connexions synaptiques doivent s'établir moyennant des processus biologiques encore peu connus^{4,5}.

DISCUSSION

La littérature précise les résultats cliniques obtenus dans des séries opératoires de petite ou moyenne taille⁶⁻¹⁸ et s'avance dans quelques aspects comparatifs. On admet qu'un transfert moteur peut restituer une force de M3 à M4 (figure 5). Ce résultat fonctionnel est obtenu par un nombre restreint ou élargi de fascicules donneurs. Le résultat moteur est d'autant meilleur et rapide que les donneurs sont riches en fascicules très moteurs, que la distance à la cible est courte, et que la co-aptation est parfaite sur le plan microchirurgical (sutures 10 ou 11/0) et sans tension. Par rapport aux contingents moteurs prélevés, il n'y a en général pas de perte fonctionnelle persistante au-delà de six mois, mais il n'existe à ce jour pas d'étude spécifique sur ce sujet pour les différents transferts moteurs proposés. Ce n'est que pour les transferts controlatéraux de la racine C7, totaux ou partiels, qu'existe dans la littérature une controverse quant aux déficits au membre donneur sain^{6,14,15,19}.

La technique du transfert nerveux peut être en compétition avec une greffe (par exemple, lors d'une rupture du nerf axillaire au sein de l'espace quadrangulaire du creux axillaire) ou avec un transfert musculo-tendineux (au lieu de pratiquer un transfert tendineux classique, par exemple pour paralysie radiale, il est théoriquement possible de réinnervier les nerfs moteurs des extenseurs du poignet et des doigts) ; cependant les résultats des transferts tendineux sont bien connus et assez constants, ceux des transferts nerveux plus aléatoires.

Les transferts nerveux peuvent avoir des indications pour d'autres pathologies. En effet, tout muscle non spastique et encore susceptible de réinnervation, s'il peut être stimulé par des fascicules d'un nerf périphérique répondant bien au contrôle volontaire, peut bénéficier d'un transfert nerveux. Cela vaut pour des cas précis d'hémiplégie partielle et de tétraplégie, et ouvre le champ à de nouvelles possibilités de

reconstruction bien plus sélectives que certains transferts tendineux. Il faut souligner ici que dans toute lésion du motoneurone supérieur, le muscle cible n'est pas dénervé et le réflexe myotatique est conservé - ce qui donne un meilleur résultat par rapport au muscle partiellement dénervé et hypotrophique. Ce n'est que le muscle spastique, échappant au contrôle volontaire et dont la proportion en tissu conjonctif et l'architecture fibrillaire interne sont remaniées, qui est un mauvais répondeur à cette technique prometteuse. En cas de transfert termino-latéral sélectif, il n'y a à moyen terme pas de déficit du nerf donneur.

CONCLUSIONS

Les transferts nerveux sensitifs ou moteurs ont enrichi notre arsenal microchirurgical pour le traitement des lésions nerveuses sévères. Ils font appel à une technique chirurgicale de dissection et de suture minutieuses, imposant souvent la maîtrise des techniques de neurostimulation opératoire. Ils peuvent prodiguer de bons résultats fonctionnels. Leurs indications augmentent autant pour le traitement des lésions étendues des nerfs périphériques que dans de nouvelles indications, apportant un espoir dans diverses affections neurologiques.

BIBLIOGRAPHIE

1. Bahm J, Becker M, Disselhorst-Klug C, Williams C, Meinecke L, Müller H, Sellhaus B, Schröder JM, Rau G : Surgical strategy in obstetric brachial plexus palsy. The Aachen experience. *Sem Plast Surg* 2004 ; 18 : 285-99
2. Wiberg M, Vedung S, Stalberg E : Neuronal loss after transection of the facial nerve. A morphological and neurophysiological study in monkeys. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 2001 ; 35 : 135-40
3. Millesi H, Schmidhammer R : Nerve fiber transfer by end-to-side coaptation. *Hand Clin* 2008 ; 24 : 461-83
4. Anastakis DJ, Malesy MJ, Chen R, Davis KD, Mikulis D : Cortical plasticity following nerve transfer in the upper extremity. *Hand Clin* 2008 ; 24 : 425-44
5. Malesy MJ, Thomeer RT, van Dijk JG : Changing central nervous system control following intercostals nerve transfer. *J Neurosurg* 1998 ; 89 : 568-74
6. Gu YD, Wu MM, Zhen YL et al : Microsurgical treatment for root avulsion of the brachial plexus. *Chin Med J* 1987 ; 100 : 519-22
7. Leechavengvongs S, Witoonchart K, Uerpairojkit C, Thuvasethakul P : Nerve transfer to deltoid muscle using the nerve to the long head of the triceps. Part II. A report of 7 cases. *J Hand Surg Am* 2003 ; 28 : 633-8
8. Leechavengvongs S, Witoonchart K, Uerpairojkit C, Thuvasethakul P, Malungpaishrope K : Combined nerve transfers for C5 and C6 brachial plexus avulsion injury. *J Hand Surg Am* 2006 ; 31 : 183-9
9. Malesy MJ, Thomeer RT : Evaluation of intercostals to musculocutaneous nerve transfer in reconstructive brachial plexus surgery. *J Neurosurg* 1998 ; 88 : 266-71
10. Malesy MJ, de Ruiter GC, de Boer KS, Thomeer RT : Evaluation of suprascapular nerve neurotisation after nerve graft or transfer in the treatment of brachial plexus traction lesions. *J Neurosurg* 2004 ; 101 : 377-89
11. Oberlin C, Ameur NE, Teboul F, Beaulieu JY, Vacher C : Restoration of elbow flexion in brachial plexus injury by transfer of ulnar nerve fascicles to the nerve to the biceps muscle. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2002 ; 6 : 86-90
12. Oberlin C, Durand S, Belheyar Z, Shafi M, David E, Asfazadourian H : Nerve transfers in brachial plexus palsies. *Chir Main* 2008 ; 25 : S1297-1302
13. Siqueira MG, Martins RS : Phrenic nerve transfer in the restoration of elbow flexion in brachial plexus avulsion injuries : how effective and safe is it ? *Neurosurgery* 2009 ; 65 : A125-31



Figure 5 : Résultat attendu du transfert : restauration d'une flexion active du coude (enfant présentant une avulsion des racines C5 et C6).

14. Songcharoen P, Wongtrakul S, Mahaisavariya B, Spinner RJ : Hemi-contralateral C7 transfer to median nerve in the treatment of root avulsion brachial plexus injury. *J Hand Surg (Am)* 2001 ; 26 : 1058-64
15. Songcharoen P, Wongtrakul S, Spinner RJ : Brachial plexus injuries in the adult. Nerve transfers, the Siriraj Hospital experience. *J Hand Clin* 2005 ; 21 : 83-9
16. Teboul F, Kakkar R, Ameer N, Beaulieu JY, Oberlin C : Transfer of fascicles from the ulnar nerve to the nerve to the biceps in the treatment of upper brachial plexus palsy. *J Bone Jt Surg (Am)* 2004 ; 86 : 1485-90
17. Terzis JK, Kostas I, Soucacos PN : Restoration of shoulder function with nerve transfers in traumatic brachial plexus palsy patients. *Microsurg* 2006 ; 26 : 316-24
18. Terzis JK, Kokkalis ZT : Selective contralateral C7 transfer in posttraumatic brachial plexus injuries. A report of 56 cases. *Plast Reconstr Surg* 2009 ; 123 : 927-38
19. Gu YD, Zhang GM, Chen DS et al : Cervical nerve root transfer from healthy side for treatment of brachial plexus root avulsion. Report at Brachial Plexus Symposium, Lausanne, 1989
20. Bahm J, Noaman H, Becker M : The dorsal approach to the suprascapular nerve. *Plast Reconstr Surg* 2005 ; 115 : 240-4
21. Narakas AO : Neurotization in the treatment of brachial plexus injuries. In : Gelberman RH (ed) : *Operative nerve repair and reconstruction*. JB Lippincott Company, Philadelphia 1991 (1329-58)
22. Malungpaishrope K, Leechavengvongs S, Uerpairojkit C, Witoonchart K, Jitprapaikulsarn S, Chongthammakun S : Nerve transfer to deltoid muscle using the intercostal nerves through the posterior approach. An anatomic study and two case reports. *J Hand Surg Am* 2007 ; 32 : 218-24
23. Liverneaux PA, Diaz LC, Beaulieu JY, Durand S, Oberlin C : Preliminary results of double nerve transfer to restore elbow flexion in upper type brachial plexus palsies. *Plast Reconstr Surg* 2006 ; 117 : 915-9
24. Gilbert A : Personal communication at the Narakas meeting, Lisboa, Portugal 2011
25. Mackinnon SE, Roque B, Tung TH : Median to radial nerve transfer for treatment of radial nerve palsy. Case report. *J Neurosurg* 2007; 107 : 666-71
26. Bertelli JA, Ghizoni MF : Transfer of supinator motor branches to the posterior interosseous nerve in C7-T1 brachial plexus palsy. *J Neurosurg* 2010 ; 113 : 129-32
27. Colbert SH, Mackinnon S : Posterior approach for double nerve transfer for restoration of shoulder function in upper brachial plexus palsy. *Hand* 2006 ; 1 : 71-7
28. Bertelli JA, Santos MA, Kechele PR, Ghizoni MF, Duarte H : Triceps motor nerve branches as a donor or receiver in nerve transfers. *Neurosurgery* 2007 ; 61 : 333-8
29. Palazzi S, Palazzi JL, Caceres JP : Neurotization with the brachialis muscle motor nerve. *Microsurg* 2006 ; 26 : 330-3
30. Uerpairojkit C, Leechavengvongs S, Witoonchart K, Malungpaishrope K, Raksakulkiat R : Nerve transfer to serratus anterior muscle using the thoracodorsal nerve for winged scapula in C5 and C6 brachial plexus root avulsions. *J Hand Surg Am* 2009 ; 34 : 74-8
31. Gu YD, Wu MM, Zhen YL et al : Phrenic nerve transfer for treatment of brachial plexus root avulsion. Report at Brachial Plexus Symposium, Lausanne, 1989
32. Sinis N, Boettcher M, Werdin F, Kraus A, Schaller HE : Restoration of shoulder abduction function by direct muscular neurotization with the phrenic nerve fascicles and nerve grafts, a case report. *Microsurgery* 2009 ; 29 : 552-5

Correspondance et tirés à part :

J. BAHM
 Service d'Orthopédie-Traumatologie,
 Cliniques Universitaires de Bruxelles,
 Hôpital Erasme,
 Route de Lennik 808
 1070 Bruxelles
 E-mail : jorg.bahm@erasme.ulb.ac.be

Travail reçu le 1^{er} août 2011 ; accepté dans sa version définitive le 1^{er} septembre 2011.