

Mémoire de l'Académie Nationale de Chirurgie

Présentation : Février 2019

Titre :

Les Transferts Nerveux : Indications dans la prise en charge des paralysies par lésions des nerfs périphériques et du plexus brachial, par lésions médullaires, par lésions cérébrales, et autres. Updates.

Title:

Nerve Transfers: Indications and updates in Brachial plexus palsy, Spinal cord injury, Spasticity, brain stroke and others (Supercharge, NanoTarget).

Auteur : Frédéric Teboul, MD, MS

Coordonnées :

- Institut de Chirurgie du Nerf et du Plexus Brachial, 92 boulevard de Courcelles, 75017, Paris

- Institut de la Main, Clinique Bizet, 23 rue Georges Bizet, 75116 Paris

- Centre SOS Mains, HPPE Ramsay Santé, 94500, Champigny sur Marne

Auteur correspondant : f_teboul@hotmail.com

Site web : www.drfredericteboul.com



Résumé :

Les transferts nerveux ont révolutionné la prise en charge des paralysés des nerfs périphériques et du plexus Brachial au cours des vingt dernières années. Nous avons élargi les indications chez les patients présentant des lésions médullaires, des lésions cérébrales (souffrance ischémique néo-natale, Accidents vasculaire cérébraux), moignons d'amputation douloureux, aide à l'appareillage des prothèses myoélectriques.

Mots-clés : transferts nerveux, Plexus brachial, Greffe nerveuse, spasticité

Key words: nerve transfers, Brachial Plexus, Nerve graft, Spasticity

Conflit d'intérêt : L'auteur ne présente aucun conflit d'intérêt.

TEXTE

La prise en charge des paralysés des nerfs périphériques ou du plexus brachial est en évolution permanente depuis 25 ans. Parallèlement à la prise en charge de ces patients, la stratégie utilisée dans la prise en charge de lésion traumatique des nerfs périphériques et du plexus brachial a été dupliquée dans d'autres pathologies telles que les lésions médullaires et les lésions cérébrales. Les transferts nerveux sont une avancée majeure dans la prise en charge des paralysés dans de nombreuses situations, où ils ont permis d'améliorer le pronostic fonctionnel et les scores de qualité de vie.

Les transferts nerveux font maintenant partie intégrante de l'arsenal thérapeutique chirurgicale dans la prise en charge des paralysés d'origine périphérique ou centrale. Ces paralysies sont le plus souvent d'origine traumatique mais peuvent rentrer dans le cadre de pathologie dégénérative neurologique (sclérose latérale amyotrophique par exemple), où peuvent être secondaire à des résections tumorales. Les lésions iatrogènes des nerfs périphériques par le développement de la chirurgie mini invasive ou arthroscopique sont aussi de plus en plus fréquentes et les transferts nerveux sont une excellente réponse à des lésions ciblées. L'indication initiale était de restaurer une fonction motrice. Nous les utilisons maintenant pour réaliser des transferts de re-sensibilisation, et traiter la spasticité notamment au membre supérieur.

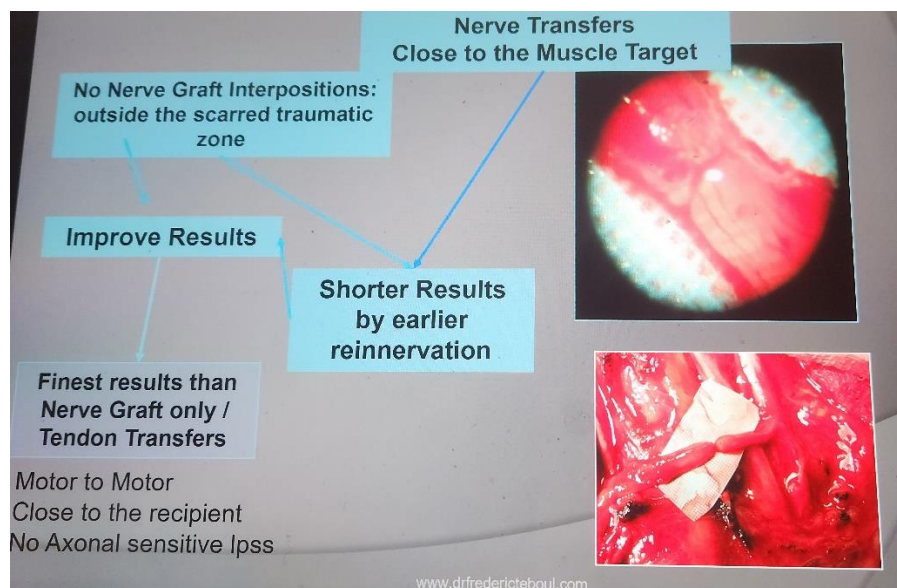
Pour mémoire, la topographie intra neurale des différents nerfs aux membres supérieurs est maintenant connue, et le transfert nerveux utiliser correspond au prélèvement d'un ou deux fascicules au sein d'un nerf intact, sous contrôle peropératoire d'un électro stimulateur. Ces fascicules prélevés n'entraînent pas ou rarement des déficits temporaires, car elles sont de manière naturelle dupliqués au sein du nerf. Les fascicules prélevés sont alors transférés sur les nerfs cibles à distance de la lésion nerveuse et de manière proche de l'effecteur dont la ponction doit être réanimé. Ceci permet de réaliser une suture microchirurgicale au plus près de l'effecteur paralysé, sans perte axonale, sans interposition de greffe, sans aucune tension dans la suture, avec un apport d'axone massif (comptage axonal).

Principe

Initialement, les transferts nerveux ont été utilisés pour rétablir des fonctions motrices. Bien que déjà décrits, ils ont été réellement utilisés à nouveau dans les années 2000 pour réanimer la flexion du coude lorsqu'une greffe nerveuse ne pouvait être réalisée dans les atteintes du plexus brachial proximales (1). Les résultats obtenus par les transferts nerveux dans cette indication, dans des situations équivalentes étaient meilleures que ceux obtenus par des greffes nerveuses conventionnelles (2). En effet après une lésion nerveuse périphérique, il existe des modifications intra neurale, de la plaque motrice et du muscle dénervé, ayant pour conséquence une amyotrophie

musculaire, une dégénérescence des plaques motrices et après quelques mois une mort programmée des cellules musculaires et des myofibrilles. Le transfert nerveux permet de transformer une lésion proximale proche de la région médullaire, en lésion distale, par réalisation d'une suture microchirurgicale au plus près de l'effecteur paralysé. Le temps de réinnervation est ainsi très largement raccourci évitant la dégénérescence irréversible des myofibrilles et des plaques motrices.

Figure 1 : Principes des transferts nerveux. Suture microchirurgicale unique sans greffe interposée, proche de l'effecteur (muscle) à réinnover, sans perte axonale, ciblée, à distance de la lésion nerveuse scléreuse, en zone saine anatomique.



Paralysies du plexus brachial

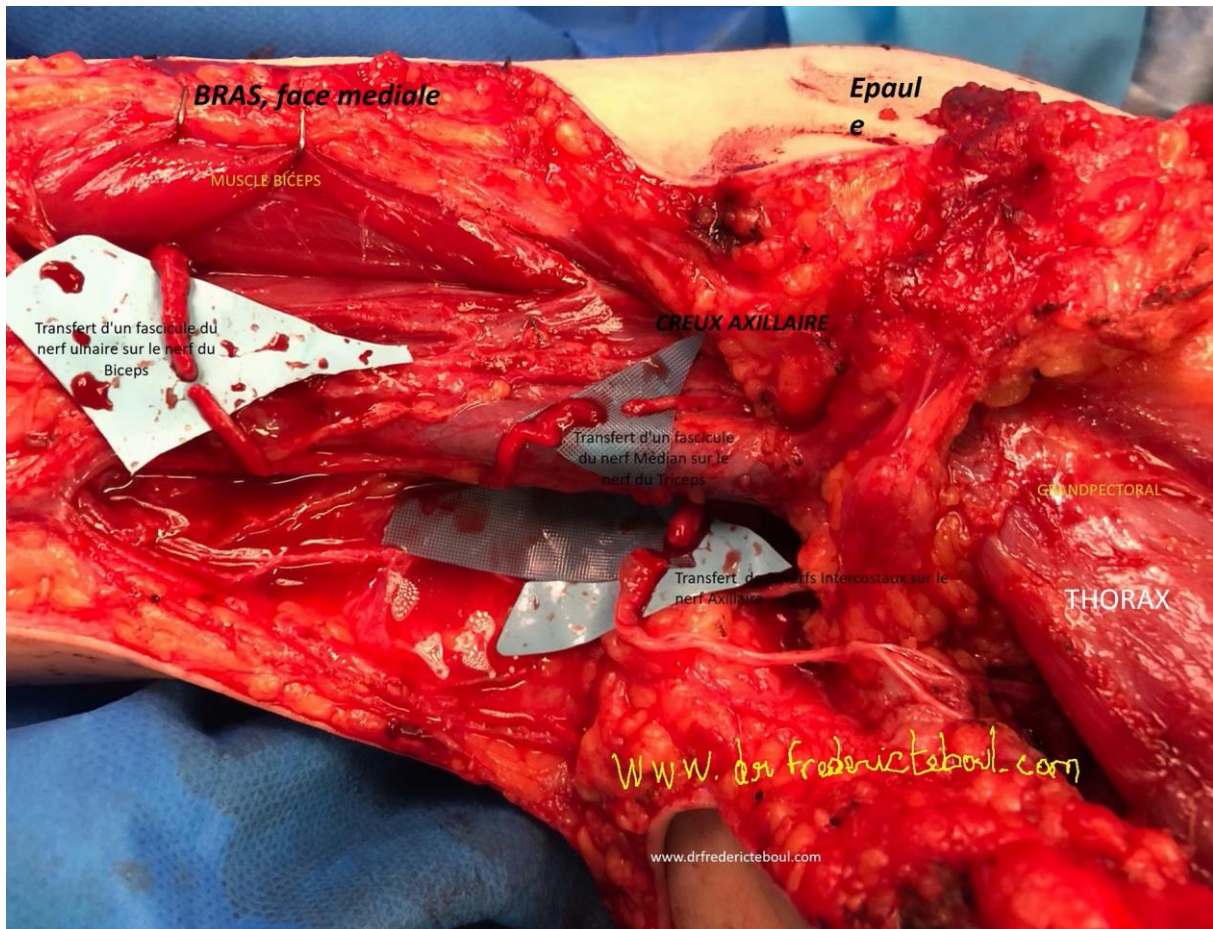
Depuis la description des transferts des fascicules du nerf ulnaire sur le nerf du biceps pour rétablir la flexion du coude dans les paralysies hautes du plexus brachial, le champ des transferts nerveux s'est très largement élargi grâce à une meilleure compréhension de topographie axonale des nerfs périphériques et à l'imagination fertile des chirurgiens.

L'examen clinique par un clinicien habitué (rare) permet d'établir le diagnostic de manière anatomique et il est complété par un électromyogramme, une IRM et éventuellement une échographie par des neurologues et des radiologues habitués à cette pathologie.

Dans les paralysies hautes du plexus brachial, atteignant les racines cervicales C5/C6 +/- C7, les transferts nerveux ont pour objectif de réanimer la flexion du coude (transfert de fascicules du nerf médian et/ou du nerf ulnaire sur le nerf du biceps et le nerf du muscle brachial antérieur), l'abduction et la rotation latérale de l'épaule (transfert du nerf du rhomboïde sur le nerf suprascapulaire, ou bien transfert de la branche externe du nerf spinal sur le nerf suprascapulaire pour la rotation latérale, transfert de trois

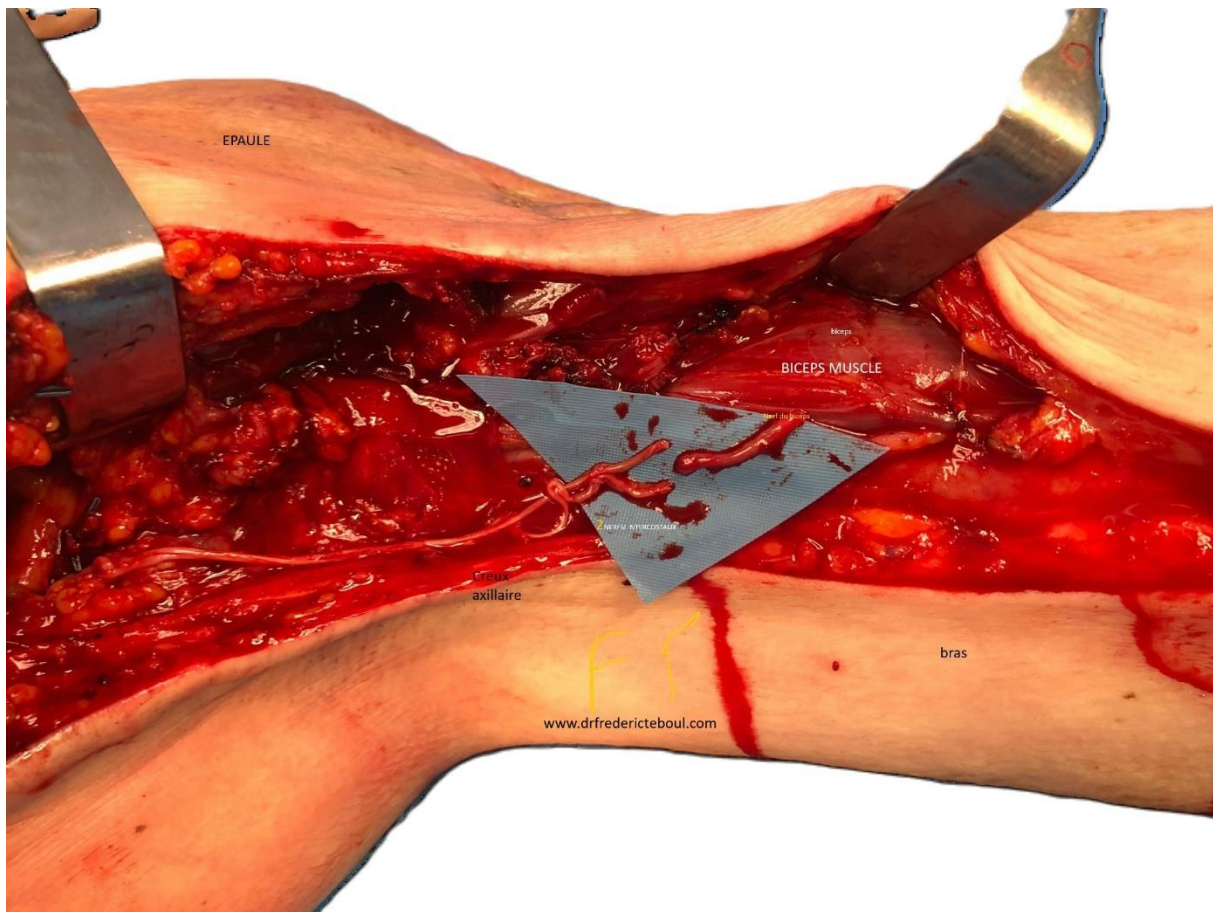
nerfs intercostaux sur le nerf axillaire pour innervés le muscle deltoïde). En cas d'atteinte associée de C7, il existe une paralysie du triceps. Ce dernier est alors réinnervé par un transfert de fascicules du nerf médian sur le fascicule destiné à la longue portion du triceps.

Fig 2 : triple transfert nerveux pour une paralysie du plexus brachial C5/C6 /C7 (paralysie complète de l'épaule, du coude et du poignet) : 3 nerfs intercostaux sur le nerf axillaire pour le deltoïde et le teres minor, 1 fascicule du nerf médian sur le nerf de la longue portion du triceps, 1 fascicule du nerf ulnaire sur le nerf du biceps.



Dans les paralysies complètes du plexus brachial, les transferts nerveux s'associent aux greffes nerveuses conventionnelles où sont parfois la seule option du fait de l'avulsion de toutes les racines cervicales. La priorité est donnée à la réanimation de la flexion du coude. En cas d'absence de racine greffable, nous réalisons un transfert des nerfs intercostaux sur le contingent moteur du nerf musculocutané pour réanimer les muscles biceps et brachial antérieur (3).

Fig 3 : transfert de 3 nerfs intercostaux sur le contingent moteur du nerf musculo-cutané (nerf du Biceps et du muscle Brachial antérieur)



Dans les paralysies basses du plexus brachial, il est possible de réaliser des transferts nerveux si les patients sont pris en charge de manière précoce.

Paralysies des nerfs périphériques

L'atteinte des nerfs périphériques entraînent une paralysie parfaitement systématisée. Les transferts nerveux peuvent être utiles dans certaines situations : impossibilité de greffe nerveuse courte, lésion proximale afin de se rapprocher des muscles dénervés. C'est une alternative à la greffe nerveuse conventionnelle et aux transferts tendineux, ou bien un complément de ces techniques.

En cas de paralysie isolée du nerf spinal, non accessible à une greffe ou à une suture directe (atteinte proximale rétro sterno-cléido-mastoïdienne), nous réalisons un transfert d'un fascicule de la racine C7 destinée au muscle grand pectoral sur le nerf spinal (4). En cas de paralysie isolée du nerf axillaire, nous réalisons un transfert du nerf de la longue portion du triceps sur le nerf axillaire dans sa portion antérieure en amont de l'émergence de la branche destinée au muscle teres minor. En cas de paralysie haute du nerf radial, nous réaliserons un transfert d'un fascicule du nerf ulnaire sur le nerf de la longue portion du triceps. Pour traiter la paralysie de l'extension du poignet, des doigts et du pouce, nous réalisons les transferts nerveux au pli du coude à partir du nerf médian.

Nous utilisons le fascicule moteur du nerf médian destiné au fléchisseur radial du carpe comme transfert sur le nerf interosseux postérieur. Ces transferts nerveux doivent être

réalisés dans une stratégie thérapeutique plus globale s'associant aux transferts tendineux.

En cas de paralysie haute du nerf médian, nous utilisons la branche nerveuse destinée à l'extenseur Carpi radialis Brevis sur le nerf interosseux antérieur. L'objectif est de réanimer le long fléchisseur du pouce et le fléchisseur commun profond et superficiel de l'index afin de rétablir une pince. Il faut aussi réanimer l'antépulsion de la colonne du pouce. Ceci peut être réalisé par des transferts tendineux ou bien par un transfert nerveux de la branche motrice destinée à l'abducteur digiti minimi à la branche motrice du nerf médian destinée au thénariens externes.

En cas de paralysie haute du nerf ulnaire, nous réalisons un transfert du fascicule destiné au muscle Pronator Quadratus, sur le contingent moteur du nerf ulnaire au poignet afin de réanimer la fonction intrinsèque des différents muscles de la main.

En cas de paralysie haute (abdomen) du nerf fémoral d'origine traumatique, tumorale ou iatrogène pour éviter un abord rétropéritonéal particulièrement invasif, nous avons décrit un transfert nerveux réalisé au niveau de la cuisse. Nous prélevons des fascicules moteurs au niveau du nerf obturateur qui sont transférés sur le nerf du muscle Quadriceps afin de rétablir une extension verrouillée du genou (5,6).

Transferts nerveux de re-sensibilisation

Une atteinte du plexus brachial ou bien des nerfs périphériques peut avoir pour conséquence en dehors de la paralysie motrice, une perte de protection sensitive dont les conséquences sont des lésions parfois graves. En effet la perte complète de sensibilité peut amener à des amputations à partir de lésion minime de brûlure. La restauration d'une sensibilité de protection au niveau du bord ulnaire de la main reste une priorité. La perte de sensibilité survient lors des atteintes combinées médiaux ulnaire, ou en cas de paralysie basse du plexus brachial de type C7C8/T1. Dans ce cas, nous pouvons réaliser un transfert de la branche cutanée palmaire du nerf médian sur le nerf collatéral ulnaire du 5e rayon. Si ce transfert est impossible, nous pouvons réaliser un transfert de la branche cutanée latérale antébrachiale du nerf musculocutané sur la branche sensitive du nerf ulnaire (7).

En cas de paralysie complète du plexus brachial, on peut réaliser un transfert du nerf brachial intercostal (branche du 2e nerf intercostal) sur la partie latérale du tronc secondaire contribuant à l'émergence du nerf médian. En effet la partie latérale correspond au contingent sensitif du nerf médian. Ceci permet de restaurer une zone de sensibilité relativement large au niveau de la main et notamment au niveau de la pince pouce index(8) .

En cas de paralysie isolée du nerf médian, on peut réaliser des transferts nerveux à partir des branches terminales de la branche sensitive du nerf radial sur le nerf collatéral ulnaire du pouce et le nerf collatéral radial de l'index (9).

Les transferts nerveux de re-sensibilisation aux membres inférieurs notamment pour rétablir la sensibilité de la plante du pied pour éviter les maux perforants plantaires et

les ulcères donnent des résultats encore médiocres. De plus, contrairement au membre supérieur, il existe un nombre très limité de nerf donneur (10).

Atteinte médullaire et transferts Nerveux

Au cours des atteintes médullaires, il n'y a pas d'atteinte du nerf périphérique. La physiopathologie est différente. Cependant les transferts nerveux sont de plus en plus utilisés en fonction du tableau clinique. En effet au-dessus et en-dessous de la lésion médullaire, il n'y a pas de lésion du motoneurone, il n'y a donc pas de dégénérescence wallérienne et les plaques motrices restent intactes contrairement à l'atteinte paralytique due aux lésions des nerfs périphériques. Des transferts nerveux ciblés permettant la récupération de fonction motrice très spécifique permettent d'améliorer la qualité de vie de ces patients et diminuer leur degré dépendance.

En cas d'atteinte cervicale haute C3/C4 et C5, ces patients sont dépendant de la ventilation mécanique. Dans certains cas il est possible de restaurer la fonction du nerf phrénique à l'aide de transfert des nerfs intercostaux (T6/T7/T8). Les premières séries sur un nombre limité patient ont donné des résultats encourageants permettant d'obtenir des périodes de ventilation spontanée avec sevrage temporaire de la ventilation mécanique (11).

Dans le cadre de la prise en charge multidisciplinaire des patients présentant des atteintes médullaires, les transferts nerveux s'intègrent dans une stratégie thérapeutique. Le mouvement principal rétablir reste l'extension du coude puis l'extension du poignet, la flexion des doigts et enfin l'extension des doigts. L'objectif est de permettre au patient de réaliser ses transferts lit fauteuil de manière indépendante.

Concernant l'extension du coude, en fonction du niveau d'atteinte médullaire, des données de l'électromyogramme, des données cliniques il existe plusieurs transferts nerveux possibles. L'objectif est de réanimer la branche destinée à un des chefs du triceps en fonction des données électriques. Les nerfs donneurs pour le transfert nerveux sont soit des branches du nerf axillaire (branche du Teres Minor, branche postérieure du nerf axillaire) ou bien la branche destinée au brachial antérieur du nerf musculocutané (12,13).

Concernant l'extension du poignet, le transfert nerveux le plus utilisé est la branche destinée au muscle brachial antérieur qui sera transféré sur le nerf de l'extenseur Carpi radialis longus (12).

Concernant l'extension des doigts, on peut transférer la branche destinée au supinateur car elle reçoit son innervation des racines C5 et C6 Concernant la flexion des doigts, toujours sous réserve de l'examen clinique et des données électriques, on peut réaliser un transfert de la branche destinée à l'extenseur Carpi radialis Brevis sur le nerf interosseux antérieur. L'objectif est de restaurer une pince et une préhension (14).

La littérature reste encore pauvre concernant les transferts nerveux dans les atteintes médullaires. Mais les indications s'élargissent et entrent en compétition avec les transferts tendineux.

Cérébro-lésés, Accident Vasculaire Cérébral et autres hémiparesies spastiques

On peut citer le transfert de la racine C7 controlatérale sur la racine C7 homolatérale au côté spastique (15). Il existe dans la littérature une étude randomisée qui compare un premier groupe traité par la rééducation, et le 2e groupe traité par la rééducation associée aux transferts nerveux de la racine C7 controlatérale. Dans le 2e groupe, il existe une amélioration significative de la fonction du membre supérieur hémiparétique. La section de la racines C7 du côté hémiparétique permet de diminuer la spasticité du membre supérieur par interruption du motoneurone gamma. De plus, le transfert nerveux permet d'améliorer la fonction des muscles du membre supérieur affectée par réinnervation. Les auteurs de cette étude randomisée, ont mis en évidence cet effet par IRM fonctionnelle cérébrale : lors de la motricité du membre affecté, c'est l'hémisphère cérébral homolatéral qui s'active. Finalement les patients cérébro-lésés sont encore un nouveau champ d'application des transferts nerveux qui reste à explorer et à développer.

Autres indications des transferts nerveux

- Moignon d'amputation des membres : 25 % des patients qui présentent une amputation traumatique des membres développent des névromes terminaux particulièrement douloureux et difficiles à traiter. De nombreuses techniques ont déjà été utilisées. Les résultats sont souvent pauvres. La réalisation de transferts nerveux après avoir recoupé le névrome est réalisé à partir des nerfs névromateux recoupés en zone saine et des branches nerveuses destinée aux muscles dans la zone d'amputation. Les résultats obtenus sont très encourageants permettant l'appareillage et mieux encore le contrôle d'une prothèse myo-électrique. Ces transferts ne permettent pas la disparition des douleurs fantômes (16).
- Technique de la « Supercharge » par transfert nerveux latéro-terminal : le principe de cette technique est d'améliorer la fonction motrice déjà réanimée par une greffe nerveuse plus proximale ou au décours d'une libération nerveuse. L'exemple typique est la compression sévère du nerf ulnaire au coude. La neurolyse transposition du nerf ulnaire permet d'améliorer partiellement la fonction motrice intrinsèque au niveau de la main, et la sensibilité. Cependant la récupération reste insuffisante. Dans ce cas nous réalisons un transfert nerveux en aval du coude au niveau de l'avant-bras, en branchant le transfert de manière latérale sur le nerf cubital sans interrompre sa continuité. La repousse axonale est réalisée de manière termino-latérale (17).

Pour conclure, l'émergence des transferts nerveux dans l'arsenal thérapeutique des lésions des nerfs périphériques s'est étendue à d'autres domaines, et même dans d'autres spécialités (réinnervation de la cornée (18)). Il est encore nécessaire de réaliser bon nombre d'études notamment chez les patients cérébro-lésés, les patients présentant des lésions médullaires. En définitive, le traitement des paralysies des nerfs périphériques et du plexus brachial a ouvert des champs d'application des transferts

nerveux depuis quelques années dans de nombreux domaines. Le seul objectif est d'améliorer la qualité de vie de ces patients qui présentent des lésions graves, et ainsi diminuer leur dépendance. Les transferts nerveux sont une arme thérapeutique certaine qui continue à se développer sous réserve que l'ensemble de la communauté médicale adhère à ce type de microchirurgie nerveuse encore largement méconnue.

Bibliographie :

1. Mackinnon SE. Donor Distal, Recipient Proximal and Other Personal Perspectives on Nerve Transfers. *Hand Clinics* 2016;32(2):141–151.
2. 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. *The Journal of Bone and Joint Surgery American volume* 2004;86-a(7):1485–1490.
3. JN Goubier, F Teboul, H Khalifa: Reanimation of elbow extension with intercostal nerves transfers in total brachial plexus palsies. *Microsurgery* 01/2011; 31(1):7-11.
4. Teboul F: Partial transfer from C7 root to external branch of accessory nerve for trapezius palsy, *Hand Surg Rehabil.* 2016 Dec; 35(6):418-419.
5. F Teboul, S Yeo: Transfer of two motor branches of the anterior obturator nerve to the motor portion of the femoral nerve: An anatomical feasibility study. *Microsurgery* 09/2012; 32(6):463-5.
6. Dubois E, Popescu IA, Sturbois Nacheff N, Teboul F, Goubier JN: Repair of the femoral nerve by two motor branches of the obturator nerve: A case report. *Microsurgery.* 2020 Mar;40(3):387-390
7. C Oberlin, F Teboul, S Severin, JY Beaulieu: Transfer of the lateral cutaneous nerve of the forearm to the dorsal branch of the ulnar nerve, for providing sensation on the ulnar aspect of the hand. *Plastic & Reconstructive Surgery* 11/2003; 112(5):1498-500.
8. Foroni L, Siqueira MG, Martins RS, Heise CO, Sterman HN, Imamura AY. Good sensory recovery of the hand in brachial plexus surgery using the intercostobrachial nerve as the donor. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria* 2017;75(11):796–800.
9. Xu B, Dong Z, Zhang CG, Gu YD. Transfer of the radial branch of the superficial radial nerve to the sensory branch of the ulnar nerve for sensory restoration after C7-T1 brachial plexus injury. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery: JPRAS* 2016;69(3): 318–322.
10. Koshima I, Nanba Y, Tsutsui T, Takahashi Y. Deep peroneal nerve transfer for established plantar sensory loss. *Journal of Reconstructive Microsurgery* 2003;19(7):451–454.

11. Nandra KS, Harari M, Price TP, Greaney PJ, Weinstein MS. Successful Reinnervation of the Diaphragm After Intercostal to Phrenic Nerve Neurotization in Patients With High Spinal Cord Injury. *Annals of Plastic Surgery* 2017;79(2):180–182.
12. Fox IK. Nerve Transfers in Tetraplegia. *Hand Clinics* 2016;32(2): 227–242.
13. Bertelli JA, Ghizoni MF. Nerve transfers for elbow and finger extension reconstruction in midcervical spinal cord injuries. *Journal of Neurosurgery* 2015;122(1):121–127.
14. Bertelli JA, Ghizoni MF. Nerve transfers for restoration of finger flexion in patients with tetraplegia. *Journal of Neurosurgery Spine* 2016:1–7.
15. Zheng MX, Hua XY, Feng JT, Li T, Lu YC, Shen YD, et al. Trial of Contralateral Seventh Cervical Nerve Transfer for Spastic Arm Paralysis. *The New England Journal of Medicine* 2018;378(1):22–34.
16. Bowen JB, Wee CE, Kalik J, Valerio IL. Targeted Muscle Reinnervation to Improve Pain, Prosthetic Tolerance, and Bioprosthetic Outcomes in the Amputee. *Advances in Wound Care* 2017;6(8):261–267.
17. Baltzer H, Woo A, Oh C, Moran SL. Comparison of Ulnar Intrinsic Function following Supercharge End-to-Side Anterior Interosseous-to-Ulnar Motor Nerve Transfer: A Matched Cohort Study of Proximal Ulnar Nerve Injury Patients. *Plastic and Reconstructive Surgery* 2016;138(6):1264–1272.
18. Fung SSM, Catapano J, Elbaz U, Zuker RM, Borschel GH, Ali A. In Vivo Confocal Microscopy Reveals Corneal Reinnervation After Treatment of Neurotrophic Keratopathy With Corneal Neurotization. *Cornea* 2018;37(1):109–112.